

NEWTON A KARTEZIÁNSKA FYZIKA

LADISLAV KVASZ, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Bratislava;
Centrum pre interdisciplinárne štúdiá, FF KU, Ružomberok

KVASZ, L.: Newton and Cartesian Physics
FILOZOFIA 63, 2008, No 2, p. 93

The aim of the paper is to offer a new interpretation of the role of Cartesian physics in the Scientific revolution. The author argues that many components of Newton's theory of motion are of Cartesian origin, and the Cartesian system was an important stage in the development of modern science. If this interpretation is correct, then the philosophical side of the Cartesian system can be seen as a mere residuum of Cartesian physics. When taken separately, as usually done in philosophy, Descartes' philosophical ideas are easily misunderstood and misinterpreted.

Keywords: Cartesian physics – Scientific revolution – Newtonian theory of motion

Vplyv karteziánskej fyziky na nasledujúce generácie učencov bol dvojaký: priamy a nepriamy. *Priamy vplyv* sa týkal filozofov a vedcov, ktorí sa hlásili ku karteziánstvu a tým či oným spôsobom rozvíjali Descartovo dedičstvo. Sem patrili učenci ako napríklad Jacques Rohault, ktorý pokračoval v rozvíjaní karteziánskej fyziky. Okrem priameho pôsobenia karteziánstva však existovalo aj pôsobenie *nepriame*, týkajúce sa filozofov a vedcov, ktorí sa nepovažovali za karteziánov, ale napriek tomu boli ovplyvnení karteziánskym systémom. Cieľom predkladanej state je analyzovať nepriamy vplyv karteziánstva na prípade Newtona. Aby som demonštroval nepriamy vplyv karteziánskej fyziky na Newtona, ukážem, že:

1. niektoré *princípy* Newtonovej fyziky majú karteziánsky pôvod; 2. niektoré *problémy* riešené Newtonom majú pôvod v karteziánstve; 3. niektoré *komponenty* Newtonovej teórie interakcie sú karteziánske.

Ukázaním karteziánskeho pôvodu viacerých princípov, problémov, ako aj komponentov Newtonovho systému fyziky sa usilujem ukázať, že Descartes má popredné a nezastupiteľné miesto v dejinách novovekej vedy.

1. Karteziánske princípy Newtonovej fyziky. Pri výklade dejín vedy historici spravidla Newtonovu fyziku spájajú priamo s Galileovou teóriou pohybu, pričom ignorujú Descartovu úlohu v dejinách fyziky. Galileova teória pohybu sa však od Newtonovho systému odlišovala aspoň v troch zásadných črtách: a) Galileovská fyzika nepoznala *univerzálne zákony*; b) Galileovská fyzika nemala pojem *interakcie*; c) Galileovskej fyzike chýbala akákoľvek *ontológia*.

Dá sa ukázať, že idea univerzálnych prírodných zákonov, idea interakcie medzi telesami a idea ontologickej bázy fyzikálneho systému pochádzajú od Descarta. Samozrejme, *konkrétna podoba* zákonov, pomocou ktorých newtonovská fyzika opisuje prírodné procesy, sa odlišuje od zákonov, ktoré na opis prírody používal Descartes. Aj *konkrétna podoba* newtonovského opisu interakcie medzi telesami sa odlišuje od toho, ako interakcie

opisoval Descartes. A *konkrétna podoba* ontológie, na ktorej je postavený Newtonov systém, sa odlišuje od ontológie karteziánskeho systému. U Newtona teda nie sú karteziánske technické detaily Newtonovho systému ani konkrétna podoba zákonov, opisu interakcie či ontológie. *Karteziánska je však samotná idea, že veda má hľadať univerzálne zákony, že tieto zákony majú opisovať interakcie medzi telesami a že opis interakcie musí stáť na ontologických základoch.* Preto aj napriek všetkému antagonizmu medzi newtonovcami a karteziáncami existuje zásadný nepriamy vplyv karteziánstva na newtonovskú vedu.



René Descartes *N. Balis 08*

všetky mechanické javy. Zdá sa, že prvým univerzálnym zákonom vo fyzike bol zákon zachovania množstva pohybu, ktorý zaviedol Descartes. Tento zákon je univerzálny, lebo tak ako tri Newtonove zákony aj tento zákon platí pre voľný pád, pre kyvadlo, ako aj pre

1.a Univerzálne zákony vo fyzike. Keď zoberieme ľubovoľný zo zákonov, ktoré objavil Galileo, napríklad zákon voľného pádu, zákon izochrónnosti pohybu kyvadla alebo zákon šikmého vrhu, všetko sú to *zákony opisujúce konkrétne fyzikálne javy.* V galileovskej vede tak pre každý konkrétny fyzikálny jav existuje zvláštny zákon, ktorý tento jav opisuje. Zákon voľného pádu platí iba pre voľne padajúce telesá, ale napríklad pre pohyb kyvadla už neplatí.¹ Na druhej strane základné zákony newtonovskej fyziky, napríklad zákon zotrvačnosti, zákon sily alebo zákon akcie a reakcie, sú univerzálne zákony platné pre všetky prírodné javy. Či už ide o padajúce teleso, o kyvadlo, či o vrhnuté teleso, tri Newtonove zákony platia v každom z týchto prípadov. Newtonove zákony teda nie sú zákony opisujúce nejaké špecifické javy, ale sú to univerzálne zákony platné pre

¹ Mohlo by sa zdať, že aspoň Galileov zákon zotrvačnosti je príkladom univerzálneho zákona. Nie je to však pravda: Galileo totiž nemá pojem interakcie. Preto princíp zotrvačnosti nie je univerzálny zákon platný pre všetky pohybujúce sa telesá, od ktorého sa konkrétne pohyby odchyľujú len v dôsledku pôsobenia síl (ako je to u Newtona). Pre Galilea je zotrvačný pohyb špeciálnym druhom pohybu, ktorý existuje popri zrýchlených a spomalených pohyboch. Galileo totiž preberá od Aristotela predstavu o existencii rôznych druhov pohybu (podrobnosti pozri [31], 224), takže zotrvačný pohyb preňho nie je univerzálny typ pohybu spoločný všetkým telesám, ale je to jeden z druhov pohybu, ktorý existuje popri ostatných.

vrhnuté teleso. To znamená, že *používanie univerzálnych zákonov pri opise prírody je skôr karteziánskou než galileovskou črtou newtonovskej vedy.*

1.b Opis interakcie. Inou spoločnou črtou zákonov objavených Galileom je to, že sú to zákony opisujúce pohyb jediného izolovaného telesa. Zákon voľného pádu opisuje pád jediného telesa; podobne zákon izochronnosti kyvadla opisuje periodický pohyb jediného telesa a zákon šikmého vrhu opisuje pohyb jediného vrhnutého telesa. Preto možno povedať, že *galileovskej fyzike chýbal pojem interakcie medzi telesami.*² Na druhej strane základným cieľom newtonovskej fyziky bolo opísať interakcie medzi telesami. Zákon sily i zákon akcie a reakcie slúžia práve na to, aby opísali vzájomné pôsobenie medzi telesami. Prvý teoretický opis interakcie medzi telesami podal Descartes v podobe teórie zrážok. Preto *opis interakcie medzi telesami je skôr karteziánskou než galileovskou črtou newtonovskej vedy.*

1.c Ontológia fyziky. Treťou charakteristikou galileovskej vedy je to, že jej chýbala akákoľvek ontológia. Cieľom galileovskej vedy bol matematický opis javov, ako o tom svedčia ním objavené zákony, a podľa Galilea sa opisom javov úloha vedy aj vyčerpáva.³ V protiklade s týmto „pozitivistickým“ pojatím vedy newtonovská fyzika má jasnú *korpuskulárnu ontológiu.* Prvý, kto si uvedomil nevyhnutnosť budovať fyziku na ontologických základoch, bol Descartes. Preto *budovanie fyziky na ontologických základoch je skôr karteziánskou než galileovskou črtou newtonovskej vedy.*

1.d Zhrnutie. Nechceme popierať, že Newton odmietol karteziánske prírodné zákony, karteziánsky opis interakcie či karteziánsku ontológiu a že ho teda nemôžeme považovať za karteziánca v priamom zmysle tohto slova. Radikálnosť týchto odmietnutí dokonca pôsobí dojmom, akoby Newton bol antikarteziáncom svojho druhu. Napriek tomu však Newton vďačí Descartovi za ideu, že prírodné zákony musia byť univerzálne, že majú opisovať interakcie telies a že tieto telesá musia mať určitý ontologický základ. Všetky tieto tri idey sú zásadným spôsobom karteziánske, a tak v istom hlbšom zmysle možno tvrdiť, že Newton predsa len bol kartezián.

