

KVALITA, KVANTITA A TYPOLÓGIA MERANIA

IGOR HANZEL, Katedra logiky a metodológie vied FiF UK, Bratislava

HANZEL, I.: Quality, Quantity and the Typology of Measurement
FILOZOFIA 60, 2005, No 4, p. 217

The paper is a continuation of three previous papers ([20]; [21]; [22]), which have discussed the issues of measure and measurement, as well as the views of K. Berka and B. Ellis on this issue. This paper gives a restatement of those views from the point of view of the unity of qualitative and quantitative determinations of measure. Further it deals with Ellis' conventionalism in measurement theory. Finally it provides a differentiated typology of measurement.

Táto štúdia je pokračovaním našich prác [20], [21] a [22], v ktorých sa zaoberáme problematikou merania. V prvej časti reinterpreтуjeme z pohľadu jednoty kvantitatívnych a kvalitatívnych určení miery názory B. Ellisa a K. Berku na proces merania, ktoré sme objasnili v štúdiu [22]. V druhej časti sa zaoberáme Ellisovým konvencionalizmom. Nakoniec v tretej časti skúmame dôsledky rozlíšenia troch podob miery v oblasti samotnej teórie merania.

1. Kvalita. O vzťahu kvalitatívnych a kvantitatívnych určení objektu vyhlasuje Ellis už vo svojej prvej práci toto: „Ak niektoré veci majú nejakú kvalitu spoločnú..., potom má zmysel porovnávať tieto veci vzhľadom na túto kvantitu a povedať, či jedna je väčšia ako, rovná s alebo menšia ako iná v tomto ohľade... Ale za akých podmienok môžeme povedať, že jedna vec je väčšia ako, rovná s alebo menšia ako iná v istom ohľade? Treba najprv poznamenať, že existujú rôzne druhy rovností. Niekedy má zmysel povedať, že dve veci sú navzájom rovné v určitom ohľade, keď nemá zmysel povedať, že jedna je väčšia ako druhá v určitom ohľade... Rovnosť tohto typu môže byť charakterizovaná ako *kvalitatívna rovnosť*. Druh rovnosti, ktorý nás tu zaujíma, nie je tohto typu. Ak totiž o dvoch veciach možno povedať, že sú rovné vzhľadom na určitú kvantitu, musí mať tiež zmysel povedať, že jedna je väčšia alebo menšia ako druhá v tomto ohľade.“ ([4], 37 – 38)¹

Podľa nášho názoru si tu však Ellis neuvedomuje, že na to, aby dve entity boli vo vzťahu, ktorý možno označiť ako „<“, „=“ a „>“, musia obe tieto entity zdieľať jednu a tú istú kvalitu *q*, ktorá navyše pripúšťa rozdiely v stupni.² Preto je aj výhodnejšie rozlišovať medzi dvoma typmi kvalít: tým, ktorý pripúšťa rozdiely v stupňoch,

¹ Pozri aj ([10], 26).

² To isté tvrdí napríklad P. Caws, ktorý meranie dáva do súvisu so „špecifikáciou stupňa medzi objektmi zdieľajúcimi určitú kvalitu“ ([3], 18).

a tým, ktorý ho nepripúšťa. Oba typy sú typmi kvality, pretože nejaká entita ich má, alebo nemá; ich existencia nie je vecou stupňa.³

Na prvý pohľad sa zdá, že by bolo možné upraviť Ellisovu terminológiu prostredníctvom tvrdenia, že kvantity sú kvality, ktoré pripúšťajú rozdiely v stupni, zatiaľ čo („čisté“) kvality takýto rozdiel nepripúšťajú. Ale aj s takouto terminológiou sa ukazuje, že Ellisov prístup vedie k problému v chápaní miesta kvality v procese merania. Tvrdí totiž, že „objavenie novej kvantity je to isté ako objavenie novej skupiny vzťahov usporiadania“ ([4], 39), a ilustruje to nasledujúcim príkladom: „Rôzne stavy voľne kmitajúceho kyvadla sú spojené troma možnými, ale vzájomne sa vylučujúcimi transformačnými vzťahmi... Sú to (a) nejaký stav A sa môže transformovať do stavu B a naopak, ak kyvadlo nie je vystavené tlmeniu, ale žiadna z týchto transformácií nenastane, ak je vystavené tlmeniu; (b) nejaký stav A sa môže transformovať do stavu B pri vhodnom tlmení, ale nie naopak, a to ani za neprítomnosti tlmenia; (c) nejaký stav B sa môže transformovať do stavu A pri vhodnom tlmení, ale nie naopak, a to ani za neprítomnosti tlmenia.“ ([10], 28-29)⁴

Transformácie (a), (b) a (c) majú charakter vzťahov usporiadania, takže prostredníctvom nich môžeme identifikovať kvantitu (v Ellisovej terminológii) nazvanú „mechanická energia“ a označená symbolom E , pričom pre tieto tri možné transformácie platí: $E_A = E_B$, $E_A > E_B$ a $E_A < E_B$. Ellis potom pokračuje nasledujúcim spôsobom: „Bádateľ sa pýta, čo je mechanická energia, ... a je mu daná formula – prostriedok na výpočet jej miery z výsledkov iných meraní. Alebo je mu daná teoretická interpretácia... Chce vedieť, čo meria alebo interpretuje. Chce aby mu bola ukázaná nejaká vlastnosť, nejaká charakteristika samotného systému, ktorá je mechanickou energiou kyvadla. Bádateľove požiadavky sú, ak mám pravdu, založené na nepochopení pojmu kvantity. Poukázať na kvantitu neznamena nič iné, ako ukázať na nejakú množinu relácií usporiadania.“ ([4], 40)⁵

Podľa nášho názoru má Ellisov „bádateľ“ pravdu. Ak totiž zistí, že stavy A , B ... kmitajúceho kyvadla sú charakterizované kvantitou q takým spôsobom, že platí $q_A = q_B$, $q_A > q_B$, a $q_A < q_B$, potom jeho vedenie vyjadruje nielen objav niečoho, čo možno charakterizovať výrazmi „viac“, „menej“ a „rovný“, ale vyjadruje aj objav nejakej kvality, napríklad v tomto prípade „mechanickej energie“. Keďže poznanie (v Ellisovej terminológii) kvantity zahrnuje aj určité vedenie o kvalite, je výhodnejšie, ako sme ukázali v štúdií [20], používať namiesto pojmu kvantity pojem veličiny, keďže tento zahŕňa súčasne poznanie kvantity a kvality.

