Chalmers Tekniska Högskola
Fysik och Teknisk Fysik

2003-01-13
08.45-12.45
M

Tentamen i FYSIK 1 för E2 (FFY 141)

Lärare:	Åke Fäldt, tel 772 3349
Hjälpmedel:	Physics Handbook, Beta, SMT, TEFYMA eller motsvarande gymnasietabell. Valfri kalkylator samt ett egenhändigt framställt A4-blad med anteckningar.
Rättning:	Protokollet anslås senast 2003-01-27.
Granskning:	2003-01-27 11.45-12.45 i HC4.
Betyg:	3:a 10-14 p, 4:a 15-19 p, 5:a 20p –

FÖRKLARA ALLTID INFÖRDA STORHETER OCH MOTIVERA EKVATIONER OCH SLUTSATSER. RITA TYDLIGA FIGURER.
KONTROLLERA SVARENS RIMLIGHET OCH DIMENSION.

1. En ljudkälla A är placerad i x = 0, y =0 och en annan ljudkälla B är placerad i x = 0 och y = 2,4 m i ett rätvinkligt koordinatsystem. De två ljudkällorna är i fas med varandra.
   En observatör som urspungligen befinner sig i punkten x = 40 m, y = 0 (punkt C) finner att antingen hon promenerar därifrån i negativ eller positiv y-riktning så minskar ljudintensiteten. Hur stor är den lägsta och näst lägsta ljudkällefrekvens som kan förklara denna observation? Antag att ljudintensiteten i stället hade ökat hur hon än promenerat iväg från C. Hur stor hade då den lägsta och näst lägsta ljudkällefrekvensen varit? (4 p)

2. 500 gram heliumgas genomlöper en Carnotprocess, vars högsta temperatur är 160 grader Celsius. Verkningsgraden är 35% och under den isoterma expansionen tillförs värmemängden 0,1 MJ.
   Beräkna förhållandet mellan den största och den minsta volymen som gasen upptar under processen. (4 p)

3. Ljus med våglängden λ infaller mot en enkelspalt med bredden b. Diffraktionsmönstret studeras på en skärm som befinner sig på, relativt b, stort avstånd L från spalten. Antag att man tillverkar en ny enkelspalt genom att helt enkelt klippa ett hål i skärmen där hålet definieras av den del som det relativt ljusstarka och breda centralmaximat täcker. Därefter tar man bort spalten med bredden b och belyser sedan skärmen (som alltså nu har ett hål) med ljus som har samma våglängd som tidigare och studerar det nya diffraktionsmönstret med hjälp av en ny skärm på avståndet L från skärmen med hål i. L kan fortfarande antas vara stort i förhållande till den nya spaltbredden. Hur stor blir nu den totala bredden av centralmaximat som observeras på den nya skärmen?
   (4 p)

VG VÄND!

4. Tre isolerade behållare med lika stora volymer V är förbundna med smala rör som kan leda gas men inte värme. Alla tre behållarna är fyllda med samma ideala gas och som ursprungligen håller temperaturen T_0 och trycket p_0. Därefter fördubblas temperaturen i den första behållaren, tredubblas i den andra medan i den tredje är temperaturen oförändrat T_0. Genom ett sinnrikt reglersystem bibehålls dessa temperaturer trots att gasmolekyler nu kommer att strömma genom förbindelserören. Inga molekyler lämnar dock det totala systemet som består av de tre behållarna.
Det nya gemensamma tryck p som nu råder i de tre behållarna kan uttryckas i p_0. Gör det! (4 p)

5. En väteatom befinner sig i grundtillståndet ($\psi = (\pi a^3)^{-1/2} e^{-r/a}$, där a är Bohrradien). Beräkna sannolikheten att anträffa elektronen utanför en sfär med centrum i kärnan och radien $r = a$.
(4 p)

6. Beräkna med två siffrors noggrannhet hur många valenselektroner med hastigheter större än 60% av fermihastigheten det finns i 1,0 kg kalium vid rumstemperatur. Valenselektronerna i kalium kan beskrivas med frielektronmodellen och varje atom bidrar med en elektron till elektrongasen. Fermihastigheten är den hastighet som en elektron har som har en energi som är lika med fermienergin. Nödvändiga data hämtas ur tabellverk. Kalium heter Potassium på engelska.

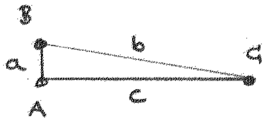
7. Skriv din namnteckning i den ruta på tentamensomslaget som motsvara uppgift nr 7 om du godkänner att ditt tentamensresultat publiceras på nätet eller med hjälp av e-mail.

