

Н. М. ШАХМАЕВ, С. Н. ШАХМАЕВ, Д. Ш. ШОДИЕВ

Ф И З И К А

**КИНЕМАТИКА АСОСЛАРИ
ДИНАМИКА
МЕХАНИКАДА САҚЛАНИШ ҚОНУНЛАРИ
ТЕБРАНИШЛАР ВА ТЎЛҚИНЛАР**

ЎРТА МАКТАБНИНГ 9-СИНФИ УЧУН ДАРСЛИК

«ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ ЭНЦИКЛОПЕДИЯСИ»
ДАВЛАТ ИЛМИЙ НАШРИЁТИ
ТОШКЕНТ -- 2001

Ассалому алайкум, азиз ўқувчи!

Шуни яхши билинги, Сиз мустақил Ўзбекистоннинг кўрар кўзи, келажагисиз, яхши кунларидан хабар берувчи ёш кўнгил эгасисиз. Мустақил Ватанимиз Сиздан кўп нарсаларни кутишга ҳақли. Бунинг учун ўқиш, ўрганиш керак. Фан чўққиларини забт этишингизда мазкур дарслик кўмакчингиз бўлсин. Ундаги ҳар фикр, ҳар қоида идрокингизга қувват беради. Бинобарин, Сиз ҳам бу саҳифаларга ихлос кўзи ила қаранг. Тоза тутинг. Асраб, авайлаб фойдаланинг. Токи мазкур дарсликдан Сиздан кейин фойдаланувчилар Сизнинг интизомингизга, зеҳнингизга таҳсин ўқишсин.

Илм чўққилари сари қадам ташлашингизда омад ҳамроҳингиз бўлсин.

«ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ ЭНЦИКЛОПЕДИЯСИ»
ДАВЛАТ ИЛМИЙ НАШРИЁТИ

Ш 32

Шахмаев Н. М. ва бошқ.

Физика: Кинематика асослари. Динамика. Механикада сақланиш қонунлари. Тебранишлар ва тўлқинлар: Ўрта мактабнинг 9-синфи учун дарслик. Н. М. Шахмаев, С. Н. Шахмаев, Д. Ш. Шодиев. 3-нашр. тарж.— Т.: «Ўзбекистон миллий энциклопедияси» Давлат илмий нашриёти, 2001. 256 б.

ББК 22.3я 721

4306021200—91
Ш 358—2001—2001

ISBN 5-89890-026-6

- © Н. М. Шахмаев, С. Н. Шахмаев, Д. Ш. Шодиев, 1990.
- © «Ўқитувчи» нашриёти, ўзбек тилига таржима, 1996.
- © «Ўзбекистон миллий энциклопедияси» Давлат илмий нашриёти, 2001.

ЎҚИТУВЧИ УЧУН СЎЗ БОШИ

Мазкур дарсликда механика асослари баён қилинган. Дикқатингизни ушбу дарсликнинг кўп йиллардан буён амалда қўлланиб келинаётган И. К. Кикоин ва А. К. Кикоиннинг VIII (IX) синф учун физика дарлигидан фаркли томонларига қаратишга ҳаракат қиламиз.

Биринчи фарқ мактаб механика курсининг вазифаси ҳақидаги тушунчамиз билан боғланган: мактаб механика курсининг вазифалари механика фанининг вазифалари билан айнан бир хил эмас. Мактаб механика курсининг вазифалари механика фани вазифаларига нисбатан торроқ ва бир вақтда ундан кенгрок мазмунда ёзилган. Шунинг учун торроқки, мактабда механика фани материалининг махсус танлаб олинган кичикрок қисмигина ўрганилади. Шунинг учун кенгрокки, бу материални ўрганиш жараёнида кўп сонли педагогик масалалар (ўқувчиларнинг дунёқарашларини шакллантириш, фикрлаш қобилиятларини ўстириш, ўқувчиларни механика методлари ва унинг асосий тушунчалари, катталиқ ҳамда қонунлар ва ҳоказолар билан таништириш)ни ҳал этиш керак.

Иккинчи фарқ механиканинг асосий масаласини тушуниш билан боғланган. Механиканинг асосий масаласи асло «жисмнинг вақтнинг исталган пайтидаги вазиятини аниқлаш»га келтирилмайди. У татбиқий механикага асосланган масалаларнинг хусусий ҳолларидан биридир.

А. Эйнштейн «И. Ньютон вафотининг 200 йиллиги» номли ишида «Агар моддий нуктага таъсир этувчи куч маълум бўлса, у ҳолда... унинг тезлигини ва вақтнинг исталган ондаги вазиятини топиш физик масалани эмас, балки соф математик масалани ташкил этади»,— деб ёзган. Механика табиятда ва техникада содир бўладиган механик ҳодисаларнинг кенг спектрини, биринчи навбатда эса жисмларнинг ўзаро механик таъсирини ва ҳаракатини ўрганади.

Учинчи фарқ дарсликда баён қилиш усулини қабул қилиш билан боғланган. Биз ўрта умумий таълим мактабида механика асослари фақат математиканинг бир қисми каби эмас, балки ўқув экспериментига кенг таянган физиканинг бир қисми сингари ёритилиши кераклигидан келиб чиқдик. Бирок ўқув эксперименти ҳеч қачон механика қонунларининг исботи сифатида катнашмаслигини ҳисобга олдик: у фақат бу қонунларнинг ўринлилигини тасдиқлайди, зарурий умумлаштириш учун асос яратади. Биз назарий механика асосларини эмас, физика асосларини баён қиламиз. Бирок ўқувчилар учун тушунарли бўлган умумлашма ва абстракциялардан фойдаланамиз. Масалан: моддий нукта, математик маятник, изоляцияланган система ва ҳоказо.

Бизнинг дарсликда ўқув эксперименти бир вақтда механик ҳодисаларни ўрганиш усули ҳам, ўқитиш усули ҳам бўлиб хизмат қилади. Шунинг учун дастурда кўрсатилган лаборатория ишлари ва экспериментал топшириқлар матннинг қайси жойида зарур бўлса, ўша жойига киритилган.

Тўртинчи фарк бизнинг эътикод туфайли юзага келган бўлиб, мактабда механика асосларини кўрсатмали ва содда кўринишда баён қилиниши самарали бўлишига ишончимиз комилдир. Шунинг учун механика асосларини баён қилишнинг айнан бир хил бир неча усули мавжуд бўлса-да, биз ҳар доим энг кўрсатмали ва содда усулини афзал кўрдик. Масалан, кинематикада ҳаракатни тавсифлашнинг учта: координатали, векторли ва траекторияли (табний) усулларидан биз энг оддийсини, яъни траекторияли усулни танлаб олдик. Бу усулнинг танланишига яна қўшимча сабаб шуки, тўғри чизиқли ҳаракатни тавсифлашда координатали ва векторли усуллар ҳеч қандай афзалликларга эга эмас ва улар фақат мураккаб математик муносабатларни келтириш билангина фарк қилади.

Бу дарсликнинг амалдаги дарсликдан бешинчи фарқи шундан иборатки, векторлар алгебраси аппаратидан мўътадил фойдаланилади. Назарий ишларда тенгламаларни вектор кўринишда ёзишнинг қуйидаги икки муҳим афзаллиги бор: биринчиси \vec{r} у санок системасига боғлиқ эмас ва бир системадан бошқасига ўтишда сақланади, иккинчиси — у қисқа кўринишда бўлади. Биринчи афзаллик мактабда механика асосларини ўқитишда унчалик аҳамиятга эга эмас, чунки бу ерда асосан инерциал санок системаларидаги тўғри чизиқли ҳаракат ўрганилади. Ўқувчилар масалалар ечиш жараёнида бир инерциал санок системасидан бошқасига ўтиш ишидан озод бўладилар. Механика ўқитишда иккинчи афзаллик ҳам унча аҳамиятга эга эмас, чунки ўқувчилар қўллайдиган математик муносабатлар элементар ифодалардир. Муҳими вектор кўринишдаги ёзувлар мураккабдир.

Бизнинг дарсликнинг олтинчи фарқи шундан иборатки, биз ўқувчининг диққатини кўпроқ масалалар ечишга қаратамиз. Дарсликда қуйидаги масалалар системаси тузилган:

1. Ҳар бир параграфнинг охирида келтирилган масалалар ўқув материални мустаҳкамлаш учун мўлжалланган бўлиб, улар жуда содда, баъзилари эса элементар масалалардир.

2. Ҳар бир бобнинг охиридаги масалаларни ечиш учун шу боб ҳажмида олинган билимлар ва элементар масалаларни ечиш жараёнида эгалланган қўникмалар талаб қилинади.

3. Дарсликнинг охирида берилган масалалар мураккаброқ масалалардир, бу масалаларни ечиш учун ўрганилган материал асосидаги билимлар билан бир қаторда бу билимларни ижодий қўллаш малақалари ҳам талаб қилинади.

Бизнинг дарсликда 40 дан ортиқ масаланинг ечимлари келтирилган, ундан мақсад физик масалаларни қандай қилиб ечиш кераклигини аниқ мисолларда кўрсатишдир. Ниҳоят, дарсликда масалалар ечишни ўрганиш учун нималар қилиш кераклиги тушунтирилади.

Шубҳасиз, биз ҳамма жойда кутган натижаларга эришдик деб айта олмаймиз. Агар сиз бизга дарсликни мукаммаллаштиришга ёрдам бермоқчи бўлсангиз, ўзингизнинг фикр ва мулоҳазаларингизни ёзиб юборинг.

Муаллифлар

Механика — макроскопик¹ жисмларнинг ўзаро таъсирлашуви ва ҳаракати ҳақидаги фандир. «Механика» сўзи грекча *mechanike* сўзидан олинган бўлиб, машиналар ҳақидаги, машиналар қуриш ҳақидаги таълимот деган маънони билдиради.

Механика тарихидан

Эндиликда оддий механизмлар деб аталувчи биринчи энг содда машиналар (ричаг, пона, филдирак, қия текислик ва ҳоказо) қадим замонлардаёқ пайдо бўлган. Инсоннинг биринчи қуроли таёқ, бу — ричагдир. Тошболта — ричаг ва понанинг бирлашишидан ҳосил бўлган. Филдирак бронза асрида пайдо бўлган. Бир қанча вақтдан сўнг қия текислик қўлланила бошланди.

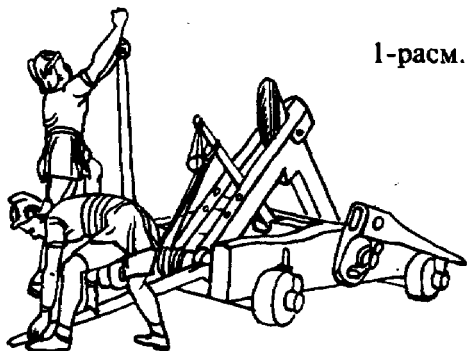
Эрамиздан аввалги V асрда Афина армиясида (Пелопоннес уруши) девор тешар машина — таранлар, улоқтирадиган қурилма — баллист ва катапульта (манжаник)лар қўлланилди.

Тўғонлар, кўприклар, пирамидалар, кемалар ва бошқа иншоотларни қуриш (1-расм) шунингдек, хунармандлик ишлаб чиқаришлари бир томондан механик ҳодисалар ҳақидаги билимларни тўпланишига (йиғилишига) ёрдам берса, бошқа томондан эса улар тўғрисида янгидан-янги билимлар талаб этарди. Амалиётдаги янги билимлар талабига жавобан механика фани юзага келди.

Бизгача етиб келган оддий машиналар тавсифланган механикадан биринчи асар (трактат) қадимги грек олимларига тегишли. Бу асарлар қаторига Аристотелнинг (э. а. IV аср) «Физика» асари ҳам киради, унда фанга биринчи марта «механика» атамаси киритилди. Бу асарда Аристотель ўтмишдошларининг механик ҳодисалар ҳақидаги билимларига яқун ясайди.

Эрамиздан аввалги III асрда қадимги грек олими Архимед биринчи бўлиб, механик ҳодисаларни таҳлил ва тавсиф қилиш учун математикани қўллади. Архимед ричагнинг мувозанат қонунини ва жисмларнинг сузиш қонунини таърифлаб берди. Шу вақтдан бошлаб механика фан сифатида ривожлана бошлади.

Механиканинг ривожланишидаги янги босқич инерция қонунини ифодалаган (таърифлаган), маятникнинг тебраниш ва жисм-



¹ makros — грекча сўз бўлиб, катта, узун деган маънони билдиради. Ушбу ҳолда жисм жуда кўп сонли молекулалардан иборат.

ларнинг тушиш қонунларини ўрнатган Галилей ишлари билан боғлиқ.

Инглиз физиги И. Ньютон Галилей ва унинг тенгдошларининг ишларига шунингдек, ўзининг шахсий текширишлари натижаларига таяниб, классик механика¹, номини олган механик ҳаракат ва жисмларнинг ўзаро таъсири ҳақидаги таълимотни яратди.

Классик механика уч қисмдан иборат: кинематика, динамика ва статика. Сиз шуларни ўрганишга киришасиз.

Нима учун механикани ўрганиш керак?

Механика билимлари аввало бизни ўраб олган оламни билиш учун зарур, чунки дунёдаги ҳамма ҳодисалар ҳаракатлар билан боғлиқ. Ҳақиқатда, табиатда ҳеч бир ҳодисани механика билимларисиз тушуниб бўлмайди.

Кўп сонли техник объектларнинг хоҳ чанг юткич бўлсин, хоҳ космик кема бўлсин, тузилиши ва ишлаш принципларини тушуниш учун уларни қуриш, улардан тўғри ва самарали фойдаланиш учун механикани билиш зарур.

Механикани билиш яна шунинг учун зарурки, механика фан сифатида физиканинг бошқа бўлимларидан олдин яратилди, кўпгина бошқа фанлар ва уларнинг ўқитиш усуллари, асосий тушунчалари физиканинг бошқа бўлимлари (астрономия, электро-ва радиотехника, космонавтика ва бошқа) да қўлланилади. Механика физика ва бошқа кўпгина фанларнинг пойдевори десак, муболаға бўлмайди. Айтилганлардан маълум бўладики, механикани билиш ҳамма касбдаги кишилар учун зарурдир.

Бир нечта маслаҳат. Механика — жуда муҳим, қизиқарли ва ... содда фандир. Лекин уни эгаллаб олиш учун ўрганилаётган ҳар бир ҳодиса устида мунтазам (ўтказиб юбормасдан) ишлаш зарур. Агар шу дарсда бирор нарсани тушунмасангиз албатта ўқитувчидан тушунтириб беришни сўранг. Ўрганилаётган ҳодисанинг жуда кичик деталини ҳам тушунарсиз қолдирманг; улар кейинги материални тушунишингизда жуда муҳим роль ўйнаши мумкин. Сўраш ва саволлар беришда тортинчоғлик қилманг. А. Навоий бундай деган эди: Билмаганини сўраб ўрганган олим, орланиб сўрамаган ўзига золим.

Физика — экспериментал фан. Уни ўқитувчининг тушунтиришини эшитиб ва дарсликни ўқиб ўзлаштириб олиш қийин, гапирилаётган ҳар бир ҳодисани кўз билан кўриш керак. Шунинг учун ўқитувчи физика дарсларида тажрибалар ўтказишга ёки (агар иложи бўлмаса) уларни тавсифлашга кўпроқ эътибор қилади. Бироқ тажрибаларни кузатиш — ҳодисаларни ўрганишнинг бошланишидир. Тажрибани тушуниш, у нима мақсадда қўйилганини билиш керак. Физикадан ўқув эксперимент (тажриба)ларни кузатаётганда: а) ғояни; б) экспериментал қурилманинг схемасини; в) тажрибанинг боришини; г) натижаларни тушунишга ҳаракат қилинг.

¹ Классик механикани Ньютон механикаси деб ҳам аталади.

Баъзан ўрганилаётган ҳодисани кундалик ҳаётингизда кўришингиз ва уй шароитида ёрдамчи воситалар ёрдамида тажриба қилиб кўришингиз мумкин. Ушбу қулайликдан фойдаланишингиз керак. Шу вақтгача айтилганлар мактабда физика ўқитишингиз ҳамма жараёнига тааллуқлидир. Энди сизга дарслик билан ишлашингизни енгиллаштириш учун бир нечта маслаҳатлар берамиз.

Ўрганилаётган материални ўзлаштириб олиш учун ўқитувчининг тушунтиришларини эшитиш ва тажрибаларни кўриш етарли эмас. Кўрганларни яна пухта ўйлаб кўриш, эшитганлар устида фикр юритиш керак. Дарслик сизга шундай фикр юритишингиз учун материал беради. Ўқитувчи материални қанчалик яхши тушунтирмасин, ҳар доим сиз қайсидир қисмини тўла тушунмай қолган, ўқитувчига эса савол беришга улгурмаган дамлар бўлиши эҳтимолдан ҳоли эмас. Бу ҳолда дарсликдан дарсда тушунмай қолган ўқув материални қисқача тушунтиришни топа оласиз.

Дарслик саргузаштлар ҳақидаги китоб эмас, ундаги ҳар бир иборанинг мазмунини ўйлаб ўқиш лозим. Энг муҳимларини (у дарсликда ажратиб кўрсатилган) дафтарингизга ёзсангиз мақсадга мувофиқ бўлади. Ҳамма учраган формулаларни, формулаларни келтириб чиқаришни, физик катталикларнинг ўлчов бирликларини, конунларнинг таърифларини, физик катталикларнинг таърифларини ёзиб олиш, тажриба схемалари ва графикларини чизиш керак. Шундай қилсангиз материалларни мустаҳкам ўрганиб олишингизга ёрдам беради.

Физикани ўрганишда масалалар ечиш жуда муҳим роль ўйнайди. Масалаларни ечаётганда ўтилган темаларни эсга олиш ва билимни мустаҳкамлаш билан бир қаторда ўрганилган материалга ижодий ёндошиб ўрганишингизга замин яратилади. Лекин масала ечиш малакаси ўз-ўзидан пайдо бўлмайди. Масалаларни мустақил ечиш жараёнида аста-секин малака орта боради. Дарсликда бундай кўникмаларни ҳосил қилишни енгиллаштириш учун масалалар ечиш намуналари келтирилган. Бу масалаларни босқичма-босқич, шошмасдан ўрганиб чиқинг ва дафтарингизга ёзиб олинг. Масалаларни мустақил ечиш жараёнида муваффақиятсизликка учрасангиз умидсизланманг. Ўқиш-меҳнат ва ўқиш ҳам ҳар бир меҳнат сингари тиришқоқликни, кунт билан ва иштиёқ билан ишлашни талаб қилади.

Яна бир маслаҳат. Дарсликни ўқиётганда, расмларни диққат билан кўздан кечиринг ва фикр юритинг. Дарсликдаги расмлар уни безаш учун берилмаган, расмлар дарсликнинг энг муҳим қисмини ташкил этади. Матн ва расмлар узвий боғлиқдир.

Дарсликдаги ҳар бир бобни ўрганиб бўлгандан сўнг боб охирида келтирилган қисқа хулосаларни диққат билан ўқиб чиқинг; ҳар бир хулоса ҳақида мулоҳаза юритинг ва уларни ёзиб олинг. Шундан сўнг параграф охирида келтирилган саволларга жавоб беришга ҳаракат қилинг ва масалаларни ечинг.

Материални яхши ўзлаштириш учун уни ўртоқларингиз билан муҳокама қилиб бординг.

Сизга муваффақиятлар тилаймиз!

КИНЕМАТИКА АСОСЛАРИ

«Кинематика» сўзи грекча *kinematos* — ҳаракат сўзидан олинган. Кинематика ҳаракатнинг геометрик хоссаларини ўрганади. Бу ўзига хос ҳаракат геометриясидир. У жисмнинг қандай ҳаракат қилишини ўрганади ва нима учун жисм шундай ҳаракат қилиши сабабларини ўрганмайди.

Кинематиканинг асосий масалалари қуйидагилар:

а) жисмнинг ҳаракатларини математик формулалар, графиклар ёки жадваллар ёрдамида тавсифлаш;

б) бу ҳаракатни характерловчи кинематик катталикларни аниқлаш;

Кинематикада ҳаракатларни тавсифлаш учун махсус тушунчалар (моддий нукта, санок системаси, траектория) ва катталиклар (йўл, кўчиш, тезлик, тезланиш) киритилади. Буларни билиш фақат кинематикадагина эмас, физиканинг бошқа бўлимларида ҳам муҳимдир. Бу тушунча ва катталикларни ўзлаштириб олиш кинематикани ўрганишингизда сизнинг олдингизда турган муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Бундан ташқари сиз кинематика усуллари билан танишишингиз ва тушуниб олишингиз зарур, яъни кинематикада ҳаракат қандай ўрганилишини билиш, кинематика нуктаи назаридан ҳаракатнинг бир неча турларини ўрганиш ва оддий кинематик масалаларни ечишни ўрганиб олиш лозим.

КИРИШ

1-§. ҲАРАКАТ ҲАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТ

1. Ҳаракат — материянинг ажралмас қисмидир. Бизни ўраб олган оламда ҳамма нарса узлуксиз ҳаракатда бўлади. Одамлар шаҳар ва қишлоқ кўчаларида, қушлар ва жониворлар ўрмонларда ва далаларда, балиқлар океанларда, денгизларда, дарёларда, кўлларда ҳаракатланади. Одамлар яратган машиналар ҳаракатланади. Электронлар электр узатиш симларида, қон томирларда, туз эритмалари ўсимликларда ҳаракатланади. Ҳамма жисмларни ташкил этган молекулалар ва атомлар ҳам ҳаракатланади.

Бирок, диққат билан қарасақ, атрофимизда ҳаракатланмаётган жисмлар борлигини сезамиз: китоб столда ётибди, хонада стол турибди, ҳамма хоналар кўзгалмас жойлашган. Уй кўчада турибди. Машиналар турадиган жойдаги машиналар ҳам, қурилишда ишламасдан турган кран ҳам, ангарада турган самолётлар ва ҳоказолар кўзгалмасдир.

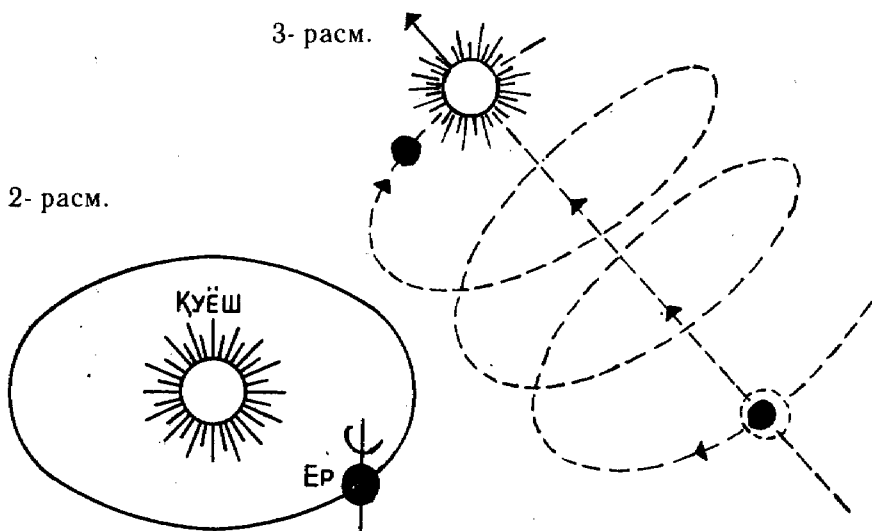
Лекин бу ва бошқа мисоллар оламдаги ҳамма нарсалар ҳаракатланади деган фикрни инкор этмайди. Гап шундаки, Ер сиртига нисбатан кўзгалмас бўлган жисмлар Ернинг ўз ўқи (2-расм) атрофида айланиши натижасида. Ер билан бирга айланади ва Ер билан бирга Қуёш атрофида айланиб юради. Қуёш билан биргаликда Қоннотда (3-расм) ҳаракатланади. Бундан ташқари, бу жисмлар ичида молекулалар ва атомлар ҳаракатланади.

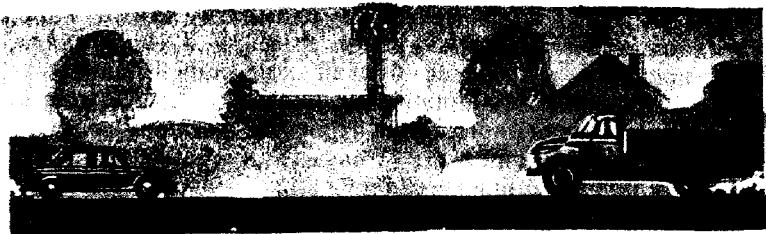
Биз кузатаётган алоҳида жисмларнинг тинч ҳолатда бўлиши ҳар доим нисбийдир; бир жисмга нисбатан тинч турган жисм албатта бошқа жисмга нисбатан кўчади. *Абсолют кўзгалмас жисмлар йўқ ва бўлиши ҳам мумкин эмас.*

Оламда реал мавжуд бўлган, бизни ўраб турган ҳамма нарса: уйлар, саноат иншоотлари, машиналар, қушлар, жониворлар, балиқлар, ўсимликлар, микроорганизмлар, сув, ҳаво, ёруғлик, молекулалар, атомлар, протонлар, электронлар, радиотўлқинлар ва ҳоказолар — биз бевосита сезадиган ёки махсус асбоблар ёрдамида биладиган ҳамма нарсалар фанда *материя* деб аталади.

Материянинг асосий хоссаларидан бири — ҳаракатдир. Ҳаракатнинг энг оддий тури механик ҳаракат бўлиб, бунда бир жисм вақт ўтиши билан бошқа жисмларга нисбатан ўз вазиятини ўзгартиради. Бундай ҳаракатларга: автомашиналар, теплоходлар, мотоциклларнинг ҳаракати, футбол тўпи ва хоккей шайбасининг ҳаракати, қор ва ёмғир томчиларининг тушиши, самолёт ва ракета­ларнинг учishi ва ҳоказолар мисол бўлади. *Вақт ўтиши билан жисмнинг фазодаги вазия­тининг бошқа жисмларга нисба­тан ўзгариши механик ҳаракат деб аталади.*

2. Саноқ системаси. Ҳаракатланаётган жисм вақт ўтиши билан бошқа жисмларга нисбатан ўз вазиятини ўзгартиради. Қаралаёт-





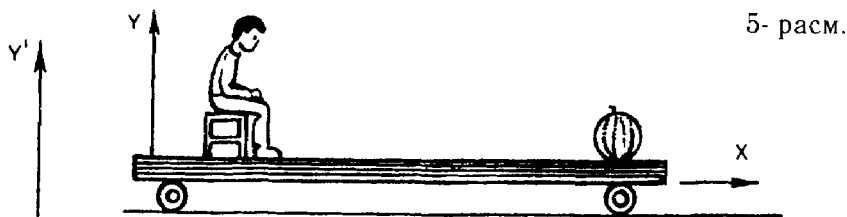
4- расм.

ган жисмнинг ҳаракати қайси жисмга нисбатан ўрганилаётган бўлса, ўша жисм *саноқ жисми* деб аталади. Автомобиль кўча бўйлаб келмоқда, деб фараз қилайлик. Бу ҳолда исталган уй, дарахт, дўкончалар саноқ жисми деб қабул қилиниши мумкин (4-расм). Ҳаракатланаётган бошқа автомобиль ёки мотоцикл ҳам саноқ жисми бўлиши мумкин.

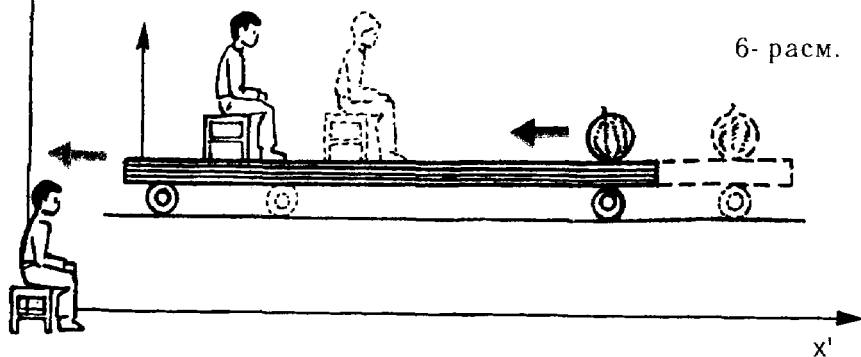
Ўрганилаётган ҳаракатни тавсифлаш учун вақт ўтиши билан жисм вазиятнинг танлаб олинган саноқ системасига нисбатан қандай ўзгаришини билиш керак. Бунинг учун координаталар системаси ва соат зарур. Координаталар боши саноқ жисмига мослаб жойлаштирилади. *Саноқ жисми билан боғланган координаталар системаси ва соат саноқ системаси дейилади.*

Саноқ системасини танлаш ҳаракатни ўрганаётган одамга боғлиқ.

3. Ҳаракатнинг нисбийлиги. Ҳаракатланаётган платформада кўзғалмас ўтирган одам платформада турган тарвузни кузатмоқда деб фараз қилайлик (5-расм). Табиийки, кузатувчи санок



5- расм.



6- расм.

системасини платформа билан фикран боғлайди. Одам учун (ёки платформа билан боғланган ХҮ санок системасида) тарвуз тинч туради. Худди шу вақтда темир йўл чеккасида турган одам (6-расм), санок системасини Ер билан фикран боғлаб, тарвуз ҳаракатланаётганини кузатади.

Бу мисолдан кўринадики, айтиб бериш турли санок системаларида турлича ҳаракатланар экан: платформа билан боғланган санок системасида тарвуз нисбий тинчликда, ер билан боғланган санок системасига нисбатан ҳаракатда бўлади. Шунинг учун физикада ҳаракат нисбийдир дейилади.

Бу ибора ҳаракат ҳар доим қандайдир санок системасига нисбатан қаралишини билдиради.

Ер билан боғланган санок системасини Ер системаси, бирор физик лаборатория билан боғлиқ бўлган санок системасини эса лаборатория санок системаси дейилади. Ўз-ўзидан маълумки, лаборатория Ерда кўзгалмас турган ҳолда лаборатория санок системаси Ер системаси бўлади.

?

1. Фанда материя деб нимага айтилади?
2. Материянинг асосий хоссаларидан бирини айтинг.
3. Қандай ҳаракат механик ҳаракат деб аталади?
4. «Санок системаси» деганда нима тушунилади?

2-§. ФАЗО ВА ВАҚТ

Биз механик ҳаракатни аниқлаётиб, ёшлигимиздан бизга таниш бўлган «фазо» ва «вақт» сўзларини ишлатдик. Физикада бу икки тушунча жуда муҳим роль ўйнайди. Булар ҳақида билганларимизнинг ҳаммасини эсга оламиз.

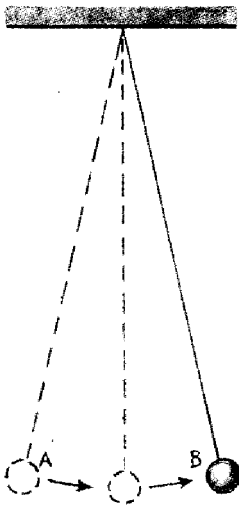
1. Фазо. Оламда мавжуд бўлган ҳамма нарсалар, фазода мавжуддир. Фазони эгалламаган ва фазо ташқарисидида мавжуд бўлган битта ҳам объект йўқ ва бўлиши мумкин ҳам эмас. Бошқача айтганда, *фазо материя билан узлуксиз боғланган. Фазо чексиз ва чегарасиздир.*

Бу тасдиқни тўғрилигига қуйидаги факт ишонч ҳосил қилади. Астрономлар телескоплар ёрдамида космик объекتلарни ўрганишда, бу объекتلардан ёруғлик Ергача миллиард йилдан сўнг етиб келиши мумкин. Бундай катта масофани образли тасаввур қилиш мумкин эмас, уларни фақат математик кўринишда — сонлар билан ифодалаш мумкин. Демак, бу осмон жисмлари орқасида янада узоқ жойлашган бошқа жисмлар мавжуд.

Сиз ўрганишга киришаётган Ньютон механикасида фазо ҳамма нуқталарда бир хил бўлади, ҳар бир нуқтада эса барча йўналишлар бўйича бир хил бўлади.

Фазонинг асосий хоссалари: объектив мавжудлиги, материя билан ажралмаслиги (оламда фазо билан боғланмаган битта ҳам объект йўқ), чексизлиги, кўлами, уч ўлчамлиги (барча физик объекتلарнинг бўйи, эни ва баландлиги мавжуд).

2. Вақт. Жисм ҳаракатланади, яъни ўз вазиятини нафақат



7-расм.

фазода, вақт бўйича ҳам ўзгартиради. Ньютон механикасида, кундалик ҳаётдаги сингари, вақт бир текис ўтади. Бошқача айтганда айнан бир хил физик ҳодиса айнан ўша шароитда ҳар доим бир хил вақтда ўтади. Масалан, лаборатория хонасининг шипига ип билан шарча осилган (7-расм), агар лаборатория хонасида шароит ўзгармаса, у ҳолда шарча ҳар доим *A* вазиятдан *B* вазиятга бу ҳодиса кундузими ёки кечасими, ёзда ва қишдами кузатилишига боғлиқ бўлмаган ҳолда айнан бир хил вақт давомида ўтади.

Вақтнинг асосий хоссалари қуйидагилар: *объектив мавжуд бўлиши, узлуксизлиги, бир текис ўтиши, бир ўлчамлилиги* (вақт ҳар доим фақат олдинга — ўтмишдан келажакка ўтади).

Вақт материя, ҳаракат ва фазо билан узлуксиз боғланган. Оламда ҳаракатланувчи материядан бошқа, ҳеч нарса йўқ ва материя фақат макон ва замонда ҳаракатлана олади.

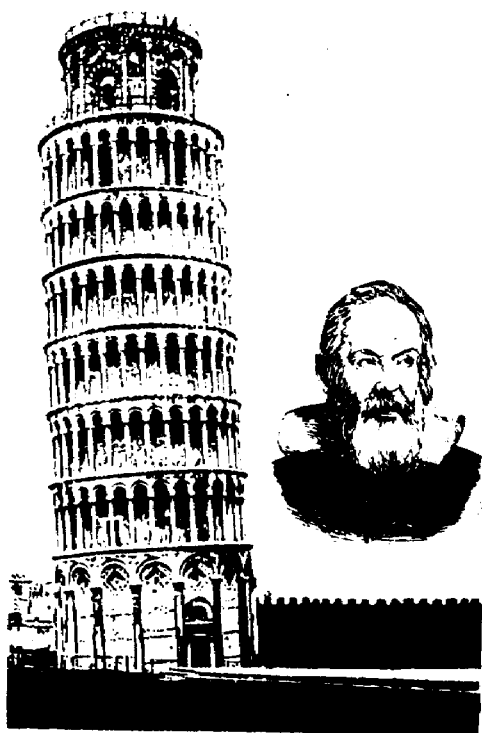
Вақт махсус асбоблар — соатлар воситасида ўлчанади. Соатларнинг турлари жуда кўп.

1983 йилда вақт эталони тузилди, бу секунднинг ўн тўртта белгигача (0,00000000000005 с) аниқлик билан қайд этади. Бу аниқликни тасаввур қилиш учун 1 с га тенг хатолик бу қурилмада тахминан 1 000 000 йил ичида йиғилишини айтиб ўтиш кифоя.

3. Ҳаракат қандай ўрганилади? Ҳар қандай ҳодисани текшириш уни табиий шароитда кузатишдан бошланади. Фараз қилайлик, эркин тушаётган жисм ҳаракати ўрганилаётган бўлсин. Аввало, бундай ҳаракатни кўриш керак. Лекин бу етарли бўлмайди. Ҳақиқатда, сиз бир неча марта жисмларнинг тушишини кўргансиз, бироқ ҳозир жуда содда бўлиб кўринган: тушаётган жисм қандай ҳаракатланади? Нима учун жисмлар ерга тушади? Жисмлар тушаётганда биринчи ва иккинчи секундда бир хил масофаларни босиб ўтадимиз?» деган саволларга аниқ жавоб бера олмасиз.

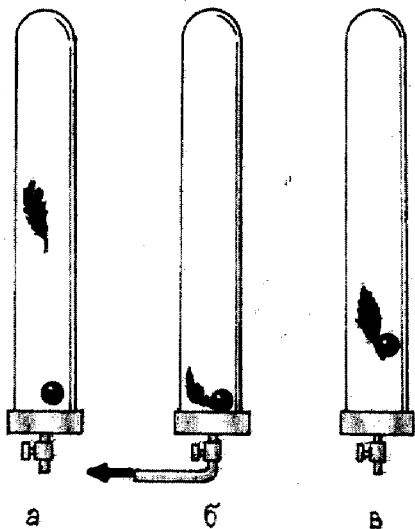
Одам у ёки бу ҳаракатни кузатгандан сўнг у ўзи учун қулай шароитда шундай ҳаракатни сунъий ҳосил қилиши керак. Жисмларнинг тушишини ўрганиш учун италян физиги Галилео Галилей, оғзаки ривоятга кўра Пиза шаҳридаги минорадан бир вақтда чўян ва тош шарларини ташлаб, улар ерга айнан бир вақтда тушишига ишонч ҳосил қилди (8-расм). Галилей минорадан енгил қуш пати билан оғир шарча бир вақтда ташланса ва уларга ҳавонинг қаршилиги бўлмаса, улар ерга бир вақтда тушади деб фараз қилди (гипотезани илгари сурди).

Илмий гипотезани (барча фаразлар сингари) текшириб кўриш керак. Физикада гипотезаларни текшириш учун махсус тажриба (эксперимент)лар қўйилади. Галилей фарази ҳаво насоси кашф қилин- гандан сўнг текширилган эди. Галилей гипотезасини текшириш учун узун шиша найча ичига кўрғошин шарча ва қуш пати жой- лаштирилди. Найча ағда- риб ҳавода пўлат шарча қуш патидан олдин туши- шига яна бир марта ишонч ҳосил қилинди (9-а расм). Сўнгра найдан ҳавоси сўриб олинди ва тажриба такрорланди (9-б расм). Сийраклашган ҳавода пўлат шарча ва қуш пати бир вақтда тушади (9-в расм). Шундай қилиб, таж- рибга Галилей гипотезаси- ни тасдиқлайди.



8-расм.

Кейинроқ Ньютон жисмлар Ерга нима учун ва қандай тушиши шунинг- дек, бошқа кўп механик ҳодисалар назариясини ишлаб чиқди. Бу назария ҳозир ҳам ўз аҳамиятини йўқотгани йўқ. Масалан, классик механика назария- сидан поездлар, самолёт- лар, Ер сунъий йўлдошла- рининг ҳаракатлари, кос- мик кемаларни қуёш сис- темасининг бошқа сайёра- ларига учуриш, машина ва механизмлар тузилишини, биноларни қуриш ва ҳока- золар билан боғлиқ бўлган ҳисоблашларда фойдала- нилади.



9- расм.

Шундай қилиб, бошқа физик ҳодисалар сингари жисмлар ҳаракатини ўрганиш, одатда қуйидаги асосий босқичларни ўтади:

1. Ҳодисаларни табиий шароитда кузатиш.
2. Ҳодисаларни махсус ҳосил қилинган шароитларда кузатиш.
3. Ўрганилаётган ҳодисаларни тушунтириш учун фараз (гипотеза)ни илгари суриш.
4. Гипотезаларни экспериментал текшириш.
5. Эксперимент натижаларини таҳлил қилиш, у илгари сурилган гипотеза (бунда у назарияни ҳосил қилиш учун база бўлиб қолади, ёки мавжуд назариянинг таркибий қисмига қиради)ни тасдиқлайди, ё янги гипотеза учун зарур бўлган назарияни илгари суради.
6. Назария фақат маълум бўлган ҳодиса ва қонуниятларни тушунтирибгина қолмасдан янги ҳодисаларни ва янги қонуниятларни олдиндан айтиб беради, бу эса унинг тўғрилигининг энг ишончли исботи ҳисобланади.

?

1. Физик ҳодисаларни ўрганишнинг асосий босқичларини айтиб беринг.
2. «Гипотеза» сўзи нимани англатади?

3-§. МУҲИМ ТУШУНЧАЛАР

1. Моддий нуқта. Жисмнинг энг оддий ҳаракатини ўрганиш жараёни ҳам анча мураккабдир. Ҳаракатни текширишни енгиллаштириш учун бир қатор соддалаштиришлар киритилади. Масалан, биз 100 км масофани босиб ўтган узунлиги 5 м бўлган автомобиль ҳаракатини кузатмоқчимиз. Автомобиль босиб ўтган масофа унинг хусусий узунлигидан 20 000 марта катта. Равшанки, бу ҳолда автомобилни нуқта деб қараш мумкин. Бундай нуқтани *моддий нуқта* деб аталади.

Моддий нуқта — бу абстракт тушунчадир, унинг киритилиши кўпгина физик ҳодисаларни ўрганишни соддалаштиради. Биз бу тушунчадан кўп фойдаланамиз, шунинг учун унга таъриф берамиз.

Қаралаётган ҳолда ўлчамлари ва шаклини ҳисобга олмаса ҳам бўладиган жисм моддий нуқта деб аталади.

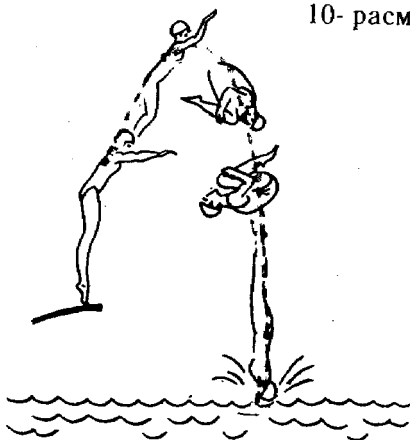
Бу таърифни мулоҳаза қилиб кўрайлик. Таърифда моддий нуқта билан алмаштириш мумкин бўлган жисмларнинг абсолют ўлчамлари ҳақида ҳеч нарса дейилмаган. Бу тасодифий ҳол эмас: ҳаммаси жисмларнинг нисбий ўлчамларига ва улар орасидаги масофаларга боғлиқ.

Масалан, Ернинг Қуёш атрофидаги ҳаракатини ўрганаётганда Ерни моддий нуқта деб ҳисоблаш мумкин, чунки Ер билан Қуёш орасидаги масофа Ернинг радиусидан тахминан 25 000 марта катта. Бироқ ҳавода умбалоқ ошиб сувга сакраётган спортчи танасини моддий нуқта билан алмаштириш мумкин эмас (10-расм), чунки бу ҳолда спортчи танасининг ўлчамлари спортчи ишғол этган масофа (балаңдлик)дан бир неча мартагина кичик.

2. Траектория. *Ҳаракатланаётган жисм (моддий нуқта деб қаралаётган жисм) танлаб олинган саноқ системасига нисбатан*

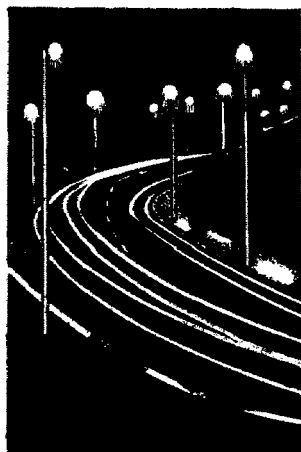
чизаётган узлуксиз чизиғи траектория деб аталади. 11-а расмда тепилган тўпнинг траекторияси штрихли чизиқ билан кўрсатилган. Отилган тўпнинг траекторияси ҳақида стробоскопик сурат бўйича (11-б расм), кечаси юрган автомашина траекторияси тўғрисида эса фараси билан ёритиб ўтган ҳўл асфальт йўл бўйича хулоса чиқариш мумкин (11-в расм).

10- расм.



Жисм ҳаракат бошлагунга қадар унинг траекторияси маълум бўлиши мумкин. Масалан, темир йўл излари поездларнинг траекториясини билдиради. Баъзан траекторияни жисмлар ҳаракати ҳақидаги бошқа маълумотлардан аниқлаш ҳам мумкин, масалан, Қуёш системасининг сайёраларига учирилган космик станцияларнинг, Ер сунъий йўлдошларининг ҳаракат траекторияси олдиндан ҳисоблаб қўйилган бўлади. 12-расмда космик кеманинг Марсга учиши ва Ерга қайтиб тушиши мумкин бўлган учиш траекториялари кўрсатилган. Алоҳида катталаштирилган масштабда Ер атмосферасининг зич қатламида космонавт жойлашган кабинанинг учиш траекторияси кўрсатилган. Ҳаракат траекторияга боғлиқ ҳолда тўғри чизиқли (масалан, Галилей тажрибасида шарларнинг минорадан тушиши) ва эгри чизиқли (масалан, отилган жисмнинг ҳаракати) бўлиши мумкин.

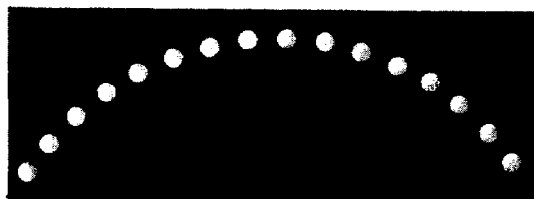
Ҳар хил санок системаларда айнан бир хил ҳаракатнинг



В

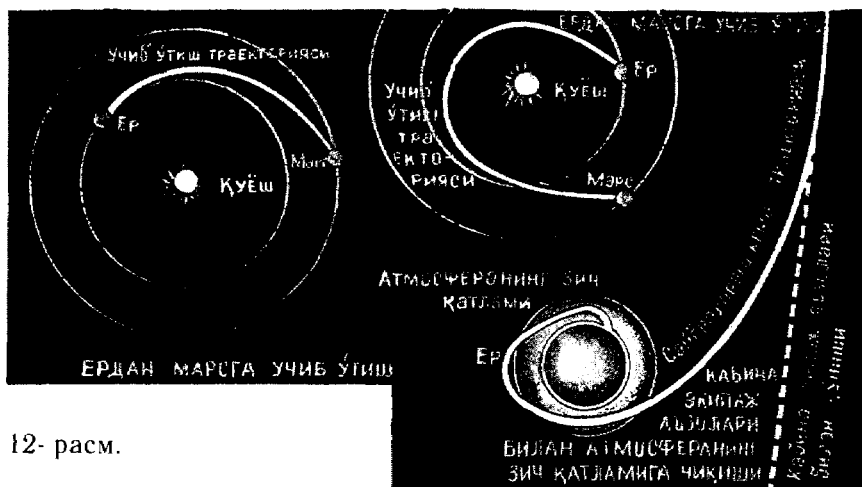


а



б

11- расм.



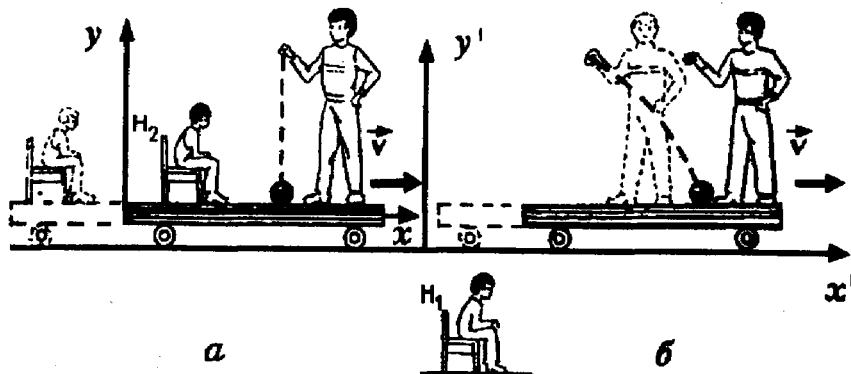
12- расм.

траекторияси турличадир. Масалан, ҳаракатланаётган платформа (13-а расм) билан боғланган санок системасида тушаётган тўпнинг траекторияси — тўғри чизикдан, темир йўл изида ёнида (13-б расм) кўзғалмас турган кузатувчи билан боғланган санок системасида эса эгри чизикдан иборат.

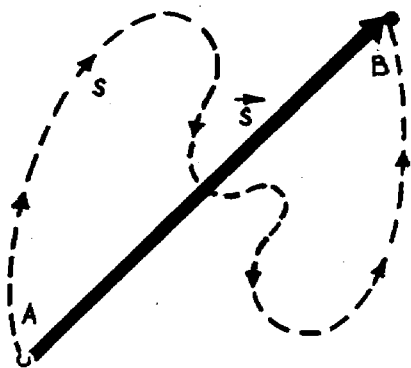
3. Йўл ва кўчиш. Жисм (моддий нукта)нинг ҳаракат траекторияси бўйлаб ўтган масофаси *йўл* дейилади. Йўлни s ҳарфи билан белгилаймиз.

Жисмни бошланғич ва кейинги вазиятини туташтирувчи йўналишли тўғри чизик кесмаси *кўчиш* деб аталади.

14-расмдаги AB тўғри чизик кесмаси моддий нуктанинг A вазиятдан B вазиятга ҳаракатидаги кўчишни тасвирлайди. Кўчиш \vec{s} ҳарфи билан белгиланади ва унга ҳаракатнинг бошланғич нуқтасидан охириги нуқтасига қараб йўналиш қўйилади. Ҳам сон қиймати билан, ҳам йўналиши билан характерланадиган

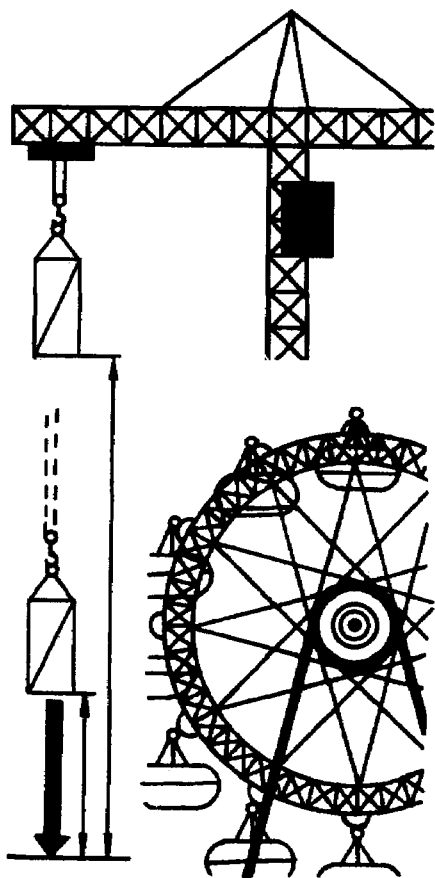


13- расм.



14- расм.

15- расм.



катталиқ вектор катталиқ деб аталади. Демак *кўчиш* — вектор катталиқдир.

Шундай қилиб, *жисмнинг бошланғич ва охири вазиятини туташтирувчи вектор кўчиш* деб аталади, у ҳаракатнинг бошланғич нуқтасидан охири нуқтасига қараб йўналган бўлади.

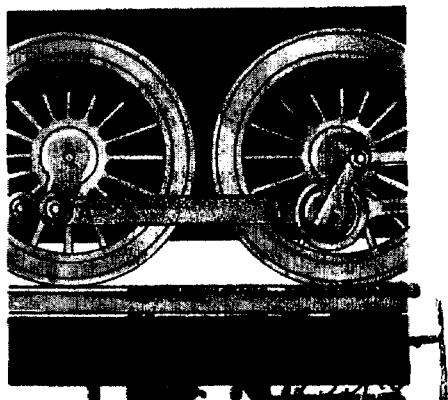
Йўналишга эга бўлмаган (вектор катталиқлардан фаркли равишда) ва фақат сон билан ифодаланадиган катталиқлар *скаляр катталиқлар* деб аталади. Скаляр катталиқларга юз, вақт, температура (ҳарорат) ҳажм ва ҳоказолар киради.

Йўл ва кўчиш тушунчаларини бир-биридан фарк қилиш керак. Бу — икки хил тушунчалардир. Йўл — скаляр катталиқ, кўчиш эса — вектор катталиқдир.

Одатда йўл кўчиш модулдан (бу 14-расмда яхши кўринади) катта ва фақат тўғри чизикли ҳаракат ҳолидагина йўл кўчиш модулга тенг бўлади.

4. Илгариланма ҳаракат.

Жисм шундай ҳаракат қилиши мумкинки, унинг ихтиёрий икки нуқтасини ту-



гаштирувчи тўғри чизик кўчиб, ўз-ўзига параллелигича қолиши мумкин. Каттик жисмнинг бундай ҳаракати илгариланма ҳаракат дейилади. Масалан, жомадон полдан кўтариб стол устига кўйилганда; йўлнинг тўғри чизикли қисмида ҳаракатланаётган автомашина кузови; томоша чархпалагидаги кабина; тепловознинг (15-расм) иккита кўшни етакчи филдирақларини туташтирувчи АВ штанга илгариланма ҳаракат қилади.

Илгариланма ҳаракатда жисмнинг ҳамма нукталари бир хил траекторияни тавсифлайди ва бир хил вақтда бирдай тезликда ҳаракатланиб бир хил кўчади. Шунинг учун жисмнинг илгариланма ҳаракатини моддий нуктанинг ҳаракати деб қараш мумкин.

?

1. Моддий нукта деб нимага айтилади?
2. Траекториянинг шакли санок системасининг танланишига боғлиқ бўладими?
3. Кўчишга таъриф беринг.
4. Каттик жисмнинг қандай ҳаракати илгариланма ҳаракат дейилади?

4°-§. ВЕКТОРЛАР УСТИДА БАЖАРИЛАДИГАН АМАЛЛАР

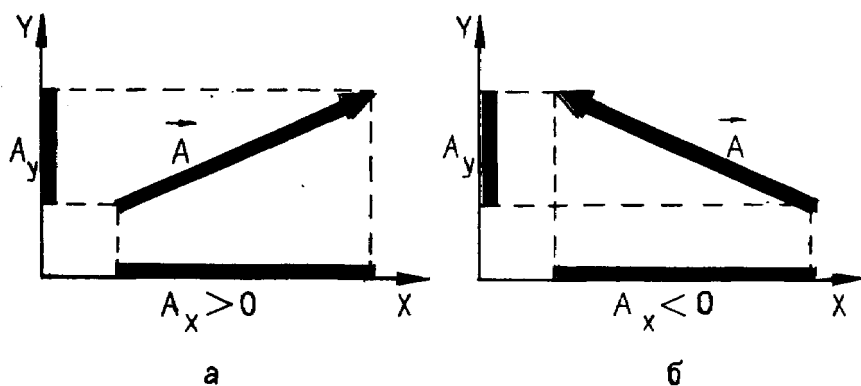
Сиз векторлар устида бажариладиган амалларни математика курсидан ўргандингиз. Бу параграфда векторлар тўғрисидаги асосий маълумотлар ва улар устида бажариладиган амаллар эслатилади.

1. Вектор катталиқларнинг белгиланиши. Вектор катталиқлар йўналтирилган кесма (стрелка)лар кўринишида тасвирланади, вектор катталиқлар узунлиқлари уларнинг модулларига (вектор катталиқнинг модули деб, уларнинг плюс ишора билан олинган сонли қийматларига айтилади) пропорционал, стрелкалар эса йўналишларини кўрсатади. Вектор катталиқлар ярим қора шрифт ($\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \dots$) ёки дарслиқда қабул қилингандек, устига стрелка ($\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}, \dots$) кўйилган ҳарфлар билан белгиланади. Векторнинг модули — скаляр катталиқ бўлиб, ҳар доим мусбат бўлади. Векторнинг модули $|\mathbf{A}|$ ёки $|\vec{A}|$ билан белгиланади, биз A векторнинг модулини A ҳарфи билан белгилаймиз.

2. Векторнинг проекцияси. \vec{A} векторнинг X ва Y координата ўқларидаги проекцияси деб, мос координатага ўқларидаги плюс ёки минус ишора билан олинган векторнинг боши ва охири билан чегараланган A_x ва A_y (16-расм) кесмаларнинг узунлиқларига айтилади. Векторнинг проекцияси — скаляр катталиқдир.

Агар вектор бошининг проекциясидан унинг охирининг проекциясига ўқ бўйича бир хил йўналишда борилса, танланган ўқдаги векторнинг проекцияси мусбат бўлади (16-а расм), агар вектор бошининг проекциясидан унинг охири проекциясига ўқ йўналишига қарши борилса, манфий (16-б расм) бўлади.

3. Векторларни кўшиш. Сиз математика курсидан биласизки, вектор катталиқлар геометрик равишда кўшилади. Вектор катталиқларнинг бу хоссаларини кўчишларни кўшиш мисолида тасвирлаймиз.

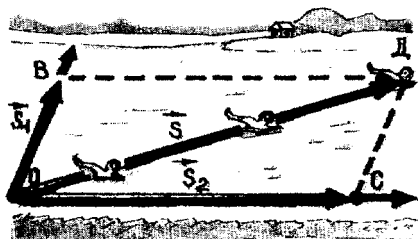


16-расм.

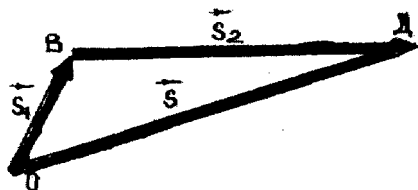
Фараз қилайлик, сузувчи дарё бўйлаб O нуқтадан сувнинг оқимиға перпендикуляр равишда сузади (17-а расм). Бирор вақт ичида сузувчининг сувға нисбатан кўчиши \vec{s}_1 бўлади, шу вақт ичида сувнинг қирғоққа нисбатан кўчиши \vec{s}_2 бўлади. Сув \vec{s}_2 масофаға сузувчини ҳам олиб боради. Сузувчининг сувға нисбатан ва сувнинг қирғоққа нисбатан кўчишларини қўшиш натижасида сузувчи D нуқтада бўлиши маълум бўлади. Унинг натижаловчи кўчиши Ер билан боғланган саноқ системасига нисбатан \vec{s}_1 ва \vec{s}_2 кўчишларни қўшишдан ясалган $OBDC$ параллелограммнинг OD диагоналига тенг: $\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2$.

Векторларни қўшишни бошқачароқ ҳам бажариш мумкин: \vec{s}_1 векторнинг охирига \vec{s}_2 векторни ўз-ўзига параллел равишда кўчирилади (17-б расм). Натижаловчи $\vec{s} = OD$ вектор OB учбурчакнинг охириги бирлаштирувчи томони бўлади.

Иккитадан ортиқ векторларни қўшиш зарур бўлганда ҳам шундай йўл тутилади. Бунда векторлардан биттаси (қайси бири бўлиши фарқсиз) олинади ва унинг охирига қўшилаётган векторлардан ихтиёрий биттасини ўз-ўзига параллел равишда қўйилади (18-расм). Ўтқазилган векторнинг охирига худди шундай усул билан учинчи вектор қўйилади, сўнгра тўртинчи вектор билан ҳам худди шундай қилинади ва ҳоказо.

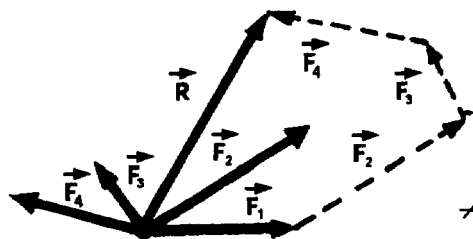


17-а расм.

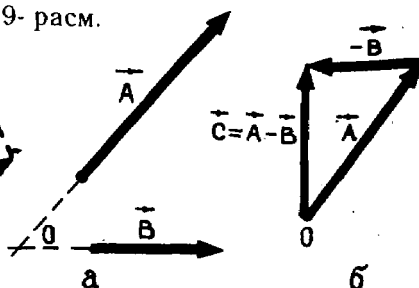


17-б расм.

18- расм.



19- расм.



Натижаловчи вектор деб аталган векторлар йиғиндиси қўп бурчакни туташтирувчи \vec{R} векторга тенг. Бу вектор биринчи векторнинг бошидан қўшилаётган векторларнинг охирига қараб йўналган.

Векторларни қўшиш қуйидагича ёзилади:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \dots + \vec{F}_n.$$

Вектор катталиклар ҳақида айтилганларнинг ҳаммасини қуйидаги таърифда умумлаштириш мумкин:

Сон қиймати, йўналиши ва геометрик қўшилиши билан характерланадиган физик катталиклар вектор катталиклар дейилади.

4. Векторни скалярга кўпайтириш

\vec{A} векторни k скалярга кўпайтириб, \vec{A} векторнинг модули билан k скалярнинг модулига кўпайтирилганига тенг бўлган янги \vec{P} векторни ҳосил қиламиз:

$$\vec{P} = k\vec{A}.$$

Агар скаляр мусбат бўлса, \vec{P} вектор \vec{A} вектор билан бир хил йўналади, агар k скаляр манфий бўлса, \vec{A} векторга қарама-қарши йўналади.

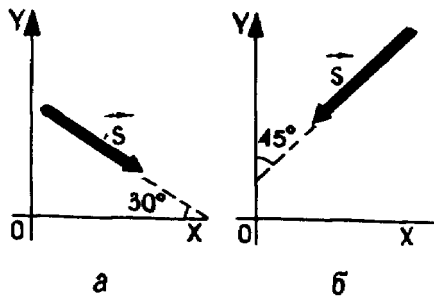
5. Векторларни айириш. \vec{A} вектордан \vec{B} векторни айириш учун (19-а расм) \vec{A} векторга \vec{B} векторга қарама-қарши йўналган векторни қўшиш керак. Бунинг учун \vec{A} векторнинг охирига (учбурчак койдаси бўйича) \vec{B} векторни жойлаштирамиз (19-б расм). Учбурчакнинг охири томони $\vec{C} = \vec{A} - \vec{B}$.

?

1. Вектор катталикларга мисоллар келтиринг. Вектор катталиклар қандай белгиланади?
2. Векторнинг проекцияси нима?
3. Вектор катталиклар қандай қўшилади?
4. Вектор катталиклар қандай айирилади?
5. Дарё сувининг оқим тезлиги 4 м/с. Қайик сувга нисбатан оқим тезлигига перпендикуляр равишда 3 м/с тезлик билан ҳаракатланади. Қайикнинг кирғоққа нисбатан ҳаракатланиш тезлигини аниқланг.

1-МАШК

1. Сувга хавода умбалок ошиб сакраётган спортчининг танасини моддий нуқта деб караш мумкинми? Жавобингизни асосланг.
2. Автомобиль узунлиги 109 км бўлган айланма йўлдан икки марта ўтди. Автомобиль босиб ўтган йўл ва унинг кўчиши нимага тенг?



20- расм.

3. Кўчиш векторининг модули $s = 10$ км. 20- а, б расмда кўрсатилгандек жойлашган векторнинг координата ўқларидаги проекциясини аниқланг.
4. Бир нечта векторларни кўшишда кўшилаётган векторларнинг жойлантириш тартиби натижаловчи векторнинг модули ва йўналишига таъсир қилмаслигини исботланг.
5. Натижаловчи векторнинг проекцияси кўшилаётган векторларнинг проекциясига тенглигини кўрсатинг.

КИРИШНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

1. Оламда мавжуд бўлган, бизнинг сезги органларимиз орқали онгимизда намоён бўладиган ҳамма нарсаларни фанда бир сўз билан «материя» деб аташ қабул қилинган. Олам узлуксиз ўзгариб туради ва у доимо мавжуддир. Олам бизгача мавжуд бўлган, биздан кейин ҳам мавжуд бўлади. Бинобарин, материя ҳам абадийдир.
2. Материянинг хоссаларидан бири ҳаракат — унинг абадий ўзгаришидир. Ҳаракатнинг энг содда шакли (механик ҳаракат) — вақт ўтиши билан жисм вазиятининг бошқа жисмларга нисбатан ўзгаришидир. Жисмларнинг ҳаракати абадийдир.
3. Механик ҳаракат нисбийдир. Турли санок системаларида ҳаракатланаётган жисмнинг траекторияси, йўли ва кўчиши ҳар хил бўлади. Тинчлик ҳам нисбийдир. Жисм бир санок системасига нисбатан тинч турган бўлиши ва бошқа санок системасига нисбатан ҳаракатланаётган бўлиши мумкин.

I БОБ. ТЎҒРИ ЧИЗИҚЛИ ТЕКИС ҲАРАКАТ

Биз механик ҳаракатни ўрганишни унинг энг содда кўриниши, тўғри чизик бўйлаб содир бўладиган ҳаракатдан бошлаймиз, тўғри чизикли ҳаракатдан текис ҳаракатни танлаб оламиз. *Текис ҳаракат деб шундай ҳаракатга айтиладики, бунда жисм ихтиёрий тенг вақт оралиқларида мос равишда тенг масофаларни босиб ўтади.*

Масалан, агар автомобиль йўлнинг тўғри чизикли қисмида:

ҳар бир соатда 80 км,
ҳар 1/2 соатда 40 км,
ҳар 1/4 соатда 20 км,

ҳар 1/6 соатда 10 км,
ҳар 1/16 соатда 5 км,
ҳар 1/32 соатда 2,5 км.

ҳар 1/64 соатда 1,25 км ва ҳоказо масофаларни босиб ўтган бўлса, у ҳолда автомобиль йўлнинг бу қисмида текис ҳаракатланган бўлади.

5-§. ТЎҒРИ ЧИЗИҚЛИ ҲАРАКАТ ТЕЗЛИГИ

1. **Тезликни аниқлаш.** Одатдаги ҳаракат турли хоссаларга эга, уларни характерлаш учун махсус тушунча ва катталиклар киритилган. Биз уларнинг баъзи бирлари билан юқорида танишдик. Масалан, ҳаракатнинг геометрик хоссаларини характерлаш учун «траектория», «саноқ системаси» каби тушунчалар ва «йўл», «кўчиш» каби катталиклар киритилди. Бироқ, улар ҳаракатни атрофлича характерламайди. Бунга қуйидаги мисолда ишонч ҳосил қилиш мумкин.

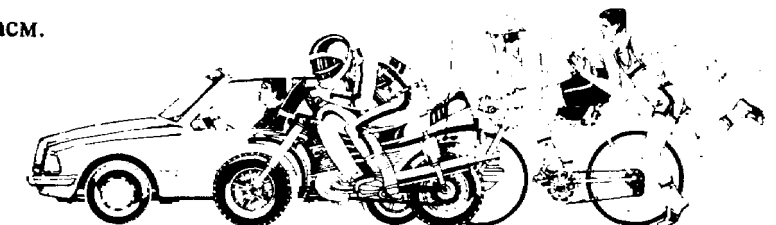
Фараз қилайлик, *A* шаҳардан *B* шаҳарга қараб битта йўлдан бир вақтда автомобиль, мотоциклъ, велосипед ва пиёда йўлга чиқди (21- расм). Улар *B* шаҳарга турли вақтларда: ҳаммасидан олдин автомобиль, энг охирида эса йўловчи етиб келди. Тўрттала-си бир хил траектория бўйлаб ҳаракатланди, тенг масофаларни босиб ўтди, кўчишлари ҳам бир хил. Бироқ уларнинг ҳаракатлари турлича бўлиб, одатда биз, тезкорлик деб атайдиган сифатлари билан фарқ қилади. Бу ҳаракатларнинг тезкорлигини характерлаш учун VII синф физика курсидан маълум бўлган «тезлик» ($\bar{v} = \frac{s}{t}$) тушунчаси киритилди.

\bar{s} кўчиш вектор катталик, вақт оралиғи *t* эса скаляр катталик бўлгани учун ҳаракат тезлиги \bar{v} вектор катталик бўлади (математика курсидан маълумки, вектор катталикни скаляр катталикка бўлганда вектор катталик келиб чиқади), траекториянинг берилган қисмида ҳаракат йўналиши кўчиш йўналиши билан мос тушади.

Э с л а т м а . Тўғри чизиқли ҳаракатда кўчиш ва тезлик векторларининг ҳаракат траекториясидаги проекцияси бу катталикларнинг алгебраик қийматлари билан мос келади:

$$v_1 = v ; s_1 = s. \text{ Шунинг учун } v = \frac{s}{t}.$$

21- расм.



Юқорида айтилганларга таяниб, ҳаракат тезлигини қуйидаги-ча аниқлаш мумкин.

Ҳаракатнинг йўналиши ва тезкорлиги (жадаллиги)ни ҳарактерловчи физик вектор катталikka ҳаракат тезлиги дейилади.

Текис ҳаракат тезлиги жисм кўчишининг шу кўчиш содир бўлган вақтга нисбатига тенг:

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$$

Тезлик модулини топиш учун тезлик формуласини скаляр шаклда вектор катталикларни модуллари орқали ёзиш керак:

$$v = \frac{s}{t}$$

Амалиётда кўпинча ҳаракат тезлигининг траекторияси бўйича иш кўришга тўғри келади: $v = \frac{s}{t}$, бунда s — жисм босиб ўтган йўл. Бу тезликни йўлдаги тезлик деб аташ қабул қилинган.

2. Тезлик бирлиги. Физик катталикларни ўлчаш учун махсус бирликлар белгиланган, уларни тўплами бирликлар системасини ташкил қилади. Ҳозирги вақтда кўпчилик мамлакатларда халқаро бирликлар системаси (Systeme International ёки қисқача SI) қабул қилинган. У асосий бирликлар ва уларнинг ҳосилаларидан ташкил топган. Узунлик бирлиги — метр (м) ва вақт бирлиги — секунд (с) асосий бирликлардандир.

Тезлик бирлигини аниқлаш учун жисм бир бирлик (1 с) вақт ичида текис (ўзгармас тезлик билан) ҳаракатланиб бир бирлик (1 м) узунликка тенг масофага кўчиши зарур. У ҳолда тезлик бирлиги $[v] = \frac{1 \text{ м}}{1 \text{ с}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ бўлади.

Тезликнинг бу бирлиги метр тақсим секунд (м/с.) бўлади. Халқаро бирликлар системасида тезлик бирлиги қилиб 1 с ичида жисм 1 м масофага кўчадиган тўғри чизикли текис ҳаракат тезлиги қабул қилинган.

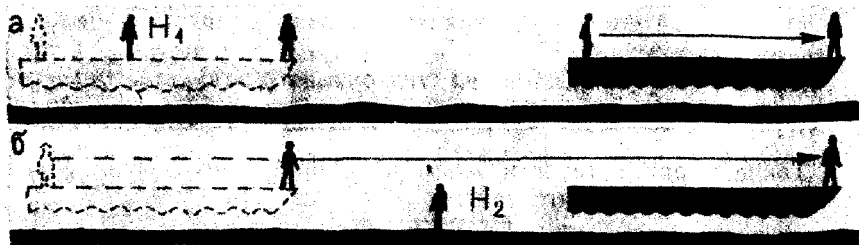
3. Тезликни ўлчайдиган асбоблар. Тезликни ўлчаш учун махсус асбоблар яратилган. Улардан кенг тарқалгани спидометр² (22- расм) бўлиб, автомобилларга ўрнатилади ва тезлик кўрсаткичи сифатида

22- расм.



¹ Ўрта қавсда бирлиги аниқланадиган катталик симболи ёзилади; ушбу ҳолда тезлик бирлиги ёзилган.

² Инглизча speed — тезлик ва латинча metreo — ўлчаш деган маънони билдирувчи сўзлардан тузилган.



23- расм.

самолётларга ҳам ўрнатилади. ДАН ходимларининг ихтиёрида махсус асбоб — тинч турган ёки ҳаракатланаётган патруль машинасида туриб ҳар қандай ҳаракатланаётган объект тезлигини аниқлашга имкон берувчи қурилма мавжуд.

4. Тезликнинг нисбийлиги. Фараз қилайлик, матрос ўзиюрар баржанинг палубаси бўйлаб, қуйруғидан тумшугигача 2 минут ичида 120 м масофани босиб ўтди (23- а расм). Баржада турган H_1 кузатувчи матроснинг баржага нисбатан ҳаракат тезлиги

$v_1 = \frac{120 \text{ м}}{120 \text{ с}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ га тенглигини аниқлайди. Худди шу вақтда

қирғоқда турган H_2 кузатувчи баржа палубаси бўйлаб 120 м масофани ўтганини, баржа эса дарё бўйича 240 м га (23- б расм) сурилганини сезади. Одамнинг қирғоққа нисбатан умумий кўчиши $120 \text{ м} + 240 \text{ м} = 360 \text{ м}$, унинг тезлиги эса

$$v_2 = \frac{360 \text{ м}}{120 \text{ с}} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Бу мисол тезлик (траектория ва кўчиш сингари) санок системасининг танланишга боғлиқ эканини кўрсатади. Бошқача қилиб айтганда, ҳаракат тезлиги — санок системасининг танланишига боғлиқ бўлган нисбий катталиқдир.

?

1. Текис ҳаракат тезлигини таърифланг.
2. Ҳаракат тезлигининг халқаро бирликлар системасидаги бирлигини айтинг.
3. Дарсликда келтирилган мисолдан бошқа мисолда тезлик санок система-сига боғлиқлигини кўрсатинг.
4. Жисм илгариланма ҳаракатланмоқда. Унинг нукталаридан бири 1 м/с тезликка эга. Жисмнинг бошқа нукталарининг ҳаракат тезлиги қандай?
5. Тезликнинг қайси бирлиги катта: 1 м/с ми ёки 1 км/соат ми?

6-§. ТЎҒРИ ЧИЗИҚЛИ ТЕКИС ҲАРАКАТДА КЎЧИШ

1. **Кўчиш формуласи.** Тезлик формуласидан текис ҳаракатда жисмнинг кўчиши ҳаракатланиш вақтига, пропорционал экани келиб чиқади.

$$\vec{s} = \vec{v}t.$$

Кўчиш формуласи ҳаракат тенгламаси деб аталади. Ҳосил қилинган формула — тўғри чизикли текис ҳаракат тенгламасидир.

Тенгламанинг вектор характерини (масалан, тўғри чизикли ҳаракатда) тасвирлашга зарурат бўлмаган ҳолда биз бу тенгламани скаляр шаклда ёзамиз:

$$s = vt.$$

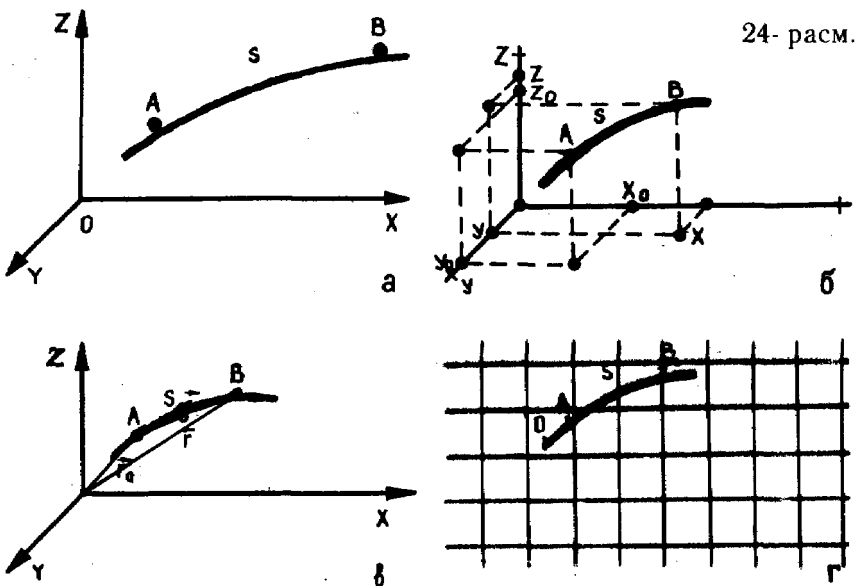
2. Жисм вазиятини аниқлашнинг уч усули. Жисмнинг вазиятини танланган санок системасига нисбатан уч усул билан аниқлаш мумкин: векторли, координатали ва траекторияли (табиий) усуллар.

Нуқта танланган санок системасига нисбатан v тезлик билан ҳаракатланаётган бўлсин (24-а расм).

Ҳаракатланаётган жисмнинг танланган санок системасига нисбатан вазиятини координатали усулда аниқлаш учун учта x , y ва z топилади. Бунда $x = x_0 + v_x t$, $y = y_0 + v_y t$, $z = z_0 + v_z t$, бу ерда v_x , v_y ва v_z мос ўқлардаги ҳаракат тезлигининг проекциялари (24-а расм), x_0 , y_0 ва z_0 — бошланғич пайтда жисмнинг координаталари.

Векторли усулда жисмнинг исталган пайтдаги вазияти координата бошидан жисм турган нуқтагача ўтказилган \vec{r} вектор билан аниқланади. \vec{r} вектор радиус-вектор деб аталади.

Фараз қилайлик, нуқтанинг бошланғич пайтдаги вазияти \vec{r}_0 радиус-вектор (24-в расм) билан аниқлансин. Нуқта Δt вақт



24- расм.

оралигида \vec{r} радиус-вектор билан аниқланадиган янги вазиятга кўчган. Нуктанинг бошланғич вазиятидан охириги вазиятига ўтказилган \vec{s} вектор нуктанинг кўчиши деб аталади.

Табий усулда ҳаракатни тавсифлаш учун бошланғич санок системаси траекторияда (24-г расм) олинади. Моддий нуктанинг бошланғич вазияти A , Δt вақт ичидаги вазияти B бўлсин. Ҳаракатланаётган жисмнинг вазияти траектория бўйлаб ўлчанган ва мос келувчи ҳаракатланаётган жисм траекторияси олдиндан маълум бўлганда қулай бўлади.

Бу усул, айниқса, тўғри чизикли ҳаракат ўрганилаётганда қўл келади. Шунинг учун ҳаракатни тавсифлашда биз тез-тез табиий усулдан фойдаланамиз.

Тўғри чизикли ҳаракатда кўчиш ва тезликнинг ҳаракат траекториясига проекциялари бу катталикларнинг алгебраик қийматлари билан мос келади:

$$s_x = s \quad \text{ва} \quad v_x = v.$$

Шунинг учун $v = \frac{s}{t}$ тезлик модулини баъзан йўлдаги тезлиги ёки тезлик деб аталади.

Э с л а т м а. Ҳо оддий, ҳо илмий нутқда «Тўғри шоҳ кўча бўйлаб модули 4 км/соат га тенг тезлик бўйича ҳаракатланаётган пиёданнинг кўчиш модули 12 км га тенг», деб айтилмайди, шунинг учун кейинчалик нутқда «модуль» атамасини ортиқча ишлатмаслик мақсадида «масофа» ва «йўл» дейилганда кўчиш модули тушунилади, «тезлик» дейилганда тезлик модули назарда тутилади.

3. Масалалар ечиш намунаси. Агар реактив самолёт 330 м/с тезлик (товуш тезлиги) бўйича текис учганлиги маълум бўлса, унинг тўғри чизикли траектория бўйлаб 0,1 соат ичида кўчиш модули (йўл)ни топинг.

Ш а р т н и н г т а ҳ л и л и . Масаланинг шартда самолёт тўғри чизик бўйлаб текис ҳаракатлангани айтилган. Бинобарин, координата ўқлардан бири ҳаракат бўйлаб йўналган бўлиши, унинг боши самолётнинг бошланғич вазияти билан мос тушиши керак, унинг 0,1 соатдан кейинги вазиятини топиш учун тўғри чизикли текис ҳаракат тенгламасидан фойдаланиш мумкин.

Е ч и л и ш и . Самолётнинг тезлиги метр тақсим секунд ҳисобида ифодалангани учун учини вақтини секундларда ифодалаш зарур: $t = 0,1 \cdot 60 \cdot 60 \text{ с} = 360 \text{ с}$. Самолётнинг кўчиш модули (йўл) $s = 330 \text{ м/с} \cdot 360 \text{ с} = 118800 \text{ м}$ га тенг. Масаланинг шартини, унинг ечилиши ва таҳлилини қуйидагича ёзиш қулай:

$$\begin{array}{l} v = 330 \text{ м/с} \\ t = 360 \text{ с} \end{array}$$

$$\left| \begin{array}{l} s = vt \end{array} \right|$$

$$s = 330 \text{ м/с} \cdot 360 \text{ с} = 1,19 \cdot 10^5 \text{ м}.$$

$s = ?$

Ж а в о б и: $s = 1,19 \cdot 10^5 \text{ м}$

?

1. Тўғри чизик бўйлаб текис ҳаракат тенгламасини вектор ва скаляр шаклда ёзинг.
2. Жисмнинг вазиятини қандай усуллар билан аниқлаш мумкин?
3. Автомобиль 20 м/с тезлик билан текис ҳаракатланиб, белгиланган манзилгача бўлган йўлнинг ярмини 1,25 соатда босиб ўтди. У 3 соат ичида манзилга етиб ва яна орқасига қайтиб келиши учун текис ҳаракатини қандай тезлик бўйича давом эттириши керак? (Жавоби: $v = 90$ км/соат).

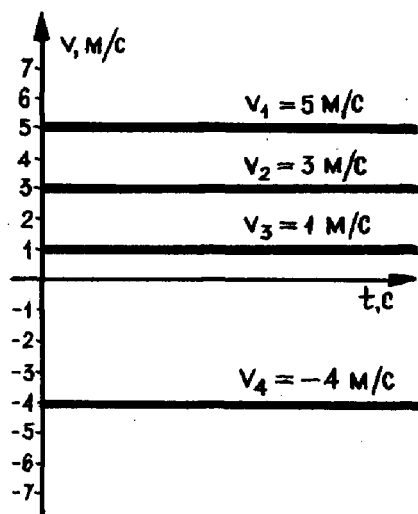
7-§. ҲАРАКАТНИ ГРАФИК ШАҚЛДА ТАСВИРЛАШ

Кўп ҳолларда жисмларнинг, масалан, темир йўл поездларининг ҳаракатини график кўринишда тасвирлаш қулай бўлади. Ҳаракатни тавсифлашнинг бундай усули жуда кўرғазмалидир. Тўғри чизикли текис ҳаракатни тавсифлашнинг график усули билан танишамиз.

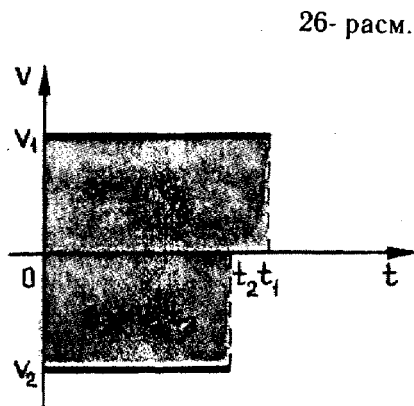
1. Тезлик графиги. Тезлик графигини чизиш учун тўғри бурчакли координаталар системаси олинади, унинг горизонтал ўқи бўйлаб маълум масштабда вақт, вертикал ўқи бўйлаб эса тезлик модули кўйилади. Текис ҳаракатда тезлик ўзгармас катталиқ бўлгани учун тезлик графиги тўғри, вақт ўқига параллел бўлади. 25-расмда тўртта ҳаракатнинг графиги кўрсатилган.

Жисм ҳаракати координата ўқининг йўналишига қарама-қарши томонга йўналган бўлган ҳолда тезлик графиги вақт ўқидан пастда жойлашади.

Тезлик графиги ёрдамида жисм босиб ўтган масофани аниқлаш мумкин. Биз биламизки, текис ҳаракатда жисм босиб ўтган йўл тезликни вақтга кўпайтирилганига тенг: $s = vt$. Бу кўпайтма сон жиҳатдан бўялган (26-расм) тўғри тўртбурчакнинг юзига тенг, унинг томонлари координата ўқи, ҳаракатланиш вақтига мос келувчи тезлик ва координата графикларидан иборат.



25- расм.



26- расм.

8-§. МАСАЛАЛАР ЕЧИШ ҲАҚИДА

Дарсликнинг бошида айтилганидек, физикани ўрганишда масалалар ечиш ёрдам беради. Физик масалаларни ечиш малакаси ўз-ўзидан ҳосил бўлмайди. Уларни мустақил ечиш жараёнида масала ечиш малакаси шакллана боради, шу билан бирга ўқув ва малакалар мустаҳкамланади. Бу ерда спортчи билан ўхшатишлик ўринлидир. Спортчи у ёки бу машкни қандай бажаришни билибгина қолмай, балки кунт-матонат ва аниқ бир мақсадга интилиб машқ қилиш натижасида ўз кўникмаларини бу машкни автоматик бажаришга олиб боради. Сиз ўқитувчи ва ўртоқларингизни масалаларни қандай ечишларини кузатиш билан масалалар ечишни ҳеч қачон ўрганмайсиз. Масалаларни ўзингиз, уларнинг қийинлик даражасини аста-секин орттириб бориш тартибида ечишингиз керак. Бу параграфда содда масалаларни ечиш мисолида таклиф этилган масалаларни қандай ечиш кераклигини кўрсатиш мақсад қилиб қўйилган. Агар сиз қўйидаги маслаҳатларга риоя қилсангиз, масалалар ечишни ўрганиб олишингиз мумкин:

1. Масала ечишга киришишдан аввал, унинг шартини диққат билан ўқиб чиқиб, унинг асосида қандай физик ҳодиса ётганини, қандай катталиқлар маълумлигини ва нимани топиш кераклигини тушуниш керак.

2. Масалалар шартини тушунишда расмлар, чизмалар, схемалар ёрдам беради. Шунинг учун, масаланинг шартини ўйлаётиб, унинг мазмунини график тарзда тасвирлашга ҳаракат қилинг.

3. Шартни тушуниб ва нимани топиш кераклигини аниқлаб олгач, номаълумдан маълумга қаратиб, мантиқий мулоҳазалар занжирини тузиш зарур.

4. Бундай мулоҳазалар занжирини ҳосил қилгач, тескари кетма-кетликда — маълумдан номаълумга бориб, нимани топиш талаб қилинаётганини ҳисоблашни бошланг.

5. Масалани ечиб, олинган натижа устида ўйлаб кўринг: у реалми? Баъзан элементар арифметик хато қўпол физик хатога олиб келиши мумкин.

6. Такрибий сонлар устидаги амалларни ёдда тутинг: жавобнинг аниқлиги дастлабки берилган катталиқлар аниқлигидан ортиб кетмаслиги керак.

7. Агар масала ечиш натижасида изланаётган катталиқнинг сонли қиймати ҳосил бўлса, уни албатта берилган катталиқ ифодаланадиган бирликлари билан ёзиш керак.

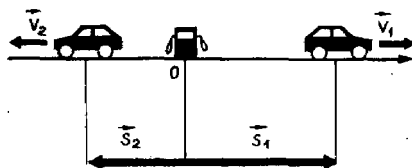
8. Масалалар ечиш йўлини топиш — мураккаб ишдир. Ҳар доим ҳам ечиш йўлини бир онда кўриш мумкин эмас. Бундай ҳолда ўз фикрингизни стрелкалар, белгилар, қисқача тушунтириш сўзлари билан олиб бориш фойдалидир.

Булар албатта ҳар бир масалани ечишда ва эсда тутиш ижодий қўллаш керак бўлган энг умумий маслаҳатлардир.

Масалалар ечиш намуналари

1. Икки автомобиль тўғри чизикли йўлда бир-бирига қарама-қарши текис ҳаракатланмоқда: бири 90 км/соат тезлик билан, иккинчиси 72 км/соат тезлик билан. Автомобиллар ёнилғи қуйиш станциясида учрашди ва тўхтамасдан ҳаракатни давом эттирди. Автомобилларнинг бир-бирига нисбатан вазиятини ва учрашгандан кейин 3 мин ўтгач ёнилғи қуйиш станциясига нисбатан вазиятини аниқланг.

Шартнинг таҳлили. Автомобиллар ҳаракати тўғри чизикли ва текис; уларнинг бир-бирига нисбатан вазияти ва ёнилғи қуйиш станциясига нисбатан вазиятини аниқлаш талаб қилинади. Санок системасини йўл билан боғлаймиз ва санок бошини ёнилғи қуйиш станциясидан бошлаб ҳисоблаймиз (27- расм). Бундай ҳолда автомобиль босиб ўтган масофани $s = vt$ формула бўйича аниқлаш мумкин.



27- расм.

Ечилиши. Автомобиллар ёнилғи қуйиш станциясидан мос равишда $s_1 = v_1 t$ ва $s_2 = v_2 t$ масофага узоқлашади.

Уларнинг орасидаги масофа $s = s_1 + s_2$ га тенг бўлади.

Ҳисоблаш. Масаланинг шартда берилганларни халқаро бирликлар системасида ифодалаймиз.

$$v_1 = 90 \text{ км/соат} = \frac{90000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 25 \text{ м/с};$$

$$v_2 = 72 \text{ км/соат} = \frac{72000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 20 \text{ м/с}; \quad t = 30 \text{ мин} = 30 \cdot 60 \text{ с} = 1,8 \cdot 10^3 \text{ с}.$$

$$\left. \begin{array}{l} v_1 = 25 \text{ м/с} \\ v_2 = 20 \text{ м/с} \\ t = 1,8 \cdot 10^3 \text{ с} \end{array} \right\}$$

$$s_1 = 25 \text{ м/с} \cdot 1,8 \cdot 10^3 \text{ с} = 4,5 \cdot 10^4 \text{ м};$$

$$s_2 = 20 \text{ м/с} \cdot 1,8 \cdot 10^3 \text{ с} = 3,6 \cdot 10^4 \text{ м};$$

$$s = 4,5 \cdot 10^4 \text{ м} + 3,6 \cdot 10^4 \text{ м} = 8,1 \cdot 10^4 \text{ м}.$$

$$s_1 = ?$$

$$s_2 = ?$$

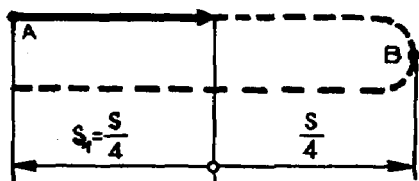
$$s = ?$$

$$\text{Ж а в о б и: } s_1 = 4,5 \cdot 10^4 \text{ м}; \quad s_2 = 3,6 \cdot 10^4 \text{ м};$$

$$s = 8,1 \cdot 10^4 \text{ м}.$$

2. Автомобиль 30 км/соат тезлик билан текис ҳаракатланиб, манзилгача бўлган йўлнинг ярмини босиб ўтди. Автомобиль худди шунча вақтда манзилгача етиб бориб яна ҳаракат бошланган жойига қайтиб келиши учун қолган йўл қисмида қандай тезлик билан ҳаракат қилиши керак?

Шартнинг таҳлили. Масаланинг шартда автомобилнинг ҳаракатланиш траекторияси ҳақида ҳеч нарса дейилмаган. Траектория тўғри чизикли ҳам, эгри чизикли ҳам бўлиши мумкин. Соддалик учун ҳаракатланиш траекториясини тўғри чизик деб ҳисоблаймиз. Автомобиль манзилга ва орқага текис ҳаракатланди.



28-расм.

Автомобиль бурилишда вақт йўқотмади деб ҳисоблаймиз. Автомобиль йўлнинг биринчи қисмининг фақат ярмини босиб ўтган бўлса, у ҳолда у яна босиб ўтилган йўлдан уч марта ортиқ йўлни босиб ўтиш керак (28-расм). Саноқ системасини йўл билан боғлаймиз.

Ечилиши. Автомобиль $s_1 = v_1 t$ масофани босиб ўтди, у яна $s_2 = 3s_1$ масофани босиб ўтиши керак. Автомобилнинг ҳаракатла-ниш тезлиги йўлнинг қолган қисмида $v_2 = \frac{s_2}{t} = \frac{3s_1}{t}$ бўлиши керак.

$\frac{s_1}{t}$ бу бутун йўлнинг биринчи чорагидаги тезлик эканлигини се-зиш қийин эмас. Шунинг учун $v_2 = 3v_1$.

$$v_1 = 30 \text{ км/соат}$$

$$s_1 = \frac{1}{4} s$$

$$v_2 = ?$$

$$v_2 = 3v_1 = 3 \cdot 30 \text{ км/соат} = 90 \text{ км/соат.}$$

$$\text{Жавоби: } v_2 = 90 \text{ км/соат.}$$

Ечим эгри чизиқли ҳаракат ҳоли учун ҳам ўринли бўлишини ўйлаб кўринг ва исботланг.

2-МАШҚ

- Самолётнинг ҳавога нисбатан тезлиги 800 км/соат. Агар самолётнинг ҳара-кат йўналишида эсаётган шамол тезлиги 20 м/с бўлса, Ер сиртига нис-батан қандай тезлик билан ҳаракатланади? (Жавоби $v = 240$ м/с.)
- Сузувчи дарёни қирғоққа перпендикуляр равишда сузиб ўтмоқда. Дарё сувининг оқим тезлиги 4 км/соат, унинг кенлиги 210 м. Сузувчи қара-ма-қарши қирғоққа 15 мин дан сўнг етиб бориши учун қирғоққа нисба-тан қандай тезлик билан сузиши керак? (Жавоби: $v = 0,23$ м/с.)
- Иккита ўзаро перпендикуляр йўлдан юк машинаси ва енгил автомобиль мос равишда 36 км/соат ва 72 км/соат тезлик билан текис ҳаракатлан-моқда. Автомобиллар чорраҳада учрашганидан 10 минут ўтгач бир-бири-дан қандай масофада бўлади? (Жавоби: $s = 13,4$ км.)
- Иккита бир-бирини 60° бурчак остида кесиб ўтувчи йўлда иккита автомо-биль бир хил 72 км/соат тезлик билан текис ҳаракатланмоқда. Автомо-биллар чорраҳада учрашганларидан сўнг қанча вақтдан кейин улар ора-сидаги масофа 3 км га тенг бўлади. (Жавоби: $t = 150$ с.)
- Иккита моторли қайиқ дарё бўйлаб бир-бирига қарши ҳаракатланмоқда. Оқим тезлиги 2 м/с, ҳар бир қайиқнинг сувга нисбатан тезлиги 3 м/с. Қайиқлар учрашганларидан кейин қанча вақтдан сўнг улар орасидаги ма-софа 120 м га тенг бўлади? Масалани Ер ва қайиқлардан бири билан боғланган саноқ системасида ечинг. (Жавоби: $t = 20$ с.)

6. Уzunлиги 120 м бўлган поезд кўприк бўйлаб 180 км/соат тезлик билан текис ҳаракатланмоқда. Агар кўприкнинг узунлиги 480 м бўлса, поезд қанча вақт ичида кўприкни босиб ўтади? Бу ерда поездни моддий нукта деб қараш мумкинми? (Жавоби: $t = 120$ с).

I БОБНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

1. Механик ҳаракатнинг энг содда кўриниши моддий нуктанинг тўғри чизик бўйлаб текис ҳаракатидир.
2. Текис ҳаракат деб шундай ҳаракатга айтиладики, бунда жисм исталган, лекин тенг вақт оралиқларида мос равишда тенг масофаларни босиб ўтади ёки худди ўшандай ҳаракатда тезлик модули доимий қолади.
3. Ҳаракат йўналиши ва жадаллигини характерловчи вектор физик катталиққа тезлик деб аталади. Тўғри чизикли текис ҳаракат тезлиги жисмнинг кўчишини шу кўчиш содир бўлган вақт оралиғига нисбатига тенг.
4. Тўғри чизикли текис ҳаракатда кўчиш ҳаракатланиш вақтига тўғри пропорционал.

II БОБ. ТЎҒРИ ЧИЗИҚ БЎЙИЧА НОТЕКИС ҲАРАКАТ

I бобда қараб чиқилган тўғри чизик бўйича текис ҳаракат нисбатан қам учрайди. Жисм ўз йўлининг кичик қисмидагина текис ва тўғри чизикли ҳаракат қилади, қолган қисмларида эса унинг тезлиги ўзгаради. Тезлик модули бўйича ўзгарувчи ҳаракат *нотекис ҳаракат* деб аталади. Биз бу бобда тўғри чизик бўйлаб нотекис ҳаракатни ўрганамиз.

9-§. НОТЕКИС ҲАРАКАТДА ТЕЗЛИК

Текис ҳаракат ҳолида тезлик исталган пайтда доимий ва уни ҳар қандай кўчишни шу кўчиш юз берган вақт оралиғига нисбати орқали аниқлаш мумкин:

$$v = \frac{\bar{s}_1}{t_1} = \frac{\bar{s}_2}{t_2} = \frac{\bar{s}_3}{t_3} = \dots = \frac{\bar{s}_N}{t_N} = \text{const}^1.$$

Нотекис ҳаракат ҳолида тезлик модули ўзгариб туради, ҳар бир қисмда ҳатто жуда кичик қисмида ҳам у кўшни қисмларидаги тезлик модулидан фарқ қилади:

$$\bar{v}_1 = \frac{\bar{s}_1}{t_1}; \bar{v}_2 = \frac{\bar{s}_2}{t_2}; \bar{v}_3 = \frac{\bar{s}_3}{t_3}; \dots; \bar{v}_N = \frac{\bar{s}_N}{t_N}.$$

¹ Лотинча constantus бўлиб — ўзгармас, доимий деган маънони билдиради.

Шунинг учун ўзгарувчан ҳаракатни характерлаш учун тезлик тушунчаси кенгайтирилади: янги «қисмдаги ўртача тезлик» ва «нуқтадаги тезлик» тушунчалар киритилади.

