

2-mavzu: Mexanik harakat turlari

Reja:

- 1. Harakatning mustaqillik prinsipi.*
- 2. Jismlarning vertikal harakati.*
- 3. Aylana bo'ylab notekis harakat. Burchak tezlanish.*
- 4. Tangensial tezlanish. Aylanma va ilgarilanma harakatni o'zaro uzatish. tasmali, tishli, friksion va val orqali uzatmalar.*
- 5. Gorizontol otilgan jismning harakati. Gorizontga qiya otilgan jismlarning harakati. Harakatning mustaqillik prinsipi.*

Fizika kursi 5 bo'limga bo'lib o'rganiladi:

1. Mexanika.
2. Molekulyar fizika va termodinamika asoslari.
3. Elektr va magnetizm.
4. Optika.
5. Atom va yadro fizikasi.

Fizika kursi dastlab mexanika bo'limini o'rganishdan boshlanadi.

Fizikaning harakat qonunlari, hamda bu harakatni vujudga keltiruvchi va o'zgartiruvchi sabablarini o'rganuvchi bo'limiga **mexanika** deyiladi.

Mexanika 3 qismga bo'lib o'rganiladi:

- 1. Kinematika** – jismlarning harakat qonunlarini bu harakatni vujudga keltiruvchi sabablarni e'tiborga olmay o'rganadi.
- 2. Dinamika** – jismlarning harakat qonunlarini bu harakatni vujudga keltiruvchi va o'zgartiruvchi sabablar bilan birga o'rganadi.
- 3. Statika** – jismlar sistemasining muvozanat qonunlarini o'rganadi va dinamika qonunlari bilan birgalikda ko'riladi.

Mexanika materiya harakatining eng sodda turi haqidagi ta'limotdir. Bunday harakat jismlarning yoki jism qismlarining bir-biriga nisbatan ko'chishidan iborat bo'ladi.

Mexanika ham, hamma tabiiy fanlar kabi, o'zining qonun-qoidalarini tajribalardan olingan ma'lumotlarni umumlashtirish yo'li bilan aniqlaydi. Jismlarning ko'chishini kuzatish tajribalari eng sodda tajribalardandir. Odamlar, kundalik turmushida va har qanday ishlab chiqarish jarayonida jismlarning ko'chishini ko'radilar. Shuning uchun mexanik tasavvurlar juda yaqqol bo'ladi. Mexanikaning boshqa tabiiy fanlardan oldinroq rivojlanishiga ham sabab ana shu.

Fizikaning jismlar mexanik harakatini va nisbiy tinchlik sharoitlarini o'rganadigan bo'limi mexanika deyiladi.

Mexanik harakatda bir jismning vaziyati boshqa jismlarga nisbatan o'zgaradi. Masalan, poyezd temir yo'l iziga nisbatan, trolleybus, avtobuslar binolarga, daraxtlarga nisbatan harakat qiladi va hokazo. Ammo temir yo'l relsi va binolar, daraxtlarning o'zi ham Yer bilan birga harakatlanib turadi. Tabiatda mutlaqo harakatsiz jism yo'q.

Tabiatdagi hamma jismlar harakatda bo'lganligidan har qanday tinchlik nisbiydir.

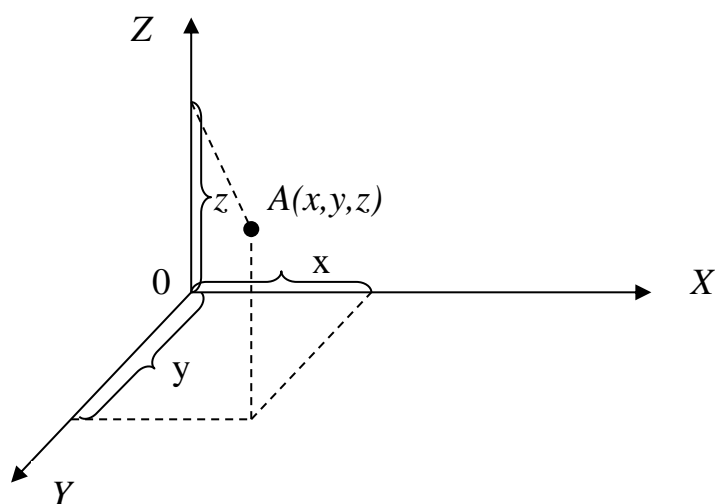
Har qanday tinchlik nisbiy bo'lgani kabi, har qanday harakat ham nisbiydir.

Kinematika o'rin almashtirishning o'zinigina vaqtga bog'lab tekshiradi, dinamika esa jismlarning harakat holatlarini o'zgartiradagan o'zaro ta'sirlarni ham hisobga oladi.

Jismning harakatini tasvirlashda, ya'ni uni vaziyatining o'zgarishini ko'rsatishda, berilgan jismning harakati qaysi jismga yoki jismlar sistemasiga nisbatan qaralishini tanlab olish kerak. Mazkur jismning harakati qanday jism yoki jismlar sistemasiga nisbatan qaralayotgan bo'lsa, o'sha jism yoki jismlar sistemasi sanoq boshi sistemasi yoki sanoq sistemasi deb ataladi. Misol uchun harakatdagi avtobus salonida o'tirgan yo'lovchi haqida konduktor "yo'lovchi harakatsiz o'tiribdi", - deb aytadi. O'tib ketayotgan avtobusni kuzatuvchi esa "yo'lovchi mendan uzoqlashib bormoqda", - deydi. Yo'lovchi harakatsiz o'tiribdi, deb

aytayotgan konduktor yo'lovchining vaziyatini salondagi jismlarga nisbatan qaraydi, kuzatuvchi esa yo'lovchining vaziyatini o'ziga nisbatan yoki yonida turgan jismlarga nisbatan kuzatadi. Ikkita kuzatuvchi yo'lovchining vaziyatini boshqa-boshqa ikki jismga nisbatan kuzatayotgani uchun turlicha xulosaga keladilar, ularning ikkalasi ham haqdir.