2. Karteziánske korene Newtonovho systému. V predošlej časti sme videli, že viaceré zo základných princípov newtonovskej fyziky majú karteziánsky pôvod. Popri tomto

² Galileo mal vážne dôvody odmietat' opis interakcií medzi telesami vo svojej mechanike. Nesmieme zabúdať, že svoju teóriu lokálnych pohybov formuluje v opozícii k renesančnému hermetizmu, ktorý pripisoval rôzne tajomné pôsobenia nebeským telesám, anjelom či minerálom. Ešte aj o polstoročie neskôr, keď Newton publikoval zákon pôsobenia na diaľku, bola jednou z hlavných námietok proti nemu práve námietka, že ide o okultné pôsobenie, ktoré vo vede nemá miesto. Preto bol Galileo pevne presvedčený, že úlohou vedy je opisovať javy a že vo vede niet miesta pre špekulovanie o rôznych tendenciách, vplyvoch a pôsobeniach.

³ Túto skutočnosť možno opísať aj tak, že galileovská matematizácia sa týka iba fenoménov, kým v rovine ontológie Galileo zotráva v prirodzenom postoji. Matematický opis ontológie ako rozpriestranenej veci prináša až Descartes (podrobnosti o rôznych etapách matematizácie (pozri [32], 411 – 413). Ale nech je náš opis akýkoľvek, je fakt, že galileovská matematizácia prírody, na rozdiel od karteziánskej a newtonovskej, nezahŕňa ontologický aspekt. U Galilea sa matematický opis týka jednotlivých javov, ale nie ontického základu, ktorý tieto javy konštituuje.

pomerne abstraktnom zmysle, v ktorom možno Newtonov systém charakterizovať ako karteziánsky, existuje ďalší, o niečo špecifickejší vplyv karteziánskeho dedičstva na Newtona. Stopy Descartovho vplyvu na Newtona sú zrejmé z názvu Newtonových *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Tento názov je narážkou na Descartove *Principia philosophiae*. Akoby Newton odkazoval Descartovi, že princípy áno, ale matematické, a nie špekulatívne; a filozofia áno, ale prírodná filozofia, a nie špekulácie o *cogite*. Okrem týchto narážok, zrejmých na prvý pohľad, existujú viaceré paralely aj vo všeobecnej štruktúre oboch systémov. Newtonov i Descartov systém majú tri zákony. Navyše, Newtonova formulácia zákona zotrvačnosti je spojením prvých dvoch zákonov, ktoré uvádza Descartes. No to sú iba povrchné podobnosti, ktoré nás môžu nasmerovať k hľadaniu ďalších paralel týkajúcich sa obsahu oboch systémov. Keď sa vydáme touto cestou, zistíme, že existuje oveľa silnejší zmysel, v ktorom karteziánsky systém ovplyvnil Newtona. Ide o to, že mnohé *problémy, ktoré rieši newtonovská fyzika*, majú karteziánsky pôvod. Aby sme to rozpoznali, musíme sa sústrediť na hlavné nedostatky karteziánskej fyziky (podobne, ako sme sa v predošlej časti sústredili na hlavné nedostatky Galileovho systému, aby sme ukázali, že karteziánske korekcie týchto nedostatkov sú prítomné u Newtona).

Nedostatkami karteziánskeho systému sú predovšetkým: a) príliš *voľná väzba* medzi fenomenálnou a ontologickou rovinou; b) kauzálna *otvorenosť* opisu interakcie; c) priesotorová *neohraničenosť* opisovaných systémov.

Keď sa pozrieme z hľadiska týchto troch bodov na Newtonov systém, vidíme, že hlavné výdobytky newtonovskej vedy sú v istom zmysle odpoveďou na tieto nedostatky (podobne možno hlavné výdobytky karteziánskeho systému vyložiť ako odpovede na nedostatky galileovského systému).

2.a Prepojenie ontológie a fenoménov. Prvým nedostatkom karteziánskeho systému bolo to, že mal iba veľmi voľné prepojenie medzi rovinou fenoménov a ontologickou úrovňou explanačných modelov, pomocou ktorých tieto fenomény vysvetľoval. Napríklad Descartes vysvetľoval fenomén tiaže pomocou modelu víru jemnej látky. To znamená, že na vysvetlenie fenoménu, ktorý pozorujeme v každodennom živote okrem iného v tom, že všetky telesá padajú dole, Descartes postuloval vír, ktorý síce zmyslami nemôžeme pozorovať, ktorý je však ontologickým základom javu, ktorý dokladajú naše zmysly. Vír je tvorený pohybom jemných častíc rozpriestranenej substancie, ktorá tvorí ontologický základ celého karteziánskeho univerza. Descartes na vysvetlenie tiaže postuloval vír, avšak nepovedal, ako sa určitý špecifický aspekt víru (jeho rýchlosť, orientácia, štruktúra) prejavuje na fenomenálnej rovine tiaže (na jej homogénnosti, izotropnosti a konštantnosti). Táto *neprepojenosť* aspektov víru a atribútov javu, ktorý má vír vysvetliť, dáva celej teórii príchut' špekulatívnosti. Jedným zo základných Newtonových metodologických princípov bol princíp „*Hypotheses non fingo*“. Je to zrejme antikarteziánsky princíp a je namierený proti špekulatívnemu charakteru explanačných modelov karteziánskej fyziky.

U Newtona sú ontologická a fenomenálna rovina opisu spojené matematickým rámcom, ktorý umožňuje odvodiť z atribútov určitého fenoménu zodpovedajúcu vlastnosť v ontologickej rovine modelu a naopak. Napríklad Newton odvodil zákon nepriamej úmernosti gravitačnej sily k štvorcu vzdialenosti (tu sily patria k ontologickej rovine opisu; ich existencia je postulovaná teóriou) z Keplerových zákonov (ktoré Newton zahrnul medzi fenomény, lebo sú to empirické zákony, získané priamym pozorovaním). Ale aj

keď toto úzke prepojenie ontológie a fenoménov je nekarteziánskym aspektom Newtonovho systému, môžeme ho považovať za odpoveď na rozpor v karteziánskom systéme, menovite na nespoľahlivosť karteziánskych explanačných modelov. V nepriamom zmysle je to teda karteziánsky aspekt Newtonovho systému.

2.b Zaplnenie kauzálnej medzery. Ďalším nedostatkom karteziánskeho systému je to, že opis pohybu je v ňom kauzálne otvorený, takže ľudská myseľ môže kauzálne pôsobiť na telo. To znamená, že *fyzikálny proces*, napríklad zdvihnutie ruky, môže byť v karteziánskom systéme zapríčinený *nefyzikálnou udalosťou* – rozhodnutím mysle. Opis pohybu teda nie je kauzálne uzavretý. Táto medzera v opise pôsobenia súvisí so skutočnosťou, že Descartes považoval rýchlosť za *skalárnu* veličinu, preto pri výpočte množstva pohybu jednoducho sčítal rýchlosti jednotlivých častíc nezávisle od smeru ich pohybu. Zmena smeru pohybu neznamenała zmenu množstva pohybu. Preto karteziánsky zákon zachovania množstva pohybu nezachytáva zmeny smeru pohybu. Tým sa v sieti kauzálneho pôsobenia otvára medzera, do ktorej môže vstúpiť myseľ.

