Chalmers Tekniska Högskola
Fysik och Teknisk Fysik

2002-12-17
08-45-12.45
M

Tentamen i FYSIK B för D2 (FFY 171)

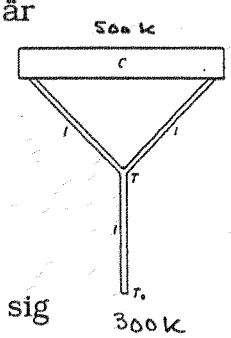
Lärare:	Åke Fäldt, tel 772 3349
Hjälpmedel:	Physics Handbook, Beta, SMT, TEFYMA eller motsvarande gymnasietabell. Valfri kalkylator samt ett egenhändigt framställt A4-blad med anteckningar.
Rättning:	Protokollet anslås senast 2003-01-20.
Granskning:	2003-01-21 kl 12.00-12.30 i HC4.
Betyg:	3:a 10-14 p, 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. Ur ett Debye-Scherrer-difraktogram från mätningar på ett pulver från ett ämne med kubisk struktur (sc, bcc eller fcc) erhölls följande Braggvinklar i grader: 19,48 22,64 33,00 39,68 41,83 50,35 57,05 59,42.
Ämnet i fråga har molvikten 27 g och tätheten 2700 kg per kubikmeter. Använd informationen ovan för att bestämma Avogadros tal (= antal partiklar per mol) om man vet att den använda röntgenstrålningen har våglängden 1,54 Å. (4 p)

2. Elektromagnetisk strålning med våglängder inom det synliga området (4000 Å-7000 Å) orsakar övergångar i dubbeljoniserat Li (dvs övergångar i Li^{2+}) på så sätt att huvudkvanttalet n ökar med en enhet. Använd Bohrmodellen för att bestämma för vilket eller vilka värden på n detta är möjligt. Li har atomnummer tre.
Varför måste vi studera joniserat Li för att Bohrmodellen ska ge ett resultat som överensstämmer väl med experimentella resultat?
Vilka modifieringar av Bohrmodellen kan man göra för att den skulle kunna ge relativt bra överensstämmelse mellan teori och experiment även för atomärt Li? (4 p)

3. a. En Y-konstruktion av koppar har tre likadana ben. Två av benen är i god kontakt med ett stort block vars temperatur är 500 K, medan änden på det tredje benet hålls vid temperaturen 300 K. Hur stor är temperaturen T i den punkt där de tre benen har kontakt med varandra? (2 p)



b. Betrakta en tredimensionell gas av fria elektroner som befinner sig vid absoluta nollpunkten. Vid vilken energi har man lika många elektroner med lägre som med högre energi. Svaret, som alltså är elektrongasens medianenregi, uttrycks lämpligen i procent av fermienergin. (2 p)

vg vänd!

4. En idealgasmotor arbetar med 2,0 mol av en enatomig idealgas och genomlöper tre steg:
   i isobar från utgångsvolymen V_1 och utgångstemperaturen $T_1 = 300$ K till temperaturen $T_2 = 800$ K.
   ii adiabatisk expansion tills temperaturen fallit till T_1.
   iii isotermkompression till den ursprungliga volymen V_1.

   Hur mycket arbete utför gasen under adiabaten?
   Hur mycket värme tillförs under isobaren?
   Hur stor är processens verkningsgrad? (4 p)

5. Antag att man känner koncentrationen av elektroner i ledningsbandet för två odopade halvledare varav den ena är en bit Si (bandgap 1,1 eV) och den andra är en bit av ett material vars bandgap vi inte känner. Vid temperaturen 300 K har den okända halvledaren en elektronkoncentration som är 2000 gånger så stor som den i Si. Till vilken temperatur måste man värma Si-biten för att elektronkoncentrationerna ska bli desamma i den båda materialen om temperaturen hos den okända halvledaren fortfarande hålls kvar vid 300 K? (4 p)

6. Alla alkalimetaller har bcc-struktur och deras elektroniska egenskaper beskrivs väl av frielektronmodellen. I tabellen nedan anges fermienergin och gitterkonstanten. Din uppgift är att med hjälp av en linjär interpolation (dvs med hjälp av linjal eller liknande rakt verktyg) grafiskt bestämma fermienergin för rubidium (Rb). Detta görs lämpligen genom att rita ett diagram där fermienergin avsätts som funktion av lämplig storhet. (4 p)

Metall	Fermienergi (eV)	Gitterkonstant (Å)
Li	4,7	3,49
Na	3,2	4,23
K	2,1	5,23
Rb	?	5,59
Cs	1,6	6,05

7. Skriv din namnteckning i den ruta på tentamensomslaget som hör till uppgift nr 7 om du godkänner att ditt resultat läggs ut på nätet identitetsskyddat med hjälp av kod eller att du får resultatet skickat till dig per e-post.

8. Sätt ett kryss i den ruta på tentamensomslaget som hör till uppgift nr 8 om du i år har lämnat in lösningar till 4 av de 5 inlämningsuppgifterna.

9. Sätt ett kryss i den ruta på tentamensomslaget som hör till uppgift nr 9 om du har gjort båda laborationer i kursen (O2 & A4).

