

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

A. I. Kompanějec

O pojmu síly ve fyzice

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 1 (1956), No. 3, 340--345

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137142>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1956

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>

O POJMU SÍLY VE FYSICE**О ПОНЯТИИ СИЛЫ В ФИЗИКЕ***Fizika v škole*, 1955, č. 6, str. 16—21.

Představy o síle odvodila věda z projevů lidské činnosti. Mluvíme o svalové síle člověka a živočichů, na příklad o síle rukou, nohou, o síle (schopnosti) žaludku zpracovávat potravu atd. »Jinými slovy« — psal Engels — »abychom nemuseli udat skutečnou příčinu změny způsobené nějakou funkcí našeho organismu, podkládáme mu fiktivní příčinu, tak zvanou sílu, odpovídající této změně. Tuto pohodlnou metodu přenášíme pak i na vnější svět a vynalézáme tolik sil, kolik je rozličných jevů.«¹⁾

Pojmu síly bylo zvláště široce používáno k objasnění různých přírodních jevů v období panství mechanistického světového názoru. Mechanika, která studuje nejjednodušší formu pohybu hmoty, t. j. prosté přemístování těles v prostoru, dosáhla dříve než jiné přírodní vědy poměrně vysokého stupně rozvoje. V souvislosti s tím se objevila snaha vysvětlit všechny přírodní jevy zákony mechaniky, redukovat nejvyšší formy pohybu hmoty (fyzikální, chemickou, biologickou a j.) na mechanický pohyb. Ve všech odvětvích vědění se začalo široce užívat pojmu síly, který byl odvozen z mechaniky. Silám, které byly vymyšleny na objasnění různých přírodních jevů, byl zpravidla připisován nadpřirozený původ. Síly byly považovány za jakési tajemné »první příčiny«, způsobující pohyby, za projev vůle »vyššího rozumu«, t. j. boha.

Rozvojem fyziky v druhé polovině XIX. století a začátkem XX. století byla překonána omezenost mechanistického hlediska. Objev zákona zachování a přeměny energie, vznik elektromagnetické teorie světla, objev elektronu, radioaktivity atd. přispěly rozhodující měrou k potření mechanistického chápání světa.

Od poloviny minulého století se ve fyzice při studiu molekulárního, vnitroatomového pohybu, elektrických, elektromagnetických a jiných procesů neustále více používá pojmu energie místo pojmu síly.²⁾ Dnes se pojmu síly užívá podstatně méně, a to zejména v mechanice, kde pojem síly vedle pojmu massy patří k základním pojmům.

V mechanice se příčiny pohybu považují za dané, jejich původ se nezkoumá a vyšetřuje se pouze jejich účinek. Nazýváme-li proto nějakou příčinu pohybu silou, pak to, jak říká Engels, neškodí mechanice jako takové.

Co je to síla, jaký smysl je třeba vkládat do tohoto pojmu?

Engels v *Dialektice přírody* dává tuto definici síly: »Přenáší-li se nějaký pohyb s jednoho tělesa na druhé, pak jej můžeme, pokud se přenáší, pokud je aktivní, považovat za příčinu pohybu, pokud je přenášen, pokud je pasivní, pak se projevuje příčina, aktivní pohyb jako síla, pasivní pohyb jako její projev. Podle zákona o nezničitelnosti pohybu z toho dále plyne, že síla je stejně velká jako její projev, neboť je přece jak v jednom, tak i v druhém tentýž pohyb.«³⁾

1) Engels, *Dialektika přírody*, Praha 1950, str. 71.

2) Je třeba říci, že zbytky ne zcela správného užívání pojmu síly jsou ve fyzice ještě dnes, na příklad síla proudu, optická síla čočky, síla světla atd.

3) Engels, *Dialektika přírody*, Praha 1950, str. 239.

Dialektický materialismus učí, že v přírodě se vše vzájemně podmiňuje a vše vzájemně souvisí, v přírodě je vše v neustálém pohybu. Probíhá neustálé přenášení pohybu s jedněch těles na jiná a tedy neustále působí síly. Existence sil je neoddělitelně spjata s existencí neustále se pohybující hmoty.

