

8. Energikvantisering (Energian kvantittuminen)

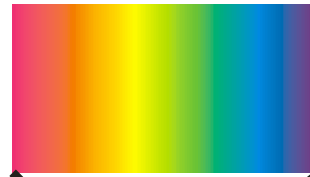
Lärandemål:

- Kunna beräkna energin för en foton som emitteras eller absorberas mellan givna energinivåer
- Kunna konstruera möjliga energinivå diagram från ett emissionsspektrum
- Kunna beräkna energinivåerna för en kvantiserad harmonisk oscillator från dess mikroskopiska egenskaper

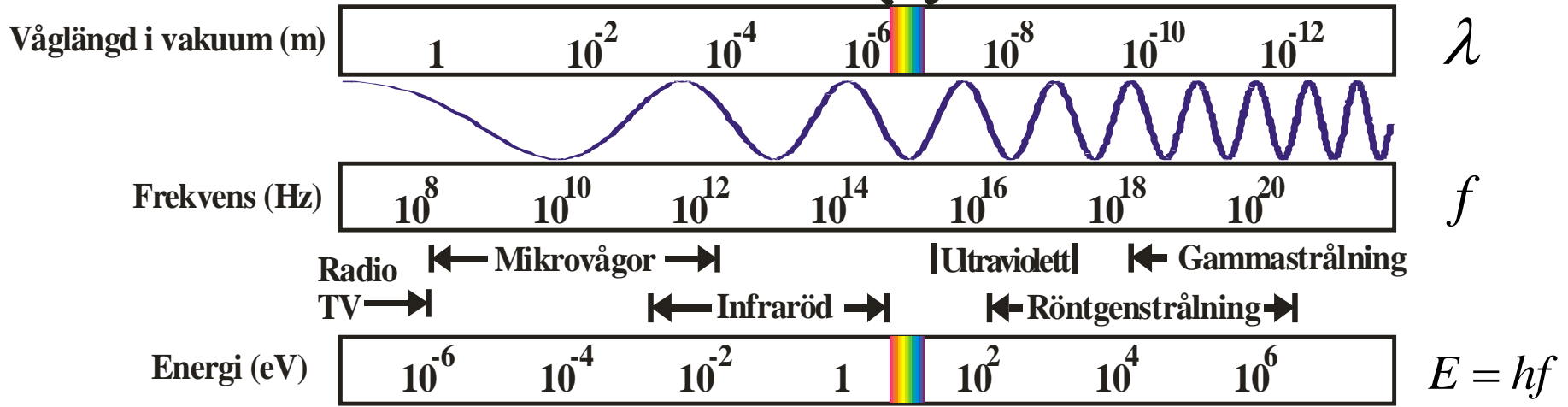


Fotoner

Energi (eV)	1.8	2.1	2.5	3.1
Våglängd i vakuum (nm)	700	600	500	400



$$c = \lambda f$$



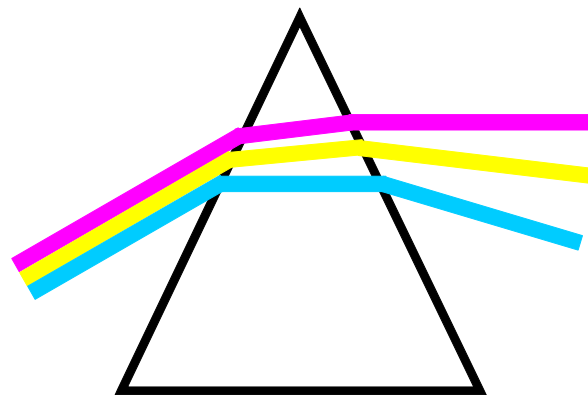
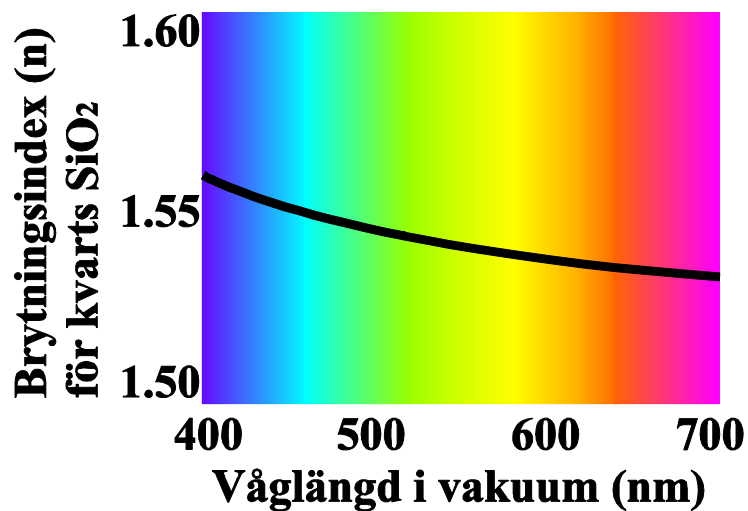
Ljus (valo)

