



Valsts izglītības satura centrs

Valņu iela 2, Rīga, LV-1050, tālr. 67216500, fakss 67223801, e-pasts: vis@visc.gov.lv. www.visc.gov.lv

Fizikas Valsts 74. olimpiāde Otrā posma uzdevumi 12. klasei

12-D Atsvaru krītamā kaite (demonstrējums)

Video ar demonstrējumu var atrast: <https://youtu.be/Pr5JuXZd8Gg>

Dinamometrs kopā ar piekārtu trīsi ieregulēts skalā uz nulles iedaļu. Pār trīša skriemeli pārņemta aukla. Tās kreisajā galā piesiets 100 g atsvars, bet labajā galā divi 100 g atsvari. Pieņemam, ka $g = 10 \text{ m/s}^2$. Trīša masu, berzi, skriemeļa inerces momentu un auklas masu neņemam vērā. Ignorēsim arī dinamometra svārstīšanos demonstrējumā! Vērojiet demonstrējumu un atbildiet uz sekojošajiem jautājumiem!

- A. (3 punkti) Demonstrējuma sākumā visi trīs atsvari ir saāķēti kopā. Nākamajā demonstrējuma solī divus labās puses atsvarus tur rokā nekustīgi. Nākamajā demonstrējuma solī kreisās puses atsvaru tur rokā nekustīgi. Beigās visus trīs atsvarus atkal saāķē kopā un ļauj tiem brīvi karāties.
1. Nosaki, ar cik lielu vertikālu spēku roka, kas tur atsvarus, iedarbojas uz atsvariem, kurus tur! Kādā virzienā vērsts spēks?
 2. Nosaki, cik liels ir auklas sastiepuma spēks, kad visi trīs atsvari ir saāķēti kopā, salīdzini to ar dinamometra rādījumu un pamato, kāpēc ir šāds rādījums!
 3. Nosaki, cik liels ir auklas sastiepuma spēks, kad rokā tur divus un – kad vienu atsvaru. pamato dinamometra rādījumu arī šajās situācijās.

Atrisinājums:

1. Auklas labajā pusē iekārtie atsvari ir divas reizes smagāki par kreisajā pusē iekārtoto atsvaru, tāpēc, turot divus atsvarus, uz tiem rokai jāiedarbojas ar augšup vērstu spēku, kura modulis mg , kur m ir viena atsvara masa, lai sistēma paliktu nekustīgā līdzsvarā.

$$2mg - mg = mg = 0,1 \cdot 10 = 1N$$

Turot vienu atsvaru kreisajā pusē, rokai uz to jāiedarbojas leļup ar tikpat lielu spēku, citādi smagākā - labā puse ar auklas un trīša starpniecību, to celtu augšup un līdzsvars nebūtu iespējams, sistēmai paliekot miera stāvoklī (1 punkts).

2. Kad visi trīs atsvari ir saāķēti kopā, to svārs sadalās vienlīdzīgi un darbojas uz auklas galiem. Lai nodrošinātu līdzsvaru šajā gadījumā, ar roku nekas nav jāpietur. Auklas sastiepuma spēks ir

$$\frac{1}{2} \cdot 3mg = \frac{3}{2} \cdot 0,1 \cdot 10 = 1,5N$$

No abām pusēm darbojoties uz trīsi, kopējais auklas sastiepuma spēks ir 3 N (1 punkts).

3. Ja pieturam divus atsvarus auklas labajā pusē, mēs vienkārši fiksējam šo auklas galu nekustīgā stāvoklī. Auklas sastiepumu, tad nosaka tikai viens kreisās puses atsvars. Šis spēks ir

$$mg = 0,1 \cdot 10 = 1N$$

Bet auklas sastiepuma spēks visā tā garumā ir vienāds arī auklas labajā pusē un ieliektajā daļā, kur aukla piekļaujas trīša skriemelim. tāpēc uz trīsi šis spēks darbojas no abām pusēm un vienā virzienā - uz leju. Tāpēc dinamometrs uzrāda

$$2mg = 2 \cdot 0,1 \cdot 10 = 2N$$

Trīša skriemelis brīvi griežas ap savu asi un nepieļauj spēku atšķirību tā abās pusēs.

