

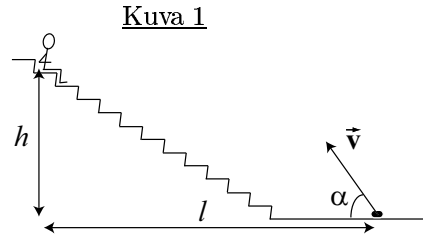
# Diplomi-insinöörien ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2008

## Insinööriarinnan fysiikan koe 28.5.2008

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

Sarja A

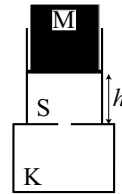
**A1** Paula ja Maija seuraavat TPS-Jokerit jääkiekko-ottelua Turun Elysee-areenan katsomossa. Jokerien puolustaja joutuu tiukassa tilanteessa ampumaan kiekon katsomoon joutuen jäähylle. Kiekko osuu yllättyneen Maijan syliin. Maija istuu korkeudella  $h = 7,00$  m jään



Kuva 1

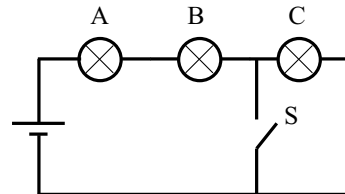
pinnan yläpuolella ja etäisyydellä  $l = 15,0$  m puolustajasta (Kuva 1). Kuinka suuri oli kiekon lähtönopeus  $\vec{v}$  kun puolustaja ampui sen kulmaan  $\alpha = 55,0^\circ$  vaakatasoon nähden? Ilmanvastusta ei oteta huomioon.

**A2** Mittauspöytä, jonka massa on  $m = 452$  kg, lepää neljän kaasujousen varassa. Jouset koostuvat kaasusäiliöstä (K), sylinteristä (S) ja kitkattomasti liikkuvasta männästä (M) (Kuva 2). Kun lämpötila on  $21,4$  °C mäntä on korkeudella  $h = 17,2$  cm sylinterissä. Kaasusäiliössä ja sylinterissä on yhteensä  $0,750$  moolia  $N_2$ -kaasua. Sylinterin poikkipinta-ala on  $3,00$  cm<sup>2</sup>. Missä lämpötilassa mäntä koskettaa sylinterin pohjaa ja jousi lopettaa toimintansa?



Kuva 2

**A3** Oheisessa kytkennässä (Kuva 3) kolme identtistä hehkulamppua on sarjassa pariston kanssa. Mitä tapahtuu seuraaville suureille, kun kytkin S suljetaan:



Kuva 3

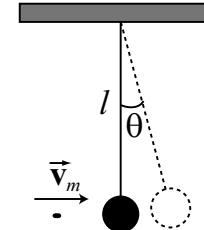
- lamppujen A ja B kirkkaudet,
- lampun C kirkkkaus,
- paristosta otettu virta,
- jännitehäviö lampun A yli,
- jännitehäviö lampun C yli,
- tehohäviö piirissä?

Vastaa jokaiseen kohtaan joko "suurenee" tai "pysyy samana" tai "pienenee".

**VAKIOITA:** Absoluuttinen nollapiste  
Alkeisvaraus  
Atomimassayksikkö  
Avogadron vakio  
Deuterium  $^2_1\text{H}$  massa  
Helium  $^3_2\text{He}$  massa  
Normaali ilmanpaine  
Neutronin lepomassa

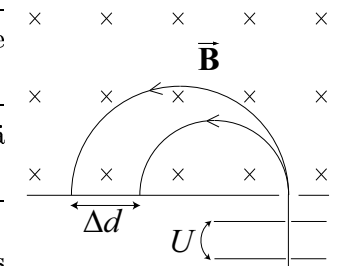
$T_0 = -273,15$  °C  
 $e = 1,6022 \cdot 10^{-19}$  C  
 $u = 1,6605402 \cdot 10^{-27}$  kg  
 $N_A = 6,0221 \cdot 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>  
 $m_{2\text{H}} = 2,0141018$  u  
 $m_{3\text{He}} = 3,0160293$  u  
 $p_0 = 1,013 \cdot 10^5$  Pa  
 $m_n = 1,0086650$  u

**A4** Ilmakiväärin luodin nopeuden mittaamiseksi ilmakiväärillä ammuttiin luoti (massa  $m = 0,511$  g) vaakasuoraan muoviluvahasta tehtyyn kappaleeseen (massa  $M = 381$  g), joka oli ripustettu kevyeen naruun ( $l = 36,0$  cm) (Kuva 4). Luoti jäi laukauksen jälkeen muoviluvahaan. Luodin osuman jälkeen narun maksimaalinen poikkeama pystysuorasta suunnasta oli  $\theta = 15,0^\circ$ . Kuinka suuri oli luodin nopeus  $\vec{v}_m$ ?



Kuva 4

**A5** Kloorilla on kaksi stabiilia isotooppia  $^{35}\text{Cl}$  ja  $^{37}\text{Cl}$ . Kertaalleen ionisoitu kloorikaasu on tarkoitus erottaa näiksi edellä mainituiksi isotoopeiksi käyttäen massaspektrometriä, jonka magneettivuon tiheys on  $|\vec{B}| = 1,3$  T ja kiihdytysjännite  $U = 9,9$  kV (Kuva 5).