$$\lambda_n = \frac{v}{f_n} = \frac{c}{nf_n} = \frac{c}{nf_{vak}} = \frac{\lambda_{vak}}{n}$$

$$E = hf \quad n = \frac{c}{v}$$

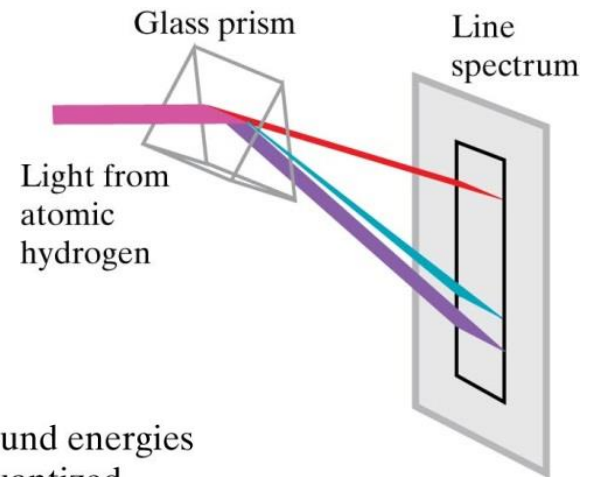
Färg Våglängd i
 vakuum (nm)

Röd	700
Orange	620
Gul	550
Grön	500
Blå	450
Violett	400



Elektroniska energinivåer (elektroniset energiatasot)

Ljus från
vätgas



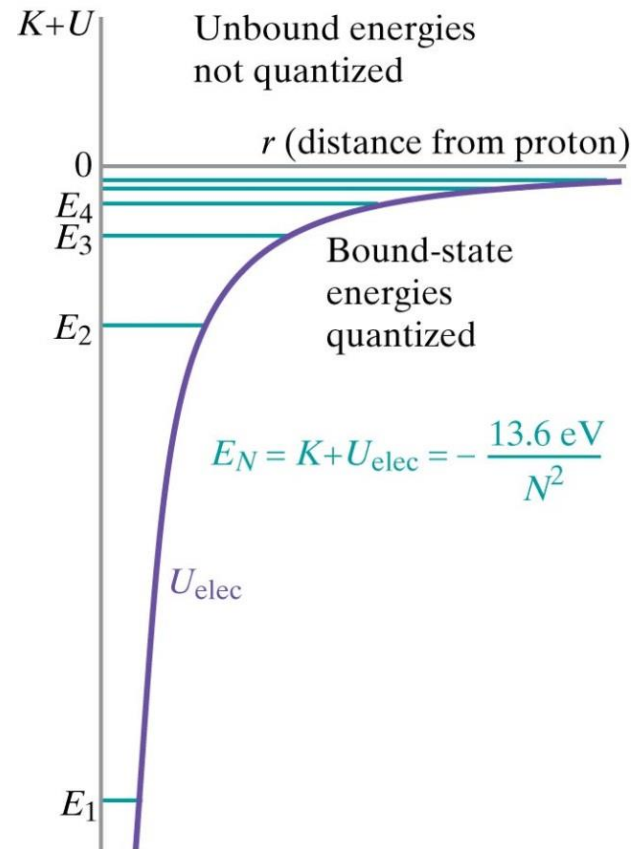
Potentiella energin mellan en
proton och en elektron:

$$U_{elec} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(+e)(-e)}{r} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r}$$

Schrödinger ekvation

$$\rightarrow E_N = K + U_{elec} = -\frac{13.6 \text{ eV}}{N^2}$$

$$N = 1, 2, 3, \text{ osv}$$



Absorption av foton: $H + \text{foton} \rightarrow H^*$

Emission av foton: $H^* \rightarrow H + \text{foton}$

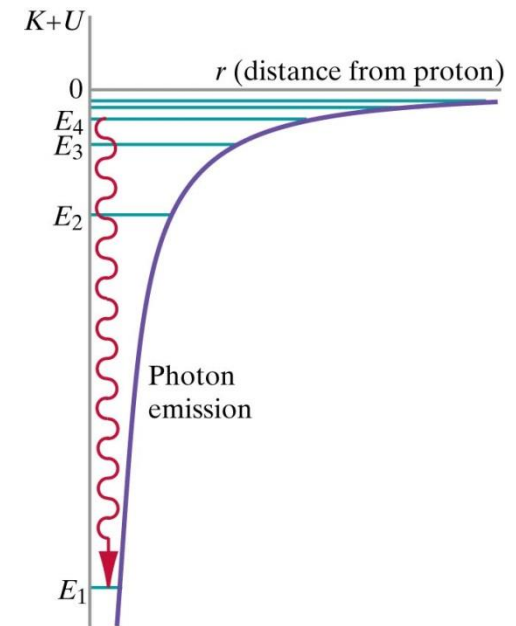
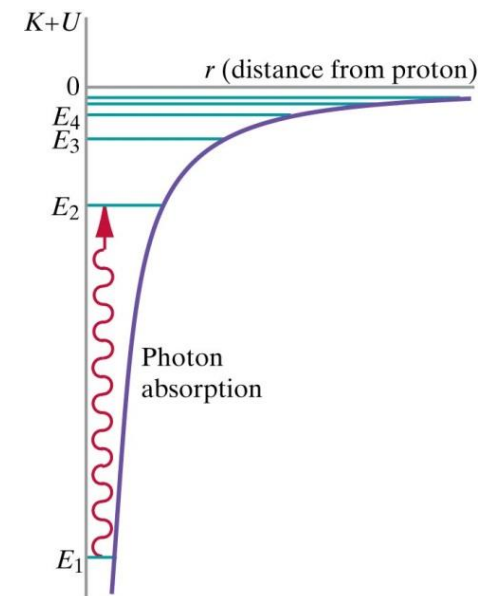
$$E_{H^*} = E_H + K_{\text{foton}} = E_H + hf$$

