Celoslovenský korešpondenčný seminár z fyziky pre žiakov ZŠ a OG

PIKOFYZ

14. ročník www.pikofyz.sk šk. rok 2011/2012

Vzorové riešenia 1. série letnej časti

Príklad 1 - Nosenie batohov *opravoval Ján Boogie Bogár*

Otázka bola, prečo sa človek nakláňa alebo predkláňa, keď nosí ťažké batohy a tašky. Tak si to vyskúšajme. Nalož si na chrbát ťažký batoh a skús chodiť úplne vystretý. Ako sa ti bude chodiť?

Ak bude batoh len trochu ťažký, budeš sa cítiť ako úplné drevo a budeš mať problém kráčať dopredu. Ak budeš mať ešte ťažší batoh, prevrátiš sa dozadu akonáhle sa vystrieš. S ťažkou taškou (haha, rým) v ruke to bude ešte horšie. Ak sa nenakloníš, spadneš akonáhle zdvihneš nohu, ktorá je bližšie k taške (spadneš samozrejme na tú stranu, kde je taška). Prečo je to tak?

Odpoveďou je poloha ťažiska. Ťažisko je bod, v ktorom akoby pôsobila celá gravitačná sila pôsobiaca na teleso. Každé teleso, u ktorého sa ťažisko nenachádza nad podstavou telesa, sa preto preváži a spadne. Ťažisko človeka sa normálne nachádza niekde v strede tela, kúsok pod pupkom. Kde sa ale nachádza, keď človek niečo nesie? Spoločné ťažisko dvoch telies sa nachádza na spojnici ich ťažísk (presná poloha závisí od pomeru ich hmotností). Takže ak človek nesie na chrbte batoh, posunie sa ťažisko smerom k batohu.

Ak je batoh ťažký, tak sa ťažisko posunie tak veľmi, že už nebude nad podstavou tvorenou nohami (to je štvoruholník tvorený špičkami a pätami obidvoch nôh), a vtedy človek spadne dozadu. Ak sa aj človek rovno neprevráti, nastáva tu problém s chôdzou kvôli zmenenej polohe ťažiska, človeka nemá čo "ťahať dopredu" (ak chceš vedieť viac, hoď očkom na článok "Ako v tom chodiť" v časopise TriCeléŠtrnásť, ročník 8, číslo 4). S taškou v ruke je to veľmi podobné, akurát sa ťažisko posunie do strany a nie dozadu.

No, a problémy s posunutým ťažiskom sa dajú riešiť tak, že ho zas posunieme naspäť. Keď sa človek predkloní dopredu (pri taške nakloní do strany), tak sa ťažisko posunie naspäť približne na svoje pôvodné miesto, a človek sa ani neprevráti, ani nebude mať problém s chôdzou. Neznamená to samozrejme, že by ťažisko bolo nejak "pevne pripevnené" v našom tele, ťažisko sa posunie preto, lebo sa zmení tvar telesa človek+batoh.

Bodovanie: *Ťažisko musí byť nad podstavou, aby sa človek neprevrátil-* 1,5 *b. Ťažisko sa posúva smerom k batohu-* 1,5 *b. Ťažisko človek vráti nad podstavu tým, že sa nakloní-* 2 *b. Plný počet za ktorúkoľvek časť dostal len ten, kto ju aj dobre vysvetlil.*

Príklad 2 - Pípajúci maják *opravoval Samuel Cibulka - Samo*

Najskôr si rozoberme situáciu, keď maják vydá zvukový aj svetelný signál a tento zvukový príde k lodi o 2 sekundy neskôr. Keďže rýchlosť svetla je veľmi veľká (približne 300 000 000 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ vo vákuu), môžme povedať, že svetlo prejde dráhu od majáka za nulový čas. Potom zvukovému signálu to muselo trvať 2 sekundy od majáka k lodi. Rýchlosť zvuku vo vzduchu je približne 340 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Potom si už len dopočítam dráhu: $s = v \cdot t$, $s = 2\,\mathrm{s} \cdot 340\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 680\,\mathrm{m}$.

