

BASISFYSIK C

Michael Cramer Andersen

Michael Agermose Jensen

FACIT

PRAXIS

BasisFysik C. 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: 978-87-29-00819-4

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

Forord 4

1 Fysik 5

2 Fysikkens grundbegreber 7

3 Masse og densitet 8

4 Bevægelse 10

5 Energi 11

6 Mekanisk energi 12

7 Flere energiformer 13

8 Udnyttelse af energi 15

9 Varme og tilstandsformer 16

10 Atomer 17

11 Fundamentale kræfter 19

12 Radioaktivitet 21

13 Bølger 23

14 Lyd 24

15 Lys 26

16 Det naturvidenskabelige verdensbillede 28

17 Jorden og Solsystemet 30

18 Universet 33

Forord

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

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 Fysik

TÆNK EFTER 1

- Atomer eller grundstoffer.
- Protoner, neutroner og elektroner.
- Gennem fødevarer, især proteiner, kulhydrater og fedt.
- I et kraftværk brændes fx kul eller halm af. Varmen herfra får vand til at fordampe. Dampen ledes under højt tryk igennem en turbine, der driver en generator, som producerer elektricitet (som en cykeldynamo).
- Fx strekkodescannere i et supermarked eller i en dvd/blu-ray-afspiller.
- Årstiderne skyldes Jordens bevægelse omkring Solen (se også C-bogens kapitel 17, specielt side 258).
- Ved Big Bang opstod tid, rum og alt stof og stråling. I takt med at Universet udvidede sig, afkøledes stoffet, som i starten var et uhyre varmt plasma af elementarpartikler. Der blev dannet lette atomkerner (brint og helium) og senere neutrale atomer, da atomkernerne indfangede elektroner. Derefter samlede tyngdekraften stoffet i store gasskyer, som dannede galakser og stjerner og efterhånden også planeter. (Se også C-bogens kapitel 18).

TÆNK EFTER 2

- Fx tyngdeloven eller Galileis faldlov. Forslag som Arkimedes' lov og Ohms lov kan diskuteres.
- Teorier og målinger supplerer hinanden. Målinger kan bekræfte en teori, som derefter kan anvendes ved siden af målingerne.
- I astrologens tolkning antages der at være en irrationel (nærmest magisk) forbindelse mellem planeternes stilling og begivenheder i en persons liv. En sådan forbindelse

- (en skæbne, dvs. forudbestemt historie) kan ikke påvises videnskabeligt. Skæbnebegrebet er ikke et naturvidenskabeligt begreb. Astrologer forsøger ikke at modbevise deres egen teori, men bortforklarer afvigelser med individuelle faktorer. Horoskoper har tendens til at helgardere og være *inkonsistente* (dvs. logisk usammenhængende), men mennesker søger at få mening i selv det meningsløse og er villige til at gå langt for at lære noget om sig selv.
- Et samfund kan fx ønske at afskaffe brugen af fossile brændsler og samtidig være økonomisk afhængig af indtægter fra olie- og gasudvinding.

OPGAVER

- $a = 7,5$
- $a = 5$. Stor portion: 5 æg, 1000 g sukker, 200 g smør og 1000 g mørk chokolade.
- Hvis man fx kan gå 15 km pr. dag, vil det tage 286 dage.
- Størrelsesforhold: ca. 1:51 millioner. I praksis kan man benytte, at 1 cm svarer til ca. 510 km.
- Det er svært at måle på et spøgelse, der kan defineres som »en ånd fra en afdød person«. Spøgelser tillægges overnaturlige egenskaber, fx er de næsten genomsigtige, de kan svæve og passere gennem vægge. En oplevelse af et spøgelse kan skyldes synsbedrag, måske motiveret af lysrefleksioner, der sammen med ukendte lyde fra vinden eller dyr kan bekræfte en forestilling i hjernen

om, at der er »nogen« til stede. Hjernen kan snyde os, fordi bevidstheden vil prøve at en oplevelse til at give mening.

1.6 Tryllekunstnere kan aflede folks opmærksomhed, mens de fx ombytter ting. Hvis en ske i forvejen har været bøjet mange gange, bliver den metaltræt og knækker nemmere. Skeen kan også være lavet af en speciel legering, der blødgøres, når den tilføres varme, fx når man gnider den med fingrene.

- 1.7**
- a) Planeterne følger naturlove, og vores forståelse af dem kan godt være forkerte.
 - b) Hvis nogle målinger er i klar strid med en teori, må vi gentage målingerne. Hvis målingerne stadig er i strid med teorien, kan vi revidere teorien. At ignorere eller lave om på måleresultater, er at snyde – også sig selv.

1.8 Mål massen af forbrændt stearin som funktion af tiden. På ca. 40 min. forbrændes ét gram stearin, så det anbefales at bruge en nøjagtig vægt. Beregn massetab pr. minut ud fra oplysningerne på posen. Sammenlign målinger med teori, og diskutér måleusikkerhed og fejlkilder, fx den indledende smeltning af stearin.

