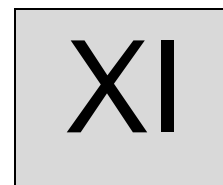




Ministerul Educației Naționale
Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare

Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013

Proba teoretică
Subiecte



I. tétel (10 pont)

Transzverzális hullámok

Egy vízszintesen elhelyezett, rugalmas, kifeszített húr egyik végét hirtelen transzverzális perturbáció éri.

1. feladat

1.a. Bizonyítsuk be, hogy a húrban terjedő perturbáció terjedési sebessége $c = \eta \sqrt{\frac{F}{\mu}}$, ahol F a húrban ható feszítőerő, μ – az egységnyi hosszúságú húr tömege.

1.b. Mi a képletben szereplő η állandó kifejezése?

2. feladat

2.a. Ha a vízszintes húr mindkét vége szabadon elmozdulhat függőleges irányban, igazoljuk, hogy a húrban létrejövő állóhullám egyenlete $y = A \cos kx \cos \omega t$, ahol k a hullámszám, A az állóhullám amplitúdója, és ω a körfrekvencia.

2.b. Ábrázoljuk grafikusan a húr alakját a $t = nT$ pillanatokban, ahol n természetes szám, T a rezgés amplitúdója.

2.c. Adjuk meg annak a két hullámnak a jellemzőit, amelyek interferenciájából létrejön az állóhullám.

2.d. Adjuk meg a helyzeti és a mozgási energia lineáris eloszlását a húr mentén.

2.e. Ábrázoljuk grafikusan az előbbi alpont energiaeloszlását a $t = \frac{T}{4}$ și $t = \frac{T}{2}$ pillanatokban.

3. feladat

3.a. A vízszintes húr mindkét végén rögzítjük. Ismerve az egységnyi hosszúságú húr tömegét, a rögzítési pontok közötti L távolságot és azt a d távolságot, amelyre a húr közepe található a végtontjain áthaladó vízszintestől, határozzuk meg a húrban a saját súlyából származó feszítőerőt. Feltételezzük, hogy $d \ll L$.

-
1. Az 1, 2, valamint a 3-as tételeket különböző, titkosított lapra kell megoldani.
 2. Egy adott tételben belül a diákok tetszőleges sorrendbe oldhatják meg az alpontokat.
 3. A munkaidő 3 óra, a tétel kiosztásának pillanatától számítva.
 4. A diákok használhatnak nem programozható számológépet.
 5. Minden tételt 10-től 1-ig osztályoznak (1 pont hivatalból jár). Az összpontszám a tételek pontszámainak összege.

3.b. Határozzuk meg a húr által kibocsátott hangok alapfrekvenciáinak az arányát, amikor a húrt $p_1 = 2\%$ -kal, illetve $p_2 = 4,1\%$ -kal nyújtjuk meg.

3.c Tudva, hogy az első esetben a frekvencia megfelel a C4 ($\nu_1 = 440$ Hz) oktáv La hangjának, milyen zenei hangot hoz létre a húr a második esetben (a Bach-féle temperált skálán egy félhangnak nevezett zenei tartomány határfrekvenciái közötti összefüggés $\frac{\nu_2}{\nu_1} = 2^{\frac{1}{12}}$)?

Javasolta:

Prof. Arici Liviu – Colegiul Național „N. Bălcescu” – Brăila

II. tétel (10 pont)

Rugalmas köté

Elhanyagolható tömegű homogén hengeres gumikötél keresztmetszete S_0 , hossza l_0 és Young modulusa E . A kötelet függőlegesen felfüggesztjük.

1. feladat

Nagyon kis megnyúlás esetén (amikor az ε relatív megnyúlás 1% alatt van), érvényes Hooke törvénye.

1.a. Határozzuk meg a köté relatív térfogatváltozását, ismerve a μ Poisson együtthatót (a sugár relatív csökkenésének és a relatív megnyúlásnak az aránya). Gumi esetén $\mu < 0,5$.

1.b. A köté szabad végére m tömegű testet akasztunk $\left(m < \frac{ES_0}{4\mu g}\right)$. A testet szabadon engedve nyugalmi állapotából a köté deformálatlan állapotában, határozzuk meg:

i. Az így létrejött rugalmas inga kis rezgéseinek a periódusát;

ii. A köté maximális térfogatát a rezgések során.

