

65. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2023/2024

domáce kolo kategória A

Text úloh v maďarskom jazyku

1. Rakéta indítás

Ahogy a felvonóban tapasztalható, a felfelé irányuló indítás során a súlyunk megnövekszik, míg a felső állomáshoz való közelítés során a súlyunk csökken – a felfelé egyenletesen emelkedő felvonóban mérhető súlyunkkal szemben. Ezt megmérhetjük, ha viszünk magunkkal egy mérleget, és megfigyeljük az értékeket a felfelé indulás rövid időszakában, az egyenletes emelkedés során és a megállás előtt. Biztosan tudja, hogy mi okozza ezt a jelenséget.

Egy rakétának új eszközt kell Föld körüli pályára állítania. A rakéta függőlegesen felfelé indul egy rakétahajtómű segítségével, amely egyenletesen égeti az üzemanyagot, vagyis egy-egynyi idő alatt mindig azonos tömegű üzemanyagot használ el. Az indítás után $t_1 = 10$ s-val a berendezés súlya $k_1 = 1,2$ -szerese a kezdeti súlyának, és $t_2 = 30$ s után már $k_2 = 1,4$ -szerese.

- Magyarázza el, hogyan történik a rakéta gyorsítása, és miért növekszik a gyorsulás az idővel!
- Határozza meg a rakéta a_2 gyorsulását a t_2 időpontban, a rakétamotor fűvókáit elhagyó gázok u sebességét, valamint a rakéta v_2 sebességét a t_2 időpontban!

A nehézségi gyorsulás $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Tételezze fel, hogy a fűvókákat elhagyó gázok u sebessége nem változik az idő folyamán!

2. A rúd mozgása

Egy élére állított téglalap alakú $d = 50$ mm vastagságú deszkára helyezünk egy vékony homogén rudat (a deszka lapjára merőlegesen). A rúd hossza $L = 60$ cm, a rúd tömegközéppontja a deszka közepe fölött található, lásd az A-1 ábrát.

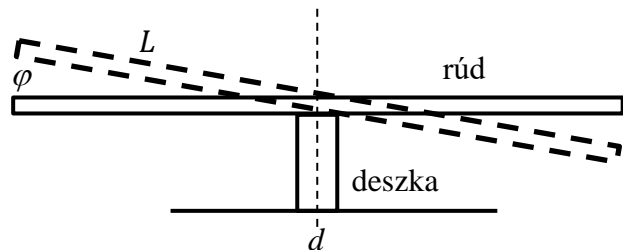
A rudat kis $\varphi_0 = 5,0^\circ$ szöggel kibillentjük (a deszka hosszú éle körül) vízszintes helyzetéből, majd elengedjük.

- Írja le a rúd mozgását a kezdeti kibillentett helyzetéből való elengedése után!
- Határozza meg a T időt, amely alatt a rúd visszatér a kezdeti kibillentett helyzetébe!

Tételezze fel, hogy a rúd mindvégig érintkezik a deszkával, nem csúszik el a felületén, és az érintkezés során mechanikai energia nemvész el!

Megjegyzés: Kis szögek esetén érvényesek a következő közelítő kapcsolatok:

$$\sin \varphi \approx \tan \varphi \approx \varphi.$$

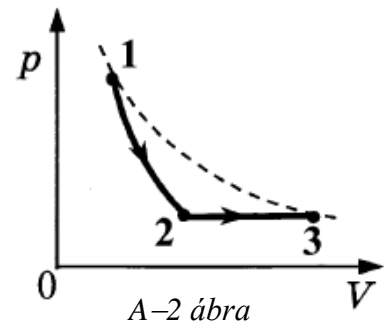


A-1 ábra

3. Hőszivattyú

Spontán hőmérsékleti folyamatok során a hő a melegebb helyről áramlik a hidegebb felé, hasonlóan, ahogyan a víz folyik felülről lefelé. A hő visszafelé irányuló áramlása csak kényszerrel valósítható meg, munkavégzéssel. Az ilyen folyamatot végző berendezést nevezzük hőszivattyúnak. A hőszivattyú hatékonyságát az jellemzi, hogy a végzett munkához viszonyítva mennyi hőt ad át a fűtött közegnek.

Vegyünk példaként az $n = 2,0$ mol anyagmennyiségnyi egyatomos gáz termodinamikai folyamatát amely $p - V$ diagramját az A-2 ábrán láthatjuk. Az adiabatikus expanzió (1 – 2) során az anyag a $p_1 = 300$ kPa nyomású és $T_1 = 300$ K hőmérsékletű 1 állapotból adiabatikus expanzióval (1 – 2) jut a $p_2 = 100$ kPa nyomású 2 az állapotba. Ezt követi az izobárikus expanzió (2 – 3), majd az izotermikus kompresszió (3 – 1), amely végén a gáz az eredeti állapotába kerül.

