

Kapitel 1

101. Benzinbil. 18,8 km/L \sim 2,2 km/kWh.

102. Mobiltelefon. a. 0,010 kWh = 37 kJ. b. 0,44 MJ/kg = 0,12 kWh/kg.

103. Batteribil. 0,57 MJ/kg = 0,16 kWh/kg

104. Rækkevide. a. 940 km hhv. 486 km. b. cirka det dobbelte.

105. Ladeeffekt. a. 39 kJ. b. 6,8 W (starthældning i graf figur 1.3: $\frac{65\% - 15\%}{48 \text{ min} - 0 \text{ min}} \sim \frac{0,5 \cdot 39 \text{ kJ}}{2880 \text{ s}} = 6,77 \text{ W}$).

Kapitel 2

201. Når vinden ikke blæser. -

202. Fluktuationer i produktionen. -

203. Verdens energiforbrug. -

204. Energiøer. -

205. Kernekraft. -

Kapitel 3

301. Saltbroen. a. Fordi natrium står længere til venstre i spændingsrækken end både kobber og zink, så natrium forbliver på ionform. Og fordi sulfationerne også forbliver på ionform, da sulfationerne kræver tilstedeværelse af syre for at frigives evt. som gassen svovldioxid $\text{SO}_2(g)$, jævnfør tabel 3.1.

302. Jagten på det godt par. a. -. b. Nej. Se evt. Ø303.

303. Sølv og kobber - Giver det elektricitet sammen?

a. $2 \text{Ag}^+(aq) + 2 e^- + \text{Cu}(s) \rightleftharpoons 2 \text{Ag}(s) + \text{Cu}^{2+}(aq) + 2 e^-$. b. -. c. Kobber, fordi det står længere til venstre end sølv i spændingsrækken. d. -. e. Søvelektroden, da den har højest standardpotential. f. Fra kobberelektroden til søvelektroden via det ydre kredsløb. g. 0,46 V.

304. Energien i kemien. 212 kJ.

305. Nernsts ligning. c. 1,06 V

306. Papirkugleaffyringsmekanisme - mekaniseret slangebøsse.

a. 0,03 J. b. 0,1 mW. c. 0,8 mW. d. 12,5 %. e. 250. f. 398.

Kapitel 4

401. Korttidslager. 3,9 timer.

402. Lithiumbatteriets indre. a. Fra den negative elektrode til den positive elektrode. b. Negativ elektrode: $\text{LiC}_6 \rightarrow \text{Li}^+ + e^- + \text{C}_6$, Positiv elektrode: $\text{Li}^+ + e^- + \text{CoO}_2 \rightarrow \text{LiCoO}_2$.

403. Kapacitetssvækkelse. a. 80 % (81,8 %). b. $1 - r = 0,999776 \dots \rightarrow r = 0,022 \% = 0,22 \text{ promille}$.

404. Udglatning af effektspidser. -

405. Redoxflowbatteri under opladning. -

406. Redoxflow oxidationstrin. **a.** $R \sim V^{2+}, O \sim V^{3+}$. **b.** $O \sim V^{5+} \sim VO_2^+$, $R \sim V^{4+} \sim VO^{2+}$.

407. Cykelbatteri. **a.** 2,0 A. **b.** 36 min. **c.** Ja, $\frac{13 \text{ Ah}}{2 \text{ A}} > 6 \text{ h}$. **d.** Efter hver 6,5 h kørsel. **e.** 432 Wh. **f.** 468 Wh < 481 Wh. **g.** Mulighed I: Kapaciteten 13 Ah er kun oplyst med to betydende cifre, så det kan være afrundingsfejil i denne oplysning. Måske er kapaciteten lidt større. Mulighed II: Batteriets polspænding er ikke konstant 36 V i hele afladeforløbet. Måske er polspændingen lidt højere i starten, jævnfør omtalen af litiumionbatteriet før formel (4.6), hvor det nævnes, at den nominelle spænding for ét element er cirka 3,7 V, men at batteriet kan operere inden for intervallet 3 V til 4,2 V. Mulighed III: jeres egne forslag?.

408. Indre tab i batteripakker. **a.** Der vil løbe strøm "den modsatte vej" gennem modulet med det dårlige element: Det svarer til, at de gode moduler vil sende strøm til det dårlige modul, som om dette var under opladning. Derved falder den ydre polspænding og den ydre strøm bliver mindre end den kunne være blevet.

409. Braggbetingelsen. Med uret, til en mindre θ .

410. Lithium i batterier. 21,8 ton.

411. Hvem har produktionen og reserverne? -

412. Vanadium i batterier. **a.** $1,44 \cdot 10^{31}$ atomer; 1.220 ton. **b.** 43 batterier. **c.** 1,52 kg vanadium/kWh.

