

O PÔVODE IDEÁLNYCH OBJEKTOV VO VEDE

LADISLAV KVASZ, Katedra Humanistiky MFF-UK, Bratislava

KVASZ, L.: On the Origins of Ideal Objects in Science.
FILOZOFIA 50, 1995, No 1, p. 18

Idealization is one of basic issues in the epistemology of sciences. According to its standard explanation by means of so called idealization conditions it applies to a strongly limited range of language terms. Contrary to this „local conception“ a „global“ one is developed in the paper, according to which idealization is a constitutive part of the language of science as such, and not only of some of its terms. The idealization of motion is explained in terms of Husserl's analysis of Galileian revolution, which gave birth to the language of physics. The pattern is then applied to the explanation of Pythagorean revolution. Attention is paid to the explanation of how the idealization of shape made the language of mathematics possible.

Problém idealizácie je jedným zo základných problémov epistemológie exaktných vied. Najrozšírenejší prístup k idealizácii je založený na snahe uchopiť ideálne objekty ako určité modifikácie objektov reálnych, modifikácie vznikajúce pridaním takzvaných idealizačných podmienok. Tak napríklad ideálny plyn je niečo ako reálny plyn „obohatený“ o podmienku nulového objemu molekúl.

Zásadný problém pri tomto prístupe však spočíva v tom, že veda si svoje idealizačné podmienky nie vždy uvedomuje. Tak napríklad vďaka teórii relativity vieme, že Newtonova mechanika obsahuje implicitnú idealizačnú podmienku, podľa ktorej sú rýchlosti pohybu omnoho menšie ako rýchlosť svetla (pomer rýchlosti pohybu k rýchlosti svetla v/c je rovný nule). Preto telesá, ktoré Newton považoval za reálne, sú v skutočnosti ideálne, modifikované voči „skutočne reálnym telesám“ podmienkou malých rýchlostí.

Avšak odkiaľ vieme, že v hre nie sú ešte ďalšie implicitné idealizačné podmienky? Preto je problematické usilovať sa uchopiť idealizáciu pomocou idealizačných podmienok. Keď zoberieme implicitnosť idealizačných podmienok vážne a zmierime sa s nemožnosťou ich plnej explikácie, neostáva podľa mňa iné východisko ako pokladať celý jazyk fyziky, teda to, čo fyzici prehlasujú za ideálne objekty, i to, čo označujú prívlastkom reálny, za ideálne objekty. Rozdiel je len v tom, že v prvom prípade si idealizačné podmienky uvedomujú, kým v druhom nie. V tomto článku sa postavím na radikálne stanovisko, podľa ktorého idealizácia konštituuje jazyk vedy ako taký. Celá realita, o ktorej vypovedá fyzika, má povahu ideálnych objektov.

Teda na miesto „lokálneho“ problému idealizácie, ktorý spočíval v úlohe nájsť logický status a funkciu idealizačných podmienok, sme postavili problém globálny, spočívajúci v úlohe pochopiť idealizáciu ako konštitučnú podmienku fungovania jazyka vedy. Je to

úloha omnoho zložitejšia, ale som presvedčený, že iba v tomto globálnom kontexte sa dá idealizácii náležite porozumieť.

Domnievam sa, že najjednoduchší spôsob, ako porozumieť idealizácii, je pozrieť sa na „okamih jej zrodu“, t.j. preskúmať proces, v rámci ktorého sa konštituoval jazyk, ktorý príslušný typ idealizácie používa. Dostávame sa tak k problematike vedeckých revolúcií. Vedeckú revolúciu chápem ako kvalitatívnu zmenu jazyka vedy, ako zmenu pravidiel a noriem, ktoré tento jazyk konštituuju. Medzi základné pravidlá jazyka vedy patria aj pravidlá súvisiace s idealizáciou. Preto mojím cieľom je preskúmať tie vedecké revolúcie, ktoré menia charakter idealizácie.

Tento článok nadväzuje na štúdiu *K pojmu epistemického rámca vedeckej teórie* [5]. V nej som navrhol pri analýze vedeckej teórie odlíšiť jej evidenciálny, pojmový a ideálny rámec. Ukázal som, že na rozdiel od prvých dvoch majú zmeny ideálneho rámca vedeckej teórie konzervatívny a postupný charakter. Preto analýza zmien ideálneho rámca vedeckej teórie je vhodným prostriedkom na porovnávanie rôznych vedeckých revolúcií a môže slúžiť ako východisko ich klasifikácie.

Uskutočniť tento program, t.j. porovnať rôzne vedecké revolúcie a nájsť ich základné typy, je cieľom série článkov, z ktorých v prvom chcem preskúmať vedecké revolúcie spočívajúce v zmene charakteru idealizácie.

Celým textom sa bude tiahnúť porovnávanie vedeckých revolúcií v matematike s revolúciami vo fyzike. Kladenie matematiky vedľa fyziky pomôže oddeliť formu vedeckej revolúcie od jej obsahu, od konkrétneho matematického či fyzikálneho materiálu, v ktorom sa odohrala, a dosiahnuť tak stupeň abstrakcie nevyhnutný pre zamýšľanú klasifikáciu.