Newton uzavrel túto medzeru zavedením pojmu rýchlosti ako *vektorovej* veličiny. Podľa Newtona je zmena smeru pohybu automaticky aj zmenou množstva pohybu (t. j. hybnosti), preto musí byť zapríčinená pôsobením síl (t. j. musí mať fyzikálnu príčinu). Ako ilustráciu rozdielu medzi karteziánskym a newtonovským systémom možno uviesť opis odrazu lopty od steny. Podľa Descarta v okamihu, keď sa lopta odrazí od steny, jej rýchlosť sa nemení; lopta zmení iba svoje smerovanie a rovnakou rýchlosťou, akou letela smerom k stene, bude letieť smerom od nej. To znamená, že nedošlo k zmene množstva pohybu. Na rozdiel od toho Newton tvrdí, že keď lopta narazí na stenu, normálová zložka jej množstva pohybu (v modernej terminológii jej hybnosti) sa spojito zmení na opačnú. To znamená, že došlo k zmene množstva pohybu, a teda museli byť v hre sily. Aj keď vektorový charakter rýchlosti je nekarteziánskym aspektom Newtonovho systému, Newton ho zaviedol preto, aby odstránil vážny nedostatok karteziánskeho systému – jeho kauzálnu otvorenosť. Preto v nepriamom zmysle ide o karteziánsky aspekt Newtonovho systému.

2.c Vytvorenie opisu ohraničených mechanických systémov. Ďalším nedostatkom karteziánskeho systému bolo to, že Descartes zaviedol pojem množstva pohybu pre vesmír ako celok, takže zahŕňal pohyby všetkých telies vo vesmíre. Preto, prísne vzaté, hodnotu tejto veličiny nebolo možné vypočítať. Aj keď Descartes zviazol tento pojem na opis interakcie medzi telesami, nebolo možné použiť ho na opis konkrétneho systému menšieho než celý vesmír. V dôsledku toho sa zákon zachovania množstva pohybu stal prakticky nepoužiteľným. Je pravda, že Descartes ho používal pri opise zrážok. Ale všetky situácie, v ktorých ho používal, boli kontrafaktuálne, lebo v skutočnosti sú podľa Descarta všetky telesá ponorené do víru jemnej látky, ktorá odnášala časť množstva pohybu. Preto, prísne vzaté, v karteziánskej fyzike zákon zachovania množstva pohybu platil len pre celý vesmír.

Až keď Newton postuloval prázdny priestor ako pozadie, na ktorom formuloval teóriu pohybu, zachovávanie množstva pohybu v malých systémoch už bolo možné. Eliminovaním Descartovej jemnej látky sa otvorila možnosť opísať *priestorovo ohraničený mechanický systém*. Na opis takýchto systémov Newton vytvoril nový matematický ná-

stroj – diferenciálne rovnice. Druhý Newtonov zákon je asi prvou diferenciálnou rovnicou v dejinách. Pojem diferenciálnej rovnice je matematický nástroj na opis časového vývoja ohraničeného a kauzálne uzavretého mechanického systému a ako taký je nekarteziánskou zložkou newtonovskej fyziky. Ale Newton zaviedol tento pojem na odstránenie vnútorných napätí v karteziánskom systéme – jeho neschopnosti opísať ohraničené mechanické systémy. V nepriamom zmysle je to teda karteziánsky aspekt Newtonovho systému.

2.d Zhrnutie. Zdá sa, že najvýznamnejší prínos newtonovskej fyziky – vytvorenie matematického opisu interakcií kauzálne uzavretých, priestorovo ohraničených mechanických systémov – bol odpoveďou na problémy inherentné v karteziánskom systéme. Takto sme sa dostali k druhému významu, v akom možno newtonovskú fyziku považovať za karteziánsku. Aj keď Newtonov systém prírodnej filozofie bol veľmi odlišný od Descartovho (preto ho mnohí historici chápu ako antikarteziánsky), Newton vytvoril svoj systém ako odpoveď na závažné konceptuálne rozpory karteziánskeho systému.

3. Karteziánske komponenty Newtonovej teórie interakcie. V predošlej časti sme uviedli, že Newtonov matematický opis interakcií možno chápať ako odpoveď na konceptuálne problémy karteziánskej fyziky. Pritom mnohé komponenty, ktoré Newton použil pri budovaní svojej teórie, boli prítomné už v karteziánskom systéme, aj keď tam mali inú funkciu, než akú im prisúdil neskôr Newton. Sústredíme sa na tri komponenty Newtonovho systému: a) chápanie interakcie ako *prenosu hybnosti*; b) postulovanie *síl*; c) opis prenosu hybnosti ako procesu *riadeného silami*. Je to neuveriteľné, ale tieto tri základné zložky Newtonovej teórie interakcie boli prítomné už u Descarta. Descartes chápal interakcie ako prenos určitého množstva pohybu z jedného telesa na iné. Na opis tohto prenosu zaviedol sily, pričom chápal aj to, že prenos množstva pohybu je proces riadený silami. Takže Newton našiel základné komponenty svojej teórie interakcie u Descarta. Avšak spôsob, akým sú tieto komponenty pospájané v Descartovom systéme, sa značne odlišuje od spôsobu ich spojenia v Newtonovom systéme. Newton teda musel uvedené komponenty *vyňať* z karteziánskeho kontextu, zásadným spôsobom ich *premeniť* a potom ich *znova spojiť*, ale v novom usporiadaní.

3.a Interakcia ako prenos hybnosti (množstva pohybu). Základná karteziánska predstava interakcie je predstava *konfliktu* chápaného ako stret dvoch tendencií zotrvať v nemennom stave (pohybu, respektíve pokoja). Jeho výsledkom je presadenie sa jednej tendencie na úkor druhej. Základným modelom interakcie je model *zrážky*, pričom teleso, ktoré sa pri zrážke presadí, rozhodne o charaktere celého ďalšieho pohybu. Ak sa presadí nalietajúce teleso, tak po zrážke obe telesá poletia v smere jeho pôvodného pohybu rýchlou vyplývajúcou zo zákona zachovania množstva pohybu. Ak sa naopak presadí nehybné teleso, tak aj po zrážke zotrvá vo svojom stave pokoja a nalietajúce teleso sa od neho jednoducho odrazí. Opis interakcie je pritom oddelený od opisu pohybu. Pokiaľ teleso môže, pohybuje sa rovnomerne priamočiario. Keď už priamočiary pohyb nie je možný, nastáva kolízia, ktorá spôsobí prechod telesa do nového pohybového stavu, a celý proces pokračuje odznova. Pohyb sa teda skladá z oddelených úsekov, keď teleso zotráva vo svojom stave, medzi ktoré sú vložené singulárne udalosti – zrážky, pri ktorých do-

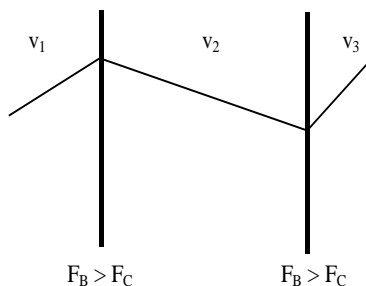
chádza k zmene stavu.

Uvažujme teleso B pohybujúce sa rýchlosťou V_B , ktoré sa zrazí s telesom C nachádzajúcim sa v pokoji. Predpokladajme, že pohybujúce sa teleso je väčšie. Pred zrážkou sa celkové množstvo pohybu rovnalo súčinu veľkosti pohybujúceho sa telesa a jeho rýchlosti, teda $B \times V_B$. Po zrážke sa budú podľa Descarta obe telesá pohybovať spoločne rýchlosťou, ktorú možno určiť zo zákona zachovania množstva pohybu ako $V = \frac{B \times V_B}{B + C}$.

