

**O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI
XALQ TA'LIMI VAZIRLIGI**

JIZZAX DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI

FIZIKA – MATEMATIKA FAKULTETI

UMUMIY FIZIKA KAFEDRASI

**MEXANIKADAN
PARDAYEV BOBURNING**



Jizzax – 2014 yil.

МЕХАНИКАНИНГ ФИЗИК АСОСЛАРИ

Механика - физика бщлими бщлиб, материя ʔарака-тининг энг содда ва энг умумий шаклларини шрганар экан, у жисмларнинг ёки жисмлар ыисмларининг фазода бир-бирига нисбатан силжишини ифодаловчи механик ʔаракат ʔабидаги таолимотдир.

Механикани фан сифатида ривожланиши эрамиздан олдинги III асрларга бориб таыалади. Шша даврдаёы ыадимги юнон олими Архимед (287-212 эрамиздан олдинги йиллар) ричагнинг мувозанатлик ыонунини шакллантириши унинг механика фанини ривожланишига дастлабки ышчилган ʔиссаси деб ыараш мумкин. Механиканинг асосий ыонунларини Италия олими Галилей (1564-1642) аниылаган бщлса, инглиз олими Нрютон (1643-1727) бу ыонунларни узул-кесил таорифлаб берди ва фундаментал ыонун сифатида шакиллантирди.

Галилей ва Нрютон механикаси **классик механика** деб юритилади ва ёруылик тезлигига ыараганда анча кичик тезликларда ʔаракат ыилаётган макроскопик жисмлар ʔаракат ыонунини шрганеди.

Ёруылик тезлигига ыаин тезликларда ʔаракат ыилаётган макроскопик жисмлар ʔаракат ыонунларини А.Эйнштейн (1879-1955) кашф этган **нисбийлик назарияси шрганеди**. Микроскопик жисмлар (алоъида атомлар ва элементар заррачалар) ʔаракат ыонунларига келсак, буларни классик механика тушунтира олмайди. Уларни **квант механика** шрганеди.

Механика ыуйидаги уч бщлимни шз ичига олади: кинематика, динамика ва статика.

Кинематика - жисмлар ʔаракатини уни вужудга келтирган сабабларга ыараб эмас, балки уларни ʔаракат давомида ыолдирган изларига (траекториясига) ыараб шрганеди.

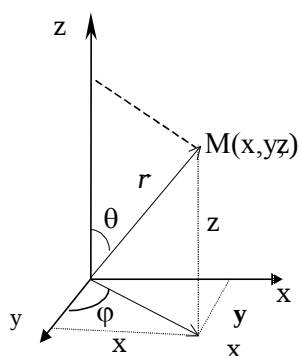
Динамика жисмларнинг ʔаракат ыонунларини уни вужудга келтирган сабабларга ыараб, яони куч таосирида жисмлар ʔаракатини шрганеди.

Статика жисмлар ситемасининг мувозанатлик ыонунларини шрганеди. Агар жисмлар ʔаракат ыонунлари маолум бщлса, улардан мувозантлик ыонунларини ʔам аниылаш мумкин.

Механик ʔаракатда бир жисмнинг вазияти бошья жисмларга нисбатан шзгаради. Механик ʔаракатнинг энг содда кшриниши сифатида моддий нуыта ʔаракатини кшрайлик. Кшрилайтган масалаларда шакли ва шлчамларини ʔисобга олинмайдиган жисм **моддий нуыта** деб аталади. Моддий нуыта тушунчаси абстракт тушунча бшчиб, табиатдаги реал жисм-ларни идеаллаштириш натижасида вужудга келади ва уни киритилиши текширилайтган аниы масалаларни ечишни енгиллаштиради.

Масалан: Ернинг ва бошья планеталарнинг Ыуёш атрофида ʔаракатларини шрганаётганимизда Ер, планеталар ва Ыуёшни моддий нуыталар деб ʔисоблаш мумкин.

Жисмлар ʔаракати фазо ва ваытда амалга ошади. Фазо абадий мавжуд, чексиз катта, ыщзьялмас материя кшринишида тасвирланади. Фазонинг хоссалари ваыт штиши билан шзгармайди. Ваыт фазонинг исталган нуытасида бирдай штади деб ʔисобланади, яони шз-шзича,



1.1 – расм

текис ва бирор бошья борлиыа боълиы бшлмаган ʔолда штади деб ыаралади. ʔар ыандай физик ʔодиса ёки жараён фазонинг ыаердадир ва ыачондир содир бшлади. Механика нуытаи назарида ʔаракат жисмларнинг фазодаги вазиятини ваыт штиши билан шзгаришидан иборатдир. Моддий нуытанинг фазодаги ʔолатини бирор ыытиёрий танлаб олинган саноы системасига нисбатан ыаралади.