1.9 Inddrag fx solide konstruktionsteknikker baseret på trekanter.

2 Fysikkens grundbegreber

OPGAVER

- 2.1 0,250 kg
- 2.2 1000 g og 0,001 g
- 2.3 $3,1557 \cdot 10^7$ s (1 år = 365,242 døgn) eller $3,1536 \cdot 10^7$ s (1 år = 365 døgn)
- 2.4 25 m/s
- 2.5 25,6 m/s
- 2.6 $9,805 \text{ m/s}^2$
- 2.7 10^6 mm^2
- 2.8 $32390 \text{ cm}^2 = 3,24 \text{ m}^2$
- 2.9 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) $7260000 \text{ m}^2 = 7,26 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
- 2.10 $A = 21,05 \text{ cm} \cdot 29,70 \text{ cm} = 625,185 \text{ cm}^2 = 0,0625185 \text{ m}^2$; $16 \cdot A = 1,00 \text{ m}^2$
- 2.11 a) Forholdet mellem arealet af familiepizzaen og den almindelige pizza er: $1590,43 \text{ cm}^2/660,52 \text{ cm}^2 = 2,408$.
b) Familiepizzaen giver mest mad for pengene: $11,78 \text{ cm}^2/\text{kr}$. Den almindelige pizza giver $11,01 \text{ cm}^2/\text{kr}$.
- 2.12 m^3
- 2.13 $1391,5 \text{ cm}^3$
- 2.14 Ca. 332 cm^3
- 2.15 $1 \text{ L} = 1000 \text{ cm}^3$, så $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL}$
- 2.16 Ja, idet $330 \text{ cm}^3 = 330 \text{ mL} = 33 \text{ cL}$
- 2.17 $109^3 = 1,295 \cdot 10^6$ eller i størrelsesordenen 10^6
- 2.18 $1,083 \cdot 10^{12} \text{ km}^3 = 1,083 \cdot 10^{21} \text{ m}^3$
- 2.19 a) $2,59 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
b) Ja, 2,07 millioner kalkstensblokke
c) $5,18 \cdot 10^9 \text{ kg}$
d) 2,1 millioner sten på 20 år
- 2.20 $3,75 \cdot 10^{-8} \text{ m}$
- 2.21 $3,80 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 3,80 \text{ nm}$
- 2.22 Intet facit.
- 2.23 $2 \cdot 10^6$ atomer hen over et sandkorn
- 2.24 10^{57} protoner
- 2.25 10^{79} protoner
- 2.26 $3 \cdot 10^9$ slag på 81 år
- 2.27 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 ca. 25 g/døgn.

3 Masse og densitet

TÆNK EFTER 1

- a) Massen er uændret.
- b) Ja.

TÆNK EFTER 2

Når vand fordamper, løsrives vandmolekylerne enkeltvis, og når den fugtige luft opvarmes, stiger den op.

TÆNK EFTER 3

- a) Ja, lufts densitet er mindre end vands densitet, som er mindre end jords densitet.
- b) Jern har større densitet end de fleste bjergarter.

OPGAVER

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

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.

$$3.2 \quad 0,72 \text{ g/cm}^3. \text{ Det kan være bøgetræ, der har densiteten } 0,7 \text{ g/cm}^3.$$

$$3.3 \quad 1,4 \cdot 10^{22} \text{ CO}_2\text{-molekyler}$$

- 3.4 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.

$$3.5 \quad 8,48 \text{ g/cm}^3$$

- 3.6 a) $0,585 \cdot 24 \text{ karat} = 14,04 \text{ karat}$. Det stemmer.
- b) (NB: Ringens volumen skal være $0,7 \text{ cm}^3$ – kan ikke løses med anden værdi. Fejl i opgave optræder i 1. oplaget.) Ringen består af ca. $5,56 \text{ g}$ guld, $1,76 \text{ g}$ sølv og $2,18 \text{ g}$ 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 a) Madolie har lavere densitet end vand og lægger sig ovenpå.
- b) Da væskerne ikke kan blandes, vil de hver især danne større og større dråber og skilles i to lag.

$$3.9 \quad \rho = \frac{m}{V} \Leftrightarrow m = \rho \cdot V$$

- 3.10 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

$$3.11 \quad 75\,000 \text{ kg}$$

- 3.12 Med dimensioner på fx $4\text{ m} \cdot 5\text{ m} \cdot 6\text{ m}$ fås massen af luften til 144 kg.
- 3.13 Volumen: $6,561\text{ m}^3$. Gennemsnitlig densitet: 8036 kg/m^3 . Masse: 52,7 tons.
- 3.14 Der er højt tryk og temperatur i Jordens indre, og når gasser og flydende sten trykkes opad, kan sten med høj densitet føres med op.
- 3.15
- Jo større densitet en genstand har, desto mere trækker tyngdekraften, som er rettet mod Jordens centrum, i den.
 - De yderste lag trykker de inderste lag mere sammen.
 - Jorden var til at begynde med flydende. Stoffer med højere densitet sank derfor ind mod centrum og dannede her en kerne, mens stoffer med lavere densitet steg opad.
- 3.16
- En båd indeholder luft, ligesom tønden i opgave 3.4.
 - Densiteten af helium er 6-7 gange lavere end densiteten af atmosfærisk luft.
 - Når luft opvarmes, udvider den sig (men ændrer ikke masse) og har derfor lavere densitet end køligere luft.
 - Der dannes bobler af kuldioxid, frigjort fra kulsyren. Boblerne samler sig om rosinen og nedbringer den samlede densitet af rosin plus bobler, så rosinen stiger op til overfladen. Her springer boblerne, og rosinen synker ned. Processen gentages.
 - Undervandsbåden kan tage vand ind i nogle kamre, så den synker, og pumpe vandet ud igen. Så stiger den.

4 Bevægelse

TÆNK EFTER 1

- a) 35,5 m
- b) 71 m
- c) Nej, hastigheden ændrer sig og stiger, fx i opstarten. Hastigheden mindskes, når man bliver træt.

TÆNK EFTER 2

- a) Jo større vinklen er fra vandret, desto større vil accelerationen blive.
- 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) 5,83 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) 2,04 km
- 4.5 30 km/s
- 4.6 8,3 m
- 4.7 a) 0,1 m/s
b) 0,06 m/s
c) 1,7 m/s
d) Enhederne er afgørende.
- 4.8 20 m/s
- 4.9 2,8 m/s²
- 4.10 $a = 0,75 \text{ m/s}^2$, og $s = 150 \text{ m}$
- 4.11 a) 83,3 m/s
b) 0,67 m/s²
c) 5,2 km
- 4.12 a) 19,8 m/s
b) 14,0 m/s
- 4.13 $t = 4,52 \text{ s}$, og $v = 44,3 \text{ m/s}$
- 4.14 a) 100 m/s
b) 10,2 s
c) 510 m
- 4.15 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.

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.

