



KINEMATIKA. ENG ASOSIY FORMULALAR

Kamalova Dilnavoz Ixtiyorovna

NDU “Fizika va astronomiya” kafedrasida professori

SHomurodova SHahzoda Akbar qizi

NDU “Fizika va astronomiya” yo’nalishi 2-bosqich talabasi

<https://doi.org/10.5281/zenodo.16633897>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 20-Iyul 2025 yil

Ma’qullandi: 25-Iyul 2025 yil

Nashr qilindi: 31-Iyul 2025 yil

KEY WORDS

Fizika, mexanika, kinematika, dinamika, statika, tezlik, tezlanish, ko’chish, trayektoriya, vaqt, yo’l, aylanish, chastota, davr, erkin tushish, burchak tezlik, jism, sanoq sistemasi, vektor, skalyar, otilish..

ABSTRACT

Kinematika — bu mexanikaning harakatni sabablariga bog’lamasdan o’rganuvchi bo’limidir. Ushbu formulalar jismning holatini vaqtga bog’liq holda tasvirlash, tezlik, o’rtacha tezlik, tezlanish, yo’l va harakat grafigi kabi tushunchalarni matematik tarzda ifodalashga xizmat qiladi. Ular to’g’ri chiziqli va aylana bo’ylab harakatlarni o’rganishda qo’llaniladi.

Fizika so’zi grekcha “fyuzios” so’zidan kelib chiqqan bo’lib, u tabiat degan ma’noni anglatadi. Bu so’zni fanga birinchi marta qadimgi Yunon mutafakkiri Aristotel kiritgan.

Fizika qonunlari u yoki bu hodisalarning miqdoriy xarakteristikalari orasidagi munosabatlar tarzida ifodalanadi. Bu miqdoriy xarakteristikalar fizik kattaliklar deb ataladi.

Mexanika fizika fanining bir bo’limi bo’lib, u materiya harakatining eng oddiy ko’rinishlarini - jismlar (yoki biror jism qismlarining bir-biriga nisbatan ko’chishlarini) o’rganadi.

Mexanika uch qismdan iborat:

Jism harakatini mazkur harakatga ta’sir ko’rsatuvchi sabablar bilan bog’lamagan holda o’rganuvchi qismi kinematika deb ataladi.

Jism harakati va unga ta’sir etuvchi kuchlar orasidagi munosabatlarni o’rganuvchi qismi dinamika o’rganadi.

Kuchlar ta’siridagi jismlar muvozanatini statika o’rganadi.

Umuman, mexanika qonunlari jismning ixtiyoriy paytdagi vaziyatini aniqlash imkonini beradi.

Moddiy nuqtaning harakat

Vaqt o’tishi bilan jismning boshqa jismlarga nisbatan vaziyatining o’zgarishiga mexanik harakat deyiladi.

Jismning ixtiyoriy ikki nuqtasini birlashtiruvchi to’g’ri chiziq o’z-o’ziga parallelligicha qoladigan harakat, ilgarilanma harakat deyiladi.

Muayyan sharoitda o’lchamlarini e’tiborga olmasa ham bo’ladigan jism moddiy nuqta deyiladi.

Bir jismga nisbatan ikkinchi jismning harakati o’rganilayotgan bo’lsa, birinchi jism sanoq jism, ikkinchi jism o’rganilayotgan jism deyiladi.

Sanoq jism, unga bog’langan koordinatalar sistemasi va vaqtni o’lchaydigan asbob birgalikda sanoq sistemasi deyiladi.

Sanoq sistemasi unda joylashgan jismning harakatini o’rganish uchun kerak.

Faqat son qiymatiga ega bo’lgan kattaliklar skalyar kattaliklar deyiladi.

Son qiymatidan tashqari yo'nalishga ham ega bo'lgan kattaliklar vektor kattaliklar deyiladi. Moddiy nuqta (jism)ning o'z harakati davomida uzluksiz chizgan chizig'iga yoki qoldirgan iziga traektoriya deyiladi.

Moddiy nuqta (jism)ning o'z harakati davomida uzluksiz chizgan chizig'i yoki qoldirgan izining uzunligiga yo'l (yoki bosib o'tilgan yo'l) deyiladi.

