

BPV 8. évfolyam, döntő 2026.

1. Hőtani folyamatok (14 pont)

Az alábbi állításokról dönts el, hogy az állítás mindig igaz (I), biztosan hamis (H), vagy a leírtak alapján nem dönthető el egyértelműen (ND). Válaszodat az állítás melletti cellába írhatod.

- a) Ha 80 °C-os meleg vízhez 20 °C-os hideg vizet keverünk, akkor a közös hőmérséklet 50 °C lesz. (ND)
- b) A víz fagyása energia felszabadulással járó folyamat. (I)
- c) Ha 0 °C-os vizet öntünk a -5 °C-os jégre, akkor a jég egy része megolvad. (H)
- d) Ha egy hőszigetelt edényben levő 0 °C-os jégre 100 °C-os vízgőzt engedünk, és az edényt lezárjuk, akkor hosszabb idő múlva csak folyékony vizet találunk az edényben. (ND)
- e) Ha két testtel azonos nagyságú hőmennyiséget kell közölni az olvadáspontjukon történő teljes megolvadásukhoz, akkor a két test anyagának megegyezik az olvadáshője. (H)
- f) A párolgó folyadék azért hűl le, mert belőle az átlagosnál nagyobb energiájú részecskék távoznak. (I)
- g) Ha magas hegyen főzünk fedő nélküli bográcsban, akkor az étel hosszabb idő alatt fő meg, mintha ugyanezt az ételt tengerszinten főznénk. (I)

Minden helyes minősítés 2 pontot ér.

2. Kapcsolj gyorsan! (14 pont)

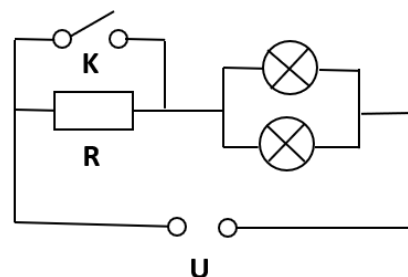
Az alábbi kapcsolás segítségével két egyforma izzólámpát szeretnénk üzemeltetni az $U = 10\text{ V}$ állandó feszültségű áramforrásról. Az izzókon a következő felirat látható: 6 V, 3 W.

Válaszolj a kérdésekre a kipontozott helyen! Válaszodat indokold! Ahol szükséges, végezz számításokat a kihagyott helyen!

- a) Mi történne, ha a **K** kapcsolót bekapcsolva próbálnánk összeállítani az áramkört?

Tegyük fel, hogy a **K** kapcsolót kikapcsolt állásba hozva állítjuk össze az áramkört (amint az ábrán látható)!

- b) Mekkora áram folyik át az **R** előtét ellenálláson, ha az izzók üzemszerűen működnek, azaz teljes fényükkel világítanak?
- c) Számítsd ki az üzemszerű működéshez szükséges **R** ellenállás értékét!
- d) Fél órás működés alatt mennyi energiát vesz fel az áramforrástól a két izzó összesen?
- e) Ha az **R** ellenállásra jutó elektromos munkát veszteségnek tekintjük, akkor mennyi az áramkör működésének hatásfoka?



Megoldás:

a) Ha a kapcsoló zárva van, akkor az R ellenálláson nem folyik áram, mindkét izzóra a teljes 10 V feszültség jut. Ez túlterheli az izzókat, amelyek valószínűleg hamar kiégnek. (2 pont)

b) Feltételezzük, hogy az izzókra 6 V feszültség jut. Egy izzó áramerőssége ebből kiszámítható:
$$I_i = \frac{P_i}{U_i} = \frac{3W}{6V} = 0,5 A \text{ (2 pont)}$$

Mivel az izzók párhuzamosan vannak kapcsolva, így a főágban az áramerősség 1 A, és ekkora áram folyik át az ellenálláson. (2 pont)

c) Az ellenállásra 4 V feszültség jut, így Ohm törvénye alapján: $R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{4V}{1A} = 4 \Omega$ (2 pont)

d) A felvett „hasznos” energia: $W_i = 2 \cdot P_i \cdot t = 2 \cdot 3W \cdot 1800s = 10800 J = 10,8 kJ$ (2 pont)

e) A veszteség: $W_R = U_R \cdot I_R \cdot t = 4V \cdot 1A \cdot 1800s = 7200 J = 7,2 kJ$ (2 pont)