h Plancks konstant

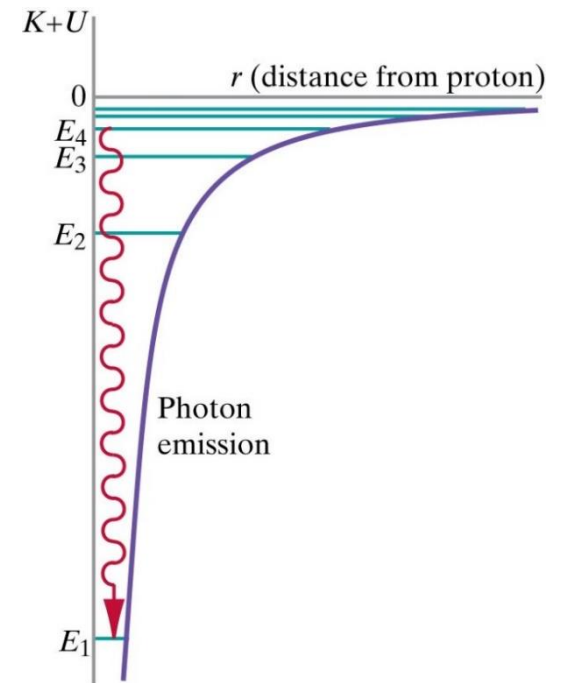
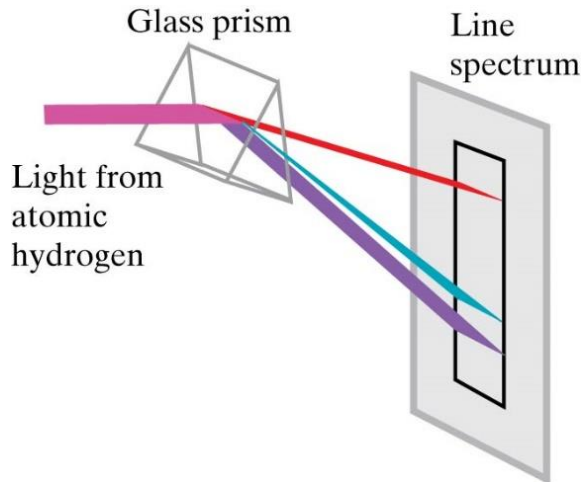
$$E_N = K + U_{\text{elec}} = -\frac{13.6 \text{ eV}}{N^2} \quad N = 1, 2, 3, \text{ osv}$$

$$\text{Absorption: } 1 \rightarrow 2 \rightarrow -\frac{13.6 \text{ eV}}{2^2} - \left(-\frac{13.6 \text{ eV}}{1^2}\right) \approx 10.2 \text{ eV}$$

$$\text{Emission: } 4 \rightarrow 1 \rightarrow -\frac{13.6 \text{ eV}}{4^2} - \left(-\frac{13.6 \text{ eV}}{1^2}\right) \approx 12.75 \text{ eV}$$



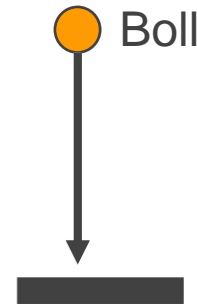
Emissionsspektra (Emissiospektri)



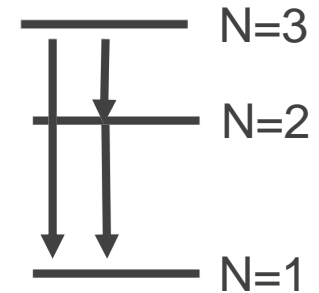
Sannolikheten att en atom i exiterat tillstånd blir kvar i exiterat tillstånd som en funktion av tiden:

$$e^{-t/\tau}$$

Medel livstiden: $\tau \sim 2 \text{ ns}$ för H



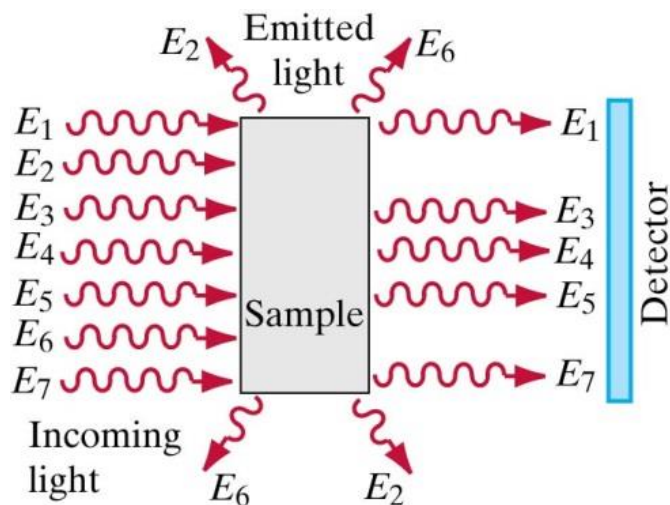
Klassisk mekanik: En boll faller kontinuerligt, kan säga hur länge det tar



Kvantmekanik: En atom ändrar tillstånd ögonblickligen vid oförutsägbar tid

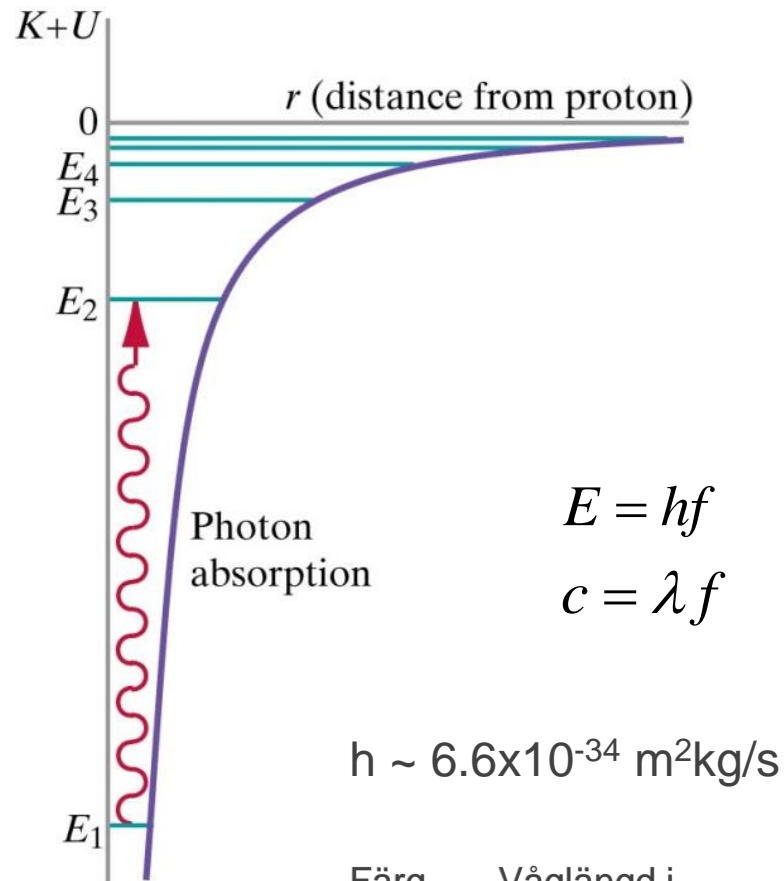


Absorptionsspektra (Absorptionspekttri)



Gaserna vid rumstemperatur är oftast i grundtillståndet

Varför är luften nästan fullständigt genomskinligt?



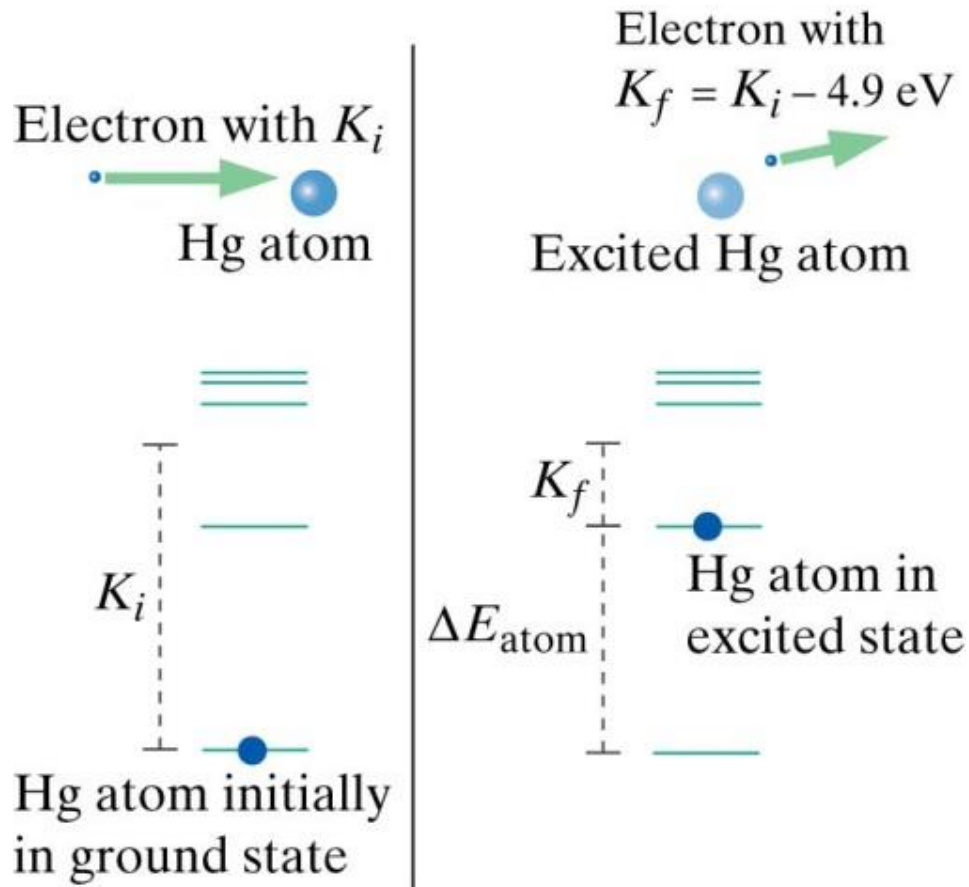
$$h \sim 6.6 \times 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$$