Špecifické metódy, aplikovateľné na objavenie podstaty kvality nejakej veličiny a rekonštruované v našej štúdií [20], sú odlišné od metód (priameho, asociovaného

³ Tohto omylu sa dopúšťa napríklad aj J. Forge, ktorý ako príklad čisto kvalitatívnej vlastnosti uvádza „byť členom správnej rady firmy Exxon“, keďže „človek je, alebo nie je členom správnej rady Exxonu“ ([18], 295). To isté ale platí napríklad aj o kvantite nazvanej „objem“. Niečo má, alebo nemá objem, i keď táto vlastnosť pripúšťa rozdiel v stupňoch.

⁴ Pozri aj ([4], 39).

⁵ Pozri aj ([10], 30).

a odvodeného) merania, ktoré sme rekonštruovali v [22] a ktoré sú nevyhnutné na objavenie kvantitatívnych určení nejakej veličiny. Len ak sú filozofia a metodológia vedy schopné úplne rekonštruovať metódy nevyhnutné na objavenie toho, čo je kvalita, t. j. sú schopné rekonštruovať metódy myšlienkového postupu od poznania *zjavnej kvality* nejakej veličiny k poznaniu *podstaty kvality* tejto veličiny a od tohto poznania k poznaniu *prejavu sa podstaty tejto kvality*, môžu poskytnúť aj koherentnú ontológiu kvalít.⁶

Už tu je preto možné vymedziť rámec riešenia Ellisovho problému uvedeného v bode 1.2 v našej štúdii ([22], 313), totiž ako „vysvetliť, čo dve veci odlišujúce sa hmotnosťou majú spoločné a čo ich odlišuje“ ([17], 176). Dve veci odlišujúce sa hmotnosťou majú spoločné hmotnosť ako *kvalitu*, pričom úlohou fyzikálnych teórií je určiť, čo je hmotnosť ako *kvalita*.

Takéto chápanie Ellisovho pojmu kvantity nám umožňuje riešiť problém formulovaný K. Berkom, ktorý sme uviedli v štúdii [22], totiž prečo „[r]ozmerové formuly... umožňujú prevod každej numerickej hodnoty meranej veličiny z jednej sústavy jednotiek merania do inej“, ako aj to, prečo „[r]ozmer odvodených veličín je... invariantný vzhľadom na rozdielne sústavy jednotiek merania“ ([1], 77). Ako sme už ukázali v štúdii [20], každá veličina q je jednotou kvality $[q]$ a kvantitou $\{q\}$. V aktuálnom procese merania nejakej veličiny q však zisťujeme len určenie jej kvantity, t. j. jej hodnoty (veľkosti). Ak pred začiatkom tohto procesu zvolíme nejakú konkrétnu hodnotu $\{q_1\}$ ako konvenčnú jednotku pre určitú škálu a $\{q_2\}$ ako jednotku pre inú škálu, pričom tieto jednotky nazveme odlišnými menami (napríklad „jeden meter“ a „jeden yard“), potom pri vyjadrení vzťahu medzi týmito „jednotkami“ ($1 \text{ yard} = 0.9144 \text{ metra}$) prechádzame vlastne od kvantity $\{q_1\}$ ku kvantite $\{q_2\}$, pričom ide o tú istú kvalitu $[q]$ (napríklad „dĺžku“). Keď vyjadrujeme výsledok nejakého konkrétneho merania prostredníctvom vopred zvolenej jednotky merania (napríklad 10 yardov), aj toto vyjadrenie preto nevyhnutne v sebe zjednocuje poznanie kvantity (tu $\{10\}$) a kvality (tu $[\text{yard}]$). A keďže platí, že $10 \text{ yardov} = 9.144 \text{ metra}$, platí aj $[\text{yard}] = [\text{meter}]$, pretože mená „[yard]“ a „[meter]“ sú len dve mená jednej a tej istej kvality nazvanej „[dĺžka]“. Ak ale rozmer nejakej veličiny nevyjadruje nič iné ako jej kvalitu, potom je tento rozmer vždy vzhľadom na konkrétne škály, na ktorých ju meriame, invariantný.

Z tohto dôvodu neplatí podľa nášho názoru ani Ellisom popieraná väzba medzi veličinami („kvantitami“ v jeho terminológii) a ich rozmerom, t. j. to, že mená rozmerov (rozmerové formuly) sú nejakým spôsobom charakteristické pre veličiny. Skúmame preto Ellisove príklady uvedené v našej štúdii [22], ktoré zdanlivo dokazujú, že môžu existovať viaceré rozmerové formuly pre jednu veličinu. Podľa jeho názoru pre veličinu g – gravitačné zrýchlenie – môžu existovať dve rozmerové formuly: $M^{-1}W$ a LT^{-2} . Ellisova úvaha ale protirečí *logike poznania*, ktorou je *budovaná* klasická mechanika, obsahujúca zákon tiaže a Galileov zákon voľného pádu. Ellis

⁶ Takáto ontológia by mala charakter epistemológie-ontológie. O zjednotení týchto dvoch filozofických disciplín pozri [19].

najprv tvrdí: „Vieme, že tiaž a hmotnosť sú merateľné nezávisle. Tiaž je jednoducho merateľná na asociovanej škále, použijúc rozťahnutie struny, ako asociatívna kvantita a hmotnosť sa fundamentálne meria na dvojramennej váhe.“ ([8], 369)

Problém, ktorý si však Ellis neuvedomil, je to, že ak chceme merať tiaž na strunovej váhe, musíme už *vopred* poznať vzťah hmotnosti a tiaže, t. j. zákon $w = mg$; v klasickej mechanike tiaž nie je merateľná nezávisle od hmotnosti. Teória (v tomto prípade klasická mechanika) navádza našu prax merania. To, že táto teória je v pozadí Ellisových úvah, vidno aj z toho, že tvrdí, že meranie na dvojramennej a strunovej váhe treba uskutočniť na tom istom mieste. Z klasickej mechaniky totiž vie, že veličina g sa mení s polohou na Zemi. To, že Ellis v tomto príklade predpokladá už poznatky klasickej mechaniky, vidno aj z toho, že g chápe ako *gravitačné zrýchlenie*. Aby sme však g chápali ako zrýchlenie súvisiace s *gravitáciou*, musíme už poznať gravitačný zákon.

