kategória
F+
10-12.
osztályosok

XVI. DÜRER VERSENY

Helyi forduló:
2022. november 18.

FIZIKA
FELADATSOR

Figyelem! *A teljes pontszám eléréséhez nem elegendő a megoldások számszerű közlése, levezetés és a logikai lépések szöveges indoklása is szükséges (pl. „Newton III. törvénye alapján...")!*

1. feladat (16 pont)

Egy α hajlásszögű lejtő tetején elhelyezett m tömegű test súrlódva csúszik a lejtőn. Ismert, hogyha a test és a lejtő közötti csúszási súrlódási együttható mindenhol azonos lenne, akkor a test egyenletesen gyorsulna, vagyis a sebessége az idő függvényében lineárisan növekedne. Mi azonban egy olyan különleges lejtőt használunk, ahol a test v sebessége (egy elhanyagolhatóan rövid kezdeti szakasz után) nem az idő, hanem a megtett út függvényében írható le az alábbi lineáris függvénnyel:

$$v(x) = C \cdot x,$$

ahol x a lejtő tetejétől mért távolság, C pedig egy konstans érték.

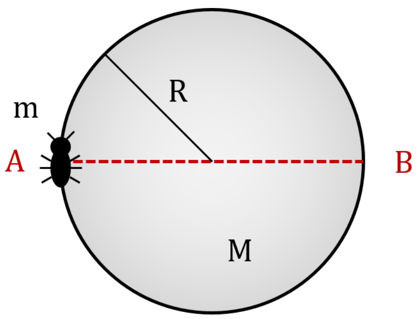
(a) Adjuk meg a csúszási súrlódási együttható $\mu(x)$ távolságfüggését!

(b) Milyen hosszú a lejtő, ha tudjuk, hogy a súrlódás éppen a lejtő alján szűnik meg teljesen?

(c) Mekkora energiát nyel el a súrlódás, mialatt a test leér a lejtő aljára?

2. feladat (21 pont)

Egy tóban kis méretű, M tömeggel és R sugárral jellemezhető fakorong úszik, melynek az átmérő mentén két átellenes pontját jelölje A illetve B. A korong szélén, az A jelű pontban, egy m tömegű hangya ül az *ábrán* látható módon. Ebből a helyzetből a hangya lassan átmászik a kerület mentén a B pontba.



(a) Mekkora a korong szögelfordulása a fent leírt folyamat során?

(b) Adjuk meg a hangya elmozdulását is!

Megjegyzés: A megoldás során a közegellenállás hatásától tekintsünk el!

3. feladat (21 pont)

A nyári melegben Andris megkíván egy hűs jegesteát, ezért lefőz egy liter teát, majd a teafű kivétele után, $T_0 = 80\,°\mathrm{C}$-osan beteszi a hűtőbe a kancsót. Ezt követően $t_1 = 16\,\mathrm{perc}$ elteltével kiönt magának egy pohárba 2,5 dl teát, de csalódottan tapasztalja, hogy még mindig meleg, a hőmérséklete $T_1 = 44\,°\mathrm{C}$, ezért tovább vár. Az első kiöntés után $t_2 = 30\,\mathrm{perccel}$ újra kiönt 2,5 dl-t, és ekkor már kellemesebb $T_2 = 17\,°\mathrm{C}$ a tea hőmérséklete, de ez még mindig nem az igazi, ezért Andris ezután is visszateszi a hűtőbe.

Mennyi időt kell még várnia Andrisnak a második pohár után, hogy a tea hőmérséklete az ideális $T_{\mathrm{id}} = 10\,°\mathrm{C}$ alá csökkenjen, és mennyi lesz a hőmérséklet nagyon hosszú idő elteltével?

Tegyük fel, hogy a hűtő belsejében a hőmérséklet állandó, és hogy a kancsó ideális hővezető anyagból készült, alakja pedig egy olyan henger, amelybe összesen egy liter tea fér, és ekkor a folyadékoszlop átmérője éppen fele a magasságának!

Segítség: A Newton-féle lehűlési törvény szerint egy T_0 kezdeti hőmérsékletű, C hőkapacitású test pillanatnyi hőmérséklete T_{k} hőmérsékletű környezetben az alábbi exponenciális függvény szerint változik:

$$T(t) = T_{\mathrm{k}} + (T_0 - T_{\mathrm{k}}) \cdot \mathrm{e}^{-\frac{\alpha A}{C} t},$$

ahol A a test felülete, α pedig a test és a környezet közötti hőátadási tényező.

Megjegyzés: Andris sajnos nem tudja, hogy a hűtőbe nem tanácsos forró dolgokat betenni, mert a lecsapódó pára idővel drasztikusan rontja a hűtő hatásfokát, ezért a verseny szervezői senkinek nem javasolják, hogy Andris példáját kövesse.

4. feladat (18 pont)

Mindentől távol található három koncentrikusan elhelyezkedő, vékonyfalú fémgömb, melyek sugarai rendre $R_1 < R_2 < R_3$. Az egyes gömbök töltése $Q_1 = +Q,\ Q_2 = Q_3 = -Q$.

(a) Mekkora a töltésrendszer teljes elektrosztatikus energiája?

(b) Adjuk meg a legbelső gömb elektromos potenciálját! Ehhez éljünk a szokásos választással, amikor is a potenciált a végtelenben tekintjük zérusnak.

5. feladat (24 pont)

Fémes szilárd anyagok vezetési elektronjainak leírása összetett fizikai probléma, amely a kvantummechanika tárgykörébe tartozik. Mégis, bizonyos feltételek teljesülése mellett az elektronok dinamikája a klasszikus fizika keretein belül is értelmezhető. Ilyenkor az elektronok pontszerű, töltött, szabad részecskékként modellezhetőek, amelyek sebessége, impulzusa és energiája közti kapcsolat azonban módosul a szilárdtest ionjainak hatására. Ez a klasszikus (vagy inkább *szemiklasszikus*) közelítés gyakorlati jelentőséggel is bír: számos mérési módszer, amelyekkel a szilárdtestek fontos mikroszkopikus tulajdonságaira következtethetünk, ezen alapszik.

Tekintsünk példaként egy kétdimenziós szilárd anyagot, amelynek elektronjai irányfüggő viselkedést mutatnak oly módon, hogy azok két egymásra merőleges kitüntetett irányban (jelölje ezeket x illetve y) különböző tömeggel jellemezhetőek. Pontosabban megfogalmazva, az elektron v_x illetve v_y sebességkomponensei és p_x illetve p_y impulzuskomponensei között a

$$p_x = M_x v_x \,, \quad p_y = M_y v_y$$

összefüggések állnak fenn, ahol M_x és M_y tömeg dimenziójú paraméterek. A rendszert síkjára merőleges, $\boldsymbol{B}$ indukciójú homogén mágneses mezőbe helyezzük. Milyen alakú pályát járnak be ekkor az elektronok, és mekkora a mozgásra jellemző periódusidő?

Megjegyzés: Tegyük fel, hogy az egyes elektronok közti kölcsönhatás elhanyagolható, továbbá a külső mező által kifejtett erő a sebesség és a mágneses indukcióvektor alapján a megszokott Lorentz-féle formula szerint számítható!

Használható segédeszközök: író- és rajzolóeszközök, számológép, függvénytáblázat, illetve a helyszínen minden csapat számára egy példányban kiosztott „Deriválás fizikus szemmel” segédlet.
A feladatok megoldására 180 perc áll a csapatok rendelkezésére.
Sikeres versenyzést kívánnak:

a szervezők