

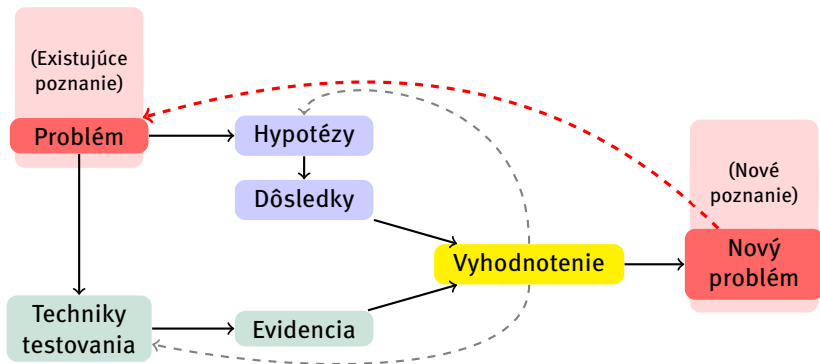
Štruktúra vedeckého výskumu II.

Juraj Halas

Katedra logiky a metodológie vied
Filozofická fakulta Univerzity Komenského v Bratislave

Metodológia vied, LS 2014/2015, #6

Štruktúra vedeckého výskumu



Obr. 1: Štruktúra vedeckého výskumu.

Vedecká metóda

- Uplatňovanie **vedeckej metódy** – v zmysle znázorneného všeobecného postupu – je špecifickým znakom **empirickej vedy**.
- Vedecká metóda je teda významná črta empirickej vedy, ktorou sa líši od iných druhov poznania a systémov presvedčení.
- **Vedecký výskum** je systematické riešenie problémov týkajúcich sa poznania pomocou vedeckej metódy.

Vedecká metóda a spoločenské vedy

- Zoznámili sme sa s tzv. **hypoteticko-deduktívnym (H-D) modelom** vedeckej metódy.
- Ústrednú úlohu v tomto modeli hrá:
 - 1 formulovanie **hypotéz**
 - 2 **deduktívne** odvodenie testovateľných dôsledkov hypotéz a ich testovanie
- „hypoteticko-deduktívny“ model

Príklad výskumu

Formulácia problému (1)



- **Vedecký problém:** Je slovenčina najťažším jazykom na svete?

Príklad výskumu

Formulácia problému (2)

- Návrh hypotézy (a ďalšie kroky) predpokladá jasne sformulovaný problém.
 - Musíme pracovať s exaktným významom výrazu „byť najťažším jazykom na svete“.
- Opierame sa o **širší kontext** existujúceho poznania.
 - Napríklad: poznatky o tom, aké vlastnosti prirodzeného jazyka spôsobujú problémy dospelým ľuďom učiacim sa určitý (cudzí) jazyk.
 - psychologické, resp. psycholingvistické teórie učenia, lingvistická typológia jazykov atď.

Príklad výskumu

Návrh hypotéz

- Predpokladajme **hypotézu**:
„Áno, slovenčina je najťažší jazyk na svete.“
- To, či je nejaký jazyk ťažký, alebo ľahký, pritom posudzujeme podľa:
 - 1 množstva nepravidelných slovies v jazyku
 - 2 množstva gramatických časov
 - 3 (ne)pravidelnosti skloňovania a množstva skloňovacích vzorov
 - 4 miery špecifickosti znakového systému
 - 5 ...
- Uvedené črty chápeme ako vlastnosti, ktoré dospelému cudzincovi spôsobujú ťažkosti v učení sa jazyku.

Príklad výskumu

Odvodenie testovateľných dôsledkov

- Aký dôsledok vyplýva z našej hypotézy?
 - **Ak** slovenčina je najťažším jazykom na svete...
 - ...**tak slovenčina má relatívne viac nepravidelných slovies, gramatických časov atď. ako iné jazyky.**

Iný príklad

- Hypotézu by sme však mohli interpretovať aj inak.
 - Odlišnosť by sa prejavila v odlišnosti testovateľného dôsledku:
 - **Ak** slovenčina je najťažším jazykom na svete...
 - ...**tak dospelí cudzinci učiaci sa slovenčinu budú napredovať pomalšie ako dospelí cudzinci učiaci sa iný nový jazyk.**
- museli by sme použiť iné metódy testovania!