Hovoriť o vedeckej revolúcii v súvislosti s matematikou sa môže zdať neobvyklé. V súčasnosti je všeobecne prijatý názor, že matematika nie je vedou v zmysle anglického science, nevypovedá o realite. Matematika sa považuje za jazyk vedy, za arzenál jej prostriedkov. Za príklad skutočnej vedy sa považuje fyzika. Keby bol svet iný, mali by sme inú fyziku. Naproti tomu matematiky by sa táto zmena nedotkla. Nech je svet akýkoľvek, tvrdenia matematiky sú nemenné, platia nezávisle od stavu vecí.

Domnievam sa, že tento názor nezachytáva podstatu rozdielu medzi matematikou a fyzikou, ale je len dôsledkom rôzneho veku týchto disciplín. V prípade matematiky máme do činenia s náukou, ktorá prešla zhruba 2500-ročným vývinom, kým fyzika nemá ani 400 rokov. Preto uvedomenie si predpokladov vlastných tvrdení, a tým aj sprostredkovanosti vzťahu svojich výpovedí k realite, ktoré matematika už dosiahla, na fyziku len čaká. Keď sa pozrieme na matematiku v období, keď mala len 400 rokov, t.j. na matematiku raného helenizmu, nachádzame tu rovnako silné aspirácie na hovorenie o „pravej skutočnosti“. Stačí si spomenúť na platonizmus či pytagoreizmus. Je možné, že o nejakých dvetisíc rokoch, keď bude fyzika taká stará, ako je matematika dnes, jej tvrdenia tiež nadobudnú tautologický charakter.

Preto rozdiel medzi matematikou a fyzikou budeme interpretovať nie z hľadiska toho, o čom tieto vedy sú, ale ako o svojom predmete hovoria. Budeme sa snažiť ukázať, že tento rozdiel spočíva v charaktere ideálnych objektov, ktoré pri opise javov používajú.

Toto poňatie je inšpirované Husserlovým výkladom Galileiho v [4]. Na začiatku

knihy sa Husserl venuje podrobnému rozboru úlohy, ktorú zohrala matematika pri zrode modernej fyziky. Domnievam sa, že originálnou a prenikavou analýzou povahy merania sa mu podarilo nájsť cestu k porozumeniu povahy fyziky a exaktných vied vôbec. Husserl sa však po tejto ceste nevydal. Postava Galileiho ho zaujímala iba do tej miery, aby na nej ukázal počiatok procesu vedúceho ku kríze vied. Keď to urobil, pozitívne vedy opustil.

V tejto stati sa vydáme po Husserlom odkrytej ceste a po adaptácii jeho výkladu Galileiho sa pokúsime o analogický výklad Pytagora. Porovnanie týchto dvoch postáv, ktoré zohrali kľúčovú úlohu pri zrode fyziky, resp. matematiky, nám umožní opísať prvý zo štyroch typov vedeckých revolúcií, ktorý označíme termínom **ideácia**.

1. Galileovská revolúcia

a) Matematizácia prírody ako programové prehlásenie. E. Husserl v práci *Kríza európskych vied a transcendentálna fenomenológia* ([4], 43-49) opisuje hlavný prínos Galileiho do európskej vedy ako matematizáciu prírody, ako premenu sveta kvalitatívnych fenoménov na svet matematických veličín.

Aristoteles vo svojej filozofii oddelil svet nebeských telies od sveta pozemského (sublunárneho). Svet nebeských telies charakterizoval ako svet nemenných, so sebou stále totožných objektov. Preto ho považoval za matematizovateľný a príkladom takejto matematizácie je Ptolemaiova sústava. Naproti tomu sublunárny svet, pre ktorý sú charakteristické neustále zmeny, vznikanie a zanikanie, umožňuje podľa Aristotela iba približný, kvalitatívny opis a matematizácii sa vymyká.

Voči aristotelizmu vystupuje Galilei s koncepciou matematizácie prírody. Podľa nej má každý prírodný jav povahu matematických idealít. U niektorých javov ako dĺžka alebo tvar sme schopní priamo nahliadnuť ideálne matematické objekty, ktoré tvoria ich podstatu. U iných javov ako teplo, tlak alebo pohyb žiadny ideálny objekt bezprostredne nevidíme. To ale nie je podstatné. Galilei je presvedčený, že aj tieto javy, ktoré by Aristotela ani vo sne nenapadlo matematizovať, majú ideálnu podstatu. Rozdiel je len v tom, že ich ideálna podstata je skrytá priamemu nazeraniu a leží niekde v hĺbke, pod zjavným povrchom javu.

Galilei tak matematickému opisu prikladá univerzálnu platnosť. Mení svet na matematické univerzum. Každý jav má ideálnu podstatu, kniha prírody je napísaná jazykom matematiky.

b) Experiment ako prostriedok realizácie programového prehlásenia. Príkladom javu, ktorého ideálna podstata je bezprostrednému pozorovaniu skrytá, je voľný pád. Keď pustíme kameň, nie sme schopní nahliadnuť, ako vlastne padá. Tak, ako je nám voľný pád daný v bezprostrednom názore, je príliš neurčitý, než aby sme ho mohli považovať za niečo ideálne a dokonalé. Podľa programového prehlásenia však aj za zjavným povrchom voľného pádu sú skryté ideálne matematické objekty, ktoré ho určujú absolútne presne. Ide len o to, ako k nim preniknúť.

Prírodné javy sú príliš komplexné, preto treba vytvoriť zjednodušené situácie,

v ktorých sa jav odkryje v čistej podobe a v ktorých sa vyjaví jeho ideálna podstata. Vytvorenie takejto situácie vyžaduje invenciu – a Galileiho uchopenie voľného pádu je prekrásnym príkladom takejto invencie.

