

FYZIKA

Zajímavé úlohy z mechaniky

TOMÁŠ NEČAS

Přírodovědecká fakulta MU

Jak učit fyziku zajímavě a zároveň kvalitně? Jednou z možností je řešení zajímavých a současně realistických úloh. V tradiční české učebnicové literatuře jich však najdeme velmi málo. Není snadné formulovat úlohy, jejichž řešení by nebylo příliš obtížné a přitom nevyžadovalo nerealistické zjednodušující předpoklady. V článku jsou uvedeny tři takové úlohy z oblasti gymnaziální mechaniky, které nazývám ukázkovými.

Řešení úloh je samozřejmou součástí fyziky, nemělo by však být samoúčelné. Je třeba si vždy položit otázku, jaké cíle formulací a řešením úlohy sledujeme a přizpůsobit tomu její výběr. V článku se zaměřuji na typ úloh, které slouží ve výuce či v učebnici skutečně jako ukázka použití získaných znalostí a postupů. Jaké cíle můžeme formulací a řešením takové úlohy sledovat:

- (a) Přispět k vytvoření správné představy o základních pojmech, ke správné interpretaci základních zákonů a k pochopení praktického významu těchto pojmů a zákonů.
- (b) Předvést správný postup při řešení daného typu úlohy.
- (c) Ukázat význam dané části fyziky (a fyziky vůbec) pro popis, pochopení a vysvětlení odpovídajících reálných jevů, principů a činnosti zařízení atd.
- (d) Rozvíjet způsob uvažování směřující ke správné interpretaci výsledků úlohy a k posouzení významu různých zjednodušení při řešení úlohy.

Cíle (a), (c) a (d) považuji za velmi důležité, protože bez jejich zdůraznění je nebezpečí, že se cíl (b) redukuje jen na získání určité schopnosti zacházet s veličinami („písmenka“) a vztahy („vzorečky“). Tato schopnost ale souvisí se skutečnou fyzikou jen omezeně a hlavně není pro studenty příliš atraktivním cílem.

Je zřejmé, že úloha, která bude ke splnění uvedených cílů směřovat, se musí týkat nějaké reálné situace či reálného děje. To je ale velký problém, neboť výklad reálných situací zpravidla není jednoduchý. Řadu faktorů, které řešení komplikují (v mechanice nejčastěji tření, odpor prostředí, nerovnoměrnost dějů), proto většinou zanedbáváme. Tím ovšem může vzniknout další potíž. Když totiž zanedbáme podstatné faktory, může se stát, že výsledek bude příliš vzdálený od skutečnosti. Proto vůbec není snadné takovou realistickou, a přitom jednoduchou a zajímavou, úlohu vymyslet. V tradičních českých učebnicích a sbírkách jich mnoho nenajdeme. Například v oficiálně doporučené osmidílné učebnici pro gymnázia [1] nacházíme řadu úloh splňujících cíl (b), avšak vzdálených cílům ostatním. Dokumentuje to následující příklad takové typické rutinní úlohy:

Automobil o hmotnosti 800 kg zvýšil při jízdě na přímé silnici svou rychlost z $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ na $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ během doby 20 s. Jak velká výsledná síla na něj působila?

Změnou spočívající v použití automobilu namísto obvyklého „hmotného bodu“ nebo „tělesa“ se úloha stává realistickou jen zdánlivě. Nejenže nebere v úvahu, že v praxi řidič obvykle dosahuje rychlosti $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ($72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) z počátečních $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ($54 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) za podstatně kratší dobu než 20 s (většinou navíc nikoli rovnoměrně zrychleným pohybem), ale především se nezabývá ani v diskusi povahou sil, které na automobil při rozjezdu působí a výslednici vytvářejí.

Naopak zajímavou inspiraci nabízejí některé zahraniční učebnice. Dostupný je například překlad americké vysokoškolské učebnice [2], kde najdeme i řadu jednoduchých úloh použitelných na střední škole.

