Spolufinancováno
z programu Evropské unie
Erasmus+

Přípravný kurz z přírodověda
Lekce P1 – Výzkum v přírodních vědách - základní zákony

Podpora Evropské komise při tvorbě této publikace nepředstavuje souhlas s obsahem, který odráží pouze názory autorů, a Komise nemůže být zodpovědná za jakékoliv využití informací obsažených v této publikaci.

V této kapitole najdete:

- základní obecné poznatky
- přírodní zákony a vědecké zákony
- metody konstrokce vědeckých zákonů
- hypotézy a jejich význam
- základní druhy fyzikálních zákonů
- matematické axiomy

Základní poznatky

Základní znalosti – získané spontáně, empiricky – lidé je získali na základně každodenního pozorování. Toto poznání nepřekračuje hranice přímého smyslového pozorování jevů a objektů. Avšak mnoho poznatků o okolním světě bylo získáno touto cestou. Také vědecké poznání vychází z každodenního pozorování, obecných znalostí a na počátku vývoje vědy, před rozvojem výzkumných metod, toto byla jediná cesta poznání. Příkladem může být popis geocentrického systému antickým řeckým astronomem Prolemaiem (2. století), které bylo založeno na řadě pozorování (v Egyptě, Babylónu, Řecku), opíralo se o smyslové vnímání, které neumožňovalo proniknutí do vnitřní struktury objektů a vysvětlení vzájemným vztahů a vazeb.

Vědecké poznání je založeno na systematické experimentální a teoretické výzkumné práci s využitím definované metodologie a konkrétních metod. Vědecký výzkum je účelový. Výsledkem vědeckého výzkumu je systém konceptů, zákonů a vědeckých teorií. Věda je systematická, založená na přesném systému a vědeckých metodách. Např. je to Euklidova geometrie, Newtonova klasická mechanika, Einsteinova teorie relativity aj.
Základem každé vědecké teorie, odhlédneme.-li od faktů a konceptů, je systém vědeckých zákonů.
Poté, co poznáme zákony, může věda přejít od popisu fenoménů, shromažďování faktů a jejich uspořádání (17.- 18.století), k jejich vysvětlování a předvídání nových zákonitostí a fenoménů.

Přírodní zákony a vědecké zákony

Příroda, svět, který nás obklopuje, je soubor vzájemně různě souvisejících věcí a fenoménů. V přírodě existují základní, nezbytné vztahy, které určují charakter fenoménů, jejich funkčnost a další vlastnosti. Tyto vztahy nazýváme objektivní, protože jsou charakteristické pro přírodu jako takovou a nezávisí na vůli člověka a jeho vědomí. (Zákony pohybu Země kolem Slunce, zákon rotace Země kolem vlastní osy za 24 hodin, gravitační zákon, zákon vzájemného působení elektrických nábojů).

Lze říci, že jakýkoli přírodní zákon vychází z nějaké nutnosti, vztah je nezbytný pro fungování. Charakteristickým rysem přírodních zákonů je univerzálnost. Každý zákon je charakteristický bez výjimky pro všechny fenomény či objekty určitého typu: např. všechny materiální objekty podléhají zákonu gravitace, všechny objekty s elektrickým náboje splňují Coulombův zákon, všechny vodiče pohybující se v magnetickém poli se řídí Faradayovým zákonem elektromagnetické indukce atd.
Pokud na Zemi platí nějaký objektivní zákon znamená to, že tento zákon bude platit všude tam, kde jsou podmínky stejné jako na Zemi a existují tam analogické objekty, které na sebe vzájemně působí. I když budeme měnit fenomény, změna může být náhodná nebo závislá na čase, ale zákon zůstává v platnosti. Pravidelnost, opakovatelnost patří mezi velmi důležité rysy objektivních zákonů.

