

# BRIAN ELLIS A ISAAC NEWTON O MIERE A MERANÍ

Igor HANZEL

## BRIAN ELLIS AND ISAAC NEWTON ON MEASURE AND MEASUREMENT

The paper deals with the issue of formal ground and the external measure from the point of Newton's *Principia*. By an analysis of the latter, by means of the Hegelian catogorial pairs reason – reasoned, the ground – grounded by, and formal ground - real ground, the author analyses both the *Principia* and Brian Ellis' approach the concept of force as presented in his pathbreaking paper (1965). Finally it is proved that while mechanics is not a science which deals with the quality of forces, still it is capable of providing knowledge about the quantity of forces and about the quantity of their effects.

Táto štúdia je prvou zo série článkov, v ktorých sa zaoberám problematikou miery, merania a kvantity. Vo všetkých z nich sa opieram o práce B. Ellisa [3] – [16]. Význam týchto prác spočíva v tom, že poskytujú ucelený pohľad na túto problematiku a že v niektorých z nich sa k nej pristupuje z hľadiska fyzikálneho pojmu sily. To umožňuje dospieť k novému pohľadu na kategóriu miery a ďalej rozpracovať názory B. Ellisa na problematiku merania.

Predmetom prvej štúdie je kategória formálneho základu a vonkajšej (zjavnej) miery z aspektu Newtonových *Princípií*. V druhej štúdii sa budem zaoberať vzťahom kategórie vonkajšej (zjavnej) miery ku kategórii vnútornej (imanentnej, inheretnej) miery a ku kategórii prejavu sa imanentnej miery z pohľadu Heglovej *Logiky ako vedy*. V tretej štúdii vysvetlím názory B. Ellisa a K. Berku na proces merania. V štvrtej štúdii nakoniec poukážem na dôsledky rozlíšenia troch podôb miery pre samu teóriu merania a tiež na to, že tieto tri podoby miery predstavujú stupne teoretického osvojenia si (*prírodnej a sociálnej*) reality, t.j., že ich charakterizujú kategórie teoretického rozumu, medzi ktorými je určitá vývinová súvislosť a väzba.

## 1. Fenomény, javy a prejavy

V štúdii [18] a [19] som odlíšil dve podoby fenoménov-účinkov.<sup>1</sup> Jedna, ktorú som nazval *javová forma*, slúži vo vedeckom poznaní ako východisko

<sup>1</sup> Takéto rozlíšenie urobil už V. Filkom v [17].

na spoznanie podstaty-základu-príčiny týchto fenoménov. Ich vzťah som vyjadril symbolicky ako

$$(1) E =: f(C) ,$$

kde  $f$  označuje funkciu základu-podstaty-príčiny  $C$ ; "=" označuje definovanie a  $E$  vyjadruje formu javu. Vzťah symbolicky vyjadrený prostredníctvom (1) som ilustroval na prípade druhého dynamického zákona klasickej mechaniky  $f := ma$ . Skutočnosť, že v tomto vedeckom zákone sa sila definuje prostredníctvom svojho účinku, vyjadruje len fakt, že v tejto vede sa *zásadne opisuje len kvantita a účinky síl, nie ich pôvod*.

Od (1) treba odlišiť taký typ vedeckého zákona, v ktorom sa príčina vymedzuje nezávisle od svojich účinkov – totiž pochopením procesu jej produkcie – a nadväzne potom sa vyjadruje vzťah príčiny-podstaty-základu k jej fenoménom-účinkom prostredníctvom vzťahu symbolicky vyjadrený ako

$$(2) E := g(C).$$

Keďže fenomény-účinky sa tu už odvodzujú zo svojho základu, majú epistemický status odlišný od statusu fenoménov v (1). Túto odlišnosť vyjadrujem takým spôsobom, že fenomény-účinky symbolicky vyjadrené v (2) nazývam nie formami javu, ale už *formami prejavu*. Teraz bližšie skúmame špecifiká vedeckého poznania, v ktorom sa formulujú vedecké zákony pre ktoré platí (1).

## 2. B. Ellis o sile; formálny a reálny základ

Vychádzam tu zo štúdie B. Ellisa [8], v ktorej sa pristupuje k pojmu sily z pohľadu kategórie miery. Podľa môjho názoru táto práca formuluje tak zásadné otázky, že stupeň rozpracovania mojich štúdií budem merať ich schopnosťou tieto otázky zodpovedať. Jej hlavné myšlienky sú:

1. Existencia síl je nielen dôsledkom (*is entailed by*) existencie účinkov, ale má za následok (*entails*) aj existenciu účinkov, ktoré má produkovať ([8], 31).

2. Ak druhý dynamický zákon mechaniky,  $f = ma$ ,<sup>2</sup> je pravdivý na základe definície, potom pojem sily nemá žiadnu explanačnú silu, pretože nie je možné objasňovať existenciu účinku postulovaním existencie niečoho, čoho

<sup>2</sup> Používam tu zápis z [18]. B. Ellis používa zápis  $f(t) = dI(t)/dt = dM(t)/dt$ , kde  $f(t)$  označuje okamžitú silu,  $I(t)$  je Newtonova hybná sila pôsobiaca na teleso v čase  $t$  a  $dM(t)/dt$  je zmena jeho hybnosti, ktorú podstúpi v tomto čase.

jediným zmyslom existencie (*raison d'etre*) je, že produkuje tento účinok ([8], 54).

3. Súčin hmotnosti a zrýchlenia objektu definuje škálu výslednej sily pôsobiacej na tento objekt ([8], 54).

4. Prečo práve táto, a nie iná škála by sa mala vziať ako škála sily? Aký je ich vzťah: je analytický alebo syntetický (empiricky objavený) ([8], 54)?

