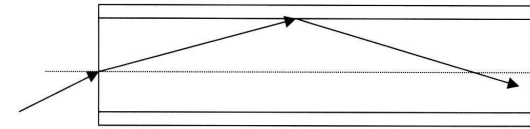


Anteckna på varje provpapper ditt namn, ansökningsnummer och uppgiftsseriens bokstav. Räkna varje uppgift prydligt på en egen sida. Motivera kort de formler du använder.

- A1** Två sammankopplade godsvagnar, med en sammanlagd massa $170 \cdot 10^3$ kg, rör sig med hastigheten 14 km/h, då de kolliderar fullständigt oelastiskt med en stillastående vagn, vars massa är $72 \cdot 10^3$ kg.
- (a) Bestäm hastigheten för de tre sammankopplade vagnarna efter kollisionen.
 (b) Hur långt längs med järnvägen, som sluttar uppåt i vinkeln $1,0^\circ$, rör sig de tre sammankopplade vagnarna från kollisionsplatsen innan de stannar? Friktionskoefficienten mellan vagnshjulen och järnvägen är 0,0030. (Rotationsenergin i vagnshjulen beaktas ej.)
- A2** På ett badrumsgolv, vars temperatur tack vare golvvärmen hålls vid 28°C , har det blivit kvar 0,95 kg vatten.
- (a) Bestäm hur mycket energi som förbrukas av golvvärmen då vattnet förångas.
 (b) Om energin som användes till att förånga vattnet i (a) skulle användas till att uppvärma 5°C luft utifrån till 22°C , hur många gånger badrummets volym, 15 m^3 , skulle denna energi räcka till att uppvärma?
- A3** På batteriet till en mobiltelefon finns beteckningen 670 mAh och 3,6 V och på mobiltelefonens laddare beteckningen 1,3 W. Då man genom ett motstånd tog strömmen 53,5 mA ur batteriet var polspänningen över batteriet 3,66 V. Då strömmen var 126 mA var polspänningen 3,61 V.
- (a) Bestäm batteriets inre resistans och elektromotoriska kraft.
 (b) Hur länge räcker det att ladda upp ett tomt batteri om man antar att polspänningen är konstant 3,6 V under hela uppladdningsprocessen?
- A4** (a) Bestäm tidskillnaden mellan den snabbaste och långsammaste strålen i en 1,0 km lång optisk fiber, se figur 1. Brytningsindexet i fiberns kärna är 1,530 och i manteln 1,520. Tvärsnittsdiаметern för kärnan är $70,0\ \mu\text{m}$.

A4 Figur 1



- (b) Optiska fibrer används inom telekommunikation för snabb dataöverföring, då det går ljuspulser i fibern. Tidsskillnaden mellan olika strålar som beräknades i fall a leder till att pulserna breddas, eller s.k. modal dispersion. Med hur stor frekvens, eller bandbredd, kan man sända pulser genom en 1,0 km lång fiber, då pulserna måste kunnas skiljas från varandra av mottagaren i fiberns andra ända, dvs. tidskillnaden mellan pulserna måste vara minst två gånger så stor som tidskillnaden som beräknades i (a)?
- A5** Ett militärområde, med måtten $30,0\text{ km} \times 30,0\text{ km}$, är omgärdat med ett enhetligt taggtrådsstängsel. Medelvärdet på jordens magnetfälts magnetiska flödestäthets lodräta komponent i området är $52\ \mu\text{T}$.
- a) Hur stor spänning observeras mellan portstolparna i stängslets öppna port under en magnetisk storm, då jordens magnetfälts magnetiska flödestäthets lodräta komponent ändrar med 1,0 % på 20,0 sekunder?
 b) Hur stor ström går det i taggtråden då porten stängs?
 Taggtrådens tvärsnittsdiаметer är 3,0 mm och resistivitet $0,180\ \mu\Omega\text{m}$.
- A6** Elektromagnetisk strålning, vars våglängd är 0,100 nm, träffar en väteatom med följden att det sker en fotoelektrisk effekt. Elektronen som frigörs i reaktionen antas röra sig i samma riktning som fotonen innan den träffade atomen. Elektronens bindningsenergi i väteatomen är 13,6 eV.
- a) Bestäm elektronens rörelseenergi och rörelsemängd.
 b) Bestäm kärnans rörelseenergi och rörelsemängd.
 Vägledning: Massan för kärnan är stor i jämförelse med elektronens massa, vilket betyder att den erhållna rörelseenergin för kärnan är mycket liten i förhållande till elektronens rörelseenergi. Både kärnan och elektronen antas vara i vila från början.