Traektoriya uzunligi yo'l S deyiladi.

Moddiy nuqta (jism)ning boshlang'ich vaziyatini bilan oxirgi vaziyatini tutashtiruvchi yo'nalishli kesma ko'chish deyiladi. Ko'chish vektor kattalik.

To'g'ri chizikli traektoriya bo'ylab ilgarilanma harakat qilayotgan moddiy nuqta traektoriyasi, lekin teng vaqt oraliqlarida bir xil masofaga ko'chsa, to'g'ri chizikli tekis harakat sodir bo'ladi.

Vaqt birligi yoki bir sekundda bosib o'tilgan yo'lga tezlik deyiladi. Tezlik vektor kattalikdir. To'g'ri chizikli tekis harakatda tezlik vektorining yo'nalishi ko'chish vektorining yo'nalishi bilan aniqlanadi.

To'g'ri chizikli tekis harakatda tezlik moduli va yo'nalishi o'zgarmaydi. Tezlanish nolga teng yoki tezlanish bo'lmaydi. ($a=0$)

To'g'ri chizikli tekis harakatda

To'g'ri chizikli tekis harakatda

$$\text{Tezlik: } \vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}; v_x = \frac{s_x}{t} = \frac{x-x_0}{t}; v_y = \frac{s_y}{t} = \frac{y-y_0}{t}; v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$\text{Yo'l: } S = v \times t; S_x = v_x \times t; S_y = v_y \times t; S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}; S = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2};$$

S_x –gorizontal ko'chish, S_y –vertikal ko'chish.

$$\text{Vaqt: } t = \frac{S}{v}$$

To'g'ri chizikli tekis harakatning tenglamasi

$$x = x_0 + v_x \times t; x = v_x \times t; y = y_0 + v_y \times t; y = v_y \times t;$$

Umumiy holda harakat tenglamasi

$$X = X_0 + S; Y = Y_0 + S;$$

Xususi holda jism o'zaro α burchak tashkil etgan ikkita to'g'ri chizikli harakatda qatnshsa, natijaviy tezlik harakat tezliklari asosida qurilgan *parallelogram diagonali* sifatida topiladi.

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2; v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2 \cos \alpha}$$

Harakat nisbiyligi va tezliklarni qo'shish

Agar jism qarama-qarshi yo'nalishda harakatlansa:

$$v_{nis} = v_1 + v_2$$

Agar jism bir xil yo'nalishda harakatlansa:

$$v_{nis} = v_1 + v_2$$

Agar jism perpendikulyar yo'nalishda harakatlansa:

$$v_{nis} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

Agar jismo'zaro α burchak ostida harakatlansa:

$$v_{nis} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \alpha}$$

To'g'ri chizikli tekis o'zgaruvchan harakat

oniy tezlik

$$\text{qoidasiga asosan: } v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Tekis tezlanuvchan harakat uchun:

$$v = v_0 + a \times t; v = \sqrt{v_0^2 + 2aS}; v = \frac{2S}{t} - v_0$$

Tekis sekinlanuvchan harakat uchun: $= v_0 - a \times t;$

Tezlanish

Qoidasiga asosan:

$$a = \frac{v-v_0}{t}; \quad v_0 = 0 \text{ bo'lganda } a = \frac{v}{t}$$

$$\text{Tezlanish: } a = \frac{v^2-v_0^2}{t}; \quad a = \frac{2(S-v_0t)}{t^2};$$

$$v_0 = 0 \text{ bo'lganda } a = \frac{v^2}{t}; \quad a = \frac{2S}{t^2};$$

$$\text{Ishqalanish koeffitsienti orqali: } a = \mu g$$

μ –ishqalanish koeffitsienti, g –erkin tushish tezlanishi

Tekis o'zgaruvchan harakat tenglamalari

$$\text{tekis tezlanuvchan harakat uchun: } X = X_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$$

$$\text{tekis sekinlanuvchan harakat uchun: } X = X_0 + v_0t - \frac{at^2}{2}$$

Jismlarning erkin tushishi

Yuqoriga tik otilgan jismning

$$\text{Maksimal ko'tarilish balandligi: } H_{max} = \frac{v_0^2}{2g}$$

Istalgan vaqt momentidagi balandligi:

$$H = v_0t - \frac{gt^2}{2}; \quad h = \frac{v^2-v_0^2}{2g}; \quad h = \frac{v+v_0}{2}t$$