Yerda jismlarning harakatini tekshirganda sanoq sistemasi qilib odatda Yer yoki Yerga nisbatan harakatsiz bo'lgan turli jismlar olinadi. Sanoq sistemasi qilib olingan jismga biror koordinatalar sistemasi bog'lanadi va bunga nisbatan jismlar harakati o'rganiladi. Odatda to'g'ri burchakli Dekart koordinatalar sistemasi qo'llanilari (1 – rasm).



1 – rasm.

Bu holda jism turgan A nuqtaning vaqtning istalgan paytidagi vaziyati biror shartlashib olingan masshtabda OX o'q bo'yicha o'lchangan X , OY o'q bo'yicha o'lchangan y va OZ o'q bo'yicha o'lchangan z masofalar bilan to'liq aniqlanadi. x , y , z kesmalar A nuqtaning koordinatalari bo'ladi.

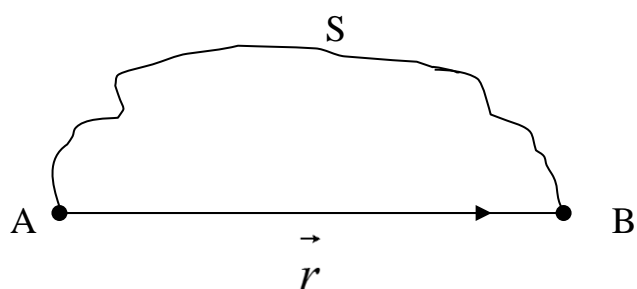
Jismlarning harakati haqida ko'pgina amaliy masalalarda berilgan jismlarning o'lchami va shakli rol o'ynamaydi va shuning uchun ko'pincha, jismlarning harakatini bayon qilishda ularning o'lchamlari nazarga olinmasligi mumkin. Bunday holda moddiy nuqta tushunchasi kiritiladi.

Moddiy nuqta harakati fazoda ma'lum chiziq bo'ylab sodir bo'ladi, bu chiziqning shakli turli-tuman bo'lishi mumkin.

Moddiy nuqtaning o'z harakati davomidagi fazoda qoldirgan izi trayektoriya deyiladi. Agar trayektoriya to'g'ri chiziqdan iborat bo'lsa, to'g'ri chizikli harakat, yoki aksincha, trayektoriya egri chiziqdan iborat bo'lsa, egri chizikli harakat deb ataladi.

Moddiy nuqtaning biror vaqt oralig'ida o'tgan trayektoriyasining uzunligi o'tilgan yo'l deyiladi. Faraz qilaylik, moddiy nuqta biror trayektoriya bo'ylab A nuqtasidan B nuqtasiga ko'chgan bo'lsa (2 – rasm). Bu vaqtda trayektoriya bo'ylab hisoblangan A va B nuqtalar orasidagi masofa o'tilgan yo'lni ifodalaydi. Bu yo'lni S bilan belgilangan.

Harakat trayektoriyasining bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga yo'nalgan kesmadan iborat bo'lgan vektor kattalikka ko'chish deyiladi (2 – rasm) va \vec{r} bilan belgilanadi.



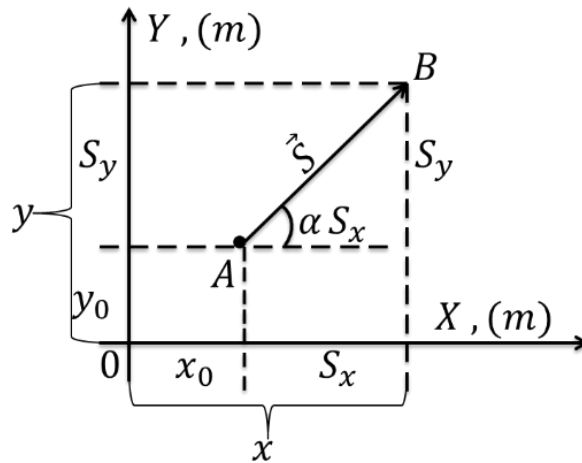
2 – rasm.

To'g'ri chizikli harakatda trayektoriya bilan ko'chish ustma-ust tushadi. Bu holda moddiy nuqtaning bosib o'tgan yo'li ko'chishning moduliga teng, ya'ni:

$$S = |\vec{r}|$$

Moddiy nuqtaning barobar vaqtlar oralig'ida o'tgan masofasiga qarab harakatlar tekis va notekis harakatlarga ajraladi.

Agar jism harakatlanib A nuqtadan B nuqtaga ko'chsa, uning keyingi vaziyatini quyidagi formulalardan foydalanib topiladi.



$x_0; y_0$ –jismning boshlang'ich o'rning koordinatasi;

$x; y$ –jismning keyingi o'rning koordinatasi;

$S_x; S_y$ –ko'chish vektorining koordinatalar o'qlaridagi proeksiyalari;

$\begin{cases} x = x_0 + S_x; \\ y = y_0 + S_y; \end{cases} \rightarrow$ keyingi vaziyatining koordinatalari

$$\begin{cases} S_x = x - x_0; \\ S_y = y - y_0; \end{cases}$$

Bosib o'tilgan yo'l:

$$L = S = S_x + S_y;$$

Ko'chish:

$$\vec{S} = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}; \quad \begin{cases} S_x = x - x_0; \\ S_y = y - y_0; \end{cases} \quad \vec{S} = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2};$$

Yo'nalishni aniqlash formulalasi:

$$tg\alpha = \frac{S_y}{S_x} = \frac{y - y_0}{x - x_0} \quad (1)$$

Moddiy nuqtaning vaqt o'tishi bilan fazodagi harakati jadalligini tavsiflovchi fizik kattalik **harakat tezligi** deb ataladi.

$$\vec{v} = \frac{\vec{S}}{t} \quad \left[\frac{m}{s} \right] \quad (2)$$

\vec{v} – tezlik; \vec{S} – yo'l (ko'chish); t – vaq;

Tezlik jismning ma'lum vaqt oralig'ida qanday masofaga ko'chganligiga bog'liq.

