

- 5.52 a) 54 J  
b) 42 J  
c) Nej, eftersom den totala rörelseenergin inte är lika stor efter kollisionen som den var före.

- 5.53 a)  $0,50 \cdot 1,6 + 1,2 \cdot (-1,8) = 0,50v_{A2} + 1,2v_{B2}$   
b)  $1,6 - (-1,8) = v_{B2} - v_{A2}$   
c) Vagnen med massan 0,50 kg får hastigheten 3,2 m/s, den andra vagnen får hastigheten 0,20 m/s. Båda vagnarnas hastigheter byter riktning.

- 5.54 Den vänstra vagnen får hastigheten 2,6 m/s åt vänster, den högra vagnen får hastigheten 2,4 m/s åt höger.

## Kapitel 6 – Tryck

- 6.1 1,7 kPa
- 6.2 1,2 kg
- 6.3 a) 1,1 dm<sup>2</sup>  
b) 4,3 g/cm<sup>3</sup>
- 6.4 1,5 kPa, 2,5 kPa och 3,9 kPa
- 6.5 3,1 kPa
- 6.6 a) 100 Pa  
b) 590 bar
- 6.7 Det är lika stort.
- 6.8 11,0 kg
- 6.9 a) 27 kPa  
b) 39 kPa  
c) 25 kPa
- 6.10 60 m
- 6.11 a) 101,3 kPa  
b) *Standard Temperature and Pressure*, eller standardtryck och temperatur på svenska. Det finns några olika definitioner av STP, men en vanlig är att STP motsvarar lufttrycket 101,3 kPa och temperaturen 0 °C. Trycket 101,3 kPa kan med andra enheter skrivas som 1,013 bar eller 1,0 atm.

- 6.12 a) 128 kPa  
b) 140 kPa  
c) 126 kPa

- 6.13 a) 101,3 kPa  
b) 150 kPa  
c) Varje sida påverkas av 7,8 kN.

- 6.14 Pascals princip säger att i en instängd vätska så sprids alla tryckökningar i alla riktningar till alla delar av vätskan.

- 6.15 a) 101,3 kPa  
b) 0 N, eftersom lufttrycket inuti lådan också är 101,3 kPa.

- 6.16 10,3 m

- 6.17 a) Den instängda vätskan inuti behållaren utsätts för en tryckökning när kraften  $F_1$  verkar på toppen av den ena cylindern. Denna tryckökning sprids i alla riktningar till alla delar av vätskan, och kommer därmed att påverka toppen av den andra cylindern med ett tryck. Detta gör att toppen av den andra cylindern påverkas av en kraft, som är utritad som  $F_2$  i figuren.  
b) 270 kPa  
c) 1,4 kN

- 6.18 Joel har ju även luft inuti kroppen som trycker hans kropp utåt, och eftersom luften inuti kroppen har samma lufttryck som luften utanpå så påverkas han inte av någon nettokraft.

- 6.19 0,82 g/cm<sup>3</sup>

- 6.20 När han tar ner flaskan till havsnivån kommer den att pressas ihop, eftersom lufttrycket utanför flaskan är mycket större än lufttrycket inuti flaskan (det är ett *undertryck* i flaskan). När han tar upp flaskan på berget igen så kommer den delvis att återgå till sin ursprungliga form, om den inte sprack när den var hoppresad.

- 6.21 8100 kg

- 6.22 3,0 cm

- 6.23  $h_1 = 9,1$  cm,  $h_2 = 10,9$  cm

- 6.24  $\sqrt{3}$

- 6.25 24 mN

- 6.26 26 mN

- 6.27** Det får som högst ha samma densitet som olivolja, d.v.s.  $0,91 \text{ g/cm}^3$ .
- 6.28** a) Tyngdkraften och en lyftkraft enligt Arkimedes princip.  
b)  $0 \text{ N}$ , eftersom den flyter så ligger den stilla.  
c)  $18 \text{ N}$  (den måste vara lika stor som tyngdkraften, men ha motsatt riktning).  
d)  $1,8 \text{ kg}$ .  
e)  $1,8 \text{ dm}^3$ .
- 6.29** a)  $87 \text{ mN}$   
b)  $0,60 \text{ N}$
- 6.30**  $13 \text{ g}$
- 6.31** a)  $0,49 \text{ kg}$   
b)  $1,9 \text{ N}$   
c)  $0,19 \text{ dm}^3$   
d)  $2,6 \text{ g/cm}^3$
- 6.32** a) Normalkraften kommer att vara lika stor som tyngdkraften minus lyftkraften.  
b)  $0,12 \%$
- 6.33**  $54 \text{ m}^3$
- 6.34**  $1,9 \text{ g/cm}^3$
- 6.35**  $75 \text{ g}$
- 6.36** Kraftresultanten som verkar på ballongen är  

$$F_{\text{lyft}} - mg = \rho_{\text{luft}}gV - \rho_{\text{gas}}gV =$$

$$= gV(\rho_{\text{luft}} - \rho_{\text{gas}})$$
Om en vikt hängs i ballongen så kommer den att påverkas av denna kraft riktat uppåt. Den andra kraften som påverkar vikten är dess tyngdkraft. Om vikten ska vara så tung som möjligt, utan att ballongen ska sjunka mot marken, så kommer den att hänga stilla i luften. Då är kraftresultanten som verkar på vikten  $0 \text{ N}$ . Detta medför
$$m_{\text{vikt}}g = gV(\rho_{\text{luft}} - \rho_{\text{gas}})$$