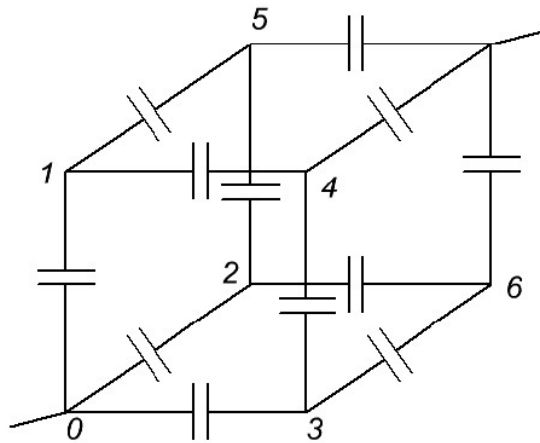


- Határozza meg az abszorber által a környezetből felvett Q_1 hőt, és a radiátor által leadott Q_2 hőt (egy teljes ciklus alatt).
- Számítsa ki a külső erő által az adiabatikus folyamat során elvégzett W_{12} munkát, és a teljes külső erő által végzett W munkát (egy teljes ciklus alatt)!
- Határozza meg a hőszivattyú $\eta = P_Q/P$ hatékonyságát, ahol P_Q a radiátor hőteljesítménye, P pedig a hűtőközeg mechanikai teljesítménye.

Az egyetemes gázállandó $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

4. Kondenzátorkocka

Tizenkét azonos C kapacitású kondenzátor van elrendezve kocka alakzatban, lásd az A–3 ábrát. Így létrejön egy nagy kondenzátor, amely különböző kapacitásokkal rendelkezik, attól függően, hogy melyik csomópontokhoz csatlakoztatjuk az áramforrást.



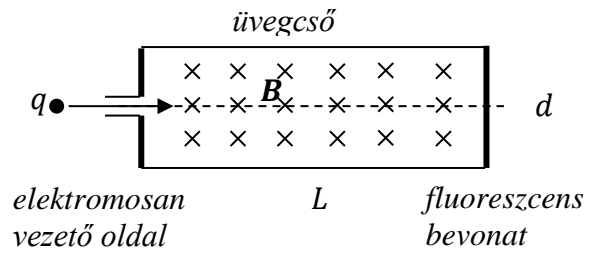
A–3 ábra

- Határozza meg, hány különböző kapacitást lehet így létrehozni, és indokolja meg!
- Határozza meg az összes lehetséges különböző kapacitás értékét, amelyeket így létrehozhatunk!

Megjegyzés: A feladat megoldásához használja a kondenzátorok elrendezésének szimmetriáját!

5. Elektromosan töltött golyó mágneses térben

A laboratóriumban mágneses térben mozgó töltött golyócskákkal végeztek kísérleteket. Egy vákuumüvegcsőbe, melynek átmérője $d = 50$ mm és hossza $L = 20$ cm, kis gömb alakú részecskék lépnek be az üvegcső tengelye irányában, lásd az A-4 ábrát. A töltött részecskék fajlagos töltése $\gamma = q/m = 20,0$ C/kg. Az üvegcső vége fluoreszcens festékkel van bevonva, mely a részecskék becsapódása helyén felvillan. Az üvegcső bemeneti hátsó része vezető, és a részecskék, amelyek nekiütköznek nem pattannak vissza, tehát tovább már nem mozognak az üvegcsőben. Ha a részecskék a henger oldalfalának ütköznek, tökéletesen rugalmasan visszapattannak róla, miközben töltésük nem változik.



A-4 ábra

Az üvegcsövet homogén mágneses térben helyezték el, melynek indukciója $B = 10,0$ T és az üvegcső tengelye merőleges a mágneses térre. A részecskéket nyugalmi helyzetükből, az üvegcsőbe lépés előtt, U feszültséggel gyorsítja fel.

- Határozza meg az U feszültségek értékét, amelyeknél a részecskék az üvegcső festett részének közepére esnek!
- Határozza meg az U feszültség maximális és minimális értékét, amelyek az (a) részfeladatban megadott feltételnek megfelelnek!
- Határozza meg az összefüggést, amely megadja, mennyi idő alatt (t_n) halad végig a részecske az üvegcsővön! Határozza meg ennek az időnek a legkisebb és legnagyobb értékét!