2002 - 12 - 17

Lösningar till tentamen i FYSIK B för D2

1

Braggs lag : $2 \cdot d_{hkl} \cdot \sin\theta = \lambda$

kubisk struktur : $d_{hkl} = \dfrac{a}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}}$

Strukturfaktorn : sc : alla hkl tillåtna
bcc : h+k+l jämnt tal
fcc : hkl alla udda el. jämna

Studie av kvoterna mellan $\sin^2\theta$ ger att strukturen är fcc ⇒ 4 atomer per enhetscell

$hkl = 420 \Rightarrow h^2+k^2+l^2 = 20$, $\theta_{420} = 59{,}42^\circ$

a: $2 \dfrac{a}{\sqrt{20}} \cdot \sin 59{,}42^\circ = 1{,}54\,\text{Å} \Rightarrow a = 4{,}00\,\text{Å}$

tätheten $\rho = \dfrac{4 \cdot m_{atom}}{a^3} \Rightarrow m_{atom} = 4{,}32 \cdot 10^{-26}\,\text{kg}$

$N_A \cdot m_{atom} = M_{mol} \Rightarrow N_A = \dfrac{27 \cdot 10^{-3}}{4{,}32 \cdot 10^{-26}} = \underline{\underline{6{,}25 \cdot 10^{23}}}$

2

Li^{2+} $z = 3 \Rightarrow E_n = -3^2 \cdot \dfrac{13.6}{n^2}\,(\text{eV})$

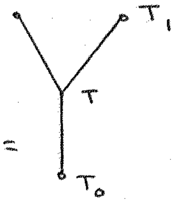
synliga området $\lambda = 4000 - 7000\,\text{Å}$

$n \to n+1$: $\lambda = \dfrac{hc}{9 \cdot 13{,}6 \cdot e}\left[\dfrac{1}{\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+1)^2}}\right] =$

$= 101{,}6 \cdot 10^{-10}\,[\quad]$

endast $\underline{\underline{n=4}}$ ger absorbtion av synligt ljus.

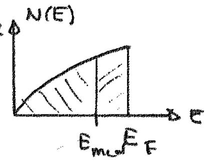
3
a) $-\dfrac{dQ}{dt} = \lambda 2A \dfrac{T_1 - T}{L} = \lambda A \dfrac{T - T_0}{L}$



$\Rightarrow 2(T_1 - T) = T - T_0$

$\Rightarrow T = \dfrac{2T_1 + T_0}{3} = \dfrac{1000 + 300}{3}\,\text{K} = \underline{\underline{433\,\text{K}}}$

b) $T = 0 \Rightarrow N(E) = \text{konst} \cdot E^{1/2}$
$E \in [0, E_F]$

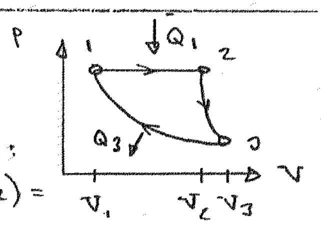


$\displaystyle\int_0^{E_{med}} E^{1/2} \cdot dE = \int_{E_{med}}^{E_F} E^{1/2} \cdot dE$

$\Rightarrow E_{med}^{3/2} = E_F^{3/2} - E_{med}^{3/2} \rightarrow E_{med} = \left(\dfrac{1}{2}\right)^{2/3} \cdot E_F$

$\Rightarrow E_{med} = 0{,}63\,E_F$ dvs $\underline{\underline{63\%\ \text{av}\ E_F}}$

4
$C_V = \frac{3}{2}R$ $C_p = \frac{5}{2}R$
$\gamma = 5/3$ $n' = 2{,}0$ mol



a) Arbete under adiabaten :
$W_2 = -\Delta U_2 = -n' C_V (T_3 - T_2) =$
$= -2 \cdot \frac{3}{2} R (300 - 800) = \underline{\underline{12{,}5\,\text{kJ}}}$

b) Värmeutbyte under isobaren:
$Q_1 = n' C_p (T_2 - T_1) = 2 \cdot \frac{5}{2} R (800 - 300) = \underline{\underline{20{,}8\,\text{kJ}}}$

c) Verkn. grad η : $\eta = \dfrac{Q_1 + Q_3}{Q_1}$

$Q_3 = n'RT_1 \cdot \ln \dfrac{V_1}{V_3}$, $TV^{\gamma - 1} = \text{konst}$ för adiab

$\dfrac{V_1}{V_3} = \left(\dfrac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma/\gamma - 1}$ $V_1 T_1 = V_2 T_2$

$\Rightarrow Q_3 = n'RT_1 \dfrac{\gamma}{\gamma - 1} \ln T_1/T_2$

$\Rightarrow \eta = \dfrac{20{,}8 - 12{,}2}{20{,}8} = 0{,}41$ ∴ $\underline{\underline{\eta = 41\%}}$

5

$n = p = n_0 \cdot e^{-E_F/kT}$

$m_e^* = m_h^* = m$, odopat $\rightarrow E_F = E_g/2$

$T_0 = 300$:
$kT_0 = 0{,}0259\,\text{eV}$
$n_{si} = n_0\, e^{-E_{gsi}/2kT_0}$
$n_x = n_0\, e^{-E_{gx}/2kT_0}$

$\dfrac{n_x}{n_{si}} = 2000 \Rightarrow \Delta E_g = E_{gsi} - E_{gx} = 0{,}394\,\text{eV}$

∴ $E_{gx} = 0{,}706\,\text{eV}$.

Vid vilken temp gäller $n_{si}' = n_x$?