Príklad výskumu

Návrh testovacích metód

Ako testovať dôsledok našej hypotézy?

- 1 Zostav vzorku 25 náhodne vybraných jazykov (zahŕňajúcich slovenčinu), spadajúcich do rozličných jazykových rodín.
- 2 Identifikuj a zaznamenaj prítomnosť (resp. intenzitu) uvedených vlastností v každom jazyku.
- 3 (Podľa vopred známej metódy stanov koeficient náročnosti každého jazyka.)
- 4 Porovnaj získané údaje a zorad' jazyky do tabuľky.

Iný príklad

V alternatívnom prípade: zostav vzorku náhodne vybraných cudzincov učiacich sa rôzne cudzie jazyky vrátane slovenčiny; v priebehu jedného roka testuj a zaznamenávaj ich pokroky v učení atď. . .

Príklad výskumu

Získaná evidencia

Zisťujeme, že slovenčina má:

- menej nepravidelných slovies ako francúzština, nemčina;
- menej gramatických časov ako gréčtina;
- menej skloňovacích vzorov ako čeština;
- spoločný znakový systém (latinku) s mnohými jazykmi;
- podobnú fonetiku ako iné slovanské jazyky...

... viac v článku prof. Ondrejoviča (pozri web kurzu).

Príklad výskumu

Zhodnotenie testovania

- Nepotvrdilo sa, že by slovenčina mala relatívne viac takých vlastností, ktoré by ju pre cudzinca robili ťažkým jazykom, ako iné jazyky.
 - Usudzujeme: hypotéza, podľa ktorej „slovenčina je najťažším jazykom...“ sa **nepotvrdila**. Slovenčina nie je najťažším jazykom na svete (riešenie problému).
- Pri riešení problému sme sledovali postup stanovený H-D modelom vedeckej metódy.

Operacionalizácia

- Predpokladom testu hypotézy, ktorý sme predviedli, bola **operacionalizácia** hypotézy.
- Možno pozorovať, merať atď. „ťažkosť“ jazyka?
- Výraz „najťažší jazyk na svete“ sme museli najprv **„preložiť“** do podoby:
„Jazyk s relatívne najväčším počtom nepravidelných slovies, počtom gramatických časov...“
- V operacionalizovanej hypotéze už vystupujú termíny, ktoré označujú **empiricky zistiteľné** vlastnosti.

Terminologická poznámka

Operacionalizácia sa tiež niekedy označuje ako **konceptualizácia**.

Operacionalizácia

Operacionalizácia

- = súbor postupov, pomocou ktorých prekladáme **teoretické pojmy** do **observačného jazyka**.
- Pri operacionalizácii definujeme význam teoretického pojmu pomocou významu iných termínov, pričom tieto termíny označujú **jednoznačne identifikovateľné**, resp. **merateľné** objekty, vlastnosti, vzťahy atď.

Potvrdenie vs. vyvrátenie hypotézy

- 1 **verifikácia** = potvrdenie hypotézy, resp. jej testovateľných dôsledkov
- 2 **falzifikácia** = vyvrátenie hypotézy, resp. jej testovateľných dôsledkov

Teraz musíme bližšie preskúmať:

- 1 Čo z hľadiska pravdivosti hypotézy znamená, že sa dôsledky hypotézy testovaním **potvrdili**?
- 2 Čo z hľadiska pravdivosti hypotézy znamená, že sa dôsledky hypotézy testovaním **vyvrátili**?

