

PARADOXY D-N MODELU VYSVETLENIA A KAUZÁLNE ZÁKONY

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

HANZEL, I.: Paradoxes of the D-N Model of Explanation and Causality Laws

FILOZOFIA, 48, 1993, No 5, p. 257

The paper deals with the problems and paradoxes of the D-N model of scientific explanation. By means of an analysis of a conception of scientific laws as involved in D-N model it shows, that the paradoxes and the problems result from the Humean conception of causality. Concluding the paper, the author determines the place of the scientific explanation of the D-N type in the frame of science.

Cieľom štúdie je, na základe rozboru prác C. G. Hempela ([3], [4],[5],[6],[8]) zrekonštruovať základy, na ktorých je budovaný deduktívno-nomologický (D-N) model vysvetlenia. Tento model sa spolu s chápaním pojmu „vedecký zákon“, ktoré je v ňom obsiahnuté, vydával za etalón, podľa ktorého vraj možno ohodnotiť úroveň rozvoja určitej vednej disciplíny a tak rozhodnúť, či už dosiahla úroveň skutočnej vedy. Pritom ako príklad špeciálnej vedy, ktorej explanačné postupy korešpondujú s D-N modelom a v ktorej vedecké zákony korešpondujú s chápaním tohto pojmu v D-N modeli, sa uvádza klasická mechanika. Táto sa predkladala ostatným (prírodným a spoločenským) vedám ako vzor, ktorý je hodný napodobovania (pozri [14]). Preskúmame preto takéto chápanie vedeckých zákonov v klasickej mechanike. Najprv stručne vyložíme základné charakteristiky D-N modelu, ako aj jeho typické problémy a paradoxy. Rekonštruujeme ďalej humovské chápanie vedeckých zákonov, ktoré tvorí jeden z ústredných pilierov D-N modelu a ktoré je v ňom implicitne obsiahnuté. Rozborom niektorých vedeckých zákonov z klasickej mechaniky ukážeme, že paradoxy a problémy D-N modelu majú svoj pôvod práve v humovskom chápaní vedeckých zákonov.

1. D-N model vedeckého vysvetlenia. C. G. Hempel najprv charakterizuje potencionálne vysvetlenie ako „potencionálnu odpoveď na otázku formy ‚prečo platí, že p ?‘, kde za p má byť dosadená empirická veta podrobne opisujúca fakty, ktoré sa majú vysvetliť“ ([6], 421), a potom identifikuje vedecké vysvetlenie ako potencionálne vysvetlenie s pravdivými premisami. Ak vetu opisujúcu vysvetľované fakty označíme ako E , potom podľa D-N modelu má vysvetlenie charakter *deduktívneho dôkazu* ([6], 336; [8], 50), kde vetu E deduktívne odvodíme z viet $L_1, \dots, L_k$, predstavujúcich vedecké zákony, spolu s vetami $C_1, \dots, C_r$, predstavujúcimi určité individuálne fakty. Vedecké vysvetlenie sa v D-N modeli chápe ako deduktívna subsumpcia. Veta E sa subsumuje pod vety $L_1, \dots, L_k$ a z týchto sa spolu s vetami $C_1, \dots, C_r$ deduktívne

odvodí. Podľa Hempela veta E môže byť opisom individuálneho javu, udalosti, ktorá nastala na určitom konkrétnom mieste a konkrétnom čase; v tomto prípade sú vedecké zákony v explananse empirickými zákonmi. Podľa Hempela však E môže mať aj charakter vedeckého empirického zákona (všeobecnej pravidelnosti); potom vedecké zákony v explananse sú teoretickými zákonmi, teoretickými princípmi alebo empirickými zákonmi, ktoré sú všeobecnejšie ako empirický zákon v explanande ([3], 247; [6], 343; [8], 51).