Līdzīgi, ja pieturam kreisās puses atsvaru, tad auklas sastiepumu nosaka divi atsvari labajā pusē (to svars auklai ir jākompensē, lai sistēma paliktu miera stāvoklī). Sastiepuma spēks ir

$$2mg = 2 \cdot 0,1 \cdot 10 = 2N$$

Un atkal, šādi sastiepta aukla uz trīsi iedarbojas, it kā būtu salikta divkārtīgi kopā $2 \cdot 2 = 4$ N, ko arī uzrāda dinamometrs (1 punkts).

B. (7 punkti) Aukla ir nomainīta pret garāku, lai ļautu atsvariem plašākās robežās brīvi karāties un krist vienlaicīgi. Kreisās puses atsvaru pavelk lejup līdz grīdai un tad palaiz vaļā.

Visi tālākie uzdevumi attiecas tikai uz procesu, kad atsvari brīvi karājas un krīt, kamēr atsvari vēl nav sasnieguši grīdu vai trīsi.

Noteiktos lielumus drīkst atstāt izteiktus vispārīgā veidā, jo šajā eksperimentā paātrinājumi un arī spēku samērs nav atkarīgs no atsvaru masas, tikai no masu attiecības.

1. Nosaki absolūto vērtību paātrinājumam, ar kādu kustas jebkurš no atsvariem!
2. Nosaki spēka lielumu ar kādu kreisās puses atsvars iedarbojas uz auklu!
3. Nosaki spēka lielumu ar kādu labās puses atsvaru komplekts iedarbojas uz auklu!
4. Nosaki auklas sastiepuma spēku!
5. Nosaki, ko rādītu dinamometrs, ja tas būtu paspējis "nomierināties" un beidzis svārstīties!
6. Neizmantojot līdz šim iegūtos rezultātus, nosaki, kā kustas trīs atsvaru sistēmas masas centrs, un no tā nosaki dinamometra rādījumu!

Atrisinājums:

Atbildes pēc izvēles skolēns drīkst pamatot vārdiski vai ar formulām, vai arī kombinētā veidā, vērtējums no tā nemainās.

1. Katra atsvara paātrinājuma modulis ir $\frac{1}{3}g$, jo kustīgās sistēmas inerciālā masa ir $3m$, bet kā gravitējošā - efektīvi darbojas tikai viena m , abas pārējās – viena otru kompensē, jo tās atrodas triša skriemeļa pretējās pusēs. (1 punkts)

Var arī aprēķināt:

$$F = 2mg - 1mg = mg$$

$$a = \frac{F}{3m} = \frac{mg}{3m} = \frac{1}{3}g$$

2. Spēks kreisās puses atsvaram uz auklu ir $1\frac{1}{3}mg$, jo tas uz auklu iedarbojas ne tikai tādēļ, ka to pievelk Zeme, bet arī tādēļ, ka aukla to velk, piešķirot paātrinājumu $\frac{1}{3}g$, pretēji vērstu brīvās krišanas virzienam. (1 punkts)

Var arī aprēķināt:

$$P_1 = m(g + a) = m\left(g + \frac{1}{3}g\right) = 1\frac{1}{3}mg$$

3. Spēks labās puses diviem atsvariem kopā uz auklu ir $1\frac{1}{3}mg$, jo tie kustas ar paātrinājumu $\frac{1}{3}g$ brīvās krišanas virzienā. (1 punkts)

Var arī aprēķināt:

$$P_2 = 2mg - 2ma = 2mg - 2m \cdot \frac{1}{3}g = mg\left(2 - \frac{2}{3}\right) = 1\frac{1}{3}mg$$

4. Auklas sastiepuma spēks, protams, abos tās galos ir vienāds (jo auklas masa nav vērā ņemama) un vienāds pēc absolūtās vērtības gan ar viena "kreisā", gan divu "labās puses" atsvaru radīto spēku, kuru tas kompensē. Tas ir $1\frac{1}{3}mg$. (1 punkts)

5. Dinamometrs rādītu $2\frac{2}{3}mg$, kas ir abu pušu auklas sastiepuma spēku, kas darbojas vienā virzienā, summa. (1 punkts)

$$2 \cdot 1\frac{1}{3}mg = 2\frac{2}{3}mg$$

6. Tikai viens no trim atsvariem ir "karavānu uz priekšu velkošais" un arī šai kustībai virzienam "uz leju" ir tikai viena atsvara pārsvars, tāpēc kopējais masas centra paātrinājums ir $\frac{1}{9}g$ (1 punkts).