TÆNK EFTER 2

- 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) $E_{\text{kerne}} \rightarrow E_{\text{elektrisk}}$

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_{kemisk} (forbrænding)
 E_{kinetisk} (muskbevegelse)
 E_{termisk} (sveder)
b) $E_{\text{kemisk}} \rightarrow E_{\text{kinetisk}} + E_{\text{termisk}}$
- 5.4 Ligesom et kulkraftværk, men med varmekilden udskiftet fra kemisk energi til kerneenergi. Søg fx på 'atomkraftværk' på internettet.
 $E_{\text{kerne}} \rightarrow E_{\text{termisk}} \rightarrow E_{\text{kinetisk}} \rightarrow E_{\text{elektrisk}}$
- 5.5 a) 5,0 W
b) 2,0 kW
c) 179 W
d) 87 W
e) 25 kW
- 5.6 a) 90 %
b) 5 %
c) 95 %
d) 31 %
e) 80 %
- 5.7 Intet facit.

6 Mekanisk energi

OPGAVER

- 6.1 0,98 J
- 6.2 9,8 J
- 6.3 1,02 km
- 6.4 Den venstre karton har mere potentiel energi, da massemidtpunktet ligger højere.
- 6.5 a) Ingen energi
b) 188 J
c) 118 J
- 6.6 Peter: 5,6 kJ. Rygsæk: 0,29 kJ.
- 6.7 26 kJ
- 6.8 298 MW
- 6.9 2,0 W
- 6.10 1,6 m
- 6.11 Med fx 60 kg: 0,75 kJ
- 6.12 a) 10 kJ
b) 90 kJ
- 6.13 Opgaven findes ikke!
- 6.14 $1 \text{ J} = \text{kg} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2$
- 6.15 a) 60 kJ
b) 3 kN
c) 80 m
- 6.16 a) 50 kJ
b) 100 kJ
c) 200 kJ
- 6.17 a) 0,196 J
b) 0,162 J
c) 83 %
- 6.18 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.
- 6.19 a) 1,7 J
b) 1,0 J
c) En del af boldens kinetiske energi omsættes på grund af gnidningskræfter til termisk energi ved sammenstødet, når bolden klemmes sammen og retter sig ud igen.
- 6.20 a) 40 skiløbere
b) 85 m/s
- 6.21 a) 1,04 MJ
b) 66,5 m
c) Massen indgår på samme måde i potentiel og kinetisk energi. Ved en fuldstændig omsætning mellem de to energiformer (hvor man blandt andet ser bort fra luftmodstanden) har massen ingen betydning.

7 Flere energiformer

TÆNK EFTER 1

- a) Ganges både tæller og nævner med 1000, fås:

$$1 \frac{\text{kJ}}{\text{g}} = \frac{1000 \text{ kJ}}{1000 \text{ g}} = \frac{1 \text{ MJ}}{1 \text{ kg}} = \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

- b) Biobrændsel er produceret af træ eller afgrøder, som er vokset for nylig og derved har trukket CO₂ ud af atmosfæren. Afbrænding af fossile brændsler, der har ligget millioner af år i jorden eller undergrunden, tilfører atmosfæren mere CO₂.
- c) Vand rummer ikke energi, som kroppen kan forbrænde. Men fordi vand er med til at rense kroppen og fjerne affaldsstoffer, kan det godt give kroppen en følelse af at have fået mere energi.

TÆNK EFTER 2

- 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.

OPGAVER

- 7.1 Intet facit.

- 7.2 a) 3136 kr.
b) 8,60 kr.
c) 314 kWh

- d) Man kan fx udskifte ældre hårde hvidevarer til nye med lavere energimærke og slukke helt for elektronik, når det ikke anvendes.

- 7.3 Intet facit.

- 7.4 50 %

- 7.5 Glødepære: 8 kr. LED-pære: 1,60 kr.

- 7.6 a) 5645 MJ/år
b) 15,5 MJ/døgn

- 7.7 a) 3804 kJ eller 1,06 kWh
b) 53 kr.

- 7.8 a) 800 km
b) 42,7 MJ/kg eller ca. 30,8 MJ/L
c) 9,2 MJ/L
d) 1,54 MJ/km

- 7.9 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.

- 7.10 a) 1500 kJ
b) 3061 kg

- 7.11 a) $1,27 \cdot 10^{19}$ kg pr. s
b) $1,57 \cdot 10^{11}$ s eller ca. 5000 år
c) Det er alt for kort en tidsskala, da Solsystemet – og dermed Jorden – er dateret til at være 4,6 milliarder år gammelt.

- 7.12 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 strålingen.

- 7.13 a) 4 millioner ton
b) $3,6 \cdot 10^{26} \text{ J}$
c) $9,1 \cdot 10^{37}$ processer pr. sekund
d) $1,45 \cdot 10^{17} \text{ s}$
e) 0,03 %

7.14 Sollens udnyttes direkte i solceller og solfangere. Solen opvarmer luft, som derefter sættes i bevægelse og skaber vinde. Vinden udnyttes i vindmøller. Vinden skaber bølger, der udnyttes i bølgeenergianlæg. Solens skaber fordampning af vand, der blæses ind over land og falder som regn i højereliggende områder. Når vandet løber mod havet, kan det udnyttes i vandkraftanlæg. Jordvarme udnytter varme i de øverste lag af jorden, som er opvarmet af Solen.

