LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA
ŠIAULIŲ UNIVERSITETO
JAUNŲJŲ FIZIKŲ MOKYKLA „FOTONAS“

KINEMATIKA. DINAMIKA

III KURSO II TURO METODINIAI NURODYMAI IR UŽDUOTYS

LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA
ŠIAULIŲ UNIVERSITETO
JAUNŲJŲ FIZIKŲ MOKYKLA „FOTONAS“

Saulius Pelanskis

KINEMATIKA. DINAMIKA

III KURSO II TURO METODINIAI NURODYMAI IR UŽDUOTYS

Metodinė priemonė
2013–2014 mokslo metai

Šiauliai 2013

II TURAS

KINEMATIKA. DINAMIKA

Kinematika

Bendrosios fizikos kurso kinematikos uždaviniuose nagrinėjamas vieno ar keleto materialiųjų taškų tolyginis ir tolygiai kintamas tiesiaeigis ir kreivaeigis judėjimas (dažnai išskiriant judėjimą apskritimu), kietojo kūno sukimasis. Kinematikoje kūnų judėjimas nagrinėjamas neaiškinant judėjimo priežasčių, t. y. nevartojant nei jėgos F, nei masės m sąvokos. Visus kinematikos uždavinius pagal sąlygos reikalavimus galima suskirstyti į 2 grupes:

1) rasti bet kurį judėjimo parametrą (greitį, pagreitį, ...), kai yra žinomas dėsnis, pagal kurį juda kūnas (tiesioginis uždavinys);

2) nustatyti judėjimo dėsnį, žinant kurį nors parametrą (atvirkštinis uždavinys).

Kaip spręsti kinematikos uždavinius? Pirmiausia, išnagrinėjus ir sutrumpintai užrašius uždavinio sąlygą, reikia nubraižyti brėžinį. Brėžinyje reikia pažymėti taško judėjimo trajektoriją, greičių ir pagreičių vektorius nurodytais laiko momentais, pažymėti sąlygoje nurodytus laiko intervalus. Po to pasirenkama atskaitos sistema (dažniausiai stačiakampė Dekarto koordinačių sistema). Jeigu nėra specialių nurodymų, koordinačių pradžia susiejama su pradiniu judėjimo tašku, o ašis Ox nukreipiama judėjimo kryptimi. Apskritai koordinačių ašis patogu nukreipti taip, kad kuo mažiau reikėtų skaidyti vektorius, t. y. kad kuo daugiau vektorių projekcijų būtų lygių nuliui. Pasirinkus atskaitos sistemą, reikia pažymėti visas judančio taško koordinates nurodytais ir ieškomaisiais laiko momentais. Greičių ir pagreičių vektoriai išskaidomi į dedamąsias Ox ir Oy ašyse ir suprojektuojami. Projekcijų ženklai nustatomi taip: jei vektorius sudaro smailųjį kampą su pasirinkta ašimi, tai jo projekcija teigiama, jei bukąjį – projekcija neigiama, jei statųjį – projekcija lygi nuliui (kampas nuskaitomas nuo ašies link vektoriaus prieš laikrodžio rodyklę). Kai ieškomojo vektoriaus projekcija iš anksto nežinoma, vektoriaus kryptis pasirenkama laisvai ir lygtyse jo projekcija užrašoma su ženklu, atitinkančiu pasirinktą kryptį. Jei atsakyme gaunamas teigiamas ženklas, tai vektoriaus dedamoji išilgai ašies nukreipta pasirinkta kryptimi. Neigiamas ženklas rodo, kad pasirinkta vektoriaus kryptis yra priešinga.

Nubraižius brėžinį, koordinačių, greičių ir pagreičių projekcijų kinematinėmis lygtimis susiejami visi naudojami dydžiai, užrašomos papildomos uždavinio sąlygos. Taigi sudaroma kinematinių lygčių sistema. Patikrinus nežinomųjų skaičių (jis turi būti lygus lygčių skaičiui), sistema išsprendžiama ieškomųjų dydžių atžvilgiu, laikantis bendrųjų nurodymų.

Trumpai aptarsime įvairių tipų kinematikos uždavinių sprendimo ypatybes.

