

FY6 Sähkö

1.11 a) $m = \frac{Q}{c} = \frac{-4.2 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{-1.60218 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \approx 2.62143 \cdot 10^{10} = 2.6 \cdot 10^{10}$
 b) $m = \frac{Q}{e} = \frac{3.5 \cdot 10^{-12} \text{ C}}{1.60218 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \approx 2.185 \cdot 10^7 \approx 2.2 \cdot 10^7$
 c) $Q = me = 1.0 \cdot 10^9 \cdot 1.60218 \cdot 10^{-19} \text{ C} \approx 1.6 \cdot 10^{-10} \text{ C} \approx 0.16 \text{ nC}$

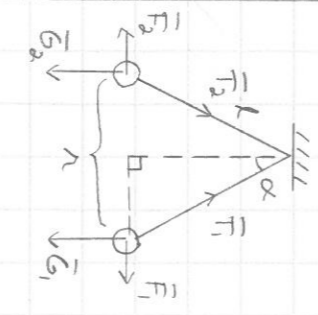
1.13 Metalligallat ovat samanlaiset \Rightarrow yhdistämisen jälkeen palloissa on sama varaus = alkuperäisten varauksen keskiarvo

a) $Q = \frac{Q_A + Q_B}{2} = \frac{4.0 \text{ nC} + 10.0 \text{ nC}}{2} = 7.0 \text{ nC}$
 b) olotilasta riittyy: $A \rightarrow B$

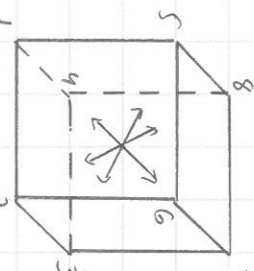
2.7 a) $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \Rightarrow Q_2 = \frac{F r^2}{k Q_1} = \frac{13 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot (0.17 \text{ m})^2}{8.98755 \cdot 10^9 \text{ N} \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot 2.5 \cdot 10^{-6} \text{ C}} \approx 2.4438 \cdot 10^{-8} \text{ C}$
 Nettovaraukset $\Rightarrow Q_2 < 0 \Rightarrow Q_2 \approx -24 \text{ nC}$

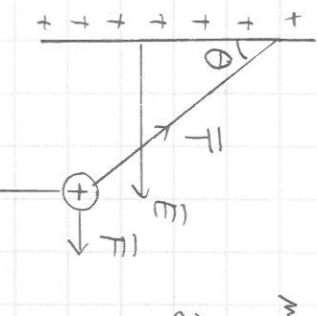
2.14 $Q_1 = \underbrace{F_2}_{n_1} \leftarrow \underbrace{Q_2}_{n_2} \rightarrow \underbrace{F_1}_{n_1} \oplus Q_2$
 $Q_1 = 15 \text{ nC}, Q_2 = 45 \text{ nC}$
 $Q_1 = 16 \text{ nC}, Q_2 = 4.0 \text{ nC}$
 $Q = 3.0 \text{ nC}$
 $\Sigma F = F_1 - F_2 = k \frac{Q_1 Q}{r_1^2} - k \frac{Q_2 Q}{r_2^2}$
 $= 8.98755 \cdot 10^9 \text{ N} \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot 3.0 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot \left(\frac{16 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{(0.15 \text{ m})^2} - \frac{4.0 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{(0.45 \text{ m})^2} \right)$
 $\approx 1.91734 \cdot 10^{-5} \text{ N} - 5.32596 \cdot 10^{-5} \text{ N}$
 $\approx 1.8641 \cdot 10^{-5} \text{ N} \approx 19 \mu\text{N}$ kohti Q_2 : kohti

2.16 $\oplus Q_A \oplus \leftarrow \underbrace{F_1}_{n_1} \oplus \underbrace{F_2}_{n_2} \rightarrow \oplus Q_B \ominus \rightarrow \underbrace{F_3}_{n_2} \oplus \oplus Q_C$
 $\Sigma \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$
 $\Sigma F = -F_1 + F_2 = -k \frac{Q \cdot Q}{r^2} + k \frac{Q \cdot 2Q}{(2r)^2} = -k \frac{Q^2}{r^2} + \frac{1}{2} k \frac{Q^2}{r^2}$
 $= -\frac{1}{2} k \frac{Q^2}{r^2} < 0$ kohti vasemmalle
 $NII: \Sigma F = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} \uparrow \uparrow \vec{F} \Rightarrow \vec{a}$ kohti A: ta

2.17 $l = 2.5 \text{ m}, m = 12 \text{ mg}, \lambda = 11 \text{ cm}$

 $\tan \alpha = \frac{F_1}{G} = \frac{k \frac{Q \cdot Q}{r^2}}{mg} = \frac{k Q^2}{mg r^2} \cdot \sqrt{\frac{m g r^2 \tan \alpha}{k Q^2}} = \frac{k Q^2}{mg r^2} \cdot \sqrt{\frac{1.2 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 3.81 \frac{\text{m}}{\text{kg}} \cdot (0.11 \text{ m})^2 \cdot \tan 1.261^\circ}{8.98755 \cdot 10^9 \text{ N} \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2}}}$
 $\Rightarrow \alpha \approx 1.261^\circ$
 Pallo on tasapainossa: $\Sigma \vec{F} = \vec{G} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$
 \Rightarrow riittävät muodot ratkaisuun