Tezlik deb, vaqt birligi ichida bosib o'tilgan yo'lga son jihatdan teng bo'lgan kattalikka aytiladi.

Tezlik harakatning jadalligini va yo'nalishini ko'rsatuvchi kattalik.

Tezlik vektor kattalik bo'lib, yo'nalish ko'chish yo'nalishi bilan bir xil yo'nalgan.

To'g'ri chiziqli tekis harakatda **tezlik** vektorining moduli va yo'nalishi o'zgarmaydi.

Tekis harakatda vaqt o'tishi bilan **tezlik** moduli o'zgarmaydi va tezlik o'zgarishi nolga teng.

Tekis harakatda traektoriyaning hamma nuqtasida **tezlik** moduli o'zgarmas.

Hech qanday tezlanishga ega bo'lmagan harakat to'g'ri chiziqli **tekis harakatdir**.

Jism to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanib, teng vaqtlar ichida teng masofalar bosib o'tiladigan harakat **to'g'ri chiziqli tekis harakat** bo'ladi.

Jism tinch holatda va to'g'ri chiziqli tekis harakatda **tezlanishga** ega bo'lmaydi.

Tezliklarni vektor tarzda qo'shish:

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 + \vec{v}_3 + \dots + \vec{v}_n;$$

Jism bir vaqtning o'zida ikki harakatda ishtirok etganda natijaviy tezliklar

Tezliklarning yo'nalishi qarama-qarshi ($\leftarrow\rightarrow$ yoki $\rightarrow\leftarrow$) bo'lganda natijaviy tezlik:

$$v_{nat} = v_2 - v_1;$$

Tezliklarning yo'nalishi bir xil ($\rightarrow\rightarrow$) bo'lganda natijaviy tezlik:

$$v_{nat} = v_1 + v_2;$$

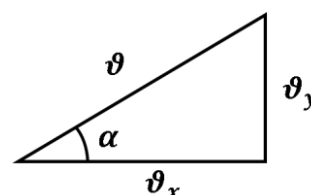
Tezliklarning yo'nalishi perpendikulyar (\perp) bo'lganda natijaviy tezlik:

$$v_{nat} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2};$$

Tezliklarning yo'nalishi o'zaro α (\sphericalangle) burchak tashkil etganda natijaviy tezlik:

$$v_{nat} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2 \cos \alpha};$$

v_x – tezlikning gorizontol tashkil etuvchisi;

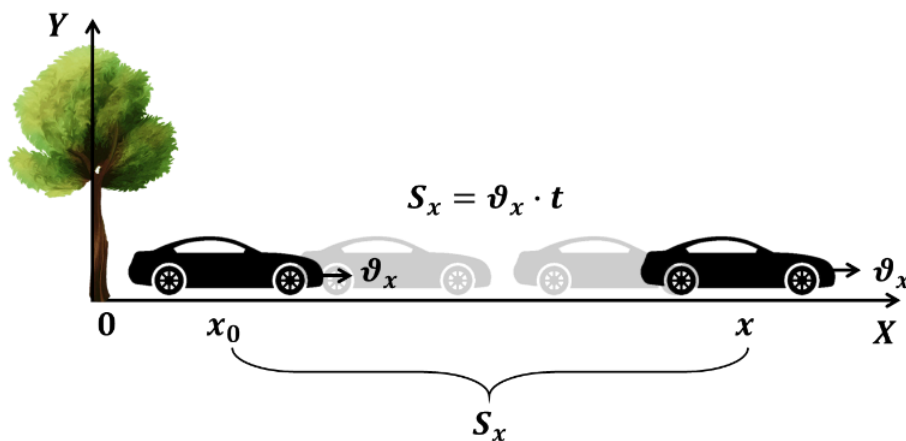


v_y – tezlikning vertikal tashkil etuvchisi;

$$v_x = v \cos \alpha ;$$

$$v_y = v \sin \alpha ; \operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x} ;$$

To'g'ri chizikli tekis harakatning koordinata tenglamasi:



$$S_x = x - x_0; S_x = v_x \cdot t;$$

$$x - x_0 = v_x \cdot t$$

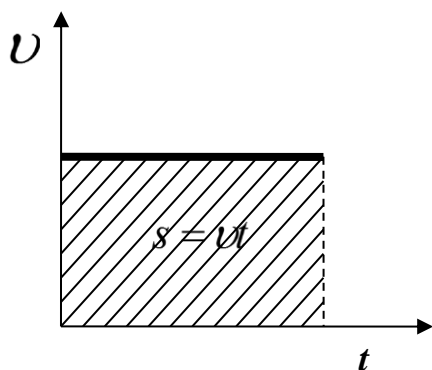
$$x = x_0 + v_x \cdot t;$$

$$y = y_0 + v_y \cdot t;$$

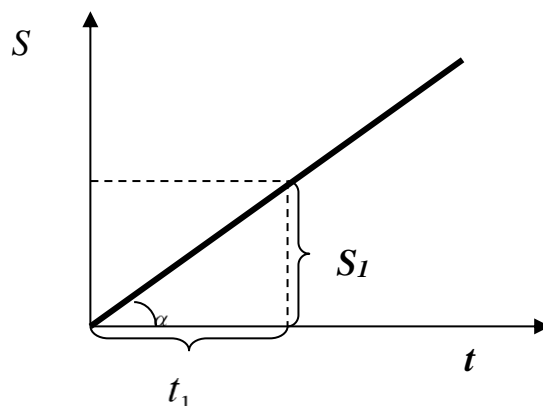
Jismlar uchrashganda ularning koordinatalari teng bo'ladi. Demak, harakat tenglamalari berilgan bo'lsa, uchrashish vaqtini hisoblash uchun koordinalar tenglashtirilib, vaqt hisoblanadi. Uchrashish joyini aniqlash uchun esa harakat tenglamalarining biriga shu vaqt qo'yib hisoblanadi (ya'ni, harakat tenglamalaridan vaqtlar topilib tenglashtirilib koordinata topiladi).

