

AVOIN SARJA

Kirjoita tekstaten koepaperiin oma nimesi, kotiosoitteesi, sähköpostiosoitteesi, opettajasi nimi sekä koulusi nimi.

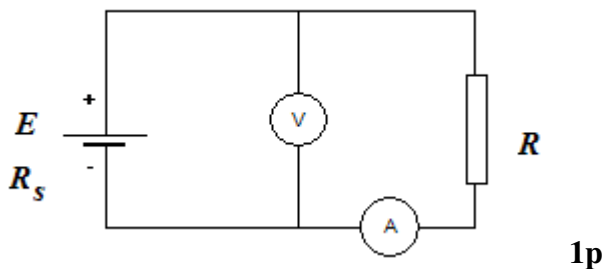
Kilpailuaikaa on 100 minuuttia.

Sekä tehtävä- että koepaperit palautetaan kilpailun loputtua.

1. Määritä pariston sisäinen resistanssi. Esitä käyttämäsi menetelmä, kytkentäkaavio(t), mittaustulokset sekä suorittamasi laskut. Esitä ajatuksia mittaustarkkuuden parantamiseksi. Välineet: kaksi yleismittaria, johtimia, 1,5 V:n (4,5 V:n) paristo, vastus

Ratkaisu:

kytkentäkaavio



1p

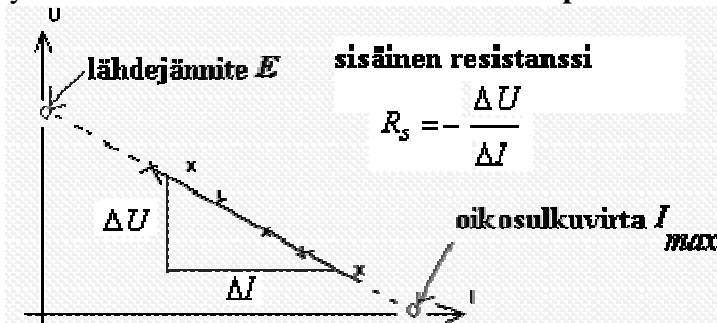
Mitataan ulkoisen vastuksen resistanssi R yleismittarilla. **1p**

Kytetään vastus paristoon ja mitataan yleismittarilla sähkövirta ja pariston napajännite. **1p**

Kirchhoffin 2.lain mukaan suljetussa virtapiirissä potentiaalimuutosten summa on nolla. Kierretään virtapiiri esimerkiksi sähkövirran I suuntaan jolloin saadaan $-IR + E - IR_s = 0$ **1p**

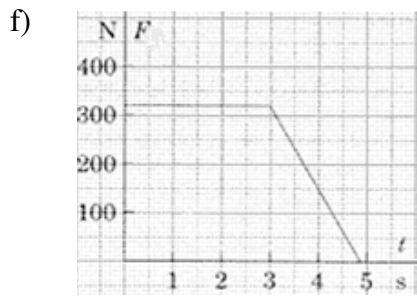
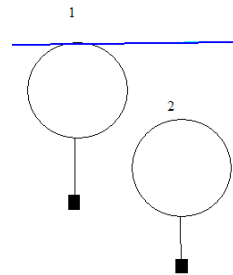
Ratkaistaan sisäinen resistanssi R_s . **1p**

Tuloksen tarkkuus paranee, jos käytetään säätövastusta tai useaa erilaista vastusta, ja mittaustulokset piirretään I, U – koordinaatistoon, jolloin sisäinen resistanssi saadaan suoran fyysikaalisen kulmakertoimen vastalukuna. **1p**



2. Ohessa on esitetty väittämiä. Vastaa **perustellen** fysiikan tietojesi pohjalta, pitävätkö väittämät paikkansa vai ovatko ne virheellisiä.

- Kun skootterilla kiihdytetään ylämäessä, kitka on merkityksettömän pieni.
- Kuparikappaleeseen kohdistuva noste on suurempi kuin samankokoiseen alumiinikappaleeseen kohdistuva noste, koska kupari on painavampaa.
- Trampoliinilla pomppivan lapsen nopeus on suurin juuri, kun lapsi osuu trampoliinin pintaan.
- Jalkapalloa potkaistaan. Potkun jälkeen jalkapalloon kohdistuva eteenpäin vievä voima on sitä suurempi mitä kovempi potku on.
- Ilmapalloon on kiinnitetty punnus, ja pallo kelluu vedessä ylimmän kohdan ollessa veden pinnan tasalla (1). Kun pallo työnnetään syvemmälle veteen (2), se palaa takaisin alkuperäiseen asemaansa (1).