$$m_{\text{vikt}} = V(\rho_{\text{luft}} - \rho_{\text{gas}})$$
V.S.V.
- 6.37** a)  $273 \text{ K}$   
b)  $373 \text{ K}$   
c)  $792 \text{ K}$   
d)  $195 \text{ K}$
- 6.38** a)  $-223 \text{ }^\circ\text{C}$   
b)  $137 \text{ }^\circ\text{C}$   
c)  $-273 \text{ }^\circ\text{C}$   
d)  $1427 \text{ }^\circ\text{C}$
- 6.39** a)  $n$ , antalet mol av gasen kan inte förändras eftersom lådan är lufttät.  $R$ , eftersom  $R$  är en konstant.  $V$ , lådans volym förändras inte eftersom den får antas bestå av ett hållbart material.  
b) Före uppvärmningen är temperaturen  $293 \text{ K}$ , efter uppvärmningen är den  $313 \text{ K}$ .  
c)  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{nR}{V}$  och  $\frac{p_2}{T_2} = \frac{nR}{V}$   
d) Från ekvationerna fås  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ , och det går då att bestämma att det nya lufttrycket är  $108 \text{ kPa}$ .
- 6.40** a)  $n$ , antalet mol av gasen kan inte förändras eftersom ballongen är lufttät.  $R$ , eftersom  $R$  är en konstant.  $p$ , luften inuti ballongen har alltid samma lufttryck som luften utanför. Om lufttrycken inte vore lika stora så skulle ballongen pressas ihop eller växa till dess att trycken blev lika stora.  
b) Före uppvärmningen är temperaturen  $288 \text{ K}$ , efter uppvärmningen är den  $306 \text{ K}$ .  
c)  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{nR}{p}$  och  $\frac{V_2}{T_2} = \frac{nR}{p}$ , från dessa ekvationer fås  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$  och det går då att räkna ut att den nya volymen blir  $4,3 \text{ dm}^3$ .
- 6.41**  $25 \text{ }^\circ\text{C}$
- 6.42**  $39 \text{ liter}$
- 6.43**  $13,1 \text{ cm}$
- 6.44** Gasens tryck kommer att öka med  $59 \%$ .
- 6.45** Gasens densitet skulle minska med  $13 \%$ .

## Kapitel 7 – Värme och temperatur

- 7.1**  $60 \text{ kJ}$
- 7.2**  $56 \text{ kJ}$
- 7.3** a)  $17 \text{ }^\circ\text{C}$   
b)  $1,4 \text{ kg}$
- 7.4** Titan, eller något annat ämne som har den specifika värmekapaciteten  $0,52 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ .

- 7.5** a) Hur mycket rörelseenergi atomerna i föremålet har.  
b) Den absoluta nollpunkten, 0 K, är temperaturen som motsvarar "ingen rörelseenergi" för atomerna.  
c) Man brukar anta att ingen värme avges till omgivningen, men detta stämmer inte med verkligheten. Det är svårt att mäta hur mycket värme som avges till omgivningen.
- 7.6** 22 °C
- 7.7** Vatten leder värme bättre än luft, och därför överförs värme snabbare från vattnet till kroppen än från luften till kroppen.
- 7.8** a) 445 K  
b) 327 °C
- 7.9** 128 m
- 7.10** a) Järnplattan känns kallast, eftersom järn leder värme bättre än trä.  
b) Järnplattan kommer att nå rumstemperatur snabbast, eftersom järn leder värme bättre än trä. Ämnens specifika värmekapacitet spelar också roll när det gäller vilket ämne som når rumstemperatur snabbast, men järn och trä har ganska så lika specifika värmekapaciteter.
- 7.11** 460 W
- 7.12** 17 °C
- 7.13** 3,60 kJ/(kg · K)
- 7.14** 200 kJ
- 7.15** a) 11 kJ  
b) 16 kJ
- 7.16** Knappt 3 minuter (ca 170 sekunder).
- 7.17** a) 750 kJ  
b) 4,7 MJ
- 7.18** Glykol (eller någon annan vätska med en ångbildningsentalpitet runt 800 kJ/kg).
- 7.19** 5,4 kJ
- 7.20** a) 60 kJ  
b) 800 kJ  
c) 11 kJ  
d) 870 kJ
- 7.21** a) 81 kJ  
b) 60 %
- 7.22** 4,8 MJ
- 7.23** 5,9 J
- 7.24** Järn har smältpunkten 1538 °C. För att spisplattan ska kunna smälta järnet så måste plattan minst få denna temperatur, men vanliga spisar klarar inte av detta. När spisplattan blir varmare kommer mer och mer värme avges till luften runt den. När järnskålen blir varmare så minskar dessutom temperaturskillnaden mellan skålen och plattan, och effekten som järnskålen värms upp med kommer att minska. Felet i modellen är att Bengt antar att den tillförda effekten till skålen kommer vara konstant.
- 7.25** 18 °C
- 7.26** 2,9 °C
- 7.27** a) 57 W  
b) Det absorberas av asfalten och gör att den värms upp.
- 7.28** 0,41
- 7.29** a) 342 W  
b) Om det vore större så skulle jorden kylas ner, om det vore mindre så skulle jorden värmas upp.
- 7.30** Den har troligtvis lågt albedo, eftersom det synliga ljuset inte reflekteras av tröjan (det är därför som den är svart).
- 7.31** Den stiger uppåt, eftersom den får lägre densitet än luften runt omkring.

- 7.32** a) Växthuseffekten innebär att en del av strålningen som jorden skickar ut reflekteras och sprids tillbaka mot jorden av atmosfären. Detta gör att jorden är varmare än vad den skulle vara om all strålning direkt skickades ut i rymden.  
b) Problemet med växthuseffekten är att den håller på att öka, vilket gör att jorden i framtiden kan bli ännu varmare. Detta kan leda till problem för olika sorters liv på många platser på jorden.
- 7.33** Eftersom marken vid Göteborg roterar kring jordens axel långsammare än vad marken vid Tyskland gör, så måste flygplanet accelerera för att ha samma rotationshastighet som marken i Tyskland. Detta innebär att flygplanet känner av en kraft riktad västerut när det flyger rakt söderut mot Tyskland, och det måste då själv motverka detta med en lika stor kraft riktad österut för att kunna flyga rakt söderut.
- 7.34** a) Från förmiddagen fram till eftermiddag/kväll.  
b) Vid kuster och nära kuster.  
c) In mot land.
- 7.35** 0,45 N riktat österut.
- 7.36** Varm luft stiger p.g.a. att dess densitet är lägre än kall lufts. Detta går att visa med den ideala gaslagen, trots att gasens densitet inte ingår i den. Gasens densitet är proportionell mot antalet mol av gasen delat med gasens volym, d.v.s.  $n/V$ . Löser man ut detta uttryck i den ideala gaslagen får man
- $$\frac{n}{V} = \frac{p}{RT}$$
- Anta att ett litet område med luft värms upp. Den uppvärmda luftens tryck kommer att vara lika stort som den omgivande luftens tryck, annars så expanderar luften till dess att detta gäller. Trycket är alltså lika stort för den varma och kalla luften. Vi ser från det uttryck som vi härledde från den ideala gaslagen att densiteten är proportionell mot  $\frac{p}{RT}$ , och eftersom  $p$  och  $R$  är konstanta så kommer den varma luften att få lägre densitet, eftersom den har högre temperatur.
- 7.37** Luften rör sig i cirklar moturs runt lågtrycket. Corioliseffekten påverkar luften med en kraft när den rör sig, och därför blåser luften inte bara rakt in mot lågtrycket.
- 7.38** Små fel och osäkerheter i insamlingen av data växer och blir större med tiden. Det är också svårt att samla in exakt data om allt som händer i

atmosfären, och det skulle krävas ofantligt mycket beräkningskraft för att göra prognoser om man kände till allt.

