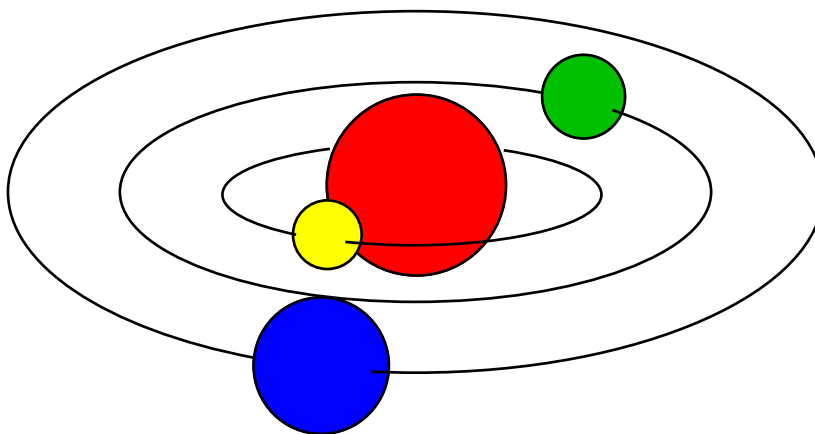


**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ
ВАЗИРЛИГИ**

НИЗОМИЙ НОМЛИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ПЕДАГОГИКА УНИВЕРСИТЕТИ

**"ФИЗИКА ВА УНИ ЎҚИТИШ МЕТОДИКАСИ"
кафедраси**



МЕХАНИКА
(маърузалар матни)

Тузувчи: ф.-м.ф.н. О.А. ГАДОЕВ

Тошкент-2001

1-маъруза

Кириш

Маъруза режаси:

Физика ва унинг бошқа фанлар ҳамда техника фанлари билан боғлиқлиги. Фазо ва вақт. Санок системаси. Тезликнинг чекланганлиги. Майдон тушунчаси. Физик катталикларнинг бирликлари.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, М. Высшая школа, 1986, 9-20 б.
2. Дж. Оппер. Физика, - М, Мир, 1981, 11-24 б.
3. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 1-12 б.

Маъруза матни

Физика – жонсиз табиат қонунлари ўрганиладиган асосий табиат фанларидан биридир. Олам доимий ўзаро таъсирда ва узлуксиз ҳаракатда бўлган моддий жисмлар мажмуасидан иборат. Табиатда содир бўлувчи барча ҳодисалар ва жараёнлар муайян қонунлар бўйича юз беради. Жисмларнинг ҳаракат ва ўзаро таъсир қонунларининг ва электромагнит ҳодисалар қонунларини ўрганиш физиканинг асосий вазифасидир.

Кейинги вақтда физиканинг плазма физикаси, элементар зарралар физикаси, ярим ўтказгичлар физикаси, биофизика, қаттиқ жисм физикаси каби янги бўлимлари ривожланиб бормоқда. Буларнинг барчаси умумий физика курсида ўз аксини топмоқда. Умумий физика курси одатда бир неча бўлимга бўлинади: 1) Механика; 2) Молекуляр физика ва термодинамика; 3) Электр ва магнетизм; 4) Оптика ва 5) Квант физика.

Материя ҳаракати механикавий, электромагнит, иссиқлик ва бошқа кўринишларга эга. Механикавий ҳаракат қонунлари физиканинг биринчи бўлими – механикада ўрганилади. Кўчишлар барча физикавий ҳодисаларда содир бўлади, шунинг учун физиканинг қолган бўлимларини механикани билмасдан туриб ўрганиб бўлмайди.

Физика барча табиат фанлари билан, айниқса, билимнинг техникавий тармоқлари билан узвий боғлангандир. Физикавий қонунлар бир қанча техникавий фанларнинг асосий қонун қоидаларини ташкил қилади. Машинасозлик механика қонунларига, электротехника ва радиотехника эса электромагнит ҳодисалар қонунларига таянади. Саноат электростанцияларининг атом энергияси билан ишлаши техниканинг янги соҳаси – атом энергетикасидан далолат беради. Математика ва физиканинг (шунингдек, бошқа табиат фанларининг) тараққиёти бир-бири билан узвий боғланган. Физикадаги барча қонуниятлар рақамлар воситасида ифодаланади. Фақат математика ёрдамидагина физикавий ҳодисалардаги мураккаб қонуниятларни таҳлил қилиш мумкин.

Ҳар бир ҳаракатда камида иккита жисм иштирок этади, шу сабабли ҳаракатни тавсифлаш учун жисмлардан бирини санок жисми сифатида қабул қилиш мумкин. Санок жисми сифатида ихтиёрий жисмни олиш мумкин. Санок жисми билан боғланган санок системасини тўғри бурчакли координаталар системаси кўринишида тасаввур қилиш мумкин. Координаталар системасининг боши, координаталар ва вақт саноғининг кўрсатилиши санок системасини ташкил қилади.

Ҳаракат фазо ва вақтда содир бўлади. Шу сабабли ҳаракатни тавсифлаш учун вақтни ҳам ҳисоблаш керак. Бу соат ёрдамида амалга оширилади.

Жисмларнинг ёруғлик тезлиги (3×10^{10} м/с)га нисбатан жуда кичик тезликда содир бўладиган ҳаракатларини анализ қилишда вақт жисмларнинг хоссаларига ва уларнинг ҳаракатига боғлиқ эмас. Бундан жисмларнинг тезликлари чекланган эканлиги маълум бўлади.

Ҳозирги вақтда физикада жисм зарралари орасидаги ўзаро таъсир майдон ёрдамида узатилиши исботланган. Майдон материянинг бир кўринишидир. Модда ва

майдон бир-бири билан узвий боғлиқдир. Барча жисмлар орасидаги гравитацион тортишиш, электр зарядларнинг тортишиш ва итарилиш кучлари майдон воситасида тушунтирилади.

Бирор физикавий катталиқни ўлчаш – бирлик учун қабул қилинган ўша турдаги катталиқ билан солиштириш демакдир. Узунлик, масса ва вақт бирликлари асосий бирликлар дейилади. Халқаро бирликлар системасининг асосий бирликлари қуйидагилар ҳисобланади: узунлик бирлиги – метр (м), масса бирлиги – килограмм (кг) ва вақт бирлиги – секунд (с). Бундан ташқари асосий бирликлар сифатида ток кучи бирлиги – Ампер (А), термодинамик температура бирлиги – Кельвин градуси (°К) ва ёруғлик кучи бирлиги – шам(ш) қабул қилинган. Бошқа бирликларнинг барчаси ҳосилавий бирликлар ҳисобланади. Физика қонунлари уларга кирувчи катталиқларнинг ўлчов бирлиги танлаб олинганлигига боғлиқ бўлмаганлиги учун бу қонунларни ифодаловчи тенгламаларнинг иккала томонларининг ўлчамлари бир хил бўлиши керак. Бу шартдан, биринчидан, олинган физикавий муносабатларнинг тўғрилигини текшириш учун ва иккинчидан, физикавий катталиқларнинг ўлчамликларини аниқлаш учун фойдаланиш мумкин. Масалан, тезлик ўлчамлиги,

$$[v] = LT^{-1};$$

Кучнинг ўлчамлиги

$$[F] = [m] \times [a] = MLT^{-2}.$$

Саволлар

1. Физика нимани ўрганади?
2. Механиканинг асосий вазифаси нимадан иборат?
3. Саноқ системасини нималар ташкил қилади?
4. Физикавий катталиқларни ўлчаш деганда нимани тушунаси?
5. Физикавий катталиқнинг бирлиги ва ўлчамлиги нима?

2-маъруза

Кинематика. Асосий тушунчалар. Тўғри чизиқли текис ҳаракат.

Маъруза режаси:

Моддий нукта. Траектория, йўл ва кўчиш. Тўғри чизиқли текис ҳаракат. Тезлик ва унинг бирлиги. Йўл ва тезлик графиклари.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, М. Высшая школа, 1986, 24-29 б.
2. Дж. Оппер. Физика, - М, Мир, 1981, 25-27 б.
3. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 13-21 б.

Маъруза матни

Кинематикада жисмларнинг ҳаракати, бу ҳаракатни юзага келтираётган ёки уни ўзгартираётган сабаблар эътиборга олинмай ўрганилади. Баъзан жисмларнинг ҳаракати қаралаётганда уларнинг ўлчамларини эътиборга олмас бўлади. Бунинг учун жисмнинг ўлчамлари берилган масалада иш кўриладиган бошқа барча ўлчамлардан кичик бўлиши керак. Масалан, автомобилнинг Самарқанддан Тошкентга боргунча босиб ўтган йўлини аниқлаётганда автомобиль ўлчамларини ҳисобга олмас ҳам бўлади. Муайян шароитда ўлчамларини эътиборга олмас ҳам бўладиган жисмни моддий нукта деб аталади.

Моддий нукта ўз ҳаракати давомида қандайдир чизиқ чизади. Бу чизиқни моддий нуктанинг траекторияси дейилади. Траекториясининг шаклига қараб, ҳаракат тўғри чизиқли, айланма, эгри чизиқли ҳаракатларга ажратилади. Траекториянинг узунлиги йўл дейилади ва у скаляр катталиқдир.

Траектория бўйлаб ҳисобланган 1-нуқта билан 2-нуқта орасидаги масофа ўтилган йўлдан иборат ва у l билан белгиланади. 1-нуқтадан 2-нуқтага ўтказилган тўғри чизик кесмаси кўчиш дейилади. Уни $\vec{s}$ билан белгилаймиз. Кўчиш ўз узунлигидан ташқари яна йўналиши билан ҳам характерланади. Бундай катталиклар вектор катталиклар деб аталади.

Тезлик, тезланиш, куч ва шунга ўхшаш қатор бошқа катталиклар вектор катталиклар ҳисобланади. Фақат сон қиймати билан характерланадиган катталиклар скаляр катталиклар дейилади. Йўл, вақт ва масса скаляр катталиклардир.

Нуқтанинг энг содда ҳаракати – унинг тўғри чизик бўйлаб ҳаракатидир. Агар жисм тенг вақтлар ичида тенг масофаларни босиб ўтса, бундай ҳаракатга текис ҳаракат дейилади. Тезлик - бу масофа ўзгаришининг жадаллигидир ёки бирлик вақт ичида босиб ўтилган йўлга тенг бўлган катталиқдир.

Агар автомобиль ўзгармас тезлик билан ҳаракатланса, t вақт ичида унинг босиб ўтган йўли вақтга пропорционал бўлади, яъни $X=vt$ (1). Агар вақтнинг бошланғич моменти t_0 да автомобиль $x=x_0$ нуқтада бўлса, у ҳолда

$$x - x_0 = v(t - t_0) \quad (2) \text{ ёки}$$

$$v = \frac{x - x_0}{t - t_0} \quad (3) \text{ бўлади. Бу ерда } v \text{ тезлик доимий қийматга эга бўлади. } (v = \text{const});$$

Тезлик v учун олинган (3) ифода мусбат ёки манфий бўлиши мумкин. Бу катталиқнинг ишораси ҳаракат йўналишини белгилаб беради. Агар v манфий бўлса, ҳаракат x нинг камайиши томонга қараб юз беради. (3) ифодани яна қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (4)$$

Бу ерда v оний тезлик деб аталади. Тезлик координатадан вақт бўйича олинган биринчи тартибли ҳосилага тенг.

$$v = \frac{dx}{dt} \quad (5).$$

Халқаро бирликлар системасида тезлик м/с ларда ўлчанади, яъни

$$[v] = \left[\frac{1m}{1c} \right] = \left[1 \frac{m}{c} \right];$$

Тўғри чизикли текис ҳаркатда йўл (а) ва тезлик (б) графиклари қуйидагича бўлади:

а)

б)

Саволлар:

1. Моддий нукта деб нимага айтилади?
2. Траектория, йўл ва кўчишга таъриф беринг.
3. Тўғри чизикли текис ҳаракат деб қандай ҳаракатга айтилади?
4. Тезликнинг физикавий маъносини тушунтириб беринг.

3-маъруза

Тўғри чизикли нотекис ҳаракат.

Маъруза режаси:

Тўғри чизикли нотекис ҳаракат. Ўртача тезлик. Оний тезлик. Тезланиш ва унинг бирлиги. Нотекис ҳаракатда тезлик ва вақт орасидаги боғланиш, ҳамда унинг графиги.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, М. Высшая школа, 1986, 42-48 б.
2. Дж. Орир. Физика, - М, Мир, 1981, 29-35 б.
3. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 16-23 б.

Маъруза матни

Нотекис ҳаракатда ўртача тезлик доимий катталиқ бўлмай, у битта ҳаракатнинг ўзи учун, биз уни вақтнинг қайси интервали учун аниқлаётганимизга қараб турлича бўлади. Ўртача тезлик бизга жисм ҳаракатининг йўлнинг турлича жойларидаги ўзгаришларини кўрсатмайди. Шу сабабли ҳаракатни янада тўлароқ характерлаш мақсадида, тезликнинг муайян вақт моменти учун оний қиймати ёки муайян момент учун нуктанинг тезлиги киритилади.

Нуктанинг унча катта бўлмаган Δt вақт оралиғидаги кўчиши аниқланган дейлик. Унда йўлнинг шу қисмидаги ўртача тезлик

$$v_{\text{ур}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (1)$$

қийматга эга бўлади. Δt нинг етарлича кичик қийматларида тезлик катталигининг бирдай қийматлари ҳосил бўлади:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2)$$

Тезликнинг бу қиймати нуқтанинг муайян t вақт моментидаги, аниқроғи, шу момент якунидаги тезликдан иборатдир. Бу тезлик математик маънода янада аниқроқ қуйидагича ёзилади:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (3)$$

Математикада бу лимитни X координатадан вақт бўйича ҳосила олиш дейилади ва қуйидагича белгиланади:

$$v = \frac{dx}{dt} \quad (4)$$

(3) ва (4) ифодалар тезлик катталиги координатадан вақт бўйича олинган ҳосилага тенг эканлигини кўрсатади. (4) тенгламадан

$$dx = v dt \quad (5)$$

эканлиги келиб чиқади.

Ҳаракатланаётган нуқта координатасининг вақтга боғланиш графигидан тезлик катталигини топиш ва унинг вақтга боғланиш графигини чизиш мумкин.

а)

б)

а) ва б) расмлардан, t абсцисса ўқини шундай dt кичик қисмларга бўлиш мумкинки, улар устидаги $x(t)$ эгри чизик кесмасини уринманинг кесмалари деб ҳисоблаш мумкин. У ҳолда уринманинг қиялик бурчаги тангенс $tg \alpha = \frac{dx}{dt}$ тезликнинг

узунлик ва вақт бирликлари билан белгиланувчи бирликлардаги сон қийматини беради.

Нотекис ҳаракатда нуқта ўзгарувчан тезликка эга бўлиб, уни координата каби вақтнинг функцияси сифатида қараш мумкин. Тезлик катталиги жисм кўчишининг ўсиш суръатини кўрсатади. Тезликнинг ўзгариш суръатини эса тезланиш катталиги кўрсатади. Жисм муайян пайтда эга бўладиган тезланиш қуйидагича аниқланади: айтилик, t вақт моментида тезлик v катталиққа, $t+dt$ моментда тезлик $v+dv$ қийматга эга бўлсин, бунда dv – чексиз кичик катталик

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (6)$$

нисбат тезланиш дейилади. Тезланиш катталиги тезликдан вақт бўйича олинган ҳосилага тенг.

Тезланишнинг ўлчамлиги тезлик ва вақт ўлчамлари нисбати

$$\left[a \right] = \frac{\left[v \right]}{\left[t \right]} = \frac{\left[\frac{L}{T} \right]}{\left[T \right]} = \frac{\left[L \right]}{\left[T^2 \right]} = \left[LT^{-2} \right] \quad (7)$$

га тенг бўлиб, m/s^2 ларда ўлчанади.