• Kai kurių uždavinių sąlygoje duodamas ne vieno, o kelių (dažniausiai dviejų) kūnų tiesiaeigis tolyginis judėjimas atskaitos sistemoje, susietoje su Žeme arba kita kokia nors atskaitos sistema. Šiais atvejais uždavinių sprendimas supaprastėja, jei visus judėjimus nagrinėsime atskaitos sistemoje, susietoje su vienu iš kūnų. Kartais tokios atskaitos sistemos parinkimas būtinas. Reikia prisiminti, kad, jei kūnas A juda kūno B atžvilgiu greičiu $\vec{v}_1$, tai, remiantis judėjimo reliatyvumu, kūnas B juda greičiu $\vec{v}_2$ kūno A atžvilgiu. Be to,

$$\vec{v}_1 = -\vec{v}_2.$$

• Jei materialusis taškas dalyvauja dviejuose judėjimuose, tai jo poslinkis $\Delta\vec{s}$ lygus vektorinei poslinkių kiekviename judėjime sumai nepriklausomai nuo to, ar vienu metu vyko tie judėjimai:

$$\Delta\vec{s} = \Delta\vec{s}_1 + \Delta\vec{s}_2.$$

Jei judėjimai vyko tuo pačiu metu, tai, padaliję abi lygties puses iš judėjimo laiko Δt, gauname:

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2,$$

t. y. taško greitis sudėtingame judėjime lygus vektorinei greičių sumai atskiruose judėjimuose.

• Sprendžiant uždavinius, kuriuose nagrinėjamas kūnų judėjimas vertikaliai aukštyn ir žemyn, reikia prisiminti, kad kūnas, tiek judėdamas aukštyn, tiek krisdamas žemyn, juda laisvojo kritimo pagreičiu $\vec{g}$, kurio modulis ir kryptis yra žinoma ($\vec{g}$ vektorius nukreiptas vertikaliai žemyn). Be to, kai nėra oro pasipriešinimo, kūno kilimo iki aukščiausio trajektorijos taško laikas yra lygus kritimo į pradinį tašką laikui (t_{kil} = t_{krit}), o greičio modulis kritimo pabaigoje lygus pradinio greičio moduliui, tik priešingos šių vektorių kryptys ($\vec{v}_{krit} = -\vec{v}_0$).

• Nagrinėjant kampu į horizontą mestų kūnų judėjimą, atskaitos sistemos pradžią patogu susieti su išmetimo tašku, ašį *Ox* nukreipti išilgai Žemės paviršiaus, o ašį *Oy* statmenai jam. Galioja judėjimų nepriklausomumo principas, pagal kurį šį judėjimą galime nagrinėti kaip dviejų vienalaikių judėjimų *Ox* ir *Oy* ašimis sumą. Reikia nepamiršti, kad judėjimo laikas *Ox* ašimi lygus judėjimo laikui *Oy* ašimi, judėjimo greitis *Ox* ašimi, kai nėra oro pasipriešinimo, nekinta ir yra lygus pradinio greičio $\vec{v}_0$ dedamąjai *Ox* ašyje, o kūno pagreitis kiekviename trajektorijos taške pastovus ir lygus $\vec{g}$. Taigi, sprendžiant šiuos uždavinius, pirmiausia randamos pradinio greičio dedamosios ašyse *Ox* ir *Oy*, po to sudaromos skaliarinės judėjimo lygtys kiekvienai krypčiai.

• Taško judėjimo apskritimu ir kietojo kūno sukimosi aplink nejudančią ašį uždaviniai iš esmės nesiskiria nuo tiesiaeigio judėjimo uždavinių. Skirtumas tik tas, kad šiuo atveju, be bendrųjų taško kinematikos lygčių, reikia taikyti ir kampinio greičio, įcentrinio pagreičio bei kampinio poslinkio lygtis.

• Atskiras judėjimo apskritimu atvejis yra dirbtinių Žemės palydovų judėjimas. Sprendžiant šiuos uždavinius, reikia atsiminti, kad skriejantys aplink Žemę arti jos paviršiaus palydovai juda apskritimine orbita. Jų įcentrinis pagreitis lygus laisvojo kritimo pagreičiui ($a_{įc}= g$), t. y. palydovai laisvai krinta.