- 7.39** a) Luften rör sig i cirklar moturs kring högtrycket.  
b) Det är Corioliseffekten som får luften att röra sig i cirklar kring ett högtryck, och eftersom Sverige ligger på det norra halvklotet och Australien på det södra halvklotet så har Corioliseffekten olika riktningar där.
- 7.40** a) Vanliga uppskattningar ligger mellan 1 °C och 6 °C.  
b) Minska utsläppet av växthusgaser, t.ex. koldioxid.

## Kapitel 8 – Hållbar energiförsörjning

- 8.1** Det innebär att elenergi har en större maximal teoretisk verkningsgrad än solenergi. Man kan alltså få ut mer mekaniskt arbete av en viss mängd elenergi än vad man kan få av samma mängd solenergi.
- 8.2** a) Den ökar med 4,9 kJ/K.  
b) Den minskar med mindre än 4,9 kJ/K.
- 8.3** a) Energi kan inte skapas eller förstöras, bara omvandlas mellan olika energiformer.  
b) Den totala entropin i universum ökar alltid.
- 8.4** Bensin.
- 8.5** a) Den minskar med 0,36 kJ/K.  
b) Den ökar med mer än 0,36 kJ/K.
- 8.6** Den inre energin för ett föremål är summan av lägesenergin och rörelseenergin för alla atomer i föremålet.
- 8.7** Entropin är ett mått på oordningen. I lådan med kall och varm luft är atomerna ordnade (sorterade) så att de kalla är i den ena halvan och de varma är i den andra halvan. I lådan med ljummen luft överallt så är det ingen skillnad på atomerna på olika ställen, alltså finns det ingen sortering (ordning). Lådan med ljummen luft är mer oordnad, och därför är entropin störst för lådan med ljummen luft.

- 8.8** a) Stålet kommer att avge lika mycket värme som vattnet tar upp, så  $\Delta E$  är lika stort för både stålet och vattnet fast med olika tecken. Däremot så är temperaturen olika för de båda föremålen, stålet är varmare och därför kommer entropin att minska mindre för stålet än vad det kommer att öka för vattnet.  
b) Om värme skulle ledas från ett kallt föremål till ett varmt föremål så skulle den totala entropin minska. Det är möjligt för detta att ske, men sannolikheten för detta är extremt liten även om man studerar väldigt små föremål, så därför ser man aldrig detta hända.
- 8.9** Lagrade energikällor finns endast i begränsade mängder på jorden, förnybara energikällor återskapas av naturen hela tiden.
- 8.10** Uran, olja och biobränsle
- 8.11** Vatten, vind och biobränsle
- 8.12** Med varmvatten i rör. Hela systemet av rör kallas för ett fjärrvärmenät.
- 8.13** El, varmvatten och bränsle.
- 8.14** Både elektricitet och värme.
- 8.15** Värdena ändras från år till år. Ett exempel är år 2012, då var den största energikällan i elproduktionen vattenkraft (48 %), den näst största var kärnkraft (38 %). Tillsammans stod alltså vattenkraften och kärnkraften för 86 % av Sveriges elproduktion år 2012.
- 8.16** Värdena ändras från år till år. Ett exempel är år 2012, då industrin använde 37 % av Sveriges producerade el.
- 8.17** De kan till exempel hindra vandringen för fiskar.
- 8.18** T.ex. koldioxid, metan, vattenånga eller svavelhexafluorid.
- 8.19** 0,8 °C
- 8.20** Risken för olyckor (som t.ex. har skett i Tjernobyli och Fukushima) samt att det bildas radioaktivt avfall som är skadligt för människor under en väldigt lång tid.
- 8.21** Vid förbränningen av kolet eller oljan så bildas koldioxid som släpps ut i atmosfären, och koldioxid är en växthusgas.

- 8.22** Studier har jämfört koncentrationen av koldioxid i atmosfären och jordens medeltemperatur under tusentals år, och sett att de varierar på samma sätt (det finns en stark korrelation mellan dem). Koldioxidhalten har bestämts genom att undersöka luftbubblor i isen på jordens poler, och temperaturen kan bestämmas genom att undersöka hur vissa atomer i isen är uppbyggda.

## Kapitel 9 – Elektricitet

- 9.1** a)



- b)

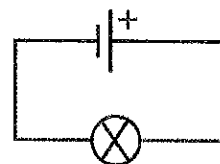


- c)



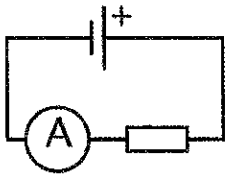
- 9.2** Elektroner (som har den negativa laddningen  $-e$ , d.v.s.  $-1,602 \cdot 10^{-19}$  C), protoner (som har den positiva laddningen  $e$ , d.v.s.  $1,602 \cdot 10^{-19}$  C), och neutroner som är neutrala (de har ingen laddning).
- 9.3** 22  $\mu$ N riktad bort från den andra partikeln, kraften är repulsiv eftersom båda partiklarnas laddning har samma tecken.
- 9.4** 0,12 mN, två laddningar påverkar alltid varandra med lika stor elektrisk kraft.
- 9.5**  $1,4 \cdot 10^{-15}$  C
- 9.6** 3,0 mm
- 9.7** 11 miljarder överskottselektroner.
- 9.8** 8,1 nC
- 9.9** a)  $2,3 \cdot 10^{-24}$  N  
b)  $8,9 \cdot 10^{-30}$  N  
c)  $5,5 \cdot 10^{-67}$  N

