

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Bohumil Vybíral

Kritériem správnosti fyzikální teorie je realita

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 32 (1987), No. 1, 44--49

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139882>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1987

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Na úrovni teórie je známych veľa pôsobivých a účinných didaktických postupov. Problém je, ako tieto postupy zaviesť do praxe. Na jednej strane si treba uvedomiť, že ťažiskom výchovnovzdelávacieho procesu je učiteľ, teda subjekt. Zaviesť novinky možno iba zmenou pedagogického vedomia a to je cesta dlhodobá. Na druhej strane k zavádzaniu nových postupov musia byť vytvorené aj vonkajšie podmienky a v tomto smere je naše počínanie značne nerozhodné. Podľa môjho názoru treba: znížiť počty detí v triedach na 24–25 žiakov; dať učiteľom väčší priestor pre rozvoj vlastnej iniciatívy; tým učiteľom, ktorí sa svojej práci venujú intenzívnejšie, ak majú túžbu ďalej sa vzdelávať, poskytnúť k tomu reálne možnosti.

Navrhňte témy pre pedagogické čítania učiteľov matematiky?

Pedagogické čítanie má vzniknúť z vnútornej potreby učiteľa oboznámiť s vlastnými skúsenosťami kolegov. Je ťažké povedať, aké skúsenosti má učiteľ nadobúdať. Pokiaľ náš seminár MOMEVYMAT – moderné metódy vyučovania matematiky bol partnerom pri vzniku pedagogického čítania, vychádzala iniciatíva od vyučujúceho a seminár dal iba pôdu pre teoretické rozpracovanie učiteľom navrhnutých tém. Na druhej strane je pravda, že teoretické problémy, ktoré riešime, overujeme na mnohých školách a pri tejto práci dochádzame do styku s učiteľmi, ktorých možno občas inšpirujeme. Ale vždy sa jedná o kontakt osobný a dlhší. V súčasnosti spolupracujeme so skupinou vyučujúcich Stredoslovenského kraja organizovanej podchytených pri KPÚ v Banskej Bystrici. Témou práce je analýza písomnej práce žiaka.

Prináša Vám poctivú a namáhavú prácu

rozumu neustále dobrú náladu? Viete byť na niekoho, na niečo, aj „zlý“?

Áno. Čo je to „zlý“?

V duchu som premýšľal, či stačí, aby zlo bolo iba nedostatkom dobra, a položil som otázku poslednú: Čím je pre vás matematika?

Príliš intímna otázka. Neviem na ňu odpovedať.

Asi som nevytušil prílišnú dôvernosť otázky, ale aj tak sa mi zdá, že vecná, možno že aj večná, odpoveď existuje a predsa len raz uzrie svetlo sveta.

Rozhovor pripravil
Dušan Jedinák

KRITÉRIEM SPRÁVNOSTI FYZIKÁLNÍ TEORIE JE REALITA

(Ke kritickému článku „Výklad by měl být především fyzikálně správný“)

Bohumil Vybíral, Hradec Králové

Ve svých článkách [1, 2] jsem chtěl přiblížit výklad některých základních výsledků speciální teorie relativity (STR) úrovni středoškolské fyziky. Je to úloha obtížná, zvláště vynucuje-li si didaktický systém zjednodušování systému vědeckého. Hned v úvodu přiznávám, že jsem se při zjednodušování postupu odvození závislosti $m = m(v)$, otištěném v [1, 2] dopustil chyby. Nedopatření při zjednodušování úvah spočívalo v tom, že ve snaze vyhnout se popisu děje v neinerciální vztažné soustavě jsem setrvačnou sílu $F_* = d(mu)/dt$, vznikající právě v neinerciální vztažné soustavě působením gravitačního pole vesmíru, nahradil vnější vtištěnou silou $F = F_*$, působící na částici v inerciální vztažné soustavě. V knize [3] toto zjedno-

dušení nemám; tam je to správně, v rozporu s tvrzením recenzentů v [4] v poznámce pod čarou. Rozbor zdroje síly F je hlavním prostředkem kritiky [4]. Přitom se však zde zcela neoprávněně zavrhuje i to, co je správné!