Фазода моддий нуыта ʔолатини тшъри бурчакли уч шлчовли Декарт o, x, y, z - координаталар системаси ёрдамида аниылаш мумкин (1.1 – расм). Бу ʔолда М моддий нуытанинг ваытнинг исталган пайитидаги вазияти x, y, z

координаталар билан ёки координата бошидан М нуытага штказилган радиус вектор $\vec{r}$ - орыали, яони сферик координаталар билан аниыланади. Радиус векторнинг модули r - кесма билан, йщналиши эса θ ва φ бурчаклар ёрдамида ифодаланади. Бу иккала координаталар системаси моддий нуыта вазиятини координаталар ва радиус - вектор орыали ифодалашга эквивалентдир. Шунинг учун ҳам сферик координаталардан Декарт координаталарга ва аксинча штишларни амалга ошириш мумкин.

1).Сферик координаталар $-r, \theta, \varphi$ лардан Декарт координаталар $-x, y, z$ ларга штиш ыуйидагича амалга оширилади:

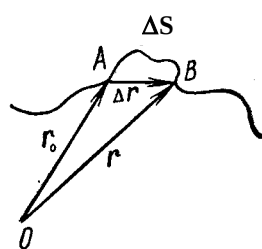
$$\begin{aligned} x &= r \sin \theta \cos \varphi \\ y &= r \sin \theta \sin \varphi, \\ z &= r \cos \theta \end{aligned} \quad (1.1)$$

2) x, y, z лардан r, θ, φ ларга штиш учун ыуйидаги ифодалардан фойдаланиш керак:

$$\left. \begin{aligned} r &= \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ \cos \theta &= \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \\ \operatorname{tg} \varphi &= \frac{y}{x} \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

Ъаракатланаётган моддий нуыта ыолдирган изи **траектория** деб аталади.

Агар тректория тшъри чизиыдан иборат бщлса, **ъаракат тшъъри чизиыли**, тректория эгри чизиыдан иборат бщлса, **ъаракат эгри чизиыли** деб аталади.



1.2 – расм.

Ихтиёрй тректория бщйлаб ъаракатланаётган моддий нуытани кузатайлик. Кузатишни моддий куыта А нуытадаги ъолатидан бошлаймиз.

Бирор Δt ваытдан кейин моддий нуыта В нуытага келиб ыолсин, у ΔS йщлни штади (1.2-расм). Моддий нуытанинг бошланьич (А) ва охирги (В) вазиятларини ифодаловчи r ва r_0 радиус векторлар айирмасы

$$\vec{r} - \vec{r}_0 = \Delta \vec{r} \quad (1.3)$$

вектор моддий нуыта **кшччишини** характерлайди. Моддий нуыта кшччишининг шу кшччишни штилгандаги ваыт оралиыига нисбати ъаракатнинг шртача тезлиги $v_{шр}$ дейилади.

$$\vec{v}_{yp} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \quad (1.4)$$

Ваыт оралиыни чексиз кичрайтира борсак, яони $\Delta t \rightarrow 0$ деб олсак, (1.4) ифода интилган лимитни моддий нуытанинг оний тезлиги ёки таъиый тезлиги деб аталади.

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad (1.5)$$

Тщъри чизиыли ыаракатда $|\Delta \vec{r}|$ кщчиш ва босиб щтилган йщл ΔS бир хилдир, у ёлда:

$$v = |\vec{v}| = \frac{|d\vec{r}|}{dt} = \frac{ds}{dt} \quad (1.6)$$

Шундай ыилиб, *моддий нуытанинг тезлиги вектор катталики бщлиб, у радиус векторидан ваыт бщйича олинган биринчи тартибли ёсила тарзида, модули эса йщлдан ваыт бщйича олинган биринчи тартибли ёсила тарзида таъ аниыланиши мумкин.*