- 9.10** a) Några av ledningselektronerna kommer att dras åt metallblockets vänstra sida, så blockets vänstra sida blir negativt laddad och den högra sidan blir positivt laddad.  
b) Då kommer elektronerna att sprida ut sig jämnt igen, och blocket blir oladdat. Om man hade delat på blocket när sidorna var laddade så hade elektronerna inte kunnat återgå till sina ursprungliga platser.  
c) Då hade blocket inte blivit laddat, eftersom elektronerna i plast inte kan röra sig fritt (vilket en del av elektronerna i en metall kan).
- 9.11** 14  $\mu\text{N}$ , kulorna kommer repellera varandra eftersom båda har laddningen 2,0 nC.
- 9.12** a) Nej, det är elektroner som rör sig bort från den ena halvan av klotet som gör att den halvan blir positivt laddad.  
b) Negativ.
- 9.13** Kulan längst till vänster påverkas av kraften 6,7 mN åt höger, kulan i mitten påverkas av kraften 14 mN åt vänster och kulan längst till höger påverkas av kraften 7,3 mN åt höger.
- Notera att summan av resultaten är noll, om du vill kan du undersöka om detta gäller oavsett laddningarnas storlek.*
- 9.14** Han ska placera kula C någonstans på en rät linje som går genom både kula A och kula B. Om kraftresultanten som verkar på kula A ska vara 0 N så ska kulan placeras 5,9 cm ifrån kula A, på andra sidan kula B (d.v.s. 0,9 cm ifrån kula B). Om kraftresultanten som verkar på kula B ska vara 0 N så ska kulan placeras 9,4 cm ifrån kula B, på andra sidan kula A (d.v.s. 4,4 cm ifrån kula A).
- 9.15** 2,5 mA
- 9.16** a) 5,0 C  
b)  $3,1 \cdot 10^{19}$  elektroner
- 9.17** 15 kJ
- 9.18** 70 mC
- 9.19** 9,0 V
- 9.20** 3,0 mA
- 9.21** 580  $\Omega$
- 9.22** 0,15 A riktat in mot förgreningspunkten.
- 9.23** Det kommer att gå störst ström genom resistorn med låg resistans.
- 9.24**  $3,5 \cdot 10^{16}$  elektroner varje sekund.
- 9.25** Uppe till höger i figuren så kommer en ström med storleken 140 mA att gå in mot den högra förgreningspunkten. Nere till vänster i figuren så kommer en ström med storleken 20 mA att gå in mot den vänstra förgreningspunkten.
- 9.26** a) 45 m $\Omega$   
b) 4,5 mV
- 9.27** 1,5 timmar.
- 9.28** a) Om man låter spänningen vara på y-axeln och strömmen på x-axeln så kommer den räta linjens lutning att motsvara motståndets resistans.  
b) Om man anpassar en linje till Jakobs mätvärden får man att linjens lutning är ca 240, och alltså är resistorns resistans 240  $\Omega$ .
- 9.29** 0,80 mm.
- 9.30** 23 % snabbare
- 9.31** 0,30 W
- 9.32** Dess radie måste vara fem gånger så stor som kopparkabelns.
- 9.33** a) 25 mA  
b) 25 mA
- 9.34** a) 1,6 k $\Omega$   
b) Medurs.  
c) Moturs.
- 9.35** a)

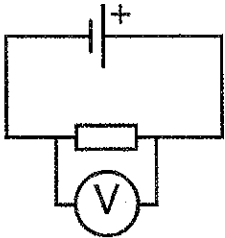


b) 4,5 V

- 9.36 a) Amperemetern ska seriekopplas med resistorn.  
b)



- c) Voltmetern ska parallellkopplas med resistorn.  
d)

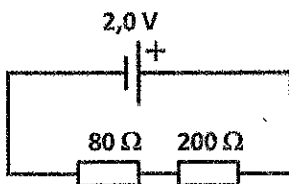


- 9.37 a) Seriekoppling.  
b)  $800 \Omega$   
c)  $1,9 \text{ mA}$   
d)  $1,9 \text{ mA}$  genom varje resistor. Vid seriekoppling av resistorer så är strömmen genom alla resistorerna alltid lika stor.  
e)  $1,1 \text{ V}$  över  $600 \Omega$ -resistorn samt  $0,38 \text{ V}$  över  $200 \Omega$ -resistorn. Den sammanlagda spänningen är lika stor som batteriets spänning.  
9.38 a) Parallellkoppling.  
b) Spänningen är  $2,0 \text{ V}$  över varje resistor, d.v.s. detsamma som batteriets spänning.  
c)  $20 \text{ mA}$  genom  $100 \Omega$ -resistorn,  $10 \text{ mA}$  genom  $200 \Omega$ -resistorn.  
d)  $30 \text{ mA}$   
e)  $67 \Omega$   
f)  $30 \text{ mA}$ , vilket går att beräkna antingen med ersättningsresistansen, eller genom att lägga ihop strömmen genom varje resistor.

9.39  $6,0 \text{ mA}$

- 9.40 Ingen ström kommer att gå genom resistorn, eftersom batteriet är kortslutet via den andra ledningen. (Det går fortfarande en minimal ström genom resistorn, men den är försumbar).

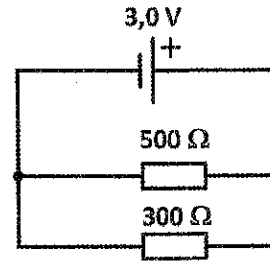
9.41 a)



- b) Strömmen genom resistorn är  $7,1 \text{ mA}$  och spänningen över resistorn är  $0,57 \text{ V}$ ,  
c) Strömmen genom resistorn är  $7,1 \text{ mA}$  och spänningen över resistorn är  $1,4 \text{ V}$ .

9.42 Strömmen genom batterierna är  $1,8 \text{ mA}$ .

9.43 a)



- b) Spänningen över resistorn är  $3,0 \text{ V}$  och strömmen genom den är  $6 \text{ mA}$ .  
c) Spänningen över resistorn är  $3,0 \text{ V}$  och strömmen genom den är  $10 \text{ mA}$ .

9.44 Spänningen över resistorn är  $1,5 \text{ V}$  och strömmen genom den är  $5,0 \text{ mA}$ .

9.45 Amperemetern kommer att visa  $21 \text{ mA}$  och voltmetern kommer att visa  $4,2 \text{ V}$ .

9.46 Strömmen som går genom batteriet kommer att vara  $\frac{I}{n}$

9.47  $55 \text{ mA}$

9.48 Amperemetern kommer att visa  $2,7 \text{ mA}$ , voltmetern kommer att visa  $6,7 \text{ V}$ .

9.49 Kalla resistorerna för  $R_1$  och  $R_2$ . Spänningen  $U$  kommer att vara lika stor över båda resistorerna, men strömmarna  $I_1$  och  $I_2$  är inte lika stora såvida inte resistorerna har samma resistans. Dock gäller Ohms lag för båda resistorerna, så

$$U = R_1 \cdot I_1$$

samt

$$U = R_2 \cdot I_2$$

Vi vill kunna använda Ohms lag för att bestämma den totala strömmen (strömmen genom batteriet) med hjälp av ersättningsresistansen. Alltså vill vi att

$$U = R_{\text{tot}} \cdot I_{\text{tot}}$$

Vi vet, med hjälp av Kirschhoffs första lag, att den totala strömmen är lika med summan av de båda delströmmarna, alltså

$$I_{\text{tot}} = I_1 + I_2$$

Om vi löser ut strömmarna i de tre första ekvationerna och sätter in i den fjärde ekvationen får vi

$$\frac{U}{R_{\text{tot}}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$$

Genom att förkorta bort  $U$  så får vi

$$\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

och detta samband gäller alltså alltid för två parallellkopplade resistorer.