Dostali sme vzdialenosť, v ktorej sa môže nachádzať loď. Avšak nemôže byť už nikde inde? K lodi nemusí dojsť ten zvukový a svetelný signál, ktoré boli vyslané z majáku naraz. Maják môže vyslať zvukový signál a loď ho príjme o 2 sekundy neskôr ako svetelný signál vyslaný o 5 sekúnd neskôr z majáku (tento svetelný počas cesty predbehne zvukový). Teda celkovo zvukovému signálu to bude trvať 7 sekúnd. Odtiaľ si už môžme jednoducho vypočítať druhú možnú vzdialenosť od majáku: $s = 7 \cdot 340 = 2380\,\mathrm{m}$. Takto by sme mohli pokračovať ďalej, že svetelný signál by bol vyslaný o 10 sekúnd, o 15 sekúnd, vo všeobecnosti o $5 \cdot k$ sekúnd neskôr z majáku od zvukového, kde k je nejaké prirodzené číslo. Potom všetky možné vzdialenosti môžme zapísať ako $s = v_{\mathrm{zvuku}} \cdot (2 + 5 \cdot k)$.

Ešte by sa na záver patrilo odhadnúť, že odkiaľ ešte bude maják vidno a počuť, teda pokiaľ to má zmysel rátať. Bolo by priam nemožné to nejako rozumne vypočítať, keďže nepoznáme žiadne parametre majáka, preto si tu môžme pomôcť internetom a zablúdiť na wikipédiu. Tá tvrdí, že najvyšší maják na svete (Jeddah Light v Saudskej Arábií) má výšku 133 metrov a dosah 46 kilometrov (http://en.wikipedia.org/wiki/Jeddah_Light). Za vzdialenosti ešte rozumné môžme teda považovať tie, ktoré sú zhruba do 50 kilometrov. Svetlo prejde túto vzdialenosť za 0,00017 s a teda naozaj keď rátame s časmi v sekundách, tak tento čas nám vytvorí iba zanedbateľný rozdiel, ktorý je oveľa menší, ako by napríklad vytvorila rôzna rýchlosť zvuku v rôznych prostrediach 50 kilometrov od seba.

Bodovanie: *Za jedno riešenie* $2,5$ *b, za všetky možné riešenia od* $3,5$ *b do* 5 *b v závislosti od správosti, za všetky riešenia plus nejaký odhad dosahu majáka* 5 *b.*

Príklad 3 - Kotva na lyžiarskom vleku *opravoval Tomáš Jančo - Janči*

Ahojte! Pozrime sa, ako taký vlek funguje. Lano, ktoré ťahá lyžiarov je poháňané motorom a ide stále rovnakou rýchlosťou. K lanu sú pružne pripojené kotvy. Najčastejšie je kotva dvojdielna - sú to dve tyče, ktoré sa do seba zasúvajú a sú prepojené pružinou tak, že nezaťažená kotva sa skracuje. Hovoríme, že kotva je teleskopická.

Keď ide Bob po rovnomernom kopci, kotva ho ťahá istou silou a pružina je natiahnutá do určitej polohy. Tá závisí od tuhosti pružiny, ktorá býva zvolená tak, aby pre priemerného lyžiara nebola kotva vysunutá úplne na maximum.

Keď Bob začne stúpať do strmšieho kopca, sila potrebná na jeho ťahanie sa zvýši, takže sa zväčší potrebné natiahnutie pružiny. Vtedy sa poruší rovnováha síl a teda Bob už nepôjde rovnomerným pohybom, ale začne vplyvom trenia a tiaže spomaľovať, až môže zastaviť. Čo sa vtedy zmení? Kým sa Bob pohyboval, jeho lyže boli brzdené dynamickým šmykovým trením. Keď však zastaví, trenie sa zmení na statické, ktoré je všeobecne väčšie ako dynamické. Môžeme si to predstaviť tak, že kým ide, iba lyžami uhládza sneh pred sebou. Keď sa zastaví, tak sa kúsok preborí a trenie sa zvýši.

Z toho vyplýva, že na to, aby sa znovu rozbehol je potrebná ešte väčšia sila než doteraz. Preto sa pružina naťahuje ešte viac, až kým neprekoná túto treciu silu. V momente, keď ju prekoná sa Bob o malý kúsok pohne a trenie sa zmení zo statického opäť na dynamické, teda sa zmenší. To znamená, že sa opäť poruší rovnováha síl a Bob je prudko vystrelený vpred. Niekedy sa môže stať, že pružina je „slabá“ a skôr ako sa natiahne na potrebnú dĺžku sa kotva vytiahne na maximum, takže Bob bude s vlekom spojený pevne a nie pružne a vtedy je trhnutie ešte výraznejšie.