3 – rasmda to'g'ri chizikli tekis harakati tezlik grafigi tasvirlangan bo'lib, to'g'ri chizikli tekis harakatda jism bosib o'tgan yo'l shtrixlangan yuzaga miqdor jihatdan teng bo'ladi. Yo'l grafigini yasashda absissa o'qini vaqt o'qi, ordinata o'qini yo'l o'qi qilib olamiz (4 – rasm). Natijada koordinatalar boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziqdn iborat bo'lgan yo'l grafigini hosil qilamiz. Bu to'g'ri chiziqning vaqt o'qining musbat yo'nalishi bilan hosil qilgan α burchagining tangensi \mathcal{G} tezlikka teng bo'ladi, ya'ni:

$$\mathcal{G} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{s_1}{t_1} \quad (4)$$



3 – rasm.



4- rasm.

To‘g‘ri chiziqli tekis harakatning tezligi qancha katta bo‘lsa, yo‘l grafigi vaqt o‘qi bilan shuncha katta burchak tashkil qiladi.

Tabiatda vaqt o‘tishi bilan tezligi o‘zgarib turadigan harakat ko‘p uchraydi. Masalan, trolleybus va avtobuslarning harakatini kuzatar ekanmiz, yo‘lning ba‘zi qismlarida sekinroq harakatlanishini to‘xtash joylarida esa tezlik nolga teng bo‘lishini ko‘ramiz. Bunday harakat notekis yoki o‘zgaruvchan harakat deyiladi.

Vaqt o‘tishi bilan tezligi o‘zgaradigan harakat o‘zgaruvchan harakat deyiladi.

Harakat trayektoriyasi to‘g‘ri chiziqdan iborat bo‘lgan o‘zgaruvchan harakat to‘g‘ri chiziqli o‘zgaruvchan harakat deb ataladi.

O‘zgaruvchan harakatining eng sodda turi tekis o‘zgaruvchan harakatdir. Bunday harakatda har qanday teng vaqt oraliqlari davomida tezlik ayni bir kattalika o‘zgaradi, binobarin tezlanish o‘zgarmas ($a = const$) bo‘ladi.

Tekis o‘zgaruvchan harakatni tekis tezlanuvchan va tekis sekinlanuvchan harakatlarga ajratiladi.

Har qanday teng vaqt oraliqlarida tezligi bir tekis ortib boradigan harakat tekis tezlanuvchan harakat deyiladi va bunday harakatda tezlanish musbat ($\vec{a} > 0$) va yo‘nalishi tezlik yoki harakat yo‘nalishi bilan bir xil bo‘ladi.

Har qanday teng vaqt oraliqlarda tezligi bir tekis kamayib boradigan harakat tekis sekinlanuvchan harakat deb ataladi va bunday harakatda tezlanish manfiy bo‘lib ($\vec{a} < 0$), tezlik yo‘nalishiga qarama-qarshi yo‘nalgan bo‘ladi.

Agar jismning \mathcal{G}_0 tezligi t vaqt davomida \mathcal{G} qiymatgacha o'zgargan bo'lsa, tezlanish quyidagicha bo'ladi:

$$a = \frac{\mathcal{G} - \mathcal{G}_0}{t} \quad (5)$$

(5) formuladan \mathcal{G} ni topamiz:

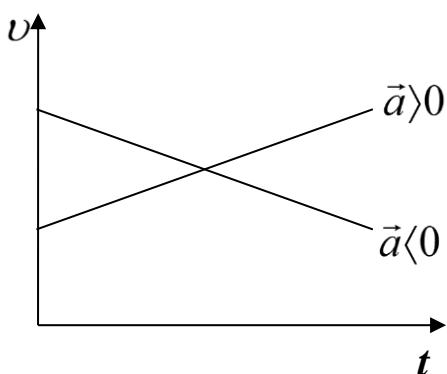
$$\mathcal{G} = \mathcal{G}_0 + at \quad (6)$$

(6) formula tekis tezlanuvchan harakatining tezligini ifodalaydi.

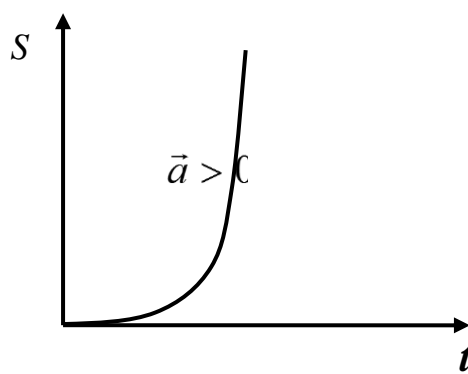
Tekis sekinlanuvchan harakatda $\vec{a} < 0$ ekanini nazarga olsak, u holda (6) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\mathcal{G} = \mathcal{G}_0 - at \quad (7)$$

Tekis o'zgaruvchan harakatini tezligini grafigi 5 – rasmda berilgan.



5 – rasm



6 – rasm

(6) formulani ikkala tomonini dt ga ko'paytiramiz, ya'ni:

$$\mathcal{G} \cdot dt = \mathcal{G}_0 dt + at \cdot dt \quad (7)$$

yoki

$$dS = \mathcal{G}_0 dt + at \cdot dt \quad (8)$$

(8) formulani ikkala tomonidan integral olamiz:

$$\int_0^S dS = \int_0^t \mathcal{G}_0 dt + \int_0^t at \cdot dt \quad (9)$$

$$S = S_0 + g_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (10)$$

bunda S_0 - integrallashning doimiyligi.

(10) formula to'g'ri chiziqli o'zgaruvchan harakatining yo'l tenglamasi aytiladi va yo'lni grafik tasviri 6 – rasm berilgan.

Biz yuqorida gorizontol harakat va uni xarakterlovchi kinematik kattaliklarni ko'rib chiqdek. Endi haraktning yana bir turi bo'lgan vertikal harakat qonunlarini ko'rib chiqamiz. Harakatning bu turini bilishda G.Galileyning erkin tushish qonunlari asos bo'lib xizmat qiladi.

