Lietuvos LVII-osios mokinių Fizikos olimpiados III-ojo rato

10 klasės uždavinių sprendimai

1. *m* = 10 kg masės kūnas yra įtvirtintas lifte ant trijų vertikalių virvių. Viena iš jų pritvirtinta prie lifto lubų, kitos dvi – prie jo grindų. Liftui nejudant kiekvienos iš apatinių virvių įtempimo jėga F_0 = 5 N. Apskaičiuokite viršutinės virvės įtempimo jėgą F' liftui judant aukštyn pastoviu 1) a_1 = 1m/s^2 ir 2) a_2 = 2 m/s^2 pagreičiu. Viršutinės ir apatinių virvių įtempimo jėgos *F* ir F_0 susijusios su atitinkamais jų pailgėjimais *x* ir x_0 tokiais sąryšiais:

$$F = \begin{cases} 0, & x \le 0; \\ kx, & x > 0; \end{cases} \quad F_0 = \begin{cases} 0, & x_0 \le 0; \\ kx_0, & x_0 > 0; \end{cases}$$

kur *k* yra proporcingumo koeficientas, bendras visoms virvėms. Laisvo kritimo pagreitis *g* = 9,8 m/s^2.

<u>Sprendimas.</u>

Nejudant liftui pusiausvyros sąlyga užrašoma $F = mg + 2F_0$. (1)

Kylant liftui aukštyn pagreičiu *a* pakis virvių įtempimo jėgos. Iš II Niutono dėsnio $F' - mg - 2F_0' = ma$, (2)

kur F' ir F_0' - viršutinės ir apatinių virvių įtempimo jėgos liftui kylant. Tuomet viršutinė virvė papildomai pailgės dydžiu *y*, o apatinės virvės tokiu pat dydžiu sutrumpės. Virvių pailgėjimai liftui kylant bus lygūs $x' = x + y, \quad x_0' = x_0 - y$. Galimi variantai: $x_0' > 0$ arba $x_0' \le 0$.

Atvejis, kai $x_0' > 0$. Tuomet $F_0' - F_0 = -ky; \quad F' - F = ky$. Atėmę iš (2) lygties (1) lygtį turime

$$F' - F = ma + 2\left(F_0' - F_0\right) \;\Rightarrow\; ma = 3ky \;\Rightarrow\; y = \frac{ma}{3k}.$$

Iš čia turime, kad viršutinės virvės įtempimo jėga $F' = F + ky = mg + 2F_0 + \frac{ma}{3}$, o apatinių virvių įtempimo jėgos $F_0' = F_0 - ky = F_0 - \frac{ma}{3}$. Atvejis, kai $x_0' > 0$ galimas, kai $F_0 - \frac{ma}{3} > 0 \;\Rightarrow\; a < \frac{3F_0}{m} = 1{,}5$ m/s^2. Tai atitinka pagreitis a_1. Esant tokiam pagreičiui viršutinės virvės įtempimo jėga $F' = m\left(g + \frac{a_1}{3}\right) + 2F_0 \approx 111$ N.

Kitu atveju, kai $x_0' \le 0$ ir a_2 = 2m/s^2, apatinės virvės neįtemptos, $F_0' = 0$ ir $F' = m\left(g + a_2\right) = 118$ N.

Atsakymas.: 1) $F' = 111$ N; 2) $F' = 118$ N.

2. Petras, kurdamas krosnį, atsineša m_1= 20 kg sausų malkų, kurių užtenka namui pašildyti ištisą parą. Palėpėje sukrautos malkos baigėsi, todėl Petras turi atsinešti drėgnų malkų, gulinčių kieme. Kiek jis turi paimti drėgnų malkų, kad jų užtektų parai? Oro temperatūra t = 0 ºC, tačiau nešąla. Sausų malkų tankis ρ_1 = 600 kg/m³, drėgnų ρ_2 = 700 kg/m³. Sausų malkų degimo šiluma q = 10^7 J/kg, savitoji vandens garavimo šiluma r = 2,3·10^6 J/kg, savitoji vandens šiluma c = 4200 J/(kg·ºC).

Sprendimas.

Sudegus sausoms malkoms išsiskiria šilumos kiekis $Q_1 = m_1 q$.

Sudegus drėgnoms malkoms išsiskiria šilumos kiekis $Q_2 = (m_2 - m_v)\, q$, kur m_v – drėgnose malkose esančio vandens masė.