Färg	Våglängd i vakuum (nm)
------	------------------------

Röd	700
Orange	620
Gul	550
Grön	500
Blå	450
Violett	400



Elektron excitering (elektroniviritys)



Sammanfattning

Tre processer:

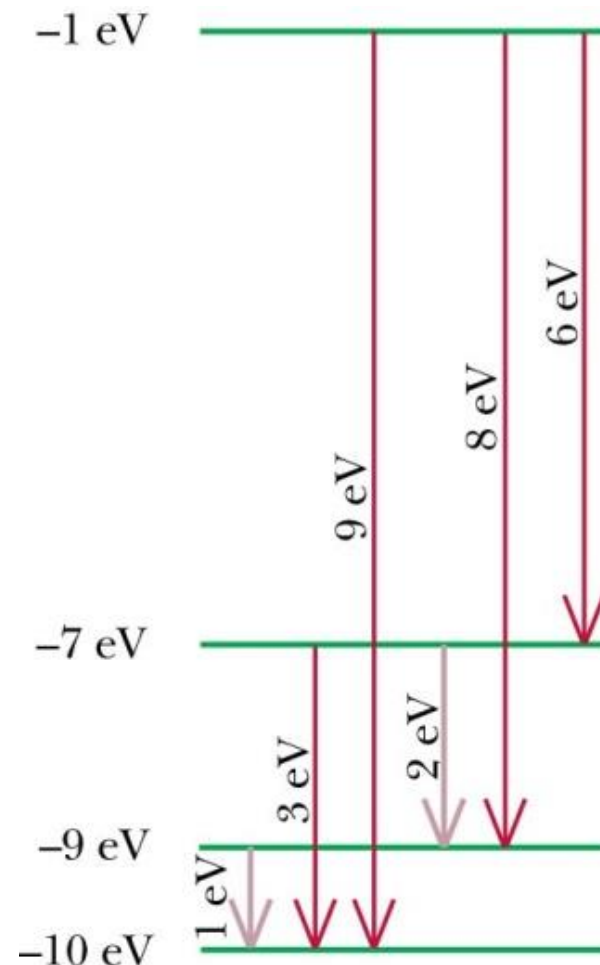
- 1) Elektron excitering
- 2) Absorption av en foton
- 3) Emission av en foton



Förbjudna övergångar (kielletyt siirtymät)

Alla övergångar (elektronen "faller" från en högre till lägre nivå) är inte möjliga.

I nästa kurs introducerar vi begreppet rörelsemängdsmoment, som också måste bevaras, vilket leder till att vissa elektroniska övergångar är inte möjliga



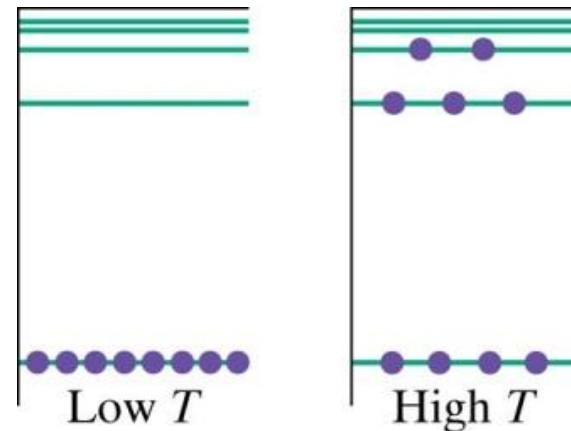
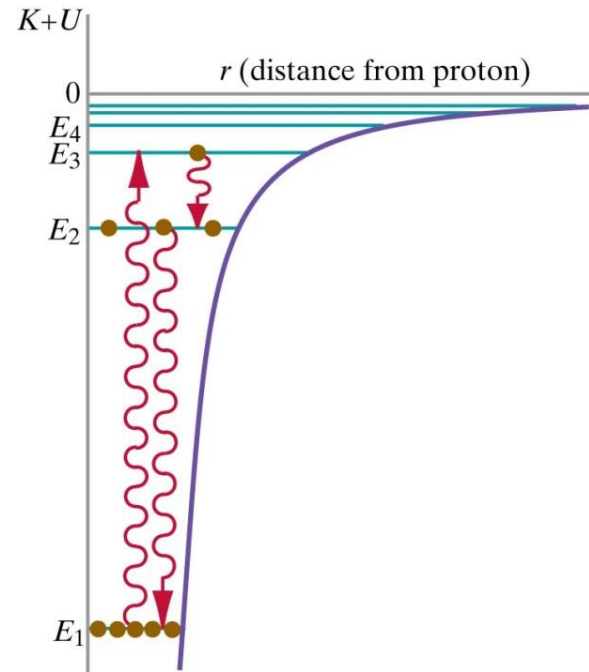
Temperatureffekt