5. Majúc na mysli bod 2, že zmena hybnosti v určitom čase by sa nemala stotožňovať so silou, stojíme pred ďalším problémom. Ako možno mieru výslednej sily pôsobiacej na daný objekt identifikovať mierou zmeny jeho hybnosti v určitom čase?

6. Posledné dve otázky súvisia s problematikou škál a kvantít.

i) Existencia určitej kvantity závisí od existencie určitého objektívneho lineárneho poriadku (*order*). Ak totiž objekty (systémy, udalosti, stavy atď.) majú určitú kvantitu, možno tieto objekty vždy zoradiť v poriadku tejto kvantitty prostredníctvom nejakej objektívnej procedúry usporiadania (*ordering procedure*). Objektívna procedúra usporiadania je taká, ktorá ak je perfektne uskutočnená, vždy povedie k tomu istému usporiadaniu medzi tými istými objektmi za tých istých podmienok ([8], 53 - 54).

ii) Ak by dve alebo viaceré logicky nezávislé procedúry usporiadania generovali ten istý poriadok medzi tými istými objektmi za tých istých podmienok, potom môžeme povedať, že sú procedúrami pre usporiadanie týchto objektov vzhľadom na kvantitu  $q$  ([8], 55).

iii) Existuje mnoho logicky nezávislých procedúr na usporiadanie vecí vzhľadom na tú istú kvantitu.

iv) Je to poriadok, a nie vzťah usporiadania, ktorý poskytuje vede kritériá pre identifikáciu kvantít. Tento poriadok možno identifikovať akýmkoľvek počtom logicky nezávislých procedúr usporiadania.

7. Z bodu 6 i)-iv) však *nevyplýva*, že nejaká špecifická procedúra usporiadania je podstatná pre určitú kvantitu. Ako ďalej uvidíme, Newton rozlišuje vo svojich *Princípiách* zrýchľujúcu a hybnú silu. Podobne Ch. Huyghens<sup>3</sup> používal dráhu prekonanú určitým telesom ako mieru na určenie sily pôsobiacej naň v krátkom intervale času. Kvantitu nazvanú „sila“ možno teda určiť minimálne tromi spôsobmi: prostredníctvom zrýchlenia, prostredníctvom zmeny hybnosti v určitom čase a prostredníctvom prekonanej dráhy. Sila je tak „zhrňujúcim“ pojmom (*cluster concept*). Existujú rôzne procedúry,

<sup>3</sup> Pozri o tom ([23], 109 - 112).

ktoré môžeme použiť na určenie kvantity nazvanej „sila“; žiadna nemá status nevyhnutnej procedúry.

8. Podľa Ellisa tvrdenie, že existuje jedna univerzálne aplikovateľná a nevyhnutná procedúra na určenie poriadku nejakej kvantity  $q$ , znamená prijatie Lockovej doktríny o reálnych podstatách. „Ale,“ podľa neho, „väčšina filozofov by dnes odmietla túto doktrínu z toho dôvodu, že si ujasnili zhrňujúcu povahu mnohých našich pojmov“ ([8], 59).

Ellisove úvahy vyjadrujú reálnu situáciu, s ktorou sa stretávame v klasickej mechanike pri analýze jej pojmu sily. Ako som už ukázal v [18] a [19] a ako ďalej ukážem na Newtonových *Princípiách*, cieľom klasickej mechaniky je postupovať od fenoménov-javov k ich základu, t.j. k silám, a následne tieto fenomény odvodiť ako prejavy tohto základu. Keďže však klasická mechanika zápasí s problémom, že *nie je vedou o pôvode síl*, nevie vysvetliť, čo sú sily mimo a nezávisle od svojich fenoménov-účinkov. Tento fakt, že v špeciálnej vede typu klasickej mechaniky poznanie prechádza štádiom, kde sa *základ-podstata-príčina definuje výlučne prostredníctvom svojich účinkov*, si B. Ellis neuvedomil. Je to zjavné z jeho terminológie. Keď hovorí napríklad o sile, používa termín „kvantita“, čím vyjadruje v skutočnosti dva súvisiace, ale predsa len odlišné aspekty sily. Ak povieme, že teleso s hmotnosťou piatich kilogramov ( $5\text{ kg}$ ) bolo zrýchlené na štyri metre za sekundu za sekundu ( $4\text{ms}^{-2}$ ) silou dvadsiatich Newtonov ( $20\text{ N}$ ), potom tento posledný údaj v sebe zjednocuje *kvantitatívny* a *kvalitatívny* aspekt. Kvantitatívny aspekt je vyjadrený číslom „20“ a kvalitatívny aspekt symbolom „N“. Silu je nutné podľa môjho názoru chápať ako jednotu kvantity a kvality. Klasická mechanika nemá žiadny problém s určením kvantity sily, tu je to *dvadsať* jednotiek niečoho. Klasická mechanika však má zásadný problém, keď ide o toto *niečo*, t.j. vzhľadom na kvalitu. Čo je to sila ako kvalita? Podľa môjho názoru je nutné namiesto Ellisovho termínu „kvantita“ používať termín „veličina“. Kvantitatívny aspekt veličiny  $q$  sa zvyčajne symbolicky vyjadruje ako  $\{q\}$ , zatiaľ čo jej kvalitatívny aspekt sa vyjadruje ako  $[q]$ . Veličinu  $q$  ako jednotu týchto dvoch aspektov symbolicky vyjadríme ako  $q = \{q\}*[q]$ , kde  $*$  označuje súčin.<sup>4</sup>

Uvedenú fundamentálnu neúplnosť klasickej mechaniky, skutočnosť, že nevie určiť, čo je sila nezávisle od svojich účinkov, vyjadril Hegel v ([21];

<sup>4</sup> K. Berka v [1] používa termín „veličina“ a pre jeho kvantitívnu charakteristiku používa termín „veľkosť“. A. Riška v [2] preložil prvý z týchto termínov ako „magnitude“ a druhý ako „size“. Teda zatiaľ čo ja hovorím o kvantitatívnom určení veličiny, K. Berka hovorí o veľkosti veličiny a A. Riška o „the size of a magnitude“.