Oniy tezligi

$$v = v_0 - g \times t; \quad v = \sqrt{v_0^2 - 2gh}; \quad v = \frac{2h}{t} - v_0$$

$$\text{Ko'tarilish vaqti: } t_k = \frac{v_0}{g}; \quad ; \quad t_k = \sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad t_k = \frac{2h}{v_0};$$

$$\text{Uchish vaqti: } t = \frac{2v_0}{g}; \quad t = 2t_k; \quad t = 2\sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad t = \frac{4h}{v_0};$$

$$\text{H masofani bosib o'tgandan keying jism tezligi: } v = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$$

Yuqoridan tik tashlangan jismning

Istalgan vaqt momentidagi ko'chishi yoki tushish balandligi:

$$h = v_0t + \frac{gt^2}{2}; \quad h = \frac{v^2-v_0^2}{2g}; \quad h = \frac{v+v_0}{2}t;$$

$$v_0 = 0 \text{ bo'lganda } h = \frac{gt^2}{2}; \quad h = \frac{v^2}{2g}; \quad h = \frac{v}{2}t;$$

Jismlarning aylana bo'ylab tekis harakati

Davr:

$$T = \frac{t}{n}; \quad T = \frac{1}{\nu}; \quad T = \frac{2\pi}{\omega}; \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{a}}; \quad T = \frac{2\pi t}{\varphi};$$

$$a_{mi} = \frac{\varphi^2 R}{t^2}; \quad R = \frac{\omega}{\nu}; \quad R = \frac{v}{2\pi\nu}; \quad R = \frac{vT}{2\pi}; \quad R = \frac{a}{\omega^2}; \quad R = \frac{l}{\varphi}; \quad R = \frac{v^2}{a};$$

Burchak:

$$\varphi = 2\pi N; \quad \varphi = \frac{2\pi t}{T}; \quad \varphi = \omega t; \quad \varphi = \frac{l}{R}; \quad \varphi = \sqrt{\frac{a}{r}}t; \quad \varphi = \frac{vt}{R};$$

$$\text{Chastota: } \nu = \frac{N}{t}; \quad \nu = \frac{1}{T}; \quad \nu = \frac{\omega}{2\pi}; \quad \nu = \frac{\varphi}{2\pi t}; \quad \nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{a}{R}};$$

$$\text{Burchak tezlik: } \omega = \frac{\varphi}{t}; \quad \omega = \frac{2\pi}{T}; \quad \omega = \frac{v}{R}; \quad \omega = \frac{a}{v}; \quad \omega = \frac{2\pi N}{T}; \quad \omega = \sqrt{\frac{a}{R}};$$

$$\text{CHiziqli tezlik: } v = \frac{2\pi R}{T}; \quad v = \frac{a}{\omega}; \quad v = \omega R; \quad v = \sqrt{aR};$$

$$\text{Markazga intilma yoki markazdan qochma tezlanish: } |a| = const; \quad a_{mi} = \frac{v^2}{R}; \quad a_{mi} = \frac{\varphi^2 R}{t^2}; \quad a_{mi} =$$

$$\omega^2 R; \quad a_{mi} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}; \quad a_{mi} = \frac{\varphi^2 R}{t^2} = \frac{4\pi^2 N^2 R}{t^2}; \quad a_{mi} = 4\pi^2 \nu^2 R;$$

Aylana bo'ylab tekis harakatni uzatish:

Aylanma harakatda bir shkivdan ikkinchi shkivga harakat quyidagilar yordamida uzatiladi: tasmali uzatma, zanjirli uzatma, tishli bog'lanish, friksion bog'lanish va umumiy o'q orqali. Tasmali uzatmada harakat bir shkivdan ikkinchi shkivga, ularni umumlashtirib turuvchi tasma orqali uzatiladi. Bu holda atasmaning va shkivlar chekki nuqtalarining chiziqli tezliklari bir xil bo'ladi:

$$v_1 = v_2; \quad \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2; \quad U_1 r_1 = U_2 r_2; \quad \frac{r_1}{T_1} = \frac{r_2}{T_2};$$

