

## TEHTÄVIEN RATKAISUT

7-1. 1D, 2B, 3E, 4C ja 5A

7-2. a) Käyttöjännite on 19 V. Sähkövirta on suurimmillaan 2,1 A. Sähkövirran suuruus kuitenkin vaihtelee koneen käyttötavasta riippuen.

b) Sähköteho on 40 W.

c) Yhden tietokoneen 4 tunnissa käyttämä energia kilowattitunteina on

$$E = Pt = 0,040 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} = 0,16 \text{ kWh.}$$

Kun koneita on 200,  $E_{\text{kok}} = 200 \cdot 0,16 \text{ kWh} = 32 \text{ kWh}$ .

Kustannukset ovat  $32 \text{ kWh} \cdot 14 \text{ snt/kWh} \approx 4,5 \text{ €}$ .

7-3. a) Lampun  $L_1$  kirkkaus kasvaa, koska lampun läpi kulkeva sähkövirta kasvaa: piirin resistanssi pienenee, koska sähkövirta kulkee katkaisijan kautta, ei lampun  $L_3$  kautta.

b) Lampun  $L_2$  jännitehäviö kasvaa, koska pariston napajännite jakautuu vain lamppujen  $L_1$  ja  $L_2$  kesken. Sähkövirta kulkee katkaisijan kautta, ei lampun  $L_3$  kautta.

c) Tehohäviö lampussa  $L_2$  kasvaa, koska lampun  $L_2$  läpi kulkeva sähkövirta kasvaa: tehohäviö lasketaan yhtälöstä  $P = RI^2$ .

7-4. Koska lamput eivät ole keskenään samanlaisia, johtopäätöstä ei voida tehdä pelkästään lampussa kulkevan sähkövirran perusteella. Tarkastellaan lamppujen tehonkulutusta. Lasketaan ensin sähkövirta eri tilanteissa ja Joulen lain avulla lamppujen sähkötehon tuotto.

a) Sähkövirta on  $I = \frac{U}{R} = \frac{4,5 \text{ V}}{4,0 \Omega} = 1,125 \text{ A}$  ja

sähköteho  $P = RI^2 = 4,0 \Omega \cdot (1,125 \text{ A})^2 \approx 5,1 \text{ W}$ .

b) Sähkövirta on  $I = \frac{U}{R} = \frac{4,5 \text{ V}}{6,0 \Omega} = 0,75 \text{ A}$  ja

sähköteho  $P = RI^2 = 6,0 \Omega \cdot (0,75 \text{ A})^2 \approx 3,4 \text{ W}$ .

c) Sähkövirta on  $I = \frac{U}{R} = \frac{9,0 \text{ V}}{1,5 \Omega} = 6,0 \text{ A}$  ja

sähköteho  $P = RI^2 = 1,5 \Omega \cdot (6,0 \text{ A})^2 = 54 \text{ W}$ .

d) Sähkövirta on  $I = \frac{U}{R} = \frac{9,0 \text{ V}}{7,0 \Omega} = 1,2857 \text{ A} \approx 1,3 \text{ A}$  ja

sähköteho  $P = RI^2 = 7,0 \Omega \cdot (1,2857 \text{ A})^2 \approx 12 \text{ W}$ .

Kohdan c) lampun teho on suurin ja lamppu palaa kirkkaimmin.

