

**OSTRAVSKÁ UNIVERZITA V OSTRAVĚ**

---



**DĚJINY PŘEDKLASICKÉ FYZIKY**

**ERIKA MECHLOVÁ  
PETR SMYČEK**

**OSTRAVA 2003**

Tento projekt byl spolufinancován Evropskou unií a českým státním rozpočtem

Recenzenti:

Doc. RNDr. Josef Janás, CSc.

Mgr. Alexandra Hloušková

Název: Dějiny předklasické fyziky  
Autoři: Prof. RNDr. Erika Mechlová, CSc. a Mgr. Petr Smyček  
Vydání: první, 2003  
Počet stran: 67  
Náklad: 50  
Tisk: Ediční středisko CIT OU

Studijní materiály pro distanční kurz: Dějiny fyziky

Jazyková korektura nebyla provedena, za jazykovou stránku odpovídá autor.  
Určeno výhradně pro kurzy Celoživotního vzdělávání Moravskoslezska

Vydavatel a tisk: Ostravská univerzita v Ostravě,  
Systém celoživotního vzdělávání Moravskoslezska

© Prof. RNDr. Erika Mechlová, CSc., Mgr. Petr Smyček

© Ostravská univerzita v Ostravě

ISBN-80-7042-964-X

**OBSAH**

<b>OBSAH</b> .....	1
<b>ÚVOD</b> .....	3
<b>1 METODOLOGIE FYZIKY A JEJÍ VÝVOJ</b> .....	5
1.1 Metodologie .....	5
1.1.1 Metoda .....	6
1.1.2 Princip .....	7
1.1.3 Teorie .....	8
1.2 Vývoj metodologie fyziky .....	10
1.3 Dějiny fyziky z hlediska metodologie fyziky .....	11
1.3.1 Etapy vývoje fyzikálních teorií .....	11
1.3.2 Členění dějin fyziky z hlediska metodologie .....	12
Shrnutí kapitoly .....	14
<b>2 PERIODIZACE DĚJIN FYZIKY</b> .....	15
2.1 Úvod do periodizace dějin fyziky .....	15
2.2 První období dějin fyziky .....	15
2.3 Druhé období dějin fyziky .....	16
2.4 Třetí období dějin fyziky .....	16
Shrnutí kapitoly .....	16
<b>3 PŘEDKLASICKÁ FYZIKA ANEB OD MÝTU K LOGU</b> .....	17
3.1 Úvod do předklasické fyziky .....	17
3.2 Poznatky o neživé přírodě prehistorického člověka .....	18
3.3 Poznatky o neživé přírodě v Mezopotámii a Egyptě .....	19
3.3.1 Poznatky o neživé přírodě v Mezopotámii .....	19
3.3.2 Poznatky o neživé přírodě v Egyptě .....	21
<b>4 ŘECKÁ PŘÍRODNÍ FILOZOFIE A JEJÍ PŘÍNOS FYZICE</b> .....	25
4.1 Arché – jednoduchá pralátka .....	25
4.2 Filozofové z Milétu .....	25
Shrnutí kapitoly .....	26
<b>5 OD PYTHAGORA PO ATOMISTY</b> .....	27
5.1 Pythagorejci .....	27
5.2 Atomisté .....	27
Shrnutí kapitoly .....	28
<b>6 ŘECKO – OBDOBÍ ANTIKY</b> .....	29
6.1 Sokrates a Platón .....	29
6.2 Aristoteles .....	29
Shrnutí kapitoly .....	32
<b>7 ŘECKO – HELENISTICKÉ OBDOBÍ</b> .....	33
7.1 Helénismus .....	33
7.2 Archimedes .....	34
7.3 Archimedovi žáci .....	35
7.5 Ptolemaios .....	36
7.5 Konec helenismu – římské období .....	36
7.6 Rozpad Římské říše .....	37
Shrnutí kapitoly .....	37

---

<b>8 ARABSKÉ OBDOBÍ</b> .....	39
8.1 Přehled Arabského období dějin fyziky .....	39
8.2 Významné osobnosti a objevy Arabského období .....	40
Shrnutí kapitoly .....	42
<b>9 EVROPSKÝ STŘEDOVĚK A FYZIKA</b> .....	43
9.1 Vznik prvních univerzit.....	43
9.2 Role církve na univerzitách.....	45
9.3 Významné osobnosti ve středověké fyzice .....	46
Shrnutí kapitoly .....	49
<b>10 FYZIKA A RENESANCE</b> .....	51
10.1 Charakteristika období renesance.....	51
10.2 Renesanční myslitelé.....	52
Shrnutí kapitoly .....	55
<b>11 KLASICKÁ FYZIKA A DALŠÍ VÝVOJ FYZIKY - NEPOVINNÉ UČIVO</b> .....	57
11.1 Klasická fyzika .....	57
11.1.1 Formování klasické fyziky .....	59
11.1.2 Vyvrcholení klasické fyziky.....	61
11.2 Fyzika 20. století .....	64
<b>LITERATURA</b> .....	67

## Ú V O D

Předmět je určen studujícím fyziky, učitelství fyziky, učitelům fyziky v praxi a všem zájemcům o dějiny fyziky. Zahrnuje nejstarší období vývoje fyzikálních poznatků až do vzniku klasické fyziky kolem roku 1500 našeho letopočtu.