Zanjirli uzatmada harakat bir shkivdan ikkinchi shkivga, ularni umumlashtirib turuvchi zanjir orqali uzatiladi. Bunda shkivlar tishlarining o'lchamlari bir xil va zanjir tirqishiga mos kelishi kerak. Bu holda ham shkivlarning chiziqli tezliklari bir xil bo'ladi:

$$v_1 = v_2; \quad \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2; \quad U_1 r_1 = U_2 r_2; \quad \frac{r_1}{T_1} = \frac{r_2}{T_2};$$

Tishli bog'lanishda ikki shkiv o'zaro tishlari orqali bog'lanadi. Bunda shkivlar tishlarining o'lchamlari va qadamlari bir xil bo'lishi kerak. Tishli bog'langan shkivlarning Bu holda ham shkivlarning chiziqli tezliklari teng bo'ladi:

$$v_1 = v_2; \quad \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2; \quad U_1 r_1 = U_2 r_2; \quad \frac{r_1}{T_1} = \frac{r_2}{T_2};$$

Tishli bog'lanishda shkivlarning tishlari nisbati, ularning radiuslari nisbatiga teng: $\frac{r_1}{r_2} = \frac{N_1}{N_2}$

Friksion bog'lanishda shkivlar bir-biriga qattiq siqilgan holda tekkiziladi, ularni ng aylanish yo'nalishlari har xil bo'ladi. Friksion bog'langan shkivlarning chiziqli tezliklari teng bo'ladi:

$$v_1 = v_2; \quad \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2; \quad U_1 r_1 = U_2 r_2; \quad \frac{r_1}{T_1} = \frac{r_2}{T_2};$$

Bir o'qqa mahkamlangan ikki shkivning aylanish davrlari, chastotalari

Va burchak tezliklari o'zaro teng bo'ladi:

$$U_1 = U_2; \quad T_1 = T_2; \quad ; \quad \omega_1 = \omega_2; \quad ; \quad \frac{U_1}{r_1} = \frac{U_2}{r_2};$$

Aylana bo'ylab notekis harakat

Moddiy nuqtaning traektoriyasi egri chiziqdan iborat bo'lsa, egri chiziqli harakat sodir bo'ladi. Burilish burchagining mazkur burilish uchun sarflangan vaqtga nisbati aylanma harakatning burchak tezligi deyiladi.

Moddiy nuqtaning aylanani bir marta to'liq aylanishi uchun ketgan vaqtga aylanish davri deyiladi.

Vaqt birligi yoki bir sekunddagi aylanishlar soniga aylanish chastotasi deyiladi.

Tezlik moduli o'zgarishini xarakterlovchi tezlanishga tangensial tezlanish (urinma tezlanish) deyiladi. Tangensial tezlanish aylana bo'ylab notekis harakatda mavjud.

Tezlik yo'nalishini o'zgarishini xarakterlovchi tezlanishga normal tezlanish (markazga intilma tezlanish) deyiladi.

Aylana bo'ylab tekis harakatda chiziqli tezlik moduli bo'yicha o'zgarmaydi, yo'nalishi bo'yicha uzluksiz o'zgarib turadi va hamma vaqt aylanaga harakat yo'nalishiga o'tkazilgan urinma bo'ylab yo'nalgan.

Aylana bo'ylab tekis harakatda normal tezlanish (markazga intilma tezlanish) moduli bo'yicha o'zgarmaydi, yo'nalishi bo'yicha o'zgarmaydi.

Aylana bo'ylab tekis harakatda burchak tezlik moduli va yo'nalishi bo'yicha o'zgarmaydi

Aylana bo'ylab tekis harakatda tangensial tezlanish (urinma tezlanish) bo'lmaydi yoki nolga teng bo'ladi.

Aylana bo'ylab tekis harakatda chiziqli tezlik va markazga intilma tezlanish orasidagi burchak 90° ga tengdir (bir-biriga perpendikulyar).

Aylana bo'ylab tekis harakat.

