

67. ročník Fyzikálnej olympiády

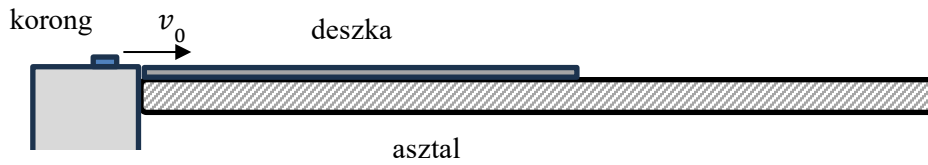
v školskom roku 2025/2026

kategória C

text úloh domácej prípravy v maďarskom jazyku

1. Korong a deszkán

A vízszintes asztalon egy L hosszúságú és M tömegű deszka fekszik. A deszkára egy m tömegű korongot lökünk. A súrlódási tényező a korong és a deszka között f_1 , a deszka és az asztal között pedig f_2 .



C-1 ábra

- a) Mekkora v_0 kezdősebességgel kell a korongnak a deszkára csúsznia, hogy elérjen a deszka végére?
- b) Mekkora x távolsággal mozdul el a deszka, amíg a korong meg nem áll a deszka végén?
Mekkora s utat tesz meg a deszka teljesen, míg meg nem áll?

A feladatot oldja meg általános alakban, majd a következő értékekkel: $L = 50$ cm, $M = 200$ g, $m = 25$ g, $f_1 = 0,45$ és az f_2 tényező két különböző értékével: $f_{21} = 0,10$ és $f_{22} = 0,040$. A nehézségi gyorsulás $g = 9,8$ m $\cdot$ s⁻².

Megjegyzés: A korong méreteit ne vegye figyelembe. A f_2 tényezőt tekintse azonosnak a tapadási és a csúszási súrlódás esetén.

2. A vízpára

A víznek több olyan tulajdonsága van, amelyek lényegesek a földi élet számára.

- Ezek egyike az a tény, hogy normál légköri nyomáson $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten fagy meg, de a sűrűsége $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten a legnagyobb. Miért olyan fontos ez a tulajdonság?
- A közönséges folyadékok közül a víznek legnagyobb a fajhője. Miért fontos ez a tulajdonság, és hogyan lehet felhasználni?
- A víz egy oxigén- és két hidrogénmolekulából áll. Írja le, hol játszik fontos szerepet az oxigén, és hol a hidrogén!
- A víz párolgáshője tömegegységre véve nagy értékű. Hogyan érvényesül ez a tulajdonság az életben?

A levegő víztartalmát a levegő páratartalma fejezi ki. Ha a víz feletti levegő eléri a 100% relatív páratartalmat, a víz párolgása megszűnik, pontosabban, amennyi elpárolog, annyi le is csapódik. A telített gőz parciális nyomása p_n , amely a hőmérséklettől függ, lásd a táblázatot.

$t / ^{\circ}\text{C}$	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0
p_n/kPa	12,33	15,74	19,92	25,00	31,16	38,54	47,34	57,81
$t / ^{\circ}\text{C}$	90,0	95,0	100,0	110	120	130	140	150
p_n/kPa	70,10	84,51	101,33	143,27	198,54	270,11	361,37	476,01

- Rajzolja meg a víz telített gőznyomásának grafikonját a hőmérséklet függvényeként!
- A magas hegységekben, $4\,000\text{ m}$ a tenger szintje felett, nagyon alacsony a nyomás. Milyen hőmérsékleten forr a víz, ha a levegő légköri nyomása $p_1 = 50\text{ kPa}$ értékre csökken?
- Egy $L = 12\text{ m}$ hosszúságú és $S = 2,5\text{ cm}^2$ belső keresztmetszetű függőleges csövet, amely az alsó végén zárt, teletöltünk vízzel. A felső végét lezárjuk, az alsó végét pedig vízbe merítjük egy tálban, majd kinyitjuk. Határozza meg annak a vízmennyiségnek a V_1 térfogatát, amely közvetlenül az alsó vég megnyitása után kifolyik a csőből $p_a = 101\text{ kPa}$ légköri nyomásnál. Mennyi víz (V_2) folyik még ki ezután, tehát amíg a csőben ki nem alakul az egyensúlyi állapot? A cső és víz hőmérséklete $t_1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3. A gázvezeték

2011-ben helyezték üzembe az Északi Áramlat 1 gázvezetékét, amelyen keresztül földgázt szállítottak Oroszországból Németországba. (Megjegyzés: A vezeték 2022-ben szabotázs érte, és azóta nem üzemel.) Az éves kereskedelmi mennyiség $V_1 = 55$ milliárd m^3 volt, amely a gáz térfogatát jelenti normál $t_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten és $p_1 = 100\text{ kPa}$ normálynomáson (így számlázzák az ügyfeleknek is). A földgáz gyakorlatilag tiszta metán CH_4 . A gáz a vezetékben sűrítve halad. A vezeték két csőből áll, amelyek belső átmérője $d = 1,15\text{ m}$, a csővekben lévő gáz nyomása $p_2 = 20\text{ MPa}$ és hőmérséklete t_1 .