1.c. A kötelet (a ráakasztott testtel együtt) függőleges síkban 90° -kal elforgatjuk a felfüggesztési pont körül. Szabadon engedve a rendszert (kezdetben a köté deformálatlan) megfigyeljük, hogy a megnyúlása akkor lesz maximális, amikor a köté a függőleges helyzeten megy át. Határozzuk meg, hogy hányszor nagyobb a maximális megnyúlás ebben az esetben, mint statikus körülmények között.

2. feladat

2.a. Vezessük le a rugalmassági erő kifejezését az E , S_0 , l_0 és y függvényében. Adott a g gravitációs gyorsulás.

Útbaigazítás: Alkalmazható Bernoulli közelítő képlete: $(1 \pm s)^q \cong 1 \pm sq$, ha $s \ll 1$.

Javasolta:

Conf. univ. dr. Sebastian POPESCU – Facultatea de Fizică, Universitatea „Al. I. Cuza” - Iași

-
1. Az 1, 2, valamint a 3-as tételeket különböző, titkosított lapra kell megoldani.
 2. Egy adott tételen belül a diákok tetszőleges sorrendbe oldhatják meg az alpontokat.
 3. A munkaidő 3 óra, a tétel kiosztásának pillanatától számítva.
 4. A diákok használhatnak nem programozható számológépet.
 5. Minden tételt 10-től 1-ig osztályoznak (1 pont hivatalból jár). Az összpontszám a tételek pontszámainak összege.

III. Tétel (10 pont)

A biciklipumpa

András kerékpárbelsőit fúj fel dugattyús pumpával. Eredetileg, a kerékpárbelsőben lévő levegő p_0 légköri nyomáson és T_0 hőmérsékleten található. A kerékpárbelsőnek van egy szelepe (biztonsági szelepe), amely akkor nyílik ki, amikor a külső nyomás értéke egyenlővé válik a belsőben lévő levegő nyomásával. Tételezzük fel, hogy a kerékpárbelső V_r térfogata nem változik.

Valahányszor a dugattyú a felső végpontnál található, a kerékpárpumpa függőleges hengere tele van p_0 nyomású és T_0 hőmérsékletű levegővel. A hengerben lévő levegő rendelkezésére álló térfogat, minden egyes ciklus elején $V_p = V_r / N$, ahol N egy adott szám. Amikor a dugattyú az alsó végpontra ér, az eredetileg alatta lévő levegő teljes mennyisége a kerékpárbelsőbe áramlik. A dugattyú mozgása ℓ hosszúságú szakaszon történik.

Feltételezzük, hogy a pumpa falai és a kerékpárbelsőé is tökéletesen diatermikusak, így hőmérsékletük, valamint a pumpatestben és a kerékpárbelsőben lévő levegő hőmérséklete mindig a külső légköriével azonos marad T_0 . Az egyetemes gázállandó R , a levegő adiabatikus kitevője pedig γ .

1. feladat

Az 1-es feladatban, tanulmányozd a pumpa – kerékpárbelső rendszer néhány állapotparaméterét és fejezd ki, esetenként, a kapott eredményeket p_0 , V_r , T_0 , R az N és k számok, valamint ℓ és x távolságok függvényében.

1.a. Határozd meg a levegő ν_k móljai számának kifejezését a kerékpárbelsőben, miután András k -szor pumpált levegőt a kerékpárbelsőbe.

1.b. Vezesd le a kerékpárbelsőben lévő levegő p_k nyomásának kifejezését, miután András k -szor pumpált.

1.c. A levegőnek $(k+1)$ -ik pumpálása során a szelep akkor nyílik ki, amikor a dugattyú x_{k+1} távolságra van a felső végponttól. Határozd meg az x_{k+1} távolságot.

1.d. Vezesd le a $p=p(x)$, a kerékpár pumpában lévő levegő nyomásváltozásának törvényét a $(k+1)$ -ik pumpáláskor, a dugattyú x távolságának függvényében, a felső végponthoz viszonyítva.

2. feladat

A 2-es feladatban tanulmányozd a kerékpárpumpában lévő levegő belső energiájának a változását, egy járat során, akkor amikor az elmozdul a felső és az alsó végpontok között, és fejezd ki az eredményeket a p_0 nyomás és V_r térfogat, valamint az N és k számok, az ℓ és x távolság és a γ adiabatikus kitevő függvényében.