V této své replice chci jednak reagovat na jednotlivé námitky či obvinění uveřejněné v [4], jednak stručně ukázat, že megafyzikální pojetí teorie relativity, vypracované Z. Horákem (viz např. [5, 6, 7]) a použité v mé knize [3] (a až na výše uvedené zjednodušení i v [1, 2]) je správné a že koresponduje s výsledky STR a OTR, i s fyzikální realitou.

Tak především – gravitační pole vesmíru je nutno respektovat (nelze je opomenout), i když má v inerciálních vztazích soustavách nulovou intenzitu. Přitom nemusíme pracovat s konkrétními modely vesmíru. Můžeme hovořit jen o „fyzikálním vesmíru“ jako o souboru všech těles a polí ve vesmíru, který se projevuje fyzikálními účinky v rozsahu naší Galaxie (anebo opatrněji vyjádřeno – v rozsahu naší sluneční soustavy). Vliv fyzikálního vesmíru jako celku na fyzikální děje je třeba odlišovat od vlivu místních makrofyzikálních objektů. Přijmeme-li platnost principu setrvačnosti, musíme připustit, že základní gravitační pole fyzikálního vesmíru má nulovou intenzitu, ale nenulový konstantní skalární potenciál, který je fyzikálně významný, jak ukáží dále. Vztah STR a OTR je možné chápat tak, že jde o dva matematické modely reality, přičemž STR popisuje základní vliv vesmíru na fyzikální děje.

Nyní se obrátím k problému „potenciál“. Pokud se v [2, 3] podrobně zabýváme klasickým Newtonovým potenciálem a pokud se v [1] o něm vůbec zmiňuji, tak to bylo především z důvodů didaktických, aby se čtenáři přiblížil pojem potenciálu.

Ten lze dobře zavést právě klasicky (jako gravitační energie částice dělená její hmotností), avšak ne vždy dobře jej lze v Newtonově formě použít, jak jsem i zdůraznil [1, 2, 3]. Navíc se např. skalární potenciál $\varphi = -\kappa M/r$ běžně objevuje i v OTR – např. ve Schwarzschildově metrice a v řadě jiných vztahů popisujících vliv potenciálu místního gravitačního pole na různé charakteristiky hmoty.

Ze způsobu vyjadřování v [4] by se mohlo dedukovat, že snad ani nevím, že OTR pracuje obecně s deseti potenciály (v geometrizovaných jednotkách), za něž označuje složky metrického tenzoru g_{ik} . Ale už se zde neříká, že v STR (o kterou především jde) je ze složek g_{ik} významná složka g_{44} (resp. g_{00}) = -1, kdežto ostatní tři nenulové konstantní složky ($g_{11} = g_{22} = g_{33} = 1$) prostě vyjadřují, že zde je prostor euklidovský. Tak to mám zdůrazněno i v [3], kde jsem na rozdíl od běžných zvyklostí v teorii relativity (avšak v souladu např. s [10]), zavedl zobecněnou souřadnici $x^0 = t$, a tím jsem v STR dostal $g_{00} = -c^2$, tj. veličinu v jednotkách skalárního gravitačního potenciálu soustavy SI.

Právě složka $g_{44}(g_{00})$ v STR je v našem pojetí významná. Je nenulová, konstantní a fyzikálně normalizuje skalární potenciál fyzikálního vesmíru hodnotou

$$(1) \quad \varphi_* = -c^2.$$

V matematické fyzice je potenciál určen až na konstantu; to je všeobecně známo. Avšak tvrzení v [4], že „přičtením libovolné konstanty k potenciálu se fyzikálně nic nemění“ a že „případy gravitačního potenciálu rovného konstantě a potenciálu rovného nule jsou zcela ekvivalentní“, jsou v teorii relativity zcela nepravdivá. Z pohledu teorie relativity je naopak jednoznačná normalizace potenciálu, odrá-