Моддий нуытанинг ыаракат тезлиги ваыт щтиши билан щзгармаса, унинг ыаракати *текис ыаракат* дейилади; акс ёлда ыаракат *щзгарувчан ыаракат* дейилади. Щзгарувчан ыаракатда тезлик щзгаришини характерлаш учун *тезланиш* деб аталувчи физик катталик киритилади. Моддий нуытанинг тезлиги Δt ваытда $\Delta v = v_2 - v_1$ га щзгарса, унинг тезланиши

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{d\vec{r}}{dt} \right) = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} \quad (1.7)$$

ифода билан аниыланади. Демак, *тезланиш - моддий нуыта тезлигининг ваыт бирлиги давомида щзгаришини характерлайдиган вектор катталик бщлиб, у тезлик векторидан ваыт бщйича олинган биринчи тартибли ёсила ёки радиус векторидан ваыт бщйича олинган иккинчи тартибли ёсила тарзида ифодаланади.*

Тщъри чизиыли ыаракатда траектория тщъри чизиыдан иборат бщлади. Моддий нуытанинг тщъри чизиыли ыаракатини

1) тщъри чизиыли текис ыаракат;

2) тѣъри чизиыли щзгарувчан ъаракат кѣринишларида кѣриб чиыайлик.

Щзгармас тезлик билан бѣлаётган ъаракат ($v=const$) **текис ъаракат** деб аталади. **Моддий нуытанинг тѣъри чизиы бѣйлаб ъар ыандай тенг ваытлар оралиыларидан бир хилда кѣчишига тѣъри чизиыли текис ъаракат деб аталади.**

$$\vec{v} = \frac{\vec{S}}{t} \quad (1.8)$$

Моддий нуыта ъаракати тѣъри чизиыли бѣлгани учун координаталар щыини мана шу тѣъри чизиы бѣйлаб йѣналтириш керак. Бу щыни X билан белгилайлик. Моддий нуыта тезлигининг вектори ѡам кѣчиш вектори ѡам мана шу щы бѣйлаб йѣналади, $\vec{S}$ ва $\vec{v} \cdot t$ векторлар тенг бѣлгани сабабли уларнинг x щыидаги проекциялари ѡам тенг бѣклади, яони

$$S_x = v_x \cdot t \quad (1.9)$$

S_x ва v_x щрнига S ва v деб ёзиш мумкин. У ѡолда тѣъри чизиыли текис ъаракат тенгламаси ѡосил бѣклади:

$$S = v \cdot t \quad (1.10)$$

S щрнига 1 м ни, t щрнига 1 с ыѣйсак тезликнинг бирлигини ѡосил ыиламиз:

$$v = \frac{S}{t} = 1.m/c$$

Тѣъри чизиыли текис ъаракатда тезлик графиги абсцисса щыига паралел чизиылардан иборат бѣклади. Тѣъри чизиыли текис ъаракатда йѣл графиги эса координатлар бошидан щтувчи тѣъри чизиыдан иборат бѣклади.

Щзгармас тезланиш билан бѣлаётган ъаракат ($a=const$) текис щзгарувчан ($a>0$ бѣлса, текис тезланувчан ва $a<0$ бѣлса, текис секинланувчан) ъаракат дейилади. Бу ваытда оний тезланиш исталган ваыт оралигидаги щртача тезланишга тенг бѣклади

$$a = a_{yp} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t},$$

$$v = v_0 + at, \quad (1.11)$$

бу ерда v_0 - ъаракатнинг бошланьич тезлиги, v - ваытнинг t пайтидаги тезлиги.

Текис щзгарувчан ̄аракатда тезлик v_0 ыййматдан v ыййматгача текис щзгарса, бундай ̄аракатнинг щртача тезлиги бошланьич ва охирги тезликларнинг щртача арифметик ыййматига тенг бщлады:

$$v_{yp} = \frac{v + v_0}{2} \quad \text{бунда} \quad S = \frac{v_0 + v}{2} t$$

(1.11) формуладан v нинг ифодасини ыщйиб, ьуйидагини ьосил ыиламиз:

$$S = \frac{v_0 + v_0 + at}{2} t$$

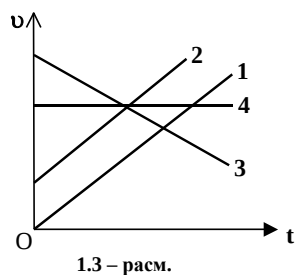
ёки

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (1.12)$$

Бу ифода текис щзгарувчан ̄аракат тенгламасидир.