Kuva 5

- Piirrä kuvaaja, josta ilmenee ioneihin vaikuttavat voimat magneetti- ja sähkökentässä sekä kiihdyttävän sähkökentän suunta. (2 p.)
- Ovatko kloori-ionit tässä tapauksessa positiivisesti vai negatiivisesti varattuja? (1 p.)
- Kuinka suuri on kloori-ionien etäisyys  $\Delta d$ , kun ne ovat kuvan mukaisesti kulkeutuneet puoliympyränmuotoisen radan magneettikentässä? (3 p.)

**A6** Maapallon merissä on keskimäärin yhdessä vesimolekyylissä ( $\text{H}_2\text{O}$ )  $6500$ :sta vetyatomien tilalla deuterium-atomit  $^2_1\text{H}$ . Oletetaan, että yhdestä vesilitrasta saataisiin kaikki deuterium-atomit talteen ja nämä fuusioitaisiin helium-3 atomeiksi  $^3_2\text{He}$ .

- Kirjoita fuusioreaktion reaktioyhtälö ja laske kuinka paljon yhdessä reaktiossa vapautuu energiaa. (2 p.)
- Kuinka paljon kokonaisuudessaan voitaisiin saada energiaa yhdestä vesilitrasta tätä reaktiota käyttäen? (3 p.)
- Kuinka paljon kivihiiltä tarvittaisiin saman energiamäärän tuottamiseen, kun kivihiilen lämpöarvo on  $3,1 \cdot 10^7$  J/kg? (1 p.)

Kloori  $^{35}\text{Cl}$  massa  
Kloori  $^{37}\text{Cl}$  massa  
Protonin lepomassa  
Putoamisliikkeen kiihtyvyyys  
Valon nopeus tyhjiössä  
Veden moolimassa  
Veden tiheys  
Yleinen kaasuvakio

$m_{35} = 34,968852$  u  
 $m_{37} = 36,965903$  u  
 $m_p = 1,0072765$  u  
 $g = 9,807$  ms<sup>-2</sup>  
 $c = 2,99792458 \cdot 10^8$  ms<sup>-1</sup>  
 $M_v = 18,0$  g mol<sup>-1</sup>  
 $\rho_v = 0,99970 \cdot 10^3$  kg m<sup>-3</sup>  
 $R = 8,3145$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>

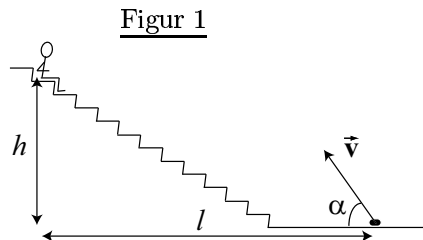
# Diplomingenjör- och arkitektutbildningens gemensamma antagning - dia-antagning 2008

## Ingenjörantagningens prov i fysik 28.5.2008

Serie A

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

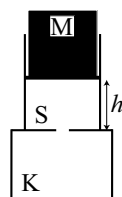
**A1** Paula och Maija följer med ishockey-matchen TPS-Jokerit på läktaren i Elysee-arenan i Åbo. En Jokerit-back blir utvisad för att han i en pressad situation är tvungen att skjuta pucken upp i läktaren. Pucken landar i famnen på en överraskad Maija. Maija sitter på



Figur 1

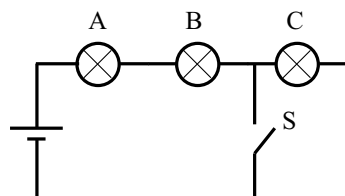
höjden  $h = 7,00$  m ovanför isens yta och på avståndet  $l = 15,0$  m från backen (Figur 1). Hur stor var puckens utgångshastighet  $\vec{v}$ , då backen sköt den i vinkeln  $\alpha = 55,0^\circ$  i förhållande till horisontalen? Luftmotståndet beaktas inte.

**A2** Ett instrumentbord vars massa är  $m = 452$  kg vilar på fyra gasfjädrar. Gasfjädrarna består av gasbehållaren (K), cylindern (S) och kolven (M) som kan röra sig friktionslöst (Figur 2). Då temperaturen är  $21,4$  °C är kolven på höjden  $h = 17,2$  cm i cylindern. I gasbehållaren och i cylindern finns tillsammans  $0,750$  mol  $N_2$  gas. Cylinderns tvärsnittsarea är  $3,00$  cm<sup>2</sup>. Vid vilken temperatur berör kolven cylinderns botten så att fjädern slutar att fungera?



Figur 2

**A3** I vidstående kopplingschema (Figur 3) är tre identiska glödlampor kopplade i serie med ett batteri. Vad händer med följande storheter, då brytaren S sluts:



Figur 3

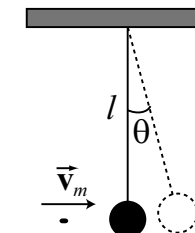
- ljusstyrkorna hos lamporna A och B,
- ljusstyrkan hos lamporna B och C,
- strömmen som tas från batteriet,
- spänningsfallet över lamporna A och B,
- spänningsfallet över lamporna B och C,
- effektförlusten i kretsen?

Svara på varje delfråga med antingen "ökar" eller "förblir konstant" eller "minskar".