žející realitu, významná. Tou je v případě skalárního potenciálu vesmíru rovnice (1). Např. skalární potenciál místního gravitačního pole, který má vliv na řadu veličin (viz např. [8], kap. 8, 10) se musí jednoznačně normalizovat tak, aby $\varphi = 0$ pro neomezeně vzdálený bod, neboť v tomto bodě nemůže mít objekt konečné hmotnosti vliv na průběh nějakého fyzikálního děje, např. na běh času, rychlost šíření světla, klidovou hmotnost částice. Jednoznačná fyzikální normalizace je nutná, neboť by v teorii relativity neplatily žádné číselné vztahy pro řadu veličin. Např. klidová hmotnost částice je ovlivněna místním slabým gravitačním polem podle vztahu (viz např. výraz (10.84) v [8]):

$$(2) \quad m_0 = \frac{\dot{m}_0}{\sqrt{\left(1 + \frac{2\varphi}{c^2}\right)}} = \frac{\dot{m}_0}{\sqrt{\left(1 - \frac{2\varphi}{\varphi_*}\right)}} > \dot{m}_0,$$

kde \dot{m}_0 je klidová hmotnost v místě dostatečně vzdáleném od místa zdroje místního pole. Zde byla provedena ještě úprava pomocí výrazu (1). Z výrazu (2) je zřejmé, že potenciál gravitačního pole ovlivňuje setrvačnost těles. Je to proto, že teorie relativity připisuje hmotnosti i (jednoznačně normalizované) potenciální energii (viz např. [9, 11, 12]). Protože setrvačnost těles je konečná, nemůže být skalární potenciál fyzikálního vesmíru ani nulový, ani nekonečný.

Einsteinův princip stálé rychlosti světla ve vakuu lze nahradit „obecným principem stálého skalárního potenciálu vesmíru“, který má stejnou konstantní hodnotu ve všech vztažných soustavách (inerciálních i neinerciálních). Tuto konstantu je možné označit $-c_*^2$; tedy $\varphi_* = -c_*^2$. To, že $c_* = c$, vychází z dalšího rozboru poznatků teorie relativity. Nezávislost skalárního gravitačního potenciálu na zrychlení

souhlasí se známým Einsteinovým předpokladem, že běh času nezávisí na zrychlení; tento předpoklad byl experimentálně ověřen až do zrychlení $10^{17} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ (D. W. Sherwin, 1960) [3], 294. Protože chod standardních hodin závisí na skalárním potenciálu φ (viz např. (8.116) v [8]): $d\tau_0 = dt(1 + 2\varphi/c^2)^{1/2}$, avšak ne na zrychlení, nemůže potenciál záviset na zrychlení.

Nyní k problému *inerciálních vztažných soustav*. Je nutné zdůraznit, že tento problém má dvě stránky. Především můžeme postulovat existenci inerciálních soustav jako vztažných soustav, v nichž platí princip setrvačnosti a druhý Newtonův pohybový zákon pro vtištěné síly (tuto úlohu lze i obrátit). Druhou stránkou problému je více či méně přesná *realizace* inerciálních vztažných soustav tím, že je vztáhneme k určitým reálným objektům. Avšak vztažná soustava spřažená s těmito definičními objekty nebude v žádném případě privilegovaná vůči jiným vztažným soustavám, které se vzhledem k ní budou pohybovat rovnoměrně, přímočaře.

K námitkám v [4] nutno znovu zdůraznit, že STR pracuje s euklidovskou geometrií. Dále v [1, 2] o žádném „globálním inerciálním systému“ není řeč a už ne vůbec o tom, že by byl „vůči vesmíru v klidu“. Ještěže jsem nebyl obviněn z manipulování s „éterem“!

Speciální princip relativity v [1, 2, 3] postulují a užívám, a již v [3] jsem upozornil na to, že speciální princip relativity plyne z homogenity a izotropie vesmíru, jež (jak uvádím v [3]) potvrzuje jak pozorovaná izotropie reliktového záření, tak zjištěná izotropie hmotnosti, změřená s relativní přesností $5 \cdot 10^{-23}$ (R. W. P. Drever, 1961), [3], 167.

Nyní se obrátím k podstatné námitce v [4], a to k platnosti a využití vztahu (5) v [1]:

$$(3) \quad E_k + E_* = \text{konst.}$$

Zde E_k je kinetická energie částice v pozorovací inerciální vztahné soustavě a

$$(4) \quad E_* = m\varphi_*$$

její potenciální energie v gravitačním poli fyzikálního vesmíru, vztahující se k téže soustavě.