Skutočnosť, že Ellis vo svojich filozofických úvahách protirečí logike poznania klasickej mechaniky, vidno aj z toho, že tvrdí, že v jej rámci je možné silu merať nezávisle alebo fundamentálne ([8], 373; [10], 129). No skutočnosť, že v klasickej mechanike je sila odvodenou, a nie fundamentálnou veličinou, jednoznačne určuje, že v jej rámci sila nemôže byť fundamentálne merateľná.

Pojem logiky poznania, ktorou sa budujú teórie v špeciálnych vedách, nám umožňuje pochopiť aj rozdiel medzi odvodeným a asociatívnym meraním. V prvom z nich je meraná veličina *odvodenou* veličinou, v druhom z nich je meraná veličina *fundamentálna*, t. j. neodvodená, ktorá sa však *nemôže merať priamo*. Napríklad vo fyzike meranie elektrického prúdu predstavuje prípad asociatívneho merania. Ten sa meria na tzv. prúdovej váhe, pričom zákon, prostredníctvom ktorého sa meria, má podobu $f = k i_1 i_2 / 2\pi a$, kde f označuje silu, i_1 a i_2 označuje prúdy prechádzajúce vodičmi nachádzajúcimi sa vo vzdialenosti a , l označuje dĺžku určitej časti vodičov a k označuje určitú konštantu. Prúd sa tu kalkuluje na základe pôsobiacej sily, pričom táto je zase kalkulovaná určením tiaže telesa umiestneného na miske váh tak, aby sa táto pôsobením sily vrátila do rovnovážnej polohy. Keďže pre tiaž platí $w = mg$, na určenie w potrebujeme vedieť hmotnosť m tohto telesa a tiažové zrýchlenie g v mieste, kde sa nachádza táto váha. *Fundamentálna elektromagnetická veličina prúdu je tu meraná prostredníctvom asociovaných mechanických veličín.*

Skúmame teraz druhú časť Ellisovho príkladu, ktorý má ilustrovať, že mená rozmerov (rozmerové formuly) nie sú charakteristické pre veličiny. Aj keď si zvolíme rozmerovú formulu pre veličinu g na základe Galileovho zákona, táto formula je ešte stále podľa jeho názoru závislá od voľby triedy škál. Vzhľadom na triedy škál $[L]$ a $[T]$, podobné na metrovú a sekundovú škálu, má veličina g rozmer LT^{-2} , ale vzhľadom na triedy škál $[L']$ a $[T]$, kde pre vzťah $[L']$ a $[L]$ platí $l' = l^2$, by jej rozmer bol $L'T^{-4}$. Rekonštruujeme teraz celý proces odvodenia tejto rozmerovej formuly. Vychádzame z upraveného Galileovho zákona $l t'^2 = g$ a ak za l dosadíme l' tak, že platí $l = \sqrt{l'}$, dostaneme vzťah $t'^2 \sqrt{l'} = g$. Umocnením tejto rovnice na druhú dostaneme $t'^4 l' = g^2$ a ak g^2 označíme ako g' , dostaneme nakoniec rovnicu $l' t'^4 = g'$. Vychádzajúc z tejto rovnice a rovnice $l t'^2 = g$ Ellis tvrdí, že jednej a tej istej veličine („kvantite“

v jeho terminológii) môžeme priradiť viaceré rozmerové formuly.

I keď Ellis tvrdí, že g a g' označujú jednu a tú istú (odvodenú) veličinu, podľa nášho názoru tu máme v skutočnosti dve odlišné veličiny: g a g' . Použijúc terminológiu K. Berku: *dve pomenovania, preto aj dve odlišné rozмеры (rozmerové formuly)*. Pritom podľa nášho názoru to, čo je skryté za rozdielom týchto dvoch veličín, umožňuje rekonštruovať, ako sú na úrovni javov chápané fundamentálne, priamo merateľné veličiny. Uvažujme napríklad o veličine dĺžky. Čím je v rámci klasickej mechaniky? Túto otázku môžeme zodpovedať len vtedy, keď *špecifikujeme spôsob, akým sa v kontexte tejto teórie konštruuje škála, na ktorej ju meriame*, t. j. tým, že volíme určitý štandard plus operáciu zrežazovania kópií tohto štandardu. V dnes zaužívanom systéme mechaniky je dĺžka l veličinou meranou na škále danou štandardom so Sèvres spolu so zrežazením, ktorý má charakter kladenia konca jedného objektu ku koncu druhého objektu. Ellisova trieda $[L']$ je triedou podobných *dim-škál*⁷ a tým, že vytvoril túto škálu, vytvoril (fundamentálnu, priamo merateľnú) veličinu l' , ktorá je odlišná od veličiny l . A keďže Ellis vychádza z dvoch odlišných fundamentálnych veličín, má po prvé, odlišné rozмеры L a L' a po druhé, odvodí veličinu g' , ktorá je odlišná od veličiny g , štandardne používanej v klasickej mechanike. To podľa nášho názoru predstavuje súčasne aj vyvrátenie Ellisovho tvrdenia, že „dokonca ani tým kvantitám, ktoré meriame fundamentálne, nemôžeme priradiť len jeden rozmerový symbol. Rozmerový symbol L' nemôže mať ten istý význam (*significance*) ako symbol L , ale predsa sú oba rozmerovými symbolmi dĺžky.“ ([8], 370)

To ale znamená, že v prípade fundamentálnych, priamo merateľných veličín dochádza v porovnaní s odvodenými, nepriamo merateľnými veličinami k obráteniu vzťahu medzi ich pomenovaním na jednej strane a jednotkou merania (škálou) a rozmerom na strane druhej. Zatiaľ čo u odvodených, nepriamo merateľných veličín⁸ nejakej teórie platí smer vzťahu, ako ho rekonštruoval K. Berka, totiž že *pomenovanie predchádza rozmerovú charakterizáciu a konštrukciu meracích škál*, v prípade fundamentálnych, priamo merateľných veličín je tento smer opačný. Aby pomenovanie takejto veličiny q malo zmysel, t. j., aby termín „ q “ mal zmysel, musí sa tento termín určiť procesom konštruovania škály na jej meranie.