• Svarbią vietą užima uždaviniai, kuriuos sprendžiant taikomi grafikai. Šiuo atveju reikia gerai žinoti elementariųjų funkcijų – tiesės, parabolės lygtis, tolygiai, tolygiai kintamai judančio kūno pagreičio, greičio, poslinkio, kelio ir koordinatės lygtis. Svarbu gerai mokėti tirti šių funkcijų grafikus.

Dinamika

Dinamika nagrinėja kūnų judėjimo dėsnius, atsižvelgdama į priežastis, sąlygojančias to judėjimo pobūdį.

Kūno judėjimo greitis kinta (kūnas įgyja pagreitį) arba kūnas deformuojasi, jei šį kūną veikia aplinkiniai kūnai. Šios sąveikos matas yra jėga. Jėga – vektorinis dydis. Ją apibūdina skaitinė vertė, veikimo kryptis ir veikimo taškas.

Šiame ture nagrinėjamas kūnų, į kurių matmenis duotomis sąlygomis galime neatsižvelgti, judėjimas (materialiojo taško judėjimas).

Kai materialųjį tašką veikia keletas jėgų $\vec{F}_1, \vec{F}_2 ... \vec{F}_n$, jų veikimą galima pakeisti vienos jėgos $\vec{F}$, kuri yra duotųjų jėgų atstojamoji, veikimu (***superpozicijos principas***):

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ... + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i .$$

Be to, galioja jėgų veikimo ***nepriklausomumo principas***: jei kūną vienu metu veikia keletas jėgų, tai kiekvienos jėgos poveikį galima nagrinėti nepriklausomai nuo kitų jėgų.

Dinamikos pagrindas – trys Niutono dėsniai, suformuluoti materialiajam taškui, judančiam inercinėse atskaitos sistemose.

Pirmasis Niutono dėsnis. Kai materialųjį tašką veikiančių jėgų atstojamoji lygi nuliui, taškas nejuda arba juda tiesiai ir tolygiai.

Kai

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i = 0,\ tai\ \vec{v} = \text{const}.$$

Antrasis Niutono dėsnis. Materialiojo taško judesio kiekio pokytis per laiko vienetą lygus tašką veikiančiai jėgai ir nukreiptas išilgai šios jėgos veikimo tiesės:

$$\frac{\vec{p}_2 - \vec{p}_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \vec{F};$$

čia $\vec{p}_1 = m_1\vec{v}_1$ ir $\vec{p}_2 = m_2\vec{v}_2$ – taško judesio kiekiai stebėjimo laikotarpio Δt pradžioje ir pabaigoje, $\vec{F}$ – jėga, veikianti tašką laiko tarpą Δt.

Jei per jėgos veikimo laiką taško masė nekinta $m_1 = m_2 = m$, tai lygtį galima užrašyti taip:

$$\vec{F} = m\,\vec{a}; \tag{1}$$

čia $\vec{a}$ – taško pagreitis.

Tai yra pagrindinė materialiojo taško dinamikos lygtis.

Trečiasis Niutono dėsnis. Du kūnai veikia vienas kitą jėgomis, kurių moduliai lygūs, o kryptys priešingos:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}. \tag{2}$$

Šios jėgos veikia skirtingus kūnus!

Sprendžiant dinamikos uždavinius patartina vadovautis tokia sprendimo tvarka:

• Nubraižome brėžinį ir pavaizduojame visas kūną veikiančias jėgas. Norint teisingai nustatyti jėgų kryptis, būtina prisiminti, kad sunkio jėga nukreipta vertikaliai į apačią; atramos reakcijos jėga, nesant trinties, statmena besiliečiantiems paviršiams jų susilietimo taške ir nukreipta kūno kryptimi; siūlo įtempimo jėga nukreipta išilgai siūlo link pakabinimo taško.

• Užrašome antrąjį Niutono dėsnį vektorine forma.

• Jei jėgos veikia ne vienoje tiesėje, tai parenkamos dvi statmenos koordinačių ašys (dvi kryptys) *Ox* ir *Oy*, esančios jėgų veikimo plokštumoje.