Доимий тезланишли ҳаракатда тезлик вақт ўтиши билан ўса боради (ёки камай боради), координата эса вақт ўтиши билан квадратик қонун бўйича ўса боради (ёки камай боради). Жисмнинг тўғри чизик бўйича доимий тезланиш билан ҳаракатига

унинг ерга тушиши мисол бўла олади. Бу тезланишнинг катталиги берилган жойнинг географик кенглигига боғлиқ бўлиб, Москва кенглигида

$$g \approx 9,81503 \text{ м/с}^2 \text{ га тенг.}$$

Саволлар:

1. Тўғри чизиқли нотекис ҳаракатда ўртача тезлик қандай топилади?
2. Оний тезлик нима?
3. Тезланишнинг физикавий маъносини тушунтириб беринг.
4. Тезланишнинг ўлчамлигини келтириб чиқаринг.

4-маъруза

Бошланғич тезликсиз ва бошланғич тезликли ҳаракат

Маъруза режаси:

Бошланғич тезликсиз ҳаракат. Бошланғич тезликка эга бўлган моддий нуктанинг нотекис ҳаракати. Йўл, тезлик ва вақт орасидаги боғланиш графиклари.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, М. Высшая школа, 1986, 49-55 б.
2. Дж. Оппер. Физика, - М, Мир, 1981, 26-33 б.
3. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 31-39 б.

Маъруза матни

Йўлнинг етарлича кичик қисмида нуктанинг ҳар қандай ҳаракатини тўғри чизиқли ҳаракат дейиш мумкин. Эгри чизиқ бўйича ҳаракатланаётган нукта жуда кичик dt вақт ичида етарлича кичик кесма ўтади ва ds га кўчади. ds кўчишни траекторияга уринма бўйича ҳаракат томонга йўналган вектор деб ҳисоблаш лозим.

У ҳолда v тезлик векторини қуйидаги тенгликдан аниқлаш мумкин:

$$ds = v dt \quad (1)$$

dt скаляр бўлганидан $\vec{v}$ вектор йўналиши жиҳатидан ds га мос келади. Тезликни эса

$$v = \frac{ds}{dt} \quad (2)$$

дейиш мумкин.

Тезлик траекторияга уринма йўналишга эга бўлган физикавий вектор катталиқдир. Нуктанинг эгри чизиқ бўйлаб ҳар қандай ҳаракатида тезликнинг ҳам йўналиши, ҳам абсолют катталиги ўзгаришсиз қолгандагина тезлик ўзгармайди. Доимий, ўзгармас тезликли ҳаракат текис ва тўғри чизиқли ҳаракатдир. Эгри чизиқли ҳаракат ўзгарувчан тезликли ҳаракатдир.

Агар t_1 вақт интервалида автомобилнинг тезлиги v_1 , t_2 вақт интервалидаги тезлиги v_2 бўлса, у ҳолда вақт бўйича ўртача тезлик қуйидагича бўлади:

$$v_{yp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2} \quad (3)$$

Кинематикада ўртача тезликни вақт бўйича ўртачаланган тезлик деб ҳисоблаш қабул қилинган. Агар $v_1 t_1 = x_1$, $v_2 t_2 = x_2$, ..., $v_n t_n = x_n$ эканлигини ҳисобга олсак, (3) ифода қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$v_{yp} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \quad (4)$$

Жисм координатаси ўртача тезлик ёрдамида қуйидагича ифодаланади:

$$x = x_0 + v_{yp} t \quad (5)$$

Текис тезланувчан ҳаракатда тезлик бошланғич v_0 қийматидан v қийматигача бир маромда ортиб боради.

2-расмдан кўришиб турибдики, ўртача тезлик ординатанинг ярмига тенг, яъни,

$$v_{yp} = \frac{1}{2}(v_0 + v) \quad (6)$$

Координата эса

$$x = x_0 + \frac{1}{2}(v_0 + v)t \quad (7) \text{ га тенг}$$

бўлади.

2-расм

Агар жисмнинг бошланғич тезлиги $v_0=0$ бўлса, $x = x_0 + \frac{1}{2}vt$ (8) га тенг бўлади.

Нукта фазода ҳаракатланганда ds вектор-кесма унинг тўғри бурчакли қилиб олиниши мумкин бўлган координата ўқларига уртача проекцияси орқали бир қийматли аниқланади. ds векторни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\vec{ds} = dx\vec{i} + dy\vec{j} + dz\vec{k} \quad (9)$$

бунда dx , dy , dz лар ds векторнинг координата ўқларига проекциялари, бундан тезлик вектори

$$\vec{v} = \frac{d\vec{s}}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k} \quad (10)$$

ёки

$$\vec{v} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}, \quad (11)$$

бунда v_x , v_y ва v_z лар тезлик векторининг тегишли координата ўқларига проекциялари. Тезлик векторининг координата ўқларига проекциялари нуктанинг берилган ўққа проекциялари ҳосилаларига тенгдир. Фазодаги нукта тезлигини иккита тезликнинг

1) $v_x\vec{i} + v_y\vec{j}$ га тенг бўлган ва нуктанинг xOy горизонтал текисликка проекцияси

тезлиги ҳамда 2) $v_z\vec{k}$ га тенг бўлган ва нуктанинг вертикалга проекцияси тезлиги йиғиндиси сифатида тасаввур қилиш мумкин. Одатда, самолётнинг тезлиги иккита ташкил этувчига - горизонтал ва вертикал ташкил этувчига эга дейилади.

Тезликнинг абсолют катталиги унинг проекциялари орқали қуйидагича ифодаланади:

$$v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}, \quad (12)$$

Нуктанинг фазодаги ҳар қандай ҳаракатида умумий ҳолда унинг кўчишининг барча проекциялари ўзгара боради, яъни тезлик абсолют катталиги жиҳатидан ҳам, йўналиши жиҳатидан ҳам ўзгара боради.

Саволлар:

1. Нотекис ҳаракат деганда қандай ҳаракатни тушунасиш?
2. Нотекис ҳаракатда ўртача тезлик қандай топилади?
3. Текис тезланувчан ҳаракатда ўртача тезлик қандай катталикларга боғлиқ?
4. Тезлик векторининг координата ўқларига проекцияларини кўрсатинг.

5-маъруза

Нотекис илгариланма ҳаркат тезланиши

Маъруза режаси:

Нотекис илгариланма ҳаракат тезланиши. Ўртача ва оний тезланиш. Оний тезлик ва тезланиш графикаси.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, М. Высшая школа, 1986, 45 - 49 б.
2. Дж. Оппер. Физика, - М, Мир, 1981, 29 - 33 б.
3. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 40 - 44 б.

Маъруза матни

Тезланиш ҳақидаги тасаввурлар ҳаммага маълум. Автомобиль газ (тезлик маъносида) педалининг босилиши унинг тезланиш олишига сабаб бўлади. Педал қанчалик кучлироқ босилса, тезланиш шунча катта бўлади. Тезланиш даврида тезлик ортада ва йўловчилар ўриндиқларга кучлироқ босим беради. Тормоз педалини босиш эса автомобильнинг манфий тезланиш олиши (тезликнинг камайиши)га сабаб бўлади. Тезланиш – бу тезлик ўзгаришининг жадаллигидир.

Агар жисмнинг тезлиги бир хилда ортиб борса, у ўзгармас тезланиш билан ҳаракатланади. Агар а тезланиш ўзгармас бўлса, у ҳолда

$$v - v_0 = at \quad (1) \text{ ёки}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t} \quad (2)$$

бўлади, бу ерда $v - v_0 = \Delta v$ t вақт ичида тезликнинг ўзгариши дейилади. Халқаро бирликлар системасида тезланиш

$$[a] = \left[\frac{1 \text{ м} / \text{с}}{1 \text{ с}} \right] = \left[1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right] \text{ ларда ўлчанади.}$$

Агар тезланиш вақт давомида ўзгариб борса, тезликнинг Δt вақт интервалидаги ўзгаришини топиш талаб қилинади. У ҳолда

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)$$

ёки

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (3)$$

га тенг бўлади ва оний тезланиш деб аталади.

Нотекис ҳаракатда жисм координатаси

$$x = x_0 + v_{yp} t \quad (4)$$

тенглама билан ифодаланади. Ўрта тезлик эса бошланғич ва охириги тезликлар йиғиндисининг ярмига тенг, яъни,

$$v_{yp} = \frac{1}{2}(v_0 + v) \quad (5)$$

(5) ни (4) га қўйсак

$$x = x_0 + \frac{1}{2}(v_0 + v)t \quad (6)$$

бўлади.

(2) тенгламадан $v = v_0 + at$. Тезликнинг бу ифодасини (6) га қўйсак,

$$x = x_0 = \frac{1}{2}[v_0 + (v_0 + at)]t \quad \text{ёки}$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (7)$$

бўлади ($a = \text{const}$).

Демак, текис тезланувчан ҳаракатда жисмнинг кўчиши вақтнинг квадратига пропорционал равишда ўзгаради. Агар бошланғич координата x_0 ва бошланғич тезлик v_0 нольга тенг бўлса,

$$x = \frac{1}{2} a t^2 \quad (8)$$

га тенг бўлади.

Агар (7) ифодани вақт бўйича дифференциалласак, қуйидагига эга бўламиз:

$$\frac{dx}{dt} = v_0 + at \quad (9).$$

$$\frac{dx}{dt} = v \quad \text{яъни,}$$

$$v = v_0 + at \quad (10).$$

а)

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

б)

$$v = v_0 + at$$

в)

(9) ифодани вақт бўйича
дифференциалласак, $\frac{d^2x}{dt^2} = a$
(11) ҳосил бўлади.

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = a ;$$

Агар v_0 бошланғич тезлик манфий қийматли бўлса, графиклар қуйидаги кўринишга эга бўлади:

1-б, расм

Агар $a = \text{const}$ бўлса,

$$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0) \quad (12)$$

эканлигини осонгина исбот қилиш мумкин.

Саволлар:

1. Тезланиш нима?
2. Текис тезланувчан ҳаракатда ўртача тезлик қандай топилади?
3. Ўртача ва оний тезланишнинг фарқини тушунтиринг.
4. Текис тезланувчан ҳаракат учун координата, тезлик ва тезланишнинг вақтга боғлиқлик графикларини изоҳлаб беринг.
5. Текис тезланувчан ҳаракатда жисмнинг кўчиши ва координатаси қандай катталикларга боғлиқ?

6-маъруза

Эркин тушиш.

Маъруза режаси:

Эркин тушиш. Вертикал отилган жисм ҳаракати. Тезликларни қўшиш. Горизонтал йўналишда отилган жисм ҳаракати.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, М. Высшая школа, 1986, 158 - 160 б.
2. Дж. Оорир. Физика, - М, Мир, 1981, 36 - 42 б.
3. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 36 - 43 б.

Маъруза матни

Ер яқинида жойлашган ихтиёрий эркин жисм Ер марказига томон йўналган $9,81 \text{ м/с}^2$ тезланиш билан тушиши экспериментал равишда аниқланган. Энг ажойиб томони шундаки, бу тезланиш жисмнинг массасига, тузилишига ва бошланғич тезлигига боғлиқ эмас. Бу тезланишни g ҳарфи билан белгилаш қабул қилинган ва $g=9,81 \text{ м/с}^2$. Биз эркин тушиш тезланиши g ни ҳамма вақт мусбат катталик деб ҳисоблаймиз. Шунинг учун x ўқи юқорига йўналган бўлса, y ҳолда тезланиш $a = -g$ бўлади.

Ҳаракат йўналишидан қатъий назар, (горизонтал ёки вертикал йўналишда) биз бу ҳаракатни x ўқи бўйлаб содир бўлади деб ҳисоблаймиз. Жисмнинг вертикал текисликдаги ҳаракатини кўриб чиқайлик. Горизонтал йўналишдаги координатани x билан, вертикал йўналишдаги координатани y билан белгилаймиз. Маълумки, ўйинчоқ замбаракдан горизонтга нисбатан α бурчак остида шарча отилса, y парабола бўйлаб ҳаракатланади. 1-а расмда $(v_0)_y$ бошланғич тезлик билан вертикал отилган шарча ҳаракати тасвирланган. Бу шарчанинг кўчиши қуйидагича ифодаланади:

$$y = (v_0)_y t - gt^2/2 \quad (1)$$

1-б расмда ўнг томонга ўзгармас тезликда ҳаракатланаётган замбаракдан отилган шарчанинг траекторияси кўрсатилган. Шарчанинг горизонтал йўналишдаги кўчиши

$$x = (v_0)_x t \quad (2)$$

кўринишда ифодаланса, вертикал бўйлаб кўчиши эса (1) тенглама билан ифодаланади.

1-б расмда тасвирланган шарча ҳаракати траекторияси тенгламасини (2) тенгламани t га нисбатан ечиб ва уни (1) тенгламага қўйиб топиш мумкин:

$$y = (v_0)_y \left(\frac{x}{(v_0)_x} \right) - \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{(v_0)_x} \right)^2 = \frac{(v_0)_y}{(v_0)_x} x - \frac{g}{2(v_0)_x^2} x^2, \quad (3)$$

Бу тенглама парабола тенгламасидир. Агар 2-расмда кўрсатилган шарчанинг горизонтга нисбатан отилиш бурчаги α ва секундига метрларда сон қиймати берилса, бошланғич тезликни аниқлаш мумкин. Шунингдек, шарчанинг тезлигини унинг вертикал ташкил этувчиси $(v_0)_x$ ва горизонтал ташкил этувчиси $(v_0)_y$ ёрдамида ҳам топиш мумкин. Айтайлик, Δt вақт давомида шарча горизонтал йўналишда Δx , вертикал йўналишда эса Δy масофани учиб ўтса, у ҳолда Пифагор теоремасига биноан шарчанинг тўлиқ чизиқли қўчиши қуйидагига тенг бўлади:

$$\Delta S = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}, \quad (4)$$

(4) тенгламанинг ҳар иккала томонини Δt га бўлсак,

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{\Delta t} \right)^2}, \quad (5)$$

ёки

$$V = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} \quad (6)$$

бўлади.

Бу ерда $v_x = v_0 \cos \alpha$, $v_y = v_0 \sin \alpha$ Уч ўлчовли фазода эса

$$V = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2 + v_{0z}^2} \quad (7)$$

га тенг бўлади.

Физикада кўпинча вектор катталиклар билан иш кўришга тўғри келади. У ёки бу физик катталиқнинг вектор катталиқ эканлиги тажрибада аниқланади. Жисмнинг қўчиши, тезлик, тезланиш, куч, импульс моменти, куч импульси, электр майдон кучланганлиги, магнит майдон кучланганлиги ва ток зичлиги вектор катталиклардир.

Тезликларни вектор усулда қўшишни оқайтган сувда ҳаракатланаётган қайиқ мисолида кўрсатиш мумкин. Қайиқнинг Δt вақт ичидаги сувга нисбатан қўчишини ΔS билан, сувнинг қирғоққа нисбатан қўчишини ΔS_c билан белгилаймиз. У ҳолда қайиқнинг қирғоққа нисбатан қўчиши $\Delta S'$ қуйидагича бўлади:

$$\Delta S' = S_c + \Delta S \quad (8)$$

Бу ифоданинг ҳар иккала томонини Δt га бўлиб юборсак,

$$\frac{\Delta S'}{\Delta t} = \frac{\Delta S_c}{\Delta t} + \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (9)$$

га эга бўламиз.

Агар $\Delta t \rightarrow 0$ бўлса, у ҳолда

$$v' = v_c + v \quad (10)$$

бўлади.

Бу ерда v_c – сувнинг қирғоққа нисбатан тезлиги, v – қайиқнинг сувга нисбатан тезлиги, v' – қайиқнинг қирғоқда турган қўзғалмас кузатувчига нисбатан тезлиги ҳисобланади. (10) ифода тезликларни қўшиш қоидаси дейилади.

Саволлар:

1. Эркин тушиш деб нимага айтилади?
2. Эркин тушиш тезланишининг катталиги нималарга боғлиқ?
3. Тезликларни қўшиш қоидасини тушунтиринг?
4. Оғирлик кучи таъсири остида ҳаракатланаётган жисмнинг кўтарилиш вақти ва максимал баландлиги қандай физик катталикларга боғлиқ?

