

# Opgaver til udvalgte kapitler

## NATURVIDENSKAB FOR ALLE

*Niels Bohrs atomteori 1913 – 2013*



Geniet

– modig, stærk og fordomsfri

# Opgaver til

## 1. Fysikken før 1913 – status og indhold

### Opgave 1.1

#### Har du læst teksten?

- a) Hvad beskæftigede man sig med i fysik før omkring år 1900?
- b) Hvad hed de to mest prestigefyldte tidsskrifter omkring århundredeskiftet?
- c) Hvornår startede den eksponentielle vækst i antallet af fysikartikler?
- d) Hvilke to opdagelser satte gang i opfattelsen af, at den klassiske mekanik var utilstrækkelig?
- e) Hvorfor så det ud som om, at radioaktive henfald var i strid med princippet om energiens bevarelse?
- f) Hvem indførte kvantefysikken? – hvornår? – og hvorfor?
- g) Hvilke områder hører til den ”nye fysik”?
- h) Hvilket år blev elektronen opdaget?
- i) Hvornår kom den første ide om, at atomet kunne være opbygget som et planetsystem? Og hvem udarbejdede en sådan model?
- j) Hvordan var Thomsons opfattelse af atomets opbygning?

### Opgave 1.2

#### Har du forstået problemerne?

- a) Forsøg at danne dig et overblik over emneopdelingen af fysikfaget. Brug fx et lærebogssystem i fysik, et opslagsværk, et leksikon eller *Wikipedia*, [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org). I den engelske version af *Wikipedia* kan du fx begynde med opslaget ”*Branches of Physics*”. Nedskriv på dansk en oversigt, der gengiver de vigtigste forhold for de enkelte emneområder.
- b) Beskriv på samme grundlag kort forskellen på de områder, der betegnes som klassisk fysik og moderne fysik.
- c) Hvad var hovedproblemerne inden for atomfysikken i Niels Bohrs ungdom (ca. 1910 og fremefter)?
- d) Hvad var problemerne med Thomsons atommodel?
- e) Hvilke to opdagelser satte fysikerne på de første spor af, at Thomsons atommodel kunne forbedres?
- f) Hvad var det største problem med Hantaro Nagaokas planetmodel for atomet?
- g) Hvordan viste Rutherfords forsøg, at atomets positive ladning findes i en meget lille kerne?
- h) Hvorfor blev Rutherfords model ikke nogen succes?

# Opgaver til

## 2. Den unge Bohr – på vej mod atomteorien

### Opgave 2.1

#### Har du læst teksten?

- a) Hvilke områder i fysik beskæftigede Niels Bohr sig med under studiet og umiddelbart efter i forbindelse med sin magisterkonferens?
- b) Hvorfor fik Bohrs disputats om elektronteori for metaller ingen indflydelse på den videre udvikling i fysik?
- c) Hvor og under hvem startede Bohr sine studier i England i 1911?
- d) Hvor fortsatte Bohr studierne et halvt år senere?
- e) På hvilken måde ændrede Bohr opfattelsen af, hvad der foregår ved et betahenfald?
- f) Hvad er forskellen på exoterme og endoterme processer?  
– og hvordan forklarer det, at  $H_2$ -molekylet eksisterer mens  $He_2$ -molekylet ikke gør det?
- g) Hvilke spektroskopiske opdagelser var medvirkende til, at Bohr kunne opstille sin atomteori?

### Opgave 2.2

#### Har du forstået problemerne?

- a) Hvad var det afgørende nye element i Bohrs disputatsarbejde om metaller?
- b) Hvad skal man monstro forstå ved udtrykket "*det elektromagnetiske verdensbillede*", som Helge Kragh anvender det i Kapitel 2?
- c) Hvad beskriver Plancks strålingslov? (Brug fx *Danmarks Nationalleksikon*).
- d) Hvad forstår man ved begrebet "*kvanteteorien*"?
- e) Hvad er problemet med en elektron i en cirkelbane omkring en positiv atomkerne ifølge klassisk fysik?

# Opgaver til

## 3. Gennembruddet – Bohrs første atomteori

### Opgave 3.1

#### Har du læst teksten?

- Bohr formulerede sin teori i to postulater. Hvad går de ud på?
- Hvordan er Bohrs oprindelige brintatom karakteriseret?
- På hvilken måde var Einstein og Bohr uenige om, hvad lys er?
- Hvordan var den generaliserede Balmerformel med til at styrke Bohrs atomteori?
- Hvordan er den fysiske størrelse impulsmoment (bevægelsesmængdemoment) defineret?
- Hvilken tysk fysiker arbejdede tidligt i forløbet videre med Bohrs atomteori?

