

POPRAVKI Mala fizika 1, mehanika, toplota

Prvi natis *Male fizike 1* je pošel. V drugem natisu bi kazalo popraviti napake in učbenik kolikor mogoče izboljšati. Na žalost tega ni bilo mogoče narediti. Popravljen so le hude tiskovne napake. Popravki drugih napak in nekaj izboljšav pa je zbranih na teh listih. Manj pomembnih sprememb ni bilo mogoče upoštevati.

V času od prvega natisa se je nekoliko spremenilo fizikalno izrazje. Prvi natis je uporabil imeni "zračna klop" in "vozilo". Zanju sta se uveljavila imeni "zračna drča" in "jahač". *Zračna drča* je votel kovinski nosilec strehaste oblike z drobnimi odprtini na stranskih ploskvah. Stranskim ploskvam se prilega dno *jahača*. V votlino nosilca, denimo s sesalnikom za prah, poganjamo zrak, ki izstopa skozi odprtine. Med stranskima ploskvama in dnom *jahača* nastane zračna blazina, po kateri se *jahač* giblje brez trenja. Zavira ga samo zračni upor.

V strokovnih besedilih uporabljamo imena enot po nastanku, na primer newton, joule, watt, pascal in ob njih ne navajamo več podomačenih imen.

Namesto "Avogadrovega števila" uporabljamo "Avogadrovo konstanto" z enoto mol^{-1} . Molska masa elementa ali spojine ima potem enoto g/mol in plinska konstanta je $8,3 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$. V fiziki pogosto namesto grama uporabimo osnovno enoto za maso kilogram, kg , in namesto mola tisočkrat večji kilomol, kmol . Molska masa ima potem enoto kg/kmol , mersko število pa se ne razlikuje od merskega števila z enoto g/mol . Avogadrova konstanta ima potem enoto kmol^{-1} in tisočkrat večje mersko število. Plinska konstanta je tako $8314 \text{ J}/(\text{kmol}\cdot\text{K})$.

Pluton po dogovoru, ki so ga sprejeli astronomi, ne sodi več med planete osončja. Od Sonca najbolj oddaljeni planet je Neptun.

Bralci naj, prosim, upoštevajo naslednje popravke:

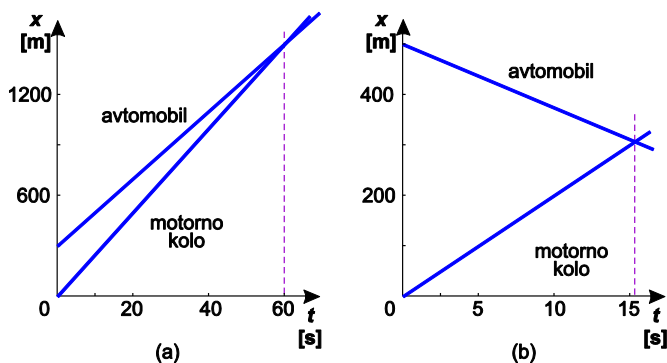
Stran 9, vrstica 3 pod preglednico: " $20 \text{ m}/(1 \text{ s})$ ", ne " $20 \text{ m}/1 \text{ s}$ ".

Stran 10, predzadnji in zadnji odstavek besedila na rjavem ozadju:

namesto za Pluton kaže navesti podatke za Neptun, do katerega svetloba s Sonca potrebuje 4,16 ure. Neptun je oddaljen od Sonca 4,16 svetlobne ure.

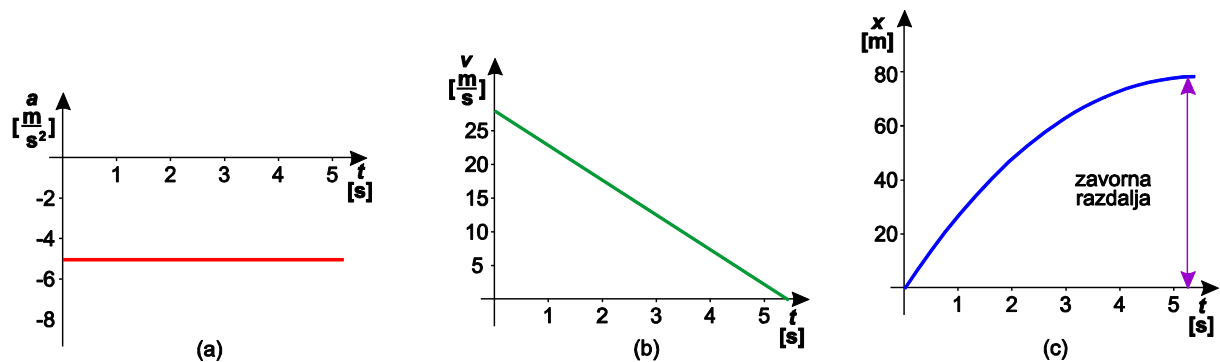
Stran 11, vrstica 1: "René", ne "Renée", enako v napisu pod sliko 5.

