

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

N. F. Ovčinnikov; A. I. Ujemov

Plyne první Newtonův zákon z druhého?

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 5 (1960), No. 4, 468--471

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137014>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1960

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>

žet nejjemnější a nejsložitější vztahy ve vnějším světě pomocí abstraktních teorií, jež tak poskytují hlubší poznání světa, než přímá jednotlivá zkušenost. Odtud hodnocení teorie jako hlubšího obrazu vnějšího světa. Praxe, prováděná na podkladě teorie, převyšuje její adekvátnost vnějšmu světu.

Zkušenost, nahromaděná a zobecněná v teorii a později ve světovém názoru, který vychází z uznání existence vnějšího světa a jeho odrazu ve vědomí člověka, umožňuje badateli překonat slepý empirismus, je ukazatelem v postupném rozvíjení poznání.

Oprávněný boj proti dogmatismu nemůže vylučovat vedoucí úlohu teorie a světového názoru, jestliže tyto adekvátně odrážejí zákonitosti objektivního světa.

To jsou závěry, k nimž musí dojít badatel, zamýšlející se nad úlohou pokusu a teorie v poznání.

*Zkráceně přeložil dr. Josef Veselka*

## PLYNE PRVNÍ NEWTONŮV ZÁKON Z DRUHÉHO? \*)

N. F. Ovčinnikov, A. I. Ujemov

V poslední době přišla řada fyziků s myšlenkou, že první Newtonův zákon není samostatný, nýbrž že je logickým důsledkem druhého. V zahraničí tento názor vyslovil T. W. Winas<sup>1)</sup>.

U nás toto hledisko proniklo někde do pedagogické praxe a najdeme je i v některých učebnicích.<sup>2)</sup>

Argumentace, která „dokazuje“, že zákon setrvačnosti je důsledkem druhého Newtonova zákona, je velmi jednoduchá.

Nepůsobí-li na těleso žádné síly, nebo jsou-li síly na těleso působící v rovnováze, můžeme říci, že síla  $F = 0$ . Pak podle druhého Newtonova zákona  $F = m \cdot a$  je zrychlení  $a$  rovno nule, neboť hmotu  $m$  pokládáme za konstantní. To znamená: nepůsobí-li na těleso síla, pak těleso má nulové zrychlení, tj. zachovává svoji rychlost, což je možné jen ve stavu klidu nebo přímočarého rovnoměrného pohybu.

Je samozřejmě podivné, že Newton, který pečlivě promyslel své „Matematické základy“ a nečinil ústupky od matematické přesnosti, ponechal nepovšimnutu takovou jednoduchou věc a v rozporu se svými zásadami myšlení zformuloval tři pohybové zákony místo dvou. Je známo, že jedno z pravidel, vyslovených Newtonem, spočívá v tom, že nemají být formulovány dva principy k výkladu jevu, stačí-li k tomu jeden princip. Stalo se to snad proto, že Newton byl metafyzikem a nemohl metodologicky správně přistoupit ke zkoumané otázce? S. M. Krutikov se např. domnívá, že odvození prvního pohybového zákona z druhého „dává možnost metodologicky správně vykládat mechaniku, neodtrhovat jedny zákony od jiných“.<sup>3)</sup>

Dříve však, než bude zaveden tento přístup k Newtonovým zákonům do praxe vyučování fyzice, je třeba pečlivě prověřit jeho oprávněnost.

Jak zní zákon setrvačnosti?

\*) Н. Ф. ОВЧИННИКОВ, А. И. УЕМОВ, *Является ли первый закон Ньютона следствием второго?* *Filosofskije voprosy jestestvoznanija* II, Izd. Moskovskogo universiteta, 1959.

1) Viz T. W. Winas, *General statements of Newton's laws*, Amer. Phys., 1955, 23, No 5.

2) Viz např. С. Е. Хайкин, *Механика*, 1948, str. 86; viz také „Fizika v škole“, 1956, č. 2., návrh učitele Krutikova.

3) „Fizika v škole“, 1956, č. 2, str. 76.

„Každé těleso setrvává ve svém stavu klidu nebo přímočarého rovnoměrného pohybu, není-li vtištěnými silami nuceno stav svůj změnit.“<sup>4)</sup>

Toto tvrzení má logickou formu implikace, ve které podmínka je: „není-li přinuceno vtištěnými silami tento svůj stav změnit“ a důsledek: „setrvává ve svém stavu klidu nebo rovnoměrného přímočarého pohybu“.