### Opgave 3.2

#### Har du forstået problemerne?

- Hvori består Bohrs (revolutionerende) nye antagelse angående elektroner i kredsløb omkring en lille atomkerne?
- Hvad skal man forstå ved Helge Krag's anvendelse (side 12 øverst) af udtrykkene ”disciplinere” og ”disciplinære middel”?
- Hvordan ”løser” Bohr problemet?
- Hvordan afgjorde man, om Bohrs teori passede med virkelighedens brintatomer?
- Hvorfor var der i begyndelsen modstand mod Bohrs teori?
- Hvilke forbedringer var nødvendige for at forklare forholdene i ionen  $\text{He}^+$ ?
- Hvad er elektronmæssigt set fælles for hhv. H-atomet og ionen  $\text{He}^+$ ?
- For hvilke typer af atomer (og ioner) kan Bohrs teori ikke forklare de observerede spektre?
- Hvor lang tid gik der, før Bohrs teori fra 1913 blev bredt anerkendt af fysiksamfundet?
- Hvad talte stadig imod en total accept af Bohrs teori?

Som supplement kan det anbefales at benytte følgende værker:

*Fysikkens Verden*, Bind 6 i serien *Videnskabens Univers*, Bonniers Forlag 2009.

Nathan og Smith, *Den harmoniske begejstring, Fysikkens natur – Naturens fysik*, Gyldendal 1999.

# Opgaver til

## 4. Brintatomet

### Opgave 4.1 Rydbergkonstanten

De fem bølgelængder i figur 12 er angivet i enheden cm. Foretag en grafisk afbildning af bølgetallet  $1/\lambda$  som funktion af  $(1/4 - 1/n^2)$  og bestem ved regression en værdi for konstanten K. Konstanten K er den samme som Rydbergkonstanten R. Bestem den fundne konstantes afvigelse fra Rydbergkonstanten.

### Opgave 4.2 Fotonenergier

Beregn vha. bølgelængderne i figur 12 de fem fotonenergier, der svarer til de første fem linjer i Balmer-serien.

### Opgave 4.3 Energiniveauer

Beregn de første seks energier  $E_1$  til  $E_6$ .

### Opgave 4.4 Balmer-serien

Beregn de fire energiforskelle  $E_n - E_2$ , der svarer til Balmer-serien ( $m = 2$ ) med  $n = 3, 4, 5$  og 6. Beregn også bølgelængderne, der svarer til disse energiforskelle og sammenlign med bølgelængderne i figur 12 og med eksperimentelle værdier fra *Databog fysik kemi*.

### Opgave 4.5 Lyman-serien

Brug figur 10 til at bestemme bølgelængden for den første linje i Lyman-serien (overgangen fra  $n = 2$  til  $n = 1$ ). Hvor i det elektromagnetiske spektrum ligger denne linje?

### Opgave 4.6 Absorption

Brug figur 10 til at bestemme den største bølgelængde, som hydrogen i grundtilstanden kan absorbere. Hvor stor er den næststørste bølgelængde, der kan absorberes i grundtilstanden?

### Opgave 4.7 Ionisationsenergi

Brug den generaliserede Balmerformel til at bestemme ionisationsenergien for en  $\text{He}^+$ -ion. Bestem også den mindste bølgelængde, der kræves for at ionisere  $\text{He}^+$ -ionen.

# Opgaver til

## 6. Niels Bohr og Nobelprisen

### Opgave 6.1

- a) Find ud af, hvem der fik Nobelprisen i fysik før Niels Bohr. Opskriv listen med anførelse af det forskningsfelt eller de opdagelser, som prisen hædrede.
- b) Er der noget system eller en bestemt linje i tildelingene? Hvorfor/hvorfor ikke?
- c) Hvad er de officielle kriterier for tildelingen af prisen i fysik?
- d) Hvem kan indstille personer til prisen?
- e) Hvem afgør, hvilken person der udvælges?
- f) Hvilken betydning fik (ifølge teksten) tildelingen for Niels Bohr?
- g) Hvilken betydning fik (ifølge teksten) Niels Bohrs medalje for fremtidige tildelinger?
- h) Hvad lagde Niels Bohr selv i, at netop han fik prisen tildelt i 1922?
- i) Hvorfor blev Niels Bohr ikke medlem af Nobelkomiteen?
- j) Hvor kan man se Niels Bohrs medalje i dag?
- k) Har andre danskere siden eller før modtaget Nobelprisen i fysik? Hvis ja, da hvem og for hvilken indsats?

Som kilde til besvarelse af spørgsmål angående Nobelprisen kan det meget varmt anbefales at anvende bogen *Nabo til Nobel*, der er redigeret af videnskabshistorikerne Henry Nielsen og Keld Nielsen og udgivet i 2001 af Aarhus Universitetsforlag.

Bogen omhandler de 13 danske Nobelpristildelinger og indeholder uddrag af Nobels testamente. Den angiver en lang række interessante betragtninger om de konkrete tildelinger og blandt meget andet også en optegnelse over de danskere, der har været indstillet til en Nobelpris.