Verifikácia (1a)

- **Hypotéza (H):**

„Príčinou vysokej miery úmrtnosti na puerperálnu horúčku je prenos mŕtvolných častôčiek na skalpeloch a rukách z pitevne na pôrodnú kliniku.“
- Testovateľný **dôsledok** hypotézy (D):

„**Ak** odstránime mŕtvolné častôčky zo skalpelov a rúk, ktoré prišli do kontaktu s mŕtvolami, **tak** sa miera úmrtnosti na puerperálnu horúčku zníži.“

Verifikácia (1b)

Predpoklad testovania SEMMELWEISOVEJ hypotézy:

- **Ak** je príčinou vysokej miery úmrtnosti na puerperálnu horúčku prenos mŕtvolných čiastočiek na skalpeloch a rukách z pitevne na pôrodnú kliniku, **tak**...
...**ak** odstránime mŕtvolné čiastočky zo skalpelov a rúk, ktoré prišli do kontaktu s mŕtvolami, **tak** sa miera úmrtnosti na puerperálnu horúčku zníži.“
- Čiže: $H \rightarrow D$. Z testovania dôsledku D chceme potom usúdiť na pravdivosť hypotézy H .

Verifikácia (2)

(Podrobnejšia analýza:

- Spojky „ak...“, „tak...“ naznačujú, že testovateľný dôsledok D má v skutočnosti podobu implikácie: „**ak** odstránime..., **tak** miera úmrtnosti...“.
- D teda môžeme zapísať aj ako $p \rightarrow q$.
- $H \rightarrow D$ potom môžeme zapísať aj ako $H \rightarrow (p \rightarrow q)$.

Verifikácia (3)

- Predpokladajme, že sa nám podarilo potvrdiť pravdivosť dôsledku.
- Pomocou chlóróvého vápna sme odstránili mŕtvolné čiastočky a miera úmrtnosti sa znížila.
 - zistili sme, že je pravda, že „ak odstránime..., tak miera úmrtnosti... sa zníži.“
 - zistili sme teda: je pravda, že D (čiže: je pravda, že $p \rightarrow q$)
- Môžeme urobiť záver, že hypotéza H je pravdivá?

Verifikácia (4)

Išlo by o úsudok

1. **Ak** je príčinou miery úmrtnosti prenos čiaštočiek..., **tak**:
ak odstránime čiaštočky...,
tak miera úmrtnosti sa zníži.
 2. Je pravda, že **ak** odstránime čiaštočky...,
tak miera úmrtnosti sa zníži.
-
3. Je pravda, že príčinou miery úmrtnosti je prenos čiaštočiek...

čiže

1. $H \rightarrow (p \rightarrow q)$
 2. $p \rightarrow q$
-
3. H

Záver **nevyplýva** z premís. Ide o **neplatný** úsudok (tvrdenie konzekventu).

Verifikácia (5)

Prvé zistenie

Z logického hľadiska nám **potvrdenie** dôsledkov hypotézy v testovaní **neumožňuje** deduktívne usudzovať na **pravdivosť** hypotézy! (Potvrdenie dôsledkov hypotézy **nie je** zárukou pravdivosti hypotézy!)

Falzifikácia (1)

Vráťme sa k príkladu s jazykmi. Ako sme postupovali tam?

- **Hypotéza (H):**

„Slovenčina je najťažší jazyk na svete.“

- **Dôsledok (D):**

„Slovenčina má relatívne vyšší počet nepravidelných slovies, gramatických časov atď. ako iné jazyky.“

- Testovanie hypotézy bolo založené na predpoklade:

„**Ak** slovenčina je najťažší jazyk na svete, **tak** slovenčina má relatívne vyšší počet...“

čiže: $H \rightarrow D$

Falzifikácia (2)

- Zistili sme, že slovenčina nemá relatívne vyšší počet nepravidelných slovies atď. ako iné jazyky. Teda: Nie je pravda, že D .
- Čo to znamená pre pravdivosť hypotézy?
 1. Ak slovenčina je najťažší jazyk na svete, tak slovenčina má relatívne viac ... ako iné jazyky.
 2. Nie je pravda, že slovenčina má relatívne viac ... ako iné jazyky

 3. Nie je pravda, že slovenčina je najťažší jazyk na svete.

čiže

1. $H \rightarrow D$
 2. $\neg D$
-
3. $\neg H$

- Záver **vyplýva** z premís (pravidlo *modus tollens*)!