Az áramkör hatásfoka: $\eta = \frac{W_i}{W_i + W_R} = \frac{10,8kJ}{10,8kJ + 7,2kJ} = 0,6 = 60 \%$ (2 pont)

3. A Titanic katasztrófája (19 pont)

A Titanic 5892 tonna walesi feketeszénrel (antracittal) megrakodva indult el végzetes útjára 1912-ben az angliai Southamptonból. A kazánokban elégetett szén energiájával táplálták a hajót meghajtó, összesen 37,5 MW maximális teljesítmény leadására képes gőzgépeket.

a) Mekkora energiamennyiséget szolgáltatott óránként a kazánok, ha naponta átlagosan 600 tonna 30 MJ/kg fűtőértékű antracitot égettek el?

b) A szén elégetéséből nyert energia legfeljebb hány százalékát tudták a gőzgépek hasznosítani?

A jégheggyel történő ütközést megelőző pillanatokban a Titanicot meghajtó gőzgépek gyakorlatilag maximális teljesítménnyel működtek, a hajó egyenletesen, 41,5 km/h nagyságú sebességgel haladt.

c) Mekkora fékezőerőt fejtett ki a víz a hajóra?

Megoldás:

a) A szén elégetéséből egy óra alatt felszabaduló energia:

$$Q(1 h) = H \cdot m(1 h) = 30 \frac{MJ}{kg} \cdot \frac{600000 kg}{24} = 750000 MJ \text{ (4 pont)}$$

b)

Az előző pontbeli gondolatmenettel megkaphatjuk, hogy 1 másodperc alatt mekkora energiamennyiséget szolgáltatnak a szénrel elégető kazánok:

$$Q(1 s) = \frac{Q(1 h)}{3600} = \frac{750000 MJ}{3600} \approx 208,33 MJ \text{ (3 pont)}$$

Mivel a gőzgépek maximális teljesítménye megmutatja, hogy 1 s alatt mekkora (hasznos) munkát képesek végezni, így tudjuk, hogy a hasznosított energiamennyiség

$$W(1 s) = P \cdot t = 37,5 \frac{MJ}{s} \cdot 1 s = 37,5 MJ \text{ (3 pont)}$$

Ezek szerint

$$\frac{W(1 s)}{Q(1 s)} = \frac{47,5 \text{ MJ}}{208,33 \text{ MJ}} = 0,18 = 18 \% \text{ (3 pont)}$$

tehát a gőzgépek a szén elégetéséből származó energiának legfeljebb a 18 %-át tudták hasznosítani.

c)

A hajó egyenletesen haladt, ezért a víz által kifejtett fékezőerőnek meg kellett egyeznie a gőzgépek által meghajtott propellerek (hajócsavarok) révén a hajóra ható hajtóerővel. Ha az utóbbit meghatározzuk, megkapjuk a keresett fékezőerőt.

Mivel a gépek maximális teljesítménnyel működtek, másodpercenként

$$W(1 s) = P \cdot t = 37,5 \frac{\text{MJ}}{\text{s}} \cdot 1 s = 37,5 \text{ MJ}$$

munkát végeztek. Eközben a hajó

$$s(1 s) = v \cdot t = \frac{41,5 \text{ m}}{3,6 \text{ s}} \cdot 1 s \approx 11,53 \text{ m}$$

hosszúságú utat tett meg. A hajtóművek munkája

$$W(1 s) = F_{\text{hajtó}} \cdot s(1 s)$$

ahonnan már megkaphatjuk a hajtóerőt, illetve a vele egyenlő nagyságú fékezőerőt:

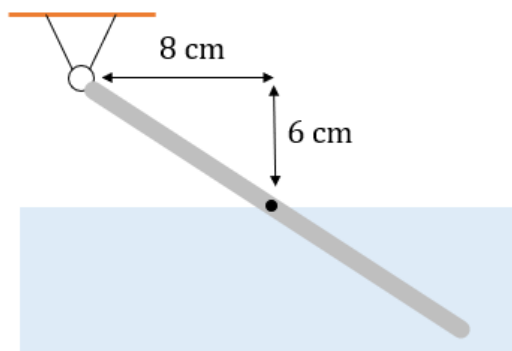
$$F_{\text{hajtó}} = \frac{W(1 s)}{s(1 s)} = \frac{37,5 \text{ MJ}}{11,53 \text{ m}} = \frac{37500000 \text{ J}}{11,53 \text{ m}} \approx 3252385 \text{ N} \approx 3,25 \text{ MN}$$