Atomerna och molekylerna kolliderar hela tiden, och en atom kan vid en kollision få så mycket energi att det sker en elektron excitering

Sannolikheten att det sker en excitering med energin E vid temperaturen T ges av Boltzmann faktorn: $\exp(-E / kT)$

Boltzmann faktorn för $E = 1$ eV vid 300 K:

$$\sim \exp\left(\frac{-1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{(1.4 \times 10^{-23} \text{ J/K})(300 \text{ K})}\right) \sim 3 \times 10^{-17}$$

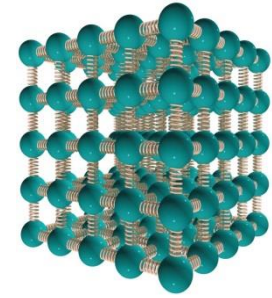
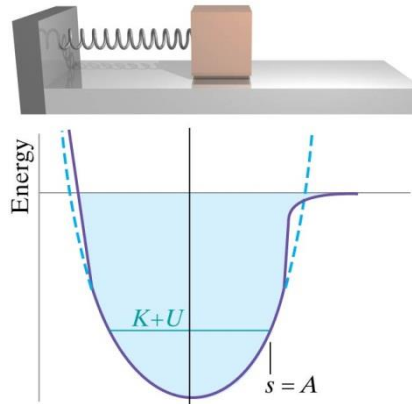


