A 2017/2018. tanévi
Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny
2. forduló

FIZIKA

II. kategória

Feladatok

A versenyzők figyelmét felhívjuk arra, hogy áttekinthetően és olvashatóan dolgozzanak. Amennyiben áttekinthetetlen és olvashatatlan részek vannak a dolgozatban, azok az értékelés szempontjából figyelmen kívül maradnak.

Előfordulhat, hogy valamelyik feladat megoldása során olyan egyenlet adódik, amelyiket csak numerikusan lehet megoldani. A numerikus értékek meghatározásánál három értékes jegynél pontosabb számolásra nincs szükség.

1. feladat

Egy távoli ország diktátora fenyegető ballisztikus rakétakísérletet hajt végre. A rakétát az első kozmikus sebességgel indítják a Déli-sarkról, és a rakéta az Egyenlítőnél csapódik be a tengerbe.

a) Határozzuk meg a rakéta ellipszis alakú pályájának fél nagytengelyét!

b) A függőlegeshez képest milyen szögben indult és milyen szögben csapódott be a rakéta?

c) Maximálisan mekkora távolságra távolodott el a rakéta a Föld felszínétől?

d) Mennyi idő telt el a kilövéstől a becsapódásig?

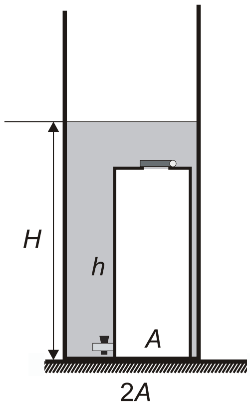
Útmutatás:

1. Első kozmikus sebességnek azt nevezzük, amellyel a Föld közvetlen közelében körpályán keringő mesterséges holdak mozognak.

2. Egy Föld körül ellipszispályán keringő mesterséges hold teljes mechanikai energiája
$$E = -\gamma \frac{mM}{2a}$$
alakban adható meg, ahol γ az egyetemes gravitációs állandó, m a mesterséges hold tömege, M a Föld tömege, $2a$ pedig az ellipszispálya nagytengelye.

3. A számítások során a Földet tekintsük 6400 km sugarú gömbnek, továbbá hanyagoljuk el a légkör, illetve a Föld forgásából és keringéséből adódó korrekciókat.

2. feladat



Egy $A = 1\,\mathrm{dm}^2$ keresztmetszetű, $h = 40\,\mathrm{cm}$ magasságú egyenes henger alakú tartály alján egy zárt csap, tetején pedig egy zárt szelep található. A szelep akkor nyit, amikor a tartályban lévő levegő nyomása $\Delta p = 20\,\mathrm{Hgcm}$-rel meghaladja a szelep feletti nyomást, majd ezt követően akkor zár, ha a külső és belső nyomások megegyeznek. (Az 1 Hgcm nyomás 1 cm magas higanyoszlop hidrosztatikai nyomásának felel meg.)

A tartályban $T_0 = 300\,\mathrm{K}$ hőmérsékletű, $p_0 = 76\,\mathrm{Hgcm}$ nyomású levegő található, melynek nyomása és hőmérséklete megegyezik a külső légnyomással és hőmérséklettel. Ahogy az ábrán látható, a tartály egy szintén egyenes henger alakú, $2A$ keresztmetszetű edény aljára van rögzítve, amelyben $H = 50\,\mathrm{cm}$ magasságig higany található.

a) A csapot kissé kinyitjuk, így azon olyan lassan áramlik át a higany, hogy a hőmérséklet mindenhol állandó T_0 értéken marad. Hány liter higany jut be a tartályba addig a pillanatig, amikor a szelep kinyit?

b) Egy másik alkalommal ugyanabból a kezdeti állapotból kiindulva teljesen kinyitjuk a csapot, így a higany olyan gyorsan áramlik át a csapon, hogy a tartályban lévő gáz állapotváltozása adiabatikusnak tekinthető. Ebben az esetben hány liter higany jut be a tartályba addig a pillanatig, amikor a szelep kinyit? (A higany hőmérsékletét, illetve sűrűségét állandónak tekinthetjük.)

c) Összesen hányszor nyit ki a szelep a fenti két esetben? Feltételezhetjük, hogy a higany átáramlása következtében a gáz állapotváltozása a későbbiek során is az *a)* esetben izotermikusan, a *b)* esetben adiabatikusan megy végbe. A szelep kinyitásakor a külső és a belső nyomás bizonyos mennyiségű levegőkiáramlással pillanatszerűen kiegyenlítődik, miközben a tartályban maradó levegő hőmérséklete nem változik. A szelep csak a tartályban lévő levegőből enged ki igen rövid idő alatt annyit, amennyi a túlnyomást megszünteti, de eközben higany nem jut át a szelepen.