Stran 12, slika 6 desna: nova slika, ker motorno kolo prevozi do srečanja razdaljo 312 m.



Stran 16, vrstica 3: "hitrost", ne "pospešek".

Stran 18, slika 13c: zavorna razdalja ima vrednost 78,7 m.



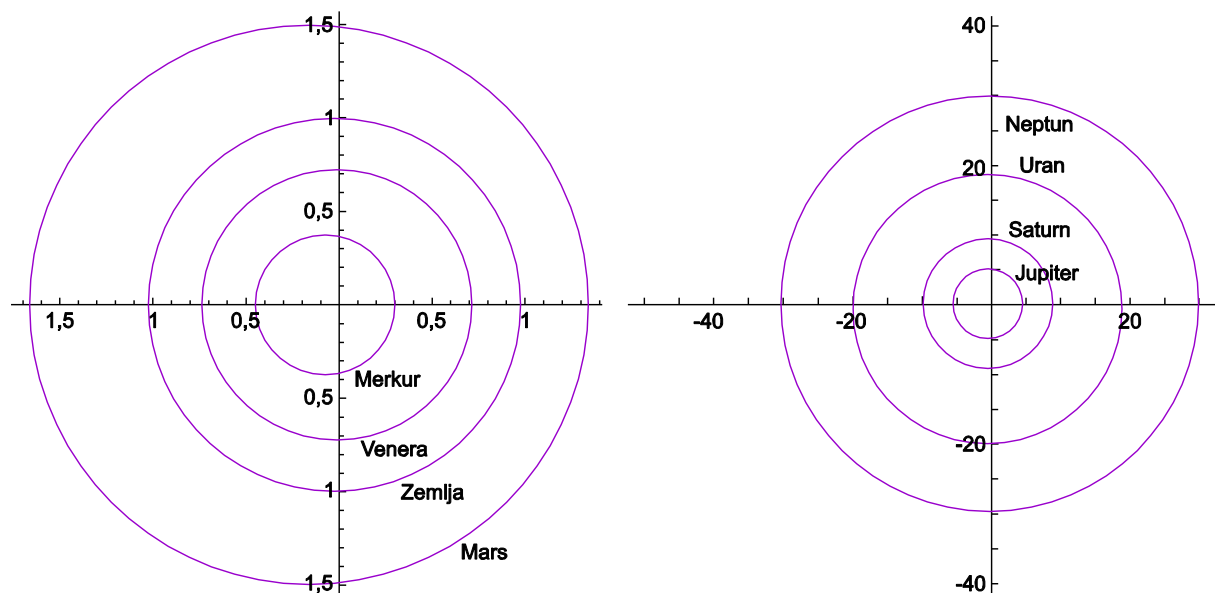
Stran 21, slika 17c: zgornja slika da premajhno ploščino pod modro krivuljo, spodnja pa preveliko.

Stran 40, predzadnji in zadnji stavek kaže dopolniti: "Splošno velja, da je vsota vseh sil, s katerimi na opazovano telo delujejo telesa iz okolice, enaka 0, če telo miruje ali se giblje premo enakomerno. Pospešek mirujočega ali premo enakomerno se gibajočega telesa je enak 0 in zahteva, da je vsota vseh sil enaka 0."

Stran 43, prvi stavek drugega odstavka pod naslovom *Izrek o gibanju središča mas* se glasi:

"Po zakonu o vzajemnem učinku deluje telo 1 sistema s silo \vec{F}_{12} na telo 2 sistema in telo 2 s silo \vec{F}_{21} na telo 1. Ker je po zakonu o vzajemnem učinku $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$, velja $\vec{F}_{12} + \vec{F}_{21} = 0$."