Rovnice (3) platí pro volnou částici v inerciální vztahné soustavě identicky. Její platnost je však možné v důsledku nezávislosti potenciálu φ_* na zrychlení rozšířit i na neinerciální vztahné soustavy. Konstanta v této rovnici (ač není pro další práci s touto rovnicí důležitá) zřejmě je

$$\begin{aligned} \text{konst.} &= (mc^2 - m_0c^2) - mc^2 = \\ &= -m_0c^2 = m_0\varphi_*; \end{aligned}$$

je tedy rovna potenciální energii částice v gravitačním poli fyzikálního vesmíru, která je v uvažované vztahné soustavě v klidu. Při aplikaci rovnice (3) na neinerciální vztahné soustavy dostaneme správné výsledky STR.

Nyní je třeba ještě pravdivě odpovědět na otázku v [4] jakého původu je síla \mathbf{F} – vlastně správně *setrvačná síla* \mathbf{F}_* , kterou je třeba v [1, 2] nahradit sílu \mathbf{F} , jak jsem uvedl hned v úvodu k tomuto článku. V této replice nesleduji hlediska didaktická.

Problém obecně řeší teorie akceleračních silových polí [12]. Z hlediska výkladu setrvačné síly je významná složka akcelerační síly, která má směr retardovaného zrychlení $[\dot{\mathbf{v}}]$, tzv. setrvačná akcelerační síla

$$(5) \quad - \frac{[E_p]}{c^2} [\dot{\mathbf{v}}],$$

kde $[E_p]$ je potenciální energie pokusné částice v retardované poloze zdroje a $c^{-2}[E_p]$ značí hmotnost, o níž se změní hmotnost pokusné částice ve statickém konzervativním poli.

Pro případ elektrického pole zdrojové částice o náboji Q má síla (5) zřejmě velikost

$$(6) \quad - \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 c^2 r} [\dot{\mathbf{v}}].$$

Reálná existence této síly je bezpochybná, neboť (jak je ukázáno např. v [12, 3]) tato síla vede ke vzniku akceleračního (transformátorového) indukovaného elektrického pole. Analogický vztah pro akcelerační gravitační sílu (5) indukovanou v poli „bodové“ částice hmotnosti M je

$$(7) \quad \frac{\kappa M m}{c^2 r} [\dot{\mathbf{v}}] = -m\varphi \frac{[\dot{\mathbf{v}}]}{c^2},$$

kde φ je potenciál gravitačního pole v místě pokusné částice hmotnosti m .

Na základě obecného principu relativity o ekvivalenci gravitačních a setrvačných sil, musí mít klasická setrvačná síla $m\dot{\mathbf{v}}$ stejnou fyzikální povahu jako síla (7) a analogickou jako síla (6). Protože tato síla vzniká pouze v neinerciální vztahné soustavě, v níž se fyzikální vesmír pohybuje zrychleně, můžeme tuto sílu vzhledem k (5) interpretovat jako potenciální energii částice v gravitačním poli fyzikálního vesmíru $E_* = m\varphi_*$, násobenou výrazem $-\dot{\mathbf{v}}c^{-2}$. Pak

$$m\dot{\mathbf{v}} = -E_* \frac{\dot{\mathbf{v}}}{c^2} \equiv -m\varphi_* \frac{\dot{\mathbf{v}}}{c^2}.$$

Srovnáním stran této rovnice dostaneme opět vztah (1). Podobně vysvětluje původ setrvačné síly i Sciama (viz. Dicke [13]).

Setrvačná síla v [1]: $\mathbf{F} = \mathbf{F}_* = d(\mu)/dt$ má tedy původ v tom, že se v uvažované neinerciální vztahné soustavě zdroj této síly – fyzikální vesmír – pohybuje zrychleně.