8 Udnyttelse af energi

OPGAVER

- 8.1 Intet facit.
- 8.2 179 W
- 8.3 Især hårde hvidevarer (køleskab, fryser, vaskemaskine osv.) har i de seneste år gennemgået en stor udvikling, der har reduceret energiforbruget betydeligt. Elektronik til underholdning optager til gengæld en stigende andel af energiforbruget.
- 8.4 Intet facit.
- 8.5 a) 8 m^2
b) 20 000 kr.
- 8.6 $3 \cdot 10^{11} \text{ m}^2$
- 8.7 Fordi man ikke kan gemme store mængder energi fra sol og vind til de dage, hvor det er overskyet og vindstille. Det vil desuden kræve en metode til at kunne opbevare sommerens overskudsenergi til vinterens meget større energibehov.
- 8.8 a) Over halvdelen af Danmarks produktion af elektrisk energi stammer fra vedvarende energi. På verdensplan er fossile brændsler stadig dominerende.
b) Tallene for 2016 er endnu ikke opgjort.
c) Intet facit.
- d) En omstilling til vedvarende energi er bedst for miljøet og vil i det lange løb også bedst kunne betale sig. De virksomheder og lande, der udvikler og producerer den nødvendige teknologi til omstillingen, vil på verdensplan have et stort marked, som kan aftage produkterne.
- 8.9 Tjek dit energiselskabs hjemmeside. Oplyser de, hvordan elektriciteten produceres?
- 8.10 a) 368 L b) 11 923 MJ
c) 3680 kr. d) 10^{11} kWh
e) 3640 MJ f) 328 %
g) Den årlige energibesparelse udregnes som energien fra 4416 L olie minus summen af anlæggets årlige elforbrug. Olien indeholder 158 976 MJ. Jordvarmeanlægget bruger årligt $12\,134 \text{ kWh} = 43\,682 \text{ MJ}$. Der spares derfor 115 294 MJ i tilført energi (fra olie eller elektricitet).
h) Den årlige besparelse udregnes som prisen for olien ($4416 \cdot 10 \text{ kr.}$) minus prisen for elektriciteten ($12\,134 \cdot 2 \text{ kr.}$), dvs. 19 892 kr. Bemærk, at prisen for en bestemt mængde energi ikke er ens for olie og elektricitet.
i) 7,5 år
- 8.11 Intet facit.
- 8.12 a) 973 kWh/år
b) 608 000 kWh/år
c) 2 432 000 kWh/år
d) 625
e) 1551 personer

9 Varme og tilstandsformer

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 kommer i gryden med kogende vand, er dens temperatur omkring stuetemperatur, ca. 20 °C. Mens pastaens temperatur øges, optages noget af vandets termiske energi. Når pastaen er 100 °C, koger vandet videre.

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.

OPGAVER

9.1 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

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

9.3 2,4 kJ/(kg · °C)

9.4 Ca. 14 kr.

9.5 2,4 kJ/(kg · °C)

9.6 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 $T_{\text{slut}} = 34 ^\circ\text{C}$.

- 9.7 a) I de skrå, røde linjestykker stiger temperaturen af henholdsvis is, vand og damp. I de vandrette, blå linjestykker ændres tilstandsformen: nederst, fra is til vand; øverst, fra vand til damp.
- b) Længden er bestemt af smeltevarmen for is, som er 334 kJ for ét kg.
- c) Længden er bestemt af fordampningsvarmen for vand, som er 2257 kJ for ét kg.
- d) Hældningen er bestemt af vands specifikke varmekapacitet. For ét kg vand stiger temperaturen ca. 0,24 °C pr. kJ tilført energi.

10 Atomer

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

OPGAVER

- 10.1 a) C: 2, 4
b) Ne: 2, 8
c) Na: 2, 8, 1
d) Cl: 2, 8, 7
e) Ca: 2, 8, 8, 2

10.2 400 m

- 10.3 a) Levende organismer er primært opbygget af kulstofmolekyler. Kulstof har mange muligheder for at danne store molekyler med kæder med forgreninger og ringe.
b) Helium er en ædelgas, der ikke er kemisk aktiv. Dermed er den ikke særlig anvendelig i molekyler.
c) O og H findes især i vand (H_2O), som udgør 55-75 % af kroppen.

- 10.4 a) Kulstof indgår i de fleste og vigtigste molekyler i kroppen. Det optages via føden og udskilles blandt andet, når vi udånder kuldioxid (CO_2), der kommer fra forbrændingsprocesser.

- b) Ilt optages i blodet via lungerne, når vi trækker vejret, og transporteres videre rundt til alle kroppens celler, hvor det indgår i cellernes forbrændingsprocesser.
c) Calcium findes primært i knogler og tænder, men har også vigtige funktioner i muskler, nerver og blod. Det optages via føden og findes særligt i mejeriprodukter som mælk og ost, men også i andre fødevarer.
d) Jern er et mikronæringsstof, der blandt andet findes i blodet, musklerne og leveren. Jern er livsvigtigt, da det er en central del af hæmoglobinmolekylet, der transporterer ilt rundt i kroppen. Der er omkring 30-40 mg jern pr. kg i kroppen.

- 10.5 a) Saltsyre: H^+ og Cl^-
b) Svovlsyre: $2H^+$ og SO_4^{2-}
c) Kulsyre: $2H^+$ og CO_3^{2-}
d) En proton

- 10.6 a) Lithium (Li) anvendes blandt andet i batterier i bærbar elektronik, fx ure og lygter. Lithium fungerer som anoden (pluspolen) i batteriet, mens katoden (minuspolen) er mangan-dioxid.
b) Neon (Ne) er en ædelgas. Den anvendes blandt andet i neonrør, der lyser ved, at der sendes strøm igennem en tynd gas, som er lukket inde i et glasrør. Lysreklamer med forskellige farver laves med rør, der indeholder forskellige gasser, fx: neon (orange), brint (rød), helium (gul), kuldioxid (hvid) og kviksølv (blå).