3. feladat

Hosszú, vékony vezetékben f frekvenciájú, I_0 amplitúdójú szinuszos $I(t)$ váltakozó áram folyik. A vezetékre merőleges síkban az *a) ábrán* látható módon egy sokmenetes, n egyenletes menetsűrűségű, R középkör sugarú, $A \ll R^2\pi$ keresztmetszetű, légmagos toroidtekercset helyezünk el. A tekercs középkörének középpontja egybeesik az egyenes vezetékkel.

a) Mekkora a tekercs kivezetései között mérhető feszültség effektív értéke?

Ezután a tekercset a *b) ábrának* megfelelő módon elmozdítjuk, úgy, hogy a középpontja d távolságra legyen a vezetéktől.

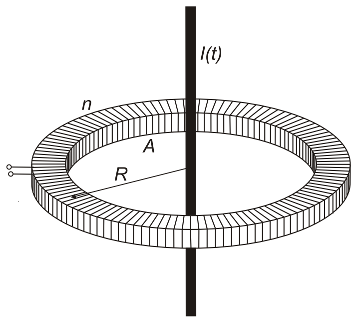
b) Mekkora most a tekercs kivezetései között mérhető feszültség effektív értéke?

Ezt követően a tekercset megdöntjük úgy, hogy a síkja α szöget zárjon be a függőlegessel a *c) ábrának* megfelelő módon.

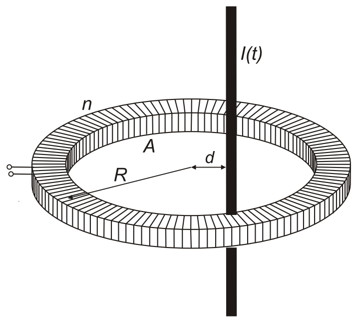
c) Mekkora most a tekercs kivezetései között mérhető feszültség effektív értéke?

Végül a hosszú vezetéket a távolban megfordítva visszavezetjük saját maga mellé a *d) ábrán* látható módon.

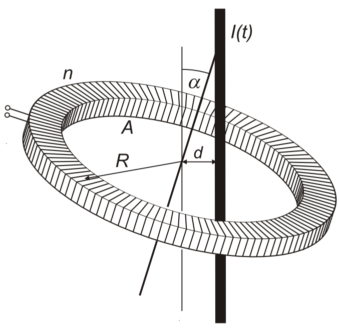
d) Mekkora most a tekercs kivezetései között mérhető feszültség effektív értéke?



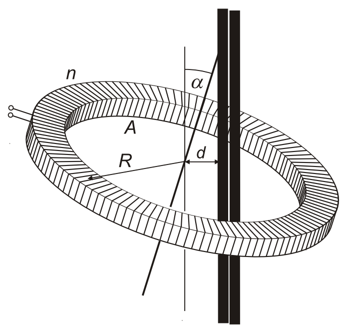
a)



b)



c)



d)

Útmutatás: A megoldás során felhasználhatjuk az Ampére-féle gerjesztési törvényt, amely szerint egy zárt görbe mentén a $\boldsymbol{B}$ mágneses indukcióvektor és a $\Delta\boldsymbol{s}$ ívelemvektor skaláris szorzatainak összege (ún. örvényerősség) a görbe által közrezárt áramerősség algebrai összegével arányos:

$$\overset{\bigcirc}{\sum} \boldsymbol{B} \cdot \Delta\boldsymbol{s} = \mu_0 I,$$

ahol a szummajel fölötti karika a zárt görbére utal. (Feltehetjük, hogy az f frekvencia nem túl nagy, így az egyenáramra érvényes Ampére-féle gerjesztési törvényt nem kell kiegészíteni egy új taggal a jobb oldalon.)