# Ledtrådar (Ergo Fysik 2)

Nedan följer ledtrådar och lösningshjälp till en del uppgifter i *Ergo Fysik 2* av Pålsgård med flera (tredje upplagans första tryckning).

Detta är en tidig version. Säg gärna till om du hittar fel eller saknar någon uppgift!

# Kapitel 3

RITA ALLTID FIGUR!

**3.01** Tänk på att 1 eV $= 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ J, vilket innebär att 1 J $= \frac{1}{1{,}602\cdot 10^{-19}}$ eV.

**3.02** (a) Tänk på att elektrisk lägesenergi omvandlas till rörelseenergi. Energiprincipen ger att $qU = \frac{mv^2}{2}$, där $U$ är spänningen mellan punkterna mellan vilka elektronen rör sig. Elektronens massa $m$ finns i formelsamlingen. (b) Minskningen av elektrisk lägesenergi måste vara lika stor som ökningen av rörelseenergi, vilket ger att

**3.03** (a) Atomer sänder ut fotoner när de går från ett tillstånd med högre energi, $W_n$, till ett annant tillstånd med lägre energi, $W_m$. (b) Fotonenergin är lika med energiskillnaden $W_n - W_m$. (c) Använd $W_\text{f} = hf$.

**3.04** (a) "Energisprånget" är lika med differensen av tillståndens energier. (b) Energiskillnaden är lika med fotonenergin i den utsända strålningen. Använd $W_\text{f} = hf = \frac{hc}{\lambda}$.

**3.05** Bestäm först fotonenergin ($W_\text{f} = \frac{hc}{\lambda}$) som är lika med energiskillnaden mellan de två tillstånden. Använd sedan att $W_5 - W_3 =$ fotonenergin.

**3.06** (a) Tänk på att frekvensen blir som högst när fotonenergin är som störst, och vice versa ($W_\text{f} = hf$). Störst frekvens (i Balmerserien) fås alltså vid övergångar $\infty \to 2$ och lägst frekvens fås vid övergångar $3 \to 2$. Energin för respektive tillstånd kan beräknas med $W_n = -\frac{13{,}6\text{ eV}}{n^2}, n = 1,2,3,\ldots$. Energiskillnaden ger fotonenergin $W_\text{f} = hf$, varur sökta frekvensen kan bestämmas. (b) Lägst frekvens i Lymmanserien fås vid övergångar $2 \to 1$. Energin för respektive tillstånd kan beräknas med $W_n = -\frac{13{,}6\text{ eV}}{n^2}, n = 1,2,3,\ldots$. Energiskillnaden ger fotonenergin $W_\text{f} = hf$, varur sökta frekvensen kan bestämmas. (c) Jämför svaret från (b), som ju gav den *minsta* möjliga frekvensen vid övergångar till grundtillståndet, med den *högsta* frekvensen i synligt ljus, 750 THz.

**3.07** Jonisationsenergin är $W_\infty - W_1 = 0 - W_1$. (b) Den fria elektronen måste ha en rörelseenergi som är minst lika stor som jonisationsenergin beräknad i (a). Använd $W_k = \frac{mv^2}{2}$. Elektronmassan finns i formelsamlingen.

**3.08** (a) Synligt ljus utsänds vid övergångar till tillstånd $n = 2$ (övergångar till tillstånd $n = 1$ ger UV-strålning, se uppgift 3.06). Om fyra spektralinjer kan observeras måste tillstånd 3, 4, 5 och 6 vara besatta. (b) Energin som måste tillföras är $W_6 - W_1$, där $W_n = -\frac{13{,}6\text{ eV}}{n^2}$. Hastigheten kan beräknas ur $W_\text{k} = \frac{mv^2}{2}$. (c) Jämför fotonenergin i ljus med frekvensen 750 THz ($W_\text{f} = hf$) med energiskillnaden mellan tillstånd 2 och 1, $W_2 - W_1$.

**3.09** (a) Övergångar mellan olika tillstånd ger ljus med olika våglängder. (b) En del övergångar är mer sannolika än andra, och inträffar oftare. (c) Atomerna måste exciteras innnan de kan sända ut ljus.

**3.10** (a) Rita först ett skalenligt energinivådiagram (låt 1 cm motsvara 0,1 aJ). Bestäm fotonenergin i Na-ljuset med hjälp av $W_\text{f} = \frac{hc}{\lambda}$. Använd sedan energinivådiagrammet för att avgöra vilken övergång det är fråga om (energiskillnaden mellan tillstånden skall ju vara lika med fotonenergin). (b) Bestäm först energiskillnaden $W_{(1)} - W_{(4)}$. Fotonenergin är lika stor, och våglängden kan fås ur $W_\text{f} = \frac{hc}{\lambda}$.