Autoři článku [4] správně upozorňují na to, že v [1] (a i v [2]) jsem použil pojem „celková energie“ ve dvou významech, což mohlo čtenáře zmást. Zde jsem jako

„celková energie částice v gravitačním poli vesmíru“ označil součet $E_k + E_*$, který se podle (3) zachovává. Na jiném místě jsem hovořil o „celkové energii částice v uvažované vztažné soustavě“, kterou jsem označil energii $E = mc^2$ ($= m_0c^2 + E_k$). I když přídavné jméno „celková“ se vyskytuje v obou označeních, je zřejmé, že jde o různé energie; navíc energie $E = mc^2$ se nezachovává (její hodnota se mění v závislosti na tom, jak se mění kinetická energie částice v pozorovací soustavě). Potíže zcela odpadnou, když se $E = mc^2$ označí „vlastní energie částice“ a označení „celková“ se nepoužije. Analogicky se pak $E_0 = m_0c^2$ označí „klidová vlastní energie částice“.

Závěrem lze říci, že kritická stanoviska autorů článku [4] k megafyzikálnímu pojetí teorie relativity nejsou oprávněná. Ovšem už tato kritika může mít jediný výsledek – může jen oddálit všeobecné didaktické využití megafyziky ve školské fyzice. Megafyzikální výklad přitom uvádí inerciální vztažné soustavy do souvislosti k materiálním objektům ve vesmíru tím, že tyto soustavy konají vzhledem k němu setrvačné pohyby, jak plyne z přesných pozorování [14]. STR jsou inerciální vztažné soustavy definovány jenom abstraktně. Sám A. Einstein k tomuto problému uvádí [15]: „The weakness of the principle of inertia lies in this, that it involves an argument in a circle: a mass moves without acceleration if it is sufficiently far from other bodies; we know that it is sufficiently far from other bodies only by the fact that it moves without acceleration“.

Literatura

- [1] VYBÍRAL, B.: *K některým didaktickým problémům speciální teorie relativity*. Pokroky MFA 30 (1985), 39–45.
- [2] VYBÍRAL, B.: *O teorii relativity trochu jinak I, II*. Rozhledy MF 63 (1984/85), 308–312, 357–361.
- [3] VYBÍRAL, B.: *Fyzikální pole z hlediska teorie relativity*. SPN, Praha 1976.
- [4] DVOŘÁK, L. et al.: *Výklad by měl být především fyzikálně správný*. Pokroky MFA 31 (1986), 52–54.
- [5] HORÁK, Z.: *Rychlost elektromagnetických vln a gravitační potenciál vesmíru*. Elektrotechnický obzor 52 (1963), 157–162.
- [6] HORÁK, Z.: *Distant Cosmic Matter and Relativity*. Bull. Astr. Inst. of Czech. 14 (1963), No 3, 117–118.
- [7] HORÁK, Z.: *Cosmic Potential – a Fundamental Physical Constant*. Bull. Astr. Inst. of Czech. 14 (1963), No 4, 119–123.
- [8] MØLLER, C.: *The Theory of Relativity*. Clarendon Press Oxford, 1972; ruský překlad – *Těoriej otноситělnosti*. Atomizdat, Moskva, 1975.
- [9] TOLMAN, R. C.: *Otnositělnost, termodinamika i kosmologija*. Izd. Nauka, Moskva 1974, (překlad z anglického originálu), 58, 62.
- [10] BORN, M.: *Einštejnovskaja těoriej otноситělnosti*. Mir, Moskva 1964 (překlad z angl. originálu), 408.
- [11] VOTRUBA, V.: *Základy speciální teorie relativity*. Akademia, Praha 1969, 261.
- [12] HORÁK, Z., KRUPKA, F.: *Fyzika, II*. vydání. SNTL/SVTL, Praha 1976, 450.
- [13] DICKE, R. H. in CHIU-HOFFMANN: *Gravitation and Relativity*. W. A. Benjamin, New York–Amsterdam 1964, chap. 7.
- [14] HORÁK, Z.: *Elementary Physical Approach to Mach's Principle and Its Observational Basis*. General Relativity and Gravitation, Vol. 11, 1979, 261–279.
- [15] EINSTEIN, A.: *The Meaning of Relativity*. Methuen a Co. LTD, London 1950, 57.

Článek doc. B. Vybírala uveřejněný v minulém ročníku našeho časopisu (PMFA 30 (1985) str. 39–45) vyvolal negativní odezvu (PMFA 31 (1986) str. 52–54). Je jisté, že zmíněný článek obsahoval věcnou chybu. To, že práce i jinak zkušených autorů mohou

obsahovat nedopatření a chybné úvahy, nepřekvapuje, neboť omylu se může dopustit každý. Naštěstí velké procento podobných závad rozpozná včas sám autor nebo recenzent a takový článek je buď stažen, nebo přepracován. Proč se tak nestalo v tomto případě, lze vysvětlit tím, že recenzent posuzoval spíše didaktickou stránku věci a nezabýval se hlouběji otázkami relativity.