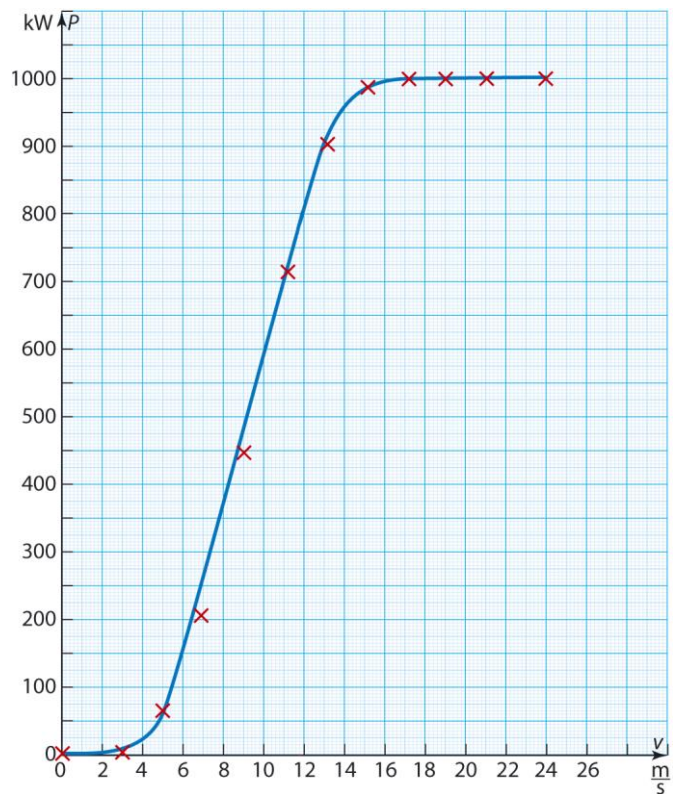
7-5. Säästö on  $1000 \text{ kW} \cdot 0,14 \text{ €/kWh} = 140 \text{ €}$ .

- 7-6. Digiboksin sähköteho on  $1,5 \text{ W} = 0,0015 \text{ kW}$ . Koska televisiota käytetään 3 tuntia vuorokaudessa, on digiboksi valmiustilassa 21 tuntia vuorokaudessa ja vuodessa  $365 \cdot 21 \text{ h}$ . Digiboksin vuodessa käyttämä energia kilowattitunteina on

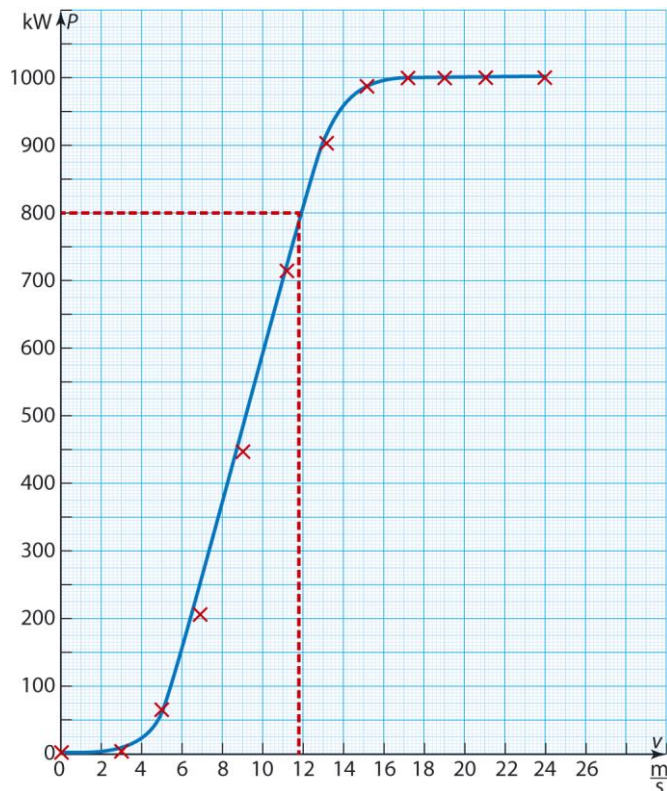
$$E = Pt = 0,0015 \text{ kW} \cdot 365 \cdot 21 \text{ h} \approx 11,4975 \text{ kWh}.$$

Kustannukset vuodessa ovat  $11,4975 \text{ kWh} \cdot 0,14 \text{ €/kWh} \approx 1,6 \text{ €}$ .

- 7-7. a) Voimalaitoksen teho  $P$  riippuu tuulen nopeudesta  $v$  kuvaajan mukaisesti.



b)



Kuvaajan mukaan tehoa  $P = 800$  kW vastaavaksi tuulen nopeudeksi saadaan  $v \approx 12$  m/s.

c) Voimalaitoksen keskimääräinen teho vuonna 2006 oli

$$P_k = \frac{E}{t} = \frac{2517 \text{ MWh}}{365 \cdot 24 \text{ h}} = 0,2873 \text{ MW} \approx 290 \text{ kW}.$$

7-8. Veden nostamiseksi tehtävä työ on  $E_p = mgh$  ja pumpun tekemä työ  $E_{\text{pumppu}} = \eta Pt$ .