KONSTANTER: Absoluta nollpunkten
 Elementarladdningen
 Avogadros konstant
 Elektronens vilomassa
 Molmassan för luft
 Specifik värmekapacitet för luft
 Densiteten för luft
 Normaalt lufttryck
 Plancks konstant

$T_0 = -273,15^\circ\text{C}$
 $e = 1,6022 \cdot 10^{-19}\text{ C}$
 $N_A = 6,0221 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$
 $m_e = 9,1094 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$
 $M = 29\text{ g mol}^{-1}$
 $c_l = 1,02\text{ kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$
 $\rho_l = 1,22\text{ kg m}^{-3}$
 $p = 101\text{ kPa}$
 $h = 6,6261 \cdot 10^{-34}\text{ Js}$

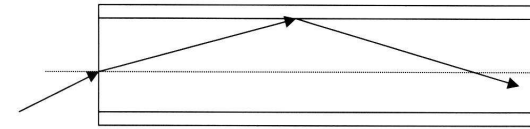
Protonens vilomassa
 Accelerationen vid fritt fall
 Permittiviteten i vakuum
 Ljusets hastighet i vakuum
 Specifika ångbildningsvärmen för vatten, 100°C
 Specifika ångbildningsvärmen för vatten, $0-100^\circ\text{C}$
 Molmassan för vatten
 Specifik värmekapacitet för vatten
 Gaskonstanten

$m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$
 $g = 9,807\text{ m s}^{-2}$
 $\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12}\text{ F m}^{-1}$
 $c_0 = 2,9979 \cdot 10^8\text{ m s}^{-1}$
 $L_{\bar{a}} = 2260\text{ kJ kg}^{-1}$
 $L_{\bar{a}} = -2,436\text{ kJ (kg}^\circ\text{C)}^{-1} \cdot T(^{\circ}\text{C}) + 2503\text{ kJ kg}^{-1}$
 $M = 18\text{ g mol}^{-1}$
 $c = 4,19\text{ kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$
 $R = 8,3145\text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

Merkitse jokaiseen koepaperiin nimesi, hakijanumerosi ja tehtäväsarjan kirjain. Laske jokainen tehtävä siististi omalle sivulleen. Perustele lyhyesti käyttämäsi kaavat.

- A1** Tavaravaunujen lajitteluratapihalla kaksi toisiinsa kytkettyä tavaravaunua, joiden kokonaismassa on $170 \cdot 10^3$ kg, liikkuvat nopeudella 14 km/h ja törmäävät täysin kimmottomasti paikallaan olevaan vaunuun, jonka massa on $72 \cdot 10^3$ kg.
 (a) Laske näin kytkettyneiden kolmen vaunun nopeus törmäyksen jälkeen.
 (b) Kuinka pitkän matkan kolme toisiinsa kytkettyä vaunua liikkuvat törmäyskohdasta $1,0^\circ$ kulmassa nousevalla radalla ennen kuin pysähtyvät? Kitkakerroin vaununpyörien ja junaradan välillä on 0,0030.
 (Vaununpyörien pyörimisen liike-energiaa ei huomioida.)
- A2** Kylpyhuoneen lattian lämpötila on 28°C lattialämmityksen ansiosta. Lattialle on jäänyt 0,95 kg vettä.
 (a) Laske, paljonko lattialämmityksen energiaa kuluu veden höyrystymiseen.
 (b) Jos (a)-kohdassa veden höyrystymiseen käytetyllä energialla lämmitettäisiin ulkoa otettu 5°C ilma 22°C :een, niin kuinka monta kertaa kylpyhuoneen tilavuus, 15 m^3 , voitaisiin sillä lämmittää?
- A3** Matkapuhelimen akussa on merkinnät 670 mAh ja 3,6 V ja laturissa merkintä 1,3 W. Kun akusta otettiin vastuksen kautta 53,5 mA:n virta, niin akun napajännite oli 3,66 V. Kun virta oli 126 mA, niin napajännite oli 3,61 V.
 (a) Laske akun sisäresistanssi ja lähdejännite.
 (b) Kuinka kauan tyhjän akun varaaminen kestää, jos oletetaan, että napajännite on vakio 3,6 V koko varaamisen ajan?
- A4** (a) Laske hitaimmin ja nopeimmin edenneen säteen välinen aikaero 1,0 km:n pituisessa optisessa kuidussa (ks. kuva 1). Kuidun ydinosaan taitekerroin on 1,530 ja kuoren 1,520. Kuidun ydinosaan halkaisija on $70,0\ \mu\text{m}$.