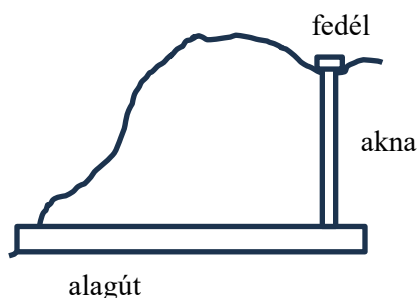
- Határozza meg a gáz másodpercenkénti tömegáramát a csőben és a gáz v sebességét a csőben!

Tegyük fel, hogy a szabotázs során a Balti-tenger vízfelszíne alatt $h = 50\text{ m}$ mélységben a robbanótöltet hatására a cső teljesen megnyílt, és a gáz kiáramlik a vízbe!

- Határozza meg milyen a kiáramló gáz t_2 hőmérséklete, ha feltételezzük, hogy a gáz a csőből kilépve adiabatikusan tágul!
- Határozza meg a V_2 gázmennyiséget, amely másodpercenként a vízbe jut!

4. Az akna

Egy hegy alatti vízszintes közúti alagúthoz $h = 180$ m magas függőleges menekülőaknát alakítottak ki. Az akna kör alakú keresztmetszete $S = 1,5 \text{ m}^2$. Az akna felső végén egy fedél található. Az akna teljes hosszában a hőmérséklet állandó, $t_1 = 14 \text{ }^\circ\text{C}$. Az alagútban szellőztetés működik, amely a belső hőmérsékletet t_0 értéken tartja, meg egyezően a hegy környezetének hőmérsékletével. Az alagút szintjén a levegő nyomása $p_0 = 101 \text{ kPa}$.



C-2 ábra

- Melyik irányba kezd áramlani a levegő az akna nyílásában, ha a fedelet eltávolítjuk? Indokolja választát!
- Fejezze ki az aknanyílást lezáró fedélre ható F_p eredő nyomóerőt!
- Határozza meg az eredő nyomóerőt két környezeti hőmérséklet esetén: $t_{01} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ és $t_{02} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$!

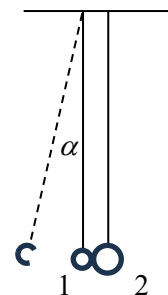
Egyszerűsítésként feltételezze, hogy a hőmérsékletváltozás az alagút és az akna között az akna nagyon kis szakaszán történik, és zárt fedél esetén az aknában nem áramlik a levegő.

A számításokhoz használja a levegő moláris tömegét $M_m = 29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ és a nehézségi gyorsulást $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Megjegyzés: Tanulmányozza az ún. barometrikus magasságformulát — ha ideális gáz esetén a T hőmérséklete nem változik a magassággal, akkor a gáz nyomását a következő összefüggés adja meg: $p(h_2) = p(h_1) \exp \{-(M_m g (h_2 - h_1))/RT\}$, ahol M_m a gáz moláris tömege. Mutassa meg, hogy kis magasságkülönbség esetén a képlet linearizálható.

5. Az ütközés

Két hosszú, egyenlő ℓ hosszúságú fonalra két műanyag gömböt (1 és 2) függesztünk. Tömegük m_1 és $m_2 > m_1$. Kezdetben a gömbök nyugalomban vannak, a fonalak függőlegesek, a gömbök érintkeznek, és a középpontjaik összekötő egyenese vízszintes (C-3 ábra). Az 1-es gömb fonalát α_0 szöggel kitérítjük és elengedjük. Az ütközés után az 1-es gömb legfeljebb $\alpha_1 < \alpha_0$ szögig tér ki.



C-3 ábra

- a) Határozza meg adott α_0 szögre mekkora lesz az 1 golyó α_{10} kitérése ütközés után, és mekkora α_{20} szöggel tér ki 2-es golyó fonala, ha az ütközést tökéletesen rugalmasnak vesszük!