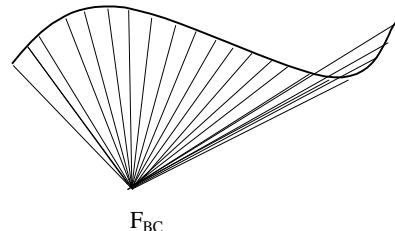
Vidíme, že pôvodná rýchlosť V_B je tu vynásobená faktorom $\frac{B}{B + C}$, ktorý je menší než

1. To znamená, že teleso B bolo spomalené, t. j. stratilo určitú časť svojho pôvodného množstva pohybu. Na druhej strane teleso C , ktoré bolo pôvodne v pokoji, sa začalo pohybovať, takže nadobudlo určité množstvo pohybu. Obe tieto množstvá pohybu, teda množstvo, ktoré stratilo teleso B , a množstvo, ktoré získalo teleso C , sú zhodné a rovnajú sa $\frac{C \times B \times V_B}{B + C}$. Takže podľa Descarta zrážka spočíva vo výmene určitého množstva

pohybu medzi interagujúcimi telesami. V princípe to isté možno povedať aj o Newtonovom pojme interakcie, aj keď Newton zásadne zmenil viaceré aspekty tohto karteziánskeho obrazu interakcie.



Descartovo pojmie interakcie



Newtonovo pojmie interakcie

Na rozdiel od Descarta Newton chápe pôsobenie ako *spoluprácu*. Telesá na seba pôsobia, nalietajúce teleso zrýchľuje stojace teleso, stojace teleso brzdí nalietajúce. Výsledný pohyb je kompromisom, vzniká pričinením oboch telies. Zrážka nie je ani jednoduchým odrazom od prekážky, ani spoločným putovaním, ale čímsi medzi tým. Druhým dôležitým aspektom Newtonovej teórie je to, že sily pôsobia neustále, takže pohyb a interakcia nie sú od seba oddelené (ako u Descarta), ale *prebiehajú súčasne*. Teleso je vystavené silovému pôsobeniu druhého telesa počas *infinitesimalného časového intervalu dt*, nielen počas singulárneho okamihu, ako je to u Descarta. Newton síce hovorí o impulzoch síl, ale vo všetkých konkrétnych príkladoch prechádza k limite, pri ktorej sa impulzy nekonečne zhutňujú, pričom každý z nich neohraničene slabne, až nakoniec dostávame spojité obraz. A práve o tento spojité obraz ide, lebo vo všetkých odvodiach Newton používa geometrické vzťahy, ktoré platia len v limite.

Napriek všetkým týmto zmenám je však základná karteziánska idea, že totiž interakcia spočíva v prechode určitého množstva pohybu z jedného telesa na druhé, u Newtona zachovaná. Newtonov pojem interakcie je teda v tomto veľmi dôležitom bode stále karteziánsky.

3.b Pojem sily. Ďalšou zložkou Newtonovej teórie interakcie, ktorá má zrejme karteziánsky pôvod, je pojem sily. Galileo nepoužíval vo svojej fyzike sily, lebo predstavu, že by jedno teleso mohlo na diaľku silovo pôsobiť na druhé, považoval za prežitok renesančného okultizmu. Sily do fyziky zaviedol Descartes.

U Descarta slúžia sily na *udržanie pohybového stavu* telesa. Nepôsobia medzi telesami, ale „pripútavajú“ teleso k jeho stavu pokoja alebo rovnomerného priamočiareho pohybu. Preto ich možno znázorniť šípkami smerujúcimi nadol. K slovu sa dostávajú v okamihoch zrážky, keď rozhodujú o smere a rýchlosti ďalšieho úseku priamočiareho pohybu. Uvažujme opäť zrážku pohybujúceho sa telesa B s telesom C , ktoré je v pokoji.

Descartes definoval silu zotrvačnosti pohybujúceho sa telesa B ako $F_B = \frac{B^2 \times V_B}{B + C}$, t. j.

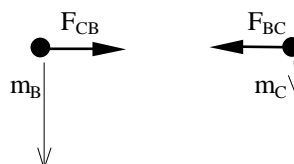
ako súčin veľkosti telesa B a spoločnej rýchlosti pohybu *po zrážke* $V = \frac{B \times V_B}{B + C}$. Na dru-

hej strane silu zotrvačnosti telesa C definoval ako $F_C = \frac{C \times B \times V_B}{B + C}$, t. j. ako súčin veľ-

kosti nehybného telesa C a spoločnej rýchlosti po zrážke. Podľa toho, ktorá sila je väčšia – či *sila pohybu* F_B nalietavajúceho telesa B , alebo *sila rezistencie* proti pohybu F_C nehybného telesa C –, sa rozhodne, aký bude výsledok zrážky. Ak preváži sila rezistencie, teleso B sa od telesa C odrazí. Ak naopak preváži sila pohybu, teleso B strhne teleso C so sebou. Takže *podľa Descarta sila určitého telesa pôsobí na samotné teleso a jej pôsobenie spočíva v snahe zachovať jeho stav pokoja alebo pohybu.*



Descartovo pojmie sil



Newtonovo pojmie sil

U Descarta pôsobí sila pohybu telesa B na samotné teleso B a udržiava ho v jeho stave pohybu. Úlohu udržiavania stavu, ktorú Descartes pripisoval silám, preberá v Newtonovom systéme hmotnosť. Sily sa tým oslobodzujú od úlohy pripútať teleso k jeho stavu a môžu tak prebrať novú úlohu – úlohu meniť stav iného telesa. U Newtona sú teda sily tým, čím jedno teleso pôsobí na iné a spôsobuje zmenu jeho stavu. Newtonovské sily sú silami interakcie a pôsobia po spojnici medzi telesami.

Ale znova: Napriek týmto radikálnym zmenám pojmu sily je samotná idea použitia sily pri opise interakcií ideou karteziánskou. Newtonovská teória interakcií je teda aj v tomto bode karteziánska.

3.c Vzťah medzi pojmom sily a procesom výmeny množstva pohybu. Podľa Descarta závisí výsledok zrážky od toho, či preváži sila pohybu nalietajúceho telesa F_B , alebo sila rezistencie nehybného telesa F_C . Pohyb je tak opísaný nerovnosťou

$$\frac{B^2 \times V_B}{B + C} > \frac{C \times B \times V_B}{B + C}.$$

Veličina na ľavej strane je sila telesa B zotrvať v pohybe, veličina na pravej strane je sila telesa C zotrvať v pokoji. Uvedené výrazy sa líšia jedine veľkosťami telies. Ostatné veličiny sa vykrátia. Tak dospejeme ku karteziánskej podmienke, podľa ktorej nalietajúce teleso B zvíťazí v súťaži vtedy a len vtedy, ak $B > C$. Podľa Descarta teda (v rozpore so skúsenosťou) nalietajúce teleso dokáže pohnúť nehybným telesom len vtedy, keď je od neho väčšie. Je to nevyhnutný dôsledok uvedeného vzorca. Keď to nastane, obidve telesá sa spoločne pohnú v smere pohybu nalietajúceho telesa. Nalietajúce teleso pritom odovzdá časť svojho množstva pohybu nehybnému telesu, ktoré sa začne pohybovať. Vidíme, že Descartes chápal, že interakcia telies spočíva v prechode určitého množstva pohybu z jedného telesa na druhé. *U Descarta je však odovzdávanie hybnosti medzi telesami oddelené od pôsobenia síl.* Sily rozhodujú iba o tom, akým smerom odovzdávanie hybnosti prebehne: či nalietajúce teleso dokáže strhnúť nehybné teleso, alebo sa od neho odrazí. Samotné odovzdávanie hybnosti sa už riadi zákonom zachovania množstva pohybu a sily v ňom už nehrajú žiadnu rolu. Descartes teda opisoval interakciu na dvoch úrovniach. Jednou úrovňou bolo odovzdávanie hybnosti, druhou stret síl. Tieto dve úrovne boli však v jeho teórii oddelené.