Naše tvrdenie „Dve pomenovania, preto aj dva rozмеры (rozmerové formuly)“ umožňuje tiež spresniť názory K. Berku na trojicu *pomenovanie – rozmer – jednotka merania*. Podľa jeho názoru je „*[p]omenovanie veličín... primárne a nezávislé od toho, ako ich v rozmerovej analýze, ktorá je vždy sekundárna, rozmerovo charakterizujeme*“ ([1], 78). Podľa nášho názoru však nie je možné oddeliť procedúru pomenovania nejakej veličiny od procedúry určenia jej rozmeru. Aby sme to dokázali, pokúsime sa ukázať, že dva príklady, ktoré Berka uvádza ako ilustráciu situácie „jedno pomenovanie, ale dva rozмеры“, sú chybné.⁹

⁷ Pozri o tom našu štúdiu [22].

⁸ Neskúmame tu prípad fundamentálnych, nepriamo (t. j. asociatívne) merateľných veličín.

⁹ Tieto príklady sú uvedené v našej štúdii [22].

Prvý príklad uvádza dva systémy fyziky s odlišnými fundamentálnymi veličinami: jeden s dĺžkou, hmotnosťou, časom a nábojom, a druhý s dĺžkou, hmotnosťou, časom, dĺžkou a elektrickým prúdom. Vzhľadom na odlišnosť ich základných rozmerov – v prvom z nich je to L, M, T, Q a v druhom L, M, T, I – Berka tvrdí, že tá istá fyzikálna veličina, totiž intenzita elektrického prúdu, má v prvom systéme rozmerovú formulu $LMT^{-2}Q^{-1}$ a v druhom $LM^3T^{-1}I^{-1}$. Berkovej pozornosti však unikla skutočnosť, že tu nemáme tú istú veličinu, ale len to isté meno „intenzita elektrického prúdu“ s dvoma odlišnými zmyslami, t. j. dve odlišné veličiny. Procedúra nazvaná Berkom *pomenovanie* (*naming*) má charakter použitia mien s určitým zmyslom. Preto podľa nášho názoru tu máme dve pomenovania, a preto aj dva odlišné rozmery. Rozdiel v zmysloch toho istého mena má svoj pôvod v logike poznania, prostredníctvom ktorej sú tieto zmysly získané v teórii elektromagnetického poľa. V teórii, v ktorej sa náboj, označený ako q , považuje za fundamentálnu veličinu, je intenzita elektrického poľa, označená ako e , definovaná ako $e = f/q$, kde f označuje silu pôsobiacu na náboj q .¹⁰ Keďže rozmer sily je v mechanike určený ako LMT^{-2} , je rozmer veličiny e v tomto systéme určený ako $LMT^{-2}Q^{-1}$.

Na rozdiel od toho v systéme, kde je elektrický prúd, označený ako i , fundamentálnou veličinou a náboj sa chápe ako niečo, čo je transportované prúdom, platí $q = it$.¹¹ V tejto teórii platí pre veličinu intenzity elektrického prúdu $e = f/q = f/it$. Pod zmyslom mena „intenzita elektrického prúdu“ sa tu rozumie sila pôsobiaca na prúd prechádzajúci vodičom v určitom čase a pre rozmer veličiny e platí $LMT^{-2}/IT = LMT^{-3}I^{-1}$.

Rozdiel medzi týmito systémami fyziky vidno aj v tom, že zatiaľ čo v prvom systéme fyziky sa náboj chápe ako príčina, v druhej je to prúd. Ich rozdiel je daný aj v ich chápaní elektrickej sily. Kým v prvom z nich je náboj mierou vlastností objektov prejavujúcich sa silovým poľom, v druhom je to prúd, ktorý pri prechode dvoma vodičmi generuje medzi nimi silu.

Podľa nášho názoru neplatí ani nasledujúce Berkovo tvrdenie: „[n]a rozdiel od obecnějšího pojmu pomenovania je pojem rozmeru omnoho špeciálnejší, možno snáď povedať technickejší. Je zavádzaný až v súvislosti s určitým systémom základných a odvodených veličín alebo s príslušným systémom jednotiek merania.“ ([1], 81) Aby sme mohli pomenovať, t. j. používať určité mená (napríklad „intenzita elektrického prúdu“), tieto mená musia mať určitý zmysel, ktorý získavajú v procese odvodenia z fundamentálnych veličín. Teda skôr, ako odvodíme tento zmysel, musíme zvoliť niektoré veličiny ako fundamentálne. Pritom v závislosti od toho, ktoré veličiny zvolíme ako fundamentálne (napríklad elektrický prúd alebo náboj), bude jednoznačne určený aj zmysel odvodených veličín.

Prejdime teraz k druhému Berkovmu príkladu, ktorý má takisto ilustrovať

¹⁰ V tejto teórii sa náboj meria asociatívne, napríklad na torznej váhe, zatiaľ čo elektrický prúd sa meria odvodené.

