

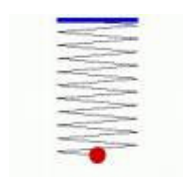
**Zadatak 081 (Jaca, maturantica)**

Koliki je rad potreban da bismo oprugu konstante 100 N/m rastegnuli iz ravnotežnog položaja za 30 cm? Koliki je pri tom rad elastične sile opruge?

**Rješenje 081**

$$k = 100 \text{ N/m}, \quad x = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}, \quad W = ?, \quad W_{el} = ?$$

Potreban rad da bismo oprugu rastegnuli iz ravnotežnog položaja iznosi:



$$W = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 = \frac{1}{2} \cdot 100 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (0.3 \text{ m})^2 = 4.5 \text{ J}.$$

Rad elastične sile opruge je jednak:

$$W_{el} = -\frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 = -\frac{1}{2} \cdot 100 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (0.3 \text{ m})^2 = -4.5 \text{ J}.$$

Uoči da je rad elastične sile opruge negativan jer je sila opruge uvijek suprotnog predznaka.

**Vježba 081**

Koliki je rad potreban da bismo oprugu konstante 200 N/m rastegnuli iz ravnotežnog položaja za 30 cm? Koliki je pri tom rad elastične sile opruge?

**Rezultat:**  $W = 9 \text{ J}$  ,  $W_{el} = -9 \text{ J}$ .

**Zadatak 082 (Jaca, maturantica)**

Gibajući se brzinom 12 km/h, vagon mase 50 tona nalijeće na mirni vagon mase 30 tona. Sudar vagona savršeno je neelastičan. Na kojoj će se udaljenosti vagoni zaustaviti ako je faktor trenja između vagona i tračnica 0.05? ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

**Rješenje 082**

$$v_1 = 12 \text{ km/h} = [12 : 3.6] = 3.33 \text{ m/s}, \quad m_1 = 50 \text{ t} = 5 \cdot 10^4 \text{ kg}, \quad v_2 = 0 \text{ m/s}, \\ m_2 = 30 \text{ t} = 3 \cdot 10^4 \text{ kg}, \quad \mu = 0.05, \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2, \quad s = ?$$

Brzinu oba vagona nakon sudara dobivamo iz zakona o održanju količine gibanja:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v \Rightarrow v = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2} \Rightarrow \left[ v_2 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \Rightarrow v = \frac{m_1 \cdot v_1}{m_1 + m_2}.$$

Kinetička energija vagona jednaka je radu utrošenom na savladavanje sile trenja između vagona i tračnica:

$$E_k = W \Rightarrow E_k = F_{tr} \cdot s \Rightarrow E_k = \mu \cdot G \cdot s \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot (m_1 + m_2) \cdot v^2 = \mu \cdot (m_1 + m_2) \cdot g \cdot s \cdot \frac{1}{\mu \cdot g \cdot (m_1 + m_2)} \Rightarrow \\ \Rightarrow s = \frac{v^2}{2 \cdot \mu \cdot g} \Rightarrow s = \frac{1}{2 \cdot \mu \cdot g} \cdot \left( \frac{m_1 \cdot v_1}{m_1 + m_2} \right)^2 = \frac{1}{2 \cdot 0.05 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \cdot \left( \frac{5 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot 3.33 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5 \cdot 10^4 \text{ kg} + 3 \cdot 10^4 \text{ kg}} \right)^2 = 4.42 \text{ m}.$$

**Vježba 082**

Gibajući se brzinom 12 km/h, vagon mase 50 tona nalijeće na mirni vagon mase 30 tona. Sudar vagona savršeno je neelastičan. Na kojoj će se udaljenosti vagoni zaustaviti ako je faktor trenja između vagona i tračnica 0.25? ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

**Rezultat:** 0.88 m.

**Zadatak 083 (Jaca, maturantica)**

Lopta slobodno pada na zemlju s visine 1 m na elastično čvrsto tlo. Udarivši o tlo lopta izgubi 30% svoje kinetičke energije. Nakon koliko će vremena lopta drugi put udariti o tlo, računajući vrijeme od trenutka puštanja s visine 1 m? ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

**Rješenje 083**

$$h = 1 \text{ m}, \quad p = 30\% = 0.30, \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2, \quad t = ?$$

Vrijeme prvog padanja je

$$t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$$

Pri prvom padu na zemlju maksimalna gravitacijska potencijalna energija transformira se u kinetičku:

$$E_k = E_{gp} = m \cdot g \cdot h.$$

Kada se lopta ponovno odbije ima 30% manju kinetičku energiju:

$$E_{k_1} = E_k - p \cdot E_k \Rightarrow E_{k_1} = E_k - 0.30 \cdot E_k \Rightarrow E_{k_1} = 0.70 \cdot m \cdot g \cdot h.$$

Prilikom odbijanja lopte od zemlje početnom brzinom  $v_1$  zbog zakona o očuvanju energije vrijedi:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = 0.70 \cdot m \cdot g \cdot h \cdot \frac{2}{m} \Rightarrow v_1^2 = 1.4 \cdot g \cdot h \cdot \sqrt{\phantom{x}} \Rightarrow v_1 = \sqrt{1.4 \cdot g \cdot h}.$$

