# Budó Ágoston Fizikai Feladatmegoldó Verseny
# 2012. január 19.

## MEGOLDÓKULCS

***Általános megjegyzések:*** *A megoldókulcs elkészítésével segítséget kívánunk nyújtani a javításhoz. Igyekeztünk minél több részpontszámot megjelölni, hogy a javítás minél inkább egységes lehessen. Természetesen az egyedi megoldások pontozását Önöktől várjuk.*

**1. Feladat:**

$v_1 = 33\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$; $v_2 = 54\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$; $d = 2{,}5\,\mathrm{km} = 2{,}5\cdot 10^3\,\mathrm{m}$.

Átváltás $\frac{km}{h}$-ból $\frac{m}{s}$ ra: $v_2 = 54\frac{km}{h} = \frac{54\cdot 10^3 m}{3600 s} = 15\frac{m}{s}$ *(1 p)*

Az 1. autó elmozdulása: $x_1(t) = v_1 \cdot t$

Tehát az 1. autó $t_1 = \frac{d}{v_1} = \frac{2{,}5\cdot 10^3}{33} = 75{,}76 s$ idő múlva ér el a következő kijárathoz. *(4 p)*

A 2. autó elmozdulása: $x_2(t) = v_2 \cdot t + \frac{a}{2}\cdot t^2$ *(4 p)*

Akkor találkoznak ha, a két elmozdulás $t$ idő múlva ismét megegyezik, *(3 p)*
és ennek még 75,76 s-nál hamarabb meg kell történnie. *(1 p)*

$$v_1 \cdot t = v_2 \cdot t + \frac{a}{2}\cdot t^2 \quad \rightarrow \quad v_1 = v_2 + \frac{a}{2}\cdot t \quad \rightarrow \quad a = \frac{2(v_1 - v_2)}{t} \geq \frac{2(v_1 - v_2)}{t_1} = \frac{2(33-15)}{75.76} = \underline{\underline{0{,}4752\frac{m}{s^2}}}$$

*(4 p)* *(3 p)*

**2. Feladat:**

a) A grafikonból leolvasható elmozdulás-idő pontpárok:
(0 h; 0 km); (1 h; 23,5 km); (2,25 h; 34,5 km); (3,5 h; 25 km);
Ennek alapján a mozgás egyes szakaszaira az eltelt idő, az elmozdulás és a megtett út az alábbi módon alakul:

| | *1. szakasz* | *2. szakasz* | *3. szakasz* | **Teljes útra** |
|---|---|---|---|---|
| $\Delta t$ (h) | 1 | 1,25 | 1,25 | **3,5** |
| $\Delta x$ (km) | 23,5 | 11 | -9,5 | **25** |
| $s$ (km) | 23,5 | 11 | 9,5 | **44** |

A teljes útra vonatkozó átlagsebesség attól függően, hogy a versenyző mit ért átlagsebesség alatt:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{25}{3{,}5} = \underline{\underline{7{,}14\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}}}$$

$$v = \frac{s}{\Delta t} = \frac{44}{3{,}5} = \underline{\underline{12{,}57\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}}}$$

*( a) összesen 8 p)*

b) A megadott pontokon egy parabola fektethető át, és látszik, hogy fordított állású, továbbá az egyes szakaszokon az átlagsebesség csökken, így a busz egyenletesen lassuló mozgását próbáljuk megtalálni.

A megtett útra fennáll, hogy $x(t) = \frac{a}{2} \cdot t^2 + v_0 \cdot t$ *(4 p)*

Bármelyik 2 összetartozó értéket véve, $v_0$ és $a$ meghatározható.
pl. $(t, x)$ = (1 h; 23,5 km) és (3,5 h; 25 km)

A két egyenlet: $23{,}5 = \frac{a}{2} \cdot 1^2 + v_0 \cdot 1$ és $25 = \frac{a}{2} \cdot 3{,}5^2 + v_0 \cdot 3{,}5$ *(4 p)*

Ebből $a = \underline{\underline{-13{,}09\ \text{km/h}^2}} = -10^{-3}\ \text{m/s}^2$, illetve $v_0 = \underline{\underline{30{,}04\ \text{km/h}}} = 8{,}34$ m/s *(4 p)*
Ez a parabola „átmegy" a (2,25 h; 34,5 km) ponton is.
Ha másik két pontra illesztünk, ugyanez adódik (a kerekítés miatt csak a 2. tizedesjegyben lehet apró különbség).
$(t, x)$ = (1 h; 23,5 km) és (2,25 h; 34,5 km) esetén $(a, v_0)$=(–13,07 km/h$^2$; 30,04 km/h)
$(t, x)$ = (2,25 h; 34,5 km) és (3,5 h; 25 km) esetén $(a, v_0)$=(–13,10 km/h$^2$; 30,08 km/h)
*( b) összesen: 12 p)*