**KONSTANTER:** Absoluta nollpunkten  
Elementarladdning  
Atomäramassenheten  
Avogadros tal  
Deuterium  ${}^2_1\text{H}$  massa  
Helium  ${}^3_2\text{He}$  massa  
Normalt lufttryck  
Neutronens vilomassa

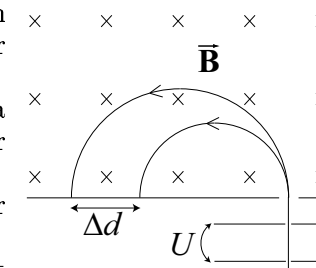
$T_0 = -273,15$  °C  
 $e = 1,6022 \cdot 10^{-19}$  C  
 $u = 1,6605402 \cdot 10^{-27}$  kg  
 $N_A = 6,0221 \cdot 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>  
 $m_{{}^2\text{H}} = 2,0141018$  u  
 $m_{{}^3\text{He}} = 3,0160293$  u  
 $p_0 = 1,013 \cdot 10^5$  Pa  
 $m_n = 1,0086650$  u

**A4** Hastigheten för kulan från ett luftgevär bestämdes genom att kulan (massa  $m = 0,511$  g) sköts vågrätt i en kropp (massa  $M = 381$  g) av modelleraren. Kroppen hängde i en lätt tråd ( $l = 36,0$  cm) (Figur 4). Kulan fastnade efter skottet i modelleraren. Trådens maximala avlänkning från vertikalen efter skottet var  $\theta = 15,0^\circ$ . Hur stor var kulans hastighet  $\vec{v}_m$ ?



Figur 4

**A5** Klor har två stabila isotoper  ${}^{35}\text{Cl}$  och  ${}^{37}\text{Cl}$ . Med hjälp av en masspektrometer separeras en gång joniserad klorgas i de här två isotoperna. Den magnetiska flödestätheten i masspektrometern är  $|\vec{B}| = 1,3$  T och accelerationsspänningen är  $U = 9,9$  kV (Figur 5).



Figur 5

- Rita en figur av vilken krafterna som verkar på jonerna i magnet- och elfältet samt riktningen för det accelererande elfältet framgår. (2 p.)
- Är klorjonerna i det här fallet positivt eller negativt laddade? (1 p.)
- Hur stort är klorjonernas avstånd  $\Delta d$  efter att de har avverkat den halvcirkelformade banan i figuren? (3 p.)

**A6** I haven på jorden har i medeltal en väteatom ersatts av en deuteriumatom  ${}^2_1\text{H}$  i en vattenmolekyl ( $\text{H}_2\text{O}$ ) av 6500. Anta att man ur en liter vatten kunde ta till vara alla deuteriumatomer och fusionera dessa till helium-3 atomer  ${}^3_2\text{He}$ .

- Skriv ner fusionsreaktionens reaktionslikhet och bestäm hur mycket energi som frigörs i en reaktion. (2 p.)
- Hur mycket energi kunde totalt utvinnas ur en liter vatten med hjälp av denna reaktion? (3 p.)
- Hur mycket stenkol skulle behövas för att producera samma mängd energi? Stenkollets värmevärde är  $3,1 \cdot 10^7$  J/kg. (1 p.)

Klor  ${}^{35}\text{Cl}$  massa  
Klor  ${}^{37}\text{Cl}$  massa  
Protonens vilomassa  
Accelerationen vid fritt fall  
Ljusets hastighet i vakuum  
Molmassan för vatten  
Densiteten för vatten  
Gaskonstanten

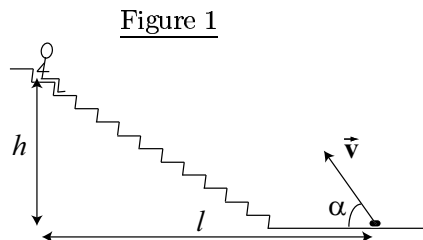
$m_{35} = 34,968852$  u  
 $m_{37} = 36,965903$  u  
 $m_p = 1,0072765$  u  
 $g = 9,807$  m s<sup>-2</sup>  
 $c = 2,99792458 \cdot 10^8$  m s<sup>-1</sup>  
 $M_v = 18,0$  g mol<sup>-1</sup>  
 $\rho_v = 0,99970 \cdot 10^3$  kg m<sup>-3</sup>  
 $R = 8,3145$  J mol<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>

**Common admission to Master's programs in Engineering and Architecture - Dia-admission 2008**  
**Examination in physics for the engineering departments 28.5.2008**

Series A

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

- A1** Paula and Maija are watching an ice hockey game between TPS and Jokerit in the Turku Elysee arena. A defender on team Jokerit shoots the puck into the stands and gets a penalty. The puck lands in the lap of a surprised Maija. Maija sits at a height  $h = 7.00$  m above the ice and at a distance  $l = 15.0$  m from the defender (Figure 1). Calculate the initial velocity  $\vec{v}$  of the puck when the defender shot it at an angle  $\alpha = 55.0^\circ$ . Air resistance is neglected.



- A2** An instrument table, with a mass of  $m = 452$  kg, rests on four gas springs. Each spring consists of a gas container (G), a cylinder (C) and a piston (P), which can move without friction (Figure 2). When the temperature is  $21.4^\circ\text{C}$  the piston is at a height  $h = 17.2$  cm in the cylinder. There is altogether  $0.750$  moles of  $\text{N}_2$  gas in the container and the cylinder. The cross-sectional area of the cylinder is  $3.00\text{ cm}^2$ . At what temperature will the piston touch the bottom of the cylinder and the spring will stop functioning?

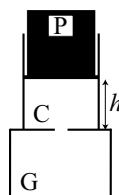


Figure 2

- A3** Three identical light bulbs are in series with a battery in a circuit (Figure 3). What happens to the following quantities when the switch S is closed:
- the brightness of lamps A and B,
  - the brightness of lamp C,
  - the current drawn from the battery,
  - the voltage drop across lamp A,
  - the voltage drop across lamp C,
  - the power dissipated in the circuit?
- Answer each question with either "increases" or "stays the same" or "decreases".