Tehát körülbelül 3,25 millió newton nagyságú erővel fékezte a víz a Titanic mozgását. (6 pont)

4. Forogjunk! (19 pont)

Egy $0,5 \text{ cm}^2$ keresztmetszetű, homogén pálca a felső végénél lévő vízszintes tengely körül foroghat, alsó része vízbe lóg. A pálca – az ábrán látható módon – olyan egyensúlyi helyzetet vesz fel, hogy középpontja (melyet az ábrán egy fekete pont jelöl) éppen a víz felszínén van úgy, hogy tengelytől mért függőleges távolsága 6 cm, vízszintes távolsága 8 cm. A víz sűrűsége $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

- Határozzuk meg, hogy milyen hosszú a pálca, majd számoljuk ki a térfogatát is!
- Mekkora a pálcára ható felhajtóerő?
- Mekkora a felhajtóerő (tengelyre vonatkozó) forgatónyomatéka? (A felhajtóerő támadáspontja a bemerülő rész közepén található.)
- Mekkora a pálca anyagának sűrűsége?



Megoldás.

$$A = 0,5 \text{ cm}^2$$

$$\rho_v = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

a) Jelölje a pálca hosszát l ! A vízből kilógó rész hossza $l/2$, így Pitagorasz tétele alapján:

$$(l/2)^2 = (8 \text{ cm})^2 + (6 \text{ cm})^2 \Rightarrow l = \mathbf{20 \text{ cm}}$$

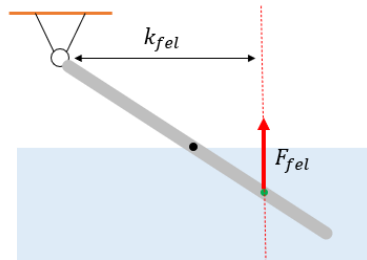
A pálca V térfogata:

$$V = A \cdot h = 0,5 \text{ cm}^2 \cdot 20 \text{ cm} = \mathbf{10 \text{ cm}^3} = 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ (4 pont)}$$

b) A pálca térfogatának fele merül a vízbe, $V_{be} = \frac{V}{2} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, így Arkhimédész törvénye alapján:

$$F_{fel} = \rho_v \cdot V_{be} \cdot g = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \mathbf{0,05 \text{ N}} \text{ (4 pont)}$$

c) A felhajtóerő támadáspontja a kiszorított folyadék tömegközéppontja, vagyis a rúd bemerülő részének középpontja, azaz a támadáspont a rúd hosszának $3/4$ részénél található (ábrán zöld pont jelzi).



A forgatónyomaték az erő és az erőkar szorzata. Mivel a felhajtóerő függőlegesen felfelé mutat, ezért az erőkarja – ami a hatásvonal tengelytől mért távolsága – a támadáspont tengelytől vett vízszintes távolsága. Mivel a rúd felének (azaz kétnegyedének) tengelytől mért vízszintes távolsága 8 cm , így a rúd háromnegyedének annak $1,5$ -szerese, tehát $k_{fel} = 1,5 \cdot 8 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$. Vagyis a felhajtóerő forgatónyomatéka:

$$M_{fel} = F_{fel} \cdot k_{fel} = \mathbf{0,05 \text{ N} \cdot 0,12 \text{ m} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}} \text{ (4 pont)}$$

d) A felhajtóerő forgatónyomatékát a pálcára ható, középpontban támadó gravitációs erő $M_g = F_g \cdot k_g = F_g \cdot 8 \text{ cm}$ forgatónyomatéka egyenlíti ki, amiből a pálca tömege:

$$M_g = M_{fel} \Rightarrow F_g = \frac{M_{fel}}{k_g} = \frac{6 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}}{0,08 \text{ m}} = 0,075 \text{ N} \Rightarrow m = \frac{F_g}{g} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = \mathbf{7,5 \text{ g}}$$

A pálca sűrűsége pedig:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{7,5 \text{ g}}{10 \text{ cm}^3} = \mathbf{0,75 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \text{ (7 pont)}$$