

BASISFYSIK B

Michael Cramer Andersen

Michael Agermose Jensen

FACIT

PRAXIS

BasisFysik B. Facit

Af Michael Cramer Andersen og Michael Agermose Jensen

© forfatterne og Praxis Forlag A/S 2023

Forlagsredaktion: Mette Viking og Michael Haase

Forsidelayout: Kit Hansen

Illustrationer: Birgit Overby og Michael Haase

1. ebogsudgave 2023

Filversion 1.01

ISBN: 978-87-29-00821-7

Denne titel indgår i Praxis' fagpakke til fysik, der indeholder adaptive træningsforløb og supplerende temaforløb. Yderligere information samt adgang til download af ekstramateriale findes på forlagets hjemmeside.

Digital kopiering af dette materiale eller dele deraf er tilladt i henhold til bestemmelserne i licensaftalen. Print og analog kopiering af materialet er ikke dækket af licensen og er kun tilladt inden for rammerne af institutionens aftale med Copydan Tekst & Node. Kopiering omfatter såvel digital som analog kopiering af materialerne uden for forlagets digitale platform.

Praxis Forlag A/S – et selskab i Egmont

www.praxis.dk

Indhold

1 Fysikkens verden	5
2 Fysikkens grundbegreber	7
3 Masse og densitet	8
4 Bevægelse	9
5 Energi	11
6 Det heliocentriske verdensbillede	13
7 Den nære astronomi	15
8 Kræfter i hverdagen	18
9 Tryk og opdrift	20
10 Newtons love	22
11 Arbejde og energi	24
12 Varmelære	26
13 Elektrisk ladning	28
14 Elektrisk strøm, spænding og energi	30
15 Elektriske kredsløb	31
16 Elektriske sensorer	34
17 Bølger og lyd	35
18 Atomer, partikler og kræfter	38
19 Atomer og lys	40
20 Kernefysik	43
21 Stjerner	46
22 Kosmologi	48
Appendiks A	51

Forord

Denne facitliste indeholder facit til Tænk efter-spørgsmål og opgaver til *BasisFysik B*.

Bogen er tænkt som et praktisk hjælpemiddel for elever og selv-studerende, der ønsker at kontrollere egne resultater. Hvert facit præsenteres kort og præcist med færrest mulige kommentarer. Ved beregning af resultater er de værdier, som er angivet i bogens tabeller og appendiks, anvendt. Alle resultater er afrundet efter de almindelige afrundingsregler, og enheder angives altid.

Kommentarer, forslag til ændringer og påvisning af eventuelle fejl vil blive modtaget med taknemmelighed (email: info@praxis.dk).

Michael Cramer Andersen
Michael Agermose Jensen

1 Fysikkens verden

TÆNK EFTER 1

- a) Atomer er så små, at man ikke kan se dem selv gennem det bedste mikroskop. I det 20. århundrede har man indirekte observeret atomer i eksperimenter. I 1905 forklarede Einstein således de såkaldte Brownske bevægelser ud fra atomer (se side 159). I 1981 opfandt man *Scanning Tunnel*-mikroskopet, der ved hjælp af strøm kan danne billeder af overflader, hvor man kan skelne de enkelte atomer.
- b) Isotoper er forskellige varianter af samme grundstof. De har samme kemiske egenskaber, men forskellig masse. Fx findes grundstoffet brint i tre forskellige varianter (se kapitel 20).
- c) Atomer består af kerner og elektroner og holdes sammen af den elektriske tiltrækning mellem kernen og elektronerne. Atomkernen består af protoner og neutroner og holdes sammen af den stærke kernekraft (se kapitel 18).
- d) Energi er evnen til at udføre et arbejde. Fx kan kemisk energi i kroppen bruges til at få muskelfibrene til at flytte sig, hvorved de udfører et arbejde (se kapitel 11).
- e) Ioniserende stråling kommer fx fra verdensrummet, fra Jordens indre eller fra medicinsk strålebehandling. Ioniserende stråling er partikler eller lys, der kan rive elektroner løs i kroppen. Det er farligt, fordi det skaber mutationer i kroppen, der kan udvikle sig til kræft (se kapitel 20).
- f) Ioniserende stråling anvendes til røntgenbilleder eller mere avancerede måder at se ind i kroppen på, fx CT-skannere eller stråleterapi til kræftbehandling (se kapitel 20).
- g) Integrerede kredsløb anvendes i elektriske kredsløb, fx i forstærkere eller sensorer.
- h) Lysets bølgeegenskaber kan observeres fx en i regnbue, der opstår ved, at lyset brydes i regndråberne. Lys kan også lave diffraktion, hvilket ses som et regnbue-mønster, når man fx holder en cd op imod hvidt lys (se kapitel 19).
- i) Bølgelængde er afstanden mellem to bølgetoppe. Frekvensen er antallet af bølger, der passerer hvert sekund (se kapitel 17). Eksempler på bølgefænomener: lyd, vand og jordskælv.
- j) Alle lydbølger, der bevæger sig i samme rum, har samme hastighed. Havde de ikke det, ville man fx høre musik forskelligt alt afhængig af, hvor langt man befandt sig fra lyd giveren, og det ville være umuligt for musikere i en koncertsal at holde samme tempo.

TÆNK EFTER 2

- a) En proportionalitet er fx massen af et metal, der er proportionalt med densiteten (massefylden) og med volumen af stoffet. En lineær sammenhæng er fx sammenhængen mellem den strækning, en bil har kørt, og den tid, der er gået: $s = v \cdot t + s_0$.
- b) En eksponentiel model er fx antallet af atomkerner i et radioaktivt henfald. Som tiden går, aftager antallet eksponentielt. En potensiel model er fx det lodrette fald. Afstanden, en genstand falder, vokser proportionalt med kvadratet på tiden.

OPGAVER

- 1.1 a) Fordoblingstiden kan bestemmes ved aflæsning til cirka 2 år.
b) Den menneskelige hjerne indeholder cirka 86 milliarder neuroner.
c) Intet facit.
d) I 2017 var der cirka 20 milliarder transistorer på de største chips. Dvs. yderligere to fordoblinger.
e) Transistorer består af elektriske forbindelser, hvor elektroner løber igennem. Det udvikler varme, som skal ledes væk fra chippen. Desuden sætter kvantemekanikken begrænsninger for, hvor mange elektroner der kan være i tilstande meget tæt på hinanden.
f) Computere på internettet kan sættes til at køre parallelt sammen, det kaldes *cloud computing*. På den måde kan man løse opgaver, der ville tage en enkelt PC en menneskealder at løse.
- 1.2 Intet facit.
- 1.3 Intet facit.
- 1.4 Cirka 3-6 måneder.
- 1.5 En metode er fx at bestemme omkredsen af bladene set nedefra og op og beregne bladenes areal (den skygge, bladene ville kaste, hvis Solen stod lige over træet). Derefter vurderes, hvor mange lag blade man kigger op igennem. Et blads størrelse kan vurderes ved at lægge blade på en tallerken, så tallerkenen er fyldt med ét lag blade, og tælle antallet af blade på tallerkenen. Antallet af blade på træet, N , findes derefter ved at beregne:
- $$N = \text{antal lag} \cdot \frac{A_{\text{træ}}}{A_{\text{tallerken}}} \cdot \text{antal på tallerken}$$
- 1.6 Spørgsmålet kan løses ved først at finde værdier på følgende tre størrelser:
- 1) Hvor mange gange slår hjertet pr. minut henholdsvis i hvile, ved bevægelse, og når man sover?
 - 2) Vurdér, hvor lang tid man bruger dagligt på at bevæge sig, sove og i hvile.
 - 3) Beregn ud fra 1) og 2) antallet af pulsslag pr. dag.
- Find ud af, hvor mange år et gennemsnitsmenneske lever. Gang dit resultat i 3) med antal år og antallet af dage på et år.
- 1.7 Intet facit.

2 Fysikkens grundbegreber

OPGAVER

- 2.1 $3,1557 \cdot 10^7$ s (1 år = 365,242 døgn) eller $3,1536 \cdot 10^7$ s (1 år = 365 døgn)
- 2.2 25 m/s
- 2.3 a) $0,0042 \text{ m}^2 = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
b) $0,0000013 \text{ m}^2 = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
c) $7260000 \text{ m}^2 = 7,26 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
- 2.4 $109^3 = 1,295 \cdot 10^6$ eller i størrelsesordenen 10^6
- 2.5 $1,083 \cdot 10^{12} \text{ km}^3 = 1,083 \cdot 10^{21} \text{ m}^3$
- 2.6 $3,75 \cdot 10^{-8} \text{ m}$
- 2.7 $3,80 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 3,80 \text{ nm}$
- 2.8 $2 \cdot 10^6$ atomer hen over et sandkorn
- 2.9 10^{57} protoner
- 2.10 10^{79} protoner
- 2.11 $3 \cdot 10^9$ slag på 81 år
- 2.12 a) 10^{28}
b) Ligningen $2^x = 10^{14}$ løses for antal celledelinger, x , som giver $x = 47$ (afrundet).
c) Hvis hastigheden var uændret, skulle der ligge et voksent menneske i den gravide mave efter blot 47 dage. Væksthastigheden bliver mindre og stopper helt, når mennesket er udvokset.
d) Med fx 65 kg fås cirka 25 g/døgn.
- 2.13 Intet facit.

3 Masse og densitet

TÆNK EFTER 1

- a) Når vand fordamper, løsrives vandmolekylerne enkeltvis, og når den fugtige luft opvarmes, stiger den op.
- b) Ja, lufts densitet er mindre end vands densitet, som er mindre end jords densitet.
- c) Tidligere i Jordens historie har dens indre været mere flydende, end det er tilfældet i dag. Jern har større densitet end alle andre bjergarter. Metallet vil derfor synke mod Jordens centrum.

TÆNK EFTER 2

- a) En kort forklaring er, at vandmolekylerne har en åben struktur, og at der derfor er plads til, at ethanolmolekylerne kan klemme sig ind imellem.
- b) Is ville synke til bunds i vand. Verdenshavene ville derfor fryse nedefra og op, hvorved Solen ikke ville kunne smelte isen.

OPGAVER

3.1
$$\frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} = \frac{1000 \cdot 1000 \text{ g}}{(100 \text{ cm})^3} =$$
$$\frac{1\,000\,000 \text{ g}}{1\,000\,000 \text{ cm}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

En tilsvarende udregning giver:

$$1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{1000 \text{ g}}{(100 \text{ cm})^3} = \frac{1000 \text{ g}}{1\,000\,000 \text{ cm}^3} =$$
$$\frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ cm}^3} = 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Man kunne også bruge det første resultat og gange med 10^{-3} (eller dividere med 1000) på begge sider af lighedstegnet.

- 3.2 a) Fyrretræ: 500 g
- b) Jern: 157 g
- c) Kobber: 44,65 g
- d) Guldbarre: 12,45 kg
- e) Madolie: 183 g
- f) Sprit: 395 g

3.3 Intet facit.

3.4 $1,4 \cdot 10^{22}$ CO₂-molekyler

- 3.5 a) Tøndens volumen er $2,33 \cdot 10^5 \text{ cm}^3$ eller $0,233 \text{ m}^3$.
- b) Densiteten er $0,086 \text{ g/cm}^3$, dvs. mindre end vands densitet. Den tomme tønde kan derfor flyde.

- 3.6 a) $0,585 \cdot 24 \text{ karat} = 14,04 \text{ karat}$. Det stemmer.
- b) Ringen består af cirka 5,56 g guld, 1,76 g sølv og 2,18 g kobber.

- 3.7 a) Aflæs fx værdierne (13,35) i grafen, der giver en densitet på $35 \text{ g}/13 \text{ cm}^3 = 2,7 \text{ g/cm}^3$.
- b) Aluminium

3.8 Intet facit.

4 Bevægelse

TÆNK EFTER 1

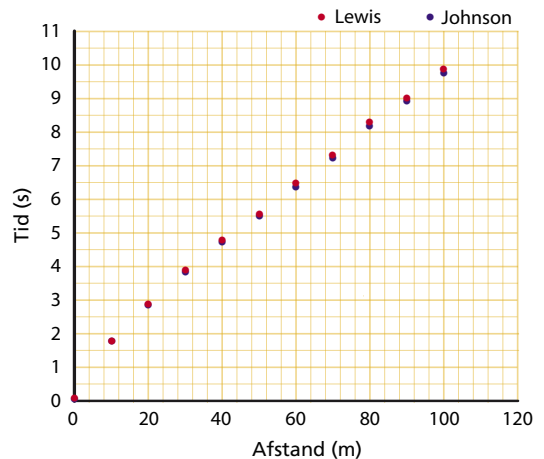
- a) Jo større vinklen er fra vandret, desto større vil accelerationen være.
 b) Ved lodret fald er accelerationen lig tyngdeaccelerationen.

