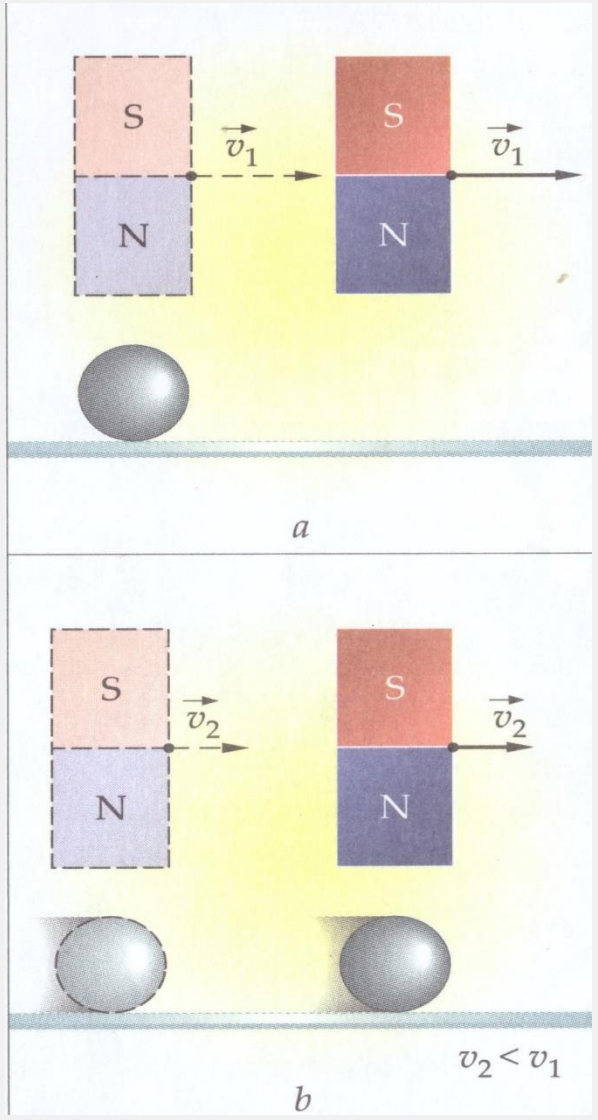
SKYRIAUS „TVERMĖS DĖSNIAI MECHANIKOJE“ APIBENDRINIMAS

Darbą atliko Vinco Krėvės gimnazijos
IIIg klasės mokinė Asta Bubnelytė

Fizikos mokytoja - Akvilė Prakapienė

Turinys

- Judesio kiekis. Judesio kiekio tvermės dėsnis
- Mechaninis darbas
- Mechaninė galia, jos ryšys su mechaniniu darbu
- Ką vadiname kinetine energija?
- Potencinė energija
- Energijos tvermės dėsnis mechaniniuose procesuose
- Naudingumo koeficientas
- Atsinaujinantis energijos šaltinis – vėjo energija
- Praktinis darbas
- Uždavinių sprendimai
- Užduotys žinių įtvirtinimui
- Užduočių atsakymai
- Šaltiniai



Judesio kiekis. Judesio kiekio tvermės dėsnis

- **Pirmiausia reiktų pabrėžti, kad kūnų sąveika priklauso ne tik nuo jėgų didumo, bet ir nuo sąveikos trukmės.**
- **Puikus pavyzdys – paveikslėlyje matomas metalinis rutuliukas ir magnetas.**

✓ **Esant itin trumpai magneto ir rutuliuko sąveikai, rutuliukas nepajudės.**

✓ **Kuo sąveika ilgesnė, tuo greičiau judės rutuliukas.**

- ***Jėgos poveikiui apibūdinti vartojamas fizikinis vektorinis dydis – jėgos impulsas*** $\vec{F}\Delta t$

Judesio kiekis. Judesio kiekio tvermės dėsnis

Norint apibūdinti kūno judėjimą reikia žinoti ir jo masę bei greitį.

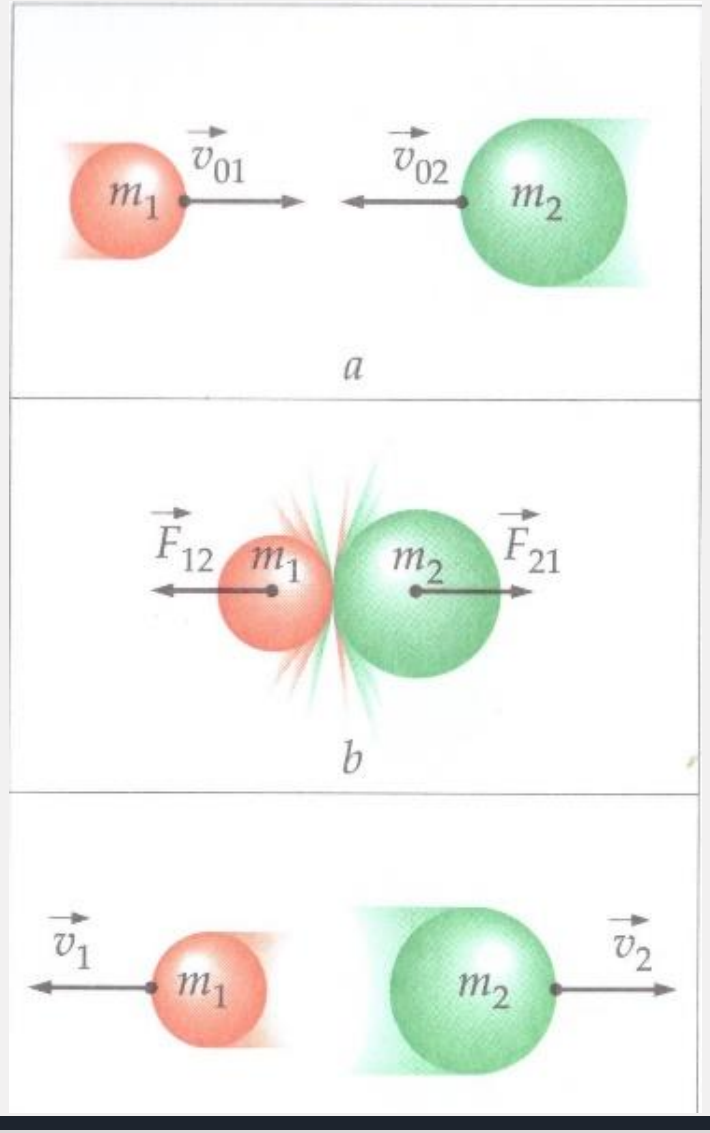
Fizikinis dydis, lygus kūno masės ir greičio sandaugai yra kūno judesio kiekis:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Šis vektorinis dydis žymimas raide $\vec{p}$ ir SI sistemoje jo matavimo vienetai yra kilogrammetrai per sekundę $kg \cdot m/s$

