Technické spreje ve vyučování fyzice

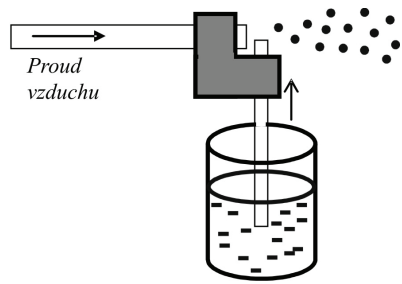
JOSEF HUBEŇÁK
Pedagogická fakulta UHK

Abstrakt

Spreje mohou zpestřit hodinu fyziky na základní a střední škole. Každý den se setkáváme s jednoduchou nádobkou, která dokáže svůj kapalný obsah rozprášit do prostoru a poskytnout požadovaný efekt: nanést barvu, rozptýlit do prostoru vůni, dezinfikovat drobné zranění, zneškodnit útočníka atd. Technické spreje určené pro elektroniku jsou snadno dostupné a mezi nimi jsou pro fyziku zajímavé typy: spreje chladící a spreje pro odstraňování prachu. Kriminalisté – technici používají mimo jiné spreje s magnetickými částicemi. Tyto spreje lze také získat a použít pro experimenty.

Princip rozprašovače a spreje

Výtvarníci ještě znají klasický rozprašovač a jeho princip se najde i ve starších učebnicích fyziky.



Obr. 1. Klasický rozprašovač

Proud vzduchu obtéká svislou trubičku a v tomto místě dochází ke snížení tlaku. Atmosférický tlak „natlačí“ kapalinu do svislé trubičky a nahoře jsou strhávány drobné kapičky a vzduchem vrženy vpřed. Na ZŠ nebo nižším stupni víceletého gymnázia mohou žáci rozprašovač vyrobit a vyzkoušet.

Spreje pracují bez proudu vzduchu. Kapalina je v nádobce spolu s hnacím plynem. Ten ji vytlačí poměrně širokou trubičkou až k ústí, kde je malý výstupní otvor. Rychlost kapaliny vzroste a tlak klesne, na výstupu (v trysce) se kapalina rozdělí na drobné kapičky. Podstatnou roli hraje hnací plyn. Z fyzikálního hlediska jde o látku, která má bod varu nižší, než je teplota, při níž se sprej bude používat. Vhodných plynů není mnoho.

Hnací plyny

Pro bezvodé spreje – barvy, laky, deodoranty, antiperspiranty – se používá směs propanu a butanu.

Propan CH_3-CH_2-CH_3 má bod varu -42,1 °C při normálním tlaku,
butan CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 bod varu 0,5 °C při normálním tlaku 1013 hPa. Tato směs je ovšem hořlavá.

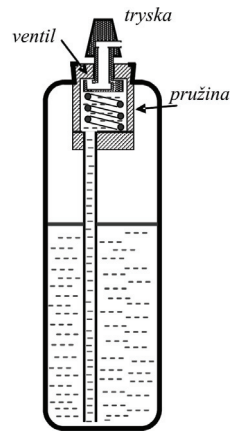
Pro spreje obsahující jako rozpouštědlo vodu nebo ethylalkohol se používá dimethylether CH_3-O-CH_3 s bodem varu −23,6 °C. Sem patří řada kosmetických sprejů, osvěžovače vzduchu nebo spreje s malířskou barvou pro výtvarníky. Samotný dimethylether je hořlavý, ale ve směsi s vodou je již nehořlavý.

Tam, kde je požadována naprostá nehořlavost, najdeme tetrafluorethan CHF_2-CHF_2 s bodem varu −26 °C. Fluorovaných uhlovodíků je více a některé se používají ve sprejích určených pro rychlé ochlazení nebo odstranění prachu. Ve sprejích mohou být i ve směsi; tím se dosáhne požadovaných tlaků. Příklady často používaných fluorovaných uhlovodíků:

HF_3C trifluormethan	bod varu -81,2 °C,
HF_2C difluormethan	bod varu -51,6 °C
CF_3-CH_3 trifluorethan	bod varu -47,75 °C
CHF_2-CH_3 difluorethan	bod varu -24,7 °C

Hnacím plynem může být i CO_2, dusík nebo vzduch. V tom případě má sprej uvnitř píst nebo balónek se stlačeným plynem. Tyto plyny se používají u některých kosmetických sprejů. Pány zaujme sprej s pěnou na holení: hnacím plynem je izopentan C_5H_{12} s bodem varu 27,7 °C.

