

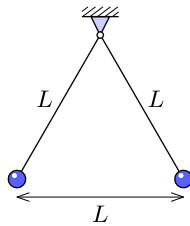
Fizika i, 2023 tavaszi félév, 5. gyakorlat

Szükséges előismeretek: Coulomb-törvény, elektromos térerősségvektor, erővonalak, szuperpozíció;

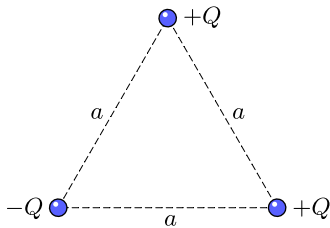
Órai munkára javasolt feladatok

F1. Hányszor nagyobb a hidrogénatomban a (klasszikus részecskéknek tekintett) proton és elektron közötti elektromos vonzóerő, mint a gravitációs erő?

F2. Közös pontban felfüggesztettünk két azonos, L hosszúságú fonálingát. A fonalak végén lévő, azonos tömegű kis golyóknak Q töltést adunk, aminek következtében a fonalak az ábrán látható módon ágaznak szét. Határozzuk meg a golyók m tömegét!



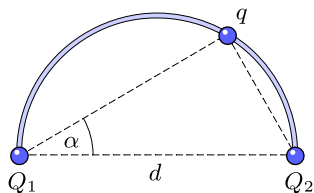
F3. Egy $a = 10$ cm oldalú szabályos háromszög csúsaiban pontszerű, $+Q$, $+Q$ és $-Q$ töltések helyezkednek el, ahol $Q = 10$ nC.



a) Adjuk meg az egyik $+Q$ töltésre ható eredő elektromos erő nagyságát és irányát!

b) Mekkora és milyen irányú az elektromos térerősség a háromszög középpontjában?

F4*. Egy $d = 20$ cm átmérőjű, szigetelő anyagból készült töltetlen félkörív két végpontjában egy-egy pozitív előjelű $Q_1 = 2 \cdot 10^{-8}$ C és $Q_2 = 10^{-8}$ C töltés van rögzítve. A félköríven szabadon csúszkálhat egy q töltésű pontszerű test. Mekkora α szöggel jellemezhető a pontszerű test egyensúlyi helyzete? A q töltés milyen előjele esetén lesz az egyensúly stabil, illetve instabil? (A nehézségi erő elhanyagolható.)



F5*. Homogén elektromos mező térerőssége $\mathbf{E} = E_0 \hat{\mathbf{y}}$ (ahol E_0 konstans, $\hat{\mathbf{y}}$ pedig az y irányú egységvektort jelöli). Egy m tömegű, $+Q$ töltésű részecske az

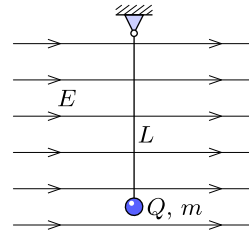
origóból indul $\mathbf{v} = v_0 \hat{\mathbf{x}}$ kezdősebességgel. Adjuk meg a részecske pályájának $y(x)$ egyenletét! (A nehézségi erő elhanyagolható.)

F6*. Tekintsünk egy Q töltéssel egyenletesen feltöltött R sugarú körgyűrűt!

a)* Határozzuk meg a gyűrű tengelye mentén az elektromos térerősséget a középponttól mért x távolság függvényében!

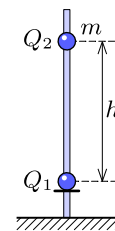
b)** Mutassuk meg, hogy a tengely mentén a térerősség a gyűrű középpontjától $x = R/\sqrt{2}$ távolságban maximális!

F7*. Az ábrán látható $L = 20$ cm hosszúságú, elhanyagolható tömegű szigetelő fonal végére $m = 2 \cdot 10^{-3}$ g tömegű, $Q = 10^{-8}$ C töltésű, kis méretű testet kötünk. Hirtelen homogén, $E = 10^3$ N/C térerősségű, vízszintes irányú elektromos mezőt hozunk létre.



Számítsuk ki a)* a fonál maximális kitérését; b)** a test által elért legnagyobb sebességet!