(1.11) ва (1.12) тенгламаларни биргаликда ечиб ва улардан t ни чиыариб ташлаб йщл, тезлик ва тезланишни боьловчи муносабатни ьосил ыиламиз:

$$v^2 - v_0^2 = 2aS, \quad (1.13)$$



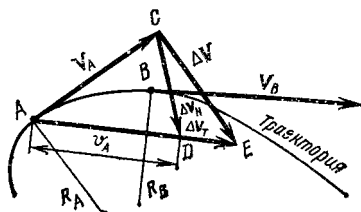
Бу формулалардан фойдаланиб текис щзгарувчан ̄аракатнинг тезлик ва йщл графикларини чизиш мумкин (1.3-расм). Тезлик графикини чизиш учун абцисса щьиига ваьтнинг, ордината щьиига эса тезликнинг ыййматини ыщямиз. Агар $\vec{v}_0 = 0$ бщлса, (1.3 –

расм, 1-тщьри чизиы) у ьолда тезлик графики координата бошидан щтган тщьри чизиыдан иборат бщлады. $\vec{v}_0 \neq 0$ бщлганда эса тезлик графики ордината щьида $\vec{v}_0$ га тенг кесмадан бошланади (1.3 – расм, 2-тщьри чизиы). 1.3 – расмдаги 1,2-тщьри чизиылар $a > 0$, 3 – тщьри чизиы текис секинланувчан ̄арактни, 4-тщьри чизиы эса ($v = const$) тщьри чизиыли текис ̄аракатни ифодалайди.

Текис щзгарувчан ̄аракатнинг йщл графики эса ярим парабола шаклида бщлады, чунки $y^2 = 2px$ парабола тенгламсидир. Агар $y^2 = ax$ ($a = 4, 5, 6$) ыййматларни олганда тенглама

графиғини чизадиган бўлсак, у ўлда худди биз $S = \frac{at^2}{2}$ тенглама ёрдамида ёзил ёилган графикка шхшаш график ёзил ёилади.

Траекторияси эгри чизиыдан иборат бўлган ёаракат *эгри чизиыли ёаракат* дейилади. Бунга мисол ёилиб, ер юзидаги барча транспорт воситаларини, машина ва механизм ёисмларини, оыар сувни, атмосферадаги ёаво зарраларини, космик фазодаги барча планетлар ва суной йшлдошларнинг ёаракатини олиш мумкин. Эгри чизиыли ёаракат тшъри чизиыли ёаракатга нисбатан мураккаброыдир.



1.4 – расм.

Эгри чизиыли ёаракатда ваыт штиши билан тезлик векторининг фаыат йшналишигина эмас, балки миыдори ёам шзгариши мумкин. Кузатиш бошланганда эгри чизиыли ёаракат ёилаётган моддий нуыта траекториянинг А нуытасидан штаётган бўлсин (1.4-расм). Бирор кичик - t ваыт ичида кичик ΔS ейни босиб В нуытага келади. А ва В нуыталардаги тезликларни мос равишда $\vec{v}_A$ ва $\vec{v}_B$ деб белгилайлик. Тезлик шзгаришини аниылаш учун $\vec{v}_B$ тезлик векторини шз-шзига паралелл ўлда А нуытага кшчирайлик, у ўлда $\vec{v}_A$ вектор учини кучирилган $\vec{v}_B$ вектор учи билан туташтирувчи вектор ($\Delta \vec{v} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$) изланаётган тезлик шзгаришини ифодалайди. $\Delta \vec{v}$ тезлик шзгаришини икки тезлик векторларининг йиындиси шаклида ёам ёараш мумкин. Бунинг учун АЕ кесма устида А дан $\vec{v}_A$ вектор кесмасига тенг кесма ажратиб $\vec{v}_B$ йшналишида D нуытани танлайлик. С ва D нуыталарни бирлаштирувчи векторни $\Delta \vec{v}_n$ билан, D ва E нуыталарни бирлаштирувчи векторни эса $\Delta \vec{v}_t$ билан белгилайлик. У ўлда $\Delta \vec{v}$ ни ана шу икки векторнинг йиындисидан иборат деб ёисоблаш мумкин.

$$\Delta \vec{v} = \Delta \vec{v}_n + \Delta \vec{v}_t \quad (1.14)$$

Эгри чизиыли ёаракатда моддий нуыта тезланиши

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}_n}{\Delta t} + \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}_T}{\Delta t} \quad (1.15)$$