Vrijeme uspinjanja je

$$t_2 = \frac{v_1}{g} \Rightarrow t_2 = \frac{\sqrt{1.4 \cdot g \cdot h}}{g}.$$

Budući da je vrijeme padanja jednako vremenu uspinjanja  $t_3 = t_2$ , ukupno vrijeme iznosi:

$$\begin{aligned} t = t_1 + t_2 + t_3 &\Rightarrow t = t_1 + 2 \cdot t_2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} + 2 \cdot \frac{\sqrt{1.4 \cdot g \cdot h}}{g} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} + 2 \cdot \sqrt{\frac{1.4 \cdot g \cdot h}{g^2}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} + 2 \cdot \sqrt{\frac{1.4 \cdot h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1 \text{ m}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} + 2 \cdot \sqrt{\frac{1.4 \cdot 1 \text{ m}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 1.21 \text{ s.} \end{aligned}$$

### Vježba 083

Lopta slobodno pada na zemlju s visine 10 m na elastično čvrsto tlo. Udarivši o tlo lopta izgubi 30% svoje kinetičke energije. Nakon koliko će vremena lopta drugi put udariti o tlo, računajući vrijeme od trenutka puštanja s visine 1 m? ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

**Rezultat:** 3.82 s.

### Zadatak 084 (Jaca, maturantica)

S visine 100 m iznad tla bačen je kamen vertikalno prema dolje početnom brzinom 5 m/s. Kojom početnom brzinom treba istodobno baciti drugi kamen s tla vertikalno uvis da bi se sudarili na pola puta? ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

### Rješenje 084

$$h = 100 \text{ m}, \quad v_0 = 5 \text{ m/s}, \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2, \quad v = ?$$

Put što ga prijeđe prvi kamen bačen vertikalno prema dolje jest

$$v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot h,$$

a drugi kamen

$$v \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot h.$$

Zbrajanjem jednačbi dobije se vrijeme sudara na pola puta:

$$\left. \begin{aligned} v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 &= \frac{1}{2} \cdot h \\ v \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 &= \frac{1}{2} \cdot h \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{zbrojimo} \\ \text{jednačbe} \end{array} \right] \Rightarrow v_0 \cdot t + v \cdot t = h \Rightarrow t \cdot (v_0 + v) = h \Rightarrow t = \frac{h}{v_0 + v}.$$

Izraz za vrijeme uvrstimo u prvu jednačbu i izračunamo brzinu  $v$ :

$$\left. \begin{aligned} t &= \frac{h}{v_0 + v} \\ v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 &= \frac{1}{2} \cdot h \end{aligned} \right\} \Rightarrow v_0 \cdot \frac{h}{v_0 + v} + \frac{g}{2} \cdot \left( \frac{h}{v_0 + v} \right)^2 = \frac{h}{2} \Rightarrow \frac{v_0 \cdot h}{v_0 + v} + \frac{g}{2} \cdot \frac{h^2}{(v_0 + v)^2} = \frac{h}{2} \cdot \frac{2 \cdot (v_0 + v)^2}{h} \Rightarrow \\
 \Rightarrow 2 \cdot v_0 \cdot (v_0 + v) + g \cdot h = (v_0 + v)^2 \Rightarrow 2 \cdot v_0^2 + 2 \cdot v_0 \cdot v + g \cdot h = v_0^2 + 2 \cdot v_0 \cdot v + v^2 \Rightarrow \\
 \Rightarrow 2 \cdot v_0^2 + g \cdot h = v_0^2 + v^2 \Rightarrow 2 \cdot v_0^2 + g \cdot h - v_0^2 = v^2 \Rightarrow v^2 = v_0^2 + g \cdot h \quad / \sqrt{\phantom{x}} \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + g \cdot h} = \\
 = \sqrt{\left( 5 \frac{m}{s} \right)^2 + 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 100 m} = 31.72 \frac{m}{s}.$$

### Vježba 084

S visine 100 m iznad tla bačen je kamen vertikalno prema dolje početnom brzinom 10 m/s. Kojom početnom brzinom treba istodobno baciti drugi kamen s tla vertikalno uvis da bi se sudarili na pola puta? ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

**Rezultat:**  $32.88 \frac{m}{s}$ .

### Zadatak 085 (Ivan, maturant)

Tijelo mase 1 kg bačeno je s visine 20 m početnom brzinom 10 m/s. Kolika je kinetička energija tijela na visini od 10 m? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

#### Rješenje 085

$$m = 1 \text{ kg}, \quad H = 20 \text{ m}, \quad v_0 = 10 \text{ m/s}, \quad h = 10 \text{ m}, \quad g = 10 \text{ m/s}^2, \quad E_k = ?$$

1. inačica

Nakon prijednog puta

$$s = H - h$$

brzina tijela je:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot s.$$

Kinetička energija tijela iznosi:

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \Rightarrow E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_0^2 + 2 \cdot g \cdot s) \Rightarrow E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_0^2 + 2 \cdot g \cdot (H - h)) = \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 1 \text{ kg} \cdot \left( \left( 10 \frac{m}{s} \right)^2 + 2 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot (20 \text{ m} - 10 \text{ m}) \right) = 150 \text{ J}.
 \end{aligned}$$