Tak síla, podle Engelse, není ničím jiným, než výsledkem přenášení, předávání pohybu s jednoho tělesa na jiné.⁴⁾

Představu síly vytváří člověk tak samozřejmě právě proto, že má prostředky, kterými může přenášet pohyb. Pomocí svalů na ruku provádíme na příklad mechanické přemístování, pohyby těles, zvedáme, nosíme tělesa atd. »Pohyb je zdánlivě vyráběn, nikoli přenášen, a to vede k představě, jako by síly vůbec vyráběly pohyb. Že také síla svalů je pouhé přenášení pohybu, bylo fyziologicky dokázáno teprve teď.«⁵⁾

Je třeba zdůraznit, že přenášení pohybu se ovšem děje jen tam, kde jsou pro to všechny podmínky, často velmi složité a rozmanité. Jestliže jedna z podmínek chybí, pak žádné přenášení pohybu nenastane.

Mechanická síla je mírou vzájemného působení těles a při tom toto vzájemné působení se projevuje jak ve změnách pohybu těles, tak i v jejich deformaci. Definice síly musí zahrnovat, jak správně zdůrazňuje akademik B. N. Jurjev ve své knize *Zkušenosti s novou formulací Newtonových základních zákonů mechaniky*, že síla způsobuje zrychlení i schopnost síly deformovat tělesa, vyvolávat v nich vnitřní napětí.

Akademik Jurjev píše: »Tyto deformace a napětí jsou pro inženýra neméně důležité, než zrychlení pro astronomy. Zaměřovat takové působení sil, jak tomu je v některých učebnicích mechaniky, je naprosto nepřijatelné.«

Akademik Jurjev ne bezpodstatně kritizuje Kirchhoffa, de la Vallé Poussina a jiné fysiky za to, že vyslovují čistě formální definice síly. Tito fysikové říkají, že síla je název pro součin massy a jejího zrychlení.

Analogickou definici síly vyslovuje také Mach ve své *Mechanice*. S takovou definicí síly se Mach pokouší vyvolat pochybnosti o objektivním charakteru zákonů mechaniky, vylicít věc tak, jako by zákony mechaniky nebyly odrazem zákonů přírody, ale výtvozem lidského rozumu, jakýmsi symbolem.

Na povrchu Země vždy existuje pohyb proti gravitační síle a pohyb působením gravitační síly. Někteří fysikové nesprávně vykládají aktivní stránku pohybu v zemském gravitačním poli. I tak významný fysik, jako Helmholtz, se mylně domníval, že pohyb je předáván ne zvedáním břemene nad povrchem zemským, ale gravitační silou. Tedy při tom, jak říká Engels, ne »aktivní« předávání pohybu při zvedání břemene uvádí do pohybu, na příklad hodiny se závažím, ale »pasivní« váha břemene, třebaže tato váha břemene je uváděna do pohybu právě zvedáním. Váha břemene zůstává stejná, jako v horní poloze, přesněji řečeno po pádu bude dokonce větší. Tedy překonání tíže, zvedání, nebo jak říká Engels, odpuzování, je aktivní stránkou procesu. Při pádu se energie, vynaložená na zvednutí tělesa, mění v teplo, ve vlnění vzduchu, v pohyb jiných těles atd.

Přitahování a odpuzování je dialekticky vzájemně spjata. Přitahování na jed-

4) V učebnicích fysiky je síla zpravidla definována takto: »Každou veličinu, která vyvolává zrychlení tělesa, nazýváme silou, a máme přitom na mysli působení jiných těles na dané těleso. Říkáme-li, že na těleso působí síla, ... pak to znamená, že na toto těleso působí jiné těleso.« (A. V. Peryškin, V. V. Krauklis, *Kurs fyziky*, část I, 1954, str. 56.) V této definici je v podstatě vyslovena myšlenka o tom, že síla je výsledek přenášení pohybu s jednoho tělesa na jiné.

5) Engels, *Dialektika přírody*, Praha 1950, str. 242.

nom místě je vždy kompensováno tomu odpovídajícím odpuzováním na jiném místě. Pohyb hmoty je vzájemné působení přitahování a odpuzování.

Přitahování a odpuzování považoval Engels za prosté formy pohybu.