Erkin tushishning 1-qonuni: Jismlarning erkin tushishi boshlang'ich tezliksiz, tekis tezlanuvchan harakatdir.

Erkin tushishning 2-qonuni: Havosiz muhitda har qanday jism o'zgarmas tezlanish (g) bilan Yerga tushadi.

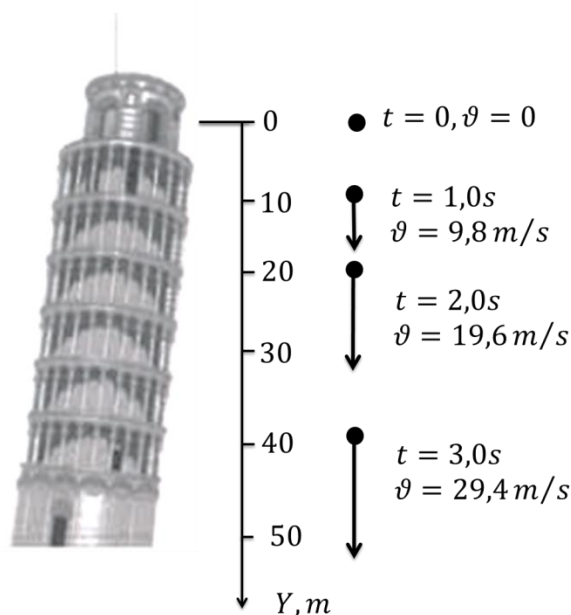
Gorizontol harakatda jismning harakat tezlanishi formulasini erkin tushish tezlanishi bilan vertikal harakatlanayotgan jism harakatiga tadbiq etsak, quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$g = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

Yer uchun erkin tushish tezlanishining o'rtacha qiymati $9,81 \frac{m}{s^2}$ deb qabul qilingan. Lekin sayyoramizning shakli aynan shar shaklida bo'lmaganligi sababli g ning qiymatining o'zgarishi $0,03 m/s^2$ ga teng (ekvatorida $9,78 m/s^2$ qutbda esa $9,83 m/s^2$).

G. Galiley o'zining yuqoridagi qonunlarini mashxur Pizo minorasida o'tkazgan tajriba natijalari asosida kashf etgan. Birinchi qonunga e'tibor qaratadigan bo'lsak, erkin tushayotgan jismning boshlang'ich tezligi nolga teng bo'lib, uning harakati tinch holatdan boshlanmoqda. Erkin tushayotgan jismning tezligiga e'tibor qaratsak, uning tezligi har sekunda $9,81 \frac{m}{s}$ ga ortib borayapti. Ushbu qiymatlarni

har sekund uchun tezlanishni topish formulasi orqali hisoblasak, o'zgarmas son g ni erkin tushish tezlanishining qiymatiga teng miqdor chiqaveradi. Bundan erkin tushayotgan jismning harakati tekis tezlanuvchan harakat ekanligi kelib chiqadi. Kuchli gravitatsiyaga ega bo'lgan yer undagi har qanday jismga bir xil tezlanish beraoladi va gravitatsion kuchning bu xossasi erkin tushishning ikkinchi qonunini asosida yotadi.



Piza minorasidan erkin tushayotgan jismning harakati (Havoning qarshiligini hisobga olinmaganda.)

Yuqoridan birin ketin tashlangan jismlar erkin tushishda ularning orasidagi masofa ortadi. Bitta vertikal chiziqda joylashgan ikkita nuqtadan bir vaqtda ikkita jism erkin tusha boshlasa, ular orasidagi masofa o'zgarmaydi. Jism vertikal yuqoriga otilganda harakat trayektoriyasining hamma nuqtalarida birday bo'lib, tezlanishi g ga teng bo'ladi.

Vertikal harakatlanayotgan jismning harakat tenglamasi:

$$y = y_0 + \vec{v}_y t + \frac{gt^2}{2}$$

Vertikal harakat qilayotgan jismning tezlik tenglamasi:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 \pm gt$$

Yuqoriga tik otilgan jismning oniy tezligi:

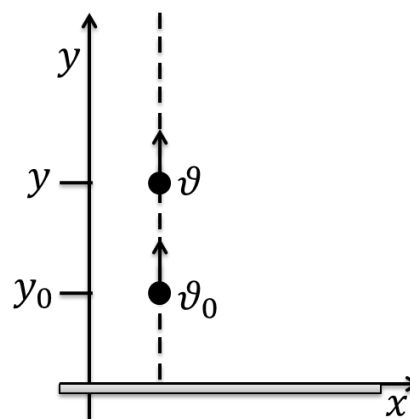
$$\vartheta = \vartheta_0 - gt; \vartheta = \sqrt{\vartheta_0^2 - 2gh}; \vartheta = \frac{2h}{t} - \vartheta_0$$

Tik yuqoriga otilgan jism harakatining koordinata ko'rinishi:

$$\vartheta_y = \vartheta_{0y} + a_y t; y = y_0 + \vartheta_{0y} t + \frac{a_y t^2}{2};$$

$$a_y = -g; \vartheta_{0y} = \vartheta_0; \vartheta_y = \vartheta; \vartheta = \vartheta_0 - gt;$$

$$y = y_0 + \vartheta_0 t - \frac{gt^2}{2};$$



Jism Yer sirtidan tik yuqoriga otilganda $y_0 = 0$ deb olinadi.