[22]) prostredníctvom štyroch dvojíc kategórií: dôvod – zdôvodnené; základ – kladené týmto základom<sup>5</sup>; formálny základ – reálny základ; vonkajšia miera – imanentná miera (poslednou dvojicou sa budem zaoberať v nasledujúcej štúdií). Hegel prostredníctvom týchto kategórií explicitne sformuloval problémy, ktoré o 150 rokov neskôr implicitne sformuloval B. Ellis v [8]. Prvú a druhú dvojicu kategórií možno objasniť na príklade druhého dynamického zákona klasickej mechaniky  $f := ma$ . V ňom existuje zásadná nezhoda *postupu poznania* vzťahu príčiny a účinku – vyjadrujeme ho prostredníctvom kategórií *dôvod a zdôvodnené* – s *reálnym vzťahom* príčiny a účinku, ktorý vyjadrujeme prostredníctvom kategórií *základ a kladené týmto základom*. V druhom dynamickom zákone je účinok *dôvodom* a príčina je *zdôvodneným*; v realite je však sila základom, ktorý kladie svoje účinky. Zdanlivo by bolo možné túto nezhodu eliminovať tak, že by sme vzťah  $f := ma$  upravili do podoby  $a := f/m$ , t.j. získali by sme vzťah, v ktorom by sa fenomény-účinky definovali prostredníctvom svojho základu-pričiny. Takáto úprava má však len charakter čisto tautologickej, formálnej zámeny strán vzťahu, keďže vo vzťahu  $a := f/m$  nie sme schopní substituovať za  $f$  niečo, čo by bolo nezávislé od poznania účinkov sily.  $f$  tu v skutočnosti znamená len  $ma$ , t.j. naša úprava sa končí v definičnom kruhu  $a := a$ . Túto situáciu presne charakterizoval Hegel ako tautologický „návrat do základu a vychádzanie z neho ku stanovenému“ ([21], T. 2, 83; [22], I, 87) a, že sa tu „[f]akticky nachádzame v určitom začarovanom kruhu“ ([21], T. 2, 82; [22], II, 86).

Heglove názory na túto problematiku možno zhrnúť takto:

1. V prípade, že poznanie má taký charakter, že ten istý obsah je daný pre základ, ktorý predtým bol daný pre javy, poznáme tento základ ešte len ako *formálny základ*.

Napríklad ako základ pohybu planét okolo Slnka sa uvádza vzájomná príťažlivosť Zeme a Slnka. Pokiaľ ide o obsah, hovorí sa tým iba toľko, čo je dané v tomto fenoméne, totiž vzájomný vzťah týchto telies pri ich pohybe ... Keď sa spytujeme, čo za silu je táto príťažlivá sila, dostaneme odpoveď, že je to sila spôsobujúca pohyb Zeme okolo Slnka; to znamená, že má ten istý obsah ako súcno, ktorého je údajne základom; so zreteľom na pohyb je vzťah Zeme a Slnka identickým podkladom (Grundlage) základu a kladeného. ([21], T. 2,79; [22], II, 83)

<sup>5</sup> To, že Hegel rozlišuje kategóriu dôvodu a kategóriu základu, je pre slovenského čitateľa jeho *Wissenschaft der Logik* zahmlené tým, že v nej používa pre obe jeden a ten istý termín „der Grund“.

To znamená, že ak chceme uniknúť problému, povedané slovami B. Ellisa, že sily v mechanike sú nielen dôsledkom existencie účinkov, ale majú za následok aj existenciu účinkov, ktoré majú produkovať, fyzika by mala poskytnúť poznatky o dvoch podkladoch (*Grundlage* v Hegelovej terminológii), jeden o samotnej sile a druhý o jej účinkoch. V prípade, že sa vo vedeckom poznaní „pre základ udáva iné obsahové určenie, než je to, na ktorého základ sa sputujeme“, t.j. „základ a kladené sa obsahovo líšia“ ([21], T. 2, 83; [22], II, 87), takéto poznanie neoperuje na úrovni kategórie formálneho základu, ale už na úrovni kategórie *reálneho základu*.

2. Účinky v mechanike sú podľa Hegela na jednej strane dôvodmi na postulovanie existencie sily; na druhej strane sú však kladené silou ([21], T. 2, 79; [22], II, 83 - 84).

3. V mechanike je nutné nájsť vo fenoménoch dôvody na odvodenie ich základu „namiesto toho, aby základ jestvoval osebe a pre seba a bol samostatný“ ([21], T. 2, 80; [21], II, 85), a ďalej tvrdí, že základ je tu „usporiadaný podľa fenoménu a jeho určenia sa zakladajú (beruhen) na ňom“ ([21], T. 2, 80; [21], II, 84).