Ak ste na vysvetlenie použili iný typ vleku je to v poriadku, princíp je ten istý. To, že pri prechode do strmšieho kopca sa zmení vzdialenosť od lana vleku je možné vysvetlenie prečo Bob najskôr spomalí - začne predbiehať lano a kotva ho prestáva ťahať - ale potom ostáva vysvetliť druhá časť - prečo ním kotva pri rozjazde trhne a nerozbehne sa plynule.

Bodovanie: *Za odhalenie významu pružiny* 1 *b, za zvýšenie pôsobiacej sily a natiahnutie pružiny pri strmšom kopci* 2 *b, za vysvetlenie zmeny statického trenia na dynamické* 2 *b. Prípadne za tvrdenie, že kotva sa vysunie na doraz* 1 *b, za vysvetlenie prečo to vtedy trhne* 1 *b.*

Príklad 4 - Správne načasovanie *opravovala Aďa Lešková*

Bob ide z mesta Agar rýchlosťou $v_\mathrm{B} = 30\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ a keby touto rýchlosťou šiel celú cestu až do Bulváru, prešiel by ju za čas $t = 0{,}5\,\mathrm{h}$. Preto vzdialenosť medzi Agarom a Bulvárom bude $s = v_\mathrm{B} \cdot t$, čiže $s = 30\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \cdot 0{,}5\,\mathrm{h} = 15\,\mathrm{km}$.

Cestovatelia sa však majú stretnúť na polceste, preto každý z nich prejde vzdialenosť $s_{1/2} = \frac{15\,\mathrm{km}}{2} = 7{,}5\,\mathrm{km}$. Avšak idú rozdielnymi rýchlosťami, preto aj túto rovnakú vzdialenosť prejdú za rôzne dlhý čas.

Bob prejde vzdialenosť $s_{1/2}$ svojou rýchlosťou $v_\mathrm{B} = 30\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ za čas $t_\mathrm{B} = \frac{s_{1/2}}{v_\mathrm{B}}$, čiže:

$$t_\mathrm{B} = \frac{7{,}5\,\mathrm{km}}{30\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}} = 0{,}25\,\mathrm{h} = 15\,\mathrm{min}$$

Keďže Bob vyrazil z Agaru o 17:52, na polceste bude presne o 15 min, čiže o 18:07.

Bill s Cabalerom idú pešo, 6-krát pomalšie ako Bob, teda ich rýchlosť je $v_\mathrm{C} = \frac{30\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}}{6} = 5\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. Touto rýchlosťou prejdú trasu $s_{1/2}$ za čas $t_\mathrm{C} = \frac{s_{1/2}}{v_\mathrm{C}}$, čiže:

$$t_C = \frac{7{,}5\,\mathrm{km}}{5\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}} = 1{,}5\,\mathrm{h} = 90\,\mathrm{min}$$

Keďže Bill s Cabalerom majú byť na polceste už o 18:07, aby sa tam stihli stretnúť s Bobom, z mesta Bulvár musia vyraziť 90 min pred tým, ako tam dorazia, čiže o 16:37.

Bodovanie: *Za správne vypočítaný a dobre zdôvodnený postup máte* 5 *b. Body ste strácali, ak ste poriadne nevysvetlili, ako ste sa dostali k vypočítaným časom alebo mali iné nejasnosti v postupe, ako ste rátali.*

Príklad 5 - Hrúbka papiera *opravovala Zuzana Bogárová - Bum*

Máme čo najpresnejšie odmerať hrúbku jedného kancelárkeho papiera. Keď sa pozrieme na jeden papier, je nám jasné, že ho len tak jednoducho neodmeriame. Tak ako na to?

Najjednoduchší spôsob, ktorý skoro každého napadol je, že zmeriame hrúbku väčšieho počtu papierov. Ja som si zobrala nový balík kancelárskeho papiera kde je 500 kusov papierov. Zobrala som si šubleru. To je to posuvné meradlo,a odmerala som hrúbku týchto papierov na krajoch a aj v strede. Postupne som z balíka odoberala po 100 kusoch'a meranie opakovala. Výsledky som zapísala do tabuľky.

počet listov	1.meranie [mm]	2.meranie [mm]	3.meranie [mm]	priemerná hrúbka hrúbka [mm]	hrúbka jedného listu [mm]
500	49,7	49,6	49,9	49,733	0,099
400	39,7	40,2	39,5	39,800	0,100
300	30,1	29,8	29,7	29,867	0,100
200	20,9	19,8	20,3	20,333	0,102
100	10,5	10,4	9,8	10,233	0,102
50	5	4,8	4,9	4,900	0,098
priemerná hrúbka jedného listu [mm]					0,100

Z tabuľky vidím, že priemerná hrúbka kancelárskeho papiera je 0,1 mm.