Redakce časopisu zaujala k této věci toto stanovisko: Článek doc. Vybírala možno chápat jako pokus o jakési „sjednocení“ speciální teorie relativity a newtonské teorie gravitace. Avšak podobné pokusy mohou mít jen omezenou platnost a omezený význam I když například existují ilustrativní modely vesmíru vypracované v rámci newtonské limity, je téměř jisté, že uspokojivý model vesmíru nelze vytvořit bez respektování obecné teorie relativity. Pojem „gravitační potenciál“ má význam v newtonské limitě. Avšak z hlediska obecné teorie relativity pojmy jako „gravitační potenciál vesmíru“ a „potenciál gravitačního pole vesmíru“ nejsou smysluplné. Tematika diskutovaná doc. Vybíralem je z hlediska fyzikální kosmologie značně kontraverzní a rozhodně není vhodná pro didaktické interpretace. Z toho důvodu považuje redakce PMFA diskusi o tomto předmětu na stránkách našeho časopisu za uzavřenou.

Matematik J. Hadamard a psycholog Th. Ribot, rozeslali počátkem 20. století významným matematikům dotazník s prosbou, aby se vyjádřili k charakteru tvůrčího procesu. Mnozí poukázali na to, že myslí v obrazech vázaných na zrakové vjemy, řidčeji pak v obrazech, kde dominuje pohyb. A teprve při tříbení výsledku, při jeho úpravě k zveřejnění jsou užívány symboly a slova. Sám Hadamard popsal proces, jak přišel na důkaz jedné věty z teorie čísel, přičemž nepoužil vůbec pojmu číslo, ale takové obrazy jako jsou body, skvrny a jakási beztvářá masa. A to vše bylo předkládáno jakoby odděleně hned větším, hned menším prostorem.

Mnozí badatelé si povšimli, že jasné pochopení problému nastává během přípravy zpráv, při přednáškách, v diskusích, při poradách, tj. v procesech systematizace, uspořádávání znalostí, v průběhu logického zpracování. Věda vlastně začíná tam, kde se objevuje touha vyložit vlastní názory druhému. Vždyť abychom je mohli vyložit, je třeba je nejdříve vytříbit, ujednotit, vyznačit hranice, vydělit podstatné. Odhalují se nejasná místa, sporné body, problémová zauzlení. Například vědec si při přípravě na přednášku vše ještě jednou promýšlí, upřesňuje dřívější ideje, nezdídka přichází na nové.

Zdálo by se, že procházky a ostatní zmíněné činnosti nejsou dobou vhodnou pro vědecký výzkum. Není to čas tvorby. Ale zatím máme k dispozici značné množství „výpovědí“ vědců ve prospěch takové „organizace“ podmínek ke hledání. Tak na procházce po předměstí Glasgowa přišel J. Watt v roce 1765 na ideu parního stroje. A to právě když přicházel k pastýřově obydlí. Jeho představa o tom, jak problém vyřešit, tu nabývá zcela jasných obrysů. Ale předtím si důkladně pohrál, když se snažil opravit nedokonalý parní stroj Newcomenův. I když viděl jeho vady, přece jen nevěděl, jak se jich zbavit. „Otce ruského letectví“ N. Žukovského napadl na procházce proslulý vzorec vztahové síly křídla a W. Hamiltona řešení problému hyperkomplexních čísel.

Akademik A. Alexandrov vyprávěl o jednom z největších světových geometrů, A. Pogorelovi, že jeho nejlepší práce jsou nerozlučně spojeny s cestou z domova do ústavu a zpět. Každodenně pěšky 15 kilometrů ... Rovněž i J. Hadamard prohlásil, že s výjimkou nocí, kdy nemohl usnout, vše, co objevil, objevil při přecházení po pokoji. Nikoli náhodou asi vzniklo rčení: „Nohy — kola myšlení“.