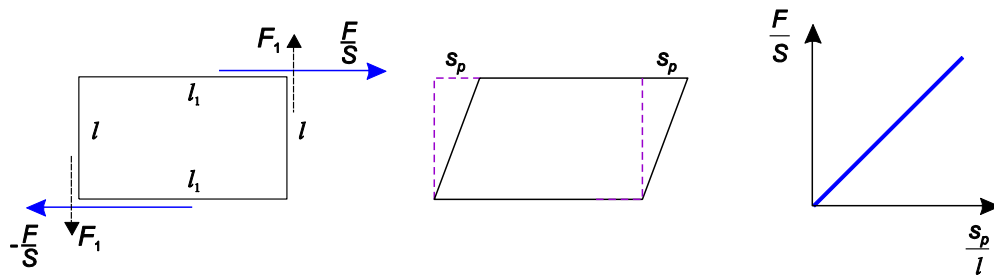
Stran 45, v vrstici *Preglednice 5*: "zadnjih dveh planetov" ne "zadnjih treh planetov". Zadnjo vrstico preglednice "Pluton" je treba spustiti. Na sliki 40 desno ni Plutona, ker ni več planet.



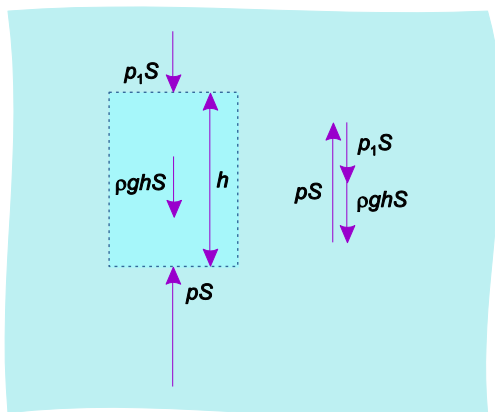
Stran 46, stavek nad prvim besedilom z rjavim ozadjem se glasi: "Telo deluje na drugo telo z gravitacijo, to je s privlačno silo, ki je sorazmerna z maso prvega in z maso drugega telesa in obratno sorazmerna s kvadratom razdalje."

Stran 46, besedilo k sliki 41 in stran 47 besedilo v vrstici 4 od spodaj: Henry Cavendish ni ugotovil ne gravitacijske konstante ne mase Zemlje, ampak gostoto Zemlje. Gravitacijsko konstanto so vpeljali pozneje. Iz svojih podatkov pa bi Cavendish lahko izračunal oboje, gravitacijsko konstanto in maso Zemlje.

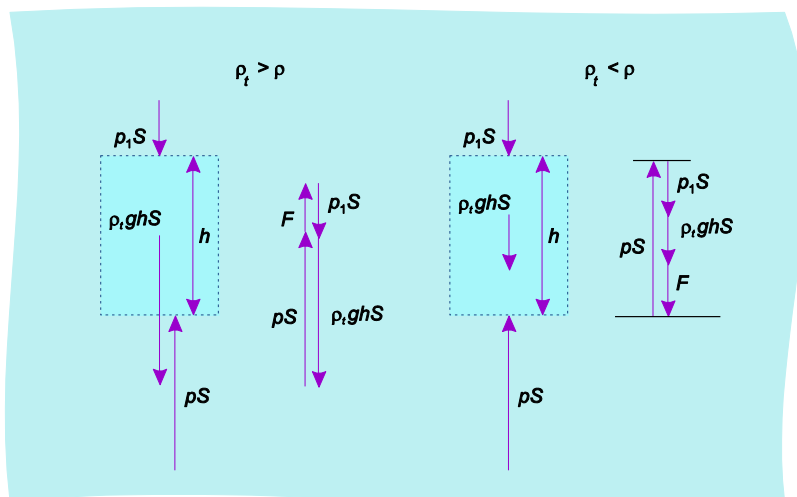
Stran 49: v enačbah v modrem delu besedilu je treba zamenjati indeksa v in t .
 Stran 58 pred zadnjim stavkom v zadnji vrstici pred Preglednico 6 vriniti stavek: "Pri tem vzamemo, da so telesa iz iste snovi in imajo v vseh delih enake lastnosti (so homogena)."
 Stran 59: naslov *Izrek o ravnovesju navorov* sodi pod sliko 52.
 Stran 69 v nalogi 23: "vesoljski", ne "vesolski" in "izstrelkov", ne "iztrelov".
 Stran 76, vrstica 3 drugega odstavka: "kot", ne "pot".
 Stran 86, vrstica 5 nad Preglednico 9: "Robert Hooke leta 1678", ne "Robert Hooke".
 Stran 88, pod napis pod sliko 65 dodati: "Navor dvojice sil F_l uravnovesi nasprotni navor dvojice navpičnih sil $F_1 l_1$. Na sliki 65 je narisana dvojica sil.