7-маъруза

Горизонтга бурчак остида отилган жисм ҳаракати

Маъруза режаси:

Горизонтга бурчак остида отилган жисм ҳаракати. Горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг траекторияси, тезлиги, юқорига кўтарилиш вақти, кўтарилиш баландлиги, учиш узоқлиги.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, М. Высшая школа, 1986, 38 - 40 б.
2. Дж. Ойр. Физика, - М, Мир, 1981, 42 - 44 б.
3. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 40 - 44 б.

Бирор жисм горизонт билан α бурчак ташкил қилувчи ва сон қиймати v_0 га тенг бўлган бошлангич тезлик билан отилган, деб фараз қилайлик. Шу жисм ҳаракат траекториясининг кўринишини, унинг ҳаракат вақтини, кўтарилиш баландлигини ва учиш узоқлигини аниқлайлик.

Жисмнинг ҳаракатини Ерга нисбатан қараб, Ерни санок боши қилиб оламиз ва унга тўғри бурчакли координаталар системасини жойлаштирамиз. (1-расм).

1-расмдан фойдаланиб, жисм тезлигининг проекциялари учун қуйидаги ифодаларни ёзамиз:

$$\left. \begin{aligned} v_x &= v_0 \cos \alpha \\ v_y &= v_0 \sin \alpha - gt \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Жисмнинг координаталари вақт ўтиши билан ўзгаради. Шунинг учун уларни вақтнинг функциялари сифатида қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$\left. \begin{aligned} x &= v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y &= v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Жисмнинг ҳаракати горизонтал йўналишда v_x тезликли текис ҳаракат билан v_y бошланғич тезликда юқорига вертикал йўналган текис секинланувчан ҳаракат йиғиндисидан иборат бўлган мураккаб ҳаракатдир. x ва y нинг (2) тенгламадаги ифодаларидан t вақтни йўқотиб, траектория тенгламасини топамиз:

$$y = tg \alpha \cdot x - \frac{g}{2v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} \cdot x^2 \quad (3)$$

(3) тенгламадаги x ва x^2 олдидаги коэффицентлар ўзгармас катталиклардир, уларни a ва b билан белгиласак, y ҳолда

$$y = ax - bx^2 \quad (4)$$

ҳосил бўлади, бу парабола тенгламасидир. Демак, горизонтга нисбатан бурчак остида отилган жисм парабола бўйича ҳаракат қилар экан.

Траекториянинг энг юқори нуқтасида тезликнинг вертикал ташкил этувчиси нолга тенг, яъни $v_y=0$. Шунинг учун жисмнинг максимал баландликка кўтарилиш вақти t_1 ни

$$v_0 \sin \alpha - gt_1 = 0$$

тенгликдан аниқлаш мумкин, бундан

$$t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \quad (5)$$

бўлади.

Жисмнинг кўтарилиш баландлиги фақат тезликнинг вертикал ташкил этувчисига боғлиқ. Максимал кўтарилиш баланлиги h_m (2) формуладаги y нинг ифодасига максимал баландликка кўтарилиш вақти t_1 нинг қийматини қўйиб аниқланади, яъни:

$$h_m = v_y \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{g} - \frac{g}{2} \left(\frac{v_0 \sin \alpha}{g} \right)^2 = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad (6)$$

Оғирлик кучи таъсири остида ҳаракатланаётган жисмнинг кўтарилиш вақти унинг тушиш вақтига тенг. Шунинг учун жисмнинг тўлиқ учиш вақти

$$t = 2t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \quad (7)$$

муносабатдан топилади.

Жисмнинг учиш узоқлиги фақат тезликнинг горизонтал ташкил этувчисига боғлиқ. Шунинг учун t учиш вақтининг қийматини x нинг ифодасига келтириб қўйиб, жисмнинг учиш узоқлиги l ни топиш мумкин:

$$l = v_x \cdot t = v_0 \cos \alpha \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha \quad (8).$$

Охирги формуладан кўринадики, бошланғич тезликнинг маълум қийматида ва $2\alpha = 90^\circ$ ёки $\alpha = 45^\circ$ бўлганда жисм энг узоққа бориб тушади. Бурчакни тўғри танлай

билиш ва нишонгача бўлган масофани, ҳамда снаряднинг бошланғич тезлиги v_0 ни билиш, анъанавий ҳарбий муаммолардан бири бўлган, замбаракни нишонга тўғри ростлаш муаммосини ҳал этиш имконини беради.

Саволлар:

1. Бошланғич тезликнинг координата ўқларидаги проекцияларини топинг.
2. Горизонтга нисбатан бурчак остида отилган жисмнинг ҳаракат траекторияси қандай бўлади?
3. α нинг қандай қийматида жисмнинг учиш узоқлиги максимал бўлади?

8-маъруза

Айлана бўйлаб ҳаракат

Маъруза режаси:

Моддий нуқтанинг айлана бўйлаб ҳаракати. Айланиш даври ва частотаси. Айлана бўйлаб текис ҳаракат. Бурчак тезлик ва чизиқли тезлик орасидаги боғланиш.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, М. Высшая школа, 1986, 51 - 52 б.
2. Дж. Орир. Физика, - М, Мир, 1981, 44 - 45 б.
3. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 34-39 б.

Маъруза матни

Эгри чизиқли ҳаракатнинг энг содда ҳоли – нуқтанинг айлана бўйлаб текис ҳаракатини қараб чиқамиз.

Фараз қилайлик, вақтнинг текшириляётган t моментида нуқта 1 ҳолатда бўлсин. (1-расм). Δt вақтдан кейин нуқта 1-2 ёйга тенг бўлган ΔS йўлни ўтиб 2 ҳолатга келади. Бунда тезлик вектори катталиқ жиҳатидан ўзгармасдан $\Delta\varphi$ бурчакка бурилади. Бу бурчакнинг катталиги ΔS узунлиқдаги ёйга таянган марказий бурчакка тенгдир:

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta S}{R}, \quad (1).$$

бу ерда R –нуқта ҳаракатланаётган айлананинг радиуси. Жисмнинг айлана бўйлаб ҳаракат тезлигига чизиқли тезлик дейилади. Айлана бўйлаб текис ҳаракатнинг чизиқли тезлиги

жисмнинг вақт бирлигида ўтган ёйининг узунлиги билан ўлчанади, яъни

$$v = \frac{\Delta \tilde{S}}{\Delta t}, \quad (2)$$

бу ерда ΔS – жисмнинг Δt вақт давомида босиб ўтган ёйининг узунлиги. Эгри чизиқли ҳаракатда жисмнинг чизиқли тезлиги ҳамма вақт ҳаракат траекториясига уринма бўйлаб йўналади. Жисм айлана бўйлаб текис ҳаракат қилганда чизиқли тезлик вектори миқдор жиҳатдан ўзгармасдан, бутун ҳаракат давомида ўз йўналишини ўзгартириб туради. Шунинг учун, айлана бўйлаб ҳаракатланаётган жисмнинг ҳаракати чизиқли тезликдан ташқари бурчак тезлик деб аталадиган катталиқ билан ҳам характерланади.

Жисмнинг вақт бирлиги ичида бурилиш бурчаги айлана бўйлаб текис ҳаракатнинг бурчак тезлиги дейилади, яъни

$$w = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}, \quad (3).$$

Жисм айлана бўйлаб бир марта тўлиқ айланиб чиққанда босиб ўтган ёйининг узунлиги $2\pi R$ га тенг бўлади.

Демак, марказий бурчак

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi R}{R} = 2\pi, \text{ рад} \quad (4)$$

бўлади. Градус ўлчовида бу бурчак 360^0 га тенг. Шунинг учун

$$1\text{рад} = \frac{360^0}{2\pi} = \frac{360^0}{6,28} = 57^0 18'$$

(3) формулага кўра, бурчак тезликнинг бирлиги

$$[w] = \frac{[\Delta\varphi]}{[\Delta t]} = \left[\frac{1\text{рад}}{1\text{с}} \right] = \left[1 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \right]$$

Жисмнинг айлана бўйлаб ҳаракати яна иккита физик катталик: айланиш даври T ва айланиш частотаси ν билан ҳаракатерланади.

Жисмнинг бир марта тўлиқ айланиб чиқиши учун кетган вақт билан ўлчанадиган катталик айлана бўйлаб ҳаракатнинг айланиш даври дейилади.

Жисмнинг вақт бирлиги ичида тўлиқ айланишлари сони билан ўлчанадиган катталик айлана бўйлаб ҳаракатнинг айланиш частотаси дейилади.

Таърифлардан кўринадики, давр билан частота ўзаро тескари боғланган катталиклардир. Шунинг учун

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (5)$$

деб ёза оламиз.

(4) ва (5) формулага биноан бурчак тезлик

$$w = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu \quad (6)$$

экани келиб чиқади.

Айланма ҳаракат билан боғлиқ бўлган кўпгина масалаларда жисмнинг t вақт давомида N марта айланган ҳоллари учраб туради. Бундай ҳолларда айланиш частотаси

$$\nu = \frac{N}{t} \quad (7)$$

муносабатдан топилади.

Айлана бўйлаб текис ҳаракат қилаётган жисмнинг босиб ўтган йўлини (1) формула бўйича ҳисоблаб топиш мумкин:

$$\Delta S = \Delta\varphi \cdot R$$

Бу тенгликнинг иккала томонини Δt га бўлиб, (2) ва (3) формулаларни назарга олсак, чизиқли тезликни бурчак тезлик билан боғловчи муносабатни топамиз:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \cdot R, \quad v = wR \quad (8)$$

Бу муносабатдан кўринадики, айлана бўйлаб ҳаракат қилаётган жисмнинг чизиқли тезлиги бурчак тезлик билан айлана радиусининг кўпайтмасига тенг экан.

(8) ва (6) формулага кўра чизиқли тезлик

$$v = \frac{2\pi}{T} R = 2\pi\nu R, \quad (9)$$

экани келиб чиқади.

Шунингдек, бурчак тезликни

$$\vec{w} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta\varphi}}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}, \quad (10)$$

кўринишда ифодалаш мумкин. $\vec{W}$ вектор жисм айланаётган ўқ бўйлаб ўнг винт қоида-сига биноан йўналган (2-расм) бўлиб, аксиал вектордан иборат.

2-расм

Саволлар:

1. Айланма ҳаракат қандай ҳаракат турига киради?
2. Айланиш даври ва частотаси нима?
3. Бурчак тезликнинг бирлиги нима?
4. Бурчак тезлик билан чизиқли тезлик орасидаги боғланишни кўрсатинг?
5. Бурчак тезлик векторининг йўналиши қандай топилади?

9-маъруза

Айлана бўйлаб текис тезланувчан ҳаракат

Маъруза режаси:

Айлана бўйлаб текис тезланувчан ҳаракат. Ўртача ва оний тезланиш.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, М. Высшая школа, 1986, 52 - 58 б.
2. Дж. Орир. Физика, - М, Мир, 1981, 44 - 50 б.
3. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 34 - 42 б.

Маъруза матни

Жисмнинг R радиус бўйлаб v доимий тезлик билан текис ҳаракатини кўриб чиқамиз. Гарчи тезликнинг катталиги ўзгармаса-да, бу ҳол $\vec{v}$ вектор ўзгармас эканлигини билдирмайди, чунки, тезликнинг йўналиши узлуксиз равишда ўзгариб туради. $\vec{V}$ векторнинг ўсиши Δv ҳамма вақт нолдан фарқли. Бундан келиб чиқадики, тезланиш вектори $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ ҳам нолдан фарқли бўлади. Тезликнинг йўналиши ҳисобига ҳосил бўладиган тезланиш марказга интилма тезланиши дейилади. Энди бу тезланиш ҳамма вақт айлана бўйлаб марказга томон йўналган ва абсолют қиймат жиҳатдан $\frac{v^2}{R}$ га тенг эканлигини кўрсатамиз. $a_{м.и}$ тезланишни ҳисоблаш учун жисмнинг иккита кетма-кет ҳолатидаги тезликлар фарқини топиш керак. Фараз қилайлик, Δt вақтда жисм

1-а расмда кўрсатилганидек, 1 нуктадан 2 нуктага кўчади. $\Delta v = v_2 - v_1$ бўлсин. Марказга интилма тезланиш

$$a_{ми} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}, \quad (1)$$

v_1 ва v_2 векторлар орасида ΔQ бурчак 1-а расмдаги ΔQ бурчак билан мос тушади. Шундай қилиб, 1-а ва 1-б расмлардаги учбурчакларнинг ўхшашлигидан қуйидагиларни ёзиш мумкин:

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta S}{R}, \quad (2)$$

ёки

$$\Delta v = v \Delta S R \quad (3)$$

бу ерда ΔS – 1 ва 2 нукталар орасидаги масофа.

Бу тенгликнинг иккала томонини Δt га бўлиб

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v}{R} \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad \text{ёки} \quad a_{оний} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v}{R} \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (4)$$

ни ҳосил қиламиз.

а)

б)

1 – расм

Агар $\Delta t \rightarrow 0$, унда $\Delta v / \Delta t \rightarrow a_c$ ва $\Delta S / \Delta t \rightarrow v$ бўлади.

Шундай қилиб,

$$a_{ми} = \frac{v^2}{R} \quad (5)$$

бўлади. $\Delta t \rightarrow 0$ чегаравий шартда Δv вектор v векторга перпендикуляр бўлади ва натижада, айлана марказига томон йўналган бўлади. Шундай қилиб, марказга интилма тезланиш ҳамма вақт айлана марказига томон йўналганлигига ишонч ҳосил қилдик. (4) тенгламадаги $\Delta t \rightarrow 0$ ҳолдаги тезланиш оний тезланиш деб аталади.

Марказга интилма тезланишни баъзида R ва T орқали, бу ерда T – айланиш даври ёки бир марта тўлиқ айланиш учун кетган вақт орқали ифодалаш мумкин. Заррачанинг ҳаракат тезлиги айлана узунлигининг айланиш даврига нисбатига тенг

$$v = \frac{2\pi R}{T}, \quad (6)$$

Тезликнинг бу ифодасини (5) га қуйиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$a_{м.и} = \frac{\left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2}{R} = \frac{4\pi^2}{T^2} R, \quad (7)$$

Кўпинча адабиётларда «марказдан қочма куч» ва «марказдан қочма тезланиш» тушунчалари учраб туради. Бу турдаги куч ва тезланиш кузатувчи айланиётган координаталар системасида жойлашган вақтдагина мавжуд бўлади, яъни бу ҳолда кузатувчининг ўзи тезланиш олади.

Саволлар:

1. Марказга интилма тезланиш деб нимага айтилади?
2. Ўртача ва оний тезланишларнинг фарқини тушунтиринг.
3. "Марказдан қочма куч" - нима?
4. Қандай чегаравий шартда Δv вектор ва v вектор ўзаро перпендикуляр бўлади?

10-маъруза

Айлана бўйлаб нотекис ҳаракат

Маъруза режаси:

Айлана бўйлаб нотекис ҳаракатда тезланиш. Ўртача ва оний тезланишлар графикалари. Нормал ва тангенциал тезланиш.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, М. Высшая школа, 1986, 42 - 49 б.
2. Дж. Орир. Физика, - М, Мир, 1981, 45 - 50 б.
3. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 34 - 44 б.

Маъруза матни

Реал шароитларда жисмларнинг ўзгармас тезликли ҳаракати жуда кам учрайди. Ҳаракатни тўлиқ тавсифлаш учун тезлик ўзгаришини баҳолаш лозим. Жисмнинг тезлиги фазода ва вақтда ўзгаради. Бу ўзгаришларнинг қайси бири муҳимроқ ҳисобланади? Гениал механик Г. Галилей тезликнинг вақт бўйича ўзгариши (тезланиш)ни танлади ва фаннинг ривожланиши бунинг тўғри эканлигини кўрсатди.