Vědecké zákony jsou odrazem přírodních zákonů. Obsah vědeckých zákonů je objektivní, ale forma je subjektivní. Vědecké zákony byly vynalezeny.
Vědci, kteří objevili zákony fungující v přírodě, je vysvětlují a poté je vyjádří a formulují využitím speciálního jazyka.

$$F = G\frac{M_1 M_2}{R^2}$$

R - je vzdálenost dvou těles

$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2/kg^2}$ - je gravitační konstanta

Tento zákon vyjadřuje základní, nezbytný vztah – všechna tělesa na Zemi na sebe působí vzájemně silou, která je úměrná jejich hmotnosti a nepřímo úměrná druhé mocnině jejich vzdálenosti.
Není vždy jednoduché odhalit jeden či druhý objektivní zákon a formulovat na jeho základě vědecký zákon.
Shoda zákonů objektivních a vědeckých je dána komplexní strukturou reality. Základní vztahy jsou založeny na hluboké vnitřní struktuře a proto je nelze vnímat přímo. V každé fázi vývoje vědy jsou vědecké metody poznání, způsoby, kterými lidé pronikají do složité struktury reálného světa, omezené, nedokonalé. Během vývoje našich znalostí a kognitivních možností vědecké zákony odrážejí objektivní přírodní zákony stále přesněji a vice vyčerpávajícím způsobem, tzn. že se postupně stale vice přibližují objektivním přírodním zákonům.

Metody konstrukce vědeckých zákonů

Empirické vědecké zákony jsou odvozeny na základě pozorování a experimentů. Kromě pozorování a testování, vědci při formulaci emprických zákonů využívají také předvídání (spekulace) a formulaci hypotéz. Nesrovnatelně obtížnější je formulace teoretických zákonů. Je známo, že vědecké zákony jsou vyjádřeny pomocí vědeckých konceptů a vztahů mezi nimi, které popisují podstatné vlastnosti objektů.

Proces tvorby vědeckých konceptů, které se objeví během procesu tvorby zákonů, je tzv. abstrakce. Abstrakce je výsledkem procesu seskupování objektů na základě jejich společných vlastností.
Následujícím stupněm tvorby jsou procesy identifikace a separace. Identifikace spočívá v nalezení určité vlastnosti, která je více či méně charakteristická pro danou skupinu objektů. Separace může být reálná nebo fiktivní.
Závěrečným stupněm tvorby abstraktního konceptu je procers verbalizace, tzn. pojmenování dané vlastnosti.
Koncepty jsou základními prvky (vědeckými pojmy), které reflektují vlastnosti objektu nebo určitý fenomén, a také shrnují poznatky o nich, jsou to výstupy kognitivního poznání. Koncepty vytvářejí vědecký jazyk více informativní, bohatší, umožňují vyjádřit stupeň poznání pomocí co nejmenšího počtu znaků.

Od jednotlivých konceptů přecházíme ke tvorbě vědeckých zákonů. V tomto procesu je významná metoda idealizace. Pomocí této metody realitu popisujeme schematicky (jinak by nebylo možné zákony formulovat). Idealizace je úzce spjata s procesem abstrakce. Během idealizace vytváříme (mnohdy ideální, myšlené) objekty, které ve skutečnosti v přírodě neexistují (např. tuhé těleso, nestlačitelná kapalina, absolutně černé těleso, hmotný bod atd.). Ačkoli tyto objekty reálně neexistují, má jejich konstruování velký význam v procesu poznávání.

Idealizované fyzikální objekty často vykazují vlastnosti, které se v přírodě nevyskytují, jsou imaginární. Např. vytváříme model ideálního plynu, který je tvořen pružnými molekulami, které považujeme za hmotné body jejichž potenciální energie při vzájemné interakci je rovna nule. Takovýto plyn se v přírodě nevyskytuje, ale pokud využijeme tohoto konceptu, jsme schopni analyzovat základní zákony ideálního plynu v rámci molekulárně kinetické teorie (zákony Boyla,

Charlese, Gay-Lussaca, Avogadra). Tyto zákony platí přesně jen pro model ideálního plynu, ale za určitých podmínek jsou schopny popsat také chování plynu reálného.
Základní význam idealizace spočívá v tom, že pomocí fiktivních objektů lze studovat a popsat chováni objektů reálných.

Proto:

1. při hledání správných závěrů ve vědě se nelze orientovat pouze pomocí zkušenosti
2. významný je process idealizace ve vědě
3. objevování a formulace vědeckých zákonů vychází z procesu idealizace, každá idealizace je zjednodušením reality – vytváříme ideální modely objektivních přírodních zákonů.