1. Ўртача тезлик. Автомобиль тўғри йўлда ҳаракатланиб, 1 соатда 60 км масофани босиб ўтди. Мукаммаликка берилмаган ҳолда, биз автомобиль 60 км/соат тезлик билан ҳаракатланади дея оламиз. Бу қанақа тезлик? Мутлоқо равшанки, автомобиль нотекис ҳаракатланди: автомобиль бекатдан узоқлашаётиб тезлигини орттирди, йўл чорраҳасига яқинлашаётиб тезлигини камайтирди; бундан ташқари автомобиль бир неча марта светофорларда тўхтади. Шунинг учун 60 км/соат тезлик — бу йўлнинг берилган қисмидаги ҳаракатланиш ўртача тезлиги.

Траекториянинг бирор қисмидаги ўртача тезлик кўчишининг шу кўчиш юз берган вақтга нисбати билан аниқланади:

$$\vec{v}_{\text{ўр.}} = \frac{s}{t} \quad \text{ёки} \quad v_{\text{ўр.}} = \frac{s}{t}$$

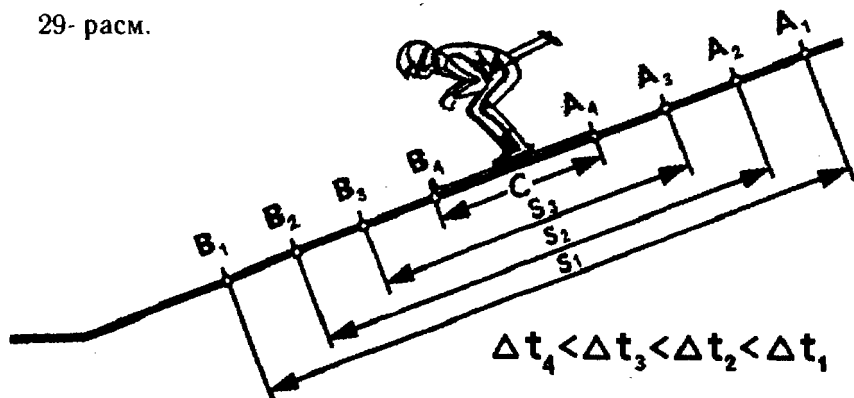
Ҳаракатланиш ўртача тезлиги — вектор катталиқдир. Ҳаракатнинг берилган қисмида унинг йўналиши кўчиш йўналиши билан мос тушади.

2. Оний тезлик. Ўртача тезлик жисмнинг траекториянинг маълум қисмидаги ҳаракатини характерлайди, лекин унинг траекториянинг маълум нуқтасидаги (маълум вақт моментидаги) ҳаракати тўғрисида маълумот бермайди. Бу орада тезлик узлуксиз ўзгариши мумкин. Ҳаракатни ўрганиш учун эса берилган вақт моментидаги (траекториянинг бизни қизиқтираётган нуқтасидаги) тезликни ёки бошқача айтганда *жисмнинг оний тезлигини* билиш муҳим.

Биз тоғдан тушаётган чанғичининг ҳаракатини ўрганамиз (29- расм) ва бизни унинг *C* нуқтадаги тезлиги қизиқтиради.

Олдин чанғичининг бутун тушишидаги ҳаракатланиш ўртача тезлигини аниқлаймиз. Бунинг учун унинг *s* кўчиш ва тушишга сарфлаган *t* вақтини билишимиз керак. Унисини ҳам, бунисини ҳам соат (секундомер) ва ўлчов лентасига эга бўлган ҳолда ўлчаш

29- расм.



мумкин. \bar{s}_1 кўчишни ва t_1 вақтни ўлчаб, биз чанғичининг A_1B_1 қисмдаги ўртача тезлигини топишимиз мумкин: $\bar{v}_1 = \frac{\bar{s}_1}{t_1}$.

Чанғичининг A_2B_2 қисмдаги (C нукта шу қисмнинг ўртасида турибди) тезлигини топамиз. Чанғичи A_2B_2 қисмини босиб ўтиш учун t_2 вақт сарфлайди. \bar{s}_2 кўчишни t_2 вақтга бўлиб, A_2B_2 қисмдаги ўртача тезликни аниқлаймиз: $\bar{v}_2 = \frac{\bar{s}_2}{t_2}$.

Чанғичининг A_3B_3 қисмдаги (C нукта қаралаётган қисмдаги траекторияни ўртасида жойлашган) тезлигини топамиз. Бу қисмда ўртача тезлик: $\bar{v}_3 = \frac{\bar{s}_3}{t_3}$ га тенг.

Кўчишни камайтириш жараёнини давом эттириб, биз аста-секин ўртача тезликни ҳосил қиламиз, у чанғичининг C нуктадаги тезлигидан борган сари кам фарқ қилади.

Ниҳоят, ўртасида C нуктаси бўлган жуда кичик $\Delta \bar{s}$ қисмда тезлик C нуктадаги тезликдан жуда кам фарқ қилади ва уни C нуктадаги тезлик деб қабул қилиш мумкин:

$$\bar{v}_c = \frac{\Delta \bar{s}}{\Delta t},$$

бу ерда Δt жуда кичик вақт оралиғи бўлиб, бу вақт давомида чанғичи жуда кичик $\Delta \bar{s}$ қисмини босиб ўтади. Шундай қилиб, берилган вақт momentiдаги тезлик оний тезлик дейилади. Оний тезлик жуда кичик кўчишни шу кўчиш содир бўлган вақт оралиғига нисбатига тенг:

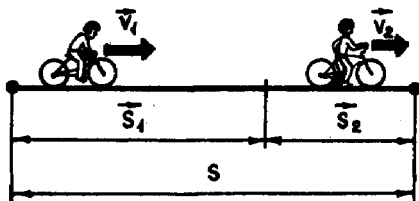
$$\bar{v} = \frac{\Delta \bar{s}}{\Delta t} \text{ ёки } v = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

Оний тезлик — вектор катталиқдир. Унинг йўналиши $\Delta \bar{s}$ кўчиш йўналиши билан мос тушади.

3. Масала ечиш намунаси. Велосипедчи бир пунктдан бошқа пунктга боришида вақтнинг биринчи ярмида 12 км/соат тезлик билан юрди, вақтнинг иккинчи ярмида эса (шина тешилганлиги сабабли) 4 км/соат тезлик билан пиёда юрди. Велосипедчининг ўртача ҳаракатланиш тезлигини аниқланг.

Шартнинг таҳлили. Санок системасини йўл билан боғлаймиз.

Велосипедчининг ҳаракати умуман нотекис ҳаракатдир. Йўлнинг биринчи ва иккинчи қисмида у текис ҳаракатланган бўлса-да, лекин ҳаракатланиш тезлиги ҳар хил эди (30-расм). Шунинг учун



30- расм.

$$s_1 = v_1 t_1 \text{ ва } s_2 = v_2 t_2.$$

Бундан ташқари, масала шартидан $t_1 = t_2 = \frac{t}{2}$ келиб чиқади, бунда t — умумий ҳаракатланиш вақти.

Ечйлиши. Ўртача тезлик $v_{\text{ўр.}} = \frac{s}{t}$ ни аниқлаш учун велосипедчи босиб ўтган s йўлни топиш керак. Уни маълум бўлган катталиклар орқали ифодалаш мумкин:

$$s = s_1 + s_2 = v_1 \frac{t}{2} + v_2 \frac{t}{2} = \frac{t}{2} (v_1 + v_2).$$

Йўл учун топилган ифодани ўртача тезлик формуласига қўйиб

$$v_{\text{ўр.}} = \frac{s}{t} = \frac{\frac{t}{2} (v_1 + v_2)}{t} = \frac{v_1 + v_2}{2} \text{ ни ҳосил қиламиз.}$$

Ҳисоблаймиз:

$v_1 = 12 \text{ км/соат}$ $v_2 = 4 \text{ км/соат}$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> $v_{\text{ўр.}} = ?$	$v_{\text{ўр.}} = \frac{12 \text{ км/соат} + 4 \text{ км/соат}}{2} =$ $= 8 \text{ км/соат.}$
---	---

Жавоби: $v_{\text{ўр.}} = 8 \text{ км/соат.}$

?

1. Қандай тезлик (ўртача ёки оний) $\bar{v} = \frac{\bar{s}}{t}$ формуладан аниқланилади?

2. Автомобиль спидометри қандай (ўртача ёки оний) тезликини ўлчайди?

3. Автомобиль ҳар бир соатда 60 км йўлни босиб ўтди. Унинг ҳаракатини текис ҳаракат деб ҳисоблаш мумкинми?

4. Велосипедчи бир шаҳардан бошқа шаҳарга борди. У йўлнинг биринчи ярмини 12 км/соат тезлик билан босиб ўтди. Иккинчи ярмида эса (шинаси тешилганлиги сабабли) пиёда 4 км/соат тезлик билан юрди. Унинг ҳаракатининг ўртача тезлигини аниқланг. (Жавоби: $v_{\text{ўр.}} = 6 \text{ км/соат}$.)

Агар натижа 8 км/соат бўлиб чиқса, демак, хатоликка йўл қўйилган бўлади, шу хатони топинг.

5*. Велосипедчи бир шаҳардан бошқасига борди. Йўлнинг ярмида 5 м/с тезлик билан юрди. Сўнгра қолган вақтнинг ярмида у 4 м/с тезлик билан юрди, кейин эса (шина тешилганлиги сабабли) 1 м/с тезлик билан пиёда юрди. Велосипедчи бутун йўлда қандай ўртача тезлик билан ҳаракатланди? (Жавоби: $v_{\text{ўр.}} = 3,3 \text{ м/с}$.)

10-§. ТУҒРИ ЧИЗИҚ БҲЙЛАБ ТЕКИС ЎЗГАРУВЧИ ҲАРАКАТ

1. **Текис ўзгарувчан ҳаракат ҳақида тушунча.** Нотекис ҳаракатнинг кенг тарқалган кўринишларидан бири — текис ўзгарувчан ҳаракатдир. У билан танишамиз.

Фараз қилайлик, жисм шундай ҳаракатлансинки, унинг тезлиги

ҳар бир секундда—16 см/с га,
ҳар 1/2 с да — 8 см/с га,
ҳар 1/4 с да — 4 см/с га

ҳар 1/8 с да — 2 см/с га,
ҳар 1/16 с да — 1 см/с га,
ҳар 1/32 с да — 0,5 см/с га

ўзгаради ва ҳоказо.

Жисмнинг бундай ҳаракатини текис ўзгарувчан ҳаракат дейилади. Бундай ҳаракатга қуйидагича таъриф бериш мумкин.

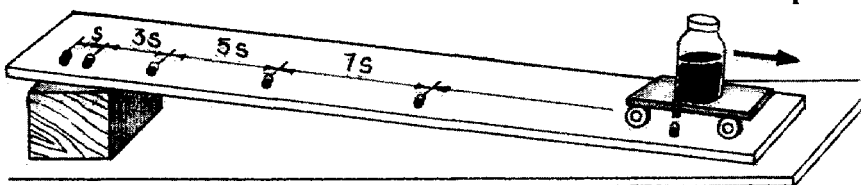
Текис ўзгарувчан ҳаракат деб шундай ҳаракатга айтиладики, унинг тезлиги ҳар қандай тенг вақт оралиқларида мос равишда тенг катталикларга ўзгаради.

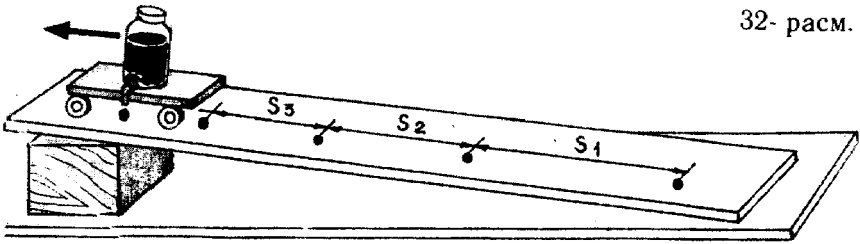
2. Текис ўзгарувчан ҳаракатга мисоллар. Осон ҳаракатланувчи араваچанинг қия текисликдан гилдираб тушиши текис ўзгарувчан ҳаракатга мисол бўлади. Бунга ишонч ҳосил қилиш учун текис тахтача оламиз ва унинг бутун узунлиги бўйича қоғоз тасма ёпиштирамиз. Тахтачага ичига сиёҳ қуйилган жўмракли идиш ўрнатилган осон ҳаракатланувчи аравача қўямиз. Ундан тенг вақт интервалида сиёҳ томсин. Аравачани қўйиб юборамиз (31-расм). Қоғозга томган сиёҳ томчиларининг жойлашувини ўрганамиз. Томчилар нотекис жойлашганлиги кўзга ташланади: бошланишда улар бир-бирига жуда яқин, кейингилари эса борган сари узоқроқ жойлашади. Бу аравачанинг ҳаракати нотекис эканини кўрсатади: тенг вақт оралиқларида, томчилар тушиши оралиқларида аравача ҳар хил масофаларни босиб ўтади. Қўзғалмас томизгичдан тушган (томган) томчилар ва ҳаракатланувчи томизгичдан томган биринчи томчи орасидаги масофани шартли узунлик бирлиги s деб қабул қилиб, кейинги томчилар орасидаги масофани ўлчаймиз. Улар s , $3s$; $5s$; $7s$; $9s$; ... бўлади. Бу берилганлардан тенг вақт оралиқларида босиб ўтган масофалар бир хил, хусусан, $2s$ га ортади. Бинобарин, аравача тезлиги $\frac{2s}{t}$ қийматга ортади, бунда t икки томчи тушиш орасидаги вақт оралиғи. Бундай ҳаракатни *текис тезланувчан* ҳаракат дейилади.

Таъриба кўринишини ўзгартирамиз. Аравачани қия текислик бўйлаб юқорига итариб юборамиз ва яна томчиларнинг қоғоздаги жойлашишини ўрганамиз (32-расм). Томчилар нотекис жойлашган: бошланишда сийрак, охирида эса зич. Бу аравачанинг тенг вақт оралиқларидаги босиб ўтган масофалари камайиб борганидан далолат беради.

Аравача босиб ўтган масофаларни диққат билан ўлчаш аравачанинг ҳаракати уларнинг тенг қийматларга камайганини

31-расм.





кўрсатади. Бинобарин, араваچанинг ҳаракатланиш тезлиги ҳам текис камайган. Бундай ҳаракатни *текис секинланувчан ҳаракат* деб аталади.

?

1. Қандай ҳаракатга текис ўзгарувчан ҳаракат дейилади?
2. Текис тезланувчан ҳаракатга мисоллар келтиринг.
3. Текис тезланувчан ҳаракат текис секинланувчан ҳаракатдан нимаси билан фарқ қилади?

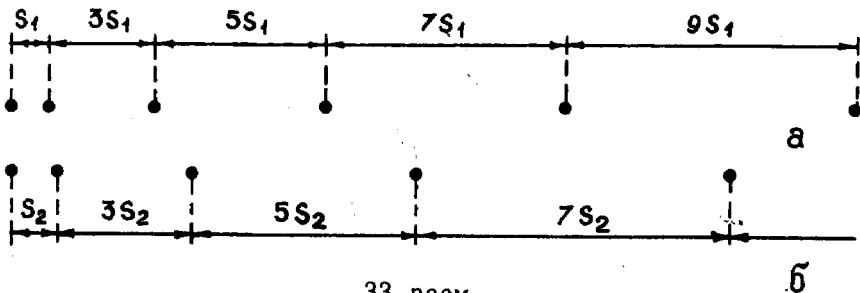
11-§. ТЕКИС ЎЗГАРУВЧАН ҲАРАКАТДА ТЕЗЛАНИШ

1. Тезланиш. Тахтанинг кичик ва катта қиялик бурчакларида устига томизғич жойлаштирилган аравача билан тажриба ўтказамиз ва қоғоздаги томчиларни таққослаймиз. Биз томчилар жойлашувини умумий характери бир хил (ҳаракат бошланишида томчилар зичроқ, охирида эса сийрақроқ жойлашган (33- а расм) эканлигини, иккинчи тажрибада томчилар орасидаги мос масофалар ортганини кўрамиз (33- б расм).

Бу иккинчи тажрибада тезлик биринчи тажрибага қараганда тезроқ ўзгаради. У ва бу ҳолларда ҳам ҳаракат текис ўзгарувчан эканлигидан далолат беради. Бинобарин, текис ўзгарувчан ҳаракат бир-биридан тезлик ўзгаришининг жадаллиги билан фарқ қилади. Ҳаракатнинг бу сифатини характерлаш учун махсус катталиқ — *тезланиш* киритилган.

Тезланиш ҳаракат тезлиги ўзгаришининг шу ўзгариш юз берадиган вақтга нисбати билан аниқланади.

Фараз қилайлик, жисм t_0 пайтда v_0 тезлик билан, t пайтда эса \bar{v} тезлик билан ҳаракатланса, у ҳолда \bar{a} билан белгиланадиган жисмнинг ҳаракатланиш тезланиши



33- расм.

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t - t_0}$$

га тенг бўлади.

Тезликларнинг вектор айирмаси $\vec{v} - \vec{v}_0$ ни $\Delta \vec{v}$ орқали, вақт оралиқлари $t - t_0$ ни Δt орқали белгилаб, тезланиш формуласини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}.$$

$\Delta \vec{v}$ тезлик ўзгариши — вектор катталиқ, шунинг учун \vec{a} тезланиш ҳам вектор катталиқдир. Тезланиш векторининг йўналиши $\Delta \vec{v}$ тезликлар айирмаси векторининг йўналиши билан мос тушади.

Юқорида айтилганларни умумлаштириб тезланишга қуйидагича таъриф бериш мумкин.

Тезланиш деб, тезлик ўзгаришини характерловчи вектор физик катталиқка айтилади. Тезланиш текис ўзгарувчан ҳаракатда тезлик ўзгаришининг шу тезлик ўзгариши юз берган вақт оралиғига нисбатига тенг:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t - t_0} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}.$$

Ҳисоблаш учун тезланиш формуласи унга кирган катталиқлар модуллари орқали ёзилади:

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0}.$$

$v > v_0$ бўлганда жисм текис тезланувчан ҳаракат қилади. Агар $v < v_0$ бўлса, жисм текис секинланувчан ҳаракат қилади.

2. Тезланиш бирлиги. Халқаро бирликлар системасида тезланиш бирлиги қилиб шундай бирлик қабул қилинадики, бунда жисм ҳаракатининг тезлиги ҳар бир секундда бир метр тақсим секунд қийматга ўзгаради. Тезланиш бирлигининг номланишини ёзамиз:

$$[a] = \frac{1 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{1 \text{ с}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Тезланишни ўлчаш учун махсус асбоб — акселерометр хизмат қилади (лотинча сўз бўлиб, «акцелерация» — тезланиш ва «метрео» — ўлчаш деган маънони билдиради). Акселерометрларнинг турлари кўп. Уларнинг ишлаш принциплари ҳақида 24-§ да гапирилади.

3. Масала ечиш намунаси. Учиш олдидан йўловчилар ташийдиган самолётнинг тезланиш олиши 25 с давом этади. Самолёт

тезланиш олиш йўли охирида 216 км/соат тезликка эришди. Самолётнинг ҳаракатланиш тезланишини аниқланг.

Шартнинг таҳлили. Масаланинг шартда самолётнинг тезланиш олиш вақтидаги ҳаракат характери ҳақида ҳеч нарса айтилмагани учун ҳаракатни текис тезланувчан ҳаракат деб ҳисоблаймиз. Санок системасини учиш йўлкаси билан боғлаймиз. Самолёт тезланиш олишдан аввал тинч ҳолатда бўлгани учун унинг бошланғич тезлиги $v_0 = 0$. Тезланиш модулини $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

формуладан топамиз.

Охиргги тезликни метр таксим секунд ҳисобида ифодалаш керак:

$$v = \frac{216 \text{ км}}{1 \text{ соат}} = \frac{216000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 60 \text{ м/с.}$$

Ечилиши.	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ $a = \frac{60 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{25 \text{ с}} = 2,4 \text{ м/с}^2.$
$v_0 = 0$	
$v = 60 \text{ м/с}$	
$t = 25 \text{ с}$	
$a = ?$	

Жавоби: $a = 2,4 \text{ м/с}^2$.

- ?
1. Ҳаракат тезланишига таъриф беринг.
 2. Тезланиш қандай бирликларда ифодаланади ва уни қандай асбоблар билан ўлчанади?

12-§. ТЕКИС ЎЗГАРУВЧАН ҲАРАКАТДА ТЕЗЛИК

Текис ўзгарувчан ҳаракатга доир ҳисоблашларда исталган ўзгарувчан ҳаракат сингари ўртача ва оний тезликлар тушунчасидан фойдаланилади.

1. Текис ўзгарувчан ҳаракатнинг оний тезлиги. Тезланиш формуласидан исталган вақт моментидagi оний тезликни осон аниқлаш мумкин. $a = \frac{v - v_0}{t}$ бўлгани учун

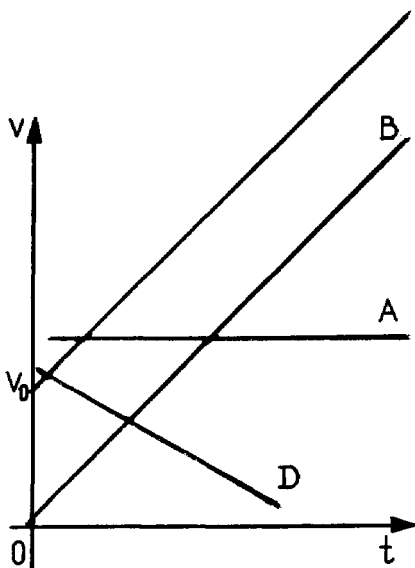
$$v = v_0 \pm at$$

бўлади. Келтирилган формулада «+» ишора текис тезланувчан ҳаракатни, «-» ишора текис секинланувчан ҳаракатни билдиради.

$v = v_0 + at$ формуладан текис ўзгарувчан ҳаракат оний тезлиги ҳаракат вақтига чизикли боғлиқ экани кўринади.

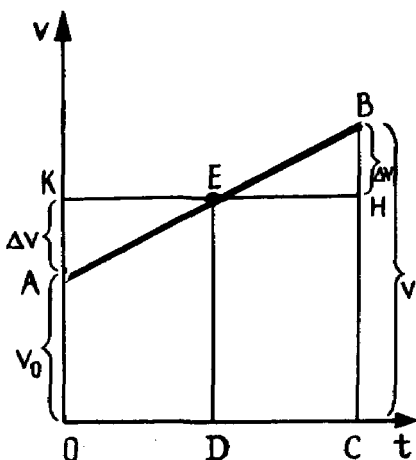
Бу боғлиқлик графикда тезлик ўқини координата бошидан бошланғич тезликка тенг бўлган масофа турган нуқтада кесиб ўтувчи тўғри чизик шаклида тасвирланади.

34-расмда тезликнинг 4 та графиги келтирилган: *A* график текис ҳаракатга, *B* график $v_0 = 0$ бўлганда текис тезланувчан ҳаракатга, *C* график v_0 бошланғич тезликли текис тезланувчан



34-расм.

35-расм.



ҳаракатга ва ниҳоят D график текис секинланувчан ҳаракатга мос келади.

2. Текис ўзгарувчан ҳаракатнинг ўртача тезлиги. Текис ўзгарувчан ҳаракат тезлигининг AB графиги OA ва OC координата кесмалари ва охири тезлик ординатаси билан $OABC$ трапецияни ҳосил қилади (35-расм). Шу трапециянинг DE ўрта чизигини ўтказамиз. E нукта орқали вақт ўқига параллел равишда KH кесмани ўтказамиз. Расмдан бевосита кўриниб турибдики, E нуктадаги тезлик бошланғич тезлик v_0 дан Δv га катта ва охири тезлик v дан Δv га кичиклиги кўриниб турибди. Бинобарин, E нуктадаги тезлик t вақтдаги $v_{\text{ўр}}$ ўртача тезликдир.

Геометрия курсидан маълумки, трапециянинг ўртача чизиги унинг асослари йиғиндисининг ярмига тенг:

$$ED = \frac{OA+BC}{2} \quad \text{ёки} \quad v_{\text{ўр}} = \frac{v_0+v}{2}.$$

Бу формуладан фақат текис ўзгарувчан ҳаракат ўртача тезлигини топишда фойдаланиш мумкин, $v_{\text{ўр}} = \frac{s}{t}$ формула эса ҳар қандай ўзгарувчан ҳаракат учун ўринли.

3. Масала ечиш намунаси. Автомобиль 54 км/соат тезлик билан ҳаракатланди. Ҳайдовчи светофорнинг қизил чироғини кўриб, 50 м қисмда автомобиль тезлигини 18 км/соатгача туширди. Автомобиль ҳаракатланган тезлигишни аниқланг.

Шартнинг таҳлили. Саноқ системасини йўл билан боғлаймиз. Саноқ боши қилиб тормоз бера бошлаган нуқтани оламиз. Автомобиль ҳаракатини текис секинланувчан деб ҳисоб-

лаймиз. Автомобиль ҳаракатланган тезланишни $a = \frac{v - v_0}{t}$ формуладан, тормозланиш вақтини $t = \frac{s}{v_{\text{ўр}}}$ дан, ўртача тезликни эса $v_{\text{ўр}} = \frac{v + v_0}{2}$ формуладан аниқлаш мумкин. Бошланғич ва охириги тезликларни метр тақсим секунд ҳисобида ифодалаш керак.

$$\text{Ечилиши. } a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{v - v_0}{s/v_{\text{ўр}}} = \frac{(v - v_0)v_{\text{ўр}}}{s} = \frac{(v - v_0) \frac{v + v_0}{2}}{s};$$

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s}.$$

Ҳисоблаш.

$$v_0 = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$s = 50 \text{ м}$$

$$a = ?$$

$$a = \frac{(5 \text{ м/с})^2 - (15 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 50 \text{ м}} = \frac{25 - 225 \text{ м}}{100} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = -2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

$$\text{Жавоби: } a = -2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Эслатма. Бу масалани ечиш жараёнида қуйидаги формула ҳосил қилинди:

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s}.$$

Бу формулани келтириб чиқаришга ҳаракат қилинг.

- ?
1. Текис ўзгарувчан ҳаракатда охириги тезлик формуласини келтириб чиқаринг ва тушунтиринг.
 2. Текис ўзгарувчан ҳаракатда ўртача тезлик формуласини келтириб чиқаринг ва тушунтиринг.
 3. Автомобиль жойидан қўзғалди ва текис тезланувчан ҳаракат қилиб 1 мин дан сўнг 54 км/соат тезликка эришди. Автомобиль ҳаракатланган тезланишни, босиб ўтган масофани ва ўртача тезлигини аниқланг. (Жавоби: $a = 0,25 \text{ м/с}^2$; $s = 450 \text{ м}$; $v_{\text{ўр}} = 7,5 \text{ м/с}$).

13-§. ЖИСМНИНГ ТЕКИС ЎЗГАРУВЧАН ҲАРАКАТИДА БОСИБ ЎТГАН ЙЎЛИ

1. **Йўл формуласи.** Жисмнинг ўзгарувчан ҳаракат қилиб t вақтда босиб ўтган йўлини қуйидаги формуладан ҳисоблаш мумкин:

$$s = v_{\text{ўр}} t.$$

Текис ўзгарувчан ҳаракатда ўртача тезлик $v_{\text{ўр}} = \frac{v_0 + v}{2}$ га тенг.
 $v = v_0 + at$ охириги тезлик формуласини ўртача тезлик формуласига қўйиб қуйидагини оламиз:

$$v_{\text{ўр}} = \frac{v_0 + v_0 + at}{2} = \frac{2v_0 + at}{2}.$$

Ўртача тезликнинг бу қийматини йўл формуласига қўйиб,

$$s = \frac{2v_0 + at}{2} t = v_0 t + \frac{at^2}{2} \text{ ёки}$$

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

ни ҳосил қиламиз. Бу формулалардан фойдаланиб, тезланиш ишораси «+» бўлса, текис тезланувчан ҳаракат, «-» ишора бўлганда текис секинланувчан ҳаракат бўлишини эсга олинг.

Жисм жойидан қўзғалган ҳолда унинг бошланғич тезлиги нолга тенг, шунинг учун босиб ўтилган йўл:

$$s = \frac{at^2}{2}.$$

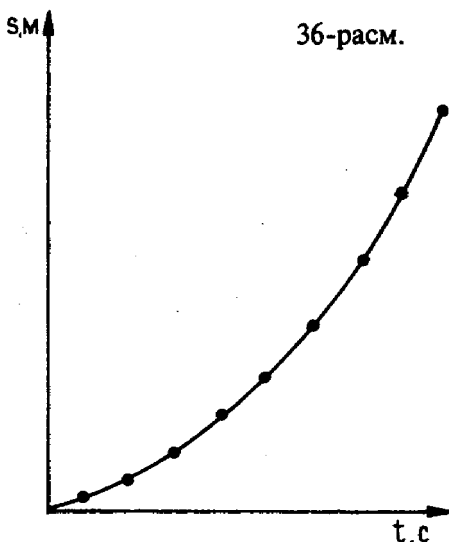
2. Текис тезланувчан ҳаракатнинг йўл графиги. $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ формула сиз геометрияда ўрганган $y = bx + cx^2$ формулага ўхшашдир, ($t - x$, $v_0 - b$, $\frac{a}{2} - c$, $s - y$ га мос келади). Бундай боғланиш графиги парабола шаклда бўлади. Бинобарин, йўлни вақтга боғлиқлик графиги парабола бўлади.

Йўл графигини чизиш учун вақтнинг бир неча қиймати учун босиб ўтилган йўл қийматини топиш ва ординаталари бу қийматларга тенг бўлган нуқталарни тасвирлаш ҳамда нуқталарни ўзаро бирлаштириш керак.

Мисол сифатида бошланғич тезлиги 0,1 м/с ва тезланиши 0,2 м/с² бўлган текис тезланувчан ҳаракатнинг йўл графигини чизамиз. Бунинг учун жисмнинг 1 с, 2 с, 3 с ва ҳоказоларда босиб ўтган йўлини ҳисоблаймиз. Жадвалга ҳисоблаш натижаларини ёзамиз.

Вақт, с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Йўл, м	0	0,2	0,6	1,2	2	3	4,2	5,6	7,2	9

Шу берилганлар асосида график чизамиз (36-расм).



3. Масала ечиш намуна-си. Автомобиль 36 км/соат тезлик билан ҳаракатланиб, йўлнинг қия қисмида $0,1 \text{ м/с}^2$ тезланиш билан ҳаракатлана бошлади. Қиялик охирида унинг ҳаракатланиш тезлиги 54 км/соат га етди. Қияликнинг узунлиги қанча?

Шартнинг таҳли-ли. Саноқ системасини йўл билан боғлаймиз. Саноқ боши қилиб қияликнинг бошланғич нуқтасини оламиз. Қияликнинг узунлиги автомобилнинг тезлиги 54 км/соат га етган оралиқ йўл

бўлади. $l = s = v_{\text{сп}} \cdot t$. Бироқ $v_{\text{сп}} = \frac{v_0 + v}{2}$. Ҳаракатланиш вақтини охириги тезлик $v = v_0 + at$ формуласидан топиш мумкин: $t = \frac{v - v_0}{a}$. Бошланғич ва охириги тезликларни метр тақсим секунд ҳисобида ифода-лаш керак:

$$v_0 = \frac{36 \text{ км}}{1 \text{ соат}} = \frac{36000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 10 \text{ м/с}; \quad v = \frac{54 \text{ км}}{1 \text{ соат}} = \frac{54000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 15 \text{ м/с}.$$

Ечилиши.

$$l = s = v_{\text{сп}} \cdot t = \frac{v_0 + v}{2} \cdot \frac{v - v_0}{a} = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}; \quad l = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}.$$

Ҳисоблаш:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$a = 0,1 \text{ м/с}^2$$

$$v = 15 \text{ м/с}$$

$$l = ?$$

$$l = \frac{225 \text{ м}^2/\text{с}^2 - 100 \text{ м}^2/\text{с}^2}{0,2 \text{ м/с}} = 625 \text{ м}.$$

Жавоби: $l = 625 \text{ м}$.

Эслатма:

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

формула 12-§ да масала ечишда келтириб чиқарилган. Буни ёдда сақлаш керак.

3. 1. Текис ўзгарувчан йўл формуласини келтириб чиқаринг.
 2. 34-расмдан фойдаланиб, ҳаракат тезланишини аниқланг.
 3. Электровоз ҳайдовчиси станцияга яқинлашганда двигателни ўчирди, шундан сўнг поезд 0,1 м/с тезланиш билан текис секинланувчан ҳаракатлана бошлади. Агар двигателни ўчириш пайтида поезд тезлиги 54 км/соат бўлса, поезд эшелони бекатгача қанча масофани босиб етади? (Жавоби $s = 1125$ м).

14-§. ЖИСМЛАРНИНГ ЭРКИН ТУШИШИ — ТЕКИС ЎЗГАРУВЧАН ҲАРАКАТ

Сиз олдинги параграфларда текис ўзгарувчан ҳаракат ва уни характерловчи катталиклар билан танишдингиз. Сиз аравача қия текислик бўйлаб текис тезланувчан гилдирашини, кўтарилишда эса текис секинланувчан ҳаракатланишини билиб олдингиз. Текис тезланувчан ҳаракатга яна битта мисол қараб чиқамиз.

1. **Жисмларнинг эркин тушиши.** Эркин тушиш деб, жисмларнинг ҳавосиз бўшлиқда тушишига айтилади. Эркин тушишни ўрганишда ҳавода етарлича оғир пўлат шарча билан тажриба ўтказиш мумкин. Албатта, ҳаво шарчанинг ҳаракатига қаршилиқ кўрсатади, бироқ кузатишларнинг кўрсатишича, агар шарча оғир бўлса, бу қаршилиқ шарчанинг ҳаракатига сезиларли таъсир қилмайди ва уни ҳисобга олмаसा ҳам бўлади.

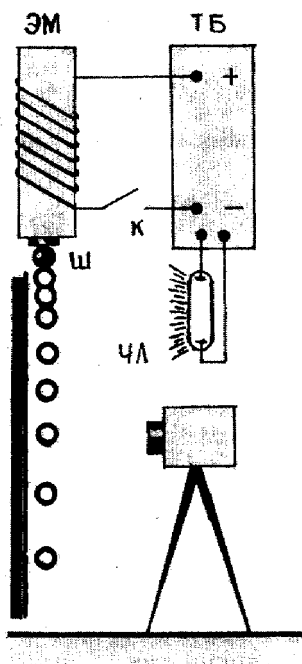
Жисмларнинг эркин тушишини ўрганиш турли хил усуллар билан ҳар хил экспериментал қурилмаларда ўтказилган. Улардан бири 37- расмда тасвирланган. Бу қурилмада пўлат шарчанинг тушиши яхшилаб қоронғилаштирилган лабораторияда миллиметрли қоғоз фониде кузатилади.

Тажрибада дастлаб шарча электромагнит ЭМ билан ушлаб турилди. Электромагнит махсус таъминлаш блоки ТБ га уланган бўлиб, худди шу манбага ҳар 0,1 с да ёниб ўчиб турувчи чақновчи лампа ЧЛ уланган. Таъминлаш блоки қурилмасига электромагнит уланганда чақновчи лампа ёнмай туради. Қурилма ишга тайёрлангандан сўнг лабораторияда ёриткич ўчирилади ва фотоаппарат объективи очилади. Шундан сўнг қурилма калит К ёрдамида ЭМ (электромагнит) ТБ дан узилади ва ЧЛ уланади.

Фотоаппарат объективи ҳар доим очиқ бўлгани учун шарча узлукли ёруғлик билан ёритилади, у ҳолда сурат (миллиметрли қоғоз фониде) тушаётган шарчанинг вазияти ҳар 0,1 с да қайди қилинади. 37-расмда чапда бундай суратнинг кичрайтирилган нусхаси кўрсатилган.

Фотосуратдаги шарча тасвирини марказлари орасидаги масофаларни ўлчаб, шарча 0,1 с га тенг бўлган кетма-кет вақт оралиқларида қуйидаги масофаларни босиб ўтади:

Вақт интервали, с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Шу вақт интервалида ўтилган масофа, см	1,9	14,5	21,5	34,3	44



Агар биринчи вақт интервалидаги масофани 1 га тенг деб олинса, у ҳолда кейинги масофалар 3, 5, 7, 9 га тенг бўлади. Аравачанинг қия текислик бўйлаб текис тезланувчан ҳаракатида ҳам худди шундай масофалар нисбати олинган эди. Бинобарин, шарчанинг тушиши текис тезланувчан ҳаракатдир.

2. Эркин тушиш тезланиши. Шарчанинг тушиш тезланишини топамиз. Шарчанинг бошланғич тезлиги нолга тенг, шунинг учун тезланишни $s = \frac{at^2}{2}$ формуладан фойдаланиб ҳисоблаш мумкин. Бу формуладан $a = \frac{2s}{t^2}$ келиб чиқади.

Вақт ва йўл қийматларини қўйиб

$$a = \frac{2 \cdot 4,9 \text{ см}}{(0,1 \text{ с})^2} = 980 \text{ см/с}^2 \text{ ни топамиз.}$$

Тош ирик. Жисмнинг 0,2 с; 0,3 с; 0,4 с ва 0,5 с ичида босиб ўтган масофаларида шарчанинг эркин тушиш тезланишини ҳисобланг.

Ҳисоблашлар шарча $980 \text{ см/с}^2 = 9,8 \text{ м/с}^2$ га тенг бир хил тезланишлар билан тушганини кўрсатди. Агар биз ўтказган тажрибада

катта ўлчамли шарча олинганда эди, у ҳам худди кичик шарча каби тушган бўлар эди. Унинг тезланиши ҳам $9,8 \text{ м/с}^2$ га тенг бўларди.

Эркин тушишни бошқа ҳар қандай тезланувчан ҳаракатлардан фарқ қилиш учун эркин тушиш тезланишини g (же) ҳарфи билан белгилаш қабул қилинган. Эркин тушиш тезланиши вектори ҳар доим пастга вертикал йўналган бўлади:

$$g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

3. Масалалар ечиш намунаси. 1. Жисм $19,6 \text{ м}$ баландликдан эркин тушади. Эркин тушиш вақтини ва тушиш охиридаги тезликини аниқланг.

Шартнинг таҳлили. Жисмнинг текис тезланувчан ҳаракатидаги оний тезлиги $v = v_0 + at$, бироқ $v_0 = 0$ бўлгани учун $a = g$, у ҳолда $v = gt$. Бизга тушиш баландлиги $h = 19,6$ маълум бўлгани учун тушиш вақтини аниқлашимиз мумкин. Маълумки, $s = \frac{at^2}{2}$. Бу ҳолда $h = \frac{gr^2}{2}$. Бу ердан тушиш вақтини топиш мумкин.

Ечилиши.

$t^2 = \frac{2h}{g}$, $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$. Тушишнинг охириги тезлиги $v = gt$. Бунга вақтнинг топилган қийматини қўйиб $v = g\sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2gh}$ ни ҳосил қиламиз.

Ҳисоблаш:

$h = 19,6 \text{ м}$ $g = 9,8 \text{ м/с}^2$	$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 19,6 \text{ м}}{9,8 \text{ м/с}^2}} = 2 \text{ с}; v = 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 2 \text{ с} = 19,6 \text{ м/с}.$
$t = ?$ $v = ?$	Жавоби: $v = 19,6 \text{ м/с}; t = 2 \text{ с}.$

2. Жисм v_0 тезлик билан вертикал юқорига отилди. Вақт ва кўтарилиш баландлигини аниқланг. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

Шартнинг таҳлили. Жисм юқорига вертикал ҳаракатланган, эркин тушиш тезланиши эса пастга вертикал йўналганлиги учун жисмнинг ҳаракати текис секинланувчан бўлади.

Ечилиши. Кўтарилиш баландлиги $h = v_0t - \frac{gr^2}{2}$ га тенг. Кўтарилиш вақтини охириги тезлик формуласи $v = v_0 - gt$ дан топиш мумкин, $v = 0$ бўлгани учун кўтарилиш вақти $t = v_0/g$ га тенг, кўтарилиш баландлиги эса

$$h = v_0 \frac{v_0}{g} - \frac{g}{2} \left(\frac{v_0}{g} \right)^2 = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g}; h = \frac{v_0^2}{2g}; t = \frac{v_0}{g}.$$

?

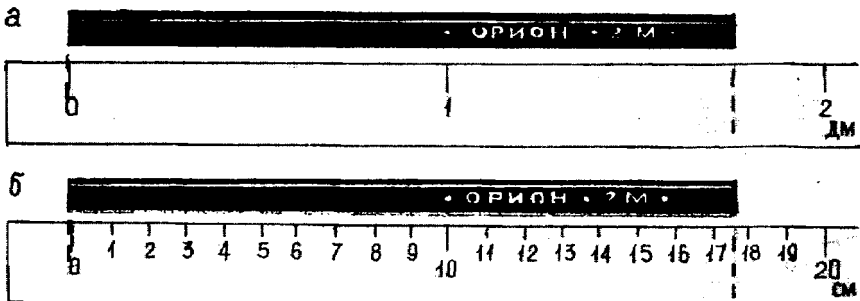
1. Нималарга асосан жисмнинг эркин тушиш тезланиши — текис тезла-
нувчан ҳаракат дейиш мумкин?
2. 9- расмда тасвирланган тажрибани эсга олинг. У нима ҳақида маълум
берди?
3. Жисм v_0 тезлик билан юқорига вертикал отилган. Жисм қандай тезлик
билан ерга тушади? Жавобингизни асосланг.
4. Юқорига вертикал отилган жисмнинг кўтарилиш вақти унинг тушиш
вақтига тенглигини исботланг.

15-§. ФИЗИҚ КАТТАЛИҚЛАРНИ ЎЛЧАШ

Физик ҳодисаларни ўрганиш бу ҳодисаларни характерловчи катталиқларни ўлчашлар билан боғланган.

Изланаётган катталиқлар асбоб ёрдамида бевосита ўлчанса, бундай ўлчаш бевосита ўлчаш бўлади. Масалан, қалам узунлиги-ни чизғич билан, ток кучи амперметр билан, кучланиш — вольтметр билан ўлчаш мумкин ва ҳоказо. Бирок баъзан (у ёки бу сабаб бўйича) физик катталиқларни бевосита ўлчаш мумкин бўлмайди ёки бевосита ўлчаш зарур аниқликни таъминламайди. Бундай ҳолларда уни бевосита ўлчанган бошқа катталиқлар орқали маълум муносабатлар бўйича ўлчанади. Бундай ўлчашлар *билвосита* ўлчашлар дейилади. Масалан, билвосита усул билан Орбитада сунъий йўлдошнинг тезлиги, конькида югурувчининг старт майдончасидаги югуриш тезлиги ва ҳоказолар ўлчанади. Бевосита ва билвосита ўлчаш масалалари билан мукамалроқ танишамиз.

1. Бевосита ўлчаш. Бевосита ўлчашни абсолют аниқ қилиб ўтказиш мумкинми? Мумкин эмас! Шунинг учун абсолют аниқ асбоблар йўқ ва бўлмайди ҳам. Ҳар қандай ўлчаш асбоби чекланган аниқликка эга. Масалан, энг кичик ўлчами 1 дм бўлган чизғич билан икки нуқта орасидаги масофани фақат 0,5 дм аниқликда ўлчаш мумкин. 38- расмдан кўринадики, учи очилмаган қаламнинг узунлиги 1 дм дан катта, лекин 2 дм дан кичик. Биз кўз билан «чамалаб» ярим бўлимни: аниқлашимиз мумкин бўлса,



38- расм.

у ҳолда қалам узунлигини 0,5 дм аниқликкача аниқлаш мумкин:
 $l = (1,5 \pm 0,5)$ дм.

Плюс-минус ишора билан олинган 0,5 дм сон ўлчаш 0,5 дм гача аниқликда ўтказилганини кўрсатади, қаламнинг «ҳақиқий» узунлиги 1 дан 2 дм гача ораликда ётади.

Агар қаламнинг узунлиги энг кичик бўлими 1 см бўлган чизғич билан ўлчанса, у ҳолда унинг қиймати 17 ва 18 см оралик ичида бўлади. Энг кичик бўлимининг ярмини баҳолаш мумкин бўлгани учун ўлчашлар натижасини қуйидагича ёзиш мумкин:
 $l = (17,5 \pm 0,5)$ см.

Савол. Агар ўлчаш натижаси $l = (175,5 \pm 0,5)$ мм бўлса, қаламнинг узунлиги қандай асбоб билан ўлчанган?

2. Ўлчашларнинг абсолют хатолиги. Фараз қилайлик, диск диаметрини миллиметрли чизғич билан ўлчаб қуйидагилар олинди: $D_1 = 94$ мм; $D_2 = 96$ мм; $D_3 = 95$ мм; $D_4 = 96$ мм; $D_5 = 94$ мм. Нима учун ўлчаш натижалари мос келмайди? Бу турли хил сабаблар бўйича бўлиши мумкин. Масалан, биринчи ўқувчи чизғичининг бошланғич бўлимининг диск чети билан мос тушира олмаган (39- а расм), иккинчи ўқувчи чизғични диаметр бўйича жойлаштира олмаган (39- б расм), учинчи ўқувчи ҳисобда хатога йўл қўйган бўлиши мумкин ва ҳоказо. Шунинг учун бундай хатоликларни тасодифий хатолар дейилади. Равшанки, ҳақиқий қийматга ўртача арифметик қиймат яқинроқ бўлади, чунки унда ўлчашларнинг тасодифий хатолиги тўлдирилади:

$$D_{\text{фр.}} = D = \frac{94 + 96 + 95 + 96 + 94}{5} \text{ мм} = 95 \text{ мм.}$$

Мазкур ўлчашларнинг ва барча ўтказилган ўлчашларнинг ўртача арифметик натижалари орасидаги фаркига ушбу ўлчашларнинг абсолют хатолиги деб аталади. Абсолют хатолик Δ билан белгиланади.

Ўқувчилар ўтказгич ўлчашларнинг хатолигини топамиз:

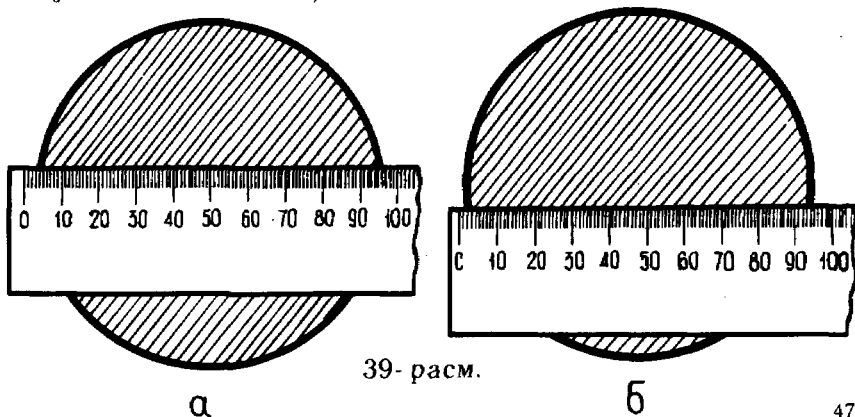
$$\Delta D_1 = 94 \text{ мм} - 95 \text{ мм} = 1 \text{ мм};$$

$$\Delta D_2 = 96 \text{ мм} - 95 \text{ мм} = 1 \text{ мм};$$

$$\Delta D_3 = 95 \text{ мм} - 95 \text{ мм} = 0;$$

$$\Delta D_4 = 96 \text{ мм} - 95 \text{ мм} = 1 \text{ мм};$$

$$\Delta D_5 = 94 \text{ мм} - 95 \text{ мм} = 1 \text{ мм.}$$



Ўтказилган бешта ўлчашнинг ўртача арифметик қийматини топамиз:

$$\Delta D = \frac{1+1+0+1+1}{5} = 0,8 \text{ мм.}$$

Шундай қилиб, $D = (95 \pm 0,5)$ мм.

3. Ўлчашларнинг нисбий хатолиги. Абсолют хатолик тўғрисидаги билим муҳим, лекин етарли эмас: айнан бир хил абсолют хатоликларда ўлчашлар аниқлиги турли хил бўлиши мумкин. Юқорида гапирилганларни мисол билан тушунтирамиз.

Фараз қилайлик, биз қалам узунлигини ва футбол майдонининг узунлигини ± 1 см абсолют хатолик билан ўлчадик. Қаламнинг узунлиги 17 см, футбол майдонининг узунлиги эса 10028 см бўлди.

Биринчи ҳолда 1 см абсолют хатолик 17 см узунликка, иккинчи ҳолда эса 10028 см узунликка тўғри келади. Ҳаёт равшанки, ўлчаш иккинчи ҳолда аниқроқ ўтказилган. Ўлчашлар аниқлигини характерлаш учун *нисбий хатолик* тушунчаси киритилган.

Абсолют хатоликни ўлчанган катталиқка нисбати нисбий хатолик дейилади.

Қалам узунлигини ўлчашда нисбий хатолик

$$\frac{\Delta l}{l_k} = \frac{\pm 1 \text{ см}}{17 \text{ см}} = \pm 0,06 (\pm 6\%) \text{ га тенг. Футбол майдончасининг}$$

узунлигини ўлчашда нисбий хатолик

$$\frac{\Delta l}{l_m} = \frac{\pm 1 \text{ см}}{10028 \text{ см}} = \pm 0,0001 (\pm 0,01 \%) \text{ га тенг.}$$

4. Билвосита ўлчаш. Билвосита ўлчашларда физик катталиқлар бошқа катталиқларнинг бевосита ўлчанган натижалари бўйича ҳисобланади, улар аниқланаётган катталиқ билан функционал бўлади. Бевосита ўлчашларнинг натижалари тақрибан бўлгани учун билвосита ўлчашларнинг натижалари ҳам тақрибан бўлади. Билвосита ўлчашларнинг хатоликлари махсус формулалар бўйича ҳисобланилади. 1-жадвалда бундай формулаларга мисоллар келтирилган.

1-жадвал

Ўлчанаётган катталиқ куйдагилар орқали аниқланади	Нисбий хатолик
Йиғинди: $l = l_1 + l_2 + l_3 + \dots$	$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{\Delta l_2}{l_2} + \frac{\Delta l_3}{l_3} + \dots$
кўпайтма: $s = vt$	$\frac{\Delta s}{s} = \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta t}{t}$
бўлинма: $v = s/t$	$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta s}{s} + \frac{\Delta t}{t}$
Даража $a = \frac{2s}{t^2}$; $t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$	$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta s}{s} + 2 \frac{\Delta t}{t}$; $\frac{\Delta t}{t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta s}{s} + \frac{1}{2} \frac{\Delta a}{a}$

Бу формулаларнинг моҳияти жуда оддий: билвосита ўлчашларнинг хатолиги бевосита ўлчашлар хатоликларининг йиғиндисидан иборат, бунда у ёки бу бевосита ўлчанган катталиқ ҳисоблаш формуласида биринчи даражада канча марта такрорланса хатоликка қўшилувчи сифатида шунча марта қайтарилади.

5. Билвосита ўлчашларда хатоликларни ҳисоблашга мисол.

Қирралари $l = (10,02 \pm 0,05)$ см бўлган кубнинг ҳажмини аниқланг.

Ечилиши.

Кубнинг ҳажми ҳисобга кўра $V = l^3$. Кубнинг ҳажмини ҳисоблашда нисбий хатолик

$$\frac{\Delta V}{V} = 3 \frac{\Delta l}{l}$$

га тенг бўлади.

Кубнинг ҳажмини ҳисоблашда абсолют хатолик қуйидагига тенг:

$$\Delta V = 3 \frac{\Delta l}{l} V.$$

Ҳисоблаш.

$$\Delta V = \pm 3(10,02)^2 \cdot 0,05 \text{ см}^3 = \pm 15,0 \text{ см}^3.$$

Бинобарин, кубнинг ҳажмини куб сантиметргача аниқликда ҳисоблаш керак:

$$V_{\text{ҳис}} = (10,02)^3 = 1004 \text{ см}^3, V = (1004 \pm 15) \text{ см}^3.$$

?

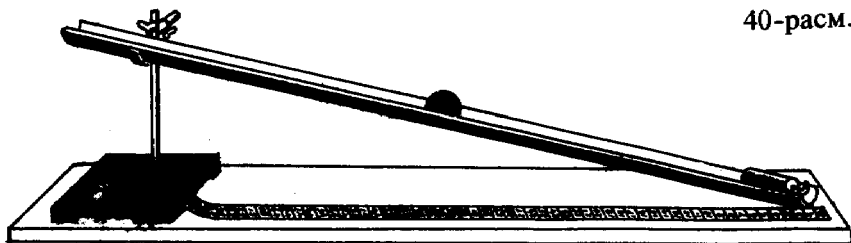
1. Ўлчашни абсолют аниқ ўтказиш мумкинми?
2. Абсолют хатолик деб нимага айтилади?
3. Нисбий хатолик нима ва нима учун нисбий деб аталади?
4. Диаметри 39- расмда кўрсатилгандек ўлчанган дисkning юзини аниқланг.
5. Чанғичининг тоғдан тушишидаги тезлигини аниқлаш учун йўлнинг бир қисмининг узунлиги ўлчанган: $l = (100 \pm 1)$ м. Йўлнинг шу қисми бўйича чанғичининг сирпаниш вақти $t = (6 \pm 0,5)$ с. Чанғичининг тоғдан тушишидаги сирпаниш тезлигини энг катта аниқлик билан топинг.

16- §. ТЕКИС ТЕЗЛАНУВЧАН ҲАРАКАТДА ЖИСМНИНГ ТЕЗЛАНИШИНИ ЎЛЧАШ

(1- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ)

Керакли асбоб ва материаллар: металл нов, пўлат шарча, секундомер, штатив (жихозлари билан), пўлат цилиндр, ўлчов лентаси.

Ишдан мақсад: шарчани қия нов бўйлаб думаланиш тезланишини ўлчаш; экспериментал топширикни таҳлил қилишга ўрганиш.



40-расмда экспериментал қурилма тасвирланган. Агар шарчага бошланғич тезлик берилмаса, у ҳолда унинг нов бўйича пастга қараб ҳаракатини

$$s = \frac{at^2}{2}$$

тенглама билан тасвирлаш мумкин.

Шарча босиб ўтган s масофани ва t ҳаракатланиш вақтини ўлчаб,

$$a = \frac{2s}{t^2}$$

тезланишни ҳисоблаб топиш мумкин.

Ишни бажариш тартиби

1. 40-расмда тасвирланган қурилмани йиғинг.
2. Секундомер мили нолинчи (ёки бошқа белги) бўлим билан мос келишини кутиб, шарчани қўйиб юборинг ва унинг нов охирида жойлаштирилган цилиндрга урилишигача бўлган t вақтни белгиланг.

3. Шарча босиб ўтган s масофани ўлчаб, уни $a = \frac{2s}{t^2}$ формула бўйича думаланиш тезланишини ҳисобланг.

4. Тажрибани 5–6 марта такрорланг.

5. Тезланишнинг топилган қийматининг хатолигини аниқланг.

6. Ўтказилган ўлчашларнинг натижаларини қуйидаги кўринишда ёзинг:

$$a = (a_{\text{yp}} \pm \Delta a) \text{ см/с}^2;$$

бунда a_{yp} — тезланишнинг ўлчаб топилган қийматларининг ўртачаси. Сиз ўтказган бу ишда тезланишнинг нисбий хатолиги

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta s}{s} + 2 \frac{\Delta t}{t}$$

га тенг.

Ўтказилган ўлчашларнинг аниқлиги ҳақида. Вақтнинг ўлчаш хатолиги икки марта олинган. Бу вақтни квадратга кўтариш учун қилинган.

Битта ўлчашнинг нисбий хатолигини $s = (100 \pm 0,5)$ см ва $t = (10 \pm 1)$ с бўлган ҳол учун баҳолаймиз.

Йўлни ўлчаш нисбий хатолиги:

$$\frac{\Delta s}{s} = \frac{\pm 0,5 \text{ см}}{100 \text{ см}} = 0,005 = 0,5 \%$$

Бу ҳолда вақт ўлчашнинг нисбий хатолиги қуйидагига тенг:

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{\pm 1 \text{ с}}{10 \text{ с}} = \pm 0,1 = 10 \%$$

Биз натижанинг аниқлиги асосан вақтни ўлчашдаги аниқликка боғлиқлигини кўрдик. Вақтни ўлчаш аниқлигини орттириш учун узун нов (шарча узокрокка думалаши учун) олиш керак ва бир неча ўлчашлар ўтказиш, уларнинг натижалари бўйича ўртача қийматини олиш керак. Тезланишни ўлчаш нисбий хатолиги:

$$\frac{\Delta a}{a} = \pm (0,005 + 2 \cdot 0,1) = \pm 0,205 \approx \pm 0,2$$

Тажриба натижасига кўра

$$a = \frac{2 \text{ м}}{100 \text{ с}^2} = 0,02 \text{ м/с}^2$$

Тезланишни аниқлаш нисбий хатолигини топамиз:

$$\frac{\Delta a}{a} = \pm 0,2, \text{ бунда } \Delta a = \pm 0,2 \cdot a \text{ ёки}$$

$$\Delta a = \pm 0,2 \cdot 0,02 \text{ м/с}^2 = \pm 0,004 \text{ м/с}^2$$

Тажриба натижаси бўйича ҳисобланган тезланиш қийматини қуйидагича ёзиш керак:

$$a = 0,02 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \pm 0,004 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = (0,02 \pm 0,004) \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Бу ёзув тезланишнинг қиймати $0,02 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - 0,004 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0,016 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ва

$0,02 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 0,004 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0,024 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ бўлиши мумкинлигини билдиради.

Бошқача айтганда, тезланиш қиймати 0,016 дан 0,024 м/с² гача (41- расм) ораликда бўлади ва бу оралик (масалан, 0,017 м/с², 0,020 м/с²) ичидаги ихтиёрый қиймат бўлиши мумкин.

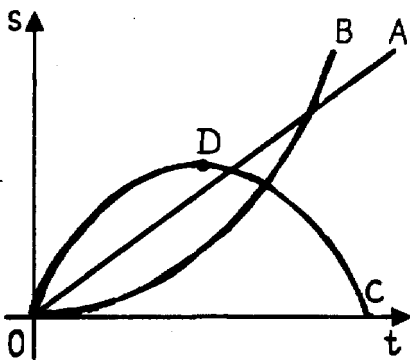


41- расм.

3- МАШҚ

1. Автомобиль жойидан кўзгалди ва тўғри чизик бўйлаб текис тезланувчан ҳаракат қилиб 15 с дан сўнг 54 км/соат тезликка эришди. Автомобилнинг ҳаракатланиш тезланишини ва у босиб ўтган масофани аниқланг. (Жавоби: $a = 1 \text{ м/с}^2$; $s = 1,1 \cdot 10^2 \text{ м}$.)

2. Автомобиль 72 км/соат тезлик билан ҳаракатланмоқда. Ҳайдовчи чорраҳада сарик чирокни кўриб, тормоз тепкисини босди. Автомобиль 5 с дан сўнг тўхтайдди. Автомобилнинг тормоз йўлини ва унинг ҳаракатланиш тезланишини ҳисобланг. (Жавоби: $s=50$ м; $a=-4,0$ м/с².)
3. Жисм 20 м/с тезлик билан юқорига вертикал отилди. У қандай энг юқори баландликка кўтарилади ва неча секунддан сўнг Ерга қайтиб тушади? (Жавоби: $H\approx 20,4$; $t\approx 4,1$ с.)
4. Ракета отиб сигнал берувчи тўппончадан ракета юқорига вертикал 200 м/с тезлик билан учиб чиқади. Ракета модули $g=10$ м/с² бўлган текис тезланувчан тезланиш билан кўтарилади деб ҳисоблаб, унинг максимал кўтарилиш баландлигини аниқланг (ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.) (Жавоби: $H=2$ км.)
5. Жисм 40 м/с тезлик билан юқорига вертикал отилди. Жисмнинг тезлиги 2 с ва 5 с дан сўнг қандай бўлади? У қанча йўлни босиб ўтади ва шу вақт оралиғида унинг қўчиши қандай бўлади? (Жавоби: $v_1=20,4$ м/с; $v_2=9$ м/с; $h_1=60,4$ м; $h_2=60,4$ м; $s_1=85,7$ м; $s_2=77,4$ м.)
6. Юқорига вертикал отилган жисм дераза ёнидан 18,9 м/с тезлик билан ўтиб кетди. Шу жисм пастга қайтиб тушаётганда дераза ёнидан қандай тезлик билан ўтади? (Тезлик вектори юқорига вертикал йўналган деб ҳисобланг.) (Жавоби: $v=18,9$ м/с.)
7. 42-расмда графиклари кўрсатилган жисм қандай ҳаракатланади?



42- расм.

8. Ҳаво шари 1 м/с ўзгармас тезлик билан вертикал кўтарилмоқда. Шар Ер сиртидан 180 м баландликда бўлганда эҳтиётсизлик натижасида ундан унча катта бўлмаган предмет тушириб юборилди. Жисм туша бошлагандан 2 с ва 10 с дан кейин ҳаво шари ва предмет орасидаги масофани топинг. (Жавоби: $s_1=21,6$; $s_2=500$ м.)
9. Жисм \vec{v}_0 тезлик билан юқорига вертикал отилди. Жисм максимал баландликка етганда, ўша нуқтадан ўшандай бошланғич тезлик билан иккинчи жисм отилди. Ҳаракатланишни 10 м/с² тезланиш билан ўтмоқда деб ҳисоблаб, жисмлар отилган нуқтадан қандай масофада учрашишини аниқланг. (Жавоби: $h=\frac{1}{8}\frac{v_0^2}{g}$.)

II БОБНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

1. Ҳаракатнинг энг кенг тарқалган турларидан бири нотекис ҳаракатдир, бунда ҳаракат тезлиги ўзгаради.

2. Тезланиш модули бўйича ўзгармас бўлган ҳаракатга текис ўзгарувчан ҳаракат дейилади. Текис ўзгарувчан ҳаракатга юқорига вертикал отилган жисм ҳаракати ва жисмнинг эркин тушиши, худди шунингдек, жисмнинг қия текислик бўйлаб пастга ва юқорига ҳаракати мисол бўла олади.

3. Нотекис ҳаракатни характерлаш учун траекториянинг берилган қисмида ўртача тезлик тушунчасидан фойдаланилади:

$$\bar{v}_{\text{yp}} = \frac{\bar{s}}{t}.$$

Текис ўзгарувчан ҳаракатнинг ўртача тезлиги қуйидаги формула бўйича аниқланиши мумкин:

$$\bar{v}_{\text{yp}} = \frac{\bar{v}_0 + \bar{v}}{2}.$$

4. Ўзгарувчан ҳаракатнинг асосий хусусияти тезлик ўзгаришидир. Ҳаракатнинг бу хусусиятини характерлаш учун махсус катталик — тезланиш киритилган. Тезлик ўзгариши жадаллигини характерловчи физик вектор катталикка тезланиш деб аталади. Текис ўзгарувчан ҳаракат тезланиши тезлик ўзгаришини шу ўзгариш содир бўлган вақт оралиғига нисбатига тенг:

$$\bar{a} = \frac{\bar{v} - \bar{v}_0}{t - t_0} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}.$$

Тезланиш векторининг йўналиши \bar{a} тезлик ўзгаришининг вектор йўналиши $\Delta \bar{v}$ билан мос тушади.

5. $\bar{v} = \frac{\Delta \bar{s}}{\Delta t}$; $\bar{v} = \bar{v}_0 + \bar{a}t$ тўғри чизиқли текис ўзгарувчан ҳаракат оний тезлиги.

6. Жисмни тўғри чизиқли текис ўзгарувчан ҳаракатда босиб ўтган масофасини ҳаракатланиш тенгламаси деб аталувчи $\bar{s} = \bar{v}_0 t + \frac{at^2}{2}$ формула бўйича ҳисобланади.

III БОБ. АЙЛАНА БЎЙЛАБ ТЕКИС ҲАРАКАТ

Сиз шу вақтгача тўғри чизиқли ҳаракатни ўргандингиз: уларнинг траекторияси — тўғри чизиқдан иборат. Бироқ ҳаракатланиш жуда кўп эгри чизиқлар бўйлаб содир бўлади. Сизнинг ручкангизнинг учи хат ёзишда эгри чизиқлар бўйлаб ҳаракатланади; горизонтга нисбатан бурчак остида отилган жисм ҳам эгри чизиқли траектория бўйлаб ҳаракатланади; эгри чизиқ бўйлаб бир йўлдан бошқа йўлга ўтаётган автомобиль барча космик жисмлар ва ҳоказолар ҳаракатланади.

Эгри чизиқли ҳаракатларнинг ҳамма турларини ўрганиш



мумкин эмас, мумкин бўлганда ҳам зарурат йўқ: деярли исталган эгри чизикли ҳаракатни айлана ёйлари бўйича содир бўлаётган ҳаракатлар кетма-кетлиги каби тасаввур қилиш мумкин (43-расм).

Шунинг учун биз олдин моддий нуқтанинг айлана бўйлаб ҳаракатини ўрганамиз. Олинган қонуниятни эса (агар мумкин бўлса) эгри чизикли ҳаракатларнинг бошқа турларига қўлланамиз.

17-§. МОДДИЙ НУҚТАНИНГ АЙЛАНА БЎЙЛАБ ТЕКИС ҲАРАКАТИ

Жисмнинг айлана бўйлаб текис ҳаракатига қуйидагилар мисол бўла олади:

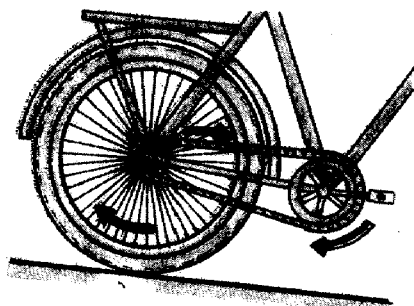
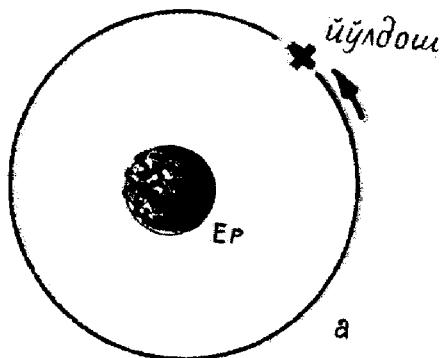
а) Ер атрофида доиравий орбита бўйлаб учаётган сунъий йўлдошнинг ҳаракати (44-а расм);

б) айланаётган жисмнинг бирор нуқтасининг ҳаракати (44-б расм).

1. Бурчакли кўчиш. Фараз қилайлик, моддий нуқта айлана бўйлаб текис ҳаракатланиб, t_1 пайтда A вазиятда (45-расм), t_2 пайтда эса B вазиятда бўлсин. Айлана марказидан моддий нуқтага ўтказилган радиус, бу вақтда φ бурчакни чизади, бу *бурчакли кўчиш* деб аталади.

Халқаро бирликлар системасида бурчакли кўчиш радианларда ифодаланади.

Радиан айлананинг икки радиуси орасидаги марказий



б

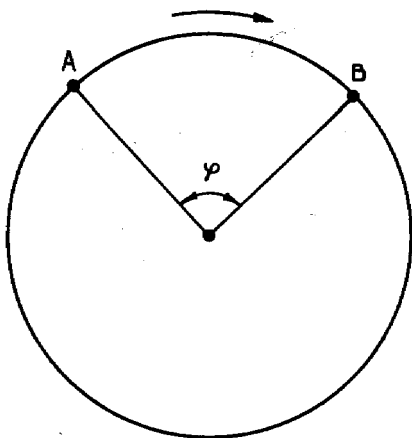
бурчаги бўлиб, улар орасидаги ёй узунлиги — радиус узунлигига тенг. Унинг қисқача белгила- ниши — 1 рад.

2. Айланиш даври ва частотаси. Нуқтанинг айлана бўйлаб текис ҳаракатланишини харак- терлаш учун иккита махсус катталик киритилган: частота ва айланиш даври.

Моддий нуқтанинг айланиш маркази атрофида бир секунд ичидаги айланишлари сони ай- ланиш частотаси дейилади. Ай- ланишлар частотасини грекча ν (ню) ҳарфи билан белгилаш қабул қилинган:

$$\nu = \frac{N}{t},$$

45- расм.



бунда N — t вақтда бўлиб ўтган айланишлар сони.

Халқаро бирликлар системасида частота бирлиги қилиб секундига бир марта айланиш қабул қилинган. У қисқача 1 с^{-1} кўринишда белгиланади.

Нуқтанинг айлана бўйлаб бир марта айланиб чиқишига кетган вақт айланиш даври деб аталади. Давр T ҳарфи билан белгилана- ди:

$$T = \frac{t}{N}.$$

Халқаро бирликлар системасида давр бирлиги қилиб се- кунд — 1 с қабул қилинган.

Давр ва частота — ўзаро тесқари бўлган катталиклар эканли- гини сезиш қийин эмас:

$$\nu = \frac{1}{T} \quad \text{ва} \quad T = \frac{1}{\nu}.$$

3. Бурчакли тезлик. Жисмнинг айлана бўйлаб ҳаракати бурчак тезлик билан характерланади. Бурчак тезлик бурчакли кўчишни шу кўчиш содир бўлган вақт оралиғига нисбатига тенг. Бурчакли тезликни ω (омега) ҳарфи билан белгилаш қабул қилинган:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}.$$

Моддий нуқтанинг айлана бўйлаб ўзгармас бурчак тезлик билан ҳаракати айлана бўйлаб текис ҳаракат деб аталади. Халқаро бирликлар системасида бурчак тезлик бирлиги қилиб, шундай айлана бўйлаб текис ҳаракат қилаётган жисмнинг тезлиги қабул қилинганки, бунда ҳар бир секундда 1 радиан бурчакли

кўчиш содир бўлади. Бурчакли тезликнинг бу бирлигини секун-
дига радиан дейилади ва 1 рад/с кўринишда белгиланади.
Жисмнинг φ бурчакли кўчиши T давр ичида 2π га тенг. Шунинг
учун бурчакли тезлик $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ва $T = \frac{1}{\nu}$ ни ҳисобга олиб $\omega = 2\pi\nu$
ни ҳосил қиламиз.

?

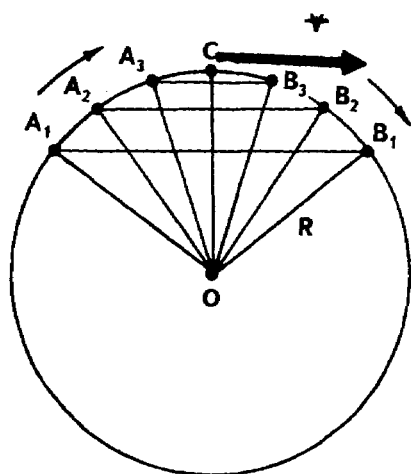
1. Бурчакли кўчиш нима?
2. Айланиш даври ва частотасига таъриф беринг.
3. Бурчакли тезлик формуласини ёзинг ва унга кирган катталикларнинг аҳамиятини тушунтиринг.
4. Соатнинг секунд миллининг айланиш бурчакли тезлигини аниқланг.

18-§. АЙЛАНА БЎЙЛАБ ТЕКИС ҲАРАКАТЛАНАЕТГАН ЖИСМНИНГ ЧИЗИҚЛИ ТЕЗЛИГИ

Олдинги параграфда жисмнинг айлана бўйлаб ҳаракатини
характерлаш учун иккита катталик — бурчакли кўчиш ва бурчак-
ли тезлик киритилади. Бирок жисмнинг айлана бўйлаб ҳаракатига
тўғри чизиқли ҳаракатини характерлаш учун олдин киритилган
тезлик тушунчасини қўллаш мумкин. Жисмнинг айлана бўйлаб
ҳаракатида бу катталик *чизиқли тезлик* деб аталади.

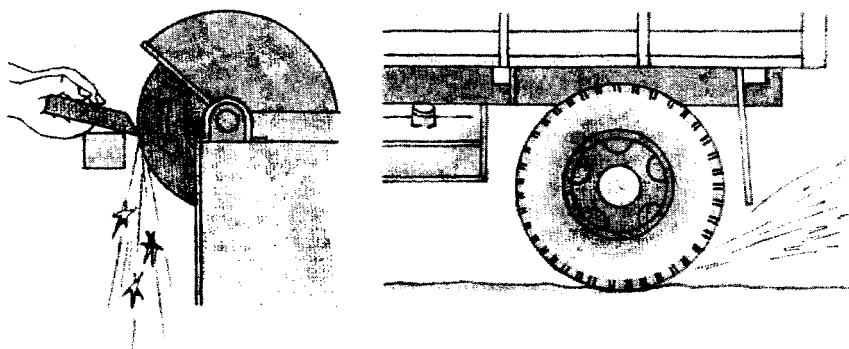
1. Чизиқли тезлик. Фараз қилайлик, нукта R радиусли айлана
бўйлаб текис ҳаракатланади. Нуктанинг ҳаракати текис бўлгани
учун, тезлик модули ўзгармас бўлади. Масалан, нукта жуда кичик
 Δt вақт ичида A_1 вазиятдан B_1 вазиятга кўчади (46-расмда
аниқлик учун A_1B_1 кўчиш катталаштириб кўрсатилган).

У ҳолда тезликнинг умумий таърифи бўйича A_1B_1 қисмдаги
чизиқли тезлик $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$ га тенг ва A_1B_1 ватар бўйлаб йўналган.



46- расм.

Вақт оралиғи камайтирилган
сари ёйга яқинлашади, у ҳолда
тезлик вектори A_1B_1 қисм ўрта-
сида (C нуктада) ёйга уринма
бўйлаб йўналган. Бинобарин,
ошӣ тезлик айлананинг истал-
ган бошқа нуктасида уринма
бўйича йўналган. Бунга айла-
наётган чарх тошга пўлат бу-
юмнинг учини теккизиб ишонч
ҳосил қилиш мумкин. Тошдан
ажралиб чиқаётган ва ажра-
лиш вақтида эришган тезлик
билан учувчи тобланган зарра-
чалар учкун кўринишида кўри-
нади. Учқунларнинг учиш йўна-
лиши ҳар доим айланага буюм
тошга теккан нуктадан ўтка-
зилган уринма йўқолиши билан



47- расм.

мос келади (47-а расм). Жойидан кимирламай сирпаниб айланаётган автомобиль гилдирагидан сачратмалар ҳам айланага уринма бўйлаб отилади (47-а расм).

Шундай қилиб, айлана бўйлаб ҳаракатланаётган жисмнинг чизикли тезлиги модули бўйича ўзгармай, йўналиши бўйича узлуксиз ўзгаради ва ҳар қандай нуқтада траекторияга уринма бўйлаб йўналган.

Чизикли тезлик модули ўзгармас бўлса, у ҳолда уни $v = \frac{s}{t}$ формула бўйича аниқлаш мумкин, жисм бир марта айланганда ($t = T$) айлана узунлиги $s = 2\pi R$ га тенг бўлган масофани босиб ўтади. Шунинг учун $v = \frac{2\pi R}{T}$ ёки $T = \frac{1}{v}$ ни ҳисобга олиб $v = 2\pi Rv$ ни ёзамиз.

2. Бурчакли ва чизикли тезликлар орасидаги муносабат. Чизикли тезликни бурчакли тезликка нисбатини топамиз:

$$\frac{v}{x} = \frac{2\pi Rv}{2\pi v} = R. \text{ Шундай қилиб, } v = \omega R \text{ ва } \omega = \frac{v}{R}.$$

3. Масала ечиш намунаси. Ернинг ўз ўқи атрофида бир марта айланиш вақти 24 соатга тенг. Нуқта айланишининг экватордаги бурчакли ва чизикли тезликларини ҳисобланг. (Ернинг радиусини 6400 км га тенг деб ҳисобланг.)

Шартнинг таҳлили. Ернинг ўз ўқи атрофида айланишини текис деб ҳисоблаймиз. У ҳолда $v = \omega R$, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ бўлади.

$$t \text{ вақтни секундда ифодалаймиз: } t = 3600 \text{ с} \cdot 24 = 86400 \text{ с}.$$

Ҳисоблаш:

$$R = 64 \cdot 10^5 \text{ м}$$

$$T = 86400 \text{ с}$$

$$\omega = ?$$

$$v = ?$$

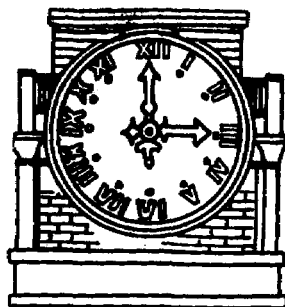
$$\omega = \frac{6,28 \text{ рад}}{86400 \text{ с}} = 0,00007 \text{ рад/с};$$

$$v = 0,00007 \cdot 64 \cdot 10^5 \text{ м} = 448 \text{ м/с}.$$

Жавобни: $v = 448 \text{ м/с};$

$$\omega = 7 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}.$$

1. Қандай тезлик чизиқли тезлик деб аталади? Чизиқли тезлик формуласини ёзинг ва унинг қандай йўналганлигини тушунтиринг.
2. Чизиқли ва бурчакли тезликлар орасидаги муносабатларни топинг.
3. Агар минорага ўрнатилган соатнинг минут миля узунлиги 3,27 м бўлса (48-расм), унинг учининг чизиқли тезлиги қандай бўлади? (Жавоби: $v = 5,7 \cdot 10$ м/с).



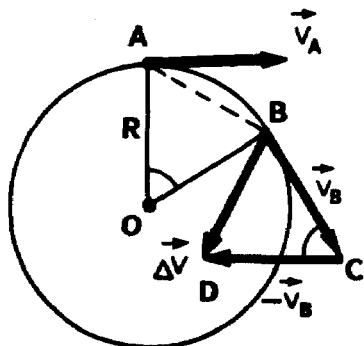
48-расм.

19-§. ЖИСМНИНГ АЙЛАНА БЎЙЛАБ ТЕКИС ҲАРАКАТИДА ТЕЗЛАНИШ

Жисмнинг айлана бўйлаб текис ҳаракатида унинг чизиқли тезлиги модули бўйича ўзгармас қолиб, йўналиши ўзгаради. Бироқ тезликнинг йўналиш бўйича ўзгариши шу ҳақда маълумот берадики, бунда жисм айлана бўйлаб текис ҳаракатланганда тезланиш мавжуд бўлиб, бунга тезлик йўналишининг узлуксиз ўзгариши сабаб бўлади. Бу тезланиш *марказга интилма тезланиш* номини олди.

1. Марказга интилма тезланиш. Таърифга кўра тезланиш (11-§ га қаранг) тезлик ўзгаришининг жадаллигини характерлайди ва тезлик ўзгаришининг шу ўзгариш содир бўлган вақт оралиғига нисбатига тенг, унинг йўналиши эса тезлик ўзгариши векторининг йўналиши билан мос тушади: $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ ёки скаляр шаклда $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ бўлади.

Марказга интилма тезланишни топиш учун, айлана бўйлаб текис ҳаракатланаётган жисм t вақт momentiда A нуқтада (49-расм) жуда кичик вақт оралиғидан сўнг эса жуда яқин жойлашган B (расм-



49-расм.

да AB масофа кўринарлилик учун катталаштириб кўрсатилган) нуқтага силжиган деб фарз қиламиз. A нуқтадаги тезликни \vec{v}_A билан, B нуқтадаги тезликни эса \vec{v}_B билан белгилайлик. A ва B нуқталардаги тезлик модуллари бир хил бўлсин.

Δt вақт ичидаги тезлик ўзгариши: $\Delta \vec{v} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$ ни топамиз. Бунинг учун \vec{v}_B вектордан \vec{v}_A векторни (учбурчак қоидаси бўйича) айирамиз. Ҳосил бўлган AOB ва BCD

учбурчакларни қараб чиқамиз. Бу учбурчаклар ўхшаш, чунки улар тенг ёнли ($OA=OB=R$ ва $BC=BD=V$) ва тенг бурчакларга эга:

$\angle AOB = \angle DBC$ (томонлари перпендикуляр бўлган бурчаклар).

Шунинг учун $AB : AO = BD : DC$.

Аммо AB ватар жуда кичик бўлганлиги учун AB ни алмаштириб қуйидагини ҳосил қиламиз: $AB : AB = AB = \bar{v} \Delta t$. Бундан ташқари $AO = R$, $BD = \Delta \bar{v}$ ва $BD = \bar{v}$. Бинобарин, $\frac{\bar{v} \Delta t}{R} = \frac{\Delta \bar{v}}{\bar{v}}$, бундан $\Delta \bar{v} = \frac{\bar{v}^2 \Delta t}{R}$, тезланиш эса

$$a = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} = \frac{\bar{v}^2 \Delta t}{R \Delta t} = \frac{\bar{v}^2}{R}; \quad \boxed{a = \frac{\bar{v}^2}{R}}$$

Тезланиш йўналишини аниқлаш учун AB нинг жуда кичик эканлигини эсга оламиз. Бироқ AB қанчалик кичик бўлса, $\Delta \bar{v}$ вектор OB радиусга шунча яқин бўлади ва A нуқта B нуқта устига тушганда $\Delta \bar{v}$ вектор OA радиус устига тушади. Бинобарин, $\Delta \bar{v}$ вектор ва a тезланиш айлана марказига радиус бўйича йўналади. Шунинг учун тезланиш марказга интилма тезланиш деб аталади.

Шундай қилиб, жисм (моддий нуқта) айлана бўйлаб текис ҳаракатланганда тезланиш траекториянинг исталган нуқтасида ҳаракат тезлигига перпендикуляр ва айлана марказига томон йўналган бўлади. Унинг модули чизиқли тезлик квадратининг айлананиш радиусига бўлинганига тенг.

Қўпинча марказга интилма тезланишни нормаль (яъни, тезликка перпендикуляр) тезланиш деб аташади.

2. Масала ечиш намунаси. Автомобиль радиуси 100 м бўлган айланма йўлда 36 км/соат тезлик билан ҳаракатланмоқда. Унинг марказга интилма тезланишини аниқланг.

Шартнинг таҳлили. Марказга интилма тезланишини $a = \frac{\bar{v}^2}{R}$ формуладан топамиз. Автомобиль тезлигини метр тақсим секунд ҳисобида ифодалаймиз:

$$v = \frac{36 \text{ км}}{1 \text{ соат}} = \frac{36 \cdot 1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 10 \text{ м/с}.$$

Ечилиши.

$$R = 100 \text{ м}$$

$$v = 10 \text{ м/с}$$

$$a = ?$$

$$a = \frac{(10 \text{ м/с})^2}{100 \text{ м}} = 1 \text{ м/с}^2.$$

Жавоби: $a = 1 \text{ м/с}^2$.

?

1. Қандай тезланиш марказга интилма тезланиш дейилади?
2. Марказга интилма тезланиш формуласини келтириб чиқаринг.
3. Самолёт шўнғишдан чиқиб, пастки қисмида радиуси 800 м бўлган айланма траектория ёйи бўйлаб ҳаракатланади. Агар самолётнинг тезлиги 720 км/соат бўлса, унинг айлана ёйи бўйича ҳаракат тезланишини ҳисобланг (Жавоби: $a = 50 \text{ м/с}^2$).

4- МАШҚ

1. Спортчи v тезлик билан R радиусли айлана бўйлаб текис югурмокда. Спортчи босиб ўтган йўлнинг вақтга боғлиқлик графигини чизинг.
2. Йўлдош 630 км баланликда доиравий орбита бўйлаб ҳаракатланади. Йўлдошнинг айланиш даври 97,5 мин. Унинг чизикли тезлигини ва марказга интилма тезланишини аниқланг. Ернинг радиуси 6370 км. (Жавоби: $v=7514$ м/с; $a\approx 8,1$ м/с².)
3. Жисм радиуси 50 м бўлган айлана ёй бўйича ҳаракатланади. Агар жисмнинг бурчакли кўчиши 10 с ичида 1,57 рад га тенг бўлса, унинг чизикли ҳаракатланиш тезлигини ва босиб ўтган йўлни топинг. (Жавоби: $v=7,85$ м/с; $s=78,5$ м.)
4. Агар жисмнинг айланиш даври 10 с га тенг бўлса, унинг 10 с ичидаги бурчак тезлигини ва бурчакли кўчишни аниқланг. (Жавоби: $\omega=0,628$ рад/с; $\varphi=6,28$ рад.)
5. Агар Ойнинг 27,3 суткада Ер атрофида бир марта айланиши, ундан Ергача бўлган масофа эса 60 Ер радиусига тенглиги маълум бўлса, унинг марказга интилма тезланишини ҳисобланг. (Жавоби: $a\approx 2,73\cdot 10^{-3}$ м/с².)
6. Ер сиртида эркин тушиш тезланишини ва Ойнинг марказга интилма тезланиши нисбатини ҳисобланг. Ой орбитасининг радиуси 60 Ер радиусига тенг. (Жавоби: 3600.)

III БОБНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

1. Тўғри чизикли текис ҳаракатда тезлик модули бўйича ҳам, йўналиши бўйича ҳам доимий қолади, тезланиш эса бўлмайди.
2. Айлана бўйлаб текис ҳаракатда тезлик модули бўйича ўзгармас ва йўналиш бўйича узлуксиз ўзгаради. Бунда тезланиш (марказга интилма тезланиш) модули бўйича $(a=\frac{v^2}{R})$ доимий бўлиб, бироқ йўналиш бўйича узлуксиз ўзгаради ва ҳар доим айлана марказига томон йўналган бўлади.

ДИНАМИКА

Динамика (грекча *dynamis* сўзидан олинган бўлиб, куч деган маънони билдиради) механиканинг жисмлар ҳаракати уларнинг бошқа жисмлар билан ўзаро таъсирлашуви билан боғлиқ равишда ўрганиладиган бўлиמידир.

Динамика жисм қандай шароитларда шундай ҳаракатланади, бошқача эмаслигини, жисм қачон текис ва қачон текис тезланувчан ҳаракатланишини, жисм қачон тўғри чизиқли ва қачон эгри чизиқли ҳаракатланишини тушунтиради.

Динамиканинг асоси бўлиб, инглиз физиги Исаак Ньютоннинг 300 йил аввал 1687 йилда¹ нашр қилинган «Натурал философиянинг математик асослари» номли асарига ифодалаб берилган жисмларнинг ҳаракат қонунлари ҳисобланади. Бу асарда асосий тушунчалар (масса, куч, ҳаракат миқдори, тезланиш), механиканинг учта қонуни, бутун олам тортишиш қонуни ўз аксини топган.

И. Ньютон механика соҳасида ўзининг ўтмишдошларининг ишларини ўрганиб ва тегишли тадқиқотларни ўтказиб механиканинг асосий тушунчалари (масса, куч, импульс ва ҳоказо)ни кiritди ва улар ёрдамида Ньютон қонунлари деб ном олган учта қонунни ифодалаб берди.

Сиз тарих курсидан Англияда XVII аср буржуа революцияси асри эканлигини биласиз. Гражданлар уруши, қиролнинг қатл қилиниши, республиканинг ўрнатилиши, қирол ҳокимиятининг қайта тикланиши, 1688 йилда давлат тўнтарилиши, Англия буржуа революциясининг тугатилиши — Ньютон шундай жуда аҳамиятли сиёсий воқеаларнинг гувоҳи бўлган эди.

Ньютон ҳаётида феодал тузумдан капиталистик тузумга ўтиш юз берди. Бу даврда саноатнинг турли тармоқларида нисбатан мураккаб механизм ва қурилмалар (насослар, юк кўтаргичлар, руда майдалагичлар, темирчи болғалари ва ҳоказолари) пайдо бўла бошлади. Кучли ривожланаётган техника қатор илмий муаммоларни ҳал қилишни, биринчи навбатда механикага оид муаммоларни ҳал этишни талаб қилди. Бу муаммоларнинг аксарият қисмини И. Ньютон ҳал қилди.

¹ Асрлар ўртасида физикани натурал фалсафа деб аташарди, *natura* — латинча сўз бўлиб — табиат деган маънони ва *phileo* грекча сўз бўлиб — севги ва *sophia* — грекча сўз бўлиб, донолик деган маънони билдиради.

И. Ньютон фанда ишлаб чиқаришни мукамаллаштиришнинг муҳим усулини кўра билди. Ньютон бундай ёзган эди: «Агар болаларни тажрибали ўқитувчилар яхши ўқитиб ва тарбияласа, у ҳолда халқ вақт ўтиши билан ишбилармон денгизчиларни, кемасозларни, архитекторларни, инженерларни ва денгизда ҳам, қуруқликда ҳам ишлаш учун турли математик касб эгаларини олади».

Олимнинг бу сўzlари бизнинг ҳозирги давримизда ҳам ўз қийматини йўқотгани йўқ. Сиз динамика асосларини ўргана туриб, унинг асосий тушунчалари ва қонунларини эгаллашингиз, масалалар ечишга ўрганишингиз ва энг муҳим динамика қонунларини техникада қўлланилишини билишингиз керак. Бу келгусида сиз турмушда, армияда ва ишлаб чиқаришда иш кўрадиган ўша машиналар механизмларининг тузилиши ва ишлашини тушунишингизда ёрдам беради.

IV БОБ. ЖИСМЛАРНИНГ ҲАРАКАТИ ВА ЎЗАРО ТАЪСИРИ

Бизни ўраб олган оламда ҳамма нарсалар узлуксиз ҳаракатда ва ўзгаришда бўлади. Ҳаракат материянинг ажралмас хоссасидир. Материя ҳаракатсиз, ҳаракат эса материясиз мавжуд бўлмайди ва бўлиши ҳам мумкин эмас. Бироқ жисм ҳаракатланиб бир-бири билан учрашади ва ўзаро таъсирлашади.

Ўзаро таъсирлашиш натижасида жисмларнинг ҳаракати ўзгариши мумкин. Масалан, тўғри чизиқ бўйлаб текис ҳаракатланаётган пўлат шар магнит билан ўзаро таъсирлашганда эгри чизиқли траектория бўйлаб ҳаракатлана бошлайди (50-расм). Спортчи сувга сакраётиб, олдин ҳавода тезланувчан ҳаракатланади, сувга тушгандан кейин эса у билан ўзаро таъсирлашиб, текис ҳаракатланади.

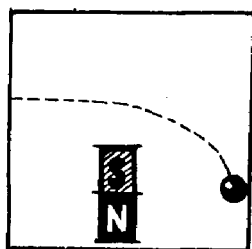
Ҳаракат қонунларини чуқур тушуниш учун жисмларни бир-бирлари билан *ўзаро таъсирлашувини* ўрганиш керак, ўзаро таъсирлашиш ҳам ҳаракат каби *материянинг ажралмас хоссасидир*.

Ўзаро таъсир — мураккаб ҳодисадир. Биз аввал кундалик ҳаётимизда учрайдиган энг содда ўзаро таъсир ҳодисаларини қараб чиқамиз, бунда уларнинг энг оддий томонларини текшириб чиқамиз, сўнгра эса билимларимиз тўлланиши билан мураккаброқ ўзаро таъсирларни ўрганишга ўтамиз.

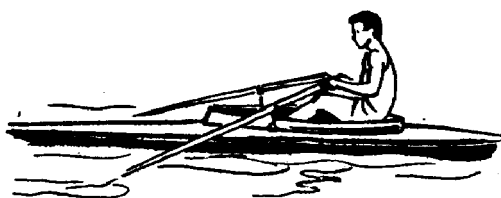
20-§. ЖИСМЛАРНИНГ ЎЗАРО ТАЪСИРИ. КУЧ

1. Жисмларнинг ўзаро таъсирга мисоллар. Жисмларни ўзаро таъсири билан ҳар бир қадамда тўқнашамиз. Бу ҳодисаларнинг моҳиятини тушуниш учун катта қизиқиш уйғотувчи мисоллар келтираамиз.

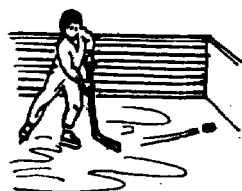
1) Ҳоккей шайбаси майдон девори билан ўзаро таъсирлашиб, ўз ҳаракати йўналишини ўзгартиради (51-расм), девор эса тебранма ҳаракатга келади.



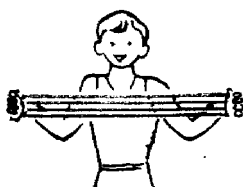
50- расм.



53- расм.



51- расм.



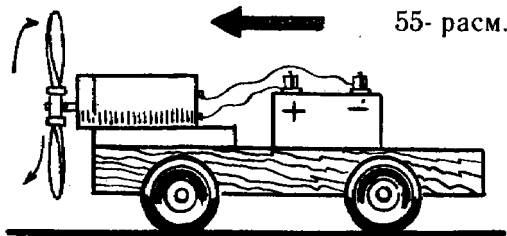
54- расм.



56- расм.



52- расм.



55- расм.

2) Очик космик фазога чиққан фазогир ўз вазиятини ўзгартириш учун газ камалган баллондан фойдаланиши мумкин. Газ чиқаётиб баллон билан ўзаро таъсирлашади, фазогирни карама-қарши томонга итаради (52- расм).

3) Қайикда турган эшкакчи эшкак эшиб, сув билан ўзаро таъсирлашади (53- расм). Бунинг натижасида қайик сув билан олдинга ҳаракатланади, сув эса эшкаклар билан орқага итариб ташланади.

4) Одам пружинани чўзади (54- расм). Бу ҳолда пружина ва қўлнинг ўзаро таъсири пружинани деформацияланишга олиб келади.

5) Аравачага ўрнатилган винт парраги ҳаво билан ўзаро таъсирлашиб, ҳавонинг бир қисмини орқага итаради, ўзи аравача билан биргаликда олдинга ҳаракатланади (55- расм).

6) Сувга сакраш учун трамплин тахтасида турган спортчи уни пастга эгади (56- расм). Олдинги ҳолдаги сингари жисмларнинг ўзаро таъсири тахтанинг деформацияланишига олиб келади.

Келтирилган мисоллар жисмларнинг ўзаро таъсири жараёнида улар ҳаракатининг тезлик ўзгариши ва деформацияланиши содир бўлишидан далолат беради. Баъзи ҳолларда, масалан, шайбанинг деворга урилишида ҳаракатланиш тезлигининг ўзгариши яққол сезилади (тезланиш ҳосил бўлади), бошқа ҳолларда масалан, одам кўли ва пружина ўзаро таъсирлашганда деформация сезилади.

Биз бу ерда «сезилади» сўзини қўлладик, чунки жисмларнинг деформацияси ва уларнинг тезликлари одатда ўзаро боғланган. 57- расмда фильмдан кадр келтирилган, бунда тезлик билан кинога олиш ёрдамида теннис ракеткасини коптокка урилиши қайд қилинган. Коптоқнинг тезлик ўзгариши ва унинг деформацияси бир вақтда юз бериши кўриниб турибди.

2. Куч. Жисмларнинг ўзаро таъсири турли хил бўлиши мумкин. Масалан, айнан бир хил пружинани ёш бола катта ёшдаги одамга караганда кам чўзади.

Физикада жисмларнинг ўзаро таъсирини характерлаш учун муҳим катталиқ — куч киритилган. Куч тушунчаси дастлаб одамнинг мускул зўриқинини тавсифлаш учун ишлатилган. Ўлдирилган ҳайвоннинг нимталанган гўштини кўтариш, сувдан балиқни тортиб олиш, тошни кўзгатиш ёки олиб ташлаш учун одам ўз мускулларини турлича зўриқтиришига тўғри келган. Шундай қилиб, кундалиқ тажрибадан одамда унинг танасини ўраб олган нарсалар билан ўзаро таъсирлашиш ўлчови ҳақида, биринчи куч ҳақидаги дастлабки тасаввурлар ҳосил бўлган.

Кейинроқ куч тушунчаси фанга ўтди. Ундан жисмларнинг ўзаро таъсирини характерлаш учун фойдаланилади.

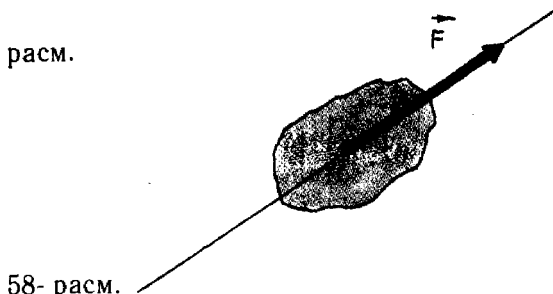
Жисмлар ўзаро таъсирлашганда ҳаракатланиш тезлиги ўзгариши мумкин, шу сабабли куч ва жисмнинг ўзаро таъсири натижасида олган тезланиш йўналиши билан мос келувчи йўналиш берилади. Куч таъсир қилаётган тўғри чизикни кучнинг таъсир чизиги деб аталади (58- расм).

Шундай қилиб, *бир жисмнинг бошқа жисмга механик таъсирини характерловчи ва бу таъсирнинг ўлчови бўлиб ҳисобланувчи физик катталиқка куч деб аталади.*

Сизга VII синф физика курсидан маълумки, куч бирлиги халқаро бирликлар система-



57- расм.