Prakticky lze vývoj fyzikálního myšlení v tomto období přirovnat k tomu, jak se postupně žáci na základní škole seznamují s fyzikou na základě poznávání základních fyzikálních jevů v oblasti mechaniky a optiky. Názory na fyzikální jevy v uvedeném historickém období jsou shodné s naivními představami žáků o těchto jevech, které však často výuka fyziky nepomůže překonat a u mnohých jedinců přetrvávají do dospělosti a tím prakticky po celý život. Uvědomit si, v čem spočívá tzv. „Aristotelovské myšlení“ žáků a mnohých dospělých je východiskem k pochopení změn v myšlení člověka při poznávání přírody. Tyto změny v myšlení a zejména hybné síly těchto změn nebyly jednoduché. Proto i časový interval prakticky zabírá 4 čtyři tisíce let. Velkou roli zde hrály ekonomické a společenské podmínky, zejména role římskokatolické církve. Analýza dějin fyziky umožní pochopit nejen základy klasické fyziky, ale i vznik fyzikálního myšlení a jeho odlišnosti od dogmatického myšlení.

Úvodní část je věnována metodologii fyziky a periodizaci dějin fyziky z hlediska vývoje fyzikálních teorií. Další části zahrnují chronologicky období předklasické fyziky od doby kamenné přes dějiny antického a helenistického Řecka, arabského období, středověké Evropy až do renesance. V závěru jsou uvedeny nepovinné krátké přehledy dalších dvou období vývoje fyziky a to vznik a vývoj klasické fyziky a fyzika 20. století, kterým budou věnovány další připravované studijní opory.

Přejeme příjemné chvílky nad dějinami fyziky nejstaršího období a tím vlastně i nad dějinami filozofie nejstaršího období.

V Ostravě 8.10.2003

Erika Mechlová a Petr Smyček,  
autoři studijní opory

### **Po prostudování textu budete znát:**

- základní členění dějin fyziky z hlediska metodologického;
- základní členění dějin fyziky hlediska chronologického;
- dějiny předklasické fyziky;
- vliv církve na vývoj fyzikálního poznání.

### **Budete schopni:**

- vysvětlit vývoj fyzikálního poznání v předklasické fyzice;
- vysvětlit vliv různých institucí na rozvoj fyzikálního poznání;
- vliv řecké a arabské kultury na rozvoj evropské kultury a fyziky.

**Získáte:**

- přehled o metodologii fyziky;
- zdůvodnění, proč některé fyzikální jevy jsou různě objasňovány zejména lidmi bez soustavného fyzikálního vzdělání;
- nadhled z dějin, jak překonávat „Aristotelovské myšlení“;
- přesvědčení, že pouhé „filozofování“ bez experimentování velmi zabrzdilo rozvoj fyziky a přírodních věd vůbec;
- argumentaci z dějin fyziky k pochopení naivního „fyzikálního“ myšlení žáků i mnoha dospělých lidí dnešní doby.

**Čas potřebný k prostudování učiva předmětu:**  
15 hodin teorie + 15 hodin řešení úloh)

## SYMBOLY VE STUDIJNÍ OPOŘE

**Příklad**

Příklad z praxe nebo řešená úloha.

**Úkol k textu****Úkol k zamyšlení****Část pro zájemce****Korespondenční úkol – nutno odeslat****Shrnutí kapitoly****Otázky – kontrolní otázky ke kapitole****Úloha č. 1****Další zdroje k dané kapitole**

# 1 METODOLOGIE FYZIKY A JEJÍ VÝVOJ

## V této kapitole se dozvíte:

- o metodologii věd jako o základní vědě věd;
- jakou roli v metodologii fyziky hrají metody, principy a teorie;
- základní etapy rozvoje fyzikálních teorií;
- členění dějin fyziky z hlediska metodologie fyziky.

## Budete schopni:

- posoudit roli metodologie v oblasti lidského poznání;
- posoudit roli metodologie fyziky v oblasti fyzikálního poznání
- přiřadit určitou roli metodám fyziky, fyzikálním principům a fyzikálním teoriím v rozvoji fyzikálního poznání;
- rozlišit jednotlivé etapy vývoje fyzikálních teorií;
- zdůvodnit členění dějin fyziky z hlediska metodologie fyziky.

**Klíčová slova této kapitoly:** metodologie, fyzikální poznání, metodologie fyziky, metoda, princip, teorie.



**Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:**  
3 hodiny teorie + 2 hodiny řešení úloh

## 1.1 METODOLOGIE

Co chápeme pod pojmem metodologie věd?

Uvedu definici:

**Metodologie věd je teorie metody vědy, respektive věda o principech a metodách vědeckého poznání. Formuje se na rozhraní filosofie a speciálních věd.**

Určitě složitá definice. Pochopení obsahu definice není jednoduché. Naučit se z paměti definici metodologie je zbytečné, protože za půl roku budete si znovu klást otázku, co je metodologie věd.

Nejjednodušší bude uvedení výkladu hesla z encyklopedického slovníku, protože tam můžeme vždy nalézt „lidsky“ srozumitelná vysvětlení. Podíváme se do dvou encyklopedických slovníků. V heslech encyklopedických slovníků vždy první věta bývá základním vysvětlením pojmu, dále je objasnění na konkrétních případech nebo vysvětlení historického vývoje pojmu.

