

TEHTÄVIEN RATKAISUT

- 13-1.** Elektronin kiihtyvyyden suunta on sähkökentässä kenttäviivojen suuntaa vastaan, koska elektroniin kohdistuu sähkökentälle vastakkaisuuntainen sähköinen voima. Kiihtyvyyden suuruus on

$$a = \frac{|q|E}{m} = \frac{1,602\,177\,3 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 390 \text{ V/m}}{9,109\,389\,7 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} \approx 6,85940 \cdot 10^{13} \text{ m/s}^2 \\ \approx 6,9 \cdot 10^{13} \text{ m/s}^2.$$

- 13-2.** Koska kenttä on homogeeninen, on hiukkaseen vaikuttava sähköinen voima ja sen takia myös kiihtyvyys sama kaikkialla kentässä. Elektronilla on sama kiihtyvyys kaikissa pisteissä. Suurin potentiaali on pisteissä A ja B.

- 13-3.** Koska protoni lähtee levosta, sen liike-energia on sama kuin sähköisen voiman tekemä työ siirryttäessä potentiaalista 150 V potentiaaliin 0 V eli

$$E_{\text{kin}} = W = q(U_{\text{loppu}} - U_{\text{alku}}) = e \cdot (0\text{V} - (-150 \text{ V})) \\ = 1,602\,177\,3 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 150 \text{ V} \\ = 24,0327 \cdot 10^{-18} \text{ J} \approx 24 \text{ aJ}.$$

- 13-4. a)** Elektroniin kohdistuvan sähköisen voiman suuruus on

$$F = E|q| = 3,5 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 1,6021773 \cdot 10^{-19} \text{ C} \approx 5,6 \cdot 10^{-16} \text{ N}.$$

Voiman suunta on sähkökentälle vastakkainen, koska elektronin varaus on negatiivinen.

- b)** Maan vetovoiman suuruus on

$$F = mg = 9,1093897 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 8,9 \cdot 10^{-30} \text{ N}.$$

Voiman suunta on sama kuin gravitaatiokentän suunta.

c) Maan vetovoiman eli gravitaatiovoiman vaikutus on täysin merkityksetön sähköiseen voimaan verrattuna.

13-5. a) Elektronin liike-energia 2,5 keV on jouleina

$$2,5 \cdot 10^3 \cdot 1,602\,177\,3 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 4,0 \cdot 10^{-16} \text{ J}.$$

b) Energia $28 \cdot 10^{-28} \text{ J}$ elektronivolteina on

$$\frac{28 \cdot 10^{-18}}{1,602\,177\,3 \cdot 10^{-19}} \text{ eV} \approx 170 \text{ eV}.$$

13-6. a) Negatiiviseen hiukkaseen vaikuttavan sähköisen voiman suunta on päinvastainen kuin kenttäviivojen suunta. Tällöin hiukkasen kiihtyvyys ja nopeus ovat vastakkaisuuntaiset, joten hiukkanen on hidastuvassa liikkeessä. Jos liike jatkuu pitkään, hiukkasen liikesuunta muuttuu kiihtyvyyden suuntaiseksi, jolloin hiukkanen on kiihtyvässä liikkeessä vastakkaiseen suuntaan kuin mihin se alun perin liikkui.

b) Hiukkasen liikkuu samaan suuntaan kuin mihin sähköisen voiman aiheuttama kiihtyvyys osoittaa, joten hiukkanen on kiihtyvässä liikkeessä tähän suuntaan.

c) Hiukkaseen vaikuttava sähköinen voima aiheuttaa hiukkaselle kiihtyvyyden vastakkaiseen suuntaan kuin mihin kenttäviivat osoittavat, jolloin sen rata kaareutuu siihen suuntaan.

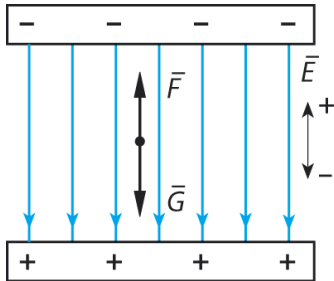
13-7. Koska pisara pysyy paikallaan, on alaspäin vaikuttavan painon $G = mg$ ja ylöspäin vaikuttavan sähköisen voiman F oltava yhtä suuria eli $G = F$.

Koska johdelevyt ovat yhdensuuntaiset, niiden välissä on homogeeninen sähkökenttä ja levyjen välinen jännite on $U = Ed$ eli $E = \frac{U}{d}$. Sähköinen voima on siten $F = qE = q \frac{U}{d}$.

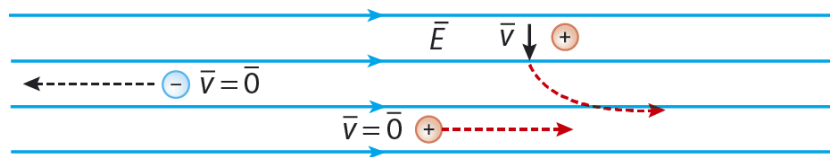
Yhtälö $G = F$ tulee silloin muotoon $mg = q\frac{U}{d}$.

Tästä voidaan ratkaista levyjen välinen jännite U :

$$U = \frac{mgd}{q} = \frac{35 \cdot 10^{-15} \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,012 \text{ m}}{22 \cdot 1,6021773 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \approx 1,2 \text{ kV}.$$



13-8.



13-9. $E = 1,9 \text{ kV/m}$, $q = 1,602\ 177\ 3 \cdot 10^{-19} \text{ C}$,

$$m = 1,672\ 623\ 1 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, t = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ s}, v_0 = 0 \text{ m/s}$$

a) Protoni liikkuu homogeenisessa sähkökentässä kenttäviivojen suuntaan tasaisesti kiihtyen, koska siihen vaikuttaa sähkökentän kenttäviivojen suuntainen sähköinen vakiovoima. Newtonin II lain mukaan sähköinen voima antaa protonille kiihtyvyyden

$$\bar{a} = \frac{\bar{F}}{m} = \frac{q\bar{E}}{m}.$$

Koska protoni lähtee levosta, protonin nopeudeksi saadaan

$$v = at = \frac{qE}{m}t = \frac{1,602\,177\,3 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1,9 \cdot 10^3 \text{ V/m}}{1,672\,623\,1 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} \cdot 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$
$$\approx 0,1820 \cdot 10^6 \text{ m/s} = 180 \text{ km/s.}$$

b) Protonin kulkema matka on

$$s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1,602\,177\,3 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1,9 \cdot 10^3 \text{ V/m}}{1,672\,623\,1 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} \cdot (1,0 \cdot 10^{-6} \text{ s})^2$$
$$\approx 0,091 \text{ m.}$$