¹¹ V tejto teórii sa náboj meria odvodené, zatiaľ čo elektrický prúd sa meria asociatívne, napríklad na prúdovej váhe.

situáciu „jedno pomenovanie, ale dve rozmnery“. Keďže zákon gravitácie má podobu $f = Gm_A m_B / r^2$, má gravitačná konštanta G rozmer $M^{-1}L^3T^{-2}$. Ak by sme však predpokladali, že táto konštanta je bezrozmerná, potom by pre rozmer veličiny nazvanej „hmotnosť“ platilo $M = L^3T^{-2}$ a samotná veličina hmotnosti by už nebola fundamentálna, ale odvodená veličina. To by znamenalo, že v odlišných systémoch základných veličín by rozmerové formuly veličiny tohto istého pomenovania boli vyjadrené odlišným spôsobom. Ak by ale rozmerová formula veličiny nazvanej „hmotnosť“ bola L^3T^{-2} , potom by to znamenalo, že za touto formulou sa skrýva vzťah $m = l^3t^{-2}$, pomocou ktorého je možné definovať škálu na meranie hmotnosti. Prvý problém, s ktorým sa tu stretávame, spočíva v tom, že fyzikálny zmysel tejto rovnice je úplnou záhadou. Druhý problém spočíva v tom, že celá myšlienka redukcie systému fundamentálnych veličín mechaniky na dve (čas a dĺžka) má *ad hoc* charakter. Aby sme G mohli považovať za bezrozmernú konštantu, musíme najprv vybudovať teóriu klasickej mechaniky, nakoľko táto konštanta získava svoj zmysel len v procese odvodenia gravitačného zákona. Ale táto výstavba a toto odvodenie sa uskutočňuje od samého počiatku za predpokladu, že nielen čas a dĺžka, ale aj hmotnosť je fundamentálnou (neodvedenou) veličinou. Preto aj myšlienka považovať konštantu G za bezrozmernú je, po tretie, úplne deštruktívna z hľadiska výstavby teórie, akou je klasická mechanika. Ak raz začneme výstavbu nejakej vedeckej teórie z určitej množiny *zjavných veličín* (veličín na úrovni javov) za predpokladu, že sú vzájomne nezávislé, potom nemôžeme na určitom stupni tejto výstavby (skôr, ako ich prevedieme na ich spoločnú príčinu) vyhlásiť, že niektoré z týchto veličín sa dajú odvodiť zo zvyšných veličín tejto množiny bez toho, aby sme deštruovali *kognitívno-logickú koherentnosť tejto výstavby*.

Podobnú námietku je možné vzniesť aj proti Ellisovým príkladom, ktoré mali podporiť jeho konvencionalistické stanovisko zo 60. rokov.

2. Konvencionalizmus a ad hoc stratégie. Ako sme už ukázali v štúdii [20], Ellis tvrdí, že existencia síl vyplýva z (*is entailed by*) existencie účinkov a vyplýva z nej aj (*entails*) existencia účinkov, ktoré má produkovať ([9], 31). Z toho robí záver, že sily sú „veľmi zvláštne vedecké entity. Nie sú ako ostatné vedecké entity, ako napríklad atómy a gény, keďže existencia atómov a génov nevyplýva z existencie účinkov, ktoré majú produkovať. Navyše, sily sú odlišné od obyčajných príčin, nakoľko príčiny a účinky sú vždy logicky nezávislé. Nemalo by nás preto prekvapiť, ak by sme zistili, že sily sú vo vede logicky nadbytočné entity.“ ([7], 187)

Aby dokázal, že sily sú skutočne nadbytočné entity vo fyzike, volí nasledujúci stratégiu ([7], 185; [9], 46 – 50). Pojem sily sa podľa Ellisa zavádza do mechaniky s cieľom pochopiť buď *pretrvávajúceho systému v neprirodzenom stave*, alebo *zmeny stavu systému neprirodzeným spôsobom*. Systém sa pritom považuje za pretrvávajúci v neprirodzenom stave, ak si tento stav vyžaduje kauzálne vysvetlenie, a považuje sa za meniaci sa neprirodzeným spôsobom, ak si jeho zmena takisto vyžaduje kauzálne vysvetlenie. Z tohto robí Ellis záver, že vo fyzike tvrdíme, že sily existujú, keďže *my sme si zvolili chápať určité stavy či zmeny stavu ako neprirodzené*. Avšak, tvrdí Ellis,

pretože neexistujú objektívne kritériá na rozlíšenie prirodzených a neprirodzených stavov či zmien stavov, sily majú konvenčnú existenciu. Aby dokázal túto konvenčnosť, konštruuje Ellis svoj vlastný systém dynamiky, tzv. E-systém, založený na princípe prirodzeného stavu či prirodzenej zmene stavu, ktorý je odlišný od princípu použitého v newtonovskej dynamike (tzv. N-systém), a kde E-systém má byť *nezávislou* alternatívou N-systému.

Konštrukcia E-systému začína použitím gravitačného zákona pre telesá A a B , kde platí $f = Gm_A m_B / r^2$. f tu označuje silu príťažlivosti, r označuje vzdialenosť medzi týmito telesami. Z tohto zákona a Newtonovho druhého dynamického zákona pre tieto telesá $f = m_A a_A$ a $f = m_B a_B$, je ich absolútne zrýchlenie dané vzťahmi $a_A = Gm_B / r^2$ a $a_B = Gm_A / r^2$. Potom výraz

$$a_A + a_B = G(m_A + m_B) / r^2 \quad /1/$$

vyjadruje relatívne zrýchlenie telesa A vo vzťahu k telesu B a naopak. Ellis používa vzťah /1/ ako východisko pre prvý zákon svojho E-systému: Prirodzená zmena nejakého fyzikálneho systému je taká zmena, ktorá je v zhode s /1/. Tento zákon preto znie nasledovne: „Každé teleso má zložku relatívneho zrýchlenia vzhľadom na každé iné teleso vo vesmíre úmerne súčtu ich hmotností a nepriamo úmerne štvorcu ich vzájomnej vzdialenosti, *pokiaľ na ne nepôsobí nejaká sila*.“ ([9], 49)

Druhý a tretí zákon E-systému je identický vo formulácii, ale nie v aplikácii, s druhým a tretím dynamickým zákonom N-systému. Ako „zrýchlenie“ tu treba totiž chápať „zrýchlenie vzhľadom na prirodzený zrýchlený pohyb“, a nie ako „zrýchlenie vzhľadom na prirodzený nezrýchlený pohyb“. Podľa Ellisa sa tak súčasne zbavíme aj pojmu sily, keďže zákony E-systému „nám umožňujú priamo kalkulovať veľkosti vysvetľovaných účinkov z veľkostí tých ostatných kvantít, ktorých miery sa používajú na určenie veľkostí síl a ktoré, ako tvrdíme, spolu produkujú tieto účinky“ ([12], 13).