- c) Silicium (Si) danner krystaller, der kan fungere som halvledere, og som bruges i næsten al elektronik, fordi man kan styre elektronerne meget præcist og på mange måder.
- d) Germanium (Ge) danner krystaller, der ligesom silicium kan fungere som halvledere. Solceller baseret på germanium (blandet med andre grundstoffer som fx arsen) kan opnå en større effektivitet (omkring 30 %) end siliciumbaserede solceller (omkring 24 %). Men germanium er dyrere end silicium.
- e) Kviksølv (Hg) er flydende ved normale temperaturer på Jorden (smeltepunkt: $-38,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ og kogepunkt: $356,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Det udvider sig med temperaturen og kan derfor bruges i glastermometre, hvor temperaturen vises på en skala. Kviksølvtermometre benyttes ikke så meget mere, da kviksølv er giftigt, og fordi der i øvrigt findes udmærkede elektroniske termometre.
- f) Wolfram (W) har det højeste smeltepunkt ($3422\text{ }^{\circ}\text{C}$) blandt grundstofferne. En glødetråd af wolfram kan således blive ca. $2500\text{ }^{\circ}\text{C}$ varm og udsende lys uden at brænde over.
- 10.7** Atomerne opnår, at deres yderste skal bliver fyldt (i en kovalent binding deler to atomer et elektronpar). Brint får opfyldt dupletreglen; ilt får opfyldt oktetreglen.
- 10.8** Atomerne opnår, at deres yderste skal bliver fyldt (i en kovalent binding deler to atomer et elektronpar). Brint får opfyldt dupletreglen; kulstof får opfyldt oktetreglen.
- 10.9** Det er ionbindinger, hvor begge grundstoffer får opfyldt oktetreglen. Grundstoffet fra 1. hovedgruppe overfører en elektron til grundstoffet fra 7. hovedgruppe.

11 Fundamentale kræfter

TÆNK EFTER 1

Månen ville bevæge sig ud i en større bane.

TÆNK EFTER 2

Nej, tyngdekraften er kun tiltrækkende.

OPGAVER

11.1 Værdierne af gravitationskonstanten, Jordens masse og radius indsættes med enheder:

$$g = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 1 \text{ kg}}{(6,37 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 9,8 \text{ N}$$

11.2 a) Kraften aftager med kvadratet på afstanden og bliver:

$$F = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot 9,8 \text{ N} = 2,45 \text{ N}$$

b) Opstil ligningen:

$$F = \left(\frac{1}{x}\right)^2 \cdot 9,8 \text{ N} = 4,9 \text{ N}$$

hvor x er antal jordradier. Løsningen giver $x = \sqrt{2}$, svarende til omkring 9020 km fra Jordens centrum.

11.3 Gravitationskonstanten isoleres:

$$G = \frac{F \cdot r_{\text{jord}}^2}{m_1 \cdot m_2}$$

Indsættes værdierne, fås:

$$G = 6,69 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$$

11.4 a) $g = 5,59 \cdot 10^{-11} \text{ N/kg}$

b) Bakteriens vægt ganges med faktoren $5,70 \cdot 10^{10}$, hvilket giver 0,57 kg.

c) Et menneske på 65 kg ville have en vægt svarende til $3,7 \cdot 10^{12}$ kg eller 3,7 milliarder tons.

11.5 En elektromotor og en dynamo er opbygget næsten ens. I en elektromotor danner strømmen i spolerne et varierende magnetfelt, som skubber til magneterne, så akslen roterer. I en dynamo er det akslen med magneterne, 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.

11.6 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 kvarke 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.

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

11.8 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.

11.9 a) Den samlede ladning af kvarkerne u, d og s er 0 elementarladninger.

b) Partiklen er en proton.

11.10 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.

11.11 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.

11.12 Først og fremmest den korte levetid.

En myon henfalder fx på ca. 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.

11.13 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.

12 Radioaktivitet

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

$$9 \cdot 10^{16} \text{ J}$$

TÆNK EFTER 3

- a) ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$
- b) ${}_{81}^{233}\text{Pa}$

TÆNK EFTER 4

- 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 $\left(\frac{2}{3}\right)^2 = \frac{4}{9}$, så der er $\frac{5}{9}$ tilbage af de oprindelige atomer.
- c) Efter 6 halvinger er der brøkdelen $\left(\frac{1}{2}\right)^6 = \frac{1}{64}$ tilbage, svarende til knap 1,6 %.

TÆNK EFTER 5

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 6

- 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

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

- 12.2 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:
 ${}_{15}^{31}\text{P}, {}_{19}^{39}\text{K}, {}_{22}^{50}\text{Ti}, {}_{28}^{58}\text{Ni}, {}_{88}^{226}\text{Ra}$

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

- 12.4 Klors gennemsnitlige atommasse er ca. 35,46 u.

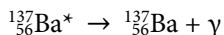
- 12.5 Alfastråling absorberes også af luft, og strålingen aftager derfor lidt hurtigere end $\frac{1}{r^2}$.

- 12.6 ${}_{84}^{212}\text{Po} \rightarrow {}_{82}^{208}\text{Pb} + {}_2^4\text{He}$

- 12.7 7150 gammafotoner

- 12.8 a) Silicium er grundstof nr. 14, så det er et beta-minus-henfald, hvor der udsendes en elektron og en anti-neutrino.
b) Datternuklidet har massetal 28.

12.9 $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^{137}_{56}\text{Ba} + {}^0_{-1}\text{e} + \text{antineutrino}$
 Barium ender i en metastabil exciteret tilstand, der henfalder ved et gamma-henfald:



12.10 Nuklidet ^{14}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}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.

12.11 a) Henfaldskonstanten er

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

b) Halveringstiden er

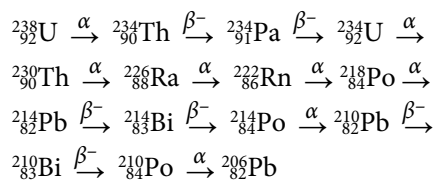
$$T_{1/2} = 6,83 \cdot 10^8 \text{ s} = 21,6 \text{ år}.$$

12.12 25 min.

12.13 0,00183 %.

12.14 Omkring 5250 neutroner.

12.15 a) Hele henfaldskæden er:



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

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

12.17 Ca. 3885 år.

13 Bølger

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

Vind skyldes trykforskelle i atmosfæren. Trykforskellene opstår, fordi Solen varmer jorden op. Jorden varmer derefter luften op, hvilket skaber tryk- og temperaturforskelle i luften.