- A4** Kuva 1



- (b) Optisia kuituja käytetään nopeassa tietoliikenteessä, jolloin kuidussa kulkee valopulsseja. Edellä laskettu eri säteiden välinen aikaero aiheuttaa pulssien leviämistä eli muotodispersiota. Kuinka suurella taajuudella eli kaistanleveydellä 1,0 km:n pituiseen kuituun voidaan lähettää pulsseja, kun pulssit täytyy pystyä erottamaan toisistaan myös vastaanottopäässä eli niiden välisen aikaeron pitää olla vähintään kaksi kertaa (a)-kohdassa laskettu arvo?
- A5** Sotilasalue, jonka mitat ovat 30,0 km x 30,0 km, on aidattu yhtenäisellä piikkilanka-aidalla. Maan magneettikentän magneettivuon tiheyden keskimääräinen arvo maanpintaa vastaan kohtisuorassa suunnassa on tuolla alueella $52\ \mu\text{T}$.
 (a) Kuinka suuri jännite havaitaan aidassa olevan avoimen portin portinpylväiden välissä magneettisen myrskyn aikana, jolloin Maan magneettikentän magneettivuon tiheyden pystykomponentti muuttuu 1,0% 20,0 sekunnin aikana?
 (b) Kuinka suuri virta kulkee langassa, kun portti suljetaan? Langan halkaisija on 3,0 mm ja resistiivisyys $0,180\ \mu\Omega/\text{m}$.
- A6** Sähkömagneettinen säteily, jonka aallonpituus on 0,100 nm, osuu vetyatomiin, jolloin tapahtuu valosähköinen ilmiö. Oletetaan, että atomista irtoava elektroni liikkuu tapahtuman jälkeen samaan suuntaan kuin fotonin ennen atomiin osumista. Elektronin sidosenergia vetyatomissa on 13,6 eV.
 (a) Laske elektronin liike-energia ja liikemäärä.
 (b) Laske ytimen liike-energia ja liikemäärä.
 Opastus: Ytimen massa on suuri verrattuna elektronin massaan, joten ytimen saama liike-energia on hyvin pieni verrattuna elektronin liike-energiaan. Sekä ytimen että elektronin oletetaan alussa olevan levossa.

VAKIOITA:

Absoluuttinen nollapiste
 Alkeisvaraus
 Avogadron vakio
 Elektronin lepomassa
 Ilman moolimassa
 Ilman ominaislämpö
 Ilman tiheys
 Normaali-ilmanpaine
 Planckin vakio

$T_0 = -273,15^\circ\text{C}$
 $e = 1,6022 \cdot 10^{-19}\ \text{C}$
 $N_A = 6,0221 \cdot 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$
 $m_e = 9,1094 \cdot 10^{-31}\ \text{kg}$
 $M = 29\ \text{g mol}^{-1}$
 $c_i = 1,02\ \text{kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$
 $\rho_i = 1,22\ \text{kg m}^{-3}$
 $p = 101\ \text{kPa}$
 $h = 6,6261 \cdot 10^{-34}\ \text{Js}$

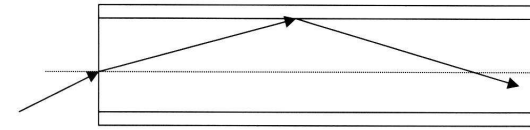
Protonin lepomassa
 Putoamisliikkeen kiihtyvyyt
 Tyhjiön permittiivisyys
 Valon nopeus tyhjiössä
 Veden höyrystymislämpö, 100°C
 Veden höyrystymislämpö, $0-100^\circ\text{C}$
 Veden moolimassa
 Veden ominaislämpö
 Yleinen kaasuvakio

$m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}$
 $g = 9,807\ \text{m s}^{-2}$
 $\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12}\ \text{F m}^{-1}$
 $c_0 = 2,9979 \cdot 10^8\ \text{m s}^{-1}$
 $L_h = 2260\ \text{kJ kg}^{-1}$
 $L_h = -2,436\ \text{kJ (kg }^\circ\text{C)}^{-1} \cdot T(^\circ\text{C}) + 2503\ \text{kJ kg}^{-1}$
 $M = 18\ \text{g mol}^{-1}$
 $c = 4,19\ \text{kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$
 $R = 8,3145\ \text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

Write down your name and applicant number on each paper. Solve each problem on a separate sheet of paper and explain briefly the formulas which you use.

- A1** Two connected railway freight cars with a total mass of $170 \cdot 10^3$ kg, moving on a station yard with a velocity of 14 km/h, make a perfectly inelastic collision with a stationary car whose mass is $72 \cdot 10^3$ kg.
- (a) Calculate the velocity of the three cars, now connected, after the collision.
- (b) How far away from the point of collision will the three connected cars move on a track ascending with an angle of 1.0° before they stop? The coefficient of friction between the road wheels and the rails is 0.0030. (The kinetic energy due to the rolling of the wheels is neglected.)
- A2** Due to floor heating, the temperature of the bathroom floor is 28°C . 0.95 kg of water has been left on the floor.
- (a) Calculate how much energy, supplied by the floor heating, goes to the evaporation of the water.
- (b) If the energy used for the evaporation of water in part (a), were used for heating air, taken from outside, from 5°C to 22°C , how many times the volume of the bathroom, 15 m^3 , could be heated with it?
- A3** The battery of a mobile phone bears the following markings: 670 mAh and 3.6 V and the charger has a marking 1.3 W. When a current of 53.5 mA was taken from the battery through a resistor the terminal voltage was 3.66 V. With the current 126 mA the terminal voltage was 3.61 V.
- (a) Calculate the internal resistance and electromotive force of the battery.
- (b) How long does it take to charge an empty battery, assuming that the terminal voltage stays constant at 3.6 V throughout the charging process?
- A4** (a) Determine the time difference between the fastest and slowest ray in a 1.0 km long optical fiber; see Figure 1. The index of refraction is 1.530 for the core of the fiber and 1.520 for the jacket. The diameter of the core of the fiber is $70.0\ \mu\text{m}$.