#### 4. V mechanike je základ

jednak základom ako do seba reflektované obsahové určenie súcna, ktoré kladie, jednak je tým, čo je stanovené. Základ je tým, z čoho treba pochopiť súcno; naopak, zo súcna sa uzatvára na základ a chápe sa z neho. ([21], T.2, 80; [21], II, 84)

Zo všetkého tohto Hegel, uvedomujúc si, že mechanika v jeho dobe nepoznala vnútornú podstatu sily ([21], T. 2, 80; [21], II, 85), robí dva závery. Po prvé tvrdí, že v mechanike „poznatie sa však tým nepohlo z miesta“ ([21], T. 2, 80; [21], II, 85). Ale to platí len čiastočne. Ak totiž zistíme, že zrýchlenie  $4 \text{ ms}^{-2}$  telesa s hmotnosťou  $5 \text{ kg}$  bolo spôsobené silou  $20 \text{ N}$ , objavujeme určitú kvantitu. Poznanie, ktoré sa začalo poznaním kvantít vyjadrených číslicami „4“ a „5“ sa končí poznaním kvantity vyjadrenej číslicou „20“. Pochopiteľne, z pohľadu kvality sa poznanie skutočne nepohlo z miesta; *nedošlo k žiadnemu rastu nášho poznania*. Kvalita vyjadrená symbolom „N“ je určená kvalitou fenoménov ako javov, z ktorých poznanie vychádzalo. Vychádzalo sa z poznania kvality veličiny dĺžky –  $[l]$ , času –  $[t]$  a hmotnosti –  $[m]$  a končí sa poznaním kvality veličiny sily tak, že platí  $[f] := [m] * [l] * [t]^{-2}$  alebo prostredníctvom jednotiek SI,  $[N] := [kg] * [m] * [sek]^{-2}$ . Nič nové sme nezistili; kvalita príčiny je tu daná ešte len ako „súčin“ kvality jej účinkov.

Po druhé Hegel odporúča mechanike hľadať čosi iné, alebo vzdať sa takéhoto typu vysvetlenia a zostať stáť pri jednoduchých faktoch ([21], T. 2, 82; [21], II, 86). Podľa môjho názoru však neexistuje nič iné. Fyzika v rámci

klasickej mechaniky prechádza takýmto stupňom poznania; ten by sa však nemal považovať za jej ultimo ratio.

### 3. Sily v Newtonových *Princípiách*

Skúmame teraz tie aspekty pojmu sily v klasickej mechanike, ktoré majú svoj pôvod v tom, že sa v tejto špeciálnej vede sila chápe ešte len ako formálny základ. Ako empirická báza mojej analýzy mi poslúžia Newtonove *Princípiá*. Sústredím sa tu na porovnanie cieľov, ktoré si Newton vytýčil, s cieľmi, ktoré skutočne dosiahol.

Cieľom, ktorý si Newton vytýčil, bolo, podľa môjho názoru zjednotiť poznanie rozmanitých fenoménov-javov na jednom základe a potom ich na tomto základe vysvetliť. Newton to skutočne vyhlasuje už v úvode k prvému vydaniu *Princípií*<sup>6</sup>:

Celý problém filozofie, zdá sa, spočíva v tomto: z fenoménov pohybu spoznať sily prírody a potom z týchto sil objasniť ostatné javy. Na tento cieľ sú určené všeobecné tézy v prvej a druhej knihe. V tretej knihe sa to ilustruje na príklade explikácie systému sveta, keďže z nebeských fenoménov sa pomocou téz dokázaných v predchádzajúcich knihách matematicky odvodí sily gravitácie, ktorými sú telesá priťahované k Slnku a jednotlivým planétam. Potom prostredníctvom iných téz, ktoré sú tiež matematické, z týchto sil dedukujem pohyby planét, komét a Mesiaca a mora. Želal by som si, aby sme mohli odvodiť aj ostatné fenomény prírody z mechanických princípov tým istým spôsobom uvažovania, keďže mnohé ma podnecuje (me movent) domnievať sa (suspicio), že všetky tieto fenomény sú závislé od určitých sil. ([26], A2; [27], XVII-XVIII; [28], 3)

Skúmame preto Newtonov prístup k pojmu sily. Pojem sily (*vis*) sa po prvý raz objavuje v *Princípiách* v definícii III, kde inerciu Newton chápe ako silu inherentnú telesám (*vis insita*). Definícia IV zavádza termín „*vis impressa*“; podľa jeho názoru „takéhoto druhu je gravitácia“ ([26], B2; [27], 4; [28], 26). Kľúčové pre naše úvahy sú definície VI, VII a VIII ([26], B2-4; [27], 4; [28], 27 - 29):

[i] *Absolútna kvantita dostredivej sily je miera tejto sily úmerná účinnosti (efficacia) príčiny, ktorá ju šíri z centra do okolitého priestoru.*

[ii] *Zrýchľujúca kvantita dostredivej sily je miera tejto sily úmerná rýchlosti, ktorú generuje v určitom čase.*

<sup>6</sup> Pozri o tom napríklad [20].

[iii] *Hybná kvantita dostredivej sily je miera tejto sily úmerná hybnosti, ktorú generuje v určitom čase.*

Newton potom z dôvodu stručnosti nazýva tieto veličiny *absolútna, zrýchľujúca a hybná sila*.

Skúmajme najprv posledné dve definície. Spoločné je pre nich to, že v oboch je *miera sily určená mierou jej účinkov*: zmenou rýchlosti v určitom čase a zmenou hybnosti v určitom čase. Inak vyjadrené, v týchto definíciách kvalitatívne a kvantitatívne určenia účinkov, t.j. ich miera, sa používa na určenie kvantity a kvality ich príčiny-základu. Tieto miery sú vzhľadom na silu, len jej *vonkajšími mierami*. Vystupuje niekde v *Princípiách* aj vnútorná (inherentná, imanentná) miera samej sily, ktorá by bola nezávislá od fenoménov, ako je zmena rýchlosti či hybnosti v určitom čase? V definícii VI Newton explicitne hovorí o absolútnej sile a v komentári k definícii VIII ju charakterizuje ako „príčinu..., ktorá sa ešte nejaví“ ([26], 4; [27], 5; [28], 29). Tu však nehovorí, čo je jej vnútorná miera. V definíciách VII a VIII niečo odlišné od sily – niečo vonkajšie vzhľadom na silu – sa vzťahuje na ňu ako jej miera. Ale nikde v definícii VI alebo v *Princípiách* sa niečo odlišné od sily – čo by však vzhľadom na ňu bolo niečím vnútorným – nevzťahuje na silu ako jej miera. Táto skutočnosť nie je prekvapujúca. Newton už v úvode k prvému vydaniu *Princípií* v súvislosti s pohybom planét, komét, Mesiaca a mora tvrdí, že