Odchylky v meraní mi mohlo spôsobiť, že nie každý papier je rovnaký, ja som zle mohla odčítať z meradla rozmer. Medzi papiermi mohol byť vzduch a podobné.

Teraz k tej presnosti. Väčšina z vás vie, že presnosť nejakého pravítka určuje najmenší dielik. Ak je najmenší dielik 1 mm tak takéto pravítko meria s presnosťou $0,5$ mm. Najmenší dielik na šublere (tej mojej) je $0,02$ mm takže jej presnosť je $0,01$ mm. Čo robiť ale ak nemám šubleru? Je to jednoduché. S väčším počtom papierov, sa mi zvyšuje presnosť. Preto sme si zobrali viacej papierov, lebo sa nám to ľahšie meria. Povedzme, že moje pravítko meria s presnosťou $0,1$ mm. Ale ja potrebujem presnosť $0,01$ mm. Tak si vezmem 10 papierov a hneď to meriam na

0,01 mm presne. Čím mám viacej papierov, tým to meriam presnejšie. Takže kebyže mám 100 papierov, tak meriam s presnosťou 0,001 mm.

Bodovanie: *Za pekné popísanie merania* 2,5 *b, za meranie s väčším počtom papierov* 1 *b, za vysvetlenie presnosti merania* 1,5 *b.*

Príklad 6 - Chladenie nápojov *opravovala Kristína Komanová - Kikuš*

No, tak čo to tu máme. Máme tu Slnkom rozpálené nápoje s teplotou 40℃ a ľadové kocky s teplotou 0℃. Tie majú našich 60 2-litrových fliaš (= 120 litrov nápoja) ochladiť na teplotu 0℃. Čo sa tam teda udeje?

Aby sme na konci dostali rovnakú teplotou $t = 0$℃ musia nápoje časť svojej energie odovzdať a ľad, naopak musí nejaké teplo prijať. Teraz sa možno pýtate, že keď ľad nejakú energiu prijme, nezvýši sa jeho teplota? Nie. A to preto, že teplota 0℃ je pri vode teplotou tuhnutia/topenia. Takže náš ľad sa po prijatí energie začína meniť na vodu, pričom sa jeho teplota počas celého topenia nemení.

Aby sme využili maximálnu energiu ľadu na ochladenie nápojov a aby sme potrebovali čo najmenej kociek ľadu, musíme počítať s energiou ktorú prijme ľad počas celého topenia, t.j. až kým sa úplne neroztopí a zostane z neho len voda ešte stále s teplotou 0℃. Toto teplo nazývame **skupenské teplo topenia** a vypočítame ho ako $L = l_\mathrm{t} \cdot m_1$, l_t= merné skupenské teplo topenia a m_1= hmotnosť ľadu, ktorý sa topí.

Teplo ktoré prijmú nápoje rovná sa teplu Q - vyrátame podľa vzorca $Q = c \cdot m_2 \cdot \Delta t$, pričom c=merná tepelná kapacita, m=hmotnosť nápojov a Δt je rozdiel teplôt. Bude to hodnota, o akú sa nápoje ochladia. Čiže z 40℃ na 0℃ = 40℃.

Taktiež vieme, že teplo prijaté sa musí rovnať teplu odovzdanému ak nepočítame s tepelnými stratami. Čiže nám platí kalorimetrická rovnica:

$$L = Q$$

$$l \cdot m_1 = c \cdot m_2 \cdot \Delta t$$

$$m_1 = \frac{c \cdot m_2 \cdot \Delta t}{l_\mathrm{t}} \tag{1}$$

V zadaní sa nehovorilo veľa o nápoji, ktorí chladíme. Ale keďže väčšina nápojov sa skladá z vody, môžeme si to takto zjednodušiť, a počítať s tým, že vo fľaškách je voda, ktorej konštanty poznáme.