$n_0\, e^{-E_{gsi}/2kT'} = n_0\, e^{-E_{gx}/2kT_0}$

$\Rightarrow T' = \dfrac{E_{gsi}}{E_{gx}} \cdot T_0 = \dfrac{1.1}{0{,}706} \cdot 300 = \underline{\underline{476\,\text{K}}}$

6

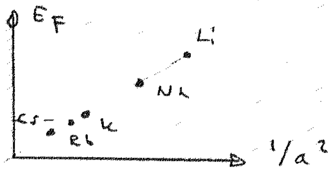
$E_F = \dfrac{\hbar^2}{2m} k_F^2 = \dfrac{\hbar^2}{2m}\left(3\pi^2 \dfrac{N}{V}\right)^{2/3}$ (1)

För samtl alkalimetaller gäller att elektr. tätheten är lika med atomtätheten som är $2/a^3$

sätt in $\dfrac{N}{V} = \dfrac{2}{a^3}$; (1) $\Rightarrow E_F \sim \dfrac{1}{a^2}$

Plotta E_F som funktion av $1/a^2$!

Grafen ger
$\underline{\underline{E_F \approx 1{,}8\,\text{eV}}}$
för Rb.



Chalmers Tekniska Högskola
Fysik och Teknisk Fysik

2001-04-20
kl 08.45-12.45
Sal M

Tentamen i FYSIK B för D2

Lärare:	Åke Fäldt, tel 772 3349
Hjälpmedel:	Physics Handbook, TEFYMA eller motsvarande gymnasietabell. Valfri kalkylator och ett A4-blad med egenhändigt framställda anteckningar.
Rättning:	Protokollet anslås senast 2001-05-02
Granskning:	2001-05-02 kl 12.00-12.30 i HC1.
Betyg:	3:a 10-14 p, 4:a 15-19 p, 5.a 20-24 p.

1. a Elektronen i en väteatom beskrivs i grundtillståndet av en vågfunktion som är proportionell mot exp (-r/a), där r är avståndet till kärnan och a Bohrradien. Beräkna på vilket avstånd från kärnan det är som störst sannolikhet att finna elektronen.

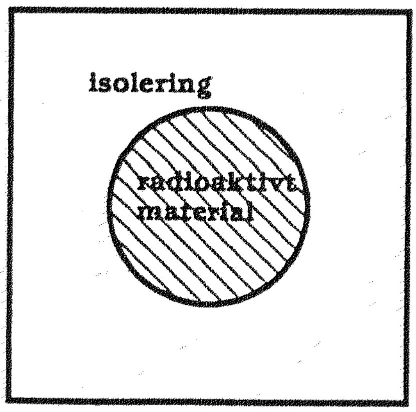
   b. Exciterade vätgasatomer emitterar ett spektrum vars intensivaste komponent är en linje vid 1216 Å. Använd Bohrmodellen och beräkna huvudkvanttalen för begynnelse- respektive sluttillstånd.

   (4 p)

2. En sfärisk behållare med radien 1,0 m är fylld med en viss idealgas. Behållarens väggar är gjorda av ett material som har egenskapen att sannolikheten B är 0,25 att en gasmolekyl av den aktuella gasen som stöter mot väggarna ska fastna. Beräkna under antagandet att B håller sig konstant hur lång tid det tar innan trycket i behållaren sjunkit till hälften av sitt utgångsvärde. Gasmolekylernas medelhastighet vid den aktuella temperaturen är 500 m/s. (4 p)

3. Skillnaden i frekvens mellan närbelägna linjer i ett spektrum orsakat av övergångar i molekylen $^{35}Cl\,^{19}F$ spektrum som innehåller linjer där endast rotationstillståndet ändras är $1{,}12 \cdot 10^{10}$ Hz. Använd denna information för att beräkna avståndet mellan atomerna i molekylen. (4 p)

4. En lång cylinder (radie 5 mm) av radioaktivt material utvecklar effekten 50 W/m och är omgiven av ett isolerande skikt vars värmeledningsförmåga är 0,10 W/mK med kvadratiskt tvärsnitt. Kvadratens kantlängd är 20 mm. Hela arrangemanget befinner sig i ett rum där temperaturen är 20 grader Celsius. Det radioaktiva materialet har kemiska egenskaper som gör att dess temperatur måste ligga i intervallet 50 - 100 grader Celsius. Kommer detta villkor att vara uppfyllt? Motivera svaret med beräkningar. (4 p)



5. Beräkna med två siffrors noggrannhet hur många ledningselektroner med hastighet mindre än en tredjedel av Fermihastigheten (= hastigheten hos en elektron som befinner sig vid Ferminivån) som finns i 1,0 kg natrium om temperaturen är rumstemperatur.
Ledningselektronerna i natrium kan betraktas som fria och varje atom bidrar med en elektron till elektrongasen. Natrium kristalliserar i bcc-struktur. (4 p)

6. En tvåatomig idealgas genomlöper en kretsprocess bestående av följande delprocesser:

1-2	isokor uppvärmning från trycket 1,0 atm och temperaturen 300K till 10,0 atm
2-3	adiabatisk avkylning till trycket 1,0 atm
3-1	isobar avkylning.

Bestäm den termiska verkningsgraden för processen. (4 p)

2001-04-20

Lösningar till tentamen i FYSIK B för D2

1

a) $\Psi = N e^{-r/a} \Rightarrow |\Psi|^2 = N^2 e^{-2r/a}$

Sannolikheten att finna electronen på avst. r från kärnan ges av

$4\pi r^2 \cdot dr\, |\Psi|^2 \sim r^2 e^{-2r/a}$

Maximal sannolikhet då $\frac{d}{dr}\left(r^2 e^{-2r/a}\right) = 0$

$\Rightarrow 2r\, e^{-2r/a}(1 - r/a) = 0 \Rightarrow \underline{r = a}$

b) Bohrmodellen: $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$

$\Rightarrow \lambda R = \frac{n_i^2 \cdot n_f^2}{n_i^2 - n_f^2} \quad n_f = 2, 3, \ldots$

$\lambda = 1216\ \text{Å} \quad R = 1.097 \cdot 10^7\ m^{-1}$

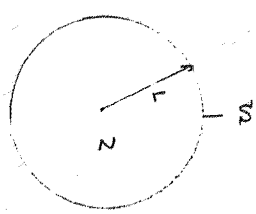
$\Rightarrow \lambda R = \frac{4}{3} \quad \therefore n_i = 1,\ n_f = 2$

2

$p \sim N$ om T = konst.