Yhtälöstä  $\eta Pt = mgh$  eli  $\eta UIt = mgh$  pumpussa kulkevaksi sähkövirraksi saadaan

$$I = \frac{mgh}{\eta Ut} = \frac{15 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 15 \text{ m}}{0,65 \cdot 395 \text{ V} \cdot 30 \cdot 60 \text{ s}} \approx 4,8 \text{ A}.$$

7-9. Vedenlämmitin ottaa sähköverkosta energian  $E_{\text{otto}} = Pt$ . Vedenlämmittimen vedelle antama energia on  $E_{\text{tuotto}} = cm\Delta T$ . Koska hyötysuhde on  $\eta = \frac{E_{\text{tuotto}}}{E_{\text{otto}}}$ , saadaan yhtälö

$$\eta E_{\text{otto}} = E_{\text{tuotto}} \text{ eli } \eta Pt = cm\Delta T.$$

$$\text{Veden massa on } m = \frac{\eta Pt}{c\Delta T} = \frac{0,85 \cdot 350 \text{ W} \cdot 15 \cdot 60 \text{ s}}{4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 100 \text{ K}} \approx 640 \text{ g}.$$

**7-10.** Uppokuumennin ottaa sähköverkosta energian  $E_{\text{otto}} = Pt$ . Kuumentimen jälle antama energia on  $E_{\text{tuotto}} = sm$ . Koska hyötysuhde on  $\eta = \frac{E_{\text{tuotto}}}{E_{\text{otto}}}$ , saadaan yhtälö

$$\eta E_{\text{otto}} = E_{\text{tuotto}} \text{ eli } \eta Pt = sm. \text{ Sulatusaika on } t = \frac{sm}{\eta P} = \frac{333 \text{ kJ/kg} \cdot 1,0 \text{ kg}}{0,88 \cdot 1,0 \text{ kW}} \approx 380 \text{ s}.$$

**7-11.** a) Kyllä.

b) Kyllä.

c) Ei. Sähköteho kertoo, kuinka tehokkaasti laite muuntaa energiaa muodosta toiseen.

d) Ei. Laitteen sähköteho lasketaan kertomalla laitteen jännitehäviö laitteen läpi kulkevan sähkövirran suuruudella.

e) Kyllä.

**7-12.** a) Sähkötehon yhtälöstä  $P = UI$  sähkövirta on  $I = \frac{P}{U} = \frac{60 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 0,260870 \text{ A} \approx 0,26 \text{ A}$ .

Vastuksen resistanssi on  $R = \frac{U}{I} = \frac{230 \text{ V}}{0,260870 \text{ A}} \approx 880 \Omega$ .

b) Sähkötehon yhtälö  $P = UI$  saadaan muotoon  $P = \frac{U^2}{R}$ , josta jännite on

$$U = \sqrt{PR} = \sqrt{0,50 \text{ W} \cdot 5,0 \cdot 10^3 \Omega} = 50 \text{ V}.$$

**7-13.** Sähköteho  $P = UI$  saadaan muotoon  $P = \frac{U^2}{R}$ , josta kihartimen resistanssi on

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{(230 \text{ V})^2}{20 \text{ W}} = 2645 \Omega.$$

Oletetaan, että kihartimen resistanssi pysyy likimain yhtä suurena.

Kun jännite on 110 V, kihartimen sähköteho on  $P = \frac{U^2}{R} = \frac{(110 \text{ V})^2}{2645 \Omega} \approx 4,6 \text{ W}$ .

Väite pitää paikkansa.

**7-14.** a) Sähköteho on  $P = UI = 230 \text{ V} \cdot 4,8 \text{ A} = 1104 \text{ W} \approx 1,1 \text{ kW}$ .

b) Kulutettu energia on  $E = Pt = 1,104 \text{ kW} \cdot 0,5 \text{ h} \approx 0,55 \text{ kWh}$ .