Pohyb, přenesený s jednoho tělesa na jiné, lze kvantitativně určit. Pojem síly je cenný právě pro měřitelnost předávaného pohybu. Čím lépe je měřitelný pohyb, který je přenášen s jednoho tělesa na jiné těleso, tím je při zkoumání kategorie síly užitečnější. Zvláště to platí v mechanice. Síla se měří jejím projevem.

Je poměrně snadné měřit výsledek přenášení mechanického pohybu s jednoho tělesa na jiné. Přeměna jiných forem pohybu (tepla, elektřiny, magnetismu) v mechanický pohyb může být také změřena mechanickou cestou. Avšak v případě, že se současně zkoumají různé formy pohybu a jejich přeměna třeba jen v mechanický pohyb, neuvažujeme-li vzájemné přeměny různých forem pohybu, vynikne omezenost pojmu síly. Tělesa se zahříváním roztahují. Nelze však říci, že teplo je síla, která tělesa roztahuje, neboť tak není teplo plně popsáno. Kromě toho lze roztahování, na příklad plynů, vyvolat i jiným způsobem. Nedávno se ještě mluvilo o chemické síle, která vyvolává slučování prvků. Zde však, jak poznamenává Engels, není přenášení pohybu ve vlastním smyslu, ale pohyby různých těles splývají a pojem »síly« je zde tak na hranici své upotřebitelnosti. V tomto i v jiných analogických případech je používání pojmu síly prázdnou frází.

Používání pojmu síly při výkladu thermodynamických, elektromagnetických, chemických a jiných procesů vede nutně ke zmatkům. Pojem síly je naprosto nedostatečný a nepoužitelný při zkoumání jevů v organické přírodě.

Ani jeden skutečný fyzik neoznačí již, jak říká Engels, elektřinu, magnetismus, teplo za pouhé síly, právě tak, jako je neoznačí za nějaké nevažitelné substance. Engels psal: »Víme-li, v kolik mechanického pohybu se proměňuje určité množství pohybu tepelného, nevíme stále ještě nic o povaze tepla, jakkoli je prozkoumání těchto proměn nutné k vyřešení povahy tepla. Pojetí tepla, jako formy pohybu, je poslední pokrok fyziky, a tím se v ní ruší i kategorie síly.«⁶⁾

Engels vystupoval proti spekulacím se silami, které se vyskytují u Helmholtze a u jiných fyziků tehdejší doby.

Tedy v mechanice se zkoumá zpravidla jen otázka přenášení, předávání pohybu jednoho tělesa jinému tělesu, kvantitativní stránka tohoto procesu, a proto je zde pojem síly plně použitelný. Přeměna jedné formy pohybu na jinou formu pohybu a s tím spojené kvalitativní změny se zkoumají ve fyzice, v chemii. Avšak v mechanice, když se vyšetřuje na příklad ráz, je třeba pozornost posluchačů zaměřit na přeměnu mechanického pohybu ve vyšší formy pohybu, aby v nich nebyla vytvářena nesprávná představa zániku mechanického pohybu.

Někteří Newtonovi žáci, a částečně i sám Newton, přikládali silám mytický, božský charakter. V newtonovské mechanice je pojem síly vykládán s metafyzických posic. Definice síly, vyslovená Newtonem, je nerozlučně spjata se základními zákony jeho mechaniky.

Pro newtonovce je síla něčím vnějším, co stojí nad hmotou, co existuje samostatně, nezávisle na hmotě.

Newton odtrhoval hmotu od pohybu, připouštěl existenci hmoty bez pohybu (před prvním popudem). Odtud pramení i uznání božského prvního popudu — zvláštní nadpřirozené síly, která uvedla hmotu do pohybu. Newtonovci tak v pod-

⁶⁾ Engels, *Dialektika přírody*, Praha 1950, str. 240.

statě vnucovali přírodovědě nevědeckou myšlenku, že pohyb může být vytvořen božstvem.

Názor na sílu, jako na něco vnějšího ve vztahu k hmotě, co je jakousi tajemnou první příčinou pohybu, pochází v podstatě již od Aristotela, který ve své *Metafysice* definuje sílu takto: »sílu je každá příčina změny, ale vnější«.