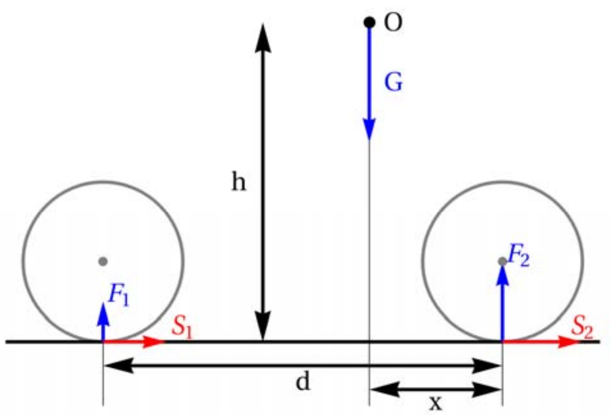
**3. Feladat:**
$v_0 = 5\ \text{m/s};\quad P_0 = 1\ \text{MW};\quad \Delta t = 2\ \text{nap};$
Mekkora teljesítmény növekedést okoz a sebesség megkétszereződése?
Tudjuk, hogy $P = F \cdot v$. Ahol az $F$ a közegellenállási erő, amely a sebesség négyzetével arányos. Így a szélerőmű teljesítménye a sebesség harmadik hatványával arányos:
$P \sim v^3$ (4 p)
Tehát a sebesség megkétszereződése 8 szoros teljesítmény növekedést okoz: (2 p)
$P_0 \sim v_0^3;\quad P \sim (2v_0)^3 = 8v_0^3 \quad \rightarrow \quad P = 8P_0$
Vagyis van $7P_0 = 7MW$ -nyi felesleges teljesítményünk 2 napig, ami
$E = 7P_0 \cdot \Delta t = 1{,}21 \cdot 10^{12} J$ tárolandó energiát jelent. (4 p)
a) esetben a víz helyzeti energiáját kell megnövelni. $E = m \cdot g \cdot h$ alapján

$$m = \frac{E}{g \cdot h} = 1{,}21 \cdot 10^{10} kg.$$

Így $V = 1{,}21 \cdot 10^{10}\, l = \underline{\underline{1{,}21 \cdot 10^7\, m^3}}$ víz tározására van szükség. (5 p)
b) esetben 55 Ah-s 12 V-os akkumulátoraink vannak, így egyetlen akku feltöltéséhez
$\varepsilon = 55Ah \cdot 12V = 55 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 12J = 2{,}376 \cdot 10^6 J$ energia szükséges.

Azaz $N = \frac{E}{\varepsilon} = \frac{1{,}2 \cdot 10^{12}}{2{,}376 \cdot 10^6} = \underline{\underline{509091}}$ darab akkumulátort tudunk feltölteni. (5 p)

**4. Feladat:**
a) Amikor a kerékpár nem gyorsul, akkor az eredő erők összege nulla, amiből a vízszintes eredő erő komponensekre $S_1$+$S_2$=0, míg a függőlegesekre $F_1 + F_2 = G$ adódik. *(2 p)*
$\rightarrow \quad F_2 = 90 \cdot 10 - 300 = 600N$
Valamint az O súlypontra vonatkozó forgatónyomaték is nulla: *(2 p)*
$F_1 \cdot (d - x) = F_2 \cdot x \quad \rightarrow \quad x = d/3 = 0{,}4m$
azaz a súlyvonal 0,4 m-re halad a hátsó tengelytől. *(1 p)*
*( a) összesen: 5 p)*



b) Amikor a fékezés gyorsulást hoz létre, akkor az erőkre

$F_1 + F_2 = G$

$S_1 + S_2 = m \cdot a$ *(2 p)*

Míg a forgatónyomatékokra

$F_1 \cdot (d - x) = F_2 \cdot x + (S_1 + S_2) \cdot h$ teljesül. *(3 p)*

Behelyettesítve az *a=g/4* gyorsulást és *h, x, d* értékét kapjuk, hogy

$F_1 + F_2 = 900$, $S_1 + S_2 = 900/4 = 225$, $F_1 \cdot 0{,}8 = F_2 \cdot 0{,}4 + (S_1 + S_2) \cdot 1$. *(3 p)*

Amiből: $F_1 \cdot 0{,}8 = (900 - F_1) \cdot 0{,}4 + 225 \cdot 1$ adódik.