všetky môžu závisieť od určitých sil. Keďže tieto sily nie sú známe, filozofi sa doteraz márne snažili skúmať prírodu. Dúfam však, že princípy tu vyložené vrhnú svetlo na túto alebo na nejakú pravdivejšiu metódu filozofie. ([26], A2; [27], XVIII; [28], 3)

*Prvý záver*, ktorý môžem urobiť v mojej sérii článkov, je, že ak vedecké poznanie vo svojom postupe od fenoménov-účinkov ako *javov* určitej príčiny k fenoménom-účinkom ako *prejavom* tejto príčiny (dočasne) nedokáže uchopiť, čo je táto príčina, aká je jej vnútorná miera, potom poznanie tejto príčiny je charakterizované nielen kategóriou formálneho základu, ale aj *kategóriou vonkajšej miery*.

Rekonštrukcia typu vedeckého poznania, ktorý je charakterizovaný týmito dvoma kategóriami, umožňuje nájsť riešenie problému B. Ellisa uvedeného v tejto štúdii v podkapitole 2 v bode dva. *V takomto type vedeckého poznania na to, aby sme boli schopní vysvetliť určité účinky, sme nútení postulovať existenciu niečoho, kde jediným zmyslom jeho existencie je, že produkuje tieto účinky*. V protiklade k Ellisovi však tvrdím, že poznanie príčiny-základu-podstaty ako ešte len formálneho základu nepostráda akúkoľvek explanačnú silu. Poskytuje nám totiž už vedenie o kvantitatívnych charakteristikách



základu. Keďže však ešte neposkytuje poznanie kvalitatívnych určení základu, má neúplnú explanačnú silu. *Formálny základ a jeho vonkajšia miera predstavujú, ako ďalej ukážem, neúplné explanačné východisko pre myšlienkové odvodenie (vysvetlenie) jeho prejavov.*

Typ vedeckého poznania charakterizovaný kategóriou formálneho základu a vonkajšej miery má niektoré špecifické charakteristiky, ktoré vysvetlím ďalšou analýzou *Princípií*. Newton na jednej strane odlišuje absolútnu silu ako príčinu od jej účinkov (napr. zmena rýchlosti či hybnosti v určitom čase). Vzhľadom na gravitačnú silu v siedmej téze (propozícii) tretej knihy tvrdí, že „[g]ravitácia je vlastná všetkým telesám a je úmerná hmotnosti každého z nich“ ([26], Bbb2; [27], 414; [28], 518). Na druhej strane však v komentári k tretiemu pravidlu usudzovania (Kniha III) v druhom vydaní *Princípií* uvádza:<sup>7</sup>

*Jednako však netvrdím, že gravitácia je pre telesá podstatná. Pod ich vis insita nerozumiem nič iné ako ich zotrvačnosť. Tá je nemenná. Ich gravitácia sa znižuje, ako sa vzdalujú od Zeme.* ([27], 400; [28], 504)

Tieto názory, vzaté spolu, ukazujú, že Newton dostatočne nerozlišoval samu gravitáciu ako základ-príčinu, ktorá je charakteristická pre každé jednotlivé teleso (s nenulovou hmotnosťou), od jedného z jej účinkov – vzájomnej príťažlivosti medzi telesami. Takúto konfúziu, chaos v rozlíšení základu-príčiny a jeho účinkov vo vedeckom poznaní spoznávajúcim základ skúmaných objektov ako ešte len formálny základ vyjadruje Hegel takto:

Pri takomto výklade nevieme, kde vystupuje kladúce ako odvodené (worin das eigentlich Begründende als Abgeleitetes vorkommt), ani ako je to so základom a fenoménom. ([21], T. 2, 81; [22], II, 85)

Vidíme teda, že i keď kategórie formálneho základu a vonkajšej miery sú postačujúce na vedecké poznanie postupujúce od fenoménov-účinkov ako javov k ich základu pochopenému ako formálny základ, nie sú postačujúce na pochopenie tohto základu ako reálneho základu, na objavenie vnútornej miery príčiny týchto účinkov. Máme tu dočinenia s dvoma stupňami vedeckého poznania, ktoré sa vzájomne odlišujú svojou kategoriálnou výbavou. Poznanie javov je postačujúce na myšlienkové uchopenie základu ako formálneho základu. Ak ho však chceme uchopiť ako reálny základ, t.j. *bez akýchkoľvek javov* (a *pred* myšlienkovým odvodením jeho prejavov), treba abstrahovať od akýchkoľvek javov a v mysli sa pohybovať v „čistej“ podstate.

<sup>7</sup> Zdá sa, že tento názor je dôsledkom stanoviska, podľa ktorého len tie vlastnosti telies sú podstatné, „ktoré nepripúšťajú ani zosilnenie, ani zoslabenie a ktoré sa ukazujú byť vlastné všetkým telesám v dosahu našich experimentov“ ([27], 398; [28], 503).