2. inačica

Na visini H tijelo ima energiju:

$$E = m \cdot g \cdot H + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 \Rightarrow E = m \cdot \left( g \cdot H + \frac{1}{2} \cdot v_0^2 \right),$$

a na visini h njegova gravitacijska potencijalna energija iznosi:

$$E_{gp} = m \cdot g \cdot h.$$

Kinetička energija tijela je:

$$\begin{aligned} E_k &= E - E_{gp} \Rightarrow E_k = m \cdot \left( g \cdot H + \frac{1}{2} \cdot v_0^2 \right) - m \cdot g \cdot h \Rightarrow E_k = m \cdot \left( g \cdot H + \frac{1}{2} \cdot v_0^2 - g \cdot h \right) \Rightarrow \\
 \Rightarrow E_k &= m \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot v_0^2 + g \cdot (H - h) \right) = 1 \text{ kg} \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot \left( 10 \frac{m}{s} \right)^2 + 10 \frac{m}{s^2} \cdot (20 \text{ m} - 10 \text{ m}) \right) = 150 \text{ J}.
 \end{aligned}$$

### Vježba 085

Tijelo mase 2 kg bačeno je s visine 20 m početnom brzinom 10 m/s. Kolika je kinetička energija tijela na visini od 10 m? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

**Rezultat:** 300 J.

### Zadatak 086 (Jaca, srednja škola)

Crpkom se napuni spremnik vode volumena 500 litara, ako crpka ostvaruje razliku tlaka 0.98 bara. Kolika je najveća dubina bunara iz kojeg se spremnik može puniti pri takvim uvjetima? ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

#### Rješenje 086

$$V = 500 \text{ l} = 500 \text{ dm}^3 = 0.5 \text{ m}^3, \quad V = 500 \text{ l} \Rightarrow m = 500 \text{ kg}, \quad \Delta p = 0.98 \text{ bara} = 0.98 \cdot 10^5 \text{ Pa}, \\ g = 9.81 \text{ m/s}^2, \quad h = ?$$

Budući da se potreban rad utroši za promjenu potencijalne energije, dubina  $h$  bunara iznosi:

$$\left. \begin{aligned} W &= \Delta p \cdot V \\ W &= m \cdot g \cdot h \end{aligned} \right\} \Rightarrow m \cdot g \cdot h = \Delta p \cdot V \quad / \cdot \frac{1}{m \cdot g} \Rightarrow h = \frac{\Delta p \cdot V}{m \cdot g} = \frac{0.98 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0.5 \text{ m}^3}{500 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 9.99 \text{ m} \approx 10 \text{ m}.$$

### Vježba 086

Crpkom se napuni spremnik vode volumena 1000 litara, ako crpka ostvaruje razliku tlaka 0.98 bara. Kolika je najveća dubina bunara iz kojeg se spremnik može puniti pri takvim uvjetima? ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

**Rezultat:** 10 m.

### Zadatak 087 (Melita, srednja škola)

Kuglica mase 10 g pada sa neke visine na metalnu ploču i odbije se pri čemu dosegne visinu koja je za 10 cm manja od početne visine. Kolika je energija izgubljena pri sudaru kuglice i ploče? ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

#### Rješenje 087

$$m = 10 \text{ g} = 0.01 \text{ kg}, \quad \Delta h = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}, \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2, \quad \Delta E_{gp} = ?$$

Gubitak energije jednak je promjeni gravitacijske potencijalne energije:

$$\Delta E_{gp} = m \cdot g \cdot \Delta h = 0.01 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.1 \text{ m} = 0.00981 \text{ J} = 9.81 \cdot 10^{-3} \text{ J} = 9.81 \text{ mJ}.$$

### Vježba 087

Kuglica mase 20 g pada sa neke visine na metalnu ploču i odbije se pri čemu dosegne visinu koja je za 10 cm manja od početne visine. Kolika je energija izgubljena pri sudaru kuglice i ploče? ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

**Rezultat:**  $1.962 \cdot 10^{-2} \text{ J}$ .

### Zadatak 088 (Melita, srednja škola)

Kuglica pada sa visine 1 m na metalnu ploču i odbije se pri čemu dosegne visinu koja je za 10 cm manja od početne visine. Za koliko se promijeni brzina kuglice pri odbijanju od ploče? ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

#### Rješenje 088

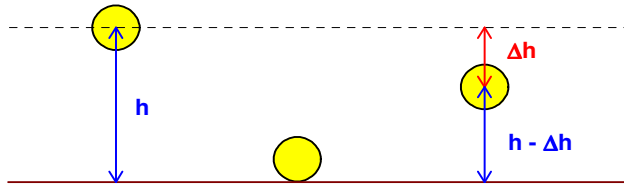
$$h = 1 \text{ m}, \quad \Delta h = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}, \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2, \quad \Delta v = ?$$

Budući da je riječ o slobodnom padu, vrijedi:

- $v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$
- $v_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h - \Delta h)}$

Promjena brzine iznosi:

$$\Delta v = v_1 - v_2 \Rightarrow \Delta v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} - \sqrt{2 \cdot g \cdot (h - \Delta h)} = \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 1 m} - \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot (1 m - 0.1 m)} = 0.23 \frac{m}{s}$$



### Vježba 088

Kuglica pada sa visine 4 m na metalnu ploču i odbije se pri čemu dosegne visinu koja je za 40 cm manja od početne visine. Za koliko se promijeni brzina kuglice pri odbijanju od ploče? ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

**Rezultat:** 0.45 m.

### Zadatak 089 (Mirela, gimnazija)

Dizalica diže teret mase 2 t stalnom akceleracijom  $0.8 \text{ m/s}^2$ . Koliki rad obavi dizalica za 20 sekundi? ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