58- расм.

сида Ньютон шарафига н ь ю т о н (1 Н) деб аталади. Кучнинг бу бирлигига таърифни кейинроқ берамиз.

«Куч» атамаси ҳар доим ўзаро таъсирлашувчи жисмлар билан боғланган ва унинг микдорий ўлчови бўлиб ҳисобланишини эсда сақлаш керак.

Сиз куйидаги гапни ўқидингиз деб фараз қиламиз: « m жисмга \bar{F} куч таъсир қилади». Бу жисмга қандайдир бошқа жисм таъсир қилишини билдиради, яъни m жисм бирор жисм билан ўзаро таъсирлашади ва бу ўзаро таъсирлашув ўлчови \bar{F} кучга тенг.

3. Кучларни ўлчаш. Ўзаро таъсир натижасида тезланиш ва жисмларнинг деформацияси ҳосил бўлади, шундай экан куч тўғрисида тезланиш бўйича ҳам, деформацияси бўйича ҳам ҳукм чиқариш мумкин. Бу жисмларнинг деформацияланишини ва уларнинг ўзаро таъсиридан ҳосил бўлган тезланишни яққолроқ ҳамда синчиклаб ўрганиш учун зарур бўлади. Деформацияни ўрганишдан бошлаймиз.

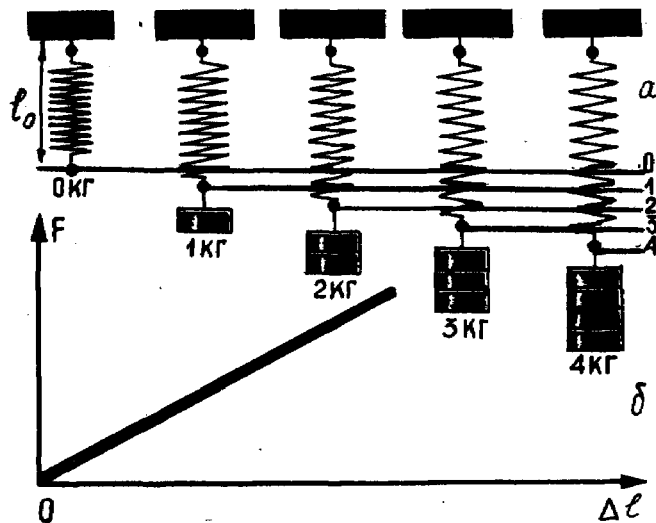
Тажриба ўтказамиз. Штативга илгак билан тугалланувчи, илгакка юқлар осиш мумкин бўлган пружина ила миз (59-а расм). Илгак четига пружина узунлигини белгиловчи индикатор ўрнатамиз. Пружинанинг эркин турган ҳолатидаги узунлигини l билан белгилаймиз.

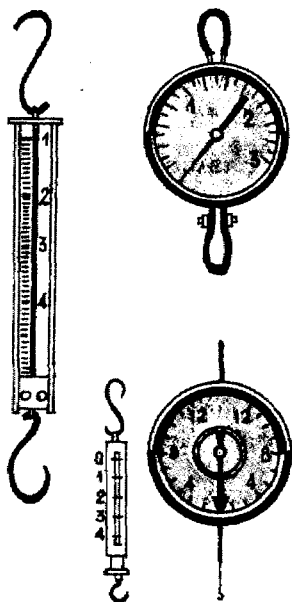
Пружинага юқлардан бирини илиб, пружина узунлиги бир оз ортганини сезамиз.

Пружинага осилган юқлар сонини 2, 3, 4, 5 марта орттириб, *абсолют узайиш* деб аталган Δl пружинанинг узайиши шунча марта ортганини сезамиз.

Бошқача сўз билан айтганда, абсолют узайиш пружинага

59- расм.





60-расм.

таъсир қилувчи кучга тўғри пропорционал бўлади. Буни куйидагича ёзиш мумкин: $\Delta l \sim F$. (« \sim » белги пропорционаллик белгисидир).

Агар тажрибада берилганлар бўйича пружинанинг узайишини деформацияланувчи кучга боғлиқлик графиги чизилса, у ҳолда топилган боғлиқлик OA тўғри чиқиқ шаклида тасвирланади (59-б расм). Юқларни аста-секин олиб, пружинанинг узайиши пропорционал равишда камайишини (қисқаришини) сезамиз.

Юқланиш тўла олиб ташлангандан сўнг йўқолувчи деформация эластик деформация дейилади.

Инглиз физиги Р. Гук шунга ўхшаш тажрибаларни умумлаштириб, куйидаги хулосага келди: эластик деформацияланганда абсолют узайиш қўйилган кучга тўғри пропорционалдир (Гук қонуни):

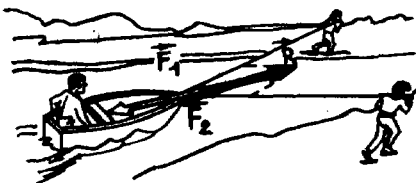
$$\Delta l = \frac{1}{k} F,$$

бунда k — пружинани характерловчи бикрлик коэффициентини.

Эластик деформация ҳодисасидан кучларни ўлчаш учун қўлланиладиган асбобларнинг тузилишида фойдаланилади. Бундай асбоблар куч ўлчагичлар, ёки физикада айтилишича динамометрлар деб аталади. Динамометрларнинг конструкциялари турли-тумандир (60-расм), лекин уларнинг ишлаш принциплари бир хил: уларда жисмларнинг эластик деформация қўйилган кучга тўғри пропорционал бўлган узайиш, эгилиш ёки сиқилиш хоссаларидан фойдаланилади.

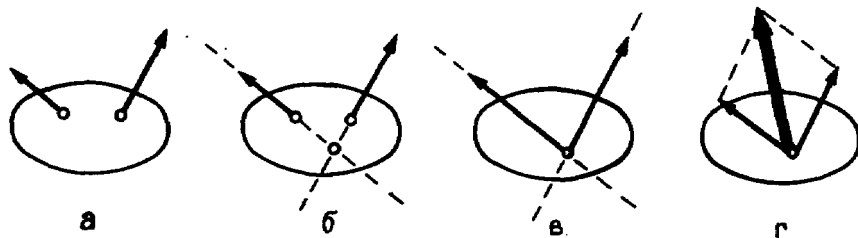
4. Кучларни қўшиш. Куч вектор катталиқ, шунинг учун моддий нуқтага бир нечта куч таъсир қилганда, улар геометрик равишда қўшилади. Моддий нуқтага таъсир қилувчи бир нечта кучнинг ўрнини босувчи кучга бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси дейилади (61-расмда, \vec{R}). Тенг таъсир этувчи куч моддий нуқтага таъсир этувчи кучларнинг геометрик йиғиндисига тенг.

Бироқ икки (ёки ундан ортиқ) куч қаттиқ жисмнинг ҳар хил нуқталарига таъсир қилиш ҳолида тенг таъсир этувчи куч қандай топилади (62-расм)? Бу ҳолда параллелограмм қондасини бевосита қўллаш мумкин эмас.



61-расм.

Агар қаттиқ жисм унга қўйилган кучларнинг таъсири остида деформацияланиши ниҳоятда сезиларли бўлмаса, у ҳолда жисмнинг деформацияланишини ҳисобга олмаслик ва



62-расм.

жисмни деформацияланмайдиган¹ деб ҳисоблаш мумкин. Бу ҳолда кучларнинг қўйилиш нуқтасини кучнинг таъсир чизиғи бўйлаб жисмнинг исталган бошқа нуқтасига кўчириш мумкин.

Шунинг учун қаттиқ жисмнинг турли нуқталарига таъсир этувчи бир нечта кучнинг тенг таъсир этувчисини топиш учун:

а) бу кучларнинг таъсир чизиғини ўтказиш керак (62-б расм);

б) кучларнинг қўйилиш нуқталарини уларнинг таъсир чизиқлари кесишган нуқтага кўчириш керак (62-в расм);

в) тенг таъсир этувчи кучни векторларнинг қўшиш қондаси бўйича топиш керак (62-г расм). Кучларнинг таъсир чизиғи бир нуқтада эмас, балки турли нуқталарда кесишиши мумкин. Бундай ҳолда таъсир чизиқлари кесишадиган кучларни қўшиш, кейин эса ҳосил қилинган тенг таъсир этувчиларни қўшиш керак.

Ҳар қандай кучлар системаси ҳам тенг таъсир этувчига эга бўлавермайди. Масалан, а) турли томонга йўналган иккита параллел кучлар; б) бир текисликда ётмаган кучлар тенг таъсир этувчига эга эмас.

Қаттиқ жисмга таъсир этувчи икки куч модули бўйича тенг ва бир тўғри чизиқ бўйлаб қарама-қарши томонга таъсир қиладиган ҳолда ва фақат шундагина ўзаро мувозанатлашади.

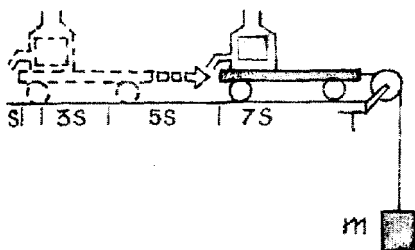
?

1. Жисмларнинг ўзаро таъсирлашувига мисоллар келтиринг.
2. Физикада «куч» деганда нима тушунилади?
3. Куч қандай асбоб билан ва қандай бирликларда ўлчанади?
4. Қандай кучни тенг таъсир этувчи куч дейилади?
5. Моддий нуқтага 60° бурчак остида бир-бирига 100 Н дан бўлган учта куч таъсир қилади. Уларнинг тенг таъсир этувчиси ва уларни мувозанатловчиси нимага тенг?

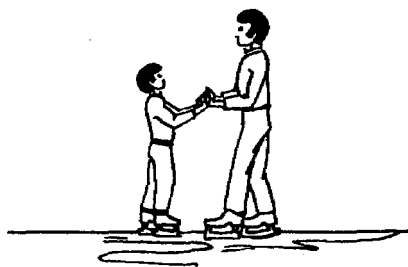
¹ Физикада бундай тасаввурдаги жисмни абсолют қаттиқ жисм деб аталади. Бу жисмнинг деформацияланишини ҳисобга олмаслик учун қабул қилинган абстракциядир.

21-§. ЖИСМЛАРНИНГ ҶЗАРО ТАЪСИРИ. МАССА

1. Жисмларнинг инертилиги. Томизғичли идиш ўрнатилган араваچани силлиқ стол устига қўямиз (63-расм). Аравачага блок орқали ўтказилиб, m массали юк осилган ипни боғлаймиз. Аравачани қўйиб юбориб, унинг ҳаракатга келишини ва тезлиги аста-секин ортишини сезамиз. Қорғоздаги томчиларнинг жойлашишини ($s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : 7 \dots$) ўрганиб, аравача текис тезланувчан ҳаракатланганини кўрамиз.



63-расм.



64-расм.

Жойдан қўзғалаётган автомобиллар ва темир йўл поездларининг ҳаракатланиш тезликлари ҳам аста-секин ортиб боради.

Сизларнинг кўпчилигингиз ойнаи жаҳонда (ёки кинода) космик кемаларнинг учирилишини кўргансиз. Эҳтимол, эътибор қилган бўлсангиз, элтувчи — ракетанинг тезлиги ҳам кескин силтов билан эмас, балки аста-секин ортишини кузатгансиз.

Тепаликдан тушаётган чана (ёки чанғичи)нинг тезлиги ҳам секин-аста ортади. Худди шунингдек, тормозланганда жисм тезлиги ҳам секин-аста ўзгаради: автомобиль чорраҳада, поезд светофор олдида, спортчи маррага етганда бир онда тўхтаётган олмайди.

Юқорида тавсифланган тажриба ва кузатишлар, шунингдек ҳаётдан маълум бўладики, ҳамма жисмларда умумий хосса бор: ўзаро таъсир жараёнида жисмларнинг ҳаракатланиш тезлиги секин-аста ўзгаради ва унинг ўзгариши учун бирор вақт талаб қилинади. Жисмларнинг бу хоссаси *инертлик* деб аталади.

2. **Масса.** Барча жисмлар инертлидир. Турли жисмларнинг инертлилиги турличадир. Ўзаро таъсирлашувчи икки жисмдан ўзаро таъсир натижасида кичикроқ тезланиш олгани инертлироқ бўлади. Масалан, милликдан отилганда миллик ўққа қараганда кам тезланиш олади. Катта ёшдаги конькичи кичик ёшдаги конькичи билан ўзаро бир-бирларини итаришганда (64-расм), катта ёшдаги конькичи боладан кўра камроқ тезланиш олади. Бу катта ёшдаги одамнинг инертлилиги боланикига қараганда катта бўлишдан далолат беради.

Жисмларни инертлигини характерлаш учун махсус катталиқ — масса киритилди, уни m ҳарфи билан белгилаш қабул қилинган.

Турли хил жисмларнинг массаларини таққослаш учун улардан бирининг массасини бирлик сифатида қабул қилиш керак. Масса бирлигини танлаш ихтиёрий, бироқ амалда қўллаш учун қулай бўлиши керак.

Дастлаб массалар бирлиги қилиб 1 дм^3 соф сувнинг массаси қабул қилинган эди. Бироқ, бу эталон зарур аниқликни таъминлай олмади. Шунинг учун халқаро бирликлар системасида масса бирлиги қилиб қаттиқ, ҳавода оксидланмайдиган платина ва иридий қотишмасидан тайёрланган махсус эталон массаси қабул қилинган. Массанинг бу бирлиги килограмм — 1 кг деб аталди.

Масса бирлиги эталони бўлгач, у билан бошқа жисмлар массаларини таққослаш мумкин. Массаларни таққослашнинг бир неча усуллари мавжуд.

Улардан биттасини қараб чиқамиз. Полдан юқорироққа кўтарилган горизонтал пластинага стол теннис шарчасини ва қум билан тўлдирилган худди шундай иккинчи шарчани кўямиз. Шарчалар орасига қисилган пружинани жойлаштирамиз, пружинани қисилган ҳолатда ип ушлаб туради (65-расм). Шарчалардан биттасининг массаси бизга маълум бўлсин, уни m_1 ҳарфи билан белгилаймиз. Иккинчи шарчанинг массаси m_2 дейлик. Ипни қирқиб юборамиз. Пружина тўғриланаётиб, шарчаларни горизонтал йўналишда итаради ва улар бир вақтда полга тушади. Горизонтал йўналишда шарчалар босиб ўтган масофалар турлича, қум билан тўлдирилган шарча ичи бўш шарчага нисбатан қисқа масофани ўтади. Тажриба шарчалар пружина билан ўзаро таъсирлашиш натижасида ичи бўш шарча катта тезланиш билан ҳаракатланганини ва қум билан тўлдирилган шарчага нисбатан катта тезликка эришганини кўрсатади. Бинобарин, ичи бўш шарчанинг массаси кичик экан.

Шунга ўхшаш ўтказилган тажрибалар қаршилик кучи бўлмаганда ҳар доим ўзаро таъсирлашиш натижасида жисмлар босиб ўтган масофалар ўзаро таъсирлашувчи жисмларнинг массаларига тесқари пропорционаллигидан далолат беради:

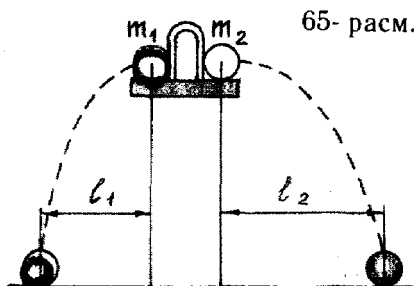
$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

Агар биринчи жисмнинг массаси маълум бўлса (масалан, m_1), у ҳолда иккинчи жисмнинг массасини топиш осон:

$$m_2 = m_1 \frac{l_1}{l_2}$$

Биз массаларни таққослашнинг бир усулини қараб чикдик. Бошқа усуллари ҳам мавжуд. Улардан биттаси билан 31- § да танишасиз.

3. Жисмлар системасининг массаси. Фараз қилайлик, бизнинг ихтиёримизда m_1 ва m_2



массали иккита жисм бор бўлсин. Уларни бирлаштирамиз. Жисмлар системасини ташкил қилувчи масса нимага тенг бўлади? Кундалик тажрибалардан маълумки, жисмлар системасининг массаси шу системани ташкил қилган жисмлар массаларининг йиғиндисига тенг:

$$m = m_1 + m_2.$$

Агар система массалари $m_1, m_2, m_3, \dots, m_N$ бўлган N та жисмнинг қўшилишидан ташкил топса, у ҳолда унинг массаси шу жисмлар массаларининг йиғиндисига тенг:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_N.$$

Массаларнинг бу хоссаларини *аддитивлик*¹ дейилади.

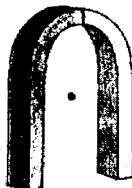
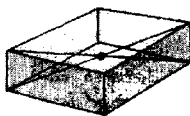
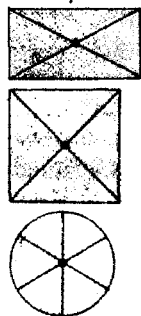
4. Массалар маркази. Жисмнинг массаси ёки жисмлар системасининг массаси тўпланган нуқтага массалар маркази дейилади.

Бир жинсли шарнинг массалар маркази унинг геометрик марказида (66-расм), бир жинсли цилиндрники — цилиндрнинг ўқида, унинг асосларидан тенг масофаларда, юпка ҳалқаники — бу ҳалқа чегаралаган айлананинг марказида бўлади. Бир жинсли тўртбурчакнинг массалар маркази унинг диагоналлари кесишиш нуқтасида, учбурчакники — меридианларининг кесишиш нуқтасида, айлананики — унинг марказида бўлади. Симметрик шаклларда масса маркази симметрия марказида жойлашади, ёки агар симметрия маркази бўлмаса, симметрия ўқида жойлашган бўлади.

Жисмнинг массалар маркази жисм ичида бўлиши ҳам, ундан ташқарида бўлиши ҳам мумкин. Бу жисмнинг шаклига боғлиқ. Шундай қилиб трубканинг массалар маркази труба ичида унинг ўқида бўлади. Стулнинг оғирлик маркази каердадир ўриндик остида жойлашган бўлади (67-расм).

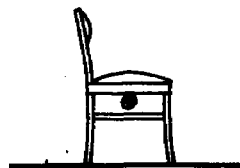
Массалар маркази тушунчаси масаланинг шартига кўра жисмни моддий нуқта деб қабул қилиш мумкин бўлмаган ҳолларда жуда муҳим аҳамиятга эга. Бу ҳолда жисмнинг массалар маркази

¹ Бу латинча сўз *additivus*—қўшиш йўли билан олинадиган деган маънони билдиради.



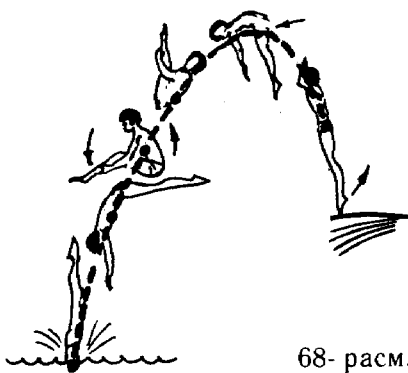
66- расм.

67- расм.



бутун жисм массасига тенг бўлган массали моддий нукта ҳаракати сингари ҳаракатланади.

68-расмда сувга сакраётган спортчининг сакрашнинг ҳамма босқичларидаги массалари марказининг вазияти кўрсатилган. Расмдан кўринадики, жисм қисмининг вазиятига боғлиқ равишда бир-бирига нисбатан унинг массалар маркази ё спортчи танасида, ё унинг танаси ташқарисида бўлади. Массалар марказининг ҳаракат траекторияси — парабола эканига эътибор беринг.



68- расм.

Муҳим эслатма. Масса тушунчаси — жуда мураккаб тушунчадир. Ҳозирча сиз бу ҳақда жуда кам, фақат кейинги материалларни ўрганиш учун зарур бўлганларининггина ўрганингиз, холос. Механикани ўргана бориш жараёнида бу тушунчанинг мазмуни секин-аста кенгайди, аниқланади ва чуқурлашади. Ҳозирча шу параграфда масса ҳақида айтилганларни яхши тушуниб олиш керак.

?

1. Жисмларнинг инертлилиги нимада намоён бўлади?
2. Жисмнинг массаси нима? Уни қандай аниқлаш мумкин?
3. Халқаро бирликлар системасида масса бирлиги қилиб, қандай бирлик қабул қилинган?
4. Масса аддитивлиги хоссаси нимадан иборат?
5. Спортчи сакраганда унинг массалари маркази траекторияси қандай эгри чизиқни тавсифлайди?

IV БОБНИНГ АСОСИЯ МАЗМУНИ

1. Ҳаракат ва ўзаро таъсир — материянинг ажралмас икки хоссасидир.
2. Механик ўзаро таъсир натижасида ҳаракатланиш тезлигининг ўзгариши ва ўзаро таъсирлашувчи жисмларнинг деформацияланиши содир бўлади; бу ҳодиса ўзаро таъсирнинг икки томони сингари ўзаро боғланган.
3. Бир жисмнинг бошқа жисмга механик таъсирини характерловчи ва бу таъсирнинг ўлчови бўлиб ҳисобланувчи физик вектор катталиққа куч деб аталади. Кучларни деформацияланиш бўйича ҳам баҳолаш (ўлчаш) мумкин. Шундай принципга асосланган махсус асбоблар — динамометрлар мавжуд.
4. Ҳамма жисмлар инертликка эга. Жисмларнинг ҳаракатланиши тезлиги унга бошқа жисм таъсир қилмагунча ўзгармас қолишида намоён бўлувчи хоссасига инертлик дейилади. Ўзаро таъсир жараёнида уларнинг тезлиги бир онда ўзга-

ра олмайди, балки секин-аста ўзгаради. Ўзаро таъсирлашувчи икки жисмдан ўзаро таъсир жараёнида қайси бири кам тезлик олса ёки кам тезланиш олса, ўша жисм инертляроқ бўлади.

5. Жисмларнинг инертлилигини характерлаш учун масса тушунчаси киритилган. Масса — скаляр катталиқ. Жисмлар системасининг массаси системани ташкил қилувчи жисмлар массасининг йиғиндисига тенг. Массанинг бу хоссаси аддитивлик деб аталади.
6. Халқаро бирликлар системасида масса бирлиги қилиб платино-иридийли эталон массаси қабул қилинган. Массанинг бу бирлиги килограмм дейилади.
7. Жисмлар эркин ҳаракатланганда жисм массасига тенг массали, жисмга таъсир қилувчи барча кучлар қўйилган моддий нуктанинг ҳаракати каби ҳаракатланадиган нуктага жисмнинг (ёки жисмлар системасининг) массалар маркази дейилади. Жисмнинг массалар марказининг вазияти жисмнинг шаклига ва унинг алоҳида қисмлари массаларига боғлиқ.
8. Берилган қаттиқ жисм нуктасига таъсир қилувчи кучлар системасининг ўрнини босувчи кучга тенг таъсир этувчи куч дейилади. Жисмнинг бир нуктасига таъсир этувчи кучлар системасининг тенг таъсир этувчиси уларнинг геометрик йиғиндисига тенг.

V боб. ҲАРАКАТ ҚОНУНЛАРИ

Макроскопик жисмларнинг ҳаракат қонунларини биринчи бўлиб 1686 йилда Исаак Ньютон ифодалаб берди ва шунинг учун унинг номи билан Ньютон қонунлари деб аталади. Биз «кашф қилди» сўзини эмас «ифодалаб берди» сўзини онгли равишда ишлатдик. Гап шундаки, Ньютонгача яшаган жуда кўп олимлар ҳаракатни ўрганиш билан шуғулланишган. Асосан италия олими Галилео Галилей бу соҳада жуда кўп ишлар қилди. Ньютон ўзининг ўтмишдошларининг ишларини синчиклаб ўрганиб чиқди ва ижодий умумлаштирди. Ньютон бу билан ҳаракат ҳақидаги таълимотни фақат ривожлантирибгина қолмай, балки кейинчалик механик ҳаракатнинг тасдиқланиб аниқлаштирилган тугал назариясини яратди.

Ньютон инглиз физиги Р. Гукка ёзган хатларининг бирида бундай деган эди: «Агар мен бошқаларга нисбатан узокни кўра билган бўлсам, мен гигантлар елкасида турганим учундир».

Ҳаракат қонунларини ўрганишга кириша туриб, улар тажриба далилларининг умумлаштирилган эканини назарда тутиш керак. Уларни мантикий ёки алоҳида тажрибаларидан келтириб чиқариш мумкин эмас. Бу қонунларнинг ўринлилиги инсон қўлидан келадиган барча тажрибалар системасида юқори аниқликда тасдиқланади.

Қуйида келтирилган реал тажрибалар тавсифи ва фикрий тажрибалар¹ қонуларни исботлаб бермайди, фақат уларнинг моҳиятини тушуниб олишга ёрдам беради. Қонунларни бир ёки бир нечта тажрибадан келтириб чиқариш мумкин эмас. Биз Ньютон қонунларини алоҳида-алоҳида ўрганамиз. Шундай қилинганда уларни тушуниш қулай бўлади. Бироқ ҳаракат қонунлари ўзаро боғланган ва ягона системани ташкил қилади.

22- §. НЬЮТОННИНГ БИРИНЧИ ҚОНУНИ — ИНЕРЦИЯ ҚОНУНИ

Ҳаракатнинг биринчи қонуни Галилейга ҳам маълум эди. Ньютон уни аниқ ифодалади ва ҳаракат қонунлари системасига киритди.

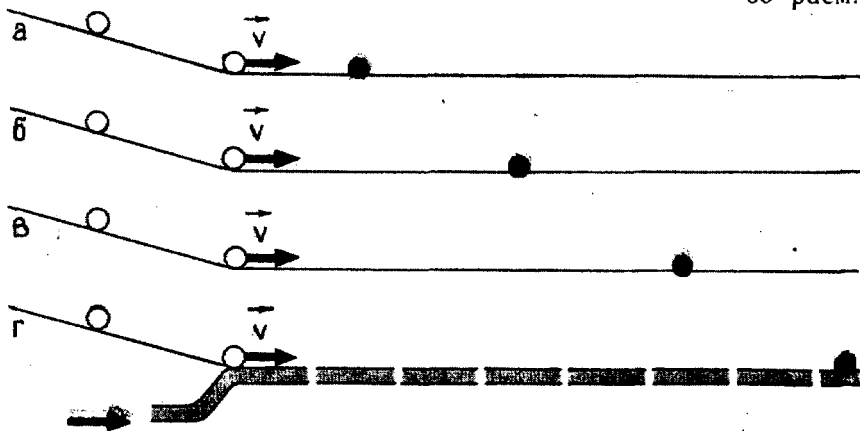
1. Ньютоннинг биринчи қонунини тушунишга ёрдам берадиган мисоллар. Фараз қилайлик, горизонтал столда шар турибди. Қундалик кузатишлар шунга ишонтирадики, шарга бошқа жисм таъсир қилиб, бу вазиятдан чиқариб юбормагунча у жойида тураверади.

Қараб чиқилган мисол ва бошқа шунга ўхшаш кўплаб кузатишлардан маълум бўладики, агар жисмга бошқа жисмлар таъсир қилмаса, жисм нисбий тинчлик вазиятини сақлайди.

Горизонтал столга қия нов ўрнатамиз. Новнинг тушиш жойи — стол устига дағал қум қоғоз ёпиштирамиз. Новнинг юқори қисмидан пўлат шарчани қўйиб юборамиз. Шарча новдан думалаб ўз инертлиги туфайли горизонтал стол бўйлаб думалайди, лекин тезда тўхтайди (69-а расм). Тўхташининг сабаби афтидан, шарчанинг қум қоғозга ишқаланишидир. Шарча тўхташининг

¹ Фикран тасаввурда ўтказиладиган тажрибалар фикрий тажрибалар дейилади. Масалан, 22-§ нинг 1-банди охиридаги ишқаланишсиз шар ҳаракати мисоли — фикрий тажриба тавсифланган.

69- расм.



сабаби тўғрисидаги тасаввурни текшириш учун қоғозни олиб ташлаб тажрибани такрорлаймиз. Шарча энди узокрокка думалаб боради (69-б расм).

Агар столга новга такаб ойна листини ётқизсак, шарча яна ҳам узокрокка думалаб боради (69-в расм). Ниҳоят, қиялатиб кўйилган новга горизонтал ичи бўш нов улаймиз, унинг бутун узунлиги бўйлаб жуда кўп майда тешиклар қилинган бўлиб, булар орқали чанг юткич ёрдамида ҳаво пуфланади (Бу ҳолда шарча ишқаланишни сезиларли камайтирувчи «ҳаво ёстиғи»да ҳаракатланади). Тажрибани такрорлаб, энди шарча бутун нов бўйлаб думалашини кузатамиз (69-г расм).

Ўтказилган тажрибалар шарчанинг тўхташ сабаби ишқаланиш эканлиги тўғрисидаги тасаввуримизни тасдиқлайди: ишқаланиш қанча кам бўлса, шарча босиб ўтадиган масофа шунда катта бўлади.

Ишқаланиш йўқолди деб фараз қиламиз. Равшанки, бу ҳолда шарча тўғри чизикли ва текис ҳаракатини унга бошқа жисм таъсир қилмагунча ва унинг ҳаракатланиш йўналишини ёки модулини ўзгартирмагунча давом эттиради.

Бунда шарчанинг инертлиги намоён бўлади. Шунинг учун бундай «эркин» жисм (яъни жисмга бошқа ҳеч қандай жисмлар таъсир қилмайди) ҳаракатига *инерция бўйича ҳаракат* дейилади.

2. Ньютоннинг биринчи қонуни. Бир жисмларнинг нисбий тинчлиги ва шарчанинг ҳаракатланиши тўғрисидаги масалаларни таҳлил қилдик. Галилео Галилей, биринчи бўлиб, ҳар томонлама ва чуқур таҳлил қилди ва жисмга бошқа жисм таъсир қилмаган ҳолда, у ё тинч туради, ё инерция бўйича тўғри чизикли ва текис ҳаракат қилади, деган хулосага келди.

Галилейгача грек олими Аристотель таълимоти ҳукм сурди, унинг таълимотига кўра жисмга бошқа жисмлар (кучлар) таъсир қилгандагина ҳаракатланади дейилади.

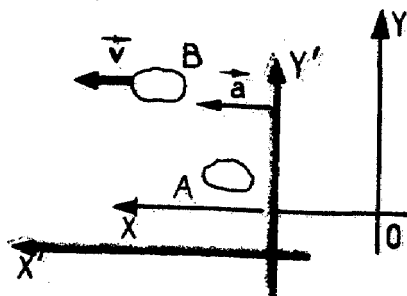
Ньютон, XVII асрнинг бошқа олими каби Галилейнинг ҳақ эканига ишонар эди ва ҳаракат қонунлари системасига инерция қонунини киритди ҳамда уни қуйидагича таърифлади:

Ҳар қандай жисм унга бошқа жисмлар таъсир қилиб, бошланғич вазиятини ўзгартирмагунча ўзининг нисбий тинч ёки тўғри чизикли текис ҳаракатли бошланғич вазиятини сақлайди.

Бу қонун *инерция қонуни* ёки *Ньютоннинг биринчи қонуни* деб аталади.

3. Ньютоннинг биринчи қонуни тажрибага зид эмасми? Инерция қонунининг биринчи қисми ҳар бир кадамда тасдиқланади: жисмларнинг нисбий тинч ҳолати бошқа жисмлар таъсири остида бузилади. Бироқ қонуннинг иккинчи қисми амалиётга зиддек туюлади. Бу қонунга кўра жисмлар инерция бўйича тўғри чизикли ва текис ҳаракатланиши керак. Бироқ амалда қарама-қарши ҳолатларга дуч келамиз: жисм тўғри чизикли текис ҳаракатга келиши учун унга бошқа жисм таъсир қилиши керак. Масалан, чана ҳаракатланиши учун уни тортиш керак. Автомобиль фақат двигатель ишлагандагина ҳаракатланиши мумкин.

Бирок конунинг ўринлилигига гумон қилишга шошилманг. Ҳамма гап шундаки, чанага ҳам, автомобилга ҳам одам ёки автомобиль двигателининг тортиш кучини мувозанатлаш учун ишқаланиш кучи таъсир қилади. Агар ишқаланиш кучи бўлмаганда эди чанами ҳам, автомобилни ҳам тортиш керак бўлмас эди.



70- расм.

Шундай қилиб, жисмлар уларга бошқа жисмларнинг таъсири мувозанатланган ҳолда нисбий тинч ёки тўғри чизикли текис ҳаракати ҳолатини саклаши мумкин.

4. Динамикада санок системаси. Ҳаракатлар кинематикасини ўрганаётганда санок системасини эркин танлаш ҳуқуқига эга эдик, чунки кинематикада барча санок системалари тенг кучлидир. Динамикада бу қандай бўлишини қараб чиқамиз.

Фараз қилайлик, бизга XOY санок системаси берилган бўлиб, унга нисбатан A жисм тинч ҳолатда, B жисм эса тўғри чизикли ва текис ҳаракатланади (70- расм). Бу системада Ньютоннинг биринчи қонуни ўринли бўлади.

XOY системага нисбатан \vec{a} тезланиш билан ҳаракатланувчи бошқа $X'O'Y'$ санок системасини оламиз ва унда инерция қонуни ўринлими эканини аниқлаймиз. $X'O'Y'$ санок системасига нисбатан A жисм ҳам, B жисм ҳам, уларга бошқа жисмлар таъсир қилмаса ҳам тезланувчан (\vec{a} тезланиш билан) ҳаракат қилади. Бинобарин, *тезланиш билан ҳаракатланувчи санок системасида инерция қонуни ўринли бўлмайди.*

Шундай қилиб, биз қуйидаги хулосага келамиз. Инерция қонуни бир санок системасида ўринли ва бошқа санок системасида ўринсиз бўлади. Демак, санок системаси кўрсатилмаган бўлса, инерция қонуни маънога эга бўлмайди. *Инерция қонуни ўринли бўлган санок системалари инерциал санок системалари (ИСС) дейилади.*

5. Ер билан боғланган санок системаси. Қундалик тажриба шуни кўрсатадики, инерция қонуни фақат Ер шаронтидагина ўринли экан. Бирок Ер ўз ўқи атрофида ва Қуёш атрофида айланади. Бинобарин, Ер билан боғлиқ бўлган санок системаси қўзғалмас деб ҳисоблаш мумкин бўлган жуда олисдаги юлдузларга (уларнинг осмонда жойлашиши бир-бирига нисбатан ўзгармайди) нисбатан тезланувчан ҳаракатланади. Бу ерда зиддият йўқмикан? Бир томондан, тажриба Ер билан боғлиқ бўлган санок системасида инерция қонуни ўринли эканидан далолат берса, бошқа томондан, бу система тезланувчан ҳаракат қилади. Ҳа, зиддият мавжуд. Бирок, амалда, Ер билан боғлиқ бўлган санок системаси Ерда содир бўладиган кўпгина ҳодисаларга нисбатан

инерциал саноқ системаси ҳисобланади. Бу, Ернинг айланиши натижасида ҳосил бўладиган жисмларнинг тезланиши жуда кичик экани билан тушунтирилади. Ҳақиқатан ҳам, экваторда жисмлар учун марказга интилма тезланиш максимал бўлиб, $a = \frac{\bar{v}^2}{R}$ га тенг. Ер сиртида турган жисм учун чизиқли тезлик $\bar{v} = \frac{2\pi R}{T}$ га тенг, шунинг учун $a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$. Ер радиусини $6400 \text{ км} = 64 \cdot 10^5 \text{ м}$, ўқи атрофида айланиш даврини эса $24 \text{ соат} = 86400 \text{ с}$ га тенг деб оламиз. Бу катталикларнинг қийматларини қўйиб

$$a = \frac{4 \cdot (3,14)^2 \cdot 64 \cdot 10^5 \text{ м}}{(86400 \text{ с})^2} \approx 0,03 \text{ м/с}^2$$

ни ҳосил қиламиз.

Бу тезланиш эркин тушиш тезланишидан

$$\frac{g}{a} = \frac{9,8 \text{ м/с}^2}{0,03 \text{ м/с}^2} \approx 327$$

марта кичик.

Шунинг учун махсус тажрибалар билан Ер билан боғланган саноқ системасининг ноинерционаллигини сезиш жуда қийин.

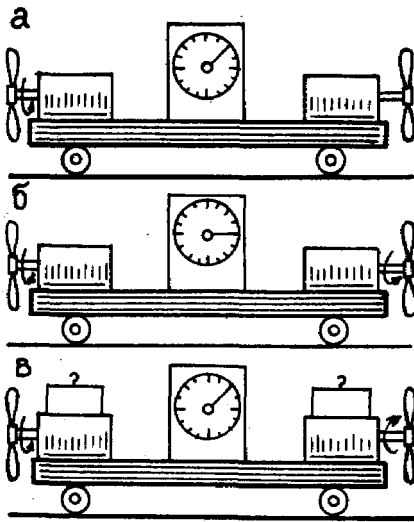
?

1. Ньютоннинг биринчи қонунини таърифланг.
2. Ньютоннинг биринчи қонунини тасдиқловчи мисоллар келтиринг.
3. Ньютоннинг биринчи қонунини мантқиқий мулоҳазалар йўли билан келтириб чиқариш мумкин эмасми? Экспериментал йўл билан-чи?
4. Қайдай саноқ системаси инерциал саноқ системаси дейилади?
5. Ер билан боғланган саноқ системаси инерциал система бўладими?

23-§. НЬЮТОННИНГ ИККИНЧИ ҚОНУНИ

Қайд қилинганидек, Ньютон қонунлари жисмларнинг механик ҳаракат қонунларини тушунтирувчи қонунлар системасини ҳосил қилади. Инерция қонуни уларнинг биринчисидир; инерция қонуни бошқа жисмлар билан ўзаро таъсирлашмайдиган жисм ўзининг нисбий тинч ёки тўғри чизиқли ва текис ҳаракатли бошланғич вазиятини унга бошқа жисм таъсир қилмагунча ва бу вазиятдан чиқармагунча сақлайди. Жисм бошқа жисмлар билан ўзаро таъсирлашиши натижасида қандай ҳодиса содир бўлишини Ньютоннинг иккинчи қонуни тушунтиради.

1. Ньютоннинг иккинчи қонунини тушунишга ёрдам берувчи тажрибалар. Ньютоннинг биринчи қонуни каби иккинчи қонунини ҳам на мантқиқий, на алоҳида тажрибалар асосида келтириб кўп асрлик тажрибалари йўлида тўплаган катта далилий ашёларни умумлаштириш ва таҳлил қилиш натижасида очиб берилган эди. Бу қонун ўринли экани инсоннинг амалий фаолиятида тўплаган далилий ашёларда катта аниқлик билан тасдиқланган.



71- расм.

1- тажриба. Ньютоннинг иккинчи қонунини қуйида келтирилган тажрибаларни қараб чиқиб ва таҳлил қилиб тушуниш мумкин.

Енгил аравачага иккита двигателъ махкамлаб, уларнинг ўқиға ҳаво паррақлари ўрнатамиз (71- а расм). Аравачага сезгир акселерометр қўямиз.

Двигателлардан биттасини ишлатиб, биз аравачанинг *a* тезланиш билан ҳаракатланганини кузатамиз. Аравачани бошланғич вазиятига қайтариб, бир вақтда иккала двигателни ишға тушираамиз. Бу ҳолда аравача *2 a* тезланиш билан ҳаракатланади (72- б расм). Тажрибада нима ўзгаради? Бу саволға жавоб бериш учун

динамометр ёрдамида битта паррақни тортиш кучини ўлчаймиз. Иккинчи ҳолда тортиш кучи икки марта катта бўлади.

Тажриба ўзгармас массали аравачанинг ҳаракат тезланишини унга таъсир қилувчи кучға пропорционал: $a \sim F$ ($m = \text{const}$ бўлганда) бўлади, дейишға асос бўлади.

Аравачанинг массасини икки марта орттираамиз. Бунинг учун уни устиға массаси аравачанинг устиға қўйилган барча асбоблари билан биргаликдаги массасиға тенг бўлган массали пўлат пластина қўямиз. Тажрибани такрорлаб, ҳаво паррағи орқали аравачаға берилган тезланиш икки марта камайганини кўраамиз. Агар биз тажрибани аравачанинг бошланғич (дастлабки) массасидан 3 марта ортик аравача билан ўтказсак эди, у ҳолда тезланиш 3 марта кам бўлар эди. Бу тажрибаларға асосланиб, аравачаға айнан бир хил ўзгармас куч билан бериладиган тезланиш массаға тесқари пропорционаллигини тасдиқлаш мумкин:

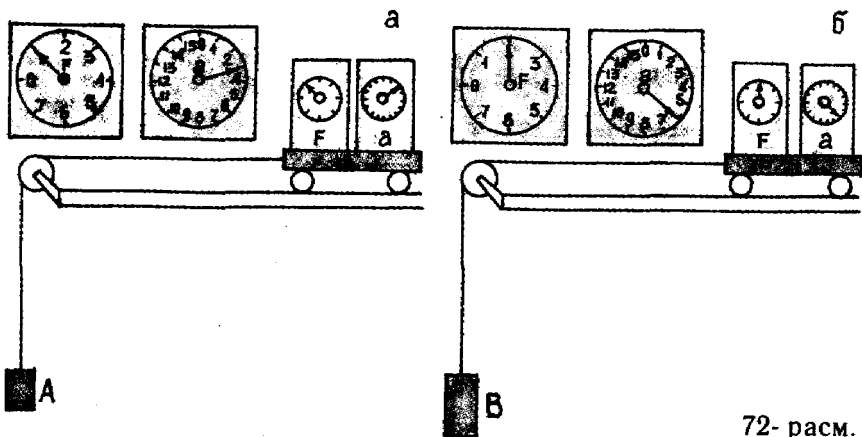
$$a \sim \frac{1}{m} \quad (F = \text{const}).$$

Тажриба натижаларини умумлаштириб, аравачаларнинг тезланиши унга таъсир қилаётган кучға тўғри пропорционал ва массаға тесқари пропорционал бўлишини тасдиқлаш мумкин:

$$a \sim \frac{F}{m}.$$

2- тажриба. Енгил аравачаға сезгир акселерометр ва динамометр ўрнатамиз. Динамометрға блок орқали ўтказилган енгил ипни боғлаймиз ва иккинчи учиға *A* юкни осамиз (72- а расм).

A юк ерга тортилиши оқибатида аравача *a*₁ тезланиш билан ҳаракатға келади, унинг модулини акселерометр кўрсатади. Аравачаға таъсир қилаётган *F*₁ кучни динамометр ўлчайди. Аравачани



72- расм.

дастлабки вазиятга қайтариб, A юк ўрнига ип орқали аравачага $F_2 = 2F_1$ куч билан таъсир қиладиган B (72- б расм) юкни осамиз. Тажриба кўрсатадики, бу ҳолда аравача икки марта катта $a_2 = 2a_1$ тезланиш билан ҳаракатланади.

Тажрибани турли юклар билан такрорлаб, аравачага 3,4 ва 5 марта катта куч билан таъсир қилганда, аравачанинг тезланиши 3,4 ва 5 марта катта бўлишини кўрамиз.

Тажрибани неча марта такрорламайлик, ҳар гал куч неча марта ортса, тезланиш ҳам шунча марта ортишини кузатамиз. Бошқача айтганда, аравачанинг ҳаракатланиш тезланиши (унинг массаси ўзгармас бўлганда) кўйилган кучга пропорционал бўлади: $a \sim F$ ($m = \text{const}$ да).

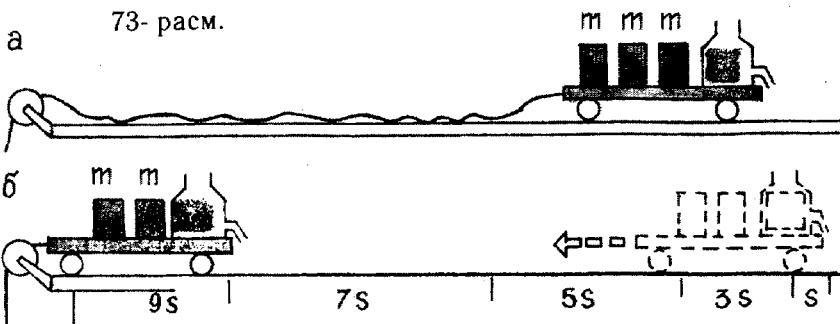
Биз ўтказган тажрибаларда аравачаларнинг массаси ўзгармас қолиб, унга таъсир қилувчи куч ўзгаради. Энди кучни доимий сақлаб, аравачанинг массасини ўзгартирамиз. Бунинг учун аравачага дастлабки m массага тенг бўлган пластинкани қўямиз. A юк ўрнига аравачага ўша F куч билан таъсир қилувчи $2m$ массали C юкни осиб, тажрибани такрорлаймиз. Бу ҳолда тезланиш икки марта камаяди. Аравачанинг массасини 3 марта орттириб, тезланиш 3 марта камайганини сезамиз.

Биз тажрибани неча марта такрорламайлик, натижа айнан бир хил бўлади: жисмнинг массаси неча марта ортса, унинг ҳаракатланиш тезланиши шунча марта (ўзаро таъсир кучи доимий бўлганда) камаяди.

Бошқача айтганда, ўзаро таъсир кучи ўзгармас бўлганда аравачанинг ҳаракатланиш тезланиши унинг массасига тескари пропорционал:

$$a \sim \frac{1}{m} \quad (F = \text{const} \text{ да})$$

Тажрибалар натижаларини бирлаштириб, қуйдагини ёза оламиз: $a \sim \frac{F}{m}$, яъни, бу тажрибада аравачанинг тезланиши унга



таъсир килувчи кучга тўғри пропорционал, унинг массасига тескари пропорционал бўлади.

3- т а ж р и б а. Горизонтал столда турган енгил арава-чага томизғич ва бир хил m массали бир нечта жисм ўрнатамиз. Аравачага блок орқали ўтказилган енгил ип боғлаймиз (73- а расм). Система столга нисбатан тинч ҳолатда бўлади. Аравачани ушлаб туриб, унинг устидаги битта юкни олиб ипнинг бўш учига осамиз. Томизғични очиб, аравачани қўйиб юборамиз. У ҳаракатга келади. Аравача тўхтагандан сўнг қоғоздаги томчиларни ўрнини ўрганамиз (73- б расм). Улар орасидаги масофа $s, 3s, 5s, 7s, 9s$ бўлади, s — аравачанинг дастлабки вазиятида томган томчи билан ҳаракатланаётган аравачадан томган биринчи томчи орасидаги масофа.

Шундай қилиб, тажрибадан маълум бўладики, ёқли аравача, томизғич ва m массали юкдан иборат система текис тезланувчан ҳаракатланади.

Равшанки, системанинг ҳаракатланиш тезланиши $a_1 = \frac{2s}{t^2}$ га



тенг, бунда s — босиб ўтилган масофа, t — бу масофани босиб ўтиш учун кетган вақт.

Агар аравачани дастлабки вазиятига қайтариб ундан иккинчи юкни олиб, биринчи юкка осамиз (73- в расм). Тажрибани такрорлаб, биз бу ҳолда ҳам томчилар ўша қонун бўйича жойлашганини, лекин икки марта сийрак жойлашишини кўрамыз: $s_1 = 2s$.

Бу ҳолда жисмлар системаси $a = \frac{2s_1}{t^2} = 2 \frac{2s}{t^2} = 2a_1$ тезла-ниш билан ҳаракатланади.

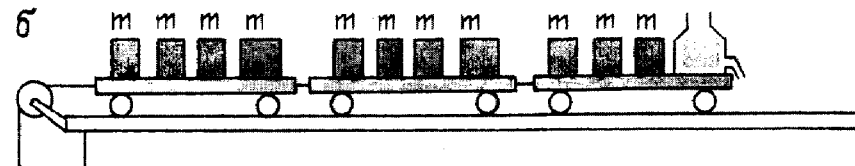
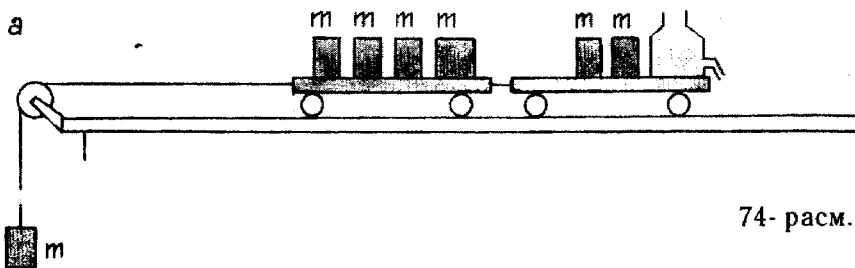
Шундай қилиб, жисмлар системасига таъсир қила-

ётган куч 2 марта орттирилганида система икки марта катта тезланиш билан ҳаракатланади.

Аравачани дастлабки вазиятига қайтариб, ундан яна битта m массали юкни олиб ипга осамиз. Тажрибани такрорлаб, бу ҳолда жисмлар системаси 3 a_1 тезланиш билан ҳаракатланади. Биз тажрибани неча марта такрорламайлик, ҳар гал куч неча марта ортса, тезланиш ҳам шунча марта ортади. Бошқача айтганда, жисмлар системасининг ҳаракатланиш тезланиши (унинг массаси ўзгармас бўлганда) қўйилган кучга тўғри пропорционал бўлади: $a \sim F$ ($m = \text{const}$ да).

Биз ўтказган тажрибаларда ҳаракатланаётган жисмлар системасининг массаси доимий қолиб, унга таъсир килувчи куч ўзгарди. Кучни доимий қолдириб, ҳаракатланаётган жисм массасини ўзгартирамиз. Бунинг учун аравачанинг массаси биринчи аравачанинг унга осилган m массали юки билан биргаликдаги массасига тенг бўлган худди шундай иккинчи аравачани туташтирамиз (74- расм). Тажрибани такрорлаб, бу ҳолда тезланиш икки марта кам бўлишини кўрамиз. Система массасини 3 марта орттириб (74- б расм), тезланиш ҳам 3 марта камайганини сезамиз. Биз тажрибани неча марта такрорламайлик натижа бирдай бўлади: жисмлар системасининг массаси неча марта орттирилса, унинг ҳаракатланиши шунча марта ўзаро таъсир кучи доимий бўлганда камаяди.

Бошқача айтганда жисмлар системасининг ҳаракат тезланиши таъсир кучи ўзгармас бўлганда унинг массасига тесқари пропорционал бўлади:



$$a \sim \frac{1}{m} \quad (F = \text{const} \text{ да}).$$

Тажрибалар натижаларини умумлаштириб қуйидагиларни ёзиш мумкин:

$$a \sim \frac{F}{m},$$

яъни жисмлар системасининг ҳаракатланиш тезланиши жисмга таъсир қилаётган кучга тўғри пропорционал ва унинг массасига тескари пропорционал.

Сиз учта тажрибани қараб чиқдингиз ва ҳаммасида айнан бир хил натижани ҳосил қилдингиз: жисмлар бошқа жисмлар билан ўзаро таъсирлашиш натижасида олган тезланиши ўзаро таъсир кучига тўғри пропорционал ва массасига тескари пропорционал бўлади.

2. Ньютоннинг иккинчи қонунининг таърифи. Ўтказилган тажрибалар тезланиш, куч ва массанинг ўзаро боғланишини тушуниб олишимизга ёрдам берди. Бироқ, бу ўзаро боғлиқлик ҳамма жисмлар учун ўринли бўлади. Унинг ўрнига исталган бошқа жисмнинг олиш мумкин — ҳар доим тезланиш, куч ва масса орасидаги боғлиқлик бирдай кўринишда бўлади:

$$a \sim \frac{F}{m}.$$

Пропорционаллик белгисидан тенглик белгисига ўтиш учун k пропорционаллик коэффициентини киритиш зарур: $a = k \frac{F}{m}$.

Халқаро бирликлар системасида куч бирлиги пропорционаллик коэффициенти каби $k=1$ бўладиган қилиб танланган. Шунинг учун

$$a = \frac{F}{m}.$$

Агар тезланиш йўналиши жисмга таъсир қилаётган куч йўналиши билан мос тушса, у ҳолда формулани вектор шаклда ёзиш мумкин:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}.$$

Бу муносабат Ньютоннинг иккинчи қонунини ифодалайди ва у таърифланади:

Жисмнинг бошқа жисм билан ўзаро таъсирлашиш натижасида олган тезланиши унга таъсир қилаётган кучга тўғри пропорционал ва унинг массасига тескари пропорционал.

3. Ньютоннинг иккинчи қонуни ҳамма санок системаларида ўринли бўладими?

Ньютоннинг иккинчи қонунини математик ифодаловчи

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

тенглама устида яна ўйлаб кўрамиз.

Жисмнинг массаси m барча санок системаларида ўзгармас катталиқдир. Куч ҳам санок системасига боғлиқ эмас фақат жисмларнинг ўзаро таъсирига боғлиқ. Бинобарин, тенгламанинг ўнг томони барча санок системаларда ўзгармас бўлади. Бироқ тенгламанинг чап томони фақат инерциал санок системаларида ўзгармасдир: ноинерциал системаларда \vec{a} тезланиш бу система-

нинг инерциал системага нисбатан ҳаракат тезланишига боғлиқ (22- §, 4- бандга қаранг).

Шундай қилиб, $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ тенглама, ва демак, *Ньютоннинг иккинчи қонуни фақат инерциал саноқ системаларида ўринлидир.*

4. Масала ечиш намунаси. Агар $m_1 = m_2 = 2$ кг, куч эса $F = 12$ Н бўлса, 75- расмда тасвирланган жисм қандай тезланиш билан ҳаракатланади?

Шартнинг таҳлили. Агар \vec{F} куч таъсир қилмаганда эди, m_1 ва m_2 юқлар мувозанатда бўлар эди. У системага тезланиш беради. Ҳаракатланиш тезланишини Ньютоннинг иккинчи қонунидан топиш мумкин. Ҳаракатланаётган жисмлар массаси $m = m_1 + m_2$.

Ечилиши. Саноқ системасини блок маҳкамланган жисм билан боғлаймиз. У ҳолда бу системага нисбатан m_1 жисм — a тезланиш билан, m_2 жисм эса a_2 тезланиш билан ҳаракатланади. Тезланиш модули

$$a = \frac{F}{m} = \frac{F}{m_1 + m_2}$$

Ҳисоблаш.

$$\left. \begin{array}{l} m_1 = m_2 = 2 \text{ кг} \\ F = 12 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2 \end{array} \right|$$

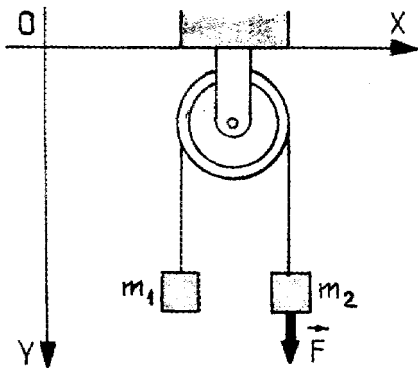
$$a = ?$$

$$a = \frac{12 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2}{2 \text{ кг} + 2 \text{ кг}} = 3 \text{ м}/\text{с}^2$$

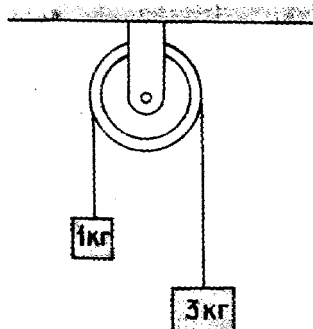
Жавоби: $a = 3 \text{ м}/\text{с}^2$.

5. Жисмлар массасининг ўзгариши ҳақида

Сиз 21- § да жисм массасини эталон учун қабул қилинган жисм массасига таққослаш орқали экспериментал аниқлаш усуллари-дан бири билан танишдингиз. Ньютоннинг иккинчи қонунига таяниб, массаларни аниқлашнинг яна бир усулини кўрсатиш мумкин. Уни қараб чиқамиз.



75- расм.



76- расм.

Агар жисмга таъсир қилаётган куч ва бу куч берган тезланиш маълум бўлса, у ҳолда жисмнинг массаси уларнинг нисбатига тенг бўлади:

$$m = \frac{F}{a}.$$

- ?
- 1-бандда келтирилган тажрибаларни 71, 72 ва 73-расм бўйича тавсифланг.
 - Ньютоннинг иккинчи қонунини таърифлаб беринг.
 - 76-расмда тасвирланган жисмлар системаси қандай тезланиш билан ҳаракатланади?

24-§. КУЧЛАРНИ ҶЛЧАШ. КУЧЛАР ТАЪСИРИНИНГ МУСТАҚИЛЛИГИ

Куч тушунчаси Ньютон механикасининг асосий тушунчаларидан бири ҳисобланади. Бу тушунча билан дастлаб VII синфда танишганингизда у ҳақда ҳаммасини ўрганмагансиз. Ньютоннинг иккинчи қонунини билиш куч ҳақидаги тасаввурларни кенгайтириш ва чуқурлаштиришга имкон беради.

1. Кучларни ўлчаш. Жисмлар ўзаро таъсирлашганда икки хил ҳодиса ўринли бўлади: жисмлар деформацияланади ва тезланиш олади. Кучни ўлчаш керак бўлганда у деформацияга қараб баҳоланади, ўзаро таъсир кучини ҳисоблашда эса бу ўзаро таъсир натижасида жисм оладиган тезланиш бўйича баҳоланади.

Ньютоннинг иккинчи қонунидан куйидаги формула келиб чиқади:

$$\vec{F} = m\vec{a}.$$

Жисмга таъсир қилувчи куч жисм массасининг шу куч берган тезланишга кўпайтмасига тенг.

Бу формуладан фойдаланиб, куч бирлигини келтириб чиқариш мумкин. Бунинг учун 1 м/с^2 тезланиш билан ҳаракатланаётган 1 кг массали жисмга эгамиз деб, фараз қилайлик. У ҳолда жисмга таъсир этувчи куч бирга тенг бўлади. У куйидагича белгиланади:

$$[F] = 1 \text{ кг} \cdot 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = 1 \text{ Н}.$$

Халқаро бирликлар системасида куч бирлиги қилиб, 1 кг массали жисмга 1 м/с^2 тезланиш берадиган куч қабул қилинган. Кучнинг бу бирлиги Ньютон (Н) деб аталади.

20 ва 23-§ ларда куч ҳақида айтилганларни умумлаштириб, куйидагича таъриф бериш мумкин:

Бир жисмнинг бошқа жисмга механик таъсирини характерловчи ва бу таъсирнинг ўлчови бўлиб ҳисобланувчи физик вектор катталиқка куч деб аталади.

2. Кучлар таъсирининг мустақиллиги. m массали жисм (моддий нукта)га бир вақтда N та куч: \vec{F}_1 ; \vec{F}_2 ; \vec{F}_3 ; ...; \vec{F}_N таъсир қилаётган бўлсин.

Агар бу кучларнинг ҳар бири жисмга алоҳида-алоҳида (бошқалари бўлмаганда) таъсир қилганда эди, у ҳолда улар берадиган тезланиш қуйидагига тенг бўлар эди:

$$\vec{a}_1 = \frac{\vec{F}_1}{m}; \vec{a}_2 = \frac{\vec{F}_2}{m}; \vec{a}_3 = \frac{\vec{F}_3}{m}; \dots; \vec{a}_N = \frac{\vec{F}_N}{m}.$$

Агар ҳамма кучлар бир вақтда таъсир қилса, тезланиш нимага тенг бўлади? Тажриба бир нечта кучларнинг бир вақтда таъсир қилишида жисм оладиган тезланиш бу жисмга ҳар бир куч алоҳида таъсир қилиб берадиган тезланишлари йиғиндисига тенг бўлишидан далолат беради:

$$\vec{a} = \vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \vec{a}_3 + \dots + \vec{a}_N.$$

Бу вазият кучлар таъсирининг мустақиллик принципи дейилади.

Ҳосил қилинган формулани ўзгартириб ёзамиз. Бунинг учун тезланишларни кучлар ва массалар билан ифодаланган қийматларини алмаштирамиз:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_1}{m} + \frac{\vec{F}_2}{m} + \frac{\vec{F}_3}{m} + \dots + \frac{\vec{F}_N}{m} = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_N}{m}$$

Суратида тенг таъсир этувчи турибди. Шунинг учун

$$\vec{a} = \frac{R}{m}.$$

Шундай қилиб, жисм (моддий нуктага) бериладиган тезланиш бир нечта кучнинг бир вақтда таъсир қилиши натижасида уларнинг тенг таъсир этувчиси берадиган тезланишга тенг.

3. Масалалар ечиш намунаси. Массаси 1 кг бўлган жисмга Ернинг таъсир кучини ҳисоблаб топинг.

Шартнинг таҳлили. Биз биламизки, барча жисмлар ерга $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ тезланиш билан эркин тушади. Жисмнинг массаси ва тезланишини билган ҳолда Ньютоннинг иккинчи қонуни бўйича жисмнинг Ерга тортишиш кучини осон ҳисоблаш мумкин. Бу куч оғирлик кучи деб аталади ва Q ҳарфи билан белгиланади:

$$\vec{Q} = m\vec{g} \quad \text{ва} \quad Q = mg.$$

Масалани ечиш натижасида ҳосил бўлган бу икки формула жуда катта аҳамиятга эга ва уларни эслаб қолиш керак.

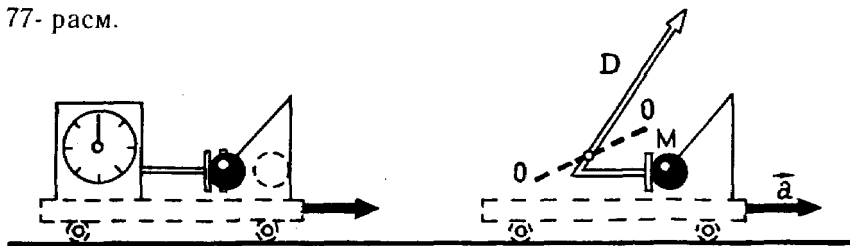
Ҳисоблашлар.

$$\left. \begin{array}{l} m = 1 \text{ кг} \\ g = 9,8 \text{ м/с}^2 \end{array} \right\} \quad Q = 1 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 = 9,8 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = 9,8 \text{ Н}.$$

Q = ? Ж а в о б и: Q = 9,8 Н.

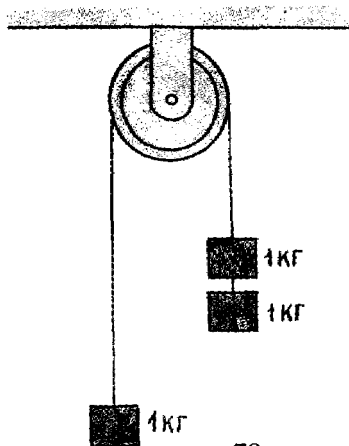
4. Акселерометрнинг тузилиши. Акселерометрнинг жуда кўп турлари мавжуд, лекин уларнинг тузилиш принципи бир хил.

77- расм.



77- расмда максимал тезланишни белгиловчи оддий акселерометрнинг тузилиши схемаси кўрсатилган. Тезланувчан ҳаракат қилаётган жисмга ўрнатилган бу акселерометрда M маятник оғир D стрелкани босади ва уни тезланишининг максимал қийматига пропорционал бўлган бурчакка оғдиради.

Стрелка OO ўққа маҳкамланган бўлиб, унча катта бўлмаган ишқаланиш билан буралади ва маятник дастлабки вазиятига қайтганда ҳам шу оғган вазиятда қолади.



78- расм.

?

1. Қандай физик катталик куч деб аталади?
2. Халқаро бирликлар системасида куч бирлигига таъриф беринг.
3. Жисмга таъсир қилаётган куч бошқа кучлар таъсирига боғлиқ бўладими?
4. Акселерометрнинг тузилиш принципи қандай?
5. 78- расмда тасвирланган жисм қандай тезланиш билан ҳаракатланади?

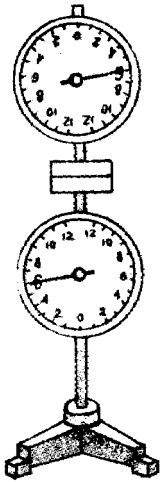
(Жавоби: $a=3,26 \text{ м/с}^2$.)

25- §. НЬЮТОННИНГ УЧИНЧИ ҚОНУНИ

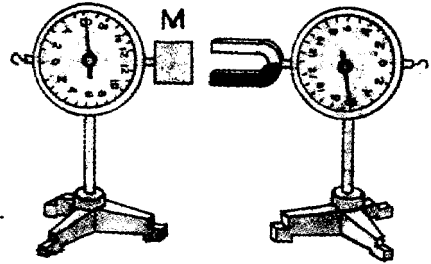
Ньютон қонунларининг ўзаро боғланганлигини яна таъкидлаб ўтамиз. Уларнинг мазмунини, чуқур физик маъносини бу қонунларнинг ўзаро боғлиқлиги яхши ўзлаштириб олингандагина яхши тушуниш мумкин.

Ньютоннинг биринчи қонунига кўра жисм унга бошқа жисм таъсир қилмагунча ҳамда уни бу вазиятдан чиқармагунча дастлабки вазияти — нисбий тинч ҳолатини ёки тўғри чизиқли ва текис ҳаракатини сақлайди.

Иккинчи қонуни биринчи қонунда айtilганларни ривожлантиради ва ўзаро таъсир натижасида жисм кучга тўғри пропорционал бўлган ва жисм массасига тескари пропорционал бўлган тезланиш олишини тасдиқлайди. На биринчи, на иккинчи қонунда иккинчи



79- расм.



80- расм.

ўзаро таъсирлашувчи жисм билан қандай ҳодиса содир бўлиши ҳақида гапирилмайди. Учинчи конунда шу ҳақда гап боради.

1. Ньютоннинг учинчи қонунининг мазмунини очиб берувчи тажрибалар. Иккита бир хил динамометр олиб, уларни устма-уст жойлаштирамиз (79- расм). Юқоридаги динамометр пастга йўналган қандайдир \vec{F}_1 куч билан пастдагисини

босади. Пастдагиси бу кучни қайд қилади. Бирок бир вақтда юқоридаги динамометр модули бўйича \vec{F}_2 кучга тенг, лекин қарама-қарши томонга йўналган берилган кучни кўрсатади.

Бу тажриба жисмлар (динамометрлар) модули бўйича тенг, лекин қарама-қарши йўналган кучлар билан ўзаро таъсирлашишидан далолат беради:

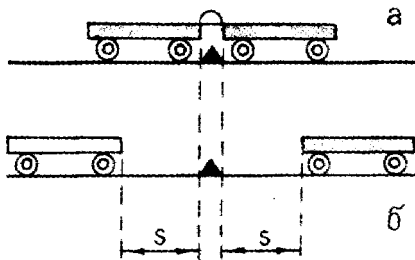
$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

Тажрибани шаклан ўзгартирамиз. Динамометрлардан бирининг стерженига M массали пўлат тахтача, бошқасининг стерженига эса $m < M$ бўлган доимий магнит маҳкамлаймиз. Динамометрларни 80- расмда кўрсатилганидек жойлаштириб магнитнинг пўлат тахтачага таъсир кучи пўлат тахтачанинг магнитга таъсир кучига модули бўйича тенглигини, йўналиши бўйича қарама-қарши эканини сезамиз:

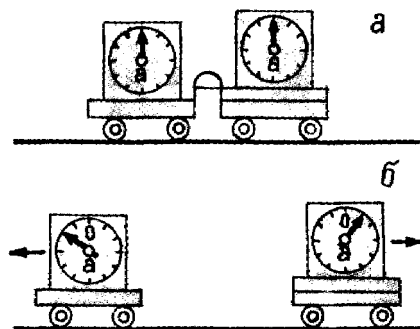
$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

Кўриб чиқилган тажрибаларда ўзаро таъсирлашаётган жисмларнинг ҳаракати фақат бошланишида кузатилган. Куч модуллари тенглигини динамометрлар пружиналарининг деформацияланиши бўйича баҳолашга тўғри келди. Жисмлар ўзаро таъсир натижасида тезланиш билан ҳаракатланишини қараб чиқамиз.

Иккита бир хил енгил қўзғалувчи массалари бир хил бўлган аравагани 81- а расмда кўрсатилгандек қилиб ғоризонтал столга қўямиз. Эластик пўлат пластина эгилган вазиятда ип билан боғлаб қўйилади. Ипни қирқамиз. Иккала аравача ҳаракатга келади ва бир хил вақтда бир хил масофани босиб ўтади (81- б расм). Аравачалар модули бўйича бир хил, лекин йўналиши бўйича қарама-қарши тезликлар олади: $\vec{v}_1 = -\vec{v}_2, v_1 = a_1 t, v_2 = a_2 t$ бўл-



81- расм.



82- расм.

гани учун тезланиш ҳам модули бўйича тенг, лекин улар қарама-қарши томонга йўналган:

$$\vec{a}_1 = -\vec{a}_2.$$

Аравачаларнинг массаси тенг бўлса, у ҳолда $m\vec{a}_1 = -m\vec{a}_2$ ёки $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$.

Тажрибани шаклан ўзгартирамиз. Иккала аравачага максимал тезланишларни қайд қилувчи акселерометрлар қўямиз. Чапдаги аравачага қўшимча массаси аравача билан акселерометрнинг биргаликдаги массасига тенг бўлган тахтача (юк) қўямиз (82- расм). Энди чапдаги аравачанинг массаси m га, ўнгдагисиники $2m$ га тенг бўлади. Тажрибани такрорлаб, ўнгдаги аравачанинг тезланиши чапдаги аравачанинг тезланишидан 2 марта кичик эканини аниқлаймиз. Бинобарин, аравачаларнинг ўзаро таъсир кучлари тенг:

$$F_1 = ma, F_2 = -2m\frac{a}{2}.$$

Шундай қилиб, бу ҳолда ҳам

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

Биз нечта тажриба ўтказмайлик, ҳар доим ўзаро таъсирлашувчи жисмларнинг қуйидаги характерли қонуниятлари намоён бўлади: *ўзаро таъсирлашувчи жисмлар бир-бирига таъсир қилувчи кучлар ҳар доим модули бўйича тенг ва йўналиши бўйича қарама-қарши бўлади.*

2. Ньютоннинг учинчи қонунининг таърифи. Ньютоннинг учинчи қонуни қуйидагича таърифланади:

Таъсир ҳар доим акс таъсирга тенг ва қарама-қарши йўналган ёки икки жисмнинг таъсири бир-бирига тенг ва қарама-қарши томонга йўналган.

Бу таърифда «таъсир» ва «акс таъсир» атамалари етарлича аниқ ифодаланмаган. Ньютон бу атамалар орқали ўзаро таъсирлашувчи жисмларнинг бир-бирига кўрсатадиган таъсир кучини тушунган. Шунинг учун учинчи қонунни қуйидагича ифодалаш мумкин:

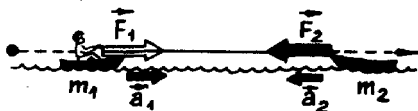
Ўзаро таъсирлашувчи жисмларнинг бир-бирига таъсир кучлари бир тўғри чизиқ бўйича йўналган, модули бўйича тенг ва йўналиш бўйича қарама-қаршидир:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

Бу қонун, табиатда бир жисмни бошқасига бир томонлама таъсири бўлиши мумкин эмас, бўлмайди ҳам, фақатгина ўзаро таъсир мавжудлигини акс эттиради. Таъсир ва акс таъсир кучлари бир вақтда жуфт-жуфт бўлиб юзага келади. Баъзан бу фикр қуйидагича ифодаланади: акс таъсирсиз таъсир бўлмайди. Бунда шуни назарда тутиш керакки, «таъсир» ва «акс таъсир» атамалари шартлидир, уларнинг ўрнини алмаштириш ҳам мумкин.

Ўзаро таъсир кучлари тенг ва қарама-қарши йўналган бўлса ҳам бир-бирини мувозанатламайди, чунки улар турли хил жисмларга қўйилган. Масалан, одам ерда юриб кетаётганда, унинг ерни итариш кучи Ернинг уни олдинга итариш кучига тенг бўлади. Бироқ бу кучлар мувозанатлашмайди, динамиканинг иккинчи қонунига биноан улар одамга ва Ерга уларнинг массаларига тескари пропорционал бўлган тезланиш беради. Бироқ Ернинг массаси одамнинг массасига нисбатан жуда катта бўлганлиги учун Ер қўзғалмайди, одам эса ҳаракатланади.

3. Масалалар ечиш намунаси. Одам қўлда турган қайикқа ўтириб, ўзига аркон ёрдамида иккинчи қайикни тортади (83-расм). Агар улардан биттасининг (одам билан биргаликдаги) массаси $m_1=250$ кг, иккинчисиники эса $m_2=200$ кг бўлса, у ҳолда қайиклар 10 с ичида қандай масофани босиб ўтади? Одам арконни $F=100$ Н куч билан тортади. (Қайиклар ҳаракатига сувнинг қаршилигини ҳисобга олмаганг)



83- расм.

Шартнинг таҳлили. Қайиклар сув билан боғлиқ бўлган санок системасида бошланғич пайтда тинч турган деб ҳисоблаймиз. ОХ ўқни биринчи қайик йўналишида йўналтирамиз.

Қайиклар босиб ўтган масофаларни қуйидаги формуладан ҳисоблаб топиш мумкин:

$$s_1 = \frac{a_1 t^2}{2}; \quad s_2 = \frac{a_2 t^2}{2}.$$

Қайикларнинг тезланиш модулини Ньютоннинг иккинчи қонунидан фойдаланиб аниқлаш мумкин:

$$a_1 = \frac{F_1}{m_1} \quad \text{ва} \quad a_2 = \frac{F_2}{m_2}.$$

Ньютоннинг учинчи қонунига биноан қайикларга таъсир қилувчи куч тенг ва қарама-қарши йўналган:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad \text{ва} \quad F_1 = F_2 = F.$$

Ечилиши. Тезланиш ва кучлар қийматини масофалар формуласига қўйиб,

$$s_1 = \frac{Ft^2}{2m_1}; \quad s_2 = \frac{Ft^2}{2m_2}$$

ни ҳосил қиламиз.

Ҳисоблаш:

$$F = 100 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}$$

$$t = 10 \text{ с}$$

$$m_1 = 250 \text{ кг}$$

$$m_2 = 200 \text{ кг}$$

$$s_1 = ?$$

$$s_2 = ?$$

$$s_1 = \frac{100 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot 100 \text{с}^2}{2 \cdot 250 \text{ кг}} = 20 \text{ м};$$

$$s_2 = \frac{100 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot 100 \text{с}^2}{2 \cdot 200 \text{ кг}} = 25 \text{ м}.$$

Ж а в о б и : $s_1 = 20 \text{ м}; s_2 = 25 \text{ м}.$

?

1. Ньютоннинг учинчи қонуни таърифланг.
2. Ньютоннинг учинчи қонуни тасдиқловчи мисоллар келтиринг.
3. Икки жисмнинг ўзаро таъсир кучлари, тенг ва қарама-қарши томонга йўналган бўлса, улар бир-бирини мувозанатлай оладими?
4. Горизонтал йўлда ётган массаси 20 кг бўлган жисмга ўзгармас $F = 1\text{Н}$ куч таъсир қилади. Жисм бу куч таъсири остида 30 с ичида қанча масофани босиб ўтади?

26-§. БОҒЛАНИШ РЕАКЦИЯСИ. ЭЛАСТИКЛИК КУЧИ

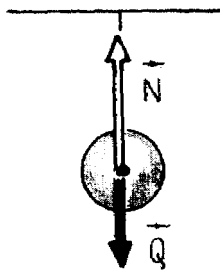
(2-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ)

1. Боғланиш реакцияси. Шу вақтгача биз қўйилган куч таъсирида ҳар қандай йўналишда ҳаракатланиши мумкин бўлган жисм табиатини қараб чиқдик. Бундай жисмлар эркин жисмлар деб аталади. Қўпинча, реал қурилмаларда жисмнинг қўчишига унга бириктирилган ёки унга тегиб турган жисмлар қаршилиқ кўрсатади.

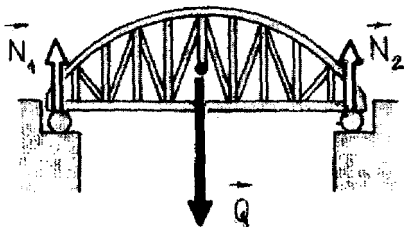
Масалан, шипга илга боғланган жисм осилган (84-расм), у тушиб кетмайди, чунки унга боғланиш — ип қаршилиқ қилади. Қўприк фермаси (85-расм) тушиб кетмайди, чунки унга боғланиш — таянч ушлаб туради. Қўтарма кран стреласи ҳам тушиб кетмайди, уни — пўлат арқон ва таянч ушлаб туради.

Жисм қўйилган куч таъсири остида қўчиши керак эди; у боғланишга бирор \vec{F} куч билан таъсир қилади. Ньютоннинг учинчи қонунига биноан боғланиш жисмга модули бўйича боғланиш реакцияси деб аталувчи қарама-қарши йўналган \vec{N} куч билан таъсир қилади:

$$\vec{N} = -\vec{F}.$$



84- расм.

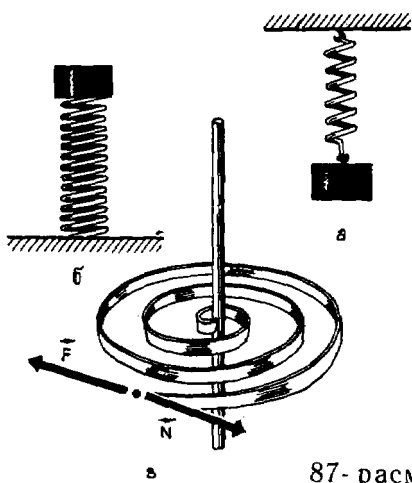


85- расм.

Боғланиш реакциясининг йўналиши боғланишга таъсир килувчи кучлар билан аниқланади. Ишқаланиш кучи бўлмаган ҳолда (идеал боғланиш), боғланиш реакцияси умумий нормал бўйича жисмлар тегиб турган сиртнинг улар тегиб турган нуктасига йўналган. 86- расмда боғланиш реакциясига мисоллар келтирилган. Бу расмларни диққат билан қараб чиқинг.

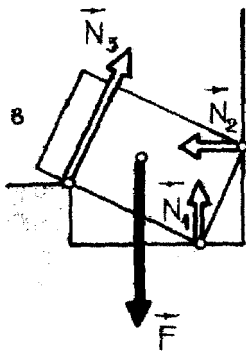
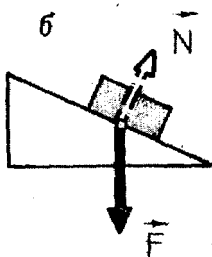
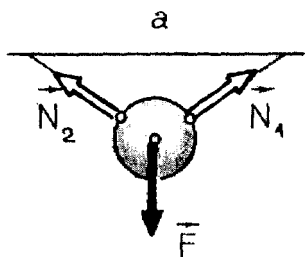
2. Эластиклик кучи. Боғланишга таъсир қилаётган ташқи куч \vec{F} уни чўзади (87- а расм), ё қисади (87- б расм), ё бурайди (87- в расм). Бунда боғланишни амалга оширувчи жисм молекула-

лари ўзининг одатдаги вазиятига нисбатан кўчади. Ташқи куч (деформацияловчи куч) қанча катта бўлса, бу кўчиш шунча катта бўлади. Бирок молекулалар орасида тортишиш ва итаришиш кучлари таъсир этишини биласиз. Улар Ньютоннинг учинчи қонунига биноан, ташқи деформацияловчи кучга акс таъсир қилади (албатта, боғланиш деформацияси эластик бўлган соҳада); худди шулар боғланиш реакциясининг юзага келишини таъминлайди. Бинобарин, боғланиш реакцияси ҳам доим молекуляр табиатга эга бўлади.



87- расм.

86- расм.



Гук қонунига кўра абсолют (эластик) деформация жисмга қўйилган кучга пропорционалдир (20- § га қараңг). Бинобарин, эластиклик кучи ҳам абсолют деформацияга пропорционалдир: жисм деформацияси канча кўп бўлса, эластиклик кучи шунча катта бўлади. Буни математик тарзда қуйидагича ифодалаш мумкин: $F_s \sim \Delta l$. Тенглик белгисига ўтганда пропорционаллик коэффициентини қўйиш зарур:

$$F_s = -k\Delta l.$$

«—» белги шунинг учун қўйилганки, эластиклик кучи ҳар доим абсолют деформация йўналишига қарама-қарши йўналган. k коэффициент бикрлик деб аталади.

Шундай қилиб, жисмнинг деформацияланишида ҳосил бўлган куч эластиклик кучи деб аталади. Эластиклик кучи абсолют деформацияга пропорционал ва жисмни деформациялаётган кучга қарама-қарши йўналган.

3. Пружинанинг бикрлигини аниқлаш. (2- лаборатория иши.)

Ишнинг мақсади: Ўқув динамометри пружинасининг бикрлигини аниқлаш.

Керакли асбоб ва материаллар: панжали штатив, спиралсимон пружина, юклар тўплами, миллиметрли қоғоз тасма ёки миллиметр бўлимли чизғич.

Ишни бажариш тартиби

1. Динамометрни 88- расмда кўрсатилгандек қилиб маҳкамланг.

2. Динамометр шкаласига миллиметрли қоғоз ёпиштиринг ёки худди ўшандай миллиметр бўлимли чизғични маҳкамланг.

3. Динамометр стрелкасининг бошланғич вазиятини белгиланг.

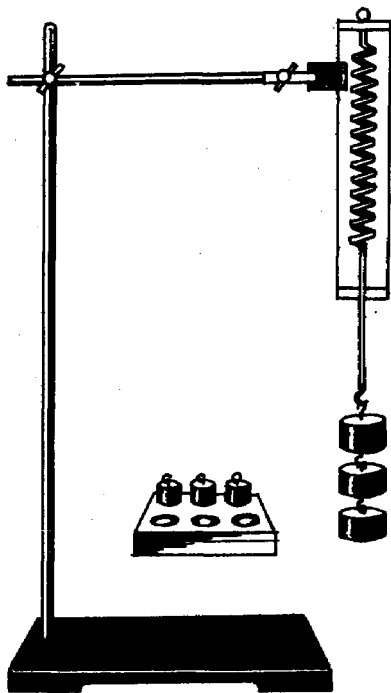
4. Динамометр пружинасига m массали юк илинг ва унинг таъсирида пружинанинг Δl узайишини ўлчанг.

5. Пружинанинг $2m$, $3m$ ва $4m$ юклар таъсиридаги узайишларини топинг.

6. Ўлчашлар натижалари бўйича пружинанинг бикрлигини $k = \frac{mg}{\Delta l}$ формула бўйича ҳисобланг.

7. Топилган қийматлари бўйича пружина бикрлигининг ўртача арифметик қийматини топинг.

8. Ўлчашлар ва ҳисоблашлар натижаларини жадвалга ёзинг.



88- расм.

Тажриба номери	F	Δl	k
1			
2			
...			
Ўртача қиймати			

9. Натижанинг аниқлигини баҳоланг.

?

1. Механикада қандай жисмлар эркин жисмлар деб аталади?
2. Механикада боғланиш деб нимага айтилади?
3. Боғланиш реакцияси нима?
4. Дафтарингизга 87-расмни кўчириб чизинг ва боғланиш реакциясининг йўналишини кўрсатинг.

27-§. АЙЛАНА БЎЙЛАБ ҲАРАКАТЛАНУВЧИ ЖИСМЛАР ДИНАМИКАСИ

Биз шу вақтгача тўғри чизиқли ҳаракатланувчи жисмлар динамикасини ўргандик. Бироқ бизни ўраб олган оламда жуда кўп жисмлар ё айлана бўйлаб (велосипед ёлдирагининг тўғни, тикув машинасини дастаси, Ернинг баъзи йўлдошлари, машқ қилинадиган центрифугада учувчилар ва ҳоказо), ё айлананинг бир қисми бўйича (масалан, арғимчоқлар қавариқ кўприкдаги автомобиль, айланма йўл бўйича ҳаракатланувчи автомобиллар ва ҳоказо) ҳаракатланади.

Шунинг учун айлана бўйлаб ҳаракатланувчи жисмлар динамикасини ўрганиш муҳимдир.

1. Марказга интилма куч. Жисмнинг айлана бўйлаб текис ҳаракатида унинг тезлиги модули бўйича доимий қолиб, йўналиши бўйича узлуксиз ўзгаради. Жисм тезлигининг йўналиши бўйича ўзгариши унинг тезланувчан ҳаракатланишидан далолат беради. 19-§ да бу тезланиш жисм ҳаракатланаётган айлана марказига томон йўналганлиги аниқланган эди. Шунинг учун бу тезланиш марказга интилма тезланиш деб аталган.

Бироқ тезланишини куч юзага келтиради. Бинобарин, айлана бўйлаб ҳаракатланаётган жисмга айлана марказига йўналган куч таъсир қилади. Бу куч *марказга интилма куч* деб аталади. Айлана бўйлаб ҳаракатланаётган жисмга боғланиш шу куч билан таъсир қилади. Масалан, «тўқмоқ» спорт снарядига спортчи ушлаб турган пўлат арқон таъсир қилади (89-расм). Ньютоннинг иккинчи қонуни бўйича $F_{м.и} = ma_{м.и}$. Марказга интилма тезланиш $a_{м.и} = \frac{v^2}{R}$.

ёки $a_{м.и} = \omega^2 R$ бўлса, у ҳолда марказга интилма куч

$$\boxed{F_{м.и} = \frac{mv^2}{R}} \quad \text{ёки} \quad \boxed{F_{м.и} = m\omega^2 R}$$

га тенг бўлади.

2. Марказдан қочма куч.

Ньютоннинг учинчи қонуни бўйича ҳар қандай таъсир тенг ва қарама-қарши йўналган акс таъсир натижасида юзага келади. Марказга интилма куч билан боғланиш жисмга таъсир қилади, модули бўйича тенг ва қарама-қарши йўналган куч билан жисм боғланишига акс таъсир қилади. Бу кучни *марказдан қочма куч* дейилади, чунки у радиус бўйича айлана марказидан йўналган. Марказдан қочма куч модули бўйича марказга интилма кучга тенг:

$$F_{\text{м.к}} = \frac{mv^2}{R} \quad \text{ёки} \quad F_{\text{м.к}} = m\omega^2 R.$$

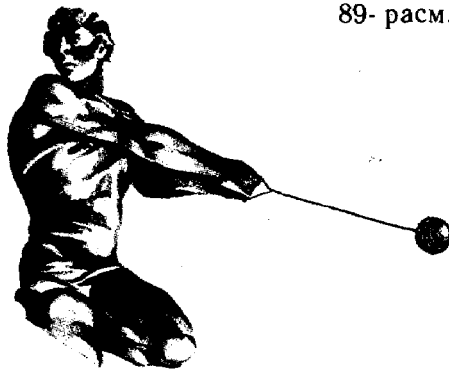
Марказдан қочма куч таъсирини, масалан, автобусга йўлнинг кескин бурилишида кетаётганида сезамиз. Бу куч бизни айланма йўлнинг ташқи томонига қараб деворга қисади.

Марказдан қочма куч ҳаракатланаётганда автомобилнинг филдирагидан лой парчаларининг (47- б расмга қаранг) чарх тоши дискдан металлнинг тобланган заррачаларини учиб кетишига мажбур қилади. Бу куч айланаётган эластик гардишни қисади (90- расм). Ер сайёра сифатида шаклланиши даврида марказдан қочма куч Ер шаклига ҳам таъсир қилди: Ер нотўғри шар — салгина ялпайган шар (геоид) шаклда. Ернинг экваториал радиуси ≈ 6378 км, қутб радиуси эса ≈ 6356 км.

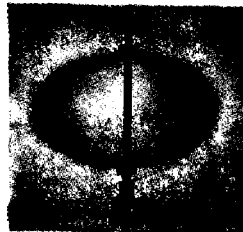
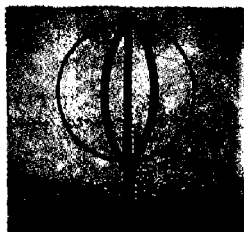
3. Техникада марказдан қочма кучдан фойдаланиш. Замонавий техникада марказдан қочма кучлар кенг қўлланилади. Баъзи мисолларни қараб чиқамиз.

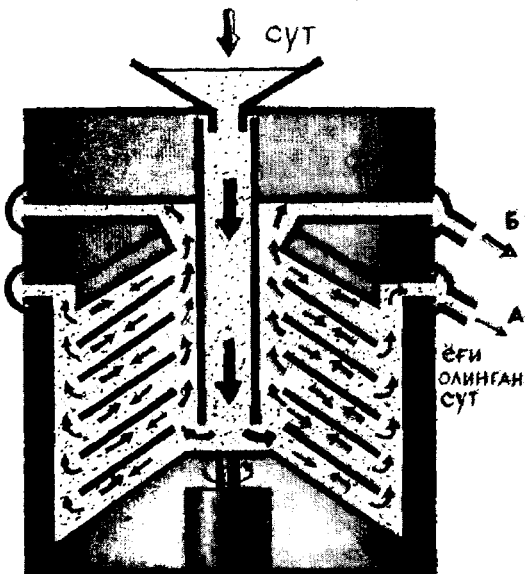
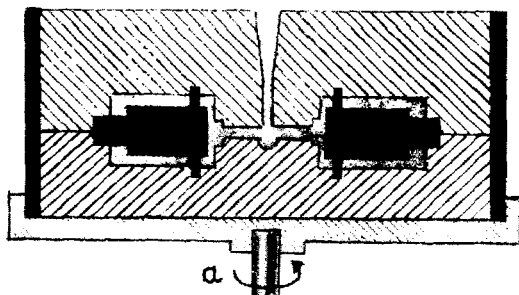
Марказдан қочма қуйиш — металл шаклидаги ичи бўш қуйма олиш усулидир. Бундай қуймани ҳосил қилиш учун эритилган металл айланиб турган қолипга қуйилади. Марказдан қочма куч таъсири остида металл қолип деворларига етади ва бутун бўшлиқни тўлдирди. 91- а расмда ичи бўш шарларнинг қуйилиш схемаси кўрсатилган.

89- расм.



90- расм.

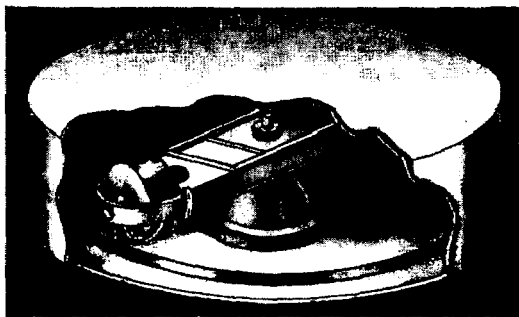




б

91- расм.

92- расм.



Марказдан қочма қуриткич — сувни чиқариб юбориш учун мўлжалланган аппаратдир. Оддий ҳолда улар асос ва ичида тез айланувчи тўр шаклидаги цилиндрдан иборат. Марказдан қочма қуч таъсирида сув кийимлардан сикилиб чиқади ва бакка оқиб тушади.

Сүт сепаратори (91-б расм) сүтдан қаймоқни ажратиб олиш учун хизмат қилади. Сепараторнинг асосий қисми минутига 4—8 минг марта айланувчи пўлат барабан ҳисобланади. Барабаннинг ичида тешиклари бўлган конус шаклидаги тарелкачалар жойлаштирилган. Сүт марказдан қочма қуч таъсирида тарелкалардаги тешиклар орқали ўтиб, ёғи олинган сув (зардоб) ва қаймоққа ажралади. Қаймоқнинг зичлиги ёғи олинган сүт зичлигига қараганда кичик бўлади. Шунинг учун ёғи олинган сүт барабан деворларига улоқтириб ташланади ва А қабул қилувчига оқиб тушади, қаймоқ эса цилиндрнинг айланаётган ўқиға яқин қолади ва Б қабул қилгичга тушади.

Центрифуга — учувчилар, фазогирларни машқ қилдириш ва аппаратураларни синаш учун мўлжалланган катта механик юк-

ланишларни юзага келтирувчи мураккаб курилмадир (92-расм).

Радиуси катта (25 м гача) ва двигателларининг катта қувватли (бир неча мегаватт) бўлгани учун 400 м/с² гача марказдан қочма тезланиш бера олади. Бунда марказдан қочма куч асбобларни Ерга нормал оғирлик кучидан 40 марта катта куч билан босади. Агар одам марказдан қочма куч йўналишига қўндаланг ётса, қисқа вақт-ли юкланиши 20–30 марта, агар шу куч йўналишида ётса, 6 марта ортади.

Масалалар ечиш намунаси. Динамика масалаларини ечаётган-да 8-§ да берилган умумий маслаҳатларга амал қилиш керак. Бундан ташқари қуйидагиларни назарда тутиш фойдалидир. Масалаларнинг мазмунини чуқур таҳлил қилиб:

1) қуйидагиларни тушуниш керак:

— қандай жисмлар ва қандай ўзаро таъсирлашади;

— қандай шароитларда жисмларнинг ўзаро таъсирлашиши содир бўлади;

— ўзаро таъсир натижасида ўзаро таъсирлашувчи жисмлар ҳолатида қандай ўзгаришлар юз беради;

— қандай катталиклар маълум, уларни қандай топиш керак.

2) Ўзаро таъсирлашувчи жисмлар системасига таъсир қилувчи кучларни аниқлаш ва уларни схематик расмда тасвирлаш керак.

3) Саноқ системасини танлаб, ўқлардан биттаси жисм ҳаракатланаётган тўғри чизиқ бўйлаб йўналтирилади (у ҳолда перпендикуляр йўналишда кучлар проекцияларининг йиғиндиси нолга тенг бўлади, чунки бу йўналишда тезланиш қатнашмайди).

4) Ньютоннинг иккинчи қонунини кучларнинг суперпозиция принципини ҳисобга олиб, ҳар бир ўзаро таъсирлашувчи жисмлар учун алоҳида ёзиш керак, бир неча куч таъсирида жисмлар оладиган тезланиш шу жисмга уларнинг тенг таъсир этувчилари берадиган тезланишга тенг:

$$\vec{a} = \frac{\vec{R}}{m}.$$

5) Ньютоннинг иккинчи қонунини вектор шаклидаги ёзилишидан скаляр шаклга ўтиш учун қонунни координата ўқларига кучлар ва тезланишлар проекцияси орқали ёзиш керак.

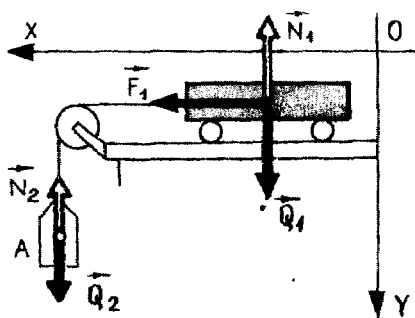
6) Ҳосил қилинган тенгламалар системасини ечиш.

7) Умумий ечим тўғрилигига ишонч ҳосил қилиб, унга шартдан маълум бўлган катталикларнинг сон қийматини қўйиш ва зарур бўлган ҳисоблашларни бажариш керак.

Юқорида келтирилган маслаҳатлар алгоритм (қоидалар тўплами) ҳосил қилади, унга амал қилиб масалалар ечишга ўрганиш мумкин.

Бироқ масалалар ечиш — ижодий жараёндир. Агар масалани ечишда топқирлик қилинса, тез тушуниб олинса, баъзан масалаларни қисқа, содда ва чиройли қилиб ечиш мумкин бўлади. Қуйида келтирилган мисолларда шундай ҳоллар кўрсатилади.

1. $m_1 = 2$ кг массали аравача горизонтал стол устида енгил



93- расм.

чўзилмайдиган ип орқали мас-
саси $m_2=1$ кг бўлган A жисм
билан боғланган ва унинг
таъсирида ҳаракатланади
(93-расм). Ипнинг таранглик
кучини топинг. (Ишқаланиш
кучини ҳисобга олманг).

Шартнинг таҳлили.
Чўзилмайдиган ип дейилиши
аравача ва A жисм системасини
модули бўйича бир хил тезла-
ниш билан ҳаракатланувчи бир
бутун жисм деб қарашга имкон
беради.

Аравача Ер, стол ва ип билан ўзаро таъсирлашади. Унга $\vec{Q}_1 = m_1 \vec{g}$ оғирлик кучи, ипнинг \vec{F}_1 таранглик кучи ва таянчнинг \vec{N}_1 реакция кучи таъсир қилади.

A жисм Ер ва ип билан ўзаро таъсирлашади. Унга $\vec{Q}_2 = m_2 \vec{g}$ оғирлик кучи ва ипнинг \vec{N}_2 реакция кучи таъсир қилади.