Dalis šios šilumos sunaudojama drėgnose malkose esančio vandens pakaitinimui iki virimo temperatūros t_v: $Q_k = m_v c(t_v - t)$, kur t – lauko temperatūra.

Kita dalis šilumos sunaudojama šio vandens išgarinimui: $Q_g = m_v r$.

Likusi šiluma Q naudojama namo šildymui, t.y.

$Q = Q_2 - Q_k - Q_g$.

Šis šilumos kiekis Q turi būti lygus sausų malkų degimo metu išsiskyrusiai šilumai Q_1:

$Q = Q_1$ arba

$$m_1 q = (m_2 - m_v)\, q - m_v c(t_v - t) - m_v r. \qquad (1)$$

Vandens masę, kuri yra drėgnose malkose, surandame taip:

$m_v = m_2 - \rho_1 V_2$

Čia V_2 – drėgnų malkų tūris, lygus $V_2 = m_2/\rho_2$, o $\rho_1 V_2$ – sausų malkų, užimančių tūrį V_2, masė.

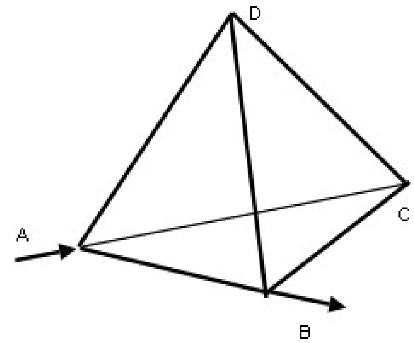
Tada vandens masė drėgnose malkose lygi $m_v = m_2\left(1 - \dfrac{\rho_1}{\rho_2}\right)$. (2)

Išsprendę (1) ir (2) lygtis gauname

$$m_2 = m_1 \frac{q\rho_2}{q\rho_1 - (\rho_2 - \rho_1)\left(r + c\left(t_v - t\right)\right)}. \qquad m_2 \approx 24{,}4 \text{ kg}.$$

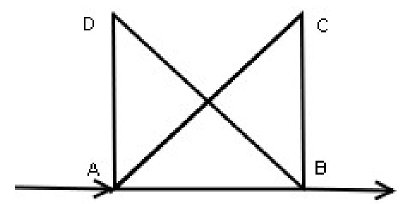
Atsakymas.: m_2 = 24,4kg.

3. Vielinis tetraedro karkasas prijungtas taškuose A ir B prie pastovios įtampos *U* šaltinio. Visų tetraedro kraštinių laidų varža *R* vienoda. Raskite, kiek pasikeis šaltinio srovė *I*, pašalinus kurią nors vieną kraštinę. Kurią iš kraštinių pašalinus, šaltinio srovės pasikeis daugiausiai?



Sprendimas:

Dėl grandinės simetrijos kraštine CD srovė neteka. Grandinę perpiešus be CD dalies, patogesne forma, matyti, jog grandinės bendra varža $\frac{1}{R_{AB}}=\frac{1}{R}+\frac{1}{2R}+\frac{1}{2R}=\frac{2}{R}$, arba $R_{AB}=\frac{R}{2}$, o šaltinio srovė $I=\frac{2U}{R}$, kur U įtampa tarp A ir B taškų.



Pakeisti grandine tekančios srovės stiprį galima dviem būdais:

1) Iš grandinės pašalinus vieną iš šių kraštinių: AD, AC, BC BD. Tada grandinės varža

$\frac{1}{R'_{AB}}=\frac{1}{\left(\left(1/(2R)+1/R\right)+R\right)}+\frac{1}{2R}=\frac{8}{5R}$, o srovės pokytis $\Delta I=I'-I=\frac{8U}{5R}-\frac{2U}{R}=-\frac{2U}{5R}$.

2) Pašalinus kraštinę AB, grandinės varža $\frac{1}{R''_{AB}}=\frac{1}{2R}+\frac{1}{2R}=\frac{1}{R}$, o srovės pokytis

$$\Delta I=I''-I=\frac{U}{R}-\frac{2U}{R}=-\frac{U}{R}.$$

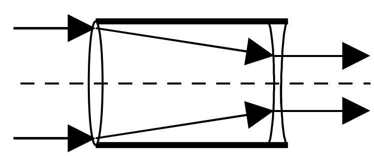
Vadinasi didžiausias srovės pokytis bus pašalinus AB kraštinę: $\Delta I_{\max}=-\frac{U}{R}=-\frac{I}{2}$.