Podľa môjho názoru Newton si bol vedomý toho, že rámec, v ktorom odvodzoval sily z fenoménov (javov) pohybu, nie je rámcom, v ktorom možno pochopiť, čo je to samotná sila. Napríklad uvedomoval si, že jeho prístup k silám nám poskytuje vedenie o ich kvantite, ale súčasne necháva úplne otvorený problém ich kvality. To vyjadril vo svojom tvrdení, že účelom skúmania sily

je len zistiť (trace out) kvantitu a vlastnosti tejto sily z javov... a aplikovať to, čo objavíme v niektorých jednoduchých prípadoch ako princípoch, prostredníctvom ktorých, matematickou cestou, môžeme odhadnúť jej účinky vo viacerých zložitých prípadoch... Povedali sme matematickým spôsobom, aby sme sa vyhli všetkým otázkam o povahe alebo kvalite tejto sily, ktorú by sme nemohli určiť žiadnou hypotézou. ([27], 550)

Newton o svojich úvahách o pojme absolútnej sile podobne vyhlasuje, že „[t]ento pojem treba považovať za matematický, lebo ešte neuvažujem o fyzikálnych príčinách a mieste výskytu síl“ ([26], 4; [27], 5; [28], 29).

Ďalšou charakteristikou poznania založeného na kategórii formálneho základu a vonkajšej miery je, že meno, ktoré označuje základ, sa môže považovať za užitočnú „nálepku“ alebo konvenčnú<sup>8</sup> skratku pre určité fenomény bez akéhokoľvek referenta v realite, za ekonomický „prekleňovací“ most, pomocou ktorého špeciálne vedy môžu, vychádzajúc z určitých fenoménov, dospieť k iným fenoménom. Preto je v týchto vedách aj pokúšenie zbaviť sa tohto mena ako nadbytočného metafyzického balastu. Ako ukážem v nasledujúcej štúdií, až v type vedeckého poznania operujúceho na báze kategórie vnútornej miery a reálneho základu je možné príčinu-základ pochopiť ako niečo reálne existujúce, ako niečo, čo má svoj vlastný „životný“ proces, a teda pochopiť aj to, že meno tohto základu má reálny denotát.

Typickým príkladom pokusu zbaviť sa takéhoto metafyzického balastu je prístup E. Macha k newtonovskému pojmu sily. Mach sa pokúsil eliminovať pojem sily ako niečo kauzálne a nahradiť ho takým jeho chápaním, že by mal charakter čisto matematického výrazu. Svoj prístup po prvý raz vysvetlil v [24]. Ja sa opieram o jeho prácu [25]. Mach predkladá nasledujúce tvrdenie:

Telesami rovnakej hmotnosti nazveme všetky tie telesá, ktoré vzájomným pôsobením na seba si udeľujú rovnaké a opačne orientované zrýchlenia. ([25], 241)

<sup>8</sup> Konvencionalizmom B. Ellisa sa budem zaoberať v štvrtej štúdií.

Tento prípad zovšeobecňuje a ukazuje, že ak teleso  $A$  a teleso  $B$  získajú v dôsledku vzájomného pôsobenia zrýchlenie s absolútnou hodnotou  $a_A$  a  $a_B$ , potom teleso  $B$  má  $a_A/a_B$ - násobok hmotnosti telesa  $A$ . Potom „[a]k vezme-me...  $A$  ako jednotku, prisudzujeme tomu telesu hmotnosť  $m$ , ktoré udeľuje telesu  $A$   $m$ -násobok zrýchlenia, ktoré  $A$  ako reakciu udeľuje jemu“ ([25], 241). Nakoniec tvrdí, že „[m]oja definícia je výsledkom snaženia zistiť vzájomnú závislosť fenoménov a zbaviť sa akejkol'vek metafyzickej nejasnosti“ ([25], 241).

Skúmajme vzťah telesa  $A$  a  $B$ , ako je daný v Machovom zovšeobecnení. Ak zvolíme hmotnosť prvého z nich ( $m_A$ ) ako jednotku, môžeme vyjadriť hmotnosť druhého z nich ( $m_B$ ) ako násobok  $m_A$ . Teleso  $A$  je tu v takej pozícii, že  $B$  môže vyjadriť svoju hmotnosť ako ekvivalent alebo ako stupeň ekvivalencie s  $A$ . Teleso  $A$  je tu vzhľadom na  $B$  v pozícii ekvivalentnej formy.  $B$  je tu v inej pozícii. Jeho hmotnosť je relatívne vyjadrená vzhľadom na  $A$ .  $B$  je tak v *relatívnej forme*. To môže, pochopiteľne, platiť aj opačne. Môžeme vziať  $m_B$  a považovať ju za konvenčne zvolenú jednotku. Teda nielen teleso  $A$  môže poskytnúť svoje „telo“ na vyjadrenie niečoho, čo prislúcha telesu  $B$ , ale aj teleso  $B$  možno použiť na vyjadrenie niečoho, čo prislúcha telesu  $A$ . Týmto niečím je podľa Newtona sila  $f$ . V prvom prípade sila prislúchajúca telesu  $B$  ( $f_B$ ) používa teleso  $A$ , aby sa prejavila ako  $a_A$ . V druhom prípade sila viazaná na teleso  $A$  ( $f_A$ ) používa teleso  $B$ , aby sa prejavila ako  $a_B$ . V tomto druhom prípade je teleso  $A$  v pozícii relatívnej formy, zatiaľ čo teleso  $B$  je v pozícii ekvivalentnej formy; v prvom prípade je to presne naopak. Podkladom (Hegelova *Grundlage*) skutočnosti, že vzájomný vzťah telies  $A$  a  $B$  je vzťahom relatívnej a ekvivalentnej formy alebo<sup>9</sup> naopak, je existencia niečoho, čo je odlišné ako od hmotnosti, tak aj od zrýchlenia a existuje ako spoločný základ v oboch telesách. Spoločné pre obe telesá je jedna kvalita  $[f]$ , daná v oboch telesách v kvantite  $\{f_A\}$  a  $\{f_B\}$  tak, že platí  $f_A=f_B$  alebo  $\{f_A\}*[f]=\{f_B\}*[f]$ . Na oboch stranách tejto rovnice máme tú istú kvalitu a tú istú kvantitu. Táto rovnica je daná podľa môjho názoru v Newtonovom treťom zákone: „vzájomné pôsobenia dvoch telies, jeden na druhého, sú vždy rovné a orientované na opačné strany“ ([26], 13; [27], 13; [28], 41). Jeho tvrdenie o tejto rovnosti je založené na tom, čo sa v definícii VI nazýva „absolútna sila“. To vidno z jeho komentára k tretiemu zákonu:

„Ak nejaké teleso tým, že udrie do druhého, mení svojou silou jeho hybnosť, toto teleso takisto... podstúpi od sily druhého telesa rovnakú zmenu vo svojej vlastnej hybnosti, ale opačne orientovanú. ([26], 13; [27], 14; [28], 41)

<sup>9</sup> Výroková spojka „alebo“ tu zastupuje „Buť..., alebo..., ale len jedno z nich“.

Tento zákon vlastne tvrdí: „Vzájomné silové pôsobenie dvoch telies je rovnako veľké a opačne orientované.“ Tu treba zdôrazniť, že len ak existuje nejaký reálny základ, na ktorého poklade sa objekty dostávajú do vzájomných pomerov, môže špeciálna veda určiť kvalitu určitých fenomenálnych vlastností, účinkov produkovaných na objekte, ktorý je preto v pozícii ekvivalentnej formy, a potom, konvenčne určiac nejakú kvantitu týchto fenomenálnych vlastností ako jednotku, zistiť ich kvantitatívne určenia v iných objektoch. Keďže Newton v tretom dynamickom zákone a v komentári k nemu vychádza zo vzťahu  $f_A = f_B$ , môže dospieť k vzťahu  $dp_A/dt = dp_B/dt$  ( $dp/dt$  označuje zmenu hybnosti v čase), a potom k tvrdeniu, že platí  $m_A a_A = m_B a_B$ , aby nakoniec tvrdil, že „zmeny rýchlostí, takisto opačne orientované, sú nepriamo úmerné hmotnostiam telies“ ([26], 13; [27], 14; [28], 41). Mach berie tento výsledok Newtonovho postupu, t.j.  $a_A/a_B = m_B/m_A$ , ale zbavuje sa tak  $f$ , ako aj  $f_A = f_B$ . Čo potom skutočne zostáva, je len tvrdenie o vzťahu fenoménov-účinkov, ako je to dané v citovanom Machovom tvrdení. Treba si však uvedomiť, že je to len *post festum* zbavenie sa. Možno ho uskutočniť len preto, že Newton už *predtým* uskutočnil nasledujúci myšlienkový postup. Vychádza z javových foriem (zmena rýchlosti a hybnosti v určitom čase) a prostredníctvom nich dospieva k pojmu zrýchľujúcej a hybnej sily. Potom zavádza pojem absolútnej sily a návazne, postupujúc cez  $f_A = f_B$ , dospeje nakoniec ku  $a_A/a_B = m_B/m_A$ .

Tento myšlienkový postup však skrýva v sebe jeden zásadný problém. Newton správne – aspoň podľa môjho názoru – vychádza z faktu, že telesá interagujú a prostredníctvom interakcii získavajú určité fenomenálne vlastnosti, ktoré sú kvantitatívne určené. Ďalej sa potom snaží pochopiť základ týchto interakcií tak, že ich prevedie na ich príčinu – silu a to určením jej kvantity prostredníctvom kvantity jej účinkov. Nakoniec chce Newton dospieť k vysvetleniu týchto interakcií prostredníctvom svojich troch zákonov (Lex I, II, III), t.j. vysvetliť fenomény ako prejavy sily. V prvom zákone sa zmena stavu telesa zdôvodňuje silou pôsobiacou na toto teleso. V druhom zákone sa zmena hybnosti takisto zdôvodňuje silou. Nakoniec v tretom zákone sa akcia a reakcia telies v ich vzájomnom pôsobení tiež zdôvodňuje silou. Ale keďže Newton, ako som ukázal, nezdôvodňuje absolútnu silu, zostáva v *Princípiách* úplnou záhadou, prečo telesá vôbec vzájomne pôsobia. Keďže Newton nevie, čo je to  $[f]$ , t.j. čo je sila ako kvalita, je nútený v druhom zákone tvrdiť, že „[z]mena hybnosti je úmerná priloženej hybnej sile“ ([26], 12; [27], 14; [28], 40). Pretože však hybná sila je v definícii VIII určená ako úmerná zmene hybnosti v čase, postup od javu vyjadreného v tejto definícii k prejavu vyjadrenému v druhom zákone vyúsťuje do triviality, že

zmena hybnosti telesa v určitom čase je úmerná zmene jeho hybnosti v tomto čase. Z toho istého dôvodu, totiž neznalosti  $[f]$ , nemôže Newton z pojmu absolútnej sily odvodiť ani vzťah  $[f_A]*[f]=[f_B]*[f]$ , ako je daný v treťom zákone.