Жисмнинг оний тезланиши тезлик элементар ўзгаришининг шу ўзгариш юз берган вақтга нисбатига тенг:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = i \frac{dv_x}{dt} + j \frac{dv_y}{dt} + k \frac{dv_z}{dt} = i a_x + j a_y + k a_z = \frac{d^2 \vec{R}}{dt^2}, \quad (1)$$

Умумий ҳолда тезлик модуль жиҳатдан ва йўналиш жиҳатдан ўзгариши мумкин. Ҳаракатланаётган нуқтанинг бир-бирига яқин бўлган иккита ҳолатини кўриб чиқайлик. Нуқта тезлиги ўзгаришини тезликлар учбурчаги ёрдамида топамиз (1-расм). Бу ўзгаришни

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 \quad (2)$$

ёки уринма тезликнинг ўзгариши $\Delta \vec{v}_t$ ва нормал тезликнинг ўзгариши $\Delta \vec{v}_n$

йиғиндисидан иборат деб тасаввур қилиш мумкин.

Тезланиш эса

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv_t}{dt} + \frac{dv_n}{dt} = \vec{a}_t + \vec{a}_n, \quad (3)$$

ва тезланишнинг модули

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} \quad (4)$$

га тенг.

$\vec{a}_t$ вектор 1 нуктада траекторияга ўтказилган уринма бўйича йўналган ва тезлик модули ўзгаришини характерлайди. $\vec{a}_n$ вектор эса траекторияга ўтказилган нормал бўйича марказга томон йўналган ва тезланиш вектори йўналишининг ўзгаришини характерлайди. Бу тезланишлар мос равишда уринма (тангенциал) ва нормал (марказга интилма) тезланиш деб аталади.

Траекториянинг ихтиёрий нуктасида $\vec{v}$ вектор уринма бўйлаб йўналади ва тезликнинг йўналиши доимо ўзгариб туради, модули эса ўзгармас бўлади.

Ҳаракатланаётган нуктанинг нормал тезланиши

$$a = a_n = \frac{2\pi v}{T} = \frac{4\pi^2}{T^2} R = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R, \quad (5)$$

га тенг бўлади.

Нормал тезланиш вектори a_n ҳамма вақт тезлик вектори $\vec{v}$ га перпендикуляр йўналган бўлади.

Агар нукта айлана бўйлаб нотекис ҳаракат қилаётган бўлса, у ҳолда модули вақт бўйича ўзгарувчи тангенциаль (уринма) тезланиш юзага келади:

$$a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_t}{\Delta t} = \frac{dv_t}{dt}, \quad (6)$$

Ҳаракат текис тезланувчан бўлганда тангенциал тезланишнинг йўналиши тезлик йўналиши билан мос тушади, текис секинланувчан ҳаракатда эса улар қарама-қарши йўналган бўлади. Айлана радиуси ўзгармас бўлгани учун, бу тезланишнинг модули

$$a_t = \frac{dw}{dt} R, \quad (7)$$

га тенг бўлади.

Бурчак тезликнинг вақт бўйича ўзгаришини характерловчи катталиқ

$$\mathcal{E} = \frac{dw}{dt}, \quad (8)$$

айланаётган нуктанинг бурчак тезланиши деб аталади. Бурчак тезланишнинг бирлиги – рад/с².

Шу билан биргаликда, бу ҳаракатда нормал тезланиш $a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_n}{\Delta t}$ ҳам мавжуддир. Тўлиқ тезланиш эса

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \vec{a}_t + \vec{a}_n \quad (9)$$

га тенг бўлади.

Саволлар:

1. Тезликлар учбурчагидан уринма ва нормал тезликлар ўзгаришларини кўрсатинг.
2. Тангенциал ва нормал тезланишларнинг моҳияти ва фарқини тушунтиринг.

3. a_n ва a_t векторларнинг тезлик векторига нисбатан йўналишини кўрсатинг.
4. Бурчак тезланиш деб нимага айтилади?

11-маъруза

Динамика қонунлари

Маъруза режаси:

Ньютоннинг биринчи қонуни. Масса ва куч. Ньютоннинг иккинчи ва учинчи қонуни. Табиат кучлари. Ҳаракат миқдори ва унинг сақланиш қонуни.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, М. "Высшая школа", 1986, 105 – 115, 129 - 130 б.
2. Дж. Оорир. Физика, - М, Мир, 1981, 51 - 55 б.
3. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 45 - 100 б.

Маъруза матни

Динамика қонунлари жисмнинг ҳаракати билан уни юзага келтирган ёки бу ҳаракатни ўзгартирувчи сабаблар орасидаги боғланишни ўрнатади. Куч деганда жисмларнинг ўзаро таъсири натижасида юзага келувчи ва ҳаракат ҳолатини ўзгартирувчи физикавий сабабни тушунамиз. Куч – камида иккита жисмнинг ўзаро таъсирини характерловчи ё жисм ҳаракат ҳолатининг ўзгаришини, ё жисм шаклининг ўзгаришини, ёки ҳар иккаласининг биргаликда ўзгаришини аниқловчи физикавий катталиқдир.

Биз статикада кучни қандай ўлчашни ва аниқлашни билганимиз ҳолда, бу куч жисм ҳаракатининг ўзгариши ҳаракат ҳолатининг ўзгариши билан қандай боғланганини билмаймиз – бу динамиканинг асосий масаласидир. Кучлар билан ҳаракат ўртасидаги боғланиш қонуниятини очиш – биринчи марта Галилейнинг инерция қонуни асосида Ньютон томонидан тўла тарзда ечилган эди. Бу қонун Ньютоннинг биринчи қонуни дейилади ва у қуйидагича таърифланади: Ҳар қандай жисм тинч ёки текис ва тўғри чизиқли ҳаракат ҳолатини қўйилган кучлар бу ҳолатни ўзгартиргунча сақлайди. Бу қонун математик усулда қуйидагича ёзилади:

$$a=0, F_{т.т} = 0, \quad (1)$$

Жисмнинг массаси деб аталувчи физикавий катталиқ жисм инертлигининг ўлчовидир. Аравачани юклай бориб, биз унинг массасини оширамиз, натижада аравачанинг ўша куч таъсирида оладиган тезланиши камаяди. Берилган жисмнинг муайян куч таъсиридаги тезланиши устида тажрибалар ўтказиш ҳамда динамиканинг иккинчи қонунини ҳисобга олиш билан жисм массасини аниқлаш мумкин. Шундай йўл билан топилган катталиқ инерт масса дейилади.

Халқаро келишув асосида СИ системасида масса бирлиги қилиб килограммнинг халқаро прототиби қабул қилинган. Массанинг бу бирлиги килограмм (кг) деб аталади. Масса – скаляр катталиқдир.

Кучлар таъсирида жисм қандай ҳаракат қилади? Бунга динамиканинг иккинчи қонуни жавоб беради. Жисм массаси катталигининг унинг тезланишига қўпайтмаси берилган жисмга таъсир қилаётган кучнинг катталигига пропорционал. Куч ва тезланиш йўналишлари мос тушади. Иккинчи қонун ўзаро учта катталиқни: куч, тезланиш ва массани боғлайди. Жисмнинг ҳаракатидаги механикавий ҳолатни характерлаш учун яна битта катталиқ – жисмнинг ҳаракат миқдори киритилади. Агар m массали жисмнинг ҳаракат миқдорини P орқали белгиласак, у ҳолда v тезликка эга бўлган жисм учун:

$$P = mv, \quad (2)$$

Жисм ҳаракат миқдоридан олинган ҳосила катталиқ жиҳатдан таъсир қилувчи кучга тенг ва йўналиши унинг йўналиши билан мос тушади.

Агар P – жисмнинг ҳаракат миқдори, F – таъсир этувчи куч бўлса, у исталган вақт моментида

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad \text{ёки} \quad F = \frac{d}{dt}(m \vec{v}) \quad (3)$$

бўлади.

Жисм массаси ўзгармас бўлганлиги учун (3) ифодани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$F = m \frac{dv}{dt}, \quad (4)$$

бунда $\frac{dv}{dt} = a$ бўлгани учун (4) ни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$F = m a, \quad (5)$$

Демак, (5) ифодадан кўриниб турибдики, куч тезланишга тўғри пропорционал экан.

Динамиканинг учинчи қонунини Ньютон қуйидагича таърифлаган: «Таъсирга ҳамма вақт тенг ва қарама-қарши акс таъсир мавжуд; бошқача айтганда, иккита жисмнинг бир-бирларига ўзаро таъсирлари ўзаро тенг ва қарама-қарши йўналган».

Агар бирор A жисмга таъсир қилувчи куч иккинчи B жисм томонидан қуйилган бўлса, у ҳолда бу кучни F_{AB} орқали белгилаймиз.

Учинчи қонуннинг даъвосига кўра, агар B жисм A жисмга F_{AB} куч билан таъсир қилса, у ҳолда ўз навбатида A жисм B жисмга, албатта катталиги тенг ва ишораси қарама-қарши F_{BA} куч билан таъсир қилади, яъни

$$\vec{F}_{A \rightarrow B} = - \vec{F}_{B \rightarrow A}, \quad (6)$$

Бу иккала куч битта тўғри чизик бўйича йўналган бўлади. Учинчи қонун куч икки хил жисмнинг ўзаро таъсири натижаси эканлигини акс эттиради.

Табиат кучлари асосан иккига бўлинади: электромагнит кучлар ва Бутун Олам тортишиш кучлари. Бошқа барча кучлар, масалан, эластиклик кучи, ишқаланиш кучи, электр кучи, магнит кучи ва ҳоказо кучлар шу икки асосий кучларнинг турлича намоён бўлишидир.

Динамиканинг иккинчи ва учинчи қонунини ўзаро таъсирлашуви бир нечта жисмдан иборат бўлган системага татбиқи жуда муҳим хулосаларга олиб келади ва улардан ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни келиб чиқади. Горизонтал шиша сиртда ётган ораларига пружина қўйиб сиқиб боғланган иккита шарчани қараймиз. Агар бирор пайтда ипни куйдириб (узиб) юборсак, унда пружина m_1 шарчага $F_{1,2}$ куч билан, m_2 шарчага эса $F_{1,2}$ га тенг, лекин қарама-қарши бўлган $F_{2,1}$ куч билан таъсир қилади:

$$\vec{F}_{1,2} = - \vec{F}_{2,1} \quad \text{ёки} \quad \vec{F}_{1,2} + \vec{F}_{2,1} = 0 \quad (7)$$

Шу кучлар таъсирида шарчалар a_1 ва a_2 тезланишлар олиб, улар қуйидаги тенгламалардан аниқланади:

$$m_1 a_1 = F_{1,2}, \quad m_2 a_2 = F_{2,1} \quad (8)$$

(7) ифодага биноан, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$m_1 a_1 + m_2 a_2 = 0 \quad (9)$$

Маълумки, $m_1 v_1$ – биринчи шарчанинг, $m_2 v_2$ – иккинчи шарчанинг ҳаракат миқдоридир, тезланишлар эса

$$a_1 = \frac{dv_1}{dt}, \quad a_2 = \frac{dv_2}{dt} \quad (10)$$

бўлади. Бу ифодаларни (9) тенгламага қўйиб, қуйидаги тенгламани оламиз:

$$\frac{d}{dt}(m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2) = 0 \quad (11)$$

ёки

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = \text{const} \quad (12)$$

Демак, иккита жисмдан иборат бўлган системанинг ҳаракат миқдори шу жисмларнинг ўзаро таъсир кучлари натижасида ўзгариши мумкин эмас.

Агар изоляцияланган система кўп миқдордаги жисмлардан иборат бўлса, у ҳолда

$$\frac{d}{dt}(m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3 + \dots + m_n \vec{v}_n) = 0 \quad (13)$$

ёки

$$\frac{d}{dt} \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = 0 \quad (14)$$

бўлади.

Барча жисмлар ҳаракат миқдорлари йиғиндисини P орқали белгиласак, у ҳолда ҳаракат миқдорининг доимийлик қонунини шундай ёзиш мумкин:

$$\frac{d}{dt}(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n) = 0$$

ёки

$$\frac{d}{dt} \sum_{i=1}^n P_i = 0, \quad P = \text{const} \quad (15)$$

Демак, жисмлар ёпиқ системасининг ҳаракат миқдори ички кучлар таъсирида ўзгариши мумкин эмас.

Саволлар:

1. Куч нима?
2. Ньютоннинг биринчи қонуни математик усулда қандай ёзилади?
3. Масса тушунчасига таъриф беринг ва бирлигини айтиб беринг.
4. Ньютоннинг II ва III қонунларини тушунтиринг.
5. Ҳаракат миқдори ва унинг доимийлик қонунини тушунтиринг?

12-маъруза

Тортишиш майдонидаги ҳаракат

Маъруза режаси:

Бутун олам тортишиш қонуни. Ер сирти яқинидаги гравитацион майдон. Планеталар ҳаракати учун Кеплер қонунлари.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, М. Высшая школа, 1986, 235 – 246 б.
2. Дж. Оппер. Физика, - М, Мир, 1981, 70 - 74 б.
3. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 273-287 б.

Маъруза матни

Барча физикавий жисмлар ўзаро тортишиш кучлари таъсирида бўлади. Тортишиш кучларини белгиловчи асосий қонун Ньютон томонидан таърифланган бўлиб, Ньютоннинг тортишиш қонуни номи билан юритилади.

Тортишиш қонуни бундай таърифланади: массалари m_1 ва m_2 га тенг бўлган ва бир-бирларидан R масофада турган иккита жисм орасида бир жисмдан иккинчисига йўналган $F_{1,2}$ ва $F_{2,1}$ ўзаро тортишиш кучлари мавжуд бўлиб (1-расм), тортишиш кучининг катталиги ҳар иккала жисм массаларининг кўпайтмасига тўғри пропорционал ва улар орасидаги масофа квадратига тескари пропорционалдир. Тортишиш кучлари қуйидаги тенг:

$$F_{1,2} = F_{2,1} = G \frac{m_1 m_2}{R^2} \quad (1)$$

бу ерда G – гравитацион доимий.

Жисмлар орасидаги тортишиш кучи уларнинг оғирликларига нисбатан кичик бўлгани сабабли лаборатория шароитида бу кучларни сезмаймиз ҳамда уларни бевосита ўлчаш анча қийинчилик туғдиради. Тортишиш кучини ўлчаш биринчи марта Кавендиш томонидан 1798 йили буралма тарози воситасида бажарилган. Тажрибалар асосида ҳозирги вақтда СИ системасида тортишиш доимийси учун қуйидаги қиймат қабул қилинган:

$$G = 6,65 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{сек}^2);$$

Тажриба натижаларига кўра жисм тортишиш хоссасига эга дейиш тўғрироқдир. Жисмнинг «тортишиш» массаси ёки «гравитацион» масса шу хоссанинг ўлчови бўлади. Жисм m_i «инерт» масса катталиги билан ўлчанувчи инертлик хоссасига ҳамда m_g "гравитацион" масса катталиги билан ўлчанувчи тортишиш хоссасига эга. У ҳолда тортишиш кучини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$P = k m_g \quad (2)$$

бунда k -ўлчамликка эга бўлган доимий катталик.

Иккинчи томондан динамиканинг иккинчи қонунига кўра қуйидагини ёзиш мумкин:

$$P = m_i g \quad (3)$$

бунда g – оғирлик кучи тезланиши. (2) ва (3) ни ўзаро тенгласак, ушбуни ҳосил қиламиз:

$$g = k \frac{m_g}{m_i} \quad (4)$$

Тезланиш g нинг барча жисмлар учун бирдайлиги ва жисм материалига, унинг ўлчамларига боғлиқ эмаслиги сабабли, m_i «инерт» масса, m_g «тортишиш» массасига пропорционалдир. Агар «инерт» масса бирлиги учун килограмм (кг) қабул қилинса, у ҳолда «тортишиш» массаси бирлигини k катталик $9,81 \text{ м/с}^2$ га тенг бўладиган қилиб танлаш мумкин.

Осмон жисмларининг ҳаракат қонунлари, хусусан, планеталарнинг Қуёш атрофидаги ҳаракати қонунлари - Ньютон қонунлари деб аталувчи динамиканинг учта қонуни ва Бутун Олам тортишиш қонунидан иборат - механиканинг асосий қонунларининг оддий натижасидир.