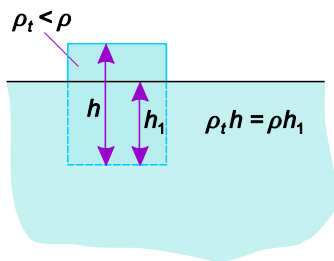
Stran 94, vrstica 9 od spodaj: "lok", ne "spiralo".
 Stran 95, slika 73: $rg h S$ popravljeno v $\rho g h S$.



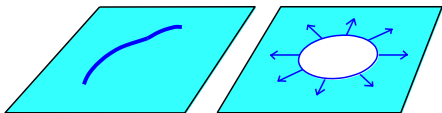
Stran 98, slika 78: popravljene oznake za gostoto in diagrami sil na potopljeno telo.



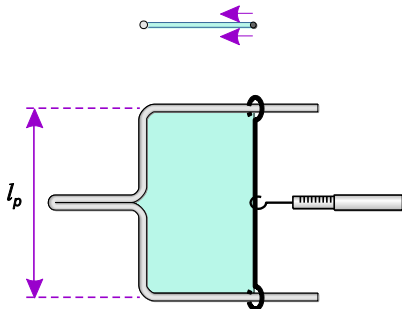
Stran 99, slika 79: pri višini indeks 1, ne 0.



Stran 100, slika 80; na desni sliki znotraj pentlje ni kapljevine.



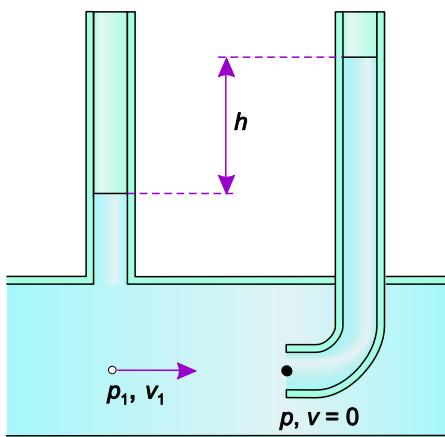
Slika 81: prečka je zasukana za 90° , vlečemo jo v vodoravni smeri.



Stran 102, v napisu pod sliko 85: "povečamo tlak", ne "povišamo tlak".

Stran 102, vrstica 5 od spodaj: "Gladina vode", ne "Gladine vode".

Stran 107, slika 92: v sliki levo p_1 in v_1 ter desno p in $v = 0$.



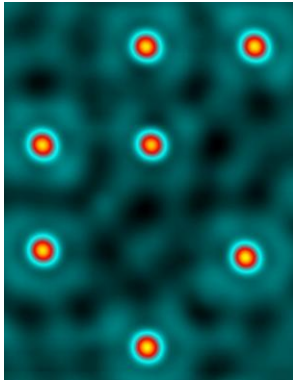
Stran 108, vrstica 5 modrega besedila: "se premakne", ne "seprenakne".

Stran 109, vrstica 2 zadnjega odstavka: "z vodo", ne "zvodo".

Stran 115, naloga 37: spustiti "s cevka".

Stran 115, predzadnja vrstica: "gladina", ne "gladino".

Stran 118, slika 97: nova slika. Fotografijo je naredila raziskovalna skupina profesorja Igorja Muševiča na Institutu "Jožef Stefan" in jo ljubeznivo dala na voljo. Uporabili so elektronski tunelski tipalni mikroskop. Z njegovo konico so pri temperaturi 7 K prenesli posamezne atome bakra na mejno ploskev monokristala bakra. Z atomi so zapisali znak inštituta.