#### Rješenje 089

$$m = 2 \text{ t} = 2000 \text{ kg}, \quad a = 0.8 \text{ m/s}^2, \quad t = 20 \text{ s}, \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2, \quad W = ?$$

Rezultantna sila kojom dizalica obavi potreban rad iznosi



$$F = m \cdot g + m \cdot a.$$

Za vrijeme  $t$  dosegne se visina  $h$ :

$$h = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

pa obavljeni rad ima vrijednost:

$$W = F \cdot h \Rightarrow W = (m \cdot g + m \cdot a) \cdot \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \Rightarrow W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot a \cdot t^2 \cdot (g + a) =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 2000 \text{ kg} \cdot 0.8 \frac{m}{s^2} \cdot (20 \text{ s})^2 \cdot \left( 9.81 \frac{m}{s^2} + 0.8 \frac{m}{s^2} \right) = 3395200 \text{ J} \approx 3.4 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

### Vježba 089

Dizalica diže teret mase 1 t stalnom akceleracijom  $0.8 \text{ m/s}^2$ . Koliki rad obavi dizalica za 20 sekundi? ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

**Rezultat:**  $1.7 \cdot 10^6 \text{ J}$ .

### Zadatak 090 (Melita, srednja škola)

Koliko se nafte može izvući za 7 h crpkom snage 20 kW sa dubine 500 m? Korisnost crpke je 80%. ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

#### Rješenje 090

$$t = 7 \text{ h} = [7 \cdot 3600] = 2.52 \cdot 10^4 \text{ s}, \quad P = 20 \text{ kW} = 2 \cdot 10^4 \text{ W}, \quad h = 500 \text{ m}, \quad \eta = 80\% = 0.80,$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2, \quad m = ?$$

Neka je  $m$  masa nafte koja se može izvući za vrijeme  $t$  sa dubine  $h$ . Potrebna snaga za tu količinu nafte je:



$$P_k = \frac{m \cdot g \cdot h}{t}.$$

Budući da je

$$P_k = \eta \cdot P,$$

gdje je  $P$  snaga crpke, masa nafte iznosi:

$$\left. \begin{aligned} P_k &= \frac{m \cdot g \cdot h}{t} \\ P_k &= \eta \cdot P \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \eta \cdot P \cdot t \Rightarrow m \cdot g \cdot h = \eta \cdot P \cdot t \Rightarrow m = \frac{\eta \cdot P \cdot t}{g \cdot h} =$$

$$= \frac{0.80 \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ W} \cdot 2.52 \cdot 10^4 \text{ s}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 500 \text{ m}} = 82201.83 \text{ kg} \approx 82.2 \text{ t.}$$

### Vježba 090

Koliko se nafte može izvući za 7 h crpkom snage 20 kW sa dubine 400 m? Korisnost crpke je 80%. ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

**Rezultat:** 102.8 t.

### Zadatak 091 (Marijana, maturantica)

Električna lokomotiva vozi brzinom 36 km/h i pritom razvija srednju vučnu silu 4.5 kN. Motor je priključen na napon 500 V i ima stupanj korisnog djelovanja 0.9. Kolika je jakost struje koju motor vuče?

### Rješenje 091

$v = 36 \text{ km/h} = [36 : 3.6] = 10 \text{ m/s}$ ,  $F = 4.5 \text{ kN} = 4500 \text{ N}$ ,  $U = 500 \text{ V}$ ,  $\eta = 0.9$ ,  $I = ?$   
Omjer između energije koju iskorišćujemo od nekog stroja i ukupne energije koju ulažemo u stroj zovemo korisnost stroja  $\eta$ :

$$\eta = \frac{W_i}{W_u} \quad \text{ili} \quad \eta = \frac{P_i}{P_u}$$

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga  $P$  jednaka je omjeru rada  $W$  i vremena  $t$  za koje je rad obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{ili} \quad P = F \cdot v.$$

Snaga kojom se u trošilu električna energija pretvara u druge oblike energije je

$$P = U \cdot I.$$

Jakost struje koju motor vuče iznosi:

$$\eta = \frac{P_i}{P_u} \Rightarrow \eta = \frac{F \cdot v}{U \cdot I} \Rightarrow \eta \cdot U \cdot I = F \cdot v \Rightarrow I = \frac{F \cdot v}{\eta \cdot U} = \frac{4500 \text{ N} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.9 \cdot 500 \text{ V}} = 100 \text{ A.}$$

### Vježba 091

Električna lokomotiva vozi brzinom 36 km/h i pritom razvija srednju vučnu silu 9 kN. Motor je priključen na napon 500 V i ima stupanj korisnog djelovanja 0.9. Kolika je jakost struje koju motor vuče?