Ньютондан олдин Тихо Брагенинг кузатишлари асосида Кеплер планеталарнинг Қуёш атрофида ҳаракати қонунларини топди. Бу қонунлар Кеплер қонунлари деб юритилади ва қуйидагича таърифланади:

1. Барча планеталарнинг орбиталари эллипслардан иборат бўлиб, фокуслардан бирида Қуёш туради. Планетанинг ҳаракати эллипс бўйлаб юз бериши учун унинг тезлиги

$$v_n = \sqrt{\frac{2GM}{R}}, \quad (5)$$

тезликдан кичик бўлиши лозим.

2. Ҳар бир планетанинг ҳаракати шундай содир бўладики, Қуёшнинг марказидан планетага ўтказилган радиус – вектор бирдай вақт оралиқларида бирдай юзаларни ўтади.

Кеплернинг иккинчи қонуни қуйидагича ифодаланади:

$$2 \frac{ds}{dt} = rv \sin \alpha = \text{const} \quad \text{ёки} \quad \frac{ds}{dt} = \text{const} \quad (6)$$

Бу қонундан планета ўз орбитаси бўйича ҳаракатланаётганда у Қуёшга энг яқин бўлган пайтларида энг катта тезликларга эга бўлади, деган хулоса келиб чиқади.

3. Турли планеталарнинг Қуёш атрофида айланиш давлари квадратлари нисбати орбита эллипслари катта ярим ўқлари кублари нисбати каби бўлади.

Айтайлик, бир планета радиуси r_1 бўлган айлана орбитага ва орбита бўйлаб T_1 айланиш даврига, иккинчи планета эса, тегишлича r_2 , T_2 га эга бўлсин.

У ҳолда бу планеталар учун қуйидаги тенглик ўринли бўлади:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}, \quad (7)$$

Бу тенглик Кеплер учинчи қонунининг мазмунини ташкил қилади.

Саволлар:

1. Бутун Олам тортишиш қонунини айтиб беринг.
2. Нима учун лаборатория шароитида жисмларнинг ўзаро тортишиш кучларини ўлчаб бўлмайди?
3. "Инерт" масса ва "Гравитацион" массанинг фарқини тушунтиринг.
4. Кеплер қонунлари ва Бутун Олам тортишиш қонуни орасида қандай боғланиш бор?

13-маъруза

Тортишиш майдони ва унинг кучланганлиги

Маъруза режаси

Жисмнинг оғирлиги. Оғирлик маркази, вазнсизлик. Эквивалентлик принципи. Тортиш майдони ва унинг кучланганлиги. Космик тезликлар.

Тавсия этилаётган адабиётлар

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, М. Высшая школа, 1986, 247 – 256 б., 158-161.
2. Дж. Огир. Физика, - М, Мир, 1981, 75 - 79 б.
3. Е.М. Гершензон, Н.Н.Малов. Курс общей физики. Механика. М."Прсвещение" 1987г, 272-279 стр.
4. Стрелков С.П. Механика, Т."Ўқитувчи", 1977г, 276-284.

Маъруза матни

Жисм оғирлиги унинг массаси билан мос тушмайди. Одатда уни жисмга таъсир этувчи оғирлик кучининг натижаси сифатида баҳолашади. Массаси m бўлган жисмнинг Ер яқинидаги оғирлиги mg бўлади. Жисм тезланувчан ҳаракат қилганда оғирлик ҳақида юқорида келтирилган таъриф ўринли бўлмайди. Масалан, космик станция ичидаги

космонавт эркин учиб юради ва ўзини вазнсиз ҳисоблайди. Холбуки, бу ҳолатда ҳам унга оғирлик кучи таъсир қилаётган бўлади.

Агар жисм бир жинсли бўлса, унинг масса маркази оғирлик маркази билан устма-уст тушади. Жисмларнинг оғирлик марказини қуйидаги усул билан аниқлаш мумкин. Маълумки, ҳар қандай жисм жуда кўп майда қисмлардан иборат шундай қисмларнинг ҳар бирига Ернинг марказига томон йўналган оғирлик кучи таъсир қилади. ернинг ўлчами катта бўлгани учун бу кучларни бир - бирига параллел деб ҳисоблаш мумкин. Бинобарин, ҳар қандай жимга жуда кўп параллел кучлар таъсир қилади. Бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси жисмнинг бутун оғирлигини ифодалайди. Параллел кучларни қўшиб қойдасидан фойдаланиб, кучларнинг тенг таъсир этувчисини топиш мумкин.

Жисмнинг ҳар бир айрим қисмига таъсир этувчи оғирлик кучларининг тенг таъсир этувчиси қўйилган нукта оғирлик маркази бўлади. Бинобарин, оғирлик кучи қўйилган нуктага жисмнинг оғирлик маркази дейилади.

Жисмнинг туюлма оғирлиги пружинали тарози ёрдамида аниқланади. Шундай қилиб туюлма оғирликни медицина тарозиси ёрдамида аниқлаш мумкин. Бу эса жисм томонидан тарозига таъсир этувчи кучдир. Тарози эса бу ҳолатда кучга перпендикуляр ҳолатда бўлиши керак. а тезланиш билан юқорига ҳаракатланаётган лифт ичидаги тарози устида турган одамнинг оғирлиги

$$F_W = m(g + a) , \quad (1)$$

га тенг бўлади.

Туюлма оғирлик эса

$$F_W = -jF_W = -jm(g + a) , \quad (2)$$

бўлиб, пастга томон йўналган ва микдор жиҳатидан $m(g+a)$ га тенг.

Агар лифт пастга томон секинланувчан ҳаракат қилса туюлма оғирлик

$$F_W = m(g - a) , \quad (3)$$

га тенг бўлади.

Лифтнинг эркин тушаётган ҳолатида $a=g$ ва $F_W=0$ бўлади. Бошқача қилиб айтганда, лифтдаги одам "вазнсизлик" ҳолатига тушуб қолади. Ер яқинида ҳаракатланаётган космик станция ичидаги космонавт вазнсиз ҳолатда бўлади.

Реактив двигательлар ишга тушурилган вақтлардан бошқа барча ҳолларда космик кемалар эркин тушуш ҳолатида бўлади. Сунъий "Оғирлик" (нагрузка) эса космик кемани айлантириш ҳисобида ҳосил қилинади.

Ньютоннинг бутун олам тортишиш қонуни жисмнинг гравитацион массасини аниқлаш имконини беради. Гравитацион массани m' деб белгилаймиз. Бу ҳолда иккита жисм ўртасидаги гравитацион тортишиш кучи $F = Gm_1m_2 / r^2$ бўлади. $F=ma$ тенгламадаги масса инерт масса бўлиб, штрихсиз m харфи билан белгиланади. Ер яқинида эркин тушиш ҳолатидаги m_1 массали жисм a_1 тезланиш билан ҳаракатланади. Шундай қилиб, қуйидаги тенгликни ёзиш мумкин:

$$m_1 a_1 = G \frac{M'_{Ep} m'}{R_{Ep}^2} , \quad (4).$$

Бошқа моддадан иборат бўлган m_2 массали жисм a_2 тезланиш олиш мумкин:

$$m_2 a_2 = G \frac{M'_{Ep} m_2}{R_{Ep}^2} , \quad (5).$$

(4) ни (5) га нисбатини олсак, қуйдагига эга бўламиз:

$$\frac{m_1}{m_2} \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_1'}{m_2'}, \quad (6).$$

Кўришиб турибдики, агар барча жисмлар бир хил $a_1=a_2=g$ тезланиш билан тушса, инерт массалар нисбати гравитацион массалари нисбатига тенг бўлади. Шундай қилиб, агар қандайдир жисмларнинг бу массалари бир-бирига тенг бўлса, улар бошқа жисмлар учун ҳам тенг бўлади. Бошқача қилиб айтганда, агар $m_1=m_1'$ бўлса, $m_2=m_2'$ бўлади.

Ньютон томонидан $a_1=a_2$ эканлиги 10^{-3} аниқликгача ҳисоблаб топилган. 1901 йилда венгер физиги Этвеш бундай мосликни 10^{-8} аниқликкача ҳисоблаган бўлса, Пристонс университети тадқиқотчиси Дикке 1964 йили Этвеш ўтгазган ўлчашлар аниқлини 300 марта оширди. Бу натижалар барча моддалар учун инерт ва гравитацион массалар аниқ мос келишини исботлайди. Бу факт эквивалентлик принципи деб аталади. Эквивалентлик принципини экспериментал тасдиқланган табиат қонуни ҳисобланади.

Жисмлар орасида вақтнинг ҳар бир моментида масофага боғлиқ бўлган ўзаро тортишиш кучи мавжуд. Бутун олам тортишиш қонун яратилган дастлабки даврларда Ньютон ўзаро таъсирлашувчи жисмларнинг тезлиги ўзаро таъсирнинг узатилиш тезлигидан жуда ҳам кичик деб ҳисоблаган эди. Кейинчалик эса олимлар ўзаро таъсир жуда кичик дақиқада узатилади деб ҳисоблай бошлашди. Бундай нуқтаи назар физикада 200 йил давом этди ва узоқдан таъсир қилиш назарияси деб номланди.

Ньютон эса буни инкор этди ва жисмлар орасидаги ўзаро таъсир нуқтадан нуқтага оралик муҳит ёрдамида узатилади деб ҳисоблади. (Яқиндан таъсир қилиш назарияси). Физиканинг кейинги ривожини шуни кўрсатадики, ихтиёрий ўзаро таъсир ёруғликнинг вакуумдаги тезлигидан катта бўлмаган тезлик билан узатилади экан. Тортишиш ёруғлик тезлигига тенг (ёки яқин) тезлик билан узатилади. Статик майдонларда, яъни ўзаро таъсирлашувчи жисмлар қўзғалмас бўлса, ўзаро таъсирнинг узатилиш вақти аҳамиятга эга эмас. Шундай қилиб, янги физикавий объект - тортишиш (гравитацион) майдон - ҳақидаги тасаввур киритилди.

Агар майдоннинг ихтиёрий танлаб олинган нуқтасига m массали моддий нуқта жойлаштирилса ва F куч ўлчанса, майдоннинг қаралаётган нуқтасини вектор катталики

- майдон кучланганлигини $\vec{F}$ орқали характерлаш мумкин, яъни

$$\vec{F} = \frac{\vec{F}}{m}, \quad (7).$$

Тортишиш майдонининг кучланганлиги берилган нуқтадаги масса бирлигига мос келувчи кучни характерлайди. Шундай қилиб, эркин тушиш тезланиши $\vec{g}$ Ер тортишиш майдонининг кучланганлиги ҳисобланади. M нуқтавий массанинг ундан $\vec{R}$ масофадаги майдон кучланганлиги қуйдагига тенг:

$$\vec{F} = -G \frac{M}{R^3} \vec{R}, \quad (8).$$

M массанинг жисим ҳосил қилган тортишиш майдонининг кучланганлиги қаралаётган нуқта координаталарига боғлиқ. Шунинг учун кучланганлик "нуқта функцияси" деб аталади.

Ер йўлдошларининг учини қонунлари планеталарнинг Куёш атрофида айланиш қонунларига ўхшашдир. Агар космик снарядни бирор h баландликдан v тезлик билан горизонтал йўналишда отилган одатдаги снаряд ёки оддий тош деб тасаввур қилсак, у ҳолда атмосферанинг таъсири бўлмаганида, унинг барча мумкин бўлган

траекториялари планеталарнинг мумкин бўлган ҳаракатларига ўхшаш бўлади. (1-расм)
Снаряднинг бошланғич тезлиги

$$v_1 = r_0 \sqrt{\frac{g_0}{r_0 + h}}, \quad (9)$$

тезликдан кичик бўлганда унинг траекториялари Ернинг маркази билан мос тушувчи эллипс кесмаларидан иборат бўлади. Снаряднинг айлана орбита бўйлаб ҳаракат

тезлигини қуйидаги шартдан осонгина ҳисоблаб топиш мумкин: $\frac{v_1^2}{r_0 + h} = g$.

h баландликда эркин тушиш тезланиши

$$g = g_0 \frac{r_0^2}{(r_0 + h)^2}, \quad (10)$$

бунда g_0 - Ер сиртида унинг марказидан r_0 масофадаги тезланиш. У ҳолда

$$\frac{v_1^2}{r_0 + h} = g = \frac{g_0 r_0^2}{(r_0 + h)^2}, \quad (11) \text{ ёки}$$

$$v_1 = r_0 \sqrt{\frac{g_0}{r_0 + h}}, \quad (12).$$

Агар $h \ll r_0$ бўлса, у ҳолда

$$v_1 \approx \sqrt{r_0 g_0} \approx 7,93 \text{ км/с} \text{ унд}$$

йўлдошнинг Ер радиусига тенг радиусли айлана орбита бўйича ҳаракат тезлиги бўлади: бу тезликни биринчи космик тезлик деб аташ қабул қилинган. Бошланғич тезлик v_1 дан катта, лекин

$$V_{II} = r_0 \sqrt{\frac{2g}{r_0 + h}}, \quad (13).$$

қийматдан кичик бўлганда снаряд траекторияси эллипсдан иборат бўлиб, эллипснинг учиби чиқиш нуқтасига яқин фокусиди Ер маркази жойлашган. Тортилиш кучи тезланиши катталиги учун ёзилган (10) формулани ҳисобга олсак, қуйдагини ёзиш мумкин.

$$\frac{GM_{Ep}}{(r_0 + h)^2} = \frac{g_0 r_0^2}{(r_0 + h)^2}, \quad GM_{Ep} = g_0 r_0^2, \quad (14)$$

Бу формулани ҳисобга олсак, Ер учун параболик тезлик қуйидагича бўлади:

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2g_0 r_0^2}{r_0 + h}} = r_0 \sqrt{\frac{2g_0}{r_0 + h}}, \quad (15).$$

$h \ll r_0$ ҳолда ёки снарядни Ер сиртига уринма бўйича отилганда,

$$v_{II} \approx \sqrt{2g_0 r_0} \approx 11,2 \text{ км/с}.$$

Бу катталикни иккинчи космик тезлик дейилади.

Агар снаряд h баландликдан горизонтал тарзда $V_{\Pi} = r_0 \sqrt{\frac{2g_0}{r_0 + h}}$ дан катта тезлик

билан отилса, у гиперболик траектория бўйича ҳаракатланиб, Ернинг тортиш соҳасидан чиқиб кетади ёки Қуёшнинг мустақил йўлдоши, яъни кичкина сунъий планетага айланади.

Мураккаброқ ҳисоблашларнинг кўрсатишича, учинчи космик тезлик, яъни снаряд Қуёш системасини ташлаб кетиши учун унга Ердан туриб бериш зарур бўлган тезлик қуйидагига тенг:

$$v_r \approx 16,7 \text{ km/s}$$

Бундан келиб чиқадики, планеталар ва умуман, осмон жисмларининг ҳаракат қонунлари тушувчи ёки улоқтирилган тошнинг ҳаракат қонунларининг худди ўзидир ва улар эркин тушишни, яъни ягона бир тортишиш кучи таъсиридаги ҳаракатни тавсифлайди.

1-расм

Саволлар:

1. Жисмнинг оғирлиги деб нимага айтилади?
2. Оғирлик кучи ва жисмнинг оғирлиги орасидаги фарқни тушунтиринг?
3. Жисмнинг оғирлик маркази қандай топилади?
4. Вазнсизлик нима?
5. Тортишиш майдонининг кучланганлиги деганда нимани тушунасиш?

14 - маъруза

Иш ва энергия

Маъруза режаси:

Иш, энергия ва қувват. Скаляр кўпайтма. Кинетик ва потенциал энергия. Пружинанинг потенциал энергияси.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, М. Высшая школа, 1986, 132-144 б.
2. Дж. О́рир. Физика, - М, Мир, 1981, 85-97 б.
3. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 109-126 б.