Pre Aristotela boli voľný pád a vodorovný pohyb kvalitatívne odlišné. Voľný pád bol prirodzeným pohybom, lebo teleso sa pohybovalo na svoje prirodzené miesto. Naproti tomu vodorovný pohyb bol pohybom neprirodzeným, vyžadujúcim vonkajšieho hýbateľa. Galileiho ideou bolo pozrieť sa na tieto dva pohyby z hľadiska naklonenej roviny. Voľný pád je vlastne pohybom po totálne naklonenej (zvislej) rovine, kým vodorovný pohyb je pohybom po rovine, ktorej sklon je nulový. Postupným nakláňaním podložky možno teda od voľného pádu prejsť k pohybu vodorovnému a späť. Takto Galileiho predstavivosť dokázala spojiť javy, ktoré zdanlivo nesúvisia.

Toto spojenie má značné technické výhody, lebo pohyb po mierne naklonenej rovine prebieha pomerne pomaly a je tak prístupný pozorovaniu. Keď si na naklonenú rovinu (ktorú natrieme olejom, aby sme zamedzili treniu) nakreslíme vodorovné čiary s konštantným odstupom a začneme po nej spúšťať malé hranolčeky, môžeme zaznamenávať, kde sa nachádza hranolček po prvej, druhej, tretej, .. sekunde.

Galilei ešte nemal k dispozícii hodinky – meral čas pomocou svojho tepu. Za predpokladu konštantnej miery vzrušenia počas experimentu je to pomerne spoľahlivý spôsob merania času. To, čo zistil, bola prekrásna zákonitosť. Dĺžka dráhy hranolčeka narastá s druhou mocninou času. Za prvý tep dosiahol hranolček prvú, za druhý tep štvrtú, za tretí tep deviatu čiaru. Keď rovinu viacej nakloní, pohyb sa zrýchli, avšak základný zákon – dráha úmerná štvorcu času – ostane zachovaný. Preto je možné usúdiť, že aj pri zvislej polohe podložky bude dráha stále úmerná štvorcu času, aj keď nemáme možnosť to priamo pozorovať. Experiment teda vytvorením umelej situácie, v ktorej je ideálna podstata javu prístupná priamemu pozorovaniu, vrhá svetlo na situácie, v ktorých je ideálna podstata javu skrytá. Pohyb po naklonenej rovine umožňuje odhaliť zákon voľného pádu.

Takto prichádzame k pojmu **experimentu** ako invenčnému odkrývaniu ideálnej podstaty javov. Experiment je založený na nahliadnutí určitej súvislosti, ktorá umožní vytvoriť umelú situáciu, (pohyb po naklonenej rovine), v rámci ktorej sa vyjaví ideálna podstata skúmaného javu (voľného pádu).

c) Meranie ako štandardizácia experimentu. V predošlej časti sme ukázali, že experiment vytvára prístup k ideálnej podstate javov. Často tým jeho úloha končí. Napríklad v prípade Galileiho experimentu s naklonenou rovinou Galilei zistil, že dráha narastá s druhou mocninou času. Po zistení tejto skutočnosti mohol svoju dosku, ktorá mu slúžila ako naklonená rovina, zabaliť a odovzdať niektorému múzeu.

Naproti tomu keď Toricelli pri experimentálnom (t.j. za pomoci umelých situácií) skúmaní „hororu vacui“ vytvoril v sklenenej trubici nad ortuťovým stĺpcom vákuum (čím dokázal možnosť existencie prázdneho priestoru, ktorú Aristoteles tak vehementne popieral) a otvoril tým nový pohľad na povahu tlaku, príbeh sa tým neskončil. Totiž jav, k ideálnej podstate ktorého takto prenikol, menovite atmosferický tlak, nám nie je inak prístupný. Preto sa zo zatavenej trubice vyrobil barometer, merací prístroj, ktorý vytvára štandardný prístup k fenoménu atmosferického tlaku.

Meranie je teda štandardizáciou experimentu. Preto ak chceme pochopiť, čo je meranie, nesmieme zabúdať, čím je experiment – vyjavením **ideálnej podstaty** javu pomocou **umelej situácie**. Meranie je založené na tom, že umelú situáciu, t.j. predmety, vzťahy a postupy, ktoré ju konštituuju, postupne štandardizujeme. Napríklad v prípade barometra zafixujeme rozmery trubice, čistotu ortute, číselnú stupnicu, ktorú k trubici pripevníme, ako aj tepelné rozmedzie, v ktorom možno prístroj použiť. Tým sa zabezpečuje reprodukovateľnosť, a teda intersubjektívna merania.

Preto aj keď ideálna podstata javov ako pohyb, teplota či tlak nám nie je prístupná bezprostredne, ale vždy iba v rámci určitej umelej experimentálnej situácie, prostredníctvom štandardizácie môžeme situačnú podmienenosť týchto ideálov minimalizovať. Takto je merací prístroj vlastne nástrojom na uskutočnenie programu matematizácie prírody. Galilei si to plne uvedomuje, keď hovorí: „Meraj, čo je merateľné, a **sprav merateľným**, čo merateľné nie je“.

d) Ideácia pohybu ako fixácia jeho ideálnej podstaty, ktorá sa vyjavila pri experimente. Zaujímavou je aj druhá krajná poloha Galileovho experimentu – prípad vodorovnej dosky. Predstavme si, že sa doska zvažuje zľava doprava a že po nej spúšťame hranolček v tom istom smere, t.j. zľava doprava. Pohyb hranolčeka sa bude zrýchľovať. Keď budeme postupne zmierňovať sklon podložky, až cez vodorovnú polohu dosiahneme opačný sklon, pričom hranolček sa po doske stále kľže zľava doprava, zistíme, že pri pohybe nahor sa jeho pohyb začne spomaľovať. Pohyb „z kopca“ je zrýchlený, kým pohyb „do kopca“ je spomalený. Vodorovný pohyb by preto nemal byť ani zrýchlený, ani spomalený. Takto Galilei prišiel k svojmu objavu princípu zotrvačnosti.