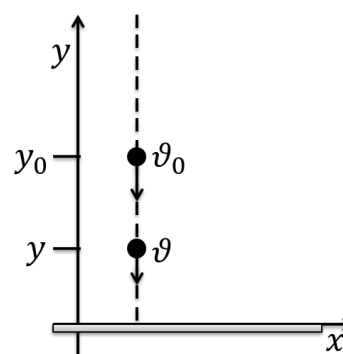
Tik pastga otilgan jism harakatining koordinata ko'rinishi:

$$\vartheta_y = \vartheta_{0y} + a_y t; y = y_0 + \vartheta_{0y} t + \frac{a_y t^2}{2};$$

$$a_y = -g; \vartheta_{0y} = -\vartheta_0; \vartheta_y = -\vartheta;$$

$$-\vartheta = -\vartheta_0 - gt; \text{yoki } \vartheta = \vartheta_0 + gt;$$

$$y = y_0 - \vartheta_0 t - \frac{gt^2}{2};$$



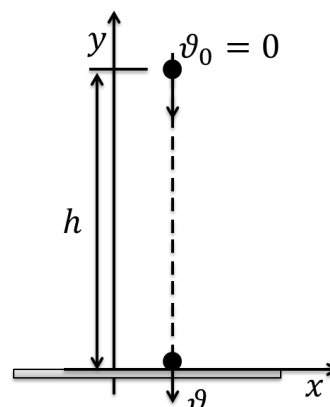
h balandlikdan erkin (boshlang'ich tezliksiz) tashlangan jismning Yer sirtigacha to'liq harakati:

ϑ_0 – boshlang'ich tezlik;

ϑ – oxirgi tezligi;

t – yergacha tushish vaqti;

$$\vartheta = gt; h = \frac{gt^2}{2};$$

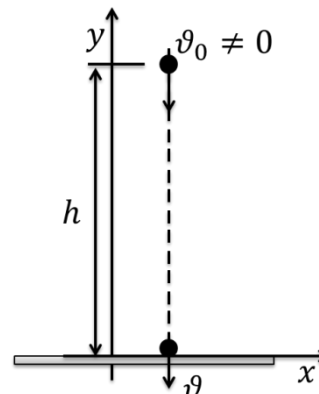


$$h = \frac{v^2}{2g}; \quad h = \frac{vt}{2};$$

h balandlikdan boshlang'ich tezlik bilan tashlangan jismning Yer sirtigacha to'liq harakati:

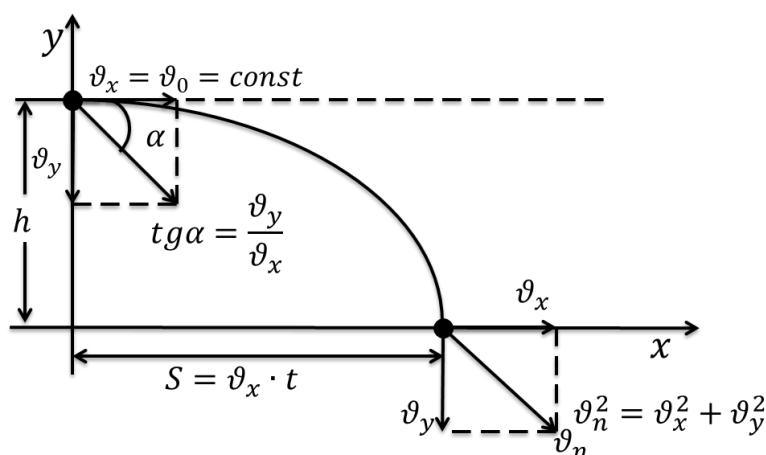
$$v = v_0 + gt; \quad v_0 = v - gt; \quad t = \frac{v - v_0}{g};$$

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}; \quad h = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}; \quad h = \frac{v + v_0}{2} \cdot t;$$



h balandlikdan gorizont otilgan jismning harakati:

Tezlikning gorizont X va Y vertikal tashkil etuvchilari:



$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha;$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha;$$

Trayektoriyaning istalgan nuqtasida tezlik vektorining gorizont bilan tashkil qilgan burchagi:

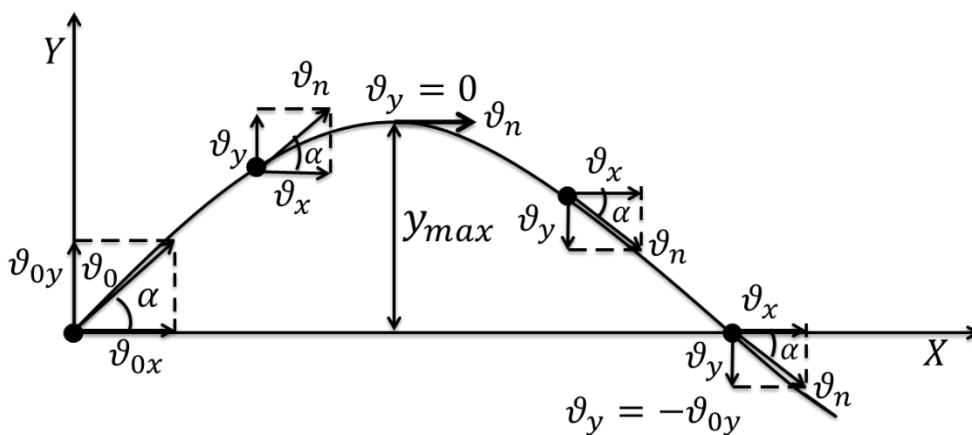
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}; \quad \alpha = \operatorname{arctg} \frac{gt}{v_0};$$

Gorizont otilgan jismning yerga urilishidagi tezligi:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh};$$

Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakati:

Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jism tezliklari:



Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning X va Y o'qlaridagi proeksiyalari:

$$\begin{cases} v_{0x} = v_0 \cos \alpha; \\ v_{0y} = v_0 \sin \alpha; \end{cases}$$

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha;$$

$$v_y = v_{0y} - gt = v_0 \sin \alpha - gt;$$

Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning boshlang'ich tezligi:

$$v_0 = \frac{v_x}{\cos \alpha}; \quad v_0 = \frac{v_{min}}{\cos \alpha}; \quad v_0 = \sqrt{v_{min}^2 + 2gh}; \quad v_0 = \sqrt{v_x^2 + 2gh};$$

Gorizontga burchak ostida otilgan jismning t vaqtdan keyingi tezligi:

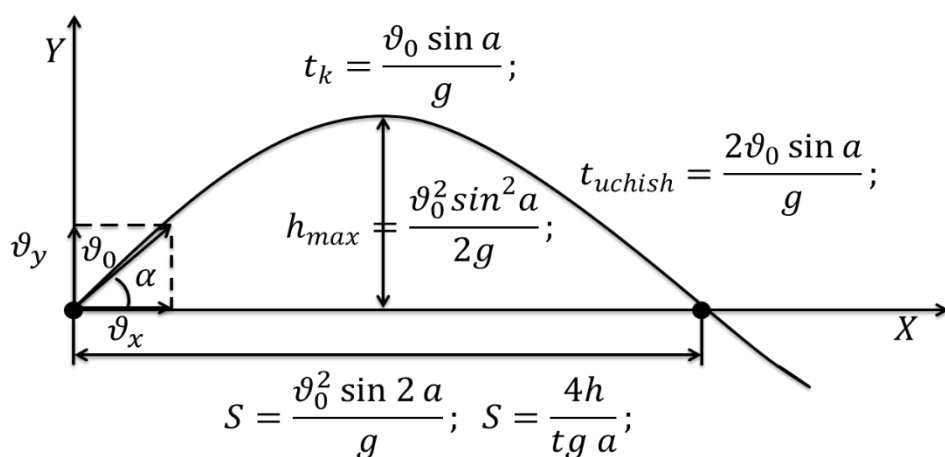
$$v = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha - gt)^2};$$

Gorizontga burchak ostida otilgan jismning istalgan vaqt momentidagi tezligining gorizont bilan tashkil qilgan burchak (φ) tangensi:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{v_0 \sin \alpha - gt}{v_0 \cos \alpha}$$

Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jism harakati:

Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakatlanish vaqti, ko'tarilish balandligi va uchish uzoqligi:



Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning ko'tarilish vaqti:

$$t = \frac{v_y}{g} = \frac{v_0 \sin a}{g};$$

Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning to'la uchish vaqti:

$$t_{uchish} = \frac{2v_0 \sin a}{g};$$

Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning uchish uzoqligi:

$$S = \frac{v_0^2 \sin 2a}{g}; \quad S = \frac{4h}{tg a};$$

Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning maksimal ko'tarilish balandligi:

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 a}{2g};$$

Yuqorida qayd qilib o'tganimizdek, trayektoriyasi egri chiziqdan iborat bo'lgan harakat egri chizikli harakat deb ataladi. Tabiatda va texnikada egri chizikli harakat ko'p uchraydi. Masalan, sayyora va sun'iy yo'ldoshlar, transport vositalari, mashinalarning qismlari, issiq va sovuq havo oqimlari va hokazolar egri chizikli harakat qiladi.

Egri chizikli turli-tuman harakatlar orasida eng oddiysi jism (moddiy nuqta) ning aylana bo'ylab harakatidir.

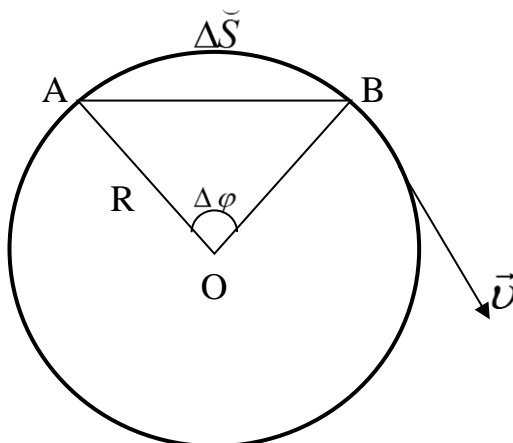
Agar jism aylana bo'yicha teng vaqtlar ichida teng yoylarni bosib o'tsa, bunday harakat aylana bo'ylab tekis harakat deyiladi, ya'ni:

$$\vartheta = \frac{\Delta\tilde{S}}{\Delta t} ; \quad \Delta\tilde{S} = R \cdot \Delta\varphi \quad (11)$$

bu yerda: $\Delta\tilde{S}$ - jismning Δt vaqt davomida bosib o'tgan yoyning uzunligi. Egri chiziqli harakatda jismning chiziqli tezligi hamma vaqt harakat trayektoriyasiga urinma bo'lib yo'nalgan bo'ladi (7 – rasm).

Jism aylana bo'ylab tekis harakat qilganda chiziqli tezlik vektori miqdor jihatdan o'zgarmasdan, butun harakat davomida o'z yo'nalishini o'zgartirib turadi. Shuning uchun aylana bo'ylab harakatlanayotgan jismning harakati chiziqli tezlikdan tashqari burchak tezlik deb ataladigan kattalik bilan ham harakterlanadi.

Burchak tezlik haqida tushuncha hosil qilish uchun biror jismning aylana bo'ylab tekis harakatini ko'rib chiqaylik (7–rasm). Aylananing O markazidan jismning biror A nuqtasiga R radius o'tkazaylik va jism bilan birga unga o'tkazilgan radiusning harakatini ham kuzataylik.



7 – rasm.

Jism aylana bo'ylab harakatlenganda radius ham buriladi. Masalan, jism biror Δt vaqt davomida A nuqtadan B nuqtaga ko'chgan bo'lsa, shu vaqt ichida radius $\Delta\varphi$ burchakka buriladi. Bu burchak jismning burilish burchagi (burchak yo'li) deyiladi.