Маъруза матни

Ҳаратланаётган жисмга таъсир этувчи куч шу жисм устида иш бажаради. Иш кучнинг масофага кўпайтмаси бирликларида ўлчанади. Микдор жиҳатидан, куч таъсиридаги бажарилган иш кучнинг ҳаракат йўналишидаги ташкил этувчисининг

босиб ўтилган йўлга кўпайтмасига тенг. Ўзгармас куч томонидан бажарилган иш қуйидагига тенг:

$$A = F_s S, \quad (1)$$

бу ерда F_s - F кучнинг S к'чиш й'налишидаги ташкил этувчиси

$$F_s = F \cos \alpha \quad (2)$$

эканлигидан (1) ифода 3уйидаги к'ринишга эга бўлади.

$$A = F S \cos \alpha, \quad (3)$$

Агар таъсир этувчи куч ўзгарувчан бўлса, у молда кучнинг к'чиш бўйича ўртача 3ийматини олиш керак, яъни

$$A = \overline{F_s} S, \quad (4)$$

Таъсир этувчи куч ва жисмнинг к'чиш й'налишига 3араб иш мусбат ёки манфий бўлиши мумкин.

Жисм ёки жисмлар системасига 3'йилган F куч томонидан бажарилган иш, шу система энергиясини ми3дор жиқатидан бажарилган ишга тенг катталиққа орттиради. Ёуйида биз энергиянинг бир турдан бош3а турга айланиш ва ёпи3 системада т'ли3 энергия ми3дори ўзгармас эканлигини к'рамиз.

Иш ва энергия бирлиги ньютонга метр (Нм) бўлиб, унинг ўлчамлиги ML^2T^{-2} га тенг. Бу бирлик Жоуль (Ж) деб аталади. Ёуввати 100 Вт бўлган лампочка 100 Ж энергия сарфлайди. Бир от кучи (о.к) 100 Вт секундада 746 Ж энергия сарфи каби ани3ланади.

Атом ва ядро физикасида энергиянинг ўлчов бирлиги сифатида электронвольтдан фойдаланилади:

$$1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ ж.}$$

Энергияни сарфлаш жараёнида, ёки энергия бир системадан иккинчи системага узатилаётганда энергияни узатиш тезлиги 3увват деб аталади ва P марфи билан белгиланади. Таърифга биноан

$$P = \frac{dE}{dt}, \quad (5)$$

P катталик энергия узатиш тезлигининг оний 3ийматини характерлайди. СИ системада 3увват бирлиги секундига Жоуль (Ж/с)да ҳисобланади. Бу бирлиكنинг ўлчамлиги бўлиб ML^2T^{-3} , у Ватт (Вт) деб аталади.

F куч таъсирида жисм $\vec{V}$ тезлик билан ҳаракатланаётган бўлсин. У молда энергиянинг ўсиши 3уйидагича ёзилади:

$$dE = F \cdot dS \cos \alpha,$$

$$\frac{dE}{dt} = F \left(\frac{dS}{dt} \right) \cos \alpha;$$

Шундай 3илиб,

$$P = F \cdot v \cos \alpha, \quad (6)$$

От кучи 3увват бирлиги сифатида илгаридан 3'лланиб келинади. У т'хтовсиз ишлаётган от таъминлайдиган 3увватни характерлайди.

1 от кучи = 746 Вт

Биз ю3орида, F куч томонидан бажарилган иш

$$A = F \cdot S \cos \alpha$$

ифода билан берилишини ва бу ерда α – куч вектори $\vec{F}$ ва к'чиш вектори $\vec{S}$ орасидаги бурчак эканлигини к'рсатган эдик. Энди эса, икки векторнинг скаляр к'пайтмасини ани3лаймиз. Орасидаги бурчак α бўлган A ва B ихтиёрий векторларни к'риб чи3амиз. Бу векторларнинг скаляр к'пайтмаси 3уйидагича ёзилади.

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| \cdot |\vec{B}| \cos \alpha, \quad (7)$$

Икки векторнинг скаляр к'пайтмаси бу векторлар узунликларининг улар орасидаги бурчак косинусига к'пайтмасига тенг. Бундан келиб чи'адики, (3) ва (6) тенгламаларнинг чап томонидаги А иш ҳамда Р ³увват скаляр катталиклардир.

m массали жисм кинетик энергияси ³уйидагича ани'ланади:

$$K = \frac{1}{2}mv^2, \quad (8)$$

Унинг 'лчамлиги ML^2T^{-2} б'либ, энергия 'лчамлиги билан мос келади. Жисм кинетик энергияси тенг таъсир этувчи кучнинг бажарган иши ми'дорида ортади. Жисмнинг А ну'тадан В ну'тага к'чиши мисобига бажарилган иш ³уйидагича ёзилади:

$$A = \int_A^B F_{T.T.} \cdot ds, \quad (9)$$

$F_{T.T.}$ ни $m(dv/dt)$ билан, ds - ни эса vdt билан алмаштирамиз:

$$F_{T.T.} \cdot dS = \int_A^B \left(m \frac{dv}{dt} \right) \cdot (v \cdot dt) = m \int_A^B v(dv) = m \left[\frac{1}{2}v^2 \right]_A^B = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 \quad (10)$$

(10) ифодани (8) ни мисобга олиб ³уйидагича ёзиш мумкин,

$$\int_A^B F_{T.T.} \cdot dS = K_B - K_A, \quad (11)$$

Тенг таъсир этувчи кучнинг бажарган иши А ва В ну'талардаги кинетик энергиялар фар'ига тенг. (11) муносабат кинетик энергия ва иш 'ртасидаги бо'ланишни ифодалайди.

Потенциал энергияни келгусида фойдаланиш учун захирага олиб ³'йилган энергия деб тасаввур ³илиш мумкин. m массали жисмнинг А ну'тадан В ну'тага к'чишидаги потенциал энергиянинг 'згариши ³уйидагича ёзилади:

$$\Delta U_1 = - \int_A^B F_1 \cdot dS_1, \quad (12)$$

m₂ массали жисмнинг С ну'тадан Д ну'тага к'чишидаги потенциал энергиянинг 'згариши эса

$$\Delta U_2 = - \int_C^D F_2 \cdot dS_2, \quad (13)$$

га тенг.

Ньютоннинг учинчи ³онунига биноан $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$. Агар система таркибига m массали жисм ва Ер киритилган б'лса, у молда

$$U_B - U_A = - \int_A^B F \cdot dS, \quad (14)$$

б'лади.

Бу ерда F – жисм ва Ер орасидаги таъсир этувчи куч. Потенциал энергиянинг ўзгариши ўзаро таъсир кучлари томонидан бажарилган ишнинг манфий ишора билан олинганига тенг.

1 – расм

1–расмда чўзилмаган пружина тасвирланган. Пружинанинг охирига координата бошини жойлаштирамиз. Гук қонунига биноан, пружина томонидан юсилган консерватив куч $F_{эл} = -kx$ га тенг бўлиб, бу ерда k - пружинанинг эластиклик коэффициентини ёки бикрлиги. Минус ишора пружина чўзилганда чап томонга тортилишини кўрсатади. Агар пружина сиқилса, x манфий катталик бўлади ва пружина нг томонга куч билан таъсир қилади. Фараз қилайлик, $X=0$ да $U=0$ ва бу молда пружинанинг потенциал энергияси қуйидагича бўлади:

$$U = -\int_0^x (-kx)dx = k \int_0^x kdx, \quad U = \frac{kx^2}{2}, \quad (15).$$

Саволлар:

1. Механикавий иш деб нимага айтилади?
2. Механикавий иш ва энергиянинг бирлиги ҳамда ўлчамлигини келтириб чиқаринг.
3. Қувват, унинг бирлиги ва ўлчамлигини тушунтиринг.
4. Скаляр кўпайтма нима?
5. Кинетик ва потенциал энергияга таъриф беринг.

15-март

Энергиянинг сақланиш қонуни

Март режаси:

Тўлиқ механик энергиянинг сақланиш қонуни. Тўқнашув. Энергия ва автомобиль. Фойдали иш коэффициентини.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

4. Дж. Оор. Физика, - М, Мир, 1981, 107 - 114 б.
5. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 116-135 б.
6. И.В. Савельев. Умумий физика курси, I-том, Т., Ўқитувчи, 1973 й., 70-78 бетлар.

Март матни

Жисмга унинг ҳолатига боғлиқ бўлган консерватив кучлардан ташқари F_f ишқаланиш кучи ва $F_{ташқ}$ куч таъсир этаётган бўлсин. Консерватив кучни F_c билан белгилаймиз. Бу ҳолда тенг таъсир этувчи куч қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$F_{Т.Т.} = F_c + F_f + F_{ташқ} \quad (1).$$

Кинетик энергиянинг ўзгариши ΔK :

$$\int_A^B (F_c + F_f + F_{\text{ташки}}) ds = \Delta K ,$$

$$\int_A^B F_{\text{ташки}} ds = \Delta K + \left(- \int_A^B F_c ds \right) + \int_A^B (-F_f) ds \quad (2)$$

(2) тенгламадаги $\int_A^B (-F_c ds) = \Delta U$. Шунинг учун

$$\int_A^B F_{\text{ташки}} ds = \Delta K + \Delta U + \int_A^B F_f ds \quad (3).$$

Макроскопик нуктаи назардан $\int_A^B F_f ds = \Delta U_{\text{ички}}$ яъни, ишқаланиш кучига қарши бажарилган иш жисм ички энергиясига тенг:

$$\int_A^B F_{\text{ташки}} ds = \Delta K + \Delta U + \Delta U_{\text{ички}} \quad (4)$$

(4) ифодага биноан, жисм устида бажарилган ихтиёрий иш кинетик, потенциал ва ички энергияларнинг ўзгариши йиғиндисига тенг. (4) тенгламада барча турдаги энергиялар ҳисобга олинган. Бу тенглама тўлиқ энергиянинг сақланиш қонунини ифодалайди.

Тўқнашувлар икки хил бўлади: эластик ва ноэластик. Тўқнушув пайтида икки жисмнинг бир-бири билан бирлашиб қолиш ҳоли билан танишамиз. Иккита бильярд шарларнинг бирига сақич ёпиштирилса, ўзаро тўқнашувда улар бир-бирига ёпишиб қолади. Агар v_1 ва v_2 бошланғич тезликлар маълум бўлса, охириги тезлик v ни топиш мумкин. Ихтиёрий тўқнашувда - эластик ёки ноэластик - ҳамма вақт тўлиқ импульс сақланади. Шунинг учун:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) V ,$$

$$V = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} , \quad (5).$$

Текис йўлда доимий тезликда ҳаракатланиб келаётган автомобиль (агар $F_c=0$ бўлса) учун ортикча қувват сарфлаш талаб қилинмайди. Агар автомобиль тезланиш олса, қувват сарфи талаб қилинади (масалан, у жойидан қўзғалаётган ёки бошқа транспорт воситасини қувиб ўтаётган бўлса). Автомобилнинг ишлашига таъсир қилувчи турли хил омилларни билиш ҳайдовчига автомобилни бошқаришни такомиллаштириш ва ёқилғини тежаш имкониятини беради. Енгил автомобиллар учун 10 секунд вақт давомида 100 км/соат тезликка эришиш яхши кўрсаткич ҳисобланади. Бу эса қуйидаги ўзгармас тезланишга мос келади:

$$a = \frac{v}{t} = \frac{100 \text{ км/соат}}{10 \text{ с}} \approx 2,8 \text{ м/с}^2 \approx \frac{g}{4} \quad (6)$$

Автомобиль бундай тезланиш олиши учун ишқаланиш кучи $F_f = ma = \frac{mg}{4}$ га тенг

бўлиши керак. Бу ҳолда орқа шиналарга таъсир этувчи реакция кучи $\approx \frac{mg}{2}$ га тенг

бўлиб, ишқаланиш кучининг реакция кучига нисбати тахминан 1/2 га тенг бўлади. Бундан келиб чиқадики, ишқаланиш коэффициенти 0,5 дан кам бўлмаслиги керак. Бу енгил автомобилларда фойдаланиладиган шиналар ишқаланиш коэффицентининг

максимал қийматига яқин. Шунинг учун енгил автомобиллар учун тезланиш олиш вақти 10 секунддан кам бўлмаслиги керак. Махсус шиналар ва орқа (етакчи) ғилдиракларга катта юклама бериш ҳисобига юқори тезланишга эришиш мумкин.

Максимал (чегаравий) ишқаланиш кучидан фойдаланиш учун автомобиль двигатели қандай қувватга эга бўлиши керак? Массаси $m=10^3$ кг бўлган автомобиль

$$F_f = m\alpha(10^3 \text{ кг})(\frac{g}{4}) \approx 2,5 \cdot 10^3 \text{ Н}$$
 ишқаланиш кучини енгиб ўтиши керак. Агар 100

км/соат тезликка эришилган бўлса, у ҳолда $P = F \cdot v \cos \alpha$ тенгламага биноан,
двигателнинг ҳосил қиладиган қуввати

$$P = F \cdot v = (2,5 \cdot 10^3 \text{ Н})(28 \text{ м/с}) = 70 \cdot 10^3 \text{ Вт} \approx 90 \text{ От кучига тенг бўлади.}$$

Шундай қилиб, 10^3 кг массага эга бўлган автомобиль двигатели 100 км/соат тезликда 90 от кучига тенг қувват ҳосил қилиши керак. Бу эса унинг "чегаравий" характеристикаси ҳисобланади. Қўшимча от кучлари фойдасиз ҳисобланиб, автомобилнинг характеристикасини оширмасдан фақат ғилдиракларнинг тезроқ айланишига сабаб бўлади. Шуни эслатиб ўтамизки, автомобиль жойидан қўзғалаётган пайтда $F \cdot v = 0$ бўлади. Бу вақт моментида минимал қувват талаб қилинади.

Ўзгармас тезлик билан ҳаракатланаётган автомобиль ҳавонинг қаршилигини енгиши учун керак бўладиган қувватни ҳисоблаймиз. Ҳавонинг қаршилик кучи тезликнинг квадратига пропорционал равишда ортиб боради. Агар ҳавонинг зичлиги $\rho_x = 1,3 \text{ кг/м}^3$ ва автомобильнинг кўндаланг кесим юзаси A бўлса, Δt вақт интервалидаги энергия сарфи

$$\Delta E = (\frac{1}{2})(\Delta m)v^2 = (\frac{1}{2})(\rho_x A \cdot v \Delta t)v^2, \quad (7)$$

ифода ёрдамида ҳисоблаб топилади. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобига ҳосил бўладиган қувват сарфи эса

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{1}{2} \rho_x A v^3, \quad (8)$$

га тенг бўлади. Фараз қилайлик, берилган автомобиль учун $A \approx 1 \text{ м}^2$ га тенг бўлсин. $V=100$ км/соат (28 м/с) тезликда ҳаракатланаётган автомобиль учун ҳавонинг қаршилигини енгиш учун

$$P = (\frac{1}{2})(1,3 \text{ кг/м}^3)(1 \text{ м}^2)(28 \text{ м/с})^3 = 1430 \text{ Вт} = 19 \text{ От кучига тенг қувват сарфи}$$

талаб қилинади. Таъкидлаб ўтиш керакки, талаб қилинадиган қувват тезликнинг кубига пропорционал. Автомобиль 145 км/соат тезлик билан ҳаракатланаётганда унинг двигатели 3,05 марта катта қувват ҳосил қилиши керак. Бошқача қилиб айтганда, бундай тезликда ҳавонинг қаршилигини енгиш учун 57 От кучи талаб қилинади.

Энди эса, 100 км/соат тезликда ҳавонинг қаршилигини енгиш учун зарур бўладиган ёқилғи миқдорини баҳолаймиз. Автомобиль ҳавонинг қаршилигини енгиб 100 км масофани босиб ўтиши учун

$$\Delta E = P \Delta t = (1430 \text{ Вт})(3600 \text{ с}) = 52 \cdot 10^6 \text{ Ж}$$
 энергия талаб қилинади. Бензиннинг энергетик қобиляти - $31 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{см}^3}$ бўлиб, унинг ҳар бир литри $31 \cdot 10^7 \text{ Ж}$ энергия

беради. Яхши автомобиль двигателининг фойдали иш коэффициенти, яъни Ф.И.К.=25 % бўлиб, ҳар бир литр бензин $8 \cdot 10^6 \text{ Ж}$ механик энергияни таъминлайди. Шундай қилиб, автомобиль 100 км масофага 6 литрга яқин бензин сарфлайди ва бу 17 км/литр

га мос келади. Кўндаланг кесим юзаси $A \approx 1\text{м}^2$ бўлган автомобиль учун энг кам бензин сарфи 90 --100 км/соат тезликда юз беради.