Ezt rendezve: $F_1$=487,5 N, illetve $F_2$=412,5 N *(2 p)* *( b) összesen: 10 p)*

c) A hátsó kerék akkor emelkedik fel, amikor az $F_2$ nyomó erő 0 lesz. *(2 p)*

A b) pontban már felállított egyenletekben, így most a gyorsulás ismeretlen és $F_2$=0.

Az első egyenletből adódik, hogy $F_1$=900 N.

Ezek után

$S_1 + S_2 = 90 \cdot a$, $900 \cdot 0{,}8 = (S_1 + S_2) \cdot 1$ *(2 p)*

Ezeket rendezve a gyorsulás: $a = 8\frac{m}{s^2}$ *(1 p)* *( c) összesen: 5 p)*

**5. Feladat:**

$V_0 = 2\,\text{l} = 2 \cdot 10^{-3} m^3$; $A = 2\,\text{cm}^2 = 2 \cdot 10^{-4} m^2$; $L = 50\,\text{cm} = 0{,}5\,\text{m}$; $T_0 = 27\,°\text{C} = 300\,\text{K}$

a) Állandó nyomáson játszódik le a folyamat: $\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T_1}$. *(2 p)*

A megváltozott térfogat pedig $V_1 = V_0 + A \cdot L$. *(2 p)*

Így a szükséges hőmérséklet:

$$T_1 = \frac{V_1 \cdot T_0}{V_0} = \frac{(V_0 + A \cdot L) \cdot T_0}{V_0} = \frac{(2 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}5) \cdot 300}{2 \cdot 10^{-3}} = \underline{\underline{315\,\text{K}}} = 42\,°\text{C}$$ *(6 p)*

*( a) összesen: 10 p)*

b) Állandó hőmérsékleten játszódik le a folyamat: $p_0 \cdot V_0 = p_1 \cdot V_1$. *(3 p)*

A megváltozott térfogat pedig $V_1 = V_0 + A \cdot L$.

Így a szükséges nyomás az eredetihez képest:

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{V_0}{V_1} = \frac{V_0}{V_0 + A \cdot L} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}5} = 0{,}952,$$ *(6 p)*

ami 4,8 %-os csökkenést jelent. *(1 p)*

*( b) összesen 10 p)*

**6. Feladat:**

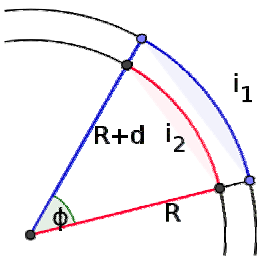
$L_0 = 20cm$; $\Delta T = 500°C$; $d = 1mm = 10^{-3} m$; $\alpha_{Al} = 2{,}39 \cdot 10^{-5} \frac{1}{°C}$; $\alpha_{Cu} = 1{,}85 \cdot 10^{-5} \frac{1}{°C}$

Lineáris hőtágulást feltételezve, tudjuk, hogy: $\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$ *(2 p)*

Eszerint az alumínium hossza lesz nagyobb, így az lesz kívül.

A kör mentén az egyes ívekre kapjuk, hogy:
$$i_1 = L_0 + \Delta L_{Al} = L_0 \cdot (1 + \alpha_{Al} \cdot \Delta T)$$
$$i_2 = L_0 + \Delta L_{Cu} = L_0 \cdot (1 + \alpha_{Cu} \cdot \Delta T)$$ *(2+2 p)*

(Jó rajz:  4 p)




A körcikkek hasonlóságát kihasználva: $\frac{R+d}{R}=\frac{i_1}{i_2}=\frac{1+\alpha_{Al}\cdot \Delta T}{1+\alpha_{Cu}\cdot \Delta T}$ (6 p)

Behelyettesítve: $\frac{R+10^{-3}}{R}=\frac{1{,}01195}{1{,}00925}=1{,}00268 \quad \rightarrow \quad R=0{,}37\ \text{m}$ (2 p)

Tehát a külső ív sugara: $R+d=\underline{\underline{0{,}371\,m}}$ (2 p)

**7. Feladat:**

**1. Megoldás:**

$P=27\ \text{W};\quad T_{üzem}=6000\ \text{h};\quad N_{kapcs}=2000;\quad \Delta t=10\ \text{min};\quad Áram: 45\ \text{Ft/h};\quad Izzó: 3000\ \text{Ft/darab}$