Esinettä työnnetään vaakasuoralla lattian suuntaisella voimalla, jonka suuruus muuttuu oheisen kuvaajan mukaisesti. Esineeseen vaikuttaa koko ajan 200 N suuruinen kitka. Esineen nopeus on suurin ajanhetkellä 3,0 s.

Ratkaisu:

- Väärin.** Renkaiden ja tien välinen kitkavoima on liikettä kiihdyttävä voima.
- Väärin.** Molempiin kohdistuva noste on yhtä suuri, koska kappaleet ovat samankokoisia.
- Väärin.** Lapsen nopeus on suurin kohdassa, mihin trampoliini painuu lapsen seistessä paikallaan trampoliinin päällä.
- Väärin.** Pallo jatkaa liikettään jatkavuuden lain nojalla. Liikkeen aikana palloon kohdistuva voimat ovat paino ja ilmanvastus.
- Väärin.** Pallo uppoaa syvemmälle, koska hydrostaattinen paine puristaa palloa kokoon, jolloin palloon kohdistuva noste pienenee.
- Väärin.** Nopeus kasvaa niin kauan kun työntövoima on suurempi kuin kitka, joten nopeus on suurin hetkellä, jolloin työntövoima on kitkan suuruinen.

pisteytys: 1p / kohta perusteluineen

3. a) Esitä piirros tilanteesta, jossa kovera pallopeili synnyttää valeskuvan.
- b) Oppilastyössä tutkittiin koveraa pallopeiliä pimennetyssä luokassa. Esineenä oli palava kynttilä, jonka kuva heijastettiin peilistä varjostimelle. Kynttilän etäisyys sekä kynttilän kuvan etäisyys peilipinnasta mitattiin, jolloin saatiin oheiset tulokset:

esineen etäisyys (m)	0,24	0,26	0,28	0,30	0,34
kuvan etäisyys (m)	1,39	0,99	0,77	0,64	0,51

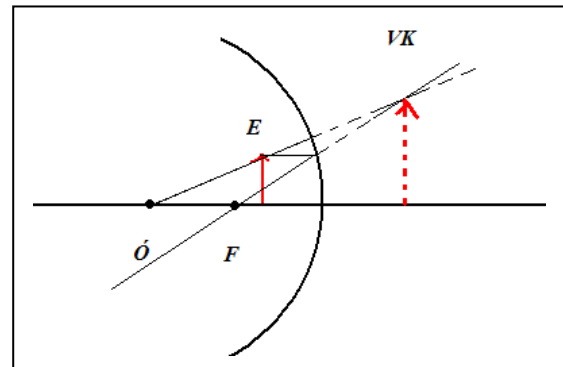
Piirrä mittaustuloksista kuvaaja sopivaan koordinaatistoon ja määritä kuvaajan avulla pallopeilin polttoväli.

Ratkaisu:

- a) Valeskuva syntyy, kun esine on polttovälillä. **2p**
- b) Ratkaistaan kuvausyhtälöstä esineen kuvan etäisyyden käänteisarvo $1/b$:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{b} = -\frac{1}{a} + \frac{1}{f} = -1 \cdot \frac{1}{a} + \frac{1}{f}$$

Kuvaajan fysikaalinen kulmakerroin on -1 ja $1/b$ -akselin leikkauskohta on polttovälän käänteisarvo $1/f$.

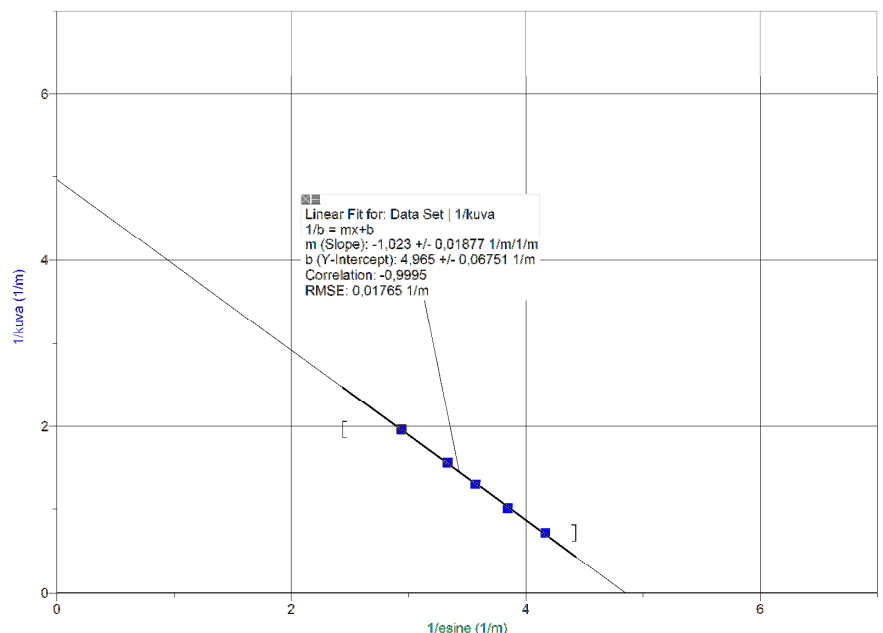


a (m)	b (m)	$1/a$ (1/m)	$1/b$ (1/m)
0,24	1,39	4,16666666667	0,719424460432
0,26	0,99	3,84615384615	1,0101010101
0,28	0,77	3,57142857143	1,2987012987
0,30	0,64	3,33333333333	1,5625
0,34	0,51	2,94117647059	1,96078431373