Stöttalet $n^* = \frac{1}{4}\frac{N}{V}\langle v\rangle$

$V = \frac{4}{3}\pi r^3, \quad S = 4\pi r^2$



Förändr. av antalet gasmolekyler under dt

$-dN = 0{,}25\left(n^* \cdot S \cdot dt\right) = 0{,}25\,\frac{3N}{4r}\langle v\rangle \cdot dt$

$\Rightarrow \frac{dN}{N} = \frac{0.75}{4r}\langle v\rangle \cdot dt$

Tid för halvering av trycket = tid för halvering av antalet molekyler. $N_0 \to N_0/2$

$\int_{N_0}^{N_0/2} \frac{dN}{N} = -\frac{0{,}75}{4r}\langle v\rangle \cdot \int_0^t dt$

$\Rightarrow \underline{\underline{t = 7{,}3\ ms}}$

3

$\Delta f = 1{,}12 \cdot 10^{10}\ Hz, \quad E = h \cdot \Delta f$

Rotationsenergi: $E_J = \frac{\hbar^2}{2I} J(J+1)$

övergång mellan J och $J+1$

$\Rightarrow \Delta E_J = \frac{\hbar^2}{I}(J+1)$ = energi hos en linje

$E = \Delta E_{J+1} - \Delta E_J = \frac{\hbar^2}{I} = \frac{\hbar^2}{\mu R_0^2}, \quad \mu = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2}$

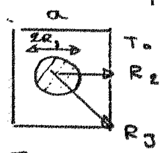
$\left.\begin{array}{l} m_1 = 19u \\ m_2 = 35u \end{array}\right\} \Rightarrow \mu = 2{,}065 \cdot 10^{-26}\ kg.$

$\frac{\hbar^2}{\mu R_0^2} = h \cdot \Delta f \Rightarrow R_0^2 = \frac{\hbar^2}{\mu h \Delta f}$

$\Rightarrow \underline{\underline{R_0 = 2{,}3\ \text{Å}}}$

4

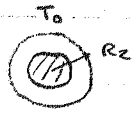
Pga geometrin är en exakt beräkn. mycket svår. Genom att studera två fall med cylindersymmetri kan vi bestämma inom vilket intervall T_1 kommer att ligga.



$2R_1 = a/2 \quad R_1 = \frac{a}{4}$

$R_2 = \frac{a}{2}, \quad R_3 = \frac{a}{\sqrt{2}}$

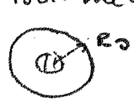
i) Isolering med radie R_2



$T_1 - T_0 = \frac{P \cdot \ln R_2/R_1}{2\pi \cdot \lambda} = 55\ K$

$\Rightarrow T_1 = 75\,°C$

ii) isol. med Radie R_3



$\Rightarrow T_1 - T_0 = 103\,°C$

$\therefore$ Verkliga värdet på T_1 borde ligga i $[50 - 100]\,°C$.

5

Tillståndstätheten $g(E) \sim E^{1/2}$

$E_{kin} \sim v^2 \Rightarrow v < \frac{1}{3} v_f \Rightarrow E_{kin} < \frac{1}{9} E_f$

Vid rumstemp $f(E) \approx 1$ för $E \leq \frac{1}{9} E_f$

Andelen elektr. med $E < \frac{1}{9} E_f$

$\frac{\int_0^{E_f/9} E^{1/2} \cdot dE}{\int_0^{E_f} E^{1/2} \cdot dE} = \left(\frac{1}{9}\right)^{3/2} = 0{,}037$

Antalet ledningselektr. i 1,0 kg Na =

[Na: atomvikt 23u, 1u = 1,66 · 10⁻²⁷ kg]

$= \frac{1{,}0}{23 \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-27}} = 2{,}62 \cdot 10^{25}$ st.

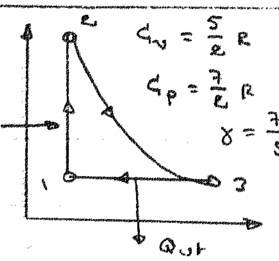
$0{,}037 \cdot 2{,}62 \cdot 10^{25} = \underline{9{,}7 \cdot 10^{23}}$ st.

6

$Q_{ut} = n' C_p(T_1 - T_3)$

$Q_{in} = n' C_v(T_2 - T_1)$

$\eta = \frac{Q_{in} + Q_{ut}}{Q_{in}}$



$C_v = \frac{5}{2}R$

$C_p = \frac{7}{2}R$

$\gamma = \frac{7}{5}$

Bestäm T_2 och T_3!

$T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = 10 \cdot 300 = 3000\ K$

T_3: Adiabat $T p^{1-\gamma/\gamma}$ = konstant

$\Rightarrow T_3 = T_2\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \Rightarrow T_3 = 1554\ K$

$\Rightarrow \eta = \frac{\frac{5}{2}(3000 - 300) + \frac{7}{2}(300 - 1554)}{\frac{5}{2}(3000 - 300)} = \underline{0{,}35}$

Chalmers Tekniska Högskola
Fysik och Teknisk Fysik

2002-04-05
08.45-12.45

Tentamen i FYSIK B för D2 (FFY 171)

Examinator: 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 2002-04-22.
Granskning: 2001-04-22 kl 12.00 – 12.45 i HC1.
Betyg: 3:a 10-14 p, 4:a 15-19 p, 5:a 20p –24 p. Slutbetyget i Fysik ges av medelvärdet på de tre delkurserna A, B och C.