1. eset: Folyamatos üzem
Az izzó a teljes 6000 h-nyi időn keresztül ég.
Ez $6000\cdot 27\ \text{Wh}=6\cdot 27\ \text{kWh}$ energia fogyasztást jelent. (3 p)
Ami $6\cdot 27\cdot 45Ft=7290Ft$-ba kerül. És ehhez jön még hozzá az izzó ára.
Tehát $6000h \rightarrow 7290Ft+3000Ft=10290Ft$, (2 p)
így az egységár: $\frac{10290}{6000}\frac{Ft}{h}=1{,}715\frac{Ft}{h}$ (2 p)

(összesen: 7 p)

2. eset: Ki-Be kapcsolós üzem
Egy-egy őrjáratozásra jut egy ki és egy bekapcsolás, így egyetlen izzóval 2000 őrjáratozás lehetséges.
Jelölje $x$ a "holtidőt", (azt az időt amikor az őr nem jár körbe) percben mérve, .
Ekkor 1 darab izzó $\frac{2000\cdot(10+x)}{60}$ óra alatt használódik el. (3 p)
Ezalatt $\frac{2000\cdot 10}{60}\cdot 27Wh=\frac{54}{6}kWh$ energia fogy, ami $\frac{54}{6}\cdot 45Ft=405Ft$-ba kerül. (2 p)
Amihez ismételten hozzá kell számolnunk az izzó árát.
Tehát $\frac{2000\cdot(10+x)}{60}h \rightarrow 405\ \text{Ft}+3000\ \text{Ft}=3405\ \text{Ft}$, (3 p)
Így az egységár: $\frac{3405}{\frac{2000\cdot(10+x)}{60}}\frac{Ft}{h}$ (2 p)

(összesen: 10 p)

Akkor éri meg a ki-be kapcsolós módszer, ha az egységár kisebb mint folyamatos üzem esetén, azaz $\frac{3405}{\frac{2000\cdot(10+x)}{60}}\leq 1{,}715 \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{49{,}56min\leq x}}$ (3 p)
Tehát több mint 49,5 perc holtidő esetén éri meg a ki-be kapcsolós módszer.

**2. Megoldás:**

A kapcsolások sűrűsége legyen ν kapcsolás/óra.
2000 kapcsolás = ν·*T*, ahol az összes kapcsolás *T* idő (óra) alatt történik meg. (4 p)
Egy kapcsoláshoz 10 perc , 2000 kapcsoláshoz 2000/6 óra üzemidő tartozik. (1 p)

A 2000 kapcsolás teljes költsége:

$$3000\,\text{Ft} + 45\frac{\text{Ft}}{\text{kWh}}\cdot\frac{27}{1000}\,\text{kW}\cdot\frac{2000}{6}\,\text{h} = 3405\,\text{Ft} \qquad \color{red}{(4\ p)}$$

Ha a fénycső folyamatosan üzemel $T$ ideig, akkor a teljes költség:

$$T\cdot\frac{3000\,\text{Ft}}{6000\,\text{h}} + 45\frac{Ft}{kWh}\cdot\frac{27}{1000}\,\text{kW}\cdot T = 1{,}715\frac{\text{Ft}}{\text{h}}\cdot T \qquad \color{red}{(6\ p)}$$

Ha sűrűn kapcsol, akkor eléri ez utóbbi költségét, mégpedig

$$T = \frac{3405}{1{,}715}\,\text{h} = 1983{,}4\,\text{h}\ \text{ alatt.} \qquad \color{red}{(2\ p)}$$

Ebből a kapcsolás sűrűségére

$$\nu = \frac{2000\ \text{kapcsolás}}{T} = \underline{\underline{1{,}01\frac{\text{kapcsolás}}{\text{h}}}}\,. \qquad \color{red}{(3\ p)}$$

Vagyis ha óránként egynél többször jár körbe, akkor a fénycső folyamatos üzemelése előnyösebb.

**Megjegyzés:** Ez az eredmény megegyezik az előző megoldásnál kapottal, hisz ott arra jutottunk, hogy a 10 perces őrjárat után minimum 49,56 perc szünet szükséges, hogy a ki-be kapcsolás előnyösebb legyen, ami éppen

$$\nu = \frac{1}{(10+49{,}56)\,\text{min}} = 1{,}01\frac{\text{kapcsolás}}{\text{h}}\ \text{kapcsolássűrűséget jelent.}$$