V *Encyklopedickém slovníku* z roku 1993 (H. Bradnová, 1993) heslo metodologie není obsaženo. Heslo, v němž se pojem metodologie objevuje, je toto heslo:

„*Metodologický anarchismus*, názor současné gnozeologie na nemožnost předem určit metody zkoumání určitého problému nebo disciplíny. Souvisí úzce s tzv. anarchismem gnozeologickým (prosazovaným zejména P. K. Fayerbendem), který podobný přístup rozšiřuje na východiska celých teorií.“

Pomohlo Vám uvedené heslo k pochopení obsahu pojmu metodologie?  
Určitě ne, nevím, proč tam vůbec toto heslo bez hesla metodologie bylo uvedeno.

V *Ilustrovaném encyklopedickém slovníku* z roku 1981 (Štěpánek, 1981), který často používám, když si chci zpřesnit pochopení některého pojmu z oblasti, které se nevěnuji, je heslo uvedeno. Budu volně citovat.

**Metodologie (řec.)** a) nauka o metodách vědeckého poznání a přetváření světa. Dříve se všeobecná metoda poznání často nekriticky spojovala se zákonitostmi jedné z konkrétních oblastí poznání (například mechaniky, matematiky, biologie) a redukovala se na metody některé jednotlivé vědy. Teprve Hegelův objev specifického charakteru filozofické metody, její odlišnost od metod konkrétních věd a neredukovatelnost na ně umožnila vybudovat obecnou metodu poznání a vědeckou teorii metod používaných při poznání. Vychází přitom z předpokladu, že základem metod poznání jsou objektivní zákony přírody a společnosti odrážející se v myšlení.

b) souhrn postupů a způsobů zkoumání uplatňovaných v určité vědě nebo skupině věd.

Ještě je třeba objasnit v definici „metodologie pojem „metoda“, „princip“ a „teorie“, aby první složitá definice byla pochopitelná.

### 1 . 1 . 1 M E T O D A

K pochopení pojmu „metoda“ použijeme jako zdroj informací opět obou encyklopedických slovníků.

V *Encyklopedickém slovníku* z roku 1993 je heslo „metoda“ obsaženo.

**Metoda** [z řeckého *methodos*, *cesta*] je postup nebo způsob uplatňovaný k dosažení stanoveného cíle nebo získání jistých poznatků. Metoda je závislá na teorii, která možné způsoby užití konkrétní metody určuje (legitimizuje či valorizuje).

V *Ilustrovaném encyklopedickém slovníku* z roku 1981 je uvedeno toto:

**Metoda** (z řečtiny) v obecném významu označení způsobu jak dosáhnout jistého, předem stanoveného cíle prostřednictvím vědomé a plánovité činnosti.

V oblasti vědy pojem metoda označuje záměrný a systematický postup uplatňovaný při poznávání zkoumaných předmětů; je vždy nerozlučně spjata s teorií.

V průběhu vědeckého poznávání světa vznikla řada obecných vědeckých metod poznání, jako například indukce, dedukce, analýza a syntéza, analogie, experiment, pozorování. Ve speciálně filozofickém smyslu je metoda způsobem reprodukce zkoumaného předmětu v myšlení.



**Úkol k textu**

Porovnejte obsahy pojmu „metoda“ v obou encyklopedických slovnících.

- Určete, v čem jsou obsahy pojmu „metoda“ shodné.
- Určete, v čem se obsahy pojmu „metoda“ liší.
- Který obsah pojmu „metoda“ je uveden v definici pojmu metodologie?



Vraťte se znovu k definici „metodologie“. V hesle „metoda“, které je v *Ilustrovaném encyklopedickém slovníku* z roku 1981, jsou uvedeny obecné metody vědeckého poznání. Určitě jste si uvědomili, že ve vyučování fyzice žáci poznávají a osvojují si obecné vědecké metody poznání. V korespondenčním úkolu se hlouběji zamyslete, jak kvalitní základy obecných vědeckých metod poznání můžete žákům ve vyučování fyzice zprostředkovat, protože jsou to současně fyzikální vědecké metody poznání.

**Korespondenční úkol**

Zamyslete se nad seznamem obecných vědeckých metod poznání. Určitě se ve vyučování fyzice používají, některé z nich velmi často, některé méně často.



- Uveďte ke každé obecné vědecké metodě poznání dva konkrétní příklady, kde je daná obecná vědecká metoda poznání ve vyučování fyzice používána. Vyjadřujte se stručně, ale srozumitelně.
- Seřadte podle vašeho uvážení obecné vědecké metody poznání podle toho, jak často jsou používány ve vyučování fyzice a) na základní škole, b) na střední škole. Uveďte důvod, proč tento úkol je uveden v povinných úkolech.
- Porovnejte roli vyučování fyzice s dalšími přírodovědnými předměty při osvojování obecných vědeckých metod poznání.
- Je potřebná interpersonální spolupráce mezi učiteli přírodních věd v oblasti obecných vědeckých metod poznání? Svou odpověď zdůvodněte.

Úkol odešlete mailem na mou adresu.

## 1 . 1 . 2 P R I N C I P

Vraťte se znovu k definici „metodologie“. K plnému pochopení definice ještě schází pochopení obsahu pojmu „**princip**“. Opět použijeme encyklopedické slovníky. Původně jsme chtěli, abyste si svou **vědomost konstruovali sami** a hledali informaci sami alespoň ve dvou různých encyklopedických slovnících a mohli porovnat různost obsahu pojmu. Nakonec jsme se rozhodli, že vám situaci usnadníme a do distanční opory vložíme i upravené texty ze slovníků.