6 A vér térfogata a testben

A radioaktív anyagoknak számos alkalmazása van a gyógyászatban, beleértve a diagnosztikát és terápiát is, például: gamma kamera, PET (Pozitron Emissziós Tomográfia), Leksell gammakés stb. Az alkalmazott izotópok közé tartozik a radioaktív nátrium, mivel ez egy fiziológiai elem, amely megtalálható a szerveinkben. Míg a ^{22}Na izotópot pozitronforrásként használják, a ^{24}Na izotópot főként a vérrendszer vizsgálatokor alkalmazzák.

A ^{24}Na izotóp β -bomlással alakul át és felezési ideje $T = 15$ óra. A bomlása során $E_k = 1,393$ keV mozgási energiával rendelkező elektronokat bocsát ki, valamint $E_\gamma = 2,754$ keV energiájú γ -fotonokat.

- Írja le a ^{22}Na és ^{24}Na izotópok átalakulásának egyenleteit, és határozza meg, hogy milyen stabil atomok képződnek az átalakulás során!
- Határozza meg a kibocsájtott β -részecskék (elektronok) λ hullámhosszát és v sebességét!

A fiziológiai sóoldat, amely nátrium-kloridot (NaCl) tartalmaz, neutronsugárzásnak van kitéve, ami a stabil ^{23}Na nuklidokból radioaktív ^{24}Na -t hoz létre. A páciens véráramába $V_1 = 2,0$ cm³ radioaktív oldatot fecskendeznek, amely aktivitása $A_1 = 2,0$ kBq.

- Határozza meg a rádióaktív $^{24}\text{Na}^+$ ionok n_1 koncentrációját a befecskendezendő oldatban (az ionok számát 1 ml oldatban).
- Amikor a radioaktív oldat teljesen eloszlott vérrendszerben, $t_2 = 5,0$ óra elteltével, a betegtől $V_2 = 1,0$ cm³ vérmintát vettek, és a minta aktivitása $A_2 = 16$ γ -foton volt 60 másodperc alatt. Határozza meg a V_k vér térfogatát a beteg testében!

7 Tekercs indukciójának mérése – kísérleti feladat

A tekercs legfontosabb tulajdonsága az induktivitása (L). Amikor az áram áthalad a tekercsen, a tekercs felmelegszik, ami azt jelenti, hogy a tekercsnek van bizonyos veszteségi (ohmos) ellenállása is (R_S). Ez az ellenállás az áram frekvenciájától és amplitúdójától is függ. Alacsony frekvencián (< 10 kHz) a tekercset egy L indukciójú ideális induktor és R_S ellenállású ideális rezisztor sorosan kapcsolt rendszerével helyettesíthetjük.

A feladat célja mérésrel meghatározni a tekercs *helyettesítő paramétereit* a választott frekvencián (például 1 kHz).

Használjon két módszert:

1. módszer:

Kapcsoljon egy állandó feszültségű áramforrást a tekercshez, és határozza meg az ellenállást (R_S), mérve a rajta keletkező feszültséget és a rajta átfolyó áramot!

Ezután csatlakoztassa egy váltakozó áramforráshoz, és határozza meg a Z_C impedanciáját az áramerősség és feszültség mérésével!

Határozza meg a tekercs indukcióját (L) a kiszámított értékekből.

2. módszer:

Kapcsoljon sorba egy ismert ellenállást (R) a tekercsel, amely ellenállás értéke összehasonlítható az 1. módszerrel mért Z_C impedanciával! Csatlakoztassa egy váltakozó feszültségű áramforráshoz, és mérjen meg három feszültséget: a feszültséget az egész kombináción (U_Z), a rezisztoron (U_R) és a tekercsen (U_C). Határozza meg a mértékekből, valamint az rezisztor ismert R értékéből a tekercs *helyettesítő paramétereit* (L, R_S).

Vezesse le a helyettesítő paramétereket megadó kifejezéseket!

Hasonlítsa össze mindkét módszer eredményeit, és az esetleges eltéréseket indokolja meg!

Segédeszközök:

A méréshez használjon olyan tekercset, amely a lehető legtöbb menetből áll (vékony drótból) – megfelelő tekercs valószínűleg található a laboratóriumban is. Használhat olyan tekercset is, amelynek nincs ferromágneses magja – végezze el a méréseket a mag nélkül, majd helyezze a tekercsbe a ferromágneses magot, és ismétlje meg a méréseket! Milyen hatással van a ferromágneses mag a helyettesítő paraméterekre?

Használjon alacsony feszültségű áramforrást, amelynek frekvenciája változtatható – dolgozzon körülbelül 10 V feszültséggel és 1 kHz-es frekvenciával!

Az elektromos mennyiségek méréséhez használjon digitális multimétert!