

Linjespektrum

19 okt. 2026, 5 min läsning

UTKAST

#fysik #atomfysik #fenomen

Kurs: F0005T Förkunskaper: Fotonen

Gaser sänder ut ljus bara vid bestämda våglängder i stället för ett kontinuerligt spektrum. Det är ett direkt tecken på att atomer har bestämda energinivåer, eftersom varje linje svarar mot en övergång mellan en övre och en undre nivå. Spektrumet är unikt för varje ämne och används därför för att identifiera atomer och molekyler.

$$\Delta E = E_U - E_L = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

Fysika: Fd3 (fotonenergi)

Formeln, symbol för symbol

$$\underbrace{E_U - E_L}_{\text{nivåskillnaden i atomen}} = \underbrace{hf}_{\text{fotonens energi}} = \underbrace{\frac{hc}{\lambda}}_{\text{linjens våglängd}}$$

Varje linje är en övergång mellan två nivåer, och fotonen bär exakt skillnaden. Ett stort språng ger stor fotonenergi och kort våglängd, och absorption är samma sak baklänges.

1. Kontinuerligt spektrum och linjespektrum

Delas ljuset upp med ett prisma eller ett gitter framträder två typer av spektrum:

- En **het fast kropp eller vätska**, till exempel en glödtråd, ger ett **kontinuerligt spektrum** där alla våglängder finns med (se **Svartkroppsstrålning**).
- En **het gas**, till exempel neonet i en skylt, ger ett **emissionslinjespektrum**: några skarpa linjer, var och en med en bestämd våglängd.

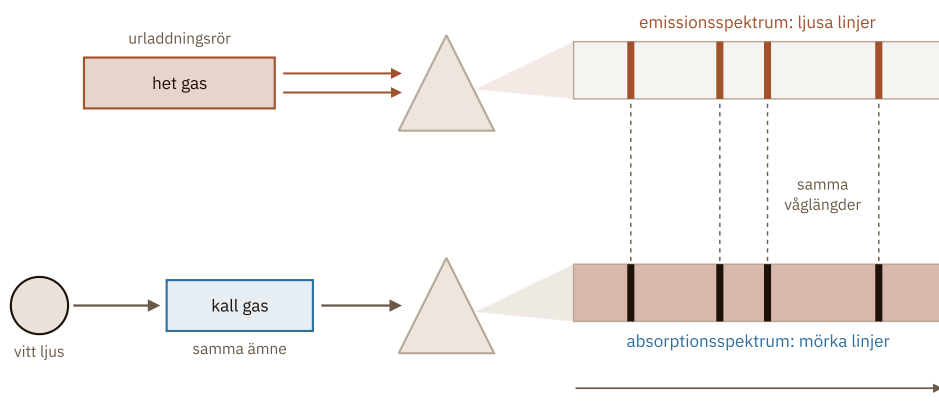
Varje grundämne har sin egen uppsättning linjer. Väte har till exempel en röd linje vid 656,3 nm som inget annat ämne har.

2. Emission och absorption

Skickas vitt ljus genom en kall gas saknas vissa våglängder i det ljus som kommer igenom. Det blir mörka linjer i ett annars kontinuerligt spektrum, ett **absorptionslinjespektrum**. Linjerna ligger på samma våglängder som gasen sänder ut när den är het. Formeln i rutan överst gäller åt båda håll:

- **Emission.** Atomen faller från E_U till E_L och sänder ut en foton med $hf = E_U - E_L$.
- **Absorption.** En foton med *exakt* energin $E_U - E_L$ lyfter atomen från E_L till E_U . En foton med lite för mycket eller lite för lite energi passerar opåverkad, eftersom atomen inte kan ha någon energi mellan nivåerna.

Alla linjer kommer inte från samma atom. I en gas finns ett enormt antal atomer i olika exciterade tillstånd, och spektrumet visar summan av alla övergångar som sker.