• Suprojektuojame visas kūną veikiančias jėgas pasirinktose koordinačių ašyse. Tada užrašome antrąjį Niutono dėsnį dviem skaliarinėmis lygtimis:

$$\sum F_x = m\,a_x,$$
$$\sum F_y = m\,a_y.$$

Jei judėjimas tiesiaeigis, tai vieną ašį (*Ox*) nukreipiame pagreičio kryptimi, o kitą ašį (*Oy*) – statmenai pagreičio krypčiai. Tada šios lygtys supaprastėja, nes $a_x = a$, $a_y = 0$ ir

$$\sum F_x = m\,a,$$
$$\sum F_y = 0.$$

Visų projekcijų ženklai nustatomi projekcijų rašymo taisyklėmis.

• Materialiajam taškui tolygiai judant R spindulio apskritimu antrasis Niutono dėsnis

$$\sum F_i = m\,a_{\text{įc}}\,;$$

čia $\sum F_i$ – jėgų projekcijų (apskritimo spindulio kryptimi) suma, $a_{\text{įc}} = \dfrac{v^2}{R} = \omega^2 R$ – įcentrinis taško pagreitis, v – linijinis greitis, ω – kampinis greitis.

• Jei uždavinyje nagrinėjamos surištosios sistemos, tai judėjimo lygtis užrašome kiekvienam kūnui atskirai. Jei reikia, užrašomos kinematinės lygtys, susiejančios atskirų sistemos kūnų judėjimo pagreičius. Kai kūnai surišti nesvariu siūlu, siūlo įtempimas yra vienodas visame siūlo ilgyje.

• Išsprendžiame gautą lygčių sistemą ir gauname galutinį raidinį atsakymą.

• Apskaičiuojame rezultato skaitinę vertę ir išanalizuojame rezultatą.

Pagrindinės formulės:

• Kinematinės materialiojo taško judėjimo lygtys koordinatine forma:

$$x = x(t),$$
$$y = y(t),$$
$$z = z(t).$$

Šios lygtys gali būti pakeistos viena vektorine lygtimi:

$$\vec{s} = \vec{s}(t).$$

• Vidutinis greitis:

$$\vec{v} = \frac{\Delta\vec{s}}{\Delta t}; \tag{3}$$

čia $\Delta\vec{s}$ – materialiojo taško poslinkis per laiką Δt.

• Vidutinis judėjimo greitis:

$$v_{\text{vid}} = \frac{\Delta \ell}{\Delta t};$$

čia $\Delta \ell$ – taško nueitas kelias per laiką Δt. Bendru atveju $\Delta \ell \geq |\Delta\vec{s}|$, todėl

$$v_{\text{vid}} \geq |\vec{v}|.$$

• Vidutinis pagreitis:

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t};$$

čia $\Delta\vec{v}$ – taško greičio pokytis per laiką Δt.

• Įcentrinio pagreičio modulis:

$$a_{\text{įc}} = \frac{v^2}{R}; \tag{4}$$

čia R – trajektorijos kreivumo spindulys nagrinėjamame trajektorijos taške.

• Tiesiaeigio tolyginio judėjimo atveju (v = const, a = 0) kinematinė judėjimo lygtis:

$$x = x_0 + v\,t; \tag{5}$$

čia x – taško koordinatė bet kuriuo laiko momentu, x_0 – pradinė koordinatė.

• Tiesiaeigio tolygiai kintamo judėjimo atveju (a = const) kinematinė judėjimo lygtis:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}; \tag{6}$$

čia v_0 – pradinis judėjimo greitis.

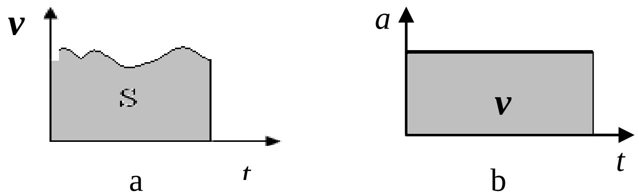
Jei $a > 0$, tai judėjimas tolygiai greitėjantis.

Jei $a < 0$, tai judėjimas tolygiai lėtėjantis.

• Tolygiai kintamo judėjimo atveju taško greitis:

$$v = v_0 + a\,t. \tag{7}$$

• Jei žinoma greičio priklausomybė nuo laiko $v = v(t)$, tai kreivės $v = v(t)$ apribotas plotas savo skaitine verte lygus nueitam keliui:



1 pav.