Zákony nalezené během jednotlivých etap vývoje vědy, jsou obvykle formulány jako absolutní. Pomocí experimentů a měření jsou formulace zákonů zpřesňovány. Jsou zapracovány různé počáteční podmínky tak, aby zákon co nejlépe vyjadřoval vědeckou formulaci vzájemných vztahů mezi objekty. Při zobecňování a vyhledávání omezení během vytváření vědeckých abstrakcí nejsme nijak omezeni. Tvorba konkrétních teoretických a hypotetických konstruktů má velký význam ve fyzice jako vědě (např. elektromagnetické pole, elektron, gravitační potenciál).

Zákony formulované na základě přímých pozorování nazýváme **empirické**. Zákony, které byly formulovány s odkazem na data a získané pomocí zobecňování, idealizace a konstrukce, se nazývají **teoretické**. I když jsou tyto zákony odlišné, jsou v úzké souvislosti: vztahy v teoretických zákonech a v zákonech empirických odkazují na analogické vztahy mezi fakty, které získáme na základě našich pozorování a experimentů. Empirické záíkony tato fakta zobecňují a tyto samy o sobě jsou zobecněny pomocí teoretických zákonů.

Empirické zákony mohou být odvozeny na základě teoretických zákonů. Např.

Newtonův gravitační zákon (teor.) ⟶ Keplerovy zákony (empir.)

Maxwellovy zákony electromagnetismu (teor.) ⟶ Faradayův a Coulombův zákon (empir.)

Teoretické zákony jsou důležité pro rozvoj vědy, umožňují předvídat nové, dosud neznámé, vztahy. Teoretické zákony tedy prezentují podstatné (maximálně podstatné) vyjádření vnitřních zákonitostí objektivní reality.

Význam hypotézy v procesu poznávání

Hypotéza je domněnka, přepoklad, která může být správná nebo zcela chybná. Hypotéza je intuitivní vědecká domněnka, je to cesta objevování něčeho nového, je to vědecká vývojová metoda. Vytváření hypotéz je jedna z nejvýznamnějších vědeckých metod. Pokud experimentátoři naleznou fakta, která nedokáží vysvětlit dosud známé zákony, vytvářejí hypotézy místo známých zákonů. V tomto smyslu hypotézy vycházejí z rozporu mezi vědeckých zákonem a experimentem. Hypotéza je formulována na základě nově získaných faktů a musí být empiricky testována. Hypotéza je nazvána jako signifikantní, pokud rozbíjí rámec dosavadního obrazu, ale jeho základ zachovává. Hypotéza se

někdy vzdaluje od tradičního obrazu skutečnosti, může být zpočátku vnímána jako něco neuvěřitelného.

Věda se tedy vyvíjí tak, že současné znalosti a teorie se dostávají dříve nebo později do rozporu s předpoklady, které jsou formulovány pro vysvětlení nových faktů. Všechny současné přírodní fundamentální vědecké zákony a teorie byly nejdříve hypotézami. Samozřejmě byly formulovány během dlouhého vývoje, testovány a ověřeny v praxi. Ověření hypotézy je možné pouze pomocí praxe.

Např. Maxwellův přepoklad (1857), že prstence Saturnu jsou tvořeny malými částicemi, byl dokázán pomocí spektrálního testování.

Pravdivost hypotéz se zjišťuje podle toho, jak odpovídají údajům z pozorování, zkušenosti a praxi. Kritérium vztažené k praxi však není absolutní, ale relativní. Praktická činnost lidí a zejména vědecké experimenty, neustále přinášejí nová data, proto je třeba každý nalezený vědecký zákon znovu potvrdit. Proto se objevují nové vědecké hypotézy, stávající jsou upravovány a současně jsou specifikovány nové vědecké zákony.

Hypotéza a model

Při testování hypotéz se často objevuje řada problémů. V tomto případě je velmi efektivní použít metody modelování. Modely mohou být materiální nebo myšlenkové.