Falzifikácia (3)

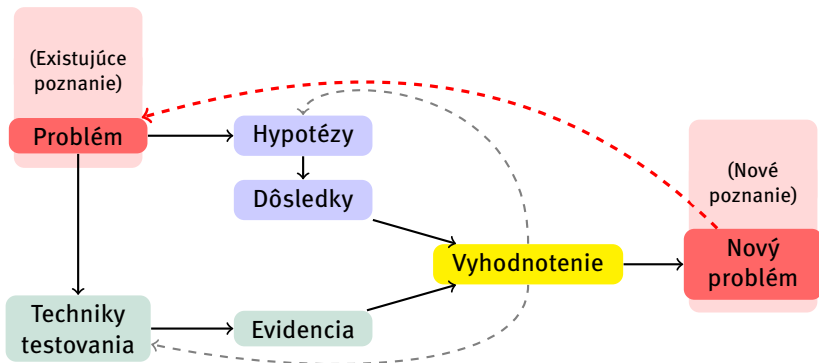
Druhé zistenie

- Vyvrátenie dôsledkov hypotézy (jej **falzifikácia**) **umožňuje** deduktívne usudzovať na **nepravdivosť** hypotézy. (Vyvrátenie dôsledkov hypotézy **je** zárukou **nepravdivosti** hypotézy.)
- Z tohto zistenia vychádza **falzifikacionizmus**: metodologická koncepcia, podľa ktorej verifikácia neposkytuje nijakú istotu o pravdivosti hypotéz, takže veda sa namiesto verifikácie má usilovať o falzifikáciu hypotéz, ktorá nám dáva istotu o ich nepravdivosti (K. R. POPPER).

Falzifikácia a vedecká metóda (1)

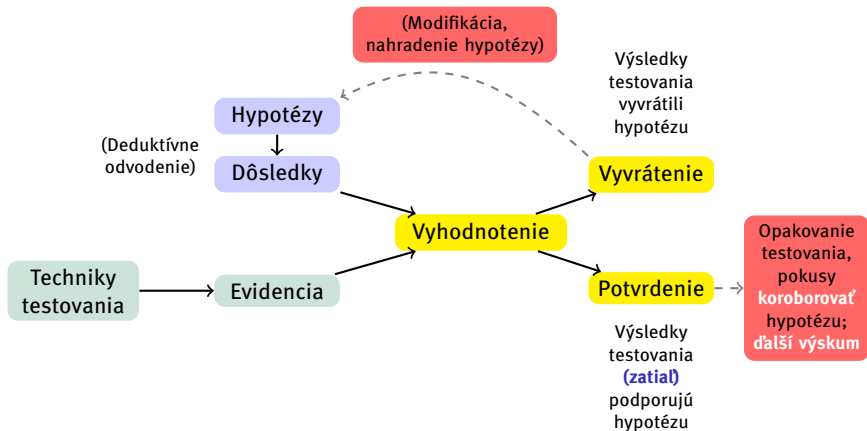
- **Falzifikácia** hypotézy vedie k jej odmietnutiu, resp. modifikácii, a k opakovaniu postupu s novou hypotézou.
- Ak hypotéza vytrvalo **odoláva** pokusom o falzifikáciu, stáva sa **koroborovanou** (preverenou) – nie však **pravdivou**.
 - **falibilizmus**: v empirických vedách neexistuje absolútne, nespochybniteľné pravdivé poznanie. Všetko poznanie je principiálne otvorené revízii.
 - aj koroborované hypotézy (teórie atď.) môžu byť jedného dňa falzifikované.

Štruktúra vedeckého výskumu



Obr. 2: Štruktúra vedeckého výskumu.

Falzifikácia a vedecká metóda (2)



Obr. 3: Potvrdenie a falzifikácia vo vedeckom výskume.

Falzifikacionizmus a demarkácia (1)

- Zistenia o význame falzifikácie umožňujú spresniť náš pohľad na **problém demarkácie**.
- POPPEROVO kritérium demarkácie:
Aby sa tvrdenie alebo systém tvrdení kvalifikovali ako vedecké (v zmysle empirickej vedy), musia byť **falzifikovateľné**.
- Každé tvrdenie vedy musí byť „nekompatibilné s istými možnými výsledkami pozorovania“.
- Dobré vedecké teórie, hypotézy atď. „**zakazujú**“ výskyt určitých stavov vecí vo svete.