Konstrukce spreje

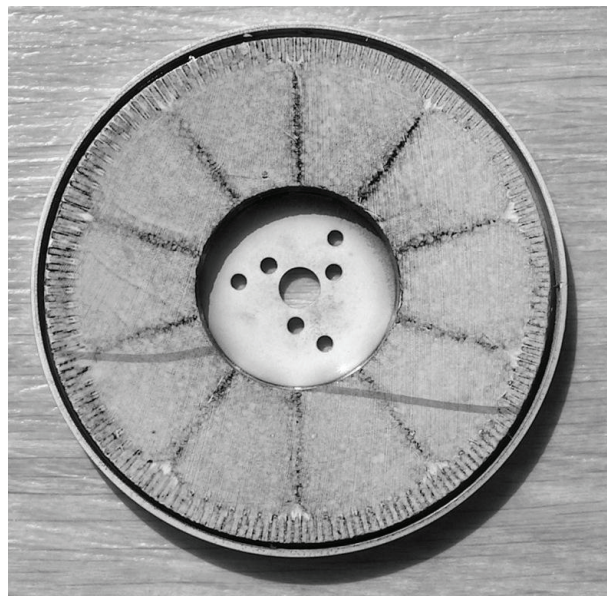


Obr. 2. Průřez nádobkou spreje

Nádobka je plněna kapalinou asi do dvou třetin, nad kapalinou je hnací plyn s tlakem až 0,8 MPa. Stlačením horní části s tryskou se otevírá ventil a k opětovnému uzavření dojde díky pružině. Konstrukcí sprejů je celá řada, obr. 2 ukazuje jednoduché řešení.

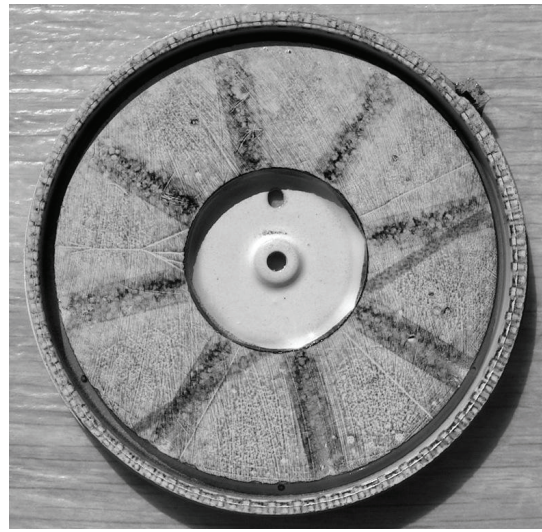
Magnetické spreje

Spreje obsahují jemně rozptýlené částečky feromagnetického materiálu v kapalině. Suspenze mohou obsahovat i fluorescenční nebo barevné magnetické prášky. S tímto sprejem lze snadno mapovat okraje permanentních magnetů (pilinové obrazce). Dosluhující rotory disketových motorků ze starých počítačů poskytnou zajímavější obraz:



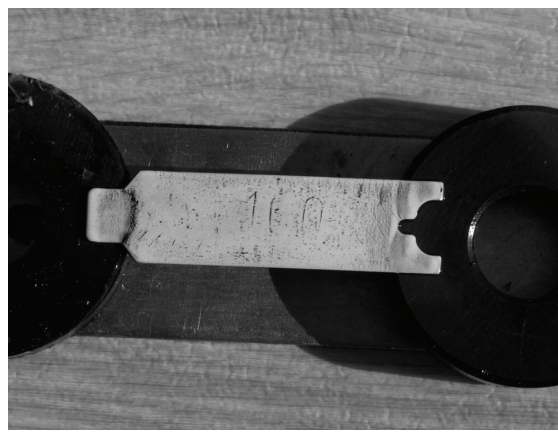
Obr. 3. Rotor 5,25“ mechaniky

Je vidět deset hranic mezi póly a u okraje rotoru dalších dvacet hranic na každý pól. Velké póly slouží jako aktivní póly synchronního motorku (cívky jsou součástí statoru) a drobné póly poskytují impulsy pro Hallovy sondy, které zajišťují zpětnou vazbu pro udržení požadovaných otáček motorku. Podobný obrazec dostaneme na rotoru disketové mechaniky 3,5“ (obr. 4).



Obr. 4. Rotor disketové mechaniky 3,5“

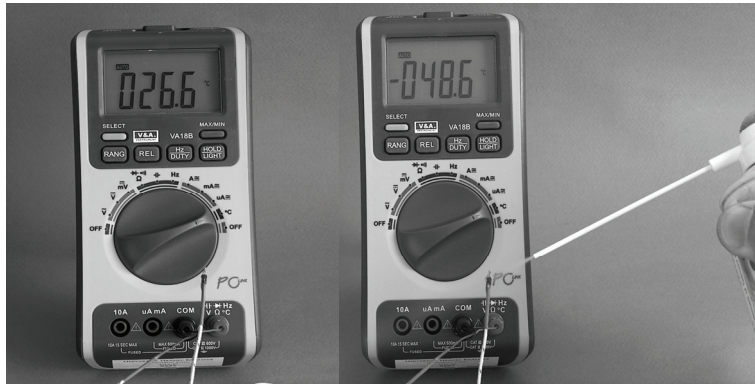
Magnetické spreje používají kriminalisté-technici pro nalezení původních výrobních čísel, která pachatelé odbrousili. Materiál je třeba jen zmagnetovat rovnoběžně s povrchem a v místě ražby zůstala zbytková deformace. Na obrázku 5 je ukázka odhalení vybroušeného a přelakovaného výrobního čísla.