2.a. Határozd meg a levegő belső energia $U = U_{(x)}$ függésének kifejezését a $(k+1)$ -ik pumpáláskor, ahol x az a távolság, amelyre a dugattyú található a felső végponthoz viszonyítva.

3. feladat

A 3-as feladatban vezesd le az András által kifejtett mechanikai munka kifejezését a kerékpárbelsőnek egy adott nyomásra való felfújása során és a légkör által a pumpa – kerékpárbelső rendszertől felvett hő mennyiségi kifejezését. Fejezd ki, esetenként, a kapott eredményeket az N , k és n számok, a p_0 nyomás, a V_r térfogat és a γ adiabatikus kitevő függvényében.

-
1. Az 1, 2, valamint a 3-as tételeket különböző, titkosított lapra kell megoldani.
 2. Egy adott tételben belül a diákok tetszőleges sorrendbe oldhatják meg az alpontokat.
 3. A munkaidő 3 óra, a tétel kiosztásának pillanatától számítva.
 4. A diákok használhatnak nem programozható számológépet.
 5. Minden tételt 10-től 1-ig osztályoznak (1 pont hivatalból jár). Az összpontszám a tételek pontszámainak összege.

3.a. A kerékpárbelső felfújása során, a dugattyú k_0 -al jelölt útja során, a levegő nyomása a kerékpárbelsőben eléri az $n \cdot p_0$ értéket, ahol n egynél nagyobb szám. Határozd meg a k_0 szám kifejezését.

3.b. Határozd meg az András által kifejtett mechanikai munka kifejezését, a pumpálás kezdeti pillanatától kezdve addig, amíg a levegő nyomása a kerékpárbelsőben eléri az $n \cdot p_0$ értéket. Feltételezzük hogy $N \cdot (n-1)$ egy természetes szám, valamint azt, hogy a henger fala és a dugattyú közötti súrlódás elhanyagolható.

3.c. Határozd meg, a 3.b. alpont körülményei között, a pumpa – kerékpárbelső rendszer levegője által cserélt Q hő a külső környezettel, a pumpálás kezdeti pillanatától addig, amíg a levegő nyomása a kerékpárbelsőben eléri az $n \cdot p_0$ értéket.

4. feladat

A 4-es feladatban számold ki egyes fizikai mennyiségek számértékét, melyek kifejezéseit már levezetted az 1, 2 és 3-as feladatban.

A megoldáshoz használd fel a következő fizikai mennyiségek számértékét és a megadott állandókat: $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $T_0 = 300 \text{ K}$, $V_r = 7,00 \text{ dm}^3$, $N = 20$, $p_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$, $\gamma = 1,40$ și $n = 2,51$.

4.a. Számold ki a kerékpárbelsőben tíz pumpálás után lévő gázmolekulák számát.

4.b. Számold ki a kerékpárbelsőben tíz pumpálás után lévő nyomás értékét.

4.c. Határozd meg a pumpálások számát, melyre a kerékpárbelsőben a nyomás eléri az $n \cdot p_0$ értéket.

4.d. Határozd meg az András által kifejtett mechanikai munka értékét a tizedik pumpálás során.

4.e. Határozd meg a Q_{10} hőmennyiség értékét, amit a pumpa – kerékpárbelső rendszer levegője cserél a külső környezettel, a tizedik pumpálás során.

Javasolta:

Conf. univ. dr. Adrian DAFINEI – Facultatea de Fizică – Universitatea București

Fordította: Boga Ferenc – Református Gimnázium, Szatmárnémeti

Laczka Zoltán – „I.C.Brătianu” Líceum, Szatmárnémeti

-
1. Az 1, 2, valamint a 3-as tételeket különböző, titkosított lapra kell megoldani.
 2. Egy adott tételben belül a diákok tetszőleges sorrendbe oldhatják meg az alpontokat.
 3. A munkaidő 3 óra, a tétel kiosztásának pillanatától számítva.
 4. A diákok használhatnak nem programozható számológépet.
 5. Minden tételt 10-től 1-ig osztályoznak (1 pont hivatalból jár). Az összpontszám a tételek pontszámainak összege.