

**10. ročník, úloha I.4 ... překvapení po procitnutí? (4 body; průměr ?; řešilo 148 studentů)**

Představte si, že jdete večer klidně spát a do rána se veškeré vzdálenosti a rozměry všech předmětů zvětší desetkrát, přičemž jejich hmotnost se nezmění. Zanechá tato událost nějaké stopy na vaší existenci? A pokud ano, tak jaké?

Tato úloha je z řady kvalitativních, úvahových problémů. Je velmi těžké obsáhnout širší důsledků a všech souvislostí při změně rozměrů. Pokusíme se některé z nich popsat užitím transformace fyzikálních veličin.

Nejdříve si ujasníme, co to znamená, že můžeme pozorovat nějakou změnu. Vzhledem k tomu, že jsme zvyklí všechny velikosti posuzovat relativně vůči jiným velikostem, neviděli bychom přímo zvětšení světa. Změnu bychom viděli porovnáním procesů, které by probíhaly jinak před a po zvětšení. Skoro nic by totiž nefungovalo tak, jako před transformací (změnou rozměrů).

K tomu, abychom mohli mluvit o pozorovatelných změnách, musíme specifikovat, jak se změni fyzikální zákony. Vezmeme například Newtonův gravitační zákon  $F_g = \varkappa m_1 m_2 / r^2$ . Tato formule dává předpis pro gravitační sílu v případě, že vzdálenost mezi dvěma tělesy je  $r$  a mají hmotnosti  $m_1, m_2$ . Vzdálenost a hmotnost měříme pomocí nějakého měřítka (například metr je definován přes rychlost světla, kilogram je uložený v ústavu pro míry a váhy v Paříži). Základní otázkou je, jestli po transformaci (změně rozměrů) se zákony změni tak, že do nich dosadíme vzdálenost změřenou stejným způsobem jako před transformací, vezmeme prostě nějaký metr, který se ale také zvětšil, anebo měříme pomocí původních nezměněných měřítek. Matematicky řečeno, označíme-li  $v(A, B)$  vzdálenost dvou bodů měřenou původními měřítky,  $v'(A, B)$  vzdálenost měřenou zvětšenými měřítky a  $A', B'$  jsou obrazy bodů  $A, B$  po transformaci (čárkovaně značíme veličiny a jednotky po transformaci), tak platí

$$v(A', B') = 10 v(A, B), \quad v'(A', B') = v(A, B).$$

Teď už jenom zbývá rozhodnout, jestli po transformaci bude platit místo

$$F_g = \varkappa \frac{m_1 m_2}{[v(A, B)]^2}$$

- a)  $F_g = \varkappa m_1 m_2 / [v'(A', B')]^2$  (vzdálenost měříme stejným způsobem jako před transformací – pomocí měřítek, které se změnily) nebo  
 b)  $F_g = \varkappa m_1 m_2 / [v(A', B')]^2$  (vzdálenost měříme pomocí původních, nezměněných měřítek).

**Případ a)**

Fyzikální zákony platí ve stejné formě jako před transformací, přičemž fyzikální veličiny v nich obsažené se měří změněnými měřítky. To znamená, že jste sice všechny rozměry desetkrát zvětšili, ale rovněž jste předefinovali jednotku metru (tj. změnili fyzikální konstanty, např. rychlost světla) tak, že se vlastně nic nestalo. Všechny pohybové rovnice vypadají úplně stejně, veličiny nabývají ve změněných měřítkách stejných hodnot, ale nikdo si ničeho nevšimne. Délka libovolného předmětu po transformaci je  $[l'] m' = l' = 10l = 10[l] m = [l] 10 m = [l] m'$  (hranatou závorkou rozumím číselnou hodnotu veličiny), neboť právě  $m' = 10 m$ . V tomto smyslu jsou fyzikální zákony neměnné vůči libovolné transformaci. (Což je zároveň jeden z výchozích principů obecné teorie relativity.) Jenom předefinujeme jednotku, ale jestli jsme to udělali tak, že všechny předměty jsme 10krát vzdálili a přitom desetkrát zvětšili rychlost světla, to nikdo nepozná.