**3.11** (b) Beräkna våglängden vid övergångarna $2 \to 1$, $3 \to 2$ och $3 \to 1$ (använd $W_n - W_m = W_\text{f} = \frac{hc}{\lambda}$). (c) Jonisationsenergin är $W_\infty - W_1 = 0 - W_1$ (d) Kortast våglängd fås då energiskillnaden är som störst, det vill säga vid övergångar $\infty \to 1$.

**3.12** (a) Ljus med precis den våglängden absorberas av atomer i solatmosfären. (b) Leta på sidan 14 i formelsamlingen.

**3.13** (a) Ljus absorberas av väte på vägen till oss. (b) De verkar vara de samma överallt i universum.

**3.14** Rita ett schematiskt energinivådiagram så ser du att $W_{2\to 1} = W_{3\to 1} - W_{3\to 2}$. Beräkna först $W_{3\to 1}$ och $W_{3\to 2}$ med hjälp av $W_\text{f} = \frac{hc}{\lambda}$. Bestäm sedan $W_{2\to 1} = W_{3\to 1} - W_{3\to 2}$, och beräkna den sökta våglängden med $W_\text{f} = \frac{hc}{\lambda}$.

**3.15** (a) Fotonnergin fås med $W_\text{f} = \frac{hc}{\lambda}$. (b) Elektronernas rörelseenergi fås sedan med $W_\text{k} = W_\text{f} - W_0$. (c) Gränsfrekvensen fås genom att sätta fotonenergin lika med utträdesarbetet, det vill säga $hf_\text{g} = W_0$.

**3.16** (a) Utträdesarbetet fås ur $W_\text{k} = hf - W_0$. (b) Beräkna fotonenergin i ljus med våglängden 400 nm ($W_\text{f} = \frac{hc}{\lambda}$), och jämför med svaret från (a).

**3.17** Eftersom $W_\text{k} = hf - W_0$, så förväntar man sig en rät linje om $W_\text{k}$ ritas som funktion av $f$ (jämför $W_\text{k} = hf - W_0$ med $y = kx + m$). Linjens lutning ger ett värde på Plancks konstant $h$. (b) Utträdesarbetet ges grafiskt av skärningen med $W_\text{k}$-axeln ("$y$-axeln") och gränsfrekevensen ges av skärningen med $f$-axeln ("$x$-axeln").

**3.18** Fotonenergin kan beräknas med $W_\text{f} = hf = \frac{hc}{\lambda}$. Rörelsemängden ges av $p = \frac{hf}{c}$.

**3.19** En fotons rörelsemängd ges av $p = \frac{hf}{c}$.

**3.20** Strålningens frekvens fås ur $p = \frac{hf}{c}$, våglängden ur $v = f\lambda$ med $v = c$, och fotonenergin med $W_\text{f} = hf$.



/150116

**3.21** Använd att materievåglängden $\lambda = \frac{h}{p}$.

**3.22** (a) Använd att materievåglängden $\lambda = \frac{h}{p}$, och tänk på att en partikels rörelsemängd ges av $p = mv$. (b) Elektronens rörelsemängd kan beräknas ur $\lambda = \frac{h}{p}$, och tänk på att en partikels rörelsemängd ges av $p = mv$. (c) Om protonen startar från vila är rörelseenergin lika stor som minskningen av elektriska lägesenergin, vilken kan beräknas ur definitionen av spänning $U = \frac{W}{q}$. Rörelsemängden kan sedan beräknas med hjälp av "specialsambandet" mellan rörelsemängd och rörelseenergi, $W_\mathrm{k} = \frac{p^2}{2m}$. (Alternativt kan först hastigheten beräknas med hjälp av $W_\mathrm{k} = \frac{mv^2}{2}$, och sedan rörelsemängden $p = mv$). Använd till sist att materievåglängden $\lambda = \frac{h}{p}$.

**3.23** (a) Rörelsemängden kan beräknas ur $\lambda = \frac{h}{p}$. Använd sedan "specialsambandet" mellan rörelsemängd och rörelseenergi, $W_\mathrm{k} = \frac{p^2}{2m}$. (b) Använd att ökningen av rörelseenergin = minskningen av elektriska lägesenergin, samt defintionen av spänning, $U = \frac{W}{q}$. (c) Generalisera räkningarna i (a) och (b) för att ta fram sambandet mellan accelerationsspänningen $U$ och materievåglängden $\lambda$, och lös ut $\lambda$ ur detta samband.

**3.24** Rörelsemängden kan bestämmas ur $\lambda = \frac{h}{p}$. Använd sedan det relativistiska uttrycket för rörelsemängd, $p = \gamma mv$, där $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ och $m$ är elektronens vilomassa.

**3.25** Använd Heisenbergs obestämbarhetsrelation.

**3.26** (a) Använd sedan "specialsambandet" mellan rörelsemängd och rörelseenergi, $W_\mathrm{k} = \frac{p^2}{2m}$. (b) Använd Heisenbergs obestämbarhetsrelation.