**Rezultat:** 200 A.

### Zadatak 092 (Marijana, maturantica)

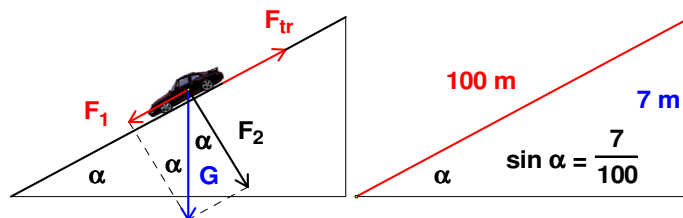
Automobil mase 1500 kg spušta se niz brijeg nagiba 7% stalnom brzinom. Kolika je sila trenja? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

### Rješenje 092

$$m = 1500 \text{ kg}, \quad p = 7\%, \quad g = 10 \text{ m/s}^2, \quad F_{tr} = ?$$

Nagib brijega 7% znači da se na 100 m duljine puta visina poveća 7 m. Budući da se automobil spušta niz brijeg stalnom brzinom (giba se jednoliko), sila trenja  $F_{tr}$  mora po iznosu biti jednaka vučnoj sili  $F_1$ :

$$F_{tr} = F_1 \Rightarrow F_{tr} = G \cdot \sin \alpha \Rightarrow F_{tr} = m \cdot g \cdot \sin \alpha = 1500 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{7}{100} = 1050 \text{ N.}$$



### Vježba 092

Automobil mase 3000 kg spušta se niz brijeg nagiba 7% stalnom brzinom. Kolika je sila trenja? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

**Rezultat:** 2100 N.

### Zadatak 093 (Mario, tehnička škola)

Crpka snage 5 kW i stupnja korisnog djelovanja 80% izbacuje vodu na visinu 20 m. Koliko je vremena potrebno da na tu visinu izbacij 1000 litara vode? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

#### Rješenje 093

$P_u = 5 \text{ kW} = 5000 \text{ W}$ ,  $\eta = 80\% = 0.80$ ,  $h = 20 \text{ m}$ ,  $V = 1000 \text{ l} \Rightarrow m = 1000 \text{ kg}$ ,  
 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $t = ?$

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga  $P$  jednaka je omjeru rada  $W$  i vremena  $t$  za koje je rad obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t}$$

Kad tijelo obavlja rad, mijenja mu se energija. Promjena energije tijela jednaka je utrošenom radu. U polju sile teže tijelo mase  $m$  ima gravitacijsku potencijalnu energiju

$$E_{gp} = m \cdot g \cdot h,$$

gdje je  $g$  akceleracija slobodnog pada, a  $h$  vertikalna udaljenost tijela od mjesta gdje bi prema dogovoru tijelo imalo energiju nula. Omjer između energije koju iskoristujemo od nekog stroja i ukupne energije koju ulažemo u stroj zovemo korisnost stroja  $\eta$ :

$$\eta = \frac{W_i}{W_u} \quad \text{ili} \quad \eta = \frac{P_i}{P_u}$$

Potrebno vrijeme iznosi:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_i}{P_u} \Rightarrow P_i = \eta \cdot P_u \Rightarrow \frac{W_i}{t} = \eta \cdot P_u \quad | \cdot t \Rightarrow W_i = \eta \cdot P_u \cdot t \Rightarrow t = \frac{W_i}{\eta \cdot P_u} \Rightarrow t = \frac{m \cdot g \cdot h}{\eta \cdot P_u} = \\ &= \frac{1000 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 20 \text{ m}}{0.80 \cdot 5000 \text{ W}} = 50 \text{ s}. \end{aligned}$$

### Vježba 093

Crpka snage 5 kW i stupnja korisnog djelovanja 80% izbacuje vodu na visinu 40 m. Koliko je vremena potrebno da na tu visinu izbacij 1000 litara vode? ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )

**Rezultat:** 100 s.

### Zadatak 094 (Mario, tehnička škola)

Električna dizalica diže teret brzinom 1 m/s i pritom uzima, iz gradske mreže napona 220 V, struju od 5 A. Kolika je masa tereta ako je stupanj korisnog djelovanja dizalice 0.9? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

#### Rješenje 094

$v = 1 \text{ m/s}$ ,  $U = 220 \text{ V}$ ,  $I = 5 \text{ A}$ ,  $\eta = 0.9$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $m = ?$

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga  $P$  jednaka je omjeru rada  $W$  i vremena  $t$  za koje je rad obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{ili} \quad P = F \cdot v.$$

Kad tijelo obavlja rad, mijenja mu se energija. Promjena energije tijela jednaka je utrošenom radu. Omjer između energije koju iskorišćujemo od nekog stroja i ukupne energije koju ulažemo u stroj zovemo korisnost stroja  $\eta$ :

$$\eta = \frac{W_i}{W_u} \quad \text{ili} \quad \eta = \frac{P_i}{P_u}.$$

Snaga kojom se u trošilu električna energija pretvara u druge oblike energije je:

$$P = U \cdot I.$$

Masa tereta iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} P_u = U \cdot I \\ P_i = G \cdot v \end{array} \right\} \Rightarrow \eta = \frac{P_i}{P_u} \Rightarrow P_i = \eta \cdot P_u \Rightarrow G \cdot v = \eta \cdot U \cdot I \Rightarrow m \cdot g \cdot v = \eta \cdot U \cdot I \Rightarrow m = \frac{\eta \cdot U \cdot I}{g \cdot v} =$$

$$= \frac{0.9 \cdot 220 \text{ V} \cdot 5 \text{ A}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 99 \text{ kg}.$$

### Vježba 094

Električna dizalica diže teret brzinom 2 m/s i pritom uzima, iz gradske mreže napona 220 V, struju od 5 A. Kolika je masa tereta ako je stupanj korisnog djelovanja dizalice 0.9? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

**Rezultat:** 49.5 kg.

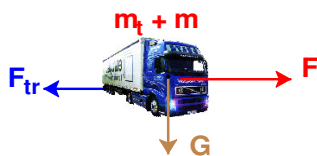
### Zadatak 095 (Mario, tehnička škola)