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

1. Antag att den genomsnittliga livstiden för ett exciterat tillstånd i en väteatom är 10^{-8} s. Använd Bohrmodellen och beräkna hur många varv en elektron cirkulerar runt kärnan innan den deexciteras om det exciterade tillståndet har huvudkvanttalet n = 15. (4 p)

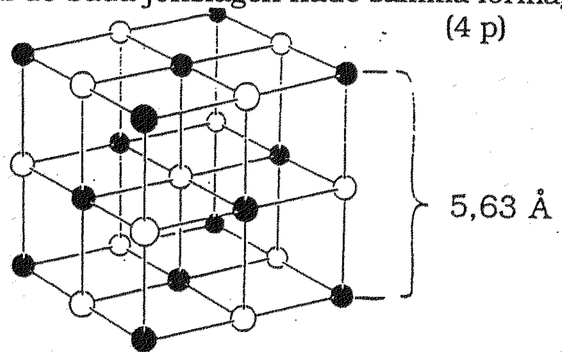
2. Man tror att Julius Caesar levde 100 – 44 f Kr. Det sägs att varje gång man andas får man in minst en gasmolekyl som han under sin livstid hade i lungorna. Gör rimliga, men ändå ganska rundhänta antaganden och uttala dig sedan med stöd av beräkningar om det ligger någon sanning i talesättet. (4 p)

3. En kastrull med 15 mm tjock kopparbotten står på en värmeplatta. Bottenarean är 1500 cm². I kastrullen kokar vatten vid 100 grader Celsius och 750 g kokar bort på 5 minuter. Beräkna temperaturen på den sida av kopparbottnen som är i kontakt med värmeplattan. Bortse från randeffekter och anta att vi har stationärt tillstånd. (4 p)

4. 2,0 kg kvävgas genomlöper en kretsprocess bestående av följande delprocesser (kväve kan antas uppföra sig som en tvåatomig idealgas)
1-2: isoterm med $T_1 = T_2 = 593$ K, $V_1 = 1{,}0$ m³ och $V_2 = 4{,}0$ m³
2-3: isokor
3-4: isoterm $T_3 = T_4 = 393$ K
4-1: adiabat
Beräkna tryck och volymer i delprocessernas ändpunkter och avsätt dessa i ett skalenligt pV-diagram över kretsprocessen.
Hur stor är processens verkningsgrad? (4 p)

VG VÄND!

5. Kristallstrukturen för NaCl framgår av figuren nedan. Bestäm värdet på de två minsta Braggvinklarna för röntgenstrålning med våglängden 1,54 Å. Hur stora skulle dessa vinklar vara om de båda jonslagen hade samma förmåga att sprida röntgenstrålning? (4 p)



6. En envärd frielektronliknande metall har bcc-struktur och belyses med ljus vars våglängd är 177 nm. De fotoemitterade elektronerna har hastigheter i intervallet 500 – 1300 km/s.
Bestäm utträdesarbete och gitterkonstant för metallen i fråga. (4 p)

7 Skriv din namnteckning i den ruta på tentamensomslaget som hör till uppgift nr 7 om du godkänner att ditt resultat läggs ut på kursens hemsida identitetsskyddat med hjälp av kod eller att du får ditt resultat meddelat till dig på den e-mailadress som du angivit på tentamensomslaget.

2002-04-05

FyB D2

(1) Bohrs postulat : $mvr = n\hbar$

$$\Rightarrow v = \frac{n\hbar}{2\pi\, mr}$$

Omloppstiden t för ett varv ges av

$$\left.\begin{array}{l} t = \frac{2\pi r}{v} \\ r_n = n^2 a_0 \end{array}\right\} \Rightarrow t = \frac{1}{n}\,\frac{(4\pi)^2 m n^4 a_0^2}{h} = n^3 \cdot 1{,}522 \cdot 10^{-16}\,s$$

Antal varv N under livstiden τ

$$N = \frac{\tau}{t} = \frac{10^{-8}}{n^3 \cdot 1{,}522 \cdot 10^{-16}}$$

$n = 15 \Rightarrow N = 1{,}95 \cdot 10^4 \approx \underline{\underline{2 \cdot 10^4}}$

(2)

$$\left.\begin{array}{l} \text{Jordradien} \approx 600 \text{ mil} \\ \text{atmosfärstjocklek} \approx 1 \text{ mil} \end{array}\right\} \text{atm volym} \approx 5 \cdot 10^{18}\,m^3$$

Caesar andades 1 liter per sekund i 50 år, vilket innebär $1{,}6 \cdot 10^9$ liter

Vid NTP upptar 1 mol 22,4 liter

∴ Caesar andades ut $\approx 7 \cdot 10^7$ mol under sin livstid $\approx 4 \cdot 10^{31}$ molekyler

Antag att han andades "nya" molekyler hela tiden och att dessa fördelat sig uniformt i atmosfären

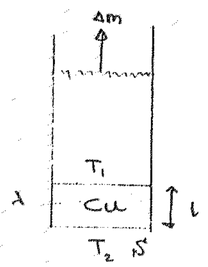
$$\Rightarrow \frac{4 \cdot 10^{31}}{5 \cdot 10^{18}} = 8 \cdot 10^{12} \text{ Caesarmolekyler per } m^3$$

∴ $8 \cdot 10^9$ Caesarmolekyler per liter.