- 9.50 a) 380  $\Omega$   
b) 150  $\Omega$   
c) 60 mA

- 9.51 a) 133  $\Omega$   
b) 233  $\Omega$   
c) 51 mA  
d) 6,9 V  
e) 17 mA

- 9.52 a) 0,7 V  
b) 0,7 V  
c) 11 mA  
d) 170  $\Omega$   
e) 1,8 V  
f) 4,5 mA

9.53 690  $\Omega$

9.54 4,3 V

9.55 10 mA

9.56 1,8 V

9.57 1,5 mA, strömmen går genom amperemetern uppåt i figuren.

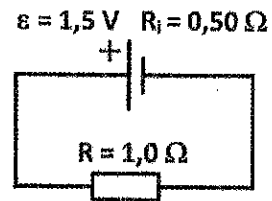
9.58  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{4}{3}$

- 9.59 a) 48 mW  
b) 30  $\Omega$

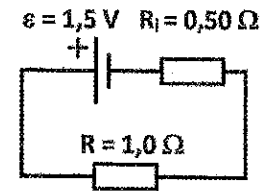
9.60 53 W

9.61 1,8 V

9.62 a)



b)



- c) 1,0 A  
d) 1,0 V  
e) 1,0 V

9.63 0,17 A

9.64 0,45  $\Omega$

9.65 Det går inte att ta ut hur stor ström som helst från ett batteri, Mats har glömt bort att batteriet har en inre resistans. När man försöker ta ut en stor ström från batteriet så minskar dess polspänning på grund av att en del av batteriets ems kommer att ligga över den inre resistansen.

9.66 79 %

- 9.67 a) Linjen får ekvationen  $U = 1,49 - 0,65 \cdot I$ .  
b) Batteriets ems är skärningspunkten med  $U$ -axeln, d.v.s. spänningen när strömmen är 0 A. Värdet för batteriets ems är 1,49 V.  
c) Den inre resistansen är linjens lutning, d.v.s. 0,65  $\Omega$ .  
d) Batteriets kortslutningsström är dess skärning med  $I$ -axeln, d.v.s. strömmen när polspänningen är 0 V. Värdet för batteriets kortslutningsström är 2,31 A.



**9.68** Ja, på grund av att spänningen över lampan minskar (det går också att förklara med att strömmen genom lampan minskar, båda förklaringarna är korrekta) så kommer lampans styrka att minska. Ersättningsresistansen för de båda lamporna kommer att vara lägre än resistansen för en lampa, och därmed minskar den totala yttre resistansen. När den yttre resistansen minskar kommer en större del av batteriets ems att ligga över den inre resistansen, och därmed minskar batteriets polspänning. För en ideal spänningskälla (som kan leverera oändligt med ström, så som du tidigare har modellerat batterier) så hade detta argumentet inte gällt, men det finns inga ideala spänningskällor.

**9.69** 0,26  $\Omega$

**9.70** 700 m $\Omega$

**9.71** 1,8 V

**9.72** a) 9,0 V  
b) 0 V  
c) 9,0 V  
d) 9,0 V  
e) 0 V

**9.73** a) Spänningen är 0,90 V över 300  $\Omega$ -resistorn, och 0,60 V över 200  $\Omega$ -resistorn.  
b) 0 V  
c) -0,90 V  
d) -1,5 V  
e) 0,90 V

**9.74** a) -0,74 V  
b) 0,76 V

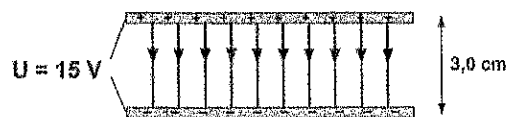
**9.75** a) 1,0 V  
b) 0,5 V  
c) 0,5 V

**9.76** A

**9.77** 6,0 kN/C

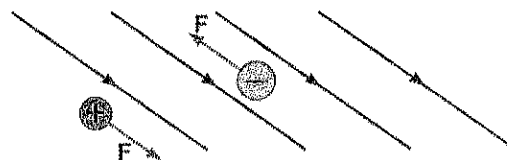
**9.78** a) Om du väljer en partikel med laddningen 1,0 C så är kraften som verkar på den 72 kN.  
b) 72 kN/C

**9.79** a)



b) 500 V/m  
c) 2,5  $\mu$ N, kraften är riktad mot den positiva plattan.

**9.80** a)



b)  $1,9 \cdot 10^{-15}$  N på båda partiklarna, fast riktningarna är motsatta enligt figuren.

**9.81** 35 MN/C riktat åt vänster.

**9.82** Påstående b och c är korrekta.

**9.83** a) 200 V  
b) 200 V

**9.84** 4,0 cm

**9.85** a) Plattan i mitten har potentialen -170 V, plattan till vänster har potentialen 80 V.  
b) 80 V

**9.86** 3,2 V

**9.87** Om vi sätter en testladdning med laddning  $Q_{\text{test}}$  på avståndet  $r$  från den första laddningen, så kan vi beräkna kraften som verkar på testladdningen och därefter bestämma en formel för den elektriska fältstyrkan. Kraften som verkar på testladdningen är

$$F = k \frac{Q \cdot Q_{\text{test}}}{r^2}$$

Fältstyrkan vid testladdningen kan beräknas med

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{k \frac{Q \cdot Q_{\text{test}}}{r^2}}{Q_{\text{test}}} = k \frac{Q}{r^2}$$

En formel som kan användas för att beräkna den elektriska fältstyrkan på avståndet  $r$  från en laddning  $Q$  är därmed

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

**9.88** -0,38 V

**9.89** 86 V

## Kapitel 10 – Relativitetsteori och partikelfysik

- 10.1** a) c, d.v.s.  $3,0 \cdot 10^8$  m/s  
b) 3,5 m/s  
c) 23,5 m/s  
d) c, d.v.s.  $3,0 \cdot 10^8$  m/s  
e) c, d.v.s.  $3,0 \cdot 10^8$  m/s

- 10.2** a) Hanna, Joel tycker att tiden kommer att gå långsammare för henne. Han tycker att hans egen tid går helt normalt.  
b) Joel, Hanna tycker att tiden kommer att gå långsammare för honom. Hon tycker att hennes egen tid går helt normalt.