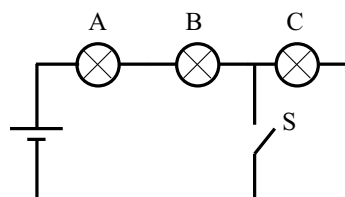


Figure 3

<b>CONSTANTS:</b>	Absolute zero point	$T_0 = -273.15^\circ\text{C}$
	Acceleration of gravity	$g = 9.807\text{ m s}^{-2}$
	Atomic mass unit	$u = 1.6605402 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$
	Avogadro's number	$N_A = 6.0221 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$
	Chlorine $^{35}\text{Cl}$ mass	$m_{35} = 34.968852\text{ u}$
	Chlorine $^{37}\text{Cl}$ mass	$m_{37} = 36.965903\text{ u}$
	Density of water	$\rho_w = 0.99970 \cdot 10^3\text{ kg m}^{-3}$
	Deuterium $^2_1\text{H}$ mass	$m_{2\text{H}} = 2.0141018\text{ u}$

- A4** In order to measure the nozzle velocity of an air rifle, a bullet (mass  $m = 0.511$  g) was fired horizontally into a body consisting of plasticine (mass  $M = 381$  g), which was hanging in a light thread ( $l = 36.0$  cm) (Figure 4). The bullet was embedded in the plasticine after the shot. The maximum deviation from the vertical axis for the thread after the shot was  $\theta = 15.0^\circ$ . What was the velocity of the bullet  $\vec{v}_m$ ?

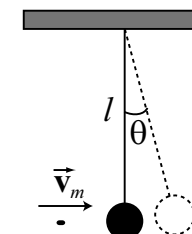


Figure 4

- A5** Chlorine has two stable isotopes  $^{35}\text{Cl}$  and  $^{37}\text{Cl}$ . Singly ionized chlorine gas is separated into these two isotopes with the aid of a mass spectrometer. The magnetic field of the spectrometer is  $|\vec{B}| = 1.3$  T and the accelerating voltage is  $U = 9.9$  kV (Figure 5).

- Draw a figure that shows the forces acting on the ions in the magnetic and electric fields and the direction of the accelerating electric field. (2 p.)
- What is the sign of the charge of the chlorine ions in this case? (1 p.)
- What is the distance  $\Delta d$  between the chlorine ions after the semi-circular path shown in the figure? (3 p.)

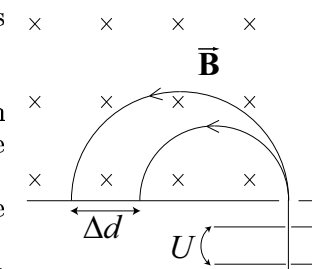


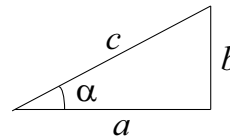
Figure 5

- A6** In the seas on Earth, one hydrogen atom in 6500 water molecules ( $\text{H}_2\text{O}$ ) has been replaced by a deuterium atom. Suppose that all deuterium atoms could be collected from a litre of water and these could be fused into helium-3 atoms  $^3_2\text{He}$ .
- Write the reaction equation for the fusion reaction and calculate how much energy is released in one reaction. (2 p.)
  - How much energy could be extracted from a litre of water using this reaction? (3 p.)
  - How much coal would be needed to produce the same amount of energy? The calorific value of coal is  $3.1 \cdot 10^7\text{ J/kg}$ ? (1 p.)

Elementary charge	$e = 1.6022 \cdot 10^{-19}\text{ C}$
Gas constant	$R = 8.3145\text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$
Helium $^3_2\text{He}$ mass	$m_{^3\text{He}} = 3.0160293\text{ u}$
Molar mass of water	$M_w = 18.0\text{ g mol}^{-1}$
Neutron rest mass	$m_n = 1.0086650\text{ u}$
Normal air pressure	$p_0 = 1.013 \cdot 10^5\text{ Pa}$
Proton rest mass	$m_p = 1.0072765\text{ u}$
Speed of light in vacuum	$c = 2.99792458 \cdot 10^8\text{ m s}^{-1}$

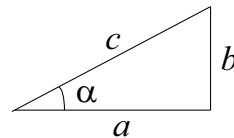
suure, laki	yksikkö	kaava
Paikka ( $\vec{a}$ vakio)	m	$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{a} t^2$
Kulma ( $\alpha$ vakio)	rad	$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$
Nopeus ( $\vec{a}$ vakio)	m/s	$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$
Kulmanopeus ( $\vec{\alpha}$ vakio)	rad/s	$\vec{\omega} = \vec{\omega}_0 + \vec{\alpha} t$
Normaalikiikhtyvyys	m/s <sup>2</sup>	$\vec{a}_n = -\frac{v^2}{r} \cdot \frac{\vec{r}}{ \vec{r} }$
Liikemäärä	kgm/s	$\vec{p} = m\vec{v}$
Dynamiikan peruslaki		$\sum \vec{F}_i = m\vec{a}$
Liikekitkavoima	N	$F_\mu = \mu N$
Vääntömomentti	Nm	$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ $\vec{M} = J\vec{\alpha}$
Hitausmomentti	kgm <sup>2</sup>	$J = \sum m_i r_i^2$
Magneettinen voima	N	$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ $\vec{F} = I\vec{\ell} \times \vec{B}$
Työ	J	$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r}$
Energia	J	$E_p = mgh$ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ $E_r = \frac{1}{2}J\omega^2$ $E = mc^2$ $E_p = QU$
Lämpömäärä	J	$Q = cm\Delta T$ $Q = Lm$
Teho	W	$P = \frac{W}{\Delta t}$ $P = UI$