Falzifikacionizmus a demarkácia (2a)

- 1 „Prezidentské voľby v SR v roku 2019 vyhrá muž.“
 - **Falzifikovateľné** tvrdenie. Je možné, že voľby vyhrá žena.
 - V prípade, že by vyhrala žena, by sme mali evidenciu, ktorá vyvracia toto tvrdenie (nie je s ním kompatibilná).
- 2 „Mimozemšťania sa medzi nami bežne pohybujú, ale dokonale zamaskovaní ako ľudia, takže ich nevieme odlíšiť.“
 - **Nefalzifikovateľné** tvrdenie. Keďže mimozemšťania majú byť nerozoznateľní od ľudí, nijaká evidencia nemôže vyvrátiť toto tvrdenie (byť s ním nekompatibilná).
- 3 „Prší alebo neprší.“
 - **Nefalzifikovateľné** tvrdenie – je vždy (triviálne) pravdivé.
- 4 „Slnko obieha okolo Zeme.“
 - **Falzifikovateľné** tvrdenie.
 - Existuje dostatok evidencie, ktorá toto tvrdenie vyvracia – takže je nielen falzifikovateľné, ale aj falzifikované.

Falzifikacionizmus a demarkácia (2b)

- 5 „V dejinách pôsobí Prozreteľnosť, ktorá všetko riadi v súlade s vyššími mravnými princípmi.“
- **Nefalzifikovateľné** tvrdenie.
 - Každú historickú udalosť (vrátane tragédií, katastrof a pod.) možno interpretovať ako pôsobenie Prozreteľnosti, ktorá sleduje nejaké vyššie ciele.
 - Toto tvrdenie je teda kompatibilné s akoukoľvek evidenciou.
- 6 „Pred udalosťami, ktoré opisujú fyzikálne teórie vzniku vesmíru, bol zásah Stvoriteľa.“
- **Nefalzifikovateľné** tvrdenie.
 - Na akúkoľvek novú evidenciu o raných dejinách vesmíru možno reagovať tým, že zásah Stvoriteľa sa odohral už skôr.
 - Opäť: tvrdenie je kompatibilné s akoukoľvek evidenciou.

Falzifikacionizmus a demarkácia (3)

- **Pseudovedci** neberú falzifikáciu vážne:
 - 1 buď ich tvrdenia **nie sú falzifikovateľné**,
 - výroky o „neviditeľnej aure“, „nezistiteľnej kozmickej energii“, „Prozreteľnosti“ atď.;
 - teda: nemožno ich zmysluplne testovať;
 - 2 ...alebo zoči-voči falzifikácii svojich tvrdení prijímajú **predpoklady *ad hoc***:
 - „V prítomnosti veľkého počtu ľudí moja metóda liečby dotykom nefunguje!“
 - „Váš experiment sa nepočíta, pretože nie ste vyškolený prútikár!“
 - „Toto je výnimočný prípad, pre ktorý teória biopoľa neplatí.“
- V oboch prípadoch hovoríme o **imunizačných stratégiách** pseudovied.
- Cieľom týchto stratégií je vytvoriť „imunitu“ pseudovedy voči falzifikácii.

Falzifikacionizmus a demarkácia (4)

„Tvrdenia vedy musia byť falzifikovateľné.“

- Dva problémy falzifikovateľnosti ako kritéria demarkácie:
 - 1 Praktická, alebo **principiálna** falzifikovateľnosť?
 - 2 Je falzifikovateľnosť **dostatočným** kritériom demarkácie?

Falzifikacionizmus a demarkácia (5a)

Praktická, alebo principiálna falzifikovateľnosť?

- 1 „Prakticky falzifikovateľné“ sú tvrdenia, na empirické testovanie ktorých existujú účinné prostriedky (napr. technické), takže ich možno vystaviť empirickému testu.
 - príklad: „Pri štiepení jadra atómu sa uvoľňuje energia.“
- 2 „Principiálne falzifikovateľné“ sú tvrdenia, na empirické testovanie ktorých také prostriedky neexistujú, takže ich nemožno vystaviť empirickému testu.
 - Zároveň je však povaha týchto tvrdení taká, že **ak** by dané prostriedky boli k dispozícii, **tak** by boli tvrdenia prakticky falzifikovateľné.
 - príklady: to isté tvrdenie, ale v roku 6000 p. n. l.