- 10.3** Nej, ingenting kan färdas snabbare än ljuset. Föremålet som skjuts ut från kanonen kommer att få en hastighet som är något lägre än ljusets hastighet. Det går räkna ut vilken hastighet föremålet får, men detta ingår inte i kursen fysik 1.

- 10.4** a) Markus tycker att jorden, samt alla som finns på jorden, påverkas av längdkontraktion. De kommer att pressas ihop och bli kortare i Markus färdriktning.  
b) Johan tycker att Markus samt Markus rymdskepp påverkas av längdkontraktion. De kommer att pressas ihop och bli kortare i Markus färdriktning.

- 10.5** Ja, det är möjligt. Det går att förklara på olika sätt beroende på vems perspektiv man tar. Enligt någon som färdas mot Canopus med hög hastighet så kommer avståndet till Canopus att minska p.g.a. längdkontraktion, och därmed går resan snabbare. Enligt någon som befinner sig på jorden kommer tiden på ett rymdskepp som färdas mot Canopus att gå långsammare än på jorden, och därför kommer personerna på rymdskeppet att inte åldras lika snabbt.

- 10.6** Den speciella relativitetsteori används framförallt för att studera föremål som färdas med hög hastighet. Den går att använda för föremål med låg hastighet också, men då ger de klassiska teorierna (Newtons teorier) svar som oftast är tillräckligt bra. Rymdskepp och

exempel i rymden används dock ofta när man pratar om den speciella relativitetsteori, så att man slipper tänka på t.ex. friktion, luftmotstånd eller problemet att krocka med andra föremål som man skulle ha om man färdades väldigt snabbt på jorden.

- 10.7** a) Båda tvillingarna har rätt, det finns ingen universell klocka som gäller för alla.  
b) Tvillingen som reser iväg och sedan kommer tillbaka kommer att åldras långsammare, så tvillingen som stannar på jorden åldras mest.  
c) När tvillingen som rest iväg vänder så måste denna tvilling accelerera, och det är därför som denna tvilling åldras minst.

- 10.8** a) 25 år  
b) 23 år  
c) 9,2 ljusår

- 10.9** a) 1,5 meter  
b) Lika tjockt som vanligt, längdkontraktionen påverkar endast spjutet i färdriktningen.  
c) 2,5 meter  
d) Alla har rätt, det finns ingen "egentlig" längd. Däremot har spjutet alltid samma vilolängd, men den är alla överens om att den är 2,5 meter, även de som anser att spjutet just nu är 1,5 meter.

- 10.10** 6,1 år

- 10.11** 0,59c

- 10.12** 0,53c

- 10.13** a)  $6,3 \cdot 10^{18}$  J  
b)  $7,2 \cdot 10^{15}$  J  
c)  $8,2 \cdot 10^{-14}$  J  
d)  $1,5 \cdot 10^{-10}$  J

- 10.14** a)  $6,4 \cdot 10^{19}$  J  
b) 2,1 MJ  
c)  $6,4 \cdot 10^{19}$  J (den totala energin är summan av rörelseenergin och viloenenergin, men rörelseenergin är väldigt liten i förhållande till viloenenergin).  
d) Mindre än en miljondels miljondel. Utskrivet i procent blir det 0,00000000000034 %.

- 10.15** a)  $6,2 \cdot 10^{19}$  eV  
b)  $4,0 \cdot 10^{22}$  eV  
c) 4,6 TeV (d.v.s.  $4,6 \cdot 10^{12}$  eV)

- 10.16** a)  $9,6 \cdot 10^{-19}$  J  
b)  $3,2 \cdot 10^{-11}$  J  
c) 1,1 nJ
- 10.17** a) 0,15 nJ  
b) 940 MeV
- 10.18** a)  $6,25 \cdot 10^{11}$  J, både klassiskt och relativistiskt.  
b)  $2,25 \cdot 10^{13}$  J, både klassiskt och relativistiskt.  
c)  $2,25 \cdot 10^{15}$  J klassiskt,  $2,26 \cdot 10^{15}$  J relativistiskt.  
d)  $1,40 \cdot 10^{16}$  J klassiskt,  $1,47 \cdot 10^{16}$  J relativistiskt.  
e)  $2,20 \cdot 10^{17}$  J klassiskt,  $2,74 \cdot 10^{18}$  J relativistiskt.
- 10.19** Det går inte att få någonting med massa att nå ljushastigheten. När hastigheten för rymdskeppet närmar sig ljushastigheten kommer energin som krävs för att nå en högre hastighet närma sig oändligheten.
- 10.20** 0,78c
- 10.21** 0,80c
- 10.22** 0,87c
- 10.23** a) Två u-kvarkar och en d-kvark.  
b) En u-kvark och två d-kvarkar.  
c) Inga, elektronen består inte av kvarkar (eller några andra partiklar heller, den är en elementarpartikel)
- 10.24** 6 st
- 10.25** 43 u-kvarkar och 44 d-kvarkar.
- 10.26**  $+1e$
- 10.27** a) 6 st  
b) Elektronen
- 10.28** a) För att den totala massan efter sönderfallet är mindre än massan före sönderfallet. En del av massan har omvandlats till energi, massa är en energiform enligt relativitetsteorin.  
b) 41,4 MeV
- 10.29** Kvarkarna sitter tre och tre (i partiklar som kallas baryoner) eller två och två (i partiklar som kallas mesoner, mesoner består av en kvark och en antikvark).
- 10.30** 219 MeV
- 10.31** Den starka kärnkraften.
- 10.32** Den elektromagnetiska kraften.
- 10.33** På grund av att den starka kärnkraften håller samman protonerna och neutronerna.
- 10.34** Fotonen.
- 10.35** Gravitationen och den svaga kärnkraften.
- 10.36** För att det finns i princip lika stor total positiv som negativ laddning på jorden (eller i solen, ett solsystem eller en galax). Den totala laddningen blir därför inte så stor, och därför märks inte den elektromagnetiska kraften lika mycket på astronomiska avstånd i universum. Det finns inte någon negativ massa, alla massa attraherar all annan massa och därför märks den på stora avstånd.
- 10.37** Den elektromagnetiska kraften, gravitationen och den svaga kärnkraften.
- 10.38** Den svaga kärnkraften.
- ### Kapitel 11 – Kärnfysik
- 11.1** En ljuspartikel. Ljus består av partiklar (små energiknippen) som kallas för just fotoner.
- 11.2** a, b, och d är sanna.
- 11.3** Det innebär att ljus har både partikelegenskaper och vågegenskaper. I vissa experiment och fenomen så verkar det som att ljus är en partikel, i andra experiment och fenomen så verkar det som att ljus är en våg.
- 11.4** Vågen består av svängande elektriska fält och magnetfält.
- 11.5**  $3,68 \cdot 10^{-19}$  J
- 11.6** Mellan ungefär 380 nm – 740 nm.
- 11.7** a)  $2,96 \cdot 10^{-19}$  J  
b) 670 nm  
c) Ja, denna våglängd ingår i det synliga spektrumet.
- 11.8** Våglängden. Både radiovågor och synligt ljus är elektromagnetisk strålning, men de har olika våglängd.