- A4** Figure 1



- (b) When optical fibers are used in fast telecommunications, light pulses propagate in the fiber. The time difference between the rays, calculated above, causes pulse spreading a.k.a. mode dispersion. With how large a frequency, or bandwidth, can one send pulses through a 1.0 km long fiber in order to be able to distinguish between the pulses also in the receiving end, in other words, the time difference between the pulses must be at least twice the value calculated in part (a)?
- A5** A military area with dimensions $30.0\text{ km} \times 30.0\text{ km}$ has been fenced with a continuous barbwire. The average value of the vertical component of earth's magnetic field is $52\ \mu\text{T}$ in that area.
- (a) How large a voltage is detected between the gateposts of an open gate in the fence during a magnetic storm when the vertical component of the earth's magnetic field changes by 1.0% during 20.0 seconds?
- (b) How large is the current flowing in the wire when the gate is closed? The diameter of the wire is 3.0 mm and its resistivity is $0.180\ \mu\Omega\text{m}$.
- A6** Electromagnetic radiation of wavelength 0.100 nm hits a hydrogen atom causing a photoelectric effect. Assume that after this event the electron detached from the atom moves in the same direction as the photon before hitting the atom. The binding energy for an electron in a hydrogen atom is 13.6 eV.
- (a) Calculate the kinetic energy and momentum of the electron.
- (b) Calculate the kinetic energy and momentum of the nucleus.
- Hint: The mass of the nucleus is large compared to the mass of the electron and therefore the kinetic energy gained by the nucleus is very small compared to the kinetic energy of the electron. Both the nucleus and the electron are assumed to be at rest in the beginning.

CONSTANTS:	Absolute zero point	$T_0 = -273,15^\circ\text{C}$	Molar mass of air	$M_a = 29\text{ g mol}^{-1}$
	Acceleration of gravity	$g = 9,807\text{ ms}^{-2}$	Molar mass of water	$M_w = 18\text{ g mol}^{-1}$
	Avogadro constant	$N_A = 6,0221 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$	Normal air-pressure	$p = 101\text{ kPa}$
	Density of air	$\rho_a = 1,22\text{ kg m}^{-3}$	Permittivity of vacuum	$\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12}\text{ F m}^{-1}$
	Electron mass	$m_e = 9,1094 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$	Planck's constant	$h = 6,6261 \cdot 10^{-34}\text{ Js}$
	Elementary charge	$e = 1,6022 \cdot 10^{-19}\text{ C}$	Proton mass	$m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$
	Heat of vaporization, water, 100°C	$L_v = 2260\text{ kJ kg}^{-1}$	Specific heat of air	$c_a = 1,02\text{ kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$
	Heat of vaporization, water, $0\text{--}100^\circ\text{C}$	$L_v = -2,436\text{ kJ (kg }^\circ\text{C)}^{-1} \cdot T(^\circ\text{C}) + 2503\text{ kJ kg}^{-1}$	Specific heat of water	$c_w = 4,19\text{ kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$
	Molar gas constant	$R = 8,3145\text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$	Speed of light in vacuum	$c_0 = 2,9979 \cdot 10^8\text{ ms}^{-1}$

TKK, TTKK, LTKK, OY ja ÅA insinööriosastojen valintakuulustelujen fysiikan koe 30.5.2002, malliratkaisut ja arvostelu,

1 Tavaravaunujen lajitteluratapihalla kaksi toisiinsa kytkettyä tavaravaunua, joiden kokonaismassa on $170 \cdot 10^3$ kg, liikkuvat nopeudella 14 km/h ja törmäävät täysin kimmottomasti paikallaan olevaan vaunuun, jonka massa on $72 \cdot 10^3$ kg.

- (a) Laske näin kytkettyneiden kolmen vaunun nopeus törmäyksen jälkeen.
 (b) Kuinka pitkän matkan kolme toisiinsa kytkettyä vaunua liikkuvat törmäyskohdasta $1,0^\circ$ kulmassa nousevalla radalla ennen kuin pysähtyvät? Kitkakerroin vaununpyörien ja junaradan välillä on 0,0030.
 (Vaununpyörien pyörimisen liike-energiaa ei huomioida.)

a) (max 2p) Alkuarvot:

	v_1 (km/h)	v_1 (m/s)	m_1 (10^3 kg)	m_2 (10^3 kg)
A:	14	3,89	170	72
B:	12	3,33	130	72
C:	16	4,44	170	52
D:	12	3,33	120	52

Täysin kimmottomassa törmäyksessä vaunujen liikemäärä ennen törmäystä on sama kuin törmäyksen jälkeen (kokonaisliikemäärä säilyy. **tai** $p_a = p_l$):