Jėgos impulsas ir kūno judesio kiekis turi ryšį – kūno judesio kiekio pokytis yra lygus jėgos impulsu:

$$\vec{F}\Delta t = \vec{p} - \vec{p}_0$$



Judesio kiekis. Judesio kiekio tvermės dėsnis

- ***Judesio kiekio tvermės dėsnis:*** **bet kurioje uždaroje sistemoje, kūnams sąveikaujant bet kaip, judesio kiekio geometrinė suma yra pastovi ir tai sistemai būdingas judėjimo dėsningumas nesikeičia.**
- $m_1\vec{v}_{01} + m_2\vec{v}_{02} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$
- **Jeigu sistemą sudaro du kūnai, judėjimo kiekio tvermės dėsnis tampriai (po sąveikos kūnai juda atskirai) ir plastinei (po sąveikos kūnai sulipę) deformacijai skiriasi:**
- **Tamprioji sąveikia:** $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2$
- **Plastinė sąveika:** $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{u}$

Mechaninis darbas

Mechaninis darbas atliekamas tada, kai jėgos veikiamas kūnas pasislenka.

Kai kūną veikiančios jėgos $\vec{F}$ ir kūno poslinkio $\vec{s}$ kryptys sutampa, mechaninis darbas (skaliarinis dydis) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$A = Fs$$

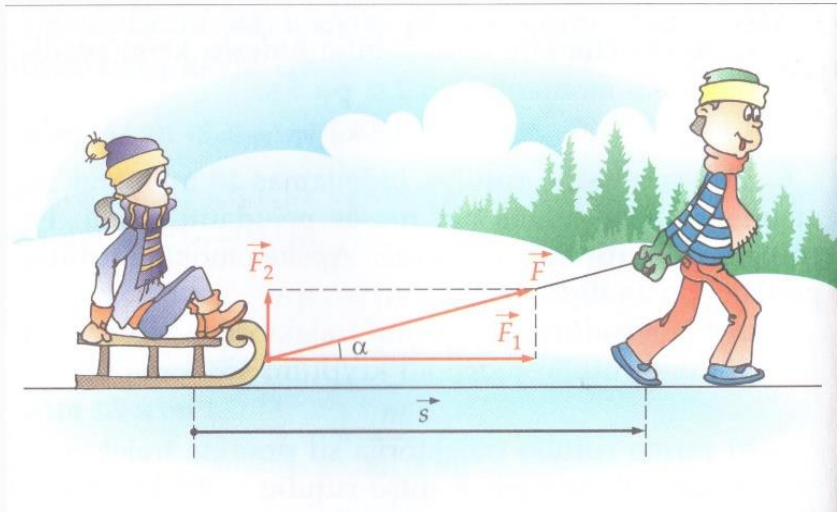
Mechaninio darbo matavimo vienetas – Džiaulis – J

Mechaninis darbas

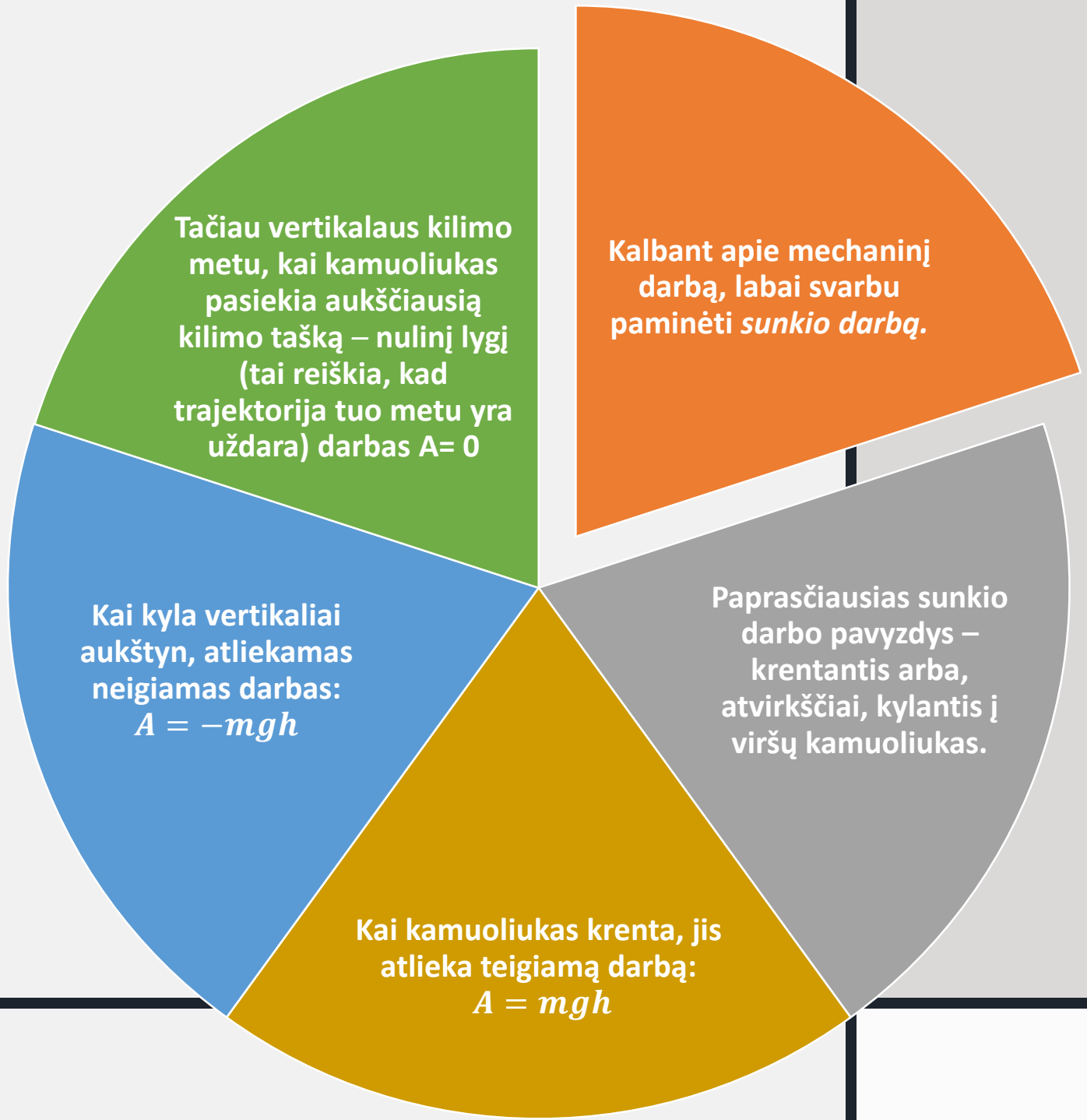
- Kai poslinkio ir jėgos kryptys nesutampa, darbo ieškoma vizualaus vaizdavimo pagalba.
- Visų pirma, nubraižoma kūnų padėtis ir jėgų kryptys.
- Iš šio paveikslėlio matyti, kad kūnas vertikaliai nejuda, todėl $\vec{F}_2$ darbo neatlieka.
- $\vec{F}$ yra jėgų $\vec{F}_1$ ir $\vec{F}_2$ vektorinė suma.
- Jėgos $\vec{F}$ darbas:
- $A = Fs\cos\alpha$