$c = 4,18\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg℃}}$, $m_2 = \rho \cdot V = 1000\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}} \cdot 0,12\,\mathrm{m^3} = 120\,\mathrm{kg}$, $l_\mathrm{t} = 334\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}$

Dosadíme do vzťahu (1):

$$m = \frac{4,18\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg℃}} \cdot 120\,\mathrm{kg} \cdot 40℃}{334\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}}$$

$$m \doteq 60,07\,\mathrm{kg}$$

Takže nám treba aspoň 60 ľadových kociek, keďže 1 má 1 kg. Samozrejme, pokiaľ nepočítame so stratami, vtedy by to bolo viac.

Bodovanie: *Skoro všetci ste dospeli ku číslu 60. Ale nie všetci máte plný počet bodov. Ak ste zabudli odôvodniť, prečo počítate s konštantami vody, aj keď v zadaní o vode nebolo ani chýru strhávala som* 0,5 *b. Za neuvedenie vzťahu Q=L ste prišli o* 0,3 *b a ak ste si podosádzali zlé konštanty, tak som vám strhla* 1 *b. Zvyšné body ste mohli stratiť ak vám chýbal nejaký ten postup…*

Príklad 7 - Zlate mince *opravoval Ondrej Bogár - Bugý*

V tabuľkách alebo na internete som si našiel hustotu striebra a zlata:

$$\rho_{\mathrm{Au}} = 19600\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3},\ \rho_{\mathrm{Ag}} = 10500\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$$

Časť zlata v minci sa nahradí striebrom. Falošná minca ale musí mať rovnakú hmotnosť, preto hmotnosť striebra v minci musí byť rovnaká ako hmotnosť zlata, ktoré sme z nej zobrali. Keďže striebro má nižšiu hustotu, musí byť jeho objem väčší. Preto falošná minca bude mať väčší objem ako pravá minca. Takúto mincu položíme na jednu misku váh. Na druhú stranu položíme čisté zlato tak, aby boli váhy v rovnováhe, teda zlato s rovnakou hmotnosťou. To má ale menší objem ako minca.

Teraz ponoríme váhy do vody. Na mincu a na hrudu zlata bude pôsobiť vztlaková sila.

$$F_{\mathrm{vzt}} = V \cdot \rho \cdot g$$

Hustota kvapaliny aj gravitačné zrýchlenie je rovnaké. Preto rozdiel vo vztlakovej sile na hrudu zlata a mincu bude spôsobený len rozdielnym objemom. Keďže minca má väčší objem ako zlato, tak na ňu bude pôsobiť väčšia vztlaková sila. Preto sa váha vychýli z rovnováhy. Minca bude nadnášaná väčšou silou. Tak ľahko odhalíme falzifikát.

Bodovanie: *Za vysvetlenie rozdielnych objemov pravej a falošnej mince* 2 *b. Za rozdielnu vztlakovú silu aj so vzorcom* 2 *b. Za slovný postup a vysvetlenie* 1 *b.*

Príklad 8 - Hustota soľných kryštálov *opravoval Peter Dupej*

Najprv sa chcem ospravedlniť za nesprávnu formuláciu vzdialenosti medzi dvoma rovnakými atómami. Mysleli sme tým vzdialenosť dvoch rovnakých atómov pozdĺž mriežky, čiže napríklad Na-Cl-Na. Bohužiaľ z formulácie "najkratšia vzdialenosť…" vyplynulo, že je to uhlopriečka štvorca s hranou z dvoch atómov (Na-Cl). Keďže to bola naša chyba a nie vaša, uznával som obidve pochopenia zadania, ale toto vzorové riešenie chápe $d = 0{,}564\,\mathrm{nm}$ ako vzdialenosť dvoch rovnakých atómov pozdĺž mriežky.

Ešte pred samotným riešením úlohy si potrebujeme vysvetliť, čo to ten mol je a ako pracovať s veľmi malými alebo veľmi veľkými číslami.

Atómy sú veľmi malé a veľmi ľahké častice, ktoré sa málokedy vyskytujú osamote. Ich hmotnosť vieme merať iba vo veľkých počtoch. Takéto počty rátame na moly, aby sme nemuseli stále písať, že $6,022 \cdot 10^{23}$ atómov sodíku váži $23,99\,\mathrm{g}$, ale vyjadríme to ako molovú atómovú hmotnosť $A_\mathrm{m}(Na) = 23,99\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}}$. Mol je vlastne taký počet ako tucet, lenže neoznačuje 12, ale oveľa väčšie množstvo vyjadrené Avogadrovou konštantou $N_\mathrm{A} = 6,022 \cdot 10^{23}\,\mathrm{mol}^{-1}$. Vidíme, že keď rátame s veľkými číslami, tak môžeme použiť takzvaný vedecký zápis. 1000000 má 6 núl, preto ho môžeme zapísať ako 10^6. Podobne je to aj s malými číslami. $1\,\mathrm{nm} = \frac{1}{1000000000}\,\mathrm{m}$ alebo $10^{-9}\,\mathrm{m}$.