Kapitel 5

501. Brint er energitæt. -

502. Nyttvirkning. 88 %.

503: Nyttvirkning. 43 %.

504. Vand i vand. $\frac{1.000 \text{ g/L}}{18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 55,6 \text{ mol/L}$.

505. Hvilespænding for brændselscelle. **a.** Brug $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$. Dvs. fra (5.1) $2\Delta G_{H_2O} = 2H_{H_2O}^\theta - 2H_{H_2}^\theta - H_{O_2}^\theta - T(2S_{H_2O}^\theta - 2S_{H_2}^\theta - S_{O_2}^\theta) \rightarrow \Delta G_{H_2O} = -2,457 \text{ eV} = G_{H_2O}^\theta$ (regnet med $T = 298,15 \text{ K}$). **b.** - 2,3645 eV. **c.** 1,182 V.

506. Entropibidrag til nyttvirkning ved elektrolyse. **a.** $\Delta H = 2,9624 \text{ eV/vandmolekyle}$ og $T\Delta S = 0,505 \text{ eV/vandmolekyle}$. **b.** 17 %. **c.** 121 %.

507. Arrhenius's lov. **a.** $\ln k_1 = \ln A - \frac{\Delta E_a}{kT} = -\frac{\Delta E_a}{k} \cdot \frac{1}{T} + \ln A$. **b.** $-\frac{\Delta E_a}{k}$ = hældning.

Kapitel 6

601. Omdannelse af CO_2 til CO . **a.** $T\Delta S$ er hentyder til varmebidraget fra omgivelserne.

Entropiændringen er nemlig positiv, $\Delta S > 0$, fordi der er flere molekyler efter reaktionen ($2 CO_2 \rightarrow$

2 CO + O₂). Det betyder, at omgivelserne bidrager positivt til at give disse molekyler en kinetisk energi svarende til den omgivende temperatur. ΔG hentyder til energibidraget fra den anvendte elektriske spændingsforskel U , idet vi ved at benytte formel (5.14) har $\Delta G = qU$, hvor der udveksles en ladning $q = 2e$ for hvert iltatom, der fraspaltes fra CO₂. **b.** CO₂ → CO + $\frac{1}{2}$ O₂. **c.** $\Delta G = G_{\text{CO}} + G_{\frac{1}{2}\text{O}_2} - G_{\text{CO}_2} = 2.2246 \text{ eV} \rightarrow U = 1,3323 \text{ V}$.

602. Iridiumproblemet. **a.** Eksponentielle udviklinger. **b.** $y = x$. **e.** $y = \frac{100}{2,8} x$. **f.** $\frac{100 \left(\frac{\text{GW}}{\text{år}}\right)}{2,8 \left(\frac{\text{Å}}{\text{cm}^2}\right)} \cdot 10 \frac{\text{Å}}{\text{cm}^2} = 357 \text{ GW/år}$.

603. Soludnyttelse i planter. **a.** Det er formentlig fordi planterne ikke har behov for mere energi for at formere sig, eller at formeringen er begrænset af andre ting, fx vand og næringsstoffer til rødderne.

604. Olieækvivalenter og terawattår. **a.** Databogen i Fysik og Kemi, 1 toe = 44,8 GJ (øvre brændværdi). **b.** 1 TWy = 3,15576 · 10¹⁹J. **c.** 14.000 Mtoe = 627,2 EJ = 19,87 TWy ≈ 20 TWy.

605. Terawatt og exajoule pr. år. **a.** cirka 560 EJ, exajoule forkortes EJ og præfikset exa står for 10¹⁸. **b.** 560 EJ/år = 17,7 TW.

606. Solcelleprognose med fast udbygningstakt. 138 år!

607. Solcelleprognose med lineært voksende udbygningstakt. **a.** 1.300 Mtoe/8 år = 1.300 gange 44,8 PJ/(8 år) = 0,23 TW. **b.** Effektforbrug i terawatt, $f = 17,7 + 0,23 x$. **c.** Hældning = 15 GW/(2 år) = 7,5 GW/år, vækstrate fra 2020 i TW/år $v = 0,14 + 0,0075 x$. **d.** Effektkapacitet i terawatt $k = 0,714 + vx = 0,714 + (0,14 + 0,0075 x)x = 0,714 + 0,14x + 0,0075x^2$. **e.** Se figur nedenfor. **f.** Ja, se figur. **g.** aflæst fra figur: knap 55 år!