Iš čia matome, kad darbas, kurį atlieka pastovi jėga, yra lygus jėgos ir poslinkio modulių sandaugai, padaugintai iš kampo tarp tų vektorių kosinuso.

Būtina paminėti ir tai, kad darbas gali būti tiek teigiamas, tiek neigiamas. Visa tai priklauso nuo kampo α dydžio.



Mechaninis darbas



Mechaninė galia, jos ryšys su mechaniniu darbu

Galia apibūdina mechanizmo darbo spartą.

Galia apskaičiuojama pagal darbo ir laiko, per kurį atliktas darbas, santykį: $N = \frac{A}{t}$

Iš čia atsiranda galimybė kitaip paskaičiuoti mechaninį darbą: $A = Nt$

Automobilių galia skaičiuojama kiek kitaip:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{Fs}{t} = Fv$$

Ką vadiname kinetine energija?

Kinetinė energija – viena iš dviejų mechaninės energijos rūšių.

Energija parodo, kokį darbą gali atlikti kūnas ar kūnų sistema.

Kinetinės energijos turi judantys kūnai.

Kinetinė energija lygi kūno masės ir greičio kvadrato pusei:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Mechaninį darbą galima išreikšti kinetinės energijos pokyčiu:

$$A = E_{k2} - E_{k1}$$

Potencinė energija

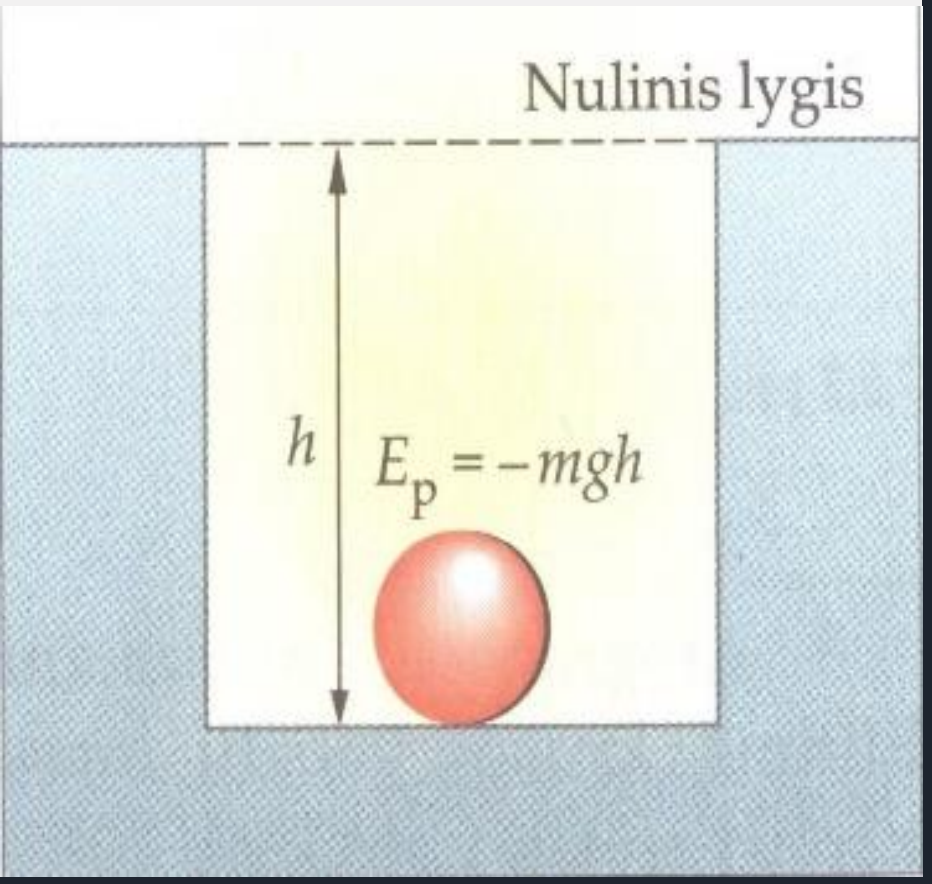
Potencinė energija – antroji mechaninės energijos rūšis.

Energija, kurios turi pakeltas kūnas dėl sąveikos su kitais kūnais arba deformuotas kūnas dėl atskirų jo dalių tarpusavio sąveikos, vadinama potencine energija.