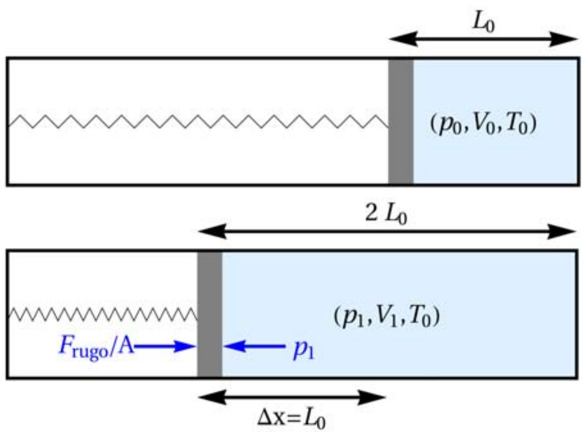
**8. Feladat**:

$L_0 = 20\,\text{cm} = 0{,}2\,\text{m};\quad R = 5\,\text{cm} = 0{,}05\,\text{m};\quad p_0 = 1{,}01\cdot 10^5\ \text{Pa};\quad T_0 = 273\,\text{K}$

a) A tágulás során a hőmérséklet nem változott, így az állapotváltozásra: $p_0\cdot V_0 = p_1\cdot V_1$ *(2 p)*

A térfogat duplájára nőtt ($V_1 = 2\cdot V_0$), így

$$p_1 = \frac{p_0}{2} \qquad \color{red}{(2\ p)}$$




A rugóerő megegyezik a gáz nyomóerejével, amelyből:

$$p_1 = \frac{D\cdot\Delta x}{A} = \frac{D\cdot L_0}{A} \qquad \color{red}{(2\ p)}$$

Átrendezve a rugóállandóra kapjuk,

hogy $D = \dfrac{p_1\cdot A}{L_0} = \dfrac{p_0\cdot R^2\pi}{2\cdot L_0} = \underline{\underline{1983{,}1\dfrac{N}{m}}}$ *(2 p)*

*( a) összesen: 8 p)*

b) Az állapotváltozás adiabatikus lesz, hisz nem történhet hőátadás, mivel az egész rendszer hőszigetelve van. *(2 p)*

Adiabatikus állapotváltozás esetén teljesül, hogy $\dfrac{T_0}{T_1} = \left(\dfrac{V_1}{V_0}\right)^{\kappa-1} = 2^{\kappa-1}$ *(6 p)*

Ahol $\kappa$ az adiabatikus kitevő, amely kétatomos gáz esetén: $\kappa = \dfrac{c_p}{c_v} = \dfrac{f+2}{f} = 1{,}4$ *(3 p)*

Így $T_1 = T_0\cdot 2^{1-\kappa} = 273\cdot 2^{-0{,}4} = \underline{\underline{206{,}9\,\text{K}}}$ *(1 p)*

*( b) összesen: 12 p)*

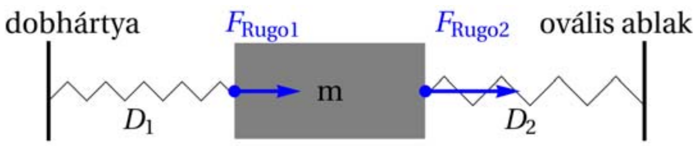
**9. Feladat:**

a) A dB skála egy logaritmikus skála, amely a hang intenzitását hasonlítja a hallásküszöbhöz, mint referencia intenzitáshoz ( $I_0$ ). Definíció szerint: $I[dB] = 10 \cdot \lg\left(\frac{I}{I_0}\right)$

Ha a középfül kiesik, akkor a hallás küszöb $I_0$ -ról $400 \cdot I_0$ -ra ugrik, ami dB-ben kifejezve:

$10 \cdot \lg\left(\frac{400 I_0}{I_0}\right) = 10 \cdot \lg(400) = 10 \cdot (2 + \lg(4)) = \underline{\underline{26{,}02 \text{ dB}}}$ *(8 p)*

b) $m = 2$ mg; $D_1 = 72 \frac{N}{m}$; $D_2 = 7{,}2 \frac{N}{m}$




A hallócsontocskák rezonanciája erősíti fel a hangintenzitást. Rezonancia akkor lép fel, ha a gerjesztő frekvencia közel megegyezik a rendszer sajátfrekvenciájával. Tehát a modell-rendszer sajátfrekvenciáját kell meghatározni. *(Jó rajz: 4 p)*

A mozgásegyenlet alapján:

$F_{\text{rugo1}} + F_{\text{rugo2}} = m \cdot a$

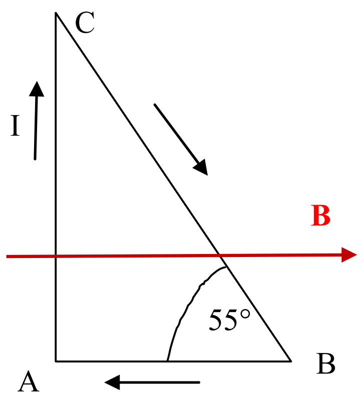
$-D_1 \cdot x - D_2 \cdot x = m \cdot a \quad \rightarrow \quad -D_1 \cdot x - D_2 \cdot x = -m \cdot \omega_0^2 \cdot x$