Ип вазнсиз бўлгани учун унинг массаси нолга тенг: $m=0$, бундан $Q_3=0$. Бинобарин, ипга тезланиш берган куч ҳам шунингдек нолга тенг. Шунинг учун \vec{F}_1 ва \vec{F}_2 кучларнинг модулли тенг: $F=N$. Санок системасини стол билан боғлаймиз.

Ечилиши. 1-усул (алгоритм бўйича). Аравача ва A жисмнинг ҳаракат тенгламаларини вектор шаклда ёзамиз:

$$\vec{a}_1 = \frac{Q_1 + \vec{N}_1 - \vec{F}_1}{m_1}; \quad a_2 = \frac{Q_2 + \vec{N}_2}{m_2}.$$

Ҳаракат тенгламаларини проекциялар бўйича ёзамиз. Координата ўқлари йўналишини шундай танлаймизки, аравачанинг ҳаракат йўналиши OX ўқ йўналиши билан A жисмнинг ҳаракат йўналиши OY ўқ йўналиши билан мос келсин:

$$a_{1x} = \frac{Q_{1x} + N_{1x} + F_x}{m_1}; \quad a_{2y} = \frac{Q_{2y} + N_{2y}}{m_2}.$$

$$N_1 = 0; \quad Q_{1x} = 0; \quad F_x = F; \quad N_{2y} = -F; \quad Q_{2y} = Q_2 = m_2 g$$

эканини ҳисобга олиб $a_{1x} = \frac{F}{m_1}$; $a_{2y} = \frac{m_2 g - F}{m_2}$ ёза оламиз. $a_1 = a_2$

га тенг бўлса, у ҳолда $\frac{F}{m_1} = \frac{m_2 g - F}{m_2}$ ёки $F m_2 = m_1 m_2 g - F m_1$,

$$F(m_1 + m_2) = m_1 m_2 g. \quad \text{Бундан } F = \frac{m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}.$$

2-усул. \vec{F} куч аравачага тезланиш беради, шунинг учун $\vec{F} = m_1 \vec{a}$.

Ньютоннинг иккинчи қонуни бўйича системанинг тезланиши $\vec{a} = \frac{\vec{R}}{m}$, бунда \vec{R} — системага таъсир қилувчи кучларнинг тенг таъсир этувчиси; m — системанинг умумий массаси.
 $R = Q_2 = m_2g$, $m = m_1 + m_2$. Шунинг учун

$$a = \frac{m_2g}{m_1 + m_2}, \quad \text{куч эса} \quad F = \frac{m_1m_2g}{m_1 + m_2}$$

Ечимнинг 2-усули соддарок экан.

Ҳисоблашлар

$$\left. \begin{array}{l} g = 9,8 \text{ м/с}^2 \\ m_1 = 2 \text{ кг} \\ m_2 = 1 \text{ кг} \\ \hline F = ? \end{array} \right\}$$

$$F = \frac{2\text{кг} \cdot 1\text{кг} \cdot 9,8\text{м/с}^2}{3\text{кг}} \approx 6,5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2 = 6,5 \text{ Н.}$$

Жавоб: $F = 6,5 \text{ Н.}$

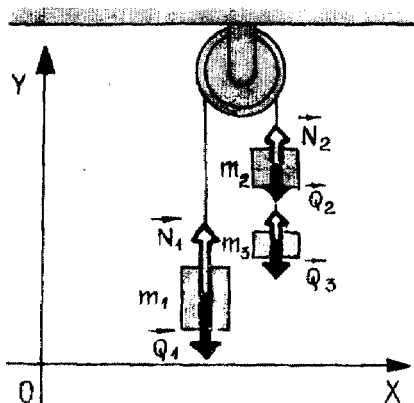
2*. Блок орқали ташланган вазнсиз ва чўзилмайдиган илга бир хил m_1 ва m_2 массали иккита жисм осилган. Биринчи жисмга қўшимча m_3 юк осилди ва қўйиб юборилди. Агар жисмлардан ҳар бирининг массаси $m_1 = m_2 = 2 \text{ кг}$, қўшимча юкнинг массаси эса $m_3 = 0,2 \text{ кг}$ бўлса, жисм 3 с ичида қанча масофани босиб ўтади? (Ишқаланиш ва ипнинг массасини ҳисобга олманг).

Шартнинг таҳлили. Ипнинг чўзилмаслиги масалада тавсифланган жисмлар системаси модули бўйича бир хил бўлган a тезланиш билан бир бутун шаклда бир хил масофаларни босиб ўтишини кўрсатади

$$s = \frac{at^2}{2}$$

Ипнинг вазнсизлигини кўрсатиш унинг массасини ҳисобга олмаслик мумкинлигини билдиради. Санок системасини Ер билан боғлаймиз.

Чап томондаги жисм Ер ва ип билан ўзаро таъсирлашади. Унга $\vec{Q}_1 = m_1\vec{g}$ оғирлик кучи ва \vec{N}_1 реакция кучи таъсир қилади (94-расм). Ўнг томондаги жисм Ер билан, бу жисмни чап томондаги жисм билан боғловчи ип билан, уни қўшимча юк билан боғловчи ип билан ўзаро таъсирлашади. Унга $\vec{Q}_2 = m_2\vec{g}$ оғирлик кучи \vec{N}_2 ипнинг реакция кучи ва пастдаги ипнинг \vec{F} эластиклик кучи таъсир қилади.



94-расм.

Кўшимча юк Ер ва ип билан ўзаро таъсирлашади. Унга $\vec{Q}_3 = m_3 \vec{g}$ оғирлик кучи ва \vec{N} ипнинг реакция кучи таъсир қилади.

Ечилиши. 1-усул (алгоритм бўйича). Хар бир жисмнинг ҳаракат тенгласини вектор шаклда ёзамиз:

Чап томондаги жисм Ўнг томондаги жисм Кўшимча юк

$$\vec{a}_1 = \frac{\vec{Q}_1 + \vec{N}_1}{m_1} \quad \left| \quad a_2 = \frac{\vec{Q}_2 + \vec{N}_2 + \vec{F}}{m_2} \quad \right| \quad \vec{a}_3 = \frac{\vec{Q}_3 + \vec{N}_3}{m_3}$$

ОУ ўк йўналишини чап томондаги юк ҳаракати билан мос тушадиган қилиб танлаймиз. Жисмларнинг ҳаракат тенгласини ОУ ўкдаги проекциялари орқали ёзамиз:

$$a_{1y} = \frac{Q_{1y} + N_{1y}}{m_1} \quad \left| \quad a_{2y} = \frac{Q_{2y} + N_{2y} + F_y}{m_2} \quad \right| \quad a_{3y} = \frac{Q_{3y} + N_{3y}}{m_3}$$

Кучлар ва тезланиш векторларининг проекциялари уларнинг модулларига тенг ва $m_1 = m_2 = m$; $a_{1y} = a_{2y} = a_{3y} = a$ бўлгани учун

$$a = \frac{N_1 - Q_1}{m} \quad \left| \quad -a = \frac{-Q_2 + N_2 - F}{m} \quad \right| \quad -a = \frac{-Q_3 + N_3}{m_3}$$

$$\text{ёки } ma = N_1 - Q_1 \quad ma = Q_2 - N_2 + F \quad m_3 a = Q_3 - N_3$$

Бу тенгламаларни чап ва ўнг қисмларини мос ҳолда қўшиб

$$2ma + m_3 a = N_1 - Q_1 + Q_2 - N_2 + F + Q_3 - N_3$$

ифодани ҳосил қиламиз, $N_1 = N_2$; $Q_1 = Q_2$; $N_3 = F$ бўлгани учун

$$a(2m + m_3) = Q_3. \text{ Бундан } a = \frac{Q_3}{2m + m_3} \text{ ёки}$$

$$a = \frac{m_3 g}{2m + m_3}, \quad s = \frac{at^2}{2} = \frac{m_3 g t^2}{2(2m + m_3)}$$

2-усул. Ньютоннинг иккинчи қонуни бўйича тезланиш $a = \frac{\vec{R}}{m}$, бунда \vec{R} — системага таъсир қилаётган барча кучларнинг тенг таъсир этувчиси; m — системанинг массаси.

Масалада $R = Q_3 = m_3 g$; $m = 2m + m_3$. Шунинг учун

$$a = \frac{m_3 g}{2m + m_3}, \quad s = \frac{m_3 g t^2}{2(2m + m_3)}$$

Бу ҳолда ҳам 2-усул соддарок экан.

Ҳисоблашлар

$$m_1 = m_2 = 2 \text{ кг}$$

$$m_3 = 0,2 \text{ кг}$$

$$t = 3 \text{ с}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$s = ?$$

$$s = \frac{0,2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 9 \text{ с}^2}{2(4 \text{ кг} + 0,2 \text{ кг})} \approx 2,1 \text{ м}$$

Жавоби: $s \approx 2,1 \text{ м}$.

3. Агар қиялик бурчаги 30° бўлса, у ҳолда массаси $0,1 \text{ кг}$ бўлган жисм қия текисликдан қандай тезланиш билан сирпаниб тушишини ҳисобланг (Жисмнинг қия текисликка ишқаланишини ҳисобга олманг).

Шартнинг таҳлили. Масалани ифодаловчи схематик расми чизамиз (95-расм). Жисм E ва қия текислик билан ўзаро таъсирлашади. Унга \vec{Q} оғирлик кучи ва қия текисликнинг \vec{N} реакция кучи таъсир қилади. Бу кучлар таъсирида жисм $\vec{a} = \frac{\vec{Q} + \vec{N}}{m}$ тезланиш билан ҳаракатланади.

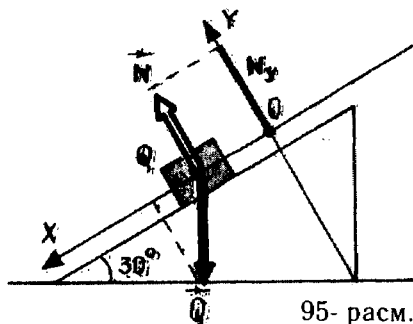
Ечилиши. OX ўқ қия текисликка параллел қилиб, OY ўқни эса унга перпендикуляр қилиб йўналтирамиз. Жисмнинг ҳаракат тезлигини проекциялар орқали ёзамиз. $N_x = 0$ бўлгани учун

$$a_x = \frac{Q_x}{m}. \text{ Бирок } Q_x = Q \sin \alpha = mg \sin \alpha. \text{ Бинобарин,}$$

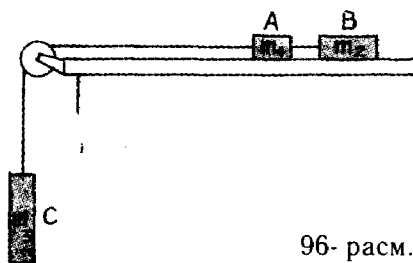
$$a_x = \frac{mg \sin \alpha}{m}; a_x = g \sin \alpha.$$

4.* Горизонтал стол устига енгил чўзилмайдиган ип билан ўзаро боғланган A ва B жисм қўйилган (96-расм). A жисмга блок орқали ўтказилган худди шундай ип боғланган. Бу ипнинг учига C жисм осилган. Агар жисмларнинг массаси мос равишда 1 кг , 2 кг ва 3 кг бўлса, A ва C жисмларни боғлаб турувчи ипнинг таранглик кучини топинг (ишқаланишини ҳисобга олманг).

Шартнинг таҳлили. Ип чўзилмайди, шунинг учун система модули бўйича бир хил a тезланиш бир бутун жисм сингари ҳаракатланади. Ип вазнсиз бўлгани учун унинг массасини ҳисобга олмаслик мумкин.



95- расм.



96- расм.

Ечилиши. Ипнинг таранглик кучи — бу A ва B жисмларга тезланиш берадиган кучдир: $F = (m_1 + m_2)a$. Системанинг тезланиши $a = \frac{R}{m}$. Бизнинг холда $R = Q_3 = m_3g$, $m = m_1 + m_2 + m_3$.

$$\text{Бинобарин, } a = \frac{m_3g}{m_1 + m_2 + m_3}; \quad F = \frac{(m_1 + m_2)m_3g}{m_1 + m_2 + m_3}$$

Ҳисоблаш:

$$\begin{array}{l} m_1 = 1 \text{ кг} \\ m_2 = 2 \text{ кг} \\ m_3 = 3 \text{ кг} \\ g = 9,8 \text{ м/с}^2 \end{array}$$

$$F = ?$$

$$F = \frac{(1 \text{ кг} + 2 \text{ кг}) \cdot 3 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2}{1 \text{ кг} + 2 \text{ кг} + 3 \text{ кг}} = 14,7 \text{ Н}$$

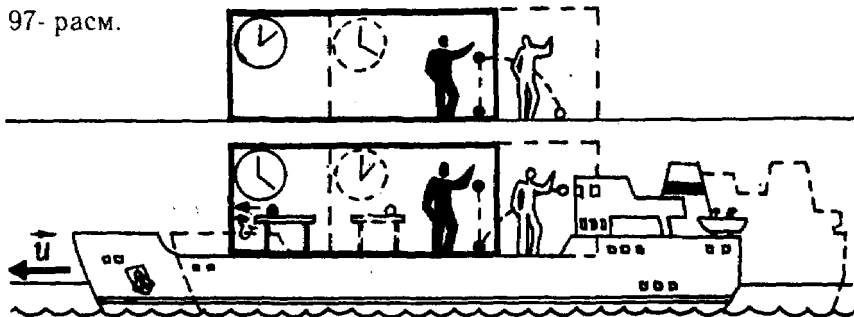
$$\text{Жавоб: } F = 14,7 \text{ Н.}$$

28-§. ГАЛИЛЕЙНИНГ НИСБИЙЛИК ПРИНЦИПИ

Фараз қилайлик, бурилишсиз суви тўлиб оқаётган дарё соҳилида ва шу дарё оқими бўйлаб ўзгармас тезлик билан сузаётган баржа трюмида механик ҳодисаларни ўрганиш учун мутлақо бир хил лаборатория жойлаштирилган. Лаборатория масофа, вақт, масса, куч, тезланиш ва бошқаларни ўлчаш учун абсолют бир хил асбоблар билан жиҳозланган. Шунингдек, баржа қирғоққа нисбатан u тезлик билан сузмокда ва ҳеч қандай силкиниш бўлмайдиган (97-расм). Лаборатория билан боғланган санок системасини XU ва $X'U'$ билан белгилаймиз. Бу системалар инерциалдир. Улар тенг ҳуқуқлими, деган савол туғилади.

1. Галилейнинг фикрий тажрибалари. Галилей бу саволга жавоб бера туриб, шундай мисол келтиради: «Бирор дўстингиз билан катта кема палубаси остидаги кенг хона ичига қиринг ва бу хонага капалаклар, пашшалар ва шунга ўхшаш бошқа майда учувчи ҳашаротларни қўйиб юборинг. Бу ерда сув солинган катта идиш ва унда балиқлар юрган бўлсин. Сўнгра тепага челақ осинг, шу челақ тагига ўрнатилган ингичка оғизли бошқа идишга сув томчилаб оқиб турсин. Кема кўзгалмай турганида енгил учувчи

97- расм.



жонли мавжудотлар хона ичида айнан бир хил тезлик билан барча йўналишларда учади. Идишдаги баликлар бир хилда сузиб юради. Дўстингизга қандайдир нарсани ташласангиз, агар улоктирилаётган масофа айнан бир хил бўлса, сиз уни у томонга ҳам, бошқа томонга ҳам катта куч сарфламасдан ташлайсиз. Иккита оёгингиз билан куёнга ўхшаб сакраб, ҳамма йўналишда айнан бир хил масофага сакрайсиз. Кема тинч турганда барча ходисалар қандай содир бўлишини яхшилаб кузатиб эслаб қолинг. Энди кемани исталган тезлик билан ҳаракатга келтиринг. Агар кема текис чайқалмасдан сузса, у ҳолда барча кўрсатилган ходисаларда ҳеч қандай ўзгариш сезмайсиз ва уларнинг ҳеч қайсисидан кема ҳаракатланмоқдами ёки жойида турибдими пайқамайсиз».

Сўнгра Галилей ҳаракатланаётган кемада қараб чиқилган ходисалар қандай содир бўлишини тавсифлаб беради. Галилейнинг таъкидлашича, агар айнан бир хил предметни бир хил тезлик билан (кемага нисбатан) олдин кеманинг қўйруқ қисмига, сўнгра кеманинг олд қисмига улоктирилса, у ҳолда предмет қўйруқ томонга улоктирилганда кеманинг полига нисбатан иккинчи ҳолдаги каби бир хил масофани босиб ўтишади, аммо у ҳавода бўлган вақтда ҳаракатланаётган кема поли предмет томонга силжиб улгурган бўлади. Қолган ходисаларни таҳлил қилганда ҳам шунга ўхшаш хулосалар қилинади. Кема палубаси остидаги берк хонада кузатилган барча ходисаларнинг кеманинг текис ҳаракатидан мустақил эканини таъкидлаб, Галилей, бир-бирига нисбатан тўғри чизиқли ва текис ҳаракатланаётган икки инерциал санок системалари тенг ҳуқуқлидир, деган хулосага келди.

2. Турли инерциал санок системаларида вақт, тезлик ва кўчиш. Галилейнинг нисбийлик принципи барча инерциал санок системаларига тўла тенг ҳуқуқлилигини тасдиқлайди. Бироқ бу барча инерциал санок системаларида айнан бир хил ҳаракат бир хил ўтади деган маънони билдирмайди.

Фараз қилайлик, кирғокдаги ва текис ҳаракатланаётган баржа трюмида жойлашган лабораториялар ялтиллайдиган деворга эга ва улардан биттасида турган кузатувчи иккинчисидан нима ҳодиса содир бўлаётганини кўради.

Кузатувчилар аввало соатлари бир хил юраётганлигини белгилаб олишади. Бошқача айтганда, инерциал санок системаларида вақт инвариант (ўзгаришсиз)дир: $t' = t$.

Фараз қилайлик, иккала лабораторияда шарчалар тушишини ўрганилади. Кузатувчи баржадаги лабораторияда шарларнинг бу тушишини кузатиб, унинг шарчаси вертикал t вақт ичида тушганини сезади. Қирғокда турган кузатувчи баржада шарча парабола бўйича тушишини ва унинг тушиши вақти ҳам t га тенглигини кўради.

Бинобарин, ҳаракат траекторияси шу ҳаракат ўрганилаётган санок системасига боғлиқ, вақт эса боғлиқ эмас.

Баржада жойлашган лабораторияда унинг ҳаракат йўналиши бўйича ўзгармас тезлик билан шарча думалайди дейлик (97-расм-

га каранг). Лаборатория ичидаги кузатувчи шарчанинг ҳаракат тезлиги \vec{v} ни аниқлайди. Қирғоқда турган кузатувчи шарчанинг тезлиги \vec{v}' деб ҳисоблайди, бунда $\vec{v}' = \vec{v} + \vec{u}$, \vec{u} — баржанинг ҳаракат тезлиги.

Ҳосил бўлган формула тезликларнинг қўшиш қонунини ифодалайди, бундан ҳаракат тезлиги бу тезлик ўрганиладиган санок системасига боғлиқлиги келиб чиқади.

Сўнгра баржадаги кузатувчи шарча t вақт ичида $\vec{s} = \vec{v}t$ масофага кўчишини аниқлайди, қирғоқдаги кузатувчи эса шарчанинг кўчиши s' бўлишини топади, бунда

$$\vec{s}' = \vec{v}'t = (\vec{v} + \vec{u})t = \vec{v}t + \vec{u}t = \vec{s} + \vec{u}t,$$

яъни жисмнинг кўчиши ҳаракатланиш ўрганиладиган санок системасига боғлиқ.

Ушбу $\left. \begin{array}{l} t' = t \\ \vec{v}' = \vec{v} + \vec{u} \\ s' = \vec{s} + \vec{u}t \end{array} \right\}$ муносабат Галилей алмаштиришлари дейилади.

3. Турли инерциал санок системаларида масса, тезланиш ва куч.

Таърифга кўра масса ўзгармас катталиқ бўлиб, жисмнинг инертлик ўлчовидир. Жисм ҳаракатланаётган баржага (ёки баржадан) кўчирилса, унинг массаси ўзгара олмайди, шунинг учун жисм массаси барча инерциал санок системаларида ўзгаришсиз қолади: $m' = m$.

Фараз қилайлик, баржада жойлашган лабораторияда жисм бошқа жисм билан ўзаро таъсирлашади ва натижада

$\vec{a}' = \frac{\vec{v}' - v_0'}{t'}$ формула бўйича аниқлаш мумкин бўлган тезланиш

олади, бироқ $\vec{v}' = \vec{v} + \vec{u}$; $\vec{v}_0' = \vec{v}_0 + \vec{u}$; $t' = t$. Шунинг учун

$\vec{a}' = \frac{\vec{v} + \vec{u} - (\vec{v}_0 + \vec{u})}{t} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = \vec{a}$. Шундай қилиб, тезланиш мо-

дули барча инерциал санок системаларда ўзгармайди.

Жисмга тезланиш берадиган куч санок системасига боғлиқ эмас: у жисмларнинг ўзаро таъсирлашувидан аниқланади. Шунинг учун

$$\vec{F}' = \vec{F}$$

Шундай қилиб, Ньютон механикасида вақт, масса, тезланиш ва куч барча инерциал санок системаларида бир хил (инвариант) дир.

4. Галилей нисбийлик принципининг таърифи. Куч, тезланиш ва масса бир инерциал санок системасидан бошқасига ўтганда ўзгармайди, шунинг учун мулоҳазалар кетма-кетлиги қуйидагича бўлиши мумкин:

$\vec{F}' = \vec{F}$; $\vec{a}' = \vec{a}$; $m' = m$, $F = ma$ бўлгани учун $\vec{F}' = F = m\vec{a}$ ёки $\vec{F}' = m\vec{a}'$.

Ҳосил қилинган тенглама баржа билан боғланган саноқ системасида Ньютоннинг иккинчи қонунини ифодалайди. Кўриниб турибдики, бу тенглама бир инерциал саноқ системасидан бошқасига ўтишда ўзгармайди.

Бундан ташқари, барча инерциал саноқ системаларида инерция қонунини ўринли эканини биламиз.

Бунга икки жисмнинг ўзаро таъсири саноқ системасига боғлиқ эмаслигини кўшиб, биз Галилейнинг нисбийлик принципини қуйидагича таърифлашимиз мумкин:

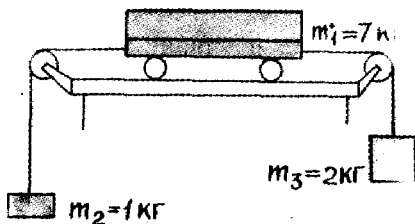
Барча инерциал системалари тенг ҳуқуқлидир — бу механика қонунлари барча инерциал системаларда бир хил ёзилишида намоён бўлади.

?

1. Галилей нисбийлик принципининг моҳияти нимадан иборат?
2. Галилей алмаштиришларини ёзинг ва уларни тушунтиринг.
3. Қайси катталиклар барча инерциал саноқ системаларида ўзгармас, қайсилари саноқ системасига боғлиқ?
4. Инерциал саноқ системаларининг тенг ҳуқуқлилиги нимада намоён бўлади?

5-МАШҚ

1. Жисмнинг тезлиги бир онда 0 дан 1 м/с гача ўзгара оладими? Жавобингизни асослаб беринг.
2. Массаси 5 кг бўлган жисм 15 м/с² тезланиш билан вертикал тушиши учун қандай куч билан унга таъсир қилиш керак? (Жавоби: $F = 26$ Н.)
3. Массаси $6 \cdot 10^3$ кг бўлган трамвай 36 км/соат тезлик билан ҳаракатланмоқда. У тормозланиб 30 с ичида тўхтайди. Тормозланиш кучини аниқланг. (Жавоби: $F = 2000$ Н.)
4. 98-расмда тасвирланган жисмлар системаси қандай тезланиш билан ҳаракатланади? (Ишқаланиш, масса ва унинг чўзилишини ҳисобга олманг.) (Жавоби: $a = 1$ м/с²).
5. Олдинги масаладаги (96-расмга қаранг) аравача ва ўнг томондаги юк орасидаги ипнинг таранглигини топинг. (Жавоби: $F = 6,8$ Н.)
6. Жисм узунлиги 10 м ва баландлиги 5 м бўлган қия текисликдан сирпаниб туша бошлади. У қия текисликнинг асосига тушгунча ўтган вақтни аниқланг. (Жавоби: $t = 2$ с.)
- 7*. Блок орқали ўтказилган энгил чўзилмайдиган ип учларига массалари $m_1 = 3$ кг ва $m_2 = 1$ кг бўлган жисмлар боғланган (98-расм), m_1 юк стол устидан $H = 2,45$ м баландликда турибди, m_2 юк эса текисликда турибди. m_1 юк стол сиртига теккан пайтда m_2 юк қандай тезликка эга бўлади? (Ишқаланишни ҳисобга олманг). (Жавоби: $v = 4,9$ м/с.)
8. Иккита одам арқонни турли томонга 80 Н куч билан тортади. Агар арқон 100 Н тарангликка бардош берса, арқон узилиб кетадими?



98-расм.

9. Агар милтик стволнинг узунлиги 1,2 м, ўқнинг ундан 400 м/с тезлик билан учиб чиқиши маълум бўлса, ов милтиғи ўқида порох газларининг босим кучини аниқланг. Ўқнинг массаси 10 г. (Жавоби: $F \approx 667$ Н).
- 10*. Силлик горизонтал сиртда бир-бирлари билан ип орқали боғланган массалари 1,2 ва 3 кг бўлган учта жисм жойлаштирилган. Массаси 1 кг бўлган жисмга блок орқали ташланган бир учига 1 кг массали жисм боғланган ип маҳкамланган. Барча ипларнинг таранглигини ва системанинг тезланишини топинг. Ипларни чўзилмайдиган ва вазисиз деб ҳисобланг (Ишқаланишни ҳисобга олманг.) (Жавоби: $a = 1,4$ м/с², $F_{T_1} = 8,4$ Н; $F_{T_2} = 7$ Н; $F_{T_3} = 4,2$ Н.)

В БОБНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

1. Маълум далиллар тўплами — жисмлар ҳаракатининг ўзгаришига, яъни тезланишларнинг ҳосил бўлишига сабаб ўзаро таъсир эканидан далolat беради.
2. Жисмлар ўзаро таъсирлашганда бир жисмнинг иккинчи жисмга механик таъсир ўлчови бўлиб ҳисобланган вектор катталиқка куч дейилади. Куч жисм массасининг жисмга шу куч берган тезланишга кўпайтмаси $\vec{F} \approx m\vec{a}$ билан ўлчанади.
3. Ньютон ўзигача маълум бўлган ҳамма механик ҳаракатлар ҳақидаги билимларни умумлаштирди ва уларни мувофиқлашган ягона ички системага келтирди, ҳамда барча механик ҳодисалар ньютон таърифлаган қонунлар ёрдамида тушунтирилиши мумкинлигини кўрсатди. Шундай қилиб, Ньютон, биринчи механик ҳодисалар назариясини яратишда улкан ҳисса кўшди.
4. Ньютоннинг биринчи қонунига кўра, шундай санок системалари (инерциал системалар) мавжудки, жисмларга атрофдаги жисмлар таъсир қилмагунча ва бу вазиятини ўзгартирмагунча уларга нисбатан нисбий тинч ёки тўғри чизикли ва текис ҳаракатини сақлайди.
5. Ньютоннинг иккинчи қонуни бир жисмнинг бошқа жисмга таъсирини миқдорий баҳолайди: жисмга бошқа жисм ёки жисмлар томонидан бериладиган тезланиш таъсир этувчи кучга тўғри пропорционал ва жисмнинг массасига тескари пропорционалдир:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

6. Ньютоннинг учинчи қонунига кўра жисмларнинг ўзаро таъсир кучлари доимо модули бўйича тенг ва йўналиши бўйича қарма-қаршидир:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

7. Ньютон таърифлаган механика қонунлари барча инерциал санок системаларида ўзгармасдир. Шунингдек, Ньютон механикасида вақт, жисмнинг массаси, тезланиш ва куч ҳам ўзгармасдир. Турли инерциал санок системаларида траектория, тезлик ва кўчиш ҳар хилдир.

VI БОБ. БУТУН ОЛАМ ТОРТИШИШИ

Ньютон ўзига маълум бўлган далилларга таянган ҳолда, жумладан, Ер атрофида Ойнинг ҳаракат қонунларини ва барча жисмларнинг Ерга тушишини билган ҳолда ўз олдига доиравий орбитада ҳаракатланувчи Ойни тутиб турувчи кучни аниқлаш масаласини қўйди.

Бу масаланинг ҳал этилиши — динамиканинг муҳим масалаларидан бири: жисмнинг ҳаракат қонуни бўйича унга таъсир этувчи кучларни аниқлашга яққол мисолдир. Сиз бу бобда Ньютон кашфиёти билан бевосита ёки билвосита боғланган жуда кўп қизиқарли нарсаларни билиб olasiz.

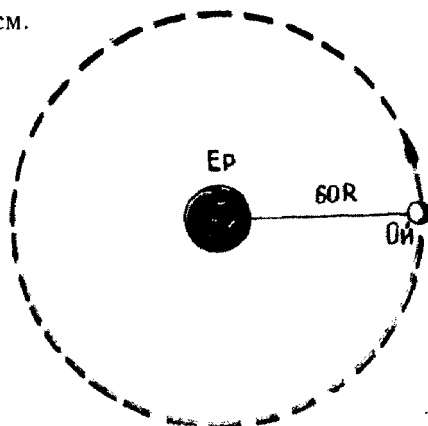
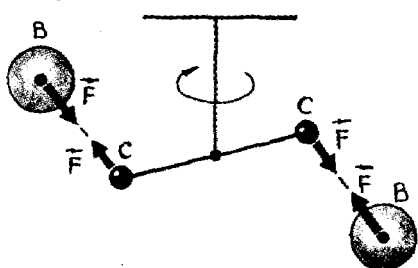
29-§. БУТУН ОЛАМ ТОРТИШИШ ҚОНУНИ

1. Бутун олам тортишиши. Кундалик турмушимиздан ҳамма жисмларнинг Ерга тортилишига ишонч ҳосил қиламиз. Бирок жисмлар фақат Ерга тортилибгина қолмай, балки бир-бирига ҳам тортилади. Бунга қуйидаги тажриба орқали (ғояси бўйича жуда содда бўлгани билан уни қўйиш мураккаб) ишонч ҳосил қилиш мумкин. Енгил стерженга C пўлат шарчаларни маҳкамлаймиз (99-расм). Стерженни мустаҳкам ипга боғлаб осамиз. Агар шарчаларга катта жисмлар B ни жуда яқин келтирсак, у ҳолда C шарчалар B га тортилишини кузатамиз. Жисмларнинг тортишишини стерженнинг бурилишидан сезиш мумкин.

1667 йилда Ньютон астрономик кузатишлар материалларини таҳлил қилиб, Ой ҳаракатига динамика қонунларини татбиқ қилди. Ой Ер атрофида деярли айланма орбита бўйлаб ҳаракатланиши Ньютонга маълум эди (100-расм). Бирок доиравий орбита бўйлаб ҳаракат, жисмга марказга интилма тезланиш берадиган қандайдир куч таъсир қилсагина содир бўлиши мумкин. Агар бундай куч бўлмаса эди, Ой инерциянинг биринчи қонунига мос равишда тўғри чизикли ва текис ҳаракатланган бўлар эди. Ньютон бу куч Ой ва Ернинг ўзаро тортишиш кучидир, деган фаразни

100- расм.

99- расм.



айтди. Зарур ҳисоблашларни бажариб, (улар 3-§ да келтирилган) Ньютон Ер ва Ойнинг ўзаро бир-бирига тортишиш кучини

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

формула бўйича ҳисоблаш мумкин, деган хулосага келди. Бунда m_1 ва m_2 мос равишда Ой ва Ернинг массалари, R — улар орасидаги масофа; G — гравитацион доимий¹ деб аталадиган коэффициент.

Ньютон шу билан ишни тўхтатмади, у ҳосил қилган формула билан ўлчамлари улар орасидаги масофага нисбатан жуда кичик бўлган исталган жисмларнинг ўзаро тортишиш кучини ҳисоблаш мумкин, деган фаразини айтди. Шунинг учун Ньютон кашф қилган қонун *Бутун олам тортишиши қонунини* деган ном олди.

Бутун олам тортишиш қонунини қуйидагича таърифлаш мумкин.

Икки жисм (моддий нуқта деб қараш мумкин бўлган) бир-бирига уларни туташтирувчи тўғри чизиқ бўйлаб йўналган, уларнинг массалари кўнайтмасига тўғри ва улар орасидаги масофанинг квадратига тескари пропорционал бўлган куч билан тортилади:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

Қонунни таърифлашда «жисм» сўзидан кейин қавсда «моддий нуқта деб қараш мумкин бўлган» деб ёзилган. Бу демак, жисмларнинг геометрик ўлчамлари улар орасидаги масофага нисбатан жуда кичик бўлган ҳолда қонун ўринли бўлади. Бирок қонун унча катта бўлмаган масофаларда турган бир жинсли шарлар учун ҳам ўринлидир. Бу ҳолда шарларнинг жами массаси уларнинг марказида тўпланган деб ҳисоблаш мумкин.

2. Гравитацион доимий. Бутун олам тортишиш қонунини формуласига гравитацион доимий ёки *тортишиш доимийси* қиради. Унинг физик маъносини ойдинлаштирамиз. Бунинг учун уни қонун формуласига кирувчи катталар орқали ифодалаймиз:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}, \quad \text{бундан} \quad G = \frac{FR^2}{m_1 m_2}.$$

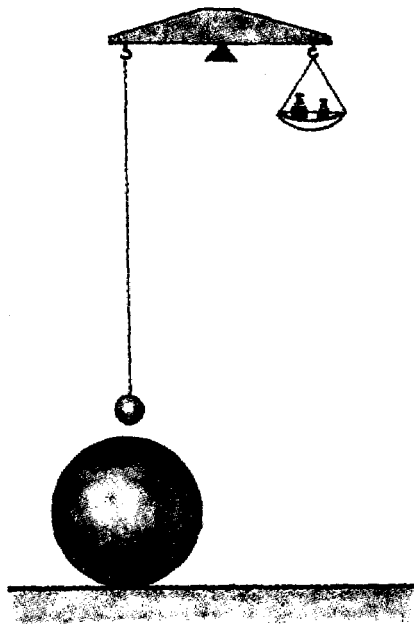
Фараз қилайлик, массаси 1 кг дан бўлган икки жисм бир-бирдан 1 м масофада турибди. *Гравитацион доимий ҳар бирининг массаси 1 кг дан бўлган бир-бирдан 1 м масофада турган моддий нуқта орасидаги тортишиш кучига сон жиҳатдан тенг:*

$$[G] = 1 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

¹ Бу латинча сўз бўлиб, gravitas — тортишиш, оғирлик деган маънони билдиради.

Гравитацион доимийнинг сон қийматини тажрибадан топиш мумкин. Уни топишнинг бир неча усули мавжуд. Улардан биттасини қараб чиқамиз.

Жуда сезгир тарозининг паллаларидан бирининг ўрнига узун ипга симоб билан тўлдирилган шар осилади ва тарозини мувозанатга келтирилади (101-расм). Сўнгра симобли шар остига катта массали қўрғошин шар келтирилди. Тарози мувозанатининг бузилиши тортишиш кучининг таъсиридан далолат беради. Мувозанатни тиклаш учун тарозининг ўнг палласига оғирлик кучи шарларнинг тортишиш кучига тенг бўлган юклар қўйилади. Тортишиш кучини тажрибада аниқлагандан сўнг, гравитацион доимийни ҳисоблаб топилади.



101-расм.

Тавсифланган тажрибага ўхшаш икки жисмнинг тортишиш кучини ўлчаш тажрибаларда кўп марта қўйилди. Натижада гравитацион доимийнинг қуйидаги сон қиймати олинди:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

Бу баъзан оддий каср кўринишида тасаввур қилиш мумкин бўлган жуда кичик катталиқдир:

$$G = \frac{1}{15000000000} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} = \frac{1}{15} \cdot 10^{-9} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

1. Бутун олам тортишиш қонунини таърифлаб беринг.
2. Гравитацион доимий нима? Унинг аҳамияти қандай?
3. Гравитацион доимийнинг сон қийматини: 1) тажрибадан келиб чиққан ҳолда; б) назарий қандай аниқлаш мумкин?

30*-§. НЬЮТОННИНГ ҚОНУНЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИБ БУТУН ОЛАМ ТОРТИШИШ ҚОНУНИ ИФОДАСINI КЕЛТИРИБ ЧИҚАРИШ

XVII асрнинг иккинчи ярмида бутун олам тортишиш ғояси «ҳавода айланиб юрган» эди. Ньютон бу ғоянинг ўринлилигини исботлаш шарафига муяссар бўлиш билан бирга, уни тавсифловчи қонунни кашф қилди. Афсуски, Ньютон ўзининг бу кашфиётини

тавсифловчи ҳеч қандай ёзма маълумот қолдирмаган. Фақат шу нарса маълумки, бунда (Ньютоннинг ўз гапига кўра) олма дарахтидан олманинг тушиши ва ... Ойнинг Ер атрофида ҳаракатланиши ҳодисаларини таққослаш муҳим роль ўйнади.

1. Бошланғич далиллар. Ньютон куйидаги далилларга эга эдики, уларнинг таҳлили бутун олам тортишиш қонунининг кашф этилишига олиб келди:

- 1) Ҳамма жисмлар Ерга тушади.
- 2) Ҳамма жисмлар Ерга бир хил тезланиш билан тушади.
- 3) Ой Ернинг атрофида айланиш даври тахминан 27,3 сутка бўлган деярли айланма траектория бўйича айланади.
- 4) Ой орбитасининг радиуси тахминан 60 Ер радиусига тенг.

2. Бошланғич далиллар таҳлили. Ньютон юқорида санаб ўтилган далилларни қандай кетма-кетликда таҳлил қилганини ҳеч ким билмайди. Уларни Ньютоннинг бизгача етиб келган маълумотларига ва у ифодалаган динамика қонунарига таянган ҳолда таҳлил қиламиз:

1) Жисмларнинг Ерга тушишини Ньютон уларнинг Ерга тортилишидан деб тушунтирди.

2) Эркин тушиш тезланишининг бир хил эканидан жисмларнинг Ерга тортишиш кучи уларнинг массаларига пропорционал экани келиб чиқади.

Ҳақиқатан, Ньютоннинг иккинчи қонуни бўйича:

$$F = mg \quad \text{ёки} \quad F \sim m.$$

3) Жисм доиравий орбита бўйлаб ҳаракатланиши учун унга марказга интилма куч таъсир қилиши керак. Ньютон Ой учун бундай куч, унинг Ерга тортилиш кучи ҳисобланади деб, дадил фикр билдирди. Бу куч (ҳар қандай бошқа жисмнинг Ерга тортилиш кучи сингари) массага пропорционал:

$$F_{\text{Ой}} \sim m_{\text{Ой}}. \quad (1)$$

4) Ер ҳам ўз навбатида Ойга тортилади, тортишиш кучи унинг массасига пропорционал: $F_{\text{Ер}} \sim m_{\text{Ер}}$

Ньютоннинг учинчи қонунига кўра Ойнинг Ерга ва Ернинг Ойга тортилиш кучлари модули бўйича тенг:

$$F_{\text{Ой}} = F_{\text{Ер}}$$

Бинобарин, Ойнинг Ерга тортилиш кучи Ернинг массасига ҳам пропорционалдир:

$$F_{\text{Ой}} \sim m_{\text{Ер}}. \quad (2)$$

5) Ньютон Ойнинг марказга интилма тезланишини ҳисоблади:

$$a_{\text{Ой}} = \frac{v_{\text{Ой}}^2}{R_{\text{Ой.о}}},$$

бунда $R_{\text{Ой.о}}$ — Ой орбитасининг радиуси. Ой айланишининг чизиқли тезлиги сингари

$$v = \frac{2\pi R_{\text{Ой.о}}}{T_{\text{Ой}}},$$

$$\text{у ҳолида } a_{\text{Ой}} = \frac{4\pi^2 R_{\text{Ой.о}}^2}{T_{\text{Ой}} \cdot R_{\text{Ой.о}}} = \frac{4\pi^2 R_{\text{Ой.о}}}{T_{\text{Ой}}}.$$

Ньютон сон қийматларини қўйиб қуйидагини ҳосил қилди:

$$a_{\text{Ой}} = \frac{4 \cdot 9,8 \cdot 60 \cdot 6400 \cdot 10^3 \text{ м}}{(27,3 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с})^2} = \frac{9,8 \text{ м/с}^2}{3600} = \frac{1}{3600} \text{ г}.$$

Бу эса Ой ўзининг орбитасида туриб Ерга Ер сиртида туриб тортилишида 3600 марта кучсизроқ тортилишини билдиради. Ой орбитаси радиусининг квадратини Ер радиусининг квадратага нисбати 3600 га тенг:

$$\frac{R_{\text{Ой.о}}^2}{R_{\text{Ер}}^2} = \frac{(60 R_{\text{Ер}})^2}{R_{\text{Ер}}^2} = 3600.$$

Бошқача айтганда, Ойнинг Ерга тортилиш кучи улар орасидаги масофа квадратага тескари пропорционалдир:

$$F_{\text{Ой}} \sim \frac{1}{R_{\text{Ой.о}}^2}. \quad (3)$$

Ньютон ўзига маълум бўлган далиллар натижаларини умумлаштириб, қуйидагиларни ёзиши мумкин эди:

$$\left. \begin{array}{l} F_{\text{Ой}} \sim m_{\text{Ой}} \\ F_{\text{Ой}} \sim m_{\text{Ер}} \\ F_{\text{Ой}} \sim \frac{1}{R_{\text{Ой.о}}^2} \end{array} \right\} F_{\text{Ой}} \sim \frac{m_{\text{Ой}} m_{\text{Ер}}}{R_{\text{Ой.о}}^2}$$

Эки тенглик белгисига ўтказиб ёзамиз:

$$F = G \frac{m_{\text{Ой}} m_{\text{Ер}}}{R_{\text{Ой.о}}^2}$$

31 *-§. ТОРТИШИШ МАЙДОНИ

1. Гравитацион майдон. Шундай қилиб, Қоинотдаги ҳамма жисмлар бир-бирига тортилади. Бироқ бу тортилиш қандай амалга ошади? Ҳар бир жисмнинг атрофида унинг ўзига хос моддий давомийлиги — тортишиш майдони деб аталувчи кўринмас гравитацион майдон мавжуд экани аниқланган. Биз тортишиш майдонини кўрмаймиз, бироқ унинг таъсирини, масалан, Ерга тортилишини сезамиз.

Жисм атрофида гравитацион майдон бир хилдир, у жисм яқинида кучлироқ ва ундан узоқлашган сари аста-секин кучсизланиб боради. Шунинг учун биздан қандайдир жисм қанча узоқроқ бўлса, унинг тортилиши шунча кучсизроқ бўлади.

Гравитацион майдон уни ҳосил қилган жисм массасига боғлиқ: жисмнинг массаси қанча катта бўлса, унинг гравитацион майдони шунча кучли ва аксинча, жисмнинг массаси қанча кичик бўлса, унинг гравитацион майдони шунча кучсиз бўлади. Масалан, Ер ўзининг гравитацион майдони воситасида 6370 км (Ер радиуси) масофада турган 61 кг массали одамни тахминан 600 Н куч билан тортади. Ҳар бирининг массаси 61 кг дан бўлган иккита одам 1 м масофада ўзаро

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot \frac{61 \text{ кг} \cdot 61 \text{ кг}}{1 \text{ м}^2} \approx 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$$

куч билан таъсирлашади. Шунинг учун биз кундалик ҳаётимизда атрофимиздаги жисмларнинг тортилишини ва бизнинг бир-биримизга тортилишимизни кузата олмаймиз.

Гравитацион майдонни электр ва магнит майдонлар билан чалкаштирмаслик керак. Электр майдон фақат электрланган жисмлар атрофида, магнит майдон — фақат тоқли ва магнитли ўтказгичлар атрофида мавжуд бўлади, *гравитацион майдон эса барча жисмлар атрофида мавжуддир.*

Гравитацион майдоннинг қизиқ хусусияти — унинг ўтувчанлик хусусияти бўлиб, у ҳамма моддалардан паррон ўтади. Электр майдондан электр зарядлар ўтказувчи экранлар ёрдамида, магнит майдондан — темир ёки магнитли материаллардан тайёрланган экранлар ёрдамида ҳимояланиш мумкин, гравитацион майдондан эса ҳимояланиш мумкин эмас. Ҳа, керак ҳам эмас: инсон қандай бўлса, шундай гравитацион майдонда пайдо бўлган, у бизларга, шунингдек, жонли организмлар ва ўсимликлар учун нормал ҳаёт кеңириш учун зарурдир.

2. Масса — гравитация ўлчовидир. Масса тушунчаси, дастлаб жисмларнинг инертлик хоссалари ўрганилаётганда, жисмларнинг инертлик ўлчови сифатида киритилган эди. Бутун олам тортишиш қонунида жисмларнинг бошқа хоссалари — ўзаро тортишиш хоссалари намоён бўлади, масса энди янги ролда — тортишиш ўлчови сифатида қатнашади. Кичик массали жисмлар бир-бирига худди шу масофада турган катта массали жисмларга қараганда кам куч билан тортилади.

Жисмларнинг бошқа жисмларга тортилиш кучи бўйича топилган массаси *гравитацион масса* (баъзан «оғир масса» термини қўлланилади) деб аталади.

Шундай қилиб, *масса бир вақтда жисмларнинг инертлик ўлчови сифатида ҳам, жисмлар гравитацияси (тортишиш)нинг ўлчови сифатида ҳам иштирок этади.*

3. Жисмларнинг массаларини уларнинг Ерга тортилиш кучлари орқали таққослаш. Жисмнинг массасини ўлчаб, ўзаро таъсир жараёнида эришган тезланиш бўйича инерт масса *m* ни аниқлаймиз. Гравитацион массаларни таққослаш учун масса эталонининг ва массаси аниқланиши керак бўлган жисмнинг Ерга тортилишидан фойдаланиш мумкин.

Фараз қилайлик, пружинали динамометр билан биз массаси

маълум бўлган жисмни Ерга тортилиш кучи F ни ўлчадик. Сўнгра шу динамометр ёрдамида m , массасини билишимиз керак бўлган жисмни Ерга тортилиш кучи F' ни ўлчадик. Бутун олам тортишиш қонуни бўйича

$$F = G \frac{mM_{\text{Ер}}}{R^2} \quad \text{ва} \quad F' = \frac{m'M_{\text{Ер}}}{R^2},$$

бунда $M_{\text{Ер}}$ — Ернинг массаси, R — Ернинг радиуси.

Шунинг учун $\frac{F}{F'} = \frac{m}{m'}$, бундан $m' = \frac{F'}{F}m$.

Дунёнинг энг яхши физика лабораторияларида қўйилган қўп сонли тажрибадан жисмнинг гравитацион ва инерт массаларининг тенгличини кўрсатди.

Масса ҳақида билганларимизга яқун ясаб қуйидаги таърифни бериш мумкин:

Жисмларнинг инертлик ва гравитацион ҳоссаларини характерловчи ва бу ҳоссаларнинг ўлчови ҳисобланувчи скаляр физик катталikka масса деб аталади.

?

1. Гравитацион майдон электр ва магнит майдонлари бир-бирдан нимаси билан фарк қилади?
2. Қаерда гравитацион майдон кучлироқ: жисм яқинидами ёки ундан узоқроқдами?
3. Гравитацион майдоннинг таъсири турли хил массали жисмларга бир хилми? Жавобингизни асослаб беринг.
4. Жисмнинг массаси деб нимага айтилади?

Масалалар ечиш намуналари.

Бутун олам тортишиш қонуни табиатнинг асосий қонуни ҳисобланади. Унинг ёрдамида осмон жисмларининг массаларини ҳисоблаш, Ернинг сунъий йўлдошлари траекториясини ҳисоблаш чикиш ва бир қатор илмий ҳамда амалий масалаларни ечиш мумкин. Қуйида бир типли, бироқ турли хил масалаларни ечишга мисоллар келтирилган:

1. Агар Ернинг радиуси $6,37 \cdot 10^6$ м бўлса, унинг массасини ҳисоблаб топинг.

Шартнинг таҳлили. Барча жисмлар Ерга тортилади. Тортилиш кучини икки хил усул билан ифодалаш мумкин.

$$F = mg \quad \text{ва} \quad F = G \frac{mM_{\text{Ер}}}{R^2}.$$

Ечилиши. Юқорида ёзилган тенгликларнинг ўнг томонларини тенглаб $M_{\text{Ер}}$ ни топамиз.

$$mg = G \frac{mM_{\text{Ер}}}{R^2} \quad \text{бундан} \quad M_{\text{Ер}} = \frac{gR^2}{G}.$$

Хисоблашлар:

$$R = 637 \cdot 10^4 \text{ м}$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$$

$$M_{\text{Ер}} = ?$$

$$\begin{aligned} M_{\text{Ер}} &= \frac{9,81 \text{ м/с}^2 \cdot 637^2 \cdot 10^8 \text{ м}^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2} = \\ &= \frac{9,81 \cdot 405769 \cdot 10^{19}}{6,67} \text{ кг} \approx 5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}. \end{aligned}$$

Жавоби: $M_{\text{Ер}} \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$.

2. Агар Ер Қуёшдан $1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$ масофада унинг атрофида 565,25 сутка ичида бир марта айланиши маълум бўлса, Қуёшнинг массасини ҳисоблаб топинг.

Шартнинг таҳлили. Ер Қуёш атрофида деярли доиравий орбита бўйлаб айланади. Ернинг марказга интилма тезланиши унинг Қуёшга тортилиш кучи билан берилади: $F = G \frac{M_{\text{к}} M_{\text{Ер}}}{R_{\text{Ер.о}}^2}$, шу-

нинг учун $a_{\text{Ер}} = \frac{F}{M_{\text{Ер}}} = G \frac{M_{\text{к}}}{R_{\text{Ер.о}}^2}$. Ҳосил қилинган формуладан Қуёш-

нинг массасини топамиз: $M_{\text{к}} = \frac{a_{\text{Ер}} R_{\text{Ер.о}}^2}{G}$. Ернинг марказга интилма

тезланиши унинг Қуёш атрофида ҳаракатида $a_{\text{Ер}} = \frac{v^2}{R_{\text{Ер.о}}}$, бунда

v — Ер айланишининг чизикли тезлиги.

Ечилиши. Марказга интилма тезланишнинг қийматини Қуёш массасини ҳисоблаш формуласига қўйиб, $M_{\text{к}} = \frac{v^2 R_{\text{Ер.о}}}{G}$ ни

ҳосил қиламиз. Бирок $v = \frac{2\pi R_{\text{Ер.о}}}{T}$, шунинг учун $M_{\text{к}} = \frac{4\pi^2 R_{\text{Ер.о}}^3}{GT^2}$

Хисоблашлар:

$$R_{\text{Ер.о}} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$$

$$T = 365,25 \cdot 86400 \text{ с}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$$

$$M_{\text{к}} = ?$$

$$\begin{aligned} M_{\text{к}} &= \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot (1,50 \cdot 10^{11} \text{ м})^3}{(365,25 \cdot 86400 \text{ с})^2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2} = \\ &= \frac{4 \cdot 9,8 \cdot (1,5)^3 \cdot 10^{33}}{(3,3 \cdot 10^7)^2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11}} \text{ кг} \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}. \end{aligned}$$

Жавоби: $M_{\text{к}} \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$.

3. Агар сунъий йўлдош «Луна-15» Ой атрофида деярли радиуси 1890 км бўлган доиравий орбита бўйлаб 2 соат 3 минута 30 с давр билан айланган бўлса, унинг массасини аниқланг.

Шартнинг таҳлили. Марказга интилма тезланиш йўлдошга бутун олам тортишиш кучи билан берилади: $F = G \frac{M_{\text{Ой}} m}{R^2}$,

шунинг учун $a = \frac{F}{m} = \frac{GM_{\text{Ой}}}{R^2}$. Ой йўлдошининг марказга интилма

тезланишини кинематик тарзда ифодалаш мумкин: $a = \frac{v^2}{R}$, бунда v — йўлдошнинг чизикли тезлиги.

Ечишлиши. Марказга интилма тезланишнинг иккита ифодасини тенглаштириб $\frac{GM_{\text{Ой}}}{R^2} = \frac{v^2}{R}$ ни оламиз, бундан $M_{\text{Ой}} = \frac{v^2 R}{G}$,

$$v = \frac{2\pi R}{T} \text{ бўлганидан Ойнинг массаси: } M_{\text{Ой}} = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2}.$$

Ҳисоблашлар:

$$R = 1890 \cdot 10^3 \text{ м}$$

$$T = 7410 \text{ с}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$$

$$M_{\text{Ой}} = ?$$

$$M_{\text{Ой}} = \frac{4 \cdot 3,14^2 (1890 \cdot 10^3 \text{ м})^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2 \cdot 7410^2 \text{ с}^2} \approx 7,35 \cdot 10^{22} \text{ кг}.$$

$$\text{Жавоби: } M_{\text{Ой}} \approx 7 \cdot 10^{22} \text{ кг}.$$

(Ойнинг массаси Ернинг массасидан тахминан 81 марта кичик.)

32- §. ОҒИРЛИК КУЧИ. ЖИСМНИНГ ОҒИРЛИГИ

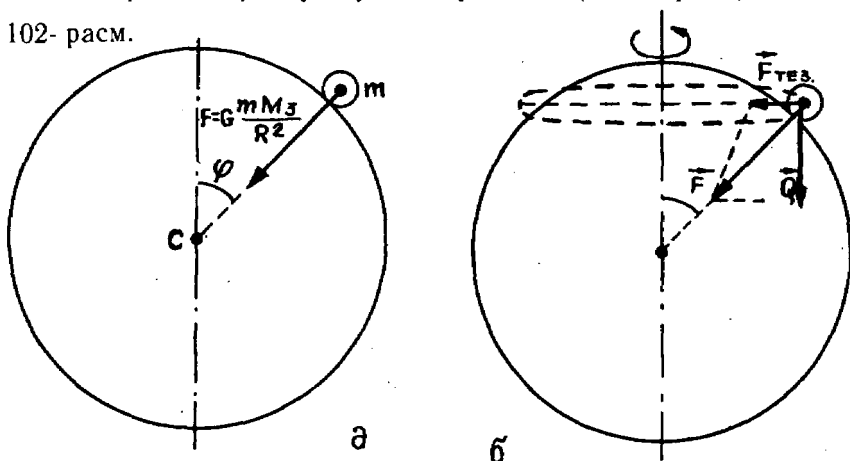
Оғирлик кучи ва оғирлик — ўзаро боғланган иккита тушунча. Уларни караб чиқамиз.

1. Оғирлик кучи. Ердаги ҳамма жисм унга тортилади. Агар Ер бир жинсли шар деб ҳисобланса, у ҳолда тортишиш кучини бутун олам тортишиш қонуни формуласидан фойдаланиб ҳисоблаб чиқиш мумкин:

$$F = G \frac{mM_{\text{Ер}}}{R^2}$$

Бу куч жисмнинг массалар марказига қўйилган ва Ернинг масса марказига радиус бўйича йўналган (102-а расм).

102- расм.



Ердаги ҳар бир жисм унинг ўз ўқи атрофида суткалик айланишида қатнашади. Инерциал санок системаси билан боғланган Ердан ташқаридаги кузатувчи Ерда турган жисм оғирлигига айланиш ўқиға перпендикуляр йўналган $F_{м.и}$ марказга интилма куч таъсир қилади (102-б'расм). Бу куч жисмнинг Ерга тортилишидан ҳосил бўлади.

Жисмнинг Ерга тортилиш кучи ва унинг Ер ўқи атрофида айланишдан ҳосил бўлган марказга интилма кучи орасидаги вектор айирмага оғирлик кучи дейилади:

$$\vec{Q} = \vec{F} - \vec{F}_{м.и}.$$

Марказга интилма куч $F_{м.и} = m\omega^2 r$ га тенг, бироқ $a = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$. Шунинг учун $F_{м.и} = m\omega^2 r$, бунда r — жисмнинг айланиш радиуси. ω — Ер айланишининг бурчак тезлиги. Марказга интилма куч айланиш радиуси r га боғлиқ бўлса, у ҳолда оғирлик кучи географик кенгликка боғлиқ бўлади ва кутблардан ташқари Ер шарининг ҳамма нукталарида тортилиш кучидан кичик бўлади. Ер айланишининг бурчак тезлиги кичик ($\omega \approx 0,08$ рад/с) бўлса, у ҳолда $F_{м.и} \ll F$ бўлади, шунинг учун оғирлик кучи Q Ерга тортилиш кучидан модули бўйича ҳам, йўналиши бўйича кам фарк қилади: $\vec{Q} \approx \vec{F}$.

Оғирлик кучининг қўйилиш нуктасига *жисмнинг оғирлик маркази* деб аталади. Жисм оғирлик марказининг вазияти унинг массалар маркази билан мос келади.

2. Эркин тушиш тезланиши. Оғирлик кучи Ернинг берилган жойида турган ҳамма жисмларга сизга маълум бўлган эркин тушиш тезланиши деб аталадиган бир хил g тезланиш беради: $\vec{g} = \frac{\vec{Q}}{m}$. Бироқ $\vec{Q} \approx \vec{F}$, шунинг учун

$$g = \frac{F}{m} = \frac{G \frac{mM_{Ер}}{R^2}}{m} = \frac{GM_{Ер}}{R^2}.$$

Q оғирлик кучи географик кенгликка боғлиқ бўлса, у ҳолда эркин тушиш тезланиши ҳам, шунингдек жойнинг географик кенглигига боғлиқ бўлади. Кутбда эркин тушиш тезланиши $9,83 \text{ м/с}^2$, экваторда $9,78 \text{ м/с}^2$, 45° кенгликда эса $9,81 \text{ м/с}^2$ га тенг. Тортишиш кучи масофага боғлиқ бўлса, у ҳолда Ер сиртидан h баландликка кўтарилган m массали жисм Ерга

$$F = G \frac{mM_{Ер}}{(R+h)^2}$$

куч билан тортилади.

Шунинг учун эркин тушиш тезланиши Ер сиртидан узоқлашганда ўзгаради. Агар жисм Ер сиртидан h баландликда турган бўлса, у ҳолда эркин тушиш тезланиши учун ифодани қуйидаги кўринишда ёзиш керак:

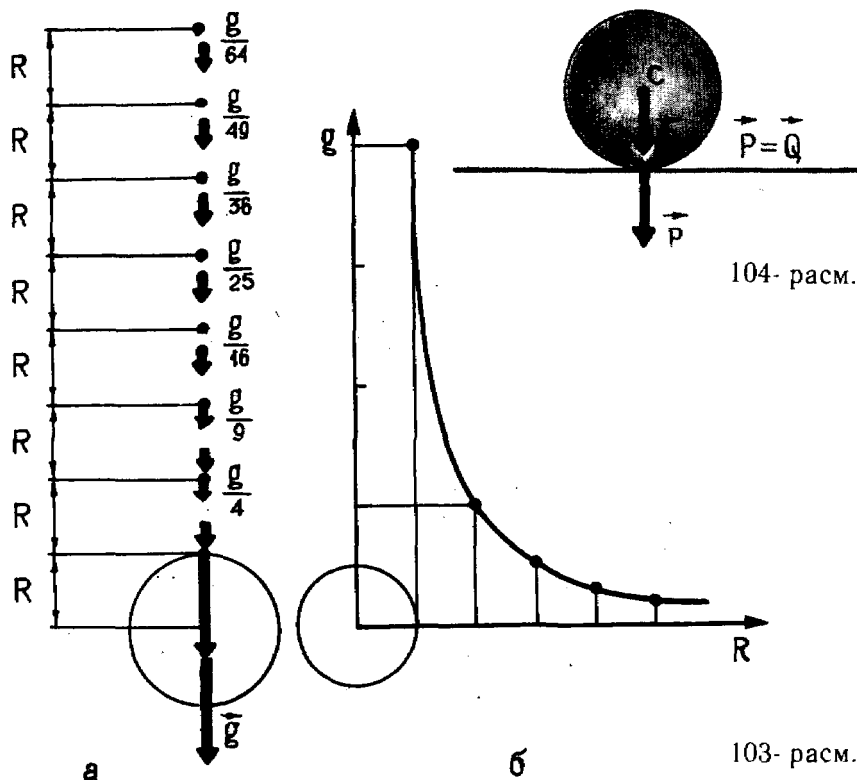
$$g = \frac{GM_{\text{Ер}}}{(R+h)^2}$$

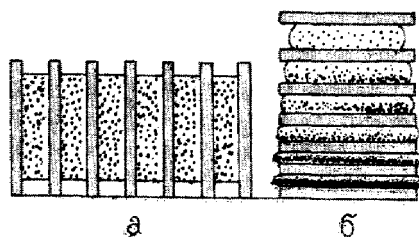
103-расмда эркин тушиш тезланишининг жисмдан Ер сиртига-ча бўлган масофага боғлиқлиги кўрсатилган. График ва формуладан $4R$ га тенг масофада у тахминан 25 марта камаяди. 300 км (45° кенгликда) баландликда эркин тушиш тезланиши $0,86 \text{ м/с}^2$ га камаяди ва $8,95 \text{ м/с}^2$ га тенг.

Келтирилган формуладан Ердан бир неча юз метрда g эркин тушиш тезланишини ўзгармас ва жисмнинг вазиятига боғлиқ эмас деб ҳисоблаш мумкин.

3. Оғирлик. Фараз қилайлик, қандайдир жисм, масалан, шар горизонтал таянчда турибди (104-расм). Агар шар эркин бўлса эди, оғирлик кучи таъсирида Ерга g эркин тушиш тезланиши билан тушар эди, у Ер билан ўзаро таъсирлашади. Бирок шарнинг тушишига таянч қаршилик қилади.

Шар ва таянч ўзаро таъсирлашади. Шар таянчга модули бўйича \bar{Q} оғирлик кучига тенг бўлган \bar{P} куч билан, таянч эса шарга — модули бўйича тенг, бироқ қарама-қарши йўналган \bar{N} таянч реакция кучи билан таъсир қилади.





105- расм.

Жисмнинг (Ерга тортилиши натижасида) таянчга таъсир кучи \vec{P} оғирлик дейилади.

Оғирлик — жисмга эмас, таянчга қўйилган куч эканлигини тушуниш ва эсда сақлаб қолиш муҳимдир. Жисмга бир-бирини мувозанатловчи оғирлик кучи ва таянч реакцияси қўйилган бўлади.

Жисмнинг таянч билан ўзаро таъсирлашиши уларнинг деформацияланишига олиб келади: жисмнинг пастки қисми юқори қисмининг таъсири остида сиқилади. 105-а расмда қаватлари поролондан қилинган, қаватлар орасидаги тўсиқ пўлатдан иборат бўлган ёнига ётқизилган кичик минорача тасвирланган. 105-б расмда худди шу минорача тик турган ҳолда келтирилган. Турган минорачада пастки қаватлари (поролон қистирмалар) юқоридагиларига қараганда кучлироқ деформацияланганлиги кўриниб турибди.

Ҳар биримизнинг танамиз таянч билан ўзаро таъсирлашиш натижасида деформацияланади. Биз бу деформацияни вазилик каби қабул қиламиз. Бу ердан кундалик ишлатиладиган ифода «жисм оғирлиги» келиб чиқади, ҳолбуки оғирлик — жисмга эмас, таянчга қўйилган кучдир.

- ?
1. Қандай куч оғирлик кучи деб аталади?
 2. Эркин тушиш тезланиши жисмнинг массасига боғлиқ эмас. Оғирлик кучи-чи?
 3. Эркин тушиш тезланиши қандай катталикларга боғлиқ?
 4. Оғирлик деб қандай катталikka айтилади?

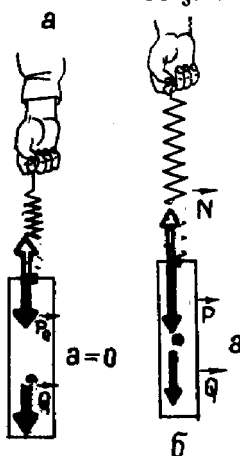
33-§. ЎТА ЮКЛАНИШ ВА ВАЗНСИЗЛИК

Оғирлик ва оғирлик кучи — бу икки хил кучлардир; улар турли хил жисмларга қўйилган ва тенг бўлмаслиги мумкин. Буни кўрсатамиз.

1. **Ўта юкланиш.** Қўзғалувчан динамометрга m массали жисм осамиз (106-а расм). Жисмга унинг массалар марказига қўйилган \vec{Q} оғирлик кучи ва осма (динамометр)нинг \vec{N}_0 реакция кучи таъсир қилади. Динамометр пружинасига \vec{P}_0 оғирлик кучи таъсир қилади. Ньютоннинг учинчи қонуни бўйича

$$\vec{P}_0 = -\vec{N}_0$$

(\vec{P} ва \vec{N} ҳарфлар индексига жисм оғирлигини ва пружинанинг реакция кучини бел-



106- расм.

гиловчи «ноль» индексларни жисм ва динамометр Ер билан боғланган санок системасига нисбатан тинч турганлигини таъкидлаб ўтиш учун қўйдик).

Динамометрни кескин юқорига кўтарамиз. Кўтарилиш пайтида унинг стрелкаси тушади (пасаяди), бинобарин, жисм оғирлиги ортганини (106-б расм) сезамиз. Нима учун бундай бўлганини тушунтирамиз.

Динамометрни кескин юқорига кўтариб, биз жисмни тезланиш билан ҳаракатланишига мажбур қиламиз. Бу ҳолда унга пастга вертикал йўналган \vec{Q} оғирлик кучи вертикал юқорига йўналган деформацияланган пружинанинг \vec{N} реакция кучи таъсир қилади. Бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси $\vec{R} = \vec{N} + \vec{Q}$ Ньютоннинг иккинчи қонунига биноан жисмга тезланиш беради:

$$\vec{a} = \frac{\vec{N} - \vec{Q}}{m} \text{ ёки } m\vec{a} = \vec{N} + \vec{Q}.$$

\vec{N} реакция кучини топамиз:

$$-\vec{N} = \vec{Q} - m\vec{a}.$$

Бироқ таянчнинг реакция кучи модули бўйича оғирликка тенг. Шунинг учун жисм оғирлиги вертикал бўйлаб унинг тезланувчан ҳаракатида

$$\vec{P} = \vec{Q} - m\vec{a}$$

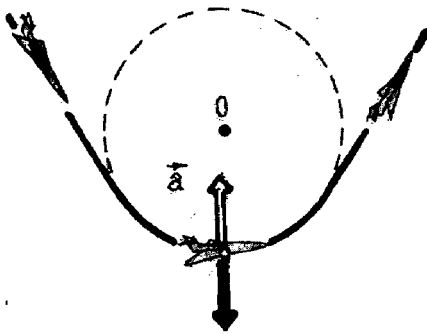
га тенг. Шундай қилиб, жисм юқорига вертикал бўйлаб тезланувчан ҳаракатланганда, унинг оғирлиги та га ортади.

Жисмнинг вертикал бўйлаб юқорига тезланувчан ҳаракатида юзага келган жисм оғирлигининг ортиши ўта юкланиш дейилади. Фазогирлар ўта юкланишни ракета ҳаракатининг актив қисмларида бошидан кечирадилар. Фазогирлар ўта юкланишни организмга зарарли оқибатларидан сақланиши учун старт олдидан махсус кресло ложементга жойлашиб оладилар. Ложементлар фазогир организмга ўта юкланишнинг зарарли таъсирини камайтиради. Лифтда турган йўловчилар лифт тезланиши билан ҳаракатлангандаги бошланғич кўтарилишида ўта юкланишни сезадилар. Бироқ бу ўта юкланиш катталиги ва унинг намоён бўлиш вақти кичикдир.

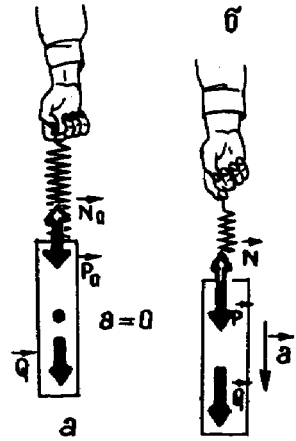
Учувчи катта ўта юкланишни самолётни шўнгиб учишдан олиб чиқишда бошдан кечиради (107-расм). Траекториянинг пастки қисмида самолёт айлана бўйлаб эркин тушиш тезланишига карама-қарши бўлган $a = \frac{v^2}{R}$ марказга интилма тезланиш билан ҳаракатланади. Бинобарин, учувчи траекториянинг пастки нуқта-сида ўриндикка

$$\vec{P} = m\vec{g} + \frac{mv^2}{R}$$

куч билан таъсир қилади.



107- расм.



108- расм.

Кўзгалмас динамометрга m массали жисм осамиз. Асбоб жисмнинг \bar{P}_0 оғирлигини кўрсатади (108-а расм).

Динамометрни кескин пастга тушираемиз. Биз динамометр жисмнинг оғирлигини камайганлиги ҳақида далолат берувчи пружинасининг сиқилганини (108-б расм) сезамиз. Нима учун бу содир бўлганлигини тушунтирамиз. Бу жисмни кескин пасайтириб, унга тезланувчан ҳаракатланишига имкон яратиб бердик. Бу ҳолда унга \bar{Q} оғирлик кучи ва деформацияланган пружинанинг \bar{N} реакция кучи таъсир қилади. Ньютоннинг иккинчи қонунига биноан бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси ҳам жисмга \bar{a} тезланиш беради:

$$\bar{a} = \frac{\bar{Q} - \bar{N}}{m}$$

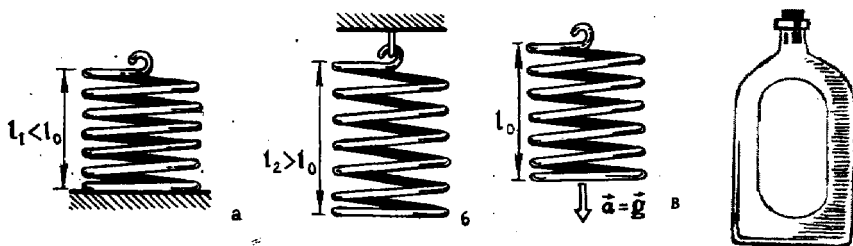
Жисмнинг оғирлигини топамиз. Бизга $P = N$ экани маълум. Жисмнинг вертикал пастга текис тезланувчан ҳаракат ҳоли учун Ньютоннинг иккинчи қонунидан $m\bar{a} = \bar{Q} - \bar{N}$ келиб чиқади, бундан $\bar{N} = m\bar{g} - m\bar{a}$. Бинобарин,

$$\bar{P} = m\bar{g} - m\bar{a}.$$

Шундай қилиб, жисмнинг вертикал бўйлаб пастга тезланувчан ҳаракатида унинг оғирлиги та га камаяди.

Фараз қилайлик, жисм динамометр билан эркин (g тезланиш билан) тушади: у ҳолда $P = m\bar{g} - m\bar{a}$ формуладан бевосита жисм оғирлиги нолга тенг бўлади. Бунга тажрибада ишонч ҳосил қилиш мумкин. Юк ва динамометр эркин турганда охириги стрелка нолинчи бўлимда туриши асбоб пружинасининг деформацияланмаганлигидан далолат беради. Жисмнинг таянч билан ўзаро таъсирлашиши бўлмаганидаги вазияти вазнсизлик дейилади.

Вазнсизлик сабаби фақат бутун олам тортишиш кучи таъсир қилганда жисмга ва унинг таянчига бир хил тезланиш беришидан



109-расм.

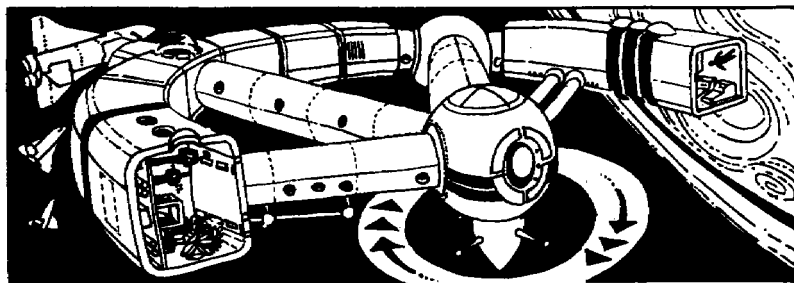
110-расм.

иборат. Шунинг учун фақат бутун олам тортишиш кучи таъсирида ҳаракатланадиган ҳар қандай жисм вазнсизлик ҳолатида бўлади. Вазнсизлик вазиятига, масалан, космик кемаларнинг орбитал учишларида фазогирлар ва уларни ўраб турган предметлар ўтади. Ойнаи жаҳон ёрдамида уларни кузатиб, кемада фазогирларнинг «сузиши»ни кўриш мумкин.

Вазнсизлик ҳолатида жисмларнинг таянч билан ўзаро таъсирлашишидан ҳосил бўлган деформацияланиши йўқолади. Масалан, тагликда устидаги жисм (109-а расм) ҳар доим деформацияланган ҳолатда бўлади, эркин тушишда у деформацияланмаган бўлади (109-в расм). Шундай қилиб, вазнсизлик ҳолатида бўлган ҳамма жисмлар бир хил тезланиш билан ҳаракатланади, молекуляр ўзаро таъсирлашув кучи яхши сезиларли бўлади. Космик кема кабинасида бошқа жисмларга тегмайдиган суюқлик томчилари молекуляр тортишиш кучлари таъсирида шар шаклини эгаллайди. Оддий шароитларда идишга қуйилган суюқлик фақат идишнинг бир қисмини эгаллайди, орбитал космик кема кабинасида эса бутун идиш деворлари бўйлаб тарқалади (110-расм).

3. Масала ечиш намуналари. Космик кемаларда, Ер сунъий йўлдошларида уларни айланишга мажбур қилиб сунъий оғирлик кучини ҳосил қилиш мумкин. Бундай кема схемаларидан бири 111-расмда келтирилган. Агар йўлдош-кема поли айланиш ўқидан 20 м масофада турган бўлса, фазогирлар Ер сиртидаги каби оғирлик кучини ҳис қилишлари учун кема минутига қанча марта айланиши керак?

Шартнинг таҳлили. Саноқ системасини Ер билан боғлаймиз ва фазогир ҳамда космик кеманинг ўзаро таъсирлани-



111-расм.

шини Ердаги кузатувчи нуқтаи назаридан қараб чиқамиз. Фазогир айлана бўйлаб ўқ атрофида ҳаракатланса, у ҳолда айланиш ўқиға перпендикуляр равишда йўналган $\vec{F}_{\text{м.н.}} = \frac{mv^2}{R}$ марказга интилма куч таъсир қилади. Шу куч билан унга кема «поли» таъсир қилади. Бирок Ньютоннинг учинчи қонуни бўйича фазогир кема «поли»га марказдан қочма куч $\vec{F}_{\text{м.к.}} = \frac{mv^2}{R}$ ($\vec{N} = \vec{F}_{\text{м.к}}$ боғланиш реакцияси)га қарама-қарши йўналган куч билан боғланишга таъсир қилади.

Марказга қочма куч «пол» деформацияланишини ҳосил қилади. Марказга интилма куч эса — фазогир томонидан оғирлик кучи каби қабул қилинувчи инсон танасининг деформацияланишини ҳосил қилади.

Фазогирнинг космик кема «поли» билан ўзаро таъсири одамнинг Ер сиртида жойлашган уй поли билан ўзаро таъсирига ўхшашдир. Фақат таъсир ва акс таъсир сабаби ва ҳулосасининг ўринлари алмашгандек.

Келтирилган таҳлилдан биз яна бир марта оғирлик кучини сезиш одам танасининг таянч билан ўзаро таъсир натижаси эканлиғига ишонч ҳосил қилдик.

Ечилиши.

$$mg = \frac{mv^2}{R} \text{ ёки } g = \frac{v^2}{R}. \text{ Бирок } v = 2\pi R\nu. \text{ Бинобарин,}$$

$$g = \frac{4\pi^2 R^2 \nu^2}{R} \text{ ёки } g = 4\pi^2 R\nu^2. \text{ Бундан } \nu = \sqrt{\frac{g}{4\pi^2 R}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{R}}.$$

Ҳисоблашлар:

$$\left. \begin{array}{l} g = 9,8 \text{ м/с}^2 \\ R = 20 \text{ м} \end{array} \right\}$$

$\nu = ?$

$$\nu = \frac{1}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{9,8 \text{ м/с}^2}{20 \text{ м}}} \approx 0,11 \frac{1}{\text{с}};$$

$$\nu = 0,11 \frac{1}{\text{с}} \cdot 60 \text{ с/мин} = 6,6 \text{ айл/мин.}$$

Жавоби: $\nu = 6,6$ айл/мин.

?

1. Ўта юкланиш қачон юз беради? Сиз ўзингиз ўта юкланишни бошдан кечирганмисиз? Қачон?
2. Вазнсизлик нима ва қачон юз беради? Сиз қачонлардир вазнсизлик вазиятида бўлганмисиз?
3. Реактив самолёт учиб траекториясининг қисмларидан бирида вертикал бўйлаб 3g тезланиш билан учди. Учувчи ўта юкланишни бошдан кечира-дими ёки вазнсизлик вазиятида бўладими?

34-§. ТОРТИШИШ МАЙДОНИДА ҲАРАКАТ

(3-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ)

Сиз кинематикани ўрганиб барча жисмлар эркин тушаётиб $9,8 \text{ м/с}^2$ га тенг бўлган тезланиш билан текис тезланувчан ҳаракатланишини, юқорига вертикал отилган жисм эса, ўша тезланиш билан текис секинланувчан ҳаракатланишини билдингиз. Биз динамика қонунларини ва бутун олам тортишиш қонунларини ўрганганимиздан сўнг бундай ҳаракатнинг сабаблари барча жисмларни Ер билан ўзаро таъсири ёки айнан бутун олам тортишиши бўлади. Бироқ жисм Ерда нафақат вертикал бўйлаб ҳаракатланади. Тортишиш майдони таъсирида ҳаракатнинг бошқа турлари билан танишамиз.

1. Горизонтал отилган жисм ҳаракати. Фараз қилайлик, биз *H* баландлик минорадан қандайдир жисмни горизонтал (Ер радиусига перпендикуляр) йўналишида \vec{v}_0 бошланғич тезлик билан улоқтирдик. Жисмнинг ҳавога ишқаланиш кучи жуда кичик бўлганлиги учун уни ҳисобга олмаслик мумкин. Бу ҳолда жисмнинг ҳаракати фақат оғирлик кучи таъсири остида бўлади, деймиз.

Таҳриба шуни кўрсатадики, жисм эгри чизиқ бўйлаб ҳаракатланади ва бирор вақтдан сўнг Ерга тушади (112-расм).

Жисм ҳаракатининг траекториясини аниқлаймиз. Бунинг учун жисмнинг вертикал бўйлаб ўтган *h* масофасини горизонтал бўйлаб босиб ўтган *s* масофага боғлиқлигини топиш керак (*h* баландлик *s* нинг функцияси).

Жисмга пастга вертикал йўналган оғирлик кучидан бошқа ҳеч қандай куч таъсир қилмайди, унинг вертикал бўйлаб ҳаракати текис тезланувчан ҳаракат бўлади, қандайдир *t* вақт ичида босиб ўтилган масофа вақтнинг квадратига пропорционал бўлади:

$$h = \frac{gt^2}{2}.$$

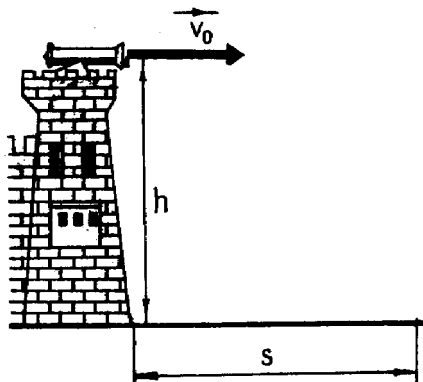
Горизонтал йўналишда жисм инерцияси бўйича \vec{v}_0 ўзгармас тезлик билан ҳаракатланади ва шу *t* вақт ичида $s = v_0 t$ масофани босиб ўтади, бироқ *t* вақтнинг топишган $t = s/v_0$ қийматларини формулага қўйиб,

$$h = \frac{g}{2} \left(\frac{s}{v_0} \right)^2 = \frac{g \cdot s^2}{2 \cdot v_0^2} = \frac{g}{2v_0^2} s^2$$

ни ҳосил қиламиз. $g / 2v_0^2$ катталик ўзгармасдир. Уни *k* ҳарфи билан белгилаб

$$h = ks^2$$

ни ҳосил қиламиз.



112-расм.

Сиз математика курсидан $y=kx^2$ кўринишдаги боғланишни график тарзда парабола бўлиб тасвирланишини биласиз. Бинобарин, *горизонтал отилган жисмнинг ҳаракат траекторияси — учи отиш нуқтасида бўлган параболадир.*

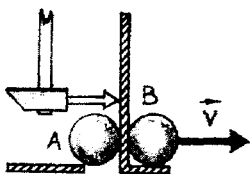
2. Горизонтал отилган жисмнинг ҳаракат вақти. *Н* баландликдан горизонтал отилган жисмнинг ҳаракат вақти, шу баландликдан эркин тушаётган жисмнинг тушиш вақтига тенг. Бу жисм иккала ҳолда бир хил баландликдан пастга айнан бир хил g тезланиш билан текис тезланувчан ҳаракатланиши билан тушунтирилади. Айтилган тасдиқни ўринлилигига кўпгина тажрибаларда ишонч ҳосил қилиш мумкин. Масалан, 113-а расмда кўрсатилган қурилма ёрдамида бир вақтда горизонтал йўналишда *A* шарчани қўйиб юборинг ва *B* шарчани туртиб юборинг. Шарчалар лаборатория полига бир вақтда тушади: фақат полга битта урилиш эшитилади. Агар бу шарчаларнинг тушишини қоронғилаштирилган хонада уларни тенг вақт оралиқларида ёруғ шуъла билан ёритиб туриб расмга олсак, уларнинг бир вақтда тушишини кўрсатувчи фотосурат ҳосил қиламиз (113-б расм).

3. Экспериментал топшириқлар. (3-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ)

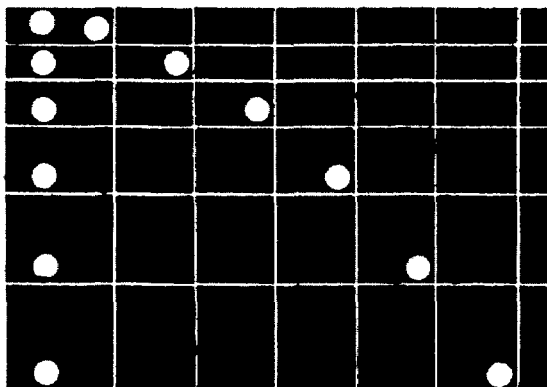
Горизонтал отилган жисмнинг ҳаракати тўғрисидаги юқорида айтилганлар ҳаракат қонунларидан келиб чиқади. Бироқ айтилганларнинг ўринли эканлигини тажрибада текшириш мумкин.

1. Тўғри тўрт бурчакли фанер листини олинг ва унинг устига оқ қоғоз варағини қўйинг, унинг устидан эса бўёқли томонини пастга қаратиб нусха кўчириш қоғозини қўйиб, қоғоз варақларини кнопка билан маҳкамланг.

2. 144-расмда кўрсатилган қурилмани йиғинг; новнинг эгилган учи горизонтал жойлашишига эришинг.



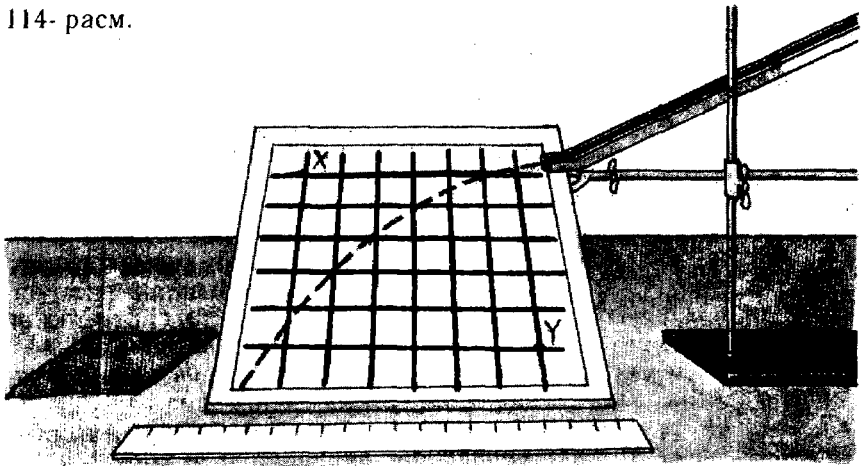
a



б

113-расм.

114- расм.



3. Шарчани (новнинг турли хил баландликларидан) бир неча марта қўйиб юборинг.

4. Курилмани очиб, шарча думалаб оқ қоғозда ўзининг ҳаракат изларини қолдирганини кўрасиз.

5. Қоғоз вараққа координаталар ўқини 114-расмда кўрсатилгандек қилиб чизинг.

6. Вақтнинг ихтиёрий масштабини олинг ва шарчанинг тенг ораликларида вертикал йўналишдан қанча кўчишини ўлчанг.

7. Шарчанинг ҳаракатланиш тезланишини вертикал йўналишда ўзгармаслигига ишонч ҳосил қилинг.

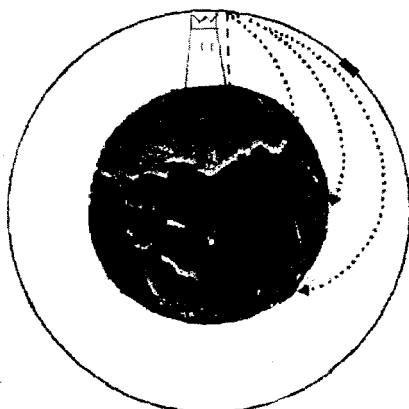
?

1. Горизонтал отилган жисмнинг қандай ҳаракатланишини тушунтиринг.
2. Горизонтал отилган жисмнинг ҳаракат траекторияси — парабола эканлигини исботланг.
3. H баландликдан горизонтал отилган жисмнинг ҳаракат вақти шу баландликдан эркин тушаётган жисмнинг ҳаракат вақтига тенглигини қандай исботлаш мумкин?

35-§. ЕРНИНГ СУНЬИЙ ЙЎЛДОШЛАРИ

Сиз олдинги параграфда \vec{v} тезлик бўйича горизонтал отилган жисм парабола бўйича ҳаракатланиб, горизонтал йўналишда $s = vt$ масофани учиб ўтишини билдингиз. Бунда Ер сирти горизонтал деб тасаввур қилинди. Бундай тасдиқ ўринли, чунки отиш тезлиги кичик. Агар отиш тезлиги секин-аста ортириб борилса, қандай ҳодиса содир бўлишини кўрамиз.

1. Ернинг сунъий йўлдошлари. $s = vt$ формуладан кўринадики, отиш тезлиги қанча катта бўлса, жисм минора тагидан шунча узоққа тушади (112- расмга қаранг). Ньютон бу масалани қараб чиқди ва бирор тезликда жисм Ерга қайтиб тушмай, унинг йўлдошига айланиб, Ер атрофида айлана (115- расм) бўйлаб



115-расм.

ҳаракатланишини исботлади. (Ернинг табиий йўлдоши — Ой). Бу шунинг учун содир бўладики, горизонтал отилган жисм Ерга тушади, Ер эса худди шундай масофага жисм остидан кетади. Натижада жисм Ер сиртидан h баландликда ҳаракатланади.

2. Биринчи космик тезлик.

Горизонтал отилган жисм айлана бўйлаб Ер сирти яқини атрофида ҳаракатлана бошлайдиган тезлиги *биринчи космик тезлик* дейилади.

Ер атрофида айланма орбитада унча катта бўлмаган

$h(h \ll R)$ масофада айланувчи йўлдош учун биринчи космик тезликни ҳисоблаймиз. Бундай ҳолда йўлдошнинг марказга интилма тезланиши эркин тушиш тезланишига тенг: $a=g$. Бироқ марказга интилма тезланиш $a = \frac{v^2}{R}$ га тенг, бунда R — Ер радиуси, бино-

барин, $\frac{v^2}{R} = g$. Бу ердан $v = \sqrt{gR}$.

Бу формулага $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ ва $R = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$ қўйиб,

$$v = \sqrt{9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 6,37 \cdot 10^6 \text{ м}} \approx 7,9 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

ни ҳосил қиламиз. Бу тезликни йўлдошга айланиш радиусига перпендикуляр равишда бериш зарур.

Деярли секундига саккиз километр — бу соатига 29 минг километр атрофида бўлади! Жисмга бундай тезлик бериш, албатта осон эмас. Фақат 1957 йилда олимлар ва муҳандислар инсоният тарихида қувватли ракета ёрдамида массаси 83 кг бўлган жисмга биринчи космик тезлик беришга эришишди. Шу жисм Ернинг биринчи сунъий йўлдошига айланди.

Ер атрофида йўлдошларнинг ҳаракати фақат битта куч — бутун олам тортишиш кучи таъсири остида содир бўлади. Бу куч уларга ва унда турган ҳамма жисмларга бир хил тезланиш беради. Шунинг учун йўлдошларга ҳамма жисм, шу жумладан фазогир ҳам вазнсизлик вазиятида бўлади (33-§ га қаранг).

m массали йўлдош учун h баландликда биринчи космик тезликни ҳисоблаймиз.

Йўлдошнинг Ер сиртидан h баландликдаги айлана бўйлаб ҳаракатида унинг марказга интилма тезланиши

$$a_h = \frac{v_h^2}{R+h}$$

га тенг.

Бу тезланишни йўлдошга Ернинг тортиш кучи беради:

$$F = G \frac{mM_{\text{Ер}}}{(R+h)^2}$$

Ньютоннинг иккинчи қонунига биноан

$$a_h = \frac{F}{m} = \frac{GmM_{\text{Ер}}}{m(R+h)^2} = \frac{GM_{\text{Ер}}}{(R+h)^2},$$

бинобарин, $\frac{GM_{\text{Ер}}}{(R+h)^2} = \frac{v_h^2}{R+h}$, бундан $v_h^2 = \frac{GM_{\text{Ер}}}{R+h}$ ёки $v_h = \sqrt{\frac{GM_{\text{Ер}}}{R+h}}$.

3. Ернинг сунъий йўлдошлари қандай учиради? Масалан, Ер сиртидан 300 км баландликда доиравий орбита бўйлаб айланувчи йўлдошнинг биринчи космик тезлиги:

$$v_{300} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2 \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{кг}}{637 \cdot 10^3 \text{м} + 30 \cdot 10^3 \text{м}} \approx 7,73 \text{ км/с}.$$

Ернинг сунъий йўлдошларини учуриш учун уни элитувчи-ракета ёрдамида атмосферанинг юқори қатламига чиқарилади, кейин эса бир вақтда биринчи космик тезликкача тезликни оширади ва ҳисоблаш мумкин бўлган баландликкача кўтарилади. Бунда ҳисоблаш баландлигида тезлик вектори йўлдош айланиши керак бўлган айлана радиусига перпендикуляр равишда йўналиши керак. 116-а расмда Ернинг сунъий йўлдошини траектория схематик тарзда, 116-б расмда эса Ернинг биринчи сунъий йўлдошининг нусхаси кўрсатилган.



116- расм.

?

1. Нима учун сунъий йўлдош Ерга қулаб тушмайди?
2. Ер атрофида унча катта бўлмаган баландликда айланаётган йўлдош учун биринчи космик тезликни ҳисоблаб топинг.
3. 122- ва 123-бетларни диққат билан ўқиб чиқинг. 300 км баландликда айланаётган йўлдош учун биринчи космик тезликни топинг.
4. Ракетага юқорига вертикал йўналган 8 км/соат тезлик берилди. Бу ракета Ернинг сунъий йўлдоши бўлиши мумкинми?

6-МАШҚ

1. Ер ва Ой орасидаги ўзаро тортишиш кучини топинг. (Жавоби: $F \approx 2 \cdot 10^{20}$ Н.)
2. Массаси 10 т бўлган автомобиль эгрилик радиуси 50 м бўлган қавариқ кўприк бўйлаб 54 км/соат тезлик билан ҳаракатланади. Автомобилнинг кўприк ўртасидан ўтаётгандаги босим кучини аниқланг. (Жавоби: $N = 5,3 \cdot 10^4$ Н.)
3. Юқоридаги масалани ботиқ кўприк учун ечинг. (Жавоби: $N = 1,43 \cdot 10^4$ Н.)
4. Экваторда массаси 1 кг бўлган жисмнинг оғирлигини аниқланг.
5. Агар жисм горизонтал йўналишда тезланиш билан ҳаракатланса, унинг оғирлиги ўзгарадими?

6. Ер сунъий йўлдошининг айланиш даври 24 соат бўлиши учун у қандай баландликда бўлиши керак? (Жавоби: $H = 3,6 \cdot 10^4 \text{ км}$).
7. Фазогир А. Леонов:
 - а) орбита бўйлаб учаётганда космик кема кабинасида; б) кемадан очик космосга чиққанда вазнсизлик вазиятда бўлган эдимиз?
8. Агар Ер йўлдоши доиравий орбита бўйлаб Ер сиртидан 200 км масофада ҳаракатланса, унинг айланиш даврини аниқланг. (Жавоби: $T = 5200 \text{ с}$).
9. Ер сунъий йўлдоши 390 км баландликда доиравий орбита бўйлаб айланади. Унинг айланиш даврини аниқланг. (Жавоби: $T = 5500 \text{ с}$).
10. Геофизик ракета юқорига вертикал учирилди ва 500 км баландликка кўтарилди. Унга қандай бошланғич тезлик берилган? Кўтарилиш қисмида оғирлик кучининг ўртача тезланиши $9,1 \text{ м/с}^2$ га тенг деб ҳисобланг. (Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг). (Жавоби: $v_0 \approx 3 \text{ км/с}$).

VI БОБНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

1. Барча жисмлар орасида ўзаро тортишиш мавжуд. Жисмларнинг ўзаро тортишиш кучи 1667 йилда Ньютон томонидан кашф қилинган бутун олам тортишиш қонуни билан аниқланилади. Жисмларнинг ўзаро тортишиши уларнинг гравитацион майдони орқали амалга оширилади.
2. Бутун олам тортишиш қонуни қуйидагича таърифланади: икки жисм (моддий нукта каби қаралаётган) бири-бирига уларни туташтирувчи тўғри чизик бўйлаб йўналган уларнинг массалари кўпайтмасига тўғри ва улар орасидаги масофалар квадратига тесқари пропорционал бўлган куч билан тортилади, яъни

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2},$$

бунда G — гравитацион доимий.

3. Гравитацион доимий бир-бирдан 1 м масофада турган ҳар бирининг массаси 1 кг дан бўлган иккита моддий нукта (шарлар)нинг тортишиш кучига сон жиҳатдан тенг:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2.$$

4. Жисмни ерга тортилиш кучи ва уни Ер ўқи атрофида айланишидан юзага келган марказга интилма куч орасидаги векторлар айирмасига оғирлик кучи деб аталади. У жисмнинг массалар марказига қўйилган ва $Q = mg$ формула бўйича ҳисобланган бўлиши мумкин.
5. Оғирлик кучини оғирликдан фарқ қилиш керак. Жисмнинг Ерга тортилиши натижасида таянч ёки осмага таъсир қилиш кучига оғирлик деб аталади; оғирлик таянчга қўйилган. Оғирлик жисмнинг ҳаракат тезланишига боғлиқ ва қуйидаги формула бўйича аниқланиши мумкин:

$$P = m(g \pm a).$$

Жисм эркин тушганда ($a = g$ вазнсизлик вазиятида оғирлик нолга тенг), юкорига вертикал бўйлаб тезланувчан ҳаракатда эса ўта юкланиш вазияти юзага келади.

6. Агар Ер сирти яқинида турган жисмга горизонтал йўналишда 8 км/с атрофида (биринчи космик тезлик) тезлик берилса, у доиравий орбита бўйлаб Ер атрофида айланаётган сунъий йўлдошга айланади.