F8.** Függőleges, szigetelő rúd alján egy kis ütőköző van rögzítve. Az ütőközőn egy, a rúdra felfűzött Q_1 töltésű kis gyöngy nyugszik, fölötte a rúdon pedig egy azonos előjelű, Q_2 töltésű, m tömegű gyöngy található.



a) Egyensúlyban mekkora a két gyöngy középpontja közötti h távolság?

b) Mekkora periódusidővel rezeg a felső gyöngy, ha egyensúlyi helyzetéből kicsit kitérítjük?

F9.** Egy $+\lambda$ vonalmenti töltéssűrűségű, L hosszúságú szigetelő szára egy $-Q$ töltésű, m tömegű kicsiny gyöngy van felfűzve. Kezdetben a gyöngy a szál közepén helyezkedik el. Mekkora periódusidővel rezeghet a gyöngy az egyensúlyi helyzete körül kis kitérések esetén?

Otthoni gyakorlásra szánt feladatok

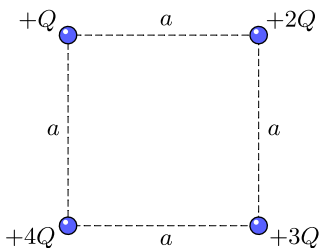
H1. Hogyan lehet feltölteni egy elektroszkópot szőrmével dörzsölt műanyagrúddal

- negatív töltésre;
- pozitív töltésre?

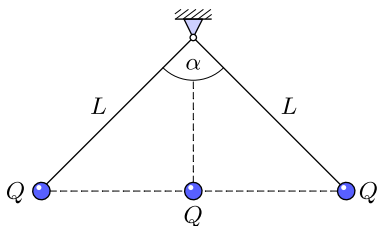
H2*. Egy $+3 \mu\text{C}$ töltés az $x = 4 \text{ cm}$, $y = 0$ pontban, egy $-2 \mu\text{C}$ töltés pedig az $x = 0$, $y = 5 \text{ cm}$ koordinátájú pontban helyezkedik el. Mekkora erő hat az origóban lévő $+6 \mu\text{C}$ nagyságú töltésre?

H3*. Egy $a = 10 \text{ cm}$ oldalú négyzet csúcsaiban négy egyforma, $Q = +2 \text{ nC}$ nagyságú ponttöltés helyezkedik el. Mekkora az egyik töltésre ható eredő elektromos erő nagysága?

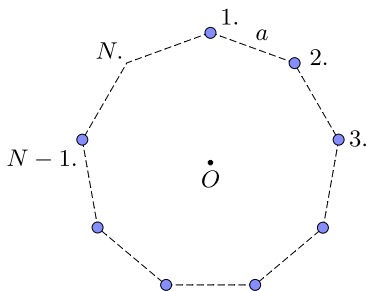
H4*. Egy $a = 10 \text{ cm}$ oldalú négyzet csúcsaiban négy, rendre $+Q$, $+2Q$, $+3Q$ és $+4Q$ nagyságú töltés helyezkedik el az ábrán látható módon, ahol $Q = 10 \text{ nC}$. Adjuk meg az elektromos térerősség nagyságát és irányát a négyzet középpontjában!



H5*. Közös pontban felfüggesztettünk két azonos, $L = 30 \text{ cm}$ hosszúságú fonálingát. A fonalak végén lévő, egyforma $m = 1 \text{ g}$ tömegű kis golyóknak egyforma Q töltést adunk, és a két golyó közé még egy harmadik, Q töltésű pontszerű testet helyezünk. Egyensúlyban a két fonál által bezárt szög $\alpha = 90^\circ$. Mekkora a Q töltés nagysága és mekkora erő feszíti a fonalakat?



H6*. Egy a oldalhosszúságú, N oldalú szabályos sokszög $N - 1$ darab csúcsában egyforma $+Q$ töltések helyezkednek el. A sokszög egyik csúcsában nincs töltés. Mekkora és milyen irányú az elektromos térerősség a sokszög középpontjában?



H7*. Két függőlegesen álló, nagy kiterjedésű, párhuzamos fémlemez közé feszültséget kapcsolunk, melynek következtében közöttük homogén, vízszintes irányú elektromos mező alakul ki. Ebben a térben súlytalan fonálra függesztünk egy $0,6 \text{ g}$ tömegű, 20 nC töltésű testet. Azt tapasztaljuk, hogy a fonál a függőlegestől 20° -kal tér ki. Mekkora a lemezek közötti térerősség?

