

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.

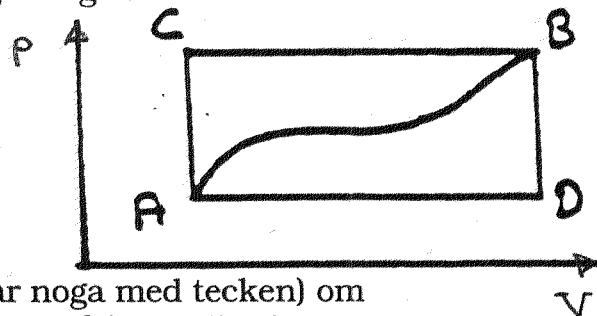
Rättning: Protokollet anslås senast 2002-09-09.

Granskning: 2002-11-02 kl 12.00-12.30 i HB3.

Betyg: 3:a 10-14 p, 4:a 15-19 p, 5:a 20p –

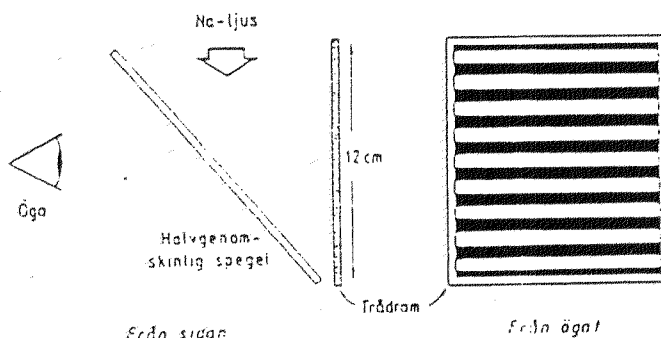
FÖRKLARA ALLTID INFÖRDA STORHETER OCH MOTIVERA EKVATIONER OCH
SLUTSATSER. RITA TYDLIGA FIGURER.
KONTROLLERA SVARENS RIMLIGHET OCH DIMENSION.

1. När en viss ideal gas undergår en tillståndsförändring från A till B längs vägen ACB i diagrammet uträttar den arbetet 60 J och energimängden 160 J absorberas från omgivningen.



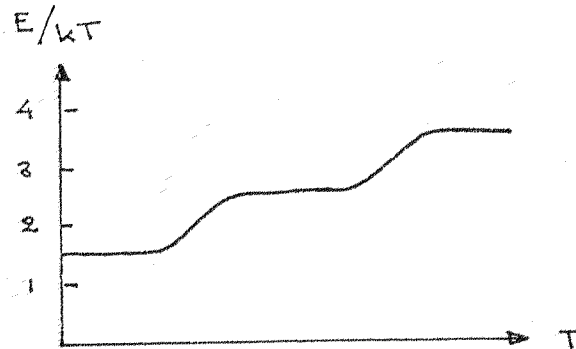
- a. Bestäm värmeutbytet med omgivningen (var noga med tecken) om gasen i stället undergår en tillståndsförändring från A till B längs vägen ADB om det arbete som då uträttas på omgivningen är 20 J?
- b. Gasen får sedan återvända till tillståndet A längs den krokiga linjen varvid omgivningen uträttar arbetet 40 J på gasen. Beräkna även i detta fall värmeutbytet med omgivningen (var noga med tecken). (4 p)

2. En såphinna hänger vertikalt i en kvadratisk tråddram med sidan 12 cm, där kanterna är lod- respektive vågräta. Såphinnan belyses vinkelrätt med monokromatiskt kollimerat ljus (dvs så att den inkommande vågen kan betraktas som plan) med våglängden 5893 Å (se figuren nedan). På grund av att de två såphinneytorna som vetter mot luft inte är helt parallella utan har formen av en kil med mycket liten kilvinkel α får man ett interferensmönster som framgår av figuren längst till höger. Beräkna med hjälp av informationen vinkeln α mellan såphinneytorna om man vet att såpan har brytningsindex 1,33. (4 p)



3. a Figuren nedan beskriver schematiskt hur medelenergin dividerad med kT för en tvåatomig idealgas varierar med temperaturen. Använd dina kunskaper i statistisk fysik och om molekyler och ge en förklaring till kurvans utseende.

I vilket temperaturområde (det räcker med att ange storleksordningen) man den näst högsta platån, dvs den där medelenergin/ kT har värdet $5/2$. Hur hade kurvan sett ut om molekylerna hade varit enatomiga? (2 p)



- b En väteatom som befinner sig i sitt grundtillstånd kan beskrivas med följande vågfunktion $\psi(r) = A e^{-r/a}$ där r är elektronens avstånd från kärnan, a är Bohrradien och A är en konstant.