Pre Aristotela musel mať každý pozemský pohyb svojho hýbateľa, príčinu, ktorá ho vyvoláva. Základná Aristotelova percepcia bola teda percepciou pokoja a pohyb sa ponímal ako jeho narušenie, ako vybočenie z pokoja v dôsledku nejakej príčiny.

Galilei prichádza s novým princípom, s princípom zotrvačnosti. Podľa neho keby na teleso umiestnené na dokonale hladkej vodorovnej ploche nepôsobila žiadna sila, teleso by zotrvalo v rovnomernom pohybe neobmedzene dlho. To je čosi celkom iné než u Aristotela. Už nie pohyb, ale len zmeny pohybu si vyžadujú vysvetlenie. Netreba vysvetliť, prečo sa teleso hýbe, ale prečo zastane. Nepotrebujeme teda teóriu hýbateľa, ale teóriu „zastavovateľa“ (t.j. teóriu trenia). Pohyb sa tu vníma ako akési ideálne samovoľné plynutie. Pohyb plynie dokonale, pravidelne, rovnomerne.

Galilei vyslovením princípu zotrvačnosti radikálne mení pojem pohybu. Pohyb sa postupne stáva niečím ideálnym. Gréci si nedokázali predstaviť, že by niečo bolo ideálne, a pritom premenlivé. Preto Aristoteles popieral možnosť matematického opisu sublunárneho sveta. Galilei si také niečo dokázal predstaviť. Voľný pád je niečo ideálne, popisateľné matematickým vzťahom $s = 1/2 \cdot g t^2$, a pritom je to pohyb, t.j. čosi premenlivé.

Možno povedať, že popri matematických idealitách sa tu rodia ideality nového druhu – kauzálne determinované ideálne procesy (spočiatku mechanické, neskôr termodynamické, elektrodynamické,...). Aby som vysvetlil, v čom spočíva rozdiel medzi týmito dvoma druhmi ideálnych objektov, porovnajme výklad pohybu planét u Keplera a Newtona.

Kepler bol nástupcom Tycha de Brahe vo funkcii dvorného astronóma na dvore

Rudolfa II. Po svojom predchodcovi zdedil tabuľky obsahujúce v tej dobe najpresnejšie pozorovania polôh planét. Ako platonik veril, že za neprehľadným súborom čísel sa skrýva jednoduchá zákonitosť. Pustil sa do práce a začal bod po bode vynášať na papier polohy Merkúra. (Pozorovania sa robili zo Zeme, preto bolo treba odrátať od zdanlivého pohybu Merkúra časť spôsobenú pohybom Zeme, a vyniesť na papier pohyb Merkúra voči Slnku.) Spočiatku si myslel, že dostane peknú kružnicu, avšak postupne boli odchýlky od kruhovej dráhy stále zrejmejšie. Napokon Kepler dospel k záveru, že dráha nemá tvar kružnice, ale elipsy.

Tento Keplerov objav je bezpochyby významný a Newton ho aj nálezite oceňoval. Uvedomoval si však, že Kepler mal veľké šťastie. Tabuľky Tycha de Brahe boli dosť presné na to, aby odlíšili kružnicu od elipsy, ale zároveň boli dosť nepresné, aby sa v nich neprejavil vplyv Jupitera a ostatných planét na dráhu Merkúra. Len preto mohol Kepler s dobrým svedomím tvrdiť, že Merkúr sa pohybuje po elipse.

V skutočnosti dráha Merkúra nemá tvar elipsy. Ona totiž vôbec nemá tvar. Čím presnejšie by sme ju vynášali, tým zložitejšie efekty by sa nám ukázali a tým väčšie odchýlky od elipsy, ale rovnako aj od ľubovoľného vopred zadaného tvaru, by sme našli. Príroda nie je zákonitá tým spôsobom, že by v nej existovali určité nemenné formy alebo pomery. Dráha Merkúra nie je zákonitá v tom, aký má tvar, ale v tom, ako vzniká. Zákonitý nie je tvar trajektórie, ale spôsob, ako je trajektória generovaná. Samozrejme, za určitých zjednodušujúcich predpokladov bude mať trajektória tvar elipsy. Ale to je iba priblíženie ku skutočnosti, nie skutočnosť sama. Za javmi treba hľadať nie nemenné formy, ale dynamické zákony. Svet nie je zákonitý „v tvare“, ale „v čase“.

Proces zrodu idealít nového druhu nazývam procesom ideácie. Tvorí jadro vedeckej revolúcie, ktorá od neho dostala svoje meno. Predstavuje úspešné završenie programového vyhlásenia matematizácie prírody, aj keď prekračuje medze pôvodných Galileiho predstáv. Ukázalo sa, že kniha prírody je síce napísaná jazykom matematiky, avšak je to jazyk veľmi odlišný od matematiky Galileiho čias. Bolo treba vytvoriť úplne novú matematiku, diferenciálny a integrálny počet a predovšetkým teóriu diferenciálnych rovníc, aby sme v tejto knihe mohli čítať. Pomocou trojuholníkov a kružníc, ktoré nám odporúčal Galilei, by sme toho veľa neprečítali.