No ale už k riešeniu. Hustota je definovaná ako hmotnosť na jednotku objemu. Priemernú hustotu potom vypočítame podľa vzťahu $\rho = \frac{m}{V}$, kde m je hmotnosť telesa a V je jeho objem. Keďže poznáme hmotnosti molov sodíka aj chlóru, predstavme si, že máme kocku kryštalickej soli, v ktorej je $N = 1\,\mathrm{mol}$ atómov. Začnime jej objemom.

Ak je $6,022 \cdot 10^{23}$ atómov pravidelne usporiadaných v kubickej mriežke, tak na jednej hrane kocky bude $\sqrt[3]{N} = \sqrt[3]{N_\mathrm{A}} = \sqrt[3]{6,022 \cdot 10^{23}} = 84446227 \doteq 8,44 \cdot 10^7$ atómov. Väzieb medzi atómami bude o jednu menej, avšak tu je krásne vidno, že jedna väzba hore-dolu nám pri takomto veľkom počte neurobí žiadny rozdiel. Pozdĺž hrany sa striedajú atómy sodíka a chlóru. Ak je $d = 0,564\,\mathrm{nm}$ vzdialenosť dvoch rovnakých atómov pozdĺž mriežky (napr. Na-Cl-Na), tak jednoduchá väzba Na-Cl ma dĺžku $v = \frac{d}{2} = 0,282\,\mathrm{nm} = 2,82 \cdot 10^{-10}\,\mathrm{m}$ a dĺžka hrany s N väzbami bude $a = \sqrt[3]{N} \cdot v = 8,44 \cdot 10^7 \cdot 2,82 \cdot 10^{-10}\,\mathrm{m} \doteq 0,0238\,\mathrm{m} = 2,38\,\mathrm{cm}$. Objem kryštálovej kocky dostaneme jednoduchým upravením vzťahu $V = a^3 = (\sqrt[3]{N} \cdot v)^3 = N(\frac{d}{2})^3$ čo po dosadení dáva $V \doteq 13,5\,\mathrm{cm}^3$.

Teraz potrebujeme vypočítať hmotnosť atómov v mriežke. Keďže sa sodík s chlórom pravidelne striedajú, je jasné, že jedných aj druhých tam bude presne polovica. Preto $m = \frac{1}{2}N(A_\mathrm{m}(Na) + A_\mathrm{m}(Cl)) = \frac{1}{2}\,\mathrm{mol} \cdot 59,49\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}} = 29,749\,\mathrm{g}$

Priemernú hustotu teraz už dostaneme jednoduchým podielom hmotnosti m objemom V:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{N\frac{A_\mathrm{m}(Na)+A_\mathrm{m}(Cl)}{2}}{N\frac{d^3}{8}} = \frac{4 \cdot A_\mathrm{m}(Na) + 4 \cdot A_\mathrm{m}(Cl)}{d^3} \doteq 2,2\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} = 2200\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$$

Z výsledku vidíme, že hustota je nezávislá na počte častíc a teda ani na veľkosti kryštálu soli. Zároveň tiež vidíme, že rovnako by sme hustotu porátali, ak by sme do kocky s objemom d^3 umiestnili 4 atómy chlóru a 4 atómy sodíka alebo do kocky s osminovým objemom umiestnili jeden atóm s priemernou hmotnosťou $\frac{A_\mathrm{m}(Na)+A_\mathrm{m}(Cl)}{2}$.

Bodovanie: *Najčastejšie ste body strácali, lebo ste si neuvedomili, že v 1 mole atómov je polovica sodík a polovica chlór* -2 *b alebo keď ste umiestňovali do elementárnej kocky* d^3 *nesprávny počet atómov (napríklad všetky z obrázka a podobne)* -2 *b. Ak vám chýbala aj definícia alebo vzorec hustoty, či nejaký obkec k tomu čo a ako idete rátať ste stratili aj posledný 1 b.*