V *Encyklopedickém slovníku* z roku 1993 je heslo „princip“ obsaženo.

**Princip** je základ, zásada, výchozí myšlenka, základní zákon; pevné a nepochybné východisko, z něhož je odvozována teorie.

*Ve speciálních vědách* je princip východiskem, jež je neověřitelné v rámci dané vědecké disciplíny. Filozofie takový obecný princip stále marně hledá a stále více nalézá své poslání v kladení otázek, než v odpovědích na ně.

*Ve fyzice* je princip základním předpokladem, popřípadě matematicky formulované pravidlo, z něhož lze odvodit fyzikální popis uvažovaných dějů v soulase s experimentálními poznatky. Během vývoje fyzikálního poznání bývají některé principy dokázány nebo vyvráceny a nahrazeny jinými.

V *Ilustrovaném encyklopedickém slovníku* z roku 1981 je uvedeno toto:

**Princip** [z latiny] je počátek, základ, vůdčí idea, zákon, základní pravidlo pro poznání a jednání.

*Princip ve filozofii.* V antické filozofii znamená princip prazáklad nebo pralátku, spojenou s nutností a zákonitostí jevů.

V logickém smyslu znamená princip ústřední pojem, základ systému.

Praktickým principem se nazývají pravidla, např. v etice normy regulující vztahy mezi lidmi.

Principem se také rozumějí základní vlastnosti mechanismu, stroje nebo přístroje.

*Princip v přírodních vědách* je obecně nedokazatelné tvrzení vzniklé zobecněním experimentálních údajů, jehož všechny důsledky se shodují s pozorováním. Některé nejobecnější fyzikální zákony jsou formulovány jako variační princip: ze všech možných dějů uvažované třídy se v přírodě realizují jen takové, při nichž určitá veličina nabývá extrémní hodnoty, např. Fermatův princip, princip nejmenší akce.

Uvedeme ještě další, tentokrát *Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolský kurz* z roku 1999 (E. Mechlová, 1999).

**Princip ve fyzice** je důležitý fyzikální zákon, který má velmi obecnou platnost; popisuje univerzální závislost, která se v přírodě vyskytuje.

Příkladem jsou první termodynamický princip, druhý termodynamický princip, třetí termodynamický princip, princip konstantní rychlosti světla ve vakuu.

Mezi fyzikální principy patří také **principy zachování** některých veličin zvané též zákony zachování. Vyjadřují časovou neměnnost (stálost) jistých fyzikálních veličin. Pro veličiny, pro něž platí zákony zachování, se často užívá termínů **pohybové integrály** nebo **integrály pohybových rovnic**.

Z fyzikálních principů můžeme deduktivním vyvozováním získat řadu dílčích zákonů, které byly již dříve objeveny empiricky. V axiomatické výstavbě fyzikálních teorií mají fyzikální principy charakter axiomů.



### Úkol k textu

Porovnejte obsahy pojmu „princip“ v obou obecných encyklopedických slovnících a ve fyzikálním výkladovém slovníku.

- a) Určete, v čem jsou obsahy pojmu „princip“ shodné.
- b) Určete, v čem se obsahy pojmu „princip“ liší.
- c) Který obsah pojmu „princip“ je uveden v definici pojmu metodologie?

## 1 . 1 . 3 T E O R I E

Vraťte se znovu k definici „metodologie“. Obsah pojmů „metoda“ a „princip“ jste již plně pochopili. Uvědomili jste si jejich význam pro metodologii obecnou i pro metodologii fyziky. Zůstává ještě pojem „teorie“. Opět použijeme encyklopedické slovníky.

V *Encyklopedickém slovníku* z roku 1993 je heslo „teorie“ vysvětleno takto:

**Teorie** je systém názorů na určitý předmět zkoumání, komplex jevů nebo oblastí skutečnosti. Ideální model analyzující a popisující souvislosti, vztahy, zákonitosti, ale i způsoby vyvozování a jejich dokazování v dané oblasti na dostupné úrovni poznání.

V *Ilustrovaném encyklopedickém slovníku* z roku 1981 je uvedeno toto:

**Teorie** [z řečtiny] je komplex názorů, představ a myšlenek, zaměřených na vysvětlení nějakého jevu.

V užším smyslu je teorie nejrozvinutější forma vědeckého poznání podávající systematický, zobecněný obraz o zákonitostech a podstatných souvislostech té oblasti skutečnosti, která je jejím předmětem. Od praxe se teorie liší tím, že představuje ideální reprodukci objektivní reality, je však s praxí organicky spojena jako se svým základem, zdrojem a cílem. Od hypotézy se odlišuje tím, že je prověřena praxí.

Struktura rozvinuté teorie zahrnuje na empirické úrovni přesně zjištěná fakta, jako teoretická východiska soubor principů a zákonů, postulátů, axiómů apod., které popisují daný objekt v idealizované podobě, logické postupy vyvozování a důkazů a konečně souhrn teoretických závěrů.

Stručně je možno rozdělit zejména přírodovědné teorie na formální kalkul (rovnice, pravidla) a věcnou interpretaci (kategorie, principy, zákony). Jednota obsahových a formálních aspektů působí jako jeden ze zdrojů vývoje teorie. Přírodovědné i společenskovední teorie jsou historickým produktem, podmiňuje je daná historická situace, dosažená úroveň výroby, techniky a experimentálního výzkumu. Teorie sehrávají důležitou úlohu ve společenském vývoji především v obdobích revolučních sociálních přeměn.