Práve problematika vzájomnej interakcie telies mi umožňuje pozrieť sa na Machove antimetafyzické úsilie z iného uhla pohľadu. Mach predpokladá, že telesá interagujú, len v tom prípade totiž môže aplikovať svoj antimetafyzický prístup. Ale skutočnosť, že telesá interagujú, si jasne uvedomil pre nebeské telesá už Kepler a pre pozemské telesá už Galilei a Huyghens.<sup>10</sup> Newton, vychádzajúc z vedenia nimi vytvoreného, totiž že telesá vzájomne interagujú, postupoval ďalej s ambíciou nájsť samotný základ týchto interakcií a potom ich z tohto základu odvodiť. Machova ambícia v protiklade k Newtonovi je zostať stáť na stupni poznania, kde sa fixuje len fakt, že telesá interagujú v určitých pomeroch. Z tohto pohľadu predstavuje Machov prístup regres vzhľadom na úroveň fyzikálneho poznania dosiahnutého v *Princípiach*.

V tejto štúdií som prostredníctvom analýzy Newtonových *Princípií* zrekonštruoval niektoré charakteristiky typu vedeckého poznania, ktoré sa pohybuje v epistemickom rámci určenom kategóriou vonkajšej miery a formálneho základu. V nasledujúcej štúdií zrekonštruujem ďalšie charakteristiky tohto typu vedeckého poznania a súčasne ich budem porovnávať s charakteristikami typu vedeckého poznania, ktoré sa už pohybuje v epistemickom rámci charakterizovanom kategóriou reálneho základu, immanentnej miery a prejavovania sa imanentnej miery.

Katedra logiky a metodológie vied  
 Filozofická fakulta UK  
 Šafárikovo nám. 6, 811 02 Bratislava  
 e-mail: klmv@fphil.uniba.sk

## LITERATÚRA

- 1] BERKA, K. (1977): **Meření**. Akademie, Praha.
- 2] BERKA, K. (1983): **Measurement**. Reidel, Dordrecht.
- 3] ELLIS, B. (1960): Some Fundamental Problems of Direct Measurement. **Australasian Journal of Philosophy** 38, 37-47.
- 4] ELLIS, B. (1961): Some Fundamental Problems of Indirect Measurement. **Australasian Journal of Philosophy** 39, 13-29.
- 5] ELLIS, B. (1963a): Derived Measurement, Universal Constants and the Expression of Numerical Laws. In: Baumrin, B. (ed.): **Philosophy of Science**. The Delaware Seminar, Vol. 2, Interscience, New York, 371-392.

<sup>0</sup> Bližšie o tomto pozri napríklad [23].

- [6] ELLIS, B. (1963b): Universal and Differential Forces. **The British Journal for the Philosophy of Science** 14, 177-194.
- [7] ELLIS, B. (1964): On the Nature of Dimension. **Philosophy of Science** 31, 357-380.
- [8] ELLIS, B. (1965): The Origin and Nature of Newton's Laws of Motion. In: Colodny, R. G. (ed.): **Beyond the Edge of Certainty**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 29-68.
- [9] ELLIS, B. (1966): **Basic Concepts of Measurement**. Cambridge University Press, Cambridge.
- [10] ELLIS, B. (1967): Measurement. In: Edwards, P. (ed.): **Encyclopedia of Philosophy**, Vol. 5. Macmillan, New York, 241-250.
- [11] ELLIS, B. (1976): The Existence of Forces. In: **Studies in the History and Philosophy of Science** 7: 171-185.
- [12] ELLIS, B. (1985): What Science Aims to Do. In: Churchland, P. – Hooker, C. (eds.): **Images of Science**. Chicago University Press, Chicago, 48-74.
- [13] ELLIS, B. (1987): Comments on Forge and Swoyer. In: Forge, J. (ed.): **Measurement, Realism and Objectivity**. Reidel, Dordrecht, 319-325.
- [14] ELLIS, B. (1987b): The Ontology of Scientific Realism. In: Pettit, P. (ed.): **Mind, Morality and Metaphysics**. Basil Blackwell, Oxford, 50-70.
- [15] ELLIS, B. – BIGELOW, J. – PARGETTER, R. (1988): Forces. **Philosophy of Science** 55, 614-630.
- [16] ELLIS, B. (1992): Conventionalism in Measurement Theory. In: Savage, C.W. (ed.): **Philosophical and Foundational Issues in Measurement Theory**. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, 167-180.
- [17] FILKORN, V. (1973): Cyklický aspekt vedeckej metódy. **Filozofia** 28, 37-53.
- [18] HANZEL, I. (1991): Idealizované zákony a dve metódy vysvetlenia stupňovitou konkretizáciou. **Filozofia** 46: 401-413.
- [19] HANZEL, I. (1994): D-N model a vedecký zákon podstaty. **Filozofia** 49, 705-713.
- [20] HARPER, W. – SMITH, G. E. (1996): Newton's Way of Inquiry. In: Leplin, J. (ed.): **The Discovery of New Ideas in Physics**. Kluwer, Dordrecht, 113-166.
- [21] HEGEL, G. W. F. (1923): **Wissenschaft der Logik**, T. 1, 2, Felix Meiner, Leipzig.
- [22] HEGEL, G. W. F. (1986): **Logika ako veda**, I, II. Nakladateľstvo Pravda, Bratislava.
- [23] JAMMER, M. (1957): **Concepts of Force**. Harvard University Press, Cambridge.
- [24] MACH, E. (1868): Über die Definition der Masse. **Carls Repetorium der Experimentalphysik** 4, 355-359.
- [25] MACH, E. (1988): **Die Mechanik in ihrer Entwicklung**. Akademie Verlag, Berlin.
- [26] NEWTON, I. (1687): **Philosophiae Naturalis Principia Mathematica**. Josephi Streater, Londini. (Reprint Dawson, London asi 1960.)
- [27] NEWTON, I. (1946): **Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy and his System of the World**. University of California Press, Berkeley.
- [28] NEWTON, I. (1989): **Matematičeskije načala natural'noj filosofii**. Nauka, Moskva.