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_0 \Rightarrow v_0 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_1.$$

	v_0 (km/h)	trk+1 (km/h)	-1,0% (km/h)	+1,0% (km/h)	v_0 (m/s)	trk+1 (m/s)	-1,0% (m/s)	+1,0% (m/s)
A:	9,8	9,83	9,73	9,93	2,7	2,73	2,70	2,76
B:	7,7	7,72	7,64	7,80	2,1	2,15	2,13	2,17
C:	12	12,3	12,2	12,4	3,4	3,40	3,37	3,43
D:	8,4	8,37	8,29	8,45	2,3	2,33	2,31	2,35

b) (max 4p) Energiaperiaatteella (kokonaisenergia säilyy. **tai** $E_a = E_l$) vaunujen liike-energia muuttuu vaunujen potentiaalienergiaksi ja kitkan tekemäksi työkse:

$$E_{k,a} + E_{p,a} = E_{k,l} + E_{p,l} + W, \quad (\text{tai } E_{k,a} = E_{p,l} + W),$$

missä alussa liike-energia $E_{k,a} = \frac{1}{2} m v_0^2$ ja potentiaalienergia $E_{p,a} = 0$, lopussa liike-energia $E_{k,l} = 0$ ja potentiaalienergia $E_{p,l} = mgh = mgs \sin \alpha$ ja kitkan tekemä työ $W = F_\mu \cdot s = \mu F_N s = \mu mg \cos \alpha s$.

Tällöin

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = mgs \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha s \Rightarrow s = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}.$$

	α ($^\circ$)	μ (-)	v_0 (m/s)	s (m)	trk+1 (m)	-1,0% (m)	+1,0% (m)
A:	1,0	0,0030	2,73	19	18,6	18,4	18,8
B:	1,0	0,0030	2,15	11	11,5	11,4	11,6
C:	1,0	0,0030	3,40	29	28,9	28,6	29,2
D:	1,0	0,0030	2,33	13	13,5	13,4	13,6

b) **Tapa 2:** Kinematiikka/dynamiikka. Vaununpyörien ja kiskojen välisen vierimiskitkan ja painovoiman radansuuntaisen komponentin aiheuttama hidastuvuus (vakiokiihtyvyys) saadaan Newtonin liikeyhtälöstä $\sum \vec{F}_i = m\vec{a}$:

$$\sum \vec{F}_s = F_{g_s} + F_\mu = -mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \Rightarrow a = -(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha)^{-1} = -0,201 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

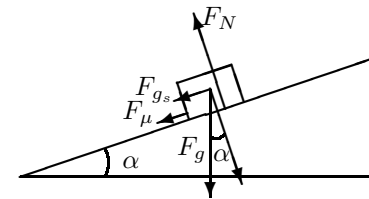
Paikka saadaan ratkaistua sijoittamalla aika nopeuden lausekkeesta

$$\begin{cases} s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\ v = v_0 + a t \end{cases} \Rightarrow s - s_0 = \frac{v^2 - v_0^2}{2a},$$

joten vaunut pysähtyvät etäisyydellä ($v = 0, s_0 = 0$)

$$s = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}.$$

Kuva



TKK, TTKK, LTKK, OY ja ÅA insinööriosastojen valintakuulustelujen fysiikan koe 30.5.2002, malliratkaisut ja arvostelu,

2 Kylpyhuoneen lattian lämpötila on 28 °C lattialämmityksen ansiosta. Lattialle on jäänyt 0,95 kg vettä. Tällöin

- (a) Laske, paljonko lattialämmityksen energiaa kuluu veden höyrystymiseen.
 (b) Jos (a)-kohdassa veden höyrystymiseen käytetyllä energialla lämmitettäisiin ulkoa otettu 5 °C ilma 22 °C:een, niin kuinka monta kertaa kylpyhuoneen tilavuus, 15 m³, voitaisiin sillä lämmittää?

a) (**max 3p**) Veden höyrystyslämpö lämpötilassa 28 °C on

$$L_h = -2,436 \text{ kJ (kg °C)}^{-1} \cdot 28 \text{ °C} + 2503 \text{ kJ kg}^{-1} = 2435 \text{ kJ/kg}.$$

Veden höyrystymiseen kuluu energia

$$Q = L_h m$$

	m (kg)	T (°C)	L_h (kJ/kg)	Q (kJ)	trk+1 (kJ)	-1,0% (kJ)	+1,0% (kJ)
A:	0,95	28	2435	2300	2310	2290	2330
B:	0,75	28	2435	1800	1830	1810	1850
C:	0,85	28	2435	2100	2070	2050	2090
D:	0,65	28	2435	1600	1580	1560	1600

b) (**max 3p**) Edellä käytetty lämpöenergia Q riittää ilmassa $m_i = \rho_i V$, missä $V = 15 \text{ m}^3$ on kylpyhuoneen tilavuus ja $\rho_i = 1,22 \text{ kg/m}^3$ on ilman tiheys, eli

$$m_i = \rho_i V = 18,3 \text{ kg}$$

lämmittämiseen N kertaa:

$$Q = N Q_i = N (c_i m_i \Delta T) = N (c_i V \rho_i \Delta T),$$

missä ilman ominaislämpökapasiteetti $c_i = 1,02 \text{ kJ/(kg·K)}$ ja sisäilman ja ulkoa otetun ilman välinen lämpötilaero $\Delta T = 17 \text{ K}$.