Amiből adódik: $m \cdot \omega_0^2 = D_1 + D_2$ és $\omega_0 = 2\pi f$ *(4 p)*

Ahonnan a frekvenciára adódik, hogy $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{D_1 + D_2}{m}} = \underline{\underline{1001{,}54 \text{ Hz}}}$ *(4 p)*

**10. Feladat:**

$B = 1{,}8$ T; $I = 4{,}7 A$; $L_{AB} = 20 \text{ cm} = 0{,}2$ m; $\beta = 55°$




A Lorentz-erő fog hatni az áramjárta vezetődarabokra.

$F_L = I \cdot (\underline{\mathbf{L}} \times \underline{\mathbf{B}})$, ahol az $\underline{\mathbf{L}}$ vektor a vezetékdarab hosszát és az áram irányát jelzi. *(2 p)*

a) **BA szakasz**: Az áram iránya párhuzamos a mágneses indukcióval így nincs erőhatás. $F_{BA} = 0$ *(2 p)*

**AC szakasz:** A szakasz hossza tangens szögfüggvénnyel adódik:

$\frac{L_{AC}}{L_{BA}} = \tan\beta \quad \rightarrow \quad L_{AC} = L_{BA} \cdot \tan\beta$

Az áram iránya merőleges a mágneses indukcióra. Így az erő a jobbkéz szabály alapján az **ábra síkjára merőlegesen befelé** mutat. *(2 p)*

Nagysága pedig

$F_{AC} = I \cdot L_{AC} \cdot B = I \cdot (L_{BA} \cdot \tan\beta) \cdot B = \underline{\underline{2{,}416 \text{ N}}}$ *(2 p)*

**CB szakasz:** A szakasz hossza cosinus szögfüggvénnyel adódik:

$\frac{L_{BA}}{L_{CB}} = \cos\beta \quad \rightarrow \quad L_{CB} = \frac{L_{BA}}{\cos\beta}$

Az áram iránya $\beta = 55°$ -ot zár be a mágneses indukcióval. Így az erő a jobbkéz szabály alapján az **ábra síkjára merőlegesen kifelé** mutat. *(2 p)* Nagysága pedig

$$F_{CB} = I \cdot L_{CB} \cdot B \cdot \sin\beta = I \cdot \left(\frac{L_{BA}}{\cos\beta}\right) \cdot B \cdot \sin\beta = I \cdot L_{BA} \cdot \tan\beta \cdot B = F_{AC} = \underline{\underline{2{,}416\ \mathrm{N}}} \quad (4\ p)$$

*( a) összesen: 14 p)*

b) Mivel $F_{AC} = F_{CB}$ és ellentétes irányúak, így az eredő erő nulla. *(2 p)*
Az erőpár azonban forgatónyomatékot fejt ki a keretre.
Ennek nagysága $M = F \cdot d$, ahol $d$ a két erő támadáspontjának a távolsága. *(2 p)*
Mivel feltételezhetjük, hogy az erők az adott szakaszok felezőpontjában támadnak, így

$d = \frac{L_{AB}}{2} = 0{,}1\ \mathrm{m}$. Amivel a forgatónyomatékra $\underline{\underline{M = 0{,}24\ \mathrm{Nm}}}$ adódik. *(2 p)*

*( b) összesen: 6 p)*

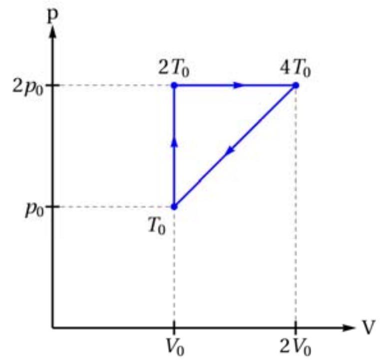
**Megjegyzés:**
A forgatónyomaték meghatározható a mágneses indukció definíciójából kiindulva is:

$$B = \frac{M_{\max}}{\mathrm{A} \cdot \mathrm{I}} \to M = B \cdot A \cdot I = B \cdot \frac{L_{AB} \cdot (L_{AB} \cdot \tan\beta)}{2} \cdot I$$ *(Erre ugyanúgy jár a 4 p)*

c) A keret $B$ pontja az <u>ábra síkjából merőlegesen kifelé</u> kezd el mozogni. *(2 p)*
Jobbkéz szabály alapján ( lásd az *a)* pont)