Överst: en het gas i ett urladdningsrör sänder ut ljus bara vid vissa våglängder. Nederst: vitt ljus genom en kall gas av samma ämne. Just de våglängderna saknas, och det blir mörka linjer på samma ställen.

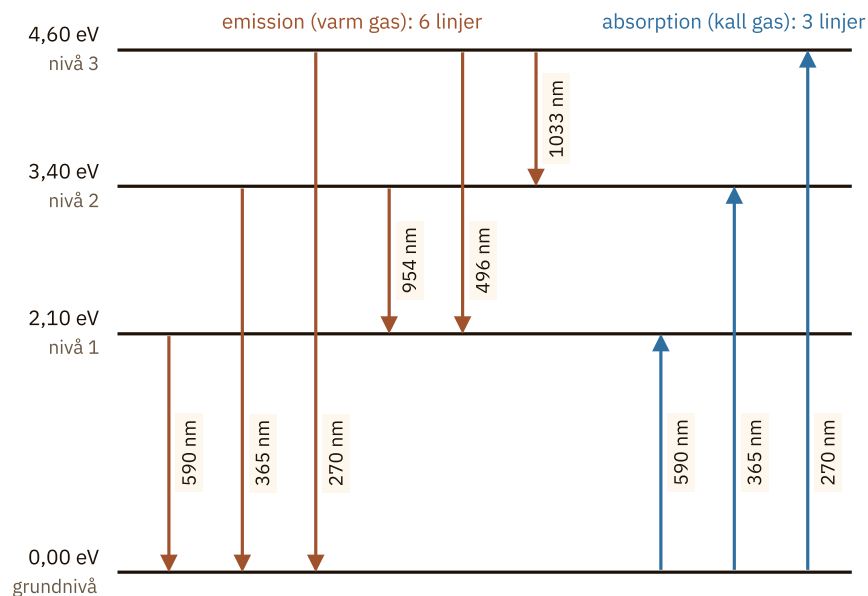
3. Hur många linjer?

En atom med N nivåer kan i emission gå mellan varje par av nivåer. Antalet par ger det största möjliga antalet emissionslinjer:

$$\text{antal emissionslinjer} \leq \frac{N(N-1)}{2}$$

Det är ett tak, eftersom **urvalsregler** kan förbjuda vissa övergångar. I en kall gas befinner sig nästan alla atomer i grundnivån, så absorption sker bara därifrån och ger högst $N - 1$ linjer.

Absorptionsspektrumet har därför oftast färre linjer än emissionsspektrumet. En varm gas har atomer även i exciterade nivåer och kan då absorbera också från dem.



Energivåder för en tänkt atom med fyra nivåer. En varm gas kan sända ut sex linjer (nedåtpilar). En kall gas, där atomerna sitter i grundnivån, absorberar bara de tre som börjar i grundnivån (uppåtpilar). Det största energisprånget ger den kortaste våglängden.

4. Fluorescens

En atom som lyfts till en hög nivå behöver inte falla tillbaka i ett enda språng. Den kan gå via mellanliggande nivåer och sänder då ut flera fotoner, var och en med lägre energi och längre våglängd än den absorberade. Det kallas **fluorescens**: ämnet lyser med längre våglängd än det belyses med.

Energin bevaras över hela kaskaden. För två steg gäller

$$E_{\text{abs}} = E_1 + E_2$$

$$\frac{hc}{\lambda_{\text{abs}}} = \frac{hc}{\lambda_1} + \frac{hc}{\lambda_2}$$

$$\boxed{\frac{1}{\lambda_{\text{abs}}} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2}}$$

Lysrör bygger på detta. Kvicksilverårgan i röret sänder ut ultraviolett ljus, som absorberas i beläggningen på rörets insida och sänds ut igen som synligt ljus.