Kamion vozi teret mase 7 tona. Giba se jednoliko po vodoravnoj cesti. Vučna sila njegova motora iznosi 6 kN, a koeficijent trenja između kotača i ceste je 0.05. Kolika je masa kamiona? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

#### Rješenje 095

$$m_t = 7 \text{ t} = 7000 \text{ kg}, \quad F = 6 \text{ kN} = 6000 \text{ N}, \quad \eta = 0.05, \quad g = 10 \text{ m/s}^2, \quad m = ?$$

Trenje je sila koja se javlja kad se neko tijelo giba površinom nekoga drugog tijela ili kad se tek počinje gibati. Trenje ima smjer suprotan smjeru gibanja i može se izračunati pomoću izraza



$$F_{tr} = \mu \cdot F_N,$$

gdje je  $F_{tr}$  trenje,  $\mu$  faktor trenja,  $F_N$  veličina okomite komponente sile kojom tijelo djeluje na podlogu po kojoj se giba. Budući da se kamion giba jednoliko po vodoravnoj cesti, vučna sila motora po iznosu jednaka je sili trenja:

$$F = F_{tr} \Rightarrow F = \mu \cdot (m_t + m) \cdot g \Rightarrow m_t + m = \frac{F}{\mu \cdot g} \Rightarrow m = \frac{F}{\mu \cdot g} - m_t = \frac{6000 \text{ N}}{0.05 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} - 7000 \text{ kg} = 5000 \text{ kg} = 5 \text{ t}.$$

### Vježba 095

Kamion vozi teret mase 6 tona. Giba se jednoliko po vodoravnoj cesti. Vučna sila njegova motora iznosi 6 kN, a koeficijent trenja između kotača i ceste je 0.05. Kolika je masa kamiona? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

**Rezultat:** 6 t.

### Zadatak 096 (Ivan, srednjoškolac)

Automobil mase 1200 kg ubrzava se iz mirovanja do brzine 20 m/s za vrijeme od 8 s. Kolika je srednja snaga automobila?

#### Rješenje 096

$$m = 1200 \text{ kg}, \quad v_1 = 0 \text{ m/s (stanje mirovanja)}, \quad v_2 = 20 \text{ m/s}, \quad t = 8 \text{ s}, \quad P = ?$$

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga  $P$  jednaka je omjeru rada  $W$  i vremena  $t$  za koje je rad



obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t}.$$

Kad tijelo obavlja rad, mijenja mu se energija. Promjena energije tijela jednaka je utrošenom radu. Rad koji motor automobila obavi da bi automobil postigao brzinu  $v$  za vrijeme  $t$  jednak je promjeni njegove kinetičke energije:

$$W = E_{k_2} - E_{k_1} \Rightarrow W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 \Rightarrow W = \frac{m}{2} \cdot (v_2^2 - v_1^2).$$

Srednja snaga automobila iznosi:

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow P = \frac{\frac{m}{2} \cdot (v_2^2 - v_1^2)}{t} \Rightarrow P = \frac{m \cdot (v_2^2 - v_1^2)}{2 \cdot t} = \frac{1200 \text{ kg} \cdot \left( \left( 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 - 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)}{2 \cdot 8 \text{ s}} = 30000 \text{ W} = 30 \text{ kW}.$$

### Vježba 096

Automobil mase 600 kg ubrzava se iz mirovanja do brzine 20 m/s za vrijeme od 4 s. Kolika je srednja snaga automobila?

**Rezultat:** 30 kW.

### Zadatak 097 (Ivana, gimnazija)

Motor dizalice ima snagu 20 kW. Koliki teret dizalica može dići na visinu 20 m za vrijeme 1 minute na mjestu gdje je ubrzanje sile teže 9.808 m/s<sup>2</sup>?

#### Rješenje 097

$$P = 20 \text{ kW} = 20000 \text{ W}, \quad h = 20 \text{ m}, \quad t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}, \quad g = 9.808 \text{ m/s}^2, \quad m = ?$$

U polju sile teže tijelo mase  $m$  ima gravitacijsku potencijalnu energiju

$$E_{gp} = m \cdot g \cdot h,$$

gdje je  $g$  akceleracija slobodnog pada, a  $h$  vertikalna udaljenost tijela od mjesta gdje bi prema dogovoru tijelo imalo energiju nula. Kad tijelo obavlja rad, mijenja mu se energija. Promjena energije tijela jednaka je utrošenom radu.

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga  $P$  jednaka je omjeru rada  $W$  i vremena  $t$  za koje je rad obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = P \cdot t.$$

Budući da se snaga  $P$  motora dizalice troši na obavljanje rada, rad  $W$  koji dizalica obavi dizanjem tereta, mase  $m$ , na visinu  $h$  iznosi:

$$W = m \cdot g \cdot h.$$

Ako ovaj rad  $W$  obavi motor za vrijeme  $t$ , onda je također

$$W = P \cdot t$$

pa masa tereta iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} W = m \cdot g \cdot h \\ W = P \cdot t \end{array} \right\} \Rightarrow m \cdot g \cdot h = P \cdot t \Rightarrow m = \frac{P \cdot t}{g \cdot h} = \frac{20000 \text{ W} \cdot 60 \text{ s}}{9.808 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 20 \text{ m}} = 6117.46 \text{ kg}.$$

### Vježba 097

Motor dizalice ima snagu 20 kW. Koliki teret dizalica može dići na visinu 10 m za vrijeme 2 minute na mjestu gdje je ubrzanje sile teže 9.808 m/s<sup>2</sup>?