2. Problémy a paradoxy D-N modelu. Tieto stručné charakteristiky D-N modelu vyložil Hempel v prvej časti štúdie [3] a potom ich zopakoval v neskorších prácach ([5], [6], [8]). Ale už pri pokuse definovať vedecké vysvetlenie prostredníctvom jednoduchého modelového jazyka (predikátová logika prvého rádu bez identity) v tretej časti štúdie [3] narazil na prvý problém. I keď Hempel tvrdil, že veta E môže byť aj vedeckým zákonom, definovanie ho priviedlo k uvedomeniu si problému, k zrieknutiu sa explikácie tohto prípadu a k obmedzeniu sa na explikáciu prípadu, keď veta E opisuje len individuálny jav. Tento problém vyjadril v známej poznámke 33: „Toto nie je vec slobodnej voľby: racionálna rekonštrukcia explanácie aplikovaná na všeobecné pravidelnosti predstavuje zvláštny problém, pre ktorý teraz nemáme žiadne riešenie. Jadro problému môžeme stručne ukázať na nasledujúcom príklade: Keplerove zákony K môžu byť spojené s Boyleovým zákonom B do silnejšieho zákona $K.B$, ale odvodenie K z nich by sa nepovažovalo za vysvetlenie pravidelností vyjadrených v Keplerových zákonoch. Skôr by sa chápalo ako prípad nezmyselného „vysvetlenia“ Keplerových zákonov nimi samými. Odvodenie Keplerových zákonov z Newtonových zákonov by bolo na druhej strane uznané ako skutočné vysvetlenie v termínoch obsiahlejších pravidelností alebo tzv. zákonov vyššej úrovne“ ([3], 273; pozri aj ako poznámku 28 v [9], 224). I keď Hempel v prácach ([5], [6], [8]) publikovaných po štúdiu [3] opakoval tvrdenie, že explanandum-veta môže byť aj vedeckým zákonom, nikde v nich nevyriešil spomenutý problém. Toto tvrdenie preto nie je overené a rekonštrukcia vysvetlenia vedeckých zákonov z vedeckých zákonov zostáva v rámci D-N modelu úplne otvorená. Problém vyjadrený v poznámke 33 je podľa nášho názoru súčasťou zložitejšieho problému, ktorý je možné vyjadriť v nasledujúcom paradoxe. Na otázku „Prečo sa tento kus kuchynskej soli po vhození do tejto nádoby s teplou vodou rozpustil?“ odpovieme „Všetky kusy kuchynskej soli sa po vhození do teplej vody rozpustia“ (zákon L) spolu s uvedením individuálnej podmienky „Tento kus soli bol vhozený do nádoby s teplou vodou“. Bolo by ale možné aj iné vysvetlenie, ktoré tiež zodpovedá D-N modelu: „Všetky kusy kuchynskej soli sa po vhození do teplej vody a po vyslovení zaklínacej formulky rozpustia“ spolu s individuálnou podmienkou „Tento kus soli bol vhozený do tejto nádoby s teplou vodou a bola nad ním vyrieknutá zaklínacia formulka“. Ak by vedecké vysvetlenie svojou štruktúrou zodpovedalo D-N modelu, nebolo by možné zabrániť včleneniu irelevantností (napr. pričleneniu Boyleovho zákona ku Keplerovým zákonom). Ich začlenenie do deduktívneho dôkazu je neškodné, má ale deštruktívne účinky na vedecké vysvetlenie. Pre D-N model sú typické aj iné paradoxy (pozri napr. [11], 29-31; [13], 46-50); spomeňme tu paradox kyvadla, stožiara a barometra. V prípade *paradoxu kyvadla* je možné na základe rovnice $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ pre matema-

tické kyvadlo vysvetliť, odvodiť, prečo má určité konkrétne kyvadlo danú periódu, a to na základe individuálnej podmienky charakterizujúcej jeho dĺžku. Je ale možné „vysvetliť“ aj to, prečo má toto kyvadlo určitú dĺžku, ak vychádzame z rovnice $l = T^2 g / 4\pi^2$ spolu s individuálnou podmienkou charakterizujúcou hodnotu jeho periódy. Podobný problém vzniká aj v prípade *paradoxu stožiara*. Predstavme si stožiar určitej výšky h' , na ktorý svieti slnko a jeho lúče dopadajú pod uhlom k' , tieň vrhaný tyčou je dlhý l' a kde funkčná závislosť je $l = l(h, k)$. Na otázku, prečo určitý stožiar vrhá tieň určitej dĺžky, odpovieme vysvetlením, že platí vedecký zákon s rovnicou pre l spolu s uvedením konkrétnych hodnôt pre uhol dopadu lúčov a pre výšku stĺpa. Ak ale rovnice upravíme a získame funkčnú závislosť $h = h(l, k)$, potom je možné „vysvetliť“, prečo má určitý stĺp danú výšku, na základe uvedenej rovnice spolu s udaním konkrétnych hodnôt pre uhol dopadu lúčov a pre dĺžku tieňa (o paradoxoch, ktoré vznikajú týmto obrácaním rovníc pozri napr. [2]). *Paradox barometra* je založený na nasledujúcej úvahe. Majme „zákon“: „Tam, kde v určitom čase t ukáže barometer pokles atmosférického tlaku, bude vždy v čase t plus dve hodiny pršať“. Na otázku „Prečo na tom a tom konkrétnom mieste o 12.00 pršalo?“ odpovieme odvolaním sa na uvedený „zákon“ spolu s uvedením individuálnej podmienky „Na tom a tom mieste o 10.00 barometer ukázal pokles tlaku“. I keď toto vysvetlenie svojou štruktúrou zodpovedá D-N modelu, nie je vysvetlením príčiny dažďa. Príčinou je tu určitý atmosférický proces poklesu tlaku vyvolávajúci dva vzájomne nezávislé účinky: výchylku ručičky na barometri, ako aj dažď.