H8*. Egy elektron 10^7 m/s kezdősebességgel jut be egy 10 cm hosszú, 10^4 N/C térerősségű homogén elektromos mezőbe a térerősség irányában haladva.

a) Mennyi ideig mozog az elektron ebben a mezőben, és hol lesz a belépés után $9 \cdot 10^{-9} \text{ s}$ múlva?

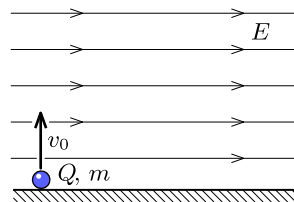
b) Mekkora térerősség esetén futna végig a mezőben?

c) Mennyi ideig mozog és mekkora végsebességet ér el az elektron, ha a térerősség irányával szemben jut be a mezőbe a fenti kezdősebességgel?

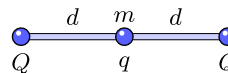
H9*. Vízszintes irányban $v = 8 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ sebességgel mozgó elektron egy kondenzátor két vízszintes eltérítő lemeze közé repül. A lemezek 5 cm hosszúak és a közöttük lévő távolság 1 cm . A lemezek közötti elektromos térerősség 600 N/C . Mekkora az a szög, amelyet a lemezek közül éppen kilépő elektron sebességvektorának iránya a vízszintessel bezár?

(Hanyagoljuk el a nehézségi erőt, valamint a lemezek szélénél az elektromos mező inhomogenitását.)

H10.** Az ábrán látható vízszintes asztallapon álló m tömegű, Q töltésű anyagi pontot függőleges v_0 kezdősebességgel felfelé indítjuk. Az indítási helytől mekkora távolságra és mekkora sebességgel esik vissza az asztalra, ha a nehézségi erőn kívül E térerősségű, vízszintes irányú elektromos tér is hat rá? Milyen pályán mozog a töltés?



H11.** Egy $2d$ hosszúságú töltetlen szigetelő szál két végpontjában egy-egy Q töltés van rögzítve. A szálon súrlódásmentesen csúszhat egy q töltésű, m tömegű kis gyöngyszem. Mekkora periódusidővel rezeg a gyöngyszem az egyensúlyi helyzete körül, ha onnan kicsit kitérítjük?



Jelmagyarázat: nincs csillag = csak normál gyakorlatokra, * = normál és iMSc gyakorlatokra, ** = csak iMSc gyakorlatokra; a **kékkkel** kiemelt feladatok a kisZH-ra készüléshez ajánlottak;

Megoldások

$$\mathbf{F1.} \quad \frac{F_e}{F_g} = \frac{k e^2}{\gamma m_e m_p} = 2,3 \cdot 10^{39}.$$

$$\mathbf{F2.} \quad m = \frac{\sqrt{3} k Q^2}{g L^2}.$$

$$\mathbf{F3.} \quad a) \quad F_{\text{eredő}} = k \frac{Q^2}{a^2} = 9 \cdot 10^{-5} \text{ C},$$

$$b) \quad E_{\text{eredő}} = 6k \frac{Q}{a^2} = 5,4 \cdot 10^4 \text{ N/C}.$$

F4. $\alpha = \arctan \sqrt[3]{Q_2/Q_1} = 38,4^\circ$, az egyensúly stabil, ha q pozitív és instabil, ha q negatív.

$$\mathbf{F5.} \quad y(x) = \frac{Q E_0}{2 m v_0^2} x^2.$$

$$\mathbf{F6.} \quad a) \quad E(x) = k Q \frac{x}{(x^2 + R^2)^{3/2}},$$

$$b) \quad E'(x) = 0, \text{ ha } x = \pm R/\sqrt{2}.$$

F7. a) A maximális szögkitérés:

$$2\alpha = 2 \arctan \frac{QE}{mg} = 53,1^\circ.$$

$$b) \quad v_{\max} = \sqrt{2 \sqrt{g^2 + \frac{Q^2 E^2}{m^2}} L (1 - \cos \alpha)} = 0,69 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$\mathbf{F8.} \quad a) \quad h = \sqrt{\frac{k Q_1 Q_2}{mg}}.$$

$$b) \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{mh^3}{2kQ_1Q_2}} = 2\pi \sqrt{\frac{h}{2g}}.$$

$$\mathbf{F9.} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{mL^2}{8kQ\lambda}}.$$