$$N = \frac{Q}{Q_i} = \frac{Q}{c_i m_i \Delta T} = \frac{Q}{c_i V \rho_i \Delta T}.$$

	Q (kJ)	m_i (kg)	N (-)	trk+1 (-)	-1,0% (-)	+1,0% (-)
A:	2310	18,3	7,3	7,29	7,22	7,36
B:	1830	18,3	5,8	5,76	5,70	5,82
C:	2070	18,3	6,5	6,52	6,45	6,59
D:	1580	18,3	5,0	4,99	4,94	5,04

TKK, TTKK, LTKK, OY ja ÅA insinööriosastojen valintakuulustelujen fysiikan koe 30.5.2002, malliratkaisut ja arvostelu,

3 Matkapuhelimen akussa on merkinnät 670 mAh ja 3,6 V ja laturissa merkintä 1,3 W. Kun akusta otettiin vastuksen kautta 53,5 mA:n virta, niin napajännite oli 3,66 V. Kun virta oli 126 mA, niin napajännite oli 3,61 V.

(a) Laske akun sisäresistanssi ja lähdejännite.

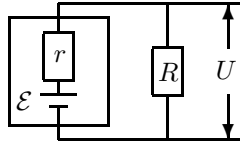
(b) Kuinka kauan tyhjän akun varaaminen kestää, jos oletetaan, että napajännite on vakio 3,6 V koko varaamisen ajan?

a) (max 4p) Alkuarvot:

U_1 (V)	U_2 (V)	I_1 (mA)	I_2 (mA)
3,66	3,61	53,5	126

Kirchhoffin laista (suljetussa piirissä, jossa kulkee virta, on $\sum_i U_i = 0$) napajännitteelle saadaan $U = \mathcal{E} - Ir$, missä \mathcal{E} on akun lähdejännite, I virta ja r akun sisäresistanssi.

Kuva



Tällöin

$$\begin{cases} U_1 = \mathcal{E} - I_1 r \\ U_2 = \mathcal{E} - I_2 r \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} r = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2} \\ \mathcal{E} = U_1 + I_1 r = U_2 + I_2 r. \end{cases}$$

r (Ω)	trk+1 (Ω)	-1,0% (Ω)	+1,0% (Ω)	\mathcal{E} (V)	trk+1 (V)	-1,0% (V)	+1,0% (V)
0,690	0,6897	0,6828	0,6966	3,70	3,697	3,660	3,734

b) (max 2p) Akun kokonaisvaraus on

$$Q = 670 \text{ mAh.}$$

Teho $P = UI = 1,3 \text{ W}$, $U = 3,6 \text{ V}$ ja virta on varauksen muutos aikayksikössä eli $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$, joten

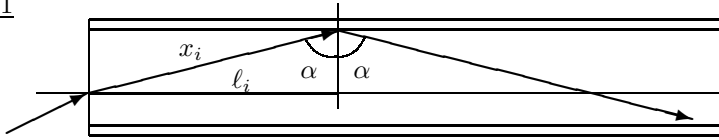
$$\Delta t = \frac{\Delta Q}{I} = \frac{\Delta Q U}{P} = \frac{670 \text{ mAh} \cdot 3,6 \text{ V}}{1,3 \text{ W}}$$

Δt (h)	trk+1 (h)	-1,0% (h)	+1,0% (h)	Δt (h:min)	trk+1 (h:min)	-1,0% (h:min)	+1,0% (h:min)
1,9	1,86	1,84	1,88	1:50	1:51	1:50	1:52

TKK, TTKK, LTKK, OY ja ÅA insinööriosastojen valintakuulustelujen fysiikan koe 30.5.2002, malliratkaisut ja arvostelu.

- 4 (a) Laske hitaimmin ja nopeimmin edenneen säteen välinen aikaero 1,0 km:n pituisessa optisessa kuidussa (ks. kuva 1). Kuidun ydinosaan taitekerroin on 1,530 ja kuoren 1,520. Kuidun ydinosaan halkaisija on 70,0 μm.

Kuva 1



- (b) Optisia kuituja käytetään nopeassa tietoliikenteessä, jolloin kuidussa kulkee valopulsseja. Edellä laskettu eri säteiden välinen aikaero aiheuttaa pulssien leviämistä eli muotodispersiota. Kuinka suurella taajuudella eli kaistanleveydellä 1,0 km:n pituiseen kuituun voidaan lähettää pulsseja, kun pulssit täytyy pystyä erottamaan toisistaan myös vastaanotopäässä eli niiden välisen aikaeron pitää olla vähintään kaksi kertaa (a)-kohdassa laskettu arvo?

- a) (max 4p) Alkuarvot:

taitekerroin	A	B	C	D	kuitu
n_1	1,530	1,530	1,530	1,530	ydinosa
n_2	1,520	1,510	1,515	1,517	kuoriososa

Nopeimmin etenevä säde kulkee suoraan, joten

$$t_{\min} = \frac{\ell}{v} = \frac{\ell n_1}{c_0},$$

missä kuidun pituus $\ell = 1,0$ km, valon nopeus kuidussa $v = c_0/n_1$, valon nopeus tyhjiössä c_0 ja kuidun ydinosaan taitekerroin n_1 .