Potencinės energijos negali turėti kūnas, nesąveikaujantis su kitais kūnais.

Potencinės energijos apskaičiavimo formulė: $E_p = mgh$

Potencinė energija



Iš formulės atsiranda galimybė reikšti sunkio darbą kitaip: $A = -(Ep_2 - Ep_1)$

Sunkio darbas lygus potencinės energijos pokyčiui su minuso ženklu.

Kai sunkis atlieka teigiamą darbą (kūnas krenta), potencinė kūno energija mažėja.

Kai sunkio darbas neigiamas (kūnas kyla vertikaliai į viršų), potencinė kūno energija didėja.

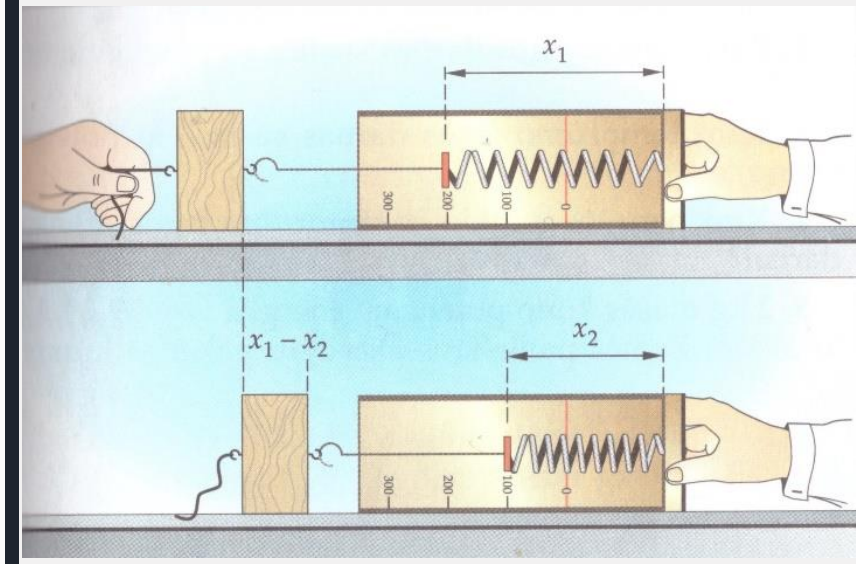
Kai kūnas yra nuliniame lygyje, potencinė energija yra lygi darbui: $A = Ep$

Potencinė energija

- Potencinės energijos turi ir tampriai deformuoti kūnai.
- Tampriai deformuoto kūno potencinė energija: $E_p = \frac{kx^2}{2}$
- Tamprumo jėgos darbas lygus tampriai deformuoto kūno potencinės energijos pokyčiui su minuso ženklu:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1})$$

- Tampriai deformuoto kūno potencinė energija lygi darbui, kurį atlieka tamprumo jėga, kūnui pereinant į nedeformuotą padėtį.



Energijos tvermės dėsnis mechaniniuose procesuose

<u>Uždarosios sistemos pilnutinė mechaninė energija nekinta, tik vienos rūšies energija virsta kita (potencinė į kinetinę arba atvirkščiai)</u>

Kitaip tariant – energija savaime iš niekur neatsiranda ir niekur nedingsta, tik vienos rūšies energija virsta kitos rūšies energija: $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$

Tai reiškia, kad $E_{piln} = const$

<u>Tačiau</u> jeigu sistema nėra uždara (veikia išorinės jėgos) šis dėsnis nebegalioja ir energijos pokytis lygus išorinių jėgų, veikiančių sistemą, darbui: $\Delta E = A$

Naudingumo koeficientas

Naudingumo koeficientas parodo, kaip efektyviai mechanizmas naudoja jam teikiamą energiją.

Šis fizikinis dydis yra žymimas graikiška raide η (eta).

Naudingumo koeficientas lygus naudingojo ir viso atlikto darbo santykiui:

$$\eta = \frac{A_n}{A_v} \cdot 100\% = \frac{N_n}{N_v} \cdot 100\% = \frac{E_n}{E_v} \cdot 100\%$$

Svarbu paminėti, kad naudingumo koeficientas negali būti didesnis už 1

Įdomu tai, kad žmonija šimtmečius bandė sukurti amžinuosius variklius, kurie galėtų atlikti didesnį darbą, negu sunaudoja energijos. Tokių variklių naudingumo koeficientas turėtų viršyti vienetą arba bent jau būti lygus vienetui, kas yra visiškai nerealu.

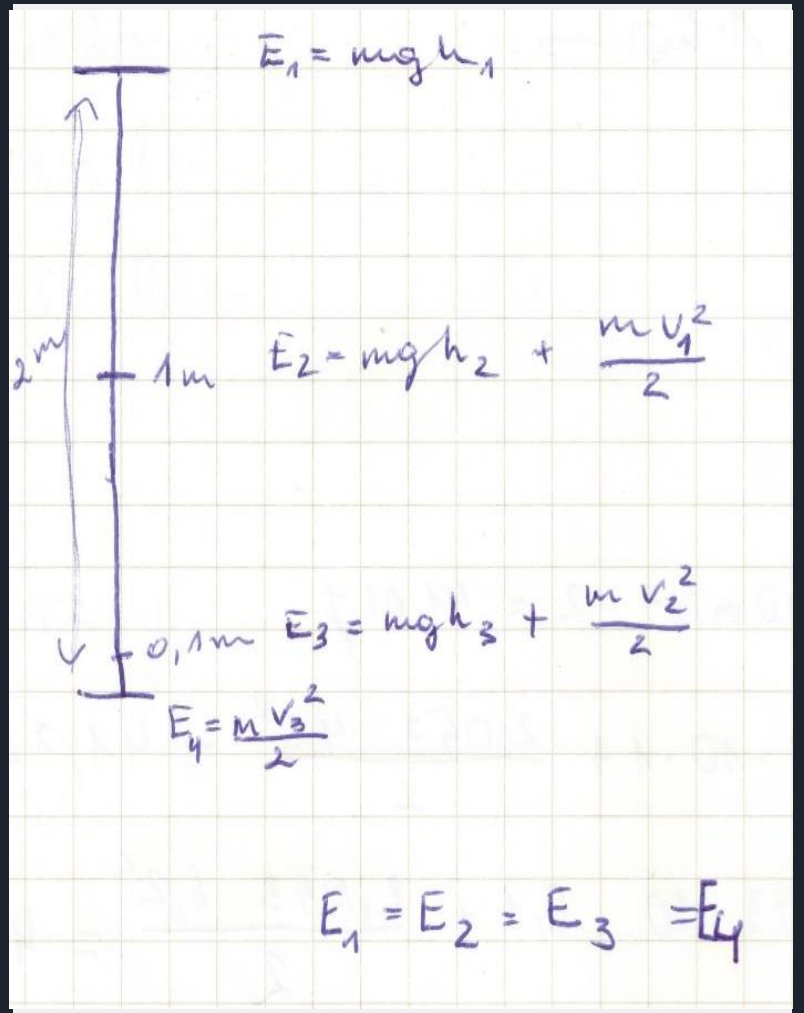
Atsinaujinantis energijos šaltinis – vėjo energija