**Rezultat:** 6117.46 kg.

### Zadatak 098 (Denis, student)

Pumpa za beton ispumpa u 10 minuta na visinu od 6 metara masu betona potrebnu za betonsku deku dimenzija  $6\text{ m} \cdot 10\text{ m} \cdot 0.2\text{ m}$ . Kolika je snaga pumpe ako je stupanj korisnog djelovanja pumpe 60%? (gustoća betona je  $2.3 \cdot 10^3\text{ kg/m}^3$ ,  $g = 9.81\text{ m/s}^2$ )

### Rješenje 098

$t = 10\text{ min} = 600\text{ s}$ ,  $h = 6\text{ m}$ ,  $a = 6\text{ m}$ ,  $b = 10\text{ m}$ ,  $c = 0.2\text{ m}$ ,  $\eta = 60\% = 0.6$ ,  
 $\rho = 2.3 \cdot 10^3\text{ kg/m}^3$ ,  $g = 9.81\text{ m/s}^2$ ,  $P_u = ?$

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga  $P$  jednaka je omjeru rada  $W$  i vremena  $t$  za koje je rad obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t}$$

Kad tijelo obavlja rad, mijenja mu se energija. Promjena energije tijela jednaka je utrošenom radu. U polju sile teže tijelo mase  $m$  ima gravitacijsku potencijalnu energiju

$$E_{gp} = m \cdot g \cdot h,$$

gdje je  $g$  akceleracija slobodnog pada, a  $h$  vertikalna udaljenost tijela od mjesta gdje bi prema dogovoru tijelo imalo energiju nula.

Omjer između energije koju iskoristujemo  $W_i$  od nekog stroja i ukupne energije  $W_u$  koju ulažemo u stroj zovemo korisnost stroja  $\eta$ :

$$\eta = \frac{W_i}{W_u} \Rightarrow \eta = \frac{P_i \cdot t}{P_u \cdot t} \Rightarrow \eta = \frac{P_i}{P_u}$$

Rad obavljen ( $W_i$ ) dizanjem mase betona  $m$  na visinu  $h$  jest jednak promjeni gravitacijske potencijalne energije:

$$W_i = E_{gp} \Rightarrow W_i = m \cdot g \cdot h.$$

Budući da betonska deka ima oblik kvadra, vrijedi:



$$\left. \begin{array}{l} \rho = \frac{m}{V} \\ V = a \cdot b \cdot c \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} m = \rho \cdot V \\ V = a \cdot b \cdot c \end{array} \right\} \Rightarrow m = \rho \cdot a \cdot b \cdot c \Rightarrow [W_i = m \cdot g \cdot h] \Rightarrow W_i = \rho \cdot a \cdot b \cdot c \cdot g \cdot h.$$

Iz definicije snage i stupnja korisnog djelovanja slijedi:

$$\left. \begin{array}{l} P_i = \frac{W_i}{t} \\ \eta = \frac{P_i}{P_u} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} P_i = \frac{W_i}{t} \\ P_u = \frac{P_i}{\eta} \end{array} \right\} \Rightarrow P_u = \frac{W_i}{\eta} \Rightarrow P_u = \frac{W_i}{\eta \cdot t} \Rightarrow P_u = \frac{\rho \cdot a \cdot b \cdot c \cdot g \cdot h}{\eta \cdot t} =$$

$$= \frac{2.3 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 6\text{ m} \cdot 10\text{ m} \cdot 0.2\text{ m} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 6\text{ m}}{0.6 \cdot 600\text{ s}} = 4512.6\text{ W} \approx 4.5\text{ kW}.$$

### Vježba 098

Pumpa za beton ispumpa u 10 minuta na visinu od 6 metara masu betona potrebnu za betonsku deku dimenzija  $6\text{ m} \cdot 10\text{ m} \cdot 0.4\text{ m}$ . Kolika je snaga pumpe ako je stupanj korisnog djelovanja pumpe 60%? (gustoća betona je  $2.3 \cdot 10^3\text{ kg/m}^3$ ,  $g = 9.81\text{ m/s}^2$ )

**Rezultat:** 9025.2 W.

### Zadatak 099 (Vjeko, pomorska škola)

Automobil mase 1000 kg ubrzava se jednoliko od brzine 36 km/h na 72 km/h na ravnom putu dugom 100 m.

- Odredite koliki je rad obavio motor automobila na tom putu.
- Kolika je srednja snaga motora?