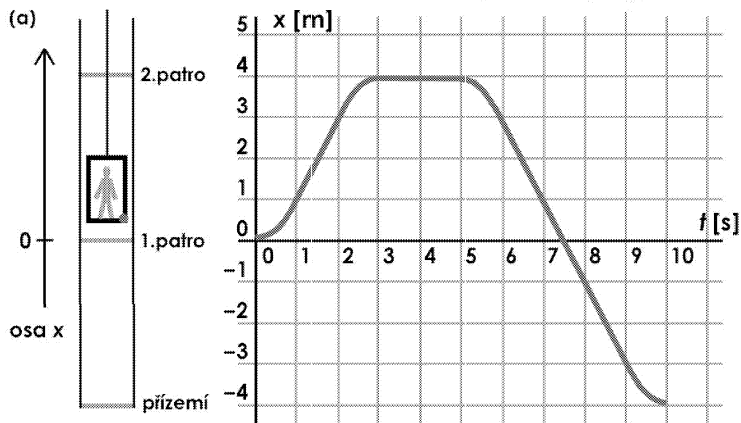
Následující komentovaná zadání jsou ukázkou autorovy představy o využití zajímavých úloh, které mají blízko k praktickým situacím a splňující výše formulované cíle.

Úloha 1

Počítač zaznamenává polohu výtahu při jeho pohybu. Na obr. 1 vidíte graf závislosti polohy snímaného bodu na čase po dobu 10 s. Je zde také vyznačena volba vztahné soustavy. Na základě analýzy grafu získejte co nejvíce informací o pohybu výtahu. Předpokládejte přitom, že zrychlení výtahu bylo v jednotlivých intervalech buď konstantní, nebo nulové, až na zanedbatelně krátké přechodové úseky mezi těmito intervaly.

Návod:

- Zapište do tabulky, jak se výtah pohyboval v jednotlivých časových intervalech.*
- Sestrojte graf závislosti x -ové složky rychlosti výtahu na čase.*
- Sestrojte graf závislosti x -ové složky zrychlení výtahu na čase.*



Obr. 1

Tato úloha má za cíl pomoci vytvářet správnou představu o významu základních pojmů kinematiky – polohy, rychlosti a zrychlení a rozvíjet schopnost pracovat s grafy. Zadání vychází z reality – prostorové i časové údaje odpovídají zhruba skutečnosti. Úloha je koncipována jako ukázková. To znamená, že po studentech nevyžaduje zcela samostatné řešení, které je pro ně zpočátku obtížné, pokud se s podobnými grafy ještě nesetkali. Na druhou stranu nejsou potřeba žádné složité výpočty, jen znalost základních pojmů a zejména logické uvažování.

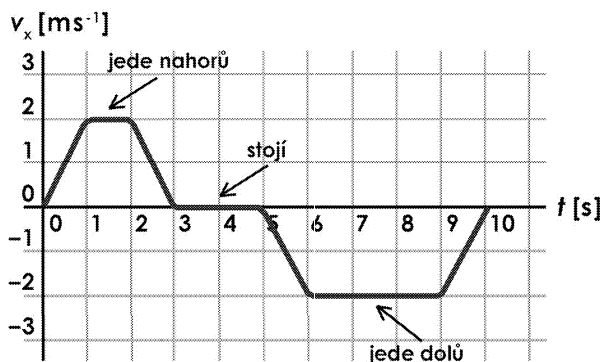
Zadání je záměrně zvoleno tak, aby se vyskytly všechny možnosti kombinace směrů vektorů rychlosti a zrychlení při přímočarém pohybu.

Při řešení první části úlohy můžeme využít běžné zkušenosti s pohybem ve výtahu. Řešení by mohlo vypadat takto:

0 s – 1 s ... výtah se rozjíždí směrem vzhůru (pohybuje se s nenulovým zrychlením, velikost jeho rychlosti roste, rychlost a zrychlení směřují vzhůru)

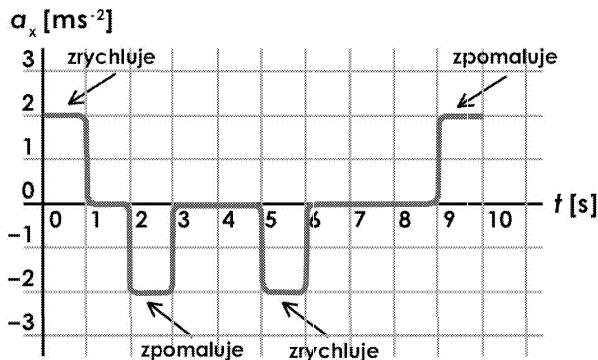
- | | |
|----------------|--|
| 1 s – 2 s ... | výtah stoupá stálou rychlostí (zrychlení je nulové, rychlost směřuje vzhůru) |
| 2 s – 3 s ... | výtah brzdí (pohybuje se s nenulovým zrychlením stále směrem vzhůru, velikost jeho rychlosti klesá, rychlost směřuje vzhůru, zrychlení dolů) |
| 3 s – 5 s ... | výtah stojí (jeho poloha se nemění, rychlost i zrychlení jsou nulové) |
| 5 s – 6 s ... | výtah se rozjíždí směrem dolů (pohybuje se s nenulovým zrychlením, velikost jeho rychlosti roste, rychlost i zrychlení směřují dolů) |
| 6 s – 9 s ... | výtah klesá stálou rychlostí (zrychlení je nulové, rychlost směřuje dolů) |
| 9 s – 10 s ... | výtah brzdí (pohybuje se s nenulovým zrychlením stále směrem dolů, velikost jeho rychlosti klesá, rychlost směřuje dolů, zrychlení vzhůru) |