VII боб. ИШҚАЛАНИШ МАВЖУД БЎЛГАНДАГИ ҲАРАКАТ

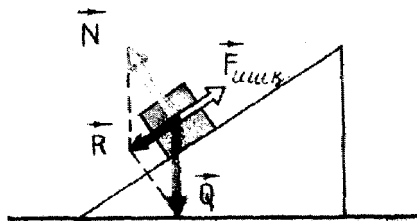
36-§. ТАШҚИ ИШҚАЛАНИШ

(4-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ)

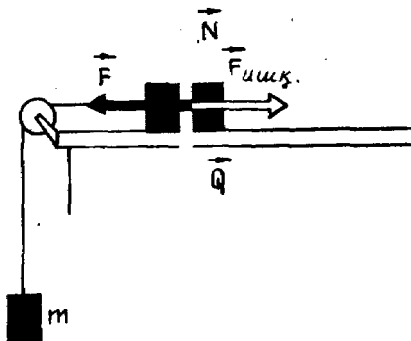
Жисмлар ҳаракатланганда улар орасида ишқаланиш кучи юзага келади. Икки жисмнинг бир-бирига тегиб турган сиртларнинг ўзаро таъсир кучи *ташқи ишқаланиш кучи* деб аталади. Ташқи ишқаланиш нафақат жисмлар ҳаракатланганда, балки жисм нисбий тинчликда бўлганда ҳам мавжуд бўлади. Масалан, қия текисликда турган тахтача (117-расм) $\vec{F}_{\text{ишқ.}}$ ишқаланиш кучи оғирлик кучи Q ва таянчининг реакция кучи \vec{N} ларнинг тенг таъсир этувчиси \vec{R} ни мувозанатлаб тургани учун сирпанмай тинч ҳолатда бўлади.

1. Тинчликдаги ишқаланиш. Тинчликдаги ишқаланишни ўрганиш учун столнинг горизонтал сиртига оғир тахтача қўямиз ва унга блок орқали ўтказилган ип боғлаймиз (118-расм). Ипга m массали юк осамиз. Тахтача ҳаракатланмайди. Бинобарин, унга таъсир этувчи барча кучлар ўзаро мувозанатланган. Бу кучларни қараб чиқамиз.

Тахтачага Q оғирлик кучи ва уни мувозанатловчи \vec{N} реакция кучи, шунингдек ип томонидан таъсир қилаётган \vec{F} куч таъсир қилади. \vec{F} кучни қайси куч мувозанатлайди? Уни мувозанатловчи ягона куч жисмларнинг бир-бирига тегиб турган сиртлари бўйлаб йўналган \vec{F} кучга қарама-қарши бўлган $\vec{F}_{\text{ишқ.}}$ ишқаланиш кучи бўлиши мумкин: $\vec{F}_{\text{ишқ.}} = -\vec{F}$.



117- расм.



118- расм.

Ипга биринчи юкка тенг яна битта юк кўшамиз. Тахтача олдингидек ҳаракатланмайди. Бинобарин, $2\vec{F}$ кучни ҳам ишқаланиш кучи мувозанатлайди. Биз аста-секин юкларни қўшиб бориб, ниҳоят, тахтача ҳаракатлана бошлаганини сезамиз.

Биз ўтказган тажрибалар қуйидагилардан далолат беради:

1) ишқаланиш кучи тахтача стол сирти бўйлаб ҳаракатланганда мавжуд бўлмасдан, у столга нисбатан тинч ҳолатда бўлганда мавжуддир. Бир-бирига нисбатан қўзғалмас бўлган сиртлар орасидаги ишқаланиш *тинчликдаги ишқаланиш* дейилади;

2) тинчликдаги ишқаланиш кучи ҳар доим жисмга унинг бошқа жисм тегиб турган сиртига параллел йўналишда қўйилган кучга модули бўйича тенг ва унга қарама-қарши йўналади.

Тинчликдаги максимал ишқаланиш кучи нимага ва қандай боғланганлигини ойдинлаштирамиз. Тахтачанинг устига оғир тош қўйиб, юқорида тавсифланган тажрибани такрорлаймиз. Тажриба юқоридагига ўхшаш бўлиб ўтади, бироқ бу ҳолда тинчликдаги ишқаланиш кучининг максимал қиймати катта бўлади. Тажрибада фақат бир-бирига тегиб турган сиртларга таъсир қилаётган босим кучи ўзгарса, у ҳолда қуйидагича хулоса чиқариш мумкин: тинчликдаги максимал ишқаланиш кучи босим кучига пропорционал. Биз тажрибани неча марта такрорламайлик, ҳар гал натижа айнан бир хил бўлади: олинган икки сирт учун тинчликдаги максимал ишқаланиш кучи босим кучига пропорционал бўлади. Бироқ, Ньютоннинг учинчи қонуни бўйича босим кучи таянчнинг реакция кучига тенг. Бинобарин, тинчликдаги ишқаланиш кучи босим кучига ёки таянчнинг реакция кучига пропорционал бўлади:

$$F_{\text{ишқ}} \sim N.$$

Агар бошқа материалдан ясалган тахтача олинса ва юқорида тавсифланган тажрибага ўхшаш тажриба ўтказилса, бу ҳолда ҳам тинчликдаги максимал ишқаланиш кучи босим кучига боғлиқ бўлади. Лекин унинг қиймати бошқача бўлиб чиқади. Бинобарин, тинчликдаги максимал ишқаланиш кучи бир-бирига тегиб турган сиртларнинг материалига боғлиқ. Буни қуйидагича ёзамиз:

$$F_{\text{ишқ}} \sim \mu_0.$$

μ_0 катталиқ *тинчликдаги ишқаланиш коэффициентини* дейилади. Шундай қилиб, тинчликдаги ишқаланиш кучи N босим кучига ва бир-бирига тегиб турган сиртларнинг материалига боғлиқ:

$$F_{\text{ишқ}} = \mu_0 N^1$$

¹ Формула вектор шаклда ёзилмаган, чунки ишқаланиш кучи босим кучига ва таянчнинг реакция кучига перпендикуляр.

Биз ўтказган тажрибалар тинчликдаги ишқаланиш кучи ҳаракат бошланишига қаршилиқ қилишдан, бир-бирига тегиб турган жисмларни нисбий тинчликда ушлаб туришидан далолат беради. Бирок тинчликдаги ишқаланиш кучи жисм ҳаракатининг тезланишни сабаби бўладиган ҳоллар ҳам бўлади. Биз юрганимизда пойабзал тагчармига таъсир қилувчи $\vec{F}_{\text{ишқ}}$ тинчликдан ишқаланиш кучи бизга тезланиш беради (119-а расм). Тагчарм орқага сирпанмайди ва демак, у билан таянч (йўл) орасидаги ишқаланиш — тинчликдаги ишқаланишдир. $\vec{F}_{\text{ишқ}}$ тинчликдаги ишқаланиш кучига модули бўйича тенг, бирок қарама-қарши йўналган \vec{F} куч таянчга тезланиш беради.

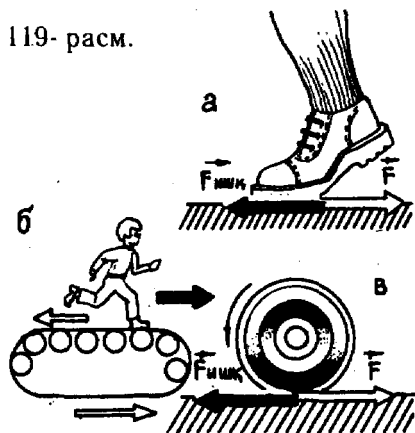
Айтилганларни яққолроқ тасаввур қилиш учун, одам оддий йўлдан эмас, балки ҳаракатланувчи роликлар устига ўрнатилган махсус йўлкада югурмокда деб фараз қилайлик (119-б расм). Бу ҳолда югураётган одам йўлни итариб, уни тескари томонга ҳаракатланишига мажбур қилади. Бундай йўлқалардан спортчи ва фазогирлар машқ қилиш учун фойдаланадилар.

Худди шундай тарзда автомобиль гилдираклари ва бошқа ҳаракатланувчи қурилмалар йўлдан тинчликдаги ишқаланиш кучига (модули бўйича тенг ва қарама-қарши йўналган) тенг куч билан итарилади (119-в расм).

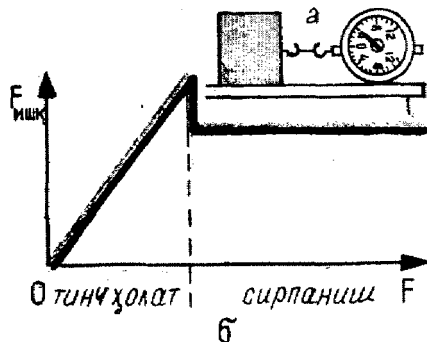
2. Сирпаниш ишқаланиш кучи. Тахтачани кўл билан тортамыз, ишқаланиш кучини эса динамометр ўлчайди (120-а расм). Кучланишини аста-секин орттириб, тинчликдаги ишқаланиш кучи ҳам шунингдек аста-секин $F_{\text{ишқ,мах}}$ нинг максимал қийматигача ортишини сезамиз. Бирок, брусок ҳаракатлана бошлагандан сўнг ишқаланиш кучи тинчликдаги ишқаланиш кучидан кичик бўлиб қолади (120-б расм).

Бир жисм бошқа жисм сиртида ҳаракатланганда ҳосил бўладиган ишқаланиш кучига сирпаниш ишқаланиш кучи дейилади; сирпаниш ишқаланиш кучи жисмнинг тегиб турган бошқа жисмга нисбатан кўчишига қарама-қарши йўналган бўлади.

119- расм.



120- расм.



Тинчликдаги ишқаланишнинг максимал кучи каби сирпаниш ишқаланиш кучи ҳам босим кучи (таянч реакцияси)га пропорционал ва уринувчи сиртларнинг материалига боғлиқ:

$$F_{\text{ишқ.}} = \mu_c N$$

μ_c катталиқ сирпаниш ишқаланиш коэффициентини дейилади. Сирпаниш ишқаланиш коэффициентини ишқаланиш кучини таянчнинг реакция кучига нисбатига тенг:

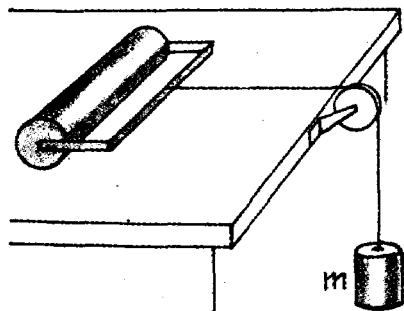
$$\mu_c = \frac{F_{\text{ишқ.}}}{N}$$

Ишқаланиш коэффициентини одатда бирдан кичик бўлади. 2-жадвалда баъзи материаллар учун сирпаниш ишқаланиш коэффициентини қийматлари келтирилган.

2-жадвал

Материаллар	μ_c
Бронза билан чўян	0,20—0,21
Еғоч билан ёғоч	0,34—0,40
Пўлат билан пўлат	0,05—0,12
Пўлат билан муз	0,015—0,02
Пўлат билан бронза	0,07—0,15

Сирпаниш ишқаланиш коэффициентини қийматига боғлиқ равишда уринувчи сиртлар жуфти икки гуруҳга бўлинади: катта сирпаниш ишқаланиш коэффициентига (0,5—0,6 гача) эга бўлган фриктион¹ ва кичик сирпаниш ишқаланиш коэффициентига (0,15—0,12) эга бўлганлари эса антифриктион сирпаниш сиртлари.



121-расм.

3. Думалаш ишқаланиши.

121-расмда тасвирланган қурилмани йиғамиз. Илга боғланган идишга юк осиб, цилиндрни жуда кичик куч таъсири остида думалашини сезамиз. Бинобарин, думалаётган цилиндрни горизонтал текисликка ишқаланиши кичик.

Цилиндрни айлантirmайдиган шпилька қўйиб, тажрибани такрорлаймиз. Биз цилиндр ишқаланиши учун думаланишига қараганда жуда катта куч қўйиш кераклигини аниқлаймиз.

¹ Латинча сўз бўлиб, frictio — ишқаланиш деган маънони билдиради.

Ўтказилган тажрибалар шуни кўрсатадики, бир хил шароитда ишқаланиш кучи сирпаниш ишқаланиш кучидан сезиларли даражада кичик бўлар экан. Шунинг учун ишқаланиш кучини камайтириш керак бўлган ҳолларда ишқаланувчи сиртларнинг сирпаниши ундаги ғилдираклар, роликлар ва золдирлар думалаш билан алмаштирилади. Шунинг учун роликли ва золдирли подшилликлардан фойдаланилади.

Айнан бир хил материалдан тайёрланган иккита бир хил диаметрли цилиндр оламиз: биттасининг ичи ҳавол, иккинчиси эса яхлит — улар горизонтал сирт бўйлаб думалаганда таъсир қиладиган ишқаланиш кучини ҳисоблаймиз. Биз цилиндрларнинг оғирлик кучи қанча катта бўлса, ишқаланиш кучи шунча катта бўлишини аниқлаймиз, яъни думалаш ишқаланиш кучи босим кучига тўғри пропорционал, босим кучи модули бўйича таянчининг реакция кучига тенг бўлгани учун:

$$F_{\sigma} \sim N.$$

Энди массалари ва узунликлари тенг бироқ биттасининг радиуси иккинчисига қараганда кичик бўлган иккита цилиндр оламиз. Тажрибалар кўрсатадики, катта радиусли цилиндрда думаланиш ишқаланиш кучи радиуси кичик цилиндрга қараганда кичик бўлар экан:

$$F_{\sigma} \sim \frac{1}{R}.$$

Тажриба натижаларини умумлаштириб қуйидагиларни оламиз:

$$F_{\sigma} \sim \frac{N}{R}.$$

Тенглик ишорасига ўтиш учун пропорционаллик коэффициентини қўйиш керак:

$$F_{\sigma} = \mu_{\sigma} \frac{N}{R},$$

μ_{σ} — коэффициентни думаланиш ишқаланиш коэффициентини дейилади.

$F_{\sigma} = \mu_{\sigma} \frac{N}{R}$ формуладан кўринадики, думаланиш ишқаланиш коэффициентини — ўлчамликка эга; у метрларда ифодаланади. Думаланиш ишқаланиш коэффициентини ишқаланувчи жисмлар материалига ва думаланиш тезлигига боғлиқ. Шундай қилиб, пўлат билан пўлат бўйича $\mu_{\sigma} = 0,1 - 0,2$ м, автомобиль асфальт бўйича ҳаракатланганда ғилдиракларининг резинаси учун — 2 м.

4. Сирпаниш ишқаланиш коэффициентини экспериментал аниқлаш (4- лаборатория иши).

Юқорда айтилгандек, сирпаниш ишқаланиш коэффициентини ишқаланиш кучини босим кучига (таянч реакцияси) нисбатига тенг:

$$\mu_c = \frac{F_{\text{ишк.}}}{N}$$

Ишдан мақсад: тахтачани горизонтал чизғич бўйлаб текис ҳаракатлантирганда қуйидаги тўртта ҳол учун унинг массасини ва ишқаланиш кучини аниқлаш: 1) битта тахтача; 2) битта юкли тахтача; 3) иккита юкли тахтача; 4) учта юкли тахтача.

Керакли асбоб ва материаллар: илгакли тахтача, узун ёғоч ёки чизғич, динамометр, массаси 100 г дан бўлган учта юк.

Ўлчашларда натижалари бўйича қуйидагиларни ҳисобланг.

1) ҳар бир тажрибада μ_c ишқаланиш коэффициентини;

2) ҳамма тажрибаларда олинган μ_c нинг $\mu_{\text{ўр}}$ ўртача қиймати-

ни;

3) ҳар бир тажрибада $\Delta\mu_c$ хатоликни;

4) $\Delta\mu_{\text{ўр}}$ ўртача арифметик хатоликни.

Жадвалга ўлчашлар ва ҳисоблашлар натижаларини ёзинг.

Тажриба №	$F_{\text{ишк.}}$	N	μ_c	$\Delta\mu_c$	$\mu_{\text{ўр}}$	$\Delta\mu$

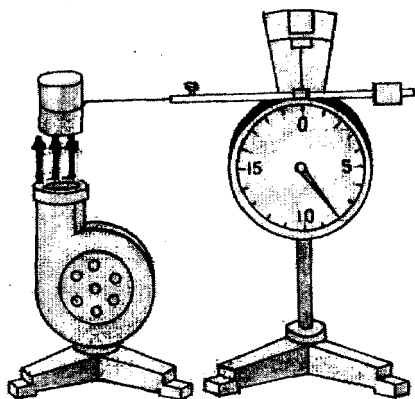
Сирпаниш ишқаланиш коэффициентини қуйидаги кўринишда ёзинг:

$$\mu_c = \mu_{\text{ўр}} \pm \Delta\mu_{\text{ўр}}$$

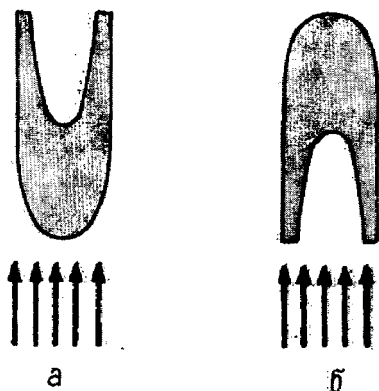
- ?
1. Қандай ишқаланиш ташқи ишқаланиш деб аталади?
 2. Тинчликдаги ишқаланиш кучи формуласини ёзинг ва уни тушунтиринг.
 3. Сирпаниш ишқаланиш кучи учун формулани ёзинг ва унга кирган катталикларни тушунтиринг.
 4. Думаланиш ишқаланиш кучи радиусга қандай боғлиқ?

37*- §. ЖИСМЛАР СУЮҚЛИҚЛАРДА ВА ГАЗЛАРДА ХАРАКАТЛАНГАНИДА ДУЧ КЕЛАДИГАН ҚАРШИЛИГИ

Велосипедда юрганда, бассейнда сузганда бизнинг ҳаракатимизга атрофдаги муҳитнинг қаршилигини сезамиз. Жисмлар ҳаракатига қаршилик қилаётган муҳитнинг қаршилиги нимага ва қандай боғлиқлигини тушунтирамиз. Бунинг учун лаборатория тарозиларига қўндаланг кесим юзи унча катта бўлмаган цилиндрни ўрнатамиз ва ҳаво пуфлагич асбобни ишга туширамиз (122-расм). Биз тарози мувозанатдан чиққанини ва уларнинг кўрсаткичи цилиндрдаги ҳавонинг босим кучини кўрсатганини кўрамиз. Агар ҳаво ҳаракатланмасдан, цилиндрнинг ўзи ҳавода ҳаракатланса, у ҳолда жисм модули бўйича худди шундай бўлган қаршилик кучига учраган бўлар эди. Ҳаво оқимининг тезлигини ошириб (бунинг учун ҳаво пуфлагич асбоб вентиляторини



122- расм.



123- расм.

нинг айланиш тезлигини оширамиз), қаршилик кучининг кескин ортганини кўрамиз. Тажриба, жисмнинг ҳаракатига ҳаво (муҳит)нинг кўрсатадиган қаршилиги унинг ҳаракатланиш тезлигига боғлиқлигидан далолат беради.

Ҳаво окимининг тезлигини шундай танлаймизки, бунда демонстрацион динамометрнинг стрелкаси бир билан белгиланган бўлимда тўхтасин. Цилиндри кўндаланг кесим юзи катта бўлган бошқа цилиндр билан алмаштирамиз. Қаршилик катта бўлади. Цилиндри кўндаланг кесим юзи кичик бўлган цилиндр билан алмаштириб, ҳаво қаршилигининг камайганини пайқаймиз. Бинобарин, жисмлар ҳаракатига ҳавонинг қаршилиги уларнинг кўндаланг кесим юзига боғлиқ.

Энди демонстрацион динамометрга кўндаланг кесим юзи бўлгани тажрибада фойдаланилган цилиндрникидек бўлган, бироқ асоси 123-расмда кўрсатилган шаклга эга бўлган цилиндрни маҳкамлаймиз. Ҳаво пуфлагич асбобни электр тармоғига улаб, биз цилиндрнинг ҳаракатига ҳавонинг қаршилиги (123-а расм) ясси асосли цилиндрнинг ҳаракатига кўрсатилган қаршиликка қараганда кичиклигини сезамиз. Уни айлантириб, 123-б расмда кўрсатилганидек қилиб жойлаштирамиз. Тажрибани такрорлаб, қаршиликнинг кескин ортганини пайқаймиз. Тажрибалардан маълум бўладики, айнан бир хил нисбий тезликда ҳамда бир хил кўндаланг кесим юзига эга бўлган жисмларнинг ҳаракатига ҳавонинг қаршилиги жисмнинг шаклига боғлиқ бўлар экан.

Жуда кичик қаршиликка учрайдиган жисм шакли суйри шакл дейилади. Сувда ва ҳавода катта тезликларда ҳаракатланувчи ракета, самолётлар, автомобиллар, кемалар ва бошқа машиналарга суйри шакли берилади.

Пойгада катнашаётган спортчилар катта тезликларга эришиш учун суйри шаклни олишга интиладилар.

Ҳаракатланаётган жисмга муҳитнинг қаршилик кучи жисм сиртларининг ишланишига боғлиқ. Шунинг учун, масалан,

конкида югирувчилар, чанғичилар ва велосипед ҳайдовчилар махсус «силлик» материалдан тайёрланган костюмлар кийиб оладилар.

Қаршилик кучи муҳитнинг хоссаларига боғлиқ (сувда масалан, ҳаракатга қаршилик ҳаводагига қараганда жуда кўп марта катта).

Аниқ тажрибаларда унча катта бўлмаган тезликларда ҳаракатланганда қаршилик кучи тезлик ортиши билан чизикли ортиши аниқланган:

$$F_{\text{қарш.}} = kv$$

Қаршилик кучи тезликка қарама-қарши йўналган.

k коэффициент ҳаракатланаётган жисм сиртининг ҳолатига шаклига, ўлчамларига ва муҳитнинг хоссаларига боғлиқ. Катта тезликларда чизикли қонун квадратик қонунга ўтади:

$$F = kv^2$$

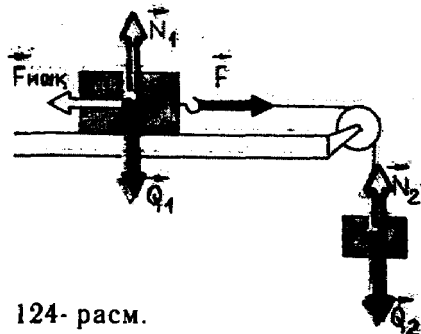
?

1. Жисмнинг суюқликда ҳаракатланганда дуч келадиган қаршилик нимага боғлиқ?
2. Нима учун пойгада қатнашувчи велосипедчи рулга эгилиб олади?
3. Нима учун пойга велосипедларининг кегайлари диск билан алмаштирилади?

Масала ечиш намуналари.

Ишқаланиш кучи жисмларнинг ҳаракатига сезиларли таъсир кўрсатади. Ҳар қандай куч сингари ишқаланиш кучи ҳам жисмларга тезланиш беради. Бу тезланишнинг характерли хусусияти шундан иборатки, у ҳар доим ҳаракат тезликларига қарама-қарши йўналган¹. Ишқаланиш кучи муҳим роль ўйнаган бир нечта масалани ечишга мисолларни қараб чиқамиз.

1. Горизонтал столда турган массаси $m_1=5$ кг бўлган / тахтачага қўзғалмас блок орқали ўтказилган енгил чўзилмайдиган ип боғланган (124-расм). Ипнинг бўш учига массаси $m_2=2$ кг бўлган 2 жисм босилган. Ипнинг таранглик кучини топинг. Тахтачани столга ишқаланиш коэффициенти 0,2 га тенг. (Блокдаги ишқаланишни ҳисобга олманг)



124- расм.

Шартнинг таҳлили.

1. Брусок Ер, стол ва ип билан ўзаро таъсирлашади. Унга Q_1 оғирлик кучи, столнинг N_1 реакция кучи, $F_{\text{ишқ.}}$ ишқаланиш кучи ва ипнинг F реакция

¹ Бу айтилганлар тинчликдаги ишқаланиш кучига тааллуқли эмас (36- § га қаранг).

кучи таъсир қилади. Массаси m_2 бўлган 2 жисм Ер ва ип билан ўзаро таъсирлашади. Унга \bar{Q}_2 оғирлик кучи ва ипнинг \bar{N}_2 реакция кучи таъсир қилади.

Система ҳолатининг учта варианты бўлиши мумкин. Биринчи вариантда $\bar{F}_{\text{ишк}}$ тинчликдаги ишқаланиш кучи модули бўйича \bar{Q}_2 оғирлик кучидан катта ($F_{\text{ишк}} > Q_2$). Жисмлар системаси столга нисбатан тинч ҳолатини сақлайди. Иккинчи вариантда $-\bar{F}_{\text{ишк}}$ сирпаниш ишқаланиш кучи модули бўйича \bar{Q}_2 оғирлик кучига тенг ($F_{\text{ишк}} = Q_2$). Система текис ҳаракатланади. Учинчи ҳолда $\bar{F}_{\text{ишк}}$ сирпаниш ишқаланиш кучи модули бўйича \bar{Q}_2 оғирлик кучидан кичик ($\bar{F}_{\text{ишк}} < Q_2$). Система текис тезланувчан ҳаракатланади. Бизни кизиқтирувчи кучни топамиз.

$$F_{\text{ишк}} = \mu Q_1 = \mu m_1 g;$$

$$F_{\text{ишк}} = 0,2 \cdot 5 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 9,8 \text{ Н};$$

$$Q_2 = m_2 g; \quad Q_2 = 2 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 19,6 \text{ Н}.$$

$Q_2 > F_{\text{ишк}}$ бўлса, у ҳолда система текис тезланувчан ҳаракатланади. Ипларнинг вазнсизлигидан \bar{F}_1 ва \bar{N}_2 кучларнинг модули бир хилдир. Бу бир хил модулини F ($F_1 = N_2 = F$) ҳарф билан белгилаймиз.

Ипнинг чўзилмаслигидан система бир бутун бўлиб ҳаракатланиши келиб чиқади, бинобарин, жисмларнинг тезланиш модуллари бир хил.

Ечилиши. 1-усул. Жисм ва тахтачанинг ҳаракат тенгламаларини ёзамиз:

$$\bar{a}_1 = \frac{\bar{Q}_1 + \bar{N}_1 + \bar{F} + \bar{F}_{\text{ишк}}}{m_1}; \quad \bar{a}_2 = \frac{\bar{Q}_2 + \bar{N}_2}{m_2}$$

Ҳаракат тенгламаларининг вектор кўринишда ёзилишидан скаляр кўринишга ўтиш учун координата ўқларини шундай танлаймизки, Ox ўқ массаси m_1 бўлган жисмнинг ҳаракат йўналиши билан, Oy ўқ эса массаси m_2 бўлган жисм ҳаракат йўналиши билан мос тушсин. У ҳолда

$$a_{1x} = \frac{Q_{1x} + N_{1x} + F_{1x} + F_{\text{ишк}x}}{m_1}; \quad a_{2y} = \frac{Q_{2y} + N_{2y}}{m_2}$$

$$Q_{1x} = 0, \quad N_{1x} = 0, \quad \bar{F}_{\text{ишк}x} = -\bar{F}_{\text{ишк}} \text{ бўлгани учун}$$

$$a_{1x} = \frac{F_{1x} - F_{\text{ишк}}}{m_1}; \quad a_{2y} = \frac{Q_{2y} + N_{2y}}{m_2}$$

$$\text{Бирок } |a_{1x}| = |a_{2y}| = \bar{a}; \quad F_{1x} = F; \quad Q_{2y} = Q_2; \quad N_{2y} = -N_2.$$

$$\text{Шунинг учун } a_1 = \frac{F - F_{\text{ишк}}}{m_1}, a_2 = \frac{Q_2 - N_2}{m_2} \text{ ёки } \frac{F - F_{\text{ишк}}}{m_1} = \frac{Q_2 - N_2}{m_2}.$$

Ҳосил қилинган тенгламани F га нисбатан ечамиз:

$$Fm_2 - F_{\text{ишк}} m_2 = Q_2 m_1 - N_2 m_1. \text{ Бирок } N_2 = F; Q_2 = m_2 g;$$

$$F_{\text{ишк}} = \mu m_1 g. \text{ Шунинг учун } Fm_2 - \mu m_1 g m_2 = m_2 g m_1 - Fm_1;$$

$$F(m_1 + m_2) = m_1 m_2 g (1 + \mu).$$

$$F = \frac{m_1 m_2 g (1 + \mu)}{m_1 + m_2}.$$

Ҳисоблашлар:

$$m_1 = 5 \text{ кг}$$

$$m_2 = 2 \text{ кг}$$

$$\mu = 0,2$$

$$F = ?$$

$$F = \frac{2 \text{ кг} \cdot 5 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 1,2}{2 \text{ кг} + 5 \text{ кг}} = 16,8 \text{ Н}$$

$$\text{Жавоби: } F = 16,8 \text{ Н.}$$

2-усул. Ипнинг таранглик кучи m_1 массали жисмнинг столга ишқаланишини енгилуш учун зарур бўлган куч ва шу жисмга тезланиш берган кучнинг йиғиндисига тенг:

$$F = F_{\text{ишк}} + F_a.$$

Бу кучларни қуйидаги формулалар бўйича ҳисоблаш мумкин:

$$F_{\text{ишк}} = \mu m_1 g; F_a = m_1 a.$$

Жисм ҳаракатланаётган тезланиш қуйидагига тенг:

$$a = \frac{Q_2 - F_{\text{ишк}}}{m_1 + m_2} = \frac{m_2 g - F_{\text{ишк}}}{m_1 + m_2}.$$

m_1 массали жисмга тезланиш берадиган куч

$$F_a = m_1 \frac{m_2 g - F_{\text{ишк}}}{m_1 + m_2}$$

га тенг. Ҳосил қилинган муносабатдан кучларни ҳисоблаймиз.

Ҳисоблашлар.

$$F_{\text{ишк}} = 0,2 \cdot 5 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 = 9,8 \text{ Н}; F_a = 5 \text{ кг} \frac{2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 - 9,8 \text{ Н}}{2 \text{ кг} + 5 \text{ кг}} = 7 \text{ Н};$$

$$F = 9,8 \text{ Н} + 7 \text{ Н} = 16,8 \text{ Н}.$$

2. Агар эстакаданинг баландлиги $H = 8$ м, унинг узунлиги эса 10 м бўлса (125-расм), у ҳолда яшик қия эстакада бўйича қандай тезланиш билан сирпанади? Яшикнинг эстакада бўйича сирпаниш ишқаланиш коэффициентини 0,5 га тенг.

Шартининг таҳлили. Яшикка учта куч таъсир қилади; \vec{Q} оғирлик кучи, эстакадага перпендикуляр бўлган \vec{N} реакция кучи, яшикнинг ҳаракат йўналишига қарши йўналган $\vec{F}_{\text{ишк}}$ ишқаланиш кучи.

Ечилиши. Ньютоннинг иккинчи қонунига биноан

$$\vec{a} = \frac{\vec{Q} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{ишк}}}{m}. \text{ Координаталар}$$

системасини шундай жойлаштираемизки, бунда OX ўқ қия текислик бўйлаб йўналган. OY ўқ эса унга перпендикуляр бўлсин. Ҳаракатланиш тенгламасини кучлар ва тезланишлар проекцияси орқали ёзамиз:

$$a_x = \frac{Q_x + N_x + F_{\text{ишк}x}}{m}.$$

Бирок $a_x = a$; $N_x = 0$;

$$F_{\text{ишк}x} = -F_{\text{ишк}};$$

$$Q_x = Q \sin \alpha = mg \sin \alpha;$$

$$Q_y = mg \cos \alpha.$$

Шунинг учун

$$a = \frac{mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha}{m} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha).$$

$$\sin \alpha = \frac{H}{L}; \quad \cos \alpha = \frac{s}{L}; \quad s = \sqrt{L^2 - H^2}.$$

Демак,

$$a = g \left(\frac{H}{L} - \mu \frac{s}{L} \right) = \frac{g}{L} (H - \mu \sqrt{L^2 - H^2}).$$

Ҳисоблашлар:

$$L = 10 \text{ м}$$

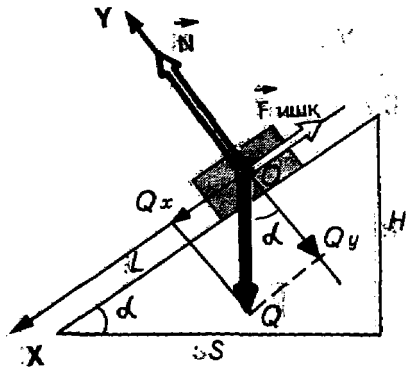
$$H = 8 \text{ м}$$

$$\mu = 0,5$$

$$a = ?$$

$$a = \frac{9,8 \text{ м/с}^2}{10 \text{ м}} (8 \text{ м} - 0,5 \sqrt{100 \text{ м}^2 - 64 \text{ м}^2}) = 4,9 \text{ м/с}^2.$$

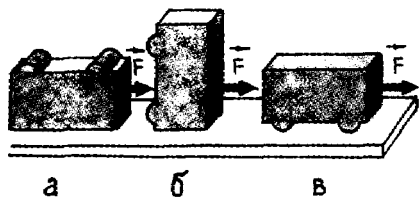
Жавоби: $a = 4,9 \text{ м/с}^2$.



125- расм.

7- МАШҚ

1. Бетон полда турган 600 кг массали пўлат яшикка горизонтал йўналишда 1000 Н га тенг бўлган доимий куч қўйилган. Бундай куч таъсирида яшик ҳаракатланадими? Агар ҳаракатланса, у ҳолда қандай ҳаракатланади: текисми ёки тезланувчанми? Пўлатнинг бетонга ишқаланиш коэффициентини 0,3 га тенг деб олинг.
2. От 800 Н тортиш кучига эришади. Агар чана оёғининг қорга ишқаланиш коэффициенти 0,02 га тенг бўлса, у ҳолда у массаси 100 кг бўлган чанада горизонтал йўл бўйлаб энг кўпи билан қанча юкни тортиб бориши мумкин? (Жавоби: $m = 3982 \text{ кг}$).
3. Автомобиль горизонтал йўл бўйлаб 54 км/соат тезлик билан ҳаракатланади. Агар ишқаланиш коэффициенти 0,1 га тенг бўлса, у ҳолда автомобиль двигатели ўчирилгандан сўнг қандай масофани босиб ўтади? (Жавоби: $s = 225 \text{ м}$).



126-расм.

4. Милтиқ стволдан 800 м/с тезлик билан учиб чиқаётган ўқ 32 000 м $\left(H = \frac{v^2}{2g} \right)$ баландликка кўтари-

лиши керак эди, аслида фақат 4000 м баландликка кўтарилди. Бу нима учун шундай бўлганини тушунтиринг.

5. 126- а расмда тасвирланган пўлат буюм F куч таъсири остида горизонтал текислик бўйлаб кучади. Бу буюмни «б» ва «в» вазиятда кўчиши учун қандай куч (катта, кичик, F га тенг) қўйиш керак? Жавобингизни асослаб беринг.
- 6*. Тинчликдаги ишқаланиш коэффициентини энг қулай ўлчаш усули қуйидагидан иборат. Жисм қия текисликка қўйилади. Текисликнинг қиялик бурчагини аста орттириб бориб жисм сирпана бошлаган қияликнинг энг кичик бурчаги аниқланади. Текисликнинг қиялик бурчаги ва тинчликдаги ишқаланиш коэффициенти орасидаги боғланишини топинг ($\mu = \text{tg}\alpha$).
7. Икки қўлингизнинг кўрсаткич бармоғига узун чизғични (ёки исталган стерженни) горизонтал қўйинг. Бармоқларингизни бир-бирига секин яқинлаштиринг. Қандай нуқта ёнида улар бирлашади. Жавобингизни асослаб беринг.

VII БОБНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

1. Икки жисм сиртлари бир-бирига текказилганда уларнинг ҳаракатига тўсиқлик қилувчи ишқаланиш кучи деб аталувчи куч вужудга келади.
2. Ишқаланиш кучи уринувчи сиртлар (сирпаниш ишқаланиш кучи) нисбий ҳаракатланганда ҳам жисмлар нисбий тинч ҳолатда (тинчликдаги ишқаланиш кучи) бўлганда ҳам, яъни жисмга таъсир қилувчи куч тинчликдаги максимал ишқаланиш кучидан кичик бўлганда ҳам юзага келади.
3. Сирпаниш ишқаланиш кучи уринувчи жисмларнинг материалига, уларнинг ишқаланишига ва босим кучи (таянчнинг реакция кучи)га боғлиқ бўлади. $F_{\text{ишқ}} = \mu N$, бунда μ — сирпаниш ишқаланиш коэффициенти, N — уринувчи сиртларнинг реакция кучи. Сирпаниш ишқаланиш коэффициенти тажрибада аниқланади.
4. Бир жисм цилиндр ёки шар шаклига эга бўлса ва бошқа жисм сирти бўйлаб думалаган ҳолда думалаш ишқаланиш кучи вужудга келади. Думалаш ишқаланиш кучи қуйидаги формуладан ҳисобланиши мумкин:

$$F_{\text{д}} = \mu_{\text{д}} \frac{N}{R},$$

бунда $\mu_{\text{д}}$ — думалаш ишқаланиш кучи, N — реакция кучи, R — думалаётган жисм радиуси.

5. Жисм суюкликда ёки газда ҳаракатланганда, унча катта бўлмаган тезликларда, тезликка пропорционал бўлган қаршилик кучи юзага келади:

$$F_{\text{қарш}} = kv,$$

бунда k — муҳитнинг хоссаларига, жисмнинг шакли ва ўлчамларига ҳамда унинг сиртининг ҳолатига (ишланишига) боғлиқ бўлган қаршилик коэффициенти. Қаршилик кучи тезлик квадратига пропорционал бўлади:

$$F_{\text{қарш}} = kv^2.$$

МЕХАНИКАДА САҚЛАНИШ ҚОНУНЛАРИ

Ньютон қонунлари жисмнинг ўзаро таъсирлашуви билан боғланган барча масалаларни ечишга имкон беради. Бирок, кўпинча ўзаро таъсир кучларини топиш сезиларли қийинчилик туғдиради, кучни билмасдан туриб жисмлар эришган тезланиш-ни, бинобарин, уларнинг тезликлари ва кўчишларини топиш қийин. Масалан, Ньютон қонунлари ёрдамида ракетанинг ва ундан чиқадиغان газларнинг ўзаро таъсир кучини, жисмлар тўқнашганда ўзаро таъсир кучларини ва шунга ўхшашларни аниқлаш мумкин, лекин қийин. Механикада шунга ўхшаш масалаларни ечишда махсус тушунча ва катталиклар киритилган ҳамда Ньютон қонунлари ёрдамида улар орасида муносабат ўрнатилган. Бунда янги киритилган катталикларнинг сон қийматлари жисмлар ўзаро таъсири жараёнида ўзгармайди (Бундай катталикларга мисол қилиб илгари киритилган жисмларнинг массаларини олиш мумкин). Шунинг учун бундай сақланувчи катталиклар орасидаги муҳим муносабатлар *сақланиш қонунлари* деб ном олди.

Сақланиш қонунларини Ньютон қонунлари ёрдамида олган бўлсак ҳам, улар Ньютон қонунларининг натижалари ҳисоблан-майди. Сақланиш қонунлари Ньютон қонунлари сингари тажриба далилларининг назарий умумлашмаларининг натижаларидир. Сақланиш қонунлари — физиканинг фундаментал қонунларидир. Улар жуда муҳим аҳамиятга эга, чунки бу қонунлар фақат механикадагина эмас, балки физиканинг бошқа ҳамма бўлимлари-да қўлланилади.

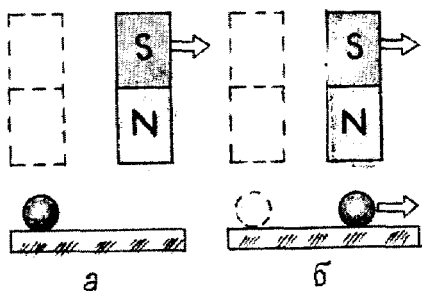
VIII боб. ЖИСМЛАРНИНГ ЎЗАРО ТАЪСИРИ. ИМПУЛЬСНИНГ САҚЛАНИШ ҚОНУНЛАРИ

38-§. ИМПУЛЬС

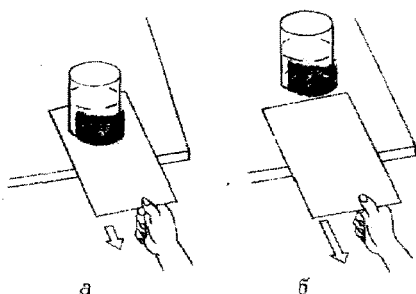
«Импульс» лотинча *impulsus* — сўздан келиб чиққан бўлиб, луғавий маъноси «туртки» демақдир. Механикада бу атама билан иккита катталик белгиланади: куч импульси ва жисм импульси.

1. Куч импульси. Жисмларнинг ўзаро таъсир натижаси фақат кучгагина эмас, балки уларнинг ўзаро таъсирлашиш вақтига ҳам боғлиқдир. Бунга қуйидаги тажрибаларда ишонч ҳосил қилиш мумкин.

Горизонтал ойна устига пўлат шарча қўямиз. Шарчанинг устидан кучли магнитни тез ўтказамиз, шарча жойидан салгина



127- расм.



128- расм.

кўзгалганини сезамиз (127-а расм). Энди магнитни шарча устидан секинрок ўтказиб тажрибани такрорлаймиз. Бу ҳолда шарча ҳаракатга келади ва магнит орқасидан эргашиб ҳаракатланади (127-б расм).

Эксперимент ўзаро таъсир натижалари ўзаро таъсир вақтига боғлиқлигидан далолат беради.

Биз стол четида турган қоғоз варағи устига сув тўлдирилган стакан кўямиз. Агар қоғозни секин тортсак, у ҳолда стакан қоғоз билан бирга сурилиб келади (128-а расм). Агар қоғозни горизонтал йўналишда кескин тортсак, у ҳолда қоғоз стакан остидан чиқиб кетади, стакан эса ўз жойида қолади (128-б расм).

Ўтказилган тажрибалар жисмларнинг ўзаро таъсир натижалари фақат куч катталигига эмас, балки унинг таъсир вақтига ҳам боғлиқлигини кўрсатади. Шунинг учун физикада куч таъсирини характерлаш учун махсус катталик — *куч импульси* киритилган.

Кучнинг бирор вақт оралиғидаги таъсирининг ўлчови бўлиб ҳисобланувчи физик вектор катталикка куч импульси деб аталади.

Куч импульси кучни унинг таъсир вақтига кўпайтмаси билан ўлчанади:

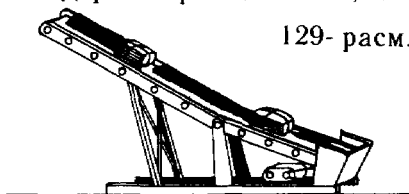
$$I = Ft,$$

бунда I — F кучнинг t вақт давомидаги импульси.

Куч импульсининг йўналиши кучнинг йўналиши билан мос тушади. Халқаро бирликлар системасида куч импульси бирлиги қилиб 1 с давомида таъсир қилувчи 1 Н куч импульси (Ньютон-секунд) қабул қилинган.

$$[I] = 1 \text{ Н} \cdot \text{с}.$$

2. Жисм импульси ёки ҳаракат миқдори. Фараз қилайлик, қия эстакада бўйлаб 2 кг массали пахта тўлдирилган қоп 5 м/с тезлик билан сирпаниб тушади (129-расм). Эстакада этагида (пастда) қопни қўл билан осон тўхтатиб қабул қилиб олиш мумкин. Агар эстакададан худ-



129- расм.

ди шундай тезлик билан қум солинган қоп сирпаниб тушаётган бўлса, уни қўл билан тўхтатиб олиш мумкин эмас. 5 м/с тезлик билан ҳаракатланаётган массаси 9 г бўлган ўкни жуда юпқа газлама ёки картон қоғози билан тўхтатиш мумкин, бироқ милтиқдан 800 м/с тезлик билан отилган худди шу ўкни деярли учта қалин тахта ёрдамида ҳам тўхтатиш мумкин эмас.

Демак, жисм ҳаракатини характерлаш учун фақат унинг массасини ёки тезлигини билиш етарли эмас. Шунинг учун механик ҳаракатларнинг ўлчовларидан бири сифатида махсус катталиқ *жисм импульси* (ҳаракат миқдори) киритилган.

Механик ҳаракатнинг ўлчови ҳисобланувчи физик вектор катталиқка жисмнинг импульси дейилади.

Жисм импульси жисм массасининг унинг ҳаракатланиш тезлигига кўпайтмаси билан ўлчанади:

$$p = mv,$$

\vec{p} — \vec{v} тезлик билан ҳаракатланаётган m массали жисм импульси.

Халқаро бирликлар системасида импульс бирлиги килиб, 1 м/с тезлик билан ҳаракатланувчи массаси 1 кг бўлган жисм импульси (секундига килограмм метр) қабул қилинган:

$$[p] = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

3. Куч импульси ва жисм импульси орасидаги муносабат. Фараз қилайлик, m массали жисм \vec{v}_0 тезлик билан ҳаракатлансин. Кейин бу жисм t вақт давомида бошқа жисм билан \vec{F} куч билан ўзаро таъсирлашсин. Бу ўзаро таъсир жараёнида жисм куйидаги тезланиш билан ҳаракатлансин:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$$

бунда \vec{v} — ўзаро таъсир охиридаги жисм тезлиги.

Бироқ Ньютоннинг иккинчи қонуни бўйича $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ бўлсин. Би-

нобарин, $\frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = \frac{\vec{F}}{m}$ ёки $\vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$.

Ҳосил қилинган формулада $\vec{F}t$ — куч импульси, $m\vec{v}$ — жисмнинг ўзаро таъсирлашгунча импульси, $m\vec{v}$ — жисмнинг ўзаро таъсиридан кейинги импульси, $m\vec{v} - m\vec{v}_0$ ўзаро таъсир натижасида жисм импульсининг ўзгариши.

Шундай қилиб, жисм импульсининг ўзгариши ўзаро таъсир кучи импульсига тенг.

?

1. Куч импульси деб нимага айтилади? У қандай бирликларда ўлчанади?
2. Жисм импульси деб нимага айтилади?
3. Куч импульси ва жисм импульси орасида қандай муносабат мавжуд?
4. 5 м/с тезлик билан ҳаракатланувчи массаси 10 кг бўлган жисм импульсини топинг.

39-§. ИМПУЛЬСНИНГ САҚЛАНИШ ҚОНУНИ

1. **Изоляцияланган жисмлар системаси.** Табиатда ҳамма жисмлар бир-бири билан ўзаро таъсирлашади. Бирок бир қатор ҳолларда баъзи жисмлар билан ўзаро таъсирлашиш шунчалик кичикки, уни ҳисобга олмаслик мумкин. Масалан, футболчи оёғи ва футбол тўпи орасидаги ўзаро таъсирлашишни кузатиб туриб, тўпнинг трибуналарда ўтирган томошабинларга тортилиш кучини ҳисобга олмаслик мумкин, чунки бу кучлар жуда кичик ва футболчи тўпни оёғи билан тепганда ҳеч қандай таъсир кўрсатмайди.

Қуёш система ичида космик кеманинг учиш траекториясини ҳисоблашда кеманинг узоқ юлдузларга тортилиш кучини ҳисобга олмаслик мумкин, чунки бу кучлар кеманинг Қуёшга ва Қуёш системасининг сайёраларига тортилиш кучидан жуда кичик.

Келтирилган мисоллар, баъзи ҳолларда ўрганилаётган ходисага таъсири аҳамиятсиз бўлган таъсирларни ўрганиш шарт эмаслигини кўрсатади. Бунинг учун физикада *изоляцияланган ёки ёпиқ жисмлар системаси* деган тушунча киртилган.

Фақат бир-бирлари билан ўзаро таъсирлашувчи ва бу системага кирмайдиган бошқа жисмлар билан ўзаро таъсирлашмайдиган жисмлар системасига изоляцияланган ёки ёпиқ система дейилади.

Ёпиқ системага кирувчи жисмлар ўзаро таъсирлашувчи кучлар ички кучлар дейилади. Ёпиқ система деганда бир-бири билан ўзаро таъсирлашувчи жисмлар тушунилади, шунинг учун бундай системадаги жисмларга ташқи кучлар таъсир қилмайди.

Юқорида келтирилган изоляцияланган системанинг таърифи-га аниқ мос келувчи идеал система мавжуд эмас. Бу идеаллаштиришдир. Оламда барча жисмлар ўзаро таъсирлашади. Лекин бир қатор ҳолларда реал системаларни ушбу ҳолда мавжуд бўлмаган ўзаро таъсирларни назардан чиқариб изоляцияланган система сифатида қараш мумкин.

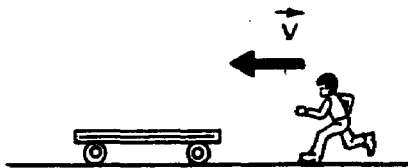
Ўзаро таъсирлашувчи жисмлар системасини ёпиқ система каби қараш мумкин бўлган бир нечта мисолни қараб чиқамиз.

Фараз қилайлик, одам горизонтал полда турган енгил кўзгалувчи аравачага сакраб чиқиб олди (130-расм). Аравача ва одам билан қандай ҳодиса содир бўлишини ўрганиш учун «аравача — одам» системасини изоляцияланган система каби қараш мумкин, чунки:

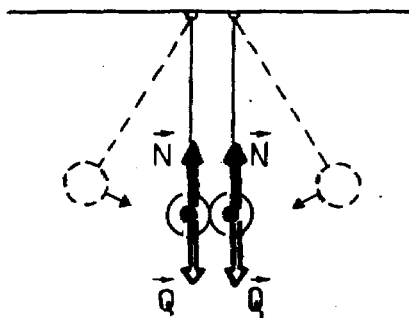
а) аравача ва одамнинг оғирлик кучларини реакция кучлари мувозанатлайди;

б) аравача енгил кўзгалувчан бўлгани учун ишқаланиш кучи кичик.

Ипларга осилган иккита шарларнинг урилишини ўрганишда ўзаро таъсирлашувчи



130- расм.



131- расм.

шарлар системасини изоляцияланган система сифатида қараш мумкин (131-расм). Бу ҳолда урилиш пайтида:

а) шарларнинг оғирлик кучи ипнинг реакция кучи билан мувозанатланган;

б) шарлар ҳаракатига ҳавонинг қаршилиқ кучи кичик.

Масалан, сокин кўлда тинч турган қайиқ ва қайиқнинг қуйруғидан тумшугига қараб юриб борувчи одам ва системасини изоляцияланган система

деб ҳисоблаш мумкин, чунки уларнинг оғирлик кучи итарувчи куч билан мувозанатланган, қайиқнинг сувга (қатта бўлмаган тезликларда) ишқаланиш кучи эса кичик.

2. Импульснинг сақланиш қонуни. Фараз қилайлик, изоляцияланган система бошланғич пайтда танланган санок системасида мос равишда \vec{v}_0 ва \vec{u}_0 тезликларга эга бўлган m ва M масса-ли ўзаро таъсирлашувчи иккита жисмдан иборат. Бирор t вақт оралиқларидан сўнг уларнинг тезликлари ўзаро таъсирлашиш натижасида \vec{v} ва \vec{u} гача ўзгаради.

Ньютоннинг учинчи қонунига кўра жисмлар модуллари бўйича тенг ва йўналишлари бўйича қарама-қарши кучлар билан ўзаро таъсирлашади:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

Бу кучларни импульс орқали ёзилган Ньютоннинг иккинчи қонуни бўйича ифодалаймиз:

$$\vec{F}_1 = m\vec{a}_1 = m \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}; \quad \vec{F}_2 = M\vec{a} = M \frac{\vec{u} - \vec{u}_0}{t}$$

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \text{ бўлгани учун } \frac{m\vec{v} - m\vec{v}_0}{t} = -\frac{M\vec{u} - M\vec{u}_0}{t} \text{ ёки}$$

$$m\vec{v} - m\vec{v}_0 = M\vec{u}_0 - M\vec{u}.$$

Жисмларнинг ўзаро таъсирлашгунча импульсини тенгликнинг бир томонига ўзаро таъсирлашгандан кейинги импульсини бошқа томонига ўтказиб қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$m\vec{v}_0 + M\vec{u}_0 = m\vec{v} + M\vec{u}.$$

Ҳосил қилинган ифодадан кўринадики, ёпиқ системага кирувчи жисмлар импульснинг вектор йиғиндиси бу система жисмлари бир-бирлари билан ҳар қандай ўзаро таъсирида доимий қолади.

Бу, импульснинг сақланиш қонунидир.

Биз жисмларнинг ўзаро таъсирига Ньютоннинг иккинчи ва учинчи қонунларини кўллаб, импульснинг сақланиш қонунига келдик. Бироқ импульснинг сақланиш қонуни Ньютон қонунларининг натижаси ҳисобланмайди. Бу ҳеч қандай мустасноликни

билмайдиган фундаментал, мустикал табиат қонунидир. Бу қонун макрооламда ва микрооламда ҳам абсолют аниқ бажарилади. Бу қонуннинг тўғрилиги инсониятнинг бутун амалиётида тасдиқланган.

3. Импульснинг сақланиш қонунини тушунтирувчи мисол.

1) Фараз қилайлик, горизонтал турган столнинг силлиқ сирти бўйлаб массалари m ва M бўлган иккита пўлат шарча бир-бирига бурчак остида ҳаракатланади (132-рasm).

Улар танланган инерциал санок системасида ўзаро таъсирлашиш (урилиш) momentiда $m\vec{v}_0$ ва $M\vec{u}_0$ импульсларга, урилгандан сўнг $m\vec{v}$ ва $M\vec{u}$ импульсларга эга бўлсин.

Агар ишқаланиш кучи кичик, оғирлик кучи эса таянчнинг реакция кучлари билан мувозанатлашган бўлса, у ҳолда системани изоляцияланган деб қараш мумкин.

Ньютоннинг учинчи қонунига кўра шарларнинг ўзаро таъсир кучлари модули бўйича тенг ва йўналиши бўйича қарама-қарши $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$. Бу кучларни импульслар орқали ёзилган Ньютоннинг учинчи қонуни бўйича ифодалаймиз: $\vec{F}_1 t = -\vec{F}_2 t$ ва $\vec{F}_1 t = -\vec{F}_2 t$ бўлгани учун $\vec{F}_1 t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$; $\vec{F}_2 t = M\vec{u} - M\vec{u}_0$

Шунинг учун

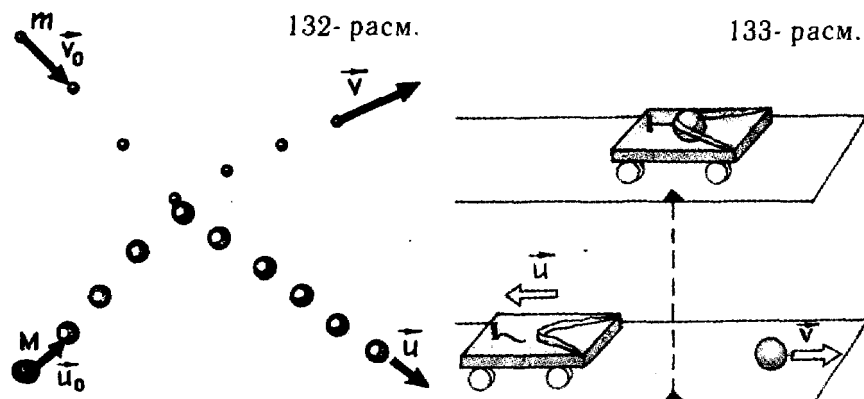
$$m\vec{v} - m\vec{v}_0 = -M\vec{u} + M\vec{u}_0$$

Жисмларнинг тўқнашгунча бўлган импульсларини тенгликнинг бир томонига, ўзаро тўқнашгандан сўнгги импульсларини эса бошқа томонга ўтказиб ёзамиз:

$$m\vec{v}_0 + M\vec{u}_0 = m\vec{v} + M\vec{u}$$

Ҳосил қилинган ифодада изоляцияланган системага кирувчи жисмлар ўзаро таъсирлашганда импульсларнинг геометрик йиғиндиси ўзгармаслигини билдиради.

2) Енгил қўзғалувчан аравада шарча ва резина лентани чўзилган ҳолда турибди деб фараз қилайлик (133-а рasm). Лентани чўзилган ҳолатда мустақкам ип билан тортиб турилади.



Ипга ёниб турган гугурт чўпини якин келтирамиз: ип куйиб узилади, лента эса шарчани аравачадан улоктириб юборади. Бунда, тажрибадан кўринадики, аравача шарчанинг ҳаракат тезлигига қарама-қарши томонга ҳаракатлана бошлайди (133-б расм). Бу ҳолда ҳам аравача билан шарчани изоляцияланган система сифатида қараш мумкин, чунки тажриба жараёнида уларга бошқа жисмларнинг таъсири намоён бўлмайди: ишқаланиш кучи кичик, оғирлик кучи эса таянчнинг реакция кучи билан мувозанатланган.

Тажрибага «аравача — шар» ёпик системасининг йиғинди импульси нолга тенг эди. Унинг шарча аравачани тарк этаётган пайтдаги импульсини ҳисоблаймиз. Шу вақтда аравачанинг импульсини лаборатория санок системасига нисбатан $M\vec{u}$ орқали, шарчанинг импульсини эса — $m\vec{v}$ орқали белгилаймиз. Дастлаб, бу жисмлар лаборатория билан боғлиқ санок системасига нисбатан тинч ҳолатда бўлса, у ҳолда Ньютоннинг иккинчи қонунига биноан ҳосил қилинган импульслар қуйидагига тенг:

$$\vec{F}_1 t = M\vec{u} \text{ ва } \vec{F}_2 t = m\vec{v}, \text{ бундан } \vec{F}_1 = \frac{M\vec{u}}{t} \text{ ва } \vec{F}_2 = \frac{m\vec{v}}{t}. \text{ Бирок}$$

Ньютоннинг учинчи қонунига кўра $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$. Бинобарин,

$$\frac{M\vec{u}}{t} = -\frac{m\vec{v}}{t}. t \text{ ни қискартириб ва барча ҳадларни тенгликнинг чап}$$

томонига ўтказиб

$$M\vec{u} + m\vec{v} = 0$$

ни ҳосил қиламиз, яъни системанинг импульслар йиғиндиси тажрибадан сўнг ўзгармайди ва аввалгича нолга тенг бўлади.

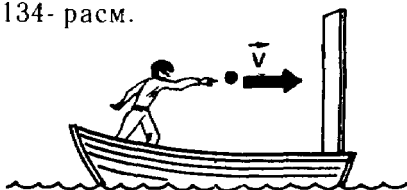
?

1. Қандай жисмлар системаси изоляцияланган система дейилади?
2. Импульснинг сақланиш қонунини ифодаланг.
3. Импульснинг сақланиш қонуни тўғри эканини тасдиқловчи мисоллар келтиринг.
4. Массаси 2 кг бўлган жисмга 2 с давомида 2 Н куч таъсир қилди. Куч импульсини ва жисм импульсининг ўзгаришини топинг. (Жавоби: $I = 4 \text{ Н}\cdot\text{с}$, $\Delta p = 4 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$)

Масалалар ечиш намуналари.

Импульснинг сақланиш қонунидан фойдаланиб, Ньютон қонунари ёрдамида ечиш мумкин эмас ёки қийин бўлган кўп масалаларни осон ечиш мумкин.

134- расм.



1. Қайикда турган бола тўсик (шчит) ўрнатилган қайикнинг қуйруқ қисми йўналишида гувалак лой бўлагини (кесак) отади (134-расм). Лой отиш жараёнини импульснинг сақланиш қонуни нуқтаи назаридан таҳлил қилинг.

Шартнинг таҳлили. Қайик ва боланинг оғирлик кучи сувнинг итарувчи кучи билан мувозанатланган, қаралаётган ҳолда қайикнинг ҳаракат тезлигига боғлиқ бўлган қайикнинг сувга ишқаланиши жуда кичик. Шунинг учун «бола — қайик — лой» системаси изоляцияланган (ёпик) система бўлиши мумкин.

Ечилиши. Лой отиш жараёнини кетма-кет қараб чиқамиз.

а) Масалада қаралаётган қўл билан лой ҳаракатлангунча жисмнинг ёпик системаси Ер билан боғлиқ бўлган санок системасига нисбатан тинч туради ва унинг импульслар йиғиндиси нолга тенг бўлади: $\vec{p} = 0$.

б) Отиш вақтида лой $\vec{p}_1 = m\vec{v}$ импульсга эришди, бунда m унинг массаси, \vec{v} — қирғоққа (ва сувга) нисбатан тезлиги. Импульснинг сақланиш қонунига асосан бола турган қайик модули бўйича тенг, бироқ қарама-қарши йўналган импульс олади, $\vec{p} = -M\vec{u}$ бунда M — бола билан қайикнинг массаси, \vec{u} — уларнинг қирғоққа нисбатан тезлиги. Импульснинг сақланиш қонунига биноан $m\vec{v} = -M\vec{u}$, бундан $m\vec{v} + M\vec{u} = 0$. Демак, лой отилгандан сўнг системанинг импульслар йиғиндиси нолга тенг бўлади.

в) Лой тўсикқа урилгандан сўнг тўсикқа импульснинг сақланиш қонунига биноан қайикнинг импульси $M\vec{u}$ га тенг бўлган импульс беради ва қайик тўхтайд.

Масалани ечилиш натижаси қизиқарли (уни эсда сақлаб қолиш керак): у ички кучлар ҳаракати система ҳаракатини ўзгартирмайди.

2. Массаси 60 000 кг бўлган темир йўл вағони йўлнинг тўғри чизиқли қисмида 1 м/с тезлик билан ҳаракатланади. Бу вағонни массаси 40 000 кг бўлган қўзғалмасдан турган вағонга улагандан сўнг тезлиги қандай бўлади? (Ишқаланишни ҳисобга олманг.)

Шартнинг таҳлили. Масалани ечиш учун ишқаланишни ҳисобга олмаслик жуда муҳим, бу бизга вағонлар системасини изоляцияланган система каби қараб чиқишга ва вағонларнинг улаиш холига импульснинг сақланиш қонунини қўллашга имкон беради.

Ечилиши. Вағонлар массасини m_1 ва m_2 билан, биринчи вағоннинг тезлигини улангунча v_1 , иккинчи вағоннинг тезлигини эса v_2 ($v_2 = 0$), улангандан кейин вағонлар тезлигини \vec{u} орқали белгилаймиз. Импульснинг сақланиш қонунига кўра $m_1v = m_1u + m_2u$. ОХ ўқини темир йўл бўйлаб биринчи вағоннинг ҳаракати бўйича йўналтирамиз, импульснинг сақланиш қонунини тездиклар проекциялари орқали ёзиш мумкин: $m_1v_x = m_1u_x + m_2u_x$, бироқ $v_x = v$, $u_x = u$ ¹. Шунинг учун $m_1v = m_1u + m_2u$, бундан

$$u = \frac{m_1v}{m_1 + m_2}$$

¹ Бундан кейин тезликларнинг траекторияга проекцияларини $v_x = v$; $u_x = u$ деб ёзиб ўтирмасдан, тўғридан-тўғри уларнинг модуллари орқали ёзамиз.

Ҳисоблашлар

$$m_1=60000 \text{ кг}$$

$$m_2=40000 \text{ кг}$$

$$v_1=1 \text{ м/с}$$

$$v_2=0$$

$$u=?$$

$$u = \frac{60000 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с}}{100000 \text{ кг}} = 0,6 \text{ м/с.}$$

$$\text{Жавоби: } u = 0,6 \text{ м/с.}$$

3. Массаси $m=50$ кг бўлган бола $v=5$ м/с тезлик билан $M=100$ кг массали осон кўзгалувчан аравача орқасидан югуради ва унинг устига сакраб чиқиб олади. Агар аравача бола сакраб чиқиб олгунча $u_0=2$ м/с тезлик билан ҳаракатланаётган бўлса, у сакраб чиқиб олгандан сўнг қандай тезлик билан ҳаракатланади?

Шартнинг таҳлили. Аравачанинг осон кўзгалувчанлигини кўрсатиш ишқаланиш кучи кичик ва уни ҳисобга олмаслик мумкинлигига асос бўлади. Аравача ва боланинг оғирлик кучи ва таянчнинг реакция кучи билан мувозанатланган. Шунинг учун «аравача-бола» системасини ўзаро таъсирлашиш вақтида изоляцияланган система каби қараб чиқиш мумкин. Санок системасини Ер билан боғлаймиз, Ox ўқининг йўналиши эса аравачанинг ҳаракатланиш йўналиши билан мос тушади.

Ечилиши. Ҳаракат Ox ўқ бўйлаб йўналган бўлса, импульслар ва тезликлар проекциялари уларнинг модуллари бўйича тенг бўлади: $v_x=v$; $u_{ox}=u_0$; $u_x=u$. Шунинг учун математик муносабатни скаляр шаклда ёзиш мумкин.

Аравача ва боланинг бошланғич импульслари мос равишда Mu_0 ва mv га тенг. «Аравача-бола» системасининг бошланғич импульслари $p=Mu_0+mv$ га тенг. Бола аравачага сакраб чиқиб олиб тўхтагандан сўнг «аравача—бола» системасининг импульсини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$p = (M + m)u.$$

Импульснинг сақланиш қонуни бўйича $p=p_0$ ёки $(M+m)u = Mu_0 + mv$. Бу ердан аравачанинг тезлиги қуйидагига тенг:

$$u = \frac{Mu_0 + mv}{M + m}.$$

Ҳисоблашлар:

$$m=50 \text{ кг}$$

$$M=100 \text{ кг}$$

$$v=5 \text{ м/с}$$

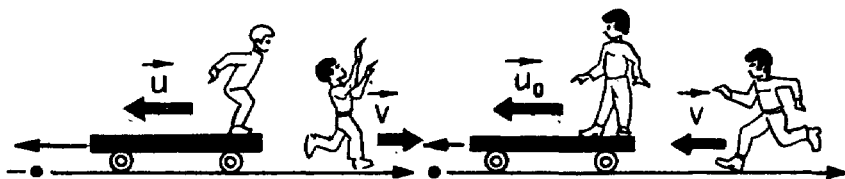
$$u_0=2 \text{ м/с}$$

$$u=?$$

$$u = \frac{100 \text{ кг} \cdot 2 \text{ м/с} + 50 \text{ кг} \cdot 5 \text{ м/с}}{100 \text{ кг} + 50 \text{ кг}} = 3 \text{ м/с.}$$

$$\text{Жавоби: } u = 3 \text{ м/с.}$$

4. v тезлик билан югураётган m массали бола горизонтал йўл бўйлаб u тезлик билан ҳаракатланаётган M массали осон кўзгалувчан платформани қувиб етади. Бола платформага сакраб чиқиб, айланади ва платформа ҳаракатига қарама-қарши томонга



135- расм.

v тезлик билан сакраб тушади (135-расм). Боланинг платформага берган импульсини ва платформанинг бола ундан сакраб тушгандан кейинги тезлигини аниқланг.

Шартнинг таҳлили. Платформани осон кўзгалувчанлигини кўрсатиш бизга ишқаланиш кучлари шунчалик кичикки, уларни ҳисобга олмаслик мумкинлигига асос бўлади. Бола ва платформа горизонтал йўл бўйлаб ҳаракатлангани учун уларнинг оғирлик кучини реакция кучлари билан мувозанатланган. Шунинг учун jismlar системаси «платформа — бола»ни изоляцияланган система деб қабул қилиш мумкин.

Ечилиши. Агар «платформа — бола» системаси изоляцияланган бўлса, у ҳолда масалада тавсифланган ҳодисалар жараёнида унинг импульси ўзгармас қолади. Санок системасини Ер билан боғлаймиз. ОХ ўқни платформанинг ҳаракатлиниш томонига йўналтирамиз. Масалада тавсифланган ҳодисанинг содир бўлишини ҳар бир босқичини импульснинг сақланиш қонуни нуктаи назаридан қараб чиқамиз.

а) Платформа ва бола импульсларининг бошланғич вақтидаги импульслари мос равишда Mu_0 ва mv , «платформа — бола» системасининг импульси эса $p = Mu_0 + mv$ бўлсин.

б) Бола платформага сакраб чиқиб олгандан сўнг бола ва платформа бир бутун бўлиб ҳаракатлана бошлади. Бирок импульснинг сақланиш қонуни бўйича «платформа ва бола» системаси ўзгармайди ва аввалги ҳолича қолади.

в) Бола платформадан сакраб тушгандан сўнг системанинг импульси бола ва платформа орасида тақсимланади. Боланинг импульси — mv , платформанинг импульси эса $+Mu$. Импульснинг сақланиш қонуни бўйича импульслар йиғиндиси ўзгармайди:

$$Mu + (-mv) = Mu_0 + mv.$$

Бу тенгликдан платформанинг импульсини топамиз:

$$Mu = Mu_0 + 2mv \text{ ва унинг тезлиги } u = \frac{Mu_0 + 2mv}{M}.$$

Шундай қилиб, бола платформага $p = 2mv$ импульс берди, платформанинг тезлиги эса Δu га ортди:

$$\Delta u = u - u_0 = \frac{Mu_0 + 2mv}{M} - u_0 = \frac{Mu_0 + 2mv - Mu_0}{M} = \frac{2mv}{M};$$

$$\Delta u = \frac{2mv}{M}.$$

40-§. РЕАКТИВ ҲАРАКАТ

1. Реактив ҳаракат ҳақида тушунча. Тинч сокин кўл сиртида бир хил тошлар билан юкланган қайиқ турибди деб, фараз қиламиз. Тошлар устида одам турибди (136-расм). Қайиқ, одам ва тошларни жисмларнинг ёпиқ системаси каби қараб чиқиш мумкин, чунки уларнинг атроф-муҳит (сув ва ҳаво) билан ўзаро таъсири сезиларсиз: ишқаланиш кичик, оғирлик кучи эса мувозанатланган.

Агар одам тошларни бирин-кетин горизонтал йўналишда бир хил вақт оралиқларида қайиққа нисбатан бир хил \vec{v} тезликда улоқтирса, қандай ҳодиса рўй беришини қараб чиқамиз.

Одам m массали биринчи тошни улоқтириб, унга $m\vec{v}$ импульс беради. Импульснинг сақланиш қонуни бўйича қайиқ, одам ва қайиқда қолган тошлар модули бўйича тенг, лекин қарама-қарши йўналган — $m\vec{v} = (M - m)\vec{u}$, импульсга эришади, бунда $(M - m)$ — одам ва қолган тошлар билан қайиқнинг массаси, \vec{u} — қайиқнинг қирғоққа нисбатан тезлиги. Бу тенгликдан қайиқнинг қирғоққа нисбатан тезлигини топамиз:

$$\vec{u}_1 = - \frac{m\vec{v}}{M - m} = - \frac{m}{M - m} \vec{v}.$$

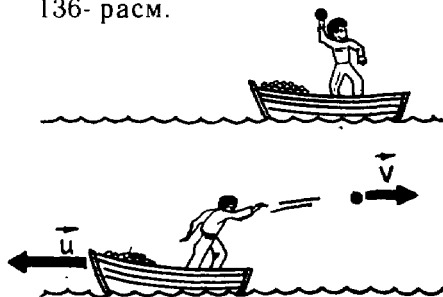
Ҳосил қилинган бу формуладан кўринадики, қайиқнинг ҳаракатланиш тезлиги улоқтирилган тош массасининг қайиқ массасига нисбати ва тошнинг тезлиги қанча катта бўлса, шунча катта бўлади.

Иккинчи тош улоқтирилгандан сўнг қайиқнинг тезлиги қирғоққа нисбатан $\Delta\vec{u}_2$ га ортади. Қайиқ ишқаланишсиз ҳаракатланади, деб ҳисоблаймиз. У ҳолда иккинчи улоқтиришдан сўнг қайиқнинг кўлга нисбатан ҳаракатланиш тезлиги $\vec{u}_1 + \Delta\vec{u}_2$ га тенг бўлади.

Учинчи тош улоқтирилгандан сўнг қайиқнинг тезлиги $\Delta\vec{u}_3$ га ортади, қайиқнинг қирғоққа нисбатан натижавий тезлиги эса $\vec{u}_1 + \Delta\vec{u}_2 + \Delta\vec{u}_3$ бўлади.

Қараб чиқилган мисолда биз ёпиқ системада жисмларнинг бир-биридан итарилишида ҳосил бўлган ҳаракат билан танишидик. Бундай ҳаракат *реактив ҳаракат* деб аталади.

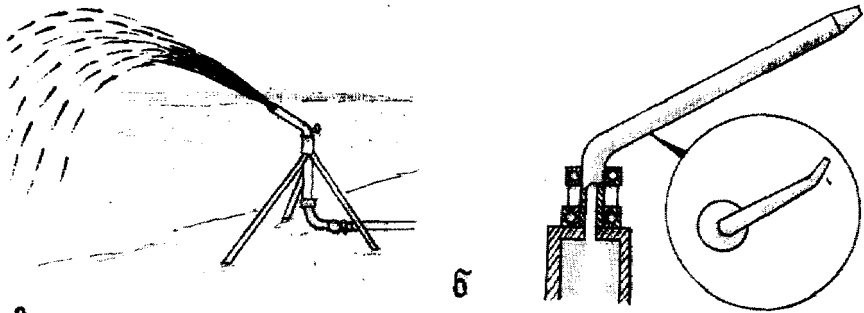
136- расм.



2. Реактив ҳаракатга доир мисоллар. Қундалик ҳаётимизда реактив ҳаракатни жуда кўп кузатамиз.

Водопровод жўмрагидан чиқаётган шовқинни камайтириш учун баъзида резина трубка кийгизилади. Сув тушаётганда трубка тушаётган сув оқимиغا қарама-қарши томонга оғади.

Эхтимол, ҳар бирингиз боғ



137- расм.

участкасига сув қуйишда (сепишда) ўраб қўйилган шлангдан сув оқа бошлаганда шланг тўғрилиниб қолишини кузатгандирсиз. Бунга сув оқимининг кучи мажбур қилади.

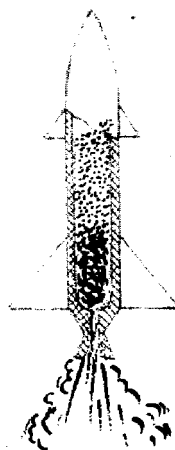
Қатта бўлмаган майдонларни ёмғир ёғдириб суғориш учун қўлланиладиган узокқа сув отувчи ёғдирувчи аппарат стволни айланиш ўқи атрофида узлуксиз айланади (137-а расм). Бунинг учун ствол учини горизонтал текисликда озгина букиб қўйиш kifоя (137-б расм): ундан чиқаётган сув оқими стволни айлантирувчи реактив кучни ҳосил қилади.

Ҳар биримиз «ракета» сўзини эшитганмиз ва ракетадан Ер атрофидаги фазони ҳамда Қуёш системасини ўрганиш учун фойдаланилишини биламиз. Лекин, сизлардан кўпчилигингиз ракета қандай тузилган ва нима сабабдан ҳаракатланишини етарлича яхши билмаслигингиз мумкин.

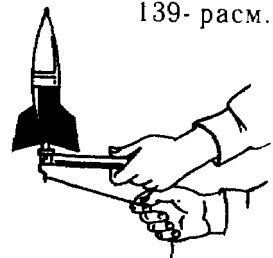
Оддий ҳолда ракета қобик ва қобикдан чиқариб юбориладиган моддадан иборат (138- расм).

Ракета моделининг учишини кузатамиз. Унга ҳаво дамлаймиз, уни учурувчи қурилмага ўрнатамиз ва клапанни очамиз (139-расм). (Ҳисоблашларни соддалаштириш учун ҳавонинг ҳамма қисми ракетадан бир онда чиқиб кетади деб ҳисоблаймиз). Ракетадан чиқаётган қисилган ҳаво $p_1 = -m\vec{v}$ импульс олади, бунда m — ҳаво массаси, \vec{v} — унинг чиқиш тезлиги. Ракета модули бўйича тенг, бироқ қарама-қарши йўналган $\vec{p}_2 = M\vec{u}$ импульсга эришади, бунда M ва \vec{u} — мос равишда унинг масса ва тезлиги. Ракетанинг тезлиги

138- расм.



139- расм.



Натижада ракета озгина-

гина кўтарилади ва кулаб тушади. У учмайди. Бу ракетадан чиқаётган ҳаво массасининг унинг массасига нисбатан кичиклиги ва шунинг учун ракета олган тезланиш унча катта бўлмаслиги билан тушунтирилади.

Бу фаразни текшириш учун ракетага унинг ҳажмининг тахминан ярми тўлгунча сув қуясиз ва яна насос ёрдамида ракетага ҳаво дамлаймиз.

Тажрибани такрорлаб (очик фазода ўтказилиши керак) — биз ракетанинг шиддат билан юқорига баландга кўтарилишини, сўнгра оғирлик кучи таъсирида Ерга тушишини кузатамиз.

Тажриба бизнинг фаразимизни тасдиқлайди: ракетадан чиқаётган жисмлар массаларининг унинг хусусий массасига (ичидаги ҳамма жисмлар билан биргаликда) нисбати қанча катта бўлса, охириги тезлиги шунча катта бўлади.

$\vec{u} = -\frac{m}{M} \vec{v}$ формула ракета тезлигини оширишнинг иккинчи йўлини кўрсатади: m массали чикиндининг \vec{v} тезлигини ошириш керак.

Бу фаразни текшириш учун юқоридаги тажрибани такрорлаймиз, бироқ энди ракетага ундан сувнинг катта тезлик билан чиқишини таъминлайдиган қилиб юқори босимгача ҳаво дамлаймиз. Бу ҳолда ракета анча юқорига кўтарилади ва бизнинг фаразимиз тўғрилигини тасдиқлайди.

Тажрибада биз сув ва қисилган /сикилган/ ҳаводан фойдаландик. Техникада қўлланиладиган ракеталарда реактив ҳаракатни олиш учун ёнилғининг махсус турлари ёқилади, бунда ёнишда ҳосил бўлган газлар ракетанинг катта тезлик билан ташлаб чиқиб кетади.

Ракета — ажойиб кашфиёт. Автомобиль ҳаракатланиши учун йўл зарур бўлиб, у йўлдан итарилиб ҳаракатланиши мумкин. Теплоходга худди шу мақсад учун сув керак, дирижаблга — ҳаво, ракета эса ёнилғи ёнганда ҳосил бўладиган газлар билан ўзаро таъсирлашиш натижасида ҳаракатланади. Шунинг учун ракеталардан космик кемаларни учуришда ва коинотда уларнинг учушларини бошқаришда фойдаланилади.

Реактив ҳаракат принципи табиатда ҳам учрайди, масалан, баъзи ҳашаротлар ва ҳайвонлар шу принципда ҳаракатланади.

?

1. Реактив ҳаракатга мисоллар келтиринг.
2. Тош улоқтирилган қайик мисолида (136-расмга қаранг), реактив ҳаракат принципини тушунтиринг.
3. Ракета тезлиги қандай катталикларга боғлиқ?
4. Шу параграфнинг 1-бандида келтирилган мисолда иккинчи тош улоқтирилгандан сўнг қайикнинг u_2 тезлигини аниқланг. (Жавоби:

$$\vec{u}_2 \approx -\frac{2m\vec{v}}{M-2m}$$

41-§. РАКЕТА ҲАРАҚАТИ ВА ТУЗИЛИШИ

Замонавий ракета — бу жуда мураккаб иншоот бўлиб, ундан қуйидаги асосий қисмларни ажратиб кўрсатиш мумкин: ракета қобиғи, ёнилғи баклари, реактив двигателлари, фойдали юк контейнери ва бошқариш аппарати. Ракеталарга ўрнатиладиган реактив двигателларни *ракета двигателлари* деб аташ қабул қилинган.

1. Ракета двигателлари. Ҳозирги вақтда термохимиявий ракета двигателлари кенг қўлланилади, бунда ёнилғи ёнганда қаттиқ қиздирилган ва сиқилган газлар ҳосил бўлади, сўнгра бу газлар ташқарига чиқади. Шундай қилиб, ёнилғида яширилган химиявий энергия двигателлардан оқиб чиқаётган ёнилғи маҳсулотларининг кинетик энергиясига айланади.

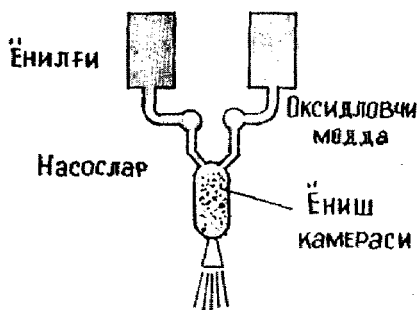
Ишлатилаётган ёнилғининг агрегат ҳолатига боғлиқ ҳолда термохимик ракета двигателлари суюқ ёнилғили ракета двигателлари (СЕРД) ва қаттиқ ёнилғили ракета двигателлари (КЕРД) га ажралади.

СЕРД да иккита компонентдан иборат ёнилғи қўлланилади: ёнилғи (масалан, керосин, гидрозин, суюқ водород) ва оксидловчи (масалан, суюқ кислород).

СЕРД да ёнилғи ва оксидловчи ёниш камерасига турбонасосли система ёрдамида ҳайдалади ва сачратиш, аралаштириш ва ёниш содир бўлади. Унинг принципиал схемаси 140-расмда тасвирланган. Чекланган ҳажмли ёнилғи интенсив ёнганда 3000—5000°С температура ва катта босимда газлар ҳосил бўлади. 141-расмда ракета қобиғида асосий блокларнинг тахминий жойлашуви кўрсатилган.

Ёниш камерасининг ичида ва ташқарисиди босимлар фарқи катта бўлиши махсус шаклдаги тирқиш газлар жуда катта тезликларгача тезлашадиган сопо оркали газларнинг кучли оқимини (отилиб чиқишини) келтириб чиқаради.

140- расм.



141- расм.



2. Кўп босқичли ракеталар. Ракеталар ҳаракатланганда унинг қобиғининг массаси пассив бўлади. Бу масса асосан ёнилғи бакининг массасидир. Ёнилғи ёниб бўлгандан сўнг баклар кераксиз балластга айланиб қолади, унга тезланиш бериш учун ёнилғи сарф қилиш керак. Қобиғи ёнилғидан ясалган ракета идеал ракета бўлар эди. Кўриниб турибдики, ҳозирги кунда бундай ракетани ясаш мумкин эмас. Шунинг учун ёнилғи сарфлангандан сўнг бошқа керак бўлмайдиган ортиқча конструкцияларни ташлаб юбориш керак. Буларни ҳисобга олиб, ракета бир неча босқичдан иборат қилиб йиғилади. Старт учун ва бутун ракетанинг тезлик олиши учун мўлжалланган ракетанинг энг массив қисми биринчи босқич деб аталади. Ракета босқичлари фойдали юкни орбитага олиб чиқилганда уларнинг ажралиш тартиби бўйича санаш — ҳисоблаш қабул қилинган.

Кўп босқичли ракетанинг биринчи массив босқичидаги ҳамма ёнилғи ёниб тугагандан сўнг у ажралади.

Ракетага кейинги камроқ массивли иккинчи босқичи тезлик беришни давом эттиради ва биринчи босқич ёрдамида эришилган олдинги тезликка яна бирор тезлик қўшади, кейин ажралади. Учинчи босқич керакли кийматигача тезлик беришни давом эттиради ва фойдали юкни орбитага элиб кўяди.

?

1. СЕРДнинг тузилишини тушунтиринг.
2. Нима учун ракеталар кўп босқичли қилиб ясалади?
3. Нима сабабдан космик учишлар учун ракеталардан фойдаланилади?

42-§. КОСМОСНИ ЗАБТ ЭТИШДАГИ ЮТУҚЛАР¹

Бугунги кунда «космос», «космонавт», «космик учишлари» сўзларини ҳамма яхши билади. Қуйида инсоният космосни ўрганишда босиб ўтган асосий босқичлар келтирилган.

1. Илмий-фантастика босқичи. Одам осмон тўғрисида, осмон жисмлари тўғрисида билишни илгаридан орзу қилган. Бунинг далили сифатида шуни айтиш мумкинки, баъзи юлдуз туркумлари ерда яшовчиларнинг номлари билан аталган. Одамлар осмон жисмларига боришни ҳам орзу қилганлар. Бу иштиёқ сайёралараро саёҳат ҳақидаги илмий-фантастик ғояларни илгари суришга туртки бўлди.

Илмий-космик фантастика жанрининг асосчиси Иоганн Кеплернинг «Туш» номли китобида (1634 й) Ойда фантастик бўлиш тавсифланади.

2. Космик учишлар назариясининг яратилиш босқичи. Механика конунлари катъий математик ҳисоблашлар асосида Ернинг тортиш кучларини энгиш учун зарур бўлган тезликларни аниқлашга имкон берди.

¹ 42-§ ни ёзишда А. Д. Марленскийнинг «Космонавтика асослари» номли китобидаги материаллардан фойдаланилди.

Шу муносабат билан XIX асрнинг иккинчи ярмида космик саёҳатлар тавсифланган ўнлаб илмий-фантастик китоблар чоп этилдики, Жюль Верннинг ҳаммага машхур «Из пушки на Луну» (1867 й.) номли китоби шу жумладандир.

1881 йилда биринчи бўлиб Николай Иванович Кибальчич космик учишлар учун ракеталардан фойдаланиши тўғрисида фикр билдирди ва ҳозирги замон бошқарилувчи космик аппаратлар тимсолини таклиф этди.

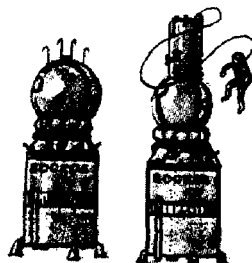
3. Назарий космонавтика босқичи. Илмий космонавтиканинг асосчиси — рус олими Константин Эдуардович Циолковскийдир.

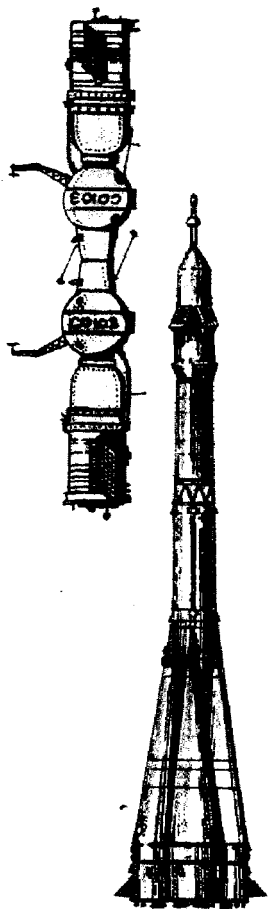
К. Э. Циолковский 1903 йили космосга ракета ёрдамида учиш мумкинлигини назарий асослаб, космик кемаларнинг биринчи схематик чизмасини чизиб берди. Ернинг тортишиш майдонида ракеталар ҳаракатини ҳисоблашларни бажарди ва Ер атрофида орбиталарда Куёш системасининг бошқа жисмларига учиш учун оралик станцияларини яратиш мақсадга мувофиқлигини биринчи бўлиб кўрсатди.

4. Зарур техникани яратиш босқичи. Циолковский ғояларини амалга ошириш учун ракета конструкцияларини ишлаб чиқиш, зарур бўлган ёнилғини танлаш ва космик учишларга киришишдан олдин бошқа минглаб муаммоларни ечиш керак эди.

1932 йил Сергей Павлович Королёв раҳбарлиги остида реактив ҳаракатни ўрганиш группасини — (РХУГ) /ГИРД/ ташкил этди, бу гуруҳнинг космик учишлар учун техника асосларини ишлаб чиқишдаги роли каттадир. Бу гуруҳ томонидан 1933 йил 17 августда биринчи марта суюқликли «ГИРД-09» ракетаси учирилди, у космик учишлар учун ракеталар яратиш мумкин эканлигини тасдиқлади.

5. Космосни амалий тадқиқ этиш босқичи. 1957 йил 4 октябрда инсоният тарихида биринчи бўлиб, Ернинг сунъий йўлдоши (ЕСЙ) учирилди. Шу машхур кундан бошлаб космосни амалий забт этиш бошланди. Космик аппаратларнинг учиш назарий асослари Мстислав Всеволодович Келдиш раҳбарлиги остида академик Михаил Константинович Тихонов билан ишлаб чиқилди. Сергей Павлович Королёв раҳбарлигида илмий-конструкторлик ишлари бажарилган эди.





1959 йил 14 сентябрда «Луна-2» станцияси инсоният тарихида биринчи бўлиб Ой сиртига қўндирилди.

1961 йил 12 апрелда Юрий Алексеевич Гагарин «Восток» кемасида биринчи бўлиб космосга парвоз қилди.

1965 йил 18 мартда космонавт-учувчи А. А. Леонов «Восход-2» космик кема кабинасидан очик космик фазога биринчи бўлиб чикди.

1966 йил 3 февралда «Луна-9» автоматик сайёралараро станцияси (АСС) биринчи бўлиб Ой сиртига енгил қўнди ва Ерга телевизион система ёрдамида Ой ландшафти манзарасини узатди.

1969 йил 21 июлда америкалик космонавтлар Н. Армстронг ва Э. Олдрин космик кема кабинасидан очик космосга чикдилар ҳамда Ой сирти бўйлаб биринчи кадам қўйдилар. Улар томонидан йиғилган Ой жинслари Ерга етказилган эди.

1970 йил 24 сентябрда «Луна-16» АСС Ер — Ой — Ер йўналиши бўйлаб биринчи автоматик учишни бажарди ва автоматик бурғулаш колоннаси ёрдамида Ерга Ой тупроғидан олиб келди.

1971 йил 19 апрелда мингга яқин турли хил асбоблар ўрнатилган биринчи узок муддатли орбитал станция «Салют» ЕСЙ нинг орбитасига олиб чикилди. 1971 йил 7 июлда станция билан экипажи Г. Г. Добровольский, В. Н. Волков ва В. И. Пацаевлар бўлган «Союз-11» космик кема туташди.

«Салют» станциясида 23 сутка туриши давомида экипаж жуда кўп турли илмий-текшириш йшларини бажарди.

1971 йил 2 декабрда «Марс-3» АССнинг тушувчи аппарати биринчи бўлиб Марс сиртига енгил қўнди.

1975 йил июлда собик Иттифок ва Америка космик кемаларининг биргаликдаги учиши бажарилди, буни натижасида турли мамлакатларга тегишли бўлган иккита космик кеманинг изланиш, яқинлашиш ва туташини биринчи бўлиб амалга оширилди. Космик кемалар туташтирилгандан сўнг космонавтлар кемалар люкини очишди ва бир-бирлариникида меҳмон бўлишди. Бу учиш «Союз — Аполлон» номини олди.

1978 йил 22 январда тарихда биринчи бўлиб автоматик юк ташиш транспорт кемаси «Прогресс-1» учирлиши билан илмий комплекс «Салют-6», «Союз-27» кемаси билан туташтирилди.

1986 йил 20 октябрда «Протон» кувватли ракетаси Ер яқинидаги орбитага «Мир» космик станциясини олиб чикди. Бу

станция олдинги станциялардан шуниси билан фарк киладики, бунга бир вақтда қўшимча олтитагача махсус ўриндаги космик кемалар туташтирилиши мумкин. 1987 йил «Мир» станциясида Ю. В. Романенко 326 сутка яшади. Уша вақтда бу одамнинг космик станцияда бўлиш рекорди эди. 1989 йил космонавтлар Г. Титов ва М. Манаров «Мир» станциясида 356 сутка-ю 22 соат 39 минут ишлашди.

1988 йил 15 ноябрда Бойкўнғир космодромидан «Энергия» ракета-космик транспорт системаси ёрдамида (унинг қуввати Ер сиртида 125 млн. кВт) автоматик режимда (экипаж аъзоларисиз) кўп марта фойдаланиладиган «Буран» космик кемаси учирлиди.

«Буран» кемасининг ўлчамлари: унинг умумий узунлиги 36,4 м, тургандаги баландлиги 16,5 м, қанотларининг қулочи 24 м. Кеманинг герметик беркиладиган яшаш бўлмасининг ҳажми 70 м³. Унинг юк бўлмасига 30 т гача юк жойлаштириш мумкин («Мир» станциясининг массаси 20 т), кеманинг умумий массаси эса 105 т.

Атмосферанинг зич қатламига киришда кеманинг алоҳида қисмлари 1600°С гача қизийди. Кема корпусини ва унинг ички хонасини қизишдан сақлаш учун кеманинг усти иссиқлик ўтказмайдиган қатлам билан қопланган.

6. Космонавтиканинг илмий ва амалий аҳамияти. Космик кемаларни ва ЕСЙ ларини учуриш катта илмий ва амалий аҳамиятга молик. Биринчи ЕСЙ Ер атмосферасининг тузилиши ҳақидаги тасаввуримизни аниқлаштиришга имкон берди. Кейинги ҳар бир учуришга космик муҳитни характерлашни ўрганиш бўйича янги масалалар, космосда одамнинг ишлаши ва яшаши учун имкониятлар яратилди ва ҳал килинди. Шундай қилиб, иккинчи сунъий йўлдошда Қуёш нурланишини ўрганиш учун аппарат ўрнатилди ва космик учушнинг жониворларга биологик таъсирларини тушунтириш бўйича тажрибалар бошланди.

Космос халқ хўжалигига хизмат қила бошлади. Ердаги «Орбита» станцияси билан биргаликда ишлайдиган «Молния» типдаги алоқа йўлдоши мамлакатнинг алоҳида бурчакларида марказий телепрограммаларни олиб кўрсатишга имкон беради. Мана шу йўлдошлардан ўта узоқ масофалардан телефон орқали сўзлашувларни олиб боришда фойдаланилади.

«Метеор» метеорология системаси йўлдошлари муваффақиятли ишлаб турибди. Улар ёрдамида кейинги йилларда об-ҳаво маълумотларини олдиндан билиш анча яхшиланди.

Йўлдошлардан фойдаланиш Ер ўлчамлари ва шаклини, материклар орасидаги масофаларни жуда катта аниқлик билан ўлчашга имкон берди.

Навигацион сунъий йўлдошларни қўллаш денгиз кемаларини ва самолётларни юритиш аниқлигини оширади.

ЕСЙ ёрдамида Ердаги табиий ресурсларни ўрганиш ишлари олиб борилмоқда, Космик техника Ер қисмларининг географик, геодезик, тупрок, гидрологик, океанографик, биологик ва бошқа

характеристикаларини йиғиш ва системалаштиришга имкон беради. Бу берилганлар асосида халқ ҳўжалигининг кўпгина тармоқларини янада рационал бошқариш учун қулайлик яратилади.

8-МАШҚ

1. Жисмга 10 с мобайнида 5 Н куч таъсир қилади. Жисм импульсининг ўзгаришини топинг.
2. Нсмис ёзувчиси Э. Распенинг «Барон Мюнхаузеннинг саргузаштлари» номли китобида Бароннинг қўйидаги ҳикояси келтирилган. «Мен кунлардан бир кун и ботқоқликдан отда сакраб ўтмоқчи бўлдим. Лекин от қирғоққача сакрай олмади ва биз суяқ лойга шалоп этиб туриб кетдик. Шалоплаб туришимиз билан чўка бошладик. Қутулишининг иложи йўқ эди. Ботқоқлик бизни жуда қўрқинчи тезлик билан бағрига чуқурроқ ва чуқурроқ торта бошлади... Нима қилиш керак эди? Агар қўлларимнинг ажойиб кучи бўлмаганда эди, албатта ҳалокатга учрашимиз муқаррар эди. Сочимдан ушлаб олиб бор кучим билан юқорига тортидим ва икки оёғим билан отни қисқич каби қаттиқ сиқиб олган ҳолда отни ва ўзимни ботқоқликдан чиқариб олдим...» Барон ҳеч қачон бундай йўл билан ҳалокатдан қутулиши мумкин эмаслигини исботланг.
3. 10 м/с тезлик билан чопаётган 60 кг массали одам 1 м/с тезлик билан ҳаракатланаётган 40 кг массали аравагани қувиб этиб, унинг устига сакраб чиқади. Шундан сўнг аравагада қандай тезлик билан ҳаракатланади? (Жавоби: $v = 6,4$ м/с).
4. Темир йўл составини йиғишда 2 м/с тезлик билан ҳаракатланаётган ўзаро уланган учта вагон тинч турган вагонга урилиб уланди, шундан сўнг ҳамма вагонлар ўша томонга ҳаракатни давом эттиради. Агар вагонларнинг массалари бир хил бўлса, уларнинг тезлигини аниқланг (Жавоби: $v = 1,5$ м/с).
5. Юқорига вертикал отилган зенит снаряди максимал баландликка кўтарилиб портлади. Бунда снаряд массалари 10,20 ва 30 кг бўлган учта бўлакка бўлинди. Биринчи иккита бўлак учини траекториясига нисбатан 120° бурчак остида 100 ва 300 м/с тезлик билан учиб кетди. Учинчи бўлак қандай тезлик билан ва қандай йўналишда ҳаракатлана бошлаган? (Жавоби: $v = 93$ м/с).
6. Кўлда массаси 300 кг бўлган сол сузади. Солнинг бир учиди массаси 60 кг бўлган одам турибди. Агар одам сол бўйлаб 5 м масофани босиб ўтса, у қанча масофага силжийди? (Жавоби: $l_2 = 1$ м).
7. Массаси 2 кг бўлган жисм 20 м баландликдан эркин тушади. Тушиш вақтида жисм импульсининг ўзгаришини топинг. Эркин тушиш тезла-нишини 10 м/с²га тенг деб олинг. (Жавоби: $\Delta p = 40$ кг·м/с.)
8. Массаси $5 \cdot 10^{-26}$ кг бўлган молекула 500 м/с тезлик билан учиб бориб, идиш деворига 30° бурчак остида урилади ва ундан худди шундай бурчак остида ва модули бўйича аввалги тезлигига тенг тезлик билан қайтади. Урилишда идиш девори олган куч импульсини топинг. (Жавоби: $I = 2,5 \cdot 10^{-23}$ Н·с.)