Ve *Výkladovém slovníku fyziky pro základní vysokoškolský kurz* z roku 1999 je teorie vysvětlena takto:

**Teorie** je nejrozvinutější a nejobecnější forma vědeckého poznání, která podává systematický, zobecněný obraz o zákonitostech a podstatných souvislostech té oblasti skutečnosti, která je jejím předmětem.

Každá teorie je systémem zobecněného poznání, a proto umožňuje popis, vysvětlení a předvídání určitých jevů, např. fyzikálních. Ve fyzice je teorie soustavou základních tvrzení a jejich důsledků, které mohou být experimentálně ověřovány.

Struktura rozvinuté fyzikální teorie zahrnuje základní empirická fakta získaná empirickou cestou, ze které se vytvoří ideální model objektu teorie. Analýzou ideálního modelu je získán systém základních pojmů teorie a jako výsledek této analýzy vznikne systém fyzikálních veličin dané teorie. Zároveň s tímto systémem se vypracovává soustava logických operací s těmito pojmy teorie, procedury měření fyzikálních veličin a teorie se doplňuje univerzálními konstantami. Výsledkem je systém zákonů, které určují vazby mezi veličinami.

Teorie jsou proměnným prvkem vědy, stále vznikají teorie nové a obecnější. Obecnější teorie vždy musí zahrnovat v oblasti platnosti i teorii méně obecnou, na jejímž základě vznikla.



### Příklad

Obecnější teorií než klasická mechanika je speciální teorie relativity. Ta v sobě zahrnuje klasickou mechaniku jako speciální případ, kdy rychlosti objektů jsou mnohem menší než rychlost světla ve vakuu.



### Úkol k textu

Porovnejte obsahy pojmu „teorie“ v obou obecných encyklopedických slovnících a ve fyzikálním výkladovém slovníku.

- Určete, v čem jsou obsahy pojmu „teorie“ shodné.
- Určete, v čem se obsahy pojmu „teorie“ liší.
- Který obsah pojmu „teorie“ je uveden v definici pojmu metodologie?

## 1.2 VÝVOJ METODOLOGIE FYZIKY

Historicky můžeme rozpoznat čtyři hlavní **období vývoje metodologie fyziky**:

**První období vývoje metodologie fyziky, tzv. naturfilozofické**, můžeme charakterizovat takto:

- **poznání není rozčleněno**, naturfilozofie zahrnuje myšlení filozofické, přírodovědné a metodologické,
- **filozofie přírody** je charakterizována spekulativním přístupem k přírodě, který přezírá fakta, empirii a vyvozuje podstatu všeho dění z pohybu myšlení.

**Druhé období vývoje metodologie fyziky, tzv. filozofické**, má tyto rysy:

- zahrnuje **vznik a formování klasické fyziky a vědy vůbec**,
- **klasická fyzika byla oddělena od filozofie**, metodologie zůstala součástí filozofie,
- **úlohu metodologie vědeckého poznání plní různé filozofické koncepce**, kritériem pro výběr adekvátní filozofie je požadavek, že musí poskytovat vhodnou metodologii.

**Třetí období vývoje metodologie fyziky** začíná se vznikem a rozvojem kvantové mechaniky a teorie relativity:

- Začátkem 20. století se vytvářejí zásadně nové fyzikální teorie, které mění poznávání světa:
  - Kvantová mechanika: **Mikroobjekty** – nové objekty zkoumání vyžadují principiálně nový popis, nový přístup k bádání.
  - Teorie relativity: **Makroobjekty** – pohybují se rychlostmi srovnatelnými s rychlostí světla, vznikají dvě nové převratné teorie:
    - speciální teorie relativity,
    - obecná teorie relativity.
- Vznik kvantové mechaniky a teorie relativity přináší sebou **problémy, které není možno řešit starou metodologií. Proto nastává bouřlivý rozvoj**:
  - **obecné metodologie**,
  - **metodologie speciálních věd**, tedy i metodologie fyziky.

**Příklad**

Například Niels Bohr rozpracovává metodologické problémy mikroobjektů.



**Čtvrté období vývoje metodologie fyziky** je charakterizováno formováním jednotné teorie vědeckého poznání:

- jedná se o současné období vývoje metodologie vědeckého poznání,
- vychází z poznatků získaných ve třetím období při tvorbě kvantové mechaniky a teorie relativity.
- **V oblasti metodologie nastává obousměrný pohyb:**
  - **ze speciálních věd do filozofie,**
  - **z filozofie do speciálních věd.**

Hranice období vývoje metodologie fyziky jsou spíše symbolické.

### 1.3 DĚJINY FYZIKY Z HLEDISKA METODOLOGIE FYZIKY

Tradiční knihy o dějinách věd jsou nebo byly souhrnem chronologických údajů, názorů, výčtem výsledků, případně teorií. Zřídka se vyskytly snahy postihnout tendence a zákonitosti vývoje dané disciplíny. Podíváme-li se na vývoj fyziky z hlediska metodologie fyziky, potom můžeme dějiny fyziky rozčlenit podle toho, která metodologie převládala a nakonec podle fyzikálních teorií, které v daném období zvítězily. Daná fyzikální teorie však nevznikla najednou, ale postupně, po etapách.

#### 1.3.1 ETAPY VÝVOJE FYZIKÁLNÍCH TEORIÍ

Vývoj každého fyzikálního poznání, tedy každé období vývoje fyziky v sobě zahrnuje celkem čtyři etapy, které vrcholí vytvořením nové fyzikální teorie.