Саволлар:

1. Тўлиқ механик энергия қандай топилади?
2. Тўлиқ механик энергиянинг сақланиш қонунини тушунтиринг.
3. Енгил автомобиллар учун оптимал тезланиш қанчага тенг ва унга қандай эришилади?
4. Автомобилнинг "чегаравий" характеристикаси деб нимага айтилади?
5. Фойдали иш коэффициентининг физикавий маъносини тушунтиринг.

16-маъруза

Қаттиқ жисм механикаси

Маъруза режаси:

Қаттиқ жисм айланма ҳаракат динамикасининг асосий тенгламаси. Инерция моменти. Айланма ҳаракат қилаётган жисмнинг кинетик энергияси. Эркин ўқ. Гироскоп.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Дж. Офир. Физика, - М, Мир, 1981, 153 - 169 б.
2. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 177-260 б.
3. Е.М.Гершензон, Н.Н. Малов. Курс общей физики. Механика. М., "Просвещение" 1987 г. 121-155 бетлар.

Маъруза матни

Айланма ҳаракат деб шундай ҳаракатга айтиладики, бунда жисм барча нуқталарининг траекториялари, маркази айланиш ўқи дейилувчи битта чизикда бўлган концентрик айланалардан иборат бўлади. Масалан, ҳаракатсиз автомобилнинг ишлаётган моторидаги вали айланма ҳаракат қилади.

Жисмнинг айланиши бурчак тезлик катталиги билан аниқланади. Жисмнинг А ва В нуқтасидан ўтувчи ҳамда айланиш ўқиға тик текисликда ўтувчи чизик фазода t вақт моментида муайян ҳолатни эгаллаб турибди деб тасаввур қилайлик; навбатдаги $t+dt$ пайтда шу чизикнинг ўзи бошқа A' ва B' ҳолатни олиб, у олдинги ҳолат билан $d\varphi$

бурчак ҳосил қилади. $\frac{d\varphi}{dt} = w$ га тенг катталики жисмнинг бурчак тезлиги дейилади.

Агар бурчак тезлик вақт ўтиши билан ўзгарса, (ортса ёки камайса) у ҳолда бу ўзгариш худди нуқтанинг чизикли тезлиги ўзгарадиган ҳолдагидек, бурчак тезланиш билан ёки

бурчак тезликнинг ўзгариш "тезлиги" билан, яъни $\frac{dw}{dt}$ ҳосила билан характерланади.

Муайян пайтда бурчак тезлик қаттиқ жисмнинг барча қисмлари учун бирдайлиги сабабли, равшанки, бурчак тезланиш $\beta = \frac{dw}{dt}$ ҳам бирдай бўлади. Тезланишнинг w_t

уринма ташкил этувчиси тезлик v нинг траектория бўйича ўзгариши билан белгиланади, у dt вақт давомида доимийлиги сабабли қуйидагига тенг:

$$w_t = \frac{dv}{dt} = r \frac{dw}{dt} = r \cdot \beta, \quad (1)$$

Энди бурчак тезланиш ва ўқда айланувчи жисмга таъсир этувчи кучлар моменти орасидаги боғланишни кўриб чиқайлик. Бунинг учун даставвал жисмнинг бирор

ажратиб олинган заррасининг ҳаракатини қарайлик. Айтайлик, Δm_i массали зарра ўқдан r_i масофада жойлашган бўлсин (1- расм).

1-расм

Заррачага бирор ташқи ва ички кучлар таъсир килади. Бу кучларнинг АВ чизикқа проекцияси қуйдагига тенг бўлсин:

$$(f_i)_{уч} + (f_i)_{маи}$$

У холда жисмнинг i - зарраси учун динамиканинг иккинчи тенгламаси қуйдагича ёзилади:

$$\Delta m_i \frac{dv_i}{dt} = \Delta m_i r_i \frac{dw}{dt} = (f_i)_{уч} + (f_i)_{маи}, \quad (2)$$

(2) тенгламани r_i га қўпайтириб кучнинг ўққа нисбатан моментини топамиз:

$$\Delta m_i r_i^2 \frac{dw}{dt} = r_i (f_i)_{уч} + r_i (f_i)_{маи}, \quad (3)$$

(3) тенгламани жисмни ташкил этувчи барча зарралар учун ёзамиз ва уларни бири-бирига қўшамиз. Натижада қуйдаги ҳосил бўлади:

$$\frac{dw}{dt} \sum_i \Delta m_i r_i^2 = \sum_i r_i (f_i)_{уч} + \sum_i r_i (f_i)_{маи}, \quad (4)$$

Агар ички кучларнинг моменти нолга тенглигини ҳисобга олсак, $\sum_i r_i (f_i)_{ички} = 0$

бўлади.

$\sum_i r_i (f_i)_{маи} = M$ йиғинди жисмга таъсир қилувчи барча ташқи кучлар

айлантирувчи моментидан иборат. Қуйдаги

$$I = \sum_i \Delta m_i r_i^2, \quad (5)$$

катталиқ махсус номга эга бўлиб, у берилган айланиш ўқиға нисбатан инерция моменти деб аталади.

Энди (4) тенгламани қуйдагича ёзамиз:

$$M = I \frac{dw}{dt}, \quad (6)$$

(6) ифода қуйдагича ўқилади: жисмни муайян ўқ атрофида айлантирувчи ташқи кучларнинг моменти жисмнинг шу ўққа нисбатан инерция моментининг жисм бурчак тезланишига қўпайтмасига тенг: Бу қўзғалмас ўқда айланувчи каттиқ жисм учун динамиканинг асосий қонунидир.

Айланаётган жисмнинг кинетик энергияси жисмнинг алоҳида зарралари кинетик энергияларининг йиғиндисидан ташкил топади. Ўқдан r масофада турган зарранинг кинетик энергияси қуйдагига тенг:

$$\frac{\Delta m_i v_i^2}{2} = w^2 \frac{\Delta m_i r_i^2}{2}, \quad (7)$$

чунки $v_i = \omega r_i$, айланаётган яхлит жисмнинг кинетик энергияси

$$E_{кин} = \frac{\omega^2}{2} \sum_i \Delta m_i r_i^2 = \frac{I \omega^2}{2}, \quad (8)$$

эса жисмнинг илгариланма ҳаракатидаги каби ифодаланиб фақат масса ўрнига жисмнинг I инерция моментини, чизикли тезлик ўрнига - бурчак тезлик ω ни қўйиш лозим.

Агар жисмнинг айланиш ўқи массалари марказидан ўтмаса, марказдан қочма инерция кучлари ўққа босим беради. Ўқ массалар марказидан ўтиб, инерция кучларининг ўққа тик бўлган исталган йўналишга нисбатан моменти нолга тенг бўлсагина, айланаётган жисмнинг ўққа таъсири нолга тенг бўлади.

Жисм симметрияга эга бўлган ҳолларда бундай йўналишларнинг кўрсатиб бериш мумкин. Агар жисм шу кўрсатилган ўқлардан бири атрофида айланса, у ҳолда айланиш шу ўқни тутиб турувчи таянчларига ҳеч қандай таъсир кўрсатмайди ва шунинг учун бундай ўқларни эркин ўқлар ёки эркин айланиш ўқлари дейилади. Ҳақиқатдан ҳам, жисмга шундай эркин ўқлардан бири бўйича айланиш имконияти берилса, у ҳолда ташқи кучлар бўлмаганда, бу айланиш исталганча узоқ давом этади.

Жисм бир ўққа нисбатан тез, бошқаларига нисбатан секин айланаётган ҳолларда ҳаракат миқдори моментининг йўналишини тақрибан аниқлаш мумкин. Пилдиروق ва гироскопларнинг айланишида юз берувчи физикавий ҳодисалар одатда юқорида кўрсатилган широкларда содир бўлади. Пилдиروقни картон вароқ устида айлантириб юбориб, уни юқorigа иргитишимиз мумкин. Учиш пайтида пилдиروق ўз ўқининг йўналишини сақлайди ва учи билан картонга тушаётиб, ўз ўқи атрофида етарлича айланиш тезлигига эга бўлса, барқарор туришда давом этади.

Бу каби барча ҳодисалар ҳаракат миқдори моментининг ўзгариш қонунлари билан тушунтирилади. Айланиш ўқига нисбатан симметрик бўлган ва ўз ўқи атрофида тез айлана оладиган жисм (одатда диск) гироскоп деб аталади. Гироскопнинг ўқи горизонтал ва ветрикал ўқлар атрофида бурилиб, фазода исталган йўналишни олиши мумкин.

Саволлар:

1. Бурчак тезлик ва бурчак тезланиш деб нимага айтилади?
2. Ташқи кучларнинг айлантирувчи моменти нима?
3. Инерция моменти деб қандай физик катталиққа айтилади?
4. Айланиш ўқига эга бўлган қаттиқ жисм учун динамиканинг асосий қонунини тушунтиринг.
5. Айланиш ўқига эга бўлган қаттиқ жисмнинг кинетик энергияси қандай катталиқларга боғлиқ?
6. Гироскоп нима?

17-маъруза

Суюқликлар механикаси

Маъруза режаси:

Газ ва суюқликларда босим. Узлуксизлик тенгламаси. Ёпишқоқлик. Пуазейль тенгламаси.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

7. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 342-386 б.
8. Дж. Орир. Физика, - М, Мир, 1981, 187 - 131 б.
9. Е.М.Гершензон, Н.Н. Малов. Курс общей физики. Механика. М., "Просвещение" 1987 г. 237-259 бетлар.

Маъруза матни

Суюқлик ва газлар шу билан характерланадики, улар силжишга қаршилиқ кўрсатмайди ва шу сабабли истаганча кичик кучлар таъсирида ҳам ўз шаклини ўзгартира олади. Суюқлик ёки газнинг ҳажмини ўзгартириш учун эса, аксинча, анча катта чекли ташқи кучлар зарур. Ташқи таъсирлар натижасида суюқлик ва газларнинг ҳажми ўзгарганда уларда ташқи кучларнинг таъсирини мувозанатловчи эластик кучлар юзага келади. Суюқлик ва газларнинг эластик хоссалари уларнинг алоҳида қисмлари бир - бирига ёки уларга тегиб турувчи жисмларга бу суюқлик ва газларнинг сиқилиш даражасига боғлиқ бўлган куч билан таъсир кўрсатиши орқали намоён бўлади. Ана шу таъсир босим деб аталувчи катталиқ билан характерланади.

Суюқликнинг ΔS юзага кўрсатадиган таъсир кучларининг Δf тенг таъсир этувчиси ҳам шу юзага ўтказилган нормал бўйлаб йўналган. Юза сирти бирлигига тўғри келувчи Δf куч суюқликдаги босим дейилади. Шундай қилиб, таърифига биноан босим P қуйидагига тенг экан:

$$p = \frac{\Delta f}{\Delta S}, \quad (1).$$

Агар суюқликнинг кўрсатаётган таъсир кучи ΔS юза бўйлаб текис тақсимланса, у ҳолда (1) тенглик ўртача босимни ифодалайди. Демак, нуктадаги босим қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta f}{\Delta S} = \frac{df}{dS} \quad (2)$$

Босим скаляр катталиқ бўлиб, унинг катталиги суюқликнинг (ёки газнинг) берилган нуктасидаги тегишли ΔS юзанинг вазиятига боғлиқ эмас.

Босим бирликлари қуйидагилардир:

1) Халқаро бирликлар системаси (СИ) да - $1 \text{ Н/м}^2 = 1 \text{ Па}$

2) СГС системасида - дина/см^2

Босимнинг турли бирликлари орасида қуйидаги муносабатлар ўринли:

$1 \text{ мм.сим.уст} = 133 \text{ Н/м}^2 = 133 \text{ Паскаль}$

$1 \text{ атм. (физик атм)} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 = 1,033 \text{ ат} \approx 10^5 \text{ Паскаль}$

$1 \text{ ат (техник)} = 0,981 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 = 0,968 \text{ атм.}$

Суюқликнинг оқим чизиқлари билан чегараланган қисми оқим найи деб аталади.

Оқим найининг тезлик йўналишига перпендикуляр S кесимини олайлик. Оқим найини унинг ҳар бир кесимида тезликни доимий деб ҳисобласа бўладиган даражада ингичка қилиб оламиз. Агар суюқлик сиқилмас бўлса, у ҳолда S_1 ва S_2 кесимлар орасида (1-расм) суюқлик миқдори ўзгармайди. Демак, вақт бирлиги ичида S_1 ва S_2 кесимлар орқали оқиб ўтувчи суюқлик ҳажмлари бир хил бўлиши керак:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = S_3 v_3 \quad (3)$$

1-расм

Демак, сиқилмас суюқлик учун берилган найнинг исталган кесимида $S \cdot v$ катталики бир хил бўлиши керак экан:

$$S \cdot v = const \quad (4).$$

Бу олинган натижа оқимнинг узлуксизлиги тенгламаси деб аталади.

Суюқликларнинг ҳаракатини текшираётганда, кўп ҳолларда, суюқлик бир қисмининг бошқа қисмларига нисбатан ҳаракати вақтида ишқаланиш кучлари юзага чиқмайди деб ҳисоблаш мумкин. Ички ишқаланиш (қовушоқлик) батамом йўқ бўлган суюқлик идеал суюқлик дейилади.

Идеал суюқлик учун оқим найининг исталган кесимида қуйидаги тенглама ўринли бўлади:

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 + p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2 + p_2 \quad (5).$$

(5) тенгламанинг чап ва ўнг томонларида иштирок этувчи ρ , v ва h катталикларни бирдан-бир оқим чизигининг иккита ихтиёрий нуқталарига тегишли деб қараш керак. Демак, стационар оқаётган идеал суюқликда исталган оқим чизиги бўйлаб қуйидаги шарт бажарилади:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho g h + p = 0 \quad (6).$$

(6) тенглама ёки унга тенг кучли бўлган (5) тенглама Бернулли тенгламаси дейилади.

Реал суюқликлар ва газлар кўп ёки оз даражада қовушоқлик ёки ички ишқаланиш хусусиятига эга. Суюқлик ичидаги ички ишқаланиш кучи қуйидагига тенг бўлади:

$$f_{\text{ишк}} = \eta \frac{dv}{dz} S \quad (7).$$

бу ерда $\frac{dv}{dz}$ - тезлик градиенти деб аталади. η -суюқликнинг табиатига ва ҳолатига (масалан, температурасига) боғлиқ бўлиб, ички ишқаланиш коэффиценти ёки суюқликнинг қовушоқлиги (ёпишқоқлиги) дейилади.

Халқаро бирликлар системасида қовушоқлик бирлиги қилиб тезлик градиенти ҳар бир метрга 1 м/сек бўлганда қатламаларнинг тегиб турган 1м² юзасига 1 Ньютон ички ишқаланиш кучини юзага келтирадиган қовушоқлик қабул қилинган. Бу бирлик $H \cdot \text{сек} / \text{м}^2$ билан белгиланади. Қовушоқликнинг СГС системасидаги бирлиги Пуазь қабул қилинган

$$1H \cdot \text{сек} / \text{м}^2 = 10\text{пуаз}.$$

Трубанинг кўндаланг кесим юзасидан t вақт давомида оқиб ўтган суюқлик массасини қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисоблаб топиш мумкин:

$$M = \frac{\rho \pi}{8h} \cdot \frac{P_1 - P_2}{h} R^4 t = \mu t \quad (8)$$

бу ерда μ - бирлиги кг/сек бўлган, ҳар секундда оқиб ўтаётган суюқлик массаси. (8) ифодада Пуазейль тенгламаси деб аталади.