Rozvinutie interakcie do časového intervalu dt a pojmá sily ako sily interakcie otvorili Newtonovi možnosť prepojiť pôsobenie síl s procesom odovzdávania hybnosti. Descartes

definuje silu pohybu nalietajúceho telesa $F_B = \frac{B^2 \times V_B}{B + C}$ ako súčin veľkosti telesa B

a rýchlosti pohybu po zrážke $V = \frac{B \times V_B}{B + C}$. Silu rezistencie nehybného telesa $F_C =$

$\frac{C \times B \times V_B}{B + C}$ definuje ako súčin veľkosti telesa C a rýchlosti pohybu po zrážke. Aj keď

tieto dve definície vyzerajú podobne, skrýva sa za nimi pozoruhodný konceptuálny rozpor. Sila pohybu sa rovná (*zvyškovej*) hybnosti, kým sila rezistencie sa rovná *prírastku* hybnosti, ktorú získa nehybné teleso v priebehu zrážky. Descartes akoby váhal medzi dvoma spôsobmi spojenia síl a hybnosti. Na jednej strane kladie silu ako rovnajúcu sa hybnosti, na druhej strane ju kladie ako rovnajúcu sa zmene hybnosti.

Podľa Newtona sa sila nerovná ani hybnosti, ani zmene hybnosti, ale **rýchlosti zmeny hybnosti**. Descartovi bránila v pochopení tejto súvislosti skutočnosť, že pôsobenie opisoval ako singulárnu udalosť. V Descartovom systéme nemožno hovoriť o rýchlosti zmeny hybnosti, ale len o jej veľkosti, lebo zmena sa odohráva v okamihu. Až keď Newton zasadil proces odovzdávania hybnosti do časového toku, mohol dať silové pôsobenie do súvisu s rýchlosťou odovzdávania hybnosti. To je obsahom rovnice

$$F \cdot dt = dp.$$

Jednou z fundamentálnych Newtonových ideí, ktorou prispel k rozvoju fyziky, bolo spojenie zmeny hybnosti s pôsobením síl. Význam tejto myšlienky býva často nepochop-

pený a Newtonov druhý zákon sa považuje za definíciu pojmu sily. Napríklad Ernst Mach v klasickom diele *Die Mechanik in ihrer Entwicklung* píše: „Možno ľahko rozpoznať, že 1. a 2. zákon sú už dané predchádzajúcou definíciou sily“ ([33], 241). Konceptuálna práca, ktorá je v tomto zákone skrytá, sa tým zastiera. Newton musel zásadným spôsobom zmeniť ako pojem sily, tak aj pojem množstva pohybu, a predovšetkým musel proces interakcie vnoriť do spojitého toku času, aby bolo možné spojiť pôsobenie sily so zmenou hybnosti.

3.d Zhrnutie. Videli sme, že Newtonova teória interakcie pozostáva z takých istých komponentov ako karteziánska teória: Interakciu opisuje ako *prenos hybnosti* (množstva pohybu), pri opise interakcie používa *sily*, pričom v procese interakcie *sily sú v určitom vzťahu k výmene hybnosti*. Avšak tieto tri komponenty sa v každej z týchto teórií chápu veľmi odlišne. U Descarta je interakcia, teda prenos hybnosti, *singulárnou udalosťou*, ktorá má povahu *sút'aže* medzi dvomi vylučujúcimi sa alternatívami. Táto súťaž je riadená silami, ktoré sú *silami zotrvačnosti*. Tieto sily zotrvačnosti sa kvantitatívne rovnajú *reziduálnemu* alebo *prenesenému množstvu pohybu*. Na rozdiel od toho pre Newtona je interakcia *spojitým procesom*, ktorý má povahu *spolupráce*. Táto kooperácia je riadená silami, ktoré sú *silami interakcie*. Tieto sily interakcie sa kvantitatívne rovnajú *rýchlosti zmeny hybnosti*.

Napriek tomu, že posledné odstavce svedčia o zásadných konceptuálnych rozdieloch medzi karteziánskym a newtonovským systémom, samotná možnosť postaviť obe teórie takto tesne vedľa seba a bod po bode upozorniť na príslušný rozdiel medzi nimi jasne ukazuje ich zásadnú vzájomnú koncepcnú blízkosť. Podobné porovnanie Newtonovej teórie povedzme s Galileovou teóriou pohybu vôbec neprichádza do úvahy. To ukazuje, že v pomerne presnom technickom význame tohto slova možno Newtona charakterizovať ako (reformného) karteziánca.

4. Vzťah medzi newtonovskou a karteziánskou fyzikou a dejiny vedy. Úloha Descarta v dejinách fyziky nie je všeobecne uznávaná. Napríklad Stephen Gaukroger hovorí: „Okrem práce v optike je jeho [Descartov] vklad do vývinu klasickej fyziky minimálny. Pokiaľ ide o kinematiku, karteziánska fyzika dosiahla podstatne menej, než dosiahol Galileo vo svojich *Dvoch nových vedách*, a ak Descartovu fyziku možno považovať za dynamickú teóriu, je často beznádejne zamotaná, obzvlášť v porovnaní s newtonovskou dynamikou“ ([21], 123). Toto hodnotenie je pozoruhodné svojou tendenčnosťou. Keď Gaukroger porovnáva Descarta s Galileom, ktorého Descartes prekonáva v rovine dynamiky, obmedzí porovnanie výlučne na kinematiku, v ktorej je Descartes slabší. Keď naopak prejde do roviny dynamiky, kde by sa mohla prejavíť Descartova sila, porovnáva ho s Newtonom, s ktorým nemôže súťažiť ani jeden učenec 17. storočia.

Gaukroger nie je v odmietaní Descarta sám. Medzi historikmi je to väčšinový názor a súvisí s používaním *korešpondenčnej teórie pravdy* pri hodnotení vedeckých teórií. Či už sa obmedzíme na oblasť kinematiky, alebo sa zameriame na oblasť dynamiky, s Descartom to nevyzerá dobre. Keď v ktorejkoľvek z týchto oblastí porovnáme Descartove tvrdenia s faktmi, nie je ťažké usvedčiť ho z omylu. Korešpondenčná teória pravdy nedokáže zachytiť Descartov prínos, ktorým je práve *iniciovanie prechodu od kinematiky k dynamike*. Z hľadiska korešpondenčnej teórie pravdy je nepochopiteľné, ako môže ne-

pravdivá teória prispieť k rozvoju poznania. Nepravdivé tvrdenia môžu niekoho inšpirovať k objaveniu správnej cesty, podobne, ako vedca môže inšpirovať umelecké dielo. Príslušné chybné tvrdenie sa tým stáva zaujímavým z hľadiska psychológie tvorby, ale preto sa ešte nestáva súčasťou dejín vedy, rovnako ako do dejín vedy nezahrnieme umelecké dielo, ktoré inšpirovalo nejaký vedecký objav.

Hodnotenie Daniela Garbera vyznieva na prvé počutie pozitívnejšie: „*Descartov intelektuálny program, samozrejme, zlyhal; kým časti tohto programu mohli byť dôležitou inšpiráciou pre neskorších mysliteľov, ako prístup k porozumeniu prírody sa Descartov program ukázal ako slepá ulička. Ale aj keď plán bol chybný a stavba bola odsúdená na neúspech od samého začiatku, je fascinujúce predstaviť si celkovú stavbu, ako ju architekt naplánoval...*“ ([18], 2). Toto hodnotenie síce akceptuje väčšinový názor historikov vedy, podľa ktorého Descartovo dielo nepatrí do dejín vedy, ale Garber sa Descartovu reputáciu snaží napraviť tým, že Descartove názory neporovnáva iba s faktmi, ale testuje aj ich vzájomnú koherenciu.

Garber teda pristupuje k Descartovmu dielu z pozícií *koherenčnej teórie pravdy*. Uznáva, že Descartove názory sú z pohľadu korešpondenčnej teórie neudržateľné, ale predsa ich možno vnímať ako pozoruhodnú intelektuálnu stavbu. Garber obhajuje Descarta ako filozofa, ako človeka, ktorý dokázal vybudovať síce faktom nezodpovedajúcu, ale vnútorne zaujímavú intelektuálnu konštrukciu. Tento pohľad však nie je v súlade s tým, ako vnímal svoje dielo Descartes a ako ho chápala jeho doba.