OPGAVER

- 4.1 33,3 m/s
- 4.2 a) 10 m/s eller 36 km/t
 b) 7,1 m/s eller 25,7 km/t
 c) 5,8 m/s eller 21 km/t
- 4.3 a) 0,0005 m/s eller 0,0018 km/t
 b) 12,5 m/s eller 45 km/t
 c) 30 m/s eller 108 km/t
- 4.4 a) 4,2 km
 b) 2,4 km
- 4.5 70 min.
- 4.6 30 km/s
- 4.7 8,3 m
- 4.8 a) 0,1 m/s
 b) 0,06 m/s
 c) 1,7 m/s
 d) Enhederne er afgangende.
- 4.9 20 m/s
- 4.10 $2,8 \text{ m/s}^2$
- 4.11 $a = 0,75 \text{ m/s}^2$, og $s = 150 \text{ m}$

4.12 a)

Kumulerede tider	
Ben Johnson	Carl Lewis
0,132	0,136
1,83	1,89
2,87	2,96
3,80	3,90
4,66	4,79
5,50	5,65
6,33	6,48
7,17	7,33
8,02	8,18
8,89	9,04
9,79	9,92



- b) Johnson.
 c) Johnson: $10,21 \text{ m/s} = 36,77 \text{ km/t}$
 Lewis: $10,08 \text{ m/s} = 36,29 \text{ km/t}$
 d) Johnson: $11,79 \text{ m/s} = 42,44 \text{ km/t}$
 Lewis: $11,67 \text{ m/s} = 42,02 \text{ km/t}$
 e) Johnson: $4,16 \text{ m/s}^2$
 Lewis: $3,94 \text{ m/s}^2$

- 4.13 a) 44 m
b) $29,4 \text{ m/s} = 106 \text{ km/t}$
c) Ingeniøren har med sin uddannelsesbaggrund (forhåbentlig!) kendskab til Galileis faldlov. Hans bemærkning handler udelukkende om at berolige gæsten.
- 4.14 a) $83,3 \text{ m/s}$
b) $0,67 \text{ m/s}^2$
c) $5,2 \text{ km}$
- 4.15 a) $65,5 \text{ m/s}^2$
b) $2,36 \cdot 10^5 \text{ m/s}$
c) $4,24 \cdot 10^8 \text{ m}$
- 4.16 a) $19,8 \text{ m/s}$
b) $14,0 \text{ m/s}$
- 4.17 $t = 4,52 \text{ s}$, og $v = 44,3 \text{ m/s}$.
- 4.18 a) 100 m/s
b) $10,2 \text{ s}$
c) 510 m
- 4.19 Galileis faldlov bliver:
$$s = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$
Formlen for hastigheden bliver:
$$v = -g \cdot t$$

5 Energi

TÆNK EFTER 1

- a) Man opbruger fx et brændsel, men den kemiske energi i brændslet omdannes til andre energiformer, så energien er bevaret.
- b) Selv om brintatomet kan eksistere evigt, kan man ikke tappe energi fra det, som man kan fra en maskine.
- c) I tegningen til venstre har opfinderen ikke tænkt på, at gnidningskræfterne skal overvindes, for at maskinen kan køre af sig selv. I tegningen til højre skulle vandet løbe opad for at kunne falde ned. Det ses af søjlerne, hvilke dele af kanalen der er højereliggende end andre dele. Men perspektivet og de trappelignende kanter snyder én til at tro, at vandet godt kan løbe hen (op) ad kanalerne.

OPGAVER

- 5.1 a) Fx ved indtagelse af fødevarer og under transport (benzin).
b) Fx ved brug af elektriske apparater og lyskilder.
c) Når du bevæger dig og fx boldspil.
d) Fx ved varmt bad, madlavning, opvarmning af boligen.
- 5.2 a) $E_{\text{kemisk}} \rightarrow E_{\text{elektrisk}} \rightarrow E_{\text{stråling}}$
b) $E_{\text{kemisk}} \rightarrow E_{\text{kinetisk}} \rightarrow E_{\text{potentiel}}$
c) $E_{\text{potentiel}} \rightarrow E_{\text{kinetisk}}$
d) $E_{\text{kemisk}} \rightarrow E_{\text{termisk}} + E_{\text{stråling}}$
e) $E_{\text{termisk}} \rightarrow E_{\text{kinetisk}} \rightarrow E_{\text{potentiel}}$
f) $E_{\text{kemisk}} \rightarrow E_{\text{kinetisk}} \rightarrow E_{\text{termisk}}$
- 5.3 a) $E_{\text{kinetisk}} \rightarrow E_{\text{potentiel}}$
b) $E_{\text{kemisk}} \rightarrow E_{\text{kinetisk}}$
c) $E_{\text{elektrisk}} \rightarrow E_{\text{stråling}}$
d) $E_{\text{kemisk}} \rightarrow E_{\text{kinetisk}}$

- e) $E_{\text{elektrisk}} \rightarrow E_{\text{termisk}}$
f) $E_{\text{kemisk}} \rightarrow E_{\text{stråling}}$
g) $E_{\text{kemisk}} \rightarrow E_{\text{kinetisk}} + E_{\text{termisk}}$
(uklar proces)
h) $E_{\text{stråling}} \rightarrow E_{\text{kemisk}}$
i) $E_{\text{kerne}} \rightarrow E_{\text{elektrisk}}$

- 5.4 a) E_{kemisk} (forbrænding)
 E_{kinetisk} (muskelbevægelse)
 E_{termisk} (sveder)
b) $E_{\text{kemisk}} \rightarrow E_{\text{kinetisk}} + E_{\text{termisk}}$

- 5.5 Ligesom et kulkraftværk, men med varmekilden udskiftet fra kemisk energi til kerneenergi. Søg fx på 'atomkraftværk' på internettet.
 $E_{\text{kerne}} \rightarrow E_{\text{termisk}} \rightarrow E_{\text{kinetisk}} \rightarrow E_{\text{elektrisk}}$

5.6 Intet facit.

5.7 Intet facit.

5.8 0,98 J

5.9 9,8 J

5.10 1,02 km

5.11 26 kJ

5.12 1,6 m

5.13 Med fx 60 kg: 0,75 kJ

5.14 $1 \text{ J} = \text{kg} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2$

- 5.15 a) 50 kJ
b) 100 kJ
c) 200 kJ

- 5.16 a) 0,196 J
b) 0,162 J
c) 83 %
- 5.17 Når satellitten falder mod Jorden fra B til A, omsættes potentiel energi til kinetisk energi, og hastigheden øges. Omvendt mindskes hastigheden fra A til B.
- 5.18 a) 40 skiløbere
b) 85 m/s
- 5.19 a) 5,0 W
b) 2,0 kW
c) 179 W
d) 87 W
e) 25 kW
- 5.20 a) 90 %
b) 5 %
c) 95 %
d) 31 %
e) 80 %
- 5.21 50 %
- 5.22 Glødepære: 8 kr. LED-pære: 1,60 kr.
- 5.23 a) 5645 MJ/år
b) 15,5 MJ/døgn
- 5.24 a) 3804 kJ eller 1,06 kWh
b) 53 kr.
c) Typisk 25-200 liter
- 5.25 a) 800 km
b) 42,7 MJ/kg eller cirka 30,8 MJ/L
c) 9,2 MJ/L
d) 1,54 MJ/km
- 5.26 Fødevarestyrelsen anbefaler mænd (med en gennemsnitlig vægt på 76 kg) og kvinder (med en gennemsnitlig vægt på 62 kg) i alderen 18-30 år, der har regelmæssig fysisk aktivitet i fritiden, at indtage henholdsvis 13,8 MJ og 10,7 MJ dagligt.
- 5.27 a) 1500 kJ
b) 3061 kg
- 5.28 a) 42,9 GJ
b) $1,28 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$
c) $1,7 \cdot 10^{17} \text{ J/s}$
 $6,2 \cdot 10^{20} \text{ J/time}$
 $11,5 \cdot 10^{22} \text{ J/døgn}$
d) $3,6 \cdot 10^{20} \text{ J}$
e) 0,58 timers solenergi kan dække det årlige forbrug, hvis man ser bort fra absorption og refleksion af stråling.
- 5.29 a) I Danmark står Solen højest på himlen ved middagstid og mod syd. Et tag, der vender mod syd, modtager derfor mest sollys.
b) Sollyset kommer oppefra og samler nemt lyset, når taget hælder.
c) *Tournesol* betyder »dreje mod Solen«. Når solsikker vokser, drejer de sig mod Solen i løbet af dagen – fra øst til vest – og tilbage om natten mod øst. Væksthastigheden af stilkens øst- og vestvendte sider reguleres af et indre ur og påvirkes desuden af sollyset. Derved vokser planten hurtigere.
- 5.30 a) $9,0 \cdot 10^{16} \text{ J}$
b) 0,0041 %

6 Det heliocentriske verdensbillede

TÆNK EFTER 1

- a) Lys udsendt fra stjerner og andre himmellegemer undersøges ved at danne et spektrum, der viser et mønster af lys med bestemte bølgelængder. Fordi hvert grundstof har sit eget mønster, kan man identificere, hvilke grundstoffer der har udsendt lyset. Denne teknik kaldes *spektroskopi*.
- b) Der var endnu ikke teknikker til at observere så nøjagtigt, at man kunne bekræfte teorien. Kun få samtidige videnskabsmænd, blandt andre Archimedes, kunne forstå Aristarchos' teori i detaljer, og teorien gik hurtigt i glemmebogen.

TÆNK EFTER 2

- a) Atmosfæren (det vil sige luften, der befinder sig rundt om Jorden) fastholdes af tyngdekraften. Både luften og vandet i havene bevæger sig med samme hastighed som Jorden. Der er mindre lokale bevægelser, som blandt andet skyldes vinden.
- b) De indre planeter bevæger sig hurtigere end de ydre planeter. Når Jorden overhaler Mars indenom, vil det se ud, som om sigtelinjen fra Jorden mod Mars bevæger sig baglæns i forhold til de fjerne stjerner.
- c) Hvis Jorden stod stille, ville retningen til stjernerne ikke ændre sig i løbet af et år.

TÆNK EFTER 3

Månen ville bevæge sig ud i en større bane.

TÆNK EFTER 4

Planetens masse (m) er meget lille i forhold til Solens masse (M). Selv den største planet, Jupiter, vejer kun omkring 1/1000 af Solen.

OPGAVER

- 6.1 Intet facit.
- 6.2
 - a) Afstanden til stjernen er 10,38 lysår eller $9,82 \cdot 10^{16}$ m.
 - b) Forholdet mellem afstanden til stjernen og afstanden til Jupiter er 126 241, altså mere end de 700, Tycho Brahe var i stand til at måle og dermed forestille sig.
- 6.3
 - a) Månerne bevæger sig omkring Jupiter på samme måde, som planeterne bevæger sig omkring Solen. Derfor må Keplers 3. lov gælde med den centrale masse M sat lig Jupiters masse.
 - b) Gennemsnittet er cirka $3,2097 \cdot 10^{15}$ m³/s².
 - c) Jupiters masse er cirka $1,89975 \cdot 10^{27}$ kg.
 - d) Det er meget tæt på tabelværdien (under én procents afvigelse).
 - e) Densiteten er cirka 1320 kg/m³, dvs. lidt større end vands densitet. Dette skyldes blandt andet, at planeten langsomt trækker sig sammen, og at stoffet nær Jupiters centrum er meget sammenpresset.

6.4 Data for nogle af Saturns største måner:

Måne	Radius a (km)	Omløbstid T (døgn)
Mimas	185 539	0,9
Enceladus	237 948	1,4
Tethys	294 619	1,9
Dione	377 396	2,7
Rhea	527 108	4,5
Titan	1 221 870	16
Iapetus	3 560 820	79

For hver måne omregnes a og T til SI-enheder, og a^3/T^2 udregnes. Gennemsnittet for de nævnte måner bliver:

$$a^3/T^2 = 9,723 \cdot 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$$

Ved at følge eksempel 6.1 (side 96 i *BasisFysik B*) kan Saturns masse bestemmes til $5,75 \cdot 10^{26}$ kg, hvilket er tæt på tabelværdien $5,68 \cdot 10^{26}$ kg.

7 Den nære astronomi

TÆNK EFTER 1

- a) Både på den nordlige og sydlige halvkugle står Solen op i øst og går ned i vest. På den nordlige halvkugle står Solen højest på himlen mod syd, på den sydlige står Solen højest på himlen mod nord. Derfor – hvis man kigger mod den retning, hvor Solen står højest – går Solen fra venstre mod højre på den nordlige halvkugle og fra højre mod venstre på den sydlige.
- b) Når Solen står lavt på himlen, spredes strålingsenergien ud på et større areal, end når Solen står højt på himlen.

TÆNK EFTER 2

- a) Så vil det være vinter, hvor dagen er kort, og natten er lang.
- b) Ja.

TÆNK EFTER 3

- a) Fordi vi har den samme hastighed.
- b) Hvis Jorden bevægede sig væk fra Solen, ville Solens lys og varme hurtigt reduceres til ingenting. Planter, der lever ved hjælp af fotosyntese, ville dø og med dem alle dyr, der lever af planter. De livsformer, som får energi fra vulkanske kilder, ville overleve.
- c) På Merkur er temperaturen altid højere end vands kogepunkt, og der er ingen atmosfære. Det umuliggør vand i flydende form, og dermed er der intet eksistensgrundlag for liv baseret på vand og fotosyntese.
På Venus er temperaturen langt over vands kogepunkt. Selv om vands kogepunkt stiger ved højere tryk (det koger ved cirka 300 °C ved 90 atmosfærer, som er trykket ved Venus' overflade), er mængden af vand-damp kun 0,002 % i Venus' atmosfære.

På Jorden findes livsformer kaldet *hyperthermophile*, der kan leve ved temperaturer over 100 °C, så længe vandet ikke koger. Der er spekuleret over muligheden for liv højt oppe i Venus' atmosfære, hvor både tryk og temperatur er mere moderate.

- d) Maskiner, der forbrænder fossile brændsler, har udledt en stigende mængde CO₂. Den øgede mængde CO₂ forstærker drivhuseffekten, hvilket medfører klimaforandringer.
- e) En planet skal også rydde sin bane for mindre objekter, hvilket Pluto ikke er i stand til. Ud over Pluto er der mange lignende himmellegemer i det ydre solsystem. De største af disse tilhører gruppen af dværgplaneter.
- f) Både planeter og dværgplaneter kredser omkring Solen. En dværgplanet er formet rund af tyngdekraften, hvilket kræver, at den har en diameter på mindst 800 km (eller mindre, hvis den består mest af is). Alle kendte dværgplaneter er væsentlig mindre end Jordens måne, som har en diameter på 3476 km. Men de kan i princippet godt være større end Månen eller Merkur, hvis ikke de er i stand til at rydde deres bane for mindre objekter. Det antages, at der eksisterer flere hundrede dværgplaneter i det ydre solsystem, men de er svære at opdage på grund af deres ringe størrelse og store afstand fra Solen.

TÆNK EFTER 4

- a) Månen roterer én gang omkring sin egen akse i løbet af én måned, så man fra Jorden altid ser den samme side. Dette kaldes bunden rotation.
- b) Ved nymåne er Månen placeret mellem Solen og Jorden, så Jorden kan ikke kaste skygge på Månen.

- c) Kommende måneformørkelser og solformørkelser omtales blandt andet på denstoredanske.dk (indtast også søgeord). Detaljeret information kan findes her: <http://eclipsewise.com/>.
- d) Øst-vest.

TÆNK EFTER 5

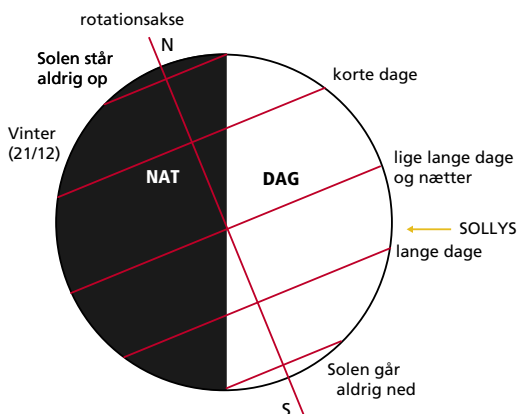
- a) En mindre planet køler hurtigere af, fordi dens overflade er større i forhold til dens volumen.
- b) De ældste kratere blev glattet ud, da havet fandtes. Kun de kratere, der er dannet efter, at havet forsvandt, findes i dag.

