

1.1.1 Dějiny fyziky

Předpoklady:

Pomůcky: BlackBox

Pedagogická poznámka: Tato hodina je netypická tím, že jde v podstatě o přednášku.

Fyzika z řeckého *fysis* (příroda) \Rightarrow původně označení univerzální přírodovědy, postupně se z ní vyčleňují přírodní (chemie, biologie) i technické vědy (stavitelství, strojírenství, elektrotechnika, ...).

Starověké Řecko je základem evropské civilizace a místem vzniku vědy.

Řecká fyzika:

- hledání pralátky (spojení s filosofií),
- stavitelství,
- navigace, předvídání budoucnosti \Rightarrow astronomie.

Některé úspěchy (změření poloměru Země, Archimédův zákon, model parního stroje), ale řecká fyzika se nestala přírodní vědou v dnešním smyslu.

Pravděpodobné důvody:

- málo pokusů, odpor ke spojování teorie s praktickou činností, odkazování na autority,
- malá tendence nahrazovat lidskou práci (levná práce otroků),
- pohyb sfér řídí jiné zákony než život na Zemi,
- matematika (zabývala se konstantními veličinami, pro popis neustále se měnící přírody nedostačující).

Základní omyly největších řeckých vědců:

- Aristoteles: Tělesa se snaží dosáhnout přirozené polohy (pád křídly na zem). Pokud chceme pohybovat s předmětem jiným směrem, musíme působit silou (posunutí křídly po lavici). (oba závěry jsou nepravdivé, přestože s nimi většina lidí souhlasí).
- Ptolemaios: Země je středem vesmíru (Geocentrický systém), (lepší souhlas s pozorováním než tehdejší heliocentrický systém).

\Rightarrow Jejich autorita brzdila další objevy déle než 1000 let.

Výjimka: Archimédes: V mnoha ohledech předběhl svou dobu, směřoval k objevu diferenciálního počtu, byl zabit při dobývání Syrakus Římany a na jeho objevy už ve starověku nikdo nenavázal.

Pedagogická poznámka: Když mluvíme o Aristotelovi, pokusy s křídou ukazují a ptám se, jestli jsou Aristotelovy závěry správné. Zatím vždy se všem správné zdály.

Pak se 1300 let nic převratného nedělo.

1492: objev Ameriky \Rightarrow rozvoj lodní dopravy a obchodu \Rightarrow rozvoj astronomie a stavitelství, matematiky (logaritmy).

okolo roku 1600: Galileo Galilei: pokusy se zrychleným pohybem, systematická kvantitativní měření \Rightarrow zákon setrvačnosti.

1609: Johannes Kepler: Astronomia Nova: Keplerovy zákony, vítězství heliocentrického systému.

1687: Isaac Newton: Philosophiae Naturalis Principia Mathematica: vznik klasické fyziky: vše ve vesmíru se řídí stejnými zákony, pohybové zákony, gravitační zákon, odvození Keplerových zákonů, nová matematika (diferenciální a integrální počet, základ dnešní vysokoškolské matematiky).

Pedagogická poznámka: U zákona setrvačnosti je dobré trochu zmínit, co vlastně říká a vysvětlit, že odporuje Aristotelovské fyzice. Rozhodně však nečekejte, že to bude mít dopad při výuce Newtonových zákonů.

\Rightarrow Rychlý rozvoj fyziky.

Klasické kolečko:

Pozorování \Rightarrow hypotéza \Rightarrow testovatelné předpovědi \Rightarrow pokus \Rightarrow potvrzení nebo vyvrácení hypotézy.

Základní požadavek na pokus: Jeho popis musí umožňovat opakované provedení na libovolném místě se stejným výsledkem.

Výhoda: Příroda prostřednictvím výsledků pokusů rozhoduje o tom, která z hypotéz je správná.

Problém: Vždy měříme jen s určitou přesností. Pokud přesnost přístrojů není dostatečná, nedokážeme hypotézy rozsoudit.

Rychlý vzájemný rozvoj fyziky i techniky (fyzika umožňuje konstruovat stále dokonalejší přístroje, stále dokonalejší přístroje umožňují provádět stále přesnější pokusy).

Determinismus: Známe zákony, které určují pohyb každé částice ve vesmíru \Rightarrow zjistíme jejich polohy a rychlosti a můžeme dopočítat vše, co se v budoucnosti stane \Rightarrow žádný prostor pro svobodnou vůli, celá budoucnost je rozhodnuta v tomto okamžiku (bez ohledu na to, zda ji dokážeme vypočítat nebo ne).

1865: James Clerk Maxwell: Teorie elektromagnetického pole: Shrnutí poznatků o elektřině a magnetismu do čtyř rovnic, světlo je elektromagnetické vlnění.

\Rightarrow Vlna sebeuspokojení: Fyzika je hotová věda, zbývá doplnit několik málo nepodstatných děr (profesor fyziky na univerzitě v Mnichově Phillip von Jolly přesvědčuje mladého Maxe Plancka, aby nestudoval fyziku. Jeho talentu je na téměř uzavřené vědě škoda).