suure, laki	yksikkö	kaava
Sähkökenttä	V/m	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$
Jännite ( $E$ vakio)	V	$U = Ed$
( $R$ vakio)		$U = RI$
Virta	A	$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$
Indusoitunut jännite	V	$e = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$
Resistanssi (tapaus 1)	$\Omega$	$R = \sum R_i$
(tapaus 2)		$\frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_i}$
Magneettivuo	Wb	$\Phi = \vec{A} \cdot \vec{B}$
Ainemäärä	mol	$n = \frac{m}{M}$
Ideaalikaasulaki		$pV = nRT$
Noste	N	$N = \rho V g$
Paine	Pa	$p = \frac{F}{A}$ $p = \rho gh$
Aallon nopeus	m/s	$v = f\lambda$
Trigonometria		$\sin \alpha = \frac{b}{c}$ $\cos \alpha = \frac{a}{c}$ $\tan \alpha = \frac{b}{a}$ $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$



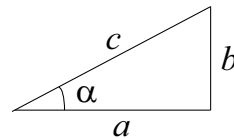
storhet, lag	enhet	formel
Läge ( $\vec{a}$ konstant)	m	$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{a} t^2$
Vinkel ( $\alpha$ konstant)	rad	$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$
Hastighet ( $\vec{a}$ konstant)	m/s	$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$
Vinkelhastighet ( $\vec{\alpha}$ konstant)	rad/s	$\vec{\omega} = \vec{\omega}_0 + \vec{\alpha} t$
Normalacceleration	m/s <sup>2</sup>	$\vec{a}_n = -\frac{v^2}{r} \cdot \frac{\vec{r}}{ \vec{r} }$
Rörelsemängd	kgm/s	$\vec{p} = m\vec{v}$
Dynamikens grundlag		$\sum \vec{F}_i = m\vec{a}$
Rörelsefriktionskraft	N	$F_\mu = \mu N$
Kraftmoment	Nm	$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ $\vec{M} = J\vec{\alpha}$
Tröghetsmoment	kgm <sup>2</sup>	$J = \sum m_i r_i^2$
Magnetisk kraft	N	$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ $\vec{F} = I\vec{\ell} \times \vec{B}$
Arbete	J	$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r}$
Energi	J	$E_p = mgh$ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ $E_r = \frac{1}{2}J\omega^2$ $E = mc^2$ $E_p = QU$
Värmemängd	J	$Q = cm\Delta T$ $Q = Lm$
Effekt	W	$P = \frac{W}{\Delta t}$ $P = UI$

storhet, lag	enhet	formel
Elfältet	V/m	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$
Spänning ( $E$ konstant)	V	$U = Ed$
( $R$ konstant)		$U = RI$
Ström	A	$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$
Induktionsspänning	V	$e = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$
Resistans (fall 1)	$\Omega$	$R = \sum R_i$
(fall 2)		$\frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_i}$
Magnetiskt flöde	Wb	$\Phi = \vec{A} \cdot \vec{B}$
Substansmängd	mol	$n = \frac{m}{M}$
Idealgaslagen		$pV = nRT$
Lyftkraft	N	$N = \rho V g$
Tryck	Pa	$p = \frac{F}{A}$ $p = \rho g h$
Våghastighet	m/s	$v = f\lambda$
Trigonometri		$\sin \alpha = \frac{b}{c}$ $\cos \alpha = \frac{a}{c}$ $\tan \alpha = \frac{b}{a}$ $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$

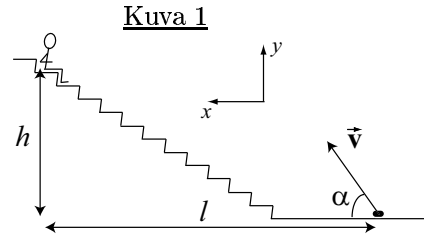


quantity, law	unit	formula
Position ( $\vec{a}$ constant)	m	$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{a} t^2$
Angular displacement ( $\alpha$ constant)	rad	$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$
Velocity ( $\vec{a}$ constant)	m/s	$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$
Angular velocity ( $\vec{\alpha}$ constant)	rad/s	$\vec{\omega} = \vec{\omega}_0 + \vec{\alpha} t$
Centripetal acceleration	m/s <sup>2</sup>	$\vec{a}_{\text{rad}} = -\frac{v^2}{r} \cdot \frac{\vec{r}}{ \vec{r} }$
Momentum	kgm/s	$\vec{p} = m\vec{v}$
Newton's second law		$\sum \vec{F}_i = m\vec{a}$
Kinetic frictional force	N	$F_\mu = \mu N$
Torque	Nm	$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ $\vec{M} = J\vec{\alpha}$
Moment of inertia	kgm <sup>2</sup>	$J = \sum m_i r_i^2$
Magnetic force	N	$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ $\vec{F} = I\vec{\ell} \times \vec{B}$
Work	J	$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r}$
Energy	J	$E_p = mgh$ $E_k = \frac{1}{2} m v^2$ $E_r = \frac{1}{2} J \omega^2$ $E = mc^2$ $E_p = QU$
Heat	J	$Q = cm\Delta T$ $Q = Lm$
Power	W	$P = \frac{W}{\Delta t}$ $P = UI$

