A 2. Nemzetközi Európai Fizikai Diákolimpia (EuPhO) elméleti feladatai

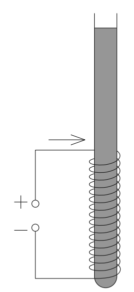
**(Dolgoprudnij, Oroszország,
2018. május 28.–június 1.)**

1. feladat. Három golyó. Három (A, B és C jelű) kicsi, egyforma, m tömegű golyó két elhanyagolható tömegű, ℓ hosszúságú rúddal van összekötve úgy, hogy az egyik rúd az A és B golyót, a másik rúd a B és C golyót kapcsolja össze. A B golyónál a kapcsolódás csuklós, így a rudak közötti szög akadálytalanul változhat. A rendszer a súlytalanság állapotában nyugalomban van, és a három golyó egy egyenes mentén helyezkedik el.

Az A golyónak pillanatszerűen a rudakra merőleges sebességet adunk. Mekkora lesz a rendszer ezt követő mozgása során az A és C golyók közötti minimális d távolság? (A súrlódás mindenhol elhanyagolható.)

2. feladat. Szolenoid. Egy $\ell = 20$ cm hosszúságú szolenoid egy üvegből készült, vízzel töltött, függőleges kémcső köré van tekercselve. A szolenoid termikusan el van szigetelve a víztől. A vízszint körülbelül $\ell = 20$ cm magasan van a szolenoid felső vége fölött, a kémcső átmérője 1 cm, a tekercs menetszáma $N = 6000$. A légköri nyomás $p_0 = 101$ kPa, a víz hőmérséklete 293 K. A víz mágneses szuszceptibilitása $\chi \equiv \mu_r - 1 = -9{,}04 \cdot 10^{-6}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m.

A szolenoidon átfolyó áramot lassan növeljük amíg a tekercsben lévő víz forrni kezd. Mekkora áramerősségnél következik ez be?

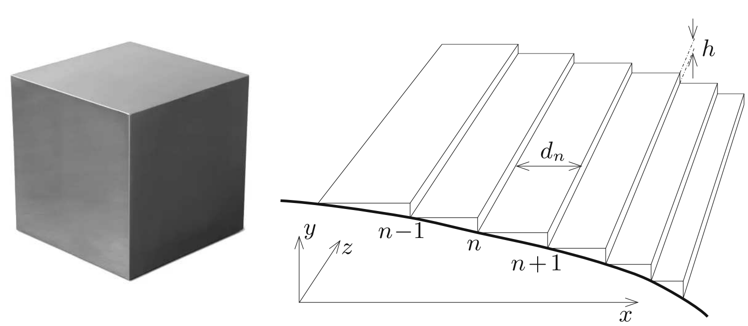


Ha szükséges, észszerű közelítések használata megengedett. Vegyük észre, hogy ez az áramerősség a mai technológia számára kissé nagy.

3. feladat. Lépcső. A testek egyensúlyi alakját gravitációmentes esetben a felületi energia minimuma határozza meg. Így például a vízcsepp egyensúlyi alakja gömb lesz, mert az azonos térfogatú testek közül a gömbnek a legkisebb a felszíne.

Alacsony hőmérsékleten a kristályok egyensúlyi alakja síklapokból állhat. A kristály felületének az a része, amely egy kicsiny φ szöget zár be egy ilyen síklappal, a valóságban egy, a síklapon ritkásan elhelyezkedő fokokból álló lépcső. A fokok magassága megegyezik a kristályrács h periódusával.

Az *ábra* egy bizonyos kristály $y(x)$ egyensúlyi felületprofilját és a hozzá tartozó mikroszkopikus lépcsőt ábrázolja vázlatosan, ahol n jelenti a lépcső sorszámát az $x = 0$ helytől számolva. A profil alakja $x > 0$ esetén az $y(x) = -(x/\lambda)^{3/2}h$ függvénnyel közelíthető, ahol $\lambda = 45$ μm és $h = 0{,}3$ nm.



a) Fejezzük ki a szomszédos lépcsők közötti d_n távolságot n függvényében $n \gg 1$ esetében!

b) Két lépcső E kölcsönhatási energiája függ a lépcsők közötti d távolságtól:

$$E(d) = \mu\, d^{\nu}, \tag{1}$$

ahol μ egy állandó. Tegyük fel, hogy csak a szomszédos lépcsők között van kölcsönhatás. Határozzuk meg a ν együttható numerikus értékét!