Při konstrukci grafů v částech (b) a (c) této úlohy je nutné zdůraznit, že se nejedná o velikosti, ale o složky vektorů, tudíž přicházejí v úvahu jak kladné, tak i záporné hodnoty (směr „vzhůru“ je považován za kladný, směr „dolů“ za záporný). Kromě toho je třeba zdůraznit, že při pohybu s nenulovým konstantním zrychlením je grafem časové závislosti složky rychlosti úsečka s nenulovou směrnicí, při pohybu s nulovým zrychlením pak úsečka rovnoběžná s časovou osou (nulová směrnice). Problém, jak z grafu časové závislosti polohy určit příslušnou složku rychlosti, pomůže vyřešit například obr. 2 s příslušným komentářem.

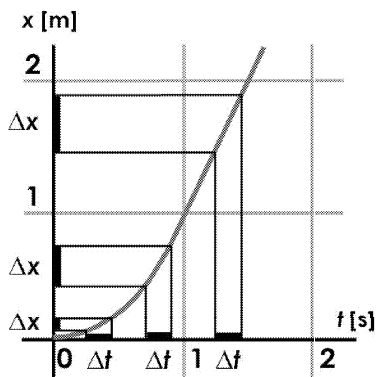


Obr. 2

Pak už by sestrojení grafů nemělo činit problém. Výsledek bude vypadat takto (obr. 3 a 4):



Obr. 3



Obr. 4

V komentáři ke grafům je také třeba upozornit na skutečnost, že při rozjezdu výtahu (kterýmkoli směrem) jsou rychlost a zrychlení orientovány souhlasně, při brždění pak nesouhlasně (opačně).

Zatímco úloha 1 je poměrně náročná na uvažování, pro řešení druhé postačí jednoduché „dosazení do vzorce“. Zároveň však úloha nabízí řadu otázek či problémů k samostatnému řešení pro zájemce o problematiku. Zajímavost úlohy spočívá mj. v tom, že výsledky mají praktický význam

a mohou být pro studenty i poněkud překvapivé (tentokrát jsou údaje o automobilu opravdu skutečné, převzaté z technické dokumentace). Navíc může úloha posloužit pro porovnání různých typů vztahů pro odpor prostředí – realistického vztahu Newtonova, v němž je odporová síla úměrná kvadrátu velikosti rychlosti a k němuž se zadaná technická data vztahují, a nerealistického, avšak jednoduššího vztahu Stokesova, v němž odporová síla závisí na velikosti rychlosti lineárně.

Úloha 2

V technické dokumentaci automobilu Škoda Fabia najdeme hodnotu součinitele odporu $C = 0,33$. Účinný průřez je asi $S = 2,1 \text{ m}^2$.

Určete velikost odporové síly působící na automobil při jízdě rychlostí o velikosti (1) $v = 90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, (2) $v = 120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, (3) $v = 150 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, je-li velikost odporové síly určena Newtonovým vztahem $F = 0,5C\rho Sv^2$, kde ρ je hustota vzduchu. Pokuste se určit a zdůvodnit, jak souvisí spotřeba s odporovou silou. Skutečná spotřeba Fabie 1.2 HTP je při zadaných rychlostech:

90 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1} \dots 4,9 \text{ l}/100 \text{ km}$,
 120 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1} \dots 7,3 \text{ l}/100 \text{ km}$,
 150 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1} \dots 11,3 \text{ l}/100 \text{ km}$.