VIII БОБНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

1. Механик ҳаракат ўлчови бўлиб хизмат қилувчи вектор катталikka жисм импульси (ёки ҳаракат миқдори) деб аталади: $\vec{p} = m\vec{v}$. Жисм импульсининг йўналиши унинг ҳаракат тезлиги билан мос тушади. Халқаро бирликлар системасида жисм импульсининг бирлиги қилиб, 1 м/с тезлик билан ҳаракатланаётган массаси 1 кг бўлган жисм импульси қабул қилинган:

$$[p] = 1 \frac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}.$$

2. Ўзаро таъсирлашувчи жисмлар системаси ва бу системага кирмаган жисмлар билан ўзаро таъсирлашмайдиган жисмлар системасига ёпиқ (ёки изоляцияланган) система дейилади.
3. Ёпиқ системадаги жисмлар импульсининг вектор йиғиндиси бу система жисмларининг ҳар қандай ўзаро таъсирлашишида ўзгармас қолади.
4. Бирор вақт оралиғида куч таъсирининг ўлчови ҳисобланган физик вектор катталikka куч импульси дейилади. Куч импульси кучни унинг ҳаракатланиш вақтига кўпайтирилганига тенг. Куч импульсининг йўналиши $\vec{I} = \vec{F} \cdot t$ куч йўналиши билан мос тушади. Халқаро бирликлар системасида куч импульсининг бирлиги қилиб, 1 с мобайнида таъсир қилувчи 1 Н куч импульси қабул қилинган: $[I]=1\text{Н}\cdot\text{с}$.
5. Жисм импульсининг ўзгариши куч импульсига тенг: $\Delta\vec{p} = I$.
6. Ёпиқ система жисмларининг бир-бирига итарилишида юзага келган ҳаракатга реактив ҳаракат деб аталади. \vec{v} тезлик билан массали жисм ажралаётган M массали жисм тезлигининг орттирмаси қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$\Delta\vec{u} = \frac{m}{M-m}\vec{v}.$$

7. Н. И. Кибальчич биринчи бўлиб ракетадан космик учишларда фойдаланиш мумкинлигини кўрсатди. Э. К. Циолковский бу учишларнинг назарий асосларини ишлаб чиқди.

IX боб. ЖИСМЛАРНИНГ ҶАЗАРО ТАЪСИРИ. ЭНЕРГИЯНИНГ САҚЛАНИШ ВА АЙЛАНИШ ҚОНУНЛАРИ

Бизни ўраб турган оламда ҳамма нарсалар доимий ҳаракатда, доимий ўзаро таъсирда бўлади. Ҳаракатнинг энг содда тури механик ҳаракат ҳисобланади. Маълум шароитларда механик ҳаракат бошқа турдаги ҳаракатларга айланади.

Масалан, агар стол устида турган тахтачани итариб юборсак, у ҳаракатга келади, бироқ тезда тўхтади: унинг механик ҳа-



142- расм.

рақати тўхтади. Бироқ тахтачанинг ичига жойлаштирилган махсус сезгир термометр (142-расм) тахтачанинг температураси ўзгарганлигини: яъни унинг кизиганлигини кўрсатади. Бироқ температуранинг ортиши молекулалар ҳаракат тез-

лигига боғлиқ. Бинобарин, тахтача ҳаракатланганда унинг механик ҳаракати тахтача ва столнинг ички ҳаракатига айланиши содир бўлади. Гидроэлектростанцияларда сувнинг механик ҳаракати ўтказгичлардаги электронларнинг ҳаракатига ёки электромагнит ҳаракатга айланади. Ўз навбатида киздиргич, асбобларда электромагнит ҳаракат молекулалар ҳаракатига айланади, электр двигателларда эса — механик ҳаракатга айланади.

Қайд қилинганларнинг ҳаммаси жисмларнинг ўзаро таъсир жараёнида ҳаракатнинг бир шакли бошқа шаклига айланиши мумкин эканидан далолат беради.

Механик ҳаракатнинг ўлчови жисм импульси ҳисобланади. Бироқ импульс бошқа турдаги ҳаракатларнинг миқдорий ўлчови бўла олмайди, чунки механик ҳаракатлар бошқа кўринишга ўтганда ҳаракатланаётган жисм импульси камайди ва нолга тенг бўлиб қолиши ҳам мумкин (масалан, тахтачанинг стол бўйлаб ҳаракати ҳолида). Шунинг учун махсус физик катталиқ — энергия киритилган. VII ва VIII синфларда физикани ўрганаётиб, сиз бу атама билан танишган эдингиз. Бундан ташқари сиз механик (кинетик ва потенциал), ички (жисмни ташкил қилган молекулалар ва атомлар энергияси), электр ва механик энергияларни биласиз.

Энергия — ҳар қандай ҳаракатни миқдорий характерлаш мумкин бўлган физик катталиқдир. Бошқача айтганда, энергия — ҳаракатнинг универсал миқдорий ўлчовидир.

Бироқ «механик ҳаракат энергияси», «иссиқлик ҳаракат энергияси», «электромагнит ҳаракат энергияси» деб гапириш ўрнига (ва албатта ёзувда ҳам) қисқача: «механик энергия», «ички энергия», электр энергия» деб гапириш қабул қилинган. Лекин бунда энергия фақат ҳаракат характеристикаларидан бири бўлиб, у ўзаро таъсирлашувчи жисмлар, зарралар ва уларнинг ҳаракатидан алоҳида мавжуд бўлмаслигини ҳар доим эсда сақлаш керак.

Энергия тушунчаси физиканинг асосий тушунчаси ҳисобланади. Ҳозир олдингида энергия ҳақидаги олган билимларингизни мунтазамлаштириш ва чуқурлаштириш масалалари турибди. Бу масалани ҳал этишни VII синфда ўрганилган материални такрорлаш ва чуқурлаштиришдан бошлаймиз.

43- §. ИШҚАЛАНИШ ВА ОҒИРЛИК ҚУЧНИНГ ИШИ

Ўзаро таъсир натижасида ўзаро таъсирлашувчи жисмлар энергияси ўзгариши мумкин. Ўзаро таъсирлашувчи жисмлар энергиясини ҳақарактерлаш учун махсус физик катталиқ — кучнинг иши киритилган.

Фараз қилайлик, жисмга \vec{F} доимий куч қўйилган, бу куч таъсирида жисм куч йўналиши билан s масофага кўчади (143-расм). Бунда жисмнинг механик вазияти ўзгаради, чунки унинг масофада вазияти ва тезлиги ўзгаради.

Равшанки, \vec{F} куч ва s масофа қанча катта бўлса, бир хил шароитларда, жисмнинг вазияти шунча кўп ўзгаради. Сиз VII синф физика курсидан куч йўналиши кўчиш йўналиши билан мос тушган ҳолда куч модулини кўчиш модулига кўпайтмасиқа тенг бўлган A скаляр катталиқ кучнинг иши деб аталади:

$$A = Fs$$

Бирок куч ва кўчиш йўналишлари мос тушмаслиги мумкин (144-расм). Бундай ҳолда ишни қандай ҳисоблаш керак? \vec{F} кучни \vec{F}_1 ва \vec{F}_2 кучлар йиғиндиси деб фараз қилайлик.

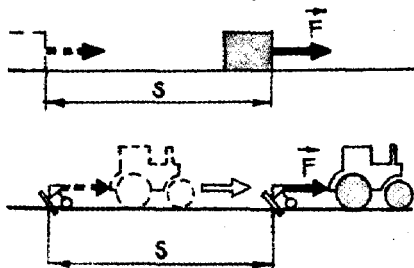
Жисм вертикал йўналишда кўчмайди, шунинг учун \vec{F}_2 куч иш бажармайди. Шунинг учун \vec{F} кучнинг иши \vec{F}_1 кучнинг ишига тенг. $A = F_1 s$. Бирок $F_1 = F \cos \alpha$, шунинг учун $A = F s \cos \alpha$.

Шундай қилиб, доимий кучнинг иши куч вектори модулининг кўчиш вектори модулига ва шу векторлар орасидаги бурчак косинусига кўпайтмасига тенг.

Халқаро бирликлар системасида иш бирлиги қилиб 1 м йўлда 1 Н куч билан бажарилган иш қабул қилинган. Бу бирлик инглиз физиги Жеймс Жоуль шарафига Жоуль (Ж) деб аталади.

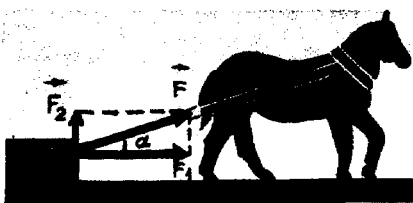
$$A = 1 \text{ Ж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м} = 1 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1 \text{ м} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2}$$

Ишни ўлчаш учун жоулдан ташқари, унинг улушли ва каррали



143- расм.

144- расм.



бирликлари, шунингдек, системадан ташқари бирликлари қўлланади:

$$1 \text{ ватт} \cdot \text{соат} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{соат} = 3600 \text{ Ж} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ Ж},$$

$$1 \text{ гектоватт} \cdot \text{соат} = 1 \text{ гВт} \cdot \text{соат} = 360000 \text{ Ж} = 3,6 \cdot 10^5 \text{ Ж},$$

$$1 \text{ киловатт} \cdot \text{соат} = 1 \text{ кВт} \cdot \text{соат} = 3600000 \text{ Ж} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ж},$$

$$1 \text{ мегаватт} \cdot \text{соат} = 1 \text{ МВт} \cdot \text{соат} = 3600000000 \text{ Ж} = 3,6 \cdot 10^9 \text{ Ж}.$$

Шу вақтгача биз куч йўналиши ва жисм кўчиши ё мос тушади, ё ўткир бурчак ташкил қилади деб ҳисоблаб келдик. Ҳаракат йўналишига қарама-қарши йўналган ҳаракатга тўсқинлик қиладиган куч иш бажарадими? Масалан, сирпаниш ишқаланиш кучи иш бажарадими?

Улар учун $\cos\alpha = \cos 180^\circ = -1$ ва $A = -Fs$. Бинобарин, бундай кучларнинг иши манфийдир.

Масалан, жисм юқорига қўтарилаётганда оғирлик кучи, сувга сакровчи сувга тушганда сувнинг қаршилик кучи, ишқаланиш кучи ва ҳоказолар манфий иш бажаради.

Консерватив кучларнинг бажарган иши ҳақида

Фараз қилайлик, m массали жисм оғирлик кучи таъсири остида h баландликдан 1 вазиятдан 2 вазиятга эркин тушади (145-расм). Бу ҳолда оғирлик кучи иш бажаради:

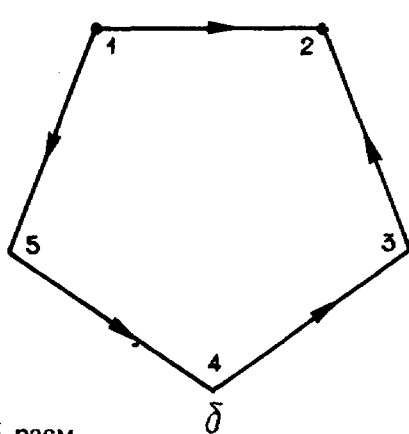
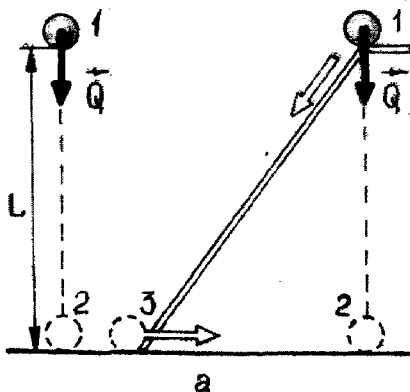
$$A_{12} = Qh = mgh.$$

Энди айнан шу жисм дастлаб қия текислик бўйлаб ишқаланишсиз 1 вазиятдан 3 вазиятга сирпансин, кейин эса шунингдек ишқаланишсиз горизонтал бўйлаб 3 вазиятдан 2 вазиятга кўчсин. Бу ҳолда оғирлик кучининг иши йўлнинг 1–3 ва 3–2 қисмларидаги ишлар йиғиндисига тенг:

$$A_{132} = A_{13} + A_{32}.$$

1–3 қисмдаги оғирлик кучининг иши қуйидагига тенг:

$$A_{13} = Qs \cos\alpha.$$



145-расм.

Бироқ $s \cos \alpha = h$ шунинг учун $A_{13} = mgh$. 3–2 қисмдаги оғирлик кучининг иши қуйидагига тенг:

$$A_{32} = Q \cos 90^\circ = 0.$$

Шундай қилиб, қисмда оғирлик кучининг иши

$$A_{132} = mgh.$$

Олинган натижа шуни кўрсатадики, оғирлик кучининг иши йўл шаклига боғлиқ эмас, фақат жисмнинг бошланғич ва охириги вазиятлари билан аниқланади. *Бажарган ишлари йўл шаклига боғлиқ бўлмаган кучлар консерватив кучлар деб аталади.* Бу ном «консерватор» ўзгаришларни қабул қилмайдиган одам, сўзидан келиб чиқади. Мазкур ҳолда йўл шаклининг ўзгаришларини қабул қилмайдиган куч: уларнинг иши йўл шаклига боғлиқ эмас.

Бажарган ишлари йўл шаклига боғлиқ бўлган кучлар ноконсерватив кучлар дейилади. Ноконсерватив кучларга ишқаланиш кучлари мисол бўлади. Бунга қуйидаги мисолда ишонч ҳосил қилиш мумкин.

Фараз қилайлик, m жисм (145-б расм) айнан бир хил текисликда 1 вазиятдан 2 вазиятга кўчади: биринчи гал 1–2 қисм узунлигига тенг бўлган кўпбурчак периметри бўйлаб кўчади. Биринчи ҳолда ишқаланиш кучининг иши $A_{12} = -F_{\text{ишқ}} l$, иккинчи ҳолда эса $A_{15432} = F_{\text{ишқ}} 5l = 5F_{\text{ишқ}} l = 5A_{12}$. Демак, $A_{12} \neq A_{15432}$.

- ?
1. Қандай физик катталиқка иш деб аталади?
 2. «Манфий» иш нима?
 3. Ишни ҳисоблаш формуласини ёзинг.
 4. Халқаро бирликлар системасида иш қандай бирликларда ўлчанади?
 5. Массаси 260 кг бўлган штангани 2 м баландликка кўтарган оғир атлетикачи қанча иш бажаради?

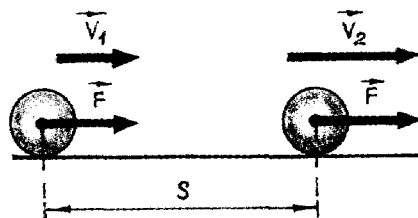
44-§. ИШ ВА ЭНЕРГИЯНИНГ ЎЗАРО БОҒЛАНИШИ

Энергия — барча ҳаракат турларининг умумий (универсал) миқдорий ўлчовидир. Энергия ҳаракатларни характерлаш учун киритилган бошқа катталиқлар билан қандай боғланган ва у қандай бирликларда ўлчанади?

1. Кучнинг иши ва кинетик энергия

VII синф физика курсидан маълумки, ҳаракатланаётган жисм ёки заррача эришган энергияга кинетик энергия деб аталади. Бу кучнинг иши билан шу куч таъсир этаётган жисмнинг кинетик энергияси орасидаги ўзаро боғланишни топамиз.

Фараз қилайлик, m массали жисм (146-расм) тўғри чизиқ бўйлаб ишқаланишсиз \vec{v} тезлик билан чапдан ўнгга ҳаракатланади. Бу вақтда унга тезланиш берадиган F куч таъсир қила бошлайди. Жисм куч таъсири остида t вақтда s масофани босиб ўтади. Бу масофанинг



146-расм.

охирда жисмнинг тезлиги \bar{v} га тенг бўлди. \bar{F} кучнинг ишини топамиз.

Куч ва кўчиш йўналиши мос тушади, шунинг учун кучнинг ишини қуйидаги формула бўйича ҳисоблаб топиш мумкин:

$$A = Fs.$$

Бу формулада куч ва кўчишларни уларнинг қийматлари билан алмаштирамиз:

$$F = ma = m \frac{v_2 - v_1}{t}; \quad s = v_{\text{ср.}} t = \frac{v_1 + v_2}{2} t.$$

$$A = Fs = m \frac{v_2 - v_1}{t} \cdot \frac{v_1 + v_2}{2} t = \frac{m}{2} (v_2^2 - v_1^2).$$

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

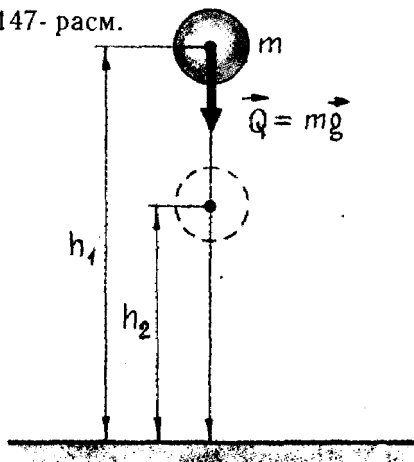
Ҳосил килинган формулада $\frac{mv_2^2}{2}$ ҳад жисмнинг охирига вазиятини, $\frac{mv_1^2}{2}$ ҳад эса бошланғич вазиятни характерлайди.

Куч таъсири натижасида жисмнинг кинетик энергияси ўзгаради, шунинг учун табиийки, иккинчи ҳад куч таъсири қўйилган пайтдаги кинетик энергияга, биринчи ҳад эса жисмнинг куч таъсири тўхтаётган пайтдаги кинетик энергиясига тенг деб ҳисоблаш мумкин:

$$W_{k1} = \frac{mv_1^2}{2}; \quad W_{k2} = \frac{mv_2^2}{2}.$$

Шундай қилиб, кучнинг иши жисм кинетик энергиясининг ўзгаришига тенг:

147- расм.



$$A = W_{k2} - W_{k1} = \Delta W_k.$$

2. Оғирлик кучининг иши ва потенциал энергияси. Сиз, жисмлар ва заррачаларнинг ўзаро жойлашишига боғлиқ бўлган энергия потенциал энергия деб аталишини биласиз. Жисмлар системасининг потенциал энергияси кинетик энергия сингари ўзгариши мумкин.

Потенциал энергия ва оғирлик кучининг иши орасидаги боғланишни топамиз. Фараз қилайлик, m массали жисм, h_1 баландликдан h_2 баландликка тушади (147- расм). Q

оғирлик кучининг $h = h_1 - h_2$ қисмда бажарган ишини топамиз. Бу ҳолда $A = Qs = Q(h_1 - h_2)$, бироқ $Q = mg$, демак, $A = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2$. Ҳосил қилинган муносабатни ўнг томондаги биринчи ҳад жисмнинг бошланғич ҳолати (вазияти)ни иккинчиси эса охириги вазиятини характерлайди. Жисмнинг тушиши натижасида унинг потенциал энергияси ўзгаради, у ҳолда mgh_1 ҳад биринчи ҳолатдаги жисмнинг потенциал энергиясига тенглиги, mgh_2 ҳад эса иккинчи ҳолатдагисига тенглиги табиийдир. Потенциал энергияни W_p харфи билан белгиласак, у ҳолда

$$W_{p1} = mgh_1; W_{p2} = mgh_2.$$

Шундай қилиб, оғирлик кучининг иши жисм потенциал энергиясининг ўзгаришига тенг:

$$A = W_{p1} - W_{p2} = - (W_{p2} - W_{p1}) = -\Delta W_p.$$

« — » ишора оғирлик кучининг иши натижасида тортишиш майдонидаги жисмнинг потенциал энергияси камайганини билдиради.

3. Эластиклик кучининг иши ва потенциал энергия. Фараз қилайлик, эластик деформацияланган (чўзилган) пружина қайтаётганда қандайдир жисмни кўчиради. Пружина узунлиги x_1 дан x_2 гача (148-расм), яъни $s = x_1 - x_2$ масофага ўзгарганда эластиклик кучининг ишини ҳисоблаймиз.

Бизга маълумки, эластиклик кучи пружина деформацияланишига боғлиқ, ушбу ҳолда у F_1 дан F_2 гача ўзгаради.

Куч — кўчишга чизикли боғлиқ бўлган ўзгарувчан катталиқ бўлса, у ҳолда ишни ҳисоблаш учун кучнинг ўртача қийматини олиш керак:

$$F_{\text{ўр.}} = \frac{F_1 + F_2}{2}$$

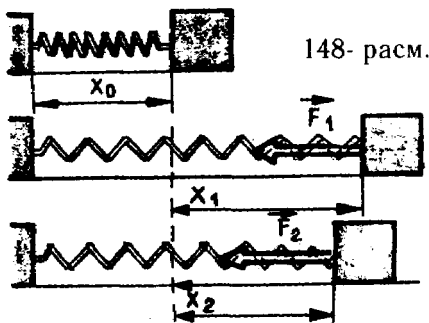
Бироқ, $F_1 = kx_1$; $F_2 = kx_2$. Шунинг учун

$$F_{\text{ўр.}} = \frac{kx_1 + kx_2}{2} = \frac{k}{2}(x_1 + x_2). \text{ У ҳолда}$$

$$A = F_{\text{ўр.}} \cdot s = \frac{k}{2}(x_1 + x_2)(x_1 - x_2) = \frac{k}{2}(x_1^2 - x_2^2).$$

Шундай қилиб, $A = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$.

Эластиклик кучининг иши натижасида пружинанинг потенциал энергияси ўзгариши сабабли ҳосил қилинган ифоданинг биринчи ҳади пружинанинг бошланғич вазиятидаги иккинчи ҳади эса пружинанинг кейинги вазиятидаги потенциал энергиясига тенг бўлиши табиий:



$$A = W_{p1} - W_{p2} = -(W_{p2} - W_{p1}) = -\Delta W_p.$$

Шундай қилиб, эластиклик кучининг иши қарама-қарши ишора билан олинган потенциал энергия ўзгаришига тенг:

«—» ишора эластиклик кучи бажарган иши натижасида потенциал энергия камайганлигини кўрсатади.

4. Иш — энергия ўзгаришининг ўлчовидир. Юқорида қараб чиқилган мисоллар \vec{F} кучининг иши барча ҳолларда жисм энергиясининг ўзгаришига тенглигини кўрсатди. Бинобарин, кучининг иши энергия ўзгаришининг ўлчови бўлади:

$$A = \pm \Delta W.$$

Барча айтилганларга хулоса қилиб, кучининг ишига қуйидагича таъриф бериш мумкин:

Бир турдаги энергия ўзгаришининг ўлчови ҳисобланувчи физик скаляр катталиқка иш деб аталади. Ўзгармас кучининг иши куч модули, кўчиш модули ва куч вектори билан кўчиш вектори орасидаги бурчак косинуси кўнайтамасига тенг:

$$A = Fs \cos \alpha.$$

Куч ўзгарувчан, масалан, эластиклик кучи бўлган ҳолда ишни ҳисоблаш учун мазкур кўчишда кучининг ўртача қийматини олиш керак.

5. Иккита муҳим хулоса. Бир турдаги энергия ўзгаришининг ўлчови бўлган скаляр катталиқ иш деб аталгани учун, қуйидаги иккита оддий, лекин жуда муҳим хулоса келиб чиқади:

Биринчи хулоса: *энергия — скаляр катталиқ.*

Иккинчи хулоса: *энергия иш бирликларида ўлчанади.*

- ?
1. Жисмни абсолют силлиқ горизонтал сиртда кўчирувчи \vec{F} кучининг иши жисмнинг кинетик энергияси ўзгаришига тенглигини исбот қилинг.
 2. Жисм h_1 баландликдан h_2 баландликкача тушганда оғирлик кучининг иши унинг потенциал энергиясининг ўзгаришига тенглигини исботланг.
 3. Бикрлиги k бўлган пружинанинг унинг узунлиги x_1 дан x_2 гача қисқарганда бажарган ишини топинг, бунда x_0 пружинанинг деформацияланмаган вазиятидаги узунлиги.
 4. 200 км баландликда доиравий орбита бўйлаб 90 мин айланиш даври билан ҳаракатланаётган 2000 кг массали сунъий йўлдошнинг кинетик энергиясини ҳисобланг.

45-§. МЕХАНИК ЭНЕРГИЯНИНГ АЙЛАНИШ ВА САҚЛАНИШ ҚОНУНИ

Бизни ўраб олган оламда ҳамма нарса ҳаракатланади, ҳаммаси ўзгаради. Бунда ҳаракатнинг бир тури бошқасига айланади, демак, энергия турларининг ўзаро айланиши содир бўлади.

Механик жараёнларда энергия айланишига мисоллар қараб чиқарамиз.

1. Кинетик ва потенциал энергияларнинг ўзаро айланиши. Кўп сонли мисоллар кинетик ва потенциал энергиялар ўзаро бир-бирига айланиши мумкинлигидан далолат беради. Бундай айланишларга мисол келтирамиз.

m массали жисмни v_0 тезлик бўйича юқорига вертикал отамиз (149-расм). Жисм отилган пайтда кинетик энергияга эга бўлади:

$$W_k = \frac{mv_0^2}{2}$$

Жисм кўтарилаётганда тезлиги камаяди. Демак, унинг кинетик энергияси ҳам камаяди. Бирок бир вақтда жисмнинг юқорига қараб ҳаракатлангани учун унинг потенциал энергияси ортади:

$$W_p = mgh,$$

бунда h — жисмнинг кўтарилиш баландлиги.

H максимал баландликда жисмнинг кинетик энергияси нолга тенг, потенциал энергияси эса максимал қийматга эришади.

$$W_p = mgH.$$

Бирок кўтарилишнинг максимал баландлиги: $H = \frac{v_0^2}{2g}$ (14-§ га қаранг). Бу баландлик қийматини потенциал энергия формуласига қўйиб қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$W_p = mgH = mg \frac{v_0^2}{2g} = \frac{mv_0^2}{2}.$$

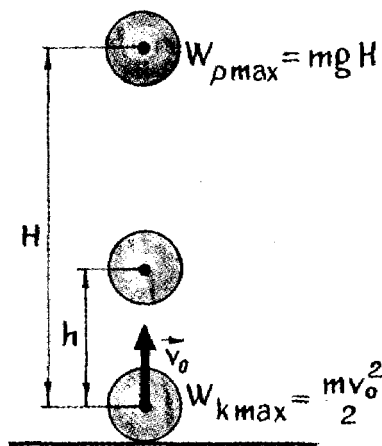
Биз жисм кўтарилаётганда унинг кинетик энергияси потенциал энергияга айланишини ва миқдоран ўзгармаслигини кўрамиз.

Жисм пастга тушаётганда унинг потенциал энергияси модули бўйича тенг бўлган кинетик энергияга айланади.

Жисм бир вақтда ҳам потенциал энергияга, ҳам кинетик энергияга эга бўлиши мумкин. Масалан, биз қараб чиққан мисолларда жисм траекториясидаги нукталар оралиқларида жисм ҳам потенциал, ҳам кинетик энергияга эга бўлиши мумкин. Потенциал ва кинетик энергияларнинг йиғиндисига тўлиқ механик энергия деб аталади. Одатда уни E ҳарфи билан белгиланади:

$$E = W_k + W_p.$$

2. Механик энергиянинг сақланиш қонуни. Фараз қилайлик, ёпиқ (изоляцияланган) жисмлар системасида, (бунда ишқаланиш



149- расм.

кучи таъсир қилмайди ва ноэластик деформация йўк) жисмларнинг ўзаро таъсир жараёнида ички кучлар A иш бажаради. Бу иш системанинг потенциал ва кинетик энергиялари ўзгаришига олиб келади. Система ички кучларининг ишини унинг кинетик ва потенциал энергиялари орқали ифодалаймиз.

$$A = W_{k2} - W_{k1} \text{ ва } A = W_{p1} - W_{p2}.$$

A иш айнан бир хил бўлгани учун бу тенгликларнинг ўнг томонларини тенглаштириб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$W_{k2} - W_{k1} = W_{p1} - W_{p2}.$$

Қавсларни очиб ва айнан бир хил система вазиятга тегишли бўлган ҳадларни группалаб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\begin{aligned} W_{k2} + W_{p2} &= W_{k1} + W_{p1} \text{ ёки} \\ W_{k1} + W_{p1} &= W_{k2} + W_{p2} \end{aligned}$$

Тенгликни чап томонида системанинг ўзаро таъсирлашгунча тўлиқ механик энергияси, ўнг томонида эса ўзаро таъсирлашгандан кейинги тўлиқ механик энергияси турибди. Улар тенг бўлгани учун изоляцияланган системанинг тўлиқ механик энергияси (бунда ишқаланиш кучи таъсир қилмайди ва эластик деформация йўк) барча ўзгаришларда ўзгармас қолади:

$$E = W_k + W_p = \text{const.}$$

Ҳосил қилинган қонуний *механик энергиянинг сақланиш қонуни* деб аталади.

?

1. v_0 тезлик билан юқорига вертикал отилган жисм мисолида изоляцияланган системанинг тўлиқ механик энергияси ўзгармас қолишини исботланг.
2. Механик энергиянинг сақланиш ва айланиш қонунини таърифланг.
3. Камондан юқорига вертикал отилган ўкнинг максимал кўтарилиш баландлигини ҳисобланг. Ўкнинг бошланғич тезлиги 40 м/с. (Ўкнинг ҳаракатига ҳаво қаршилигини ҳисобга олмаг.)

46 *-§. БАРЧА СИСТЕМАЛАРДА ЭНЕРГИЯНИНГ САҚЛАНИШ ВА АЙЛАНИШ ҚОНУНИ

(5-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ)

1. Табиатнинг асосий қонуни. Биз олдинги параграфда ишқаланиш кучи ва ноэластик деформация бўлмаган изоляцияланган системаларда механик энергияларнинг айланишини кўрдик. Бирок ҳар доим исталган жисмлар системасида, унинг тўлиқ механик энергиясини камайтирувчи ишқаланиш ва ноэластик деформациялар мавжуд. Буларни тасдиқловчи далиллар сифатида қуйидагиларни мисол қилиб келтириш мумкин: матчикнинг тебраниш қулочи аста-секин камайдиган ва у тўхтайдиган; юқорига v_2 тезлик билан отилган жисм ундан кичикроқ v тезлик билан Ерга тушади ва ҳоказо. Бундан энергиянинг сақланиш қонуни нотўғри, деган хулоса келиб чиқадими?

Хулоса чиқаришга шошилманг.

Гап шундаки, жисмлар ўзаро таъсирлашганда ишқаланиш кучлари ва ноэластик деформациялар механик энергиянинг бир қисми молекулаларнинг ҳаракат энергиясига айланишига сабаб бўлади ва жисм қизийди. Бунга махсус қўйилган тажрибалар каби кундалик ҳаётимизда содир бўлувчи ҳодисаларда ишонч ҳосил қилиш мумкин.

Масалан, автомобиль кескин тормозланганда ғилдиракнинг асфальт йўлга ишқаланиши натижасида ғилдирак покришқаси шундай кучли қизийдики, резина эрийди ва асфальт йўлда яхши сезиларли из қолдиради.

Ёғоч тахтача орқали ташланган аркон аргимчоқда узоқ вақт тебранганда аркон билан тахтачанинг бир-бирига тегиб турган жойи шундай кучли қизийди, тахтачанинг усти куйиб кўмирга айланади.

Металл деталга ишлов беришда токарлик станогининг кескичи ва деталь жуда кучли қизийди ва уларни совитиш учун кесиш жойига махсус суюқлик (эмульсия) қуйиб турилади.

Келтирилган мисоллар шуни кўрсатадики, механик энергия жисмларнинг ички энергиясига, улар молекулаларининг ҳаракат энергиясига айланиши мумкин экан.

Дунёнинг энг яхши лабораторияларида ўтказилган кўп сонли тажрибалар шуни кўрсатадики, механик энергиянинг бошқа энергияга айланган бир қисми роппа-роса ички энергия орттирмасига тенг, изоляцияланган системанинг тўлиқ механик энергияси эса бу ҳолда ўзгармас қолади. Бу эса энергиянинг айланиш ва сақланиш қонунидир.

Изоляцияланган системада тўлиқ энергия бу системанинг ичиде бўлиб ўтаётган барча ўзгаришларда доимий қолади.

Энергиянинг айланиш ва сақланиш қонуни табиатнинг асосий қонунидир.

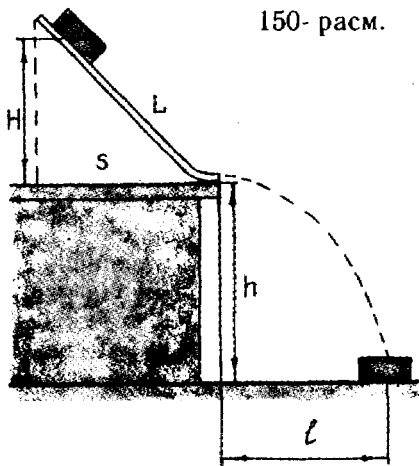
Биз бу қонунни тушунтиришга алоҳида тажрибалар ва кузатишларга мурожаат қилдик. Бироқ ҳар доим шуни назарда тутиш керакки, ҳаракат қонунлари каби энергиянинг айланиш ва сақланиш қонунларини на экспериментал (тажрибалардан), на мантикий йўл билан келтириб чиқариш мумкин. У ҳозирги замон фани эга бўлган барча далиллар тўпламидан келиб чиқади. Унинг ўринлиги инсоният фаолиятининг кўп асрлик амалий тажрибасида тасдиқланган. Энергиянинг сақланиш қонуни бажарилмайдиган машиналар, механизмлар ва қурилмалар йўқ ва бўлиши ҳам мумкин эмас.

2. Экспериментал топшириқ (5- лаборатория иши). Энергиянинг сақланиш ва айланиш қонуни ёрдамида нафақат физикада, бошқа фанларда ҳам жуда кўп сонли ҳар хил муаммолар ҳал қилинган.

Сиз ҳам энергиянинг сақланиш ва айланиш қонуни ёрдамида кичик бир экспериментал масалани ечинг: шашка донаси (шайба ёки тахтача)нинг қия текисликка ишқаланиш кучини аниқланг.

1. 150- расмда тасвирланган қурилмани йиғинг. Қия те-

150- расм.



кисликни юпка картон ёки линолиум билан шундай қоплаш керакки, пастда у столнинг горизонтал текислигига силлик улансин.

2. Шашка (шайба ёки тахтача)ни қия текисликнинг юқори нуқтасидан қўйиб юборинг ва полга тушиш жойини белгиланг.

3. а) қия текисликнинг узунлигини, баландлигини ва асосининг узунлигини ўлчанг.

б) шашка тушадиган стол баландлигини ўлчанг:

в) шашканинг ҳавода горизонтал ўтган масофасини ўлчанг.

Жадвалга барча ўлчашлар натижаларини ёзинг.

Қия текисликнинг баландлиги, H —
Қия текисликнинг узунлиги, L —
Қия текислик асосининг узунлиги, s —
Шашканинг тушиш баландлиги, h —
Шашканинг горизонтал ўтган ўртача масофаси, l —
Шашканинг массаси, m —

Тажрибани бир неча марта такрорлаб шашканинг горизонтал ўтган ўртача масофасини аниқланг.

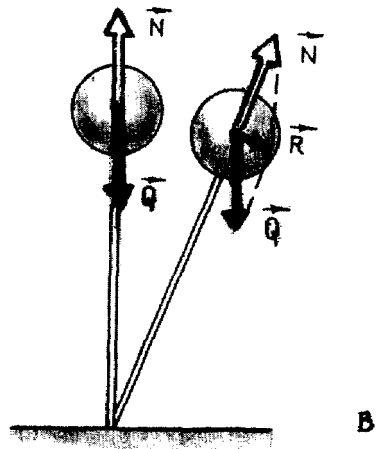
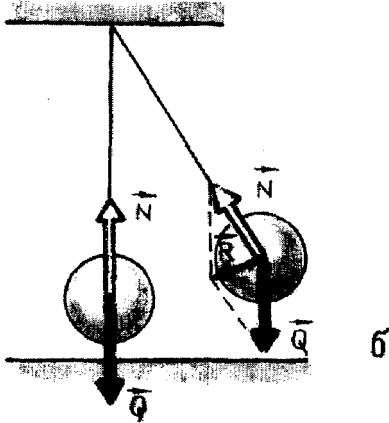
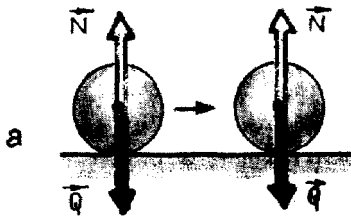
3. Уй вазифаси. Тажриба йўли билан олинган натижалар бўйича ишқаланиш кучини, агар хоҳласангиз сирпаниш ишқаланиш коэффициентини муस्ताқил аниқланг.

47 *- §. ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГИЯ ВА МУВОЗАНАТ

(6- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ)

Механикада мувозанат деб, жисмнинг шундай ҳолатига айтиладики, бунда жисм (иншоот) танланган инерциал санок системасига нисбатан тинч ҳолатда бўлади. Инженерлик ҳисоблашларда санок системаси учун одатда Ер ёки у билан боғланган жисм танланади.

1. **Мувозанат турлари.** 151- расмда шар мувозанатининг учта ҳолати кўрсатилган. Биринчи *a* ҳолатда шар горизонтал сиртда турибди, иккинчи *b* ҳолатда шар мустақкам ипда вертикал осилиб турибди, ниҳоят учинчи *в* ҳолатда шар вертикал ўрнатилган ингичка найча учидан турибди. Бу ҳолатларнинг ҳар бирида \vec{Q} шарнинг оғирлик кучи \vec{N} таянчнинг реакция кучи билан мувозанатланган ва уларнинг тенг таъсир этувчиси нолга тенг.



151- расм.

Мувозанатнинг бу учта тури тенг хил эмаслигига осон ишонч ҳосил қилиш мумкин.

Агар *a* ҳолатда турган шарни чапга ёки ўнгга сурсак (151- расмга қаранг), шар ав-

валгича мувозанат ҳолатида туради. Мувозанатнинг бундай тури фарқсиз мувозанат дейилади.

б вазиятда турган шар билан иш бошқача бўлади. Агар биз уни чапга ёки ўнгга суриб қўйиб юборсак, шар дастлабки вазиятига келади. Шар оғдирилганда тенг таъсир этувчи Q оғирлик кучи ва N реакция кучи мувозанат вазиятига қараб йўналган ва шарни мувозанат вазиятига қайтаради. Мувозанатнинг бундай тури *турғун мувозанат* дейилади.

Агар жисм мувозанат ҳолатидан оғдирилганда уни мувозанат вазиятига қайтарувчи куч юзага келса, жисмнинг бундай вазияти *турғун мувозанат* дейилади.

в вазиятда турган шар ўзини бошқача тутати. Агар биз шарни мувозанат вазиятидан озгинагина сурсак, у тушиб кетади. Мувозанатнинг бундай вазияти *нотурғун мувозанат* дейилади. Тенг таъсир этувчи оғирлик кучи ва таянч реакцияси мувозанат вазиятидан ташқарига йўналганлиги учун шундай бўлади.

Агар жисм мувозанат ҳолатидан сезиларли оғдирилганда жисмнинг шу оғишни давом эттирувчи кучлар ҳосил бўлса, жисмнинг бундай мувозанатига *нотурғун мувозанат* дейилади.

2. Жисмларнинг мувозанат шarti. (6- лаборатория иши). Му-возанат вазиятида жисм танланган инерциал санок системасига нисбатан тинч вазият (ҳолат) да бўлгани сабабли унинг тезланиши нолга тенг бўлади: $a=0$, бу фақат жисмга таъсир этаётган барча кучлар бир-бирини мувозанатлаганда, яъни уларнинг тенг таъсир

этувчиси нолга тенг бўлгандагина бўлиши мумкин: $\sum \vec{F} = \vec{R} = 0$.
 Σ (сигма) ҳарфи билан йиғинди белгиланган.

Одатда бу шарт мувозанатнинг биринчи шарти дейилади.

Мувозанатнинг биринчи шартини, унга ҳисоблаш учун энг қулай шакл бериб, бошқача таърифлаш мумкин. Гап шундаки, агар тенг таъсир этувчи куч нолга тенг бўлса, у ҳолда исталган ўқда кучларнинг ташкил этувчилари проекцияларнинг йиғиндиси ҳам нолга тенг бўлади. Шунинг учун жисмнинг биринчи мувозанат шартини қуйидагича таърифлаш мумкин:

Жисм мувозанат ҳолатда бўлиши учун унга қўйилган кучларнинг исталган ўқдаги проекциялари йиғиндиси нолга тенг бўлиши зарур.

Бироқ тенг таъсир этувчи кучларнинг нолга тенглиги зарурий шарт, лекин етарли эмас. Масалан, кўзгалмас блокка таъсир этувчи модули бўйича тенг, бироқ қарама-қарши йўналган икки кучнинг тенг таъсир этувчиси нолга тенг, бироқ бу кучлар таъсири остида блок тинч турмайди, айланади.

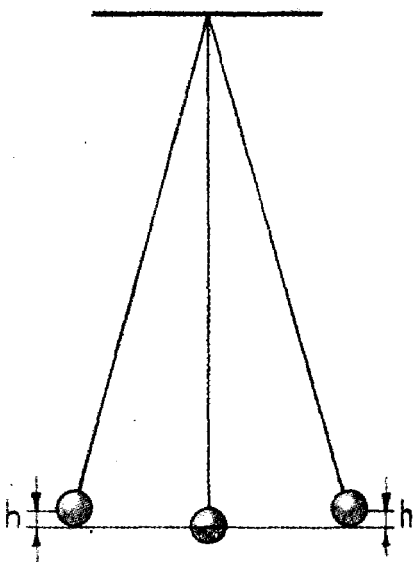
Ричаг ва юқлар тўпламидан фойдаланиб, жисмлар мувозанатида бўлиши учун жисмга таъсир этувчи барча кучлар алгебраик йиғиндиси айланиш ўқига нисбатан нолга тенг бўлишини тажрибада исботланг.

Шундай қилиб, жисм ёки иншоотни мувозанатлаш учун қуйидаги икки шарт бажарилиши керак.

1) Жисмга таъсир этувчи ҳамма кучларнинг исталган ўқдаги проекциялари йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак:

$$\sum F_x = 0.$$

152- расм.



2) Жисмга таъсир этувчи барча кучларнинг исталган ўққа нисбатан моментлари йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак:

$$\sum M_x(F) = 0.$$

(Бу ерда x индекс фақат OX ўқни эмас, балки исталган ўқни билдиради).

3. Турғун мувозанат ва потенциал энергия.

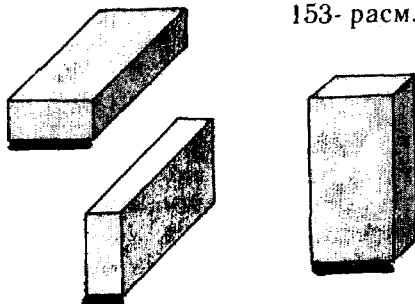
Шарнинг турғун мувозанатини энергетик нуқтаи назаридан қараб чиқамиз (152- расм). Шарнинг мувозанат вазиятда потенциал энергиясини W_{p_0} билан белгилаймиз. Исталган мувозанат вазиятдан ўнгга ёки чапга оғдирилганда шарнинг

потенциал энергияси мувозанат вазиятидагидан катта бўлишини пайқаш қийин эмас.

Биз факат осилган шарнинг турғун мувозанатини қараб чиқдик, бироқ таъкидлаб ўтилган қонуният турғун мувозанатнинг ҳамма ҳоллари учун ўринлидир.

Ҳар доим жисм (иншоот) турғун мувозанат вазиятда энг кичик потенциал энергияга эга бўлади.

Бошқача айтганда, ўз ҳолига қўйилган жисмларнинг механик системаси шундай вазиятни эгаллайдики, бунда унинг потенциал энергияси минимал бўлади.



?

1. Қандай мувозанат турғун мувозанат дейилади? Нотурғун мувозанат деб қандай мувозанатга айтилади? Фарқсиз мувозанат деб-чи?
2. Турғун, нотурғун ва фарқсиз мувозанатларга мисоллар келтиринг.
3. Қуйидаги тасдиқ ўринлими: «Жисм минимал энергияга эга бўлган вазият турғун мувозанат деб аталади».
4. 153- расмда кўрсатилган ғиштнинг қайси бири турғун мувозанатда турибди?

48°- §. ҚУВВАТ

Одам жисмоний имкониятларини кўп марта кучайтирувчи машиналардан кенг фойдаланилади. Масалан, автомобиль (самолётлар ва ракеталар тўғрисида гапирмасак ҳам бўлади) югуриш бўйича жаҳон чемпионидан кўп марта юкори тезлик билан ҳаракатланишга имкон беради. Экскаватор энг чакқон ер қовловчига нисбатан жуда кўп тупрок қовлаб олади. Кўтарувчи кран энг кучли одамлардан ўн ва юз марта оғир юкни кўтаради ва ҳоказо.

Ҳар қандай машинада бир турдаги энергиянинг бошқа турдаги энергияга айланиши содир бўлади. Масалан, автомобиль ва экскаваторда ёнилғи энергияси механик ва ички энергияга (ишланган газ қизийди, бундан ташқари тупрок ва экскаватор қовши қизийди) айланади. Кўтариш кранида электр энергия механик энергияга айланади. Гидроэлектростанцияда тушаётган сувнинг энергияси электр энергияга айланади ва ҳоказо.

1. Қувват. Машиналардан фойдаланиладиган барча ҳолларда бизни биринчи навбатда уларда бир турдаги энергиянинг бошқа турдаги энергияга айланиши тезлиги ёки бошқача айтганда, иш бажариш тезлиги қизиқтиради. Бу жараёнларни характерлаш учун муҳим катталиқ — қувват киритилган: уни одатда P ҳарфи билан белгиланади.

Бир турдаги энергияни бошқа турдаги энергияга айланиш тезлигини ёки иш бажарилиши тезлигини характерловчи скаляр

физик катталиққа қувват дейилади. Қувват энергия айланишининг бу айланиш содир бўлган вақт оралиғига нисбати билан ўлчанади:

$$P = \frac{\Delta W}{t} = \frac{A}{t}.$$

Халқаро бирликлар системасида қувват бирлиги қилиб шундай қурилманинг қуввати қабул қилинадики, бунда 1 с ичида 1 Ж га тенг энергия айланади. Бу қувват бирлиги инглиз буғ машинаси ихтирочиси Жеймс Уатт (Watt) шарафига ватт (1 Вт) деб аталади.

$$[P] = 1 \text{ Вт} = \frac{1 \text{ Ж}}{1 \text{ с}} = 1 \frac{\text{Ж}}{\text{с}}.$$

Амалда қувватнинг умумий ва қаррали бирликлари қўлланилади.

2. Текис ҳаракатда қувват. Фараз қилайлик, автомобиль йўлнинг горизонтал қисмида \vec{v} ўзгармас тезлик билан тўғри чизикли ва текис ҳаракатланади. Бундай ҳаракат автомобилнинг тортиш кучи қаршилик кучини мувозанатлаганда бўлиши мумкин. Агар йўл қисми тўғри чизикли бўлса, у ҳолда куч векторининг йўналиши кўчиш вектори билан мос тушади ($\alpha = 0$ ва $\cos \alpha = 1$). Шунинг учун двигателнинг иши $A = Fs$.

Двигатель эришган қувват қуйидагига тенг:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{Fs}{t} = F \frac{s}{t} = Fv, \quad \boxed{P = Fv}$$

3. Масала ечиш намунаси. Ҳосил қилинган формуладан кўрииб турибдики, ўзгармас тортиш кучида двигатель эришган қувват автомобилнинг ҳаракатланиш тезлигига пропорционал бўлади.

Массаси 8000 кг бўлган троллейбус жойидан қўзғалиб, горизонтал йўлдан ҳаракатланади ва 20 с дан сўнг 10 м/с тезликка эришади. Агар ишқаланиш коэффициентини 0,05 га тенг бўлса, троллейбус двигатели эришадиган қувватни аниқланг.

Ш а р т н и н г т а х л и л и. Қувват $P = \frac{\Delta W}{t} = \frac{A}{t}$ формула бўйича

аниқланади. Ушбу ҳолда электр энергия қисман троллейбуснинг кинетик энергиясига айланади, қисман ички энергияга (троллейбус ҳаракатланганда унинг ишқаланувчи қисмлари қизийди) айланади. Энергиянинг сақланиш ва айланиш қонуни бўйича электр энергия кинетик энергия билан ишқаланиш кучларига қарши бажарилган ишнинг йиғиндисига тенг: $\Delta W = W_k + A_{\text{ишк.}}$

Бинобарин, масалани ечиш троллейбуснинг кинетик энергиясини ва ишқаланиш кучига қарши бажарилган ишни топишга келтирилади.

Е ч и л и ш и. Бизга маълумки,

$$W_k = \frac{mv^2}{2}; A_{\text{ишк.}} = F_{\text{ишк.}} s; F_{\text{ишк.}} = \mu N; s = \frac{at^2}{2}; a = \frac{v}{t}.$$

Агар йўл қисми горизонтал бўлса, у ҳолда нормал босим кучи троллейбуснинг оғирлигига (ёки оғирлик кучига) тенг:

$$N = Q = mg.$$

Катталикларнинг қийматларини қўйиб, қуйидагини топамиз:

$$\Delta W = \frac{mv^2}{2} + \mu mg \frac{v}{t} \cdot \frac{t^2}{2} = \frac{mv}{2} (v + \mu gt); \quad P = \frac{\Delta W}{t} = \frac{mv}{2t} (v + \mu gt).$$

Ҳисоблашлар:

$$\begin{aligned} m &= 8000 \text{ кг} \\ v &= 10 \text{ м/с} \\ t &= 20 \text{ с} \\ \mu &= 0,05 \\ g &= 10 \text{ м/с}^2 \end{aligned}$$

$$P = \frac{8000 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}}{2} \cdot \frac{10 \text{ м/с} + 0,05 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 20 \text{ с}}{20 \text{ с}} =$$

$$= 40000 \text{ Вт} = 40 \text{ кВт}.$$

Ж а в о б и: $P = 40 \text{ кВт}.$

$$P = ?$$

?

1. Қандай физик катталикка қувват деб аталади?
2. Қувват қандай бирликларда ўлчанади?
3. Автомобиль горизонтал йўл бўйлаб ҳаракатланади, унинг двигатели эришган қувват қачон катта бўлади: секин юргандами: ёки тез юргандами? Тортиш кучини доимий деб ҳисобланг.
4. Қўтариш крани 2 мин. да массаси 2000 кг бўлган юкни 10 м баландликка кўтаради. Агар юк текис ҳаракатланса, кран эришган қувватни аниқланг.

49- §. Фойдали иш қозғовчилари

1. Фойдали иш қозғовчиларини аниқлаш. Ҳамма машиналар ишлаганда ҳар доим энергиянинг сақланиш қонуни қатъий бажарилади. Ҳеч қайси машинада, на ҳеч қайси двигателда сарфланган энергиядан катта энергия олиш мумкин эмас. Аксинча, исталган машинада энергиянинг бир қисми бефойда энергияга (иссиқликка) айланади, у фазога ёйилади. Масалан, трактор двигатели ишлаганда фақат ёнилғи энергиясининг учдан бир қисми механик энергияга айланади, учдан икки қисми эса ишлаб чиқарилган газлар ва двигателни совитувчи сувга фойдасиз сарф бўлади.

Энергиянинг бизга керак бўлган энергия кўринишига айланивчи қисми фойдали энергия деб аталади. Шундай қилиб, кўтариш крани учун фойдали иш — бу юкни кўтариш ишидир, токарлик станогини учун материал эластиклигига қарши бажарилган иш, автомобиль двигатели учун — машинанинг кўчишига сарфланган иш ва ҳоказо.

Машиналар бажарган ишдан самарали фойдаланишни харақтерлаш учун махсус катталик — *фойдали иш қозғовчилари* (ФИК) киритилган, у *фойдали энергия* (иш) *нинг барча*

сарфланган энергия (бажарилган иш)га нисбатига тенг. Буни одатда грек ҳарфи η (эта) билан белгиланади:

$$\eta = \frac{A_{\phi}}{A}$$

ФИКни фоизларда ифодалаш қабул қилинган. Бу ҳолда ҳосил қилинган муносабатни 100 % га кўпайтириш керак:

$$\eta = \frac{A_{\phi}}{A} \cdot 100\%$$

Исталган қурилмада ишқаланиш кучи мавжуд, шунинг учун фойдали ишга энергиянинг фақат бир қисми сарфланади. Шунинг учун қурилманинг ФИК ҳар доим бирдан кичик (100 % дан кам) бўлади.

3-жадвалда баъзи техник қурилмалар фойдали иш коэффициентининг тахминий қийматлари келтирилган.

3-жадвал

Техник қурилма	ФИК %
Чўғланма электр лампа	3
Кундузги ёруғлик лампаси	25
Автомобиль карбюраторли двигатели	25
Дизелли двигатель	30
Самолётнинг турбовинтли двигатели	30
Иссиклик электр станциялари	25
Электровоз	90
Қувватли электродвигатель	95
Қувватли ўзгарувчан ток генератори	97—98
Қувватли электр трансформатори	98—99

2. Масала ечиш намунаси. Агар троллейбус двигателининг ФИК 80 % экани маълум бўлса, олдинги параграфда келтирилган (174-бет) бўйича троллейбус уланадиган тармоқдаги ток қувватини аниқланг.

Шартнинг таҳлили. Таърифга кўра

$$\eta = \frac{A_{\phi}}{A} = \frac{P_{\phi}}{P}, \text{ бунда } P = \frac{P_{\phi}}{\eta}$$

Ҳисоблашлар

$$\begin{array}{l} P_{\phi} = 40 \text{ кВт} \\ \eta = 0,8 \end{array}$$

$$P = \frac{40 \text{ кВт}}{0,8} = 50 \text{ кВт.}$$

$$P = ?$$

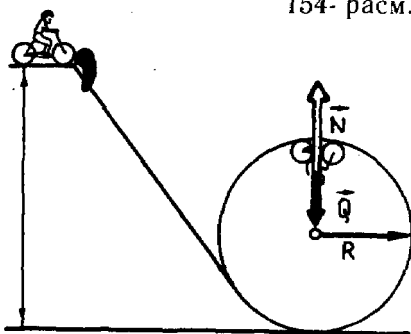
Жавоби: $P = 50 \text{ кВт.}$

?

1. Фойдали иш коэффициенти нима? У нимани характерлайди?
2. Кўтариш крани 2000 кг массали детални 2 мин ичида 40 м баландликка кўтаради. Агар у электр тармоқдан қуввати 10 кВт бўлган электр ток билан таъминланиши маълум бўлса, краннинг ФИК ни аниқланг. (Жавоби: $\eta = 65,3 \%$.)

ри

1. Велосипедчи «сиртмоқ» йўлни босиб ўтиши керак (154- расм). Велосипедчи педалларни айлантirmасдан «сиртмоқ»нинг энг юқори нуктасида кулаб тушмаслиги учун қия текисликнинг минимал баландлиги қандай бўлиши керак? Сиртмоқнинг радиуси R га тенг.



Шартнинг тахлили.

Масаланинг шартида ишқаланиш кучи тўғрисида ҳеч нарса дейилмагани учун биз уни жуда кичик ва ҳисобга олмаса ҳам бўлади деб фараз қиламиз. Масалани ечиш учун велосипедчининг айлана бўйлаб ҳаракатланаётгани жуда муҳим. Бундан у қуйидаги тезланиш билан ҳаракатланаётгани келиб чиқади:

$$a = \frac{v^2}{R}.$$

Ньютоннинг иккинчи қонуни бўйича бу тезланиш велосипедчи га таъсир қилаётган барча кучларнинг натижасидир. Ҳалқанинг энг юқори нуктасида унга $\vec{Q} = mg$ оғирлик кучи ва таянч (сиртмоқ)нинг реакция кучи \vec{N} таъсир қилади.

Ечилиши. Изланаётган баландликни топиш учун энергиянинг сақланиш қонунидан фойдаланамиз: тушиш (H баландликда) бошланишида потенциал энергия «сиртмоқ»нинг юқори нуктасида ($h = 2R$ баландликда) кинетик ва потенциал энергиянинг йиғиндисига тенг, яъни

$$mgH = mgh + \frac{mv^2}{2} = mg2R + \frac{mv^2}{2}.$$

mg га қисқартириб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$H = 2R + \frac{v^2}{2g}.$$

«сиртмоқ»нинг юқори қисмида тезлик квадрати v^2 ни марказга интилма тезланиши формуласидан топамиз:

$$a = \frac{v^2}{R}; \quad v^2 = aR.$$

Марказга интилма тезланиш

$$a = \frac{\vec{Q} + \vec{N}}{m} = \frac{+ \vec{N}}{m}.$$

ёки OY вертикал ўқдаги проекцияларда:

$$a_y = \frac{mg + N_y}{m} \quad \text{ёки} \quad a = \frac{mg + N}{m}.$$

Тезланишнинг топилган қийматларини тезлик квадрати ифодасига қўйиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$v^2 = \frac{mg + N}{m} R.$$

Шундай қилиб,

$$H = 2R + R \frac{mg + N}{m} : 2g = 2R + \frac{mg + N}{2mg} R.$$

Юкори нуқтада велосипедчи энг кичик баландликда сиртмоққа ёпишмайди ($N=0$). Бу ҳолда:

$$H = 2R + \frac{R}{2} = \frac{5}{2} R, \quad H = \frac{5}{2} R.$$

2. Агар снаряднинг массаси 50 кг, унинг қурол стволидан учиб чиқиш тезлиги 800 м/с ва ствол узунлиги 6 м бўлса, артиллерия қуролини отиш вақтида эришган ўртача қувватини аниқланг. Ствол горизонтал жойлашган.

Шартнинг таҳлили. Снаряд ствол ичида текис тезланувчан ҳаракатланади деб ҳисоблаймиз. Артиллерия қуролида ёнилғи (порох) энергиясининг снаряд кинетик энергиясига айланиши содир бўлади. Бунда ёкилғи (порох) энергиясининг бир қисми қайтмас ички энергияга айланади (ствол ва снаряд кизийди).

Энергиянинг бир қисми қуролнинг тепки энергиясига айланади ва ҳоказо. Биз энергиянинг бу қисмини ҳисобга олмаймиз.

Қуролнинг фойдали қуввати $P_\phi = \frac{W_k}{t}$, бунда $W_k = \frac{mv^2}{2}$ — снаряднинг кинетик энергияси (m ва v — мос равишда снаряднинг стволдан учиб чиқиш массаси ва тезлиги).

Снаряднинг ствол ичидаги ҳаракат вақтини ўртача тезлик орқали аниқлаш мумкин: $t = \frac{s}{v_{\text{ур}}}$.

Ечилиши. $v_{\text{ур}} = \frac{v}{2}$, у ҳолда $t = \frac{2s}{v}$. Бинобарин,

$$P_\phi = \frac{W_k}{t} = \frac{mv^2}{2} \cdot \frac{2s}{v} = \frac{mv^3}{4s}.$$

Ҳисоблашлар.

$m = 50$ кг
 $v = 800$ м/с
 $s = 6$ м

$$P = \frac{50 \text{ кг} \cdot 512 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}^3}{4 \cdot 6 \text{ м}} \approx 10^9 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^3}.$$

Жавоби: $P \approx 10^9$ Вт.

$P = ?$

3. Ернинг сунъий йўлдоши эллиптик орбита бўйлаб ҳаракатланади (155- расм). Агар Перигейдаги тезлиги 7836 м/с ни ташкил қилса, унинг апогейдаги ҳаракат тезлигини топинг. Орбита перигейи $h_p = 200$ км масофада, апогейи эса — Ер сиртидан $h_A = 400$ км масофада жойлашган.

Шартнинг таҳлили. «Ер-йўлдош системасини» изоляцияланган система деб ҳисоблаш мумкин. Шунинг учун йўлдошнинг тўлик механик энергияси ўзгармас сақланади ($E = \text{const}$): перигей учун

$$E_n = \frac{mv_n^2}{2} + mg_n h_n, \text{ апогей учун}$$

$$E_A = \frac{mv_A^2}{2} + mg_A h_A. \text{ 200 км ба-}$$

ландлик фарқида апогей ва перигейда эркин тушиш тезланиши фарқи сезиларсиз¹; апогей ва перигейда эркин тушиш тезланиши бир хил ва 300 км баландликдаги тезланишга тенг:

$$g_A = g_n = g = 8,95 \text{ м/с}^2 \text{ (32-§ га қаранг.)}$$

$$\text{У ҳолда } E_A = \frac{mv_A^2}{2} + mgh_A; \quad E_n = \frac{mv_n^2}{2} + mgh_n.$$

Ечилиши. Тўлик энергия ифодаларининг ўнг томонларини тенглаб, ҳосил қилинган тенгликдан йўлдошнинг апогейдаги тезлигини топамиз.

$$\frac{mv_A^2}{2} + mgh_A = \frac{mv_n^2}{2} + mgh_n;$$

$$\frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_n^2}{2} + mgh_n - mgh_A;$$

$$v_A^2 = v_n^2 + 2g(h_n - h_A); \quad v = \sqrt{v_n^2 + 2g(h_n - h_A)}.$$

Ҳосил қилинган формулада кизиқарли маълумот бор: йўлдошнинг тезлиги унинг массасига боғлиқ эмас.

Ҳисоблашлар.

$$\begin{array}{l} h_n = 2 \cdot 10^5 \text{ м} \\ h_A = 4 \cdot 10^5 \text{ м} \\ R = 637 \cdot 10^4 \text{ м} \\ v_n = 7836 \text{ м/с} \end{array}$$

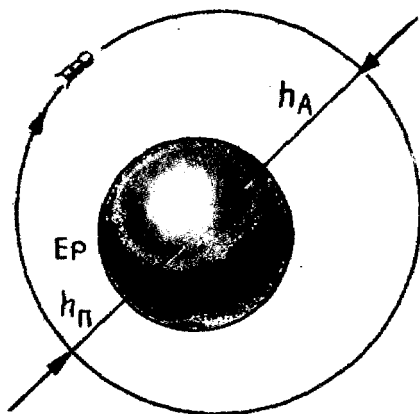
$$v_A = \sqrt{(7836 \text{ м/с})^2 + 2 \cdot 8,95 \text{ м/с}^2 (2 \cdot 10^5 \text{ м} - 4 \cdot 10^5 \text{ м})} \approx 7604 \text{ м/с}.$$

Жавоб: $v_A \approx 7604 \text{ м/с}$.

$$v_A = ?$$

¹ 32-§ да эркин тушиш тезланиши исталган h баландликда $g_h = \frac{GM}{(R+h)^2}$

га тенглиги аниқланган эди. $g_{200}; g_{400} \approx 1,02$ эканини ҳисоблаш қийин эмас.



155- расм.

4*. Блок орқали ташланган енгил чўзилмас ипнинг учларига (156-расм) $m_1=3$ кг ва $m_2=1$ кг юклар осилган. m_1 юк ер сиртидан $H=2,45$ м баландликда, m_2 юк эса ер сиртида турибди. Агар системага ҳаракатланиш имконияти берилса, m_2 юк қандай максимал баландликка кўтарилади?

Шартнинг таҳлили. Агар ишқаланиш кучи бўлмаса, у ҳолда масалада тасвирланган жисмлар системасининг изоляцияланган система каби қараш мумкин. Ипнинг чўзилмаслиги жисм Ер сиртига тегмагунча система юклари бир хил тезланиш билан ҳаракатланади ва модули бўйича бир хил тезликка эришишини кўрсатади.

m_2 юк Ерга тегиш вақтида v тезлик олиб, юқорига вертикал отилган жисм каби ҳаракатланади. Бундан кейин унинг кўтарилиш баландлиги эркин тушиш тезланишига боғлиқ ва m жисм олган v тезликка боғлиқ бўлади.

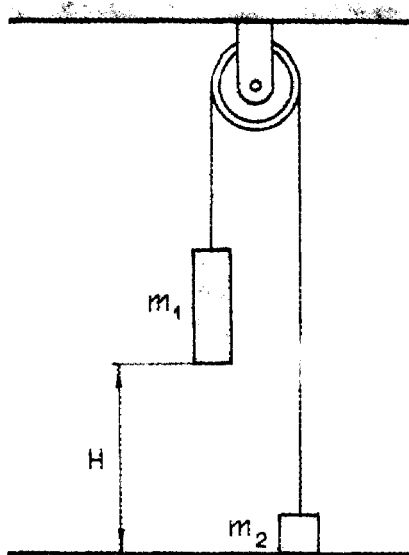
Ечилиши. Энергиянинг айланиш ва сақланиш қонуни бўйича системанинг тўлиқ энергияси ўзгармас бўлади. Шунинг учун $E_1 = E_2$. Бошланғич пайтда система энергияси m_1 юкнинг потенциал энергиясига тенг:

$$E = mgH$$

Юк m_1 нинг Ерга тегиш вақтида система энергияси m_1 жисмнинг кинетик энергияси m_2 жисмнинг потенциал энергияси ва m_2 жисмнинг энергиялари йиғиндисиغا тенг:

$$E_2 = \frac{m_1 v^2}{2} + m_2 g H + \frac{m_2 v^2}{2}.$$

156- расм.



Сўнгра m_2 жисмнинг кинетик энергияси унинг потенциал энергиясига айланади:

$$\frac{m_2 v^2}{2} = m_2 g h.$$

Шунинг учун

$$E_2 = \frac{m_1 v^2}{2} + m_2 g H + m_2 g h \text{ ёки}$$

$$E_2 = \frac{m_1 v^2}{2} + m_2 g (H + h). \text{ Бирок}$$

$H + h$ — жисмнинг максимал кўтарилиши баландлиги. Уни H_{\max} орқали белгилаб, қуйидагича ёзиш мумкин:

$$E_2 = \frac{m_1 v^2}{2} + m g H_{\max}.$$

Энергиянинг сақланиш ва айланиш қонуни бўйича $E_1 = E_2$. Шунинг учун

$$m_1 g H = \frac{m_1 v^2}{2} + m g H_{\max}. \text{ Бундан}$$

мураккаб бўлмаган ўзгартиришлардан кейин

$$H_{\max} = \frac{m_1}{2m_2g} (2gH - v^2)$$

ни ҳосил қиламиз.

Ҳосил қилинган формуладан кўриниб турибдики, масалани ечиш учун m_1 жисмни ерга тегиш momentiда система тезлигини топиш керак. Система ҳаракати текис тезланувчан бўлса, у ҳолда $v = at$. Тезликни топиш учун m_1 жисмнинг тезланишини ва ҳаракатланиш вақтини топиш керак.

Ньютоннинг иккинчи қонуни бўйича $a = \frac{R}{M}$. Бизнинг ҳолда

$$R = Q_1 - Q_2 = m_1g - m_2g = g(m_1 - m_2), \quad M = m_1 + m_2.$$

Шунинг учун $a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}g$. m_1 жисмнинг ҳаракатланиш вақти:

$$t = \sqrt{\frac{2H}{a}}, \quad t = \sqrt{2H: \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}g} = \sqrt{\frac{2H(m_1 + m_2)}{m_1 - m_2}g}$$
 га тенг.

Тезлик қуйидагига тенг:

$$v = at = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}g \sqrt{\frac{2H(m_1 + m_2)}{(m_1 - m_2)g}}$$

Мураккаб бўлмаган ўзгартиришдан сўнг қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$v^2 = \frac{2gH(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2}$$

Энди максимал кўтарилиш баландлигини топиш мумкин:

$$H_{\max} = \frac{m_1}{2m_2g} \left[2gH - \frac{2gH(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2} \right]$$

Мураккаб бўлмаган алмаштиришлардан сўнг қуйидагини оламиз:

$$H_{\max} = \frac{2m_1H}{m_1 + m_2}$$

Ҳисоблашлар:

$$m_1 = 3 \text{ кг}$$

$$m_2 = 1 \text{ кг}$$

$$H = 2,45 \text{ м}$$

$$H_{\max} = ?$$

$$H_{\max} = \frac{2 \cdot 3 \text{ кг} \cdot 2,45 \text{ м}}{3 \text{ кг} + 1 \text{ кг}} \approx 3,68 \text{ м.}$$

$$\text{Ж а в о б и: } H_{\max} \approx 3,68 \text{ м.}$$

9- МАШК

1. Кўтарма кран юкни 5 м/с тезлик билан юқорига текис кўчиради. Унинг двигатели 20 кВт қувватга эришади. Агар юкни кўтариш учун двигатель қувватининг 90 % и сарфланса, юкнинг массаси қандай? (Жавоби: $m \approx 360$ кг.)
2. 20 м баландликдан массаси 20 кг бўлган жисм эркин тушади. Унинг Ер сиртидан 1 м баландликдаги потенциал ва кинетик энергиясини топинг (Хавонинг қаршичилигини ҳисобга олманг.) (Жавоби: $W_2 = 3724$ Ж; $W_p = 196$ Ж.)
3. Жисм 20 м/с тезлик билан юқорига вертикал отилган. Қандай баландликда унинг кинетик энергияси потенциал энергиясига тенг бўлади? (Жавоби: $h = 10$ м.)
4. Массаси 100 кг бўлган одам чанғида тепаликдан тушаётган йўлнинг горизонтал қисми бўйлаб 20 м масофани босиб ўтди. Чанғининг қорга ишқаланиш коэффициентини 0,02 бўлса, йўлнинг шу қисмида ишқаланиш кучининг ишини топинг. (Жавоби: $A_{ишк} = -400$ Ж.)
5. Агар гидроэлектр станциянинг турбинаси орқали ҳар бир секундда 5000 м^3 сув ўтганлиги ва гидроэлектр станциянинг ФИК 0,9 экани маълум бўлса, станциянинг тахминий қувватини аниқланг. Турбина платинада сув сатҳидан 100 м паstda жойлашган. (Жавоби: $P \approx 4,5 \cdot 10^9$ Вт.)
6. Массаси 70 кг бўлган одам 12 м баландликда жойлашган 4- қаватга 15 с ичида югуриб чиқди. У қандай ўртача қувватга эришади? (Жавоби: $P_{\text{ср}} = 550$ Вт.)
7. Массаси 5000 кг бўлган автомобиль горизонтал йўлда 72 км/соат тезлик билан ҳаракатланади. Агар автомобиль ҳаракатига қаршилик кучи унинг оғирлигининг 0,05 қисмини ташкил қилиши маълум бўлса, автомобиль двигатели эришган қувватни аниқланг (Жавоби: $P \approx 50$ кВт.)
8. Кўтарма кранга қуввати 10 кВт бўлган двигатель ўрнатилган. Кран массаси 5000 кг бўлган юкни 3 минут ичида 24 м баландликка кўтаради. Краннинг ФИК ни ҳисобланг (Жавоби: $\eta = 66$ %.)
9. Насоснинг фойдали қуввати 20 кВт. Бу насос 1 соатда 20 м чуқурликдан қандай ҳажмда сув чиқаради? (Жавоби: $V \approx 360 \text{ м}^3$.)
10. Тракторнинг фойдали қуввати 40 кВт га тенг. У массаси 5 т бўлган прицепни қиялиги 0,2 га тенг бўлган тепаликка 0,4 ишқаланиш коэффициентидида қандай тезлик билан текис тортади? (Жавоби: $v \approx 1,4$ м/с.)
- 11 *. Автомобилнинг максимал ҳаракат тезлиги двигатель қувватига боғлиқми? Агар боғлиқ бўлса қандай?
- 12 *. Массаси 3 т бўлган вагонетка қиялиги горизонтга нисбатан 30° бўлган тепаликка рельсли йўл бўйлаб тортиб кўтарилади. Агар вагонетканинг 0,2 м/с² тезланиш билан ҳаракатланиши ва 50 м масофани босиб ўтиши маълум бўлса, двигатель қандай иш бажаради? Унинг филдиракларини рельсга ишқаланиш коэффициенти 0,1 га тенг. (Жавоби: $A \approx 909$ кЖ.)

ТУҶҚЗИНЧИ БОБНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

1. Жисмлар ўзаро таъсирлашганда ҳаракатнинг бир тури бошқасига айланиши мумкин. Бу жараёни характерлаш учун махсус катталиклар: энергия ва иш киритилган.
2. Турли шакллардаги материя ҳаракатининг умумий миқдорий ўлчови ҳисобланувчи физик скаляр катталикка энергия деб аталади.
3. Жисмлар ҳаракати билан боғлиқ бўлган энергияни кинетик энергия деб аталади: у жисм массасига ва унинг ҳаракатланиш тезлиги квадратига пропорционал:

$$W_k = \frac{mv^2}{2}.$$

4. Ўзаро таъсирлашувчи жисмларнинг бир-бирига нисбатан вазиятига боғлиқ энергияга потенциал энергия дейилади. Ердан кўтарилган жисмнинг потенциал энергияси $W_p = mgh$ га тенг. Эластик деформацияланган жисмнинг потенциал энергияси $W_p = \frac{kx^2}{2}$ га тенг.
5. Табиатнинг асосий қонунларидан бири энергиянинг айланиш ва сақланиш қонуни ҳисобланади, унинг моҳиятини қисқача қуйидагича тушунтириш мумкин. Ёпиқ системанинг тўлиқ энергияси бу система ичида содир бўлувчи барча ўзгаришларда доимий қолади:

$$E = \text{const.}$$

6. Бир турдаги энергия ўзгаришининг ўлчови ҳисобланган физик катталикка иш деб аталади. Ўзгармас кучнинг иши куч модули, кўчиш модули ва куч вектори ҳамда кўчиш вектори орасидаги бурчак косинусининг кўпайтмасига тенг:

$$A = \Delta W = Fs \cos \alpha.$$

7. Бир турдаги энергияни бошқа турдаги энергияга айланиш тезлигини характерловчи физик катталик ёки ишни бажариш тезлиги қувват деб аталади:

$$P = \frac{\Delta W}{t} = \frac{A}{t}.$$

8. Фойдали ишга айланган энергиянинг умумий энергия миқдорига нисбати фойдали иш коэффициентини (ФИК) дейилади:

$$\eta = \frac{\Delta W_{\text{ф}}}{\Delta W} = \frac{A_{\text{ф}}}{A} = \frac{P_{\text{ф}}}{P}.$$

X боб. САҚЛАНИШ ҚОНУНЛАРИНИНГ ҚЎЛЛАНИЛИШИ

Олдинги бобларда қараб чиқилган сақланиш қонунлари фанда жуда муҳим роль ўйнайди. Бунга сабаб шуки,

— табиатдаги ҳамма ҳодисаларга қўлланилади;

— ҳар доим абсолют аниқ бажарилади.

Табиатда ҳеч қандай ҳодиса ва техникада ҳеч қандай жараён йўқ ва бўлиши ҳам мумкин эмаски, бу қонунлар абсолют аниқ бажарилмасин. Импульс ва энергиянинг сақланиш қонунларида бизни ўраб турган оламнинг асосий хоссаларидан бири — материя ҳаракатининг сақланиш қонуни ақс эттирилган. Бунда чуқур фалсафий фикр ётади: материя ҳаракати абадийдир ва йўқ бўлиб кетиши ҳам, янгидан пайдо бўлиши ҳам мумкин эмас.

Бу қонунларни билиш кўпгина физик ҳодисаларни тушунишга ва уларга хос қонуниятларни аниқлашга ёрдам беради. Бу бобда шундай сақланиш қонунлари ёрдамида тушунтирилган баъзи ҳодисалар билан танишасиз.

50 *- §. ИККИ ЖИСМНИНГ ТўқНАШИШИ

Жисмларнинг тўқнашиши — ҳаётда жуда кўп учрайдиган ҳодисалардан биридир. Тўп билан футболчининг оёғи, хоккей шайбаси билан клюшка, темирчи болғаси билан тобланган металл, болғача билан миҳ, тепкили болға билан асфальт тўқнашади ва ҳоказо. Буларнинг ҳаммаси физика нуқтаи назаридан ўрганиладиган зарур тўқнашувлардир.

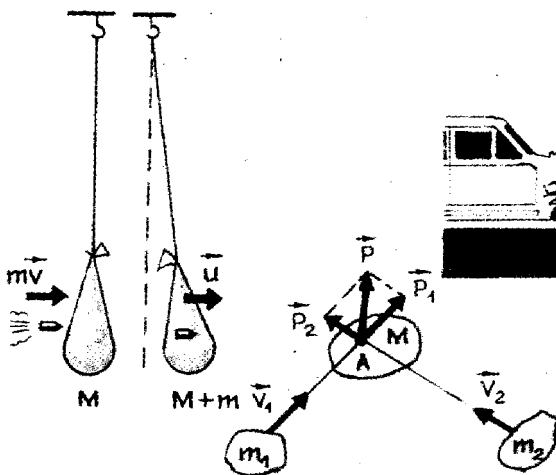
Тўқнашишларни Ньютон қонунлари асосида ўрганишнинг қийинлик томони шундаки, бунда кўпчилик ҳолларда тўқнашувчи жисмларнинг ўзаро таъсир кучлари номаълум бўлади. Бирок бунда бизга сақланиш қонунларини билиш ёрдам беради. Тўқнашишлар *эластик* ва *ноэластик* бўлади. Улар билан танишамиз.

1. Абсолют ноэластик урилиш. Агар жисм тўқнашгандан сўнг (янги) жисмни ҳосил қилса, бундай урилиш абсолют ноэластик урилиш дейилади. Бундай урилишга мисол сифатида, иккита ҳўл лой бўлагининг тўқнашишини келтириш мумкин, улар тўқнашгандан сўнг бирлашади ва янги бўлак ҳосил бўлади. Иккинчи мисол сифатида ўқнинг қум тўлдирилган қоп билан тўқнашишини келтириш мумкин (157- расм) (ўқ урилгандан сўнг қопга тикилиб қолади).

Ноэластик урилишда тўқнашиш натижасида ҳосил бўлган жисмнинг кинетик энергияси дастлабки жисмларнинг урилишигача эга бўлган кинетик энергиялари йиғиндисига тенг эмас. Механик энергиянинг бир қисми ички энергияга айланади — жисм деформацияланади ва қизийди.

Қуйидаги мисолни қараб чиқамиз.

Массаси 15000 кг бўлган юк автомобили горизонтал йўлда 72 м/соат тезлик билан ҳаракатланади. Унга қарама-қарши томондан худди шундай тезлик билан массаси 1000 кг бўлган енгил автомобиль ҳаракатланади. Машиналар тўқнашади (158- расм).



158- расм.



157- расм.

Агар урилиш натижасида улар икки томонга учиб кетмагани маълум бўлса, автомобиллар тезлигини топамиз.

Системанинг тўқнашгунча ва тўқнашгандан кейинги импульсларини ифодалаймиз: тўқнашгунча $-\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$ тўқнашгандан кейин $-\vec{p}_1 = (m_1 + m_2) \vec{u}$.

Импульснинг сақланиш қонуни бўйича $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}$,

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{u}.$$

Бундан

$$\vec{u} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2}.$$

Ҳосил қилинган ифодани скаляр шаклда ёзиш учун OX ўқни йўл бўйлаб юк автомобилнинг ҳаракатланиш йўналиши бўйича йўналтирамиз:

$$u = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2}, \quad v_1 = v_2 = v \text{ бўлгани учун } u = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v.$$

Сон қийматларини қўйиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

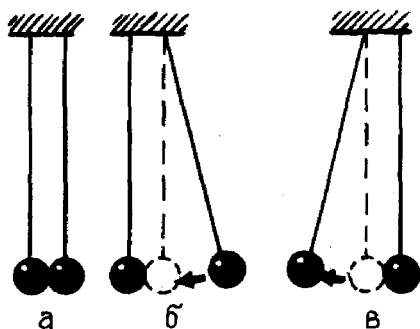
$$u = \frac{14\,000 \text{ кг}}{16\,000 \text{ кг}} \cdot 20 \text{ м/с} \approx 17,5 \text{ м/с}.$$

Бошқача сўз билан айтганда, юк автомобили олдинги йўналишда 17,5 м/с тезлик бўйича ҳаракатини давом эттиради ва олдиндаги пачоқланган енгил машинани итаради.

2. Абсолют эластик урилиш

Абсолют эластик урилиш деб, шундай урилишга айтиладики, бунинг натижасида кинетик энергия қайтмас ички энергияга айланмайди. Абсолют эластик урилишдан сўнг жисмлар система-сининг импульси ҳам, кинетик энергияси ҳам сақланади.

Макроскопик жисмлар ҳолида абсолют эластик урилиш мумкин



159- расм.

у холда бошқасига урилгандан сўнг тўхтайдди (бу унинг ҳамма энергиясини иккинчисига беришидан далолат беради). Иккинчи шар ҳаракатга келади ва худди шундай бурчакка оғади (159-в расм). Иккинчи шар бошланғич вазиятига қайтаётиб биринчисига урилади ва жараён такрорланади. Жуда эластик шарларда ва яхши осмада 100 тагача урилишни кузатиш мумкин. Бу тажриба шуни кўрсатадики, урилишда жисмга берилган бошланғич қувватнинг 1 % га яқин қисми қайтмас ички энергияга айланади.

?

1. Сақланиш қонуларининг жуда муҳим экани қандай тушунтирилади?
2. Жисмларнинг қандай тўқнашишини абсолют ноэластик тўқнашув дейилади? Бундай тўқнашувларга мисоллар келтиринг.
3. Қандай урилиш абсолют эластик урилиш деб аталади? Мисоллар келтиринг.
4. Автомобиллар тўғрисидаги масалада берилганлар бўйича қандай микдордаги кинетик энергия ички энергияга айланишини ҳисобланг. (Жавоби: $W_k \approx 7,5 \cdot 10^5$ Ж).

51- §. СУЮҚЛИҚЛАР ВА ГАЗЛАР ҲАРАКАТИ

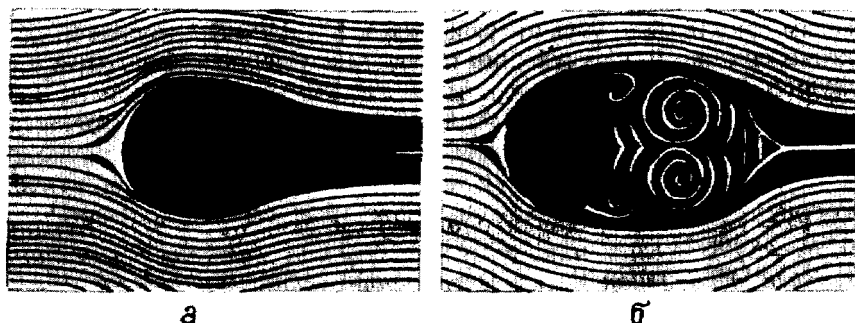
Шу вақтгача биз қаттиқ жисмлар ҳаракатини қараб чиқдик. Сақланиш қонулари тўғрисидаги билимлар табиатда ва техникада кенг тарқалган суюқликлар ва газлар ҳаракатининг асосий қонуниятлари билан танишишга имкон беради. Ҳаво ер атмосфера-сида; сув океанларда, денгизларда, қўлларда ва дарёларда; нефть ва газ қувурларда; қон томирларида, озуқа шарбатлари ўсимлик томирларида ҳаракатланади ва ҳоказо.

Механиканинг махсус бўлими — суюқликлар ва газлар механикаси, суюқликлар ва газлар ҳаракатини ўрганишга бағишланган. Биз энг муҳим ҳодисалар билан танишамиз.

1. Ламинар ва турбулент оқимлар. Унча катта бўлмаган тезликларда суюқлик (ва газ) бир-бирига нисбатан кўчмасдан (160-а расм) сирпанадиган қатламларга бўлиниб оқади. Бундай оқим *ламинар оқим* (laminia лотинча сўз бўлиб, «қатлам» деган

эмаслигини назарда тутиш керак: ҳар доим кинетик энергиянинг бир қисми ички энергияга айланади. Бироқ пўлат ёки қаттиқ пластмассали шарларнинг тўқнашиши эластик урилишга яқин бўлади. Бунга тажрибада ишонч ҳосил қилиш мумкин.

Тебраниш текислигини ўзгартирмайдиган осмада иккита бир хил пўлат шар осилган (159-а расм). Агар улардан биттасини бир томонга оғдириб қўйиб юборилса, (159-б расм)



160- расм.

маънони билдиради) дейилади. Агар сувнинг ламинар оқимиغا бир неча калий перманганат кристали ташланса, у ҳолда уларнинг эришидан ҳосил бўлган бўялган сув оқими ювилмасдан бутун оқим давомида сакланади. Бу ламинар оқимнинг стационар оқим эканидан далолат беради.

Тезлик ортирилганда суюқлик оқимининг характери ўзгаради (160-б расм). Суюқлик қатламлари тартибсиз сурила бошлайди, уюрмаланиш ҳосил бўлади. Бундай оқимни *турбулент оқим* (*turbulentus* лотинча сўз бўлиб, «уюрма» деган маънони билдиради) дейилади. Турбулент оқим ностационар оқим бўлади.

Соддалик учун биз суюқликлар ва газларнинг трубалар бўйича ламинар ҳаракатлишини ўрганишдан бошлаймиз.

2. Трубада суюқликларнинг ҳаракат тезлиги

Фараз қилайлик, суюқлик кўндаланг кесими ўзгарувчан бўлган қувур ичида ишқаланишсиз оқади (161- расм). Агар трубага S_1 кўндаланг кесими орқали V_1 ҳажмдаги суюқлик оқиб кирса, у ҳолда равшанки, S_2 кесими орқали худди шундай ҳажмдаги $V_2 = V_1$ суюқлик оқим чиқади, акс ҳолда суюқлик оқими қувур ичида ё ёрилиши, ё сиқилиши керак, униси ҳам, буниси ҳам бўлиши мумкин эмас. Айтилганлар трубанинг исталган кесими учун ўринли.

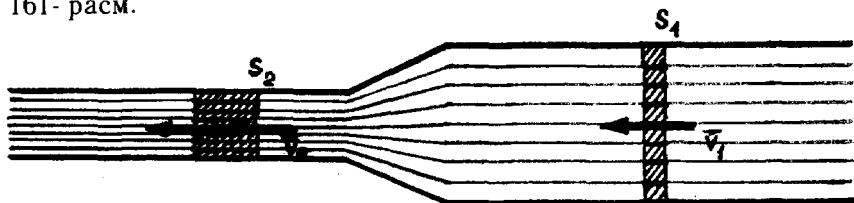
Бинобарин,

$$V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_N.$$

Бошқача айтганда, трубанинг ҳамма кесимлари орқали бир хил ҳажмдаги суюқлик оқиб ўтади.

S_1 кесимдаги суюқлик оқимининг тезлигини v_1 , S_2 кесимдаги

161- расм.



тезлигини эса v_2 орқали белгилаймиз. У ҳолда t вақт ичида S_1 кесим орқали оқиб ўтувчи суюқлик ҳажми: $V_1 = S_1 l_1$, бунда $l_1 = S_1 v_1 t$ кесим орқали ўтувчи суюқлик устунининг узунлиги, бироқ $l_1 = v_1 t$, шунинг учун $V_1 = S_1 v_1 t$.

Худди ўша t вақт ичида S_2 кесим орқали оқиб ўтувчи суюқлик ҳажми қуйидагига тенг:

$$V_2 = S_2 v_2 t.$$

$V_1 = V_2$ бўлса, у ҳолда $S_1 v_1 t = S_2 v_2 t$ ёки $S_1 v_1 = S_2 v_2$. Бундан $v_1 : v_2 = S_2 : S_1$ келиб чиқади, яъни трубада суюқлик оқимининг тезлиги ўзгарувчан кесимли трубанинг қўндаланг кесим юзига тескари пропорционал.

3. Ҳаракатланувчи суюқлик ичидаги босим

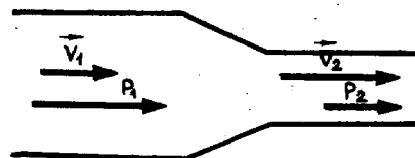
Шундай қилиб, ўзгарувчан кесимли труба бўйича суюқлик ҳаракатланганда унинг тезлиги ўзгаради. Суюқлик трубанинг кенг қисмидан ингичка қисмига ўтганда тезланувчан ҳаракатланади, натижада унинг тезлиги ортади. Аксинча, суюқлик трубанинг ингичка қисмидан кенг қисмига ўтганда секинланувчан ҳаракат қилади. У ҳолда ҳам, бу ҳолда ҳам суюқлик тезланиш билан ҳаракатланади (162-расм). Бироқ тезланиш куч таъсирида ҳосил қилинади. Қандай куч суюқликка тезланиш беради? Бундай куч фақат трубанинг кенг ва ингичка қисмларидаги босим кучлари фарқида бўлиши мумкин. Шундай қилиб, суюқлик босими трубанинг кенг қисмидаги босимидан катта бўлиши керак. Бу бир қарашда парадоксал хулоса бевосита тажрибаларда тасдиқланади.

Ўзгарувчан кесимли найча оламит ва бунга манометр ўрнатамиз (163-расм). Труба бўйлаб сув ўтказилганда унинг кенг қисмида сув босими катта ва аксинча, тор қисмида босим кичик бўлади.

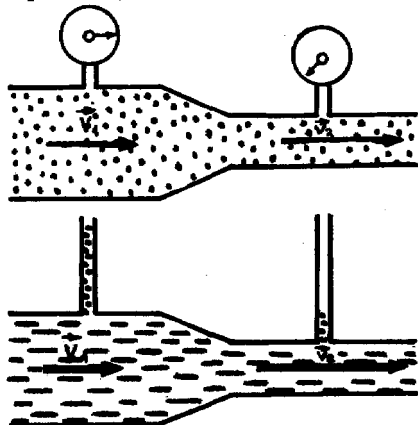
Бошқача айтганда, қаерда оқим тезлиги кичик бўлса, ўша ерда суюқлик босими катта бўлади.

Иккита эгилган тунока листи орасидан ҳаво оқими юбориб (164-расм), биз уларнинг бир-бирларига яқинлашганлигини кўра-миз. Бир қарашда, бу парадоксал ҳодисани тушунтириш осон: эгилган тунока листлари орасидан ўтаётган ҳаво оқимининг тезлиги листларнинг ёнидагига қараганда катта, босим эса, аксинча, листларнинг ён

162-расм.



163-расм.



томонидаги босим катта, шунинг учун у листларни бир-бирига яқинлаштиришга интилиб босади.

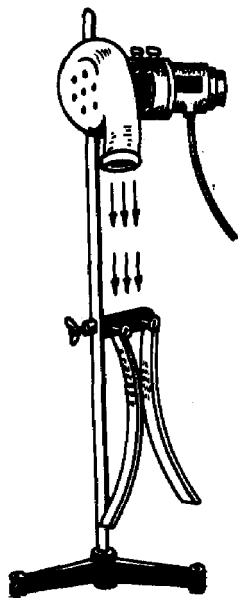
Юпқа қоғоз варағидан цилиндр ясаймиз ва уни қия текисликдан думалатиб юборамиз. Цилиндр думалаётиб парабола бўйлаб ҳаракатланмайди (165-а расм). Бу ҳодисани кашф қилган ва уни экспериментал текширган олим Магнус шарафига Магнус эффекти деб аталади.

Цилиндрнинг тушиши парабола бўйича содир бўлмаслигига сабаб, у қия текислик бўйлаб думалаётиб ўз ўқи атрофида айланиши ва ўзига ёпишиб турган ҳаво қатламини айлантиради (165-б расм). Цилиндр айланиши натижасида ҳосил бўлган ҳаво ҳаракати ундан ўнг томонда цилиндр тушишида ҳосил бўлган ҳаво ҳаракатига қарама-қарши йўналган тарзда содир бўлади, чапда эса худди шу йўналишда бўлиб ўтади. Бу, пировардида шунга олиб келадик, чап томондаги ҳаво оқимининг тезлиги ўнг томондагидан катта, ўнг томондаги ҳаво оқимининг цилиндрга босими p , чап томондан бўлган p , босимдан катта, шунинг учун цилиндр парабола бўйича ҳаракатланмайди.

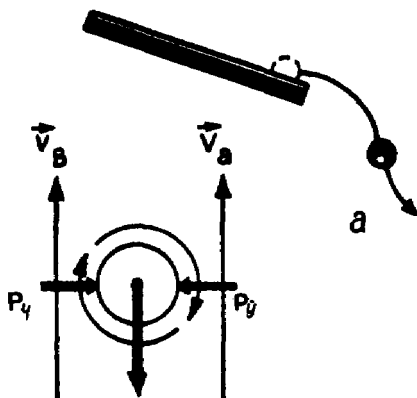
Бизнинг тушунтиришимиз ҳақиқатга яқин, бироқ унинг тўғрилигини тажрибада текшириш керак.

Агар биз цилиндрни ўз ўқи атрофида соат стрелкасининг айланиш йўналишида айланишга ва бир вақтда чапдан ўнгга ҳаракатланишига мажбур қилсак, у ҳолда айтилганларга биноан цилиндрга пастдан таъсир этувчи босим юқоридагидан катта бўлар ва цилиндр кўтарилиши керак бўлар эди (166-а расм). Бу фаразни текшириш учун цилиндрга лентани 166-б расмда кўрсатилгандек қилиб ўраймиз.

Лентага маҳкамланган таёқчани кескин тортиб, биз цилиндрга ўз ўқи атрофида соат мили бўйича айланишга ва горизонтал йўналишга қараб ҳаракатланишга имкон берамиз. Бунда цилиндр шипгача кўтарилади, сўнгра бир текис пол-

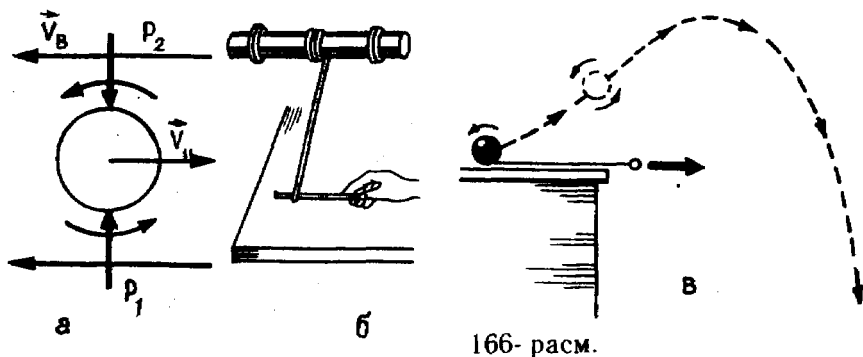


164-расм.



б

165-расм.



166- расм.

га тушади (166- в расм). Тажриба бизнинг тушунтиришимизни тасдиқлайди.

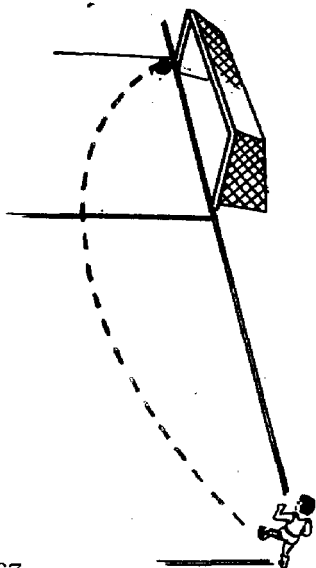
Спортчилар тўп билан йўнаганда «бураб тепиш» деб аталадиган тўп узатишдан кенг фойдаланади. Спортчи тўпни ёнидан тепиб, тўпни танланган йўналиш бўйича ҳаракатланишга мажбур қилибгина қолмасдан, балки айланишига ҳам мажбур қилади. Бу шунга олиб келадики, копток мураккаб эгри чизикли траектория бўйича (167- расм) ҳаракатланади ва унинг йўлида турган ўйинчиларни айланиб ўтиши мумкин. Футбол майдонидаги бундай тепишни баъзан «қурук барг» деб аташади. Бундай аталишига сабаб копток тушаётган қурук енгил барг сингари мураккаб траектория бўйича ҳаракатланади.

?

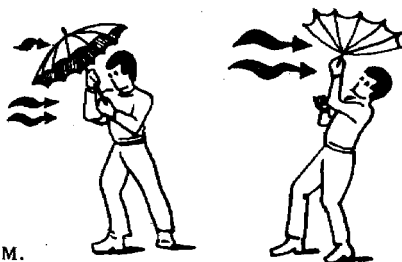
1. Ўзгарувчан кесимли трубадаги суюқлик оқимининг тезлиги кўндаланг кесим юзасига тескари пропорционал бўлишини исбот қилинг.