# Opgaver til

## 10. Neutroner og fission – kernefysik i 30'erne

### Opgave 10.1

#### Har du læst teksten?

- Hvilket år gennemførte Rutherford den første kunstige kernereaktion?
- Hvad forstår man ved radioaktivitet og hvad er kunstig radioaktivitet?
- Hvad er en transuran?
- Ida Noddack foreslog tidligt i forløbet, at der i stedet for dannelsen af en transuran kunne være tale om fission. Hvor mange år gik der inden det blev endelig fastslået, at det var tilfældet?
- Hvorfor blev Lise Meitner interesseret i forsøgene i Rom?
- Hvem gav først en forklaring på, hvorfor der opstod barium ved Hahn og Strassmanns forsøg med neutronbeskydning af uran?
- Hvem gav den første gennemgribende teoretiske forklaring på fission?
- Bohr og Wheelers artikel i Physical Review udkom 1. september 1939. Hvilken anden storpolitisk begivenhed fandt sted samme dag?

### Opgave 10.2

#### Har du forstået problemerne?

- Find oplysninger i lærebøger eller på internettet og gør rede for, hvordan et tågekammer virker.
- Opstil en tidslinje, der viser hvornår de første 3 elementarpartikler er blevet opdaget. Hvilken egenskab ved elementarpartiklerne er formodentlig hovedårsagen til, at neutronen er den, der sidst blev opdaget?
- En af Fermis første resultater ved bestråling af grundstoffer med neutroner er en reaktion, hvor  $^{19}\text{F}$  beskydes med en neutron og der dannes isotopen  $^{16}\text{N}$ . Opstil reaktionsskemaet, afstem det og find ud af, hvilken anden partikel, der også dannes.
- Når  $^{27}\text{Al}$  rammes af en neutron, udsendes der en alfa-partikel. Hvilken isotop bliver der også dannet ved reaktionen?
- Forklar ved hjælp af Figur 46, hvorfor der ikke kan frigives energi, hverken ved fusion eller fission, fra isotoper af fx jern, nikkel eller cobolt.

### Opgave 10.3 Alfahenfald

- a)  $^4\text{He}$ -kernen, der indgår i reaktionerne på side 42, kaldes også en alfapartikel. Den kan fx stamme fra et radioaktivt henfald af radiumisotopen  $^{226}\text{Ra}$ . Find ved opslag i *Databog fysik kemi* de to isotopers protontal  $Z$ , og beregn deres neutrontal  $N$ .
- b) Benyt princippet om bevarelse af ladning  $Z$  og massetal  $A$  til at opstille et reaktionsskema for alfahenfaldet.

### Opgave 10.4 Bindingsenergi

- a) Find ved opslag i *Databog fysik kemi* værdierne for atommasseenheden  $u$  angivet i kg, lysets hastighed  $c$  i m/s og energienheden eV omregnet til J. Vis ved beregning, at  $1 u \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$ .
- b) Gennemfør i detaljer de udregninger, der er foretaget i Eksempel 1 på side 46.
- c) Beregn på tilsvarende måde (vha. masser) bindingsenergien i isotoperne  $^{14}\text{N}$  og  $^{17}\text{O}$ .
- d) Find bindingsenergiene for de samme to isotoper ved direkte opslag i *Databog fysik kemi*.
- e) Beregn tilvæksten i bindingsenergi,  $E_{\text{B,efter}} - E_{\text{B,før}}$ , i reaktionen for den første kunstige kernereaktion, der er nævnt på side 42.
- f) Find bindingsenergien for isotoperne  $^{226}\text{Ra}$  og  $^{222}\text{Rn}$  samt beregn tilvæksten i bindingsenergi,  $E_{\text{B,efter}} - E_{\text{B,før}}$ , for alfahenfaldet i opgave 10.1.
- g) Gør rede for, hvorfor reaktionen i e) kan forløbe, når den beregnede tilvækst i bindingsenergi er negativ.

### Opgave 10.5 Fission

- a) I figur 45 er vist, hvordan uranatomet  $^{235}\text{U}$  kan spaltes i Ba og Kr ved beskydning med en neutron. Dette er blot en af mange mulige måder, hvorpå fissionen kan finde sted. Det kan fx også ske ved dannelse af isotoperne  $^{140}\text{Xe}$  og  $^{94}\text{Sr}$  med frigivelse af to neutroner. Opstil og afstem reaktionsskemaet for spaltningsprocessen.
- b) Find bindingsenergiene i *Databog fysik og kemi* for isotoperne i a) og beregn den frigivne energimængde ved spaltningen.
- c) Danmarks energiforbrug faldt i 2012 til 760 PJ – et niveau, der næsten svarer til forbruget i 1990. Brug Einsteins formel til at beregne massen, der svarer til denne energimængde.
- d) Ved fission af uran omsættes kun ca. en promille af massen til energi. Hvor mange tons uran kan dække Danmarks årlige energiforbrug?