TÆNK EFTER 6

500 millioner (5 % af 10 milliarder).

OPGAVER

- 7.1 a) Din tegning ved sommersonhverv skal ligne den i figur 7.3. Ved vintersolhverv med angivelser kan den fx se sådan ud:



- b) Intet facit.
- c) Afstanden til Nordstjernen er meget længere end diameteren af Jordens bane, så to sigtelinjer mod Nordstjernen, der udgår fra to forskellige punkter af Jordens bane, vil næsten være sammenfaldende.

- 7.2 a) Den største afstand er cirka 2,3 millioner km over middelværdien eller cirka 1,54 %. Den mindste afstand er cirka 2,5 millioner km under middelværdien eller cirka 1,67 %.
- b) Når det er sommer på den nordlige halvkugle, er det vinter på den sydlige og omvendt. Hvis det var ændringerne i Jordens afstand, der var årsag til årstiderne, burde det være henholdsvis sommer og vinter på hele kloden samtidig. Desuden er variationerne i afstanden for små til at forklare de store forskelle mellem sommer og vinter.

- 7.3 a) Sommerhalvåret varer cirka 186 dage.
- b) Vinterhalvåret varer cirka 179 dage.
- c) 7 dage.
- d) Jordens hastighed er størst, når den er tættest på Solen (dvs. omkring 4. januar), derfor er vinterhalvåret kortest. Jorden bevæger sig lidt langsommere om sommeren (hvor den er længst væk fra Solen), derfor er sommerhalvåret længst.

- 7.4 a) Der ville ikke være nogen årstider.
b) Hvis Jordens rotationsakse lå nede i ekliptika, og akse bevarede sin orientering i forhold til stjernerne, ville man, når akse peger mod Solen, opleve en årstid med noget nær polarnat på den ene halvdel af Jorden, mens man på den anden ville have midnatssol. Og når akse peger på tværs af retningen til Solen, ville man have noget, der minder om jævndøgn.
- 7.5 a) Solformørkelser kan kun opleves på en begrænset del af Jordens overflade, måneformørkelser kan ses fra hele Jordens natside.
b) Man kan se Solens korona, der er en atmosfære bestående af tynd og meget varm ioniseret gas.
c) Se links under Tænk efter 4c.
- 7.6 a) 3,67
b) 109
c) 30,1
d) 107
- 7.7 Fra Solen til Jorden: 499 s.
Fra Månen til Jorden: 1,28 s.

8 Kræfter i hverdagen

TÆNK EFTER 1

- Intet facit.
- Fx »tankens kraft«, »med tilbagevirkende kraft« og »mørke kræfter«.

TÆNK EFTER 2

Nej, tyngdekraften på Månen afhænger også af Månens radius. Ifølge Newtons tyngdelov er $g_{\text{Månen}} = G \cdot M_{\text{Månen}}/r_{\text{Månen}}^2$ (se side 95).

TÆNK EFTER 3

- Hvis man borer noget af terningen ud i den ene side, fx under »øjnene«, bliver dens tyngdepunkt forskudt til den modsatte side.
- Hvis en ternings tyngdepunkt er forskudt mod den side, hvor der er ét øje, vil den have en tendens til at lande oftere på denne side. Terningen vil da oftere vise det antal øjne (seks), der er på den modsatte side. I nogle terningspil handler det netop om at kaste mange seksere, dvs. sandsynligheden for at slå en sekser med en »snydeterning« bliver større.

TÆNK EFTER 4

Gulvet er en del af Jorden. Jordens masse er så stor, at Jorden flytter sig så lidt, at det ikke kan måles, når den påvirkes af kraften fra kufferten.

TÆNK EFTER 5

- I b) er normalkraften dobbelt så stor som i a), da klodsernes masse i b) er dobbelt så stor som i a).

TÆNK EFTER 6

- Cyklen i figur 8.16 kommer frem ved, at kraften på pedalerne overføres til baghjulet, der skubber på underlaget. Underlaget

skubber igen med den samme kraft på baghjulet. Denne kraft på baghjulet er lig friktionskraften mellem hjul og underlag og er altså fremadrettet og driver cyklen fremad. Hvis der ingen friktion er, fx fordi man cykler på is, kommer man ikke fremad. Læg mærke til, at friktionskraften på forhjulet er bagudrettet.

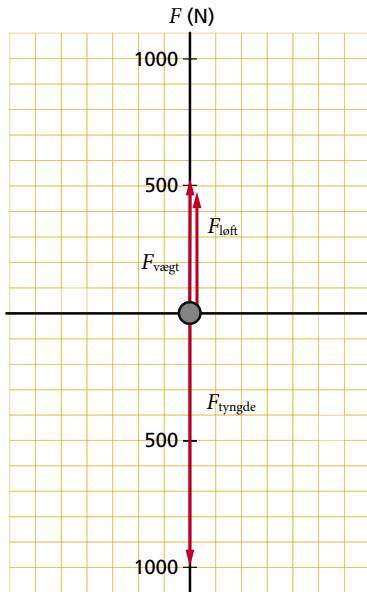
- I rummet er der (stort set) ingen friktion. Rumsonder derude bevæger sig, fordi de ikke er påvirket af nogen kraft. De ændrer deres bevægelse enten ved hjælp af en raketmotor eller ved tyngdepåvirkningen fra Solen og planeterne.
- Hvis underlaget skråner, ændrer normalkraften retning, så den bliver ved med at være vinkelret på underlaget. Normalkraftens størrelse bliver mindre end tyngdekraften ($F_N = m \cdot g \cdot \cos(\nu)$, hvor ν er vinklen med vandret). Friktionskraften ændrer også retning, så den bliver ved med at være parallel med underlaget. Størrelsen af gnidningskraften ændres, så der stadig gælder, $F_{\text{gnid}} = \mu \cdot F_N$, dvs. friktionskraften bliver mindre.

OPGAVER

- At tyngdekraften er meget svagere end den elektriske kraft.
- $N/kg = \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{kg}} = \text{m/s}^2$
- $F_t = 5 \text{ kg} \cdot 9,82 \text{ N/kg} = 49,1 \text{ N}$
- $F_t = 1,0 \text{ kN}$. Rettet opad.
 - $F_t = 0,53 \text{ kN}$. Rettet opad.
 - $F_t = 0,47 \text{ kN}$. Rettet opad.

d) $F_t = 0,53 \text{ kN}$. Rettet nedad.

e)



- 8.5 a) Tyngdekraften og luftmodstanden.
b) Tyngdekraften, luftmodstanden og elastikkraften.

8.6 a) En 7-akslet lastbil fordeler vægten på flere kontaktflader (hjul) end en 3-akslet. Trykket på vejen i kontaktfladerne bliver derved mindre.

b) 3-akslet:

$$F_t = 26 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 9,82 \text{ N/kg} = 255 \text{ kN}$$

$$\text{Pr. aksel: } F_{\text{aksel}} = 85,1 \text{ kN}$$

$$7\text{-akslet: } F = 530 \text{ kN}$$

$$\text{Pr. aksel: } F_{\text{aksel}} = 75,8 \text{ kN}$$

c) Intet facit.

8.7 Tyngdekraften på trissen er $F_t = 98,2 \text{ N}$. Den tilsvarende opadrettede kraft på den nederste trisse fordeles på de to snorkræfter, der hver må være $49,1 \text{ N}$. Man skal derfor trække med en kraft på $49,1 \text{ N}$.

8.8 Intet facit.

8.9 a) Tyngdekraften og luftmodstanden.

b) Tyngdekraften er 786 N og nedadrettet. Luftmodstanden er 240 N og opadrettet.

c) Da tyngdekraften er større end luftmodstanden, er den resulterende kraft nedadrettet. Han vil derfor accelerere og forøge sin hastighed. Tyngdekraften er konstant, mens luftmodstanden vokser med hastigheden, indtil de to kræfter bliver lige store, og der er ligevægt. Terminalhastigheden er: $36,2 \text{ m/s} = 130 \text{ km/t}$.

8.10 a) Bogen bevæger sig ikke, der er ligevægt. Friktionskraften er $0,5 \text{ N}$.

b) $0,8 \text{ N}$ (forudsat, at bogen stadig ikke bevæger sig).

8.11 a) Snorkraften er lig tyngdekraften på kabelvognen, $F = 19,6 \text{ kN}$.

b) Den maksimale gnidningskraft har samme størrelse som tyngdekraften på Green Goblin og heltinden tilsammen, $1,47 \text{ kN}$. Det ses, at det er umuligt at opnå ligevægt mellem de to kræfter på Green Goblin.

8.12 Når hjulene blokerer, glider bilen, og dækket står stille i forhold til vejen. Friktionskraften findes ved den statiske gnidning mellem vej og dæk. Når hjulene ruller, bevæger de sig i forhold til vejen, og gnidningskraften findes ved den dynamiske gnidning mellem vej og dæk. Den dynamiske friktionskoefficient er større, derfor bliver friktionskraften og dermed bremskraften større.

9 Tryk og opdrift

TÆNK EFTER 1

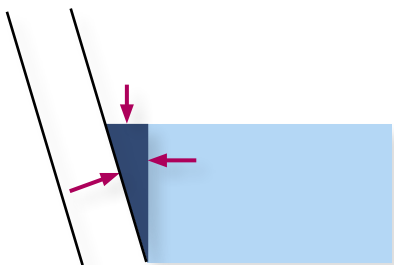
- En elefant har en masse på cirka 6 tons.
Trykket bliver cirka 100 kPa.
- Cirka 4 MPa.
- Dupperne på fodboldstøvlerne udøver et større tryk mod underlaget end resten af støvlen og synker derfor lettere ned i græsbanen. Det gør, at man lettere står fast på underlaget.

TÆNK EFTER 2

De er lige store (det hydrostatiske paradoks).

TÆNK EFTER 3

- Væsken står stille og er derfor i ligevægt. Den samlede kraft på væske ved kanten af beholderen må derfor være nul. Hvis beholderen er lodret, er den vandrette kraft nul. Hvis beholderen er skrå, vil kraften fra beholderen på væsken være vinkelret på beholderens kant. Tegningen viser kræfterne på et lille volumen af væsken nær kanten.



I den lodrette retning balancerer kraften fra beholderen kraften fra det overliggende vand. I den vandrette retning balancerer væggen kraften fra resten af væsken.

- Trykket i bunden er større end i vandoverfladen. Der skal derfor en tykkere væg til at modstå trykket fra vandet.

TÆNK EFTER 4

Når man klemmer i den ene ende af tuben, forøger man trykket i den ende. Trykøgningen forplanter sig til den anden ende, hvor tandpastaen presses ud.

TÆNK EFTER 5

Geddens middeldensitet er den samme som vands.

TÆNK EFTER 6

- Et menneskes middeldensitet er cirka den samme som ferskvands. Når vandets densitet stiger, øges opdriften tilsvarende, og en større del af personen vil befinde sig over vandoverfladen.
- Metalskroget er fyldt med luft, der har en væsentlig mindre densitet end vand. Den gennemsnitlige densitet af luft og skrog bliver mindre end vands, og skibet flyder.

TÆNK EFTER 7

- 92 %
- Overfladen er uændret. Når isen smelter, bliver den til vand, der fylder mindre end den tilsvarende mængde is, da vands densitet er større end isens. Volumenændringen modsvares præcis af den mængde is, der før smeltningen var over overfladen.

TÆNK EFTER 8

- Et menneske, der vejer cirka 80 kg, har en densitet på cirka 1 g/cm^3 og volumen på 80 cm^3 . Massen af den fortrængte luft er cirka 100 g. Man 'vejer' derfor 100 g mindre.
- 1 kg jern fylder væsentlig mere end 1 kg jern. Det har derfor større volumen og opdrift og 'vejer' mindre, når man vejer det på en vægt.

TÆNK EFTER 9

- a) 30 kPa, som er cirka $\frac{1}{3}$ af lufttrykket.
b) Flyet er udstyret med en trykkabine, der holder trykket nogenlunde konstant, men lidt lavere end 1 atmosfære. Det giver en trykforskel mellem det indre og ydre øre, hvilket udøver en kraft på det indre af øret (trommehinden). Man kan ofte udligne trykforskellen ved at synke eller tygge tyggegummi.

TÆNK EFTER 10

Der sker mange små sammenstød, som ikke opfattes enkeltvis. I stedet opfattes det gennemsnitlige antal stød pr. tid.

OPGAVER

- 9.1 $6,1 \cdot 10^5$ Pa
- 9.2 a) $\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \text{kPa} \cdot \text{s} = \text{kJ}$
b) $8,8 \cdot 10^9$ J
- 9.3 a) 1028 kg/m^3
b) 50 000 tons
c) $4,86 \cdot 10^4 \text{ m}^3$
d) $4,63 \cdot 10^3 \text{ m}^2$
e) $3,04 \cdot 10^4 \text{ m}^3$ (facit med 6 vandtætte sektioner oversvømmet)
f) 14,7 m. Ja.
- 9.4 a) Cirka $0,83 \text{ g/cm}^3$
b) Det forbliver flydende, sådan at der stadig er $\frac{5}{6}$ under overfladen og $\frac{1}{6}$ over.
- 9.5 a) 3250 m^3
b) $3,2 \cdot 10^7 \text{ N}$
c) $F_t = 2,3 \cdot 10^7 \text{ N}$, $F_{\text{res}} = 9,2 \cdot 10^6 \text{ N}$ og opadrettet.
- 9.6 Ja, den stiger op (massen af den fortrængte luft er 3,69 g).
- 9.7 $1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa}$
- 9.8 a) $6,2 \text{ cm}^2$
b) Cirka 100 kPa
- 9.9 a) 0,76 m
b) $133 \text{ Pa} = 1 \text{ mm Hg}$
- 9.10 311,3 kPa
- 9.11 a) Hvis en person i gennemsnit vejer 70 kg, er tyngdekraften $F_t = 2,15 \text{ MN}$, rettet nedad. Opdriften, $F_{\text{op}} = 2,42 \text{ MN}$, rettet opad.
b) Ved hjælp af ballast eller ved at lukke luft ud af luftskibet.
c) Opdriften er uændret. Tyngdekraften bliver 2,32 MN.
- 9.12 Det faktiske antal var 370.