2003-01-13

Lösningar till tentamen i FYSIK 1 för E2

(1)

$a = 2{,}4$ m
$c = 40$ m



$b^2 = a^2 + c^2$

$\Rightarrow b = 40{,}07$ m $\quad \Rightarrow \quad b - c = 7$ cm

a) $b - c = m\lambda$ för maximum $m = 1, 2, 3, \ldots$

$\Rightarrow \lambda_1 = 7$ cm , $\lambda_2 = 3{,}5$ cm

$v = 330$ m/s , $v = \lambda \cdot f \quad f = \frac{v}{\lambda}$

$\Rightarrow f_1 = 4587$ Hz $= \underline{4{,}6 \cdot 10^3 \text{ Hz}}$, $f_2 = 9175$ Hz $= \underline{9{,}2 \cdot 10^3 \text{ Hz}}$

b) $b - c = (m + \frac{1}{2})\lambda$ för min. $m = 0, 1, 2, \ldots$

$b - c = \frac{1}{2}\lambda \Rightarrow \lambda_1 = 14$ cm $\Rightarrow f_1 = 2293$ Hz $= \underline{2{,}3 \cdot 10^3 \text{ Hz}}$

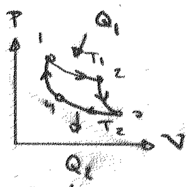
$b - c = \frac{3}{2}\lambda \Rightarrow \lambda_2 = 4{,}79$ cm $\Rightarrow f_2 = \underline{6{,}9 \cdot 10^3 \text{ Hz}}$

(2)

Carnotprocessen

$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 0{,}35$

$T_1 = 433$ K $\Rightarrow T_2 = 281$ K.



$n' = \frac{500}{4} = 125$,

$Q_1 = n'RT_1 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow V_2 = V_1 \cdot e^{Q_1/n'RT_1}$

$2 \to 3$: adiabat

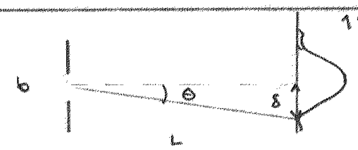
$T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1} \qquad \gamma = \frac{5}{3}$

$\Rightarrow V_3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{1/\gamma-1} V_1 \, e^{Q_1/n'RT_1} =$

$\Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = \left(\frac{433}{281}\right)^{3/2} e^{0{,}1 \cdot 10^6 / 125 \cdot 8{,}31 \cdot 433} =$

$= \underline{\underline{2{,}39}}$

(3)



1:a min.:
$b \cdot \sin\theta = \lambda$
$\sin\theta \approx \tan\theta = \frac{\delta}{L}$

$\Rightarrow \delta = \frac{\lambda L}{b}$

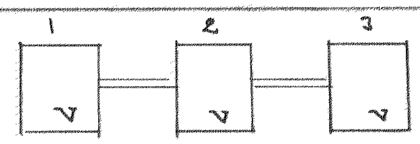
Bredden av centr. max

$\Rightarrow 2\delta = \frac{2\lambda L}{b}$ = ny spaltbredd

Den nya totala bredden $2x$ av centralmaximat får vi genom att i uttrycket ovan byta ut b mot $\frac{2\lambda L}{b}$

$\Rightarrow 2x = \frac{2\lambda L}{\left(\frac{2\lambda L}{b}\right)} = \underline{\underline{b}}$

(4)



Ursprungligen: p_0 och T_0 i alla behållare
n_0' mol i varje beh. $\Sigma\, 3n_0'$

Slutsituation: $T_1 = 2T_0 \quad p_1 = p$
$T_2 = 3T_0 \quad p_2 = p$
$T_3 = T_0 \quad p_3 = p$.

$pV = n_1' R 2T_0 = n_2' R 3T_0 = n_3' R T_0$

$\Rightarrow n_1' = \frac{1}{2} n_3' \; , \; n_2' = \frac{1}{3} n_3'$

$n_1' + n_2' + n_3' = 3n_0'$

$\Rightarrow \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + 1\right) n_3' = 3n_0' \Rightarrow \frac{11}{6} n_3' = 3n_0'$

$\Rightarrow n_3' = \frac{18}{11} n' \Rightarrow pV = n_3' \cdot RT_0 \Rightarrow \underline{\underline{p = \frac{18}{11} p_0}}$

(5)

$\psi_{100} = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} e^{-r/a}$

$P(r > a) = \int_a^\infty |\psi_{100}|^2 \, 4\pi r^2 \cdot dr =$

$= \frac{4}{a^3} \int_a^\infty e^{-2r/a} \cdot r^2 \cdot dr =$

$= \frac{4}{a^3} \left[-\frac{1}{2} e^{-2r/a} (ar^2 + a^2 r + \frac{1}{2} a^3) \right]_a^\infty =$

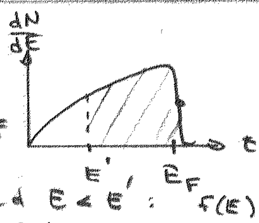
$= \frac{4}{a^3} \left[\frac{1}{2} e^{-2} (a^3 + a^3 + \frac{1}{2} a^3) \right] =$

$= 4 \left[\frac{1}{2} e^{-2} \cdot \frac{5}{2} \right] = \underline{\underline{0{,}68}}$

(6)

$E_{kin} \sim v^2$

$v = 0{,}6\, v_F \Rightarrow E' = 0{,}36 E_F$



Andelen elektroner med $E < E'$: $f(E) = 1$

$\frac{\int_0^{0{,}36 E_F} c\sqrt{E} \cdot dE}{\int_0^{E_F} c\sqrt{E} \cdot dE} = (0{,}36)^{3/2} = 0{,}216$

K har molvikten 39 g

Antal valenselektr. i $1000\text{ g} = \frac{1000}{39} \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23}$

$= 1{,}54 \cdot 10^{25}$

$0{,}216 \cdot 1{,}54 \cdot 10^{25} = \underline{\underline{3{,}3 \cdot 10^{24} \text{ st}}}$