*Případ b)*

Nebudu tu líčit, jak se 100krát zmenší gravitační zrychlení, 1000krát zmenší hustota látek apod., jen se soustředím na základní problémy.

Především, naše změna totálně nesplňuje platné zákony. Nemůžete zároveň splnit zákon zachování hybnosti (rychlost zůstává konstantní) a zachovat také moment hybnosti (to by musela rychlost 10krát klesnout). *Někdo* prostě přišel (jestli to byl ufónek nebo Bůh, považují za nepodstatné) a vynaložil své úsilí na to, aby všechny částice od sebe 10krát vzdálil. Musel tím zvýšit desetkrát i jejich rychlosti, neboť  $v = \Delta s / \Delta t$ , jinak by porušil výše zmíněné transformační pravidlo. Musíme ale také říci, na jaké úrovni v nitru hmoty se zastavil. Pokud jenom vzdálil molekuly, změnil tak většinu látek v plyn (1000krát menší hustota), pokud odděloval i atomy, rozbil tak skoro všechny chemické sloučeniny (100krát klesla elektrostatická síla, která je zodpovědná za všechny chemické vazby), mohl i rozbít atomy a nakonec i rozštěpit jádra atomů – oddělení nukleonů od sebe (a na to už je třeba vynaložit sakra velkou energii). A tím jeho moc končí, i kdyby byl všemocný. Kvarky uvnitř nukleonů už oddělit nemůže, neboť energie k tomu potřebná je tak velká, že bohatě stačí na tvorbu nových částic. Tady je vidět, že takto klasicky pojatá úloha musí mít své hranice, z klasického hlediska můžeme jít maximálně po úroveň atomů.

Rozeberme také přírodní zákony. Síly, které ubývají s kvadrátem vzdálenosti (jsou to takzvané síly dlouhodobahové) logicky klesnou 100krát. Zároveň ale platí, že podle definice síly z druhého Newtonova zákona  $F = ma$ , abychom urychlili nějaké těleso na stejnou číselnou hodnotu zrychlení, musíme vynaložit desetkrát větší sílu ( $a' = 10a$ ), efektivně tedy klesne např. gravitace 1000krát. Snáže tento jev pochopíme tak, že naši transformaci dotáhneme matematicky do konce. Nebudeme měnit číselné hodnoty rozměrů, ale formálně předefinujeme fyzikální konstanty tak, aby se nám vše jevilo 10krát větší, jako by se metr desetkrát zmenšil. Poté všechny základní konstanty předefinujeme tak, aby zákony zůstaly ve stejné podobě, a máme tady nový svět. Konkrétně 10krát zmenšíme rychlost světla, 1000krát zmenšíme gravitační konstantu  $\kappa$ , neboť v jejím rozměru je  $m^{-3}$  apod. Nutno však poznamenat, že v naší úloze jsme objektivně žádné konstanty neměnili, studujeme ten samý vesmír jako před změnou, tímto způsobem ale snadno nahlédneme, jak se který proces změní.

Nakonec shrnu vaše závěry, jak by to s námi vypadalo. Jedním slovem – špatně. 1000krát menší hustota způsobí, že z běžných látek budou plyny, maximálně kapaliny. Tíhové zrychlení na „povrchu“ Země bude 100krát menší, odstředivá síla kolem rovníku způsobí (stoupne 10krát), že se většina hmoty Země rozlítne do vesmíru (za předpokladu, který jsem již diskutoval, že se totiž zvětší rychlost, aby oběžná doba zůstala stejná). Termojaderná syntéza ve Slunci je silně závislá na hustotě hmoty, Slunce vyhasne a díky rotaci dříve, než se opět gravitačně dá do kupy, ztratí tolik hmoty, že už na další svícení mít nebude. O rozpadu molekul a atomů díky stokrát slabší elektrostatické interakci jsem už psal. Ze Sluneční soustavy i galaxie se stane vysoce energetická mlhovina a snad za pár miliard let dojde k tomu, že se na nějaké nově vzniknuvší planetě z nově vytvořených atomů a molekul zrodí inteligentní život, který pochopí, jakou strašnou katastrofu naše úloha ve vesmíru vyvolala.

*Halef & David Stanovský*