- Fizikos pilna gamtoje. Galbūt nesusimąstėte, kad vėjo jėgainėse vėjo kinetinė energija verčiama į elektros energiją.

Praktinis darbas

Praktinis darbas „Energijos tvermės dėsnio mechaniniuose procesuose patikrinimas":

- **Tikslai: kiek įmanoma tiksliau (kiek leidžia paklaida ir mokyklos sąlygos) apskaičiuoti kūnų pilnutinę mechaninę energija ir įrodyti, kad tvermės dėsnis veikia.**
- **Hipotezė: kūno pilnutinė mechaninė energija nepriklausomai nuo aukščio ar kūno parametrų išlieka tokia pati – energija savaime niekur nedingsta ir iš niekur neatsiranda.**
- ***$E_1=E_2=E_3=E_4$***



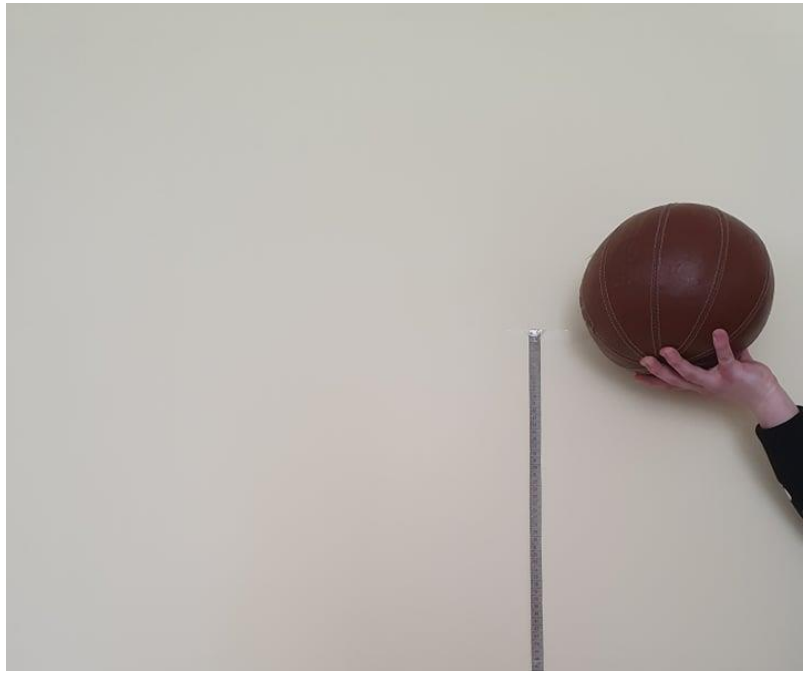
Praktinis darbas

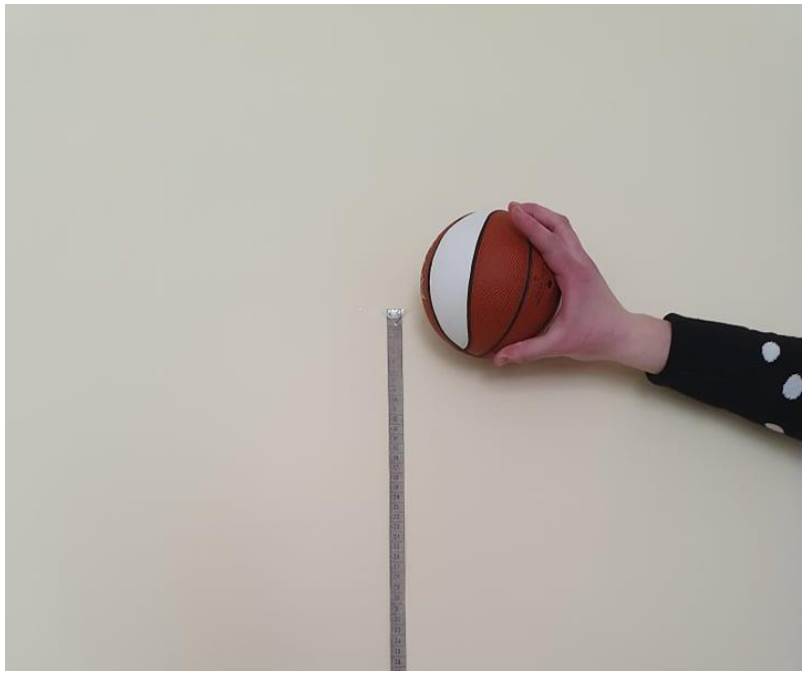
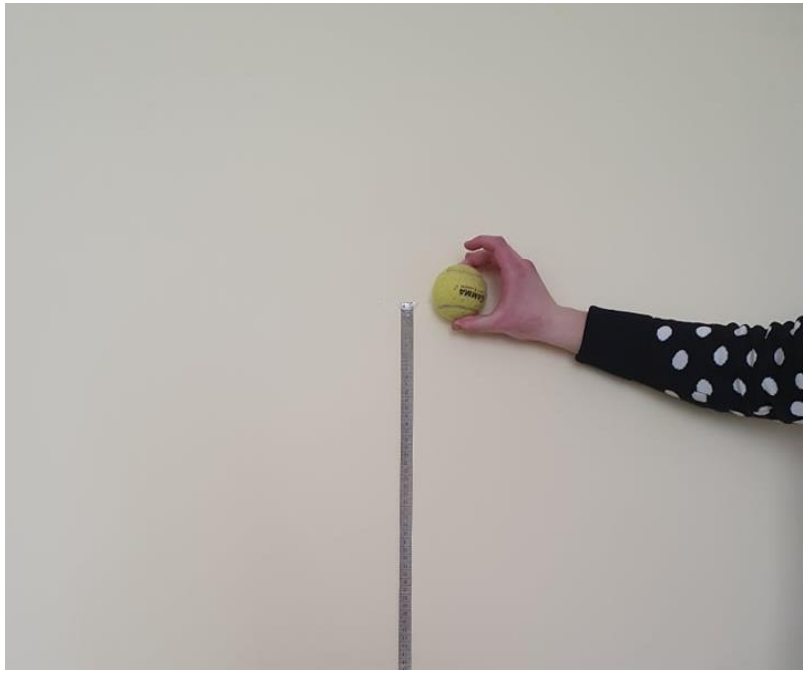
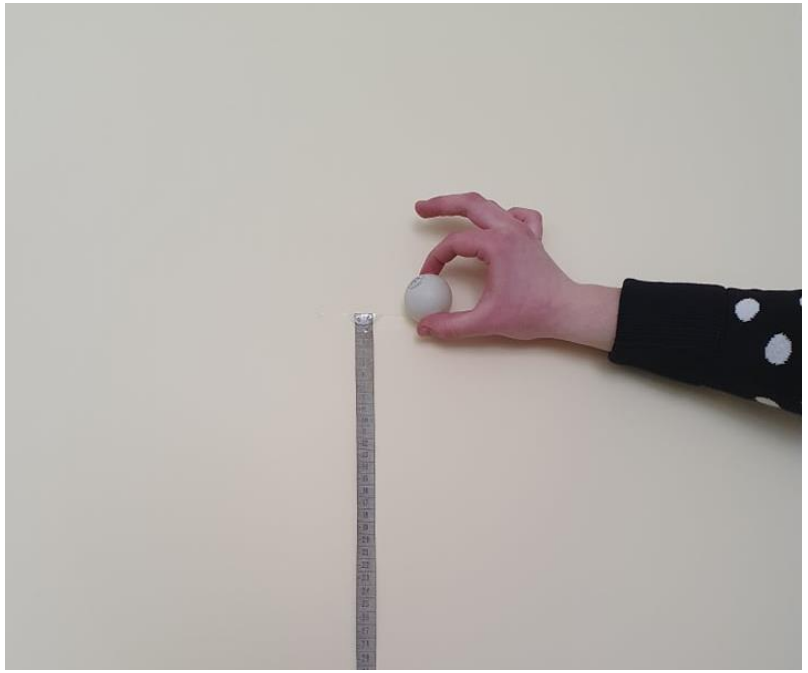
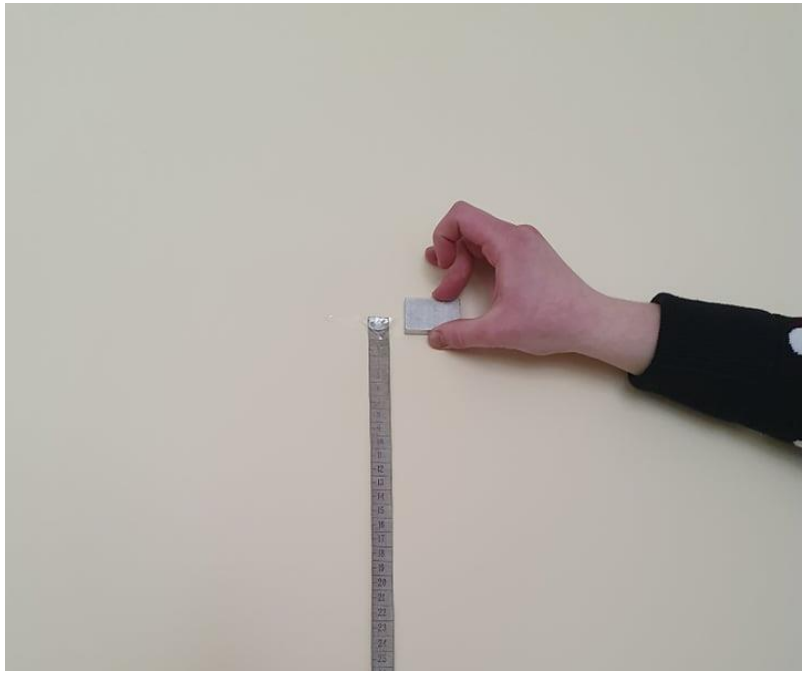
Priemonės: ilgio matavimo prietaisas, svarstyklės, chronometras, 6 kūnai.

Eiga:

- **Atmatuojame aukštį – 2 metrus.**
- **Išsirenkame kūnus, kurie bus pagrindiniai bandymo dalyviai. Aš pasirinkau 6 skirtingų parametrų kūnus.**

Kūnai sunumeruojami nuo 1 iki 6 – iš kairės į dešinę.



