

# Aflevering 4 - Facit

## Opgave 1 – Termisk energi (s. 39):

- a) Forklar fænomenet Brownske bevægelser med dine egne ord.

*Brownske bevægelser er, når små partikler, f.eks. pollen, ryster ujævnt frem og tilbage i en væske (eller gas). Det sker, fordi partiklerne hele tiden bliver ramt af de molekyler væsken består af, som ryster i alle retninger på grund af deres temperatur.*

- b) Argumentér for at termisk energi er en slags kinetisk energi og dermed hvorfor der er en grænse for hvor koldt noget kan blive.

*Da temperatur er et mål for molekyllernes bevægelse, er termisk energi i bund og grund kinetisk energi (bevægelsesenergi). Når molekyllerne bevæger sig hurtigt, er temperaturen høj, og når de bevæger sig langsommere, er temperaturen lav. Da der er en grænse for, hvor lidt molekyler kan bevæge sig (når de står helt stille), er der også en grænse for, hvor koldt noget kan blive. Denne temperatur kaldes det absolutte nulpunkt og er  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$  eller  $0\text{ K}$ .*

## Opgave 2 – Mekanisk energi (s. 64):

- a) Forklar under hvilke omstændigheder det er passende at antage at mekanisk energi er bevaret.

*Et objekts mekanisk energi (kinetisk- plus potentiel energi) er bevaret, dvs. den ændrer sig ikke, hvis objektet ikke bliver påvirket af noget modstand under dens bevægelse.*

*Hvis et objekt f.eks. kastes gennem luften, er dens mekanisk energi nogenlunde bevaret hvis objektet er tungt, da luftmodstanden ikke påvirker bevægelsen så meget. Hvis objektet var meget let, ville luften give meget modstand, og objektets mekaniske energi vil ikke bevares. Det samme gælder hvis objektet rammer gulvet (stor modstand af dens bevægelse!) – her vil objektets mekaniske energi heller ikke bevares, men omdannes til termisk energi i gulvet.*

Verdensrekorden for højeste maveplasker er sat af den skøre Darren Taylor (a.k.a. Professor Splash). Han hoppede fra en højde på 11 meter ned i en lille pool.



b) Med hvor stor fart maveplaskede manden i  $km/h$ ?

*Vi udnytter at mekanisk energi er bevaret. Mekanisk energi er givet ved:*

$$E_{mek} = E_{kin} + E_{pot} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h$$

*I toppen af de 11 m har han ingen kinetisk energi (han har ingen fart på).*

*Når han lander i poolen, har han ingen potentiel energi tilbage (han er ikke i en højde over jorden længere). Dvs:*

$$E_{mek} \text{ i toppen: } m \cdot g \cdot h$$

$$E_{mek} \text{ i bunden: } \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

*Da den mekaniske energi er bevaret, altså at den ikke ændrer sig, må  $E_{mek}$  i toppen være det samme som  $E_{mek}$  i bunden. Dvs:*

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h$$

*(Man kan også argumentere sig frem til denne ligning ved at sige, at hans potentielle energi i toppen bliver omdannet til hans kinetiske energi i bunden)*

*Vi vil finde hastigheden,  $v$ , han rammer poolen med. Vi isolerer derfor  $v$ :*

$$\frac{1}{2} \cdot v^2 = g \cdot h \quad (\text{dividereret med 'm' på begge sider})$$

$$v^2 = 2 \cdot g \cdot h \quad (\text{gandet med 2 på begge sider})$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (\text{kvadratrodd på begge sider})$$

*Når der indsættes talværdier fås:*

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,82 \frac{m}{s^2} \cdot 11 m} = 14,698 \frac{m}{s}$$

*Omregnet til  $km/h$ :*

$$14,698 \cdot 3,6 \approx 53 \text{ km/h}$$

### Opgave 3 – Dopplereffekten (s. 128 & 252):

Dopplereffekten sker, når bølgers frekvens og bølgelængde ændres, fordi bølgekilden bevæger sig. Det gælder både for lydbølger (ændrer tonen) og lysbølger (ændrer farven).



- a) Forklar, hvorfor man kan observere Dopplereffekten fra en politibils sirene (lyd), mens man ikke kan observere effekten i politibilens blå blink (lys).

*Dopplereffekten opstår, fordi en bølgekilde i bevægelse ændrer afstanden mellem de bølger, den udsender: foran kilden bliver bølgerne tættere (højere frekvens), og bagved bliver de mere spredte (lavere frekvens).*

*Hvor tydelig effekten er, afhænger af, hvor stor kildens hastighed er i forhold til selve bølgenes hastighed. Kilden skal jo have nok fart på til at kunne skubbe bølgerne sammen før bølgerne stikker helt af! Lydens hastighed (ved 20 °C) er 343 m/s, hvilket ikke er så meget større end en politibils hastighed. Derfor ændres frekvensen af lyden mærkbart, så vi kan høre forskel på tonen.*

*Lysets hastighed er derimod ca. 300 000 km/s, altså ekstremt meget større end politibilens hastighed. Derfor bliver ændringen i lysets frekvens meget lille og kan ikke ses med øjet.*

*Derfor kan man observere Dopplereffekten for lyd fra en politibil, men ikke for dens blå blink.*

- b) Beregn, hvor hurtigt en politibil faktisk ville skulle bevæge sig væk fra en observatør i km/h, før de blå blink (400 nm) vil blive observeret som røde (700 nm).