Саволлар:

1. Суюқлик ва газларнинг асосий хусусиятларини тушунтиринг.
2. Оқим найи нима?
3. Оқимнинг узлуксизлиги тенгламасини тушунтиринг.
4. Бернулли тенгламасининг мохиятини тушунтиринг.
5. Суюқлик ичидаги ички ишқаланиш кучи қандай катталикларга боглик?

18-маъруза **Тебранма ҳаракат**

Маъруза режаси:

Гармоник тебранишлар. Тебраниш амплитудаси, частотаси ва фазаси. Математик ва физик маятник. Гармоник ҳаракатда энергия.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 430-479 б.
2. Дж. О'Рир. Физика, - М, Мир, 1981, 172-184 б.
3. Е.М.Гершензон, Н.Н. Малов. Курс общей физики. Механика. М., "Просвещение" 1987 г.

Маъруза матни

Гармоник тебранишлар шундай даврий жараёндики, бунда кузатилаётган катталик синус (ёки косинус) қонуни билан ўзгаради. Масалан, айлана бўйлаб текис ҳаракат қилаётган нуқтанинг (1-расм) шу ҳаракат текислигидаги тўғри чизикқа туширилган проекцияси вақт ўтиши билан синусоидал қонунга мувофиқ ўзгаради. Агар айлананинг радиуси R бўлиб, ω бурчак тезлик билан айланса, x ҳолда x проекция

$$x = R \sin \alpha = R \sin \omega t, \quad (1).$$

га тенг бўлади.

Равшанки, x нинг ўзгариш даври

$$T = \frac{2\pi}{\omega}, \quad (2).$$

1- расм.

T -вақтдан, яъни нуқтанинг бир марта тўлиқ айланиб чиқишига кетган вақтдан сўнг бутун жараён аниқ такрорланади. Шунинг учун T -гармоник тебранишлар даври деб, ω эса гармоник тебранишларнинг доиравий (ёки циклик) частотаси деб аталади. Вақт бирлиги ичидаги тебранишлар сони тебраниш частотаси деб аталади.

$$\nu = \frac{1}{T}, \quad (3)$$

ν - частота деб аталади ва Герц хисобида ўлчанади.

Математик маятник деб вазнсиз ва чўзилмайдиган ип билан унга осилган бир нуқтада мужассамланган массадан иборат идеал системага айтилади. Узун ингичка ипга осилган кичикроқ оғир шарча математик маятникка етарли даражада яқин бўлади. Уни мувозанат вазиятидан четга оғдириб қўйиб юборамиз (2 - расм).

Ипнинг $\overline{N}$ таранглик кучи ва юкнинг $\overrightarrow{P}$ оғирлик кучи таъсири натижасида юк тебранма ҳаракат қилади. Юк мувозанат вазиятига етганда инерцияси туфайли мувозанат вазиятидан ўтиб кетади ва маълум вақтдан кейин тўхтаб орқага қайтади. Маятникнинг хусусий тебранишлари шу тариқа юз беради.

Юк ҳаракатининг дифференциал тенгламаси

$$m\ddot{x} = -F \quad (4)$$

бўлади. Биз бу ерда F нинг олдига минус ишора қўйдик, чунки F куч X координата (силжиш) деб ҳисобланадиган мусбат йўналишга қарши йўналган.

$$\text{Агар} \quad F = mgx = mg\frac{x}{l}, \quad (5)$$

эканлигини ҳисобга олсак, (4) қуйидаги кўринишга келади:

$$m\ddot{x} = -mg\frac{x}{l}, \quad (6)$$

(6) тенгламанинг ҳар иккала томонини m га қискартирамиз:

$$\ddot{x} + \frac{g}{l}x = 0, \quad (7)$$

(7) тенгламанинг ечими қуйидагича бўлади:

$$x = A \sin\left(\sqrt{\frac{g}{l}}t + \varphi\right), \quad (8)$$

x ни икки марта дифференциаллаб, қуйидагини топамиз:

$$\ddot{x} = -\frac{g}{l} A \sin\left(\sqrt{\frac{g}{l}}t + \varphi\right) = -\frac{g}{l}x, \quad (9)$$

$\frac{g}{l} = \omega^2$ белгилашни киритамиз ва юкнинг (8) ҳаракат конунини

$$x = A \sin(\omega t + \varphi), \quad (10)$$

кўринишда ёзамиз.

Шундай қилиб, x вақт ўтиши билан синусоидал қонун бўйича ўзгарар экан. Юкнинг мувозанат вазиятидан максимал оғишига тенг бўлган A катталиқ гармоник тебранишлар амплитудаси деб аталади. Амплитуда катталиги бошланғич оғишга ва маятник тебранишига сабаб бўлган турткига боғлиқ. Синус белгиси ичидаги $(\omega t + \varphi)$ катталиқ фаза деб аталади. Фаза фактга пропорционал равишда ортади. φ катталиқ бошланғич фаза (ёки $t=0$ пайтдаги фаза); бошланғич фаза t вақт ҳисоби бошидаги оғиш ва тезликка боғлиқ.

Тебранишлар даврий равишда юз беради, жараён эса хусусий тебранишларнинг T давридан сўнг такрорланади. $(\omega t + \varphi)$ фаза 2π катталиқка ўзгарганда юкнинг x силжиши ва $\dot{x}$ тезлиги аввалги қийматига эга бўлади. Вақт T давр микдорида ўзгарганда фаза 2π катталиқка ортади. Бинобарин,

$$2\pi = \sqrt{\frac{g}{l}}T$$

бундан тебраниш даврини топамиз:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{g}{l}} \quad (11).$$

(11) ифода математик маятникнинг тебраниш даври тенгламасидир.

Физик маятникнинг, яъни бирор ўқ атрофида эркин айланадиган оғир жисмнинг хусусий тебранишлари худди юқорида кўриб ўтилган математик маятникнинг тебранишлари каби бўлади. Динамиканинг иккинчи қонунига асосан, айланаётган жисм учун

$$I\ddot{\alpha} = -mga \sin \alpha \quad (12)$$

деб ёзиш мумкин, бу ерда J - жисмнинг чизмага (- расм) перпендикуляр равишда O нуқтадан ўтадиган горизонтал ўққа нисбатан олинган инерция моменти. Оғиш бурчаги кичик бўлганда $\sin \alpha \approx \alpha$; у ҳолда

$$J\ddot{\alpha} + mga\alpha = 0$$

ёки

$$\ddot{\alpha} + \frac{mga}{J}\alpha = 0, \quad (13)$$

бўлади. Бу тенгламанинг кўриниши (7)

тенглама кўриниши билан бир хил.

Бинобарин, α бурчак гармоник равишда

3- расм

$$w = \sqrt{\frac{mga}{J}}, \quad (14)$$

частота билан ўзгаради. Узунлиги

$$l_0 = \frac{J}{ma}, \quad (15)$$

бўлган математик маятник ушбу физик маятникнинг тебранишлар частотасидек частотага эга. Айланиш ўқидан массалар маркази орқали ўтадиган тўғри чизикда l_0 масофада турган нуқта физик маятникнинг тебраниш марказига қўйилса, у ҳолда маятник аввалги частота билан тебранади.

Гармоник тебранишларда тўлиқ энергия доимий бўлиб қолгани ҳолда кинетик ёки потенциал энергиянинг қиймати вақт ўтиши билан ўзгариб туради. Энергиянинг сақланиш қонуни тебранишларнинг хусусий частотасини (ёки даврини) осонгина аниқлашга имкон беради. Массаси m бўлган жисм

$$X = A \sin \omega t$$

қонуният бўйича гармоник тебранма ҳаракат қилаётган бўлсин. У ҳолда тебранишлар тезлиги

$$\dot{X} = -\omega A \cos \omega t$$

бўлади. Жисм мувозанат вазиятидан ўтаётган пайтларда тезлик ωA га тенг бўлган максимал қийматга эга бўлади (ωA - тезлик амплитудасининг қиймати). Бу пайтда тўлиқ энергия кинетик энергияга тенг бўлади, яъни

$$E_{\text{Тўла}} = \frac{mv^2}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{2}, \quad (16)$$

Чорак даврдан сўнг, яъни жисм энг четки вазиятга етганда ($x=A$ ва тезлик $x'=0$) тўлиқ энергия потенциал энергияга тенг бўлади.

$$E_{\text{тула}} = \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2}{2}, \quad (17)$$

(16) ва (17) ифодаларни таққослаб, хусусий частотани аниқлаш мумкин:

$$w^2 = \frac{k}{m} \quad \text{ёки} \quad w = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (18)$$

Саволлар:

1. Гармоник тебранма ҳаракат деб қандай ҳаракатга айтилади?
2. Гармоник тебранма ҳаракатга тааллуқли асосий физик катталикларни тушунтиринг.
3. Математик маятникнинг тебраниш даври ифодасини келтириб чиқаринг.
4. Математик ва физик маятникларнинг ўхшаш ва фарқли томонларини айтиб беринг.
5. Тебранма ҳаракат қилаётган жисмнинг энергияси қандай катталикларга боғлиқ?

19-маъруза

Акустика

Маъруза режаси:

Товушнинг табиати. Қаттиқ жисм, сууюқлик ва газларда тувушнинг тарқалиши. Товуш тезлигини ўлчаш. Товушнинг интенсивлиги. Акустик резонанс. Акустикада Допплер эффекти. Ультга - ва инфратовуш.

Тавсия этилаётган адабиётлар:

1. Стрелков С.П. Механика. Т., «Ўқитувчи», 1977, 515-522 б.
2. Дж. Офир. Физика, - М, Мир, 1981, 181-183 б.
3. Е.М.Гершензон, Н.Н. Малов. Курс общей физики. Механика. М., "Просвещение" 1987 г. 224-234.

Маъруза матни

Агар ҳавода тарқалаётган эластик тўлқинларнинг частотаси тахминан 20 дан 20000 Гц оралиғида бўлса, у ҳолда улар инсон қулоғида товуш сезгисини уйғотади. Шунинг учун частотаси ана шу кўрсатилган чегарада ётган исталган муҳитдаги эластик тўлқинлар товуш тўлқинлари ёки тўғридан-тўғри товуш деб аталади. Частотаси 20 Гц дан кичик бўлган эластик тўлқинлар инфратовуш деб аталади; частотаси 20000 Гц дан катта бўлган тўлқинлар ультратовуш дейилади. Инфра- ва ультратовушларни инсон қулоғи эшитмайди.

Газ ва сууюқликлардаги товуш тўлқини фақат бўйлама тўлқин бўлиши мумкин ва галма-гал келувчи сиқилиш ва сийракланишлардан иборат бўлади. Қаттиқ жисмларда тарқалаётган тўлқинлар ҳам бўйлама, ҳам кўндаланг бўлиши мумкин.

Одамлар қабул қилган товушларни уларнинг юксаклиги, тембри ва қаттиқлигига қараб бир-биридан фарқ қилади. Берилган товушда иштирок этувчи тебранишлар частоталари тўплами товушнинг акустик спектри деб аталади. Товушнинг газдаги тезлиги қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}, \quad (1)$$

Бунда товушнинг газдаги тезлиги температурага ва газни характерловчи $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$

нисбатга ҳамда унинг моляр массаси - μ катталикларнинг қийматига боғлиқ бўлади. Товушнинг газдаги тезлиги босимга боғлиқ эмас.

Уй температураси (тахминан 290^0K абсолют температура) учун товушнинг ҳаводаги тезлигини тақрибан топайлик. Ҳаво учун $\gamma = 1,40$, $\mu = 29\text{г/моль}$. Бу қийматларни (1.) формулага қўяйлик.

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{1.40 \cdot 8.31 \cdot 10^3 \cdot 290}{29}} = 340 \text{ м/сек}.$$

Товушнинг ҳаводаги бу ҳисоблаб топилган қиймати тажриба йўли билан топилган қийматга яқин.

Товуш дисперсияга эга эмаслиги, яъни унинг тезлиги частотага қараб ўзгармаслиги диққатга сазовор фактдир. Борди-ю, ана шундай боғланиш мавжуд бўлганда нутқ яратиш мумкин бўлмаган бўлар эди. Шу билан бирга куй эшитиб роҳатланиш имкониятидан ҳам маҳрум бўлар эдик.

Товуш тўлқинларининг интенсивлиги деб, тўлқин ўзи билан олиб юрган энергия оқими зичлигининг ўртача қийматига айтилади. Тўлқин товуш сезгисини уйғотиш учун эшитиш чегараси деб аталувчи бирор минимал интенсивликка эга бўлиши керак. Эшитиш чегараси ҳаммада ҳар ҳил бўлиб, товушнинг частотасига боғлиқ. Одам қулоғи $1000-4000$ Гц орасидаги частотали товушларга жуда сезгир бўлади. Частотанинг бу соҳасида эшитиш чегараси тахминан 10^{-9} эрг/см²сек га тенг. Бошқа частоталарда эшитиш чегараси юқориноқ бўлади. Интенсивлик тахминан 10^3-10^4 эрг/см².сек атрофида бўлганда тўлқин товуш сифатида сезилмай қолади ва қулоқда фақат оғриқ ҳамда босим сезгисини уйғотади. Интенсивликнинг ана шундай сезги уйғотадиган қиймати оғриқ сезиш чегараси деб аталади. Оғриқ сезиш чегараси ҳам эшитиш чегараси каби частотага боғлиқ.

Акустик резонанс товуш ҳосил қилиш жараёнида - одамнинг оғиз бўшлиғида юз беради. Агар товуш манбаи (ёки кузатувчи) ҳавога нисбатан ҳаракатланса, қабул қилинаётган товушнинг частотаси манбанинг частотасидан фарқ қилади. Бу ҳодиса Доплер эффекти дейилади. Бу эффект назарий жиҳатдан текшириляётганда шуни таъкидлаш лозимки, барча тезликлар (ҳавонинг, кузатувчининг ва товуш манбаининг тезлиги) ҳавога нисбатан - яъни, товуш тарқалаётган муҳитга нисбатан ҳисобланади.

Кузатувчи товуш манбаидан узоқлашиб борганда қабул қилинаётган тўлқинлар сони камаяди. Частотанинг янги қиймати эса

$$f = f_0 \left(1 - \frac{U_k}{V}\right), \quad (2)$$

$U_k > v$ бўлганда, кузатувчи товуш тўлқинини қувиб ўтади ва кузатувчи томонидан қабул қилинган частота қуйидагига тенг бўлади:

$$f = f_0 \left(\frac{U_k}{V} - 1\right) \quad (3)$$

Юқорида таъкидланганидек, частоталари 20000 Гц дан юқори бўлган, яъни қулоқнинг сезгирлиги чегарасидан ташқарида бўлган акустик тебранишлар ультратовуш деб аталади. Бунчалик юқори частотали механикавий тебранишлар одатда пьезоэффект ёки магнитострикция ҳодисалари воситасида юзага келади. Ультратовушнинг тўлқин узунлиги қисқа бўлади. Масалан, частота 350 кГц бўлганда ҳавода ультратовуш тўлқинининг узунлиги 1 мм чамасида, частота 3 МГц бўлганда эса

тўлқин узунлиги 0,1 мм чамасида бўлади. Ультратовуш ёрдамида сувдаги кема, айсберг ва турли тўсиқларгача бўлган масофалар аниқланади.

Инфратовушларнинг частотаси 20 Герцдан кам бўлади. Инфратовушнинг ҳаводаги тезлиги шамолнинг тарқалиш тезлиги ва денгиздаги шторм тўлқинлари тезлигидан катта бўлади. Шунинг учун инфратовуш бизга бу ҳодисалар юз беришидан олдинроқ билиш имконини беради. Инфратовуш тўлқинлари ер қимирлаши даврида ҳам юзага келади.

Саволлар:

1. Товуш қандай ҳосил қилинади?
2. Товушлар бир-биридан қандай фарқланади?
3. Товуш тўлқинларининг интенсивлиги деб нимага айтилади?
4. Акустик резонанс деб нимага айтилади?
5. Ультра- ва инфратовуш нима?
6. Нима учун товуш дисперсияга эга эмас?