10 Newtons love

TÆNK EFTER 1

$3,0 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

TÆNK EFTER 2

Intet facit.

TÆNK EFTER 3

Nettet gør, at den afstand, manden bliver standset på, øges, hvorved opbremsningen varer længere. Den ydre kraft bliver derfor mindre (jf. kraftens impuls), end hvis man ramte jorden direkte.

TÆNK EFTER 4

Intet facit.

TÆNK EFTER 5

e) er korrekt.

TÆNK EFTER 6

På 24 timer roterer Jorden én omgang om sin egen akse i forhold til stjernerne. Det betyder, at der er højvande to gange i døgnet. Når Jorden i sin bane når samme position, hvor den tidligere stod i forhold til Månen, da der var højvande, har Månen imidlertid flyttet sig en smule. Jorden skal derfor rotere lidt længere rundt, før den når til, at højvandet er samme sted i forhold til Månen. På et døgn flytter Månen sig $1/28$ af den samlede vej rundt i dens bane. Der går derfor cirka $12/28 \cdot 60 \text{ min} \approx 25,7 \text{ min}$.

OPGAVER

10.1 Når man trækker hurtigt i dugen, står servicet på bordet stille. Kraften mellem dug og service er så lille, at servicen vil have en tendens til at forblive i ro (inertiens lov).

10.2 Når en bil rammer en forhindring, vil bilen stoppe, men personerne i bilen vil, hvis de ikke påvirkes af ydre kræfter, fortsætte deres bevægelse fremad (inertiens lov). Sikkerhedsselen er den ydre kraft, der forhindrer den fremadrettede bevægelse.

10.3 Luften i bilen vil have en tendens til at fortsætte bevægelsen fremad og bliver presset frem mod forruden. Trykket foran i bilen vil derfor blive større end bagi. Helium er lettere end den omgivende luft og vil derfor (på grund af opdrift) bevæge sig mod den ende med mindst tryk (bagenden).

10.4 $F = 1,98 \cdot 10^{20} \text{ N}$
 $a_{\text{Jord}} = 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^2$
 $a_{\text{Måne}} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$

10.5 a) $4,0 \text{ m/s}^2$, bagudrettet.
b) $3,1 \text{ m}$

10.6 $5,7 \text{ m/s}^2$

10.7 a) $56,7 \text{ m/s}^2$
b) 707 m
c) $43,9 \text{ kN}$
d) 202 m/s^2
e) 157 kN

10.8 a) $m_{\text{kugle}} = 31,8 \text{ g}$, $m_{\text{person}} = 80 \text{ kg}$,
 $v_{\text{kugle}} = 486 \text{ m/s}$
b) Det er ikke et elastisk stød, så den kinetiske energi er ikke bevaret.
c) $p_{\text{før}} = 15,5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
 $p_{\text{efter}} = (m_{\text{kugle}} + m_{\text{mand}}) \cdot v_{\text{efter}}$
d) $0,19 \text{ m/s}$

- 10.9** 10,4 m/s
- 10.10** 1,8 kN
- 10.11** a) 19 kN
b) 250 m/s²
- 10.12** a) 83 m/s²
b) 1,67 kN, svarende til tyngdekraften på 170 kg. Det svarer altså til at bære 170 kg.
- 10.13** Tunge ting. Når der er luftmodstand, betyder tyngdekraften relativt mere for tunge ting end for lette. Accelerationen bliver derfor størst for tunge ting.
- 10.14** 4 G (inkl. tyngdekraften) = 39,2 m/s²
- 10.15** a) 0,09 N nedadrettet.
b) 1,8 m/s² nedad.
- 10.16** a) $\tanh(x)$ går imod 1, når tiden går imod uendelig.
b) 36,2 m/s
c) Intet svar.
- 10.17** a) Opdriften er tyngdekraften på massen af 10 gram, dvs. 0,098 N.
b) Loddet i figuren yderst til højre trykker 10 g mindre ned på vægten på grund af opdrift. Men vandet trykker til gengæld 10 g mere ned, så alt i alt bliver det samme kraft som loddets vægt, dvs. loddets masse er 495 g – 419 g = 76 g
c) 10 cm³ (volumen af 10 gram vand)

11 Arbejde og energi

TÆNK EFTER 1

- a) Tyngdekraften udfører ikke noget arbejde, da vognen ikke flytter sig lodret.
- b) Gnidningskraftens arbejde er det samme som kvindens arbejde.

TÆNK EFTER 2

Jordens hastighed i dens bane rundt om Solen er 30 km/s. Nogle asteroider rammer Jorden frontalt forfra, andre indhenter Jorden bagfra. I gennemsnit har asteroider en hastighedsforskel på 30 km/s i forhold til Jorden.

TÆNK EFTER 3

På Jorden er gamle kratere eroderet væk af vind og vand i modsætning til Månen, hvor der hverken er atmosfære eller oceaner.

OPGAVER

11.1 $A = F \cdot s = 0,5 \text{ N} \cdot 0,01 \text{ m} = 0,005 \text{ J}$

11.2 Friktionsarbejdet kan udregnes på to måder:

1) $A_{\text{friktion1}} = F_{\text{friktion}} \cdot s = 0,60 \cdot m \cdot g \cdot s$

2) $A_{\text{friktion2}} = E_{\text{kinetisk}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2$

11.3 736,5 W

- 11.4 a) 98,2 J
- b) 10 W
- c) Arbejdet er det samme i a og b. Med den halve trækraft bliver vejlængden derfor dobbelt så stor, idet produktet af kraften og vejlængden er konstant. Hvis vi antager, at hastigheden er den samme som i a, bliver effekten halvt så stor, dvs. 5 W.

- 11.5 a) Reaktionslængden for bil 1 og bil 2 er henholdsvis 13,9 m og 16,7 m.
- b) $F_N = 11,8 \text{ kN}$, og $F_{\text{gnid}} = 10,6 \text{ kN}$
- c) 10,9 m
- d) Med de værdier, vi har antaget, rammer bil 2 med en hastighed på 46 km/t. En forøgelse af bilens hastighed på 10 km/t giver altså en forøgelse af kollisionshastigheden på 46 km/t.

- 11.6 a) 21,0 m
- b) Den kinetiske energi vokser med kvadratet på hastigheden, og det er denne energi, der skal omsættes ved bremsearbejdet, som er lig bremsekraften (der er proportional med normalkraften) gange bremselængden.

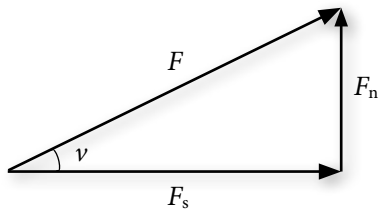
11.7 34,3 m/s eller 124 km/t

- 11.8 a) Med den lokale værdi af $g = 9,79 \text{ m/s}^2$ bliver resultatet $1,73 \cdot 10^{10} \text{ J}$.
- b) 80,5 %

11.9 Intet facit.

- 11.10 a) Diameteren af Texas er lidt under 1200 km. Antager man, at asteroidens radius er 600 km, bliver massen $2,3 \cdot 10^{21} \text{ kg}$.
- b) $1,0 \cdot 10^{30} \text{ J}$
- c) Intet facit.

11.11 a) Din tegning kan fx se ud som denne:



b) Ud fra definitionen af cosinus til vinklen ν bliver:

$$\cos(\nu) = \frac{F_s}{F} \Rightarrow F_s = F \cdot \cos(\nu)$$

c) Ud fra definitionen af sinus til ν bliver: $F_n = F \cdot \sin(\nu)$

d) Sammenhængen følger af Pythagoras' læresætning. Det kan også udregnes direkte:

$$\begin{aligned} F_s^2 + F_n^2 &= (F \cdot \cos(\nu))^2 + (F \cdot \sin(\nu))^2 = \\ &= F^2 \cdot (\cos^2(\nu) + \sin^2(\nu)) = F^2 \end{aligned}$$

12 Varmelære

TÆNK EFTER 1

- a) Den stiger.
- b) Ja.

TÆNK EFTER 2

- a) Hvis termometret er væsentligt varmere eller koldere end den genstand, der skal måles, kan genstandens temperatur blive påvirket af termometret.
- b) Når pastaen kommes i gryden med kogende vand, er dens temperatur omkring stuetemperatur, cirka 20 °C. Mens pastaens temperatur øges, optages noget af vandets termiske energi. Når pastaen er 100 °C, koger vandet videre.
- c) 1 cal

TÆNK EFTER 3

Smeltevarmen er 63 kJ/kg for guld og 334 kJ/kg for vand. Den specifikke varmekapacitet er 1,29 kJ/(kg · °C) for guld og 4,18 kJ/(kg · °C) for vand. Det er altså mindre energikrævende både at opvarme og smelte guld end vand.

TÆNK EFTER 4

- a) Isen varmes op. Isen smelter. Smeltevandet varmes op. Vandet fordamper. Vanddampen varmes op.
- b) På de røde stykker ændres temperaturen. På de grønne stykker ændres fasen.
- c) Vandets smeltevarme og vandets fordampningsvarme.
- d) Vandets varmekapacitet.
- e) 240 kJ

TÆNK EFTER 5

- a) Når trykket er mindre end 1 atm, er vandets kogepunkt mindre end 100 °C. Vand koger derfor ved en lavere temperatur.
- b) Ved et tryk på mindre end 0,006 atm.
- c) Vands opvarmningskurve ved normalt tryk, dvs. figur 12.8.

OPGAVER

12.1 Afrundet til hele grader:

- a) -269 °C
- b) -219 °C
- c) -183 °C
- d) -78 °C
- e) -33 °C
- f) 0 °C
- g) 37 °C
- h) 100 °C

- 12.2
- a) 41,8 kJ
 - b) 836 kJ
 - c) 12,3 kJ
 - d) 184,5 kJ
 - e) 0,70 kJ

12.3 2,4 kJ/(kg · °C)

12.4 2,4 kJ/(kg · °C)

12.5 14 kr.

12.6 Den termiske energi, det kolde vand modtager, er lig den termiske energi, det varme vand afgiver. En ligning for energiudvekslingen kan opstilles:

$$0,300 \text{ kg} \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (50 ^\circ\text{C} - T_{\text{slut}}) =$$
$$0,200 \text{ kg} \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (T_{\text{slut}} - 10 ^\circ\text{C})$$

Løses ligningen for sluttemperaturen, fås $T_{\text{slut}} = 34 ^\circ\text{C}$.

- 12.7** a) CO_2 på fast form opbevares i en kasse. Når kassen åbnes, udlignes trykket og bliver 1 atm, samtidig med at der tilføres termisk energi fra omgivelserne. Ved et tryk på 1 atm sublimerer kuldioxid fra fast form til gas allerede ved $-78,5 ^\circ\text{C}$.
- b) Fordi kuldioxid ikke bliver flydende. Når alt kuldioxid på fast form er sublimeret, er der kun damp tilbage, og kassen er derfor tør.
- c) Enten er trykket meget højt, eller også er temperaturen meget lav. Det sidste er tilfældet.

13 Elektrisk ladning

TÆNK EFTER 1

- a) Selv om der mest er tomrum indeni atomerne, vil elektronerne fra atomerne i bogen og i bordet blive frastødt af hinanden, da de har den samme negative elektriske ladning.
- b) Når du er opladet af statisk elektricitet og rører ved en vandhane, som er elektrisk ledende, vil alle ladningerne blive overført til vandhanen så hurtigt, at du mærker et stød.
- c) Ved at gnide ballonen mod håret overføres ladninger, så ballonen bliver statisk elektrisk. Den kan hænge fast på væggen, fordi de vandrette elektriske kræfter er stærkere end den kraft, tyngdekraften trækker med nedad.

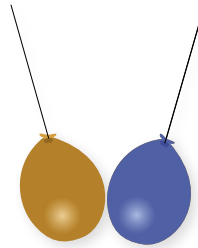
TÆNK EFTER 2

Hvis man holdt en positivt ladet stang, ville kuglen også bevæge sig væk, ligesom på figur 13.8b. Da kuglen er neutral, vil den fjerne sig uanset fortegnet på ladningerne, der påføres metalstangen.

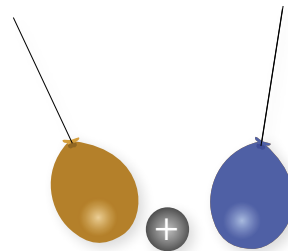
OPGAVER

- 13.1 $3,12 \cdot 10^{11}$ elektroner. Dvs., der går 312 milliarder elektroner på 50 nanocoulomb.
- 13.2 96,5 kC
- 13.3 De vil blive frastødt af hinanden, da overførslen af ladning fra kluden til glasstangen har efterladt kluden med den modsatte ladning.

13.4 Før metalkuglen føres til ballonerne:

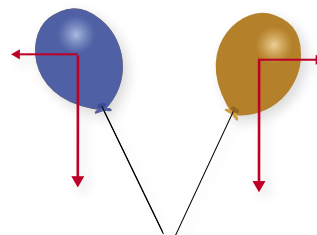


Efter metalkuglen føres til ballonerne:



Den venstre ballon er negativt ladet. Den oplever en større vandret kraft, da den positive ladning er større. Den hænger derfor med en større vinkel i forhold til vandret. Den højre ballon er positivt ladet. Den oplever en mindre vandret kraft, da den negative ladning på den venstre ballon skjærmes af den positivt ladede kugle.

13.5 a)



b) De har samme fortegn.

- 13.6** Der er to muligheder: Enten har ballonernes nettoladning forskelligt fortegn, så ballonerne tiltrækker hinanden. Eller også er den ene ballon ladet og den anden uladet. Den ladede ballon polariserer ladningerne i den anden ballon, så ballonerne tiltrækker hinanden.
- 13.7** a) $2,7 \cdot 10^{-8}$ N
 b) $1,7 \cdot 10^{11}$ V/m
 c) $F_{\text{gravitation}} = 1,2 \cdot 10^{-47}$ N. Det er cirka 10^{39} gange mindre end den elektriske kraft.
- 13.8** Når der er ophobet mange negative ladninger ved B, vil yderligere negative ladninger blive frastødt.
- 13.9** Cirka 62000 elektroner
- 13.10** Partikler og antipartikler har modsatte ladninger, og de kan tilintetgøre hinanden eller opstå ud af fx strålingsenergi. Ladninger dannes således naturligt i lige store mængder positive og negative ladninger. Der er for mange ladninger i Universet til, at man kan opregne antallet af positive og negative ladninger præcist.
- 13.11** Hvis elektronens og protonens ladninger havde forskellig størrelse, ville der blive en ladningsrest ved fx betahenfald. Hvis elektronens og protonens ladninger havde forskellig størrelse, ville atomer ikke være elektrisk neutrale. Det ville betyde, at atomer ville frastøde hinanden.

