TOLNA MEGYEI SZILÁRS LEÓ FIZIKAVERSENY
2014. MÁRCIUS SZEKSZÁRD
11. OSZTÁLY

2014 TOLNAI SZILÁRD LEÓ FIZIKAVERSENY
Feladatsor megoldása
11. osztály

1. feladat megoldása

a) $a = \dfrac{m_2 \cdot g - \mu \cdot m_1 \cdot g}{m_1 + m_2} = \dfrac{30\,N - 0{,}4 \cdot 50\,N}{8\,kg} = \dfrac{5}{4}\dfrac{m}{s^2} = \mathbf{1{,}25\ m/s^2}$.

Kötélerő kiszámítása: $m_2 \cdot g - F_1 = m_2 \cdot a \to F_1 = m_2(g - a) = 3kg \cdot 8{,}75\dfrac{m}{s^2} = \mathbf{26{,}25\ N}$

4 pont

b) Az m_2 tömegű hasáb leérkezésekor a közös sebesség:

$v = \sqrt{2a \cdot h} = \sqrt{2 \cdot \dfrac{5}{4}\dfrac{m}{s^2} \cdot 0{,}5\,m} = \dfrac{\sqrt{5}}{2}\dfrac{m}{s} \to$

$L = h + \dfrac{v^2}{2a_2} = \dfrac{\frac{5}{4}\frac{m^2}{s^2}}{8\frac{m}{s^2}} = 0{,}65625\,m$ $\qquad$ **$L = 65{,}625$ cm**

, ahol $a_2 = \mu g = 4$ m/s^2 a csúszó hasáb lassulása a kötél meglazulása után.

3 pont

c) $a_{max} = \dfrac{52{,}5\,N - 20\,N}{5\,kg} = 6{,}5\dfrac{m}{s^2} \to m_3 \cdot g - 52{,}5\,N = m_3 \cdot a_{max} \to m_3 = \dfrac{52{,}5\,N}{g - a_{max}} = 15\,kg$

3 pont

Összesen: 10 pont

2. **feladat megoldása**

Lásd 12. osztályos feladatsor megoldásánál!

3. feladat megoldása

a) Egy vezetékpárra jutó elszállítandó teljesítmény 2000 MW/10 = 200 MW $\qquad$ 1 pont

A vezetékpáron folyó áramerősség: $I = \dfrac{2 \cdot 10^8 W}{4 \cdot 10^5 V} = 500\,A$. $\qquad$ 2 pont

A 10 km hosszú vezetékpár ellenállása: $R_v = \dfrac{P_v}{I_v^2} = \dfrac{10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^8 W}{(5 \cdot 10^2 A)^2} = 0{,}8\,\Omega$ $\qquad$ 2 pont

A vezetékpár keresztmetszete és átmérője:

$R_v = \rho\dfrac{2l}{A} \to A = \rho\dfrac{2l}{R_v} = 1{,}7 \cdot 10^{-2}\dfrac{\Omega \cdot mm^2}{m}\dfrac{2 \cdot 10^4 m}{0{,}8\Omega} = 425\,mm^2 \to d = \sqrt{\dfrac{4A}{\pi}} = 23{,}27\,mm \approx 2{,}3\ cm$

1 pont

b) 300 km-es rézvezeték ellenállásának meghatározása:

$R_v = \rho\dfrac{l}{A} = 1{,}7 \cdot 10^{-2}\dfrac{\Omega \cdot mm^2}{m}\dfrac{6 \cdot 10^5 m}{\frac{5^2 \cdot \pi}{4} mm^2} = 519{,}7\,\Omega$

Egy-egy vezetékpárban folyó áram erőssége:

$I_v = \dfrac{1}{n}\dfrac{P_{ös}}{U} = \dfrac{1}{n}\dfrac{5 \cdot 10^8 W}{4 \cdot 10^5 V} = \dfrac{1}{n} \cdot 1{,}25 \cdot 10^3 A$

Vezetékpárok n számának meghatározása az előírt 0,5 %-os veszteségből:

$$\boxed{\begin{aligned} &P_v = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^8 W = 2{,}5 \cdot 10^6 W = n \cdot R_v \cdot I_v^2 = n \cdot 519{,}7\Omega \cdot \left(\frac{1{,}25 \cdot 10^3 A}{n}\right)^2 \to \\ &n = 519{,}7\Omega \cdot \frac{1{,}5625 \cdot 10^6 A^2}{2{,}5 \cdot 10^6 W} = 324{,}8 \approx 325 \end{aligned}}$$

4 pont

Összesen : 10 pont

4. feladat megoldása

a) Az atomerőmű hulladék hőjének teljesítménye.