Aylana bo'ylab tekis tezlanuvchan harakatda burilish burchagi:

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}; \quad \varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}; \quad \varphi = \frac{\omega + \omega_0}{2} t;$$

Aylana bo'ylab tekis tezlanuvchan harakatda burilish burchagi:

$$\varphi = \omega_0 - \frac{\varepsilon t^2}{2}; \quad \varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{-2\varepsilon}; \quad \varphi = \frac{\omega + \omega_0}{2} t;$$

Aylana bo'ylab tekis tezlanuvchan harakatda burchak tezlik:

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$$

Aylana bo'ylab tekis sekinlanuvchan harakatda burchak tezlik:

$$\omega = \omega_0 - \varepsilon t$$

Aylana bo'ylab tekis o'zgaruvchan harakatda burchak tezlanish:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_0}{t}$$

Aylana bo'ylab tekis o'zgaruvchan harakatda tangensial tezlanish:

$$a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t}; \quad a_t = \varepsilon R;$$

Aylana bo'ylab tekis tezlanuvchan harakatda chiziqli tezlik:

$$v = v_0 + a_t t; \quad v = v_0 + \varepsilon R t;$$

Aylana bo'ylab tekis sekinlanuvchan harakatda chiziqli tezlik:

$$v = v_0 - a_t t; \quad v = v_0 - \varepsilon R t;$$

Aylana bo'ylab tekis o'zgaruvchan harakatda oniy normal tezlanish:

$$a_n = \frac{v^2}{R}; \quad a_n = \frac{(v_0 \pm a_t t)^2}{R}; \quad a_n = \frac{(v_0 \pm \varepsilon R t)^2}{R};$$

Aylana bo'ylab notekis harakatda to'la (natijaviy) tezlanish:

$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n; \quad a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$$

Aylana bo'ylab tekis tezlanuvchan harakatda tezlik va tezlanish orasidagi burchak:

$$\alpha = v \hat{a}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{a_n}{a_t}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{(v_0 \pm a_t t)^2}{R a_t};$$

Gorizont otilgan jism harakati

Tezligining X,Y o'qlaridagi proeksiyalari: $v_x = v_0; \quad v_y = gt;$

Gorizont yo'nalishdagi ko'chishi yoki uchish uzoqligi:

$$X = S = v_0 t; \quad L = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad L = v_x t; \quad L = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}};$$

Vertikal yo'nalish bo'yicha ko'chishi yoki tushish balandligi:

$$Y = h = \frac{gt^2}{2}; \quad h = \frac{g}{2v_0^2} L^2; \quad h = \frac{v_y^2}{2g};$$

Trayektoriyasining XY o'qidagi tenglamasi:

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

$$\text{uchish vaqti: } t = \sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad t = \frac{L}{v_0}; \quad t = \frac{v_y}{g};$$

$$v_0 \text{ -- boshlang'ich tezligi: } v_0 = \frac{L}{t}; \quad v_0 = L \sqrt{\frac{g}{2h}}; \quad v_x = v_0;$$

$$v_x \text{ -- tezlik vektorini vertikal tashkil etuvchisi: } v_y = gt; \quad v_y = \sqrt{2gh};$$

Harakatning oxirida gorizont va vertikal yo'nalishdagi tezliklari:

$$v_x = v_0; \quad v_y = gt;$$

$$\text{Yerga urilishdagi tezligi: } v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh};$$

Tezlikning gorizont bilan α burchak tashkil qilgan vaqtdagi qiymati:

$$v = \frac{v_0}{\cos \alpha}$$

Ixtiyoriy t vaqtdan keyin jism tezligining gorizont bilan tashkil qilgan burchagi:

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

Jismning yerga tushish vaqtidagi gorizont bilan tashkil qilgan burchagi:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{2gh}}{v_0}$$

Tangensial (urinma) tezlanish : $a_t = \frac{g^2 t}{\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}}$

Normal (markazga intilma) tezlanish: $a_n = \frac{g v_0}{\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}}$