Hitaimmin etenevä säde kulkee kuidussa siten, että se saapuu kokonaisheijastuksen rajakulmassa kuidun ydin- ja kuoriosan rajapintaan, jolloin

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = \frac{n_2}{n_1}.$$

Toisaalta kuvasta nähdään, että*

$$\sin \alpha = \frac{\ell}{x} \Rightarrow x = \frac{\ell}{\sin \alpha} = \frac{\ell n_1}{n_2},$$

missä x on valonsäteen rata. Tällöin

$$t_{\max} = \frac{x}{v} = \frac{x n_1}{c_0} = \frac{\ell n_1^2}{c_0 n_2}.$$

Aikaero hitaimmin ja nopeimmin edenneen säteen välillä on

$$\Delta t = t_{\max} - t_{\min} = \frac{\ell n_1^2}{c_0 n_2} - \frac{\ell n_1}{c_0} = \frac{\ell n_1}{c_0} \left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right).$$

	t_{\min} (μs)	t_{\max} (μs)	Δt (μs)	trk+1 (μs)	-1,0% (μs)	+1,0% (μs)
A:	5,1036	5,1371	0,034	0,0336	0,0333	0,0339
B:	5,1036	5,1712	0,068	0,0676	0,0669	0,0683
C:	5,1036	5,1541	0,051	0,0505	0,0500	0,0510
D:	5,1036	5,1473	0,044	0,0437	0,0433	0,0441

- b) (max 2p) Pulssien välin pitää olla vähintään $2 \cdot \Delta t$, joten suurin käytettävissä oleva taajuus on

$$f_{\max} = \frac{1}{2\Delta t}.$$

	Δt (μs)	f_{\max} (MHz)	trk+1 (MHz)	-1,0% (MHz)	+1,0% (MHz)
A:	0,0336	15	14,9	14,8	15,0
B:	0,0676	7,4	7,40	7,33	7,47
C:	0,0505	9,9	9,90	9,80	10,0
D:	0,0437	11	11,4	11,3	11,5

- a) **Tapa 2*** Käyttämällä ydinosaan halkaisijaa päädytään samaan tulokseen $x = \frac{n_1}{n_2} \ell$ hiukan monimutkaisemmalla kaavanjohdolla.

TKK, TTKK, LTKK, OY ja ÅA insinööriosastojen valintakuulustelujen fysiikan koe 30.5.2002, malliratkaisut ja arvostelu.

5 Sotilasalue, jonka mitat ovat 30,0 km x 30,0 km, on aidattu yhtenäisellä piikkilanka-aidalla. Maan magneettikentän magneettivuon tiheyden keskimääräinen arvo maanpintaa vastaan kohtisuorassa suunnassa on tuolla alueella $52 \mu\text{T}$.

(a) Kuinka suuri jännite havaitaan aidassa olevan avoimen portin portinpylväiden välissä magneettisen myrskyn aikana, jolloin Maan magneettikentän magneettivuon tiheyden pystykomponentti muuttuu 1,0% 20,0 sekunnin aikana?

(b) Kuinka suuri virta kulkee langassa, kun portti suljetaan?

Langan halkaisija on 3,0 mm ja resistiivisyys $0,180 \mu\Omega\text{m}$.

a) (max 3p) Alkuarvot:

alueen sivun pituus	A	B	C	D
a (km)	30,0	40,0	50,0	60,0

Silmukkaan indusoituu lähdejännite

$$e = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{A\Delta B}{\Delta t}$$

missä $A = a \times a$ on alueen pinta-ala ja B on pintaa vastaan kohtisuora magneettivuon tiheys, $\Delta B = 0,010 \cdot 52 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ ja $\Delta t = 20,0 \text{ s}$.

	e (V)	trk+1 (V)	-1,0% (V)	+1,0% (V)
A:	23	23,4	23,2	23,6
B:	42	41,6	41,2	42,0
C:	65	65,0	64,4	65,6
D:	94	93,6	92,7	94,5

b) (max 3p) Silmukan resistanssi on

$$R = \rho \frac{\ell}{A},$$

missä langan resistiivisyys $\rho = 0,180 \mu\Omega\text{m}$, langan pituus $\ell = 4a$ ja langan poikkipinta-ala $A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$ ja langan halkaisija $d = 3,0 \text{ mm}$.

Virta saadaan Ohmin laista

$$I = \frac{e}{R} = \frac{e\pi d^2}{16\rho a}.$$

	I (mA)	trk+1 (mA)	-1,0% (mA)	+1,0% (mA)
A:	7,7	7,66	7,58	7,74
B:	10,	10,2	10,1	10,3
C:	13	12,8	12,7	12,9
D:	15	15,3	15,1	15,5

TKK, TTKK, LTKK, OY ja ÅA insinööriosastojen valintakuulustelujen fysiikan koe 30.5.2002, malliratkaisut ja arvostelu,

6 Sähkömagneettinen säteily, jonka aallonpituus on 0,100 nm, osuu vetyatomiin, jolloin tapahtuu valosähköinen ilmiö. Oletetaan, että atomista irtoava elektroni liikkuu tapahtuman jälkeen samaan suuntaan kuin fotonin ennen atomiin osumista. Elektronin sidosenergia vetyatomissa on 13,6 eV.