• Jei žinoma pagreičio priklausomybė nuo laiko, tai kreivės $a = a(t)$ apribotas plotas savo skaitine verte lygus greičiui.

• Kampinio greičio modulis:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}; \tag{8}$$

čia T – sukimosi periodas – vieno pilno apsisukimo laikas.

• Sukimosi dažnis:

$$f = \frac{1}{T}. \tag{9}$$

• Ryšys tarp linijinio ir kampinio greičio:

$$v = \omega\, R. \tag{10}$$

• Antrasis Niutono dėsnis pastovios masės materialiajam taškui:

$$\sum \vec{F} = m\,\vec{a};$$

čia $\sum \vec{F}$ – tašką veikiančių jėgų atstojamoji, m – taško masė, $\vec{a}$ – taško pagreitis.

• Rimties trinties jėgos F_{tr} modulis randamas:

$$F_{\text{tr}} = \mu N; \qquad (11)$$

čia μ – rimties trinties koeficientas, būdingas besiliečiančių paviršių porai, N – normalinio slėgimo jėga.

Kai kūno judėjimo greitis mažas, tai pagal šią lygtį apskaičiuojama ir slydimo trinties jėga, nes slydimo trinties koeficientas mažai skiriasi nuo rimties trinties koeficiento.

• Visuotinės traukos dėsnis. Du materialieji taškai (vienalyčiai rutuliai) traukia vienas kitą jėga, tiesiog proporcinga jų masių sandaugai ir atvirkščiai proporcinga atstumo tarp jų (jų centrų) kvadratui:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{R^2}; \qquad (12)$$

čia $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ (N·m^2)/kg^2 – gravitacijos konstanta.

• Jėga, kuri atsiranda kūnų deformacijos metu ir priešinasi jų formos ir matmenų kitimui, vadinama tamprumo jėga:

$$\left|F_{\text{tampr}}\right| = k \cdot \Delta x; \qquad (13)$$

čia k – tamprumo koeficientas (spyruoklės atveju – standumas), Δx – absoliutinis pailgėjimas arba sutrumpėjimas.

• Kiekvieną kūną, esantį skystyje (dujose), veikia išstumiančioji jėga (Archimedo jėga), skaitine verte lygi išstumto skysčio (dujų) svoriui:

$$F_A = \rho_0 \, g V; \qquad (14)$$

čia ρ_0 – skysčio (dujų) tankis, V – išstumto skysčio (dujų) tūris, skaitine verte lygus panirusios kūno dalies tūriui.

• Materialiųjų taškų sistemos masių centro koordinatės:

$$x_c = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}; \quad y_c = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}; \quad z_c = \frac{\sum m_i z_i}{\sum m_i}.$$

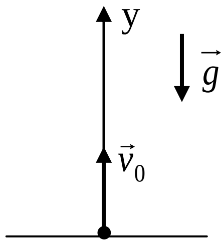
• Uždaroje sistemoje masės centras arba juda tiesiai ir tolygiai, arba yra rimtyje.

Uždavinių sprendimo pavyzdžiai

1 pavyzdys

Kūnas metamas vertikaliai į viršų v_0 pradiniu greičiu. Kokiame aukštyje ir po kiek laiko jo greitis bus n kartų mažesnis, nei pradinis išmetimo greitis?

h	v_0
t	g
	$v = \dfrac{v_0}{n}$



2 pav.

Vertikaliai aukštyn išmesto kūno judėjimo lygtis

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}. \qquad (1)$$

Kūno greitis kinta pagal dėsningumą:

$$v = v_0 - gt. \qquad (2)$$

Pagal sąlygą

$$v = \frac{v_0}{n}. \qquad (3)$$

(3) įrašę į (2), gauname:

$$\frac{v_0}{n} = v_0 - gt.$$

Iš čia

$$t = \frac{v_0(n-1)}{gn}.$$

(3) ir (2) įrašę į (1), gauname:

$$h = \frac{v_0^2(n^2-1)}{2gn^2}.$$

Atsakymas: $h = \frac{v_0^2(n^2-1)}{2gn^2}.$

2 pavyzdys

Koks laisvojo kritimo pagreitis Saulės paviršiuje? Laisvojo kritimo pagreitis Žemės paviršiuje g = 10 m/s^2, Saulės spindulys 108 kartus didesnis už Žemės spindulį ir Žemės vidutinis tankis 4 kartus didesnis už Saulės.