TÆNK EFTER 3

- a) Lavvandsbølger »mærker« vandbunden, dvs. der er gnidning. Bølgen mister derfor kinetisk energi, og hastigheden aftager. Dybvandsbølger »mærker« pr. definition ikke bunden.
- b) Lavvandsbølgers hastighed mindskes ind mod land. Bagenden af bølgen vil derfor bevæge sig hurtigere end forenden, og bølgen bliver kortere.
- c) Når bølgen presses sammen på lavt vand, presses vandet samtidig opad, og bølgens amplitude vokser.
- d) Betingelse for lavvandsbølger er: $\frac{\lambda}{2} > d$
Tsunamier har typisk meget lang bølgelængde og vil derfor opfylde betingelsen.

OPGAVER

- 13.1 a) $T = 0,83$ s; $f = 1,2$ Hz
b) $T = 5,0$ s; $f = 0,20$ Hz
c) $T = 1,6$ s; $f = 0,63$ Hz

- 13.2 a) $f = 0,40$ Hz
b) $T = 1,14 \cdot 10^{-3}$ s

13.3 $T = 3,05 \cdot 10^{-3}$ s

13.4 $T = 13,5$ t; $f = 2,06 \cdot 10^{-5}$ Hz

13.5 $f = 113$ kHz. Den kan ikke opfattes af det menneskelige øre.

- 13.6 a) $\lambda = v/f$
b) $\lambda = 0,651$ m
c) $\lambda = 3,00$ m

- 13.7 a) $f = v/\lambda$
b) $f = 40$ Hz
c) $f = 4,62 \cdot 10^{14}$ Hz

13.8 $\lambda = 0,125$ m

13.9 $v = 2$ m/s

13.10 $v = 6,0$ m/s

- 13.11 a) Alle punkter har samme svingningstid.
b) $v = 5,0$ m/s
c) $t = 0,18$ s
d) $t = 0,16$ s

- 13.12 a) $\lambda = \text{ca. } 7$ 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.

- 13.13 a) $v = 198$ m/s b) $v = 5,4$ m/s
c) $v = 19,4$ km/t

- 13.14 a) $v = 3,95$ m/s
b) $t = 281$ t

14 Lyd

TÆNK EFTER 1

- I det lufttomme rum er der intet medie, lydbølgerne 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 lydturen skal flyet bevæge sig med samme hastighed som lyden, dvs. 340 m/s eller 1224 km/t.

TÆNK EFTER 2

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 3

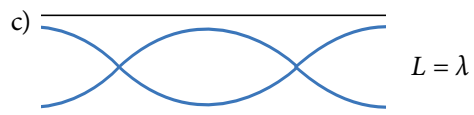
Amplituden af den stående bølge er summen af amplituden af de to bølger. Dvs. den stående bølges amplitude bliver dobbelt så stor som den originale bølges.

TÆNK EFTER 4

- 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 5

- 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 lydens 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

14.1 3064 km/t

- 14.2 a) $t = 1,07$ s
b) $s = 9,0$ km

14.3 $f = 500$ Hz

- Små insekter lokaliseres bedst ved hjælp af bølger med lille bølgelængde, dvs. stor frekvens.
- Byttet vurderes til at være ca. 1 cm stort. $f = 34$ kHz.

- 14.5 a) $\lambda = 0,5 \text{ mm}$
 b) $\lambda = 10 \text{ cm}$. Det betyder, at ting under 10 cm 's størrelse er svære at se.
- 14.6 Smertegrænsen svarer til 1 W/m^2 . Det er en intensitet, der er 10^{12} gange større end høretærsklen (se side 196 i C-bogen), som derfor må svare til intensiteten 10^{-12} W/m^2 .
- 14.7 a) $f = 475,6 \text{ Hz}$
 b) $v = 11,7 \text{ m/s}$
- 14.8 $v = 10 \text{ m/s}$.
 Da frekvensen forøges, må Δv være positiv, så ubåden fjerner sig.
- 14.9 Kassens længde skal være $19,3 \text{ cm}$.
- 14.10 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.
- 14.11 $f = 11,3 \text{ kHz}$. Se også facit til Tænk efter 5a på foregående side (kapitel 14).
- 14.12 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 bevæges 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.
- 14.13 a) $k = 1,059$
 b) $c1 = 261,63 \text{ Hz}$ $c\#1 = 277,18 \text{ Hz}$
 $d1 = 293,67 \text{ Hz}$ $d\#1 = 311,13 \text{ Hz}$
 $e1 = 329,63 \text{ Hz}$ $f1 = 349,23 \text{ Hz}$
 $f\#1 = 370,00 \text{ Hz}$ $g1 = 392,00 \text{ Hz}$
 $g\#1 = 415,31 \text{ Hz}$ $a1 = 440,00 \text{ Hz}$
 $a\#1/b = 466,16 \text{ Hz}$ $h1 = 493,88 \text{ Hz}$
 $c2 = 523,25 \text{ Hz}$
- 14.14 $A2 = 27,5 \text{ Hz}$ $A1 = 55 \text{ Hz}$
 $A = 110 \text{ Hz}$ $a = 220 \text{ Hz}$
 $a1 = 440 \text{ Hz}$ $a2 = 880 \text{ Hz}$
 $a3 = 1760 \text{ Hz}$ $a4 = 3520 \text{ Hz}$
- 14.15 Spektrum a mangler hver anden overtone, dvs. det viser kun de ulige overtoner. Det er derfor et spektrum for halvåbent rør (se side 202 i C-bogen) og må være klarinettens. Tværfløjten er et åbent rør, hvor alle overtoner er repræsenteret i et spektrum (se side 203). Spektrum b må derfor være en fløjtes.

15 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

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.

TÆNK EFTER 3

- 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 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 15.4). Dvs. der skal mange lyskvanter til, før vi kan observere ændringerne, der skyldes den afsatte energi.