- Skriv ned matematiska uttryck ur vilket konstanten A kan beräknas. Du behöver alltså inte beräkna något värde på A .
- Beräkna, för en väteatom i grundtillståndet, förhållandet mellan sannolikheterna att finna elektronen i ett infinitesimalt tunt sfäriskt skal med radien $2a$ och ett lika tunt skal med radien $a/2$. (Skalen är alltså lika tjocka och koncentriskt med kärnan) (2 p)

4. En 2,0 cm lång endimensionell potentiallåda innehåller 100 miljoner elektroner och temperaturen hos systemet är 10 000 K. Hur stor är skillnaden i energi mellan den elektron som har lägst energi och den energinivå där 25% av elektrontillstånden i dess omedelbara närhet är besatta.

Tillståndstätheten för fria elektroner i en dimension (mätt i antalet tillstånd per energienhet) ges av

$$D(E) = \frac{2}{h} (2m)^{1/2} L_x E^{-1/2} \quad (4 \text{ p})$$

5. Ett transmissionsgitter belyses under vinkelrätt infall med strålning som emitteras genom övergångar mellan energinivåer hos ett atomärt system som består av fyra nivåer 0, 1, 2 och 3. Avståndet mellan ritsarna i gittret är 2 mikrometer och man observerar linjer (A-F) vid följande vinklar (mätta i grader och i förhållande till gittrets normal)

$$\theta_A = 5,73, \theta_B = 8,34, \theta_C = 11,16, \theta_D = 11,48, \theta_E = 18,48 \text{ och } \theta_F = 35,49.$$

Man vet att tre av övergångarna sker till den lägsta energinivån 0, vars energi kan sättas till 0. Bestäm de andra energinivåerna.

I detta spektrum finns det även tecken på att det finns ytterligare en linje (G) i området 24-25 grader och en annan (H) i området 10-12 grader. Visa att dessa linjer kan förklaras utan att några nya energinivåer behöver införas. (4 p)

6. En vakuumpump som håller det konstanta trycket $1 \cdot 10^{-7}$ Pa kopplas till en vakuumkammare med volymen 1,0 kubikmeter med hjälp av en cirkulär fläns vars radie 1 cm. Ursprungstrycket i vakuumkammaren är $1 \cdot 10^{-5}$ Pa. Hur lång tid tar det tills trycket har blivit $2 \cdot 10^{-7}$ Pa. Medelhastigheten hos gasmolekylerna kan sättas till 450 m/s. (4 p)

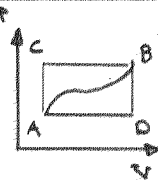
KONTROLLUPPGIFTER

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.
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 antalet poäng som du hade på duggan i den ruta på tentamensomslaget som hör till uppgift nr 10.

Tentamen i Fysik 1 för E2

① $Q = \Delta U + W$ (1:a huvudsatsen)

a) $W_{ACB} = 60 \text{ J}$
 $Q_{ACB} = 160 \text{ J}$
 $\Rightarrow \Delta U_{ACB} = 160 - 60 = 100 \text{ J}$



$Q_{ADB} = \Delta U_{ADB} + W_{ADB} = \Delta U_{ACB} + W_{ADB} =$
 $= 100 + 20 = +120 \text{ J}$

b) $Q_{BA} = \Delta U_{BA} + W_{BA} = \Delta U_{BCA} + W_{BA} =$
 $= -\Delta U_{ACB} + W_{BA} =$
 $= -100 - 40 = -140 \text{ J}$

- ③ a) Låga T : 3 frihetsgrader, endast translation
 Medelhöga T : Translation + rotation
 5 frihetsgrader, $10^2 - 10^3 \text{ K}$
 Höga T : Transl + rotation + vibration
 7 frihetsgrader
 Enatomiga molekyler: $E/kT = \frac{3}{2}$
 ober. av T

b) i. $\int_0^\infty |\psi|^2 \cdot 4\pi r^2 \cdot dr = 1$ $\psi = A \cdot e^{-r/a}$
 $\Rightarrow A^2 = \frac{1}{\int_0^\infty e^{-2r/a} \cdot 4\pi r^2 \cdot dr}$

ii) $\frac{|\psi|^2}{|\psi|^2_{r=a/2}} = \frac{A^2 e^{-2r/a} \cdot 4\pi (2a)^2 \cdot dr}{A^2 e^{-2 \cdot a/2a} \cdot 4\pi (\frac{a}{2})^2 \cdot dr} =$
 $= \frac{e^{-2 \cdot 2a/a} \cdot 4\pi 4a^2 \cdot dr}{e^{-2 \cdot a/2a} \cdot 4\pi \frac{a^2}{4} \cdot dr} = 16e^{-3}$

⑤ $d \cdot \sin \theta = m\lambda$ $d = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