Tezlanishlar yig'indisi: $g = \vec{a}_t + \vec{a}_n$; $g = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$;

h balandlikda gorizont yo'nalishda v tezlik bilan uchayotgan vertalyotdan tashlnagan yukning borib tushish masofasi:

$$S = v \sqrt{\frac{2h}{g}}; S = vt;$$

Gorizontga burchak ostida otilgan jism harakati

$$\left. \begin{aligned} v_{0x} &= v_0 \cos \alpha \\ v_{0y} &= v_0 \sin \alpha \end{aligned} \right\} \left. \begin{aligned} v_x &= v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_y &= v_{0y} - gt = v_0 \sin \alpha - gt \end{aligned} \right\}$$

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

t vaqtdan keyin jism tezligi: $v = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha - gt)^2}$;

minimal tezlik trayektoriyaning eng yuqorisidagi tezlik- v_{\min}

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

$$\text{Ko'tarilish vaqti: } t_k = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}; \quad t_t = t_k = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}; \quad t_k = \sqrt{\frac{2h}{g}};$$

$$\text{Maksimal ko'tarilish balandligi: } h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}; \quad h_{\max} = \frac{gt_u^2}{2};$$

$$v_0 \sin \alpha = \sqrt{2gh}; \quad h_{\max} = \frac{L \operatorname{tg} \alpha}{4}; \quad h_{\max} = \frac{v_0^2 - v_{\min}^2}{2g}; \quad h_{\max} = \frac{v_{0y}^2}{2g};$$

$$\text{To'la uchish vaqti: } t_u = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}; \quad t_u = \sqrt{\frac{8h}{g}}; \quad t_u = \frac{2\sqrt{v_0^2 - v_{\min}^2}}{g};$$

$$\text{Uchish uzoqligi: } S = v_x t; \quad S = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}; \quad S = v_0 t \cos \alpha;$$

$$S = \frac{4h}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad S = \frac{2\sqrt{v_0^2 - v_{\min}^2}}{g} v_{\min};$$

Tushish nuqtasidagi tezligi: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha} = v_0$;

Istalgan vaqt momentidagi tezligining gorizont bilan tashkil qilgan burchak φ tangensi: $\operatorname{tg} \varphi =$

$$\frac{v_y}{v_x} = \frac{v_0 \sin \alpha - gt}{v_0 \cos \alpha};$$

α burchak ostida otilgan jismning tezlik vektori gorizont bilan φ burchak tashkil qilish vaqti:

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha \pm v_0 \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi}{g};$$

$$\text{Trayektoriyaning egrilik radiusi: } R = \frac{v_x^2}{a_n} = \frac{(v_0 \cos \alpha)^2}{g}; \quad v_0 \cos \alpha = \sqrt{gR};$$

$$\text{Otilish burchagi: } \operatorname{tg} \varphi = \sqrt{\frac{2gh}{gR}} = \sqrt{\frac{2h}{R}};$$

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

- 1 Fizika. Umumiy o'rta ta'lim maktablarining 10-sinfi uchun darslik. * M. Nuritdinov, A. Abdukarimov, R. Abdullayev. Fizika (Mexanika). Toshkent: "O'qituvchi", 2007.
- 2 H.R. Rahimov, Sh.B. Boltaboyev. Fizika (Mexanika, Molekulyar fizika). Toshkent: Adabiyot uchqunlari, 2012.
- 3 R. Fayzullayev. Fizika. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun darslik. Toshkent: Fan va texnologiya, 2010.

4 D.V. Sivuxin. Umumiy fizika kursi. I tom. Mexanika. Moskva: Nauka, 1979.

5 I.V. Saveliev. Umumiy fizika kursi. 1-tom. Mexanika. Moskva: Nauka, 2001.

6 Khan Academy. Physics - One-Dimensional Motion & Forces and Newton's Laws.

<https://www.khanacademy.org/science/physics/one-dimensional-motion> va

<https://www.khanacademy.org/science/physics/forces-newtons-laws>.

7 The Physics Classroom. 1-D Kinematics & Newton's Laws.

<https://www.physicsclassroom.com/class/1DKin> va

<https://www.physicsclassroom.com/class/newtlaws>.

8 HyperPhysics. Mechanics Section. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hph.html>.

9 Wikipedia. Kinematics & Dynamics. <https://en.wikipedia.org/wiki/Kinematics> va

[https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamics_\(mechanics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamics_(mechanics)).