Paradox barometra vzniká nezohľadnením vzťahu príčiny a účinku vo vedeckom zákone, ktorý má slúžiť ako základ explanácie. To isté platí aj o paradoxu stožiara. Jeho dĺžka je daná, existuje, aj keď svetelné lúče naň nedopadajú, t.j. nie je výsledkom ich pôsobenia. Už z tejto intuitívnej analýzy posledných dvoch paradoxov vyplýva, že je nutné zaoberať sa chápaním kauzality, ktoré je obsiahnuté v D-N modeli, konkrétne, ako je toto vyjadrené v Hempelovom vymedzení pojmu „vedecký zákon“.

3. Humeovská kauzalita. Vedecké zákony, ktoré sú základom D-N vysvetlení individuálnych javov, sú v prácach C. G. Hempela podrobené detailnej metodologickej analýze. Sú to vedecké empirické zákony vyjadrujúce „uniformné spojenie medzi odlišnými empirickými javmi alebo rozličnými aspektami jedného javu“ ([8], 54). Ich logická štruktúra je: „Kedykoľvek a kdekoľvek sa objaví podmienky F , objaví sa vždy a všade bez výnimky aj určité iné podmienky G “ ([8], 54). *Vedecký empirický zákon* vyjadříme takto

$$L_c: (x)(Fx \rightarrow Gx) \quad /1/$$

Ako príklad uvádza Hempel napr. tvrdenie „Vždy, keď teplota plynu pri konštantnom tlaku rastie, rastie aj jeho objem“. Podobnú štruktúru má aj tvrdenie „Vždy, keď fyzikálne teleso padá voľne zo stavu pokoja (t.j. je uvoľnené) vo vákuu v blízkosti Zeme, prekoná dráhu $s = 16t^2$ stôp“. Tieto tvrdenia, vystupujúce v D-N vysvetleniach, charakterizuje Hempel ako *kauzálne zákony*, keďže „sú vždy predpokladané explanačnou vetou v tom zmysle, že partikulárna udalosť určitého druhu G (napr. expanzia plynu pri konštantnom tlaku, tok prúdu vo vodiči tvaru slučky) bola *zapríči-*

nená určitou udalosťou iného druhu F (napr. zohriatie plynu, pohyb vodiča v tvare slučky cez magnetické pole). Aby sme to pochopili, nie je nutné skúmať všetky dôsledky pojmu „príčina“. Stačí si len uvedomiť, že ak sa maxima „tá istá príčina – ten istý účinok“ aplikuje na takéto explanačné vety, vedie k tvrdeniu, že vždy, keď sa objaví udalosť typu F , je sprevádzaná udalosťou typu G “ ([8], 53). Podľa Hempela *vedecký kauzálny zákon*, ako určitá varianta zákonov typu L_{cs} , vyjadruje vzťah príčiny a účinku tak, že príčina má charakter antecedentnej udalosti a účinok charakter konzekventnej udalosti. Schematické vyjadrenie je takéto:

$$L_{cs}: (x)(Nx \wedge C^{1-k}x \wedge C^0x \rightarrow E^0x) \quad /2/$$

Ak sú teda dané objekty určitého rodu (natural kind) N (napr. plyn, fyzikálne teleso) a je daných 1 až k podmienok Cn (tlak je konštantný, nulová počiatočná rýchlosť), potom udalosti určitého typu (rast teploty plynu, uvoľnenie telesa) predstavujú príčinu (C^0) a udalosti určitého typu, ktoré nasledujú po nich (rast objemu plynu, pád telesa), predstavujú účinok (E^0). Vysvetlenie typu D-N, v ktorom vystupujú takéto *vedecké zákony následnosti*, nazval Hempel *kauzálnym* vysvetlením. Okrem toho rozlišuje Hempel aj *nekauzálne* D-N vysvetlenie ([6], 352). Za takéto považuje tak vysvetlenie empirických zákonov z teoretických zákonov, teoretických princípov alebo zo všeobecnejších empirických zákonov (napr. odvodenie Galileovho zákona voľného pádu, zákona matematického kyvadla a Keplerových zákonov z Newtonových zákonov), ako aj niektoré vysvetlenia individuálnych udalostí z empirických zákonov. Tieto vysvetlenia nie sú založené na empirických zákonoch následnosti, ale na *empirických zákonoch koexistencie*. Ako príklad takéhoto zákona uvádza Hempel zákon pre matematické kyvadlo, ktorý vyjadruje vzťah medzi jeho dĺžkou a jeho periódou rovnicou $T = 2\pi\sqrt{l/g}$. Keďže dĺžka a perióda sú podľa Hempela koexistujúce aspekty jednej udalosti – kyvu, má tento zákon charakter zákona koexistencie a D-N vysvetlenie konkrétnej hodnoty periódy nie je kauzálnym vysvetlením. Empirický zákon koexistencie zapíšeme nasledovne:

$$L_{cs}: (x)(Nx \wedge C^{1-k}x \wedge E_1x \rightarrow E_2x), \quad /3/$$

kde „ E_1 “ a „ E_2 “ sú koexistujúce aspekty nejakej udalosti.

Skúmame teraz podrobnejšie Hempelove chápanie kauzality, ako je vyjadrené v L_{cs} . Z hľadiska jej vymedzenia by nami uvedený výrok pre barometer mal byť zákonom tohto typu. Vyjadruje totiž pravidelne sa opakujúcu časovú následnosť udalostí určitého druhu. Charakteristika opakovateľnosti, ako aj charakteristika následnosti, ako je daná v Hempelovom chápaní kauzálného zákona, má svoj skutočný pôvod v *Humovom vymedzení kauzality*¹. Podľa jeho názoru existujú len tri

¹ Toto je napr. aj stanovisko P. Achinsteinu v ([1], 218).

objektívne charakteristiky vzťahu príčiny a účinku chápaných ako diskrétny, atomárne udalosti, javy: ich časová a priestorová spojitosť (contiguity), ich časová následnosť a pravidelnosť-opakovateľnosť ich časovej následnosti (pozri napr. [10], 243; [12], 217). Toto vymedzenie tvorí Hempelom neexplikovaný, skrytý *ontologický* základ jeho vymedzenia pojmu „vedecký kauzálny zákon“. Hempel explicitne predpokladá, že cieľom vedy je odhaliť empirické pravidelnosti v „toky udalostí“ a na ich základe formulovať empirické zákony ([3], 250; [5], 173), a teda implicitne buduje svoje chápanie pojmu „vedecký zákon“, ako aj svoj D-N model na humovskej ontológii. Existuje tu teda nasledujúca väzba: určitá ontológia generuje určité chápanie pojmu „vedecký zákon“ a toto nadväzne generuje určitý model vedeckého vysvetlenia. D-N model však upadá do problémov a paradoxov pri konfrontácii s explanačnými postupmi vo fyzike (paradox kyvadla, paradox stožiaru), a to nás vedie k tvrdeniu-hypotéze, že vo fyzike sa asi formulujú vedecké zákony so štruktúrou odlišnou od štruktúry /2/ a /3/ a že sú teda asi budované na inom ontologickom vymedzení kauzality, ako je jej humovské vymedzenie. Táto hypotéza sa nám zdá byť zmysluplná aj z nasledujúceho dôvodu: paradox kyvadla vzniká preto, že v rámci Hempelovho chápania vedeckých kauzálnych zákonov sa nedá rovnica $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ odlíšiť od rovnice $l = T^2g/4\pi^2$. V mechanike však toto rozlíšenie existuje. Kyv s určitou periódou je generovaný silou pôsobiaceou na kyvadlo, je jej účinkom. V Hempelovom chápaní, založenom na humovskom vymedzení kauzality, nie je možné rozlíšiť prípad, kedy rovnica vedeckého zákona vyjadruje *ontický vzťah* genézy účinku z príčiny, od prípadu, kedy rovnica vzniknutá úpravou z tejto rovnice vyjadruje *len epistémický prístup*; touto úpravou sa spätne zisťuje príčina z účinku. Aby sme toto tvrdenie-hypotézu overili, musíme skúmať, či vedecké zákony napr. klasickej mechaniky majú, alebo nemajú štruktúru /2/ alebo /3/.