Nové ideality sa rodia v prostredí starého ideálneho rámca. Istú dobu takto existoval zaujímavý konglomerát nových idealít zabudovaných do starého ideálneho rámca. Samotný Galilei napríklad za zotrvačný pohyb považoval pohyb kruhový. Neobmedzene dlho trvajúci priamočiary pohyb bol podľa neho nemožný, lebo jeho svet bol ešte uzavretým, konečným svetom ([6], 197). To jasne ukazuje, že Galilei, aj keď bol iniciátorom opisovanej revolúcie, sa vo svojom programe matematizácie prírody opieral o starý ideálny rámec matematických idealít. Nový rámec dynamických idealít v plnej miere používal až Newton. Teda Galilei a Kepler pracujú ešte v prvom, Newton už v druhom ideálnom rámci. To znamená, že ideácia je postupný a dlhodobý proces, ktorý sa odohral v rozmedzí od Galileiho po Newtona. Galilei ideáciu pohybu vyslovením princípu zotrvačnosti odštartoval a Newton ju svojím pohybovým zákonom završil.

e) Karteziánsky dualizmus ako výsledok ontologizácie dynamických idealít.

Karteziánsky dualizmus možno považovať za ontologizáciu nového ideálneho rámca, ktorý vznikol v priebehu galileovskej revolúcie. Husserl píše: „*Ve spojitosti s matematizací, jež se velmi rychle stala samozřejmostí, vynořuje se jako konsekvence v sobě uzavřená přírodní kauzalita, v níž je veškeré dění jednoznačně a předem determinováno. Tím je ovšem připravena cesta i dualismu, který se brzy objeví u Descartesa*“ ([4], 81).

Rozdelenie sveta na kauzálne uzavreté fyzikálne univerzum (“objektívna realita”) a sféru subjektívneho je teda dôsledkom Galileiho matematizácie prírody. Novovytvorený formálny rámec sa tak dostáva do rovnováhy. Zrieka sa univerzálnych aspirácií – je mu priradená sféra platnosti.

2. Pytagorejská revolúcia

a) **Aritmetizácia prírody ako programové prehlásenie.** Pytagorejská viera, že podstata sveta je zachytená v harmónii čísel, silne pripomína Galileiho presvedčenie, že všetky fenomény majú povahu matematických idealít. Preto podobne, ako Husserl povedal, že Galilei matematizoval prírodu, možno povedať, že Pytagoras ju aritmetizoval.

b) **Vizualizácia ako prostriedok realizácie programového prehlásenia.** U niektorých javov možno ich číslo priamo vypočítať odriekávaním číselnej postupnosti jeden, dva, tri,... Sú však situácie, kedy to možné nie je, kedy nevieme, čo je jednotka, ako máme počítať a kedy máme skončiť. Pytagoras však hovorí, že to nie je podstatné, veď ani u hudby nie je na prvý pohľad zrejmé, že harmónia tónov zodpovedá (celo-) číselným pomerom síl napínajúcich struny. Napriek tomu aj hudobnej harmónii prislúchajú čísla, ktoré ju riadia, len tieto čísla sú bežnému počítaniu skryté. Preto treba vypracovať techniky, ako takéto skryté čísla nájsť.

Takouto technikou bola psefofória (od *psefos* – kamienok a *foréo* (vzniklo z *féro*), ktoré popri mnohých iných má aj význam ukladám) a pomocou nej definované pytagorejské figurálne čísla. Príkladom figurálnych čísel sú čísla trojuholníkové (3, 6, 10,...), štvorcové (4, 9, 16,...) a mnohé ďalšie. Ich výklad možno nájsť v ([3], 33-44). Psefofória nebola hrou s kamienkami, ale technikou vizualizácie počtu.

Táto vizualizácia umožnila nájsť číslo takých vlastností ako napríklad spravodlivosť. Štvorcové čísla sú podľa pytagorejskej náuky spravodlivé, lebo ich možno usporiadať do štvorca, t.j. útvaru, ktorého obe strany sú rovnako dlhé, čo je príkladom spravodlivého rozdelenia. Ak tento príklad znie trochu čudne, netreba zabúdať, že Pytagoras objavil číselné zákony hudobnej harmónie, ktoré neskôr plne potvrdila moderná akustika. A keď to, čo znie uchu lahodne, závisí od čísel, prečo by potom čísla nemohli tvoriť podstatu aj iných harmónií, akými sú spravodlivosť, dobro alebo krása? Je možné, že aj podstatu spravodlivosti a dobra tvoria čísla, len sa nám zatiaľ nepodarilo k nim preniknúť. Potrebujeme akúsi „akustiku duše“ či niečo ako „rezonanciu mentálnych polí“, v rámci ktorej by sme mohli odvodiť vlastné čísla „etických úloh“, podobne ako mechanika kontinua odvodila vlastné čísla v akustických úlohách.