TÆNK EFTER 5

- Temperaturen indsættes i Wiens lov:

$$\lambda_{\text{top}} = \frac{0,00029 \text{ m} \cdot \text{K}}{T} = 5,02 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

- Hvis temperaturen af glødetråden forøges, forskydes Planckkurven mod venstre. Det betyder, at der udsendes mere lys i det synlige område og mindre i det infrarøde. Den nyttige energi og nyttevirkningen bliver altså større for en halogenpære.

OPGAVER

15.1 $c = 227\,000$ m/s

15.2 $\Delta v = 7463$ m/s. Det vil sige, at $v = c + \Delta v = 2,997999 \cdot 10^8$ m/s.

15.3 $t = 2,56$ s

- Øjet indeholder flere slags tappe til at registrere farver, men kun én slags stave. 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 221 i C-bogen). 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 223). Men kviksølvs linjespektrum indeholder ingen røde spektrallinjer, og der er derfor intet at reflektere. Røde farver vil se blege ud i kviksølvlys.

- 15.6** Solceller og solfangere skal fange så meget af Solens lysenergi som muligt. De skal derfor absorbere alle farver og reflektere mindst muligt.
- 15.7** a) $f = 4,29 \cdot 10^{14}$ Hz
b) $f = 7,50 \cdot 10^{14}$ Hz
- 15.8** Stave aflæses til ca. 500 nm (498 nm). Tappe til ca. 550 nm.
- 15.9** 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 besættningens nattesyn (også kaldet skotopisk syn).
- 15.10** Intet facit.
- 15.11** 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 ca. 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.
- 15.12** $\lambda = 0,333$ m
- 15.13** En bølgelængde på 405 nm svarer til violet lys, se spektret side 213 i *Basis-Fysik C*.
- 15.14** a) $\nu = 3,63^\circ$
b) 15 ordner
- 15.15** a) $f = 3,85 \cdot 10^{14}$ Hz
b) $E = 2,55 \cdot 10^{-19}$ J
c) $f = 7,41 \cdot 10^{14}$ Hz, $E = 4,91 \cdot 10^{-19}$ J
- 15.16** 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.
- 15.17** Der er ingen røde spektrallinjer i spektret fra stjernens atmosfære. Der findes derfor hverken brint eller calcium, men derimod jern og magnesium.
- 15.18** 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.

16 Det naturvidenskabelige verdensbillede

TÆNK EFTER 1

- De to mest kendte: Ifølge skabelsesberetningerne i både Det Gamle Testamente og Koranen (som stort set er identiske) skabtes Jorden og havet af (en) gud, som også satte sol, måne og stjerner på himlen.
- At forstå verdens skabelse giver svar på de ultimative spørgsmål: Hvad er et menneske, og hvor kommer det fra? Ældre generationer og historiebøger bidrager med viden om tiden, før man selv blev født. Det sætter såvel ens egen som andres kultur i et større perspektiv. Myter om verdens skabelse rækker lige så langt tilbage, som der er skriftlige kilder, og udspringer af en mundtlig tradition. Fælles for skabelsesmyterne er et behov for at skabe orden og mening i en verden, der indimellem kan forekomme uforudsigelig og voldsom, særligt når der optræder naturkatastrofer eller krige.

TÆNK EFTER 2

- 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*.
- I antikken hævdede Aristoteles, at et frø var forudbestemt til at blive til et træ. I stedet bør man sige, at hvis et frø har de rette vækstbetingelser, fx jord, vand, varme og lys, kan frøet spire og vokse til et træ. I biologi har levende organismer så mange funktioner, at man nemt fristes til at forklare dem ved de problemer, funktionerne løser. Men det er mere korrekt at

forklare funktionerne som et resultat af tilfældige mutationer, hvoraf de bedst tilpassede individer vinder større udbredelse på grund af naturlig selektion.

TÆNK EFTER 3

- 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.
- Viden bevares blandt andet ved at investere i biblioteker og museer. Tekster i bøger gøres tilgængelige for flere ved at overføre dem til nye digitale medier. Der skal også hele tiden uddannes folk, der kan forstå og forvalte den viden, der er overleveret.
- Den eksisterende viden videreudvikles ved, at den kendte viden anvendes på nye måder og i nye sammenhænge. Dette kan blandt andet fremmes ved at investere i forskning.

TÆNK EFTER 4

- Atmosfæren (dvs. 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.
- 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.
- Hvis Jorden stod stille, ville retningen til stjernerne ikke ændre sig i løbet af et år.

TÆNK EFTER 5

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

- 16.1** a) Jorden er ca. 4 gange større end Månen.
b) Forholdet mellem Jordens og Månens diametre er ca. 3,67.
- 16.2** a) Aristarchos udregnede, hvor mange gange Solen er længere væk end Månen, således:
- $$\frac{R_{\text{jord-sol}}}{R_{\text{jord-måne}}} = \frac{1}{\cos(87^\circ)} = 19,1$$
- Aristarchos havde ret i, at Solen måtte være 18-20 gange længere væk end Månen.
- b) Indsættes den moderne værdi, finder man, at Solen er ca. 382 gange længere væk end Månen. Tallet varierer, da Månens bane er elliptisk.
- 16.3** Solens diameter er: $d_{\text{sol}} = 382 \cdot 3476 \text{ km} = 1,33 \cdot 10^6 \text{ m}$ ifølge de angivne tal.
- 16.4** a) Intet facit.
b) Det var ikke alle, der kunne læse eller studere, og sørejser over verdenshavene blev først almindelige i 1500-tallet. Det er dog en karikatur, når Ludvig Holberg i stykket *Erasmus Montanus* fra 1723 fremstiller en bondekone så uvidende, at hun tror, at Jorden er flad som en pandekage.
- 16.5** Jordens omkreds er ca. 40 000 km.
- 16.6** a) Afstanden til stjernen er 10,38 lysår eller $9,82 \cdot 10^{16} \text{ m}$.
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.
- 16.7** Intet facit.
- 16.8** 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 ca. $3,2097 \cdot 10^{15} \text{ m}^3/\text{s}^2$.
c) Jupiters masse er ca. $1,89975 \cdot 10^{27} \text{ kg}$.
d) Det er meget tæt på tabelværdien (under én procents afvigelse).
e) Densiteten er ca. 1320 kg/m^3 , 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.