Pro dosažení do Newtonova vztahu $F = 0,5C\rho Sv^2$ potřebujeme znát ještě hustotu vzduchu, kterou můžeme najít v tabulkách: $\rho = 1,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Nyní již lze dosadit a vypočítat velikost odporové síly (nezapomeňme převést rychlosti na metry za sekundu). Po zaokrouhlení dostaneme následující kvadratickou závislost odporové síly F na velikosti rychlosti v : $F = 0,45v^2$. Pro zadané rychlosti vychází

$$(1) F = 2,8 \cdot 10^2 \text{ N}, \quad (2) F = 5,0 \cdot 10^2 \text{ N}, \quad (3) F = 7,8 \cdot 10^2 \text{ N}.$$

Vlivem závislosti na druhé mocnině rychlosti je odporová síla při rychlosti 150 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ skoro trojnásobná oproti situaci při běžné rychlosti 90 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Uvedené údaje o spotřebě odpovídají jízdě po rovině, kdy je zařazen nejvyšší rychlostní stupeň, tj. „pětka“. Odporová síla má na spotřebu paliva značný vliv. Vidíme, že spotřeba je zhruba úměrná velikosti odporové síly. Překvapuje nás to? Možná bychom očekávali, že bude spíše úměrná výkonu této síly $P = Fv$. Je však třeba si uvědomit, že spotřeba je definována jako množství paliva potřebného pro ujetí dráhy 100 km, zatímco

výkon je číselně roven práci, kterou vykoná síla za jednu sekundu. Ujede-li automobil dráhu s , vykoná odporová síla práci $W = -Fs$ (odporová síla směřuje proti pohybu). Tato práce se koná na úkor části energie vzniklé při činnosti motoru, projeví se tedy spotřebou paliva. Objem spotřebovaného paliva je velikosti této práce zhruba úměrný, tj. $V = kW$, kde k je konstanta.

Řešení úlohy může vést k diskusi a zamyšlení nad vlivem stylu jízdy na spotřebu paliva.

Víc k tomuto tématu je možné najít na [4].

Zájemcům o motory je možné zadat ještě doplňující úkol:

Zkuste vyhledat na [5] graf určující vztah mezi výkonem motoru a „otáčkami“ (počet otáček motoru za minutu). Za předpokladu, že je zařazen nejvyšší rychlostní stupeň, odpovídá při jízdě po rovině rychlosti $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ hodnota $n = 2\,700 \text{ ot/min}$. Jaké otáčky odpovídají rychlosti $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a rychlosti $150 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$? Porovnejte výkon motoru odečtený z grafu s výkonem odporové síly. Pokuste se o vysvětlení výsledku.

Rychlost automobilu je při jízdě bez přeražování úměrná frekvenci otáček motoru. Pro $v = 120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ je tedy $n = 2\,700 \cdot (120/90) \text{ ot/min} = 3\,600 \text{ ot/min}$, při $v = 150 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ je $n = 2\,700 \cdot (150/90) \text{ ot/min} = 4\,500 \text{ ot/min}$. Z grafu na [5] zjistíme, že výkon motoru při $2\,700 \text{ ot/min}$ je 30 kW , při $3\,600 \text{ ot/min}$ je 38 kW a při $4\,500 \text{ ot/min}$ je 44 kW . Tyto hodnoty se významně liší od výkonu odporové síly při zadaných rychlostech vypočítaných podle vztahu $P = Fv$: pro rychlost $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ vychází $P = 7,0 \text{ kW}$, pro rychlost $v = 120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ vychází $P = 17 \text{ kW}$ a pro rychlost $v = 150 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ vychází $P = 33 \text{ kW}$. Vysvětlení této disproporce není pro studenty jednoduché, je třeba k němu dospět v diskusi řízené učitelem. Vyhledání a rozpoznání potřebných grafů a odečtení příslušných hodnot však zvládnou studenti sami.

Tématem poslední úlohy je jednoduchý rovnoměrný přímočarý pohyb. Její zadání se týká jedné z nejslavnějších vesmírných misí.

Úloha 3

Sonda Voyager II byla vypuštěna ze Země v roce 1977. Postupně zblízka mījela a fotografovala planety Jupiter (1979), Saturn (1981), Uran (1986) a Neptun (1989). Vzdálenost Neptunu od Slunce je přibližně 4 500 miliónů km. Od té doby se Voyager neustále vzdaluje od Slunce stálou rychlostí o velikosti přibližně $16 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (jeho pohyb můžeme v této fázi letu pova-

žovat za rovnoměrný, přímočarý a radiální – sonda se od Slunce vzdaluje po polopřímce s počátkem ve středu Slunce).

(a) V jaké vzdálenosti od Slunce se Voyager nachází v současnosti?

(b) Napište předpis pro funkci $x(t)$ vyjadřující vzdálenost sondy od Slunce v závislosti na čase.