$$\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3}g = \frac{1}{9}g$$

Tāpēc dinamometrs rādītu

$$2\frac{2}{3}mg$$

(1 punkts)

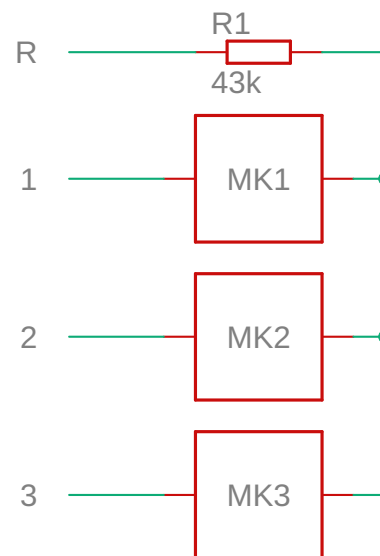
Var arī aprēķināt:

$$3m(g - a) = 3m\left(g - \frac{1}{9}g\right) = \frac{3 \cdot 8}{9}mg = \frac{24}{9}mg = 2\frac{2}{3}mg$$

12-E Melnā kaste (eksperiments)

Darba materiāli un mērinstrumenti

- Melna kaste ar 4 pieslēguma punktiem R, 1, 2 un 3, kuras shēma dota attēlā. Pie pieslēguma punkta R ir pieslēgts rezistors R1 ar pretestību 43 kΩ. Pie pieslēguma punktiem 1, 2 un 3 ir pieslēgti pagaidām nezināmi elementi MK1, MK2 un MK3. Ir zināms, ka shēmā ir diode, rezistors un kondensators, taču nav zināms kurš no šiem elementiem ir kurš;
- Universālais barošanas avots AX-3005DS;
- Digitālais multimetrs RB-838;
- 4 vadi un 2 pieslēgum-spaiļes
- Hronometrs



Uzdevums Atšifrēt nezināmos elementus MK1, MK2 un MK3 un pēc iespējas precīzāk nosakiet to raksturojošos parametrus.

Melno kasti nedrīkst vārt vaļā, un izolāciju nedrīkst ņemt nost. Ja kāds no šiem nosacījumiem neizpildīsies, uzdevums tiks anulēts. Katrs darba komplekts ir individuāls un identificējams.

A. (3 punkti) Atšifrēt nezināmos elementus MK1, MK2 un MK3

Atrisinājums:

Uzstādām barošanas avota spriegumu teiksim $U = 5\text{ V}$. Multimetru ieslēdz strāvas mērīšanas režīmā. Vienu barošanas avota polu pieslēdz pie R, bet otru pēc kārtas pie 1, 2 un 3 un novērojam. Mainām sprieguma polaritāti!

Pieslēdzoties pie 3 novērojam, ka strāva mērījums laikā samazinās. Tātad MK3 ir kondensators.

Novērojam, ka caur 2 plūst dažādas strāvas, ja maina barošanas polartāti. Tātad MK2 ir diode.

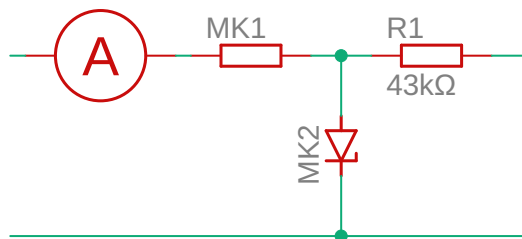
Novērojam, ka caur 1 plūstošā strāva nemainās, ja maina barošanas polaritāti. Pie kam strāva $I = U/R_1 = 0.1\text{ mA}$ (sk. piezīmes). Tātad MK1 ir rezistors;

B. (2 punkti) Novērtēt nezināmā rezistora pretestību!

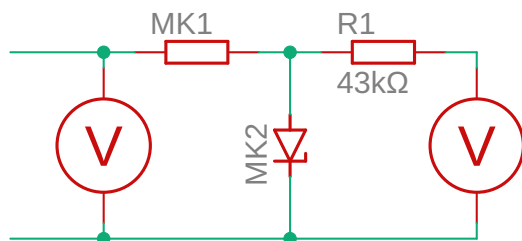
Atrisinājums:

Ražotāja dotā rezistora pretestība ir $R_{MK1} = 390 \Omega$. Mērot ar multimetru, ieguvu vērtības robežās 384-386 Ω .