Rekonštrukcia rozvinutá v tejto stati sa pokúša ukázať, že Descartes má aj napriek faktickej nesprávnosti svojej teórie neodškriepiteľné miesto v dejinách vedy. To, čo vytvoril, je čosi viac než len pekná intelektuálna konštrukcia (ako Descartovo dielo interpretuje Garber). Aby sme to ukázali, navrhujeme *tretí typ teórie pravdy*, ktorý je určitou strednou pozíciou alebo určitou kombináciou korešpondenčnej a koherenčnej teórie. Vychádzame z toho, že *Newtonova teória korešponduje* so skutočnosťou, a my ukazujeme *koherenciu Descartovej teórie s Newtonovou*. Domnievame sa, že tento prístup ochráni Descartovu teóriu pred prísnyim verdiktom korešpondenčnej teórie pravdy, lebo Descartovo učenie porovnáваме so skutočnosťou nepriamo, prostredníctvom Newtona. Skutočnosť, že Descartove tvrdenia nekorešpondujú s faktmi, preto nehrá pri našej rekonštrukcii takú významnú úlohu. Na druhej strane tým ukážeme, že Descartovo dielo je koherentné nielen vnútorne, samé so sebou, ale aj s Newtonovou mechanikou, čím mu prisúdime vyšší stupeň pravdivosti, než mu môže pripísať koherenčná teória pravdy. Ukazujeme totiž koherenciu Descartovej teórie s niečím, čo korešponduje skutočnosti.

Navrhujeme nazvať náš prístup *koheršpondenčnou teóriou pravdy*. Postupujeme pritom v dvoch krokoch. Pri prvom kroku, pridŕžajúc sa *korešpondenčnej* teórie pravdy, vyčleníme určitú teóriu pozitívnej vedy (Newtonovu mechaniku) a prijmeme ju ako teoretickú reprezentáciu danej oblasti skutočnosti. Pri druhom kroku, pridŕžajúc sa *koherenčnej* teórie pravdy, prostredníctvom formálnej rekonštrukcie ukážeme, že teória, ktorá nás zaujíma (Descartova teória pohybu), je v súlade s obrazom skutočnosti, ktorý poskytuje teória vyčlenená v prvom kroku. (Technické podrobnosti rekonštrukcie, ukazujúcej koherenciu Descartovej teórie pohybu s Newtonovou mechanikou sú uvedené v ([31], 234 – 237)). Domnievam sa, že koheršpondenčná teória pravdy umožní akceptovať väčší počet vedeckých teórií než korešpondenčná teória pravdy, na ktorej je založená pozitivistická historiografia. Na druhej strane táto teória nevedie k relativizmu, ku ktorému niekedy

zvádza koherenčná teória pravdy.

Za jeden zo zaujímavých výsledkov tohto prístupu možno považovať rekonštrukciu Aristotelovej teórie pohybu ako teórie koherentnej s Newtonovou teóriou pohybu v prostredí s vysokou viskozitou (pozri [29], 26 – 27). Naša rekonštrukcia ukazuje, že ak sa učenci takmer dvetisíc rokov pridžali Aristotelovej teórie, nebola to iracionálna voľba. Aristotelova teória, napriek tomu, že je fakticky nesprávna, je v istom pomerne presnom technickom zmysle koherentná s Newtonovou mechanikou. *Nekorešponduje síce s faktmi, ale je koherentná s teóriou, ktorá s faktmi korešponduje.* Odpor prostredia, ktorý vzniká v dôsledku vysokej viskozity prostredia, je nápadnou črtou skúsenosti s pohybom, lebo ho musíme neustále namáhavo prekonávať. Koherentnosť Aristotelovej teórie s Newtonovou teóriou pohybu vo viskóznom prostredí ukazuje, že Aristotelova teória pripisuje tomuto aspektu skúsenosti s pohybom nadmerný význam, čím skresľuje teóriu pohybu do tej miery, že táto teória prestáva korešpondovať s faktmi. Na druhej strane však naša rekonštrukcia ukazuje, že Aristotelova teória nie je výplodom rozmaru či nepodloženej špekulácie. Je to teória vychádzajúca zo skúsenosti, ibaže jeden aspekt tejto skúsenosti zvyrazňuje do tej miery, že tým deformuje celkový obraz skutočnosti a narúša korešpondenciu teórie s faktmi. Skutočnosť, že veľa ľudí dlhé stáročia považovalo Aristotelovu teóriu za adekvátnu reprezentáciu svojej skúsenosti s pohybom, je teda plne racionálna, lebo táto teória bola koherentná s určitými aspektmi ich skúsenosti.

Podobná situácia nastáva aj v prípade Descartovej teórie zrážok. Descartova teória síce nekorešponduje s faktmi, ale aj ona je koherentná s určitým fragmentom Newtonovej teórie. Tentoraz to však nie je fragment opisujúci pohyb vo viskóznom prostredí, ale fragment opisujúci stret dvoch telies so značne odlišnými hmotnosťami, napríklad delovej gule a pingpongovej loptičky. A problém je opäť, podobne ako u Aristotela, v tom, že prípad, keď dve zrážajúce sa telesá majú veľmi odlišné hmotnosti, je markantný a možno ho analyzovať aj kvalitatívnym prístupom. Descartes pripísal tomuto markantnému prípadu všeobecnú platnosť a výnimočný prípad povýšil na pravidlo. Ale to, že daný výnimočný prípad, ktorý je navyše veľmi markantný, je koherentný s Newtonovou teóriou, ukazuje, že aj Descartova teória má napriek faktickej nesprávnosti jadro, ktoré je empiricky podložené. Preto príťažlivosť tejto teórie nie je iracionálny fenomén, ale možno ju plauzibilne vysvetliť.

5. Vzťah medzi newtonovskou a karteziánskou fyzikou a dejiny filozofie. Okrem dejín vied je zmena pohľadu na vzájomný vzťah medzi karteziánskou a newtonovskou fyzikou dôležitá aj z hľadiska dejín filozofie. Podobne, ako je newtonovská fyzika prelomom v dejinách vedy, znamenajúcim zrod modernej vedeckej metódy, aj Descartova filozofia sa často považuje za prelom v dejinách filozofie, znamenajúci zrod modernej filozofie. Pritom tieto dve tradície novovekej racionality sa od seba postupne vzdialili, až sa nakoniec od polovice minulého storočia začalo hovoriť o dvoch kultúrach. Ak chceme pochopiť vzájomný vzťah týchto dvoch kultúr, je vhodné nájsť ich spoločné východisko a objasniť bod, v ktorom sa od seba oddelili. Ak prijmeme uvedený výklad vzťahu newtonovskej a karteziánskej fyziky, zdá sa, že spoločným východiskom oboch spomenutých tradícií je karteziánska fyzika.

Ako sme už ukázali, newtonovská veda sa rodí z transformácie prvkov karteziánskeho systému. V ďalšom texte sa pokúsime zdôvodniť názor, podľa ktorého karteziánska

filozofia sa zrodila ako domyslenie a radikalizácia princípov karteziánskej fyziky. Ak je tento pohľad na karteziánsku fyziku správny, tak spoločným východiskom tradície modernej vedy a novovekej filozofie je práve karteziánska fyzika. Tento názor sa zdá ako nepravdepodobný, čo je však dôsledkom toho, že reflexia karteziánskej vedy vypadla zo zorného poľa západnej tradície. Historici fyziky spravidla už predpokladajú pojem vedy, ako sa sformoval v newtonovskej tradícii, no z jeho hľadiska je karteziánska fyzika príliš zaťažená metafyzikou. Preto vidieť karteziánsku fyziku ako miesto zrodu novovekej vedy nepripadá z tohto uhla pohľadu do úvahy (pozri citát z Gaukrogera v odseku 4). Keď naopak o karteziánskej fyzike píše filozofi, vidia v nej filozofický systém, teda vnútorne koherentný súbor tvrdení bez jasnejšieho vzťahu k fakticite (pozri citát z Garbera v odseku 4). Takto sa stráca možnosť porozumieť karteziánskej fyzike ako východisku oboch spomínaných tradícií. Keďže výkladu úlohy karteziánskej fyziky pri zrode modernej fyziky boli venované prvé tri časti tejto state, pristúpim teraz k výkladu vzťahu karteziánskej fyziky ku karteziánskej filozofii.