5. Spektroskopi

Eftersom linjerna är unika för varje ämne fungerar de som fingeravtryck. Solens absorptionslinjer, som uppstår i den svalare atmosfären utanför de hetare lagren, visar vilka ämnen som finns där, och astronomer identifierar molekyler i gasmoln långt ute i rymden. Molekyler har egna spektrum (se [Molekylspektra](#)). För väte går linjernas våglängder att räkna fram med [Rydbergs formel](#), och nivåerna bakom dem förklaras av [Bohrs atommodell](#).

⚠ Vanliga fel

- **Nivåns energi i stället för skillnaden.** Våglängden bestäms av $\Delta E = E_U - E_L$, inte av en enskild nivåns energi.
- **Stort energisprång tros ge lång våglängd.** Det är tvärtom: $\lambda = hc/\Delta E$, så det största språnget ger den kortaste våglängden.
- **Absorption från vilken nivå som helst.** I en kall gas sitter atomerna i grundnivån, och absorptionslinjerna utgår därifrån.
- **Fotonen absorberas delvis.** En foton absorberas bara om dess energi exakt matchar en nivåskillnad. Den kan inte lämna ifrån sig en del och fortsätta.
- **Fluorescens med kortare våglängd.** Det utsända ljuset har längre våglängd än det absorberade, eftersom energin delas på flera fotoner.

6. Lösta exempel

≡ Exempel – Emissions- och absorptionslinjer för en tänkt atom

En tänkt atom har energinivåerna 0 (grundnivå), 1,50 eV, 2,80 eV och 4,20 eV. (a) Vilka våglängder kan gasen sända ut när den är het, och vilka av dem är synliga (380–750 nm)? (b) Vilka våglängder absorberar gasen när den är kall?

✎ Lösning

a) Med fyra nivåer finns $4 \cdot 3/2 = 6$ par. Varje par ger $\lambda = hc/\Delta E$ med $hc = 1240 \text{ eV}\cdot\text{nm}$:

Övergång (eV)	ΔE (eV)	λ (nm)
1,50 → 0	1,50	827
2,80 → 0	2,80	443

Övergång (eV)	ΔE (eV)	λ (nm)
4,20 $\rightarrow$ 0	4,20	295
2,80 $\rightarrow$ 1,50	1,30	954
4,20 $\rightarrow$ 1,50	2,70	459
4,20 $\rightarrow$ 2,80	1,40	886

Emissionslinjerna är alltså **295, 443, 459, 827, 886 och 954 nm**. Synliga är bara **443 och 459 nm** (blått). Linjen på 295 nm är ultraviolett, de övriga infraröda.

b) I kall gas utgår all absorption från grundnivån, så bara de tre övergångarna som börjar där syns:

295, 443 och 827 nm

Ej kontrollerat mot facit – två oberoende lösningar stämmer överens.

≡ Exempel – Fluorescens i två steg

Ett fluorescerande ämne absorberar ultraviolett ljus med våglängden 254 nm. Varje exciterad atom återvänder till grundnivån i två steg, och det första steget ger en foton med våglängden 436 nm. Bestäm energin i varje steg och våglängden hos den andra fotonen.

Lösning

Energierna. Med $hc = 1240 \text{ eV}\cdot\text{nm}$:

$$E_{\text{abs}} = \frac{1240}{254} = 4,88 \text{ eV} \quad E_1 = \frac{1240}{436} = \boxed{2,84 \text{ eV}}$$

Fysika: $Te (hc)$

$$E_2 = E_{\text{abs}} - E_1 = 4,88 - 2,84 = \boxed{2,04 \text{ eV}}$$

Våglängden. Direkt med fluorescensformeln:

$$\frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{254 \text{ nm}} - \frac{1}{436 \text{ nm}}$$

$$\lambda_2 = \boxed{608 \text{ nm}}$$

Det är orange ljus. Båda de utsända fotonerna har längre våglängd än den absorberade, som det ska vara.

Ej kontrollerat mot facit — två oberoende lösningar stämmer överens.

Läsning

- 39.2 The Nuclear Atom and Atomic Spectra