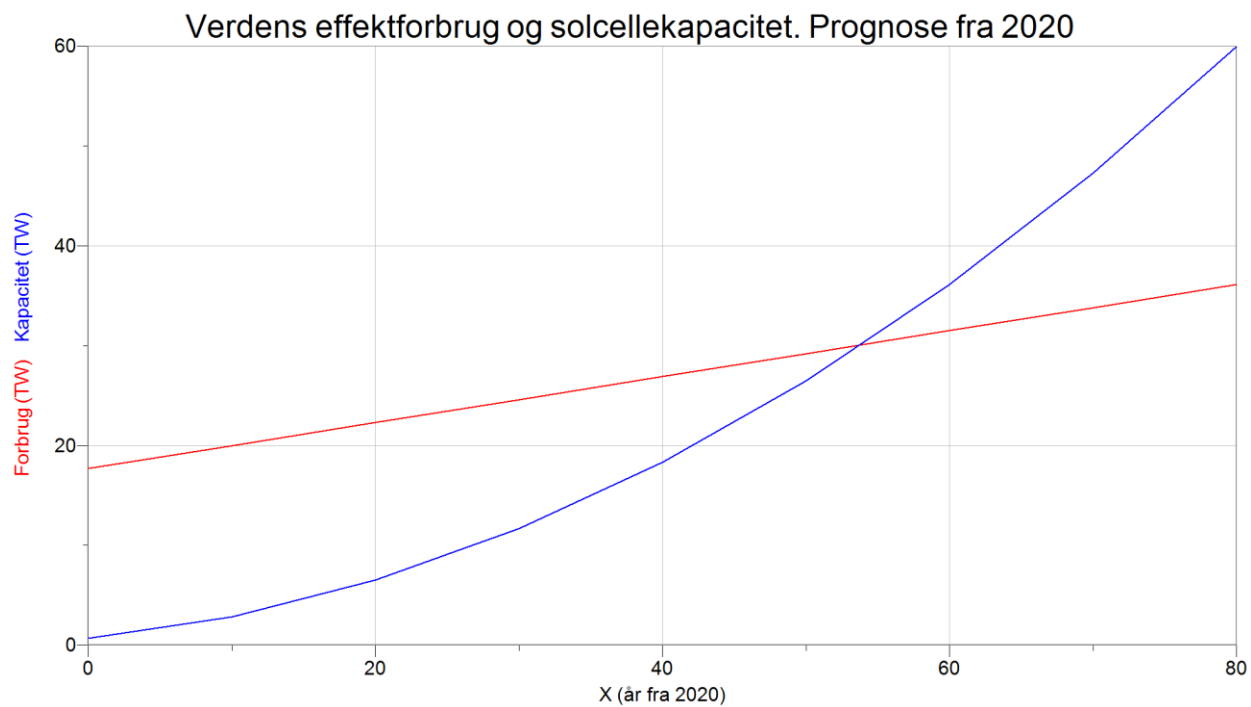
608. Er kernekraft bæredygtig? -

609. Varmebalance for Jorden. **a.** 390 W/m². Bemærk at på NASAs figur i linket [6.27] angives en udadgående varmestråling på 398,2 398,2 W/m². Det svarer til en gennemsnitstemperatur på 16.5 °C for $\epsilon = 1$. **b.** $\sqrt[4]{1,1} = 1,024 \rightarrow r = 2,4 \%$. **c.** 7,2 K. **d.** 0,74 K. **e.** Sollyset rammer Jorden uafhængigt af, om der er solceller, så udstrålingen tilbage til Verdensrummet kommer bare efter at elektriciteten er dannet i solcellerne og har været anvendt i forskellige maskiner, hvor den i sidste ende bliver til varme, som ellers bare ville være reflekteret direkte fra den bare jord. Hvis solcellerne er på hustage, kan man regne med at de optager nogenlunde samme mængde sollys, som et almindeligt tag ellers ville have optaget alligevel.

610. Dyk i energiforbrug. **a.** 2009: Finanskrisen på grund af oppustede boligpriser, som pludselig dykkede omkring 2007, hvilket dæmpede den økonomiske aktivitet og det dertil hørende energiforbrug. 2020: En coronavirus, COVID-19, udløste en pandemi (verdensomspændende smitsom sygdom), som især dæmpede aktiviteten i transportsektoren, fordi folk måtte isolere sig, for ikke at sprede smitten unødigt.

611. Solcelleprognose med eksponentiel vækst. **a.** $r = 24,1 \%$. **b.** $y = 581 \cdot (1 + 0,24096 \dots)^x$. **c.** $x = 16,4 \text{ år}$. **d.** $r = 15,2\%$.

612. Solcelleprognose med logistisk vækst - Grænser for vækst. a. $C = 41,0$, $a = 7,022 \cdot 10^{-6} \text{ GW}^{-1}$. b. $Ma = 0,2107$ c. $y = \frac{30.000}{1+41,0 e^{-0,2107x}}$ d. 5,0 TW (2030), 18,7 TW (2040). e. $x = 20,92$ år (regnet fra 2020 (1/1-2021)), dvs. ved udgangen af 2041.



Figur til facit i opgave 607 e.