1. Materiální modely. Pomocí reálného modelu mostu, lodě, letadla lze testovat pevnost konstrukce, použitelnost materiálu. Před přenesením modelu do reálného objektu lze provést úpravy, specifikace, různé opravy a přepočítat výsledky měření.
2. Myšlenkové (ideální) modely. Při analýze určitých komplexních fenoménů je třeba konstruovat myšlenkové modely některých objektů. Podle podobnosti s objektem, lze ideální modely rozdělit na:

   a) vizuální (ikonické)
   b) symbolické

   Příklady ikonických modelů: mechanické modely, modely plynů, planetární model atomu, struktura molekul atd.
   Symbolické modely: chemické strukturní vzorce
3. Matematické modely. To jsou vzorce anebo rovnice, které vyjadřují vlastnosti objektu a pravidla vytváření struktury (např. 2. Newtonův zákon). Matematické modelování je v současné fyzice užíváno ve velké míře. Matematici velmi často připravují již předem matematické modely pro fyzikální teorii.
4. Teoretické modely. Teoretické matematické modely jsou vytvářeny pro popis abstraktních teorií v různých vědních oblastech (fyzika, astronomie), využívají symbolickou logicko-matematickou interpretaci systému.

Obecně lze říci, že metoda modelování je důležitou a efektivní metodou ověřování vědeckých hypotéz.

Základní druhy vědeckých zákonů

1. Specifické (individuální) vědecké zákony. Mají omezenou platnost jen na jednu oblast vědy (přírodní nebo sociální).
2. Obecné zákony zahrnují zákony, které platí v několika blízkých oblastech přírodních věd (např. periodická soustava prvků, zákon zachování energie, transportní jevy).
3. Univerzální zákony. Zákony vyjadřující objektivní vztahy, platí ve všech sférách existence a poznávání. Jsou zkoumány ve filozofii.

Toto rozdělení odpovídá ontologickému pojetí (tj. na základě druhu objektů a podmínek existence).

Gnozeologické pojetí (založené na stupni poznání, do jaké míry daný vědecký zákon odpovídá objektivním vztahům v přírodě).

1. Empirické zákony.
2. Teoretické zákony.

Empirické a teoretické zákony mohou být jak specifické, tak obecné, dynamické nebo statické.

Statistické a dynamické vědecké zákony

Historicky prvními dynamickými zákony byly Newtonovy zákony klasické mechaniky. Dynamické zákony popisují chování poměrně jednoduchých systémů, jejichž chování je ovlivněno zejména vnitřními vztahy a jen velmi málo vnějšími podmínkami.

Na rozdíl od dynamických zákonů, jsou statistické zákony formulovány pro popis objektů, které jsou složeny z velmi mnoha částí a definují vlastnosti tohoto velkého množství částic jako celku. Toto je příklad molekulárně kinetických procesů, příklady radioaktivního rozpadu, systémů hromadné obsluhy (komunikace, transport apod.).

Statistické zákony lze rozdělit do tří skupin:

1. Zákony popisující objekt jako celek a nemohou být aplikovány na jednotlivé elementy (např. parametry ideálního plynu $T, p, V \Rightarrow pV = RT$). Vyhovují všem statistickým systémům molekul, ale ztrácí smysl při aplikaci na jednotlivou molekulu.

2. Zákony, které představují popis vlastností zkoumaného objektu jako celku a jsou definovány pomocí středních hodnot veličin charakterizujících jednotlivé objekty. Např. předpokládaná délka života v závislosti na přírodních a sociálních podmínkách, rozdělení populace v závislosti na pohlaví, charakteristiky dědičnosti podle zákonů Mendela, zákony rozvoje společnosti atd.

3. Zákony, které charakterizují celistvost a mohou být rozděleny na jednotlivé části pouze s určitou pravděpodobností. Takové zákony se objevují v kvantové fyzice. Zvláštností zákonů kvantové fyziky je to, že žádný z objektů není individualizovaný a nezávislý na celém světě.

Věda a předvídání (predikce)

S odkazem na vědecké bádání jsou předpovídány budoucí nebo současné, ale dosud neobjevené fenomény, jsou objasňovány způsoby a možnosti dosažení stanovených cílů. Snaha o předpovídání budoucnosti prolíná celou historií lidstva.

Možnost předvídat vychází ze samotné podstaty vědeckých zákonů, protože tyto odhalují konkrétní uspořádání (řád), invariantnost objektů a podstatné vztahy mezi jevy a objekty.