*Vi får oplyst:*

*- Observeret bølgelængde, dvs:  $\lambda = 700 \text{ nm}$*

*- Faktisk udsendt bølgelængde, dvs:  $\lambda_0 = 400 \text{ nm}$*

*Vi skal finde politibilens hastighed,  $v$ . Sammenhængen mellem alle disse er:*

$$v = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \cdot c$$

*hvor  $c$  er lysets hastighed ( $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ). Når der indsættes talværdier fås:*

$$v = \frac{700 \text{ nm} - 400 \text{ nm}}{400 \text{ nm}} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 225 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

*Omregnet til km/h :*

$$225 \cdot 10^6 \cdot 3,6 = 810 \cdot 10^6 \text{ km/h}$$

*Dvs. 810 millioner km/h. Det vil aldrig ske på en motorvej... selv ikke i Tyskland;)*

#### Opgave 4 – Bølgehastigheder (s. 100):

- a) Forklar hvorfor lyd er hurtigere i vand end i luft, mens lys er langsommere i vand end i luft.

*Molekylerne i vand er tættere på hinanden end i luft. For lyd, som er en mekanisk bølge, betyder det, at svingninger lettere kan overføres fra molekyle til molekyle. Fra dominoeksperimentet så vi, at en bølge bevæger sig hurtigere, når "leddene" står tættere, fordi påvirkningen hurtigere gives videre. Derfor er lydets hastighed større i vand end i luft.*

*Lys er derimod ikke afhængigt af molekyler på samme måde, da det er en elektromagnetisk bølge. Når lys bevæger sig gennem et stof som vand, bliver det påvirket af stoffets egenskaber på en måde, der gør, at det bevæger sig langsommere. Jo tættere stoffet er, desto mere bliver lysbølgen "bremset".*

*Man kan også bruge brydningsloven til at se, at lysets hastighed er mindre i vand end i luft:*

$$\frac{\sin(i)}{\sin(u)} = \frac{v_1}{v_2}$$

*Når lys går fra luft til vand, er indfaldsvinklen større end udfaldsvinklen ( $i > u$ ), dvs. at  $\sin(i) > \sin(u)$ , hvilket må betyde at  $v_1 > v_2$ . Lysets hastighed i luft er altså større end i vand.*

- b) Forklar hvordan formlen viser, at lydets hastighed er hurtigere i varm luft end i kold luft:

$$v_{\text{lyd}} = 331 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sqrt{\frac{T}{273\text{K}}}$$

*T er temperaturen målt i kelvin. Når temperaturen T stiger, bliver brøken  $\frac{T}{273\text{K}}$  større. Det gør hele kvadratroden større, og dermed bliver  $v_{\text{lyd}}$  også større. Af formlen kan vi derfor konkludere, at lydets hastighed stiger, når temperaturen stiger, og lyd bevæger sig altså hurtigere i varm luft end i kold luft.*

*Alternativt kan vi afprøve 2 forskellige temperaturer, T, og beregne  $v_{\text{lyd}}$  heraf:*

1.  $T = 0\text{ }^\circ\text{C} = 273\text{ K}$ . Dvs.  $v_{\text{lyd}} = 331 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sqrt{\frac{273\text{K}}{273\text{K}}} = 331 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

2.  $T = 30\text{ }^\circ\text{C} = 303\text{ K}$ . Dvs.  $v_{\text{lyd}} = 331 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sqrt{\frac{303\text{K}}{273\text{K}}} \approx 349 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

*Altså er lydets hastighed hurtigere i  $20\text{ }^\circ\text{C}$  end i  $0\text{ }^\circ\text{C}$ .*

### Opgave 5 – Bohrs atommodel (s. 177):

- a) Forklar hvad et emissionsspektrum (linjespektrum) har at gøre med emission fra et atom.

*Et emissionsspektrum er en "oversigt" over de bølgelængder som et atom udsender, når det afgiver energi.*

*Når et atom tilføres energi, kan en elektron blive løftet op til et højere energiniveau (absorption). Når elektronen falder tilbage til et lavere energiniveau, udsendes der lys med en bestemt bølgelængde (emission). Hver mulig overgang mellem energiniveauer giver en bestemt bølgelængde i spektret.*

*Derfor består et emissionsspektrum af en række adskilte linjer, som hver svarer til en bestemt emission fra et atom. Man kan sige, at et emissionsspektrum er et atoms fingeraftryk, da hvert atom har hvert sit emissionsspektrum.*

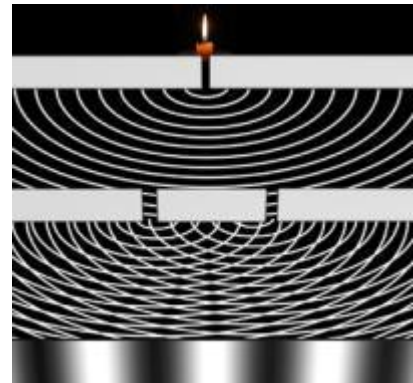
Når et atom udsender lys som fotoner (små *energipakker*) virker lys til at være som en partikel...