*( c) összesen: 2 p)*

**11. Feladat:**




A gáz által végzett hasznos munkát a *p-V* diagramon a körbezárt terület nagysága adja. *(2 p)*
Könnyen látszik, hogy a körbezárt háromszög területe:

$$W_{hasznos} = \frac{p_0 \cdot V_0}{2} \quad (1\ p)$$

A hatásfok $\eta = \frac{W_{hasznos}}{Q_{be}}$ módon adódik. *(1 p)*

Tehát ki kell számolnunk a folyamat során befektetett hőt.
Az I. főtétel szerint: $\Delta E_b = Q + W$ ahol W a gázon végzett munka és *(1 p)*

$\Delta E_b = \frac{f}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$ (f=3,5 és 6 rendre 1, 2 és többatomos gáz esetén.) *(2 p)*

Azt is tudjuk, hogy az állapotegyenlet szerint $p_0 \cdot V_0 = n \cdot R \cdot T_0$

a) A föntiek alapján az egyes szakaszokon

**1. szakasz** $(p_0, V_0, T_0) \rightarrow (2p_0, V_0, 2T_0)$

A térfogat változatlan, így nincs munkavégzés. $W_1 = 0$. *(1 p)*

$Q_1 = \Delta E_b = \frac{f}{2} n \cdot R \cdot T_0 = \frac{f}{2} p_0 \cdot V_0$ (tehát hőfelvétel történt) *(1 p)*

**2. szakasz** $(2p_0, V_0, 2T_0) \rightarrow (2p_0, 2V_0, 4T_0)$

A gáz kitágul, az általa végzett munkát a görbe alatti terület adja. Így a gázon végzett munka:

$W_2 = -2p_0 \cdot V_0$ *(1 p)*

$Q_2 = \Delta E_b - W_2 = \frac{f}{2} n \cdot R \cdot 2T_0 + 2p_0 \cdot V_0 = (f+2) \cdot p_0 \cdot V_0$ (tehát hőfelvétel történt) *(2 p)*

**3. szakasz** $(2p_0, 2V_0, 4T_0) \rightarrow (p_0, V_0, T_0)$

A gáz összenyomódik, az általa végzett munkát a görbe alatti terület adja. Így a gázon végzett munka: $W_3 = p_0 \cdot V_0 + \frac{1}{2} p_0 \cdot V_0 = \frac{3}{2} p_0 \cdot V_0$ *(2 p)*

$Q_3 = \Delta E_b - W_3 = \frac{f}{2} n \cdot R \cdot (-3T_0) - \frac{3}{2} p_0 \cdot V_0 = \frac{-(f+1) \cdot 3}{2} \cdot p_0 \cdot V_0$ (tehát hőleadás történt) *(2 p)*

b) Az 1. és 2. szakaszon történik hőfelvétel míg a 3. szakaszon hőleadás. *(1 p)*

Így a hatásfok $\eta = \frac{W_{hasznos}}{Q_1 + Q_2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot p_0 \cdot V_0}{\left(\frac{f}{2} + f + 2\right) \cdot p_0 \cdot V_0} = \underline{\underline{\frac{1}{3f+4}}}$ *(2 p)*

1 , 2 és többatomos gáz esetén ez rendre, <u>1/12=7,7%, 1/16=5,3 %, 1/22=4,5%</u>-ot ad. *(1 p)*

**Megjegyzés:**
A gáz által végzett hasznos munka (az összes munka mínusz egyszerese) egyenlő az össz hővel, hiszen egy ciklusban a belső energia változás nulla: $\Delta E_b = Q_{össz} + W_{össz} = 0$

Így $-W = W_{hasznos} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \left(\frac{f}{2} + f + 2 - (f+1)\frac{3}{2}\right) p_0 \cdot V_0 = \frac{1}{2} p_0 \cdot V_0$

**12. Feladat:**
$U_{eff} = 230\,\mathrm{V}$; $P = 60\,\mathrm{W}$; $R_0 = 64\,\Omega$; $\lambda_{max} = 1000\,\mathrm{nm}$

$R = \frac{U}{I}$-ből és $P = U \cdot I$-ből adódik, hogy $R = \frac{U^2}{P}$. De ha ebbe behelyettesítünk, akkor nem a mért $R_0 = 64\Omega$ adódik, hanem $R = \frac{230^2}{60} = \underline{\underline{881{,}67\,\Omega}}$. *(3 p)*

Ennek az az oka, hogy az ellenállás függ a hőmérséklettől, és az izzásban lévő wolfram szál ellenállása jóval nagyobb, mint szobahőmérsékleten volt. *(4 p)*

A legerősebben sugárzó hullámhossz ismeretében megbecsülhetjük az izzó wolframszál hőmérsékletét, és következtethetünk a wolfram ellenállásának hőmérsékletfüggésére.