(c) Užitím vztahu získaného v části (b) vypočtěte, jaký letopočet by odpovídal vzdálenosti $x = 150$ milionů km, což je průměrná vzdálenost Země od Slunce. Jaký výsledek výpočtu byste očekávali? Jaký letopočet by odpovídal vzdálenosti Uranu (průměrná vzdálenost od Slunce 2 870 milionů km), Saturnu (1 430 milionů km), resp. Jupiteru (778 milionů km)? Diskutujte o shodě nebo neshodě získaných výsledků se skutečností.

Při řešení první části jde tedy hlavně o to se v textu zorientovat, vybrat potřebné údaje a použít správné jednotky. Samotný výpočet je velmi snadný. Od roku 1989 do 2007 sonda urazí vzdálenost

$$s = vt = 16 \cdot (2\,007 - 1\,989) \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3\,600 \text{ km} = 9,1 \cdot 10^9 \text{ km}.$$

Celková vzdálenost od Slunce v roce 2007 je tak $(9,1 + 4,5) \cdot 10^9 \text{ km} = 13,6 \cdot 10^9 \text{ km}$ ($= 90 \text{ AU}$).

Druhý úkol má za cíl zdůraznit význam obecného řešení problému. Hledaný vztah bude mít tvar

$$x(t) = x_0 + vt = 4\,500 \cdot 10^6 \text{ km} + 16 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} \cdot t,$$

je-li t čas (v sekundách) měřený od okamžiku, kdy dráha sondy protne dráhu Neptunu. Rovnici můžeme ještě upravit do elegantnějšího tvaru

$$x(t) = 4\,500 \cdot 10^6 + 5 \cdot 10^8 (t - 1\,989),$$

kde čas t je aktuální letopočet (jednotka je rok). Výsledek vyjde v km.

Dodejme, že při řešení úlohy nerozlišujeme, ve které části určitého kalendářního roku výpočet provádíme. Diskusi rozdílného výsledku například pro květen a prosinec téhož roku studenti jistě zvládnou provést sami. Dosadíme-li nyní do získané rovnice údaj $x = 150 \cdot 10^6 \text{ km}$ (Země), vyjde nám $t = 1\,980$, pro $x = 778 \cdot 10^6 \text{ km}$ (Jupiter) je $t = 1\,982$, pro $x = 1\,430 \cdot 10^6 \text{ km}$ (Saturn) je $t = 1\,983$ a pro $x = 2\,870 \cdot 10^6 \text{ km}$ (Uran) je $t = 1\,986$. Všechny časy jsou zaokrouhleny na roky.

Řešení této úlohy vybízí k několika dalším otázkám či následné diskusi. Například proč v poslední části řešení nevyšel rok 1977, což by odpovídalo startu sondy ze Země. Odchylka je způsobena aproximací skutečného pohybu sondy rovnoměrným pohybem po radiální trajektorii. Tato aproximace je pro „menší“ vzdálenosti od Slunce, odpovídající například vzdálenosti Země, již velmi nepřesná. Sonda se ve skutečnosti pohybuje po parabolické dráze a navíc je tu ještě vliv planet, které mívají. Pro vzdálenější Jupiter a ještě vzdálenější Saturn již disproporce mezi výsledkem jednoduchého výpočtu vycházejícího z této aproximace a skutečností není tak značná, pro Uran je výsledek výpočtu shodný se skutečností.

Častou otázkou pokládanou studenty při diskusi je, jak je sonda poháněna, že může tak dlouho udržovat svoji rychlost na dané hodnotě. Pohyb sondy tak zároveň pěkně demonstruje platnost prvního Newtonova zákona. V případě zájmu mohou studenti sami zjistit další zajímavé informace o misi sond Voyager, například přímo na stránce [6].

Všechny uvedené úlohy vycházejí z celkové koncepce návrhu alternativní učebnice mechaniky, jejíž tvorbou se zabývám v rámci své disertační práce. Návrhy jednotlivých kapitol učebnice jsou zveřejněny na internetu [3].

L i t e r a t u r a

- [1] Fyzika pro gymnázia, sada osmi tematických učebnic, Prometheus, Praha, 1993–2004.
- [2] *Haliday D., Resnick R., Walker J.*: Fyzika (český překlad Fundamentals of Physics, 5. edition., Wiley & Sons, 1997), Prometheus Praha a Vutium Brno, 2001.
- [3] <http://www.physics.muni.cz/~awasin>
- [4] <http://www.uspornajizda.cz>
- [5] <http://www.skoda-auto.com/cze/model/fabia/fabiasedan/technology/>
- [6] <http://voyager.jpl.nasa.gov/>

Může mít voda paměť?