Několik málo nepodstatných děr se v rámci klasické fyziky doplnit nikdy nepodařilo.

Měření rychlosti světla: Světlo se vždy přibližuje stejnou rychlostí (bez ohledu na to, zda před ním utíkáme nebo mu běžíme vstříc) – z pohledu naší zkušenosti naprostý nesmysl, ale příroda se tak opravdu chová \Rightarrow 1905 Albert Einstein: Speciální **teorie relativity**, později obecná teorie relativity.

Při velkých rychlostech (za přítomnosti velké hmotnosti) se prostor a čas chovají jinak než jsme zvyklí (současné události nejsou současné pro každého pozorovatele, různí pozorovatelé vidí jednu věc různě dlouhou a různě rychle jim plyne čas ...).

Záření černého tělesa, fotoefekt, emisní spektra plynů \Rightarrow klasická fyzika nedokáže popsat chování mikročástic (atomy, elektrony, ...) \Rightarrow **kvantová mechanika**: částice se chovají jako vlny a naopak (elektron vždy dopadne do jednoho bodu, ale při průchodu přes dvojštěrbinu, pozná, zda jsou obě díry otevřené), nemůžeme určit najednou jejich polohu a rychlost, energie může nabývat pouze některé hodnoty, částice mohou projít „zdí“.... Skutečnost můžeme popsat pouze statisticky (nemůžeme předpovědět, co přesně částice udělá, určitelné jsou jen pravděpodobnosti, se kterými mohou různé výsledky nastat).

Vše je popsáno matematickým aparátem, který nám poskytuje ověřitelné předpovědi, ale zřejmě dosud nikdo dobře nechápe, co se na něm skrývá (například, jak to ty částice dělají, že „jsou najednou na dvou místech“).

Jakou hodnotu má klasická fyzika, když víme, že je špatně?

Stále stejnou, její zákony odpovídají experimentům, které bylo možné provádět v době jejich vzniku. Výsledky těchto pokusů se nemění \Rightarrow i nové teorie (relativita, kvantová mechanika) musejí vést v těchto podmínkách k velmi podobným předpovědím (rozdíl mezi klasickou a moderní předpovědí je menší než tehdejší chyba měření). Nové teorie vznikly kvůli selhání klasické fyziky v extrémních situacích, které předtím nebylo možné zkoumat (velmi vysoké rychlosti, velmi malé rozměry, obrovské hmotnosti hvězd...).

Dilatace času (podle teorie relativity vidíme při pohledu na pohybující se předmět, že v něm

čas plyne pomaleji) :
$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

vlak (rychlost 90 km/h) :
$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{25^2}{300000000^2}}} \text{ s} = 1,00000000000000374 \text{ s}$$

raketa (rychlost 11,2 km/s) :
$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{11200^2}{300000000^2}}} \text{ s} = 1,000000000698 \text{ s}$$

V obou případech jsou odchylky velmi malé, ale hlavně jsou daleko menší než chyby, se kterými dokážeme určit rychlost vlaku (rakety) \Rightarrow chyba způsobená špatnou klasickou fyzikou se při těchto rychlostech schová v chybě měření.

Dodatek: Na složitých vědeckých aparaturách tyto rozdíly měřit můžeme. Například u GPS systém pak jsou započítány i opravy kvůli speciální i obecné teorii relativity, bez nichž by přesnost zařízení klesla přibližně o řád.

Pedagogická poznámka: Pokud nespícháte, nechte žáky spočítat dilatace na kalkulačce. U vlaku vypočtou normální kalkulačky čistou 1.

Za normálních podmínek jsou předpovědi relativity takřka stejné jako klasické fyziky, moderní fyzika je výpočetně daleko náročnější \Rightarrow záleží na situaci:

- oběh Země okolo Slunce, stavba domů, výroba součástek na auta, ... \Rightarrow klasická fyzika,
- GPS, studium velmi hmotných hvězd, vývoj vesmíru, ... \Rightarrow teorie relativity,
- urychlovače, vývoj nových látek, ... \Rightarrow kvantová mechanika.

Aktuální stav fyzikálního poznání

Existují dvě základní teorie:

- teorie relativity: popisuje chování velkých těles na velkých vzdálenostech, při velkých rychlostech a působení gravitační síly,
- kvantová mechanika (standardní model): popisuje chování mikrosvěta (elektrická, silná a slabá jaderná síla).

Obě teorie jsou neslučitelné, obě špatně popisují situace, ve kterých vládne druhá teorie. Obě dávají velmi blízké předpovědi (odpovídající předpovědím klasické fyziky) pro běžné podmínky.

\Rightarrow Obě teorie jsou špatně \Rightarrow hledání sjednocujících teorie.