4. Zákony mechaniky. Zapíšme logickú štruktúru vedeckého zákona pre matematické kyvadlo. Rovnica $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ platí pre kyvadlá, o ktorých predpokladáme, že spĺňajú nasledujúcich osem idealizácií: 1. trenie v závесе je nulové; 2. celá hmotnosť kyvadla je sústredená v telese na závесе, t.j. hmotnosť závesu je nulová; 3. negravitáčné sily nepôsobia; 4. uhol výchylky k kyvadla je z intervalu (0,5) stupňov, t.j. $\sin k = k$; 5. gravitačná sila sa nemení v čase; 6. dĺžka závesu je konštantná, t.j. jej zmena je nulová; 7. objem telesa na závесе je nulový, t.j. je to hmotný bod; 8. neexistuje odpor prostredia, pohyb kyvadla sa uskutočňuje vo vákuu. Idealizáciu vyjadříme ako Id . V antecedente vedeckého zákona máme konjunkciu ôsmich idealizácií $Id^1 \wedge \dots \wedge Id^8$. Ak túto konjunkciu vyjadříme ako Id a $T^{(8)}$ bude označovať periódu kyvadla (označené ako P) pri platnosti všetkých týchto idealizácií, potom logická štruktúra vedeckého zákona pre matematické kyvadlo ako zákona ôsmeho stupňa idealizácie je:

$$L^{(8)}: (x)(Px \wedge Id^1 \dots Id^8 \rightarrow T^8 x = 2\pi \sqrt{l/gx}) \quad /4/$$

Tento zákon je už sformulovaný v kontexte fyzikálnych teórií, z ktorých už vieme, že existuje aj gravitačná sila F , aj negravitáčné sily. Preto aj vedecký zákon $L^{(8)}$ v tomto

kontexte hovorí už o *príčine* generujúcej kyvy. Je to sila F pôsobiaca na kyvadlo dĺžky l . Keďže zmena dĺžky (napr. novým nastavením vzdialenosti telesa od bodu závesu) by zmenila periódu a keďže platí idealizujúca podmienka 6., vystupujú l a F ako nezávislé príčiny generujúce spolu kyvy. Pri odvodzovaní vzťahu pre periódu dospejeme k výrazu $T = 2\pi \sqrt{ml/F}$ a keďže $F = mg$, dostaneme nakoniec aj rovnicu $T^{(8)} = 2l/g$.

Skúmame teraz podrobnejšie problém kauzálnosti vedeckého zákona /4/. Podľa nášho názoru ide o *teoretický kauzálny zákon*, zatiaľ čo podľa Hempela ide o *empirický koexistenčný zákon* ([3], 352). Ako je možné takéto odlišné metodologické hodnotenie tohto zákona? Kľúč k nemu sa nachádza v štúdiu *Teoretikova dilemma*. Hempel v nej rozlíšil dve roviny vedných disciplín (vedeckej systematizácie): rovinu empirickej generalizácie (ďalej ako l_e) a rovinu formovania teórií (ďalej ako l_t) ([5], 178; pozri aj [8], 70). Rovina l_e je charakteristická pre ranné štádium určitej vedy a je pre ňu typické formulovanie empirických zákonov, ktoré spájajú priamo pozorovateľné aspekty skúmaného objektu. Do tejto roviny Hempel zaraďuje napr. Galileove, Hookove a Snellove zákony, ktoré podľa jeho názoru majú predstavovať jednoduché kvantitatívne zákony. Rovina l_t nasleduje po rovine l_e a formulujú sa v nej teoretické zákony a teoretické princípy opisujúce správanie sa hypotetických, priamo nepozorovateľných entít a procesov s cieľom pochopiť na ich základe empirické uniformity známe už predtým v rovine l_e . Podľa nášho názoru má vedecký zákon pre matematické kyvadlo *dve podoby*. Raz vystupuje ako vedecký zákon formulovaný *pred* vznikom newtonovskej mechaniky, t.j. pred formulovaním jej dynamických zákonov, gravitačného zákona, ako aj nadväzných vzťahov (pre moment sily, moment zotrvačnosti, atď.). Zákon tu *mohol mať* vzhľadom na antecedentné idealizácie nanajvýš takúto podobu²:

$$L^{(6)}: (x)(Px \wedge \overset{1,2,4,6-8}{Id}x \rightarrow T^6x = 2\pi \sqrt{lx/g}) \quad /5/$$