4. Vamzdelio, kurio vidinis paviršius juodas ir visiškai sugeria šviesą, viename gale įstatytas glaudžiamasis, o kitame gale – sklaidomasis lęšiai, kurių skersmuo lygūs vamzdelio vidiniam skersmeniui. Sklaidomojo lęšio židinio nuotolis dvigubai mažesnis už glaudžiamojo lęšio, o vamzdelio ilgis lygus sklaidomojo lęšio židinio nuotoliui. Kai glaudžiamasis lęšis visas apšviečiamas lygiagrečiu su vamzdelio ašimi šviesos spindulių pluošto, ekrane už vamzdelio apšviestos ekrano dalies apšvieta lygi E_1. Apsukus vamzdelį, kai tas pats šviesos pluoštas pirmiausiai krinta į sklaidomąjį lęšį, apšviestos ekrano dalies apšvieta lygi E_2. Apskaičiuokite santykį E_2/E_1.

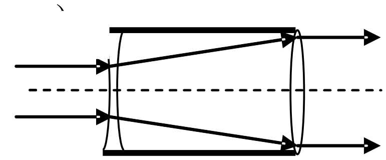
Sprendimas:

Pagal uždavinio sąlygą, ši dviejų lęšių sistema yra teleskopinė, todėl išėjęs iš lęšių sistemos spindulių pluoštelis bus lygiagretus su vamzdelio ašimi, jei į sistemą krito lygiagretus su optine ašimi spindulių pluoštas. Kai spinduliai pirmiausiai krenta į glaudžiamąjį lęšį (pav. a), išėjusio pro sklaidomąjį lęšį spindulių pluošto skersmuo bus du kartus mažesnis už vamzdelio skersmenį d. Tada, jei krentančios į glaudžiamąjį lęšį šviesos srautas yra Φ, tai ekrane apšviestos apskritos dėmės apšvieta bus $E_1 = \frac{4\Phi}{\pi r^2}$, čia $r = d/2$.

a)



b)



Kai spindulių pluoštas pirmiausiai krenta į sklaidomąjį lęšį (pav b), tik centrinė pluošto dalis, kurios skersmuo įėjime $d/2$, išeis iš vamzdelio pro visą glaudžiamojo lęšio skersmenį, likę spinduliai bus sugerti vamzdelio sienelių. Todėl apšvieta ekrane dabar bus

$$E_2 = \frac{\Phi}{4\pi r^2}.$$

Atsakymas.: $\frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{16}$.