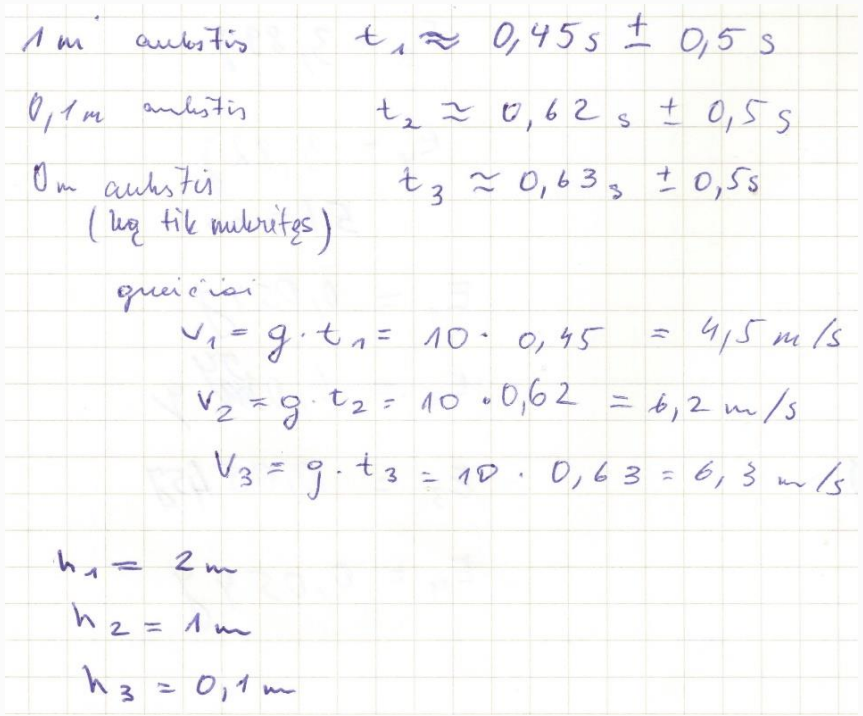
Praktinis darbas

Toliau paimamas kiekvienas kūnas ir metamas iš 2 metrų aukščio.

Matuojamas laikas, per kurį kūnas pasiekia 1; 0,1 ir 0 metrų ribas.

Užrašomi duomenys ir, žinoma, čia atsiranda paklaida. Iš daugelio skaičiavimų išvedamas vidurkis ir gauname t_1 ; t_2 ; t_3

Turint omenyje, kad laisvojo kritimo pagreitis g = 10 m/s^2 visiems kūnams vienodas, galima paskaičiuoti visų kūnų greitį skirtinguose aukščiuose. Jeigu kūnų pagreitis vienodas, greitis irgi bus vienodas.



- **Dabar, kai turime visų kūnų greičius, galima tikrinti energijos tvermės dėsnį.**

1 m aukštis: $t_1 = 0,45\ s \pm 0,5\ s$

0,1 m aukštis: $t_2 = 0,62 \pm 0,5\ s$

0 m aukštis (ką tik nukritęs): $t_3 = 0,63 \pm 0,5 s$

Greičiai:

$$v_1 = g \cdot t_1 = 10\,\frac{m}{s^2} \cdot 0,45\ s = 4,5\ m/s$$

$$v_2 = g \cdot t_2 = 10\,\frac{m}{s^2} \cdot 0,62\ s = 6,2\ m/s$$

$$v_3 = g \cdot t_3 = 10\,\frac{m}{s^2} \cdot 0,63\ s = 6,3\ m/s$$

$h_1 = 2m$

$h_2 = 1\ m$

$h_3 = 0,1\ m$

Praktinis darbas

- Kūnas nr.1: m = 2,053kg

R = 0,12 m; d = 0,24 m

Apvalus, guminis.

$$E_1 = mgh_1 = 2,053\ kg \cdot 10\frac{m}{s^2} \cdot 2\ m = 41,06\ J$$

$$E_2 = mgh_2 + \frac{mv_1{}^2}{2} = 2,053\ kg \cdot 10\frac{m}{s^2} \cdot 1\ m + \frac{2,053\ kg\ \cdot 4,5^2\frac{m}{s}}{2}$$

$$= 41,32\ J$$

$$E_3 = mgh_3 + \frac{mv_2{}^2}{2} = 2,053\ \text{kg}\ \cdot 10\frac{m}{s^2} \cdot 0,1\ m + \frac{2,053\ kg \cdot 6,2^2\frac{m}{s}}{2} = 41,5\ J$$

$$E_4 = \frac{mv_3{}^2}{2} = \frac{2,053\ kg\ \cdot 6,3^2\ m/s}{2} = 40,74\ J$$

Kūnas nr. 2: m = 0,276 kg

R = 0,1 m; d = 0,2 m

Guminis, apvalus.

Iš analogiškų skaičiavimų (tinka tos pačios formulės, čia užrašyti rezultatai) gaunama:

E_1 = 5,52 J

E_2 = 5,55 J

E_3 = 5,58 J

E_4 = 5,47 J

Kūnas nr. 3: m = 0,192 kg
R = 0,06 m; d = 0,12 m
Guminis, apvalus.

E_1 = 3,85 J

E_2 = 3,87 J

E_3 = 3,89 J

E_4 = 3,82 J

Kūnas nr. 4: m = 0,058 kg
R = 0,035 m; d = 0,07 m
Apvalus, guminis, tačiau išorinis sluoksnis storas.

E_1 = 1,17 J

E_2 = 1,17 J

E_3 = 1,18 J

E_4 = 1,16 J

Kūnas nr. 5: m = 0,0027 kg

R = 0,02 m; d = 0,04 m

Apvalus, kieto plastiko.

E_1 = 0,054 J

E_2 = 0,054 J

E_3 = 0,0545 J

E_4 = 0,054 J

Praktinis darbas

Kūnas nr. 6: m = 0,0224 kg

4,5×1×3,5 – čia matavimo vienetai centimetrai

Stačiakampis gretasienis, pagamintas iš metalo.

E_1 = 0,448 J

E_2 = 0,45 J

E_3 = 0,45 J

E_4 = 0,445 J

Praktinis darbas

Išvados:

- **Kaip ir tikėtasi, paklaidos buvimas šiek tiek pakoregavo rezultatus.**
- **Atsižvelgiant į tai, kad darbas darytas mokyklos sąlygomis, ko pasekoje galima nedidelė paklaida, praktinis darbas pavyko.**
- **6 kūnų pilnutinė mechaninė energija 4 skirtingose padėtyse buvo tokia pati arba minimaliai skyrėsi dėl paklaidos.**
- **Taigi, galima teigti, kad energijos tvermės dėsnis mechaniniuose procesuose tikrai veikia.**
- **Taip pat, praktinio darbo pradžioje iškelta hipotezė**

$E_1 = E_2 = E_3 = E_4$ yra visiškai teisinga.