- b) Forklar hvordan et bestemt eksperiment viste, at lys også kan opføre sig som en bølge.

*Som bekendt er diffraktion og interferens fænomener, der kun forekommer for bølger.*

*I gittereksperimentet så vi, at når lys sendes gennem et gitter, bliver det ikke bare sendt lige igennem, men spredes i forskellige retninger (diffraktion).*

*Samtidig så vi, at lys fra de mange spalter lægges oven i hinanden og kan både forstærke og svække hinanden (interferens). At lys både gav diffraktion og interferens viser, at lys også kan opføre sig som en bølge.*



### Opgave 6 – Rummet:

For at komme i rummet, skal man per definition blot 100 km over Jordens overflade.

- a) Er man 100 km oppe, falder man hurtigt ned igen, så hvad skal der til for at forblive oppe?

*Man skal have en masse fart på sidelæns for hele tiden at "falde forbi" Jorden i stedet for ned mod den. Tyngdekraften trækker stadig en ind mod Jorden, men den store sidelæns fart gør, at man hele tiden undviger.*

*Når man på den måde hele tiden falder uden at ramme Jorden, siger man, at man er i kredsløb.*

- b) Kan man benytte parallaksemetoden til at bestemme afstanden til en anden galakse? Uddyb.

*Nej. Parallaksemetoden kan kun bruges til relativt korte afstande i universet, op til omkring 1000 parsec (ca. 3300 lysår). Det skyldes, at vinkelforskydningen (parallaksen) bliver ekstremt lille, når afstanden bliver stor, og den mindste målbare årlige parallakse er omkring 0,01 buesekunder (0,00000028°), hvilket svarer til en afstand på de cirka 1000 pc.*

*Andromedagalaksen, som er den nærmeste store galakse til os i Mælkevejen, ligger ca. 2,5 millioner lysår væk. Denne afstand er altså alt for stor til, at parallaksemetoden kan bruges, fordi vinklen (parallaksen) bliver langt mindre end det, man kan måle.*

### Opgave 7 – Trafiksikkerhed:

- a) Hvor sparer man mindst tid ved at køre hurtigere end tilladt – på motorvejen eller i byen?  
(Vis nogle konkrete beregninger der tydeligt understøtter din påstand)

*Over en fast strækning, sparer man mindst tid på motorvejen, hvis man vælger at køre over det tilladte. Lad os se hvorfor, ved at betragte en strækning på 10 km. Vi bruger formelen  $t = \frac{s}{v}$*

**Motorvej (110 km/h → 130 km/h)**

**By (50 km/h → 70 km/h)**

$$t_1 = \frac{10 \text{ km}}{110 \text{ km/h}} \approx 0,091 \text{ h} \approx 5,46 \text{ min}$$

$$t_1 = \frac{10 \text{ km}}{50 \text{ km/h}} = 0,2 \text{ h} = 12 \text{ min}$$

$$t_2 = \frac{10 \text{ km}}{130 \text{ km/h}} \approx 0,077 \text{ h} \approx 4,62 \text{ min}$$

$$t_2 = \frac{10 \text{ km}}{70 \text{ km/h}} \approx 0,143 \text{ h} \approx 8,58 \text{ min}$$

**Besparelse: ca. 0,84 min**

**Besparelse: ca. 3,42 min**

*Man sparer altså klart mindst tid på motorvejen, fordi den relative ændring i hastighed er mindre end i byen. I øvrigt er besparelserne meget små, hvorimod faren bliver meget større.*

- b) Hvor mange gange større bliver en bils bremselængde hvis den fordobler sin hastighed?  
(Vis det ved at anvende sammenhængen mellem hastighed og bremselængde)

*Bremselængden (her kaldet  $s_1$ ) afhænger af hastigheden i anden potens:*

$$s_1 = \frac{v^2}{2 \cdot a}$$

*Det betyder, at hvis hastigheden fordobles, så fås den nye bremselængde (nu kaldet  $s_2$ ):*

$$s_2 = \frac{(2 \cdot v)^2}{2 \cdot a} = \frac{2^2 \cdot v^2}{2 \cdot a} = 4 \cdot \frac{v^2}{2 \cdot a} = 4 \cdot s_1$$

*Altså 4 gange den originale bremselængde  $s_1$ .*

*En bils bremselængde bliver altså 4 gange større, hvis hastigheden fordobles.*