A Wien-féle eltolódási törvény szerint: $\lambda_{max} \cdot T = const = 2{,}898 \cdot 10^{-3}$ mK

Ahonnan a hőmérsékletre: $T = \frac{2{,}898 \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 10^{-9}} = 2898\,\mathrm{K}$ adódik. *(5 p)*

Lineáris kapcsolatot feltételezve a hőmérséklet és az ellenállás között: $R(T) = R_0(1 + \alpha \cdot \Delta T)$. *(3 p)*

Ebből a wolframra jellemző $\alpha$ hőmérsékleti állandóra

$$\alpha = \frac{\frac{R(T)}{R_0} - 1}{\Delta T} = \frac{\frac{881{,}7}{64} - 1}{2898 - 293} = \underline{\underline{4{,}9 \cdot 10^{-3} \frac{1}{K}}} \text{ adódik.}$$ *(3 p)*

Tehát a wolfram ellenállásának hőmérsékletfüggését jellemző anyagi állandó: $4{,}9 \cdot 10^{-3} \frac{1}{K}$

**Megjegyzés:** A végeredmény függ attól, hogy a 64 Ω-os ellenállásértéket milyen hőmérsékleten mérjük. A feladat ezt nem adja meg konkrétan.
Mi a szobahőmérsékletet 20 ° C=293 K-nek tételeztük fel, de bármely értelmes feltevés a kezdeti hőmérsékletre elfogadható.

b) Az irodalmi érték $4{,}8297 \cdot 10^{-3}\,\frac{1}{\mathrm{K}}$ *(2 p)*

**13. Feladat:**

$R = 15\,\Omega;\quad U = 120\,\mathrm{V};\quad U_i = 108\,\mathrm{V}$

Mi is ez a visszaható elektromotoros erő?
Mozgási indukció során egy $L$ hosszúságú a mágneses indukcióvonalakra merőlegesen mozgó vezetékben $U_i = B \cdot L \cdot v$ feszültség indukálódik, ami Lenz-törvénye értelmében akadályozza az őt létrehozó hatást: $U - U_i = R \cdot I$ *(5 p)*

a) $I = \frac{U - U_i}{R} = \frac{230 - 218}{15} = \underline{\underline{0{,}8\,\mathrm{A}}}$ *(3 p)*

b) Mivel az armatúra nem forog, nem lép fel visszaható elektromotoros erő. *(2 p)*

$I = \frac{U}{R} = \frac{230}{15} = \underline{\underline{15{,}3\,\mathrm{A}}}$ *(3 p)*

c) Mivel az armatúra fele akkora sebességgel forog a fent említett összefüggés alapján a visszaható elektromotoros erő felére csökken. *(4 p)*

$I = \frac{U - 0{,}5 \cdot U_i}{R} = \frac{230 - 0{,}5 \cdot 218}{15} = \underline{\underline{8{,}1\,\mathrm{A}}}$ *(3 p)*

**14. Feladat:**

$h = 6{,}62 \cdot 10^{-34}\,\mathrm{Js};\quad c = 3 \cdot 10^{8}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

$1\,\mathrm{mol} \;\rightarrow\; 32\;\mathrm{kJ}$ Mivel 1 mol az $6 \cdot 10^{23}$ darab molekulát jelent *(3 p)*

$1\,\mathrm{darab} \;\rightarrow\; \varepsilon_0 = \frac{32 \cdot 10^{3}}{6 \cdot 10^{23}}\,\mathrm{J} = 5{,}33 \cdot 10^{-20}\,\mathrm{J}$ *(3 p)*

Tehát egy darab molekula előállításához $\varepsilon_0$ energiát kell a 27% hatásfokú fényreakciónak fedeznie a $h \cdot \nu$ foton energiából, *(3 p)*
azaz: $h \cdot \nu \cdot 0{,}27 = \varepsilon_0$ *(5 p)*

Ahonnan behelyettesítve a frekvenciára $\nu = 2{,}98 \cdot 10^{14}\,\mathrm{Hz}$ adódik, *(2 p)*

ami hullámhosszban $c = \lambda \cdot \nu$ alapján : $\lambda = \frac{c}{\nu} = \underline{\underline{1005{,}41\,\mathrm{nm}}}$ *(4 p)*