14 Elektrisk strøm, spænding og energi

TÆNK EFTER 1

- a) Man bruger ikke strøm, ligesom man ikke bruger energi, men omsætter den. Når en strøm på fx 10 ampere gennemløber et apparat, kommer der lige så mange elektroner ud, som der kom ind. Spændingskilden har overført noget af dens energi til andre energiformer i komponenterne i apparatet.
- b) Af oplysningerne på side 238 i *BasisFysik B* antager vi, at strømstyrken er 30 kA og varigheden 300 millisekunder. Ladningen er derfor: $\Delta Q = I \cdot \Delta t = 9000 \text{ C}$.

TÆNK EFTER 2

Enheden Ah (ampere-timer) bruges om et batteris kapacitet, der er et udtryk for, hvor stor en ladning der kan hentes ud af batteriet, før det skal oplades igen. En omskrivning viser dette:

$$1 \text{ Ah} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}} \cdot 3600 \text{ s} = 3600 \text{ C}$$

Et batteri, der kan levere 1400 mAh, kan levere en ladning på 5040 C.

OPGAVER

14.1 20 000 A

14.2 3 A (Hvis strømmen regnes positiv.)

14.3 480 C

14.4 $1,3 \cdot 10^6 \text{ A}$

14.5 $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

14.6 a) 10 000 eV eller $1,602 \cdot 10^{-15} \text{ J}$

- b) Al den tilførte energi bliver til kinetisk energi: $E_{\text{kinetisk}} = 1,602 \cdot 10^{-15} \text{ J}$. Elektronernes sluthastighed bliver $5,9 \cdot 10^7 \text{ m/s}$.

14.7 25,5 V

14.8 a) 158 400 C

- b) 22 timer
c) 1901 kJ

14.9 a) 10 timer

- b) 96 W
c) 144 000 C

14.10 a) 26 A

- b) 54 kWh eller $1,94 \cdot 10^8 \text{ J}$

14.11 2300 W

14.12 660 J

14.13 1,67 A

14.14 a) 3,9 timer

- b) 96 A
c) Tidsforbruget er cirka 7,73 timer, og effekten er cirka 11 kW.

15 Elektriske kredsløb

TÆNK EFTER 1

1,04 Ω

TÆNK EFTER 2

Stikkontakterne er fra forskellige lande med forskellig standard for spænding. Til venstre er det en amerikansk stikkontakt (100-127 V) og til højre en europæisk (220-240 V).

TÆNK EFTER 3

- $I/3 = 26 \text{ mA}$, $I_x = 52 \text{ mA}$.
- Parallelkoblede. Hvis én pære går ud, skal de øvrige fortsat kunne lyse.

TÆNK EFTER 4

- Hvis man tilkobler en ekstra resistans, får elektronerne en vej mere at løbe gennem kredsløbet. Det betyder, at resistansen samlet set bliver mindre. Man kan bruge en analogi med køer ved kassen i et supermarked. Hvis man åbner en kasse mere, bliver ventetiden ved de øvrige kasser mindre, uanset hvor hurtig den nye kasse er.

En matematisk løsning kan findes ved at omskrive den største modstand til $R_2 = R_1 \cdot k$, hvor $k > 1$. Erstatningsmodstanden bliver:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{k \cdot R_1}} = \frac{k}{k+1} \cdot R_1$$

hvor faktoren $\frac{k}{k+1}$ altid er mindre end 1.

- 4,5 Ω

TÆNK EFTER 5

Længden af ledningen har betydning for, hvor mange ladninger der kommer frem. Jo længere en ledning er, desto mere energi

kan elektronerne nå at miste, så resistansen er proportional med længden af ledningen. Jo tykkere en ledning er, desto flere elektroner kan der løbe igennem den samtidig. Resistansen må derfor være omvendt proportional med ledningens tværsnitsareal.

TÆNK EFTER 6

- En negativ temperaturkoefficient betyder, at resistansen falder, når temperaturen stiger.
- R_0 for platin er større end for kobber. Dermed bliver hældningen af kurven for platin større end for kobber.

TÆNK EFTER 7

- Kogepunktet for kvælstof er $-195,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Dette er lavere end den temperatur, hvor YBaCuO bliver superledende (under $-173 \text{ }^\circ\text{C}$).
- Læs fx dette opslag på Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/High-temperature_superconductivity

TÆNK EFTER 8

Den indre resistans oplyses på side 263 til $R_0 = 0,5\text{-}1,0 \text{ } \Omega$ for et stavbatteri (på 1,5 V) og fx $0,300 \text{ } \Omega$ for et bilbatteri (på 12 V). Den maksimale strøm fås, når den ydre resistans i kredsløbet $R = 0$. For bilbatteriet bliver strømmen:

$$\frac{12 \text{ V}}{0,300 \text{ } \Omega} = 40 \text{ A}$$

For 8 stavbatterier i seriekobling bliver strømmen:

$$\frac{8 \cdot 1,5 \text{ V}}{8 \cdot 0,75 \text{ } \Omega} = 2 \text{ A}$$

OPGAVER

15.1 $62,5 \Omega$

15.2

Leder	Spænding	Strøm	Resistans
A	1,0 V	5,0 mA	200 Ω
B	6,0 mV	2,4 mA	2,5 Ω
C	60 μ V	2,0 μ A	30 Ω

15.3 120 Ω

15.4 882 W

15.5 22,3 mA

15.6 a) 4,5 V
b) 9 Ω
c) 1,5 A

15.7 a) Den parallelkoblede lyskæde har den fordel, at hvis én pære går i stykker, virker resten stadig. En ulempe er, at den er dyrere.
b) Der er flere ledninger i.
c) Fordelen er, at pærene, som typisk er LED, kun virker ved lav spænding. En transformator udvikler varme, som går tabt.

15.8 a) 0,5 A (Strømstyrken er den samme i hele seriekoblingen.)
b) 0,9 V
c) 1,8 Ω

15.9 I parallelkoblingen (til venstre) er der samme spændingsfald over hver pære. Når den øverste pære lyser mest, må effekten ($P = U \cdot I$) af denne pære være størst, og den trækker mere af strømmen, dvs. $I_{\text{øverst}} > I_{\text{nederst}}$.

I seriekoblingen (til højre) er strømmen den samme igennem begge pærer. Når den højre pære lyser mest, må effekten ($P = R \cdot I^2$) af denne pære være størst, og den har derfor den største resistans. Dette passer med, at den nederste pære på den venstre tegning lyser mindst.

15.10 a) 2,97 A
b) 300 A

15.11 a) $I_1 + I_3 = I_2$
b) $I_1 + I_2 = I_3$

15.12 a) Tre i serie: 18 Ω .
b) To, der er seriekoblede, som er parallelkoblet med den tredje: 4 Ω .
c) Tre, som er parallelkoblede: 2 Ω .
d) To, der er parallelkoblede, som er seriekoblet med den tredje: 9 Ω .

15.13 Sæt fire resistorer i parallelkobling.

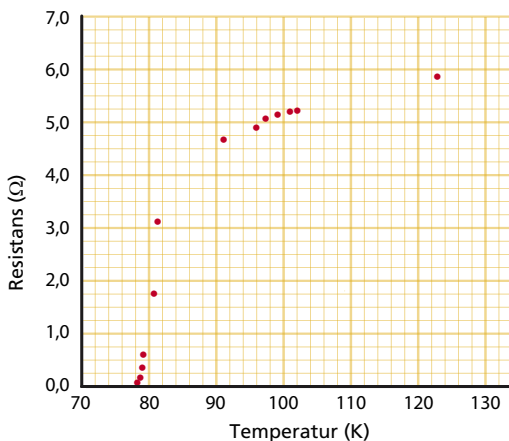
15.14 1055 Ω

15.15 a) 2 Ω
b) 40 Ω

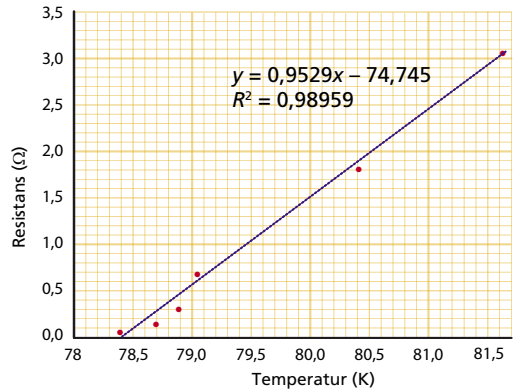
15.16 a)

Spændingsfald over superleder (V)	Temperatur (K)	Resistans (Ω)
0,009	78,38	0,069
0,020	78,71	0,154
0,039	78,88	0,300
0,090	79,03	0,692
0,231	80,42	1,777
0,403	81,62	3,100
0,614	91,25	4,723
0,640	95,98	4,923
0,654	97,50	5,031
0,666	99,59	5,123
0,672	100,66	5,169
0,677	101,72	5,208
0,767	123,07	5,900

b) Tallene i tabellen afbildes i en graf som herunder. Temperaturen, hvor resistansen falder brat, aflæses til omkring 80 K.



c)



Zoomer vi ind på det lodrette stykke, kan den kritiske temperatur aflæses mere præcist. For at foretage lineær regression kun på intervallet mellem 78 K og 82 K fjernes målingerne ved højere temperatur. Ved aflæsning ses det, at $T_c = 80,0$ K.

15.17 a) 0,155 mA

b) 0,1 mV

c) Ja.

15.18 a) 1,72 Ω for én ledning eller 0,345 Ω ved 5 ledninger i parallelforbindelse.

b) Cirka 35 %

c) Cirka 0,1 %

16 Elektriske sensorer

TÆNK EFTER 1

Hver gang du sender en sms eller ringer, etablerer din telefon kontakt med sendemaster i nærheden. Ud fra styrken af signallerne kan telefonens placering bestemmes i forhold til sendemasterne.

OPGAVER

- 16.1 a) En trykfølsom sensor i tænd/slukknappen bruges til at tænde og slukke for telefonen. Metaltråde i skærmen registrerer fingrenes bevægelser og bruges til betjening af programmerne. Gyroskopet og accelerationsmåleren anvendes bl.a. til at vende billedet korrekt.
- b) Automatiske døre, der åbner, når man nærmer sig. Lamper med bevægelsessensor. Håndvask, der tænder vandet ved bevægelse. Håndtørrier, der tænder ved bevægelse.

- 16.2 a) I seriekobling af resistorer er erstatningsresistansen: $R = R_1 + R_2$. Det samlede spændingsfald er summen af de to spændingsfald: $U = U_1 + U_2$. Strømmen igennem de to resistorer isoleres i Ohms lov og omskrives:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1 + R_2}$$

Spændingen over de to resistorer bliver:

$$U_1 = R_1 \cdot I = \frac{U \cdot R_1}{R_1 + R_2}$$

$$U_2 = R_2 \cdot I = \frac{U \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

- b) Når $R_1 = R_2$.
c) Når $R_1 = 2 \cdot R_2$.

- 16.3 For at udtrække 6 V ud af 9 V, skal $U_1 = \frac{2}{3} \cdot U$. Jævnfør opgave 16.2c kan dette gøres, hvis $R_1 = 2 \cdot R_2$. Hvis $R_1 = 100 \Omega$, skal $R_2 = 200 \Omega$, der sammensættes af to 100Ω -modstande i seriekobling.

- 16.4 a) $R_0 = 100 \Omega$, $R_{100} = 140 \Omega$.
b) $R = 0,40 \Omega/^\circ\text{C} \cdot T + 100 \Omega$.
c) Isoleres temperaturkoefficienten α i formen for resistansens temperaturafhængighed (se side 258), fås sammenhængen:

$$\alpha = \frac{R - R_0}{\Delta T \cdot R_0}$$

Vælger vi $R = R_{100}$ og $\Delta T = 100 \text{ K}$ fra de aflæste værdier i spørgsmål a), har vi den angivne formel. Indsættes værdierne, fås:

$$\alpha = \frac{140 \Omega - 100 \Omega}{100 ^\circ\text{C} \cdot 100 \Omega} = 0,004 \text{ K}^{-1}$$

Skæringspunktet er $R_0 = 100 \Omega$. Ligningen bliver som angivet i svaret til spørgsmål b).

17 Bølger og lyd

TÆNK EFTER 1

Bølgeligningen er: $v = \lambda \cdot f$. Hvis frekvensen øges til det dobbelte, ændres bølgelængden til det halve, idet hastigheden er uændret.

TÆNK EFTER 2

- I det lufttomme rum er der intet medie, lydølgerne kan udbrede sig i. Derfor kan lyden af et skrig ikke forplante sig gennem rummet.
- Lydens fart er uafhængig af frekvensen. Svaret er derfor, at dybe toner og høje toner bevæger sig lige hurtigt.
- For at gennembryde lydmuren skal flyet bevæge sig med samme hastighed som lyden, dvs. 340 m/s eller 1224 km/t.

TÆNK EFTER 3

En radar udsender en radiobølge, der – når den rammer en bil frontalt – reflekteres direkte tilbage. Da bilen bevæger sig hen imod bølgen, forskydes frekvensen af bølgen mod højere frekvens. Hvis bilen bevæger sig væk, bliver den reflekterede bølges frekvens mindre.

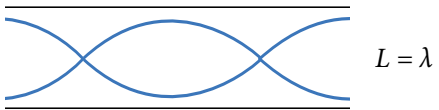
TÆNK EFTER 4

Amplituden af den stående bølge er summen af amplituden af de to bølger. Dvs. den stående bølges amplitude bliver dobbelt så stor som den originale bølges.