Vizualizácia počtu pomocou psefórie, prinesenie počtu pred zrak, sprístupnenie počtu evidencii je z hľadiska matematiky rovnako fundamentálnym posunom, akým bolo Galileiho experimentálne uchopenie voľného pádu pomocou naklonenej roviny pre fyziku. Podobne ako experiment tvorí vo fyzike základný spôsob prístupu k javom, tvorí evidencia základný prístup k javom v matematike. Uvedomenie si rozdielu medzi experimentom a evidenciou je preto dôležité pre pochopenie rozdielu medzi týmito disciplínami. Evidencia dáva jav bezprostredne, tak, ako sa nám ukazuje. Preto pravda v matematike má povahu *aletheie* – toho, čo nie je skryté. Naproti tomu experiment je založený na aktívnom zásahu do podmienok danosti javu. Toto umožňuje nájsť ideálnu podstatu aj tých javov, na ktoré evidencia nestačí, javov, ktoré sú nám bezprostredne dané neostro, nejednoznačne (pohyb, teplota, tlak, farba,...). Experiment teda odкрýva ideálnu podstatu javu sprostredkované, nepriamo.

c) Dôkaz ako formalizácia vizualizácie. Pravdivosť niektorých tvrdení, predovšetkým tvrdení týkajúcich sa určitých jednotlivých objektov, možno priamo overiť. Tak napríklad možno zistiť, že $285 \times 427 = 121\,695$. Matematika je však schopná preniknúť za hranice bezprostredne overiteľného, za hranice pravdy týkajúcej sa jednotlivých objektov, k pravdám všeobecným. Prvým prostriedkom, ktorý umožnil takéto preniknutie, bola práve psefória.

Vezmime si najjednoduchšie tvrdenie, že súčet dvoch párných čísel je opäť číslo párne. Egyptský učenec by mohol toto tvrdenie **overiť** na niekoľkých konkrétnych prípadoch, a potom by mu začal **veriť**. Nikdy by však nemohol nadobudnúť istotu o jeho pravdivosti. Čo ak existujú dve nesmierne veľké párne čísla, ktorých súčet je nepárny?

Psefória nám umožňuje **dokázať**, že takéto dve čísla nemôžu existovať. Totiž párne číslo je číslo, ktorého kamienky (*psefoi*) možno uložiť (*feró*) do dvojradu. Keď to isté spravím aj s druhým párnym číslom, tak, keďže súčtu týchto čísel zodpovedá spojenie ich dvojradov, vznikne opäť dvojrad, a teda párne číslo. Vďaka tomu, že pomocou psefórie sme aritmetickej vlastnosti byť párnym priradili geometrickú formu, dokázali sme formálne nahliadnuť, že príslušné tvrdenie je nevyhnutne pravdivé. Formálne nahliadnutie pravdivosti je dôkaz.

Tu vidíme, že podobný vzťah, aký je medzi experimentom a meraním, je aj medzi evidenciou a dôkazom. Podobne ako meranie je štandardizáciou experimentu, je dôkaz formalizáciou vizualizácie.

d) Ideácia tvaru ako zrod teoretických ideálít. Štvrtým momentom pytagorejskej revolúcie je ideácia tvaru. Ide o posun analogický Galileiho ideácii pohybu. V oboch prípadoch ide o zrod nového ideálneho rámca, ktorý umožňuje uchopiť nový typ ideálít.

Čo to znamená ideálny tvar? Keď porovnáme grécku geometriu s egyptskou, jedným z rozdielov, ktoré si ihneď všimneme je to, že niektoré vzorce podľa ktorých Egypťania počítali objemy rôznych telies, sú nesprávne. Správne formule našli až Gréci (pozri [2], 39). Predstavme si však moju lebku. Keby som napísal vzorec pre jej objem, nikoho by neprekvapovalo, že táto formula je len približná. Nikto neočakáva, že by mohlo existovať čosi lepšie ako približná formula. Moja lebka nemá ideálny tvar, je to len náhodný

prírodný útvar, preto niet dôvodu, aby pre jej objem existoval presný vzorec.

Je celkom možné, že z podobných dôvodov Egypťania nepredpokladali, že by mohlo existovať čosi lepšie pre výpočet objemu pyramíd ako individuálna aproximatívna formula. Až po ideácii tvaru, keď Gréci za reálnym tvarom pyramídy uvideli ideálnu formu ihlana, ku ktorej začali vzorec pre objem pyramídy vzťahovať, sa ukázalo, že vzorce používané Egypťanmi boli zlé.

Preto je možné, že vzorce starých Egypťanov boli v poriadku. Nie v tom zmysle, že by boli správne, ale v tom zmysle, že správne byť ani nechceli, že kritérium správnosti, z hľadiska ktorého ich my dnes posudzujeme, totiž tak, že ich vzťahujeme na štvorboký ihlan, im bolo cudzie.

e) Platónsky dualizmus ako ontologizácia teoretických idealít. Platónsky dualizmus možno považovať za filozofické domyslenie možností, ktoré sa otvorili vznikom nového druhu idealít. Svet platónskych ideí sa až príliš ponáša na svet geometrických objektov.

3. Schéma priebehu ideácie

Z porovnania galileovskej a pytagorejskej revolúcie možno odvodiť istú všeobecnejšiu schému priebehu uvažovaného typu vedeckej revolúcie, ktorý nazývam ideácia. Ide o revolúciu, v priebehu ktorej vznikajú ideálne objekty nového druhu, a teda vlastne vzniká nový ideálny rámec. Termín ideácia zavádzam ako určitý protipól k pojmu idealizácie. **Ideácia** je procesom vzniku nového ideálneho rámca, kým **idealizácia** je procesom uchopenia určitého javu pomocou už existujúceho ideálneho rámca. Ideácia je procesom akomodácie (procesom tvorby nových schém), kým idealizácia je procesom asimilácie (procesom prisvojenia si niečoho pomocou schém už existujúcich).