Jismning vaqt birligi ichida burilish burchagi aylana bo'ylab tekis harakatning burchak tezligi deyiladi, ya'ni:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad (12)$$

(12) formulani ikkala tomonini R ga ko‘paytirib va $\Delta\check{S} = R \cdot \Delta\varphi$ ekanini nazarga olib, chiziqli tezlikni burchak tezlik bilan bog‘lovchi munosabatni topamiz:

$$\mathcal{G} = \omega R \quad (13)$$

Tekis aylanma harakatining burchak tezligini ham davr va chastota orqali ifodalash mumkin. Agar (12) formulada Δt vaqt T davrga teng, ya‘ni $t = T$ bo‘lsa, $\Delta\varphi = \varphi = 2\pi$ bo‘lib, (12) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (14)$$

(14) formulada T davr chastotaning teskari ifodasi ($\frac{1}{\nu}$) bilan almashtirilsa:

$$\omega = 2\pi\nu \quad (15)$$

(13) va (14) formulalardan quyidagi kelib chiqadi:

$$\mathcal{G} = \frac{2\pi}{T} \cdot R = 2\pi\nu R \quad (16)$$

Jism aylana bo‘ylab notekis harakatlanganda chiziqli tezlik bilan birga burchak tezlik ham o‘zgaradi. Shuning uchun chiziqli tezlikni vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishini harakterlaydigan tezlanish chiziqli tezlanish yoki markazga intilma tezlanish deyiladi, ya‘ni:

$$a = \frac{\mathcal{G}^2}{R} \quad (17)$$

Burchak tezligi o‘zgarishining shu o‘zgarish bo‘lgan vaqt oralig‘iga nisbati burchak tezlanishi deb aytiladi, ya‘ni:

$$\beta = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (18)$$

$R = const$ bo‘lganda $\Delta\omega$ burchak tezlikning o‘zgarishi faqat $\Delta\mathcal{G}$ chiziqli tezlikning o‘zgarishi tufayli bo‘ladi. Shuning uchun (13) formulaga muvofik:

$$\Delta\mathcal{G} = R\Delta\omega \text{ va } \Delta\omega = \frac{\Delta\mathcal{G}}{R} \quad (19)$$

(19) ifodani (18) formulaga qo‘yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\beta = \frac{\Delta\mathcal{G}}{R \cdot \Delta t} = \frac{1}{R} \cdot \frac{\Delta\mathcal{G}}{\Delta t} = \frac{a}{R} \quad (20)$$

bundan $a = \beta R$ (21)

Burchak tezlik va burchak tezlanish – vektor kattaliklar.

Jismning aylana bo‘ylab tekis o‘zgaruvchan harakatining tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$\left. \begin{aligned} \omega &= \omega_0 \pm \beta t \\ \omega &= \omega_0 \pm \frac{\beta t^2}{2} \end{aligned} \right\} (22)$$

bu yerda ω_0 - jism harakatining boshlang‘ich burchak tezligi.

Yuqoriga tik otilgan jismning harakat tenglamalari. Yuqoriga v_0 tezlik bilan tik otilgan jismning harakati tezlanishi g va oxirgi tezligi nol ($\mathcal{G}_t = 0$) bo‘lgan tekis sekinlanuvchan harakatdan iborat.

$$g = -g, \quad \mathcal{G}_t = 0 \text{ bo‘lsa, } g = \frac{\mathcal{G}_t - \mathcal{G}_0}{t} \text{ dan } g = -\frac{\mathcal{G}_0}{t}$$

Oniy tezlik $\mathcal{G}_0 = -gt$

Ko‘tarilish balandligi $h = \mathcal{G}_0 t - \frac{gt^2}{2}$

Ko‘tarilgan balandlikning o‘rtacha tezlik orqali ifodasi

$$\mathcal{G}_{o'rt} = \frac{\mathcal{G}_0}{2}$$

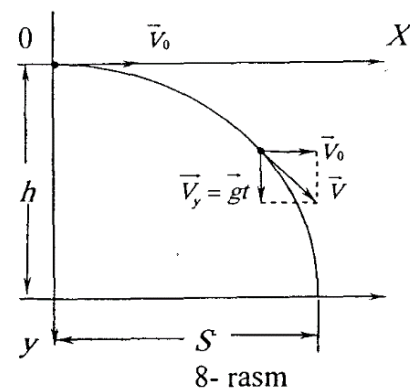
Tezlik va tezlanish orqali ifodasi

$$h = \mathcal{G}_{o'rt} t = \frac{\mathcal{G}_0}{2} t$$

Gorizontal otilgan jism harakati. Gorizontal otilgan jismning harakati o‘zaro perpendikulyar yo‘nalishdagi ikki harakatning yig‘indisidan iborat.

1) Gorizontal yo‘nalishda v_0 boshlang‘ich tezligi bilan sodir bo‘ladigan tekis harakat.

2) Vertikal yo‘nalishda erkin tushish harakati. Bu ikkala harakat mustaqil bo‘lganligi uchun to‘liq harakat vaqti uning h balandlikdan tushish vaqtiga teng.



$$h = \frac{gt^2}{2} \text{ dan } t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

U vaqtda gorizontal yo‘nalishda o‘tilgan yo‘l:

$$S = g_{xt} = g_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Jismning yerga tushish nuqtasidagi tezligi:

$$g = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} = \sqrt{g_0^2 + g^2 t^2} = \sqrt{g_0^2 + 2gh} = \sqrt{g_0^2 + g^2 \cdot \frac{2h}{g}} = \sqrt{g_0^2 + 2gh}$$

Nazorat savollari

1. Kinematikaning vazifasi nimadan iborat?
2. Jismning ilgarilanma harakati deb nimaga aytiladi? Misollar keltiring.
3. Sanoq sistemasi nima?
4. Vektor kattalik deb nimaga aytiladi? Misollar keltiring.
5. To‘g‘ri chiziqli tekis harakat deb nimaga aytiladi?
6. To‘g‘ri chiziqli notekis harakat deb nimaga aytiladi?
7. O‘rtacha va oniy tezlik qanday ifodalanadi?
8. Ko‘chish va tezliklarning nisbiyligi deganda nimani tushunasiz?
9. Tekis o‘zgaruvchan harakat deb nimaga aytiladi?
10. Tezlanish deb nimaga aytiladi? Uning birligi nima?
11. Tekis o‘zgaruvchan harakatda yo‘l formulasi qanday keltirib chiqariladi?

12. Yuqoriga tik otilgan jimning harakat tenglamalarini yozib ko'rsating.
13. Gorizontga qiya otilgan jismning harakat tenglamalari qanday ko'rinishda bo'ladi?