g_S	$g_Ž$ = 10 m/s^2 $\frac{R_S}{R_Ž} = 108$ $\frac{\rho_Ž}{\rho_S} = 4$

Žinome, kad laisvojo kritimo pagreitis planetos paviršiuje:

$$g = \frac{GM}{R^2};$$

čia M – planetos masė, R – planetos spindulys, G – gravitacijos konstanta.

$$g_Ž = \frac{GM_Ž}{R_Ž^2},$$

$$g_S = \frac{GM_S}{R_S^2},$$

Padaliję lygtis gauname:

$$g_S = \frac{M_S}{M_Ž}\frac{R_Ž^2}{R_S^2}g_Ž.$$

Tardami, kad Saulė ir Žemė yra rutulio formos, galime parašyti:

$$M_S = \rho_S V_S = \rho_S \frac{4}{3}\pi R_S^3;$$

$$M_Ž = \rho_Ž \frac{4}{3}\pi R_Ž^3.$$

Todėl

$$g_S = \frac{\rho_S}{\rho_Ž}\frac{R_S}{R_Ž}g_Ž;$$

$$g_S = 270\ \mathbf{m/s^2}.$$

Atsakymas: $g_S = 270\ \mathbf{m/s^2}$.

II TURO UŽDUOTYS
KINEMATIKA. DINAMIKA

1. Kada kūno nueitas kelias lygus poslinkiui?

2. Nuskridęs tiesiu keliu horizontaliai 240 km, sraigtasparnis pasuko 90° kampu ir nuskrido dar 70 km. Kiek procentų skiriasi sraigtasparnio kelias ir poslinkis?

3. Plaukikas plaukia per upę statmenai krantui $v_1 = 4$ m/s greičiu (kranto atžvilgiu). Greičio vektorius sudaro $\alpha = 60°$ kampą su kranto linija. Koks plaukiko greitis v vandens atžvilgiu ir koks upės tėkmės greitis u?

4. Valtimi reikia nuplaukti pirmyn ir atgal atstumų $s = 60$ m vieną kartą ežeru, o kitą kartą upe. Valties greitis vandens atžvilgiu abiem atvejais $v = 2$ m/s, upės tėkmės greitis $u = 1$ m/s. Kiek skirsis valties judėjimo laikai upėje ir ežere? Uždavinį išspręskite grafiškai.

5. Metro eskalatorius pakelia stovintį ant jo keleivį per laiką t_1. keleivis užlipa nejudančiu eskalatoriumi per dvigubai ilgesnį laiką. Kiek laiko t lips keleivis judančiu eskalatoriumi?

6. Žmogus du kartus perplaukia tą pačią upę. Jei jis plaukia kokiu tai kampu prieš srovę, tai perplaukia upę trumpiausiu atstumu (išilgai tiesės statmenos krantams) per laiką t_1. Jei žmogus visą laiką plaukia statmenai krantui, tai perplaukia upę per laiką t_2, o upė jį nuneša pasroviui atstumą s. Žmogaus greitis vandens atžvilgiu abiem atvejais vienodas. Koks upės plotis d?

7. Automobilis tolygiai greitėja $a = 2$ m/s^2 pagreičiu. Per kiek laiko automobilis nuvažiuos $s = 25$ m kelią, jei: a) pradinio greičio nėra, b) pradinis automobilio greitis $v_0 = 5$ m/s?

8. Tolygiai greitėjantis iš rimties būsenos kūnas, per ketvirtąją judėjimo sekundę nueina 14 m kelią. Kokiu pagreičiu juda kūnas?

9. Raketa startuoja nuo žemės paviršiaus vertikaliai aukštyn. Jos varikliai suteikia pastovų a pagreitį. Po laiko t raketos varikliai sustoja. Į kokį didžiausią aukštį pakilo raketa? Oro pasipriešinimo ir laisvojo kritimo pagreičio priklausomybės nuo aukščio nepaisykite.