Vibrationsenergi

Klassiskt

$$K + U = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2$$

Vinkelhastighet: $\omega_0 = \sqrt{k/m}$

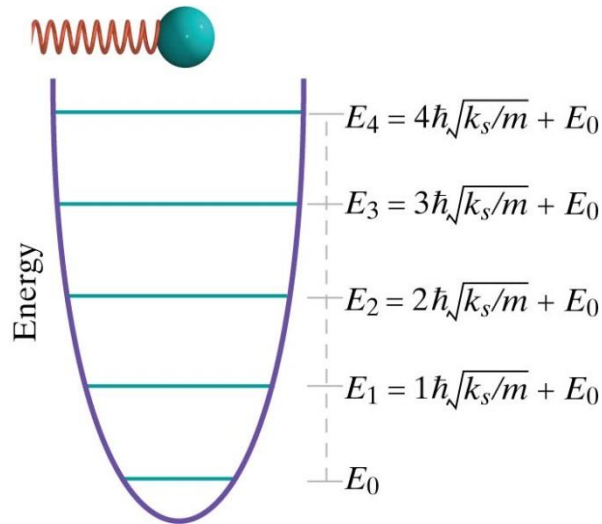


Kvantmekaniskt

$$\Delta E = \hbar\omega_0 = \hbar\sqrt{k/m}$$

$$\hbar = h / 2\pi$$

h är Plancks konstant $\sim 6.6 \times 10^{-34}$ Js



Heisenbergs osäkerhetsprincip

$$E_0 = \frac{1}{2}\hbar\sqrt{k/m}$$

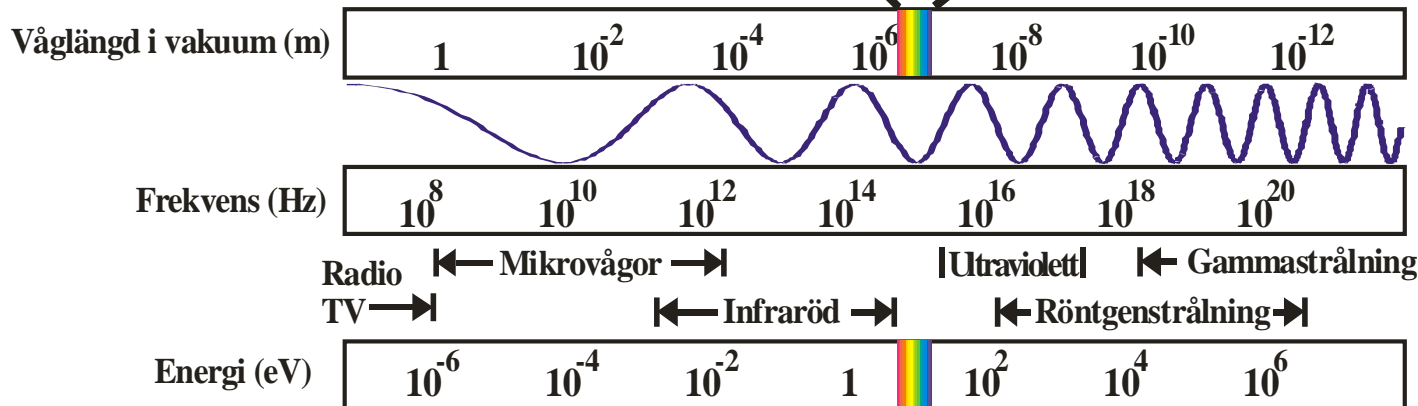
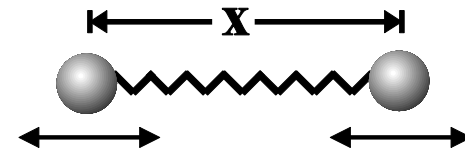
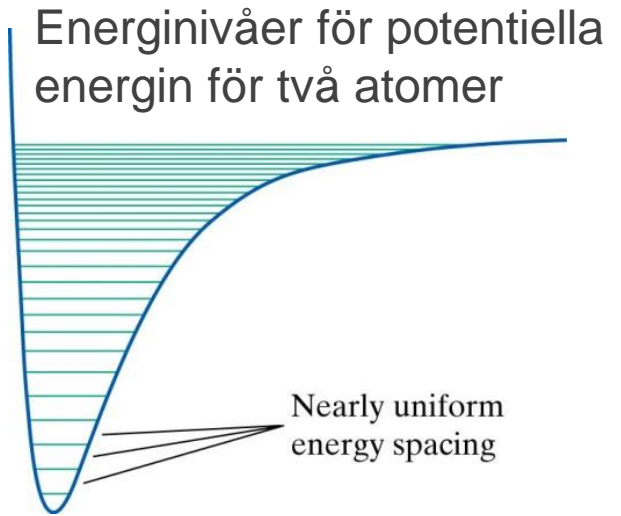
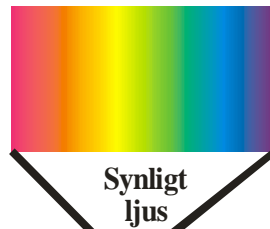


Vibrationsenergi

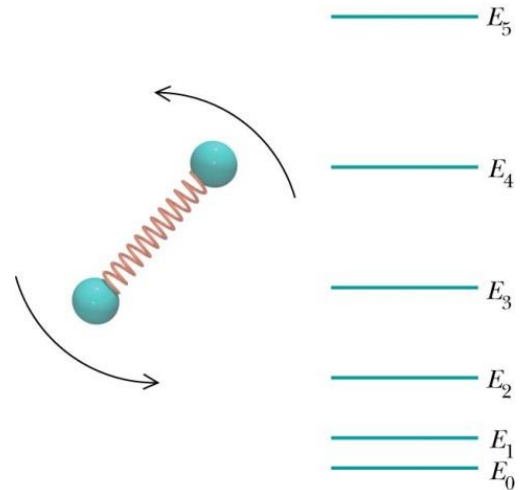
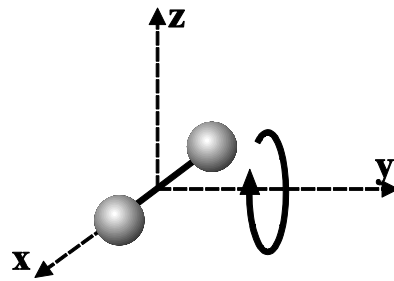
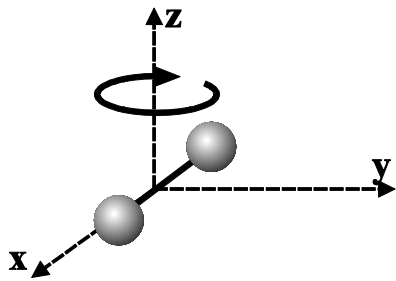
$$\Delta E = \hbar \omega_0 = \hbar \sqrt{k / m}$$