17 Jorden og Solsystemet

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 ca. 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 *hyper-*

thermophile, 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 solfor-

mørkelser omtales blandt andet på denstoredanske.dk (indtast søgeord). Detaljeret information kan findes her: <http://eclipsewise.com/>.

d) Øst-vest.

TÆNK EFTER 5

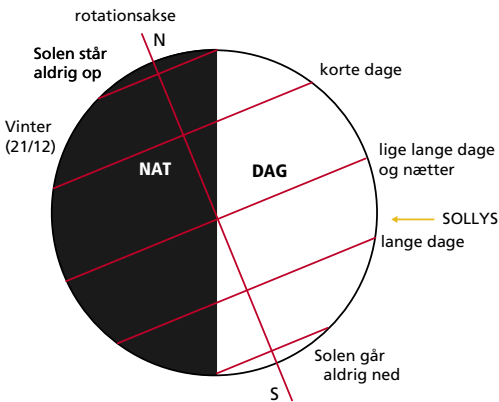
- En mindre planet køler hurtigere af, fordi dens overflade er større i forhold til dens volumen.
- De ældste kratere blev glattet ud, da havet fandtes. Kun de kratere, der er dannet efter, at havet forsvandt, findes i dag.

TÆNK EFTER 6

500 millioner (5 % af 10 milliarder).

OPGAVER

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



- Intet facit.
- 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.

- 17.2 a) Den største afstand er ca. 2,3 millioner km over middelværdien eller ca. 1,54 %. Den mindste afstand er ca. 2,5 millioner km under middelværdien eller ca. 1,67 %.
- 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.

- 17.3 a) Sommerhalvåret varer ca. 186 dage.
- Vinterhalvåret varer ca. 179 dage.
 - 7 dage.
 - 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.

- 17.4 a) Der ville ikke være nogen årstider.
- Hvis Jordens rotationsakse lå nede i ekliptika, og aksens bevarede sin orientering i forhold til stjernerne, ville man, når aksens pegede 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 aksens pegede på tværs af retningen til Solen, ville man have noget, der minder om jævndøgn.

17.5 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.

17.6 Gode startsider om Mars-missionen er disse artikler på space.com og wikipedia.org.

17.7 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 16.1 kan Saturns masse bestemmes til $5,75 \cdot 10^{26} \text{ kg}$, hvilket er tæt på tabelværdien $5,6836 \cdot 10^{26} \text{ kg}$.

17.8 Saturn har en masse på $5,6836 \cdot 10^{26} \text{ kg}$ og middelfradius på 58 232 km. Det giver en densitet på $687 \text{ kg}/\text{m}^3$, som er væsentligt mindre end vands densitet. Det passer godt med, at planeten

primært består af gasserne brint og helium. Saturn er på grund af sin mindre masse (30 % af Jupiters masse) ikke lige så sammenpresset som Jupiter.

17.9 $7,3 \cdot 10^{15} \text{ s}$ eller ca. 230 millioner år.

17.10 a) 3,67

b) 109

c) 30,1

d) 107

17.11 Intet facit.

17.12 Fra Solen til Jorden: 499 s. Fra Månen til Jorden: 1,28 s.

17.13 Månerne bevæger sig i svagt elliptiske baner. På grund af tidevandskræfterne fra Jupiter deformeres månerne, så overfladen hæver og sænker sig op til 30 m. De gnidningskræfter, der dermed opstår, er en kilde til opvarmning, og derfor kan der være flydende vand under isen. Der er desuden observeret gejsere.

På en mission til Jupiters måne skal en robot bore igennem isen for dels at påvise flydende vand, dels at undersøge, om der findes organiske stoffer og eventuelt liv.

17.14 God artikel om Cassini-Huygens-missionens resultater findes her: wikipedia.org.

17.15 God artikel om Solsystemet findes her: wikipedia.org.

18 Universet

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

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.

TÆNK EFTER 4

- Det vil blive klemt mere og mere sammen.
- 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 5

- 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.
- Inden i ballonen: fortiden. Uden for ballonen: fremtiden.

TÆNK EFTER 6

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

- 18.1
- $2,55 \cdot 10^{17}$ km
 - $1,60 \cdot 10^{18}$ km
 - $7,57 \cdot 10^{15}$ s
 - 212 km/s
 - Solen (med hele Solsystemet) bevæger sig omkring 7 gange hurtigere gennem rummet end Jorden.
 - $7,57 \cdot 10^6$ s eller ca. 3 måneder.

- 18.2 a) 1260 km/s
 b) 10 500 km/s
 c) 210 000 km/s

- 18.3 $r = \frac{v}{H_0}$
 a) 19 Mlysår
 b) 952 Mlysår
 c) 4762 Mlysår

18.4
$$H_0 = 21 \frac{\text{km/s}}{\text{Mlysår}} = \frac{21 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{10^6 \cdot 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m}}$$

$$= 2,2 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$$

- 18.5 a) $z = 0,08$
 b) 24 000 km/s
 c) 1143 Mlysår

- 18.6 a) Faktoren er ca. 1,04.
 b) $z = 0,04$
 c) $v = 12\,000 \text{ km/s}$, og $r = 571 \text{ Mlysår}$.

- 18.7 a) $\frac{1}{H_0} = \frac{1}{2,2 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}} = 4,5 \cdot 10^{17} \text{ s}$
 b) Ca. 14,3 milliarder år

- 18.8 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 $1 \text{ lysår} = c \cdot 1 \text{ år}$.

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.

- 18.9 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 rødforskydet 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) rødforskudt og mister energi. Spoler man tiden tilbage, vil strålingen blive blåforskudt og få mere og mere energi. Dermed stiger temperaturen.