LUBOMÍR SODOMKA

Adhesiv, TU Liberec

Úvod

Předpoklad o paměti vody vyslovil v roce 1985 francouzský alergolog *Jaques Benveniste* (2004). Tuto hypotézu vyslovil jako možnost výkladu homeopatických zásad o ředění homeopatik.

Objevitelem homeopatie byl na rozhraní 18. a 19. století *Ch. F. S. Hahnemann*. Na základě zkušeností s vlastní léčbou a pod vlivem literatury vyslovil zásadu, že druh léku vyvolává u zdravého ty potíže, které nemocného léčí a tím formuloval i zásady homeopatie. Homeopatie se rozšířila i přes pochybnosti lékařské obce a dnes se s její léčbou setkáváme v mnoha ordinacích. Dvě díla uveřejněná Hahnemannem [1], [2], zvláště pak [2] v šesti vydáních způsobila velké rozšíření tohoto způsobu léčby. Velmi diskutabilním způsobem léčby se stalo silné ředění působící látky, jejíž koncentrace se blížila nule. To se zdálo paradoxní a odporující „selskému rozumu“.

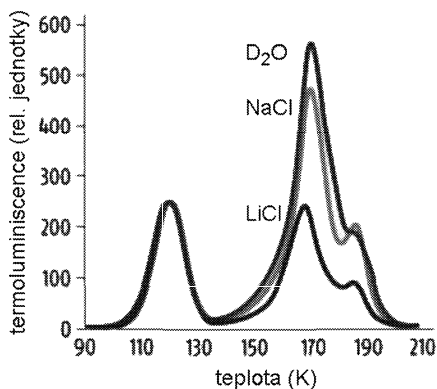
O rozšíření homeopatie v ČR se zasloužily mimo jiné i publikace [3], [4], [5], [6], v nichž lze najít i návody na praktické využití homeopatie.

K vysvětlení vlivu ředění při homeopatické léčbě vyslovil Benveniste hypotézu o paměti vody jako homeopatického rozpouštědla. Nepodařilo se mu však tuto hypotézu prokázat a ztratil prestiž významného alergologa, finanční podporu výzkumu a byl dokonce i středem výsměchu, a to již v roce 1988 a tak teorie paměti vody zapadla. Mnozí lékaři vysvětlují homeopatické léčení placeboefektem.

Pod vlivem paradoxního způsobu homeopatické léčby se objevily i tři příspěvky [7], [8], [9] v tomto časopise. V článcích [7] a [9] byla podpořena myšlenka o nepravděpodobnosti možné léčby silným ředěním homeopatika, tj. výkladem placeboefektu a v článku [8] byla vyslovena naopak podpora teorie paměti vody k výkladu homeopatie, i když oba autoři nepředložili teoretické nebo experimentální důkazy svých tvrzení. Šlo více méně o filozofické či gnozeologické úvahy než o rigorózní fyzikální důkazy. Za diskusní lze považovat i tvrzení v [7] a [9], že v kapalinách v důsledku pohybu molekul nelze vytvořit paměťové prostředí. Tomu odporují např. paměti v kapalných krystalech [10].

Myšlenka J. Benvenista však zcela nezanikla. V poslední době byla zveřejněna práce švýcarského chemika *L. Reye* v renomovaném fyzikálním časopise *Physica A*, která má měřením termoluminiscenčních (TL) křivek experimentálně ověřit existenci paměti vody a prokázat ji i fyzikálním měřením [11].

K experimentu použil Rey těžkou vodu D_2O jednak čistou, a jednak s ionty sodíku (Na), s ionty lithia (Li) a chloru (Cl) přidáním příslušných chloridů do vody. Všechny pak nechal zmrznout a prováděl TL měření na částech ledu. TL křivky vykazovaly dvě maxima, a to při teplotách 120 K a 170 K. Průběhy TL křivek se lišily, jejich maxima však zůstala zachována (obr. 1).