##### 1. etapa příprav nové teorie::

- objev nových fyzikálních faktů,
- formulace nových problémů vyvolaných zpravidla novou experimentální situací,
- hledání nových principů systematizace poznatků,
- budování teoretických systémů,
- rozpracování matematických a jiných formálních metod,
- kolize nebo nekonzistentnost v existujícím teoretickém systému.

##### 2. etapa konfrontace nových koncepcí s empirickými poznatky a koncepcí mezi sebou.

##### 3. etapa formování nosného teoretického systému:

- zpracování úplně nové soustavy poznatků,
- systematizace poznatků z dané oblasti procesů a jevů,
- nosný teoretický systém se stává základem pro vysvětlování jevů a zákonitostí z uvedené oblasti fyzikálních procesů,

- predikční schopnost nosného teoretického systému, přináší nové předpovědi a nové výsledky, které se později experimentálně ověřují.
4. etapa rozpracovávání nosného teoretického systému:
- úsilí o potvrzení stoupenci nebo vyvrácení protivníky hlavní teorie,
  - axiomatizace teorií – proces, kdy se hledá taková podoba teorií, ve které by se z několika axiomů (principů, postulátů) dal deduktivním způsobem odvodit celý obsah dané teorie se všemi důsledky a speciálními případy; axiomatizace se týká jak pojmového, tak také a hlavně formálního matematického aparátu, je tím zajištěn přechod od starých teorií k novým,
  - úsilí o zdůvodnění teoretického systému, tj. snaha pochopit, proč v dané oblasti „funguje“ právě tato teorie a ne jiná, proč je právě ona schopna vysvětlit dané jevy,
  - řešení problémů spojených s interpretací výsledků nosného teoretického systému.
5. etapa budování, obohacování a zpřesňování fyzikálního obrazu světa na základě nové teorie.

Členění dějin fyziky na základě jednotlivých pěti postupně vznikajících fyzikálních teorií je spíše logické než historické, nemusí být vždy totožné s chronologickým vývoje fyziky. Někdy mohou některé etapy vývoje následné teorie předcházet vývoj starší teorie. Jedná se spíše o zachycení logiky vývoje, ne o jeho časový průběh. Sledujeme pouze hlavní směr vývoje fyziky.

Hranice období vývoje metodologie fyziky jsou spíše symbolické.

### 1.3.2 ČLENĚNÍ DĚJIN FYZIKY Z HLEDISKA METODOLOGIE

Na základě analýzy historického vývoje fyzikálního poznání, tedy na základě metodologie fyziky, je možno rozčlenit dějiny fyziky do pěti období, která se mohou časově překrývat. Pro vývoj fyziky je charakteristické více či méně pravidelné *střídání období* klidného vývoje a období prudkých, zásadních změn. V prvním typu vývojových fází se především *známé metody* řešení problémů aplikují na stále širší oblasti fyzikálních jevů. Zpravidla se vytvoří paradigma – jistý návod na řešení problémů určitého typu. Přitom se hromadí *nové poznatky*, které se jen částečně daří zařadit do existující poznatkové soustavy fyziky. Když se zmíněný proces prohloubí a nahromadí se mnoho faktů, které jsou v rozporu se zažitými představami, názory, s platným paradigmatickým, nevyhovují už pro ně běžné formy popisu a vysvětlení. Nastává *období přehodnocování* filozofických a epistemologických východisek nebo známých kritérií interpretace výsledků pozorování a experimentů. Začíná období *revoluce ve fyzice*. **Překonání paradigmatu si vyžaduje silné osobnosti, lidi neztížené konvenčním myšlením a předsudky.**

Výsledkem bouřlivého procesu, jenž může trvat desítky let, je zcela *nová fyzikální teorie*. Zpravidla popisuje a vysvětluje novou samostatnou oblast jevů nebo z hlediska popisu a vysvětlení sjednotí dvě či několik oblastí, jež se do té doby

považovaly za zcela nezávislé. Na popis a vysvětlení používá nové fyzikální myšlenky a představy, novou matematiku i novou epistemologii, zavádí nové modely.

Od vzniku fyziky jako samostatné vědy v 17. století můžeme vyčlenit pět revolučních období. V nich se zformovalo pět hlavních fyzikálních teorií a podle nich nazýváme jednotlivá období:

### 1. Období teorie klasické mechaniky

Období zahrnovalo:

- vybudování teoretického systému klasické mechaniky (G. Galilei, I. Newton, M. Koperník),
- vytvoření mechanického obrazu světa bylo završením období klasické mechaniky.

### 2. Období teorie elektromagnetického pole

Období zahrnovalo

- Vybudování teorie elektromagnetického pole (Faraday, Maxwell)
- Završením období elektromagnetické teorie bylo obohacení obrazu světa o poznatky z elektřiny a magnetismu.

### 3. Období statistické teorie ve fyzice

Období zahrnovalo:

- formování zásadně nového přístupu k popisu a vysvětlení fyzikálních jevů charakteristických pro systémy s velkým počtem objektů,
- vybudování termodynamiky a kinetické teorie plynů,
- završením období bylo začlenění výsledků statistického přístupu do fyzikálního obrazu světa.