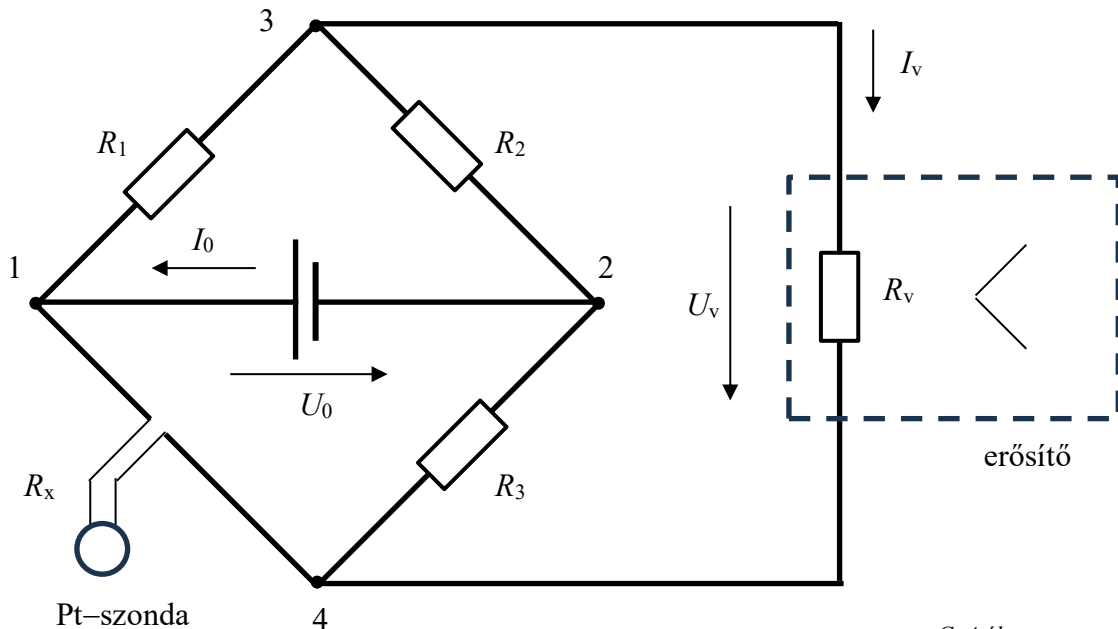
A valóságban az ütközés nem tökéletesen rugalmas, hanem az ütközés során a rendszer mechanikai energiájának egy része a gömbök belső energiájává alakul.

- b) A valóságban az 1-es gömb fonala az ütközés után $\alpha_{11} < \alpha_{10}$ szögig tér ki. Határozza meg adott α_{11} szögre az α_{21} szöget, amellyel a 2-es gömb fonala tér ki az 1-es gömbbel történt ütközése után!
- c) Határozza meg a $\Delta E/E$ relatív mechanikai energiaveszteséget a gömbök ütközésekor, ahol E a rendszer teljes mechanikai energiája az ütközés előtt! Határozza meg a $\Delta E/E$ maximumát, és állapítsa meg, milyen ütközés esetén lép fel ez a maximális érték!
- d) Határozza meg mennyi idő (Δt) idő telik el az első és második ütközés között, ha $|\alpha_0| \ll 1$ rad!

A feladatot oldja meg először általánosan, majd az alábbi értékekkel: $\ell = 30$ cm, $m_1 = 0,80$ g, $m_2 = 6,2$ g, $\alpha_0 = 15^\circ$, $\alpha_{11} = 10^\circ$.

6. Hőmérsékletmérés platina (Pt) szondával

A hőmérséklet pontos mérésére különböző módszereket alkalmaznak. Egyikük a vezető ellenállásának hőmérsékletfüggését használja ki. Ellenállásos Pt-szondákat használnak, amelyek vékony platinahuzalt tartalmaznak kerámia tokban. Az ellenállás változásának mérésére érzékeny hídkapcsolást alkalmaznak. A mérőkapcsolás sematikus rajza a C-4 ábrán látható.



C-4 ábra

A hőmérőszonda R_x ellenállása a híd 1-4 ágába van bekötve. A 1-2 csomópontok közé állandó U_0 feszültségforrás csatlakozik, a 3-4 kimeneti csomópontok pedig a nagy bemeneti ellenállású R_v erősítő bemenetére vannak kapcsolva. Kezdetben a híd kiegyensúlyozott. A szonda R_{x0} ellenállásánál (t_0 hőmérsékletnél) a kimeneti feszültség U_v nulla.

a) Határozza meg a híd ellenállásainak feltételét a kiegyensúlyozott állapotra!