Lze rozlišit tři typy vědeckých predikcí:

1. Předvídání nových jevů, které se musí objevit v budoucnu.

2. Dříve neznámé vědecké fenomény prokazující svou existenci v minulosti (např. geologie, paleontologie, historická geografie).

3. Zjištění, identifikace, jevů, které existují v současnosti, ale dosud nebyly nalezeny odpovídající fenomény a nelze je realizovat experimentálně.

Z logického hlediska je vědecký odhad vycházející z vědeckého zákona podobný vědeckému vysvětlení. Vědecké vysvětlení je vždy více vyčerpávající než odhad, protože je blíže popisu či informačním zdrojům. Podstatou vědeckého zjištění může být také hypotéza. Hypotetická prognóza je také testovacím prostředkem předpokladů, na základě kterých byla formulována. Je-li taková prognóza potvrzena experimentem, praxí, stává se tato hypotéza vědeckou teorií.

Extrapolace jako forma předvídání

Při realizace predikce ve vědě jsou používány již známé zákony pro vysvětlení dosud neznámých jevů. Extrapolace je aplikace znalosti o jednom předmětu na širší oblast reality, kterou věda dosud nezná. Jakýkoli vědecký zákon má potenciální extrapolační možnosti. V historii vědy existuje řada slavných objevů, které byly provedeny extrapolačními metodami. Například Newtonův gravitační zákon, který byl nejprve ověřován pouze pro část planet, byl později úspěšně rozšířen na celou sluneční soustavu, pohyb hvězd v naší galaxii a později také v jiných galaxiích. Dobrým příkladem matematické extrapolace je objev elektromagnetického vlnění provedený Maxwellem.

Obecně nelze extrapolaci aplikovat na vědecké zákony, protože tyto byly formulovány na základě omezené historické praxe a omezenými možnostmi pozorování v lidské sféře.

Obecné koncepty a zákony

Všechny zákony mohou být objeveny na základě studia světa, který nás obklopuje. Zde jsou některé problematické aspekty:

- Chůze v plynném prostředí je jednoduchá (např. ve vzduchu), ale kosmická loď může v tomto prostředí shořet (v atmosféře);
- Pohyb v kapalném prostředí je obtížnější než v plynech (např. při potápění);
- Pokud se chceme pohybovat pevnou látkou, musíme si připravit cestu, pevnou látku ničíme.

Trvalo to několik století, že lidé toto dokázali pochopit. Poznávací procesy a metodologie ve fyzice a chemii byly postupně vytvářeny spolu s tím, jak byly zkoumány objekty v makrosvětě a na úrovni atomů. Všechny tyto procesy jsou využívány i v dnešní době, vzájemně se doplňují a obohacují.

Dnešní makroskopický popis je nazýván jako fenomenologický, pracuje s veličinami, jejich podstata není pochopitelná. Druhým typem je přístup mikroskopický (mikroskopické metody), který umožňují pochopení vzájemného působení částic, které tvoří určitý systém. Pojem mikroskopický v dnešní době již není používaný. V dané době byl mikrometr nejmenší jednotkou používanou v souvislosti s konstrukcí mikroskopu. V dnešní době jsme schopni "vidět" objekty rozměru nanometrů, a tedy odpovídající terminologie je nanoskopie, nanotechnologie.

Zákonitosti a zákony

Všechny přírodní fenomény, procesy, pozorování přírody jsou klasifikovány. Je to dáno požadavky na pochopení struktury přírody. Pro to, abychom dokázali pochopit dění v přírodě, je potřebná znalost:

1. fundamentálních konstant (rychlost světla, náboj elektronu atd.),
2. veličin, které se zachovávají, tzn. platí pro ně zákony zachování, což je požadavek symetrie světa (např. zákon zachování energie, hybnosti atd.),
3. systém dalších veličin a jejich jednotek (vzdálenost, čas, rychlost atd.)