2. Нима учун газ босими катта бўлган жойда оқим тезлиги кичик, оқим тезлиги катта бўлган жойда газ босими кичик эканлигини тушунтиринг.

3. Қучли шамол вақтида йиғма соябонлар кўпинча орқа томонига «қайрилиб» кетади (168- расм). Бу қандай рўй беришини тушунтиринг.



167- расм.



168- расм.

52*-§. БЕРНУЛЛИ ТЕНГЛАМАСИ

Энергиянинг сақланиш ва айланиш қонуни суюқлик оқими-нинг тезлиги билан унинг босими орасидаги миқдорий боғла-нишни топишга имкон беради. Бу муносабатни биринчи бўлиб Петербург Фанлар Академиясининг академиги Даниил Бер-нулли топди ва у шу олимнинг номи билан юритилади.

Фараз қилайлик, ўзгарувчан кесимли горизонтал жойлашган найда суюқлик ишқаланишсиз ҳаракатланмоқда (169-а расм). Най-да S_1 ва S_2 кесимлар билан чегараланган суюқлик ҳажмини ажра-тамиз. Бу ҳажм Δt вақт ичида най бўйлаб кўчиб, S'_1 ва S'_2 кесим-лар билан чегараланган вазиятни эгаллади дейлик (169-б расм).

S'_1 ва S'_2 кесимлар билан чегараланган штрихланмаган суюқ-лик ҳажмининг ўз вазиятини ўзгартирмаган штрихланмаган ҳажм қилинг. Демак, бу ҳажм энергияси ўзгармайди. Штрихланган ҳажм энер-гиясигина ўзгаради. Энергиянинг бу ўзгариши суюқликни найда итарувчи ташқи кучлар бажарган иш ҳисобига бўлиб ўтди.

S_1 суюқлик чегарасини S'_1 вазиятга кўчирганда ташқи кучлар $A_1 = F_1 l_1$ иш бажаради. Фараз қилайлик, Δt вақт жуда кичик, у ҳолда S'_1 кесим S_1 кесимга жуда яқин жойлашади ва $S'_1 \approx S_1$. Бу ҳолда F_1 куч ўзгармайди: $F_1 = p_1 \cdot S_1$, бунда p_1 — S_1 кесимдаги суюқлик босими.

Ташқи кучлар S_1 кесим орқали суюқликни итариш бўйича ба-жарган иши қуйидагига тенг:

$$A_1 = p_1 S_1 l_1.$$

Бирок $S_1 l_1$ кўпайтма S_1 кесим орқали ўтган суюқлик ҳажми V_1 га тенг, шунинг учун $A_1 = p_1 V_1$ ҳажми бу ҳажмдаги суюқлик массаси ва унинг зичлиги орқали ифодалаш мумкин:

$$V_1 = \frac{m}{\rho}.$$

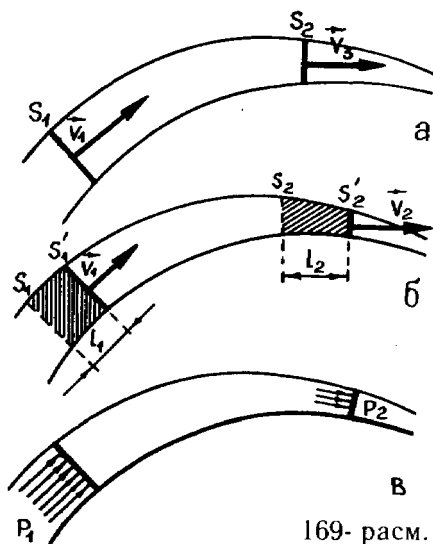
Шундай қилиб,

$$A_1 = p_1 \frac{m}{\rho} = \frac{p_1}{\rho} m. \text{ Шунга ўхшаш}$$

S_2 кесим орқали суюқликни итариш бўйича ташқи кучлар бажарган иши

$$A_2 = \frac{p_2}{\rho} m$$

га тенг. Энергиянинг сақланиш ва айланиш қонуни бўйича тўлиқ механик энергиянинг ўзгариши ажратилган суюқлик ҳажми $S_1 S_2$ вазиятдан $S'_1 S'_2$ ва-зиятга ўтганда ташқи кучлар бажарган иш фаркига тенг:



169- расм.

$$\Delta W = A_1 - A_2.$$

Суюкликнинг потенциал энергияси ўзгармайди, чунки най горизонтал жойлашган: фақат унинг кинетик энергияси ўзгарди. Шунинг учун $A_1 - A_2 = W_{k_2} - W_{k_1}$,

$$\frac{\rho_1}{\rho} m - \frac{\rho_2}{\rho} m = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Бу ифодани m га қискартириб, ҳадларни группалаймиз:

$$\rho_1 - \rho_2 = \frac{\rho}{2} (v_2^2 - v_1^2).$$

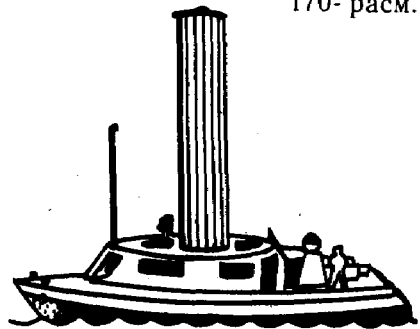
Бу ҳосил қилинган муносабат Бернулли тенгласидир. Тенгламадан кўриниб турибдики, агар $v_2 > v_1$ бўлса, у ҳолда $\rho_1 - \rho_2 > 0$ ва $\rho_1 > \rho_2$ бўлади, агар $v_2 < v_1$ бўлса, у ҳолда $\rho_1 - \rho_2 < 0$ ва $\rho_1 < \rho_2$. Бернулли тенгласи кўрсатадики, оддий суюклик (ва газ) босими унинг оқим тезлиги кичик бўлган жойда катта, ва аксинча, қаерда оқим тезлиги катта бўлса, ўша ерда кичиклигини кўрсатади (166-в расм).

Бернулли тенгласини келтириб чиқаришда биз энергиянинг сақланиш қонунига асосландик. Шунинг учун бу тенгламани энергиянинг сақланиш қонунининг натижаси сифатида қараб чиқиш керак.

?

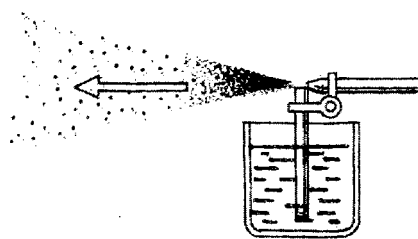
1. Бернулли тенгласини келтириб чиқаринг.
2. Бернулли тенгласининг ўринлигини тасдиқловчи далиллар келтиринг.
3. «Бураб тешиш»нинг физик асосини тушунтиринг.
4. 1984 йилда француз олими И. Кусто буюртмаси бўйича палубасида унча катта бўлмаган двигатель билан вертикал ўқ атрофида айланган катта бўлмаган парракли катта цилиндр вертикал ўрнатилган (170- расм). Кема винт бўлмаган ҳолда ҳам шамол бўйлаб ва шамолга қарши ҳаракатланиши мумкин. Бу ветроход деб аталадиган кеманинг ҳаракатланиш принципини тушунтиринг.

170- расм.

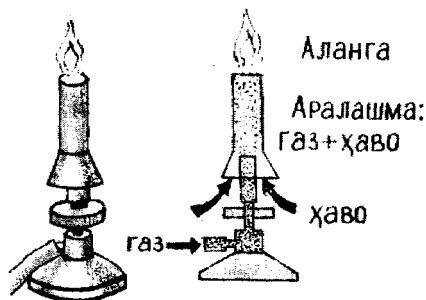


53- §. ҲАРАКАТЛАНАЕТГАН ГАЗЛАР ВА СУЮҚЛИКЛАРДА БОСИМНИНГ ТЕЗЛИҚҚА БОҒЛИҚЛИГИДАН ТЕХНИКАДА ФОЙДАЛАНИШ

Ҳаракатланаётган суюқликлар ва газлар босимининг тезликка боғлиқлигидан турмушда ва саноатда ишлатиладиган қурилмаларда кенг фойдаланилади. Бир неча мисол қараб чиқамиз.



171- расм.



172- расм.

1. Пуркагич. Пуркагични ҳамма билади. 171- расмда пуркагичнинг схемаси келтирилган. Стакан (ёки атир солинган шиша) даги ҳавонинг ҳаракатланиш тезлиги деярли нолга тенг, босими атмосфера босимига тенг. Ҳаво юборадиган асбоб билан горизонтал найчада бериладиган ҳаво тезлиги катта, ундаги, демак, суюқликка туширилган найча устидаги босим эса жуда кичик. Атмосфера босими остида суюқлик найча бўйлаб юқорига кўтарилади ва ҳаво оқими бўйлаб суюқлик сепилади.

Газ ёниши учун кислород зарур. Ҳавода кислород массаси бўйича 23 % бўлади. Шунинг учун газ ёндиришдан олдин ҳаво билан аралаштирилади.

2. Газ горелкаси. Газнинг ҳаво билан аралаштириш жараёни газ горелкасида амалга оширилади. 172- расмда лаборатория газ горелкасининг қурилмаси кўрсатилган. Асосий газ тармоғи орқали горелканинг найчаси бўйлаб катта тезликда газ ҳаракатланади. Найчадаги газ босими атрофдаги ҳаво босимидан кичик. Шунинг учун ҳаво найчага тешик орқали сўрилади ва йўлда газ билан аралашади.

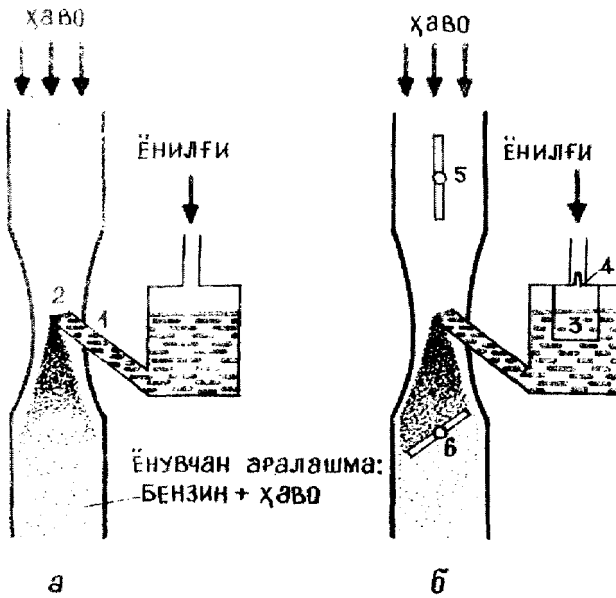
Ҳосил бўлган аралашма газ горелкасининг найчаси устида алангаланиб ёнади. Тешикни бошқариб газ ва ҳаво (кислород)нинг оптимал аралашмасини топиш мумкин.

3. Қарбюратор. Енгил суюқ ёнилғида (бензин, керосин ва бошқ.) ишловчи ички ёнув двигателида ёнилгини ҳаво билан аралашмаси махсус асбоб — карбюраторда (carbureteur — французча сўз бўлиб, киритаман, аралаштириш деган маънони билдиради) содир бўлади.

173-а расмда карбюраторнинг соддалаштирилган схемаси кўрсатилган. Цилиндрга сўрилаётган чангдан тозаланган ҳаво 1 диффузор орқали ўтади, унинг деворидан 3 қалқовучли камерага уланган 2 найча ўтказилган камерада ёнилғи сатҳи доимий сақланади.

Диффузорда ҳаво катта тезлик билан ҳаракатланади, шунинг учун унинг босими атмосфера босимидан кичик бўлади. Бунинг натижасида 2 найчадан ёнилғи 4 аралаштириш камерасига сўрилади. Бунда ёнилғи ҳаво билан аралашиб пуркалади ва қисман буғланади. Ҳосил бўлган аралашма двигатель цилиндрига тушади.

Автомобиль тузилиши билан қизиқувчилар 173-б расмда



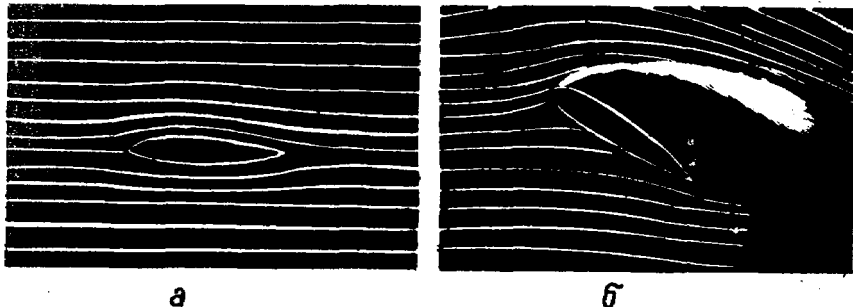
карбюраторнинг тўлиқроқ (бирок қисқартирилган) схемаси кўрсатилган. 5 ҳаво заслонкаси кираётган ҳаво (шу билан бирга ёнилғи аралашмасида ёнилғи концентрацияси) миқдорини бошқаришга имкон беради. 6 дросель заслонкаси цилиндрга кираётган аралашма миқдорини бошқаради.

Қалқовучли камерага тушаётган ёнилғини сатҳини қалқовуч доимий сақлаган ҳолда бошқаради. Тешик қалқовучли камерани атмосфера билан боғлайди.

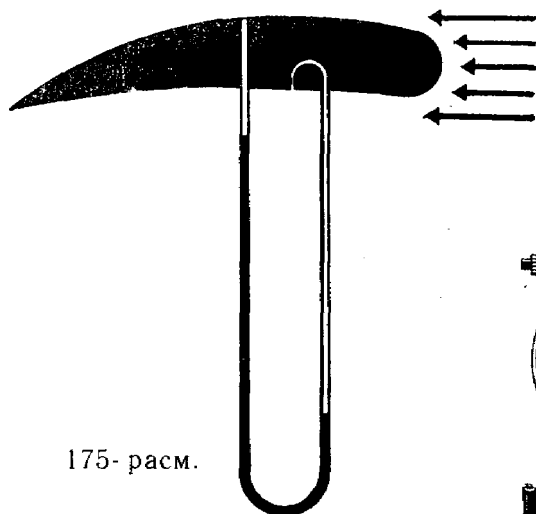
4. Самолёт қанотининг кўтариш кучи.

Энергия сақланиш қонунининг хусусий ҳоли бўлган Бернулли тенгламаси нима учун оғир самолётлар ҳавога кўтарилишини ва учишини тушунтиришга имкон беради?

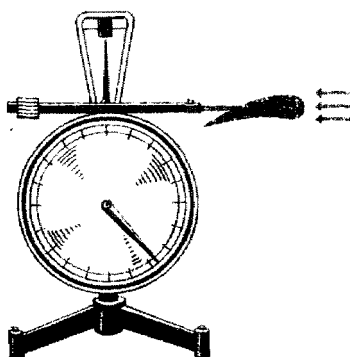
174- а расмда кесими носимметрик шаклга эга бўлган самолёт қаноти кўрсатилган. Самолёт ҳаракатланганда ҳаво оқими (174-б расм) қаноти атрофини шундай айланиб ўтадики, бунда



174- расм.



175- расм.



176- расм.

хавонинг қанот устидаги босими пастдагисидан кичик бўлади. Шунга асосан самолётни ҳавога кўтарувчи куч ҳосил бўлади. Айтилганларнинг ўринлилигига нисбатан оддий тажрибаларда ишонч ҳосил қилиш мумкин.

Самолёт қанотининг остидаги ва устидаги босимни ўлчаш учун тешик қилинган моделни оламыз. Бу тешикни сезгир манометр билан туташтирамиз (175- расм). Манометрнинг ўнг ва чап тирсақларида суюқлик устунлари бир хил сатҳда турибди.

Вентиляторда қанот моделига горизонтал равишда ҳаво оқимини юбориб (бу қанотнинг олдинга қараб ҳаракатига тенг кучлидир), биз манометрда устунчалар сатҳининг ўзгарганини кўрамиз: пастки тешиги билан туташтирилган тирсақдаги босим сатҳи тушиб кетади, устки тешик билан туташтирилган тирсақдан сатҳ кўтарилади. Тажриба натижалари самолёт қанотининг кўтарилиш сабаблари ҳақида юқорида айтилганлар тўғри эканини тасдиқлайди: *қанот устидаги босим остидагига қараганда кичик бўлади.*

Самолёт қанотининг моделини тарозидан мувозанатлаймиз (176-расм). Унга вентилятордан горизонтал ҳаво оқими юбориб, биз тарози мувозанати бузилганлигини кўрамиз: модель ўрнатилган ричаг елкаси юқорига кўтарилади. Тажриба самолёт қанотида кўтариш кучи ҳосил бўлишини тасдиқлайди.

Самолёт қанотининг кўтариш кучи назариясини рус олими Николай Егорович Жуковский ишлаб чиққан.

1. Цуркагичнинг ишлаш принципини тушунтиринг.
2. Газ горелкасининг қурилмаси ва ишлашини тушунтиринг.
3. Карбюратор қурилмасини ва ишлашини тушунтиринг.
4. Самолёт қанотида кўтариш кучи қандай ҳосил бўлади?

Масала ечиш намуналари

1. Қўл қирғоғидан $l=1$ м масофада узунлиги $L=2,5$ м бўлган, тумшуғи қирғоққа қараган қайиқ турибди. Қайиқ кўзгалмас турибди. Қайиқда турган одам қайиқ тумшуғидан унинг қуйруғига ўтади. Агар қайиқнинг массаси $M=150$ кг, одамнинг массаси эса 50 кг бўлса, қайиқ қирғоққа етиб борадими?

Шартнинг таҳлили. Қайиқ ва одамни изоляцияланган система каби қараб чиқиш мумкин, чунки қайиқнинг сувга ишқаланиши жуда кичик, оғирлик кучи эса қайиқ ҳаракатига ҳеч қандай таъсир кўрсатмайди. Шунинг учун қайиқ ва одам ҳаракатига сақланиш қонунини қўлаймиз.

Ечилиши. Санок системасини қирғоқ билан боғлаймиз, ОХ ўқ йўналишини қайиқдаги одам йўналиши билан мос тушадиган қилиб оламиз (177-расм).

Одамнинг қайиқ бўйлаб силжиши натижасида қайиқ қирғоққа қараб босиб ўтган масофаси $s=ut$ га тенг, бунда u — қайиқнинг тезлиги, t эса унинг ҳаракатланиш вақти.

Қайиқнинг ҳаракатланиш тезлигини топиш учун импульснинг сақланиш қонунидан фойдаланамиз: $m\vec{v} = (M+m)\vec{u}$ ёки скаляр шаклда $mv = (M+m)u$. Бундан $u = \frac{mv}{M+m}$. Одамнинг қайиқ

бўйлаб ҳаракатланиш тезлиги $v = \frac{L}{t}$ га тенг. Қайиқ босиб ўтган йўл формуласига u ва v қийматларини қўйиб қуйидагини оламиз:

$$s = \frac{m \frac{L}{t} \cdot t}{M+m} = \frac{mL}{M+m}; \quad s = \frac{mL}{M+m}.$$

Ҳисоблашлар.

$M=150$ кг
 $m=50$ кг
 $l=1$ м
 $L=2,5$ м

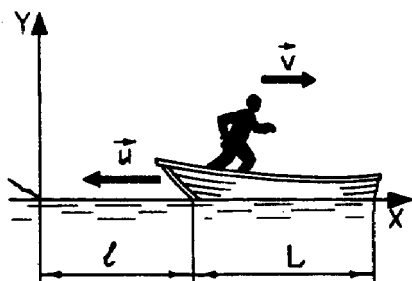
$$s = \frac{50 \text{ кг} \cdot 2,5 \text{ м}}{150 \text{ кг} + 50 \text{ кг}} \approx 0,6 \text{ м}.$$

Жавоби: $s < l$ бўлса, у ҳолда қайиқ қирғоққача етиб бормайди.

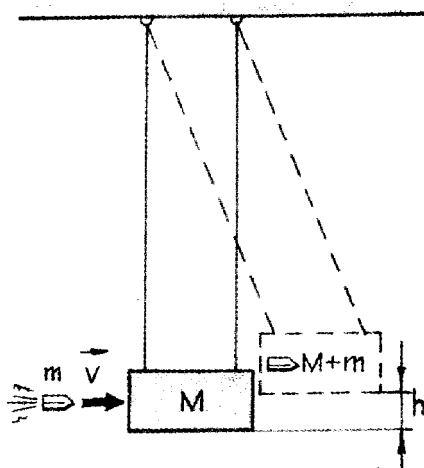
$s - ?$

2. Массаси 10 г бўлган ўқнинг бошланғич тезлигини аниқлаш учун ипларга осилган 6 кг массали ёғоч тахтачага қараб отилди (178-расм). Ўқ келиб тикилиб қолган брусок 49 мм баландликка кўтарилади. Қуйидагиларни аниқланг: а) ўқнинг бошланғич тезлигини; б) отиш пайтида ўқнинг кинетик энергиясини; в) ички энергияга айланган механик энергия қисмини.

Шартнинг таҳлили. «Тахтача — ўқ» системасини изоляцияланган система деб қабул қилиш мумкин, чунки ўқнинг тахтачага урилиш пайтида унга таъсир қилувчи барча кучлари мувозанатланган, ҳавонинг қаршилиги кичик ва уни ҳисобга олмастик мумкин. Изоляцияланган системага сақланиш қонунларини қўллаш ўринлидир.



177- расм.



178- расм.

Ечилиши. а) Импульснинг сақланиш қонуни бўйича $m\vec{v}_0 = (M+m)\vec{u}$ бундай \vec{u} — тахтачани ўқ билан тўқнашгандан кейинги тезлиги. Бошланғич вақт моментда OX тўғри чизик бўйлаб ҳаракат содир бўлса, у ҳолда $mv_0 = (M+m)u$, бундан $v_0 = \frac{M+m}{m} u$.

Тахтачани ўқ билан бошланғич моментдаги тезлигини тўқнашгандан сўнг энергиянинг сақланиш ва айланиш қонунидан фойдаланиб топиш мумкин:

$$\frac{(M+m)u^2}{2} = (M+m)gh.$$

Бундан

$$u = \sqrt{2gh}.$$

$$\text{Демак, } v_0 = \frac{M+m}{m} \sqrt{2gh}.$$

б) Ўқнинг тўқнашгунча кинетик энергияси

$$W_k = \frac{mv_0^2}{2}$$

га тенг.

в) Ички энергияга айланган механик энергиянинг бир қисми бошланғич моментда отилгандан кейин ўқнинг кинетик энергиялар фарқига ва тахтачанинг ўқ билан биргаликдаги максимал потенциал энергиясига тенг:

$$\Delta W = W_k - W_p = \frac{mv_0^2}{2} - (M+m)gh.$$

Ҳисоблаш

$$M = 6 \text{ кг}$$

$$m = 0,010 \text{ кг}$$

$$h = 0,049 \text{ м}$$

$$v_0 = ?$$

$$\Delta W = ?$$

$$W_k = ?$$

$$a) v_0 = \frac{6 \text{ кг} + 0,010 \text{ кг}}{0,010 \text{ кг}} \times$$

$$\times \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,049 \text{ м}} \approx 589 \text{ м/с};$$

$$b) W_k = 0,010 \cdot \frac{1}{2} (577 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 \approx 3329 \text{ Ж};$$

$$в) \Delta W = 1734 \text{ Ж} - 6,010 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,049 \text{ м} =$$

$$= 1734 \text{ Ж} - 2,89 \text{ Ж} \approx 1731 \text{ Ж}.$$

$$\text{Жавоби: } v_0 = 589 \text{ м/с}; W_k = 1734 \text{ Ж};$$

$$\Delta W = 1731 \text{ Ж}.$$

Ечиш натижаси жуда қизик: ўқнинг деярли ҳамма кинетик энергияси ички энергияга айланади.

3. Барон Мюнхгаузен ўзининг «ҳакконий» ҳикояларидан бирида душман лагерига артиллерия ўқида қандай учганлиги ҳақида қуйидагича ҳикоя қилади: «Туркия шаҳрига ўқ ёғдираётган катта замбарак ёнида турган эдим ва замбаракдан ўқ отилиб чиққанда мен унинг ўстига сакраб чиқиб олдим ва у билан бирга олдинга учиб кетдим¹.» Фараз қилайлик (масала ечиб бўлингунча), шунга ўхшаш ҳодиса ҳақиқатан ҳам бўлиб ўтади ва Мюнхгаузен стволдан v тезлик билан учиб чиқаётган иссиқ замбарак ўқи ўстига ўтириб олди. Агар унинг массаси тўп ўқи массасига тенг бўлса, Мюнхгаузен душман лагерига етиб бора оладими? Душман лагеригача бўлган масофа — L .

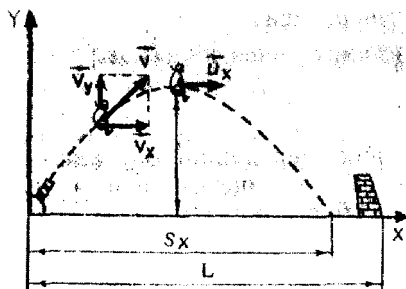
Шартнинг таҳлили. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олмаймиз. У ҳолда «ўқ — Мюнхгаузен» системасини изоляцияланган система деб ҳисоблаш мумкин ва масала ечиш жараёнида сакланиш қонуларидан фойдаланиш мумкин.

Санок системасини отиш вақтида замбарак турган жой билан боғлаймиз. Ox ўқни душман лагерига қаратиб горизонтал йўналтираемиз, Oy ўқни эса вертикал йўналтираемиз (179-расм).

Душман лагери йўналишида Мюнхгаузен учиб ўтган масофа $s_x = u_x t$ га тенг, бунда u_x — горизонтал йўналишда тўп ўқининг Мюнхгаузен билан биргаликдаги тезлиги, t — учуш вақти.

Ечилиши. Масала u_x тезликни ва t учуш вақтини топишга олиб келинади.

u_x тезликни топиш учун «ўқ — Мюнхгаузен» системаси учун



179- расм.

¹ Э. Распе. Мюнхгаузен саргузаштлари.

импульснинг сақланиш қонунини OX ўқдаги проекцияси бўйича ёзамиз $mv_x = (m + m)u_x$. Бундан $u_x = \frac{v_x}{2}$.

Мюнхгаузен замбарак ўқида учиш вақти H максимал баландликка кўтарилиш вақти плюс шу баландликдан тушиш вақтига тенг: $t = t_k + t_r$. Бирок кўтарилиш вақти тушиш вақтига тенг, шунинг учун $t = 2t_k$. Кинематика курсидан маълумки,

$$t_k = \frac{v_0}{g}, \text{ бизнинг холда эса } t_k = \frac{u_y}{g}.$$

u_y бошланғич кўтарилиш вақтини топиш учун (замбарак ўқи билан Мюнхгаузен) «Мюнхгаузен — ўқ» системаси учун импульсни сақланиш қонунини OY ўқдаги проекцияси бўйича ёзамиз:

$$mv_y = (m + m)u_y. \text{ Бундан } u_y = \frac{v_y}{2}.$$

Бинобарин, $t_k = \frac{1}{2} \frac{v_y}{g}$. Бирок $\frac{v_y}{g} = \frac{t_0}{2}$, бунда t_0 — ўқнинг баронсиз учиш вақти.

$$\text{Шунинг учун } t_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{t_0}{2}, \quad t = \frac{t_0}{2}.$$

u_x тезликнинг ва Мюнхгаузен ўқи (снаряд)да учиш вақти қийматларини қўйиб, «барон тушган жой»нинг s_x масофасини топамиз:

$s_x = u_x t = \frac{v_x}{2} \cdot \frac{t_0}{2} = \frac{1}{4} u_x t_0$. Бирок $v_x t_0$ кўпайтма бу снаряднинг ҳисобланган учиш масофасидир. Шундай қилиб,

$$s_x = \frac{1}{4} L.$$

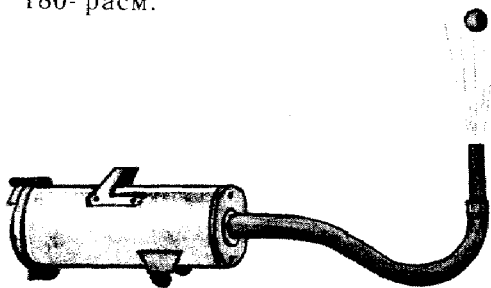
Демак, барон Мюнхгаузен душман лагеригача учиб боролмайди.

10- МАШҚ

1. Массалари тенг бўлган икки жисм бир-бирига қараб бир тўғри чизик бўйлаб v_1 ва v_2 тезликлар билан ҳаракатланади. Жисмлар тўқнашгандан кейин уларнинг урилишини абсолют эластик деб ҳисоблаб тезликларини аниқланг.
2. Бернулли тенгламасидан фойдаланиб, ҳаракатланаётган суюқлик (газ)да қаерда оқим тезлиги кичик бўлса, ўша ерда босим катта, қаерда оқим тезлиги катта бўлса, ўша ерда босим кичик бўлишини исботланг.
3. Чангюткич олинг ва унинг чиқариш тешигига шланг уланг. Чангюткичнинг электр тармоғига улаб, шлангнинг вертикал қўйинг ва чиқаётган ҳаво оқимига стол теннис шарчасини қўйинг. Шар оқимда «муаллақ»

кўтарилади (180- расм). Кузатилган ходисани тушунтиринг.

180- расм.



4. Сокин қўлда узунлиги 10 м бўлган сол тинч ҳолатда турибди. Солнинг икки учда массалари 40 ва 80 кг бўлган икки баликчи ўтирибди. Агар баликчилар ўринларини алмаштирсалар кемада қандай ходиса содир бўлади? Солнинг массаси 320 кг (Жавоби: сол массаси 40 кг бўлган баликчининг ҳаракат йўналиши бўйича 0,9 м масофага кўчали).

5. Ҳукувчилардан биттаси 196- бетда қараб чиқилган 2- масалани энергиянинг сақланиш қонунини қўллаб қуйидагича ечди: ўқнинг кинетик энергияси (энергиянинг сақланиш қонуни бўйича) тахтачанинг ўқ билан биргаликдаги потенциал энергиясига тенг:

$$\frac{mv_0^2}{2} = (M + m)gh; \quad v_0^2 = \frac{2(M + m)}{m}gh;$$

$$v_0 = \sqrt{2gh \frac{M + m}{m}}$$

$$v_0 = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,049 \text{ м} \cdot \frac{6,010 \text{ кг}}{0,010 \text{ кг}}} \approx 24 \text{ м/с.}$$

Бу ечимнинг қаерида хатога йўл қўйилган?

6. Агар кўзгалмас кайиқда турган 80 кг массали овчи горизонтал йўналишда ўқ узса, массаси 120 кг бўлган кайиқ қандай тезлик олади? Питра ўқнинг массаси 20 г, унинг бошланғич тезлиги 400 м/с. (Жавоби: $v = 0,04 \text{ м/с}$.)
7. 72 км/соат тезлик билан ҳаракатланаётган автомобиль дарахтга урилди ва 0,04 с тўхтади. Массаси 80 кг бўлган ҳайдовчи $5 \cdot 10^4 \text{ Н}$ кучга бардош берадиган хавфсизлик камари билан боғланган. Камар авария пайтида узиладими? Зарур бўлган ҳисоблашларни бажаринг.
8. Пружинали милтиқдан отилган, массаси 10 г бўлган шарча ипга осилган 40 г массали пластинкадан ясалган стерженнинг марказига тегиб ёпишиб қолади. Пружинанинг бикрлиги (эластикилиги) 400 Н/м. Пружина 5 см га қисилган эди. Шарча пластилин стержень билан биргаликда қандай баландликка кўтарилади (Жавоби: $h = 0,20 \text{ м}$.)
9. Массаси $M = 500 \text{ кг}$ бўлган болға козикоёққа $v = 8 \text{ м/с}$ тезлик билан урилади. Козикоёқнинг массаси $m = 200 \text{ кг}$. Болғанинг козикоёққа урилишининг ФИКини аниқланг. Урилишни ноэластик деб ҳисобланг (Жавоби: $\eta = 71 \%$.)
10. Аввалги масаланинг ечимини таҳлил қилинг ва қуйидагиларни тушунтиринг: а) болғанинг ФИК унинг тушиш тезлигига боғлиқ бўладими; б) болғанинг тезлигига нима боғлиқ?

1. Физиканинг муҳим қонунларидан бири энергиянинг сақланиш ва айланиш қонуни ҳисобланади. Энергиянинг сақланиш қонунини кашф қилиш XIX аср ўрталарида кўп сонли турли мамлакат олимларининг меҳнатлари эвазига содир бўлди. Айниқса, инглиз физиги Ж. Жоуль ва немис олими Ю. Майернинг хизматлари катта бўлди. Улар деярли бир вақтда турли йўллар билан табиатнинг бу асосий қонунини кашф қилдилар. Бу қонунни немис олими Г. Гельмгольц математик ифодалаб ва асослаб берди.
2. Жисмлар тўқнашганда урилишлар эластик ва ноэластик бўлиши мумкин. Агар жисмлар тўқнашганларидан сўнг битта жисм (янги жисм) ҳосил қилса, бундай урилиш абсолют ноэластик урилиш деб аталади. Ноэластик урилганда тўқнашаётган жисмларнинг кинетик энергиясининг бир қисми ички энергияга айланади ва ҳосил бўлган жисм қизийди. Агар урилиш натижасида жисмларнинг кинетик энергияси уларнинг қайтмас ички энергияларига айланмаса, бундай урилиш абсолют эластик урилиш дейилади.
3. Сиқилмайдиган суюқликлар ўзгарувчан кесимли труба бўйлаб ҳаракатланганда суюқликнинг оқиш тезлиги труба-нинг кўндаланг кесим юзига тесқари пропорционал: $v_1 \cdot v_2 = S_2 \cdot S_1$.
4. Суюқлик (ёки газ) босими унинг ҳаракат тезлигига боғлиқ; суюқлик (ёки газ)нинг босими оқиш тезлиги кичик бўлган жойда катта, оқиш тезлиги катта бўлган жойда кичик.
5. Техникада суюқлик (ёки газ) босимини ҳаракат тезлигига боғлиқлиги техникада (самолёт қаноти, сув оқими насослари, пуркагичлар ва ҳоказолар) кенг қўлланилади ва бизни ўраб турган муҳитда (қушларнинг учиши) доимо кузатилади.
6. Энергиянинг бир турдан бошқа турга айланиши жараёнида унинг бир қисми қаршилик (ишқаланиш) кучи мавжудлиги ва ноэластик деформациялар туфайли қайтмас ички энергияга айланади ва фазога тарқалади. Шунинг учун барча техник қурилмаларнинг ФИК ҳар доим бирдан кичик (100 % дан кам) бўлади.

ТЕБРАНИШЛАР ВА ТЎЛҚИНЛАР

Тебранма ҳаракат — табиатда ва техникада энг кўп тарқалган ҳаракатлардан биридир. Тебранишлар учрамайдиган ҳеч қандай соҳа деярли йўқ. Ҳормондаги дарахтлар, даладаги буғдойлар, ўтлар тебранади. Мусиқа асбобларининг торлари, телефон мембранаси, громкоговоритель диффузори, машиналар пойдеворлари, самолёт сиртлари, ракета қобиғи, ички ёнув двигателлари тебранади ва ҳоказо.

Тебранма ҳаракатлар сайёрамизда (ер қимирлаши, сувнинг кўтарилиши ва пасайиши) ва астрономик ҳодисаларда (масалан, Қуёшда 160 минутда бир марта чакнашлар) бўлиб туради.

Кўпгина химиявий ҳодисаларда ҳам тебранишлар кузатилади. Биз тебранишларни ўз организмимизда ҳам учратамиз. Юрак уришида, товуш пайлари ҳаракатида — буларнинг ҳаммаси тебранма ҳаракатга мисоллардир.

Табиатнинг хавфли ҳодисаларидан бири ер қимирлаши — Ер сиртининг тебранишидир. Қурувчилар қурилаётган иншоотларнинг ер қимирлашига бардош беришини олдиндан ҳисоблайдилар.

Тебранишлар инсон ҳаётида жуда катта роль ўйнайди. Тебранишлар тўғрисида билимга эга бўлмай туриб, радио, телевидение, кўпгина замонавий қурилма ва машиналарни яратиш мумкин бўлмас эди. Тебранишлар кўп қирралидир. Баъзан тебранишлар инсонга ёрдамчи ва дўст сифатида намоён бўлса, баъзан маккор душман бўлади. 181- расмда шамол туфайли юзага



181- расм.

келган тебранишлар натижасида қулаб тушган Токома Нерроус (АҚШ) дарёси устидан ўтазилган кўприк тасвирланган. Ҳисобга олинмаган тебранишлар мураккаб техник иншоотларнинг бузилишига олиб келиши ва инсоннинг жиддий касалланишига сабабчи бўлиши мумкин. Буларнинг ҳаммаси тебранишларни ҳар томонлама ўрганиш зарурлигини кўрсатади. Тебранишларни ўрганиш учун аввалги бўлимларда ўрганилган қонунлар қўлланилади.

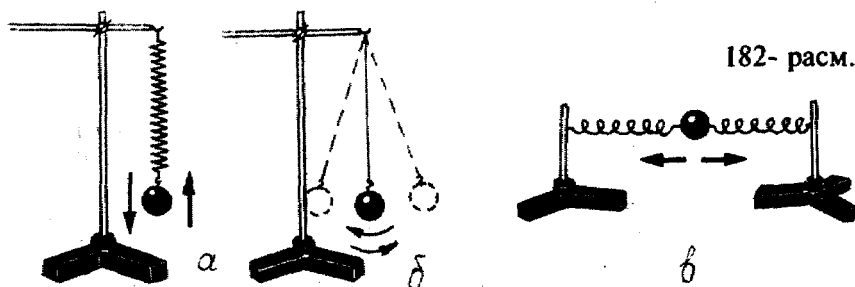
54-§. ТЕБРАНИШЛАР ҲАҚИДА ДАСТЛАБКИ МАЪЛУМОТЛАР

1. Тебраниш системалари. 182-расмда тебранувчи механик қурилмаларга мисоллар келтирилган. Тебранаётган жисм ҳар доим бошқа жисмлар билан боғланганлигини осон сезиш мумкин ва улар билан биргаликда тебраниш системалари деб аталувчи жисмлар системасини ҳосил қилади. Ер, штатив, пружина ва юк вертикал пружинали маятникни ҳосил қилади (182-а расм). (Расмда Ер кўрсатилмаган.) Ер, таглик ва тагликдаги мустақкам ҳамда енгил ипга осилган шарча *физик маятник* ёки оддий *маятник* деб аталувчи тебраниш системасини ҳосил қилади (182-б расм). Иккита штатив, иккита пружина ва m массали жисм одатда горизонтал *пружинали маятник* деб аталувчи тебраниш системаларини ҳосил қилади (182-в расм).

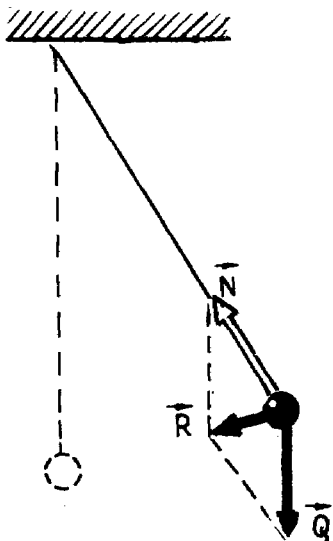
Барча тебранувчи системалар ўзига хос бир қатор умумий хоссаларга эга. Улардан асосийларини қараб чиқамиз:

а) Ҳар бир тебранувчи системада турғун мувозанат вазияти мавжуд. Физик маятникда — бу вазият осилган шарнинг массалари маркази таянч нуқтаси билан бир вертикал тўғри чизиқда бўлади; вертикал пружинали маятникда — бу вазият оғирлик кучи пружинанинг эластиклик кучи билан мувозанатлашганда; горизонтал пружинали маятникда — иккала пружина бир хил деформацияланган вазиятда бўлади.

б) Тебранувчи система турғун мувозанат вазиятидан чиқарилгандан сўнг системани турғун вазиятга қайтарувчи куч пайдо бўлади. Бу кучнинг ҳосил бўлиши турлича бўлиши мумкин.



182- расм.



183- расм.

Масалан, физик маятникда — \bar{Q} оғирлик кучи ва иннинг \bar{N} реакция кучининг \bar{R} тенг таъсир этувчиси, (183- расм), пружинали маятникда — пружинанинг эластик кучи.

в) Тебранаётган жисм турғун вазиятга қайтиб келганда тезда тўхтай олмайди. Бунга унинг инертлиги ҳалақит беради.

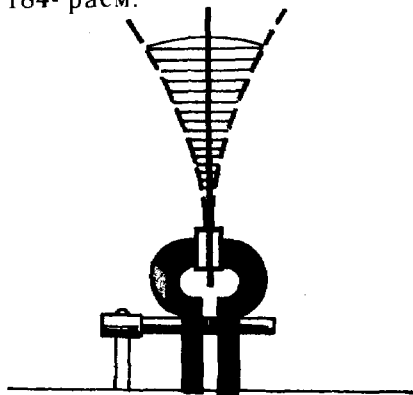
Санаб ўтилган хоссалар шунга олиб келадики, агар тебранувчи системани у ёки бу усул билан турғун мувозанат вазиятидан чиқарилса, у ҳолда унда ташқи кучлар бўлмаганда унда тебранишлар ҳосил бўлади ва бирор вақт сақланади.

2. Эркин тебранишлар. Тебранувчи системада ташқи ўзгарувчи таъсир бўлмаганда шу системанинг турғун мувозанат вазиятидан қандайдир оғиши натижасида юзага келувчи тебранишлар *эркин* (ёки *хусусий*) *тебранишлар* деб аталади.

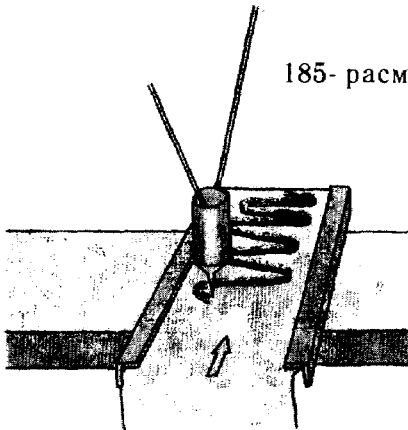
Эркин тебранишларга исканжага қисилган пўлат пружинанинг (184- расм), пружинага осилган юкнинг, мувозанат вазиятидан чиқариб, ўз ҳолига қўйиб юборилган торнинг тебранишлари мисол бўлади.

3. Тебранишлар осциллограммаси. Агар маятник бўшлиғига сиёҳ тўлдирилса, у ҳолда маятник тебранганда ундан оқиб тушаётган сиёҳ маятник осилган нуқтага нисбатан текис ҳаракатланаётган қоғоз лентада эгри чизик чизади (185- расм). Қоғоз лента текис ҳаракатланса, ҳосил бўлган эгри чизик маятникнинг вақт ўтиши билан мувозанат вазиятга нисбатан қандай ўзгариши-

184- расм.



185- расм.



ни, яъни маятник кўчишининг вақтга боғлиқлигини кўрсатади. Бундай эгри чизиклар *осциллограмма* дейилади. «Осциллограмма» сўзи лотинча *oscillum* — тебраниш ва грекча графио — ёзаман деган маънони билдиради.

?

1. 179-расмда тасвирланган системалардан қайси бири вазнсизлик ҳолатида тебранувчи система бўлади? Нима учун?
2. Қандай тебранишлар эркин тебранишлар деб аталади?
3. Тебранувчи системанинг асосий хоссаларини айтиб беринг.

55- §. ГАРМОНИК ТЕБРАНИШЛАР ВА УЛАРНИ ХАРАКТЕРЛОВЧИ КАТТАЛИҚЛАР

Табиатда ва техникада тебранишларнинг тури кўп. Уларнинг ҳаммасини алоҳида-алоҳида ўрганиш мумкин эмас. Биз бу масалани соддалаштирамиз ва кўз олдимизга узунлиги жисм ўлчамларидан жуда катта бўлгани учун моддий нукта деб ҳисоблаш мумкин бўлган *m* массали унча катта бўлмаган жисмдан иборат идеал маятникни келтирамиз. Шунингдек, маятник тебранганда унга ишқаланиш кучи ҳам, ҳавонинг қаршилик кучи ҳам таъсир қилмайди, деб фараз қиламиз. Бундай маятник *математик маятник* деб аталади. Албатта, реал ҳолатда математик маятник мавжуд эмас. Лекин унинг моделини яратиш мумкин. Масалан, математик маятникнинг беўхшов модели сифатида ингичка жуда узун енгил пишиқ ипга осилган қўрғошин ёки пўлат шарчани олиш мумкин.

Агар биз фараз қилган математик маятник мавжуд бўлганда эди, биз уни мувозанат вазиятидан чиқариб, қуйидагиларни аниқлаган бўлар эдик:

а) маятник тебранишлари чексиз давом этади (чунки қайтмас энергия алмашинуви бўлмайди);

б) унинг мувозанат вазиятида ўнгга максимал оғиши чапга максимал оғишига тенг;

в) ўнгга оғиш учун кетган вақт чапга оғишга кетган вақтга тенг;

г) мувозанат вазиятидан чапга ва ўнгга ҳаракатланиш характери бир хил.

Бундай тебранишларни *гармоник тебранишлар* (грекча «гармония» сўзидан олинган бўлиб, мослаштириш деган маънони билдиради) деб аталади.

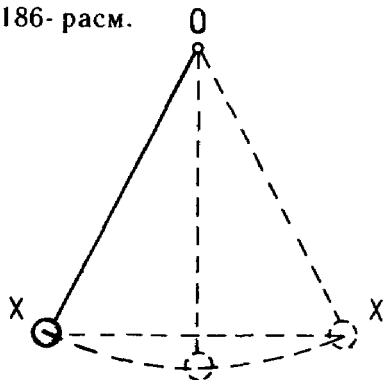
Кейинроқ биз гармоник тебранишларнинг аниқроқ таърифлаймиз. Ҳозирча унинг шу тавсифи билан чекланамиз.

1. Гармоник тебранишларни характерловчи катталиқлар

Тебранишларни тасвирлаш учун кўчиш, тезлик ва тезлашишдан ташқари ҳаракатнинг бу тури учун махсус катталиқлар киритилган. Бундай катталиқлардан бири *силжишидир*.

Силжиш деб, *тебранаётган жисмнинг мувозанат вазиятидан*

186- расм.



OX ўқ бўйича кўчиш проекциясига айтилади (186- расм). Силжиш — скаляр катталикдир.

Тебранма ҳаракатда силжиш қиймати узлуксиз ўзгаради. Силжишнинг максимал қиймати *амплитудавий силжиш* ёки *амплитуда* дейилади. Амплитуда X_m ҳарфи билан белгиланади, вақтнинг исталган пайтидаги силжишни эса x билан белгилаймиз.

Тебранувчи системанинг бир марта тўла тебраниши учун кетган вақт оралиғи давр дейилади.

Давр T ҳарфи билан белгиланади.

Агар t вақт ичида N тўла тебраниш содир бўлса, у ҳолда тебраниш даври

$$T = \frac{t}{N}$$

формула билан ифодаланади.

Шундай қилиб, тўла бир марта тебраниш учун кетган вақт оралиғи тебраниш даври деб аталади.

Жисмнинг 1 с ичидаги тўла тебранишлари сони тебраниш частотаси дейилади.

Тебраниш частотаси одатда ν ҳарфи билан белгиланади. Агар t вақт ичида N та тўла тебраниш содир бўлса, у ҳолда

$$\nu = \frac{N}{t}$$

1 с да юз берган тўла тебранишлар сони частота дейилади.

Частота бирлиги қилиб, 1 с да содир бўлган битта тебраниш қабул қилинган. Бу бирлик герц (Гц) деб аталади. Частота бирлиги немис физиги Генрих Герц шарафига қўйилган. Амалда частотани ўлчаш учун каррали бирликлар қўлланилади: килогерц (кГц), мегагерц (МГц) ва гигагерц (гГц).

Давр ва частота учун формулаларни таққослаш, давр ва частота ўзаро тескари катталиклардир.

2. Гармоник тебранишлар динамикаси

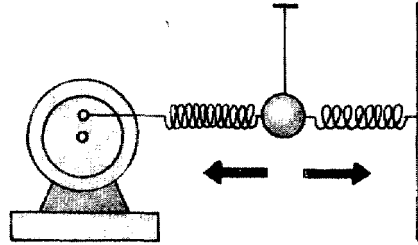
Ишқаланишсиз идеал тебранувчи системаларда эркин тебранишлар динамикасини қараб чиқамиз.

Пружинали маятник шарчасини пружина деформациясининг эластиклигини сақлаган ҳолда мувозанат вазиятидан унча катта бўлмаган масофага силжитамиз (187- расм). Бу ҳолда шарчага мувозанат вазият томонига йўналган қайтарувчи куч таъсир

қилади. Бу куч (Гук қонуни бўйича) модули жисмнинг мувозанат вазиятидан силжишига пропорционал:

$$F = -kx.$$

Қайтарувчи куч мувозанат вазиятига қараб йўналган, унинг проекцияси x силжишнинг қарама-қарши ишорасига эга.



187- расм.

Математик маятник ҳолида ҳам шунга ўхшаш иш бўлади. Маятникни мувозанат вазиятидан унча катта бўлмаган масофага оғдирамиз (183-расмга қаранг). Бу ҳолда ипнинг эластиклик кучи ва оғирлик кучининг тенг таъсир этувчилари мувозанат вазияти томонга йўналган. Бу кучни куйидагича ифодалаш мумкин:

$$F = mg \sin\alpha.$$

Биз тебранишни фақат кичик бурчакларга оғишини ўрганамиз. Бу ҳолда $\sin\alpha \approx \frac{x}{l}$. Шунинг учун

$$F = mg \frac{x}{l} = \frac{mg}{l}x.$$

$\frac{mg}{l}$ катталик доимийдир. Уни k орқали ифодалаймиз. У ҳолда

$$F = kx.$$

Куч силжишга қарама-қарши йўналган.

Шундай қилиб, пружинали ва физик маятникнинг тебраниши турли табиатга эга бўлган кучлар (оғирлик кучи ва эластиклик куч) томонидан ҳосил қилинишига қарамасдан қайтарувчи кучнинг силжишига боғлиқлиги бир хил: қайтарувчи куч тебранаётган жисмнинг мувозанат вазиятидан кўчишига пропорционал ва ҳар доим мувозанат вазияти томонига йўналган. Бу гармоник тебранишларнинг муҳим хоссаларидан биридир.

3. Гармоник тебранишлар кинематикаси

Маятник тебранишларининг осциллограммасини ўрганиш натижасида маълум бўладики, агар ишқаланиш кучи бўлмаганда эди, амплитуда ўзгармас бўлар эди, унинг кўчиши эса синусоидал қонун бўйича ўзгарган бўлар эди. Бу тахмин маятник тебраниш ҳолида қайтарувчи куч синусоида қонуни бўйича ўзгаришини билвосита тасдиқлайди:

$$F = mgs\sin\alpha.$$

Демак, бу куч ёрдамида маятникка бериладиган тезланиш ҳам синусоида қонуни бўйича ўзгаради:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{mgs\sin\alpha}{m} = gs\sin\alpha.$$

?

1. Гармоник тебранишларни: а) динамик нуктаи назардан; б) кинематик нуктаи назардан таърифланг.
2. Давр ва частота формулаларини ёзинг.
3. Кайтарувчи куч тўғрисидаги хикоя режасини тузинг.

56- §. ТЕБРАНИШЛАРДА ЭНЕРГИЯ АЙЛАНИШИ

1. Эркин тебранишларда энергия айланиши. Маятникни турғун мувозанат вазиятидан унча катта бўлмаган α бурчакка оғдирамиз (188- расм)¹. Шу билан маятникка қўшимча потенциал энергия берамиз:

$$W_p = mgH_{max},$$

бунда H_{max} — маятникнинг максимал кўтарилиш баландлиги. Маятникни қўйиб юборамиз. Маятник оғирлик кучи ва ипнинг реакция кучи таъсирида мувозанат вазиятига қараб ҳаракатланади. Бунда унинг потенциал энергияси кинетик энергияга айланади. Мувозанат вазиятда маятникка берилган барча потенциал энергия кинетик энергияга айланади:

$$W_k = \frac{mv_{max}^2}{2},$$

бунда v_{max} — ипга осилган жисм ҳаракатланиш тезлигининг максимал қиймати. Маятник энг охириги чап вазиятга бориб, тескари йўналишда ҳаракатлана бошлайди.

Ишқаланиш кучи бўлмаганда энергияни сақланиш қонуни бўйича потенциал энергиянинг максимал қиймати кинетик энергиянинг максимал қийматига тенг бўлар эди:

$$mgH_{max} = \frac{mv_{max}^2}{2}.$$

Шундай қилиб, маятник тебранганда потенциал энергия кинетик энергияга ва аксинча даврий айланиши содир бўлади:

$$W_p \rightarrow W_k \rightarrow W_p \rightarrow W_k \rightarrow W_p \rightarrow \dots$$

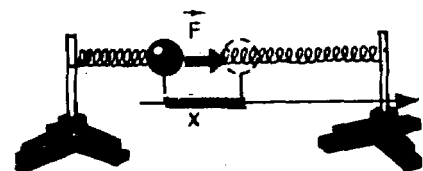
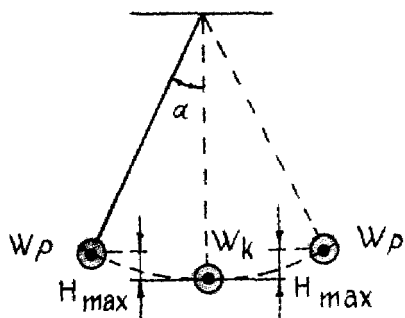
Тебранаётган жисмнинг тўла механик энергияси ихтиёрий пайтда энергиянинг айланиш ва сақланиш қонуни бўйича унинг потенциал ва кинетик энергиялари йиғиндисига тенг:

$$E = W_k + W_p.$$

Маятникни мувозанат вазиятидан оғдирамиз ва унга эркин тебранишга имконият яратамиз. Кузатишлар, тебранишлар амплитудасининг аста-секин камайишини кўрсатади. Тебранишлар сўнади.

Бунга сабаб шуки, маятникка бошланғич пайтда берилган энергия ички энергияга айланади ва атроф муҳитга тарқалади.

¹ 186- расмда бу бурчак якколлик учун катта қилиб кўрсатилган. Ҳақиқатан бу бурчак 5° дан кичик бўлиши керак: катта бурчаклар учун келтирилган мулоҳазалар ўринсиз.



189- расм.

188- расм.

Агар ишқаланиш кучи бўлмаганда эди, тебранувчи система энергияси доимий колар эди ва тебраниш чексиз давом этган бўлар эди.

2. Маятникнинг кинетик энергияси. Тебраниш жараёнида маятникнинг кинетик энергияси узлуксиз ўзгаради ва уни $W_k = \frac{mv^2}{2}$ формула бўйича ҳисоблаш мумкин. Бу формулада v — кинетик энергиянинг бизга керакли пайтдаги тезлигини киймати.

Маятник максимал кинетик энергияга мувозанат вазиятдан ўтаётганда эришади. Бу вақтда унинг тезлиги v_{max} максимал қийматга эга бўлади. Шунинг учун $W_{k\ max} = \frac{mv_{max}^2}{2}$.

3. Маятникнинг потенциал энергияси. Ихтиёрий вақт momenti (ихтиёрий нукта) да пружинали маятникнинг потенциал энергиясини аниқлаймиз. Маятник мувозанат вазиятдан x масофага оғди деб фараз қилайлик (189-расм). Маятникка қайтарувчи куч таъсир қилади: $F = -kx$. Бу куч маятник мувозанат вазиятига қайтарилганда kx дан 0 гача ўзгаради. Бу куч бажарган иш

$$A = F_{\text{ўр.}} x$$

қаралаётган нуктада маятникнинг потенциал энергиясига тенг. Куч 0 дан x гача чизикли ўзгарса, унинг ўртача қиймати $F_{\text{ўр.}} = \frac{kx}{2}$ га тенг бўлади, бажарилган иш эса $A = \frac{kx}{2} x = \frac{kx^2}{2}$.

Шундай қилиб, тебранишлар потенциал энергиянинг оний қиймати силжиш квадратига тенг:

$$W_p = \frac{kx^2}{2}.$$

Маятник максимал потенциал энергияга унинг силжиши (кўчиши) максимал бўлган энг охириги вазиятда эришади:

$$W_{p\ max} = \frac{kX^2}{2}.$$

Потенциал энергиянинг кўчиш квадратига пропорционаллиги — гармоник тебранишларнинг энг муҳим хоссасидир.

4* Силжиш формуласини келтириб чиқариш. Бундан олдинги параграфда осциллограмма ва маятникка таъсир қилаётган кучни таҳлил қилиш асосида гармоник тебранишда кўчиш синусоида қонуни бўйича ўзгаради деган тахмин келтирилган эди. Энди биз бу тахминни исбот қиламиз.

Гармоник тебранишда жисмининг тўла энергияси:

$$\frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{kX_m^2}{2} \text{ ёки } kx^2 + mv^2 = kX_m^2. \text{ Бу тенгликнинг чап ва ўнг}$$

томонларини ҳадма-ҳад k га бўлиб $x^2 + \frac{m}{k}v^2 = X_m^2$ ёки

$$x^2 + \left(v \sqrt{\frac{m}{k}}\right)^2 = X_m^2 \text{ ни ҳосил қиламиз. Охириги тенгликни катетлари}$$

x , $v \sqrt{\frac{m}{k}}$ ва гипотенузаси X_m бўлган тўғри бурчакли учбурчак кўринишида ифодалаш мумкин. Бу учбурчакдан

$$x = X_m \sin \varphi$$

ни оламиз.

Ҳосил қилинган формула юқорида айтилган фараз силжишнинг гармоник тебранишларда синусоида қонуни бўйича ўзгариши тўғри эканлигидан далолат беради.

Гармоник тебранишларда силжишнинг синусоида қонуни бўйича ўзгариши — унинг асосий белгисидир.

?

1. Маятник тебранганда энергия ўзгариши тўғрисида гапириб беринг.
2. Қуйида ёзилган муносабатлардан қайси бири ўринли:

$$E = \frac{mv_m^2}{2}; \quad E = \frac{kX_m^2}{2}; \quad E = mgH_m^2$$

3. Математик маятникнинг потенциал энергияси $W_p = \frac{mg}{2} x$ га тенглигини исбот қилинг.

57- §. МАЯТНИҚНИНГ ТЕБРАНИШ ДАВРИ

1. Тажрибалар ва кузатишлар. Ўзининг хоссалари бўйича математик маятникка яқин бўлган маятникнинг тебраниш даври нимага ва қандай боғлиқлигини ойдинлаштирамиз.

Бунинг учун кўрғошин (ёки пўлат) шарчани енгил узун ипга осамиз. Маятникни мувозанат вазиятидан унча катта бўлмаган масофага оғдириб юборамиз ва тебранишлар даврини аниқлаймиз. Бирор вақт ўтгандан сўнг, маятникнинг тебранишлар амплитудаси сезиларли камаяётганда яна унинг тебранишлар даврини аниқлаймиз. Тебранишлар даври аввалги ҳолида қолган бўлади.

Шундай қилиб, тажриба маятникнинг тебраниш даври хоссаси бўйича математик маятникка яқинлигидан тебранишларнинг

амплитудаси кичик бўлганда амплитудага боғлиқ бўлмаслигидан далолат беради. Маятникнинг бу хоссаси *изохронизм* («изо» — ўзгармас, «хронос» — вақт) деб аталади.

Маятник узунлигини ўзгартирмаган ҳолда пўлат шарчани массаси кўрғошин шарча массасидан кичик бўлган ҳажмли пластмассадан ясалган худди шундай бўлган шарча билан алмаштирамиз ва яна тажрибани такрорлаймиз. Тебранишлар даври кўрғошин шарчанинг тебранишлар даври сингари бўлади. Тажрибани бошқа металлдан ясалган шарчалар билан такрорлаш мумкин, лекин натижа бир хил бўлади.

Демак, *ўзининг хоссаси бўйича математик маятникка яқин бўлган маятникнинг тебраниш даври маятникнинг массасига боғлиқ бўлмайди.*

Маятникнинг узунлигини ўзгартириб, маятник узунлиги қанча қиска бўлса, унинг тебранишлар даври шунча кам бўлади ва аксинча, маятник узунлиги қанча катта бўлса, унинг тебранишлар даври шунча катта бўлишини осон сезиш мумкин.

Пўлат шарчани маятник остига кучли магнит қўйиб (190- расм), маятникнинг тебраниш даврини камайганини сезамиз. Магнитнинг келтириб қўйилиши ернинг тортиш кучини орттириш билан тенг кучлидир.

Шунинг учун маятникнинг тебраниш даври эркин тушиш тезланишига боғлиқ бўлади деб тахмин қилиш мумкин.

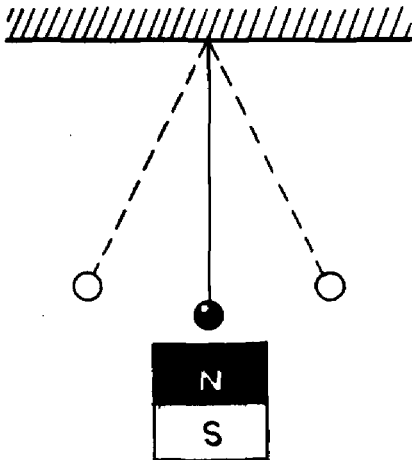
2. Тебранишлар даврининг формуласини келтириб чиқариш. Юқоридаги тажрибалар маятникнинг тебранишлар даври унинг массаси ва амплитудасига (кичик амплитудаларда) боғлиқ эмас, унинг узунлигига ва эркин тушиш тезланишига боғлиқ эканини кўрсатди. Бирок биз бу боғланишларнинг характерини билмаймиз.

Маятникнинг тебраниш даврини унинг узунлиги ва эркин тушиши тезланишига боғлиқлигини ойдинлаштириш учун иккита оддий тажриба ўтказамиз. Маятникни тебратиб, унинг T тебраниш даврини аниқлаймиз.

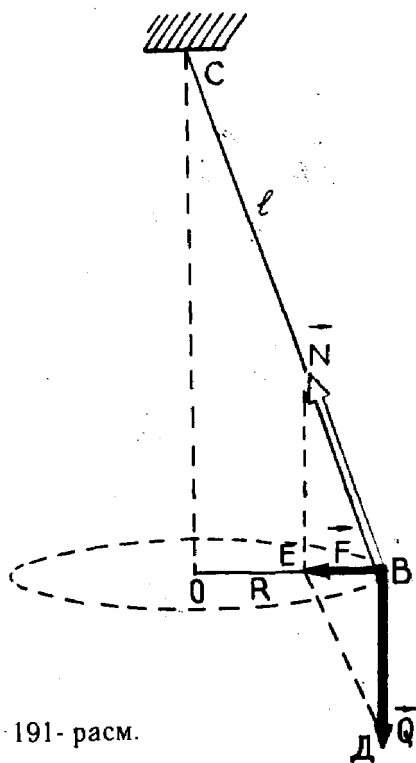
Маятникни тўхтатамиз ва уни конуссимон сирт бўйлаб ҳаракатлантiramиз (191-расм). Бу ҳолда маятник шарчаси айлана бўйлаб ҳаракатланади. Маятникнинг айланиш даврини аниқлаб, у бу маятникнинг тебраниш даврига тенглигига ишонч ҳосил қиламиз:

$$T_{\text{айл}} = T_{\text{кон}} = T.$$

Конуссимон ҳаракатланувчи маятникнинг айланиш даврини ҳисоблаш осон, у шарча ҳосил қилаётган айлана узунлигининг чизиқли тезликка бўлинганига тенг: $T = \frac{2\pi R}{v}$.



190- расм.



191- расм.

Шарча айлана бўйлаб ҳаракатлангани учун унга марказга интилма куч $F = \frac{mv^2}{R}$ таъсир қилади, бундан $v = \sqrt{\frac{FR}{m}}$. Марказга интилма кучни геометрик усул билан топиш мумкин. OBC ва BDE учбурчакларнинг ўхшаш томонлари пропорционал: $BE : BD = OB : OC$ ($OC = CB = l$) ёки $F : mg = R : l$; бундан $F = \frac{mgR}{l}$. Марказга интилма куч қийматларини чизиқли тезлик формуласига қўйиб $v = R\sqrt{\frac{g}{l}}$ ни ҳосил қиламиз.

Чизиқли тезлик қийматларини эса давр формуласига қўйиб куйидагини оламиз:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Шундай қилиб, математик маятникнинг тебраниш даври фақат маятникнинг l узунлигига ва g эркин тушиш тезланишига боғлиқ бўлади.

3. Масала ечиш намунаси. Маятник диаметри 4 см бўлган пўлат шарча осилган 98 см узунликдаги енгил ипдан иборат. Агар маятникнинг тебраниш даври 2 с бўлса, эркин тушиши тезланишини аниқланг.

Шартнинг таҳлили. Масалани ечиш учун узунлиги бизга маълум бўлган маятникнинг тебраниш даври формуласидан фойдаланиш мумкин. Шундай қилиб, маятникнинг массалар маркази маятник осмасидан $D/2$ пастда бўлса, маятник узунлиги $l = 100$ см бўлади.

Ечилиши. Маятникнинг тебраниш даври формуласидан

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$$

ни топамиз.

Ҳисоблашлар:

$$T = 2 \text{ с}$$

$$l = 100 \text{ см}$$

$$g = ?$$

$$g = \frac{2 \cdot 3,14^2 \cdot 100 \text{ см}}{4 \text{ с}^2} \approx 986 \text{ см/с}^2$$

Жавоби: $g \approx 986 \text{ см/с}^2$.

?

1. Тебранишлар изохронизми нима?
2. Маятникнинг тебраниш даври унинг массасига боғлиқ бўладими?
3. Математик маятникнинг тебраниш даври формуласини келтириб чиқаринг.
4. Ҳукучи пружинали маятникнинг тебраниш даврини қўйидагича аниқладди. $T = 4t$, бунда t — маятникнинг турғун мувозанат вазиятидан охириги вазиятигача бўлган масофани босиб ўтишга кетган вақт. Равшанки, $t = \frac{x_m}{v_{\text{ур}}}$. Харакатланиш ўртача тезлиги мувозанат вазиятидан энг четки вазиятгача ва аксинча энг четки вазиятдан мувозанат вазиятигача (бўлган қисмда) қўйидагига тенг: $v_{\text{ур}} = \frac{v_m}{2}$. Шунинг учун $t = \frac{2x_m}{v_m}$,

$T = \frac{8x_m}{v_m}$. Тебранувчи системасининг потенциал ва кинетик энергиянинг

максимал қийматлари $\frac{kx_m^2}{2} = \frac{mv_m^2}{2}$, шунинг учун $v_m = x_m \sqrt{\frac{k}{m}}$ келиб

чиқади. Максимал тезлик қийматини давр формуласига қўйиб қўйидагини оламыз: $T = 8 \sqrt{\frac{m}{k}}$. Бу формулани пружинали маятникнинг тебраниш даври формуласи билан таққослаймыз:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Ҳукучи натижани олишда қаерда ва қандай хатога йўл қўйган?

58-§. ЭРКИН ТУШИШ ТЕЗЛАНИШИНИ АНИҚЛАШ

(7-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ)

Сиз эркин тушиш тезланиши Ернинг гравитацион майдонини характерлашини биласиз. Ер бир жинсли эмас. Шунинг учун Ернинг ҳар бир нуқтасида эркин тушиш тезланишини тажрибада аниқлаш мумкин. Бу усуллардан бири математик маятникнинг тебранишлар даври формуласига асосланган:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \text{ бундан } g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}.$$

Охириги формуладан эркин тушиш тезланишини аниқлаш учун маятник узунлигини ва унинг тебранишлар даврини билиши кераклиги кўриниб турибди. Маятникнинг узунлигини бевосита ўлчаш мумкин. Бунинг учун фақат ўлчов лентаси керак бўлади. Тебранишлар даврини қўйидаги формула бўйича ҳисоблаш мумкин:

$$T = \frac{t}{N},$$

бунда N — t вақт мобайнидаги тебранишлар сони.

Эркин тушиш тезланишини аниқлашнинг бу усулида мумкин

бўлган хатоликларни баҳолаймиз. $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ бўлгани учун нисбий

хатолик $\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta l}{l} + 2\frac{\Delta T}{T}$ га тенг.

Маятник узунлигини ўлчов лентаси ёрдамида ± 5 мм абсолют хатолик билан ўлчаш мумкин.

Мактаб лаборатория шароитида маятник узунлиги 1—2 м тартибда бўлиши мумкин. Агар $l = 1$ м бўлса, у ҳолда

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{5 \text{ мм}}{1000 \text{ мм}} = 0,005.$$

Бу етарлича аниқлашда юқори ўлчашни таъминлайди. Тебранишлар даврини ўлчаш мураккаброқ. Маятник узунлиги 1 м бўлганда тебранишлар даври тахминан 2 с га, қўл соати секунд милининг абсолют хатолиги тахминан ± 1 с га тенг:

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{1 \text{ с}}{2 \text{ с}} = 0,5.$$

Демак, тезланишни топиш аниқлиги асосан тебранишлар даврини ўлчаш аниқлигига боғлиқ бўлади.

Агар бир марта тўла тебраниш вақтини эмас, масалан, 20 та тўла тебранишлар вақти ўлчанса, тебранишлар даврини ўлчаш аниқлигини орттириш мумкин. Бу ҳолда вақтни ўлчаш хатолиги 20 марта кичик бўлади:

$$T = \frac{t}{N}.$$

Шунинг учун

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta t}{t}, \quad \frac{\Delta T}{T} = \frac{0,5}{20} = 0,025.$$

Ишни бажариш тартиби

1. Стол четиға штатив ўрнатамиз. Штативнинг юқориги учига муфта ёрдамида ҳалка маҳкамланг ва унга ип боғланган шарча осинг. Шарча полдан 1—2 см масофада осилиб туриши керак.

2. Шарчани 5—8 см га оғдириб, уни қўйиб юборинг.

3. 20—30 та тўла тебранишлар вақтини ўлчанг ва тебраниш даврини ҳисобланг.

4. Маятникнинг узунлигини ўлчанг.

5. Эркин тушиш тезланишини формула бўйича ҳисобланг.

6. Тезланишни аниқлаётганда йўл қўйилган хатоликни ҳисобланг.

59- §. МАЖБУРИЙ ТЕБРАНИШЛАР

Тебранувчи системада даврий ўзгарувчи ташқи куч таъсирида содир бўлувчи тебранишлар мажбурий тебранишлар дейилади.

1. **Мажбурий тебранишларга мисоллар.** Сизнинг уйингиз ёнидан оғир юк ташийдиган машина ўтса, уй деразалари

титрашини кузатгансиз. Дераза ойналарининг тебранишлари мажбурий тебранишлар бўлади. Бу тебранишлар юк машинаси Ернинг устки қатламларини ва ҳавони тебратиши натижасида содир бўлади.

Сиз телефон орқали гаплашаяпсиз. Микрофон мембранаси ҳавонинг тебранишлари таъсирида тебранади, ҳаво ва оғиз бўғинлари тебраниши таъсирида тебранади. Микрофон мембранаси ва ҳавонинг тебранишлари мажбурий тебранишлардир.

Ишлаб турган ҳамма машина ва механизмларнинг корпуслари ҳам мажбурий тебранади. Громкоговоритель диффузори ҳам мажбурий тебранади.

Юқорида келтирилган мисоллар мажбурий тебранишлар бизнинг атрофимиздаги оламда тез-тез учраб туришидан далолат беради, шунинг учун уларнинг асосий хоссаларини билиш керак.

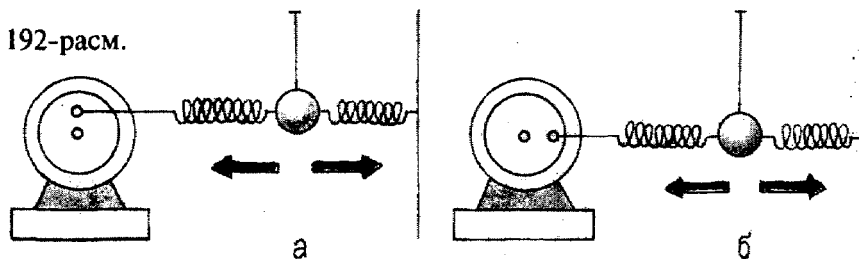
2. Мажбурий тебранишлар частотаси. Агар пружинали маятник пружинасининг учига кичик частота билан секин таъсир қилинса, у ҳолда маятникнинг юки ҳам кичик частота билан тебранади. Агар мажбурловчи тебранишлар частотаси орттирилса, у ҳолда мажбурий тебранишлар частотаси ҳам ортади. Мажбурловчи тебранишлар частотаси қанча катта бўлса, мажбурий тебранишлар частотаси ҳам шунча катта бўлади. Бу ва бунга ўхшаш тажрибалар мажбурий тебранишлар частотаси мажбурловчи тебранишлар частотасига тенг эканини тасдиқлади.

- ?
1. Қандай тебранишлар мажбурий тебранишлар деб аталади?
 2. Мажбурий тебранишларга мисоллар келтиринг.
 3. Мажбурий тебранишлар частотаси нимага тенг?

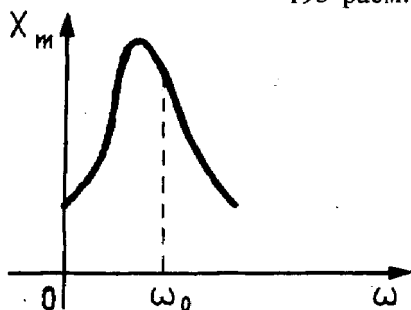
60-§. РЕЗОНАНС ҲОДИСАСИ

1. Мажбурий тебранишлар амплитудаларининг мажбурловчи тебранишлар амплитудаларига боғлиқлиги. Маятник пружинасининг чап учини двигатель ўқига кийдирилган дискнинг марказига яқинроқ жойига туташтирамиз (192-а расм). Двигателни ишга тушириб маятник кичик амплитуда билан тебранаётганини кўрамиз.

Маятник пружинасининг учини дискнинг энг чети билан туташтирамиз (192-б расм) ва тажрибани такрорлаймиз. Маятникнинг катта амплитуда билан тебранаётганини пайқаймиз.



193-расм.



Диска бураб киргизилган больтнинг тебраниши мажбурий тебранишдир. Демак, тажриба айна бир тебранишлар частотасида *мажбурий тебранишлар амплитудаси мажбурловчи тебранишлар амплитудасига боғлиқлигидан* далолат беради: мажбурловчи тебранишлар амплитудаси қанча катта бўлса, мажбурий тебранишлар частотаси шунча катта бўлади.

2. Резонанс. Мажбурий тебранишларни ўрганишда давом этамиз. Мажбурий тебранишлар частотаси мажбурловчи тебранишлар частотасига боғлиқ эмаслигини ойдинлаштирамиз. Бунинг учун 192-расмда тасвирланган қурилмани йиғамиз. Двигателни ҳаракатга келтириб, маятник унча катта бўлмаган частота билан тебранаётганини пайқаймиз.

Мажбурловчи тебранишлар частотасини аста-секин орттириб, маятникнинг мажбурий тебранишлар частотасининг ортиши ва жуда катта қийматга эришишини пайқаймиз. Бироқ мажбурловчи тебранишлар частотаси кейинчалик ортганда маятникнинг мажбурий тебранишлар амплитудаси камаяди!

193-расмда юқорида келтирилган тажрибага ўхшаш тажриба натижаларини намоиш қилувчи график келтирилган.

Тажриба жараёнида кузатган ҳодисаларни тушуниш учун уни такрорлаймиз ва мажбурий тебранишлар амплитудаси энг катта қийматга эришганда частотасини қайд қиламиз.

Двигателни ўчирамиз ва маятникни тўхтатамиз, маятникнинг эркин тебранишлар частотасини аниқлаймиз. Сиз кутмаган натижа олинади: маятникнинг эркин тебранишлари частотаси ва унинг мажбурий тебранишлари амплитудаси энг катта бўлгандаги частотаси тахминан бир хил бўлади!

Мажбурловчи тебранишлар частотаси эркин тебранишлар частотасига яқинлашганда мажбурий тебранишлар амплитудасининг кескин ортиши ҳодисаси резонанс деб аталади.

?

1. Мажбурий тебранишлар амплитудаси нимага боғлиқ?
2. Қандай ҳодиса резонанс дейилади?
3. Резонанс ҳодисаси қачон намоён бўлади?

61-§. ТЕХНИКАДА РЕЗОНАНСДАН ФЙДАЛАНИШ ВА УНИ ҲИСОБГА ОЛИШ

Турар жойлар ва саноат корпуслари, темир йўллар ва самолётлар, денгиз кемалари ва автомобиллар, космик кемалар ва ракеталар, гидравлик турбиналар ва ички ёнув двигателлари, кўприклар ва Ер ости йўллари тебранувчи системалар ҳисоблана-

ди, буларда маълум шароитларда мажбурий тебранишлар содир бўлиши мумкин. Баъзан мажбурий тебранишлар амплитудаси шунчалик катта бўладики, иншоотларни бузиб юбориши мумкин. Бу хатардан сақланиш учун иншоотлар қурилишида резонанс ҳодисасини ҳисобга олиш зарур. Бир катор ҳолларда резонанс ҳодисасидан маълум ижобий самарага эришиш мақсадида фойдаланиш мумкин.

1. Резонансдан фойдаланишга доир мисоллар

Техникада резонанс ҳодисаси кенг қўлланилади. Йўл ва пойдевор қуриш учун сочилувчи катламини, шунингдек бетонни шиббалаш учун махсус вибратор шиббалагичдан фойдаланилади. Вибратор конструкцияларининг турлари жуда кўп, бироқ уларнинг асосий қисми мустақкам асосга ўрнатилган мувозанатланмаган маховик ёки мувозанатланмаган юклар системаси маҳкамланган двигателдан иборат (194- расм). Двигатель ишга тушганда унинг ўкига кийдирилган юклар (ёки маховик) бутун қурилмани тебрантиради. Катта тебраниш амплитудасини ҳосил қилиш учун шиббалагичнинг хусусий тебранишлари частотасини двигатель валининг тебраниш частотасига тенглаштирилади. Вибратор-шиббалагич тебранишлари тупроқ ёки бетонга узатилади.

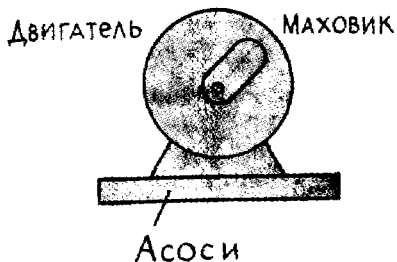
Ўқоридагиға ўхшаш вибраторлар қозик оёк, шпунтлар, трубалар ва ҳоказоларни қоқишда қўлланилади. Тебранувчи қозик оёкни вибрацион усулда қоқиш учун унинг устига кучли вибратор ўрнатилади. Двигатель ишга туширилганда қозикоёк титрайди: унинг остидаги тупроқ «суюқланиб билқиллайди» ва оғирлик кучи таъсирида чўқади. Бу усул асосан денгиз ва кўл қурилиш иншоотларида қозикоёк ва трубалар қоқишда асосан кенг қўлланилади.

Резонанс ҳодисаси тебранишлар частотасини ўлчаш учун ҳам қўлланилади. Частоталари олдиндан маълум бўлган резонаторлар (кам сўнувчи тебраниш системаси) тўплами берилган бўлса, тебранишлар частотасини аниқлаш мумкин. Бу частота кучли тебранувчи резонатор частотасига тенг бўлади.

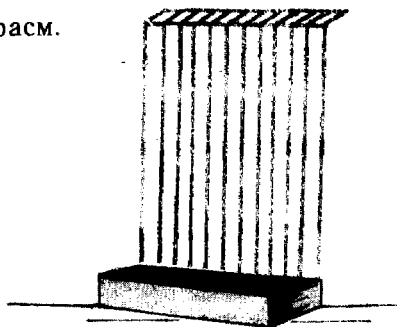
Бу принцип, масала, эркин тебранишлари частотасига турлича бўлган тилсимон эластик пластилинлардан иборат частотамерларда қўлланилади (195- расм)

Ҳар бир пластина бир учи салмоқли обоймага маҳкамланган

194- расм.



195- расм.



тебраниш системаси ҳисобланади, унинг хусусий частотаси пластинанинг массаси ва эластиклиги билан аниқланади.

Пластиналар тебранганда унинг учки қисми чаплашган полосалар кўринишида бўлади. Ўлчанаётган частота тебраниш амплитудалари энг катта бўлган пластиналарнинг тебраниш частотаси билан бир хил бўлади.

2. Механик системаларда хавфли резонанс тебранишларга мисоллар. Электр двигателлар, буғ ва газ турбиналари, ички ёнув двигателлари ва ҳатто мувозанатланмаган айланувчи массалар ўзлари ўрнатилган асосларга тебраниш берувчи манба ҳисобланади. Агар двигатель пойдеворга маҳкам ўрнатилган бўлса, тебранишлар деярли тўла тупроққа берилади ва тупроқ орқали машина ўрнатилган бинога узатилади.

Агар тебраниш системаси кичик ишқаланишга эга бўлса, у ҳолда унга келаётган энергиянинг унча катта бўлмаган қисми системанинг ички энергиясига айланади. Бундай шароитларда (мажбурловчи тебранишлар частотаси эркин тебранишлар частотаси билан мос тушганда) мажбурий тебранишлар амплитудаси катта қийматларга эришиши ва бинонинг бузилишига олиб келиши мумкин.

Механик иншоотларнинг хавфли тебраниш манбалари бўлиб, юриб кетаётган одамлар ҳисобланган жуда кўп ходисалар маълум. Масалан, 1931 йилда Манчестерда Ирвель дарёсига қурилган кўприкдан 60 та аскар бир маромда кадам ташлаб ўтишаётган эди. Аскарлар оёқларининг урилиш частотаси кўприкнинг эркин частотаси билан мос келиб қолган ва кўприк титраб, бузилиб тушган. Шунга ўхшаш ҳодиса 1905 йил Петербургда Фонтанка дарёсига қурилган кўприк орқали гвардиячи отлик аскарлар кавалерияси эскадрони ўтиши натижасида содир бўлди. Яхши ўргатилган отлар оёқларининг урилиш частотаси кўприкнинг эркин тебранишлари частотаси билан мос тушган. Кўприк осилган занжир узилиб, кўприк бузилиб тушди.

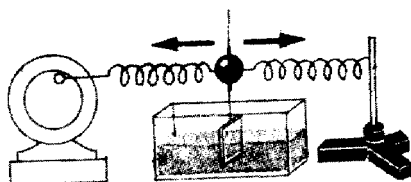
3. Номақбул мажбурий тебранишларни сўндириш. Мажбурий тебранишлар амплитудаси муҳим конструкциялар учун хавфли бўлгани учун, мажбурий тебранишларни сўндириш усуллари ишлашга ундайди.

Мажбурий тебранишларни сўндиришнинг бир усули системанинг эркин тебранишлар частотасини ўзгартириб уни мажбурий тебраниш частотаси билан мос келтирмаслик ва унга каррали бўлмаслигидан иборат. Масалан, иссиқлик электр станцияси учун буғ турбиналарини тайёрлашда турбина 3000 мин^{-1} тезликда ишлаши ҳисобга олинади. Демак, ротор айланишида юзага келган тебраниш $\frac{3000}{60 \text{ с}} = 50 \text{ Гц}$ частотага эга бўлади. Резонанс ҳодисаси-

дан қутулиш учун бутун система «генератор — турбина — пойдевор» 50 дан фарқ қилган ва 50 га каррали бўлмаган эркин тебранишлар частотасига эга бўлиши керак.

Резонанснинг хавфли оқибатлари билан қурашишнинг бу

усулини тажрибада намойиш қиламиз. 192- расмда тасвирланган қурилмани ййғамиз. Пружинали маятник вибратори ишлатилганда у ўсувчи амплитуда билан тебрана бошлайди, бу мажбурий тебранишлар частотаси эркин тебранишлар частотасига яқинлигидан далолат беради.



196- расм.

Маятникни тўхтатиб, унинг юқини катта массали (бу билан биз маятникнинг хусусий частотасини ўзгартирамиз) юк билан алмаштирамиз. Яна вибраторни тармоққа улаб, маятникнинг тебраниш амплитудасини сезиларли даражада камайганини кўрамиз. Энди тебраниш резонанс характерга эга бўлмайди.

Қурашишнинг бошқа усули системанинг ишқаланиши орттиришдан иборат (196- расм): системанинг ишқаланиши қанча катта бўлса, резонанс тебранишларининг амплитудаси шунча кичик бўлади.

?

1. Техникада резонансдан фойдаланишга мисоллар келтиринг.
2. Хавфли резонанс ходисаларига мисоллар келтиринг.
3. Резонанс ходисасидан қандай қутулиш мумкин?
4. 50 Гц ўзгарувчан ток частотасида резонансга келувчи тилчали частота-мер пўлат пластинкаси қандай хусусий тебраниш частотасига эга?

XI БОБНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

1. Эркин тебранишлар ташқи даврий кучлар қўйилмаган тебраниш системасида юзага келади, натижада система турғун мувозанат вазиятидан оғади.
2. Қам ишқаланишли тебраниш системасида юзага келувчи эркин тебранишлар деярли гармоник тебранишлар бўлади.
3. Гармоник тебранишлар учун қуйидаги хоссалар характерлидир:
 - а) қайтарувчи куч турғун мувозанат вазиятдан силжишга пропорционал ва мувозанат томонга йўналган;
 - б) тебраниш системасининг потенциал энергияси кўчиш амплитудасининг квадратига пропорционал бўлади;
 - в) кўчиш, тезлик ва тезланиш гармоник (синусоидал) конун бўйича ўзгаради;
 - г) гармоник тебранишлар чексиз давом этади.
4. Эркин тебранишлар частотаси тебраниш системасининг параметрларига, амплитудаси эса тебраниш системасига берилган энергияга боғлиқ
5. Ишқаланиш мавжуд бўлган системаларда эркин тебранишлар сўнади ва гармоник тебранишлар ҳисобланмайди.
6. Мажбурий тебранишлар тебранишлар системасига ташқи даврий ўзгарувчи куч таъсир қилган ҳолда ҳосил бўлади.

7. Мажбурий тебранишлар частотаси мажбурловчи тебранишлар частотасига тенг.
8. Мажбурий тебранишлар амплитудаси мажбурловчи тебранишлар частотаси ва амплитудасига боғлиқ.
9. Мажбурловчи тебранишлар частотаси тебраниш системасининг хусусий частотасига яқинлашганда мажбурий тебранишлар амплитудасининг кескин ортиши ҳодисаси резонанс деб аталади.

XII боб. ТЎЛҚИНЛАР

Шу пайтгача тебранишлар алоҳида (изоляцияланган) тебраниш системаларида қараб чиқилди. Бироқ изоляцияланган тебраниш системалари бир-бири билан боғланган системаларга нисбатан кам (қўлланилади) учрайди. Қундалиқ кузатишлар тебранишлар бир тебраниш системасидан бошқа тебраниш системасига узатилишига бизда ишонч ҳосил қилади. Масалан, громкоговоритель диффузорининг тебраниши кулоқ пардасига, қалқович тебраниши — сув зарраларига узатилади (197- расм).

Шунинг учун тебраниш ва тўлқин ҳодисаларини ўрганишда кейинги қадам бир тебраниш системасидан у билан боғланган бошқа тебраниш системасига ўтиш жараёни бўлади.

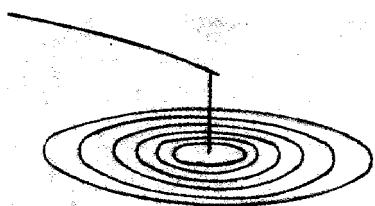
62- §. МЕХАНИК ТЎЛҚИНЛАР

1. Тебранишларнинг тарқалиши. Механик тебранишлар бир тебраниш системасидан у билан боғланган бошқа тебраниш системасига ўтишини тушуниш учун ўзаро бир-бири билан резина ип орқали боғланган ва пўлат кегайга ўрнатилган шарчалар системасининг тебранишини қараб чиқамиз (198- расм).

Агар энг четдан шарчани мувозанат вазиятидан расмда кўрсатилгандек қилиб оғдирсак, у ҳолда у иккинчи шарчани мувозанат вазиятидан тортади, иккинчи шарча учинчисини ва ҳоказо. Агар биз биринчи шарчани қўйиб юборсак, у тебранма ҳаракатга келади, шарчалар орасидаги боғланишларга асосан қолган ҳамма шарчаларга узатилади. Бироқ тебраниш биринчи шарчадан бошқаларига бир онда эмас, балки, бирор чекли тезлик билан узатилади. Чекли тезлик натижасида шарчалар тебранишининг тарқалиши кечикиб тебранади ва уларнинг фазодаги вазияти таниш тўлқинлар шаклида бўлади. *Ўзаро боғланган тебраниш системалари орасида тебранишларнинг тарқалиш жараёни тўлқин ҳаракат деб аталади.*

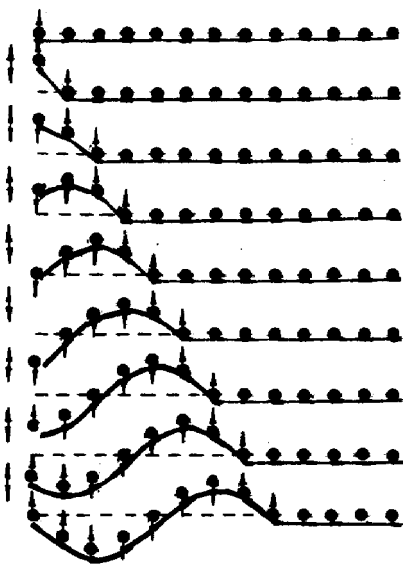
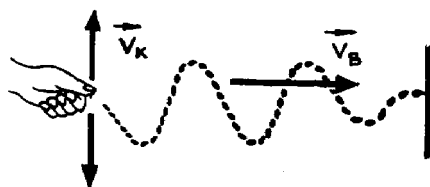
Қараб чиқилган мисолда шарчалар тебраниши тебранишлар тарқалиш йўналишига тик ҳолда содир бўлади. Бу ҳолда ҳосил бўлган тўлқин *қўндаланг тўлқин* дейилади. Қўндаланг тўлқинда тўлқин тарқалишининг тезлик вектори ва заррачалар тебранишининг тезлик вектори ўзаро перпендикулярдир (199- расм).

Агар энг четдаги маятникни чапга ва мувозанат вазиятидан



197- расм.

199- расм.



198- расм.

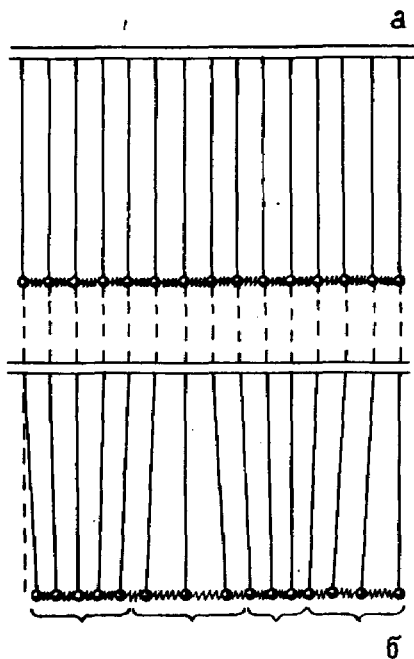
ўнга ағдарилиб, кейин қўйиб юборилса, у ҳолда тебраниш биринчи маятникдан қолганларига узатилади. Бу ҳолда тебранишларнинг тарқалиши тўлқин характерга эга бўлади, лекин тебранаётган маятник фазода зичлашиш ва сийракланиши ҳосил қилади (200- расм). Бу ҳолда маятникларнинг тебраниши ва тебранишларнинг тарқалиши бир тўғри чизик бўйлаб содир бўлади. Бундай тўлқинлар *бўйлама тўлқин* номини олди.

2. Механик тўлқинларга оид мисоллар. Бир-бирларига ўзаро боғланган шарчалардан иборат бўлган системада тебранишлар тарқалишининг механизми қараб чиқилган, бу тебранишларни исталган газ, суюқ ва қаттиқ муҳитда тарқатиш мумкин.

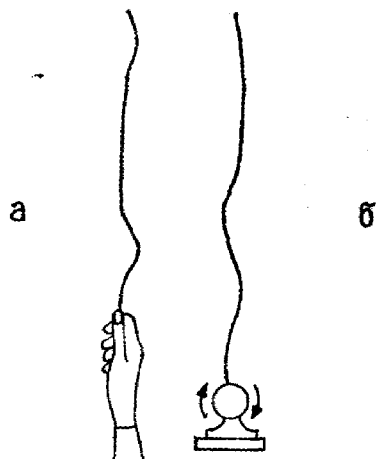
Мисол сифатида эластик тизимча бўйлаб тарқалаётган кўндаланг тўлқинлар билан танишамиз. Шипга эластик (резинали ёки пластмассали) тизимчанинг бир учини маҳкамлаймиз ва унинг бўш учини ушлаб кескин силтаймиз ва бир марта тебранишга мажбур қиламиз. Арқон бўйлаб яқка кўндаланг тўлқин югуради. Бундай тўлқинни *югурувчи тўлқин* деб аталади (201- расм).

Тизимчанинг бўш учини тебранаётган вибраторга боғлаймиз (201- б расм). У ҳолда ип бўйлаб тўлқинлар системаси югуради.

Узун шиша найнинг бир учига поршень жойлаштирамиз (202-расм). Агар поршеньни тебранишга мажбур қилсак, у ҳолда поршень яқинида ё катта босимли соҳа (ҳаво зарраларини қуюқлашиши), ё кичик босимли соҳа (сийраклашиши) ҳосил бўлади. Поршенга тегиб турган ҳаво зарралари ҳам тебрана бошлайди. Бу шунга олиб келадики, бирор вақт оралиғидан сўнг найдаги ҳавонинг барча зарралари тебранма ҳаракатга келади. Бу

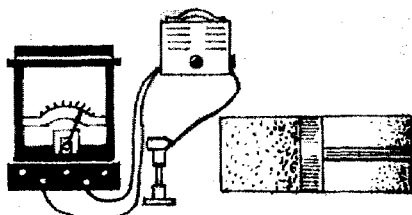


200- расм.



201- расм.

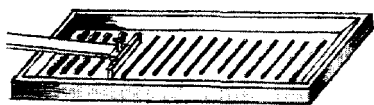
202- расм.



харакат найчанинг қарама-қарши томонига ўрнатилган микрофон орқали қабул қилинади ва тебранишлар гальванометр стрелкасининг тебраниши орқали қайд қилинади. Ҳавода 20 Гц дан 20000 Гц гача частотали бўйлама тўлқинларни биз товуш сифатида қабул қиламиз ва бу тўлқинлар товуш тўлқинлари деб аталади. 20 Гц дан паст частотали тўлқинлар *инфратовуш* тўлқинлар, 20000 Гц дан катта частотали тўлқинлар *ультратовуш* тўлқинлар деб аталади.

Бизга жуда яққол намоён бўладиган тўлқинлар сув сиртида ҳосил бўладиган тўлқинлардир. Шу сабабли тўлқинларнинг хоссаларини ўрганиш учун шаффоф тубли ва ён деворлари унча чуқур бўлмаган идиш — тўлқин ваннаси деб аталувчи идишдан фойдаланамиз (203- расм). Идишга юққа катлам ҳосил қиладиган қилиб сув қуйилади. Тўлқинлар ҳосил қилиш учун учи сув сиртига тегиб турган махсус вибратордан фойдаланилади. Вибратор тебрантирилганда суюқлик сирти бўйлаб тўлқин таркалади.

3. Тўлқин энергияси. Муҳитда тебранишларнинг тарқалиши тебранаётган бир заррачадан бошқасига энергия бериш туфайли содир бўлади. Масалан, унча катта бўлмаган кўлга тош ташланса, тош ўзининг бир қисм энергиясини сувга бериб, сув сиртида тўлқинларни ҳосил қилади. Бу тўлқинлар қирғоққа етиб бориб, тошдан олган энергиясини қирғоқдаги қамишларга беради



203- расм.



204- расм.

205- расм.



(204- расм). Рубоб торларининг тебраниш энергияси у ҳосил қилган товуш тўлқинларида тарқалади ва кулоқлар ёки микрофонлар орқали қабул қилинади.