**7-15.** a) Levyjen sähköteho on  $P = UI$ , josta vastuksissa kulkeva sähkövirta on  $I = \frac{P}{U}$ .

Kytkimen asennossa 1 sähkövirta on

$$I_1 = \frac{P_1}{U} = \frac{210 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 0,913043 \text{ A} \approx 0,91 \text{ A} \text{ ja}$$

asennossa 6 virta on  $I_6 = \frac{P_6}{U} = \frac{1300 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 5,65217 \text{ A} \approx 5,7 \text{ A}$ .

b) Vastussysteemin resistanssi asennossa 1 on

$$R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{230 \text{ V}}{0,913043 \text{ A}} \approx 250 \Omega \text{ ja}$$

asennossa 6 on

$$R_6 = \frac{U}{I_6} = \frac{230 \text{ V}}{5,65217 \text{ A}} \approx 41 \Omega.$$

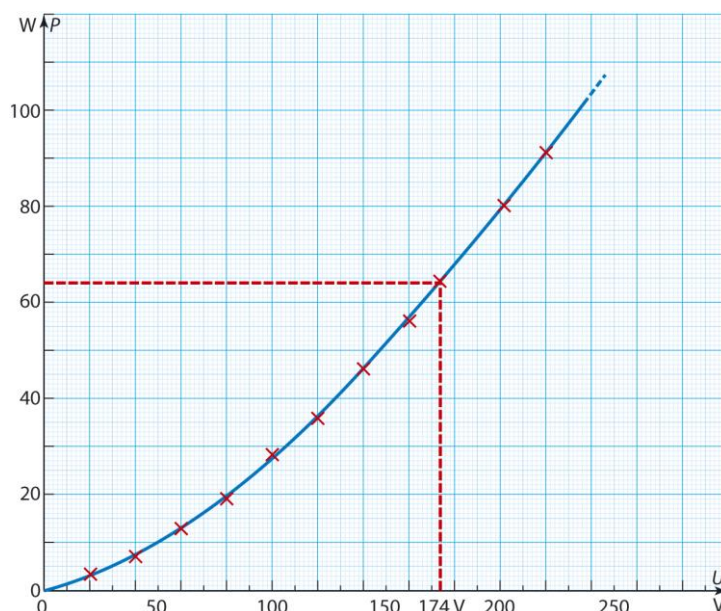
Resistanssiksi saadaan  $250 \Omega$ , kun kytketään sarjaan vastukset, joiden resistanssit ovat  $100 \Omega$  ja  $150 \Omega$ .

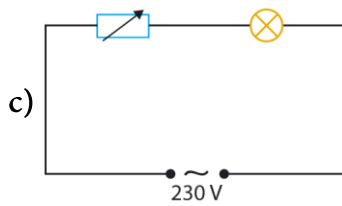
Resistanssiksi saadaan  $40 \Omega$ , kun kaikki kolme vastusta kytketään rinnan.

**7-16. a)** Hehkulampun lämpötila voi muuttua esimerkiksi  $3000 \text{ }^\circ\text{C}$  sähkövirran kasvaessa, kun jännite kasvaa  $240 \text{ V}$ :n arvoon. Näin suuri lämpötilan muutos kasvattaa resistanssia merkittävästi. Koska sähkövirta on  $I = U/R$ , sähkövirran kasvu hidastuu sitä enemmän, mitä suurempi resistanssi ja mitä korkeampi jännite on, joten  $I, U$ -kuvaaja kaartuu kuvan mukaisesti.

b) Poimitaan annetusta kuvaajasta  $U, I$ -arvopareja ja lasketaan taulukkoon (oheisessa taulukossa vain muutamia esimerkkejä) lampun kuluttamia sähkötehon arvoja  $P = UI$ . Piirretään kuvaaja  $U, P$ -koordinaatistoon.

$U \text{ (V)}$	$I \text{ (A)}$	$P \text{ (W)}$
20	0,130	2,60
60	0,215	12,9
100	0,278	27,8
200	0,396	79,0
240	0,435	104,4





Kytetään säädettävä etuvastus oheisen kuvion mukaisesti, ja säädetään vastuksen arvo niin, että lamppu kuluttaa 65 W tehon. Edellä kohdassa b piirretyn kuvaajan mukaan lampun teho on 65 W, kun jännite on 174 V. Tehtävässä annetun kuvaajan mukaan sähkövirta on tällöin 0,365 A. Kun laite on kytketty 230 V:n verkkojännitteeseen, etuvastuksen jännitehäviö on  $230 \text{ V} - 174 \text{ V} = 56 \text{ V}$ .

Etuvastuksen resistanssi on 
$$R = \frac{U}{I} = \frac{56 \text{ V}}{0,365 \text{ A}} \approx 150 \Omega.$$