quantity, law	unit	formula
Electric field	V/m	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$
Potential difference ( $E$ constant)	V	$U = Ed$
( $R$ constant)		$U = RI$
Current	A	$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$
Induced emf	V	$e = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$
Resistance (case 1)	$\Omega$	$R = \sum R_i$
(case 2)		$\frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_i}$
Magnetic flux	Wb	$\Phi = \vec{A} \cdot \vec{B}$
Amount of substance	mol	$n = \frac{m}{M}$
Ideal gas law		$pV = nRT$
Buoyancy	N	$N = \rho V g$
Pressure	Pa	$p = \frac{F}{A}$ $p = \rho g h$
Wave velocity	m/s	$v = f\lambda$
Trigonometry		$\sin \alpha = \frac{b}{c}$ $\cos \alpha = \frac{a}{c}$ $\tan \alpha = \frac{b}{a}$ $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$



1 Paula ja Maija seuraavat TPS-Jokerit jääkiekko-ottelua Turun Elysee-areenan katsomossa. Jokerien puolustaja joutuu tiukassa tilanteessa ampumaan kiekon katsomoon joutuen jäähylle. Kiekko osuu yllättäneen Maijan syliin. Maija istuu korkeudella  $h = 7,00$  m jään pinnan yläpuolella ja etäisyydellä  $l = 15,0$  m puolustajasta (Kuva 1). Kuinka suuri oli kiekon lähtönopeus  $\vec{v}$  kun puolustaja ampui sen kulmaan  $\alpha = 55,0^\circ$  vaakatasoon nähden? Ilmanvastusta ei oteta huomioon.



Oikea vastaus.

	$v$ (m/s)	trk+1 (m/s)
A:	15,2	15,25
B:	14,3	14,33
C:	14,8	14,84
D:	15,6	15,64

Alkuarvot:

	$h$ (m)	$l$ (m)	$\alpha$ ( $^\circ$ )
A	7,00	15,0	55,0
B	7,00	12,0	59,0
C	7,00	13,0	54,0
D	7,00	16,5	57,0

Kiekon liike on tasaisesti kiihtyvää  $y$ -suunnassa ja tasaista  $x$ -suunnassa tai  $v_x = \text{vakio}$ :

$$\begin{cases} y(t) = y_0 + v_y t + \frac{1}{2} a t^2 \\ x(t) = x_0 + v_x t \end{cases}$$

missä valitaan  $y_0 = 0$ ,  $x_0 = 0$  ja  $a = -g$ , ja missä

$$\begin{cases} v_x = v \cos \alpha \\ v_y = v \sin \alpha \end{cases}$$

Ratkaistaan aika  $t$   $x$ -suunnan yhtälöstä ja sijoitetaan se  $y$ -suunnan yhtälöön.

$$x(t) = x_0 + v_x t \quad \Rightarrow \quad t = \frac{x}{v \cos \alpha}$$

$x = l$  ja  $y = h$  antaa

$$h = l \tan \alpha - \frac{1}{2} \frac{g l^2}{v^2 \cos^2 \alpha}$$

Tästä ratkaistaan  $v$ :

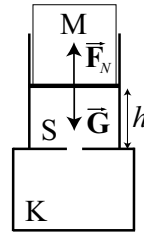
$$v = \frac{l}{\cos \alpha} \sqrt{\frac{g}{2(l \tan \alpha - h)}} = 15,2 \text{ m/s}$$

**Ohjeita pisteytykseen:**

- Tehtävän tarkkuus on kolme numeroa.

Diplomi-insinöörin ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2008, insinöörivalinnan fysiikan koe 28.5.2008, malliratkaisut ja arvostelu.

2 Mittauspöytä, jonka massa on  $m = 452$  kg, lepää neljän kaasu-jousen varassa. Jouset koostuvat kaasusäiliöstä (K), sylinteristä (S) ja kitkattomasti liikkuvasta männästä (M) (Kuva 2). Kun lämpötila on  $21,4$  °C mäntä on korkeudella  $h = 17,2$  cm sylinterissä. Kaasusäiliössä ja sylinterissä on yhteensä  $0,750$  moolia  $N_2$ -kaasua. Sylinterin poikkipinta-ala on  $3,00$  cm<sup>2</sup>. Missä lämpötilassa mäntä koskettaa sylinterin pohjaa ja jousi lopettaa toimintansa?



Voimakuvio

Alkuarvot:

	$m$ (kg)	$T_a$ (°C)	$T_a$ (K)	$h$ (cm)	$n$ (mooli)	$A$ (cm <sup>2</sup> )
A	452	21,4	294,55	17,2	0,750	3,00
B	452	20,3	293,45	14,8	3,20	3,00
C	452	18,2	291,35	15,8	1,90	3,00
D	452	16,9	290,05	19,3	1,50	3,00

Alkutilanteessa jousi tasapainossa, tai Newton II, josta seuraa:

$$\vec{F}_N + \vec{G} = 0 \quad \Rightarrow \quad F_N - G = 0$$

missä

$$F_N = pA \quad \text{ja} \quad G = \frac{mg}{4}$$

Paino jakautuu neljälle jalalle.

Tasapainoehdosta saadaan ratkaistua kaasun paine joka pysyy vakiona aina rajatapaukseen saakka kun mäntä koskettaa sylinterin pohjaa:

$$p = \frac{mg}{4A} = 3,694 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Paine kaasusäiliössä on noin 40 kertaa suurempi kuin  $p_0$ .