Falzifikacionizmus a demarkácia (5b)

Praktická, alebo principiálna falzifikovateľnosť?

Problém:

- Máme od vedy požadovať praktickú, alebo principiálnu falzifikovateľnosť?
- Ak to prvé: bolo potom tvrdenie „Zem obieha okolo Slnka“ v roku 6000 p. n. l. nevedecké?

Falzifikacionizmus a demarkácia (6)

Je falzifikovateľnosť dostatočným kritériom?

- Mnohé tvrdenia napr. astrológie **sú** falzifikovateľné (a zväčša aj spoľahlivo falzifikované).

Problém:

„Ľudia narodení v znamení Leva sú úspešnými športovcami.“

- Tento výrok je falzifikovateľný (a falzifikovaný) každým Levom, ktorý je športovým anti-talentom.
 - Asi by sme však nechceli pripustiť, že ide o výrok vedy.
 - Falzifikovateľnosť teda nemožno chápať ako **jediné** kritérium demarkácie.
- Falzifikovateľnosť je nutnou, ale nie dostatočnou podmienkou vedeckosti tvrdenia.

Falzifikacionizmus (zhrnutie)

- Falzifikacionizmus tvrdí:
 - vyvrátenie dôsledkov hypotéz **umožňuje** s istotou usudzovať na nepravdivosť hypotézy;
 - naproti tomu potvrdenie dôsledkov hypotézy **neumožňuje** usudzovať na pravdivosť hypotézy.
- Veda sa preto nemá usilovať o potvrdenie, ale o vyvrátenie dôsledkov hypotéz.
 - ide o to, vystavovať hypotézy čo najprísnejším a opakovaným testom
- **Veda = cyklus domniek (hypotéz) a ich vyvrátení** („conjectures & refutations“), v ktorom dochádza k rozširovaniu a spresňovaniu poznania.

Problémy falzifikacionizmu

Dva problémy falzifikacionizmu ako všeobecnej metodologickej koncepcie:

- 1 Naozaj testujeme len hypotézu, resp. jej dôsledky?
→ **holizmus v testovaní**
- 2 Zodpovedá uvedená predstava o postupe vedcov ich skutočnému postupu?
→ **problém anomálií**

Holizmus v testovaní (1a)

Holistická námietka voči falzifikacionizmu

- To, čo vchádza do procesu testovania, nie je len hypotéza, ale aj množstvo ďalších **predpokladov**:
 - týkajú sa napr. spoľahlivosti metód testovania, presnosti nástrojov, atď.
 - nemusia byť explicitné (nemusíme o nich vôbec vedieť!)
- Záporný výsledok testovania preto ešte nemusí znamenať, že hypotéza je nepravdivá – môže byť nepravdivý jeden z pomocných predpokladov.
- **Nie je** teda celkom pravda, že falzifikácia dôsledkov hypotézy umožňuje jednoznačne usúdiť na nepravdivosť hypotézy!

Holizmus v testovaní (1b)

Príklad:

- Aby vyvrátil hypotézu, že cholera spôsobujú mikróby v kontaminovanej vode, vypil Dr. PETTENKOFER vzorku takejto vody. Neochorel. Nie však preto, že by hypotéza bola nepravdivá, ale preto, že mal neobvykle silnú imunitu. U iného človeka by vzorka bola spôsobila ochorenie.
 - Okrem hypotézy
 - „**Ak** niekto vypije kontaminovanú vodu, **tak** dostane cholera.“
- do testovania vstupoval aj implicitný predpoklad:
- „Subjekt testu nemá neobvykle silnú imunitu.“
- V skutočnosti sa teda testovalo tvrdenie:
 - „**Ak** niekto vypije kontaminovanú vodu **a** nemá neobvykle silnú imunitu, **tak** dostane cholera.“

Holizmus v testovaní (2)