Základná téza, ktorú chceme obhájiť znie takto: Karteziánska filozofia sa zrodila ako domyslenie a radikalizácia základných princípov karteziánskej *fyziky*. Túto tézu podporuje spôsob, akým sám Descartes rozumel svojmu dielu a akým jeho dielo vnímala jeho doba. Z hľadiska autora i jeho doby bolo Descartovo dielo predovšetkým prevratom vo vede. O prvotnosti karteziánskej fyziky v celku Descartovho diela svedčí aj poradie, v ktorom Descartes jednotlivé časti svojho diela rozpracoval. Teóriu zrážok a základy karteziánskeho univerza sformuloval v diele *Le Mond* (1630 – 1633), kým metodická skepsa a základné princípy karteziánskej metafyziky sú načrtnuté až v *Rozprave o metóde* (1633 – 1636) a v *Meditáciách o prvej filozofii* (1640 – 1641). Niet dôvodu pochybovať o tom, že poradie, v akom Descartes jednotlivé časti svojho diela rozvíjal, zodpovedá ich genetickej závislosti. Z tohto hľadiska je Descartova metodológia vedená snahou artikulovať metodologické princípy, pomocou ktorých možno zdôvodniť jeho fyziku. Podobne karteziánska metafyzika je vedená snahou rozpracovať metafyzické princípy, na ktorých stojí karteziánska fyzika. A napokon, karteziánska antropológia je vedená snahou domyslieť, čo by znamenalo pre sebaopojatie človeka, keby vesmír bol naozaj taký, ako nám ho predkladá karteziánska fyzika.

Ak je náš pohľad na Descartovo dielo správny, tak viaceré z pojmov karteziánskej metafyziky, predovšetkým karteziánsky pojem *ega* ako *res cogitans*, možno označiť za **reziduálne pojmy**. Tento termín použil Husserl pri kritike karteziánskeho pojatia *ega*: „*Duša je však rezíduum predchádzajúcej abstrakcie od čistej telesnosti a po uskutočnenej abstrakcii – aspoň zdanlivo – je doplnkom telesného tela*“ ([26], 102). Týmto termínom chceme naznačiť, že Descartes k daným pojmom nedospel analýzou javu, ktorý príslušný pojem vyčleňuje, ale že atribúty pojmu odvodil zo systému svojej fyziky. Napríklad v prípade *ega* vznikajú jeho atribúty ako rezíduum atribútov rozpriestranenej veci, ktorá je základným pojmom karteziánskej fyziky. Keďže Descartes považuje celý vesmír za vyplnený rozpriestranenou substanciou, **ego je užho netelesné**. Samozrejme, *ľudské ja* je s telom spojené, je telesne situované. *Ego*, keďže je to reziduálny pojem rozpriestranenej substance, postráda vzťah k priestoru a telesnosti. Je to duch, ktorý sa vznáša nevedno kde.⁴ Ďalej, rozpriestranená substancia karteziánskej fyziky je pasívna, jej pohyb je urč-

⁴ Tento aspekt karteziánskeho pojmu subjektu korešponduje s náboženskou predstavou „ducha, ktorý sa vznáša nad vodami“, ako aj so všeobecnou tendenciou odmietania telesnosti vlastnou kresťan-

ný pôsobením rôznych častí *ega*. ***Ego je teda čistá sloboda***. Samozrejme, *ľudské ja* je do veľkej miery neslobodné, jeho možnosti sú v mnohom určené jeho situovanosťou. *Ego* je reziduálnym pojmom pasívnej substancie, preto sa stáva miestom absolútnej slobody. Ak je určitý človek neslobodný, tak jeho nesloboda je len nevyužitím či zanedbaním slobody, ktorá mu bytostne patrí. Rozpriešťané súcno poznávame zmyslami. Preto ***ego poznávame zvláštnou formou nezmyslového poznania***. Filozofi vytvorili pre toto nezmyslové poznávanie zvláštny pojem tzv. vnútorného zmyslu a v oblasti epistemológie mal tento karteziánsky reziduálny pojem slávnu kariéru. Vo výpočte vlastností *ega* by sme mohli pokračovať a pokúsiť sa charakterizovať všetky jeho vlastnosti ako reziduálne atribúty. Čosi podobné by sme mohli spraviť aj s mnohými inými pojmami karteziánskej filozofie. Teraz v tejto úlohe nebudeme pokračovať. Chceme však upozorniť na jeden dôležitý fakt, ktorý z tejto analýzy vyplýva.

Ako sme uviedli, oddelenie dvoch tradícií západnej racionality vychádza z ich odlišného postoja ku karteziánskej fyzike. Newtonovská fyzika a celá na nej založená moderná veda odmietli karteziánsku fyziku a podrobili ju zásadnej konceptuálnej prestavbe. Newton predovšetkým odmietol pojem rozpriešťanej substancie a rozdelil ju na látku a priestor. Naproti tomu ak prijmemé tézu, že Descartova filozofia je odvodená z jeho fyziky, tak, keďže karteziánska filozofia je východiskom novovekej filozofie, s naším tvrdením, že vo filozofii naďalej pretrvávajú reziduálne pojmy karteziánskej fyziky, nebudeme ďaleko od pravdy. Novoveká filozofia vrátane Kanta teda namiesto toho, aby vzala na vedomie, že Newton priniesol radikálne prebudovanie základných pojmov fyziky, v dôsledku čoho stratili svoje opodstatnenie reziduálne pojmy karteziánskej fyziky, sa aj naďalej pridŕža dedičstva reziduálnych pojmov karteziánskej fyziky.

Historici filozofie vidia v Descartovi ***obrat k subjektu***, čím zastierajú, že obrat k subjektu je iba sprievodným javom (rezíduom) omnoho zásadnejšieho obratu, a to ***obratu k telesnosti*** alebo, presnejšie, karteziánskej *fyzikalizácie telesnosti*, výkladu tela ako fyzikálneho telesa. Karteziánsky subjekt, ktorý je základom novovekého obratu vo filozofii, je iba reziduálnym pojmom karteziánskeho pojmu telesnosti, ktorý je východiskom karteziánskeho obratu vo fyzike. Preto filozofickej reflexii zostáva zastreté jadro toho, čo sa vlastne v sedemnástom storočí udialo. Obrat k telesnosti sa zastiera obratom k subjektu. Obrat vo vede je zatičený svojím rezíduom.

Okrem toho, ako sme ukázali vyššie, newtonovská fyzika priniesla zásadnú zmenu fyziky. Keď odmietla karteziánsku fyziku, stali sa irelevantnými aj jej reziduálne pojmy, medzi nimi aj karteziánsky pojem subjektu. Nový pojem subjektu, ktorý by korešpondoval s newtonovskou fyzikou, je zásadne odlišný od karteziánskeho subjektu: Newton nepovažuje vesmír za vyplnený rozpriešťanou substanciou, preto nové poňatie subjektu môže chápať subjekt ako ***telesný***. Okrem toho Newton nepovažuje látku za čisto pasívnu, práve naopak, nachádza v nej zdroj rôznych síl a afínít, preto nové poňatie subjektu môže chápať subjekt ako obdarený ***pasívnou aj aktívnou zložkou***. Navyše, Newton nepoznáva látku len zmyslami, takže nový pojem subjektu ***nevyžaduje nezmyslové poznanie***. Inými slovami, je to subjekt blízky pojmu subjektu modernej filozofie mysle.

Novoveká filozofia namiesto toho, aby sa pokúsila artikulovať subjektivitu korešpondujúcu s chápaním telesnosti v newtonovskej vede, zotrvala pri karteziánskom subjek-

stvu. Preto je pravdepodobné, že okrem opísaných aspektov spolupôsobili pri udržiavaní karteziánskych reziduálnych pojmov aj ďalšie faktory.

te. Newtonovská fyzika preberá mnohé motívy od Descarta, čo má za následok, že karteziánsky pojem subjektu v mnohých rysoch *zdanlivo* korešponduje s princípmi modernej vedy. Filozofia teda mohla ešte niekoľko storočí rozvíjať karteziánsky pojem subjektu, ktorý už stratil oporu vo svojom protipóle rozpriestranenej veci, z ktorej sa kedysi zrodil ako jeho rezíduum. Nečudo, že pri skúmaní tejto netelesnej slobodnej subjektivity, prístupnej výlučne filozofickej reflexii, filozofia stratila kontakt s novovekou vedou, ktorá karteziánizmus v jeho pôvodnej podobe odmietla.