∴ påståendet stämmer

(3) Ur tabell hämtas att vattens ångbildn. värme $c = 2{,}26 \cdot 10^6$ J/kg samt λ för Cu.

$\lambda = 380$ W/m·K



För att på tiden Δt koka bort massan Δm krävs en värmetillförsel per tidsenhet P enligt

$$P = c\,\frac{\Delta m}{\Delta t}$$

Ledning av värme genom kopparbottnen $\quad P = \frac{dQ}{dt} = \lambda \cdot S \cdot \frac{T_2 - T_1}{l}$

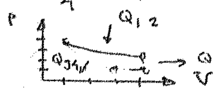
$$\Rightarrow T_2 - T_1 = \frac{c \cdot \Delta m \cdot l}{\lambda \cdot S \cdot \Delta t} \Rightarrow T_2 = \underline{\underline{101{,}5\,°C}}$$

(4) $\alpha = 5 \Rightarrow \gamma = 7/5$, $C_V = \frac{5}{2}R$

$2{,}0$ kg $N_2 \;\hat{=}\; 71{,}43$ mol $= n'$

$p_1 = n'R\frac{T_1}{V_1} = 3{,}52 \cdot 10^5\,N/m^2$, $p_2 = \frac{p_1}{4} = 0{,}88 \cdot 10^5\,N/m^2$

$p_3 = \frac{T_3}{T_2}\,p_2 = 0{,}58 \cdot 10^5\,N/m^2$



$$\left.\begin{array}{l} p_4 V_4^{\gamma} = p_1 V_1^{\gamma} \\ p_4 V_4 = p_3 V_3 \end{array}\right\} \Rightarrow V_4^{\gamma-1} = \frac{p_1 V_1^{\gamma}}{p_3 V_3} \Rightarrow V_4 = 2{,}87\,m^3$$

$$\Rightarrow p_4 = 0{,}82 \cdot 10^5\,N/m^2$$

Verkningsgraden: $\quad \eta = \frac{Q_{12} + Q_{34} + Q_{23}}{Q_{12}}$

$Q_{12} = n'RT_1 \cdot \ln\frac{V_2}{V_1}$ $\quad Q_{23} = n'C_V(T_3 - T_2)$

$Q_{34} = n'RT_3 \ln\frac{V_4}{V_3}$

$$\Rightarrow \eta = \frac{593 \cdot \ln 4 + 5/2(-200) + 393 \cdot \ln\frac{2{,}83}{4}}{593 \cdot \ln 4} =$$

$$= \underline{\underline{0{,}226 = 23\,\%}}$$

(5) Braggs lag: $2 \cdot d_{hkl} \cdot \sin\theta_{hkl} = \lambda$

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

a) svarta och vita har olika spridn. egensk fcc-struktur med $a = 5{,}63$ Å

minsta θ_{hkl} fås med $hkl = 111$ och 200

$\theta_{111} = 13{,}7°$ $\quad \theta_{200} = 15{,}9°$

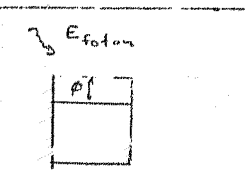
b) svarta och vita har samma sprid egensk sc-struktur med $a = 5{,}63/2$ Å

minsta θ'_{hkl} fås med $hkl = 100$ och 110

$\theta'_{100} = 15{,}9°\ (= \theta_{200})$

$\theta'_{110} = 22{,}7°$

(6) $E_{foton} = \frac{hc}{\lambda e} = 7$ eV



Fotoemitterade elektroner

$E = \frac{1}{2}\frac{mv^2}{e}$ (eV)

$E_{min} = 0{,}72$ eV

$E_{max} = 4{,}86$ eV $\quad$ ∴ $\phi = E_{foton} - E_{max} = 2{,}1$ eV

$E_F = E_{max} - E_{min} = 4{,}14$ eV.

E_F bestäms av elektrontätheten.

Chalmers Tekniska Högskola
Fysik och Teknisk Fysik

2001-~~01~~ 12-18
08.45-12.45

Tentamen i FYSIK B för D2 (FFY 171)

Examinator:	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 2002-01-21.
Granskning:	2001-01-21 kl 12.00 – 12.45 i HC4.
Betyg:	3:a 10-14 p, 4:a 15-19 p, 5:a 20p –24 p. Slutbetyget i Fysik ges av medelvärdet på de tre delkurserna A, B och C.

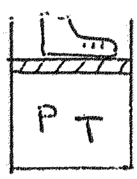
FÖRKLARA ALLTID INFÖRDA STORHETER OCH MOTIVERA EKVATIONER OCH SLUTSATSER. RITA TYDLIGA FIGURER.
KONTROLLERA SVARENS RIMLIGHET OCH DIMENSION.

1. **Åtta elektroner är bundna till en tredimensionell kubisk potentiallåda, vars kantlängd är 3 Å. Temperaturen är 0 K.
Vilken är den minsta energi som en foton kan ha för att absorberas i lådan vid en excitationsprocess där en av de elektronerna med lägst energi exciteras.** (4 p)

2. a. **Elektronen i en väteatom beskrivs i grundtillståndet av en vågfunktion som är proportionell mot exp(-r/a), där r är avståndet till kärnan och a är Bohrradien. Beräkna på vilket avstånd från kärnan det är som störst sannolikhet att finna elektronen.** (2 p)

   b **Använd Bohrmodellen för att beräkna våglängden hos det ljus som utsänds då en väteatom övergår från tillståndet n = 8 till ett sluttillstånd som innebär att radien för elektronbanan är minskar till en fjärdedel.** (2 p)