Strani 118, 119 in 120 do *Urejenosti* zamenjati z novim besedilom:

Izhajamo od *relativne atomske mase*. Toliko gramov kakega elementa, kolikor meri njegova relativna atomska masa, da *mol*. Mol je osnovna enota osnovne količine *množine snovi*. Pri tem gre za število delcev in je treba navesti, katero vrsto delcev imamo v mislih. V molu katerega koli elementa je enako število atomov in v molu katere koli spojine je enako število molekul. Atomska ali molska masa ima enoto *g/mol*.

Amedeo Avogadro je leta 1811 po merjenjih Josepha-Louisa Gay-Lussaca postavil *Avogadrov zakon*. Po njem je v enakih prostorninah plinov v enakih okoliščinah enako število molekul. *Avogadrova konstanta* pove, koliko atomov elementa ali molekul spojine je v molu. Izračunajo jo tako, da ugotovijo število atomov v telesu z znano maso danega elementa. Za to je pripraven silicij, ki ga je mogoče dobiti zelo čistega in ima v kristalu kar se da malo napak. Z rentgensko svetlobo izmerijo razmik med sosednjima atomoma v kristalu in s tem podatkom izračunajo prostornino osnovne celice. Osnovne celice so v kristalu naložene druga ob drugo kot opeke v zidu. Poznajo število atomov v osnovni celici. Prostornino osnovne celice pomnožijo s tem številom in z gostoto kristala. Avogadrova konstanta je:

$$N_A = 6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}.$$

Mol atomov vodika z relativno atomsko maso blizu 1 ima maso približno 1 g. Masa enega atoma z relativno atomsko maso 1 je:

$$1 u = \frac{1 \text{ g}}{N_A} = 1,67 \cdot 10^{-24} \text{ g}$$

To je *atomska enota mase*.

Mol je ubran z gramom, osnovna enota za maso pa je kilogram. V fiziki namesto mola velikokrat uporabimo tisočkrat večji *kilomol*. To je toliko kilogramov elementa, kot je njegova relativna atomska masa. V kilomolu katerega koli elementa je tisočkrat več atomov in v kilomolu katere koli spojine tisočkrat več molekul kot v molu. Število atomov v kilomolu pove Avogadrova konstanta:

$$N_A = 6,0 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}.$$

Atomska ali molska masa ima v tem primeru enoto kg/kmol. Mersko število je enako, kot če uporabimo enoto g/mol. Atomska enota mase je $1 \text{ u} = 1 \text{ u} = \frac{1}{N_A} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Atomska enota mase u ne sodi v mednarodni sistem enot, a jo v navedeni zvezi smemo uporabljati. Masa atoma meri toliko atomskih enot mase, kot je relativna atomska masa elementa. Masa atoma vodika je približno 1 u , masa atoma kisika približno 16 u , masa atoma ogljika je natanko 12 u in tako dalje. Natančnejši podatek za maso atoma vodika je $1,0078 \text{ u}$ in za maso atoma kisika $15,9949 \text{ u}$.

Velikost molekul ocenimo tako, da ugotovimo, kolikšna prostornina v kapljevini odpade na eno molekulo. Približno smemo vzeti, da se molekule v kapljevini dotikajo. Kapljevinski vodik, katerega molekulo sestavljata dva atoma, ima ob vrelišču gostoto 80 kg/m^3 . V 2 kg kapljevinskega vodika s prostornino $\frac{2}{80} \text{ m}^3 = 0,025 \text{ m}^3$ je N_A molekul, tako da odpade na molekulo prostornina:

$$\frac{0,025 \text{ m}^3}{6,0 \cdot 10^{26}} = 4,2 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3.$$

Tolikšno prostornino ima kocka z robom

$$\sqrt[3]{4,2 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3} = 3,5 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,35 \text{ nm}.$$

V resnici molekule nimajo oblike kock in niso naložene druga ob drugo, kakor smo računali. Molekule vodika tudi niso kroglaste. Velikostno stopnjo smo kljub temu zadeli. Velikost molekul in atomov merimo v desetinah nanometra. Nanometer je milijardina metra ali milijonina milimetra: $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = 10^{-6} \text{ mm}$. Tudi za trdnino smemo približno vzeti, da se v njej gradniki kristala dotikajo.