TÆNK EFTER 5

- Hvis strengens længde fordobles, fordobles også bølgelængden af grundsvingningen. Da hastigheden er konstant, må frekvensen derfor blive halveret. Hvis strengens længde halveres, bliver frekvensen dobbelt så stor. Vi siger, at frekvens og bølgelængde er omvendt proportionale.
- 880 Hz og 1320 Hz

TÆNK EFTER 6

- En bølge med en bølgelængde meget større end 3 cm vil have svært ved at trænge ind i øret, mens en bølge med en meget mindre bølgelængde vil have svært ved at skabe en påvirkning. En bølgelængde på 3 cm svarer til en frekvens på 11,3 kHz. Øret kan som nævnt i teksten opfange frekvenser mellem 20 Hz og 20 kHz.
- Mindre dyr har typisk en mindre øregang og vil derfor opfatte lyde med kortere bølgelængde og større frekvens.
- 

- Lydens hastighed i luft afhænger af temperaturen. Når luften varmes op, stiger lydets hastighed. I en koncertsal vil instrumenternes klang variere i løbet af koncerten, fordi rummet i starten er koldt og efterhånden opvarmes og varmeudveksler med instrumenterne.

OPGAVER

- 17.1 a) $T = 0,83 \text{ s}; f = 1,2 \text{ Hz}$
b) $T = 5,0 \text{ s}; f = 0,20 \text{ Hz}$
c) $T = 1,6 \text{ s}; f = 0,63 \text{ Hz}$
- 17.2 a) $f = 0,40 \text{ Hz}$
b) $T = 1,14 \cdot 10^{-3} \text{ s}$
- 17.3 $T = 3,05 \cdot 10^{-3} \text{ s}$
- 17.4 a) $T = 13,5 \text{ t}$
b) $f = 2,06 \cdot 10^{-5} \text{ Hz}$
c) Fordi tidevandets amplitude afhænger af både Solens og Månens position i forhold til Jorden. Det giver anledning til springflod (ekstra højt højvande) og nipflod (ekstra lavt højvande).
- 17.5 $f = 113 \text{ kHz}$. Den kan ikke opfattes af det menneskelige øre.
- 17.6 a) $\lambda = v/f$
b) $\lambda = 0,651 \text{ m}$
c) $\lambda = 3,00 \text{ m}$
- 17.7 a) $f = v/\lambda$
b) $f = 40 \text{ Hz}$
c) $f = 4,62 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
- 17.8 $\lambda = 0,125 \text{ m}$
- 17.9 $v = 2 \text{ m/s}$
- 17.10 $v = 6,0 \text{ m/s}$
- 17.11 a) Alle punkter har samme svingningstid.
b) $v = 5,0 \text{ m/s}$
c) $t = 0,18 \text{ s}$
d) $t = 0,16 \text{ s}$
- 17.12 a) $\lambda = \text{cirka } 7 \text{ m}$
b) Bølgelængden er længden mellem to bølgetoppe. Perioden, T , er tiden mellem to på hinanden følgende bølgetoppe. Frekvensen er antallet af bølgetoppe pr. sekund eller $f = 1/T$. Hastigheden findes ved at beregne $v = \lambda/T$.
Amplituden kan findes ved at stille en målepind ned i vandet og observere, hvor højt vandet når op.
- 17.13 3064 km/t
- 17.14 a) $t = 1,07 \text{ s}$ b) $s = 9,0 \text{ km}$
- 17.15 $f = 500 \text{ Hz}$
- 17.16 a) Små insekter lokaliseres bedst ved hjælp af bølger med lille bølgelængde, dvs. stor frekvens.
b) Byttet vurderes til at være cirka 1 cm stort. $f = 34 \text{ kHz}$.
- 17.17 a) $\lambda = 0,5 \text{ mm}$
b) $\lambda = 10 \text{ cm}$. Det betyder, at ting under 10 cm 's størrelse er svære at se.
- 17.18 Smertegrænsen svarer til 1 W/m^2 . Det er en intensitet, der er 10^{12} gange større end høretærsklen (se *BasisFysik B* side 294), som derfor må svare til intensiteten 10^{-12} W/m^2 .

- 17.19** a) $f = 475,6 \text{ Hz}$
 b) $v = 11,7 \text{ m/s}$
- 17.20** $v = 10 \text{ m/s}$.
 Da frekvensen forøges, må Δv være positiv, så ubåden fjerner sig.
- 17.21** Kassens længde skal være 19,3 cm.
- 17.22** a) Hvis rummet er 10 meter på den længste led, kan der ikke være bølger med bølgelængde på over 10 meter i lokalet.
 b) Den dybeste tone (største bølgelængde) er derfor 34 Hz.
 c) I badeværelset er der ikke langt mellem væggene i forhold til fx en koncertsal, derfor forsvinder de dybe toner her. Lyden reflekteres og/eller absorberes desuden af væggene. Refleksionen og absorptionen er afhængig af væggenes materiale. I badeværelset er væggene ofte beklædt med fliser, der reflekterer lyd anderledes end fx træbeklædning.
- 17.23** $f = 11,3 \text{ kHz}$. Se også dette kapitels facit til Tænk efter 6a.
- 17.24** En mikrofon kan konstrueres som en omvendt højttaler. Lydbølgens trykvariationer får en membran til at bevæge sig. Membranen er forbundet til en elektrisk leder, der omkredser en magnet. Når den elektriske leder be-
- væges af membranen, skabes elektromagnetisk induktion, dvs. magneten danner en elektrisk strøm i lederen. Alternativt får luftens trykvariationer et stykke elektronik (kaldet en kapacitor eller et piezoelektrisk element) til at variere en elektrisk ladning, der genererer en elektrisk strøm. Lydbølgens trykvariationer giver variation i strømmen.
- 17.25** a) $k = 1,059$
 b) $c1 = 261,63 \text{ Hz}$ $c\#1 = 277,18 \text{ Hz}$
 $d1 = 293,67 \text{ Hz}$ $d\#1 = 311,13 \text{ Hz}$
 $e1 = 329,63 \text{ Hz}$ $f1 = 349,23 \text{ Hz}$
 $f\#1 = 370,00 \text{ Hz}$ $g1 = 392,00 \text{ Hz}$
 $g\#1 = 415,31 \text{ Hz}$ $a1 = 440,00 \text{ Hz}$
 $a\#1/b = 466,16 \text{ Hz}$ $h1 = 493,88 \text{ Hz}$
 $c2 = 523,25 \text{ Hz}$
- 17.26** $A2 = 27,5 \text{ Hz}$ $A1 = 55 \text{ Hz}$
 $A = 110 \text{ Hz}$ $a = 220 \text{ Hz}$
 $a1 = 440 \text{ Hz}$ $a2 = 880 \text{ Hz}$
 $a3 = 1760 \text{ Hz}$ $a4 = 3520 \text{ Hz}$
- 17.27** Spektrum a mangler hver anden overtone, dvs. det viser kun de ulige overtoner. Det er derfor et spektrum for halvåbent rør (se *BasisFysik B* side 309) og må være klarinettens. Tværfløjten er et åbent rør, hvor alle overtoner er repræsenteret i et spektrum (se *BasisFysik B* side 310). Spektrum b må derfor være en fløjtes.

18 Atomer, partikler og kræfter

TÆNK EFTER 1

Tomrum er den baggrund, der bliver tilbage, når alle materielle partikler fjernes. Det er en forudsætning for, at partiklerne kan bevæge sig. Nej, luft består selv af atomer (atmosfærisk luft består primært af grundstofferne N, O og Ar).

TÆNK EFTER 2

Jorden er cirka 10^8 gange større end et æble. Forstørres atomerne med denne faktor, bliver de 10^{-2} m. Det passer inden for en størrelsesorden.

TÆNK EFTER 3

Nej, tyngdekraften er kun tiltrækkende.

OPGAVER

- 18.1** a) C: 2, 4
b) Ne: 2, 8
c) Na: 2, 8, 1
d) Cl: 2, 8, 7
e) Ca: 2, 8, 8, 2
- 18.2** a) Saltsyre: H^+ og Cl^-
b) Svovlsyre: $2H^+$ og SO_4^{2-}
c) Kulsyre: $2H^+$ og CO_3^{2-}
d) En proton
- 18.3** a) 750 cm^2
b) $x = \frac{m}{\rho \cdot A}$, $x = 0,001 \text{ cm}$
c) Cirka 85 000 atomlag
- 18.4** a) Den samlede ladning af kvarkerne u, d og s er 0 elementarladninger.
b) Partiklen er en proton.
- 18.5** a) En positron er elektronens antipartikel, der har samme masse som elektronen, men modsat elektrisk ladning.
b) I beta-minus-henfaldet starter den elektriske ladning med at være 0 og bliver til: $1 - 1 + 0 = 0$.
I beta-plus-henfaldet starter den elektriske ladning med at være 1 og bliver til: $0 + 1 + 0 = 1$.
Det stemmer.
- 18.6** a) En myon er en lepton, som er beslægtet med en elektron, men meget tungere.
b) Myonen henfalder til en uladet myon-antineutrino inden for 2. familie. Ladningen udsendes med elektronen sammen med en elektron-neutrino, ligesom i et beta-minus-henfald. Henfaldet kan ikke forklares som en elektromagnetisk vekselvirkning eller ved den stærke kernekraft.
- 18.7** a) Med over 4 milliarder års evolution kan neutrinoerne fra Solen ikke udgøre et væsentligt problem for livet. Hvis en neutrino vekselvirker med en atomkerne, vil den blive omdannet ved en proces, der minder om et beta-henfald, og vil ikke udgøre en større risiko end den naturlige radioaktivitet.
b) Den langt højere fluks af neutrinoer fra en supernova, der eksploderer tæt på Jorden (få lysår), kan potentielt skade levende organismer, fx ved mutationer, der kan forårsage kræft. Neutrinoer fra supernovaer er blevet foreslået

som en mulig årsag til nogle af de store episoder med masseuddøen på Jorden, men det er endnu kun en hypotese.

18.8 Først og fremmest den korte levetid. En myon henfalder fx på cirka 1 mikrosekund til en elektron. Også de tungere udgaver af protonen (baryoner), der er opbygget af kvarker fra 2. eller 3. familie, eksisterer så kort tid, at de ikke kan nå at blive bundet sammen til atomkerner.

- 18.9** a) Protonen og neutronen er begge baryoner.
 b) Partiklerne er ofte navngivet efter bogstaverne i det græske alfabet. I parentes er indholdet af kvarker angivet, og en streg hen over symbolet angiver, at det er en antipartikel.

Baryoner:

Lambda-nul, Λ^0 (u,d,s)

Sigma-plus, Σ^+ (u,u,s)

Omega-minus, Ω^- (s,s,s)

Mesoner:

Pi-plus, π^+ (u, \bar{d})

Pi-minus, π^- (d, \bar{u})

K-nul, K^0 (d, \bar{s})

- c) De er for ustabile, idet kvarkerne fra 2. og 3. familie hurtigt ville henfalde til kvarker fra 1. familie.

18.10 a)
$$\frac{F_{\text{coulumb}}}{F_{\text{gravitation}}} = \frac{k}{G} \cdot \left(\frac{e}{m_p}\right)^2 = 1,23 \cdot 10^{36}$$

- b) Protonerne bliver frastødt af hinanden.
 c) Nej, begge kræfter aftager med kvadraten på afstanden.
 d) Genstande, der er opbygget af atomer, er stort set elektrisk neutrale, idet der er lige mange positive og

negative elektriske ladninger. De elektriske kræfter mellem genstande er normalt forsvindende små, bortset fra når genstandene er i kontakt med hinanden, og der opstår kemiske bindinger, friktion eller statisk elektricitet (se afsnit 13.1 i *BasisFysik B*).

18.11 En elektromotor og en dynamo er opbygget næsten ens. I en elektromotor danner strømmen i spolerne et varierende magnetfelt, som skubber til magnetterne, så akslen roterer. I en dynamo er det akslen med magnetterne, der føres rundt, hvorved en strøm dannes i spolerne. Elektromotoren kan godt fungere som en dynamo, mens det omvendte ikke er tilfældet. Rigtige elgeneratorer er mere effektive, da de er optimerede.

18.12 a) Neutronerne gør, at protonerne kommer lidt på afstand af hinanden, så frastødningen bliver lidt mindre.

b) Den stærke kernekraft. Den fungerer ved at udveksle gluoner mellem kvarkerne i nukleonerne, og de skelner ikke mellem, om det er protoner eller neutroner.

c) Den stærke kernekraft må være meget stærk for at kunne overvinde frastødningen mellem protonerne.

d) Hvis den stærke kernekraft »slukkede«, ville alle sammensatte atomkerner gå i stykker. Stjernerne ville ikke kunne lyse, og der ville ikke findes planeter eller liv.

18.13 Nej. Lys og andre elektromagnetiske bølger kan passere igennem det tomme rum.

19 Atomer og lys

TÆNK EFTER 1

Lys kan kun udbrede sig i vakuum med hastigheden $3,00 \cdot 10^8$ m/s. Mørke er fravær af lys, fx en skygge. Lyset, der oplyser en væg, kan kun bevæge sig med lysets hastighed, men skyggen kan i princippet bevæge sig med vilkårlig stor hastighed. Der er altså ingen øvre grænse for mørkets hastighed. Se i øvrigt artikel om »Mørkets hastighed« i KVANT nr. 3, 2007 (på kvant.dk).

TÆNK EFTER 2

- Natriums spektrum indeholder især to tydelige gule spektrallinjer. Lyset må derfor forventes at være gult.
- Neonlampen udsender et orange-rødt lys. Spektret indeholder flest røde, orange og gule spektrallinjer og kun få grønne og blå. Der er altså overensstemmelse.
- De fire bølgelængder med størst bølgelængde: rød, turkis, blå og violet. De øvrige linjer har bølgelængder kortere end 400 nm, dvs. uden for det synlige område.

TÆNK EFTER 3

- Gitterligningen er: $n \cdot \lambda = d \cdot \sin(\nu)$. n og d er konstante. λ er størst for rødt lys og dermed bliver $\sin(\nu)$ og også ν større. Dvs. rødt lys afbøjes med den største vinkel.
- Intet facit.

TÆNK EFTER 4

$h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J · s er en meget lille størrelse, næsten nul. Energien af et rødt lyskvant er $3,03 \cdot 10^{-19}$ J (se eksempel 19.5). Dvs. der skal mange lyskvanter til, før vi kan observere ændringerne, der skyldes den afsatte energi.

TÆNK EFTER 5

Bølgelængden af den blågrønne linje er 486,1 nm (aflæst i tabel 19.2). Energien er $4,1 \cdot 10^{-19}$ J eller 2,6 eV.