Energierna vid infraröda området

Energi (eV)	1.8	2.1	2.5	3.1
Våglängd i vakuum (nm)	700	600	500	400

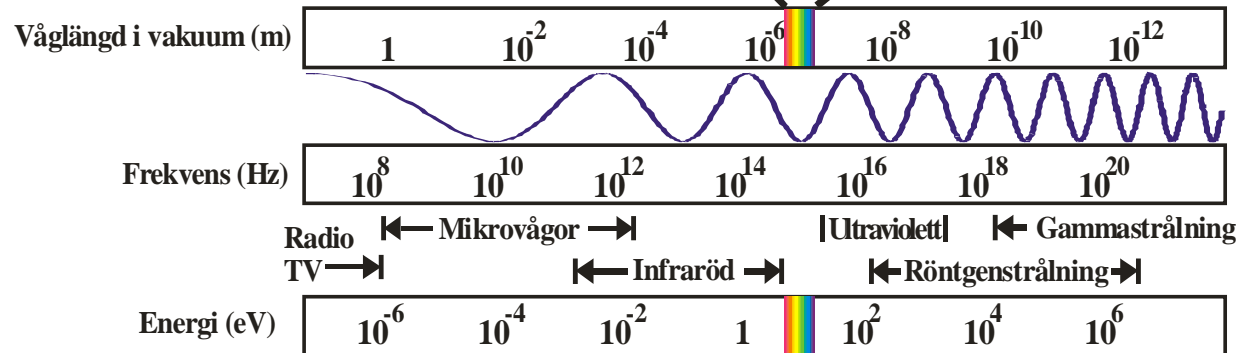
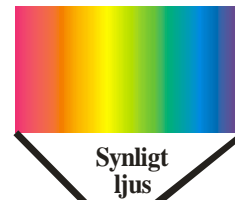


Rotationsenergi



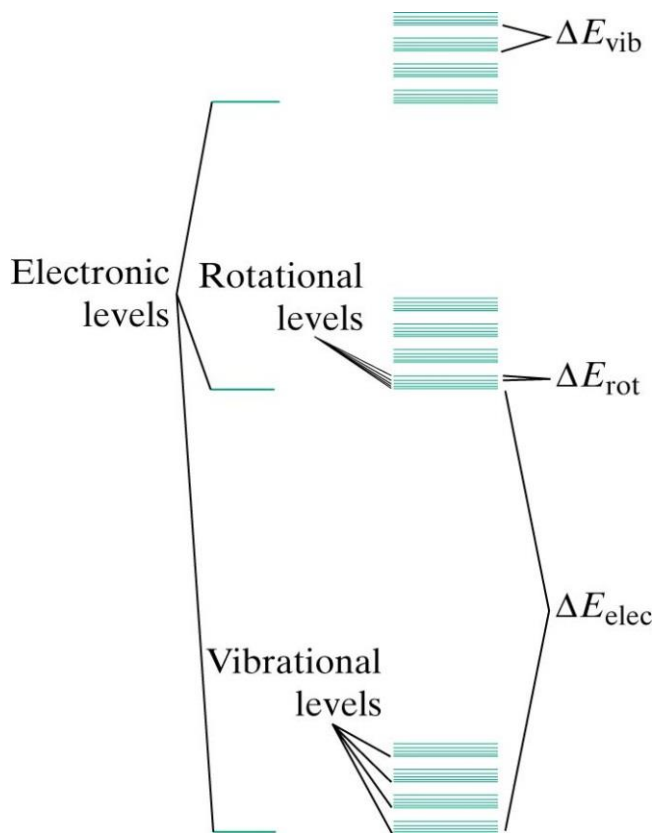
Energierna vid mikrovågsområdet

Energi (eV)	1.8	2.1	2.5	3.1
Våglängd i vakuum (nm)	700	600	500	400



Energikvantisering för atomer och molekyler

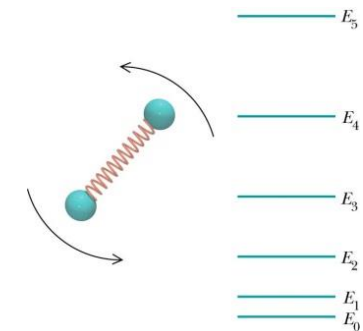
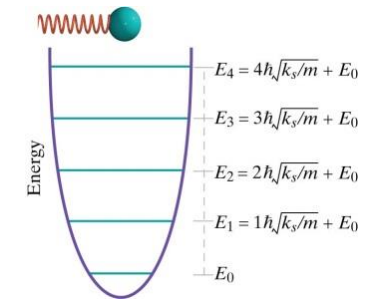
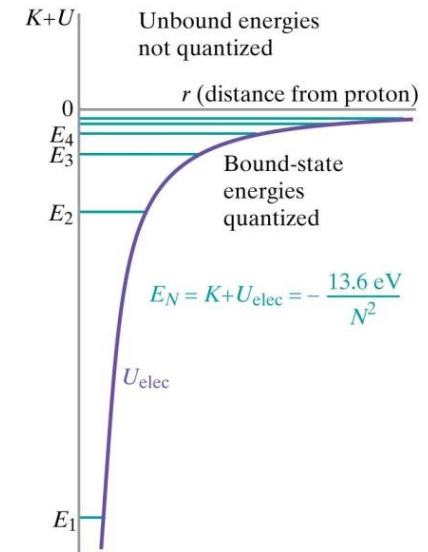
Sammanfattning



Elektronisk ~ 1 eV
(atomer, molekyler)

Vibration $\sim 10^{-2}$ eV
(molekyler)

Rotation $\sim 10^{-4}$ eV
(molekyler)



Lärandemål:

- Kunna beräkna energin för en foton som emitteras eller absorberas mellan givna energinivåer
- Kunna konstruera möjliga energinivå diagram från ett emissionsspektrum
- Kunna beräkna energinivåerna för en kvantiserad harmonisk oscillator från dess mikroskopiska egenskaper