10. Du kūnai metami kampu į horizontą tuo pačiu pradiniu greičiu – pirmasis $\alpha_1 = 30°$, o antrasis $\alpha_2 = 45°$ kampu. Kiek kartų skirsis kūnų judėjimo laikai t_1/t_2, didžiausio pakilimo aukščiai h_1/h_2, kelio horizontaliąja kryptimi nuotoliai s_1/s_2? Oro pasipriešinimo nepaisykite.

11. Mėnulio masė apie n = 80 kartų, o spindulys apie k = 4 kartus mažesni nei Žemės. Koks laisvojo kritimo pagreitis g_1 Mėnulio paviršiuje? Laisvojo kritimo pagreitis Žemės paviršiuje $g = 10$ m/s^2.

12. m masės kūnas, veikiamas pastovios jėgos, iš rimties būsenos per laiką t nueina s kelią. Apskaičiuokite jėgos dydį.

13. $m = 1$ kg masės kūnas yra rimtyje ant horizontalios plokštumos. Kūną pradeda veikti $F = 4$ N jėga. Trinties koeficientas tarp kūno ir plokštumos $\mu = 0{,}1$. Kokį kelią nueis kūnas per $t = 2$ s?

14. m masės kūnas tempiamas už virvės horizontaliu keliu pastoviu greičiu. Virvė sudaro α kampą su horizontalia plokštuma. Trinties koeficientas tarp kūno ir kelio μ. Apskaičiuokite virvės įtempimo jėgą.

15. Stabdomo m = 1 t masės automobilio greitis s = 50 m kelyje sumažėja nuo v_0 = 20 m/s iki v = 10 m/s. Kokio dydžio pasipriešinimo jėga veikė automobilį?

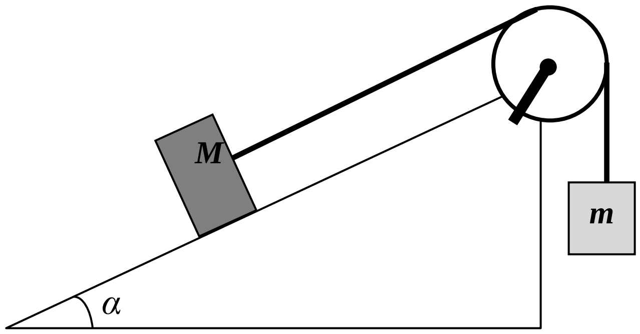
16. Ant nejudančio stalo guli knyga. Knyga veikia stalą 10 N jėga. Stalas veikia knygą tokio pat dydžio priešingos krypties jėga. Kam lygi šių jėgų atstojamoji?

17. Per nekilnojamąjį skridinį permestas siūlas, kurio galuose pririšti du skirtingos masės krovinėliai. Mažesnės masės krovinėlis liečia grindis, o didesnės masės – yra h aukštyje virš grindų. Krovinėliams leidžiama judėti. Po laiko t krovinėliai yra viename aukštyje. Apskaičiuokite krovinėlių masių santykį. Siūlo ir skridinio masė nepaisykite. Trinties nėra.

18. Kūnas, pritvirtintas prie ℓ ilgio siūlo, sukasi horizontalioje plokštumoje r spindulio apskritimu (kūginė svyruoklė). Kokiu pastoviu greičiu v sukasi kūnas?

19. Kūnas slysta nuo nuožulniosios plokštumos, kurios pasvirimo kampas α = 60°, a = 4,5 m/s^2 pagreičiu. Koks turi būti didžiausias plokštumos pasvirimo kampas β, kad kūnas nejudėtų?

20. M = 1 kg ir m masės kūnai surišti siūlu. Siūlas permestas per skridinį, įtvirtintas nuožulniosios plokštumos, kurios pasvirimo kampas α = 30°, viršuje (3 pav.). Trinties koeficientas tarp plokštumos ir M masės kūno μ = 0,3. Kokia gali būti antrojo kūno masė m, kad abu kūnai dar nejudėtų? Siūlo ir skridinio masės nepaisykite, trinties skridinyje nėra.



3 pav.

Lietuvos fizikų draugija
Šiaulių universiteto
Jaunųjų fizikų mokykla „FOTONAS“

Saulius Pelanskis
III kurso II turo metodiniai nurodymai ir užduotys
2013–2014 mokslo metai

Rinko ir maketavo Irma Bolskytė