OPGAVER

- $c = 227\,000$ m/s
- $\Delta v = 7463$ m/s. . Det vil sige, at $v = c + \Delta v = 2,997999 \cdot 10^8$ m/s.
- Øjet indeholder flere slags tappe til at registrere farver, men kun én slags stav. Stavene er de mest lysfølsomme. De er i stand til at registrere lys og mørke, men ikke farver. Hjernen får derfor det samme (sort-hvide) input uanset lysets frekvens. Derfor kan øjet ikke skelne farver under lyssvage forhold.
- Kviksølvs emissionsspektrum er et linjespektrum (se side 342 i *Basis-Fysik B*). Det indeholder derfor kun helt bestemte farver. Når disse farver rammer et maleri, reflekteres nogle farver, mens andre absorberes. Rød maling absorberer fx alle andre farver end rød (se side 344). Men kviksølvs linjespektrum indeholder ingen røde spektrallinjer, og der er derfor intet at reflektere. Røde farver vil se blege ud i kviksølvlys.
- Solceller og solfangere skal fange så meget af Solens lysenergi som muligt. De skal derfor absorbere alle farver og reflektere mindst muligt.
- $f = 4,29 \cdot 10^{14}$ Hz
 - $f = 7,50 \cdot 10^{14}$ Hz

- 19.7 Stave aflæses til cirka 500 nm (498 nm). Tappe til cirka 550 nm.
- 19.8 Ved at benytte rødt lys kan øjet få nok lys til, at tappene fungerer (fotopisk syn). Stavene, derimod, er ikke (særligt) følsomme over for det røde lys og bliver altså ikke mættet af det. Derfor bevares besætningens nattesyn (også kaldet skotopisk syn).
- 19.9 a) Uv-stråling er ioniserende og kan ødelægge bakteriers arvemateriale og forhindre dem i at formere sig. Uv-lys kan derfor bruges som bakteriedræbende middel.
 b) Instrumenter skal have cirka samme størrelse som den type stråling, de skal detektere. Radiobølger har bølgelængder på 0,1 mm og større. De radiobølger, der kommer gennem Jordens atmosfære, er typisk mellem 10 cm og 10 m.
 c) Røntgenstråler har meget korte bølgelængder (0,01 nm-10 nm) og derfor stor gennemtrængningsevne. Røntgenstråling kan af samme grund benyttes til at se små ting.
- 19.10 $\lambda = 0,333 \text{ m}$
- 19.11 En bølgelængde på 405 nm svarer til violet lys, se spektret side 341 i *Basis-Fysik B*.
- 19.12 a) $\nu = 3,63^\circ$
 b) 15 ordner
- 19.13 Hårtykkelsen er cirka 65 μm .
- 19.14 a) 0,00167 m
 b) Violet lys har kortest bølgelængde og afbøjes derfor mindst.
 c) $x_{\text{violet}} = 0,247 \text{ m}$, og $x_{\text{rød}} = 0,504 \text{ m}$.
- 19.15 a) $f = 3,85 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
 b) $E = 2,55 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 c) $f = 7,41 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, $E = 4,91 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
- 19.16 a) Det er et båndspektrum. Beta-caroten er et molekyle og kan absorbere/emittere lys med bølgelængder i området vist på figuren.
 b) Betacaroten absorberer synligt lys i området 400-520 nm. Dvs. det reflekterer lys med bølgelængder over 520 nm. Det svarer til grøn, gul, orange og rød, og betacaroten er derfor orange.
- 19.17 Der er ingen røde spektrallinjer i spektret fra stjernens atmosfære. Der findes derfor hverken brint eller calcium, men derimod jern og magnesium.
- 19.18 Opløsningen i spektrum (a) absorberer i det violette og blå område, dens farve må altså være rødlig. Det er derfor opløsningen til venstre. Opløsning (b) absorberer i det røde område og mindre i det gule, grønne, blå og violette. Dens farve må altså være grønlig. Det er derfor opløsningen til højre.
- 19.19 a) $3,7 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 b) $5,4 \cdot 10^{15}$ fotoner

19.20 $9,46 \cdot 10^{-25} \text{ J}$

19.21 Indsættes $n = 2$ i Rydbergformlen, kan den omskrives til Balmerformlen:

$$\begin{aligned}\frac{1}{\lambda} &= -R \cdot \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{2^2} \right) = \\ -R \cdot \frac{4 - m^2}{4 \cdot m^2} &= R \cdot \frac{m^2 - 4}{4 \cdot m^2} \Rightarrow \\ \lambda &= \frac{1}{R} \cdot \frac{4 \cdot m^2}{m^2 - 4} = \frac{4}{R} \cdot \frac{m^2}{m^2 - 4} \Rightarrow \\ \lambda &= B \cdot \frac{m^2}{m^2 - 2^2}\end{aligned}$$

19.22 a) $E_0 = h \cdot c \cdot R = 2,179 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
b) Divideres svaret i spørgsmål a) med $1,602 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}}$, fås 13,6 eV.

19.23 $m = 2$ til $n = 1$: $E = 1,634 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
og $\lambda = 212,5 \text{ nm}$.
 $m = 3$ til $n = 1$: $E = 1,937 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
og $\lambda = 102,6 \text{ nm}$.
 $m = 4$ til $n = 1$: $E = 2,043 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
og $\lambda = 97,2 \text{ nm}$.
 $m = 5$ til $n = 1$: $E = 2,092 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
og $\lambda = 95,0 \text{ nm}$.

19.24 a) Orange/gul.
b) Der er ikke nogen værdier af m og n , der passer med denne bølglængde.
c) Der er to spektrallinjer fra natrium omkring 588 nm og 589 nm, men ikke ved 587,49 nm. Linjen stammer fra helium.

19.25 a) 1,23 nm
b) $1,1 \cdot 10^{-34} \text{ m}$

19.26 a) $2,2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$
b) 0,73 %

20 Kernefysik

TÆNK EFTER 1

- a) Massen er koncentreret i atomkernen.
Atomets volumen består mest af tomrum.
- b) Kulstof-12 har 6 protoner og 6 neutroner.
Kulstof-14 har 6 protoner og 8 neutroner.
- c) 30 neutroner.

TÆNK EFTER 2

- a) $E_{\text{binding}} = 1,660539 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot (2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 1,4924 \cdot 10^{-10} \text{ J}$
- b) $m_{\text{defekt}} = (1,007276 \text{ u} + 1,008665 \text{ u}) - 2,01355 \text{ u} = 0,002391 \text{ u}$
Derefter beregnes bindingsenergien som på side 373.
- c) $2,42 \cdot 10^{-35} \text{ kg}$

TÆNK EFTER 3

- a) Fordi strålingen spredes ud på et større areal (jf. afstandskvadratloven).
- b) Sydøst.

TÆNK EFTER 4

- a) ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$
- b) ${}_{31}^{233}\text{Pa}$

TÆNK EFTER 5

- a) Ja, hver gang tiden øges med én halveringstid ($T_{1/2}$), er aktiviteten faldet til det halve.
- b) Efter i alt 6 år er der henfaldet $(\frac{2}{3})^2 = \frac{4}{9}$, så der er $\frac{5}{9}$ tilbage af de oprindelige atomer.
- c) Efter 6 halveringer er der brøkdelen $(\frac{1}{2})^6 = \frac{1}{64}$ tilbage, svarende til knap 1,6 %.

TÆNK EFTER 6

Geigertælleren skelner ikke mellem strålingen fra baggrunden og kilden. Niveaue af baggrundsstrålingen er nogenlunde konstant og har ikke noget med den radioaktive kilde at gøre. Ved at fratække baggrundsstrålingen kan vi bedre beskrive strålingen fra kilden, fx ved hjælp af henfaldsloven.

TÆNK EFTER 7

- a) Kulstof-14 har lidt flere neutroner end protoner. Neutronerne kan omdannes til protoner via beta-minus-henfald. Kulstof-12 er stabil, fordi der er balance mellem antallet af protoner og neutroner.
- b) I det øjeblik en organisme dør, optager den ikke længere CO_2 med kulstof-14 fra atmosfæren. Derefter vil kulstof-14 henfalde efter henfaldsloven.

OPGAVER

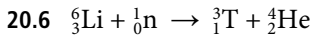
- 20.1 a) $1,8 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^3$
b) Cirka 201 m

- 20.2 a) Mindst 20 protoner:
 ${}_{22}^{50}\text{Ti}, {}_{28}^{58}\text{Ni}, {}_{88}^{226}\text{Ra}$
- b) Mindst 20 neutroner:
 ${}_{19}^{39}\text{K}, {}_{22}^{50}\text{Ti}, {}_{28}^{58}\text{Ni}, {}_{88}^{226}\text{Ra}$
- c) Mindst 20 nukleoner:
 ${}_{15}^{31}\text{P}, {}_{19}^{39}\text{K}, {}_{22}^{50}\text{Ti}, {}_{28}^{58}\text{Ni}, {}_{88}^{226}\text{Ra}$

- 20.3 a) ${}_{42}^{95}\text{Mo}$
b) ${}_{81}^{210}\text{Tl}$

- 20.4 Klors gennemsnitlige atommasse er cirka 35,46 u.

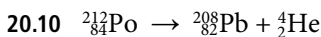
- 20.5 a) $5,04 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$
b) $1,26 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$



20.7 Fusion af to deuteriumkerner frigiver omkring $6 \cdot 10^{-13}$ J. En danskers årlige behov for elektrisk energi er cirka 1568 kWh eller 5,65 GJ. På et helt liv (80 år) bliver det $4,52 \cdot 10^{11}$ J. For at levere denne energi skal der bruges $1,5 \cdot 10^{24}$ deuteriumkerner eller et tilsvarende antal molekyler tungt vand (HDO), svarende til 48 g rent tungt vand. Med en hyppighed i oceanerne på 0,015 % skal der filtreres cirka 320 liter havvand. Den nuværende produktion af tungt vand er for lille og for dyr til, at det er konkurrencedygtigt med andre energikilder. (NB: I *BasisFysik Facit* 2. udgave var resultaterne udregnet med den antagelse, at en danskers forbrug af elektrisk energi var 1568 kWh pr. døgn, men det er pr. år. Tallene var derfor 365 gange for høje).

20.8 D+D fusion proces 1: $5,237377 \cdot 10^{-13}$ J.
 D+D fusion proces 2: $6,461050 \cdot 10^{-13}$ J.
 D+T fusion: $2,818118 \cdot 10^{-12}$ J.

20.9 Alfastråling absorberes også af luft, og strålingen aftager derfor lidt hurtigere end $\frac{1}{r^2}$.

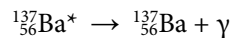


20.11 7150 gammafotoner

20.12 a) Silicium er grundstof nr. 14, så det er et beta-minus-henfald, hvor der udsendes en elektron og en antineutrino.

b) Datternuklidet har massetal 28.

20.13 ${}^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba} + {}^0_{-1}\text{e} + \text{antineutrino}$
 Barium ender i en metastabil exciteret tilstand, der henfalder ved et gamma-henfald:



20.14 Nuklidet ${}^{14}_8\text{O}$ har underskud af neutroner og udsender derfor en positron (ved beta-plus). Derved omdannes en proton til en neutron, og kernen bliver mere stabil.

Nuklidet ${}^{18}_8\text{O}$ har overskud af neutroner og udsender derfor en elektron (ved beta-minus). Derved omdannes en neutron til en proton, og kernen bliver mere stabil.

20.15 Beryllium-8-kernen har en bindingsenergi pr. nukleon på cirka 1,001 unit. Helium-4-kernen har en lavere bindingsenergi pr. nukleon. Be-8-kernen kan derfor henfalde til to He-4-kerner.

20.16 a) Henfaldskonstanten er:

$$k = 1,015 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$$

b) Halveringstiden er:

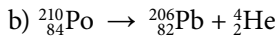
$$T_{1/2} = 6,83 \cdot 10^8 \text{ s} = 21,6 \text{ år}$$

20.17 25 min.

20.18 0,00183 %

20.19 Omkring 5250 neutroner

20.20 a) Polonium-210 er det næstsidste trin i henfaldskæden, der starter med uran-238 (se figur 20.27 og opgave 20.23 i *BasisFysik B*).



c) 138,376. Den specifikke aktivitet pr. gram er $1,66 \cdot 10^{14}$ Bq.

d) Se: https://en.wikipedia.org/wiki/Polonium#Biology_and_toxicity

20.21 Bjergarten kan højst være 10,4 milliarder år gammel.

20.22 a) Fusion i stjerner stopper ved $A = 60$ (jern/nikkel).

b) Man kan opstille følgende ligning for tiden, der er gået siden Jordens dannelse:

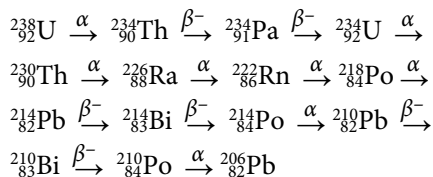
$$t = \frac{\ln\left(\frac{N_{235}(t)}{N_{238}(t)}\right)}{\ln\left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left(\frac{1}{T_{\text{halv}}(\text{uran-235})} - \frac{1}{T_{\text{halv}}(\text{uran-238})}\right)}$$

c) Indsættes de relative forekomster, fås:

$$\frac{N_{235}(t)}{N_{238}(t)} = 0,0072527$$

Indsættes dette, sammen med halveringstiderne, fås $t = 5,937$ milliarder år.

20.23 a) Hele henfaldskæden er:



b) ${}_{82}^{206}\text{Pb}$

20.24 Cirka 3885 år

20.25 a) Den partikelstråling, der udsendes ved radioaktive henfald, har høj kinetisk energi, og den omdannes til varme, når strålingen absorberes i omgivelserne.

b) De fire nuklider har lange halveringstider på 700 millioner år eller mere.

20.26 a) 0,0140 g eller $2,11 \cdot 10^{20}$ kerner

b) $1,761 \cdot 10^{-17}$ Bq

c) Cirka 3714 kerner pr. sekund

d) Absorberet dosis: 35,7 mGy

e) Dosishastigheden: $0,0039$ mSv/t = $3,9$ $\mu\text{Sv/t}$

20.27 a) $2,67 \cdot 10^{15}$ radiumkerner

b) 73 mGy

20.28 Cirka 244 000 poloniumkerner

20.29 a) ${}_{53}^{131}\text{I} \rightarrow {}_{54}^{131}\text{Xe} + {}_{-1}^0\text{e} + {}_0^0\nu$

b) $2,3 \cdot 10^{13}$ iodkerner

c) 23 MBq

d) 17 Sv

20.30 a) Halveringstiden er 6,0067 timer.

b) $3,12 \cdot 10^{12}$ technetiumkerner

c) Cirka 20 timer

d) Cirka 1,2 mSv

21 Stjerner

TÆNK EFTER 1

Radiobølger bevæger sig med lysets hastighed. Rejsetiden mellem himmellegemet og Jorden findes som halvdelen af tiden, det tager at bevæge sig frem og tilbage. Ganges denne tid med lysets hastighed, fås afstanden.

