Ķermeņu brīvā krišana

Ķermeņa brīvā krišana ir vienmērīgi paātrināta taisnvirziena kustība, kura notiek tikai ķermeņa smaguma spēka ietekmē. Jau XVI gadsimta beigās **G. Galilejs** atklāja, ka **brīvi krītoša ķermeņa kustība ir vienmērīgi paātrināta kustība un ka visi ķermeņi krīt ar vienādu paātrinājumu.** Gandrīz divu tūkstošu gadu garumā kopš Aristoteļa laikiem līdz G.Galileja atklājumam zinātnē valdīja uzskats, ka smagie ķermeņi krīt ātrāk, nekā vieglie.
Krītošie ķermeni kustas ar paātrinājumu, tāpēc ka uz tiem iedarbojas smaguma spēks, un šo paātrinājumu sauc par brīvās krišanas paātrinājumu. Brīvās krišanas paātrinājuma vektoru apzīmē ar (g) un tas vērsts vertikāli lejup. Brīvās krišanas paātrinājums dažādos ģeogrāfiskā platuma grādos ir dažāds: uz poliem 9,83 m/s^2, uz ekvatora 9,78 m/s^2. Tomēr, ja aprēķinos netiek prasīta īpaša precizitāte, brīvās krišanas paātrinājuma skaitlisko vērtību noapaļo līdz 9,8 m/s^2 vai pat līdz 10 m/s^2.

Vienkāršākais brīvās krišanas piemērs ir ķermeņa krišana no kāda augstuma h bez sākuma ātruma. Brīvā krišana ir vienmērīgi paātrināta taisnvirziena kustība ar konstantu paātrinājumu. Ja izvēlēsimies koordinātu asi OY, kas vērsta augšup, un par atskaites punktu pieņemsim Zemi, tad brīvo krišanu varēsim analizēt, izmantojot formulu, *kas atrodas (***) 1.4. §*, pieņemot, ka $\upsilon_0 = 0$, $y_0 = h$, $a = -g$. Ja ķermenis atrodas punktā, kura koordināta $y < h$, tā pārvietojums s ir $s = y - h < 0$. Šis lielums ir negatīvs, tāpēc, ka kustība notiek pretēji pozitīvajam ass OY virzienam. Rezultātā iegūstam:

$$\upsilon = -gt.$$

Ātrums arī ir negatīvs, jo tas vērsts vertikāli lejup.

$$y = h - \frac{gt^2}{2}.$$

Laiks t_k, kurā ķermenis nokrīt uz Zemes, tiek aprēķināts saskaņā ar noteikumu $y = 0$:

$$\boxed{t_k = \sqrt{\frac{2h}{g}}.}$$

Ķermeņa ātrums jebkurā trajektorijas punktā:

$$\upsilon = \sqrt{2g(h-y)}.$$

Ja $y = 0$, krišanas ātrums υ_k ir

$$\boxed{\upsilon_k = \sqrt{2gh}.}$$

Izmantojot šīs formulas, var aprēķināt krišanas laiku, ja ķermenis krīt no noteikta augstuma, ātrumu jebkurā krišanas trajektorijas punktā un citus parametrus.

Analoģiski tiek risināts uzdevums, ja ķermenis tiek izsviests vertikāli augšup ar kādu noteiktu sākuma ātrumu υ_0. Ja koordinātu ass OY joprojām vērsta augšup, bet izmešanas punkts novietots koordinātu sākumpunktā, tad vienmērīgi paātrinātai taisnvirziena kustībai iegūstam: $y_0 = 0$, $\upsilon_0 > 0$, $a = -g$. No tā izriet:

$$\upsilon = \upsilon_0 - gt.$$

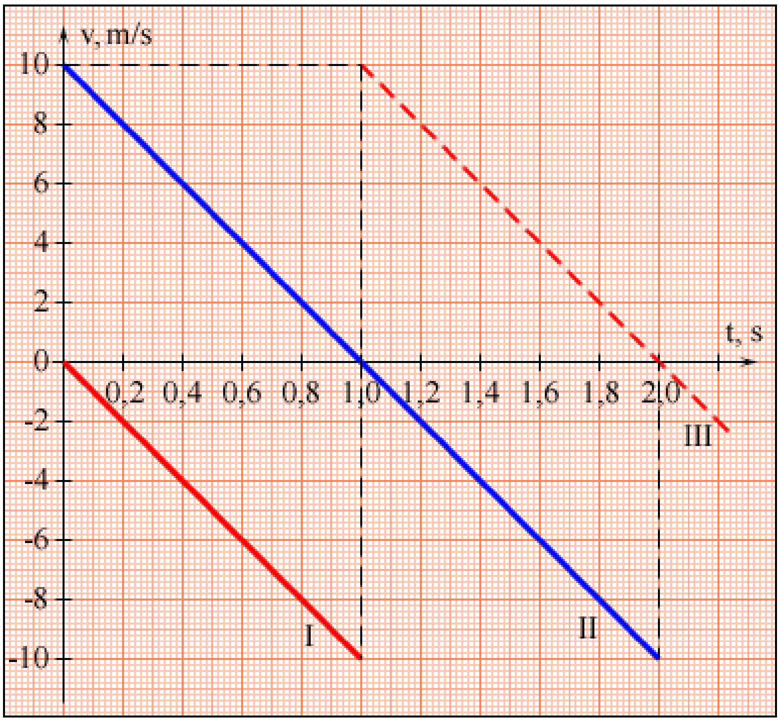
Pēc laika υ_0 / g ķermeņa ātrums υ paliek vienāds ar nulli, t. i., ķermenis sasniedz maksimālo pacelšanās augstumu. Koordinātas y atkarību no laika t izsaka formula

$$y = \upsilon_0 t - \frac{gt^2}{2}.$$

Uz Zemes ($y = 0$) ķermenis nokrīt pēc laika $2\upsilon_0 / g$, tāpēc redzam, ka pacelšanās un krišanas laiki ir vienādi. Krītot lejup, ķermeņa ātrums ir $-\upsilon_0$, t. i., ķermenis krīt ar tādu pašu ātrumu, ar kādu tika izsviests augšup.