Problémy:

- současná technika nám neumožňuje provádět pokusy, které by rozhodly, který z pokusů o sjednocenou teorii je správný,
- v současnosti nemáme pokusy, které bychom neuměli v rámci současných znalostí alespoň přibližně vysvětlit (chybí nám ty nevysvětlené maličkosti z konce 19. století).

Co je vlastně ta fyzika?

Příroda hraje svoji hru (všechno, co se okolo děje). My doufáme, že tato hra má svoje pravidla, která se snažíme vypořádat. Každé pravidlo, kterého si všimneme, nám umožňuje připravit takové situace, které se podle pravidel přírody vyvinou a skončí pro nás výhodně (letadlo se vznese, najdeme další pravidlo v méně běžné situaci). Nevíme, zda je možné pravidla kompletně popsat. Pravidla si nevymýšlíme, existují mimo nás a my se je snažíme pouze odpozorovat.

Žádné z přírodních pravidel (přírodních zákonů) nemůžeme porušit (nejde to).

Skutečnost, že letadla létají, není překonáním přírody (porušením pravidel).

Díky tomu, že jsme pochopili:

- zákon gravitační síly (táhne letadlo dolů),
- zákon pohybu (na přímočarý pohyb potřebujeme nulovou výslednou sílu),
- zákon pro proudění vzduchu (vzduch obtékají vhodně tvarované křídlo, na něj působí směrem vzhůru),

můžeme postavit letadlo, které přesně podle těchto zákonů poletí. Není v tom žádné překonání přírody, naopak jde o naprosté podřízení se jejím pravidlům.

Kdo mluví o vynálezech jako o překonávání přírody a porušování jejich zákonů, mívá se zcela s realitou.

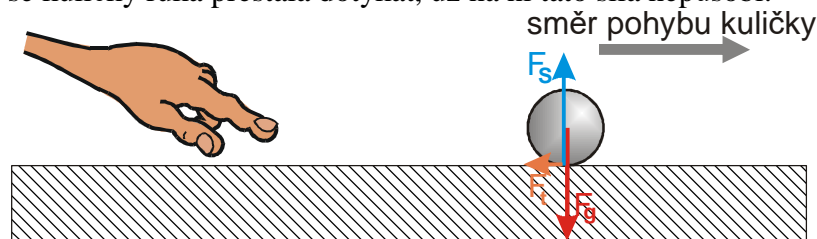
Přírodní zákon nejde porušit (na rozdíl od normálního) \Rightarrow kdyby "Nezabiješ" byl přírodní zákon, neexistovali by vrazi (zastřelený člověk by se hned uzdravil, nebo by se od něj kulka odrazila, nebo ...).

Př. 1: Na lavici leží váleček. Do válečku strčíme prstem a rozkutálíme ho. Nakresli síly, které na váleček působí, když se rovnoměrně kutálí po lavici (a prst se již válečku nedotýká).

Na váleček pouze tři síly:

- svisle dolů gravitační síla Země F_g ,
- svisle vzhůru vztlaková síla stolu F_s ,
- proti směru pohybu třecí síla F_t .

Na kuličku nepůsobí žádná „setrvačná pohybová síla ruky“. Na kuličku působila ruka pouze, když se kuličky dotýkala (jde o tlakovou sílu působící pouze při doteku). Od okamžiku, kdy se kuličky ruka přestala dotýkat, už na ni tato síla nepůsobí.



Pedagogická poznámka: Jen velmi vzácně se objeví smysluplný obrázek. Většina obrázků obsahuje gravitační sílu, tření a "pohybovou sílu, která neexistuje. Většinou chybí vztlaková síla stolu (ptám, co by takový váleček udělal).

Na tomto místě rozhodně příliš neřešíme, jaké mělo být správné řešení. Většinou si jen ukážeme, že i když před chvilkou všichni slyšeli, že Aristotelovské představy o pohybu jsou špatné a platí zákon setrvačnosti, naprostá většina z nich setrvala ve starověku a na svých představách nic nezměnila.

Pedagogická poznámka: Způsob, kterým fyzika zkoumá svět, můžete poměrně snadno nasimulovat pomocí BlackBoxu. Nejjednodušší reálný BlackBox vyrobíte z krabice od bod, do které uděláte několik děr, navlečete několik provázků, které vevnitř libovolně provázete. Pak krabici zavřete a žáci mají taháním provázků poznat, jak jsou vevnitř propojeny.

Imaginární (počítací) BlackBox představuje vzorec, který určuje hodnotu z několika proměnných. Žáci mají vzorec odhalit tím, že navrhnou jaké hodnoty dosadit, vy z nich tajně počítáte výsledek, který jim řeknete. Zadáání i jejich výsledky píšete na tabuli. Celá hra docela věrně modeluje odhalování vzorců například tím, že velmi pomáhá udržovat všechny proměnné konstantní (nejlépe nulové) a měnit pouze jednu.

Shrnutí: Fyzika jako věda stojí a padá s ověřováním pomocí experimentů.