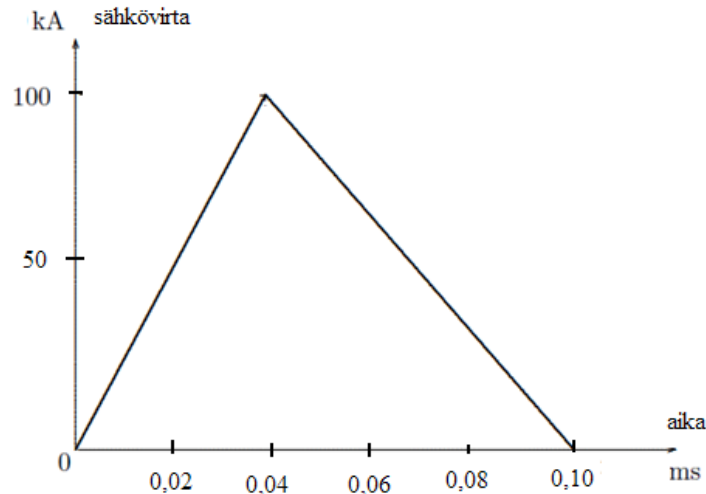
2p

Sovitetaan pistejoukkoon suora ja luetaan polttovälän käänteisarvo pysty akselin leikkauskohdasta.

$1/f = 4,97$ 1/m, josta
 $f = 0,20$ m.

2p


4. Salama syntyy, kun sähköisesti varautunut pilvi purkautuu. Ukkospilven alaosa varautuu yleensä positiivisesti ja yläosa negatiivisesti. Pilven alapuolella oleva maa varautuu tällöin negatiivisesti. Kun pilven ja maan pinnan välinen sähkökentän voimakkuus ylittää ilman läpilyöntikestävyyden, tapahtuu sähköpurkaus eli salama iskee. Alla olevassa kuviossa on yksinkertainen malli sähkövirrasta maan ja pilven välillä salamaniskun aikana.



- Kuinka suuri varaus purkautuu salamaniskussa?
- Kuinka suuri keskimääräinen sähkövirta kulkee pilven alaosan ja maan pinnan välillä salamaniskun aikana?
- Pääkaupunkiseudun ukkosmyrskyssä elokuun 2010 alussa salaman iskuja rekisteröitiin vuorokaudessa 22 000. Ajatellaan, että tämän ukkosmyrskyn energia saataisiin talteen ja jaettaisiin suomalaisille. Kuinka kauan yksi suomalainen voisi tällä energialla käyttää 15 W energiansäästölamppua? Pilven alaosa on maan pinnasta 1 km etäisyydellä, kostean ilman läpilyöntikestävyys on 300 kV/m ja Suomen väkiluku on 5,3 miljoona.

Ratkaisu:

- a) Varaus saadaan laskemalla kuvaajan alle jäävän alueen pinta-ala, sillä virta kuvaa aikayksikköä kohti siirtyvää varauksen määrää. Siispä yhdessä iskussa purkautuu

$$Q = \frac{1}{2} 0,10 \text{ ms} \cdot 100 \text{ kA} = 5 \text{ C. 1 p}$$

- b) Purkaus kestää 0,10 ms ja sen aikana purkautuu 5 C:n suuruinen varaus, joten keskimääräinen sähkövirta $I_{\text{av}} = \frac{5 \text{ C}}{0,10 \text{ ms}} = 50 \text{ kA}$. (Tai huomio, että keskimääräinen sähkövirta on puolet maksimivirrasta). 1 p

- c) Pilvi ja maa muodostavat tässä ikään kuin jättimäisen kondensaattorin, joiden välimatka $d = 1\,000 \text{ m}$. Kondensaattori varataan salaman keskimääräisellä varauksella 5 C. Tällöin kondensaattorin energia, joka iskussa purkautuu, on $E = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} Q U$, josta vain jännite on tuntematon. Jännite määräytyy kostean ilman läpilyöntikestävydestä eli kun virta purkautuu pilvestä ilman läpi, jännite saavuttaa juuri arvon $U = 1000 \text{ m} \cdot \frac{300 \text{ kV}}{\text{m}} = 3 \cdot 10^8 \text{ V}$. (1,5 p)