V definici síly a ve formulaci základních zákonů mechaniky vycházel Newton z pojmů absolutního prostoru a absolutního času, které, podobně jako síla, jsou podle jeho názorů jevy stojícími mimo hmotu a existujícími nezávisle na ní.

Newtonovo učení o silách, mechanistický, metafysický ráz jeho světového názoru v celku byl podroben Engelsem tvrdé kritice. V *Anti-Dühringu* a v *Dialektice přírody* ukázal Engels, že všechny omyly při výkladu pojmu síly vyplývají z nepochopení skutečné souvislosti mezi hmotou a pohybem. Nepochopení této souvislosti, metafysický, mechanistický výklad pojmu hmoty je hlavní chybou Newtonova učení o síle.

Newton se domníval, že hmota sama o sobě není schopna pohybu, vývoje, že příroda jako celek je neměnná, že se neustále pohybuje v kruhu, že je složena z věčných, neměnných částí. Newton připouštěl absolutní pohyb a absolutní klid. Ani mechanický pohyb nepovažoval za atribut hmoty. V důsledku toho síla vystupuje u Newtona jako počátek, jako něco, co není vlastností hmoty, co nespočívá s hmotou a co stojí nad hmotou.

Idealisté všeho druhu využívali mystických stránek Newtonova učení o síle, jeho názorů na božský »první popud« atd. k potírání materialismu a k odůvodnění náboženského světového názoru.

Známý ruský fysik-materialista N. A. Umov vystoupil s ostrou kritikou chybných názorů v newtonovském učení o silách.

Za hlavní nedostatek newtonovské mechaniky považoval Umov to, že připisuje tělesům rozumem nepostžitelné vlastnosti — síly. Tuto snahu newtonovské mechaniky objasňoval Umov tím, že Newton ignoroval hmotné prostředí, odtrhoval hmotu od prostoru. »Za prapříčiny všech jevů byly považovány různé síly, kterými byly nadány částice hmoty. Tato myšlenka nás vrací k tajemným vlastnostem... Je pochopitelné, že newtonovský směr se musel setkat se souhlasem theologů a nábožensky založených kroužků v Anglii.«⁷⁾

Umov dokázal, že připisování nadpřirozených tajemných nebo vrozených vlastností (sil) přírodě sblíží newtonovskou mechaniku se světovým názorem středověkých scholastiků. Pokládal za nevědecké všechny pokusy Newtona vysvětlit přitažlivost jakýmsi nehmotným duchem, nepřipouštěl existenci síly bez hmoty.

Proti newtonovskému výkladu sil postavil Umov svůj názor. Tvrdil, že »síla«, t. j. příčina, mění pohyb tělesa, je pohyb nám neviditelné hmoty, která těleso obklopuje,⁸⁾ že síla je výsledkem zvláštního stavu nám skrytého okolního prostředí, výsledkem předávání pohybu tímto prostředím s jednoho tělesa na jiné.

Otázka předávání, přenášení pohybu s jednoho tělesa na jiné a také otázka přeměny jedné formy pohybu v jinou je všestranně propracována Umovem v jeho znamenité práci *Rovnice pohybu energie v tělesech*.

Umov při kritice newtonovského směru ve fysice psal, že zákon setrvačnosti připouští, že sám pohyb může být jen příčinou, nikoli důsledkem pohybu. Podle Umovova názoru stav klidu nebo rovnoměrného přímočarého pohybu tělesa může být narušen pouze přenášením pohybu jiného pohybujícího se tělesa.

⁷⁾ N. A. Umov, *Sebrané spisy*, sv. III. Moskva 1916, str. 104.

⁸⁾ Tamtéž, str. 108.

Všechny Newtonovy zákony, jak správně poznamenává Umov, vycházejí z předpokladu, že pohyb sám nemůže být zdrojem síly a je jen jejím důsledkem.

Je nutno zdůraznit, že Umov ještě před fyzikálními objevy fyziky z konce XIX. a začátku XX. století podrobil kritice Newtonovo tvrzení, že působení síly nezávisí na stavu klidu nebo pohybu těles, že *massa* je konstantní veličina.