- 11.9** a) Nej, denna våglängd ingår inte i det synliga spektrumet.  
b) 15 keV.
- 11.10** 10 protoner, 12 neutroner och 10 elektroner.
- 11.11** De har olika antal neutroner, och därför kan de också ha olika fysikaliska egenskaper. Däremot är deras kemiska egenskaper lika.
- 11.12** Neutroner och protoner, alltså alternativ a och d.
- 11.13** a) 1 proton, 0 neutroner, 1 elektron.  
b) 47 protoner, 62 neutroner, 47 elektroner  
c) 29 protoner, 34 neutroner, 29 elektroner  
d) 22 protoner, 26 neutroner, 22 elektroner  
e) 2 protoner, 2 neutroner, 2 elektroner  
f) 11 protoner, 12 neutroner, 11 elektroner
- 11.14** a) 14,003u,  $2,3253 \cdot 10^{-26}$  kg  
b) 24,986u,  $4,1490 \cdot 10^{-26}$  kg  
c) 26,982u,  $4,4805 \cdot 10^{-26}$  kg
- 11.15** Ungefär 202u
- 11.16** a) 37,225 GeV  
b) 28,852 GeV
- 11.17** Kväve-15
- 11.18** 63,546u
- 11.19** På grund av att massan av sönderfallsprodukterna är mindre än massan innan sönderfallet. Massan som försvinner omvandlas till energi (rörelseenergi för sönderfallsprodukterna) enligt  $E = mc^2$ .
- 11.20** a) Positroner (elektronens antipartikel).  
b) Heliumkärnor (He-4-kärnor för att vara exakt).  
c) Elektroner.  
d) Fotoner (Ofta väldigt energirika fotoner, med kortare våglängd än vad vi kan se).
- 11.21**  ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$
- 11.22**  ${}_{6}^{14}\text{C} \rightarrow {}_{7}^{14}\text{N} + e^{-} + \bar{\nu}_e$
- 11.23** En av atomens elektroner rör sig in i atomkärnan och fångas in av en av protonerna. Protonen och elektronen omvandlas till en neutron och en neutrino. Neutrino skickas iväg av atomen, men neutronen är kvar. Masstalet

förändras inte för atomen i denna process, men antalet protoner minskar med 1.

- 11.24** a)  ${}_{95}^{241}\text{Am} \rightarrow {}_{93}^{237}\text{Np} + {}_2^4\text{He}$   
b)  ${}_{48}^{113}\text{Cd} \rightarrow {}_{49}^{113}\text{In} + e^{-} + \bar{\nu}_e$   
c)  ${}_{5}^9\text{B} \rightarrow {}_4^8\text{Be} + {}_1^1\text{H}$   
d)  ${}_{27}^{56}\text{Co} \rightarrow {}_{26}^{56}\text{Fe} + e^{+} + \nu_e$   
e)  ${}_{27}^{57}\text{Co} + e^{-} \rightarrow {}_{26}^{57}\text{Fe} + \nu_e$   
f)  ${}_{92}^{235}\text{U} + n \rightarrow {}_{56}^{144}\text{Ba} + {}_{36}^{89}\text{Kr} + 3n$
- 11.25** a) Den blir till rörelseenergi för sönderfallsprodukterna.  
b) Skillnaden i massa mellan en atom och sönderfallsprodukterna som den har sönderfallit till.
- 11.26** a) Den omvandlas till energi, och blir till rörelseenergi för sönderfallsprodukterna.  
b) 3,4933 MeV
- 11.27**  ${}_{86}^{220}\text{Rn} \rightarrow {}_{84}^{216}\text{Po} + {}_2^4\text{He}$ , energin som frigörs är 6,40 MeV.
- 11.28** a)  ${}_{96}^{243}\text{Cm} + e^{-} \rightarrow {}_{95}^{243}\text{Am} + \nu_e$   
b) 518 keV
- 11.29**  ${}_{90}^{228}\text{Th} \rightarrow {}_{88}^{224}\text{Ra} + {}_2^4\text{He}$   
 ${}_{88}^{224}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{220}\text{Rn} + {}_2^4\text{He}$   
 ${}_{86}^{220}\text{Rn} \rightarrow {}_{84}^{216}\text{Po} + {}_2^4\text{He}$   
 ${}_{84}^{216}\text{Po} \rightarrow {}_{82}^{212}\text{Pb} + {}_2^4\text{He}$
- 11.30** Masstal:  $A-8n$   
Antal protoner:  $Z-3n$
- 11.31** a) 8,0 mikrogram.  
b) 2,0 mikrogram.
- 11.32** Varje sekund så sönderfaller i genomsnitt 15 kalium-40-kärnor i bananen.
- 11.33** 12 kBq.
- 11.34** Alternativ b.
- 11.35** a) 2,37 minuter.  
b) 0,00487/sekund  
c) 14,6 kBq