Normálny, stabilný stav určitého ideálneho rámca, je stavom dualistickej koncepcie sveta, keď je svet rozdelený na oblasť tematizovanú prostredníctvom idealít a oblasť, ktorá sa ideálnemu rámcu vymyká. Vedecká revolúcia opisovaného typu sa začína zrušením tohto dualizmu a pripísaním univerzálnej, neobmedzenej platnosti dobovému ideálnemu rámcu, ktorý sa dovtedy chápal ako lokálny. Jadrom Galileiho matematizácie prírody i Pytagorovej aritmetizácie univerza je presvedčenie, že každý fenomén má ideálnu podstatu, iba u niektorých fenoménov je ich ideálna podstata skrytá.

Pre fenomény, ktorých ideálna podstata je skrytá, sú vypracované techniky na jej odkrývanie. V prípade galileovskej revolúcie je to experimentálna technika, v prípade pytagorejskej revolúcie zasa technika vizualizácie.

Nové techniky však prekračujú rámec svojho pôvodného určenia, ktorým bolo sprístupniť ideálnu podstatu daných fenoménov. Často odkrývajú nové oblasti javov (tlak vzduchu), resp. nový druh viet (všeobecné tvrdenia). Preto vzniká snaha o ich stabilizáciu. Takto dochádza k štandardizácii experimentu (a rodí sa meranie), resp. k formalizácii vizualizácie (a rodí sa dôkaz). Techniky postupne dostávajú charakter metódy.

Nové metódy a postupne vedú ku zrodu idealít nového druhu. Takto sa dostávame

k samotnému jadrú tohto typu vedeckých revolúcií, k ideácii, podľa ktorej dostala svoje meno. V prípade galileovskej revolúcie je to ideácia pohybu, ktorá prináša pochopenie skutočnosti, že zotrvačný pohyb je priamočiary, nie rotačný, a ktorá postupne vedie k vytvoreniu dynamických idealít. V prípade pytagorejskej revolúcie je to zasa ideácia tvaru, ktorá prináša osamostatnenie tvaru od pytagorejského atomizmu a vytvorenie teoretických idealít (gr. *theoria* – divanie sa, divadlo, pozorovanie).

Revolúcia končí a veda sa dostáva opäť do rovnováhy, keď sa vytvorí nová dualistická interpretácia sveta, ktorá vymedzí sféru platnosti novovzniknutého ideálneho rámca. Na hranici tejto sféry sa neustále dejú presuny, dodatočne dochádza k idealizácii nových fenoménov, ktoré boli pôvodne vykázané za hranice ideálneho rámca. Takto sa rodí napríklad termodynamika alebo elektrodynamika, keď na vysvetlenie tepelných či elektrických javov vzniká koncepcia kalorika, resp. elektrického fluida. Obe teórie používajú rovnaký ideálny rámec ako mechanika (dynamické ideality), preto ich vznik je iba posunom hranice použiteľnosti tohto rámca, nie zrodom nového druhu idealít. Ide teda o idealizácie, a nie ideácie.

4. Pohľad na predpytagorejskú vedu

Znalosť priebehu pytagorejskej revolúcie umožňuje rekonštruovať predpytagorejskú vedu tak, že si odmyslíme jednotlivé výdobytky pytagorejskej revolúcie.

a) Keďže vedecká revolúcia prvého typu začína pripísaním univerzálnej platnosti starému ideálnemu rámcu, z toho, že v prípade pytagorejskej revolúcie išlo o aritmetizáciu prírody, vieme, že ideálnym rámcom predpytagorejskej vedy bola aritmetika.

b) Pytagoras vizualizoval aritmetiku. Predpytagorejská aritmetika sa musela preto zakladať na čomsi inom ako na evidencii. Domnievam sa, že jej základom bol rytmus. Dochované matematické texty zo starého Egypta tomu nasvedčujú. Sú to konkrétne návody, recepty, ktoré sa žiak učil pravdepodobne naspamäť. Keď už vedel dosť takýchto receptov a dostal vyriešiť nejakú úlohu, postupoval tak, ako mu napovedala fabula vhodného vzorového príkladu, nechal sa unášať jej „rytmom“. Predpytagorejská matematika tak spočívala na dvoch veciach – na znalosti dostatočne veľkého počtu vzorových postupov a na schopnosti uhádnuť, kedy ktorý z nich použiť. Dobrý matematik bol ten, kto poznal veľa postupov a vedel dobre hádať. Pytagorejská revolúcia radikálne zmenila charakter matematiky. Matematika sa dostáva pred zrak, stáva sa z nej umenie argumentovať. Zašlo to dokonca tak ďaleko, že Gréci počty, ktoré nazývali logistikou, vôbec nepovažovali za matematiku.

c) Keďže pytagorejská revolúcia prináša dôkaz ako techniku umožňujúcu ukázať pravdivosť všeobecných výrokov, predpytagorejská veda, ktorá nemala dôkaz, nemohla ani overovať všeobecné tvrdenia. Predpytagorejská aritmetika teda pozostávala z partikulárnych právd, zisťovaných bezprostredným kalkulatívnym overením.

d) Keď si uvedomíme, že pytagorejská revolúcia prináša ideáciu tvaru, potom tvar pred touto revolúciou nebol idealitou. Bol približne tým, čím boli teplota či čas pre Grékov a čím sú chuť alebo vôňa pre nás. Tvar bol fenomenálnou kvalitou, nie ideálnou formou.