ёзиш мумкин. (1.15) ифодадаги йибиндининг биринчи лимитини марказга **интилма тезланиш** ёки **нормал тезланиш** деб аталади.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}_n}{\Delta t} \quad (1.16)$$

Геометрик мулоъазалар асосида нормал тезланишнинг модули тезлик квадратининг траектория айна соъасининг эгрилик радиусига (R) бўлган нисбатига тенглигини аниёлаш мумкин:

$$a_n = \frac{v^2}{R}. \quad (1.17)$$

(1.15) ифодадаги йибиндининг иккинчи лимитини **уринма тезланиш** ёки **тангенциал тезланиш** деб аталади.

$$a_T = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{v}_T|}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} \quad (1.18)$$

Шундай ёилиб, эгри чизибли ʼаракат ёилаётган моддий нуутанинг тцлиы тезланиши нормал ва уринма тезланишларнинг вектор йибиндисидан иборат.

$$\vec{a}^2 = \vec{a}_n^2 + \vec{a}_T^2, \quad \vec{a} = \sqrt{\vec{a}_n^2 + \vec{a}_T^2}. \quad (1.19)$$

Нормал тезланиш тезликнинг йщналиш бщйича цзгаришини, уринма тезланиш эса тезликнинг миёдорий жиъатдан цзгариш жадаллигини ифодалайди.

Эгри чизибли ʼаракатнинг хусусий ʼоли бўлган моддий нуутанинг **айлана бщйлаб текис ʼаракатини** кщрайлик. Бу ʼолда тезланишнинг уринма ташкил этувчиси бўлмайди ($a_T = 0$) ва тезланиш цзининг марказга интилма тезланишига тенг бўлади ($\vec{a} = \vec{a}_n$).

Моддий нуытанинг айланма бщйлаб текис ьаракатини **бурчак тезлик** деб аталаувчи физик катталиқ ω билан характерлаш мумкин, бунда бурчак тезлик деб R радиуснинг бурилиш бурчаги $\Delta\varphi$ нинг бу бурилиш бщлган ваьт оралиь Δt га нисбатини тушуниш керак

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad (1.20)$$

Нотекис ьаракат учун, оний бурчак тезлиги тушунчаси киритилади

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}$$

Бурчак тезликнинг щлчов бирлиги радиан таьсим секунддир(рад/секунд). $R \cdot \Delta\varphi = \Delta S$ эканлигини эотиборга олиб, чизиьли тезликни бурчак тезлик билан боьловчи муносабатни топамиз:

$$v = \omega R \quad (1.21)$$

Моддий нуытанинг айлана бщйлаб бир айланиш ваьти **айланма даври T** ва **ваьт бирлигидаги айланишлар сони ν** (айланиш частотаси) ни киритайлик.

$$T = \frac{1}{\nu} \quad (1.22)$$

T нинг щлчов бирлиги секунд (с), ν нинг щлчов бирлиги эса с^{-1} бщлиб, **Герц** деб номланган; **Герц** секундига бир марта айланишдир.

Моддий нуьта билан боьланган айлана радиуси T давр ичида 2π бурчакка бурилгани учун (1.20) формулага мувофиь

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (1.23)$$

(1.21), (1.22), (1.23) формулалардан фойдаланиб ьуйидагини ьосил ьиламиз:

$$v = \frac{2\pi}{T} R = 2\pi \nu R. \quad (1.24)$$

Моддий нуытани айлана бщйлаб нотекис ьаракатланганда чизиьли тезлик билан бирга бурчак тезлик ьам щзгаради. Бурчак тезлиги щзгариши $\Delta\omega$ нинг шу щзгариш бщлган ваьт оралиь Δt га нисбати щргача бурчак тезланиш $\epsilon_{\text{щр}}$ деб аталади.

$$\varepsilon_{yp} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} . \quad (1.25)$$

$\varepsilon_{\text{цр}}$ нинг ваыт оралиыи нолга интилгандаги лимити *оний бурчак тезланишии ε дейилади:*

$$\varepsilon = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt} . \quad (1.26)$$

Демак, бурчак тезланиш бурчак тезликдан ваыт бщйича олинган биринчи тартибли
ъосилага тенг экан, ε нинг щлчов бирлиги радиан таысим секунд квадрат (рад/с²) дир.