- **Būtina pabrėžti tai, kad energijos tvermės dėsnis veikia nepriklausomai nuo kūnų parametrų.**

Uždavinių sprendimai

1. Peliukas Mikis pjovė 15 centimetrų storio sūrį peiliu. Peilį veikia 40 N jėga. Kokį darbą atlieka peliukas?

Darbas:

$$A = Fs$$

$$A = 40\ N\ \cdot 0{,}15\ m = 6\ J$$

Ats: A = 6 J

Duota:

s = 15 cm = 0,15 m
F = 40 N

Rasti:
A – ?

Uždavinių sprendimai

2. 50 g sverianti strėlė paleista vertikaliai į viršų 30 m/s greičiu. Kokia bus šios strėlės kinetinė ir potencinė energija praėjus 2 s nuo judėjimo pradžios?

Pirmiausia apskaičiuojame aukštį, į kurį strėlė pakils per 2s.
Šiuo atveju h_0=0, nes strėlė kyla. Dėl tos pačios priežasties lygtyje atsiranda minusas:

$$h = h_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 30\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2s - \frac{10\frac{m}{s^2} \cdot 2^2 s}{2} = 40\ m$$

Paskaičiuojame kinetinę energiją ant žemės, kuri atitiks pilnutinę mechaninę energiją:

$$E_{piln} = E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{0{,}05\ kg\ \cdot 30^2\ m/s}{2} = 22{,}5\ J$$

Potencinė ir kinetinė energijos po 2 s nuo judėjimo pradžios:

$$E_p = mgh = 0{,}05\ kg\ \cdot 10\frac{m}{s^2} \cdot 40\ m = 20\ \text{J}$$

$$E_k = E_{piln} - E_p = 22{,}5\ J - 20\ J = 2{,}5\ J$$

Ats: E_k= 2,5 J
E_p= 20 J

Duota:
m = 50g = 0,05 kg
v_0=30 m/s
t = 2s
g = 10 m/s^2

E_k – ?
E_p – ?

Uždavinių sprendimai

3. Krovininio automobilio masė – 10t, pradinis greitis 36 km/h. Tolygiai greitėjančiai važiuodamas 200 m, jis pasiekė 72 km/h greitį. Apskaičiuokite automobilio varos atliktą darbą.

Darbas: $A = E_{k2} - E_{k1}$

$$E_{k1} = \frac{mv_0^2}{2};\ E_{k2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$A = E_{k2} - E_{k1} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv^2}{2} = \frac{10000\ kg \cdot 20^2 \frac{m}{s}}{2} - \frac{10000\ kg \cdot 10^2 \frac{m}{s}}{2} = 1500000\ J = 1{,}5\ MJ$$

$$A = Fv\ ;\ F = \frac{A}{v} = \frac{1500000\ J}{20} = 75000\ N = 7{,}5 \cdot 10^4\ \text{N}$$

Ats: A = 1,5 MJ
F = $7{,}5 \cdot 10^4$ N

Duota:

m= 10t = 10000 kg
v_0 = 36 km/h =10 m/s
s=200 m
v=72 km/h = 20 m/s

A – ?
F – ?

Užduotys žinių įtvirtinimui

1. Kokį darbą atliks 400W galios variklis per 1 valandą?

A. 1,4 MJ

B. 400 MJ

C. 144000 J

2. Kaip pakis kūno kinetinė energija, jeigu jo greitis sumažės perpus?

A. Nepakis

B. Sumažėjo 4 kartus

C. Sumažėjo 8 kartus

3. Sunkio darbas. Kam lygus darbas A nuliniame lygyje?

A. Nulinis lygis neegzistuoja

B. 0

C. Neįmanoma nustatyti be duomenų

4. Du kūnai, kurių masė yra vienoda, yra skirtingame aukštyje. Pirmasis kūnas – 2 m, antrasis – 4 m aukštyje. Kiek kartų skiriasi jų potencinės energijos kiekis?

A. Vienodas, nes sveria vienodai

B. 2 kartus

C. 4 kartus

5. Kamuoliui kylant vertikaliai į viršų jo pilnutinė mechaninė energija sparčiai kinta. Ar teisingas šis teiginys?

A. Taip

B. Ne

Užduotys žinių įtvirtinimui

6. Elektrinė sunaudoja 1 MJ energijos. $\frac{3}{5}$ šios energijos sunaudojama trinčiai nugalėti. Apskaičiuokite elektrinės naudingumo koeficientą.

A. 60%

B. 50%

C. 40%

7. Kokios rūšies energija vėjo jėgainėse verčiama į elektros?

A. Kinetinė energija

B. Vidinė energija

C. Potencinė energija

8. 50 N jėga veikiamas kirvis kerta 350 mm storio medinę kaladėlę. Koks darbas atliekamas?

A. 17500 J

B. 1750 J

C. 17,5 J

9. Iš tam tikro aukščio krisdamas kūnas atlieka teigiamą darbą. Ar šis teiginys teisingas?

A. Taip

B. Ne

10. Aukščiausia riba, kurią gali pasiekti kamuoliukas – 10 metrų. Kokios energijos jis turi 5 metrų aukštyje?

A. Tik kinetinės

B. Tik potencinės

C. Ir kinetinės, ir potencinės

Užduočių atsakymai

1 – A	2 – B	3 – B	4 – B	5 – B
6 – C	7 – A	8 – C	9 – A	10 – C

Šaltiniai

- Pečiuliauskienė, P., 2008. *Fizika. Išplėstinis kursas*. Kaunas: Šviesa, p.8-48.
- Tumonis, L., 2022. *Mechaninis darbas, galia, energija. Tvermės dėsniai mechanikoje. III kurso III turo užduotys ir metodiniai nurodymai*. Vilnius: Vilniaus universiteto fizikos fakulteto jaunųjų fizikų mokykla „Fotonas“, p.3-7.
- Kavaliauskas, O., Kynienė, A. and Gaubienė, O., 2018. *Fizikos uždavinynas 11-12 klasėms*. Kaunas: Šviesa, pp.31-41.

AČIŪ UŽ DĖMESĮ!