TÆNK EFTER 2

- Jo længere væk en stjerne befinder sig, desto mindre er vinkelforskellen, som måles to steder i Jordens bane.
- De første resultater, offentliggjort september 2016, indeholdt positioner og størrelsesklasse for 1,1 milliarder stjerner samt parallakser for 2 millioner stjerner. Læs om yderligere resultater på wikipedia.org og sci.esa.int/gaia/.

TÆNK EFTER 3

- Delproces 1: $+1+1 = +1+1+0$ (stemmer)
Delproces 2: $+1+1 = +2$ (stemmer)
Delproces 3: $+2+2 = +2+1+1$ (stemmer)
- Nukleontallet og leptontallet.
I delproces 1 dannes en lepton (neutrinoen) og en antilepton (positronen). Lepton-tallet på højresiden er: $L = -1+1 = 0$.

TÆNK EFTER 4

- Da grundstofferne tungere end kulstof dannes ved indfangning af heliumkerner, er der flest grundstoffer med lige atomnummer.
- Beryllium er meget ustabil. Når Be-8 dannes, henfalder det hurtigt til to heliumkerner, som er meget mere stabile.

- Atomkernerne i jern (og nikkel) er de atomkerner, der har den højeste bindingsenergi. Det betyder, at der skal tilføres energi for at skabe endnu tungere atomkerner. Så det sker ikke naturligt i fusionsprocesserne i stjernerne.
- Grundstof nr. 43 (technetium) og 61 (promethium) dannes ikke naturligt i mængder, der er målelige.

TÆNK EFTER 5

Lyset fra et sortlegeme er hvidt, hvis alle farver i det synlige spektrum er repræsenteret. Hvis et sortlegeme er koldt, mangler den blå-violette del af farvespektret. Hvis et sortlegeme er varmt, mangler den røde del af farvespektret. Da den grønne farve ligger midt i farvespektret, og der ikke kan mangle farver i begge ender af farvespektret på én gang, er der ingen grønne stjerner.

OPGAVER

- 21.1
- 4 millioner ton
 - $3,6 \cdot 10^{26}$ J
 - $9,1 \cdot 10^{37}$ processer pr. sekund
 - $1,45 \cdot 10^{17}$ s
 - 0,03 %
- 21.2
- Q-værdierne af alle tre delprocesser er (afrundet til 6 decimaler):
 $Q_1 = 1,491981 \cdot 10^{-13}$ J
 $Q_2 = 8,801528 \cdot 10^{-13}$ J
 $Q_3 = 2,060333 \cdot 10^{-12}$ J
 - Den samlede Q-værdi ($Q = 2 \cdot Q_1 + 2 \cdot Q_2 + Q_3$) er $4,119035 \cdot 10^{-12}$ J.
 - Q-værdien af den samlede proces er $4,119035 \cdot 10^{-12}$ J (samme værdi som i b).

- d) Annihilation af en elektron og en positron giver en energi på $1,637422 \cdot 10^{-13}$ J.
- e) Annihilationen af en positron med en elektron sker to gange. Da de to elektroner hentes fra omgivelserne, bidrager annihilationerne kun med $1,637422 \cdot 10^{-13}$ J. Den totale pp-proces frigør således en energi på $4,28 \cdot 10^{-12}$ J.

21.3 a) Luminositeten har enheden:

$$\text{m}^2 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = \text{W}$$

- b) Luminositeten er et udtryk for stjernens strålingseffekt.
- c) $6,32 \cdot 10^7 \text{ W/m}^2$
- d) Solens overfladeareal er $6,082 \cdot 10^{18} \text{ m}^2$.
- e) Solens luminositet er $3,84 \cdot 10^{26} \text{ W}$.

21.4 Intet facit.

21.5 Intet facit.

22 Kosmologi

TÆNK EFTER 1

- a) Det vil blive klempt mere og mere sammen.
- b) Planeter, målestokke og andre faste genstande holdes sammen af de elektriske kræfter mellem atomerne, som er meget stærkere end de kræfter, der får Universet til at udvide sig. Solsystemet holdes sammen af tyngdekraften, som godt kan overvinde Universets udvidelse på små længdeskalaer. Man skal helt op på afstande omkring 300 millioner lysår, før galakser ikke kan holdes sammen af deres indbyrdes tyngdekraft, og dermed kan Universets udvidelse fjerne dem fra hinanden.

TÆNK EFTER 2

- a) I princippet ja. Men hvis det virkelig var atomerne, der blev mindre og mindre, ville det sikkert få katastrofale konsekvenser for stabiliteten af molekyler eller atomkerner.
- b) Inden i ballonen: fortiden. Uden for ballonen: fremtiden.

TÆNK EFTER 3

Næppe, og i hvert fald ikke i menneskehedens levetid. Hvis Universets udvidelse accelererer meget kraftigt, vil det måske vare omkring 100 milliarder år, før alle galaksehobe bliver revet fra hinanden, og endnu længere, før galakserne rives i stykker. Til sidst opløses planetsystemer måske. Men de elektriske kræfter mellem atomerne i et fast stof er meget stærkere end den kraft, der udvider det tomme rum, så Jorden vil ikke blive påvirket.

OPGAVER

- 22.1 a) $2,55 \cdot 10^{17}$ km
b) $1,60 \cdot 10^{18}$ km
c) $7,57 \cdot 10^{15}$ s
d) 212 km/s
e) Solen (med hele Solsystemet) bevæger sig omkring 7 gange hurtigere gennem rummet end Jorden.
f) $7,57 \cdot 10^6$ s eller cirka 3 måneder.
- 22.2 a) 1260 km/s
b) 10 500 km/s
c) 210 000 km/s
- 22.3 $r = \frac{v}{H_0}$
a) 19 Mlysår
b) 952 Mlysår
c) 4762 Mlysår
- 22.4 $H_0 = 21 \frac{\text{km/s}}{\text{Mlysår}} = \frac{21 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{10^6 \cdot 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m}}$
 $= 2,2 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$
- 22.5 a) $z = 0,08$
b) 24 000 km/s
c) 1143 Mlysår
- 22.6 a) Faktoren er cirka 1,05.
b) $z = 0,05$
c) $v = 15\,000$ km/s, og $r = 714$ Mlysår
Facit for 1.-3. oplag:
a) Faktoren er cirka 1,04
b) $z = 0,04$
c) $v = 12\,000$ km/s, og $r = 714$ Mlysår
- 22.7 a) $\frac{1}{H_0} = \frac{1}{2,2 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}} = 4,5 \cdot 10^{17} \text{ s}$
b) Cirka 14,3 milliarder år

- 22.8 a) Størrelsen eller radius af det synlige univers er defineret som den afstand, lys eller anden elektromagnetisk stråling kan have nået os fra, hvis det har rejst i hele Universets levetid.
- b) Hubblelængden er lig hubbletiden gange lysets hastighed. Denne faktor, c , er indeholdt i enheden lysår, idet 1 lysår = $c \cdot 1$ år.
- c)
$$L_H = c \cdot T_H = \frac{3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2,2 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}} = 1,36 \cdot 10^{26} \text{ m}$$
- d) Universet er meget ensartet, og krumningen af rummet er meget tæt på nul. Det er svært at forklare disse observationer (og andre problemer) med den almindelige Big Bang-teori. I 1980 blev det foreslået, at der meget kort efter Big Bang var en periode med eksponentiel udvidelse af Universet, som kaldes inflation. Dette kan forklare de to nævnte observationer og flere andre problemer, men det medfører samtidig, at Universet er mange gange større end det synlige univers.
- e) En direkte måling af noget, der befinder sig uendelig langt væk, ville kræve uendelig lang tid.
- 22.9 a) Den bliver større og større og går mod uendelig, når man nærmer sig Big Bang.
- b) *Rødforskydning* betyder, at bølglængden af lyset fra en fjern lyskilde bliver større, når det kommer fra et himmellegeme, der fjerner sig fra observatøren. Effekten forklares af Einsteins almene relativitetsteori som en *kosmologisk rødforskydning*, der skyldes, at lyset strækkes ud, når rummet udvider sig.
- c) *Den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling* er resterne af den varmestråling, som fyldte det tidlige univers, mens det først bestod af et plasma og siden kølede af på grund af udvidelsen. Varmestrålingen er blevet rødforskuet med en faktor 1100 og ligger nu i mikrobølgeområdet. Strålingen observeres fra hele himlen.
- d) Når Universet udvider sig, bliver al stråling (som blandt andet findes i den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling) rødforskuet og mister energi. Spoler man tiden tilbage, vil strålingen blive blåforskuet og få mere og mere energi. Dermed stiger temperaturen.
- 22.10 a) Mikrobølger.
- b) Temperaturen er cirka 2,7 K.
- c) Bølgelængden skal formindskes med faktoren $z+1 = 1111$.
- d) Radius af Universet var cirka 12,4 millioner lysår, da strålingen, vi i dag modtager som mikrobølger, blev udsendt.

$$22.11 \text{ a) } E_{\text{potentiell}} = -\frac{G \cdot m \cdot M}{R} = -\frac{G \cdot m \cdot V \cdot \rho}{R} =$$

$$-\frac{G \cdot m \cdot \left(\frac{4\pi}{3} R^3\right) \cdot \rho}{R} = -\frac{4\pi}{3} G \cdot m \cdot R^2 \cdot \rho$$

$$\text{b) } E_{\text{kinetisk}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 =$$

$$\frac{1}{2} m \cdot (H \cdot R)^2 = \frac{m \cdot H^2 \cdot R^2}{2}$$

$$\text{c) } E_{\text{mekanisk}} = \frac{m \cdot H^2 \cdot R^2}{2} - \frac{4\pi}{3} G \cdot m \cdot R^2 \cdot \rho =$$

$$m \cdot R^2 \cdot \left(\frac{H^2}{2} - \frac{4\pi \cdot G \cdot \rho}{3}\right)$$

- d) Hvis vi antager, at både m og R er forskellig fra nul, er den mekaniske energi nul, når indholdet i parentes er nul. Herefter isoleres densiteten:

$$\frac{H^2}{2} - \frac{4\pi \cdot G \cdot \rho}{3} = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{4\pi \cdot G \cdot \rho}{3} = \frac{H^2}{2} \Rightarrow \rho = \frac{3 \cdot H^2}{8\pi \cdot G}$$

- e) Den kritiske densitet er $\rho_{\text{kritisk}} = 8,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg/m}^3$.
- f) Den kritiske densitet svarer til cirka 5 brintatomer pr. m^3 .
- g) Hvis Universets densitet er *mindre* end den kritiske densitet ($\rho < \rho_{\text{kritisk}}$), vil Universets udvidelse fortsætte. Hvis Universets densitet er *større* end den kritiske densitet ($\rho > \rho_{\text{kritisk}}$), vil Universets udvidelse standse, og det vil begynde at trække sig sammen.

22.12 Intet facit.

- 22.13 a) Ja, i princippet. Men ingen kendte mekanismer kan adskille stof fra antistof.

Når et partikel-antipartikel-par dannes, vil partiklerne snarere blive tiltrukket af hinanden på grund af deres modsatte elektriske ladninger. Det medfører, at det meste stof og antistof tilintetgøres og omdannes til stråling (annihileres). Antallet af fotoner i Universet er cirka en milliard gange større end antallet af partikler (protoner, neutroner eller elektroner). Dette tyder på, at der er sket en forskydning hen imod stof frem for antistof. Problemet med at forstå, hvorfor der kun findes protoner og neutroner (i fagsproget kaldet baryoner) og ingen af deres antipartikler (antibaryoner), kaldes *baryon-asymmetrien*.

Astronomer har svært ved at identificere antistof ved at måle på spektre fra stjerner og galakser. Energieniveauerne i antiatomer er de samme som i atomer, så spektrene bør derfor være identiske. Hvis man påviste en hel atomkerne af antipartikler, ville det være et stærkt indicie for, at der kunne eksistere antistof i større mængder. Atomkerner er enten dannet kort efter Big Bang eller senere i stjerner. Med eksperimentet »Alpha Magnetic Spectrometer«, om bord på Den Internationale Rumstation (ISS), har man, hidtil uden resultat, søgt efter antistof, blandt andet anti-heliumkerner.

Appendiks A

b) Det undersøges i eksperimenter med antihydrogen, som er fanget i magnetiske fælder, om antistof accelereres på samme måde i Jordens tyngdefelt som almindelige brintatomer. Hvis antiatomer i stedet »falder opad«, vil større mængder antistof i Universet i princippet kunne forklare frastødningen mellem galakser og de postulerede antigalakser. Det virker imidlertid meget uholdbart at ville forklare Universets accelererede udvidelse ved at postulere eksistensen af store mængder antistof (som man ikke har observeret, og som må regnes for at være meget usandsynlig) og samtidig postulere, at antistoffet har frastødende tyngdekraft. Der er eksperimenter i gang, som undersøger begge dele, men der er endnu ikke målt noget, som kan underbygge de to påstande. Begrebet »negativ masse« har i øvrigt ingen veldefineret fortolkning i teorierne om tyngdekraft.

OPGAVER

A.1 a) Intet facit.

b) $4,5 \text{ m/s}^2$

A.2 $s = 150 \text{ m}$

A.3 $s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 0,5 \cdot 1,62 \text{ m/s}^2 \cdot (1 \text{ s})^2 = 0,81 \text{ m}$

A.4 a) $s(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_0 \cdot t = \frac{1}{2} \cdot (-9,82 \text{ m/s}^2) \cdot t^2 + 5,0 \text{ m/s} \cdot t$

$v(t) = -g \cdot t + v_0 =$

$-9,82 \text{ m/s}^2 \cdot t + 5,0 \text{ m/s}$

$a = -g = -9,82 \text{ m/s}^2$

b) $1,3 \text{ m}$

$0,51 \text{ s}$

c) Dobbelt så lang tid som til toppen.

Dvs. $1,02 \text{ s}$.

d) $5,0 \text{ m/s}$. Dvs. $5,0 \text{ m/s}$ nedadrettet.

A.5 a) 2 m/s^2

b) 48 m