3. **Antag att du väger 70 kg och placerar alla dessa kilon på locket till cylindern i figuren. Locket kan röra sig utan friktion, men håller helt tätt. Hur stort måste trycket i cylindern vara för att det ska finnas en kraft på lockets undersida som är lika stor som kraften på dess ovansida?
Hur stor blir temperaturen hos luften i cylindern om vi antar att inget värme hinner läcka ut under kompressionen?
Du står sedan kvar på locket medan temperaturutjämning med omgivningen äger rum.
Rita hela förloppet i ett pV-diagram.
Ange förhållandet mellan den volym som gasen upptog innan du ställde dig på den och gasens slutvolym. Tre svar skall anges och en figur ritas för full poäng.
Du kan betrakta luften som en ideal tvåatomig gas $C_P/C_V = 7/5$.
Locket har en area av 2,0 kvadratdecimeter, ursprungstryck och ursprungstemperatur i cylindern lika med det som gäller i omgivningen nämligen atmosfärstryck (0,1 MPa) en temperatur som är 20 grader Celsius.** (4 p)



VG VÄND!

4. För att hålla konstant temperatur 90 grader Celsius i en varmvattenberedare denna är fylld med 500 liter vatten och befinner sig i ett rum som håller temperaturen 20 grader Celsius krävs en effekt av 800 W för att kompensera för den energi som leds ut till omgivningen.
Antag att tillförseln av elektrisk energi plötsligt upphör. Hur lång tid tar det tills vattentemperaturen är 55 grader Celsius? Antag att själva varmvattenberedaren är gjord av material som gör att dess värmekapacitivitet kan försummas. Vattens värmekapacitivitet är 4,18 kJ/kg grad (4 p)

5.a Visa med hjälp av vad du kan om summan av en aritmetisk matematisk serie att det maximala antalet elektroner i ett atomärt elektronskal med givet värde på hududkvanttalet n är $2n^2$. (2 p)

b Redogör (experiment, resultat, analys) kortfattat (en halv till en sida) för hur man med hjälp av röntgendiffraktion kan bestämma kristallstrukturer (symmetri och gitterkonstant). Begränsa dig till kubiska dylika. (2 p)

VÄLJ EN AV NEDANSTÅENDE UPPGIFTER

6. I kopparmetall bidrar varje atom med en elektron till en elektrongas som väl kan beskrivas med frielektronmodellen. Hur många procent av de fria elektronerna i koppar har rörelseenergier i intervallet 2,95 – 3,05 eV? Det enda vi vet om temperaturen är att den är lägre än 1000 K. Varför är det inte nödvändigt att veta exakt vilken temperatur som råder? Koppar har tätheten 8,96 kg/kubikdecimeter och atomvikten 63,5 u. (4 p)

6. I en viss halvledare ges håltätheten (antalet hål per kubikmeter) i valensbandet av uttrycket $p = 2{,}5\ 10^{25} \exp(-E_F/kT)$. Om denna halvledare är helt odopad är elektrontätheten i ledningsbandet $2{,}5\ 10^{20}$ per kubikmeter. Hur stor är då sannolikheten att ett elektrontillstånd som ligger 0,1 eV ovanför botten av ledningsbandet skall vara ockuperat? T = 300 K. (4 p)

7 *Skriv din namnteckning i den ruta på tentamensomslaget som hör till uppgift nr 7 om du godkänner att ditt resultat läggs ut på nätet identitetsskyddat med hjälp av kod eller att du får ditt resultat meddelat till dig på den e-mailadress som du angivit på tentamensomslaget.*

8. *Sätt ett kryss i den ruta på tentamensomslaget som hör till uppgift nr 8 om du i år har lämnat in lösningar till 4 av de 5 inlämningsuppgifterna.*

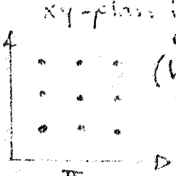
9. *Sätt ett kryss i den ruta på tentamensomslaget som hör till uppgift nr 9 om du har gjort samtliga laborationer i kursen (O2, T4 och A2).*

10. *Skriv hur många poäng du hade på duggan i den ruta på tentamensomslaget som tillhör uppgift 10.*

Lösningar till tentamen i Fysik 2 för ... 2001-12-18

(1) Punkter i k-rummet: (k_x, k_y, k_z).

xy-plan i k-rummet ($k_z = 1$ här)



$k_x = n_x \frac{\pi}{L_x}$ $k_y = n_y \frac{\pi}{L_y}$ $k_z = n_z \frac{\pi}{L_z}$

$L_x = L_y = L_z = 3Å = 3 \cdot 10^{-10} m = L$

$\bar{k} = \frac{\pi}{L}(n_x, n_y, n_z)$.

Lägst energi: $E_{111} = \frac{\hbar^2}{2m} k_{111}^2$

8 electroner i 1:a dim, $T = 0$ medför att följande tillst är ockuperade (med två el. i varje): 111, 112, 121, 211.

Tillstånd med lägst energi: 221, 212 el 122

$\Delta E = E_{211} - E_{111} = \frac{\hbar^2}{2m}\frac{\pi^2}{L^2}\left[(2^2+2^2+1^2) - (1^2+1^2+1^2)\right] =$
$= \underline{24,8 \text{ eV} = 25 \text{ eV}}$

(2) $\Psi = C \cdot e^{-r/a} \Rightarrow |\Psi|^2 = C^2 \cdot e^{-2r/a}$

Sannolikheten att finna electronen på avst r från kärnan ges av

$dP = |\Psi|^2 \cdot 4\pi r^2 \cdot dr$. $\left(\frac{dP}{dr}\right)_{max}$ då

$\frac{d}{dr}\left(r^2 \cdot e^{-2r/a}\right) = 0 \Rightarrow 2r\, e^{-r/a}\left(1 - \frac{r}{a}\right) = 0$

max då $\underline{r = a}$

b) Bohrmodellen för väte: $E_n = -13,6 \frac{1}{n^2}$ (eV)

$r_n = n^2 \, 0,53 Å$

Beg. tillst.