Keďže v sebe neobsahuje odvolanie sa na nepozorovateľné entity-sily a vyjadruje koexistenciu dĺžky a periódy, je to skutočne empirický zákon koexistencie. Akonáhle je už ale známy gravitačný zákon, druhý dynamický zákon, sú známe vzťahy pre moment sily, moment zotrvačnosti atď., a akonáhle sú známe aj negravitačné sily, potom zákon pre matematické kyvadlo má podobu /4/ a je už teoretickým kauzálnym zákonom. Je formulovaný nielen ako zákon, na pozadí ktorého existujú Newtonove zákony, ale obsahuje v sebe aj pojem sily, a to dvojako: v antecedentnej podmienke Id a Id a súčasne v parametri g v konzekvente. g tu už nevystupuje ako empiricky nameraná konštanta, ale ako zrýchlenie generované prítlačlivým poľom Zeme, ktorého silu F vyjadríme rovnicou $F=mg$. Táto rovnica je splnená len v prípade, že objekt s hmotnosťou m má zanedbateľný objem, spolu s ďalším idealizujú-

² Uspokojíme sa tu s redukciou zákona /4/, ktorá nastane vylúčením pojmu sily; aby sme zistili, aká bola reálna historická podoba zákona pre kyvadlo, musíme skúmať hlavne práce G. Galileiho a Ch. Huygensa.

cim predpokladom, podľa ktorého na fyzikálnu sústavu, v ktorej sa nachádza tento objekt, nepôsobia žiadne sily. Zákon tak má podobu:

$$L^{(2)}: (x)(Ox \wedge Idx \rightarrow Fx = mxg^{(2)}x) \quad /6/$$

„0“ označuje objekt s nenulovou gravitačnou hmotnosťou nachádzajúci sa v určitej fyzikálnej sústave, Id vyjadruje už spomenuté dve idealizácie. Vedecký zákon pre matematické kyvadlo /4/ sa opiera o zákon /6/, a je tak kauzálnym zákonom, ktorý už ale nemá charakter humovského kauzálného zákona. Obsahuje v sebe totiž už nie opis opakujúcej sa následnosti udalostí, ale vysvetlenie pôvodu kyvov, generatívnej príčiny, a tou je sila F , ktorá ich vyvoláva, a je preto súčasťou roviny l_e . V protiklade k tomu je /5/ ešte len empirickým zákonom koexistencie, ktorý je súčasťou roviny l_e .

Ku transformácii chápania kauzality pri prechode od roviny l_e k rovine l_i dochádza aj pri premene Galileovho zákona voľného pádu z predpokladu newtonovskej mechaniky na jej dôsledok. Tento zákon v kontexte súčasných fyzikálnych poznatkov vyjadríme nasledovne:

$$L^{(9)}: (x)(O^1x \wedge Idx \rightarrow s^{(9)}x = g^{(2)}xt^2x/2) \quad /7/$$

„0“ označuje uvoľnené teleso s nenulovou gravitačnou hmotnosťou nachádzajúce sa v určitej fyzikálnej sústave. „ Id “ označuje konjunkciu nasledujúcich idealizácií: 1. počiatočná rýchlosť telesa je nulová; 2. sily trenia sú rovné nule; 3. ostatné gravitačné sily sú rovné nule; 4. negravitačné sily sú rovné nule; 5. objem Zeme je rovný nule; 6. objem padajúceho telesa je rovný nule; 7. gravitačná sila, ktorou Zem pôsobí na padajúce teleso, sa nemení v čase; 8. zrýchlenie Zeme vyvolané príťažlivosťou padajúceho telesa je rovné nule; 9. na fyzikálnu sústavu, v ktorej sa nachádza padajúce teleso, nepôsobí žiadna sila (táto idealizácia vzniká tým, že v /7/ vystupuje g , ktoré je v /6/ dané ako $g^{(2)}$, t.j. dochádza k prenosu idealizácie z /6/ do /7/). Zo zákona /7/ možno získať tú jeho podobu, ktorú *mohol mať* pred vznikom newtonovskej mechaniky vyčlenením idealizácií Id , t.j. platí:³

$$L^{(2)}: (x)(O^1x \wedge Idx \rightarrow s^{(2)}x = gt^2x/2) \quad /8/$$

Vedecký zákon /8/, presne ako to vyjadril Hempel ([8], 75), má empirický charakter a predstavuje zákon následnosti, t.j. humovský kauzálny zákon [6], 352), keďže