Multimetru ieslēdz strāvas mērīšanas režīmā, saslēdz shēmu. Ieslēdz barošanas avotu, uzstāda strāvu I_1 , izslēdz barošanas avotu.



Tā kā multimetra iekšēja pretestība strāvas mērīšanas režīmā ir niecīga, to izslēdzot no shēmas nekā nemainās. Saslēdzam shēmu. Pārslēdzam multimetru sprieguma mērīšanas režīmā, un nomērāma divas sprieguma vērtības U_{MK1} un U_1 .



Aprēķina formula un piemērs

$$R_{MK1} = \frac{U_{MK1} - U_1}{I_1}, \quad R_{MK1} = \frac{8.55 - 0.75}{0.2} = 390 \Omega$$

C. (5 punkti) Novērtē kondensatora kapacitāti!

Atrisinājums:

Ražotāja dotā kondensatora kapacitāte ir 100 μF . Mērot ar multimetru, ieguvu vērtības 120 μF .

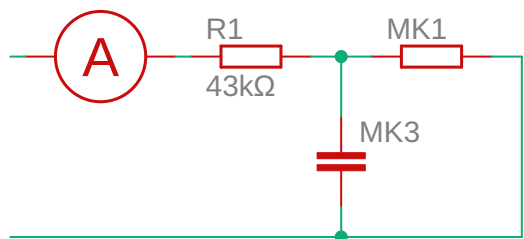
Viens no risinājuma veidiem ir izmatot kapacitātes definīciju

$$C = \frac{q}{U},$$

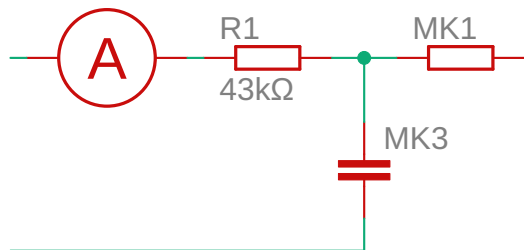
kur U ir spriegums uz kondensatora plāksnēm, bet q ir kondensatorā uzkrātais lādiņš. Lādiņu q novērtē mērot uzlādes strāvu I_2 vairākos laika momentos. Tad

$$\Delta q = I_2 \Delta t$$

Ieslēdzam multimetru strāvas mērīšanas režīmā un saslēdzam shēmu. Nomērām maksimālo uzlādes strāvu I_0 . Strāvas avota spriegums tad $U_0 = I_0 R_1$



Sagatavojam hronometru, atvienojam vadu un mēram uzlādes strāvu pēc 2 s. Atkārtojam mērījumu nogaidot 4 s, u.t.t.



Spriegumu uz kondensatora aprēķinām šādi $U_{MK3} = U_0 - R_1 I$

Mērījumu rezultātu piemērs: $I_0 = 113 \text{ mA}$, $U_0 = 4.86 \text{ V}$.

t, s	I, μA	Δq , μC	q, μC	U_{MK3} , V	C, μF
0	113	0	0	0.141	
2	72	18	185	1.763	104.9
4	49	121	306	2.752	111.2
6	35	84	390	3.354	116.3
8	22	57	447	3.913	114.2
					113.9

Piezīmes

- Multimetra iekšējā pretestība sprieguma mērīšanas režīmā ir $1 \text{ M}\Omega$. Mērot strāvu 0.2 A diapazonā multimetra iekšējā pretestība ir 1.6Ω , bet 0.2 mA diapazonā 100Ω ;
- Barošanas avotā iebūvēto mērinstrumentu precizitāte ir zema!
- Izvairieties lietot barošanas spriegumus lielākus par 12 V un darba strāvas lielākas par 40 mA ;
- Nezināmā rezistora pretestība mazāka par $R_{MK1} < 1 \text{ k}\Omega$;
- Nezināmā kondensatora kapacitāte ir liela šāda izmēra kondensatoriem. Lai to nodrošinātu, klājumu izolēšanai izmantots materiāls, kas diemžēl ir arī nedaudz elektrovadošs. Tas nozīmē, ka šim kondensatoram ir samērā liela pašizlādes strava;
- Diodei ir interesanta sprostvirziena volt-ampēru raksturlīkne. Šādas diodes sauc par Zēnera diodēm jeb stabilitroniem;