Tentamen i Fysik för pi, 25 augusti 2014, kl 8 - 13

Hjälpmedel: Formelblad och miniräknare. Lösningarna skall vara ordentligt motiverade. Lycka till!

1. En ideal gas genomlöper följande kretsprocess A-B-C. A: Vid konstant volym ökas trycket från P_i till $P_f = 8 \cdot P_i$. B: Gasen expanderat adiabatiskt till P_i. C: Isobar kompression till starttillståndet.

a) Rita kretsprocessen i ett P-V-diagram. (2p)

b) Bestäm tecken (+, - eller 0) på Q, W, ΔU och ΔS för de tre delprocesserna. (4p)

2. Man har en blandning av 1 kg is och lika mycket (1 kg) vatten i jämvikt, dvs temperaturen är 0 °C. Systemet skall nu värmas till 40 °C.

a) Hur mycket värme måste tillföras systemet? (3p)

b) Hur förändras entropin under den ovan beskrivna processen? (3p)

3. För att upptäcka ställen där isoleringen på ett hus är dålig kan man använda en så kallad värmekamera som detekterar strålningen från väggen. Från de ställen där isoleringen är dålig är utstrålningen högre eftersom väggen har högre temperatur där. Antag att man fotograferar en husvägg när det är nollgradigt ute. Man kan anta att en väl isolerad husvägg har några grader högre temperatur. Kameran har en känslighet så att den kan detektera en skillnad i strålningsintensitet på 2%. Hur mycket högre temperatur måste det dåligt isolerade stället ha för att man ska kunna detektera skillnaden? (3p)

4. Helmholtz fria energi definieras enligt: $F = U - TS$.

a) Härled ett uttryck för dF genom att utgå från det fundamentala differentialutrycket för U. (3p)

b) Utgå från uttrycket av dF och härled en Maxwellrelation. (3p)

c) För ett system i termisk kontakt med en värmereservoar gäller att systemets F har ett minimum då jämvikt råder, förutsatt att det sammanlagda systemet (reservoar + system) kan betraktas som ett isolerat system. Motivera detta minimum utgående från termodynamikens lagar. (3p)

Vänd!

5. Elektroner rör sig under påverkan av ett potentialsteg, där potentialen ges av

$$V(x) = \begin{cases} V_0 & , \text{ då } x > 0 \\ 0 & , \text{ då } x < 0. \end{cases}$$

a) Ställ upp den tidsoberoende Schrödingerekvationen och ange de fysikaliskt korrekta lösningarna för $x > 0$ och $x < 0$ under förutsättningen att elektroner med energin E, där $0 < E < V_0$, infaller från vänster. (3p)

b) Bestäm passningsvillkoren för $x = 0$. (3p)

6. Heissenbergs obestämbarhetsrelation säger att $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar/2$ för en kvantpartikel. Argumentera för att denna relation verkar rimlig, eller i alla fall att $\Delta x \cdot \Delta p > 0$, genom att skissa en (reell) vågfunktion, $\Psi(x)$, för en partikel med $\Delta x \approx 0$ och motsvarande vågfunktion för en partikel med $\Delta p \approx 0$. Observera, det skall även tydligt framgå varför vågfunktionerna i de två fallen måste se ut som de gör. (3p)

7.

a) Visa att

$$\frac{d}{dt} \int_{-\infty}^{\infty} \Psi^*(x,t)\Psi(x,t)dx = 0,$$

där $\Psi(x,t)$ är en fysikalisk vågfunktion som uppfyller den tidsberoende Schrödingerekvationen. (4p)

b) Vilken är den fysikaliska konsekvensen av ovanstående relation, dvs vad säger den om en partikel som beskrivs av Ψ? (2p)

8. En elektron befinner sig i en oändlig potentialbrunn med bredden a.

a) I fallet då $a = 0.8$ nm exciteras elektronen till nivån med $n = 4$. Vilka *våglängder* har de fotoner som kan detekteras då elektronen deexciteras? (3p)

b) Visa att vågfunktionen för elektronen i brunnen har en periodtid på $T = 4ma^2/\pi\hbar$, dvs att $\Psi(x, t+T) = \Psi(x,t)$, då den befinner sig i sitt grundtillstånd. (3p)

Ledning: Vågfunktionen för en kvantpartikel med entydig energi, E, kan skrivas som $\Psi(x,t) = \phi(x)f(t)$. Energin E och $\phi(x)$ fås här ur den tidsoberoende Schrödingerekvationen. Nu återstår att hitta $f(t)$...

c) Vilken periodtid skulle en motsvarande *klassisk* partikel i potentialbrunnen ha om den har samma konstanta rörelseenergi som elektronen i b)? Vi söker alltså ett uttryck på det T som uppfyller $x(t+T) = x(t)$, då $x(t)$ ger oss läget för den klassiska partikeln vid tiden t. (3p)