Druhý zákon tvrdí, že „časová změna hybnosti je úměrná vtištěné síle a má s ní stejný směr“.<sup>5)</sup>

Zde se předpokládá, že na těleso působí vnější síla. S předpokladem „působí-li na těleso vnější síla“ spojuje druhý Newtonův zákon důsledek „pak časová změna hybnosti je úměrná vtištěné síle a má s ní stejný směr“.

Otázkou, zda vyplývá jeden výrok z druhého, se zabývá logika, která formuluje pravidla, na základě kterých lze odvozovat jeden výrok z jiného, nebo jiných výroků. Jaká jsou tvrzení logiky v našem případě? Druhý pohybový zákon je možné vyjádřit ve formě: „Jestliže platí  $A$ , pak platí  $B$ “, kde  $A$  je výše uvedený předpoklad a  $B$  důsledek. První pohybový zákon má pak tvar: „Jestliže platí non  $A$ , pak platí  $C$ “. Logika však vyslovuje pravidlo, podle kterého z implikace nelze vyvodit závěr negací jejího předpokladu. Závěr je možné vyvodit jen potvrzením předpokladu nebo negací důsledku.

Proti této úvaze lze namítnout, že nesprávně interpretuje druhý pohybový zákon, že zde ve skutečnosti nejde o to, jak se chová těleso, jestliže na ně působí síla, ale o to, co je spjato s časovou změnou hybnosti. V této interpretaci bude mít druhý pohybový zákon tvar: „Dochází-li k časové změně hybnosti, pak na těleso působí síla  $F$  tak, že časová změna hybnosti je úměrná síle  $F$  a má s ní stejný směr.“

Chápeme-li však druhý zákon takto, vzniká otázka, na jaký obor jevů se vztahuje první zákon? Jestliže se vztahuje, jak jsme zpočátku předpokládali, na jev, který probíhá bez působení vnějších sil, dostaneme nelogičnost — jeden zákon se týká jevů, probíhajících bez působení vnějších sil a druhý jevů, probíhajících s časovou změnou hybnosti. Není zde společného kritéria, na základě kterého by bylo možno jevy přiřazovat jednomu nebo druhému zákonu. Bylo by zcela nejasné, zda oba tyto zákony pokrývají všechny jevy spojené s mechanickým pohybem. Abychom se této nelogičnosti vyhnuli, je třeba oblasti užití obou zákonů vymezit shodně a vztáhnout první zákon k případu, kdy nedochází k časové změně hybnosti.

První zákon by pak měl tento tvar: „Jestliže při pohybu tělesa nedochází k časové změně hybnosti, pak na těleso nepůsobí vnější síla.“

Zákon setrvačnosti však ani v tomto případě není důsledkem druhého pohybového zákona, protože k tomu, abychom zákon setrvačnosti odvodili, museli bychom opět, jako v předchozím případě vyjít z negace předpokladu. Mimo to tento výklad zákonů je nesporně umělý a v žádném případě jej nelze připisovat Newtonovi.

Fakt, že první Newtonův zákon není důsledkem druhého, je jasně patrný z toho, že je myslitelná situace, za které by druhý zákon byl pravdivý a první nepravdivý. K takové situaci by došlo, kdyby těleso mohlo měnit svoji rychlost působením nikoli vnějších, ale vnitřních sil, které by však působily jen tehdy, kdyby vůbec nepůsobily vnější síly. Vnější síla by pak mohla vyvolat úměrnou změnu hybnosti, tj. druhý zákon by byl pravdivý. Nebylo by však možno říci, že těleso setrvává ve stavu klidu nebo přímočarého rovnoměrného pohybu, pokud jej síly nepřinutí tento stav změnit, tj. první zákon by byl nepravdivý. Nepravdivý výrok však nemůže být důsledkem pravdivého.

Totéž nastane i při druhé interpretaci obou Newtonových zákonů. Představme si, že zrychlení je vždy vyvoláno jen vnější silou, ale vnější síla nevyvolává zrychlení vždy,

<sup>4)</sup> I. Newton, *Matematické základy přírodovědy*, (Philosophiae naturalis principia mathematica), cit. podle V. Trkal, *Mechanika hmotných bodů a tuhého tělesa*, ČSAV, 1956.

<sup>5)</sup> Tamtéž.

nýbrž jen za jistých vnějších podmínek. Pak druhý zákon bude pravdivým výrokiem, neboť každé zrychlení bude úměrné působící vnější síle. První zákon však bude nepravdivým výrokiem, neboť fakt, že zrychlení je nulové, nebude znamenat, že nepůsobí vnější síla.