### Rješenje 099

$m = 1000 \text{ kg}$ ,  $v_1 = 36 \text{ km/h} = [36 : 3.6] = 10 \text{ m/s}$ ,  $v_2 = 72 \text{ km/h} = [72 : 3.6] = 20 \text{ m/s}$ ,  
 $s = 100 \text{ m}$ ,  $W = ?$ ,  $P = ?$

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga  $P$  jednaka je omjeru rada  $W$  i vremena  $t$  za koje je rad obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t}.$$

Kad tijelo obavlja rad, mijenja mu se energija. Promjena energije tijela jednaka je utrošenom radu. Tijelo mase  $m$  i brzine  $v$  ima kinetičku energiju

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2.$$

a) Rad koji obavi sila motora automobila je pozitivan (jer sila djeluje u smjeru gibanja). Taj rad predstavlja iznos za koji se poveća kinetička energija automobila:

$$\begin{aligned} W = E_{k_2} - E_{k_1} &\Rightarrow W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 \Rightarrow W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_2^2 - v_1^2) = \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1000 \text{ kg} \cdot \left( \left( 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 - \left( 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \right) = 150000 \text{ J} = 1.5 \cdot 10^5 \text{ J}. \end{aligned}$$



b) Budući da je riječ o jednoliko ubrzanom gibanju s početnom brzinom  $v_1$  i konačnom brzinom  $v_2$ , vrijedi:

$$\begin{aligned} \left. \begin{aligned} v_2 &= v_1 + a \cdot t \\ s &= v_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} a &= \frac{v_2 - v_1}{t} \\ s &= v_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow s = v_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \frac{v_2 - v_1}{t} \cdot t^2 \Rightarrow s = v_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot (v_2 - v_1) \cdot t \Rightarrow \\ &\Rightarrow s = v_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot v_2 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot v_1 \cdot t \Rightarrow s = \frac{1}{2} \cdot v_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot v_2 \cdot t \Rightarrow s = \frac{1}{2} \cdot t \cdot (v_1 + v_2) \Rightarrow \\ &\Rightarrow s = \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot t \Rightarrow t = \frac{2 \cdot s}{v_1 + v_2}. \end{aligned}$$

Snaga motora iznosi:

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow P = \frac{W}{\frac{2 \cdot s}{v_1 + v_2}} \Rightarrow P = \frac{W \cdot (v_1 + v_2)}{2 \cdot s} = \frac{1.5 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \left( 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)}{2 \cdot 100 \text{ m}} = 22500 \text{ W} = 2.25 \cdot 10^4 \text{ W}.$$

### Vježba 099

Automobil mase  $2000 \text{ kg}$  ubrzava se jednoliko od brzine  $36 \text{ km/h}$  na  $72 \text{ km/h}$  na ravnom putu. Odredite koliki je rad obavio motor automobila na tom putu.

**Rezultat:**  $3 \cdot 10^5 \text{ J}$ .

### Zadatak 100 (Petra, kemijska škola)

Proton mase  $1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  giba se stalnim ubrzanjem  $3.6 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2$ . Ako je početna brzina protona  $2.4 \cdot 10^7 \text{ m/s}$  na putu od  $35 \text{ cm}$  odredite:

- Brzinu protona na kraju tog puta.
- Za koliko mu se povećala kinetička energija?

### Rješenje 100

$$m = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad a = 3.6 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2, \quad v_0 = 2.4 \cdot 10^7 \text{ m/s}, \quad s = 35 \text{ cm} = 0.35 \text{ m}, \\ v = ?, \quad \Delta E_k = ?$$

Jednoliko ubrzano gibanje duž puta s jest gibanje koje ima stalnu (konstantnu) akceleraciju. Ako početna brzina tijela nije jednaka nuli u trenutku kada počnemo promatrati i mjeriti vrijeme, već iznosi  $v_0$ , tada konačna brzina glasi:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s.$$

Tijelo mase  $m$  i brzine  $v$  ima kinetičku energiju:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2.$$

U fizici za promjenu mjerne veličine rabimo grčko slovo  $\Delta$  (delta). Promjenom smatramo razliku između završnog i početnog stanja. Početno stanje obilježavamo indeksom 1, jer njega prvog zapažamo, a završno indeksom 2. Zato možemo pisati:

$$\text{promjena stanja} = \text{stanje}_2 - \text{stanje}_1.$$

Na primjer:

$$\Delta s = s_2 - s_1, \quad \Delta t = t_2 - t_1, \quad \Delta v = v_2 - v_1, \quad \Delta m = m_2 - m_1, \quad \Delta F = F_2 - F_1.$$

a) Brzina protona na kraju puta s iznosi:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s \Rightarrow v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s \quad / \sqrt{\quad} \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s} = \\ = \sqrt{\left(2.4 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 + 2 \cdot 3.6 \cdot 10^{15} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.35 \text{ m}} = 5.6 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

b) Povećanje kinetičke energije protona iznosi:

$$\left. \begin{aligned} E_{k_1} &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2, \quad E_{k_2} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \\ \Delta E_k &= E_{k_2} - E_{k_1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 \Rightarrow \Delta E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v^2 - v_0^2) = \\ = \frac{1}{2} \cdot 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \left( \left(5.6 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - \left(2.4 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \right) = 2.14 \cdot 10^{-12} \text{ J}.$$



Za energiju postoji još jedna jedinica – to je elektronvolt (eV):

$$1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

Zato je:

$$\Delta E_k = 2.14 \cdot 10^{-12} \text{ J} = \left[ 2.14 \cdot 10^{-12} : 1.6 \cdot 10^{-19} \right] = 1.34 \cdot 10^7 \text{ eV}.$$

### Vježba 100

Proton mase  $1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  giba se stalnim ubrzanjem  $3.6 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2$ . Ako je početna brzina protona  $2.4 \cdot 10^7 \text{ m/s}$  na putu od 70 cm odredite:

- Brzinu protona na kraju tog puta.
- Za koliko mu se povećala kinetička energija?

**Rezultat:**  $7.5 \cdot 10^7 \text{ m/s}$  ,  $4.22 \cdot 10^{-12} \text{ J}$ .