3.7 $Q = 1.0 \text{ nC}, F_2 = 2.5 \text{ mN}$
 $\Rightarrow F = \frac{F}{Q} = \frac{2.5 \cdot 10^{-3} \text{ N}}{1.0 \cdot 10^{-9} \text{ C}} = 2.5 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 2.5 \frac{\text{MN}}{\text{C}}$ vertikaalisuon x-akseliin suuntaan
 $Q = 1.5 \cdot 10^{16} \frac{\text{m}}{\text{kg}}, Q = -e, m = 9.10938 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
 $F = |Q|E = eE = ma \quad | : e$
 $\vec{E} \leftarrow \vec{F} \rightarrow \vec{a}$
 $(\Rightarrow) E = \frac{ma}{e} = \frac{9.10938 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 1.5 \cdot 10^{16} \frac{\text{m}}{\text{kg}}}{1.60218 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \approx 85284.2 \frac{\text{N}}{\text{C}} \approx 85 \frac{\text{kN}}{\text{C}}$

3.15 \Rightarrow varaus Q_2 ($n = 1, 2, \dots, 8$) ovat yhtäsuuret jonne osat yhtä suurena suhtien kaikkien suhteen $\Rightarrow E_i$: t ovat yhtäsuuret

 $\Rightarrow \vec{E} = (\vec{E}_1 + \vec{E}_2) + (\vec{E}_2 + \vec{E}_8) + (\vec{E}_3 + \vec{E}_7) + (\vec{E}_4 + \vec{E}_6) = \vec{0}$
 $m = 0.18 \text{ g}; Q = 0.85 \text{ nC}; \theta = 33^\circ$

3.17 $m = 0.18 \text{ g}; Q = 0.85 \text{ nC}; \theta = 33^\circ$
 Yhdistämisen jälkeen $\vec{F} \Rightarrow \sigma' > 0$
 Pallo on tasapainossa $\Rightarrow \Sigma \vec{F} = \vec{G} + \vec{F} + \vec{T} = \vec{0}$
 \Rightarrow riittävät muodot ratkaisuun

 $\tan \theta = \frac{F}{G} = \frac{QE}{mg} = \frac{Q \frac{\sigma'}{\epsilon_0}}{mg} = \frac{Q \frac{\sigma'}{\epsilon_0}}{mg} \cdot \frac{1}{Q} \cdot mg \epsilon_0$
 $(\Rightarrow) \sigma' = \frac{mg \epsilon_0 \tan \theta}{Q} = \frac{0.18 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 8.85419 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \cdot \tan 33^\circ}{0.85 \cdot 10^{-9} \text{ C}} \approx 1.19491 \cdot 10^{-5} \frac{\text{C}}{\text{m}^2} \approx 12 \frac{\mu\text{C}}{\text{m}^2}$

4.8 \vec{E} diagram showing potential differences: 500V, 400V, 300V, 200V, 100V, 0V.
 Yhtälösuhteiset jännitearvot \Rightarrow riittävät on homogeeninen sähkökenttä
 c) $E = \frac{U}{l} = \frac{500 \text{ V}}{0.050 \text{ m}} = 10000 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 10 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$

4.9 a) $V_B > V_A$; \vec{E} on kohtisuora potentiaalilinjojen (+) vastakkaiseen suuntaan
 b) $\vec{F}_A = \vec{F}_B$; $\vec{F} = Q\vec{E}$ jos \vec{E} on riittävä
 $x = 17 \text{ mm}, E = 13 \frac{\text{N}}{\text{C}}$
 $\Delta E_{AB} = E_B - E_A = Q(V_B - V_A) = Q U_{BA} = Q U_{AB} = Q U_{BA}$
 $= -1.60218 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 13 \frac{\text{N}}{\text{C}} \cdot 17 \cdot 10^{-3} \text{ m} \approx -3.54082 \cdot 10^{-20} \text{ J} \approx -3.5 \cdot 10^{-20} \text{ J}$
 $\Delta E_{AB} = Q \Delta \phi = -e \cdot 13 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 17 \cdot 10^{-3} \text{ m} = -0.221 \text{ eV} \approx -0.22 \text{ eV}$

4.10 a) $E = \frac{U}{l} \Rightarrow$ keskimääräinen sähkökenttä
 $U (210 \text{ V})$ ja E
 b) vauhti ja kiihtyminen: $\vec{E} \leftarrow$; \vec{a} oikealle: \vec{E} ja \vec{E} on kohtisuora potentiaalilinjojen suuntaan
 a) $Q = 31 \text{ mC}, W = 4.2 \text{ J}$
 $W = QU \Rightarrow U = \frac{W}{Q} = \frac{4.2 \text{ J}}{31 \cdot 10^{-3} \text{ C}} \approx 135.484 \text{ V} \approx 140 \text{ V}$
 $V_A = -120 \text{ V}, V_B = 95 \text{ V}, Q = 2e$
 $W = QU_{AB} = Q(V_A - V_B)$
 $= 2 \cdot 1.60218 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot (-120 \text{ V} - 95 \text{ V})$
 $\approx -6.88937 \cdot 10^{-17} \text{ J} \approx -6.9 \cdot 10^{-17} \text{ J}$

4.13 $W = QU = 2e \cdot (-120 \text{ V} - 95 \text{ V}) = -430 \text{ eV}$
 THT: $W = QU = 2e \cdot (-120 \text{ V} - 95 \text{ V}) = -430 \text{ eV}$
 Huom. Vauhti \vec{E} on riittävän suuri varjoa kohti
 Huom. \vec{E} on riittävän suuri varjoa kohti
 $W < 0$