A híd kiegyensúlyozása után a szonda hőmérsékletét t_0 értéknél kezdjük növelni, aminek következtében R_x ellenállása megváltozik.

b) Vezesse le az U_v kimeneti feszültséget az R_x ellenállás függvényeként!

c) Szerkessze meg az U_v kimeneti feszültség grafikonját a t hőmérséklet függvényeként 0 °C és 300 °C között az alábbi adatokra: $R_3 = R_1 = 200\ \Omega$, $R_v = 1,00\text{ k}\Omega$, $U_0 = 24\text{ V}$, ha $t_0 = 0\text{ °C}$ hőmérsékleten a platina szonda ellenállása $R_{x0} = 100\ \Omega$ és a hőmérsékleti ellenállási együtthatója $\alpha = 3,9 \times 10^{-3}\text{ K}^{-1}$. A grafikonra rajzolja rá a függvény kezdő szakaszának lineáris meghosszabbítását, és vizsgálja meg, hogy milyen hőmérsékletig tekinthető a függvény 1% pontossággal lineárisnak!

Napjainkban nagyon nagy bemeneti ellenállású R_v erősítőket alkalmaznak.

d) Módosítsa az U_v kifejezést annak tudatában, hogy nagyon nagy bemeneti ellenállású R_v erősítőt használunk! Tervezze meg a híd ellenállásait $R_2 = R_{x0}$, $R_1 = R_3$ és a fenti platina-szonda esetére úgy, hogy $t_m = 300\text{ °C}$ hőmérsékletnél az U_v képletének linearitástól való eltérése legfeljebb $p = 1\%$ legyen! Határozza meg a megtervezett híd $k = \Delta U_v / \Delta t$ érzékenységét!

7. A Steiner-tétel (kísérleti feladat)

Feladat:

Igazolja kísérletileg Steiner tételét a test forgástengelyre vett tehetetlenségi nyomatékáról

$$(1) I = I_0 + md^2$$

ahol I a tehetetlenségi nyomaték a vizsgált tengelyre, I_0 a test tehetetlenségi nyomatéka egy, a vizsgált tengellyel párhuzamos, de a tömegközépponton átmenő tengelyre, m a test tömege és d a két tengely közti távolság.

Eljárás:

A Steiner-tétel érvényességének ellenőrzéséhez használjon fizikai ingát! A fizikai inga lengés-ideje a következő összefüggéssel adható meg

$$(2) T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}$$

ahol g a nehézségi gyorsulás.

A méréshez használjon homogén, téglalap alakú falapot, amelybe a lap síkjára merőlegesen vékony furatokat készít különböző távolságokban a lap középpontjától. A rúd tömegközéppontjának helyzetét megfelelő módszerrel határozza meg. A furatokba egymás után egy vékony tengelyt (például fej nélküli szöget vagy tűt) helyezzen, és támassza a tengelyt alá alkalmas módon (például két egymáshoz közel tolt asztallal), hogy a lap ezen vízszintes tengely körül fizikai ingaként lenghessen! A stopperrel mérje meg a lengésidőt minden egyes tengelyhelyzetnél!

- Mérje meg a szükséges mennyiségeket, és a kapott értékeket jegyezze le megfelelő táblázatba! A lengésidőt minden tengelyhelyzetnél a lehető legpontosabban mérje meg, és írja le a mérési módszert!
- Az egyes tengelyhelyzetekhez számítsa ki az I tehetetlenségi nyomatékot, és az eredményekkel egészítse ki a táblázatot! A mérést legalább 10 különböző tengelyhelyzetre végezze el!
- A (1) összefüggés ellenőrzésére szerkesszen grafikont, amelyben a vízszintes tengelyre a d^2 értékeket, a függőleges tengelyre pedig a megfelelően kiszámított I értékeket viszi fel. Ha a grafikon pontjai megfelelnek Steiner tételének, akkor egy egyenesen lesznek. Vizsgálja meg ezt, és értékelje a mérés eredményeit.
- Határozza meg a szerkesztett grafikonból a test I_0 tehetetlenségi nyomatékát a tömegközépponton átmenő tengelyre. Hasonlítsa össze az eredményt a tömeg és a lap méretei alapján számolt értékkel: $I_0 = \frac{1}{12} mc^2$, ahol c a lap átlójának hossza!