Še drugače ocenimo velikost molekule. Vzamemo, da je toplota, ki jo dovedemo kapljevini, ko jo izparimo, enaka delu, s katerim enako maso kapljevine razpršimo do molekul. Izparilno toploto izenačimo z delom proti površinski napetosti. Za kapljevino, v kateri je N molekul v obliki kock z robom a je:

$$Na^3 \rho q_i = N \cdot 6a^2 \gamma \text{ in } a = \frac{6\gamma}{\rho q_i}.$$

Vstavimo podatke za vodo in dobimo:

$$a = \frac{6 \cdot 0,072 \text{ N/m}}{10^3 (\text{kg/m}^3) \cdot 2,26 \cdot 10^6 (\text{J/kg})} = 1,9 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,19 \text{ nm}.$$

Enak izid bi dobili za premer molekule, če bi namesto molekul v obliki kock upoštevali molekule v obliki kroglic, le da kroglice puščajo med sabo nekaj praznega prostora. Nekateri pripisujejo tako oceno Thomasu Youngu na začetku 19. stoletja. Young takega računa ni naredil. Ocenam, ki jih je dobil drugače, pa sodobniki niso zaupali. Precej boljše so sprejeli oceno Josefa Loschmidta iz leta 1865. Loschmidt je upošteval podatek za viskoznost plina in privzel, da se molekule v kapljevini dotikajo. Za premer molekule "zraka" je navedel 1 nm . Molekula kisika je približno trikrat manjša.

Koliko atomov?

Pogosto nas zanima, koliko atomov je v dani masi elementa ali koliko molekul je v dani masi spojine. Pri nalogah take vrste najprej ugotovimo, koliko molov ali kilomolov je v tej masi in nato upoštevamo, da je v molu ali kilomolu N_A atomov ali molekul:

$$N = \frac{m}{M} N_A.$$

Število atomov ali molekul v dani prostornini elementa ali spojine dobimo, če upoštevamo gostoto snovi ρ :

$$\frac{N}{V} = \frac{m}{V} \cdot \frac{1}{M} N_A = \frac{\rho N_A}{M}.$$

Z merjenjem ugotovijo, da ima kilomol katerega koli plina pri navadnem zračnem tlaku in temperaturi 0°C prostornino $22,4\text{ m}^3$. Zato je v teh okoliščinah v kubičnem metru plina $2,68 \cdot 10^{25}$ molekul.

V kilogramu železa z maso kilomola $55,8\text{ kg}$ je $1,08 \cdot 10^{25}$ atomov. V gramu zlata z maso kilomola $197,0\text{ kg}$ je $3,05 \cdot 10^{21}$ atomov. V kubičnem metru bakra z maso kilomola $63,5\text{ kg}$ in gostoto $8,9 \cdot 10^3\text{ kg/m}^3$ je $8,41 \cdot 10^{28}$ atomov. Molekulo žveplove kisline H_2SO_4 z gostoto $1,83 \cdot 10^3\text{ kg/m}^3$ sestavljajo atomi vodika z relativno atomsko maso $1,01$, žvepla z relativno atomsko maso $32,1$ in kisika z relativno atomsko maso $16,0$. Kilomol žveplove kisline ima maso $(2 \cdot 1,01 + 32,1 + 4 \cdot 16,0)\text{ kg} = 98,1\text{ kg}$. Tako je v kubičnem centimetru žveplove kisline $1,1 \cdot 10^{22}$ molekul.

Stran 121, slika 99: desni del: na vodoravno os je nanesena razdalja r od središča izbrane molekule, na navpično os tako imenovana dvodelčna porazdelitvena funkcija, ki kaže relativno gostoto molekul.

Stran 121, slika 100: prav bi prišel diagram, ki bi ustrezal desnemu delu slike 99: od 0 do premera gradnika je relativna gostota gradnikov enaka 0, potem pa periodično narašča in pojema.

Stran 123, vrstica 5: spustiti nalogo 15 in vstaviti besedilo: "Thomasu Youngu pogosto pripišejo račun, v katerem je privzel, da dovedemo enako toploto, ko izparimo določeno maso tekočine, kot dela, ko to tekočino razpršimo do molekul. Young ni naredil tega računa.

Stran 126, vrstica 4 od spodaj, stavek se glasi: "Stekleno bučko z enakomernim presekom je pri določeni temperaturi izpolnilo živo srebro. Gladina živega srebra ...".

Stran 128, vrstica 8: "uporabljeni" ne "uporabjeni".