Slovenčina umožňuje tento posun pekne vyjadriť. Čo videl Egyptan, keď sa pozeral na pyramídu – jej formu, alebo podobu, **tvar**, alebo **tvár**?

5. Záverečné poznámky o vedeckej revolúcii typu 1

Ako sme ukázali v predošlých častiach, postupne vznikli tri ideálne rámce – predpytagorejský rámec kalkulatívnych idealít, pytagorejský rámec teoretických idealít a galileovský rámec dynamických idealít. Pre každý z nich existuje určitá oblasť javov, na opis ktorej sa ten ktorý rámec optimálne hodí. Pre prvý rámec je to oblasť fenoménu mnohosti, pre druhý oblasť tvarov a vzťahov a pre tretí oblasť procesov a zmien.

5.1 Synchronný pohľad. Každé historické obdobie má svoj „paradigmatický“ rámec idealít, rámec, idealitám ktorého sa prisudzuje realistický status „pravej skutočnosti“.

Tak pre kultúru starého Egypta bol „paradigmatickým“ rámcom rámec kalkulatívnych idealít. Preto aj výpočet objemu pyramídy uskutočňovali na báze tohto rámca. Hľadali kalkulatívny postup dávajúci dostatočne presné výsledky. My, poučení Grékmi, najprv prostredníctvom rámca teoretických idealít nahradíme reálnu pyramídu ideálnym štvorbokým ihlanom a potom už počítame objem tohto ideálneho telesa. Preto možno povedať, že na rozdiel od nás Egyptania tematizovali aj objem pomocou rámca kalkulatívnych idealít.

Pre Grécku kultúru bol „paradigmatickým“ rámcom rámec teoretických idealít. Jeho ideality v podobe platónskych ideí alebo aristotelovských foriem sa stávajú tou pravou skutočnosťou. Preto Gréci tematizovali aj fyzikálne javy na základe tohto rámca. Aristotelovu fyziku možno považovať za fyziku budovanú prostriedkami ideálneho rámca matematiky, za pokus zmocniť sa pohybu pomocou teoretických idealít. (Svedčí o tom skutočnosť, že Aristoteles považuje pohyb za niččo, čo sa vymyká matematizácii.)

Vedecká revolúcia 17. storočia prináša nový ideálny rámec, ktorý sa onedlho stáva „paradigmatickým“ a ktorý vytláča matematiku aj s jej idealitami do pozície jazyka vedy. Paradigmatickou vedou sa stáva fyzika a jej ideality, ako tuhé telesá, sily, ... sa stávajú tou „pravou skutočnosťou“.

Je možné, že v súčasnosti stojíme na začiatku ďalšej analogickej zmeny, ktorá fyziku presunie do role inštrumentária novej vedy o živote.

5.2 Diachrónny pohľad. Keď sa zameriame na obsah (oblasť tematizovaných javov) a nie na formu (typ idealít na to používaných) určitej vednej disciplíny, vidíme, že disciplína prekonáva nasledovný „štandardný“ vývin:

Disciplína sa zrodí na báze (n-1)-tého ideálneho rámca (t.j. rámca, ktorý o jednotku predchádza rámec optimálny pre danú disciplínu). Matematika sa zrodila v Egypte na báze kalkulatívnych idealít, fyzika v antickom Grécku na báze teoretických idealít.

V priebehu n-tej vedeckej revolúcie sa vytvorí ideálny rámec vhodný pre fenomenálnu oblasť disciplíny. Nastáva pozitívna spätná väzba a disciplína zaznamenáva búrlivý rozkvet (matematika v antickom Grécku, fyzika v 18. a 19. storočí) a postup-

ne zaujme paradigmatické miesto. Na jej ideality sa aspoň určitú dobu prestáva hľadiť ako na ideality. Disciplína presvedčí intelektuálne spoločstvo, že reálne existujú.

Pri (n+1)-tej revolúcii disciplína stráca svoje postavenie „arbitra skutočnosti“ a odsúva sa do pozície arzenálu metód a prostriedkov, ktoré nová „paradigmatická“ disciplína používa pre svoj rozvoj. Zbavená úlohy hovorcu o pravej skutočnosti nastupuje na cestu autonómneho vnútorného vývinu, nerušeného ideologickými stretmi.

LITERATÚRA

- [1] DANCY, J. – SOSA, E. (ed.): *A Companion to Epistemology*. Oxford, Blackwell 1992.
- [2] GRATTAN-GUINNESS, I. (ed.): *Companion Encyclopedia of the History and Philosophy of the Mathematical Sciences*. London, Routledge 1992.
- [3] HEJNÝ, M.: Prológ. In: ZNÁM, Š. a kol.: *Pohľad do dejín matematiky*. Bratislava, ALFA 1986.
- [4] HUSSERL, E.: *Krise evropských věd a transcendentální fenomenologie*. Praha, Akademie 1972.
- [5] KVASZ, L.: K pojmu epistémického rámca vedeckej teórie. In: *Filozofia* 1993, č. 7.
- [6] SIMONYI, K.: *A fizika kultúrtörténete*. Budapest, Gondolat kiadó 1986.

RNDr. Ladislav Kvasz
Katedra humanistiky MFF UK
Mlynská dolina
842 15 Bratislava
SR