Existují tři skupiny (druhy) zákonů:

1. Zákonitosti, které definují tendence, hierarchie fenoménů, vztahy mezi veličinami apod. Lze je nazývat zákony, ale nebyly jednoznačně (exaktně) ověřeny. Říkáme, že tyto zákony mají omezenou platnost (Mendělejevova soustava prvků).
2. Zákony, které definují vztahy za specifických a přesně definovaných podmínek a univerzální zákony, které definují přesnou souvislost. V takovémto případě nemají (nebo neznáme) omezení platnosti zákona (např. zákon všeobecné gravitace).
3. Existují zevšeobecňující zákony, zákony každodenního života, používající běžný jazyk (např. příroda pohlcuje prázdnotu). V některých případech mají tato zevšeobecnění hluboký význam, v jiných případech je používáme jako slovní hříčku.

Základní zákony, které tvoří kognitivní základ vědy, jsou:

1. Energii nelze vyrobit ani zničit, ale pouze přeměnit na jiný druh energie (zákon zachování energie).
2. Pohybový stav tělesa může být změněn pouze v důsledku působení vnější síly (zákon zachování hybnosti a momentu hybnosti).

Poznámka: pro pozorumění těmto zákonům je potřeba podrobnější studium.

Několik poznámek k využití matematiky:

Jaký je význam těchto tvrzení?

- Matematika je jeden z jazyků (prof. Gibss);
- Matematika je služkou vědy;
- Matematika je královnou věd;
- V každé vědě je obsaženo tolik vědy, kolik je v ní matematiky, zbytek je sbírání bylinek;
- Matematici jsou jako Francouzi. Cokoliv jim řeknete, přeloží si do vlastního jazyka, takže to okamžitě znamená něco úplně jiného. (J.W.Goethe)

Ale: matematika je v podstatě velmi jednoduchou vědou, která byla v minulosti pěstována výhradně filozofy. Celá matematika je vybudována na několika postulátech a axiomech. Zbytek jsou věci odvozené, které jsou vytvářeny. Pokud je dosaženo určité hranice, dojde k "revoluci" ve vědě a je vytvořena "nová matematika". Například řecký filozof Euklides zobecnil učení všech tehdejších filozofů, a vyslovil následující postuláty:

1. Lze nakreslit přímku vedoucí z jednoho bodu do druhého.
2. Lze prodloužit přímku do nekonečna.
3. Lze narýsovat kružnici s libovolým středem a libovolného poloměru.
4. Všechny pravé úhly jsou shodné.
5. Pokud přímka protínající dvě další přímky na jedné z jejich stran vytváří vnitřní úhly menší než vnitřní úhly na druhé straně, budou se tyto dvě přímky protínat na té straně, kde je součet vnitřních úhlů menší (pokud jsou však úhly stejné, přímky se nikde neprotínají).

Avšak jeden z jeho spolupracovníků vyslovil pochybnosti o 5. postulátu – podle něj lze prostor zakřivit. Dalšími úvahami přispěli německý matematik Gauss (při výpočtu plochy vévodství) a univerzitní profesor N. Lobachevský z Kazaně. Ten byl však pronásledován pochybnostmi, poněvadž tato teorie odporovala zdravému rozumu. Avšak právě tato teorie umožňuje úspěšné vysvětlení gravitace a problémů, které se týkají vývoje vesmíru.

Axiomy:

1. Je-li $a = b$ a $a = c$, potom $b = c$.
2. Je-li $a = b$, potom $a + c = b + c$.
3. Je-li $a = b$, potom $a - c = b - c$.
4. Je-li $a = /b$, potom $a + c = / b + c$.
5. Je-li $a = b$, potom $2a = 2b$.
6. Je-li $a = b$, potom $a/2 = b/2$.
7. Shodné jednotky (čísla) se sobě rovnají.
8. Celek je větší než jeho část.
9. Dvě přímky nevymezují prostor.

Toto vše je matematika. Žádná z matematických operací nebo vzorců nedokáže vyčerpávajícím způsobem popsat dění v přírodě. Nejsou aplikovány výsledky získané za určitých podmínek na podmínky jiné.

Další studium:

Christian David (2018). Origin Story: a Big History of Everything. Little, Brown and Company. New York.

https://www.youtube.com/watch?v=9Efsz2hIpxE
https://www.youtube.com/watch?v=K6R4MHB2wlM
https://www.youtube.com/watch?v=XWc_CrtxS5Y