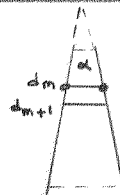
$\Rightarrow (m\lambda)_A = 1999 \text{ Å}$ $m=1 \Rightarrow \frac{hc}{\lambda_A} = 9,95 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 $(m\lambda)_B = 2900 \text{ Å}$ $m=1 \Rightarrow 6,83$
 $(m\lambda)_C = 3870 \text{ Å}$ $m=1 \Rightarrow 5,11$
 $(m\lambda)_D = 3980 \text{ Å}$ $m=2$ för λ_A
 $(m\lambda)_E = 6330 \text{ Å}$ $m=1 \Rightarrow 3,15$
 $(m\lambda)_F = 11610 \text{ Å}$ $m=1 \Rightarrow 1,71$

A: $3 \rightarrow 0 \Rightarrow 3: 9,95$ $3 \text{ --- } 9,95 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 B: $2 \rightarrow 0 \Rightarrow 2: 6,83$ $2 \text{ --- } 6,83$
 C: $1 \rightarrow 0 \Rightarrow 1: 5,11$ $1 \text{ --- } 5,11$
 D: $3 \rightarrow 0$ 2:a ordn.
 E: $3 \rightarrow 2$, F: $2 \rightarrow 1$

G: $2 \cdot \theta_0$ innebär $3 \rightarrow 1$ andra ordningen
 H: $3 \rightarrow 1$ ger $\theta = 11,80^\circ$

②

α liten
 refl. vid
 passage
 av ytorna



Villkor för en mörk frans (en av refl. sker mot tätare medium)

$2dm \cdot n = m\lambda$ (1)

Villkor för närliggande frans

$2d_{m+1} \cdot n = (m+1)\lambda$ (2)

(2) - (1) ger $\Delta d = \frac{\lambda}{2n}$

$x = \text{avståndet mellan två fransar} = \frac{0,12}{n} \text{ m}$

$\alpha = \frac{\lambda/2n}{x} = \frac{5893 \cdot 10^{-10}}{2 \cdot 1,33 \cdot 0,12/n} =$

$\Rightarrow \alpha = 1,66 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$

④

$f_{FD} = \frac{1}{e^{(E-E_F)/kT} + 1} = 0,25$ vid $T = 10000 \text{ K}$

Vid vilken energi E gäller detta?
 Bestäm E_F !

$N = \text{totala antalet elektroner oberoende av } T$

Allmänt $N = \int_0^\infty D(E) \cdot f(E) \cdot dE$

Vid $T=0$:

$N = \int_0^{E_F} D(E) \cdot 1 \cdot dE = \frac{2}{h} (2m)^{1/2} \cdot L_x \int_0^{E_F} E^{-1/2} \cdot dE$

$\Rightarrow \sqrt{E_F} = \frac{N}{2 \cdot \frac{2}{h} (2m)^{1/2} \cdot L_x} = \frac{100 \cdot 10^6 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}}{4 (2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31})^{1/2} \cdot 0,02}$
 $\Rightarrow E_F = 3,73 \cdot 10^{-19} \text{ J} [2,33 \text{ eV}]$ $\text{Hillbaka till } f_{FD}!$

$\frac{1}{e^{(E-E_F)/kT} + 1} = 0,25 \Rightarrow E = E_F + kT \cdot \ln 3$
 $\Rightarrow E = E_F + 1,52 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 5,24 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3,28 \text{ eV}$

⑥

$dN = -\frac{1}{4} \frac{N}{V} \langle v \rangle \cdot S \cdot dt + \frac{1}{4} \left(\frac{N_z}{V_z} \right) \langle v_z \rangle \cdot S \cdot dt$

$p = nkT \Rightarrow p \propto n$

$\Rightarrow \frac{dN}{N} = dt$ $\text{Svar: } 130^\circ$

$\Rightarrow \int_0^t \frac{dN}{N} = \int_0^t dt = t$

$\Rightarrow \frac{4V}{\langle v \rangle \cdot S} \cdot \ln \left[\frac{\frac{1}{4} \left(\frac{N_z}{V_z} \right) \langle v \rangle \cdot S - \frac{1}{4} \frac{N_1}{V} \langle v \rangle \cdot S}{\frac{1}{4} \left(\frac{N_z}{V_z} \right) \langle v \rangle \cdot S - \frac{1}{4} \frac{N_0}{V} \langle v \rangle \cdot S} \right] = t$

$\Rightarrow t = \frac{4V}{\langle v \rangle \cdot S} \cdot \ln \left(\frac{n_k - n_l}{n_k - n_0} \right) = \frac{4V}{\langle v \rangle \cdot S} \cdot \ln \frac{p_k - p_l}{p_k - p_0} = 130^\circ$