Näin ollen yhdestä salamasta talteen otettava energia on

$$E = \frac{1}{2} Q U = \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ C} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ V} = 7,5 \cdot 10^8 \text{ J. (1,5 p)}$$

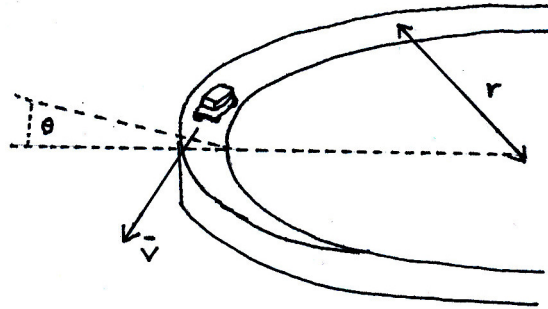
Kun salamoita on 22 000 ja suomalaisia 5,3 miljoonaa, yhdelle suomalaiselle liikenee energiaa

$$\frac{7,5 \cdot 10^8 \text{ J} \cdot 22000}{5,3 \cdot 10^6} = 3,1132 \dots \cdot 10^6 \text{ J. Tällä energialla energiansäästölamppu palaa ajan}$$

$$t = \frac{E}{P} = \frac{3,1132 \dots \cdot 10^6 \text{ J}}{15 \text{ W}} = 2,0754 \dots \cdot 10^5 \text{ s} \approx 3456 \text{ min, } 57,65 \text{ h tai } 2,4 \text{ vuorokautta. (1 p,}$$

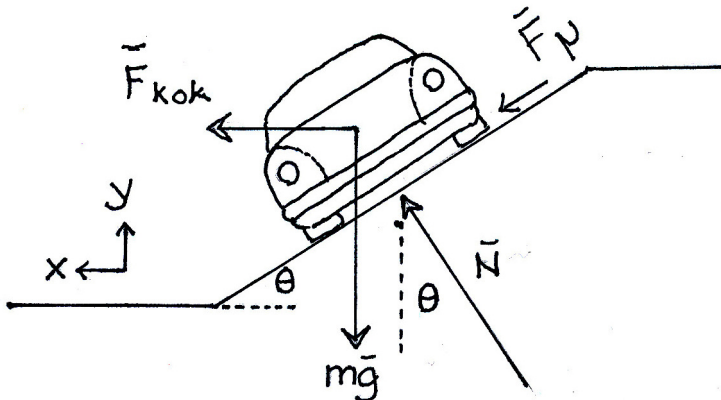
vastaus järkevällä tarkkuudella...)

5. Auto ajaa pitkin ympyrärataa, jossa on kallistettu kaarre. Kaarteen kaltevuuskulma θ on 11° ja radan kaarevuussäde r on 220 m.



- a) Mikä on suurin nopeus, jolla auto pysyy kaarteessa radalla, kun radan ja auton välinen lepokitkakerroin on 0,35 ja liukukitkakerroin 0,20?
 b) Mikä on suurin mahdollinen nopeus, jolla auto pysyy kaarteessa radalla, jos radan pinta on hyvin liukas?

Ratkaisu:



voimakuvio 1p

(Huom! jos kokonaisvoima, niin mielellään kuvan viereen)

- a) Auton liikeyhtälö on $\sum \vec{F} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_\mu = m\vec{a}_n$ **1p**

$$x\text{-suunnassa: } N \sin \theta + \mu_0 N \cos \theta = \frac{mv^2}{r} \quad \mathbf{0,5p}$$

$$y\text{-suunnassa: } N \cos \theta - \mu_0 N \sin \theta - mg = 0 \quad \mathbf{0,5p}$$

Eliminoimalla tukivoima N saadaan maksiminopeudeksi

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{rg(\sin \theta + \mu_0 \cos \theta)}{\cos \theta - \mu_0 \sin \theta}} = \sqrt{\frac{220 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 (\sin 11^\circ + 0,35 \cos 11^\circ)}{\cos 11^\circ - 0,35 \sin 11^\circ}} = 35,51 \text{ m/s}$$

$$= 127,8 \text{ m/s} \approx 120 \text{ km/h} \quad \mathbf{1p}$$

- b) Kun tienpinta on hyvin liukas, kitkavoima $F_\mu \approx 0$. **1p** Tällöin yllä olevasta lausekkeesta saadaan

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{rg \sin \theta}{\cos \theta}} = \sqrt{rg \tan \theta} = \sqrt{220 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot \tan 11^\circ} = 20,48 \text{ m/s} = 73,74 \text{ km/h} \approx 74 \text{ km/h.}$$

1p