Umov správně ukazoval, že síla je jen výsledkem přenášení pohybu s jednoho tělesa na jiné, a ne příčinou tohoto přenášení, a tak se přiblížil k Engelsovu výkladu pojmu síly. Domníval se, že prohlásit sílu za prapříčinu všech jevů znamená vytvořit překážky pro další vědecké zkoumání přírody.

Zneužívání pojmu síly ve fyzice vedlo k tomu, že takoví vědci, jako D'Alembert, Carnot, Herz a jiní se pokoušeli dokonce i mechaniku zbavit pojmu síly. Tak D'Alembert psal: »Zřekl jsem se pohybujících se příčin a vyhnal jsem pojem síly z mechaniky, neboť je to pojem mlhavý, který může jen rozšiřovat nejasnosti ve vědě, která je ve své podstatě jasná a pochopitelná« (viz B. N. Jurjev, *Opyt novoj formulirovki osnovnych zakonov mekhaniki Newtona*, 1952, str. 38).

Proti tomuto hledisku vystoupil N. J. Žukovskij, F. A. Sludskij, B. N. Jurjev. Pojem síly je duší mechaniky — říká Sludskij.

*

Po mnohá desetiletí probíhal ostrý boj mezi materialisty a idealisty o výklad pojmu síly. Idealisté typu Kanta, Macha, Ostwalda odtrhují sílu od hmoty.

»Přeměna hmoty v sílu« byla pro machisty hlavním výsledkem idealismu. Energetismus, říká na příklad Hartmann, je »spojencem čistého dynamismu, neboť odstraňuje hmotu«.

Dynamická theorie definuje hmotu jako setkání sil nebo jako výsledek jejich vzájemného působení, t. j. redukuje hmotu na dočasné střetnutí sil a hmota jako taková mizí. V dynamismu se pohybuje »nic«. Kantova dynamická theorie, podobně jako Ostwaldův energetismus jsou svým ostřím namířeny proti vědecké atomistice, jejichž základ byl položen geniálním ruským vědcem Lomonosovem.

Zneužívání pojmu »síla« přivedlo idealisty až k používání pojmu t. zv. životní síly.

Pokrokoví vědci vedli rozhodný boj proti dynamické theorii, proti idealistickému výkladu kategorie síly. Již v roce 1813 ve své knize *Rozprava o Kantově dynamickém systému* prokázal významný ruský fyzik a matematik T. F. Osipovskij neudržitelnost tohoto systému. Osipovskij rozvíjel materialistický odkaz Lomonosovův v ruské přírodovědě, dokazoval, že sílu nelze odtrhovat od hmoty, Považoval za nevědeckou takovou theorii, »podle které (hmota — A. K.) není schopna sama se měnit«.

Vědeckou neudržitelnost dynamismu idealistické theorie odhalil vynikajícím způsobem D. I. Mendělejev.

Mendělejev nezvratně dokázal, že »v reálných procesech je stejně nemyslitelná hmota bez síly, jako síla (nebo pohyb) bez hmoty...«⁹⁾

Dialektický materialista J. Dietzgen ve své práci *Podstata práce mozku* psal: »Idealisté chtějí obecné bez zvláštního, duch bez hmoty, sílu bez hmoty... Spiritualista nebo idealista věří v duchovní, t. j. nadpřirozenou, nevysvětlitelnou podstatu sil...« Dietzgen dokazoval, že není síly bez hmoty, tak jako není hmoty.

⁹⁾ D. I. Mendělejev, *Spisy*, sv. XXIV, Leningrad—Moskva, 1954, str. 460.

bez síly, že hmota bez síly a síla bez hmoty je nesmysl. »Jestli idealističtí vědci,« psal Dietzgen, »věří v nehmotné síly, pak v tomto bodě to nejsou přírodovědci, nýbrž ... duchaři.«

V. I. L e n i n v knize *Materialismus a empiriokriticismus* nezvratně dokázal, že nelze oddělit sílu od hmoty, pohyb od hmoty. Odtrhnout pohyb od hmoty, sílu od hmoty, zdůrazňoval V. I. Lenin, znamená odtrhnout myšlení od objektivní reality, odtrhnout počítky od vnějšího světa, t. j. přejít na posice idealismu.

Přeložil Jiří Gregor