### 4. Období relativistické teorie

Období zahrnovalo:

- budování teoretického systému speciální teorie relativity (A. Einstein),
- pozdější rozvinutí systém obecné teorie relativity (A. Einstein),
- završením období relativistické teorie bylo začlenění relativistických prvků do fyzikálního obrazu světa.

### 5. Období kvantové teorie

Období zahrnovalo:

- vznik kvantové mechaniky (M. Planck, W. Heisenberg, E. Schrödinger, P. Dirac),
- kvantová mechanika nerelativistická i relativistická a teorie kvantových polí,
- završením období bylo zohlednění kvantově mechanických rysů vidění světa ve fyzikálním obrazu světa.

V posledních desetiletích jsme svědky dalšího revolučního období, v němž se na základě bouřlivého rozvoje experimentální částicové fyziky a na bázi nových teoretických myšlenek buduje teorie elementárních prvků hmoty a různých typů sjednocení známých interakcí, například *elektroslabé interakce*. Někteří fyzikové jsou dokonce přesvědčeni, že teorie strun a superstrun se může stát východiskem pro vybudování *teorie všeho*, tudíž že fyzika je na cestě k *ontologii*.

Vycházejí z koncepce revolucí ve fyzice by bylo možné zavést periodizaci dějin fyziky podle jednotlivých revolučních období. Ta se však zatím neujala.



### Shrnutí kapitoly

Metodologie je nauka o metodách vědeckého poznání a přetváření světa. Základem metod poznání jsou objektivní zákony přírody a společnosti odrážející se v myšlení. Konkrétně metodologie fyziky je souhrn postupů a způsobů zkoumání uplatňovaný ve fyzice.

Z hlediska metodologie fyziky členíme dějiny fyziky podle převládajících teorií, tj. na období teorie klasické fyziky, období teorie elektromagnetického pole, období statistické teorie ve fyzice, období relativistické fyziky a období kvantové teorie.



### Další zdroje

- BRADNOVÁ, H., aj. *Encyklopedický slovník*. Praha: Encyklopedický dům Odeon, 1993. ISBN 80-207-0438-8.
- ČERNÍK, V., FARKAŠOVÁ, E., VICENÍK, J. *Teória poznania*. Bratislava: 1980.
- MECHLOVÁ, E., aj. *Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolský kurz*. Praha: Prométheus, 1999. ISBN 80-7196-151-5.
- ŠTĚPÁNEK, M. (redakce) *Ilustrovaný encyklopedický slovník*. Praha: Academia, 1980.
- ŠEBESTA, J. *Metodológia fyziky. Vybrané kapitoly*. Bratislava: MMF Univerzity Komenského v Bratislavě, 1987.



## 2 PERIODIZACE DĚJIN FYZIKY

**V této kapitole se dozvíte:**

- co bylo hybnou silou vývoje fyziky;
- chronologické členění dějin fyziky;
- obsah jednotlivých období vývoje fyziky;
- časové intervaly jednotlivých období vývoje fyziky.

**Budete schopni:**

- stanovit, které potřeby lidstva byly příčinou rozvoje fyziky;
- charakterizovat jednotlivá období vývoje fyziky;
- uvést jednotlivé teorie rozvíjené v jednotlivých obdobích vývoje fyziky.

**Klíčová slova této kapitoly:** předklasická fyzika, klasická fyzika, kvantová fyzika, relativistická fyzika a statistická fyzika.



**Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:**  
0,5 hodiny teorie

### 2.1 ÚVOD DO PERIODIZACE DĚJIN FYZIKY

Kořeny fyziky sahají až k počátkům lidské civilizace. S vývojem výroby a společenskými přeměnami se vyvíjela i fyzika. Zvláště výrazná a významná je vazba fyziky a technického pokroku, fyziky a vojenského umění. Fyzika, jako každý vědní obor, je součástí lidské kultury. Proto i dějiny fyziky jsou součástí kulturních dějin lidstva a úzce souvisejí zejména s dějinami filozofie.

Historický vývoj fyziky je rozdělován chronologicky zpravidla do tří poměrně velkých historických období. Období jsou tato:

1. předklasická fyzika,
2. klasická fyzika,
3. kvantová fyzika, relativistická fyzika a statistická fyzika.

### 2.2 PRVNÍ OBDOBÍ DĚJIN FYZIKY

**Předklasická fyzika** bývá často nazývána jako období **prehistorie fyziky** nebo období izolovaných fyzikálních poznatků. Jedná se o časově poměrně dlouhý interval. Zahrnuje celý **starověk** až po 5. století n. l., **středověk** od 6. století po 14. století a nakonec i **renesanci** 15. a 16. století.

## 2.3 DRUHÉ OBDOBÍ DĚJIN FYZIKY

**Klasická fyzika** je období kratší, ale zato bouřlivější. Začíná vznikem fyziky v pozdní renesanci a klasicismu. Časově zahrnuje přibližně 17. století, kdy fyzika se vydělila jako samostatná věda z filozofie. Jednalo se o samostatnou vědu v současném smyslu, tedy se svým vlastním předmětem zkoumání a hlavně typickými poznávacími metodami a postupy. Dále v dílčím období formování klasické fyziky vznikla a rozvinula se *klasická mechanika* a byly položeny experimentální i teoretické základy pro vznik dalších odvětví fyziky. Vyvrcholení vývoje klasické fyziky je vznik *termodynamiky*, *teorie elektromagnetického pole*, *kinetické teorie plynů* a *statistické fyziky*.