Шундай қилиб, тўлқинлар бир муҳитнинг тебранаётган заррачалар энергиясини бошқа муҳитдаги заррачаларга узатади. Бирок бунда заррачаларнинг ўзлари мувозанат вазияти атрофида тебранади, лекин тўлқинлар билан биргаликда ҳаракатланмайди. Тўлқинлар элитадиган энергия тебранаётган заррачалар кинетик энергияси билан муҳитнинг эластик деформациясининг потенциал энергиялари йиғиндисига тенг.

Тўлқинлар ўзлари билан олиб кетаётган энергия тўлқинлар билан бирга ўша йўналишда тарқалади.

4. Тўлқин узунлиги. Тўлқин узунлиги деб, тебранишнинг бир давр ичида тарқалиш масофасига айтилади (205- расм). Тўлқин узунлигини грек ҳарфи λ (ламбда) орқали белгилаб, қуйидагини ёзиш мумкин:

$$\lambda = vT \quad \text{ёки} \quad \lambda = \frac{v}{\nu}$$

?

1. Қандай ҳаракатга тўлқин ҳаракат дейилади?
2. Механик тўлқинларга мисоллар келтиринг.
3. Қандай тўлқинлар кўндаланг тўлқинлар дейилади? Кўндаланг тўлқинларга мисоллар келтиринг.
4. Ҳавода товуш тезлиги 334 м/с бўлса, товуш тўлқинларининг минимал ва максимал узунлигини топинг.

63- §. ТОВУШ ТЎЛҚИНЛАРИ

1. Товуш тўлқинлари. Товуш сезгиларининг пайдо бўлишига сабаб, эшитиш органларига қандайдир жисм (товуш манбаи) нинг механик тебранишлари таъсирида ҳавода (ёки бошқа эластик муҳитда) тарқалувчи бўйлама тўлқинларнинг таъсири ҳисобланади. Эластик муҳитнинг мавжудлиги товуш тўлқинларининг юзага

келиши учун зарурий шартдир. Бунга ишонч ҳосил қилиш учун ҳаво насоси билан туташтирилган шиша қалпоқ ичига чўнтак радиоприёмнигини жойлаштирамиз (206- расм). Приёмник остига унинг тебранишлари демонстрацион столга узатилмаслиги учун зарур бўлган юмшоқ қистирма кўямиз.

Приёмникни улаб, биз етарлича қаттиқ товуш эшитамиз. Агар шиша қалпоқ остидан ҳаво сўриб олинса, у ҳолда товушнинг қаттиклиги аста-секин пасайиб бориб, ниҳоят товуш йўқолади. Шиша қалпоқ остига ҳаво юбориб, яна қаттиқ товуш эшитамиз.

Ҳавода товуш тўлкинларининг тезлиги 0°C температурада 334 м/с га тенг. Демак, ҳавода товуш тўлкинларининг узунлиги

$$\lambda_1 = \frac{334 \text{ м/с}}{20 \cdot 1/c} - 17 \text{ м} \text{ дан } \lambda_2 = \frac{334 \text{ м/с}}{20000 \cdot 1/c} \approx 0,017 \text{ м} \text{ гача бўлган}$$

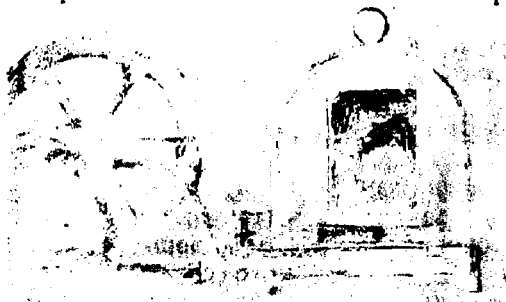
қийматларни қабул қилади.

Қатта узунликдаги бўйлама механик тўлкинлар инфратовуш тўлкинлар, кичик узунликдаги тўлкинларни эса ультратовуш тўлкинлар дейилади.

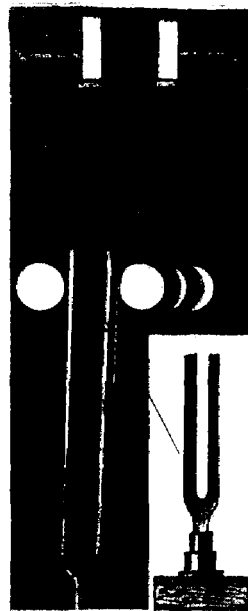
Товуш тўлкинларини ўрганиш тебранаётган жисмнинг шаклига жуда боғлиқ. Масалан, камертон товуш тўлкинларини жуда ёмон тарқатади. Бунга сабаб шуки, камертон шохчалари тебранганда доимо қарама-қарши томонга ҳаракатланади ва камертон шохчалари юзага келтирган тўлкинлар ўзаро бир-бирларини сўндиради. Камертоннинг тебранишини резонанс ҳодисасидан фойдаланиб янада кучайтириш мумкин. Бунинг учун камертон махсус яшикка маҳкамланади (207- расм). Ҳаво устунини яшик ичида камертон шохчаларининг тебранишлари билан резонансга келади. Бу эса тўлкинларнинг тез тарқалишига олиб келади.

Бунга ўхшаш ҳодиса торли мусика асбобларида ҳам содир бўлади. Асбоб торининг ўзи тебранишларининг жуда кичик қисм энергиясини товуш тўлкинлари кўринишида тарқатади. Рубоб, ғижжақ дутор ва бошқа торли асбобларнинг қаттиқ товуш тарқатиши шунинг учун содир

206- расм.



207- расм.



бўладики, торлар ўзларининг тебраниш энергияларини асбоб корпусига ва унинг ичида қамалган ҳавога беради ҳамда мажбурий тебранишлар ҳосил қилади. Бунда корпус ва унинг ичидаги ҳаво резонансга келади ва торга қараганда анча қаттиқ товуш чиқаради.

2. Товуш тўлқинларини қабул қилиш. Товуш тўлқинларининг табиий қабул қилувчиси қулоқдир. Қулоқ жуда сезгир орган ҳисобланади. Қулоқнинг сезгирлиги шундаки, биз товушни товуш тўлқинларининг босими 10^6 Па га тенг бўлгандан бошлаб қабул қиламиз. Қулоқнинг сезгирлиги турли частоталардаги товуш тебранишларига нисбатан турличадир. Паст частотали соҳада қулоқнинг сезгирлиги кескин пасайиб кетади. Шундай қилиб, 100 Гц частотали товушга сезгирлик 1000 Гц частотали товушга қараганда тахминан 1000 марта кичик. Юқори частотали товушга қулоқнинг сезгирлиги ёшга боғлиқ ҳолда ўзгаради: биз ёшлигимизда юқори частотали товушларни қарияларга нисбатан яхши эшитамиз. Жуда катта сезгирликка эга бўлган бизнинг қулоғимиз юқори босим остида ҳосил бўлган товуш тебранишларига бемалол бардош беради.

Бизнинг эшитиш органимиз юқори ажрата олиш хусусиятига эга. Гаплашиб ўтирган кўпчилик орасида секин сўзланаётган таниш одам овозини ажрата олиш қобилиятига эгамиз. Катта симфоник оркестрнинг дирижёри ҳар бир мусиқа асбобининг овозини эштади.

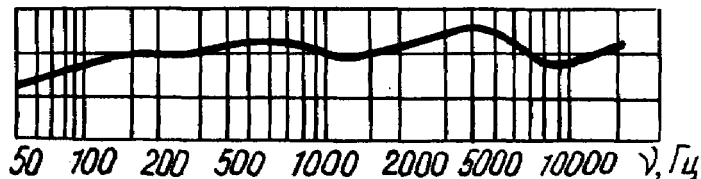
Товуш тўлқинларини қабул қилувчи техник қурилмалардан бири микрофондир. Микрофон товуш тебранишларини электр тебранишларга айлантиради. Микрофонлар қулоқ сингари маълум сезгирликка эга.

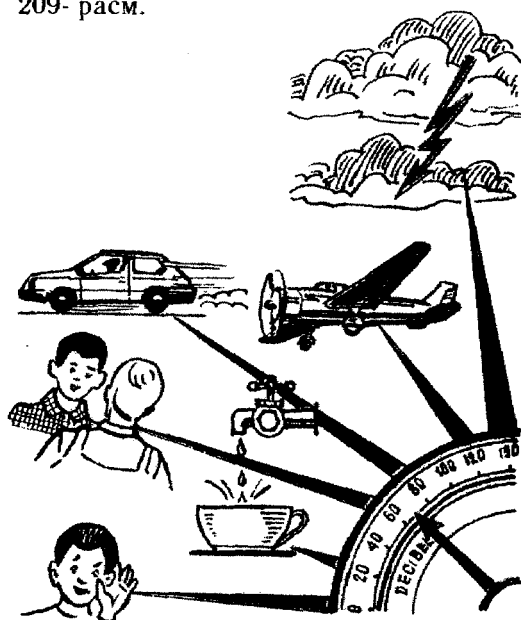
Микрофоннинг сезгирлиги частотага боғлиқ. Бу боғлиқликнинг график тасвирланиши микрофоннинг характеристикаси деб аталади. У 208- расмда тасвирланган.

3. Товуш характеристикаси. Инсоннинг товушларни қабул қилиши субъективдир. Масалан, айнан бир хил товушни иккита одам турлича қабул қилиши мумкин: биттасига товуш нормал бўлиб туюлади, бошқасига эса — жуда баланд бўлиб туюлади. Шунинг учун қуйида санаб ўтилган товуш характеристикаси *субъектив* деб аталади. Товушнинг субъектив характеристикаси унинг *қаттиқлиги* деб аталади. Товушнинг қаттиқлиги нафақат товуш тўлқинларига боғлиқ, қулоқнинг сезгирлигига ҳам боғлиқдир.

Товушнинг қаттиқлик бирлиги физик Генрих Б е л шарафига

208- расм.





бел (Б) деб аталади. Бироқ амалда улушли бирлиги — децибел (дБ) дан фойдаланилади.

Қулоқларимиз қабул қиладиган товуш тўлқинларининг бутун диапозони 0 дан 130 дБ гача мос келади. 209-расмда турли хил манбалар — энг каттик (момақалдирак) овозидан шивирлаб гаплашишгача товушлар каттиклигининг диаграммаси келтирилган.

Узоқдаги каттик товушлар бизнинг организмимиз учун зарарсиз деб бўлмайди. Шунинг учун соғликни сақлаш ташкилотларининг тек-

ширишлари асосида мумкин бўлган шовқин нормалари ўрнатилади. Шу нормаларга биноан шовқинларнинг каттиклик даражаси 30—40 дБ дан ошмаслиги керак, бу тинч, секин суҳбатдаги каттиклик даражасига мос келади.

Бу нормаларга риоя қилиш ҳамма учун мажбурийдир.

Албатта, шовқинга мослашиш мумкин, поездлар ғилдиракларининг тақиллашини сезмасликка ўрганиш, юк ташийдиган машиналарнинг гувиллаши, магнитофоннинг каттик товушини сезмасликка ўрганиш мумкин. Бироқ гап шундаки, шовқин оқибатлари организмда аста-секин йиғилади. Каттик товушларнинг узоқ муддат организмга таъсири «шовқин касали» деб аталувчи касалликни пайдо қилади, бунинг белгилари: юкори артериал қон босими, асабларнинг таранглашуви, ёмон эшитиш, тез толиқиш, уйқусизлик ва шу кабилар бўлиши мумкин.

Товушнинг иккинчи субъектив характеристикаси — тембр ҳисобланади. Товушнинг бу хоссаси бизга турли хил асбоблардан тарқалаётган бир хил баландлик ва каттикликдаги товушларни фарқлашга имкон беради. Товуш тембри — бу унинг манбасига хос бўлган товушнинг оҳангидир.

Товушнинг учинчи субъектив характеристикаси унинг баландлиги ҳисобланади. Товушнинг баландлиги унинг частотасига боғлиқ: товуш частотаси қанча катта бўлса, товуш шунча юкори бўлади. Ва аксинча, частота қанча паст бўлса, товуш шунча паст бўлади.

?

1. Товушнинг қандай характеристикаларини биласиз?
2. Товуш қаттиклиги товуш тўлқинларининг амплитудасига қандай боғланган?
3. Товушнинг қандай қабул қилувчиларини биласиз?
4. 206- расмдаги эгри чизик нимадан далолат беради?

64- §. ТЎЛҚИНЛАРНИНГ ҚАЙТИШИ. АКС-САДО

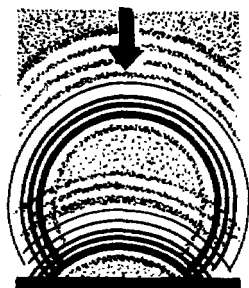
1. Тўлқинларнинг қайтиши. Барча тўлқинлар тўсиққа бориб урилганда ундан қайтади. Бунга тўлқинли ваннадаги сув сиртида ҳосил бўлган тўлқинларнинг қайтиши яққол мисол бўлиши мумкин.

Сув сиртига томизғичдан сув томизамиз. Томчи тушган жойдан доиравий тўлқин тарқалади. Тўлқин тўсиққа етиб бориб қайтади ва қарама-қарши йўналишда ҳаракатланади (210- расм).

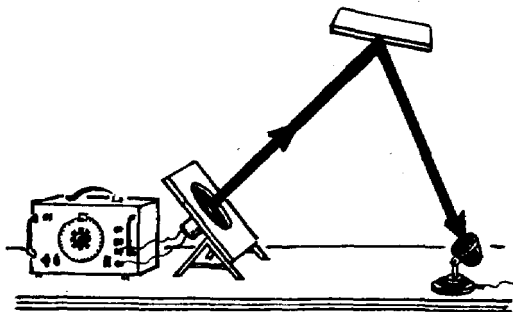
Товуш тўлқинлари ҳам тўсиқдан қайтади. Товуш тўлқинларининг қайтишини 211- расмда тасвирланган қурилма ёрдамида кузатиш мумкин. Товуш частотали ток генераторига уланган громкоговоритель тарқатаётган 5—10 см узунликдаги (3 дан 6 кГц частотагача) товуш тўлқинларини микрофон қабул қилмайди, чунки унинг ёнидан ўтади ва гальванометр кучайтиргичига уланган стрелка нолда туради. Товуш тўлқинлари йўлига товуш қайтарувчи тўсиқ (масалан, фанер) қўйиб, гальванометр стрелкасининг оғанлигини кўриш мумкин. Бу экрандан қайтган товуш тўлқинларини микрофон сезишини билдиради.

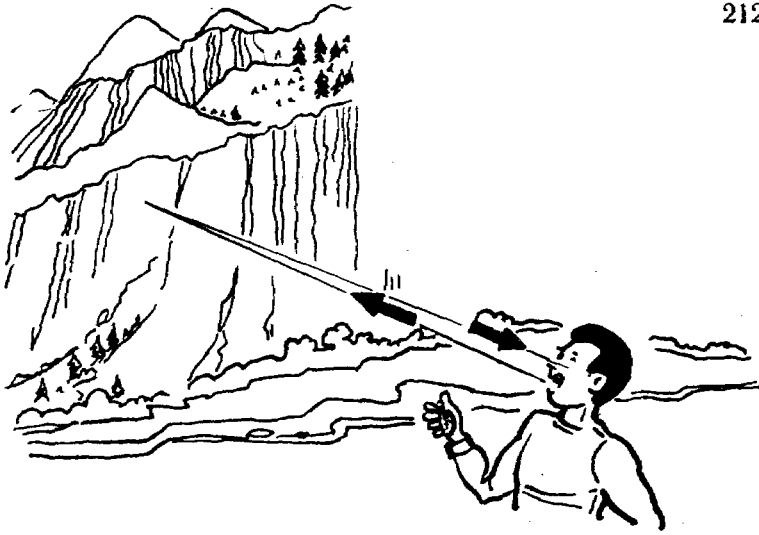
2. Акс-садо. Биз товуш тўлқинларининг қайтиши билан баъзан кундалик ҳаётимизда ҳам дуч келамиз. Бизга маълум бўлган акс садо ҳам товушнинг тўсиқдан қайтиши натижасидир. Товуш тўлқинларининг тоғдан, ўрмондан ва ҳатто ҳаводан қайтишини таъкидлаб ўтиш жуда қизиқдир (212- расм). Бундай акс садо катта диаметрили узун трубага қичкирганда ҳам кузатилади. Сиз трубанинг бошқа учига тегиб турган ҳаводан қайтган товушни эшитасиз.

210- расм.



211- расм.





ХИ БОБНИНГ АСОСИИ МАЗМУНИ

1. Жисмлар газларда ва суюкликларда механик тебранганда бўйлама тўлқинлар ҳосил бўлади. Ҳавода бўйлама тўлқинлар 0,017 дан 17 м гача интервалда ётади, у товуш сезгисини ҳосил қилади ва товуш тўлқинлари деб аталади. Узунлиги $3,4 \cdot 10^{-6}$ м дан 0,017 м гача бўлган тўлқинлар ультратовуш тўлқинлар, 17 м дан катта бўлган тўлқинлар инфратовуш тўлқинлар деб аталади.
2. Товуш, ультратовуш ва инфратовуш тўлқинлари икки муҳит чегарасидан қайтади.
3. Товушни тавсифлаш учун каттиқлик, баландлик ва товуш тембри каби субъектив характеристикалардан фойдаланилади.
4. Жуда каттик товушлар соғлиққа катта зарар келтиришини ёдда сақлаш керак.

ТАБИАТНИ БИЛИШДА ВА ТЕХНИКАНИНГ РИВОЖЛАНИШИДА МЕХАНИКАНИНГ РОЛИ

Шундай қилиб, сиз мунтазам физика курсини ўрганишда биринчи энг оғир қадамни кўйдингиз. Ҳозирча озгинагина ўтилган бўлса ҳам тўхташ ва ўрганилганларни яна бир марта эслаб кўриш керак.

1. Механика физиканиннг бўлиמידир

Инсон ҳар доим уни ўраб олган олам билан мураккаб ўзаро таъсирда бўлади. Бу ўзаро таъсирнинг намоён бўлиши оламни ўрганиш ҳисобланади.

Атрофдаги табиат бир катор фанларда ўрганилади, унинг умумий номи табиатшунослиқдир. Бу фанлар орасида физика муҳим ўринни эгаллайди. Ўз навбатида, физикада механика муҳим ўринни эгаллайди. Механиканинг бундай ўрин тутишига асосий сабаблар қуйидагилар: биринчидан, инсон ўзини ўраб турган оламни билишнинг дастлабки босқичларида механик ҳодисаларни ўрганиш муҳим ўрин эгаллайди. Механикани билишга эҳтиёж уй-жойларни қуриш, меҳнат қуролларини тайёрлаш ва бошқаларда сезилади. Шунинг учун бошланғич даврда механика физиканинг асосий мазмунини ташкил қилади.

Иккинчидан, физиканинг барча кейинги бўлимлари механика базасида юзага келади, бу бўлимларда механикада ишлаб чиқилган метод ва тушунчалардан фойдаланилади. Ҳозирги замон физикасининг барча иншоотларининг асосий пойдевори механика эканлигини тасдиқлаш мумкин.

2. Механика методлари. Физик ҳодисаларни ўрганиш кузатишдан, яъни ҳодисаларни табиий шароитда ўрганишдан бошланади. Фараз қилайлик, бизга жисмларни эркин тушиш қонуни номаълум бўлсин. Агар биз уларни текширсак, у ҳолда аввало жисмларнинг эркин тушиш тезлишини кузатишдан бошлаш керак. Бироқ у ёки бу ҳодисани кузатишнинг ўзи у ҳақда илмий билимлар бера олмайди. Эҳтимол, Галилей замонида яшаб ўтган миллионлаб одамлар жисмларнинг эркин тушишини кузатганлар, лекин уларнинг ҳар қайсиси бу ҳодисани ўрганмаган. Бу тасодифий ва чала кузатишларни тартибга солиб, Галилей: Ер барча жисмларга бир хил тезланиш беради, деган фаразини (гипотезани) илгари сурди. У ўз фаразини илгари суриш билан бирга унинг маъносини тушунтириб, текшириш йўллариини белгилаб берди.

Бинобарин, физик ҳодисаларни ўрганишнинг иккинчи босқичи — уни микдорий таҳлил қилишдир. Бу таҳлил жараёнида ҳодисанинг мазмуни ҳақидаги фараз келтирилади ва бу фаразни тажрибада текшириш режаси белгиланади.

Физик тажриба — ҳодисани текширишнинг кейинги босқичидир. Физик тажриба, текшириш усули сифатида кузатиш билан боғлиқ бўлса-да, лекин тажриба кузатишдан катта фарқ қилади. Кузатиш ҳодисани фақат сиртдан баҳолайди. (Масалан, Галилейга ҳамма одамлар энгил жисмлар оғир жисмларга қараганда секинроқ тушишини кузатганлар. Лекин улардан ҳеч ким нима учун айнан шундай бўлишини аниқламаган.) Тажриба жараёнида ҳодисани тақорлашгина эмас, балки у билан бирга юзага келадиган шароитларга ва шу шароитларини характерловчи параметрларга боғлиқлиги текширилади, зарур бўлган ўлчашлар бажарилади.

Шундай қилиб, тажриба ўтказиш вақтида ҳодисанинг боришига унинг моҳиятини тушуниб етиш мақсадида бевосита фаол таъсир ўтказилади. Тажриба қўйилганда, одатда, ҳодиса аниқ ва равшан намоён бўладиган шароит яратилади. Хусусан, Галилей

жисмларнинг эркин тушиши билан тажриба ўтказаетиб, тушувчи жисмлар сифатида бир хил ўлчамдаги шарчаларни танлаган.

Тажриба жараёнида фан учун янги далилларга эришилади, лекин улар ҳали ҳақиқатни маълум аниқликда акс эттирмайди. Ходисанинг чуқур мазмунини очиш учун тажрибада олинган далилларни яна назарий томондан фахмлаб олиш керак. Бунда зарур бўлган математик ва билиш аппарати шаклланади. Бу ходисани ўрганишнинг энг қийин босқичидир, бу босқичсиз аниқ билим олиш ва физик назарияни ифодалаш мумкин эмас. Немис физиги Макс Борн бундай ёзган эди: «физика фани олдида муҳим муаммо турибди: барча асбоблар билан қуролланган ҳолда бизнинг сезги органларимиз ёрдамида кузатилаётган реал ходисаларни аниқ ўлчаш мумкин бўлган ва микдорий қонунларни ифодалаш учун фойдали бўлган оддий тушунчаларга қандай келтириш мумкин». Қизиғи шундаки, ҳаракат тезлиги тушунчаси Аристотелга ҳам маълум эди, «тезланиш» атамасини эса биринчи бўлиб, 1841 йилда Понселе киритган эди.

Физик ходисаларни ўрганишнинг бу босқичида физиклар математикадан фойдаланиб ва янги катталиқ математик операциялар ёрдамида олдин ўрганилган катталиқлар орқали ифодаланади. Шулар билан катталиқни ўлчаш учун зарур шароит яратилади.

Тажриба натижаларини назарий таҳлил қилиш тадқиқотчига экспериментал қонунларни ўрнатишга ва бу қонунларни яратилган физик назарияга киритишга имкон беради.

Ўрганилган ходисаларни тушунтирувчи физик назария қуйидагилардан иборат: 1) экспериментал далиллар, назария буларни тушунтиради ва пировардида унинг базаси бўлиб хизмат қилади; 2) математик аппарат, математик тилда назариянинг асосий қонунлари ифодаланади; 3) ҳосил қилинган формулаларнинг физик маъносини очиб берувчи (тушунтирувчи) аппарат.

Юқорида айтилганлардан кўриниб турибдики, физиклар илмий текшириш жараёнида икки асосий усулдан: назария ва тажриба усуллардан фойдаланадилар, бу икки усул ўзаро узвий боғланган. Назария ва тажриба бирлигини қотиб қолган шаклда қабул қилиш мумкин эмас. Текширишнинг алоҳида босқичларида тажриба назарияни илгарилаб ўтиши, бошқа босқичларда аксинча, тажрибани назария илгарилаб ўтиши яна вақтинча параллел ривожланиш бўлиши мумкин. Назария ва тажрибанинг бирлиги (ягоналиги) шундан иборатки, улар ўзаро узвий боғланган ва бир-бирини тўлдирувчи атроф-оламни ўрганишнинг икки усулидан иборат.

Шуни назарда тутиш керакки, қайси усул билан билим олган бўлмайлик, бу билим ягонадир. Фан учун, инсоният учун бу илмий далилларни билиш ва уни тушунтирувчи назария тенг қийматлардир.

3. Механика ва техника. Физика фан сифатида ижтимоий ишлаб чиқариш талаблари натижасида юзага келди. Бунда

тегишли талаблар пайдо бўлиши билан бирин-кетин ижтимоий ишлаб чиқариш тармоқлари юзага кела бошлади.

Инсон ижтимоий тараққиётнинг дастлабки босқичларида асосан чорвачилик ва деҳқончилик билан шуғулланган, шу сабабли чорвачилик ва деҳқончилик билан шуғулланувчи халқларда фасл алмашиши қонуниятларини билишга зарурат илгарирок пайдо бўлди. Бу эса физиканинг астрономия деб аталган қисмининг ажралиб чиқишига олиб келди. Бироқ астрономия фақат математика ёрдамида ривожланиши мумкин. Бундан математикани билишга талаб ошди ва натижада математика пайдо бўлди. Шундай қилиб, механиканинг пайдо бўлиши ҳам, унинг ривожланиши ҳам ишлаб чиқаришга бўлган эҳтиёжлар натижасида юзага келган. Механика пайдо бўлганидан бошлаб техник муаммоларни ечиш билан боғланган.

Механика бугунги кунда — космонавтика, авиация, сув усти ва сув ости транспорти, машинасозлик, қурилиш, мудофаа ва медицина техникасининг илмий асосидир («сунъий юрак», «сунъий буйрак», «юракнинг сунъий клапанлари» ва ҳоказоларни эслаш мумкин). Ҳозирги кунда ҳеч бир ишлаб чиқариш корхонаси йўқки, унинг учун механика билимлари керак бўлмасин.

4. Механика ва табиатни билиш

Табиатнинг ҳеч бир ҳодисасини унинг механик томонларини билмай туриб, ҳар томонлама билиш мумкин эмас. Бунинг ажабланарли жойи йўқ: бизни ўраб олган дунёда кўп ҳодисалар механик ҳаракат билан боғланган. Қуёш, ер ва бошқа сайёраларнинг ҳаракати, сув ва ҳаво ҳаракати, жисмларнинг тушиши, одамлар, ҳайвонлар, балиқлар, қушлар ва ҳашаротлар кўчиши, ҳайвонлар танасида қон ва лимфалар ҳаракати, ўсимликларда туз эритмалари ҳаракати, одам ва ҳайвонларнинг юрак, ўпка ва бошқа органларининг фаолияти, ҳужайраларнинг бўлиниши — буларнинг ҳаммасини механика билимларисиз тушунтириб бўлмайди. Механика табиатни билишнинг асоси эканини таъкидлаб ўтиш мумкин.

5. Классик механиканинг қўлланилиши соҳаси

Бу дарсликдан фойдаланиб ўрганилган механика Ньютон механикаси деб аталади. Механиканинг асосий қонун (принцип)лари Ньютон томонидан унинг 1687 йилда чоп этилган «Натурал фалсафанинг математик асослари» номли китобида (ўша вақтда физикани шундай аташган) ифодаланган эди. Ньютон, ўзигача механика соҳасида эриштирилган ҳамма ютуқларни умумлаштириб, механика фанининг мустақкам биносини қурди. Шу нарсани яна бир марта таъкидлаб ўтиш ўринлики, механика қонун (принцип)ларини на мантиқан, на экспериментал келтириб чиқариш мумкин эмас. Бу қонунларнинг ўринлилиги инсоният эгаллаган тажриба далиллари системаси орқали катта аниқлик билан тасдиқланади. Ньютон механикаси, кўпинча, классик механика деб аталади; «классик» сўзи унинг асослари ва бунёдкорга ҳурмат юзасидан қўшилган.

Классик механика қонунлари кундалик ҳаётимизда бизни ўраб

турган, яъни жуда катта сондаги молекулалар ва атомлардан ташкил топган жисмлар учун аниқланган эди. Қуйидаги савол туғилади: классик механика қонунилари микродунё зарралари ҳаракатига — атомлар, молекулалар, элементар зарралар ҳаракатига қўлланиладими? Ҳозирги вақтда классик механика қонунилари фақат чекли микроолам зарралари ҳаракати учунгина қўлланилиши ишончли аниқланган.

Ньютоннинг механика қонунилари жисм, Ер ва Қоинот шароитларида ҳаракатлана оладиган нисбатан унча катта бўлмаган тезликлар учун аниқланган эди. Бу тезликлар ёруғлик тезликларидан анча кичик. Бироқ бу қонулар тезликлари ёруғлик тезликларига яқин тезликлардаги ҳаракатлар оламида ўринлими? Ҳисоблашлар кўрсатадики, жисмларнинг секундига бир неча юз километргача тезликларда ҳаракати классик механика қонунилари орқали анча аниқ тавсифланар экан. Шунинг учун, масалан, космик кемаларнинг учирлиши билан боғлиқ бўлган ҳамма ҳисоблашлар классик механика қонунилари бўйича амалга оширилади.

Шундай қилиб, классик механика ёруғлик тезликларидан кичик тезликлар билан ҳаракатланувчи микроскопик жисмлар ҳаракатини тўғри тавсифлайди. Альберт Эйнштейн Ньютоннинг классик механика қонуниларини қуйидаги тарзда баҳолади: «Ҳеч ким Ньютоннинг буюк кашфиётини нисбийлик назарияси ёки қандайдир бошқа назария йўқ қилиб юборади деб ўйламасин. Ньютоннинг аниқ ва равшан ғоялари доимо бизнинг замонавий физик тасаввурларимиз таянган абадий замин бўлиб қолади.

Олимнинг шу сўзлари билан классик механика асослари баён қилинган курсимизни тугаллаймиз.

МЕХАНИКАНИНГ РИВОЖЛАНИШИГА ХИССА ҚУШГАН ОЛИМЛАР ҲАҚИДА ҚИСКАЧА МАЪЛУМОТ

Аристотель (э. а. 384—322-йй).

Юнонистон мутафаккири. Унинг асарлари барча замонавий билимлар соҳалари (фалсафа, биология, логика, сиёсат, ўқитиш, табиатшунослик)ни ўз ичига олади. Аристотель таълимотиغا кўра, Коинотни ташкил қилган тўртта табиий ҳодиса (Ер, сув, ҳаво, олов) ўзининг «табиий ўрнида» жойлашган. Оловдан ташқари ҳаммаси «огирлик»ка эга.

Аристотель Коинотнинг маркази — Ер деб ҳисоблади. Аристотель тасаввурларига кўра, Коинот ташқаридан осмон сфераси билан чегараланади. Коинот марказида турган Ер билан осмон сфераси орасида, Аристотель таълимотиغا кўра, барча сайёралар, Қуёш ва Ой сфераси туради. Аристотелнинг табиатшунослик соҳасидаги ишларида асосий ўринни ҳаракат тўғрисидаги таълимот эгаллайди. Аристотель ҳаракатни доимий деб ҳисоблади. У ҳаракатнинг барча турларини «табиий» ва «мажбурий» ҳаракатларга бўлди. «Табиий ҳаракат» (масалан, осмон жисмларининг ҳаракати, ҳавода «огир» жисмларнинг тушиши, оловнинг юқорига кўтарилиши) ташқи таъсирсиз, ўз-ўзидан содир бўлади. «Мажбурий» ҳаракатлар — ташқи кучлар таъсири остида содир бўлади. Аристотель ғоясига кўра куч — ҳаракат сабабчиси, уни узлуксиз қувватлаб турувчи сабабдир. Куч таъсири тўхташи биланок «мажбурий» ҳаракат тўхтади. Аристотель, инерция бўйича ҳаракатни жисмга куч таъсир этганда жисм ҳам, уни ўраб турган ҳаво ҳам ҳаракатга келади ва ҳаво жисмни куч таъсири тўхтагандан кейин ҳам бирор вақт итаради деб тушунтиради.

Аристотель унинг замонасида маълум бўлган физик ҳодисаларни мунтазамлаштириш ва фалсафий нуқтаи назардан тушунтиришга ҳаракат қилди. Масалан, Аристотель жисмларнинг тушиши ва кўтарилишини мана бундай тушунтирди: «Мен қандайдир ҳар доим юқорига интилувчи нарсани енгил жисм деб, ҳар доим паства интилувчи нарсани эса огир жисм деб атайман»,— сўнгра: «Олтин ёки кўргошин бўлагининг ёки огирлиги бўлган бошқа исталган жисмнинг огирлиги қанча катта бўлса, унинг тушиш тезлиги шунча катта бўлади».

**Николай Коперник
(1473—1543)**

Оламнинг гелиоцентрик системасини яратган поляк олими. Коперник кўп асрлар давомида қабул қилинган Ернинг кўзғалмаслиги ва Коинот марказида туриши ҳақидаги таълимотдан воз кечиб, табиатшуносликда бурилиш ясади.

Коперник системаси соф кинематик системадир. Унинг асосий мақсади осмон жисмларининг ҳаракатини тушунтиришдан иборат эди. Механик ҳаракатнинг нисбийлиги ҳақидаги ғоя Коперник замонагача маълум бўлган бўлса ҳам, Коперник ундан осмон жисмларининг ҳаракатини Ердаги кузатувчилар томонидан олинган кузатиш натижалари асосида тушунтиришда фойдаланди. Коперник осмон жисмларининг суткалик кўринма ҳаракати Ернинг ўз ўқи атрофида айланиши натижасидир деб тушунтирди.

Коперник гелиоцентрик система устида 30 йилдан ортиқроқ ишлади. У «осмон сфераларининг ҳаракати ҳақида» номли ишида гелиоцентрик системани тавсифлаб берди. Бу иш Коперник ҳалок бўлган йили чоп этилган эди. 1616 йилда китоб католиклар черкови томонидан таъқиқлаб қўйилди. Бироқ унинг ғояси сақланди ва табиатшуносликни ривожлантириш учун туртки бўлди.

Галилео Галилей (1564—1642)

Илмий табиатшуносликнинг асосчиларидан бири, италян олими. Унинг ишларида кўп диққатни механикага қаратилган. Галилей биринчилардан бўлиб, Аристотелнинг механик ҳаракатлар тўғрисидаги таълимотини танқидий таҳлил қилиб чиқишга уриниб кўрди. Галилей фалсафий мулоҳазаларни экспериментал текширишлари билан боғлади. Галилей ўзининг «Фаннинг янги икки тармоғига доир суҳбатлар ва математик исботлар» номли ишида бундай ёзади: «Биз предмет ҳақида жуда янги бўлган фанни жуда эскиси билан яратмоқдамиз. Табиатда ҳаракатдан бошқа ҳеч қандай қадимги нарсаси йўқ ва файласуфлар улар ҳақида кўп нарсаларни ёзиб қолдирганлар. Мен шу вақтгача сезилмаган ёки исботланмаган ҳаракатга хос хоссаларни етарлича ёритаман». Галилей бу ишда текис ва тезланувчан ҳаракатни, шунингдек отилган жисмлар ҳаракатини қараб чиқди. Галилей, Аристотелнинг текис ҳаракат ўзгармас куч таъсири остида содир бўлади, деган нуқтаи назарини рад этиб, агар ишқаланиш кучи бўлмаса, жисм инерцияси бўйича тўғри қизиқли текис ҳаракат қилишда давом этишини исбот қилди. У биринчи бўлиб, механиканинг биринчи қонуни — инерция қонунини таърифлаб берди. Галилей яна Аристотелнинг оғир жисм енгил жисмга қараганда тезроқ тушади, деган даъвосини рад қилди ва бу ерда оғирликда ҳеч қандай гап йўқ, ҳамма гап ҳавонинг қаршилигида эканини кўрсатди. Нихоят, Галилей жисмнинг бир хил вақт оралиқларида текис тезланувчан ҳаракатда босиб ўтган масофалари нисбати тоқ сонлар нисбати каби эканлигини экспериментал равишда исботлади.

Галилейнинг асосий илмий хизматларидан бири шундан иборатки, у биринчи бўлиб ўз тадқиқотларида ҳаракатга экспериментал усулни қўллади ва уни мантиқ ҳамда математика билан боғлади.

Исаак Ньютон (1643—1727)

Классик физика асосчиларидан бири, инглиз олими. Унинг илмий ишлари механика, оптика, астрономия ва математикага бағишланган.

Ньютон ўзидан илгариги олимларнинг тадқиқот натижаларини танқидий таҳлил қилиб ва умумлаштириб, 1687 йилда чоп этилган машхур «Натурал фалсафанинг математик асослари» номли илмий иш яратди. Бу иш асосий тушунча (масса, куч, ҳаракат миқдори, тезланиш), механиканинг учта қонунини, бутун олам тортишиш қонунини ўз ичига олади.

Бутун олам тортишиш қонунининг кашф этилиши жуда муҳим воқеа бўлди. Бу қонуннинг кашф этилиши Коперник назариясининг охирига тасдиғи бўлди. Ньютон бутун олам тортишиш қонунига таянган ҳолда Ер шаклининг назариясини ривожлантирди (у кутбларда қисилган бўлиши кераклигини кўрсатди), сув кўтарилиши ва тушиши назариясини яратди. Ернинг сунъий йўлдошларини яратиш муаммосини қараб чиқди.

«Натурал фалсафанинг математик асослари» номли асарнинг яратилиши бутун классик физиканинг яратилиши бўлди, унинг чегараланганлиги ХХ асрда А. Эйнштейн кашф этган нисбийлик назарияси билангина исботланди. Ньютон назарияси ёруғлик тезлигидан жуда кичик бўлган макроскопик жисмларнинг ҳаракатлари учун ўринли эканлиги кўрсатилган эди.

Ньютоннинг машхурлигини тасаввур қилиш учун космик кемаларнинг траекторияларини ҳисоблаш унинг қонунлари бўйича олиб борилишини гапириб ўтиш етарлидир.

Даниил Бернулли (1700—1782)

Машхур бўлган кўп сонли Бернулликлар оиласи вакилларида бири бўлган физик ва математик. Икки аср (1687 йилдан) давомида Базель университети (дорилфунун)нинг математика кафедрасини шу оила аъзолари бошқардилар. 100 йил мобайнида бу оиланинг икки вакили Париж Қироллик Фанлар Академиясининг аъзоси бўлган. Бу оиланинг тўрт вакили Петербург Фанлар Академиясининг фахрий аъзоси, уч вакили эса ҳақиқий аъзоси бўлган.

Д. Бернулли 8 йил (1725 дан 1733 йилгача) Петербург Фанлар Академиясида ишлади. Базелга кетгандан сўнг Петербург Фанлар Академиясининг фахрий аъзоси бўлиб қолди. Унинг 1728 йилда бошлаб, 1738 йилда чоп эттирган механика соҳасидаги асосий иши — «Гидродинамика» эди. У бу ишда биринчи бўлиб иш тушунчасини киритди ва идеал суюқликларнинг стационар ҳаракати тенгламасини келтириб чиқарди, кейинчалик Бернулли тенгламаси деб атала бошланди. Бернулли бу ишда фойдали иш коэффиценти (уни ошқор кўринишда аниқламасдан) тушунчасидан фойдаланди.

Николай Егорович Жуковский
(1847—1921)

Назарий ва экспериментал гидродинамиканинг асосий яратувчиларидан бири бўлган рус олими Жуковский 1902 йилда Москва дорилфунунида дунёда биринчилардан бўлиб аэродинамик труба-ни курди ва бу труба ёрдамида аэродинамика бўйича фундаментал экспериментал текширишлар ўтказди. Турли шаклдаги жисмларнинг ҳавода ҳаракатланганда таъсир қилувчи кўтариш кучи ва қаршилик кучини аниқловчи омилларни ўрганди.

Н. Е. Жуковскийнинг «Бирлашган уюмлар ҳақида» номли назарий иши (1907 й) илмий натижалари бўйича ҳам, қўлланилган усулининг ажойиблиги билан ҳам классик бўлиб ҳисобланди ва ҳозирги кунда ҳам қанотнинг кўтариш кучини ва винтнинг тортишиш кучини ҳисоблаш учун асос бўлди (Жуковский формуласи).

Аэрогидродинамик ҳодисалар жуда мураккаб ҳодисалардир ва уни математик тавсифлаш жуда қийин. Аэродинамик ҳодисани текшириш учун турли хил олимлар томонидан тузилган тенглама ечимга эга эмас. Бу масалада Жуковский нозик ва мураккаб ҳодисаларни бежирим моделлаш, натижада аналитик усуллар билан қатъий тадқиқот ўтказиш мумкин бўладиган муҳим илмий иктидорга эга экани билан ажралиб туради. Жуковский қуйидаги афористик фикрни илгари сурган эди: «Одамнинг қаноти йўқ, у қушдан 72 марта кучсиз...Бирок... у ўз мускуллариининг кучига таяниб эмас, балки ўз ақл-заковатига таяниб учади». Олимнинг илмий муваффақиятлари амалий авиацияда мужассамланди. Н. Е. Жуковский ҳаққоний равишда «рус авиациясининг отаси» деб аталди. Марказий аэрогидродинамика институти (МАГИ) ва ҳарбий-ҳаво инженерлар академияси унинг номи билан юритилади.

Константин Эдуардович Циолковский
(1857—1935)

К. Э. Циолковскийнинг илмий фаолияти космонавтиканинг илмий пойдевори асосий ғоялар яратилиш даврига тегишлидир.

«Ойда», «Ердан ташқарида» номли илмий-фантастик повестлар К. Э. Циолковскийнинг қаламига мансубдир. Бу асарларда у космонавтикага тааллуқли асосий ғояларини зўр иштиёқ билан ташвиқот қилади. Циолковскийнинг космонавтика назариясига қўшган машҳур ҳиссаси унинг ўзгарувчан массали жисмларнинг учиш механикасини ишлаб чиқиши бўлди. Ҳозирги кунда Циолковский формуласи ракета-ларни учуришни ҳисоблашда асосий ҳисобланади.

Циолковский космик учишлар учун кислород-водородли ракета лойиҳасини таклиф қилди. Бу лойиҳада космик ракета-ларнинг асосий белгилари жуда аниқ қараб чиқилади. Бундай

ракеталар учун ёнилғи сифатида водороддан фойдаланиш ғоясига келганда, Циолковский ғояси бу соҳада илмий амалиётдан бир неча ўн йилга илғарилаб кетди.

Циолковский ўзининг авиация соҳасидаги ишини «Қанотлар ёрдамида учиш ҳақидаги масала»сини (1891) текширишдан бошлади. Бу ишда кам маблағ сарфлаб ўтказган тажрибалари катта илмий кизиқиш уйғотади. Турли мамлакатларнинг авиаторлари ўша вақтда кушларнинг учишига тақлид қилиш ва кўп миқдорда энергия исрофини талаб қилувчи ва зарур бўлган ишончлилиқни таъминлай олмайдиган орнитоптерлар — қанот қоқиб учадиган аппаратлар яратиш билан шуғулланмоқда эдилар. Циолковский авиация соҳасида ўзининг изланишларини кўзғалмас қанот ёрдамида учиш муаммосига қаратиб, бу хатодан ҳоли бўлди.

Авиация, айниқса космонавтика муаммоларига берилиб кетишига қарамай, Циолковский ҳаводан энгил аппаратлар инсонга фойдали хизматлар қилиши мумкинлигини очиқ-ойдин кўрди. Ҳажмини ўзгартирувчи металл қоқиқли дирижабль лойиҳасини таклиф этиб, бу соҳада ҳам Циолковский ўз сўзини айтди.

Циолковский ўз Ватанига ва ўз халқига чексиз содиқ олимдир, у илмий ишларини ўз халқига васият қилди.

Инсониятнинг келажак тақдирига зийраклик билан қараб, Циолковский қуйидагиларни башорат қилди:

«Инсоният Ерда абадий қолиб кетмайди, ёруғлик ва фазо кетидан қувиб, аввал чўчиб атмосфера чегарасидан чиқади, сўнгра эса Қуёш атрофидаги фазони забт этади».

Кинематика

1. Иккита автомобиль ўзаро перпендикуляр бўлган йўллар бўйлаб, шу йўлларнинг чорраҳаси томонга текис ҳаракатланмоқда. 40 км/соат тезлик билан ҳаракатланаётган автомобиль чорраҳадан 400 м масофада турибди. Чорраҳадан 700 м масофада турган иккинчи автомобиль чорраҳага биринчи автомобиль билан бир вақтда етиб келиши учун қандай тезлик билан ҳаракатланиши керак? (Жавоби: ≈ 19 м/с.)

2. Агар автомобилнинг тормоз беришидан олдинги тезлиги 36 км/соат, тормозланиш вақти 10 с бўлса, автомобиль бутунлай тўхтагунча қанча масофани босиб ўтади? (Жавоби: $s=50$ м.)

3. Автомобиль тормозланиб бутунлай тўхтагунча 100 м масофани босиб ўтди. Агар унинг бошланғич ҳаракат тезлиги 72 км/соат бўлса, у қандай тезланиш билан ҳаракатланади? (Жавоби: $a=2$ м/с².)

4. 72 км/соат тезлик билан ҳаракатланаётган автомобиль ҳайдовчиси светофорнинг қизил чироғини кўрди ва тормоз педалини босди. Агар 5 м/с² тезланиш билан ҳаракатланган бўлса, тўла тўхтагунча қанча масофани босиб ўтади? (Жавоби: $s=40$ м.)

5. Теплоход кўлда 36 км/соат ўзгармас тезлик билан тўғри чизиқли ҳаракатланади; параллел йўналишда сузаётган катер 90 км/соат тезликка эга. Катернинг теплоходга нисбатан тезлигини аниқланг. (Жавоби: $v=15$ км/с.)

6. Олдинги масалани катер теплоход йўналишига перпендикуляр ҳаракатланаётган ҳол учун ечинг (Жавоби: $v\approx 27$ м/с.)

7. Иккита жисм лабораторияга нисбатан 10 ва 15 м/с бошланғич тезликка эга бўлиб, бир вақтда бир-бирига қараб ҳаракатлана бошлади. Биринчи жисм 0,2 м/с² тезланиш билан текис тезланувчан ҳаракатланади, иккинчи жисм эса модули бўйича худди шундай тезланиш текис секинланувчан ҳаракатланади. Улар учрашган вақтдаги нисбий тезликни аниқланг. (Жавоби: $v=25$ м/с.)

8. Жисм радиуси 50 м бўлган айлана бўйлаб кўчади. Агар жисмнинг айланиш даври 10 с бўлса, у 5 минут ичида қандай йўлни босиб ўтади? Жисмнинг чизиқли тезлиги қандай? (Жавоби: $s=9420$ м; $v=31,4$ м/с.)

9. Самолёт «шўнғиш» дан чиқа туриб, пастки қисми радиуси 500 м бўлган айлана ёйи траекторияси бўйлаб ҳаракатланади. Агар унинг тезлиги 720 км/соат бўлса, самолётнинг траекториянинг энг қуйи нуктасидаги тезланишини аниқланг. (Жавоби: $a\approx 80$ м/с².)

Ҳаракат қонунлари

10. Қопток полга тушиб юқорига сакраб кетди. Нима учун бундай бўлганини тушунтириб беринг.

11. Нима учун слесарлик дастгохлари жуда оғир (массив) қилиб ясалишини тушунтиринг.

12. Агар массаси 50 кг бўлган жисм 2 м/с тезликка эга бўлган бўлса, унга 20 Н куч қанча вақт мобайнида таъсир қилган? (Жавоби: $t=5$ с.)

13. Иккита жисмга тенг кучлар таъсир қилади. Улардан биттаси 1 кг массасига эга ва 2 м/с² тезланиш билан ҳаракатланади. Иккинчи жисм 1 м/с² тезланиш билан ҳаракатланади. Унинг массаси қанча? (Жавоби: $m=2$ кг.)

14. Агар Марс сиртида турган жисмларнинг тортилиш кучи шу жисмларнинг Ер сиртидаги тортилиш кучларидан 2,8 марта кичиклиги маълум бўлса, Марс сайёрасида эркин тушиш тезланишини топинг. (Жавоби: $g=3,5$ м/с².)

15. Массаси 3 кг бўлган жисм 7,2 м/с² тезланиш билан вертикал тушмоқда. Ҳавонинг қаршилиқ кучини аниқланг. (Жавоби: $F_{\text{қарш}}=7,8\text{Н}$.)

16. Массаси M бўлган иккита жисм кўзғалмас блок орқали ўтказилган енгил ва мустақкам ипга осилган. Юқлардан бирининг устига худди шундай M массали юк қўйилди. Юқлар қандай тезланиш билан ҳаракатланади? (Жавоби: $a=1/3$ g.)

17. 55 м/с тезлик бўйича тушаётган парашютчи парашютни очгандан сўнг унинг тушиш тезлиги 2 с ичида 5 м/с гача камайди. Агар парашютчи массаси 80 кг бўлса, унинг тормозланиш кучини аниқланг. (Жавоби: $F_{\text{тор}}\approx 2,8\text{кН}$.)

18. Автомобилга таъсир қилувчи тортишиш кучи 1000 Н га тенг, унинг ҳаракатланиш тезлигига таъсир қилувчи қаршилиқ кучи 500 Н га тенг. Бунда Ньютоннинг учинчи қонуни бузилмайди-ми?

19. Массаси 40 000 кг бўлган самолёт 900 км/соат тезлик билан ҳаракатланади. Унга қарама-қарши массаси 1 кг бўлган қуш 5 м/с тезлик билан учиб келмоқда. Агар учиб давомийлиги тахминан 0,001 с бўлса, қушнинг учувчи кабинасининг ойнасига урилиш кучини аниқланг. (Жавоби. $F\approx 2,5\cdot 10^5\text{Н}$.)

20. Гидрореактивли қартер секундига 7 м³ сувни сўриб олади ва чиқариб ташлайди. Чиқариб ташланадиган сувнинг тезлиги 30 м/с. Агар қартернинг массаси 3 т бўлса, унинг биринчи секунд охиридаги тезлигини топинг. (Жавоби: $v=10$ м/с.)

21. Сигнал берувчи ракета корпусининг массаси 250 г. Корпус ичида массаси 350 г бўлган ёнилғи бор. Агар чиқаётган газнинг тезлиги 50 м/с бўлса, вертикал отилган ракета қандай баландликка кўтарилади? Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг. Ёнилғининг ёнишини бир онда бўлади деб ҳисобланг. (Жавоби: $h\approx 250$ м.)

22. Массаси 10 кг бўлган снаряд тўпдан 600 м/с тезлик билан учиб чиқади. Агар тўп стволининг узунлиги 3 м бўлса, порохли газнинг снарядга берган ўртача босим кучини аниқланг. Снаряд ҳаракатини текис тезланувчан деб ҳисоблаш мумкин. (Жавоби: $F=6\cdot 10^5\text{Н}$.)

23. Массалари 30 кг ва 50 кг бўлган бир-биридан 8 м масофада конькида турган иккита бола улар орасида тортилган арконни тортиб боради. Улар қайси жойда ва қанча вақтдан сўнг учрашадилар? Биринчи бола арконни 80 Н куч билан тортади. (Жавоби: $s \approx 5$ м; $t \approx 1,9$ с.)

24. Пулаг сим 4500 Н гача кучланишга бардош беради. Шу симга осилган массаси 400 кг бўлган юкни бу сим узилиб кетмайдиган қилиб қандай энг катта тезланиш билан вертикал юкорига кўтариш мумкин? (Жавоби: $a \approx 1,25$ м/с².)

Бутун олам тортишиш қонуни

25. Исталган жисмнинг Ер билан ўзаро таъсир кучи унинг Ер сиртидан кўтарилиш баландлиги ортиши билан қаяяди. Агар жисмни чуқур шахта тубига туширилса, жисмнинг Ерга тортишиш кучи ортадимми? Жавобингизни асосланг.

26. Агар Ой ва Ер орасидаги масофа 384000 км, массалари мос равишда $7,3 \cdot 10^{22}$ кг ва $6 \cdot 10^{24}$ кг бўлса, Ойнинг Ер атрофида чизикли ҳаракат тезлигини аниқланг. (Жавоби: $v \approx 10^3$ м/с.)

27. Ер атмосферасига ҳар йили 9 млрд га яқин метеорит учи киради. Уларнинг ҳисобига Ернинг массаси ҳар йили 10^6 кг га ортади. Ер массасининг бу ўзгариши эркин тушиш тезланишини сезиларли ўзгартира оладими? Жавобингизни асосланг.

28. Агар Ер ва Қуёш массаси маълум, улар орасидаги масофа $1,5 \cdot 10^{11}$ м га тенг бўлса, Ернинг Қуёш атрофидаги чизикли ҳаракат тезлигини ҳисобланг. (Жавоби: $v \approx 3 \cdot 10^4$ м/с.)

29. Агар Ой радиуси $1,76 \cdot 10^6$ м, ундаги эркин тушиш тезланиши $1,7$ м/с² га тенг бўлса, Ойдаги биринчи космик тезликни ҳисобланг. (Жавоби: $v \approx 1,7 \cdot 10^3$ м/с.)

30. Вазнсизлик шароитида маховикли — салмоқли ғилдиракли механизмлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўладими? Ахир маховик ҳам бу шароитда вазнсиз бўлади-ку!

31. Нима учун космик кемалар шарқдан ғарбга томон йўналишда учиради?

32. Йўлдош Ер атрофида доиравий орбита бўйлаб 1700 км баландликда айланади. Йўлдошнинг чизикли тезлигини ва айланиш даврini ҳисобланг. (Жавоби: $v \approx 7,0 \cdot 10^3$ м/с; $T \approx 7198$ с.)

33. Жадвалда Ер, Марс ва Венеранинг шартли birlikларда радиуси ва массалари берилган. Ер учун оғирлик кучи тезланиши (1; 0,39; 0,89) га тенг деб ҳисоблаб, бу сайёралар сиртида оғирлик кучи тезланишини топинг.

Сайёралар	Радиуси	Массаси
Ер	1,00	1,00
Марс	0,53	0,11
Венера	0,96	0,82

34. Жисмни пружинали ва ричагли тарозиларда экваторда ҳамда кутбда тортилди. Асбобнинг кўрсатишлари қандай?

35. Қандай баландликда эркин тушиш тезланиши Ер сиртидаги эркин тушиш тезланишининг чорак қисмини ташкил қилади? (Жавоби: $h=R$.)

36. Қитъалараро баллистик ракета мўлжалдаги жойга 20 минутдан сўнг етиб боради. Ракета учиб мобайнида қандай максимал баландликка кўтарилади? Ракета учун қандай вақт моментидан бошлаб вазнсизлик шароити мавжуд бўлади ва у қанча узоқ давом этади? (Жавоби: $s=1,8 \cdot 10^6$ м; $t=10$ мин).

Ишқаланиш кучи мавжудлигидаги ҳаракат

37. Агар жисм ҳаракатланаётган сиртдаги ишқаланиш коэффиценти 0,05 бўлса, горизонтга 30° бурчак остида йўналган массаси 2 кг бўлган жисм 20 Н куч таъсири остида қандай тезланиш билан ҳаракатланади? (Жавоби: $a \approx 8,41$ м/с².)

38. Тепаликдан сирпаниб тушаётган чана 5 с ичида 50 м йўлни босиб ўтади. Бу вақтда чана тезлиги 3 марта ортди. Агар тепаликнинг қиялик бурчаги 30° бўлса, чананинг тепалик сирти бўйича сирпаниш-ишқаланиш коэффицентини аниқланг. (Жавоби: $\mu=0,34$.)

39. Массаси 130 г бўлган электровозга массаси 2000 т ли состав уланди. Агар унинг ҳамма гилдираклари тортувчи, уларнинг рельсга ишқаланиш коэффиценти 0,20, вагонлар гилдирагининг думаланиш-ишқаланиш коэффиценти эса 0,005 бўлса, электровоз бу составни тарта оладими?

40. Қаерда ва нима учун оқим тезлиги жадалрок: дарё тубидами ёки сиртидами?

41. Нима учун энг кучсиз шамол жуда қатта айсбергни жойидан кўзгатиши мумкин-ку, лекин бўрон шамоли фақат қирғоқдаги кичик муз бўлагини зўрға силжитиши мумкин?

42. Чананинг ёғоч қисмининг қорга ишқаланиш коэффиценти 0,03 га тенг. От массаси 400 кг бўлган чанани горизонтал йўл бўйлаб текис кўчириб қандай куч қўяди? (Жавоби: $F \approx 120$ Н.)

43. Осма йўл бўйлаб юқорига массаси 500 кг бўлган аравача ўзгармас тезлик билан кўтарилади. Агар йўлнинг оғиш бурчаги 30° , вагонетка (аравача)нинг рельслар бўйлаб тебраниш-ишқаланиш коэффиценти 0,2 бўлса арқоннинг таранглилик кучини ҳисобланг. (Жавоби: $F_r \approx 3300$ Н.)

44. Массаси 10 кг бўлган жисмни горизонтал сирт бўйлаб горизонтга 60° бурчак остида 40 Н куч билан тортилади. Жисм текис ҳаракатланади. Агар куч горизонтал йўналган бўлса, жисм қандай тезланиш билан ҳаракатлана бошлайди? (Жавоби: $a \approx 1$ м/с².)

45. Қиялик бурчаги 30° бўлган қия текисликка кубча жойлаштирилди. Кубчанинг текисликка ишқаланиш коэффиценти 0,5. Унинг тезланишини топинг. (Жавоби: $a \approx 0,66$ м/с².)

46. Жисм қия текислик бўйлаб сирпана бошлайди. Агар текисликнинг горизонтга нисбатан оғиш бурчаги 30° бўлса, у қанча

вакт ичида 10 м масофани босиб ўтади? Ишқаланишни ҳисобга олманг. (Жавоби: $t \approx 2$ с.)

Импульснинг сақланиш қонуни

47. Енгил кўзгалувчан платформага массаси m бўлган бола сакраб чиқиб олади, сўнгра худди шундай тезлик билан сакраб тушади. Платформанинг импульси ўзгарадими? Агар ўзгарса, қанчага ўзгаради? Агар ўзгармаса, у ҳолда нима учун ўзгармайди?

48. Енгил кўзгалувчан платформага v тезлик билан бола сакраб чиқиб олади, унда югуради ва югуриб кетаётган томон йўналишида худди ўшандай тезликда сакраб тушади. Платформанинг импульси ўзгарадими? Жавобингизни асослаб беринг.

49. Горизонтал равишда 50 м/с тезлик бўйича учаётган массаси 20 кг бўлган снаряд 1000 кг массали қуми ортилган снарядга томон 2 м/с тезлик бўйича ҳаракатланаётган платформага тегади ва қумга тикилиб қолади. Платформанинг тезлиги қанча бўлади? (Жавоби: $v = 0,98$ м/с.)

50. Ёнилғиси билан биргаликдаги массаси 250 г ракета юқорига вертикал учирилди ва ўзининг максимал баландлигига 6 с дан сўнг етиб олади. Ёнилғи бир онда ёниб бўлади деб ҳисоблаб, ракетадан газларнинг чиқиш тезлигини аниқланг. Ёнилғининг массаси 50 г. (Жавоби: $v = 235$ м/с.)

51. Қайикда ўтирган одам массаси 1 кг бўлган тошни горизонтга нисбатан 30° бурчак остида 10 м/с тезлик билан отади. Қайик ва одамнинг биргаликдаги массаси 100 кг. Қайик қандай тезликка эришади? (Жавоби: $v \approx 0,09$ м/с.)

52. Олдинги масалада берилганлар бўйича қайик ва тош тушган жой оралиғини аниқланг. (Жавоби: $s \approx 9$ м.)

53. Горизонтал столда массаси 5 кг бўлган тахтача турибди. Тахтачага массаси 9 г бўлган ўк тегиб тикилиб қолади. Тахтача ўк билан биргаликда 25 см масофага сўрилиб боради ва тўхтабди. Ўкнинг тезлигини топинг. Тахтачанинг стол бўйлаб сирпаниш ишқаланиш коэффициентини 0,2. (Жавоби: $v \approx 550$ м/с.)

54. Агар ракетанинг массаси 40 т, чиқаётган газнинг тезлиги 4000 м/с, ёнилғи сарфи 200 кг/с бўлса, ракетанинг учирлиш вақтидаги тезланишини топинг. (Жавоби $a = 20$ м/с².)

55. Горизонтал йўналишда 20 м/с тезлик бўйича учаётган граната ҳавода иккита: 200 ва 800 г массали бўлақларга ажралди. Катта бўлақ горизонтал учишда давом этиб, унинг тезлиги 40 м/с гача ортди. Кичик бўлақнинг тезлигини аниқланг. (Жавоби: $v_2 \approx 60$ м/с; учиш йўналиши дастлабкига қарама-қарши.)

56. Горизонтал йўналишда 20 м/с тезлик билан учиб бораётган снаряд ҳавода икки бўлақка бўлинди. Бўлақларнинг массалари 10 кг ва 5 кг. Кичик бўлақнинг тезлиги 90 м/с га тенг ва снаряднинг ажралгунча тезлиги йўналиши бўйича йўналган снаряднинг катта бўлагининг тезлигини ва йўналишини аниқланг. (Жавоби: $v_2 \approx 15$ м/с; учиш йўналиши дастлабки йўналишга қарама-қарши.)

57. 1 м/с тезлик билан ҳаракатланаётган массаси 180 кг бўлган қайикнинг олд қисмидан 50 кг массали бола сувга шўнғиди. Агар боланинг тезлиги горизонтал йўналган ва 4 м/с га тенг бўлса, қайикнинг тезлиги қандай бўлади? Барча тезликлар «Ер» санок системасида кўрсатилган. (Жавоби: $v_2 \approx 2,1$ м/с.)

58. Иккита бильярд шари бир-биридан унча катта бўлмаган масофада турибди. Шарлардан бирини биринчи турган иккита шарларнинг массалар марказини бирлаштирувчи тўғри чизик бўйлаб худди шундай учинчи шар билан 6 м/с тезлик билан урилади. Урилишни абсолют эластик деб ҳисоблаб, шарларнинг урилишдан кейинги тезликларини ҳисобланг. (Жавоби: $v_1 = 0$, $v_2 = 0$; $v_3 = 6$ м/с.)

Энергиянинг сақланиш қонуни

59. Агар массаси 1 кг бўлган жисми 30 Н куч билан 5 м баландликка кўтарилса, қандай иш бажарилади? (Жавоби $A = 150$ Ж.)

60. Жавоб олдинги масаладаги энергиянинг сақланиш ва айланиш қонунларига зид келмайдими? Ахир кўтарилаётган жисмнинг потенциал энергияси фақат 49 Ж га тенг-ку. Жавобингизни асослаб беринг.

61. Массаси 2 кг бўлган жисм 250 м баландликдан 20 м/с тезлик билан вертикал пастга ташланди ва ерга 20 см чуқурликка ботди. Ер қобиғининг ўртача қаршилиқ кучини аниқланг. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг. (Жавоби. $F_k \approx 26500$ Н.)

62. Бикрлиги 800 Н/м ва узунлиги 15 см бўлган пружина қисилган ҳолатда массалари 1 кг дан бўлган иккита шарча орасига жойлаштирилган. Сўнгра у тўғриланиб шарларни итариб юборади. Агар пружинанинг сиқилган ҳолатдаги узунлиги 10 см экани маълум бўлса, шарларнинг пружинадан ажралиш вақтидаги тезликларини аниқланг. (Жавоби: $v = 1$ м/с.)

63. 72 км/соат тезлик билан ҳаракатланаётган поезд тормозланди ва 1 км масофани босиб ўтиб тўхтади. Агар поезднинг массаси 1000 Т бўлса, ишқаланиш кучининг ишини толинг. (Жавоб: $A = 2 \cdot 10^8$ Ж.)

64. 0,1 м/с тезлик билан ҳаракатланаётган массаси 0,5 кг бўлган пўлат шар лойдан ясалган массаси 0,2 кг бўлган кўзгалмас шар билан тўқнашади; шундан сўнг шарлар биргаликда ҳаракатлана бошлади. Уларнинг тўқнашгандан кейинги кинетик энергияларини аниқланг. (Жавоби: $W_k \approx 1,8 \cdot 10^{-3}$ Ж.)

65. Массаси 3 кг бўлган шар 3 м баландликдан пружинага ташланади ва уни сикади. Агар пружинанинг бикрлиги 700 Н/м бўлса, унинг максимал қисилишини ҳисобланг. Пружинанинг массасини ҳисобга олманг. (Жавоби: $x \approx 0,55$ м.)

66. Массаси 70 кг бўлган одам 15 с ичида 10 м тепаликдан югуриб қандай ўртача қувватга эришади? (Жавоби: $P \approx 457$ В.)

67. Кўтарма кран фойдали қуввати 10 кВт бўлган двигатели

билан ҳаракатга келади. Агар унинг кўтарилиш механизмининг ФИК 75 % бўлса, қанча вақт ичида массаси 2 т бўлган юк 50 м баландликка текис кўтарилади? (Жавоби: $t \approx 130$ с.)

68. Массаси 10 г бўлган ўк милтиқ стволидан 600 м/с тезлик бўйича учиб чиқади ва тахтани тешиб ўтади, натижада ўkning тезлиги 500 м/с гача камайди. Тахтанинг қаршилигини енгиб ўтиш ишини аниқланг. (Жавоби: $A \approx 0,5$ кЖ.)

69. Қия текислик бўйлаб унинг пастки қисмидан юқорига жисм 10 м/с бошланғич тезлик билан ҳаракатлана бошлади. Жисмнинг кинематик энергияси текисликнинг пастки томонидан қанча масофада икки марта камайди? Жисм ва текислик орасидаги ишқаланиш коэффициенти 0,6, текисликнинг горизонтга нисбатан қиялик бурчаги 30° . (Жавоби: $s \approx 2,5$ м.)

70. Агар автомобиль 4500 Н тортишиш кучида 20 м/с тезлик билан ҳаракатланса, ЗИЛ-130 автомобилнинг двигатели қандай қувватга эришади? (Жавоби: $P = 90$ кВт.)

71. М-8 маркали электровоз қуввати 4000 кВт га тенг. Электровознинг 72 км/соат ҳаракатланиш тезлигида тортишиш кучини топинг. (Жавоби: $F_t = 2 \cdot 10^5$ Н.)

72. Агар Братский ГЭС нинг тўртта турбинасининг ҳар бирининг қуввати 255 МВт, ФИК и 93,5 % бўлса ва сув 96 м баландликдан тушаётган бўлса, унинг тўртта турбинасида сув исрофи нимага тенг? (Жавоби: $Q \approx 1000$ м³/с.)

73. 4 м баландликдаги жамоа хўжалик ГЭС ининг тўғони орқали ҳар секундда 10 м³ сув оқиб ўтади. Сув 1 с ичида турбинадан тушаётганда қандай иш бажаради ва қандай потенциал энергия ўзгариши юз беради? Турбина куракларига қандай кинетик энергия берилади? (Жавоби: $A = 4 \cdot 10^5$ Ж.)

ТАКРОРЛАШ УЧУН МАСАЛАЛАР

1. Иккита автомобиль тўғри йўлда 54 ва 72 км/соат тезликлар билан ҳаракатланади. Қаралаётган вақт momentiда биринчи машина O аҳоли пунктдан ўтди ва унинг марказидан 20 км масофада бўлади. Шу вақтда иккинчи машина эса аҳоли пунктга етиб бормади ва унинг марказидан 30 км масофада бўлди. Қанча вақтдан сўнг иккинчи машина биринчи машинани қувиб етади? Бу каерда содир бўлади? (Жавоби: $t = 10^4$ с; $s = 7 \cdot 10^4$ м.)

2. Олдинги масалани автомашиналар бир-бирига қараб ҳаракатланаётган ҳол учун ечинг. (Жавоби: $t \approx 1429$ с.)

3. Мотоцикль жойидан қўзғалди ва 10 с дан сўнг 90 км/соат тезликка эришди. У қандай тезланиш билан қўзғалди ва тезлик олиш вақтида қанча масофани босиб ўтди? (Жавоби: $a = 2,5$ м/с²; $s = 125$ м.)

4. Қайиқ кенлиги l бўлган дарё орқали унинг оқимиға қарши суза бошлади. Қайиқ карама-қарши кирғоқда жўнаш жойидан оқим бўйлаб d масофаға етиб бориши учун сувға нисбатан қандай

тезлик билан сузиши керак? Дарёнинг оким тезлиги бутун кенглиги бўйича бир хил ва v га тенг. (Жавоби: $v_1 = \frac{lv}{d}$.)

5. Ойнинг Ер атрофида орбита бўйлаб ҳаракатланганда марказга интилма тезланишини аниқланг. (Жавоби: $a \approx 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$.)

6. Экваторда Ер сирти нуктасининг чизиқли тезлигини ва марказга интилма тезланишини аниқланг. (Жавоби: $v \approx 465 \text{ м/с}$; $a \approx 3,4 \cdot 10^{-1} \text{ м/с}^2$.)

7. Айланма чарх тошининг ҳужжатида «диаметр 250 мм; $v = 35 \text{ м/с}$ » деган ёзув бор. Бу чархни минутига 2850 марта айланадиган двигатель валига маҳкамлаш мумкинми? Жавобингизни асослаб беринг.

8. Массаси ва ишқаланиш ҳисобга олинмайдиган кўзғалмас блок орқали жуда енгил чўзилмайдиган ип ўтказилган ҳамда учларига 3 кг ва 1 кг массали юklar осилган. Ипнинг таранглик кучини ва юklarнинг ҳаракат натижасида биринчи секунд ичида босиб ўтилган масофасини аниқланг. (Жавоби: $F = 14,7 \text{ Н}$, $s = 2,45 \text{ м}$.)

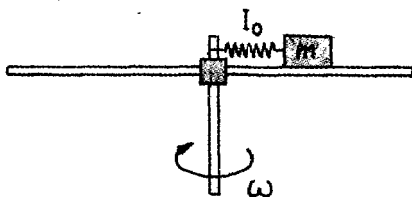
9. Қия текислик бўйлаб m массали брусok (тахтача) сирпанади. Агар брусokнинг қия текислик бўйлаб сирпаниш-ишқаланиш коэффиценти μ қия текисликнинг горизонтал текислик билан ҳосил қилган бурчаги α га тенг бўлса, унинг тезланишини аниқланг. (Жавоби: $a = g (\sin\alpha - \mu \cos\alpha)$.)

10. Қия текисликда ($\alpha = 30^\circ$) массаси $m_1 = 12 \text{ кг}$ бўлган тахтача турибди. Брусokка қия текисликнинг юкори учига маҳкамланган блок орқали ўтказган жуда енгил, лекин мустақкам ип боғланган. Ипнинг иккинчи учига массаси $m_2 = 20 \text{ кг}$ бўлган жисм осилган. Агар юklarни ўз ҳолига қўйиб юборилса, улар қандай ҳаракатланади? Ишқаланишни ҳисобга олманг. (Жавоби: $a \approx 4,3 \text{ м/с}^2$.)

11. Автомобиль жойидан кўзғалиб, тоғга кўтарилиб борадиган йўлнинг тўғри қисмида текис тезланувчан ҳаракатланади. Агар автомобиль 20 с ичида 36 км/соат тезликка эришгани маълум бўлса, унинг двигателя билан эришадиган кувватини аниқланг. Автомобилнинг массаси 10 000 кг, йўлнинг кўтарилиши (кўтарилиши баландлигининг босиб ўтилган масофага нисбати) 0,04, ишқаланиш коэффиценти 0,06. (Жавоби: $P = 75 \text{ кВт}$.)

12. Бикрлиги k бўлган деформацияланмаган пружина $l_0 < R$ узунликка эга. 213- расмда тас-вирланган қурилмани айлан-тирилганда m массали юк пружинани чўзади. Қурилма ω бурчак тезлик билан айлан-тирилганда пружинанинг узунлигини то-пинг.

(Жавоби: $l = \frac{kl_0}{k - m\omega^2}$.)



213- расм.

13. Кўзғалмас блок оркали аркон ўтказилган, унинг бир учига массаси иккинчи учига осилиб турган спортчи массасига тенг бўлган юк маҳкамланган. Агар спортчи аркон бўйлаб юқорига кўтарилса, қандай ҳодиса юз беради?

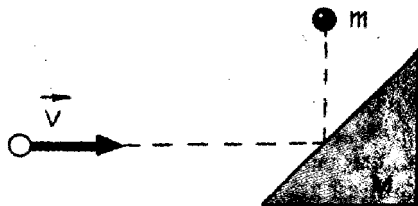
14. Қиялик бурчаги 30° бўлган қия текисликдан массаси m бўлган тўғри тўртбурчак брусоч сирпанади. Брусочнинг текисликка сирпаниш-ишқаланиш коэффициентлари 0,5. Брусоч тезланишини топинг. (Жавоби: $a \approx 0,7 \text{ м/с}^2$.)

15. Кўприк бўйлаб массаси 5000 кг бўлган автомобиль 54 км/соат тезлик билан ҳаракатланади. Автомобилнинг кўприкка учта ҳол учун босим кучини: а) текис, б) каварик, в) ботик (эгрилик радиуси 100 м) кўприклар учун аниқланг. (Жавоби: $F_1=49 \text{ кН}$; $F_2=38 \text{ кН}$; $F_3=60 \text{ кН}$.)

16. Массаси 80 кг бўлган учувчи вертикал текисликда ётган радиуси 0,5 км бўлган айлана ёни бўйича 360 км/соат тезликда учаётган самолёт шўнғишдан чиқаётганда самолёт ўриндиғига қандай куч билан босишини аниқланг. (Жавоби: $F=2,4 \text{ кН}$.)

17. Мотоцикл ҳайдовчи асфальт ётқизилган йўл бўйлаб 72 км/соат тезлик бўйича ҳаракатланади. Агар резинанинг асфальтга ишқаланиш коэффициентлари 0,65 бўлса, мотоциклчи бурилишда ўтадиган ёнининг энг кичик эгрилик радиуси нимага тенг? Мотоциклчи горизонтга нисбатан қандай бурчакка оғиши керак? (Жавоби: $R \approx 62 \text{ м}$.)

18. Горизонтал ҳолатда v тезлик билан учаётган m масса-ли шар қия пўлат призмага урилгандан сўнг вертикал юқорига сакраб кетади (214- расм). Призманинг массаси $M \gg m$. Шар қанча баландликка кўта-



рилади? (Жавоби: $h = \frac{v_0^2}{2g}$.)

214- расм.

19. Қайикда турган одам массаси 2 кг бўлган тошни горизонтга нисбатан 60° бурчак остида отади. Қайиқ ва одамнинг умумий массаси 100 кг. Тошнинг қайикка нисбатан бошланғич тезлиги 10 м/с. Охириги тош сувга тушаётган вақтда қайиқ ва тош орасидаги масофани аниқланг. (Жавоби: $s \approx 8,7 \text{ м}$.)

20. Ҳар бирининг массаси 90 кг дан бўлган иккита қайиқ қўл бўйлаб 3 м/с тезлик бўйича бир-бирига қарама-қарши параллел йўналиш бўйича ҳаракатланади. Эшқакчилар учрашиш чоғида бир вақтда бир-бирига массаси 10 кг бўлган юкни ташладилар. Қайиқлар тезлигини юклар алмашилгандан сўнг аниқланг. (Жавоби: $v = \pm 2,45 \text{ м/с}$.)

21. Олдинги масалани юклар ҳар хил вақтда алмашинган ҳол учун ечинг. (Жавоби: $v = \pm 2,45 \text{ м/с}$.)

22. Балиқчи қайиқнинг тумшуғидан қуйруғига ўтади. Агар қайиқнинг массаси 80 кг, узунлиги 3 м бўлса, қайиқ қанча

масофага сурилади? Балиқчининг массаси 60 кг. (Жавоби: $s \approx 1,28$ м.)

23. Икки автомобиль бир-бирига қараб 72 ва 90 км/соат тезликлар бўйича ҳаракатланади. Иккинчи автомобиль биринчисининг ёнидан 0,1 ичида ўтади. Иккинчи автомобилнинг узунлигини топинг. (Жавоби: $l=4,5$ м.)

24. Ер сиртидан 49 м баландликда турган жисм эркин туша бошлади. У билан бир вақтда ундан 20 м пастдаги нуқтадан иккинчи жисм вертикал юқорига отилади. Иккала жисм Ерга бир вақтда тушади. Иккинчи жисмнинг бошланғич тезлигини топинг. (Жавоби: $v_0 \approx 6$ м/с.)

25. Массаси 1000 т бўлган поезд тормозланди ва тормоз берилгандан сўнг 2 км масофани босиб ўтиб тўхтади. Агар поезднинг бошланғич тезлиги 54 км/соат бўлса, ишқаланиш кучини аниқланг. (Жавоби: $A=1,12 \cdot 10^8$ Ж.)

26. Спортчи чанғида югуриш вақтида унинг томир уриши (1 минут ичида юракнинг қисқариш сони) 150 тага етади. Агар юракнинг ҳар бир қисқаришида 600 г юкни 20 см баландликка кўтаришда бажарилган ишга эквивалент иш бажарилса, спортчи юрагининг эришган қувватини ҳисобланг. (Жавоби: $P=2,94$ Вт.)

27. Массаси 6 т бўлган автомобиль жойидан қўзғалди ва кўтарилиш $h/s=0,05$ бўлган тепаликка текис тезланувчан кўтарилди. Агар автомобилнинг тезлиги 1 минутдан сўнг 36 км/соатга тенг эканлиги маълум бўлса, автомобиль двигатели эришган қувватни аниқланг. Автомобиль ғилдирагининг йўлга ишқаланиш коэффициентини 0,05 га тенг. (Жавоби: $P=35$ кВт.)

28 *. Массаси m бўлган Ер йўлдоши R радиусли доиравий орбита бўйлаб айланади. Йўлдошнинг кинетик энергиясини топинг. (Жавоби: $W_k = \frac{GM_{\text{Ер}}m}{2R_{\text{Ер}}}$.)

29 *. Ер сиртидан h баландликда айланаётган йўлдошнинг потенциал энергиясини ҳисобланг. (Жавоби: $W_p = \frac{mghR^2}{(R+h)^2}$.)

30. 600 м/с тезлик билан учаётган массаси 10 г бўлган ўк дарахт танасига тегди ва 20 см чуқур кириб тикилиб қолди. Дарахтнинг ўкка кўрсатган қаршилиқ кучини аниқланг. (Жавоби: $F_{\text{қарш}}=9$ кН.)

31. Массаси 1 кг бўлган жисмни 10,8 Н куч билан вертикал юқорига 50 м кўтарилди. Жисмнинг охириги тезлигини аниқланг. (Жавоби: $v=10$ м/с.)

32. Узунлиги 1,96 м бўлган ипда шарча осилиб турибди. Шарча бир марта тўла айланиши учун унга горизонтал йўналишда қандай тезлик бериш керак? (Жавоби: $v \approx 9,8$ м/с.)

33. Юқоридаги масалани шарча жуда кичик массали қаттиқ стерженга маҳкамланган деб фараз қилиб ечинг. (Жавоби: $v \approx 9,8$ м/с.)

34. Узунлиги 2,5 бўлган симда осилиб турган 3 кг массали

қумли қопга 9 г массали ўқ келиб тегди ва тикилиб қолди. Натижада қоп ва у осилиб турган сим бошланғич вазиятдан 18° бурчакка оғади. Ўқнинг тезлигини аниқланг. (Жавоби: $v \approx 514,8$ м/с.)

35. Горизонтал йўналишда 400 м/с тезлик билан учиб келаётган 9 г массали пўлат ўқ вертикал ҳолатда турган жуда қалин пўлат плитага келиб урилди. Ўқнинг 50 % энергияси плитага берилган деб фараз қилиб, ҳодисани таҳлил қилинг. Ўқ плитага урилган вақтдаги температурасини топинг. (Жавоби: $t = 317^\circ\text{C}$.)

36. Юқоридаги масалани ўқ 530 м/с тезликда учаётган ҳол учун ечинг. (Жавоби: $t = 327^\circ\text{C}$. Ўқнинг бир қисми эриб кетади.)

37. Сувни цилиндр шаклидаги идишга қандай баландликкача қуйиш керакки, босим кучи унинг тубига, ён деворларига бир хил таъсир кўрсатсин. Идиш радиуси R . (Жавоби: $h = R$.)

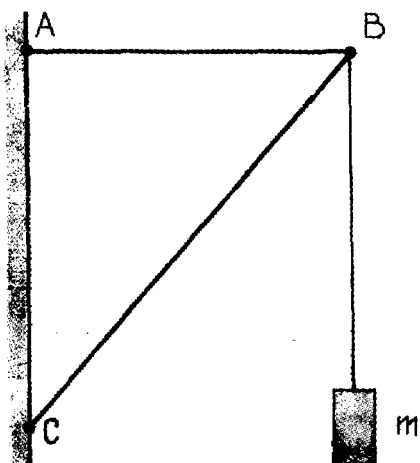
38. Медицина ҳамшираси диаметри 2 см бўлган шприц поршенига $3,14 \cdot 10^{-2}$ Н куч билан босади. Агар шприц горизонтал равишда жойлашган бўлса, шприцдан чиқаётган сув окими тезлигини аниқланг. Ишқаланишни ҳисобга олманг. Суюқликнинг зичлиги $\rho = 1000$ кг/м³. (Жавоби: $v \approx 0,45$ м/с.)

39. Массаси $m = 100$ кг бўлган юк кронштейнга осилган (215- расм.). Агар $AB = 48$ см, $AC = 64$ см бўлса, BC тирговучда ва AB балкадаги юзага келган эластиклик кучини аниқланг. (Жавоби: $F_{BC} = 1225$ Н; $F_{AC} = 735$ Н)

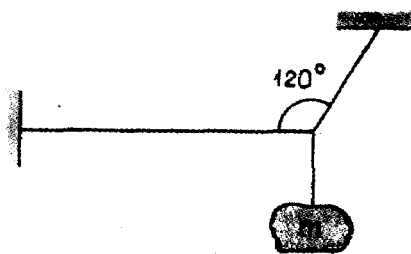
40. Қия текисликда m массали тахтача тинч ҳолатда турибди. Брусонинг текисликдаги тинчликдаги ишқаланиш кучини топинг. Текисликнинг қиялик бурчаги α .

41. Агар сим арконнинг 700 Н да узиладиган бўлса, 216- расмда тасвирланган сим аркон қандай максимал юкни тутиб туриши мумкин? (Жавоби: $m = 60$ кг.)

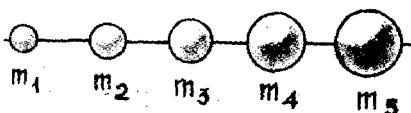
215- расм.



216- расм.



217- расм.



42. Массалари $m_1=1$ кг, $m_2=2$ кг, $m_3=3$ кг, $m_4=4$ кг ва $m_5=5$ кг бўлган шарчалар вазнсиз стерженга кийдирилган (217-расм). Қўшни шарлар орасидаги масофалар бир хил ва 1 м га тенг. Системанинг m массалар маркази вазиятини топинг.
(Жавоби: массаси 5 кг бўлган шар марказидан $x=\frac{4}{3}$ м.)

ПРЕДМЕТ-НОМ КЎРСАТКИЧ

А

Абсолют эластик урилиш 185
Айлана бўйлаб ҳаракат 54
Айланиш даври 55
Айланиш частотаси 55
Амплитуда 206

Б

Бернулли Даниил 191
Бернулли қонуни 192
Бернулли тенгламаси 193
Бикрлик 91
Бикрлик бирликлари 91
Биринчи космик тезлик 124
Бурчакли кўчиш 54
Бурчакли тезлик 55
Бурчакли тезлик бирликлари 56
Бутун олам тортишиш кучи 105
Бутун олам тортишиш доимийси
(гравитацион доимийлик) 106
Бутун олам тортишиш қонуни 106
Бўйлама тўлқинлар 224

В

Вазнсизлик 118
Ватт (қувват бирлиги) 174
Вакт 11
Вакт бирлиги 12
Вектор 16
Векторнинг модули 18
Вектор қатталики 18
Векторнинг проекцияси 18
Векторларни кўшиш 18

Г

Гагарин Ю. А. 156
Галилей Галилео 12
Галилейнинг нисбийлик назарияси 100
Герц Герц 206
Герц (частота бирлиги) 206
Гипотеза 13
Гук Роберт 66
Гук қонуни 66

Д

Деформация 66
Деформацияловчи куч 65, 66
Децибел (товуш бирлиги) 226
Думаланиш-ишқаланиш коэффициенти 131
Динамика 61
Динамометр 66
Думаланиш ишқаланиши 130

Е

Ер массаси 110
Ернинг сунъий йўлдоши 123

Ё

Епик система 143

Ж

Жисм импульси (ҳаракат миқдори) 140
Жисмларнинг мувозанати 170, 171
Жисмларнинг суйри шакллари 133
Жисмларнинг ўзаро таъсири 140
Жоуль (иш бирлиги) 161
Жуковский Н. Е. 195

И

Илгариланма ҳаракат 17
Импульс бирликлари 142, 141
Иш бирликлари 161
Импульснинг сақланиш қонуни 143
Инертлик 68
Инерция 73
Инерциал санок системаси 75
Иш 161
Ишқаланиш 127
Ишқаланиш кучи 127
Ишқаланиш коэффициенти 130
Ички энергия 160

К

Қамертон 224
Кинематика 8
Кинетик энергия 163

Королев С. П. 155

Куч 64

Куч бирликлари 65

Куч импульси 141

Кўндаланг тўлкинлар 224

Кўчиш 16

Кўчиш вектори 17

М

Мажбурий тебранишлар 214

Марказга интилма тезланиш 92

Марказга интилма куч 92

Масса 68, 70, 110

Масса бирликлари 70

Магнус эффекти 189

Марказдан қочма куч 92

Математик маятник 207

Механик энергия 166, 167

Моддий нукта 14

Н

Ньютон (куч бирлиги) 65

Ньютон Исаак 65

Ньютоннинг биринчи қонуни 73

Ньютоннинг иккинчи қонуни 76

Ньютоннинг учинчи қонуни 85

Нативавий вектор 20

Нотекис ҳаракат 31

Нотурғун мувозанат 173

О

Оний тезлик 33

Ортикча юкланиш 117

Оғирлик 113, 115

Оғирлик кучи 113, 114

Оғирлик маркази 70

Ой массаси 113

Осциллограмма 204

П

Парабола 41

Планеталар ҳаракати 9, 16

Потенциал энергия 167, 170

Пружинали маятник 203

Р

Ракета 153

Реактив ҳаракат 150

Резонанс 215

С

Санок боши 10

Санок системаси 75

Секунд 12

Сирпаниш ишқаланиши 132

Сирпаниш ишқаланиш коэффициенти 130, 131

Спидометр 23

Сув насоси 151

Суюкликнинг босим кучи 191

Суюклик ҳаракати 188

Т

Таянчнинг реакция кучи 116

Тебранма ҳаракат 203

Тебраниш даври 205

Тебраниш частотаси 206

Тезланиш 36

Тезланиш бирликлари 37

Тезлик 38

Тезлик бирликлари 23

Тезлик вектори 22

Тезлик графиги 27

Тенг таъсир этувчи куч

Тинчликдаги ишқаланиш 127

Товуш баландлиги бирликлари 226

Товуш тўлкинлари 223

Тортишиш майдони 109

Траектория 14

Тўғри чизиқли ҳаракат 24

Тўғри чизиқли текис ҳаракат 24

Тўғри чизиқли текис ўзгарувчан ҳаракат 36

Тўлиқ энергия 167

Турғун мувозанат 172

Тўлқин узунлиги 220

У

Узунлик бирликлари 15, 47

Ф

Фазо 11
Фарқсиз мувозанат 171
Фойдали иш коэффициенти 175

Ц

Циолковский К. Э. 155

Ч

Частота бирликлари 55
Чизикли тезлик 56

Э

Эгри чизикли ҳаракат 54
Эластиклик кучи 89
Эластик урилиш 185
Энергия 160
Энергия бирликлари 161
Энергиянинг сақланиш қонуни 166

Эркин тебранишлар 208, 204
Эркин тушиш 213
Эркин тушиш тезланиши 114, 213

У

Ўлчов бирликлари 12
Ўлчов бирликлари системаси 21
Ўртача тезлик 31

Қ

Қаршилик кучи 127
Қувват 173
Қуёш массаси 112

Ҳ

Ҳаракат графиги 27
Ҳаракат миқдори 141, 144
Ҳаракатнинг нисбийлиги 10
Ҳаракат тенгламаси 24

МУНДАРИЖА

Ўқитувчи учун сўз боши	3
Механика ҳақида	5

КИНЕМАТИКА АСОСЛАРИ

Кириш	8
1-§. Ҳаракат тўғрисида умумий маълумот	8
2-§. Фазо ва вақт	11
3-§. Муҳим тушунчалар	14
4-§. Векторлар устида бажариладиган амаллар	18
1-машқ	21
Киришнинг асосий мазмуни	21

I боб. Тўғри чизиқли текис ҳаракат

21

5-§. Тўғри чизиқли текис ҳаракат тезлиги	22
6-§. Тўғри чизиқли текис ҳаракатда кўчиш	24
7-§. Ҳаракатни график шаклда тасвирлаш	27
8-§. Масалалар ечиш ҳақида	28
Масалалар ечиш намуналари	29
2-машқ	30
I бобнинг асосий мазмуни	31

II боб. Тўғри чизиқ бўйича текис ҳаракат

31

9-§. Нотекис ҳаракатда тезлик	31
10-§. Тўғри чизиқ бўйлаб текис ўзгарувчан ҳаракат	34
11-§. Текис ўзгарувчан ҳаракатда тезланиш	36
12-§. Текис ўзгарувчан ҳаракатда тезлик	38
13-§. Жисмнинг текис ўзгарувчан ҳаракатда босиб ўтган йўли	40
14-§. Жисмларнинг эркин тушиши — текис ўзгарувчан ҳаракат	43
15-§. Физик катталикларни ўлчаш	46
16-§. Текис тезланувчан ҳаракатда жисмнинг тезланишини ўлчаш (1-лаборатория иши)	49
3-машқ	51
II бобнинг асосий мазмуни	53

III боб. Айлана бўйлаб текис ҳаракат

53

17-§. Моддий нуқтанинг айлана бўйлаб текис ҳаракати	54
18-§. Айлана бўйлаб текис ҳаракатланаётган жисмнинг чизиқли тезлиги	56
19-§. Айлана бўйлаб текис ҳаракатланаётган жисмнинг тезланиши	58
III бобнинг асосий мазмуни	60

ДИНАМИКА

IV боб. Жисмларнинг ҳаракати ва ўзаро таъсири

62

20-§. Жисмларнинг ўзаро таъсири. Куч	62
21-§. Жисмларнинг ўзаро таъсири. Масса	68
IV бобнинг асосий мазмуни	71

V боб. Ҳаракат қонуни	72
22-§. Ньютоннинг биринчи қонуни — инерция қонуни	73
23-§. Ньютоннинг иккинчи қонуни	76
24-§. Кучларни ўлчаш. Кучлар таъсирининг мустақиллиги	83
25-§. Ньютоннинг учинчи қонуни	85
26-§. Боғланиш реакцияси. Эластиклик кучи (2-лаборатория иши)	89
27-§. Айлана бўйлаб ҳаракатланаётган jismlar динамикаси	92
Масала ечиш намуналари	92
28-§. Галилейнинг нисбийлик принципи	100
5-машқ	103
V бобнинг асосий мазмуни	104

VI боб. Бутун олам тортишиши

29-§. Бутун олам тортишиш қонуни	105
30*-§. Ньютоннинг қонунларидан фойдаланиб, бутун олам тортишиш қонуни ифодасини келтириб чиқариш	107
31*-§. Тортишиш майдони	109
Масалалар ечиш намуналари	111
32-§. Оғирлик кучи. Жисмнинг оғирлиги	113
33-§. Ўта юкланиш ва вазнсизлик	116
34-§. Тортишиш майдоида ҳаракат (3-лаборатория иши)	121
35-§. Ернинг сунъий йўлдошлари	123
6-машқ	125
VI бобнинг асосий мазмуни	126

VII боб. Ишқаланиш мавжуд бўлгандаги ҳаракат

36-§. Ташқи ишқаланиш (4-лаборатория иши)	127
37*-§. Жисмлар суоқликларда ва газларда ҳаракатланганида дуч келадиган қаршилиги	132
Масала ечиш намуналари	134
7-машқ	137
VII бобнинг асосий мазмуни	138

МЕХАНИКАДА САҚЛАНИШ ҚОНУНЛАРИ

VIII боб. Жисмларнинг ўзаро таъсири. Импульснинг сақланиш қонуни

38-§. Импульс	140
39-§. Импульснинг сақланиш қонуни	143
Масала ечиш намуналари	146
40-§. Реактив ҳаракат	150
41-§. Ракета ҳаракати ва тузилиши	153
42-§. Космосни забт этишдаги ютуқлар	154
8-машқ	158
VIII бобнинг асосий мазмуни	158

IX боб. Жисмларнинг ўзаро таъсири. Энергиянинг сақланиш ва айланиш қонуни

43*-§. Ишқаланиш ва оғирлик кучининг иши	161
44-§. Иш ва энергия орасидаги ўзаро боғланиш	163
45-§. Механик энергиянинг айланиш ва сақланиш қонуни	166
46*-§. Барча системаларда энергиянинг айланиш ва сақланиш қонуни (5-лаборатория иши)	168
47*-§. Потенциал энергия ва мувозанат (6-лаборатория иши)	170

48*-§. Қувват	173
49-§. Фойдали иш коэффициенти	175
Масалалар ечиш намуналари	177
9-машқ	182
IX бобнинг асосий мазмуни	183
X боб. Сақланиш қонуларининг қўлланилиши	184
50*-§. Икки жисмнинг тўқнашиши	184
51-§. Суюқликлар ва газлар ҳаракати	186
52*-§. Бернулли тенгламаси	191
53-§. Ҳаракатланаётган суюқликлар ва газларда босимнинг тезликка боғлиқлигидан техникада фойдаланиш	192
Масала ечиш намуналари	196
10-машқ	199
X бобнинг асосий мазмуни	201

ТЕБРАНИШЛАР ВА ТЎЛҚИНЛАР

XI боб. Тебранишлар	203
54-§. Тебранишлар ҳақида дастлабки маълумотлар	203
55-§. Гармоник тебранишлар ва уларни характерловчи катталиклар	205
56-§. Тебранишларда энергия айланиши	208
57-§. Маятникнинг тебраниш даври	210
58-§. Эркин тушиш тезланишини аниқлаш (7-лаборатория иши)	213
59-§. Мажбурий тебранишлар	214
60-§. Резонанс ҳодисаси	215
61-§. Техникада резонансдан фойдаланиш ва уни ҳисобга олиш	216
XI бобнинг асосий мазмуни	219
XII боб. Тўлқинлар	220
62-§. Механик тўлқинлар	220
63-§. Товуш тўлқинлари	223
64-§. Тўлқинларнинг қайтиши. Акс садо	227
XII бобнинг асосий мазмуни	228
Табиатни билишда ва техниканинг ривожланишида механиканинг роли	228
Механиканинг ривожланишига ҳисса қўшган олимлар ҳақида қисқача маълумот	233
Ўрганилган материалларни мустақамлаш учун масалалар	238
Такрорлаш учун масалалар	244
Предмет-ном кўрсаткичи	250

* Бу мавзулар аввал ўтилганларни такрорлаб, эслатиш учун мўлжалланган.

* Бу мавзулар физикани чуқур ўрганиш иштиёқи бўлган ўқувчилар учун мўлжалланган.

ШАХМАЕВ НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ
ШАХМАЕВ СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ
ШОДИЕВ ДАВРОН ШОДИЕВИЧ

ФИЗИКА

Ўрта мактабнинг 9-синфи учун дарслик

М., «Просвещение» нашриётининг 1990 й.
русча нашрига мувофиқ ўзбекча 3-нашри.

Тошкент— «Ўзбекистон миллий энциклопедияси»
Давлат илмий нашриёти— 2001

Таржимон *Х. Пулатхўжаев*

Муҳаррирлар: *М. Пулатов, Х. Пулатхўжаев*

Расмлар муҳаррирлари: *Н. Сучкова, М. Кудряшова*

Тех. муҳаррирлар *Т. Золотилова, М. Алимов*

Мусаҳҳиҳ *З. Содиқова*

Диапозитивдан босишга рухсат этилди 14.12.2000. Формати 60×90^{1/4}. Кегль 10 шпонсиз. Литературная гарнитураси. Офсет босма усулида босилди. Шартли б. т. 16,0. Шартли кр. отг. 32,5. Нашр т. 15,37. 25000 нусхада босилди. Буюртма №8492. Баҳоси 850 сўм.

«Ўзбекистон миллий энциклопедияси» Давлат илмий нашриёти.
700129, Тошкент, Навоий кўчаси, 30.

Ўзбекистон Республикаси Давлат матбуот қўмитасининг Ижарадаги Тошкент
матбаа комбинати. Тошкент, Навоий кўчаси, 30.