Proti Ellisovemu prístupu k pojmu sily je možné sformulovať nasledujúce tri námietky. Po prvé, i keď Ellis tvrdí, že E-systém je nezávislou alternatívou N-systému, opak je pravdou. Aby sme mohli vôbec *odvodiť* prvý zákon E-systému, potrebujeme N-systém (zákon gravitácie a druhý dynamický zákon). N-systém je ale potrebný nielen na odvodenie E-systému, ale aj ako *permanentné pozadie* na pochopenie E-systému. Zmysel výrazu „zrýchlenie vzhľadom na prirodzené zrýchlenie“ je totiž spoluurčený zmyslom výrazu „prirodzené zrýchlenie“, ktorý má svoj pôvod v N-systéme. Ellisov E-systém preto nie je nezávislou alternatívou N-systému. *Aby takou bol, musel by sa konštruovať od samého počiatku nezávisle od N-systému.*

Po druhé, keďže si E-systém vyžaduje N-systém, predstavuje prvý z nich niečo ako „nastavbu“ a druhý z nich niečo ako jeho „bazálnu“ štruktúru. Ale táto „nastavba“ jednoznačne protirečí svojej vlastnej báze. Vychádzame totiž najprv z predpokladu, že zrýchlený pohyb, $a = dv/dt$ (a označuje zrýchlenie, v rýchlosť, t čas) je neprirodzený (zapríčinený) typ pohybu. Potom formulujeme tri dynamické zákony spolu s gravitačným zákonom – a zrazu zmeníme náš pojmový systém

a tvrdíme, že len zrýchlenie $a' = da/dt$ si vzhľadom na zrýchlenie a vyžaduje kauzálne vysvetlenie. Inak vyjadrené: nakoľko prvý zákon E-systému explicitne závisí od gravitačného zákona z N-systému, kde tento zase závisí od druhého dynamického zákona $f = ma$, ale druhý dynamický zákon E-systému má mať podobu $f = mda/dt$, E-systém nielenže vychádza z N-systému, ale mu aj explicitne protirečí.

Po tretie, v pozadí Ellisovej snahy zbaviť sa pojmu sily je skutočnosť, že nepochopil logiku poznania príčin. Jeho tvrdenie, že príčiny a účinky sú logicky nezávislé existencie, ukazuje, že si neuvedomil, ako sme ukázali v štúdiu [20], že v logike poznania príčin existuje stupeň, kde sa kvantitatívne určenie príčiny spoznáva prostredníctvom kvantitatívnych určení jej účinkov. Toto bolo presne vyjadrené W. Whewellom v II. axióme (*Príčiny sú merané ich účinkami*) nasledovne: „[k]aždý účinok... implikuje (*implies*) nejakú príčinu... a existencia príčiny je poznaná (*known*) len prostredníctvom účinkov, ktoré produkuje. Preto intenzita alebo veľkosť (*magnitude*) účinku nemôže byť poznaná iným spôsobom ako prostredníctvom týchto účinkov a ak musíme priradiť (*assign*) mieru príčine, musíme ju vziať z produkovaných účinkov.“ ([2], 81)

Na rozdiel od Whewella však tvrdíme, ako sme sa pokúsili ukázať v štúdiu [20], že tento spôsob poznania príčiny nepredstavuje *ultimo ratio* jej teoretického uchopenia.

3. Tri podoby miery a teória merania. Zjednotením rekonštrukcie troch podob miery v našej štúdiu [20] s rekonštrukciou typov merania v tejto štúdiu môžeme zaviesť nasledujúcu typológiu a hierarchizáciu typov meraní.

Po prvé, existuje tzv. *priame meranie* tých veličín, ktoré sú chápané príslušnou špeciálnou vedou ako fundamentálne (napríklad dĺžka v klasickej mechanike).

Po druhé, existuje *nepriame meranie* tých veličín, ktoré sú chápané príslušnou špeciálnou vedou ako fundamentálne, ale ktoré sú v jej rámci merateľné len nepriamo. Nasledujú Ellisovu terminológiu ho nazývame *asociatívnym meraním*. Na rozdiel od Ellisa ale nepovažujeme vedecké zákony vyjadrujúce vzťah fundamentálnej, nepriamo merateľnej veličiny k jej asociovaným veličinám, ktorých veľkosť nám umožňuje ju merať, za konvenciu, ale za formu objektívneho poznania. Toto poznanie nám umožňuje prejsť od teórie, ktorá je bázou tejto špeciálnej vedy, k jej ostatným teóriám. Ako sme už ukázali, určenie veľkosti elektrického náboja pomocou torznej váhy alebo určenie veľkosti elektrického prúdu pomocou prúdovej váhy nám umožňuje prejsť od mechaniky k teórii elektromagnetizmu. Podobne určenie teploty prostredníctvom mechanických veličín (napríklad objemu) nám umožňuje prejsť od mechaniky k termodynamickej teórii.

Tieto dva typy merania predstavujú podľa nášho názoru dva spôsoby merania fundamentálnych, zjavných veličín, t. j. veličín na úrovni javov, a to tak, že druhý typ merania vyrastá z prvého typu merania.

Tretí typ merania, nazvaný Ellisom *odvodené meranie*, predstavuje nepriamy spôsob merania veličiny charakterizujúcej príčinu (podstatu, základ) prostredníctvom veličín, ktoré sú jej účinkami. Tento typ merania umožňuje určiť kvantitatívnu cha-

rakteristiku príčiny a vyrastá z predchádzajúcich dvoch typov merania; jeho príkladom je meranie sily v klasickej mechanike.

Štvrtý typ merania umožňuje určiť mieru veličiny, ktorá charakterizuje príčinu (podstatu, základ), a to prostredníctvom substancie (imanentnej miery), v ktorej má táto príčina svoj pôvod. Tento typ merania nazývame *inherentným (imanentným) meraním*. Je exemplifikovaný Marxovým určením miery hodnoty kvantitou a kvalitou práce v prvom zväzku jeho *Kapitálu*.¹²

Piaty typ merania umožňuje určiť mieru fenomenálnych veličín, pôvodne získanú na úrovni javov priamym a asociatívnym meraním, tým, že sa teraz odvodí ako prejav imanentnej miery príčiny týchto veličín. Vyrastá bezprostredne zo štvrtého typu merania a je exemplifikované Marxovým určením miery peňazí na základe imanentnej miery hodnoty v prvom zväzku *Kapitálu*.