Az atomerőmű hőteljesítménye: $P_{hő} = \dfrac{P_{vill}}{\eta} = 5882\,MW$

A környezetnek (zömében a hűtővíznek) leadott teljesítmény:
$P_h = 5882$ MW-2000 MW= **3882 MW**

2 pont

A Dunán percenként lefolyó víztömege:

$m_{víz} = V \cdot \rho_{víz} = 1{,}2 \cdot 10^5 m^3 \cdot 10^3 \dfrac{kg}{m^3} = 1{,}2 \cdot 10^8 kg$

2 pont

A Duna-víz felmelegedésének kiszámítása:

$P_h \cdot t = c_v \cdot m_{víz} \cdot \Delta T \to \Delta T = \dfrac{P_h \cdot t}{c_v \cdot m_{víz}} = \dfrac{3{,}882 \cdot 10^9 W \cdot 60s}{4{,}18 \cdot 10^3 \dfrac{J}{kg \cdot {}^\circ C} \cdot 1{,}2 \cdot 10^8 kg} = \mathbf{0{,}46\ {}^\circ C}$

3 pont

b) Percenkénti vízfogyasztás kiszámítása:

$P_h \cdot t = m_{víz} \cdot L_p \to m_{víz} = \dfrac{P_h \cdot t}{L_p} = \dfrac{3{,}882 \cdot 10^9 W \cdot 60s}{2{,}35 \cdot 10^6 \dfrac{J}{kg}} = 99{,}11 \cdot 10^3 kg \to V \approx 99{,}1\ m^3/perc$

3 pont

Összesen: 10 pont

Feladatsor maximális pontszáma: 40 pont

A 2014. évi Szilárd Leó fizikaverseny feladatainak megoldása
12. osztály

1. feladat:

a) A bal oldali csiga és a testek egyensúlyi feltételeiből:

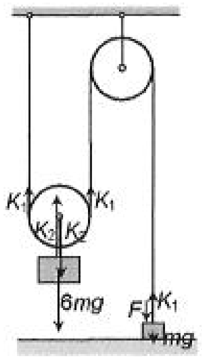
$$K_2 - 2K_1 = 0,$$

$$6mg - K_2 = 0,$$

$$mg + F - K_1 = 0.$$

Ezekből:

$$\boxed{F = \frac{K_2}{2} - mg = 2mg.}$$ **2 pont**



b) Könnyen látható, hogy az m tömegű test által megtett út minden pillanatban kétszerese a $6m$ tömegű test által megtett útnak. Ez az arány a gyorsulásokra is igaz.

(1) $$a_1 = 2a_2.$$

A dinamika alapegyenletét a testek mozgására felírva:

(2) $$ma_1 = K - mg,$$

(3) $$6ma_2 = 6mg - 2K.$$

Az egyenletrendszert a_1-re és a_2-re megoldva:

$$2ma_1 = 2K - 2mg,$$

$$6ma_2 = 6mg - 2K.$$

$$4ma_2 + 6ma_2 = 4mg,$$

$$a_2 = \frac{2}{5}g,$$

$$a_1 = \frac{4}{5}g.$$

(1)-ből a keresett kötélerő:

$$\boxed{K = m(g + a_1) = \frac{9}{5}mg.}$$ **5 pont**

c) A fonál meglazulásáig az m tömegű test $h_1 = 2h$ utat tesz meg. Eddig kezdősebesség nélküli egyenletesen gyorsuló mozgást végzett. Így, ebben a pillanatban a sebessége:

$$v = \sqrt{2a_1 \cdot 2h} = \sqrt{\frac{16}{5}gh}.$$

A test további h_2 emelkedése az energia-megmaradásból is meghatározható.