Stran 128, vrstica 1 pod naslovom *Plinska enačba*: "Prej smo spoznali Boylov zakon (str. 103):".

Stran 129, novo besedilo na vrh:

Prostornini plinov, ki se kemijsko spojita, sta v razmerju majhnih celih števil in to velja tudi za spojino, če je plinasta. Pri tem merimo vse prostornine pri dani temperaturi in danem tlaku. Na tem spoznanju temelji Avogadrov zakon. Pri temperaturi 273 K in navadnem zračnem tlaku $1,01 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$ ima mol katerega koli plina prostornino $22,4\text{ dm}^3$. S temi podatki izračunamo za mol plina:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = R = 8,314 \frac{J}{mol \cdot K}.$$

Priakem tlaku in temperaturi je prostornina m/M molov m/M -krat večja, tako da velja:

$$pV = \frac{m}{M} RT.$$

To je *plinska enačba*. V njej je M masa mola, m/M število molov in R *plinska konstanta*. Če vzamemo za osnovo kilomol, uporabimo plinsko konstanto $R = 8314 \text{ J/(K.kmol)}$. Plinska enačba dobro velja za plin pri dovolj visoki temperaturi in dovolj majhnem tlaku. Pri nizki temperaturi in velikem tlaku se pokažejo majhna odstopanja. Navsezadnje se plin utekočini in plinska enačba odpove. Vendar je včasih mogoče s plinsko enačbo približno opisati celo plin pri vrelišču, na primer vodno paro pri vrelišču pri navadnem zračnem tlaku. Plin, za katerega bi natančno veljala plinska enačba, imenujemo *idealni plin*. Idealni plin je dober približek za pline, s katerimi običajno delamo poskuse. Rečemo tudi, da je idealni plin model.

S plinsko enačbo lahko izračunamo tretjo osnovno termodinamično spremenljivko, če poznamo dve spremenljivki. Stanje plina z eno sestavino zato popolnoma določata že ...

Stran 130, vrstica 3 pod naslovom *Molekule v plinu*: "n dobimo", ne "indobimo".

Stran 132, vrstica 1 drugega odstavka: "temperature", ne "tempertaure".

Stran 136, vrstica 5 od spodaj, dodati: " in izključijo gretje ali hlajenje ter tako ...".

Stran 149, vrstica 12: "temperatura", ne "temperature".

Stran 151, vrstici 7 in 8 ter vrstica 6 v preglednici: uskladiti podatek za talilno toploto ledu 0,336 MJ/kg.

Stran 153, drugi odstavek: omenili smo račun, ki ga pripisujejo Thomasu Youngu (str. 119). Young v resnici tega računa ni naredil. Za premer molekule je dobil veliko premajhen podatek. Njegovim računom sodobniki niso verjeli.

Stran 159, vrstica 8: "z elektromagnetnim valovanjem.", ne " s elektromagnetnim valovanjem".

Stran 161, napis pod sliko 118: dodati "se temperatura v stacionarnem primeru".

Stran 179, vrstica 6 od spodaj: brisati "izhaja".

Stran 171, v drugi enačbi: brisati indeks i pri η .

Stran 174, vrstica 14: "Zapisana", ne "Zapisna".

Stran 174, vrstica 15 od spodaj: "Delujoči toplotni stroj toploto prejema tudi pri temperaturi, ki je nižja od najvišje ...".

Stran 174, v preglednici v zadnjih treh vrsticah se morajo zadnji deli glasiti:

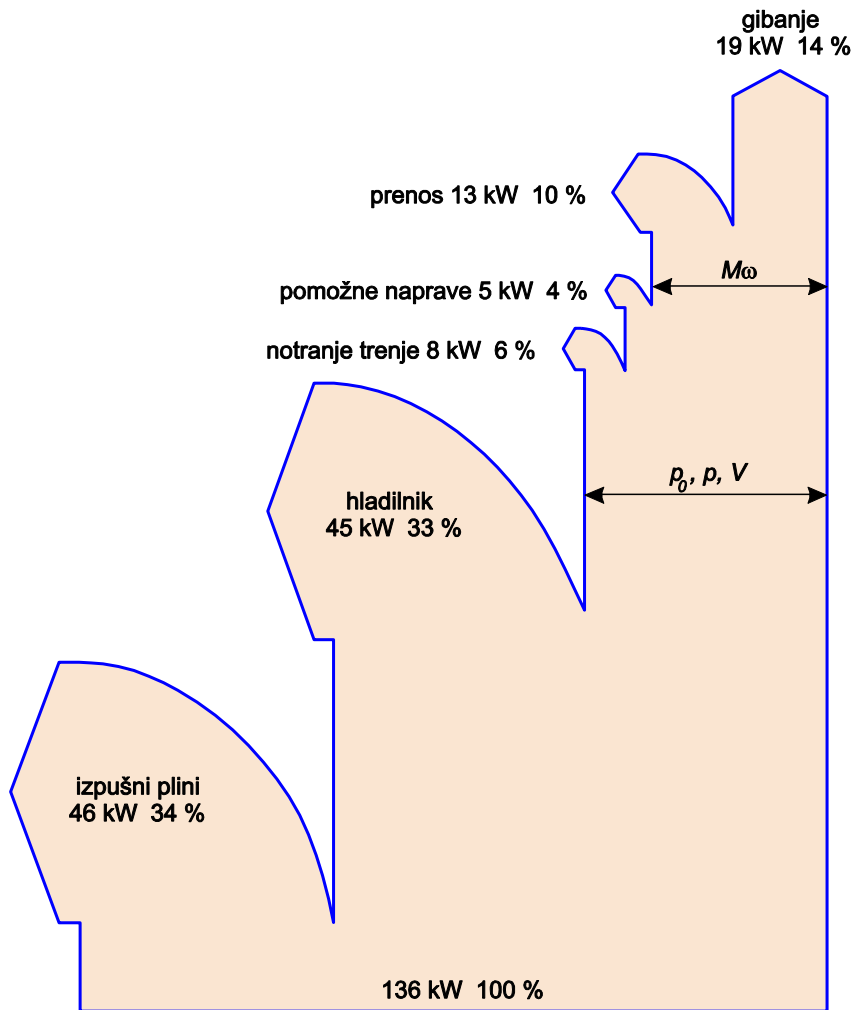
$$3600 \text{ kJ} = 3,6 \text{ MJ},$$

$$3600 \text{ MJ} = 3,6 \text{ GJ},$$

$$3600 \text{ GJ} = 3,6 \text{ TJ}.$$

Stran 175, prvi dve vrstici napisa pod *Preglednico 25*: "Obsega tri enote, to je bloke 3, 4 in 5." Prvi dve vrstici v preglednici na dnu strani brisati, ker že nekaj časa bloka 1 in 2 ne delujeta več.

Stran 176: nad prvo puščico v sliki 128 je moč " $M\omega$ ", ne " MV ".



Stran 176, zadnja vrstica: " P_Q ", ne " P_q ".

Stran 177, vrstica 3 in 6: " P_Q ", ne " P_q ".

Stran 179, vrstica 3: "0,336 MJ", ne "0,335 MJ".

Stran 181, vrstica 10: "enačba", ne "načba".

Stran 187, vrstica 12 od spodaj: "To je ulomek, ki ima v imenovalcu število z več kot 22 mesti."

Stran 192, vrstica 11: "milimeter", ne "milimimeter".

Stran 192, vrstica 8 od spodaj: "Tako enote za kot rad, ni treba navesti."

Stran 195, vrstica 6 od spodaj: "podamo s 150,0 cm in ne s 150,033 cm".

Stran 196, vrstica 10 v *Računanju z napakami*: " $1250 \text{ cm}^2 (1 \pm \dots)$ ", ne " $1250 (1 \pm \dots)$ ".

Stran 196, vrstica 14: " $\pm 0,001 \cdot (\pm 0,001)$ ".

Stran 197, vrstica 2: "navzdol", ne "navdol".

Stran 199, vrstica 16 od spodaj: "naravoslovci", ne "navoslovci".

Stran 199, vrstica 15 od spodaj: "mnenja", ne "mnejna".

Stran 202, vrstica 6 od spodaj: " $\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a} =$ komponenta \vec{a} v smeri \vec{b} krat b ".

Stran 203, vrstica 16 od spodaj: "prijemališča" ne "prijemališče".

Stran 206, vrstica 1 od spodaj: "majhne" ne "majhe".

Stran 218, vrstica 4: " $M = 35,458 \text{ g}$ ".

Stran 218, vrstica 9: spustiti nalogo 15.