⇒ Ulkoista ilmanpainetta ei tarvitse ottaa huomioon.

Kaasun tilavuus lämpötilassa  $T_a$  saadan ideaalikaasulaista.

$$pV_a = nRT_a \quad \Rightarrow \quad V_a = \frac{nRT_a}{p}$$

Kun mäntä koskettaa sylinterin pohjaa kaasun tilavuus on

$$V_l = V_a - Ah = \frac{nRT_l}{p}$$

$V_l$ :n lausekkeeseen sijoitetaan  $V_a$ :n ja  $p$ :n lausekkeet ja ratkaistaan  $T_l$ :

$$T_l = T_a - \frac{mgh}{4nR} = 264,0 \text{ K}$$

Oikea vastaus.

	$T_l$ (K)	trk+1 (K)	$T_l$ (°C)
A:	264	264,0	-9,2
B:	287	287,3	14,1
C:	280	280,3	7,1
D:	273	272,9	-0,2

**Ohjeita pisteytykseen:**

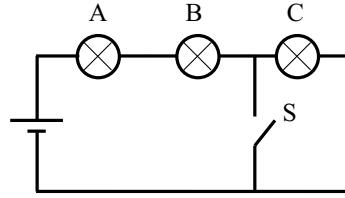
- Tehtävän tarkkuus on kolme numeroa.
- Jos ratkaisussa otettu huomioon ulkoinen ilmanpaine, tätä ei tarvitse perustella.



3 Oheisessa kytkennässä (Kuva 3) kolme identtistä hehkulamppua on sarjassa pariston kanssa. Mitä tapahtuu seuraaville suureille, kun kytkin S suljetaan:

- lampujen A ja B kirkkaudet,
- lampun C kirkkaus,
- paristosta otettu virta,
- jännitehäviö lampun A yli,
- jännitehäviö lampun C yli,
- tehohäviö piirissä?

Vastaa jokaiseen kohtaan joko ”suurenee” tai ”pysyy samana” tai ”pienenee”.



Kuva 3

Ohjeita pisteytykseen:

- Vastauksia ei tarvitse perustella.

Copyright TKK 2008

Oikea vastaus.

a) Suurenee.

b) Pienenee.

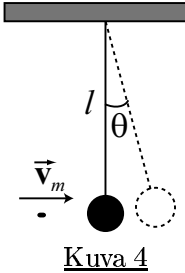
c) Suurenee.

d) Suurenee.

e) Pienenee.

f) Suurenee.

4 Ilmakiväärin luodin nopeuden mittaamiseksi ilmakiväärillä ammuttiin luoti (massa  $m = 0,511$  g) vaakasuoraan muoviluvahasta tehtyyn kappaleeseen (massa  $M = 381$  g), joka oli ripustettu kevyeen naruun ( $l = 36,0$  cm) (Kuva 4). Luoti jäi laukauksen jälkeen muoviluvahaan. Luodin osuman jälkeen narun maksimaalinen poikkeama pystysuorasta suunnasta oli  $\theta = 15,0^\circ$ . Kuinka suuri oli luodin nopeus  $\vec{v}_m$ ?



Kuva 4

Oikea vastaus.

	$v$ (m/s)	trk+1 (m/s)
A:	366	366,2
B:	208	208,1
C:	248	248,5
D:	293	292,6

Alkuarvot:

	$m$ (g)	$M$ (g)	$l$ (cm)	$\theta$ ( $^\circ$ )
A	0,511	381	36,0	15,0
B	0,511	265	24,0	15,0
C	0,511	293	28,0	15,0
D	0,511	328	31,0	15,0

Luodin törmätessä kappaleeseen liikemäärä säilyy.

$$\vec{p}_a = \vec{p}_i \quad \Rightarrow$$

$$mv_m = (m + M)v_M$$

Heilahduksen aikana mekaaninen energia säilyy.

$$\Delta E_k = \Delta E_p \quad \Leftrightarrow$$

$$\frac{1}{2}(m + M)v_M^2 = (m + M)g\Delta h$$

missä  $\Delta h = l - l \cos \theta$ .

$$\Rightarrow v_M^2 = 2g(l - l \cos \theta) \quad \Rightarrow v_M = \sqrt{2g(l - l \cos \theta)}$$

Sijoitetaan  $v_M$ :n lauseke liikemäärän säilymisestä saatuun yhtälöön ja ratkaistaan  $v_m$ :

$$mv_m = (m + M)\sqrt{2g(l - l \cos \theta)} \quad \Rightarrow$$

$$v_m = \frac{(m + M)}{m}\sqrt{2g(l - l \cos \theta)} = 366 \text{ m/s}$$

Ohjeita pisteytykseen:

- Tehtävän tarkkuus on kolme numeroa.

Diplomi-insinöörin ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2008, insinöörivalinnan fysiikan koe 28.5.2008, malliratkaisut ja arvostelu.

5 Kloorilla on kaksi stabiilia isotooppia  $^{35}\text{Cl}$  ja  $^{37}\text{Cl}$ . Kertaalleen ionisoitu kloorikaasu on tarkoitettu erottaa näiksi edellä mainituiksi isotoopeiksi käyttäen massaspektrometriä, jonka magneettivuon tiheys on  $|\vec{B}| = 1,3 \text{ T}$  ja kiihdytysjännite  $U = 9,9 \text{ kV}$  (Kuva 5).