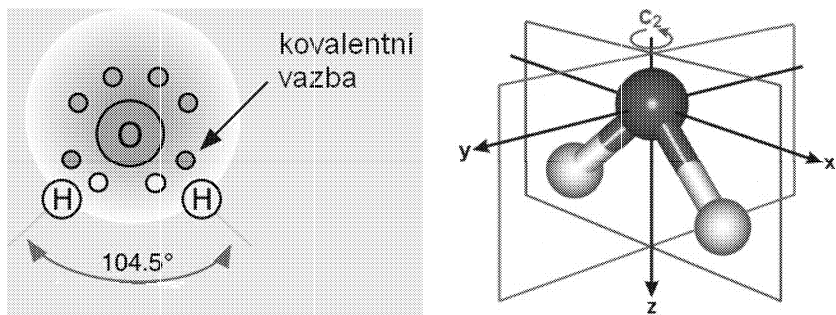


Obr. 1 Termoluminiscenční křivky čisté těžké vody D_2O a vody s iontovými příměsí ve fázi ledu

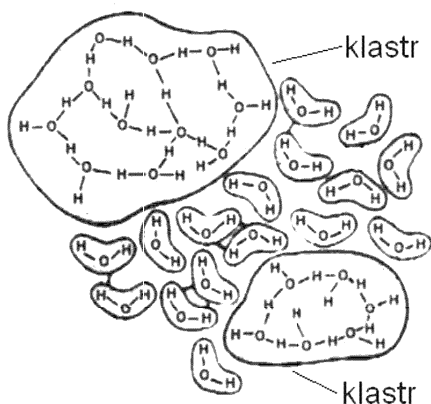
Struktura a vlastnosti vody

Máme-li pochopit eventuální paměťovou schopnost vody, je třeba se seznámit se strukturou vody, zda může vytvářet paměťové prostředí. Molekula vody H_2O představuje soustavu atomu kyslíku a dvou atomů vodíků navzájem vázaných silnou kovalentní vazbou, jak znázorňuje obr. 2a, b.

Molekula vody je působením vnitroatomových kovalentních sil velmi stabilní. Mezi molekulami vody působí rovněž poměrně velmi silné intermolekulární vazby vodíkových můstků [12], jejichž působením mohou vznikat za vhodných podmínek stabilní substruktury, shluky molekul – klustry (z angl. *clusters*, obr. 3).



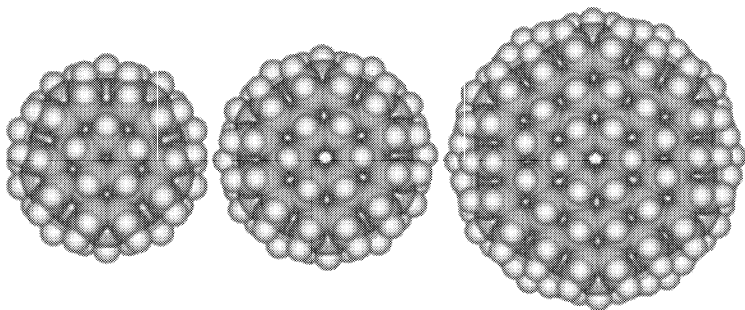
Obr. 2 Kovalentní interatomová vazba vytváří úhel mezi směry OH úhel $104,5^\circ$



Obr. 3 Vytváření klastrů (clusters) z molekul vody působením vodíkových vazeb

Klastry mohou vznikat vnitřním chemickým působením a obsahovat ve svém prostoru ionty rozpuštěných látek (homeopatik). Klastry vznikají ve vodě v nejrůznějších strukturách. Za nízkých teplot vzniká působením vodíkových vazeb i dokonalá vysoce symetrická diamantová struktura ledu. Kromě toho byly objeveny ve vodě vysoce souměrné struktury podobné fullerénům [13], fullerany, jak je znázorňuje obr. 4. Rovněž i v těchto strukturách jako ve fullerénech jsou místa pro ionty a molekuly.

Strukturu vody lze měnit působením vnějšího elektrického a magnetického pole.



Obr. 4 Fullerany vody

Má voda paměť?

A právě tyto krátkodobě nebo dlouhodobě stabilní struktury vody mohou být základem pro paměť vody.

První, byť i nepřímý důkaz existence paměti vody prostřednictvím vodíkových vazeb podal již zmíněný L. Rey [11] měřeními TL (obr. 1). TL křivka s maximem při 170 K odpovídá vodíkovým vazbám v ledu. V Reyových měřeních byla použito těžká voda, v níž mají vodíkové vazby vyšší hodnotu. Výklad homeopatů předpokládá, že vodíkové vazby přetrvávají i drastická zředění, což má podpořit výklad účinku homeopatického zředění paměti vody. Naproti tomu *M. Chaplin* z Londýnské jižní univerzity s Reyovým výkladem nesouhlasí. Opět se střetávají dva protipólové názory, tentokrát při výkladu experimentálních měření. Je možné se experimentálně dobrat, že síť vodíkových vazeb ve vodě mohou mít nejružnější podobu. Je otázka, zda je možné experimentálně dokázat přímo ze struktury vody existenci stabilních klastrů vody, které by pak vytvářely její paměť. Jeví se možnosti použít k tomuto důkazu i neutronové difrakční techniky nebo jadernou magnetickou rezonanci [14].