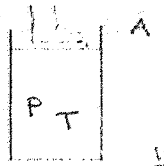
$n_i = 8 \Rightarrow E_i = -\frac{1}{8^2} \cdot 13,6$ (eV)

Slutillst. $r_f = \frac{1}{4} r_i = \frac{64}{4} \cdot 0,53 = 16 \cdot 0,53 \Rightarrow n_f = 4$

$E_f = -\frac{1}{4^2} 13,6$ eV

$\frac{hc}{\lambda} = (E_f - E_4) \Rightarrow \underline{\lambda = 1,95 \, \mu m}$

(3) Tvåatomig idealgas $\gamma = \frac{7}{5}$



1→2: adiabatisk kompr.

pV^γ = konst, $pV = n'RT$ $\Rightarrow p^{1-\gamma}T^\gamma$ = konst.

$\Rightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$

Utan ...: $p_1 = 1,01 \cdot 10^5 \, N/m^2$

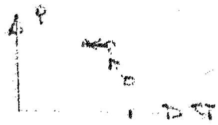
$T_1 = 293 K$

med ...: $p_2 = p_1 + \frac{mg}{A} = 1,356 \cdot 10^5 \, N/m^2$

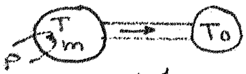
$\Rightarrow T_2 = \underline{319,1 K} \approx 46°C$

$\underline{2 \to 3}$: Isobar kompr. $p_3 = p_2$, $T_3 = T_1$

$p_1 V_1 = n'RT_1$, $p_2 V_3 = n'RT_1$ $\Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = \frac{p_1}{p_2} = \underline{0,75}$



(4) Med el. effekt: $T_1 = 70°C$ $T_2 = 55°C$



$P = \left(\frac{dQ}{dt}\right)_0 = \lambda S \frac{T_1 - T_0}{d}$

$\frac{\lambda S}{d}$ anger term. ledningsförmågan

P = den effekt som krävs för att upprätthålla 70°C

Bryt strömmen: $c = 4,18 \cdot 10^3$ J/(kg·grad)

$dQ = m \cdot c \cdot dT$ $\frac{dQ}{dt} = \frac{\lambda S}{d}(T - T_0)$

$\frac{\lambda S}{d} = \frac{P}{T_1 - T}$

$\Rightarrow \frac{dQ}{dt} = \frac{\lambda S}{d}(T - T_0) = mc \cdot \frac{dT}{dt}$

$\Rightarrow \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T - T_0} = \int_0^t \frac{\lambda S/d}{mc} \cdot dt$

$\Rightarrow \ln \frac{T_2 - T_0}{T_1 - T_0} = \frac{\lambda S/d}{mc} \cdot t$

$\Rightarrow t = \ln 2 \cdot \frac{40 \cdot 800 \cdot 4,18 \cdot 10^3}{800} = 12,675 s =$
$= 35$ timmar

(5) n givet, fullt skal, Antal möjliga l: $0, 1, 2, \ldots, n-1$ ∴ $(n-1)$ st.

För varje l: $|m_l| \leq l$ dvs $(2l+1)$ st. Dessutom två värden på m_s: 1 och ...

$N = \sum_{l=0}^{n-1} 2(2l+1)$ aritm. serie med n termer: $t_0 = 2$, $t_n = 2[2(n-1)+1]$

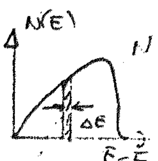
$\Rightarrow N = \frac{n\{2 + 2[2(n-1)+1]\}}{2} = \underline{2n^2}$ vsv.

6 i) Cu: täthet $= 8,96 \cdot 10^3$ kg/m³ atomvikt: 63,5 u Valens = 1

$\Rightarrow$ el. täthet = at. täthet $= \frac{8,96 \cdot 10^3}{63,5 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}} = 8,5 \cdot 10^{28} = n$

$E_F = \frac{\hbar^2}{2m}\left[3\pi^2 n\right]^{2/3} \Rightarrow E_F = 7,0$ eV

$\Delta N = \int_{2,95}^{3,05} D(E) \cdot f(E) \cdot dE \approx D(3 eV) \cdot \Delta E$



$D(E) = C \cdot \sqrt{E}$

$N = \int_0^{E_F} C \cdot E^{1/2} \cdot dE = C \cdot \frac{2}{3} E_F^{3/2}$

3 eV är så långt under E_F att $f(E) = 1$ oavsett T.

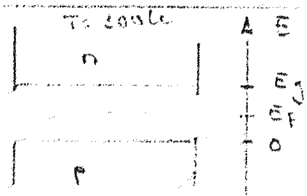
$\Rightarrow \frac{\Delta N}{N} = \frac{0,1 \cdot C \cdot \sqrt{3}}{\frac{2}{3} C \cdot 7^{3/2}} = 0,014 = \underline{1,4\%}$

ii) Odopad halvled: $n = p$

$p = 2,5 \cdot 10^{25} e^{-E_F/kT} = n$

$\Rightarrow E_F = 0,298$ eV

$\Rightarrow E_g = 0,59639$ eV



$E = 0,1$ eV ovanför ledn. bandkant. ...

$= 0,69639$ eV.

$f(E) = e^{-(0,69639 - 0,298)/kT} = e^{-15,9} = ...$