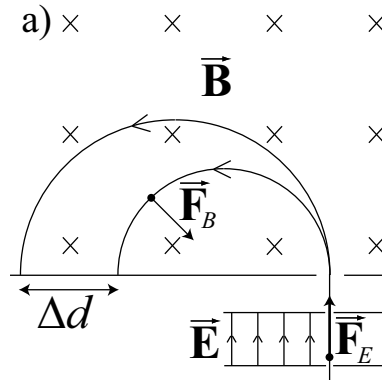
a) Piirrä kuvaaja, josta ilmenee ioneihin vaikuttavat voimat magneetti- ja sähkökentässä sekä kiihdyttävän sähkökentän suunta. (2 p.)

b) Ovatko kloori-ionit tässä tapauksessa positiivisesti vai negatiivisesti varattuja? (1 p.)

c) Kuinka suuri on kloori-ionien etäisyys  $\Delta d$ , kun ne ovat kuvan mukaisesti kulkeneet puoliympyränmuotoisen radan magneettikentässä? (3 p.)

Alkuarvot:

	$B$ (T)	$U$ (kV)
A	1,3	9,9
B	1,1	4,8
C	1,3	14
D	1,1	17



b) Magneettisesta voimasta  $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$  seuraa että Cl-ionit ovat positiivisesti varattuja.

c) Sähkökentän tekemä työ on yhtä kuin ionin liike-energian muutos, tai työperiaatteesta tai energiaperiaatteesta seuraa

$$\frac{1}{2}mv^2 = qU \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

Magneettikentässä magneettinen voima toimii keskeisvoimana ja dynamiikan peruslaista tai Newton II:sta seuraa

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} = -m\frac{v^2}{r} \cdot \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|} \quad \text{ja} \quad \vec{v} \perp \vec{B} \Rightarrow$$

$$qvB = \frac{mv^2}{r} \quad \Rightarrow \quad r = \frac{mv}{qB}$$

Kloori-ionien etäisyys  $\Delta d$

$$\Delta d = 2(r_{37} - r_{35})$$

Etäisyyden lausekkeeseen sijoitetaan säteen  $r$  ja nopeuden  $v$  lausekkeet:

$$\Delta d = 2 \left( \frac{m_{37}v_{37}}{qB} - \frac{m_{35}v_{35}}{qB} \right) \Leftrightarrow$$

$$\Delta d = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{2U}{q}} (\sqrt{m_{37}} - \sqrt{m_{35}}) = 3,7 \text{ mm}$$

Oikea vastaus.

	$\Delta d$ (mm)	trk+1 (mm)	$v_{37}$ $10^5$ (m/s)	$v_{35}$ $10^5$ (m/s)
A:	3,7	3,67	2,27	2,34
B:	3,0	3,02	1,58	1,63
C:	4,4	4,36	2,70	2,78
D:	5,7	5,68	2,98	3,06

Ohjeita pisteytykseen:

- Tehtävän tarkkuus on kaksi numeroa.

## Diplomi-insinöörin ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2008, insinöörivalinnan fysiikan koe 28.5.2008, malliratkaisut ja arvostelu.

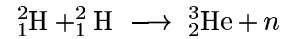
- 6 Maapallon merissä on keskimäärin yhdessä vesimolekyylissä ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 6500:sta vetyatomin tilalla deuterium-atomi  ${}^2_1\text{H}$ . Oletetaan, että yhdestä vesilitrasta saataisiin kaikki deuterium-atomit talteen ja nämä fuusioitaisiin helium-3 atomeiksi  ${}^3_2\text{He}$ .
- a) Kirjoita fuusioreaktion reaktioyhtälö ja laske kuinka paljon yhdessä reaktiossa vapautuu energiaa. (2 p.)
- b) Kuinka paljon kokonaisuudessaan voitaisiin saada energiaa yhdestä vesilitrasta tätä reaktiota käyttäen? (3 p.)
- c) Kuinka paljon kivihiltä tarvittaisiin saman energiamäärän tuottamiseen, kun kivihilen lämpöarvo on  $3,1 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$ ? (1 p.)

### Ohjeita pisteytykseen:

- a)-kohdan tarkkuus jouleissa on kahdeksan numeroa, hyväksytään 4-9 numeroa.
- a)-kohdan tarkkuus eV:ssa on viisi numeroa, hyväksytään 5-6 numeroa.
- b)- ja c)-kohtien tarkkuus on kaksi numeroa.

Copyright TKK 2008

a) Reaktioyhtälö



Yhdessä reaktiossa vapautuu energiaa

$$E = \Delta mc^2 = (2m_{{}^2\text{H}} - m_{{}^3\text{He}} - m_n) c^2 = 5,2373464 \cdot 10^{-13} \text{ J} \quad (3,2688 \text{ MeV})$$

b) Yksi vesilitra sisältää deuteriumatomeja

$$N = \frac{1}{6500} \frac{\rho_v V}{M_v} N_A = 5,14555 \cdot 10^{21} \text{ kpl}$$

Maksimaalinen määrä reaktioita on puolet tästä eli

$$N_R = 2,57277 \cdot 10^{21} \text{ kpl}$$

Kokonaisenergia on

$$E_{N_R} = N_R E = 1,35 \cdot 10^9 \text{ J} \quad (8,41 \cdot 10^{27} \text{ eV})$$

trk+1:  $1,347 \cdot 10^9 \text{ J}$ ,

c) Kivihiltä vastaavan energiamäärän tuottamiseen tarvitaan

$$m_C = \frac{E_{N_R}}{H} = 43 \text{ kg}$$

trk+1: 43,5 kg,