Maksimālais pacelšanās augstums

$$\boxed{h = y_{max} = \frac{\upsilon_0^2}{2g}.}$$



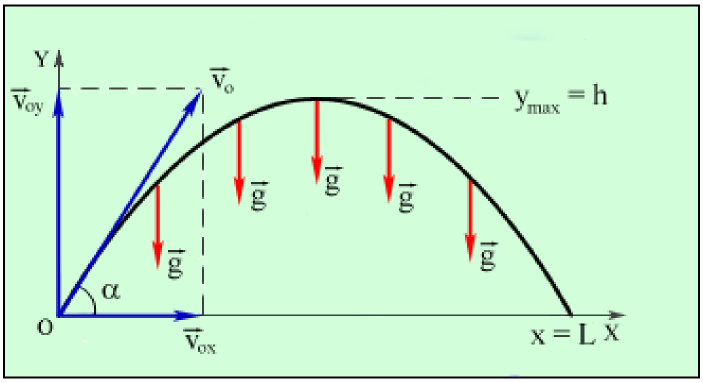
Zīmējums 1.5.1.
Ķermeņa, kas pārvietojas ar paātrinājumu $a = -g$, grafiki.

1.5.1. zīmējumā attēloti trīs ķermeņu, kas pārvietojas ar paātrinājumu $a = -g$, ātruma grafiki. I grafiks atbilst kustībai no augstuma h bez sākuma ātruma (brīvā krišana). Kritiens ilga $t_k = 1$ s. No brīvās krišanas formulas iegūstam: $h = 5$ m un $g = 10$ m/s^2.

II grafiks atbilst vertikāli augšup ar ātrumu $\upsilon_0 = 10$ m/s izsviesta ķermeņa kustībai. Maksimālais pacelšanās augstums $h = 5$ m. Uz Zemes ķermenis nokrīt apmēram pēc 2 sekundēm.

III grafiks ir I grafika turpinājums. Brīvi krītošais ķermenis (bumbiņa) pēc trieciena pret Zemi atlec, un tā ātrums momentāni maina virzienu. Tālākā kustība neatšķiras no II gadījuma.

Brīvais kritiens cieši saistīts ar slīpo sviedienu. Lai veiktu šādas kustības kinemātisko aprakstu, par atskaites sākumu izraugāmies punktu, no kura izsviež ķermeni, vēršam OX asi horizontāli, bet OY asi – vertikāli. Ķermeņa kustību pa šādu trajektoriju var attēlot kā divu neatkarīgu kustību summu: pa OY asi pētām brīvo kritienu, bet pa OX asi vienmērīgo taisnvirziena kustību. 1.5.2. zīmējumā attēlots ķermeņa sākuma ātruma vektors (v_0) un tā projekcijas uz koordinātu asīm.



Zīmējums 1.5.2.
Slīpi pret horizontu izsviesta ķermeņa kustība. α – izsviešanas leņķis, v_{0x} un v_{0y} – sākuma ātruma v_0 projekcijas uz koordinātu asīm.

Kustībai pa OX asi atbilst nosacījumi:

$$x_0 = 0,\ \upsilon_{ox} = \upsilon_0 \cos\alpha,\ a_x = 0,$$

bet kustībai pa OY

$$y_0 = 0,\ \upsilon_{oy} = \upsilon_0 \sin\alpha,\ a_y = -g.$$

Tālāk tiks uzrakstītas vairākas formulas, kas raksturo leņķī pret horizontu sviesta ķermeņa kustību α.

Lidojuma laiks:

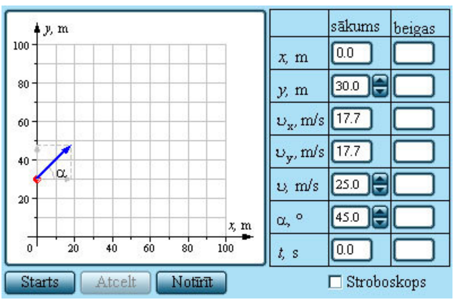
$$t = \frac{2\upsilon_0 \sin\alpha}{g}.$$

Lidojuma tālums:

$$L = \frac{\upsilon_0^2 \sin 2\alpha}{g};\ L = L_{max} = \frac{\upsilon_0^2}{g}\ \text{,ja}\ \alpha = 45°.$$

Maksimālais lidojuma augstums:

$$h = \frac{\upsilon_0^2 \sin^2\alpha}{2g}.$$



Leņķī pret horizontu izsviesta ķermeņa kustības trajektorija ir parabola. Reālos apstākļos šādas kustības trajektorija var būt vairāk vai mazāk izkropļota gaisa pretestības dēļ, kas var ietekmēt lidojuma tālumu.

Modelis. Slīpi pret horizontu izsviesta ķermeņa kustība.