LITERATÚRA

- [1] BÖHME, G.: Philosophische Grundlagen der Newtonschen Mechanik. In: *Hutter* 1989, S. 5 – 20.
- [2] COHEN, I. B.: *Introduction to Newton's Principia*. Cambridge: Cambridge University Press 1971.
- [3] COTTINGHAM, J. (ed.): *The Cambridge Companion to Descartes*. New York: Cambridge University Press 1992.
- [4] DE CARO, M.: Galileo's Mathematical Platonism. In: J. Czermak (ed.): *Philosophie der Mathematik*. Wien: Hölder-Pichler-Tempski 1993.
- [5] DESCARTES, R. (1637): *Rozprava o metóde ako správne viesť svoj rozum a hľadať pravdu vo vedách*. Prel. A. Vantuch. In: René Descartes: *Rozprava o metóde, Pravidlá na vedenie rozumu*. Bratislava: Vydavateľstvo SAV 1954, s. 23 – 69.
- [6] DESCARTES, R. (1641): *Meditácie o prvej filozofii*. Prel. J. Cíger a V. Cígerová. Bratislava: Chronos 1997.
- [7] DESCARTES, R. (1644): *Princípy filozofie*. Prel. J. Špaňár. Bratislava: Pravda 1987.
- [8] DRAKE, S.: *Discoveries and opinions of Galileo*. New York: Doubleday Company 1957.
- [9] DRAKE, S.: Galileo's Experimental Confirmation of Horizontal Inertia. In: *Isis*, Vol. 64, 1973, p. 291 – 305.
- [10] DRAKE, S.: *Galileo at Work: His Scientific Biography*. Chicago: Dover 1978.
- [11] DRUMMOND, J. J.: Indirect Mathematization in the Physical Sciences. In: Hardy, L. – Embree, L. (eds.): *Phenomenology of Natural Science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers 1992.
- [12] FAUVEL, J. (ed.): *Newtons Werk. Die Begründung der modernen Naturwissenschaft*. Basel: Birkhäuser 1993.
- [13] GABBEY, A. (1980): Force and Inertia in the Seventeenth Century: Descartes and Newton. In: ([20], 230 – 320).
- [14] GALILEI, G. (1610): The Starry Messenger. In: ([8], 21 – 58).
- [15] GALILEI, G. (1623): *The Assayer*. In: ([8], 229 – 280).
- [16] GALILEI, G. (1632): *Dialóg o dvoch systémoch sveta*. Bratislava: Vydavateľstvo SAV 1962.
- [17] GALILEI, G. (1638): *Discorsi e dimonstrazioni matematiche, intorno a due nuove scienze; attenenti alla meccanica i movimenti locali*. (Ed. Antonio Favaro), Florencia 1933. Maďarský preklad: *Matematikai érvelések és bizonyítások*. Budapest: Európa könyvkiadó 1986.
- [18] GARBER, D.: *Descartes' metaphysical physics*. Chicago: The University of Chicago Press 1992a.
- [19] GARBER, D. (1992b): Descartes' physics. In: ([3], 286 – 334).
- [20] GAUKROGER, S. (ed.): *Descartes, Philosophy, Mathematics and Physics*. Sussex: The Harvester Press 1980a.
- [21] GAUKROGER, S. (1980b): Descartes' Project for a Mathematical Physics. In: ([20], 97 – 140).
- [22] GUEROULT, M. (1980): The Metaphysics and Physics of Force in Descartes. In: ([20], 196 – 230).
- [23] HALL, R. (1967): The significance of Galileo's thought for the history of science. In: ([35], 78).
- [24] HERIVEL, J.: *The Background to Newton's Principia*. Oxford: The Clarendon Press 1965.
- [25] HILL, D. K.: Dissecting Trajectories: Galileo's Early Experiments on Projectile Motion and the Law of Fall. In: *Isis*, 79, 1988, p. 646 – 668.

- [26] HUSSERL, E. (1935): *Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie*. Haag: Martinus Nijhoff 1954. Český překlad Oldřicha Kubu: *Krise evropských věd a transcendentální fenomenologie*. Praha: Akademie 1972.
- [27] HUTTER, K. (ed.): *Die Anfänge der Mechanik, Newtons Principia gedeutet aus ihrer Zeit und ihrer Wirkung auf die Physik*. Berlin: Springer Verlag 1989.
- [28] KOYRÉ, A. (1939): *Galileo Studies*. Prel. J. Mepham. Hassocks, Sussex: The Harvest Press 1978.
- [29] KVASZ, L.: *Gramatika zmeny*. Bratislava: Chronos 1999.
- [30] KVASZ, L.: Galileovská fyzika vo svetle Husserlovej fenomenológie. In: *Filosofický časopis*, 48, 2000, s. 373 – 399.
- [31] KVASZ, L.: Descartovská fyzika vo svetle Husserlovej fenomenológie. In: *Filosofický časopis*, 49, 2001, s. 213 – 240.
- [32] KVASZ, L.: Newtonovská fyzika vo svetle Husserlovej fenomenológie. In: *Filosofický časopis*, 52, 2004, s. 411 – 440.
- [33] MACH, E. (1883): *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*. Leipzig: Brockhaus 1897.
- [34] MACHAMER, P. (ed.): *The Cambridge Companion to Galileo*. New York: Cambridge University Press 1998.
- [35] MCMULLIN, E. (ed.): *Galileo, Man of Science*. New York: Basic Books Publishers 1967.
- [36] NAYLOR, R. H.: Galileo's Theory of Projectile Motion. In: *Isis*, 71, 1980, p. 550 – 570.
- [37] NAYLOR, R. H.: Galileo's Method of Analysis and Synthesis. In: *Isis*, 81, 1990, p. 695 – 707.
- [38] NEWTON, I. (1687): *The Principia*. A New Translation by I. B. Cohen and A. Whitman, Preceded by *A Guide to Newton's Principia*. Berkeley: University of California Press 1999.
- [39] NEWTON, I.: *Unpublished scientific papers of Isaac Newton*. Ed. A. R. Hall a M. B. Hall. Cambridge 1962.
- [40] NEWTON, I.: *Philosophiae naturalis Principia mathematica*. Ed. A. Koyré a I. B. Cohen. Cambridge 1972.
- [41] SETTLE, T.: Galileo's use of experiment as a tool of investigation. In: ([35], 315 – 337.
- [42] STEINLE, F.: *Newtons Entwurf „Über die Gravitation...“* Stuttgart: Frank Steiner Verlag 1991.
- [43] TANNERY, P.: Galilée et les principes de la dynamique. In: *Revue générale des sciences pures et appliquées*, 1901, s. 330 – 330. Anglický preklad v McMullin 1967, p. 163 – 177.
- [44] WALLACE, W. A.: *Galileo and His Sources: The Heritage of the Collegio Romano in Galileo's Science*. Princeton: Princeton University Press 1984.
- [45] WISAN, W. L.: Galileo and the Process of Scientific Creation. In: *Isis*, 75, 1984, p. 269 – 286.
- [46] WESTFALL, R. S.: *Force in Newton's Physics*. New York: Neale Watson 1971.
- [47] WESTFALL, R. S.: *Never at Rest*. Cambridge: Cambridge University Press 1980.

Pod'akovanie

Ďakujem Gáborovi Borosovi, na podnet ktorého sa zrodila táto stať. Príspevok je súčasťou grantovej úlohy VEGA 1/3621/06 *Historické a filozofické aspekty exaktných disciplín*.

doc. PhDr. Ladislav Kvasz, CSc.
 Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK
 Katedra algebry, geometrie a didaktiky matematiky
 Mlynská dolina
 842 48 Bratislava 4
 SR