- Čo to znamená z logického hľadiska? Pri vyvrátení hypotézy v skutočnosti **nerobíme** úsudok:

$$\begin{array}{l} H \rightarrow D \\ \neg D \\ \hline \neg H \end{array}$$

- Ide skôr o úsudok:

$$\begin{array}{l} (H \wedge P_1 \wedge \dots \wedge P_n) \rightarrow D \\ \neg D \\ \hline \neg(H \wedge P_1 \wedge P_2 \wedge \dots) \end{array}$$

- $P_{1\dots n}$ sú pomocné predpoklady.
- Ak je konjunkcia $H \wedge P_1 \wedge \dots \wedge P_n$ nepravdivá, ako tvrdí záver úsudku, **neznamená** to ešte, že je nepravdivá hypotéza H . Stačí, aby bol nepravdivý niektorý z pomocných predpokladov $P_{1,\dots,n}$.

Holizmus v testovaní (3)

Ponaučenie

Pri návrhu testov hypotéz musíme reflektovať pomocné predpoklady a snažiť sa vylúčiť možnosť, že by nás dovedli k nesprávnemu záveru!

Problém anomálií (1)

- **Falzifikacionizmus:**

- ak sa hypotéza alebo teória potvrdí, nemôžeme si byť istí jej pravdivosťou;
- ak sa hypotéza alebo teória nepotvrdí (t. j. ak ju vyvrátíme), treba ju považovať za nepravdivú (odmietnuť ju).

Problém:

Veda sa tým často neriadi.

Problém anomálií (2a)

- **Anomália:** evidencia o určitom jave, ktorá je v rozpore s prijímanou teóriou (resp. s testovanou hypotézou).
- Podľa naivného falzifikacionizmu by anomália mala viesť k odmietnutiu teórie.
- Dejiny vedy však poznajú veľa prípadov, keď to tak nebolo.

Problém anomálií (2b)

Príklad: Objav planéty Neptún

- 1 Pozorovania obežnej dráhy Uránu boli v rozpore s predpoveďami založenými na prijímanej Newtonovej teórii.
 - Ak prijmem naivný falzifikacionizmus, museli by sme Newtonovu teóriu odmietnuť.
- 2 Astronómovia namiesto toho prišli s hypotézou, že zvláštnosti obežnej dráhy Uránu spôsobuje dosiaľ neznáma planéta v jeho blízkosti.
- 3 Pomocou Newtonovej teórie vypočítali polohu tejto planéty.
- 4 Opakované pozorovania onedlho potvrdili jej existenciu.

Problém anomálií (2c)

(pokračovanie príkladu)

- Astronómovia v tomto prípade – z hľadiska naivného falzifikacionizmu – nepostupovali vedecky.
 - Namiesto toho, aby „zdiskreditovanú“ Newtonovu teóriu odmietli, prijali **predpoklad ad hoc** o existencii ďalšej, dosiaľ neznámej planéty.
 - Ako sme videli, podobne postupujú aj pseudovedci.
- Tento predpoklad sa však ukázal ako správny a umožnil nárast poznania (pokrok).
 - rozdiel oproti pseudovede
- Naivný falzifikacionizmus musíme odmietnuť.

Zhrnutie

- 1 Vedecké hypotézy a teórie sa majú vyznačovať **principiálnou** falzifikovateľnosťou.
- 2 Veda: systematické vystavovanie **trúfalých domniek** čo **najprísnejším testom**.
- 3 **Sofistikovaný falzifikacionizmus**: bolo by **neproduktívne**, ak by sme každú anomáliu považovali za dôkaz o nepravdivosti teórie.
 - Určité „jadro“ akceptovanej teórie budeme za určitých okolností chcieť ochrániť („imunizovať“) pred falzifikáciou.
 - Pokiaľ prispieva k pokroku a rozvoju poznania, nie je imunizácia nutne problémom.
- 4 **Pseudovedy sa od vied líšia tým, že imunizujú bez ohľadu na pokrok**.
 - Pre pseudovedu je imunizácia len prostriedkom na ochranu existujúcej doktríny a neprispieva k jej rozvoju.