Pri tejto typológii a hierarchii merania treba mať na pamäti, že všetky typy merania sa vždy uskutočňujú na pozadí určitej vedeckej teórie. Preto aj vzájomne si konkurujúce teórie v jednej vedeckej disciplíne môžu mať inak určené zmysly tých istých mien veličín, a to tak, že tieto sú v jednej teórii určené ešte len konštrukciou ich škály bez vedeckého zákona, zatiaľ čo v druhej teórii sú už odvodené prostredníctvom vedeckých zákonov, pomocou ktorých sa tiež definujú škály na meranie týchto veličín. Spôsoby merania *zdanlivo* tých istých veličín sa preto môžu vzájomne odlišovať v alternatívnych teóriách jednej vednej disciplíny.¹³

Prvé tri typy merania z uvedenej typológie sú dostatočne charakterizované v prácach B. Ellisa, ak ich spojíme s našou kritikou v tejto štúdii, ako aj v štúdii [20]. Keďže Ellis nerekonštruuje štvrtý a piaty typ merania, z dôvodov, ktoré uvedieme na konci tejto štúdie, je nutné ich stručne charakterizovať.

V štvrtom type merania nadväzuje meranie veličiny príčiny (t. j. určenie jej miery prostredníctvom miery jej substancie, v ktorej má svoj pôvod) v logike poznania na jednej strane na predchádzajúce typy merania. Na druhej strane ale, keďže mieru príčiny necharakterizuje mierou jej (vonkajších) účinkov, ale prostredníctvom miery jej vlastnej substancie, stáva sa tento typ merania určitým spôsobom už nezávislým od predchádzajúcich troch typov merania. Preto aj veličina charakterizujúca príčinu (podstatu, základ) už nie je odvodenou, ale fundamentálnou veličinou. Rozmer tejto veličiny už nie je daný prostredníctvom rozmerovej formuly a jednotka merania, v ktorej je vyjadrená, je základnou jednotkou. Napríklad v prípade Marxovho zákona hodnoty je miera hodnoty (jej kvantita a kvalita) vyjadrená prostredníctvom trvania práce, z ktorej vzniká, takže (základným) rozmerom Marxovho zákona hodnoty je *čas trvania práce*. V prípade jeho zákona nadhodnoty je miera nadhodnoty vyjadrená trvaním nadpráce, v ktorej má svoj pôvod, preto rozmerom Marxovho zákona nadhodnoty je *čas trvania nadpráce*.

¹² Špeciálno-vednou prácou, ktorá je založená na tomto type merania, je napríklad [28].

¹³ Z tohto pohľadu by bolo zaujímavé skúmať typológiu merania veličín, ktorých mená vystupujú v konkurujúcich si teóriách, napríklad v psychológii.

Nasledujúce je možné povedať o piatom type merania. Povaha merania tých veličín, ktoré charakterizujú prejavy príčiny, je určená spôsobom, akým sa tieto veličiny odvodzujú z veličiny charakterizujúcej príčinu. Ako sme ukázali v štúdiu [22], jedným z kľúčových aspektov tohto odvodenia je jeho *substanciálno-monistický* charakter. Tak napríklad, keďže v Marxovom rukopise [26] sú všetky prejavy (nad)hodnoty len kvantitatívnu metamorfózou (nad)hodnoty, pre *Kapitál* ako celok platí, že je vyjadrený len v jednom rozmere: *čas trvania (nad)práce*. Vo všeobecnosti môžeme povedať, že *ak je nejaká teória budovaná substanciálno-monistickým spôsobom, potom je vyjadrená prostredníctvom jedného jediného rozmeru*. V protiklade k tomu teória, ktorá je založená len na prvých troch z uvedených typov merania, t. j. ktorá nie je budovaná substanciálno-monistickým spôsobom, je vyjadrená prostredníctvom *viacerých nezávislých rozmerov charakterizujúcich fundamentálne, zjavné veličiny, ako aj prostredníctvom ich kombinácie v rozmerových formulách pre odvodené veličiny*.

4. Záver. Všetky naše štúdie o meraní vychádzali z Hegela a v niektorých ohľadoch aj z Marxa, teda z koncepcií, ktoré sa dnes nepovažujú pri filozoficko-metodologickom skúmaní špeciálnych vied za vhodné.¹⁴ Ale dokonca aj s týmto „pochybným“ filozofickým zázemím sme zrekonštruovali päť typov merania, zatiaľ čo Ellis len tri typy.¹⁵ Prečo taký deficit na Ellisovej strane? Možná odpoveď podľa nášho názoru znie takto: Ellis sa v 60. rokoch pohyboval v rámci filozofickej tradície („zmes“ humovskej filozofie¹⁶ a konvencionalizmu), ktorá úplne ignorovala Hegelov prínos ku skúmaniu logiky merania.¹⁷ Tento prínos je podľa nášho názoru minimálne dvojaký. Po prvé, Hegel zaviedol pojem miery ako kategóriu vedeckého poznania, ktorú charakterizoval ako zjednotenie poznania kvality a kvantity na vyššom stupni, t. j. kategória miery predstavuje vyvinutejší stupeň poznania ako stupeň charakterizovaný len kategóriou kvality alebo len kategóriou kvantity. Po druhé, Hegel chápal vedecké zákony ako spôsoby poznania miery ([24], 379). Tento druhý aspekt je kľúčový pre teóriu merania, nakoľko z piatich typov merania v našej typológii sú štyri bezprostredne spojené s vedeckým zákonom. Ellis v protiklade k Hegelovi nikdy nedospel k rekonštrukcii typu poznania, kde vstupuje už kategória miery chápaná ako vyššia jednota (syntéza) poznania kvality a kvantity. Namiesto toho chápal mieru len ako konkrétnu hodnotu veličiny a súčasne zostal stáť pri rekonštrukcii typu poznania, ktorý je charakterizovaný dichotomickým protipostavením kvantity a kvality.