³ Znova sa tu obmedzíme na redukciu zákona /7/.

vyjadruje, že vždy a všade tam, kde je teleso uvoľnené (príčina) zo stavu pokoja vo vákuu, prekoná dráhu s (účink). V protiklade k tomu je vedecký zákon /7/ už teoretickým zákonom s nehumovským chápaním kauzality. Táto sa v ňom vyjadruje už nie ako následnosť pozorovateľných udalostí (uvoľnenie $\rightarrow$ pád), ale ako vzťah pôsobiacej (bezprostredne nepozorovateľnej) sily k výsledku toho pôsobenia – dráhe, t.j. ako vzťah generatívneho mechanizmu k typu javu, ktorý generuje.

Hempel tak síce správne rozlíšil rovinu l_e a rovinu l_i ako dve vývinové štádia vedeckej systematizácie, nezohľadnil ale, že prechodom od l_e k l_i dochádza k zásadnej premene, transformácii chápania kauzality. Vedecké zákony typu L_{cs} a L_{cx} ako empirické zákony, sú súčasťou roviny l_e . Vývinom vedeckého poznania do roviny l_i sa transformujú na teoretické kauzálne (nehumeovské) zákony. Hempel zistil ([4], 291; [5], 174; [6], 344), že pri premene vedeckých zákonov roviny l_e z predpokladu na dôsledok vedeckých zákonov roviny l_i dochádza k ich spresneniu – novému vymedzeniu hraníc ich platnosti (t.j., že rastie počet idealizácií: napr. pri matematickom kyvadle zo šesť na osem, pri voľnom páde z dvoch na deväť). Neuvedomil si ale, že toto spresnenie, exaktnejšie určenie hraníc ich platnosti, má svoj pôvod práve v začlenení pojmov do týchto zákonov, ktoré vyjadrujú bezprostredne nepozorovateľné entity a procesy generujúce skúmané javy. Práve prostredníctvom tohto včlenenia sa vedecké zákony typu L_{cx} a L_{cs} transformujú na teoretické kauzálne zákony, ktoré sú už súčasťou roviny l_i . Ich odvodenie sa uskutočňuje už úplne v rámci roviny l_i a znamená prechod od l_i k l_e , teda návrat k rovine l_e .

LITERATÚRA

- [1] ACHINSTEIN, P.: The Nature of Explanation. New York 1983.
- [2] HAUSMAN, D. M.: The Insufficiency of Nomological Explanation. In: The Philosophical Quarterly, 1989, č.154, roč. 39.
- [3] HEMPEL, C. G.: Studies in the Logic of Explanation. In: [7].
- [4] HEMPEL, C. G.: Postscript (1964) to the Studies in the Logic of Explanation. In: [7].
- [5] HEMPEL, C. G.: The Theoretician's Dilemma. In: [7].
- [6] HEMPEL, C. G.: Aspects of Scientific Explanation. In: [7].
- [7] HEMPEL, C. G.: Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science. New York 1965.
- [8] HEMPEL, C. G.: Philosophy of Natural Science. Englewood Cliffs 1966.
- [9] HEMPEL, C. G.: Studie z logiky vysvětlení. In: Filosofie vědy. Praha 1968.
- [10] HUMPHREYS, P. W.: Causal, Experimental and Structural Realism. In: Midwest Studies in Philosophy XII. Minneapolis 1988.
- [11] HUMPHREYS, P. W.: Scientific Explanation: The Cause, Some of the Causes, and Nothing but the Causes (rukopis).
- [12] KIM, J.: Causation, Nomic Subsumption, and the Concept of Event. In: Journal of Philosophy, 1973, č.8, roč. LXX.
- [13] SALMON, W. C.: Four Decades of Scientific Explanation. Minneapolis 1990.
- [14] SECORD, P. F.: Explanation in the Social Science and in Life Situations. In: Metatheory in the Social Sciences. Schweder, R. A.-Fiske, D. W. (vyd.), Chicago 1986.