(a) Laske elektronin liike-energia ja liikemäärä.

(b) Laske ytimen liike-energia ja liikemäärä.

Opastus: Ytimen massa on suuri verrattuna elektronin massaan, joten ytimen saama liike-energia on hyvin pieni verrattuna elektronin liike-energiaan. Sekä ytimen että elektronin oletetaan alussa olevan levossa.

a) (max 3p) Alkuarvot:

	A	B	C	D
λ (nm)	0,100	0,150	0,200	0,250

Kokonaisenergia säilyy_ (tai $E_a = E_l$)

$$E_f = E_{k,e} + E_{k,p} + E_s \approx E_{k,e} + E_s$$

missä E_s on elektronin sidosenergia eli elektronin irrottamiseen tarvittava työ, protonin liike-energia $E_{k,p}$ voidaan olettaa olevan paljon pienempi kuin elektronin liike-energia $E_{k,e}$ ja fotonin energia

$$E_f = hf = \frac{hc_0}{\lambda},$$

missä h on Planckin vakio, c_0 valon nopeus tyhjiössä, ja λ valon aallonpituus. Tällöin elektronin liike-energia on

$$E_{k,e} = E_f - E_s = \frac{hc_0}{\lambda} - E_s.$$

Yksikkömuunnos $1 \text{ eV} = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

	$E_{k,e}$ (10^{-15} J)	trk+1 (10^{-15} J)	-1,0% (10^{-15} J)	+1,0% (10^{-15} J)	$E_{k,e}$ (keV)	trk+1 (keV)	-1,0% (keV)	+1,0% (keV)
A:	1,98	1,984	1,964	2,004	12,4	12,38	12,26	12,50
B:	1,32	1,322	1,309	1,335	8,25	8,252	8,169	8,335
C:	0,991	0,9910	0,9811	1,001	6,19	6,185	6,123	6,247
D:	0,792	0,7924	0,7845	0,8003	4,95	4,946	4,897	4,995

Elektronin nopeus (klassisen mekaniikan mukaan) on $E_{k,e} = \frac{1}{2}m_e v_e^2$, joten

$$v_e = \sqrt{\frac{2E_{k,e}}{m_e}} \approx 0,1 - 0,2 c_0.$$

Koska elektronin nopeus on pieni verrattuna valon nopeuteen, voidaan käyttää klassista mekaniikkaa nopeuden ja liikemäärän ratkaisemiseksi.

Elektronin liikemäärä on $p_e = m_e v_e = \sqrt{2m_e E_{k,e}}$.

	p_e (10^{-23} kg m/s)	trk+1 (10^{-23} kg m/s)	-1,0% (10^{-23} kg m/s)	+1,0% (10^{-23} kg m/s)
A:	6,01	6,013	5,953	6,073
B:	4,91	4,908	4,859	4,957
C:	4,25	4,249	4,207	4,291
D:	3,80	3,800	3,762	3,838

b) (max 3p) Kokonaisliikemäärä säilyy_ (tai $\vec{p}_a = \vec{p}_l$)

$$\vec{p}_f = \vec{p}_e + \vec{p}_p \Rightarrow p_p = \frac{E_f}{c_0} - p_e = \frac{h}{\lambda} - p_e$$

Protonin liikemäärän suunta vastakkainen elektronin liikemäärän suuntaan nähden.

	p_f ($10^{-23} \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}}$)	p_e ($10^{-23} \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}}$)	p_p ($10^{-23} \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}}$)	trk+1 ($10^{-23} \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}}$)	-1,0% ($10^{-23} \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}}$)	+1,0% ($10^{-23} \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}}$)
A:	0,6626	6,013	-5,35	-5,350	-5,404	-5,296
B:	0,4417	4,908	-4,47	-4,466	-4,511	-4,421
C:	0,3313	4,249	-3,92	-3,918	-3,957	-3,879
D:	0,2650	3,800	-3,53	-3,534	-3,569	-3,499

Protonin liike-energia on

$$E_{k,p} = \frac{1}{2}m_p v_p^2 = \frac{p_p^2}{2m_p}.$$

	$E_{k,p}$ (10^{-19} J)	trk+1 (10^{-19} J)	-1,0% (10^{-19} J)	+1,0% (10^{-19} J)	$E_{k,p}$ (eV)	trk+1 (eV)	-1,0% (eV)	+1,0% (eV)
A:	8,56	8,556	8,470	8,642	5,34	5,340	5,287	5,393
B:	5,96	5,963	5,903	6,023	3,72	3,722	3,685	3,759
C:	4,59	4,589	4,543	4,635	2,86	2,864	2,835	2,893
D:	3,73	3,735	3,698	3,772	2,33	2,331	2,308	2,354