- 11.36** a) 2,737 år  
b)  $8,03 \cdot 10^{-9}$  /sekund, men eftersom vi inte ska beräkna aktiviteten senare så är det smidigare att använda 0,253/år.  
c) 0,34 mg  
d) De minskade med 83 %.  
e) Den minskade med 83 %.
- 11.37** Man mäter halten av kol-14 som finns i något föremål som tidigare har levt. Så länge en organism lever så utbyter den kol med atmosfären, och kommer då att ha samma halt kol-14 som atmosfären har. När organismen dör får den inte längre något nytt kol-14, och det kol-14 som finns i den börjar sönderfalla. Genom att mäta kol-14-halten i organismen kan man bestämma när den dog. För att göra en precis datering använder man sig av kalibreringsdiagram.
- 11.38** 3,1 kBq.
- 11.39** 140 miljoner.
- 11.40** a)  $7,3 \cdot 10^{-10}$ /sekund (här måste vi använda enheten 1/sekund eftersom vi ska använda formeln för aktivitet senare).  
b)  $6,9 \cdot 10^{12}$  st
- 11.41** Preparaten kan innehålla olika antal kärnor, d.v.s. de har olika massa.
- 11.42** 940 år
- 11.43** 117 dagar
- 11.44** a) 12000  
b) 8,5 nW
- 11.45** a)  $\alpha$ -strålning.  
b)  $\gamma$ -strålning.
- 11.46** Att den kan göra atomer som den träffar till joner. Den gör detta genom att slå loss en av atomens elektroner.
- 11.47** Ungefär 200000.
- 11.48** a) Att någonting förstörs. I detta sammanhang så kommer en elektron och en positron att annihilera varandra (förstöra varandra) och omvandlas till två fotoner.  
b)  $\beta^+$ -strålning.
- 11.49** a) Geiger och Müller, två fysiker som utvecklade GM-röret.  
b) GM-röret består av ett gasfyllt rör med en metalltråd i mitten. Det kopplas in en spänning mellan metalltråden och rörets skal, så att det är ett elektriskt fält inuti röret. När en atom i gasen joniseras kommer elektronen och den positiva jonen att börja röra sig i det elektriska fältet. Detta leder till en viss typ av kedjereaktion, som gör att det går en detekterbar ström i röret, och då går det att mäta sönderfall i närheten av röret.
- 11.50** 180 st.
- 11.51** a) Hög densitet, då sitter elektronerna tätt i materialets atomer och de kan stoppa gammastrålningen.  
b) Bly har hög densitet, men neutroner påverkas inte av elektronerna överhuvudtaget. Neutronerna stoppas bara av atomkärnor, men atomkärnorna i bly är relativt små i förhållande till hela atomens storlek.
- 11.52** 0,62 mGy
- 11.53** a) 2,1 mJ  
b) 30  $\mu$ Sv  
c) 1,7 ppm
- 11.54** a) 0,40 mGy  
b) 0,0022 % (22 ppm)
- 11.55** 10 mGy p.g.a. alfastrålning, den ekvivalenta dosen blir större (om vi antar att båda doserna gäller samma kroppsdel, annars går det inte att säga vilken som är farligast).
- 11.56** a)  $\alpha$ -strålning, den har högst kvalitetsfaktor.  
b)  $\gamma$ -strålning, den tar sig längst in i kroppen och kan nå känsliga organ lättare.
- 11.57** a) Dosen i tjocktarmen, den är känsligare för strålning (bidraget till den effektiva dosen är större där).  
b) 0,20 mSv
- 11.58** 5,0 mSv i lungorna, bidraget till den effektiva dosen blir större.
- 11.59** 96  $\mu$ Sv.
- 11.60** a) För att olika strålningstyper är olika farliga vid samma absorberade dos. T.ex. så är alfastrålning 20 gånger farligare än beta- och

gammastrålning vid samma absorberade dos.  
b) För att olika organ och kroppsdelar är olika känsliga för strålning. Det är mycket farligare att få en viss ekvivalent dos i lungorna än samma ekvivalenta dos i huden.

- 11.61** a) 16 mSv  
b) 0,086 %
- 11.62** Den ekvivalenta dosen och den effektiva dosen kommer att bli lika stora om varje del av kroppen utsätts för samma absorberade dos.
- 11.63** Runt 1 Sv, det beror på tiden det tar att få dosen och även en del andra faktorer. Stråldoser runt 10 Sv eller högre är alltid dödliga om man får dem under en kort tidsperiod.
- 11.64** 35 %
- 11.65** Atomer klyvs och avger energi, som används för att värma upp vatten. Vattnet kokas av värmen och leds genom en turbin som genererar elektricitet.
- 11.66** För att havsvattnet eller sjövattnet ska kunna användas för att kyla ner den varma vattenången inuti kärnkraftverket.
- 11.67** a) U-235  
b) Det innehåller många väldigt radioaktiva isotoper.  
c) Först i bassänger som kyla ner det (så länge som aktiviteten i bränslet är väldigt hög), därefter lagras det under jorden för att strålningen inte ska skada oss människor.
- 11.68** a) Vid varje kärnklyvning frigörs i genomsnitt mellan 2 och 3 nya neutroner, och dessa kan användas för att klyva nya atomkärnor.  
b) Hur snabbt kedjereaktionen går kan kontrolleras med styrestavarna. Styrestavarnas uppgift är att absorbera en del av neutronerna som frigörs vid kärnklyvningarna.
- 11.69** På grund av att det kan spridas radioaktiva material med hög aktivitet till områden långt ifrån kärnkraftverket. Det är alltså inte bara en eventuell explosion som kan vara farlig, utan även de radioaktiva materialen.
- 11.70** 3,3 TJ ( $3,3 \cdot 10^{12}$  J)
- 11.71** Annars kommer de att repelleras p.g.a. den

elektriska kraften som finns mellan protonerna i respektive kärna. Om de hinner komma tillräckligt nära varandra innan de vänder så tar den starka kärnkraften över.

- 11.72** Det är svårt att värma upp vätet till den temperatur och det tryck som krävs för att fusionsprocessen ska ske.
- 11.73** Väte.
- 11.74** I princip aldrig, varje vattenmolekyl innehåller två väteatomer så det kommer inte att vara något problem att hitta bränsle.
- 11.75** I fusionskraftverk så behöver man inte använda radioaktivt bränsle, och det blir betydligt mindre radioaktivt avfall efter fusionsprocessen.
- 11.76** Eftersom skelettet absorberar mer röntgenstrålning än den andra vävnaden i armen. När man skickar röntgenstrålning genom armen kan man se var den inte har tagit sig igenom.
- 11.77** a) Fotoner  
b) Positroner  
c) Fotoner
- 11.78** I en röntgenundersökning tas endast 1 bild. I en CT-undersökning tar man många röntgenbilder från olika vinklar, och sedan skapar en dator en tredimensionell modell utifrån alla bilderna.
- 11.79** Eftersom en magnetkamera inte använder röntgenstrålning, den använder sig av starka magnetfält.
- 11.80** T.ex. för att döda cancerceller.
- 11.81** PET-undersökningen.
- 11.82** För att då får de friska cellerna i kroppen, som också utsätts för strålning, tid att reparera sig mellan de olika stråldoserna.
- 11.83** a)  $\beta^+$ -sönderfall.  
b) Kort halveringstid, så att patienten inte behöver utsättas för strålning under en längre tid (och därmed få en högre stråldos).
- 11.84** Alternativ b, MRI.