O co se tedy opírá závěr vyvozovaný obvykle ze vztahu  $F = ma$ ? Tento závěr je založen na tom, že se předpokládá to, co je třeba dokázat. Problém spočívá v tom, zda je možné platnost vztahu  $F = ma$  rozšířit i na případ, kdy na těleso nepůsobí vnější síla, tj. kdy  $F = 0$ . Vždyť ve formulaci druhého zákona jde jen o popis chování tělesa v případě, že na těleso působí vnější síla a nikoli v případě, že vnější síla nepůsobí.

Je zcela možné, že pro  $F = 0$  přestává platit vztah  $F = ma$  právě tak, jako např. přestává platit vztah Clayperonův  $pv = RT$  pro  $T = 0$ , nebo gravitační zákon

$$F = k \frac{m_1 m_2}{r^2} \text{ pro } r = 0.$$

S nulou je třeba zacházet opatrně. Pojem nuly je mnohoznačný. Nula v teorii čísel nebo nula jako limita je zcela něco jiného než nula ve významu „nulové hodnoty veličiny“. Tento výraz nelze chápat do slova. Mezi hodnotami veličiny není ani jedné, kterou by bylo možno nazvat nulovou. B. Russel došel v logickém rozboru pojmu nuly k správnému závěru: „není množství, jehož velikost je rovna nule, a tedy třída nulových množství je prázdná.“<sup>6)</sup>

V některých případech jsou úvahy o „nulové hodnotě“ vyloučeny již formálními pravidly matematiky. Vztahu  $F = k \frac{m_1 m_2}{r^2}$  nelze použít při „nulové“ hodnotě vzdálenosti, jelikož v matematice se dělení nulou nepřipouští. Avšak ani násobení nulou nemá většího fyzikálního smyslu, než dělení nulou.

Obsah zákona setrvačnosti jsme výše omezovali jen na zachování stavu klidu nebo rovnoměrného přímočarého pohybu v případě, že na těleso nepůsobí vnější síla. Ani pak jej však nelze považovat za důsledek druhého pohybového zákona. První zákon mechaniky však tvrdí vice.

Zákon setrvačnosti odhaduje podstatnou souvislost setrvačnosti jako vlastnosti tělesa s pohybem. Setrvačnost, která může být kvantitativně charakterisována např. pomocí druhého pohybového zákona, je vlastností tělesa, lhotejno, zda na těleso působí vnější síly, nebo zda toto působení je nulové. Tato obecnost setrvačnosti nemůže být odvozena ze zvláštního případu, který je charakterisován výrokiem: jestliže na těleso nepůsobí vnější síla, pak pohyb není zrychlený.

Kromě toho má vlastnost setrvačnosti hluboké souvislosti se zákony zachování, je důležitá při vytváření pojmu inerciální soustavy. První zákon mechaniky dává možnost rozбором setrvačnosti jako vlastností hmoty a jejího vztahu ke gravitaci odhalit hluboké souvislosti mechaniky s jinými oblastmi fyziky, a zároveň odůvodnit touto souvislostí základní pojmy mechaniky. Proto je zvlášť důležité považovat první zákon mechaniky za nezávislý.

V závěru je třeba ještě poukázat na neudržitelnost metodologického argumentu S. M. Krutikova. Jestliže k tomu, abychom ukázali souvislost zákonů, musíme odvozovat jeden z druhého, pak proč bychom se nepokusili odvodit druhý z prvního, nebo třetí z druhého atd?

Nalézt vzájemnou souvislost jevů neznamená odvodit jeden jev z druhého, protože při takovém odvození vždy jeden jev v podstatě mizí. Jestliže zákon setrvačnosti je

<sup>6)</sup> B. Russel, *The principles of mathematics*, London 1937, str. 187.

právě takovým zvláštním případem druhého pohybového zákona jako tvrzení, že síla 1 dynu uděluje hmotě 1 g zrychlení  $1 \text{ cm/sec}^2$ , nebo, síla 2 dynů zrychlení  $2 \text{ cm/sec}^2$  atd. pak o nějakém zvláštním zákonu setrvačnosti není třeba hovořit. Vždyť přece nebudeme nazývat pohybovými zákony každý z takových nekonečně mnoha výroků, které dostaneme dosazením určitých číselných hodnot do vztahu, vyjadřujícího druhý pohybový zákon. Jestliže však zmizí jeden ze zákonů, pak o jaké vzájemné souvislosti dvou zákonů se mluví?

*Přeložil Jiří Gregor*