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh_2,$$

$$h_2 = \frac{v^2}{2g} = \frac{8}{5}h.$$

Az m tömegű test összes emelkedése:

$$h_ö = 2h + \frac{8}{5}h,$$

$$\boxed{h_ö = \frac{18}{5}h = 72 \text{ cm}.}$$ **3 pont**

Összesen: 10 pont

2. feladat:

a) Legyen a gáz kezdeti nyomása p_1! Ez mindkét esetben azonos. A dugattyúk egyensúlyi feltételeiből:

$$p_1A - mg = 0,$$

$$p_1A - Dh_0 = 0.$$

$$\boxed{D = \frac{mg}{h_0} = 408{,}16\ \frac{\text{N}}{\text{m}}.}$$ **2 pont**

b) Az első esetben a gáz izobár tágulást végez. A végzett munka:

$$W^* = p_1(V_2 - V_1) = mg(h_1 - h_0).$$

Határozzuk meg a végzett munka és a közölt hő arányát!

$$W^* = p_1(V_2 - V_1) = \frac{m}{M}R(T_2 - T_1),$$

$$Q = c_p m(T_2 - T_1) = \frac{7}{2}\frac{R}{M}m(T_2 - T_1).$$

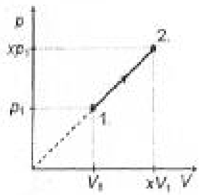
Ezek osztásából:

$$\boxed{W^* = \frac{2}{7}Q = 252 \text{ J}.}$$ **3 pont**

c) A dugattyú végső magassága a melegítés után az első esetben:

$$\boxed{h_1 = \frac{W^*}{mg} + h_0 = 1{,}75 \text{ m}.}$$ **1 pont**

A második esetben ábrázoljuk $p - V$ diagramon a nyomást a térfogat függvényében! A termodinamika első főtételéből:



$$Q = E_2 - E_1 + W_{12}^*,$$

$$Q = \frac{5}{2}\left(x^2 p_1 V_1 - p_1 V_1\right) + \frac{p_1 + xp_1}{2}\left(xV_1 - V_1\right),$$

$$Q = 3\left(x^2 - 1\right)p_1 V_1,$$

$$Q = 3\left(x^2 - 1\right)\frac{mg}{A} h_0 A,$$

$$x = \sqrt{\frac{Q}{3mgh_0} + 1} = 2.$$

A dugattyú h_2 magassága a második esetben:

$$\boxed{h_2 = xh_0 = 0{,}98\ \text{m}.}$$

4 pont

Összesen: 10 pont

3. feladat:

a) A keresett hatásfok:

$$\eta = \frac{I^2 R}{U_0 I} = \frac{IR}{U_0},$$

$$\boxed{\eta = \frac{0{,}6\,\text{A} \cdot 15\ \Omega}{12\ \text{V}} = 0{,}75 = 75\%.}$$

2 pont

b) Határozzuk meg először az akkumulátor belső ellenállását!

$$U_0 = I\left(R_b + R\right),$$

$$R_b = \frac{U_0}{I} - R = 5\ \Omega.$$

2

Cseréljük az eddigi R ellenállású fogyasztót egy olyan R_0 ellenállású fogyasztóra, hogy az akkumulátorból kivett teljesítmény maximális legyen! Ekkor:

$$P_{\max} = \left(\frac{U_0}{R_b + R_0}\right)^2 \cdot R_0,$$

$$P_{\max} = \frac{U_0^2}{\dfrac{R_b^2}{R_0} + 2R_b + R_0}.$$

3

Látható, hogy a kivett teljesítmény akkor maximális, ha nevező minimális, azaz, ha az $f\left(R_0\right) = \dfrac{R_b^2}{R_0} + R_0$ függvény minimális. Ennek a függvénynek a megadott útmutató szerint akkor van minimuma, ha

$$\boxed{R_0 = \sqrt{R_b^2} = R_b = 5\ \Omega.}$$

5 pont

c) Az R_0 ellenállású fogyasztó bekapcsolása után a hatásfok:

$$\eta^* = \frac{I_0^2 R_0}{U_0 I_0} = \frac{I_0 R_b}{U_0},$$

$$\boxed{\eta^* = \frac{\dfrac{U_0}{2R_b} \cdot R_b}{U_0} = \frac{1}{2} = 50\%.}$$

3 pont

Összesen: 10 pont

4. feladat:

Lásd 11. osztály!

Dr. Kotek László *PTE TTK Fizikai Intézet*