Obr. 5. Odhalení výrobního čísla

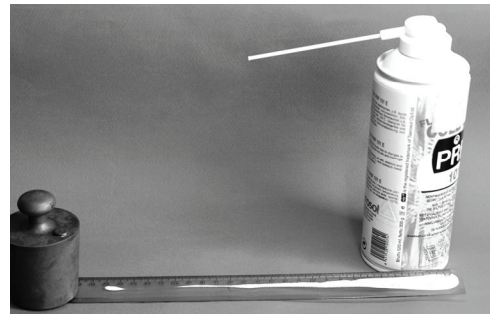
Chladicí spreje

Fluorované uhlovodíky a dimethylether jsou obvyklou náplní těchto sprejů. Jako příklad sprej PRF 101NF (nehořlavý) obsahuje 95 až 100 % tetrafluorethanu. Podle údajů výrobce je možné s ním dosáhnout ochlazení na -55°C. Obrázek ukazuje vlastní měření:



Obr. 6. Chlazení sprejem

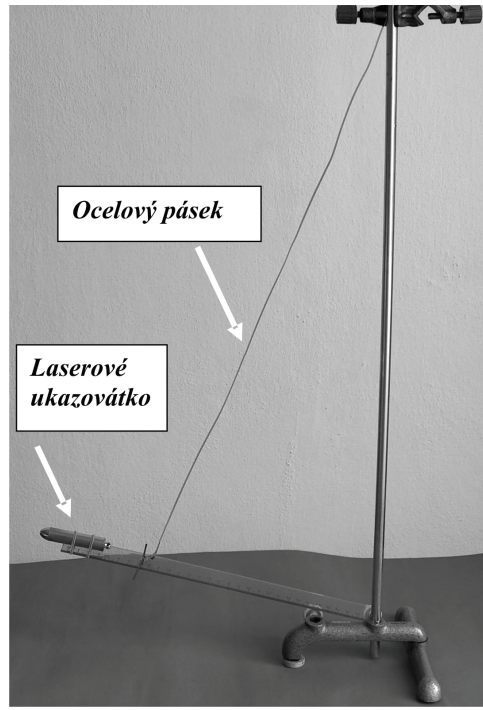
Teplota okolí je o 75,2 °C vyšší, než teplota dosažená na hrotu termočlánku. Jedna z možností využití pro fyziku je ukázka deformace plastového pravítka – viz obr.7.



Obr. 7. Deformace pravítka

Horní strana plastu se smršťí a pravítko se zřetelně prohne nahoru. Deformace zanikne, jakmile se prochladí celý průřez. Na ochlazeném povrchu je patrná vrstva ledu, který má původ ve vodní páře, vždy přítomné ve vzduchu. Po chvíli roztaje. Je tady příležitost i pro praktickou ukázku fázového přechodu.

Pro teplotní roztažnost existuje řada experimentů a většinou jde o prodloužení způsobené zvýšením teploty. Tady lze s jednoduchými pomůckami ukázat i zkrácení ochlazením:



Obr. 8. Sestava pro zkrácení ocelového pásku ochlazením

Světelná stopa se na stěně vzdálené 10 m posunula o $\Delta l' = 5$ cm nahoru. Pásek z nerezové oceli je uchycen 23 cm od osy otáčení, takže jeho zkrácení je

$$\Delta l = \frac{0{,}23}{10}\Delta l' = 0{,}00115\ \text{m}$$

Pokud by na celém pásku byla vrstva ledu, můžeme odhadnout i dosaženou teplotu a pokračovat ve výpočtu teplotního součinitele roztažnosti daného materiálu.

Spreje pro odstranění prachu

Jsou určeny k čištění jemné mechaniky a ačkoliv jsou někdy uváděny jako nádoby se stlačeným vzduchem, opět jde o hnací plyny – dimethylether a tetrafluorethan. Sprej DUST OFF 67 obsahuje podle bezpečnostního listu 10 až 30 % dimethyletheru a zby-

tek je tetrafluorethan. Pro fyzika může být užitečný tam, kde potřebujeme intenzivní proud „vzduchu“. Lehce můžeme ukázat zavěšení míčku – viz obrázek 9.

Obr. 9. Zavěšený míček

Kam pro spreje

Chladicí a čisticí mají v nabídce prodejny elektroniky GES Electronics (http://www.ges.cz/) a GM Electronic http://www.gme.cz/cz/. Magnetické spreje pro nedestruktivní defektoskopii dodává fy NDT Trade http://www.ndttrade.cz/164/o-nas-sk.