57-osios Lietuvos mokinių fizikos olimpiados eksperimento užduotis

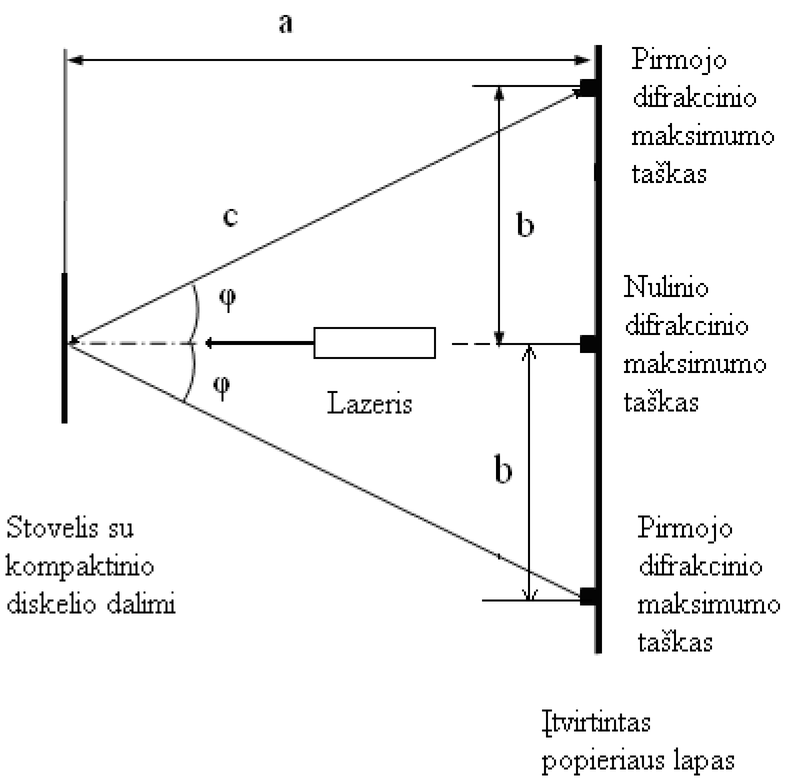
10-tai klasei

Darbo užduotis.
Nustatyti, kiek apskritų takelių telpa į vieną kompaktinį diskelį.
Darbo priemonės.
Liniuotė, balto popieriaus lapas, stovelis su pritvirtinta kompaktinio diskelio dalimi, lazerinė rodyklė, kurios šviesos bangos ilgis $\lambda = 650$nm, stovas (popieriaus lapui tvirtinti), rašymo priemonė.

Įspėjimas: Dirbdami stebėkite, kad Jūsų įjungtos lazerinės rodyklės spindulys, ar jos spindulio atspindys nuo veidrodiškai atspindinčių paviršių nepataikytų Jums arba Jūsų kaimynams į akis.

Naudodamiesi nurodytomis priemonėmis dalyviai privalo atlikti matavimus ir apskaičiuoti duoto kompaktinio diskelio apskritų takelių skaičių.

Užduoties atlikimo eiga:
1. Kompaktinio diskelio takeliai yra tvarkingai sudarytų apskritų optinių žymių rikiniai. Jie suformuoja optinę difrakcinę gardelę. Todėl sąveikaujantis su ja monochromatinis (vienspalvis) spindulys difraguoja į difrakcinį vaizdą, sudarytą iš atskirų maksimumų.



1 pav.

2. Įtvirtintą kompaktinį diskelį pastatome atstumu *a* nuo balto lapo (1 pav.). Lazerinės rodyklės spindulį nukreipiame į kompaktinį diskelį. Apšvietus kompaktinio diskelio dalį plokščiąja monochromatine banga ($\lambda = 650$ nm), balto popieriaus lape susidaro difrakcinis vaizdas (1 pav.).
3. Popieriaus lape pasižymime matomų šviesių taškų centrus, kai pirmųjų difrakcinių maksimumų atstumai nuo nulinio difrakcinio maksimumo yra vienodi..
4. Liniuote išmatuojame atstumus *a, b* ir c.

5. Žinodami lazerio bangos ilgį (650 nm) ir nustatę k-osios eilės difrakcinio maksimumo kampą φ_k, iš pagrindinių difrakcinių maksimumų sąlygos galime apskaičiuoti difrakcinės gardelės žingsnį d , tai yra, atstumą tarp takelių centrų:

$$d \sin \varphi_k = \pm k\lambda; \tag{1}$$

kur k yra difrakcinio maksimumo numeris (eilė).
Iš čia, kai $k = 1$:

$$d = \lambda \ / \sin \varphi . \tag{2}$$

6. Kadangi kampo sinusas yra lygus statinio prieš kampą ir įstrižainės ilgių santykiui, tai jį apskaičiuoti galima dviem būdais:

6a. Išmatuoti trikampio įstrižainę (c) ir statinį (b). Tokiu būdu gausime, kad kampo sinusas bus lygus:

$$\sin \varphi = b / c \tag{3}$$

gautą (3) lygties reikšmę įstatę į (2) lygtį galime rasti kompaktinio diskelio takelio plotį:

$$d = \lambda \, (c/b) \tag{4}$$

6b. Išmatuoti atstumą nuo kompaktinio diskelio iki nulinės eilės difrakcinio maksimumo (a) ir išmatuoti atstumą nuo 0 iki 1 eilės difrakcinio maksimumo (b).

$$\sin \varphi = b[a^2 + b^2]^{-1/2} \tag{5}$$

gautą reikšmę įstatome į (2) lygtį.

7. Išmatuojame kompaktinio diskelio takeliais apimtą plotį l . Gautą rezultatą padaliname iš kompaktinio diskelio takelio pločio d ir randame apskritų takelių skaičių:

$$\mathrm{n} = l / d. \tag{6}$$

Užduotį sudarė KTU Fizikos katedros docentai Virgilijus Minialga ir Liutauras Marcinauskas.