Možný výklad homeopatie pamětí vody

Zatím největší zájem na paměti vody mají homeopaté, kterým by sloužila k výkladu jejich oboru. Jde o to najít ve vodě krátkodobě či dlouhodobě stabilní substruktury. Těmi jsou vodíkovou vazbou vázané klastry molekul vody (obr. 3, 4). Jejich stálost zaručují vodíkové můstky, které jsou rovněž zodpovědné za vazbu dvojspirály deoxyribonukleových kyselin (DNA, DNK), které zajišťují dědičnost organismů. Navíc klastry vody mohou vznikat působením elektrických polí rozpuštěných iontů a tvoří pak

v klastrech intersticiální ionty (molekuly), jejichž prostor kopírují molekuly vody klastrů. Zřetřováním roztoku jsou ionty difuzí vytahovány z klastrů, kde po sobě zanechávají vakance, které si po nějakou dobu pamatují přítomnost iontů. Tento model, i když je zatím spekulativní, může sloužit jako východisko k jeho experimentálnímu potvrzení např. metodami neutronové difrakce či jaderné magnetické rezonance (JMR, NMR, [15] [16] [17]), popř. i jinými fyzikálními metodami a k teoretickému řešení problému paměti vody.

Zhodnocení a závěr

Voda je základní látkou stavby živých organismů, v nichž představuje někdy i více než 90 % celkové hmotnosti. Podílí se tedy zvláště nejrnějššími klastrovými substrukturami na mechanismech živých organismů, které jsou i mnohem složitější než mechanismy homeopatie. Nesmějí nás překvapit její někdy až neuvěřitelné vlastnosti a jevy, které způsobuje. Studium jejích substruktur naznačených na obr. 3 a 4 se můžeme dočkat ještě významnějších a záhadnějších objevů než je paměť vody.

Úvahy v tomto článku ukázaly, že mechanismy homeopatie vyložené v roce 1985 pamětí vody, jež se v roce 1988 jevily jako protismyslné, se vývojem ukázaly jako dosti pravděpodobné a nyní již zatlačují výklad placeboefektem. Na úplnou platnost teorie pamětí vody je třeba si ještě počkat a je jisté, že fyzika bude přítom.

Literatura

- [1] *Hahnemann, Ch. F. S.*: Organon der rationellen Heilkunst, 1810.
- [2] *Hahnemann, Ch. F. S.*: Organon der Heilkunst, šesté vydání 1921.
- [3] *Janča, J.*: Praktická homeopatie. Eminent, Praha 1992.
- [4] *Hrušovský, J.*: Kvantová homeopatie. Methesa, Praha 1997.
- [5] *Vilhoulkas, G.*: Homeopatická věda. Alternativa, Praha 1997.
- [6] *Heřt, J. et al.*: Homeopatie. Medicína pro třetí tisíciletí. Lidové noviny, Praha 1997.
- [7] *Bartuška, K.*: Homeopatie a fyzika. MFI 8 (1999) č. 10, s. 596.
- [8] *Sodomka, L.*: Fyzika a homeopatie. MFI 9 (2000) č. 5, s. 278.
- [9] *Bartuška, K.*: MFI 9 (2000) č. 5, s. 283.
- [10] *Sodomka, L., Fiala, J.*: Fyzika a chemie kondenzovaných látek. Adhesiv, Liberec 2003, díl 1, kap. 14, s. 429.
- [11] Icy claims that water has memory. <http://www.newscientist.com/11june2003>
- [12] dtto [10], díl 1, kap. 1, s. 52.
- [13] dtto [10], díl 2, Liberec 2004, kap. 20, s. 154.
- [14] dtto [10], díl 1, kap. 1, s. 123, kap. 9, s. 306.
- [15] dtto [10], díl 2, kap. 25, s. 264.
- [16] *Hoppe, W. et al.*: Biophysik, Springer Heidelberg 1977, kap. 3, s. 43.
- [17] *Prosser, V. F. et al.*: Experimentální metody biofyziky. Academia, Praha.