Keďže tento stupeň je v porovnaní so stupňom, kde už vystupuje kategória

¹⁴ Pozri o tom napríklad [29] a našu reakciu v [23].

¹⁵ Treba tu mať na pamäti, že Ellis už v prípade odvodeného merania síl zápasil s pre neho neriešiteľným problémom, že v newtonovskej mechanike existencia sily vyplýva z existencie jej účinkov a súčasne z jej existencie vyplývajú tieto účinky.

¹⁶ Samotný Ellis spätne hodnotí svoju štúdiu [9] ako humovské vysvetlenie síl a príčin ([13], 52).

¹⁷ Ellis v [11] tvrdil, že prvé seriózne skúmanie logiky merania uskutočnil až H. von Helmholtz v [25].

miery, nižším, menej vyvinutým stupňom poznania, filozof, ktorý uspeje len v rekonštrukcii prvého z nich, nutne rekonštruje chudobnejšiu typológiu merania v porovnaní s filozofom, ktorý uspeje aj v rekonštrukcii druhého.

LITERATÚRA

- [1] BERKA, K.: *Měření*. Praha, Akademie 1977.
- [2] BUTTS, R. (ed.): *William Whewell's Theory of Scientific Method*. Pittsburgh, Pittsburgh University Press 1958.
- [3] CAWS, P.: „The Law of Quality and Quantity, or What Numbers Can and Can't Describe.“ In: Glassner, B. – Moreno, J. (eds.): *The Qualitative–Quantitative Distinction in the Social Sciences*. Dordrecht, Kluwer 1989, s. 13 – 28.
- [4] ELLIS, B.: „Some Fundamental Problems of Direct Measurement.“ In: *Australasian Journal of Philosophy* 38, 1960, s. 37 – 47.
- [5] ELLIS, B.: „Some Fundamental Problems of Indirect Measurement.“ In: *Australasian Journal of Philosophy* 39, 1961, s. 13 – 29.
- [6] ELLIS, B.: „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 1963, s. 371 – 392.
- [7] ELLIS, B.: „Universal and Differential Forces.“ In: *The British Journal for the Philosophy of Science* 14, 1963, s. 177 – 194.
- [8] ELLIS, B.: „On the Nature of Dimension.“ In: *Philosophy of Science* 31, 1964, 357 – 380.
- [9] ELLIS, B.: „The Origin and Nature of Newton's Laws of Motion.“ In: Colodny, R. G. (ed.): *Beyond the Edge of Certainty*. Englewood Cliffs, Prentice Hall 1965, s. 29 – 68.
- [10] ELLIS, B.: *Basic Concepts of Measurement*. Cambridge, Cambridge University Press 1966.
- [11] ELLIS, B.: „Measurement.“ In: Edwards, P. (ed.): *Encyclopedia of Philosophy*, Vol. 5. New York, Macmillan 1967, s. 241 – 250.
- [12] ELLIS, B.: „The Existence of Forces.“ In: *Studies in the History and Philosophy of Science* 7, 1976, s. 171 – 185.
- [13] ELLIS, B.: „What Science Aims to Do.“ In: Churchland, P. – Hooker, C. (eds.): *Images of Science*. Chicago, Chicago University Press 1985, s. 48 – 74.
- [14] ELLIS, B.: „Comments on Forge and Swoyer.“ In: Forge, J. (ed.): *Measurement, Realism and Objectivity*. Dordrecht, Reidel 1987, s. 319 – 325.
- [15] ELLIS, B.: „The Ontology of Scientific Realism.“ In: Pettit, P. (ed.): *Mind, Morality and Metaphysics*. Oxford, Basil Blackwell 1987, s. 50 – 70.
- [16] ELLIS, B. – BIGELOW, J. – PARGETTER, R.: „Forces.“ In: *Philosophy of Science* 55, 1988, s. 614 – 630.
- [17] ELLIS, B.: „Conventionalism in Measurement Theory.“ In: Savage, C. W. (ed.): *Philosophical and Foundational Issues in Measurement Theory*. Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates 1992, s. 167 – 180.
- [18] FORGE, J.: „On Ellis' Theory of Quantities.“ In: Forge, J. (ed.): *Measurement, Realism and Objectivity*. Dordrecht, Reidel 1987, s. 291 – 310.
- [19] HANZEL, I. – ČERNÍK, V. – VICENÍK, J.: „What is a Category?“ In: *Metaphilosophy* 25, 1994, s. 181 – 193.

- [20] HANZEL, I.: „Newton a B. Ellis o miere a meraní.“ In: *Organon F VIII*, 2001, s. 252 – 265.
- [21] HANZEL, I.: „Newton, Hegel, Marx a problém miery.“ In: *Organon F X*, 2003, s. 397 – 411.
- [22] HANZEL, I.: „Brian Ellis a Karel Berka o meraní.“ In: *Filozofia* 59, 2004, s. 305 – 317.
- [23] HANZEL, I.: „Možný výklad problému miery.“ In: *Organon F XI*, č. 3, 2004, s. 314 – 318.
- [24] HEGEL, G. W. F.: *Logika ako veda*, zv. I. Bratislava, Nakladateľstvo Pravda 1986.
- [25] HELMHOLTZ, H. von: „Zählen und Messen erkenntnis-theoretisch betrachtet.“ In: *Philosophische Aufsätze Eduard Zeller gewidmet*. Leipzig 1887, s. 17 – 52.
- [26] MARX, K.: *Das Kapital (Ökonomische Manuskripte 1863 – 1865). Drittes Buch*. MEGA II/4.2. Berlin – Amsterdam, Dietz Verlag 1992.
- [27] SEDOV, L. I.: *Methody podobnosti a rozměrovosti v mechanice*. Praha, Státní Nakladatelství Technické Literatury 1955.
- [28] SHAIKH, A. M. – TONAK, A. E.: *Measuring the Wealth of Nations*. Cambridge, Cambridge University Press 1994.
- [29] ŠVIHRAN, J.: „Sporný výklad problému miery.“ In: *Organon F 11*, 2004, s. 63 – 65.

PhDr. Igor Hanzel, CSc.

Katedra logiky a metodológie vied FiF UK

Šafárikovo nám. 6

818 01 Bratislava

SR