V přechodném období k tzv. „nové fyzice“ se ukázalo, že klasická fyzika není schopna vysvětlit mnohé nově objevené jevy a skutečnosti a tudíž je nutné hledat zcela odlišné poznávací metody a postupy a vybudovat nové teorie.

## 2.4 TŘETÍ OBDOBÍ DĚJIN FYZIKY

**Kvantová fyzika, relativistická fyzika a statistická fyzika** patří do posledního období vývoje fyziky 20. století.

Znovu je třeba zdůraznit, že ani toto členění dějin fyziky není přesně chronologické, ale je logické, proto se opět jednotlivá období časově překrývají.



### Shrnutí kapitoly

Historický vývoj fyziky je rozdělován chronologicky zpravidla do tří poměrně velkých historických období a to na období předklasické fyziky (od doby kamenné do 16. století), období klasické fyziky (17. až 19. století) a období kvantové fyziky, relativistické fyziky a statistické fyziky (20. století).



### Další zdroje

- KUHN, Thomas. *Štruktúra vedeckých revolúcií*. Bratislava: Pravda 1982.
- KVASZ, Ladislav. *O revolúciách vo vede a ruptúrach v jazyku vedy*. Bratislava: Vydavateľstvo UK, 1998.
- ŠEBESTA, Juraj. *Metodológia fyziky*. Bratislava: Vydavateľstvo UK, 1987.

### 3 PŘEDKLASICKÁ FYZIKA ANEB OD MÝTU K LOGU

**V této kapitole se dozvíte:**

- jak vysvětloval přírodní úkazy prehistorický člověk;
- co potřebovaly poměrně vyspělé civilizace pro vysvětlení přírodních jevů.

**Budete schopni:**

- posoudit, které oblasti přírodních věd se rozvíjely;
- zdůvodnit rozvoj pouze určitých oblastí přírodních věd.

**Klíčová slova této kapitoly:** mýtus, mytické myšlení, písmo, geometrie.



**Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:**  
1,5 hodiny teorie + 3 hodiny řešení úloh

#### 3.1 ÚVOD DO PŘEDKLASICKÉ FYZIKY

Systematizace a formulace poznatků o neživé přírodě se v dějinách lidstva velmi opozdila za přímým využíváním přírodních sil. Podle historických nálezů člověk starší doby kamenné používal oštěp a luk, to znamená používal prakticky šikmý vrh. Kinematický popis šikmého vrhu se poprvé v historii objevil v 17. století n.l., tj. za 10 000 let!

Do období objevování izolovaných fyzikálních poznatků patří:

- první měření prostoru, času a jiných veličin,
- objevení různých přírodních jevů:
  - elektrostatické jevy,
  - magnetické vlastnosti feromagnetik,
  - duha,
- formulování prvních fyzikálních zákonů:
  - statika – teoretické zobecnění zkušeností z řemeslné výroby,
  - hydrostatika,
  - geometrická optika,
- racionální výklad přírodních jevů a vytvoření jednotného obrazu světa:
  - protichůdné pokusy o výklad přírodních jevů,
  - spisy antických řeckých filozofů,
  - kanonizování některých názorů starých filozofů ve středověku církví.

Objevování fyzikálních poznatků je dokumentováno v kulturně nejvyspělejších oblastech světa té doby:

- Mezopotámie a Egypt,
- Řecko - období antiky,
- Řecko - helenistické období,
- Arabské období,
- Evropský středověk.

### 3.2 POZNATKY O NEŽIVÉ PŘÍRODĚ PREHISTORICKÉHO ČLOVĚKA

Téměř před dvěma miliony let používali předkové člověka kamenů jako zbraní a nástrojů. Přibližně o půl milionu let později jeho potomci poznali výhody křemene s ostrou hranou. Objevili také, jak se rozdělává oheň. Nástěnné malby v jeskyních staré 15 000 let svědčí o základní znalosti anatomie zvířat, dokladují lovecké umění člověka nebo mohou být pokusem příznivě ovlivnit lov pomocí magie. Zhruba před 10 000 lety začal člověk žít usedleji. Objevil pravidelný systém získávání potravin domestikací zvířat a pěstováním rostlin. Život v usedlých společnostech vedl k objevům různých stavebních materiálů a k budování technicky dokonalejších obydlí. Stále udržovaný oheň zaháněl dravce, umožňoval tepelné zpracování jídla a právě to pravděpodobně vedlo k používání vypalované hlíny a k základům hutnictví kovů.

Velikou roli v životě prehistorického člověka hrála koordinace pohybů a odhad. To mu umožnilo intuitivně vycítit, jak věci fungují. Člověk podvědomě ovládal nejdříve mechaniku svého těla a pak i mechaniku předmětů, které ho v denním životě obklopovaly.



#### Úkol k textu

Na základě předchozího poznatku uveďte, jak svých intuitivních poznatků z mechaniky využíval prehistorický člověk:

- a) při rozdělávání ohně,
- b) při zhotovování otvorů.

Zlatý věk mýtů trval přibližně do roku 600 př.n.l., tj. do doby dokud někdo nezačal nad mýty přemýšlet a nezačal je zpochybňovat. Tato situace nastala po vynálezu písma. Jakmile měly mýty písemnou podobu, bylo možno o nich diskutovat. Říkáme, že nastal vývoj od mytického myšlení k myšlení, které je postaveno na zkušenosti a rozumu.



#### Část pro zájemce

*Co je mýtus?*

Mýtus je vyprávění o bozích, které vysvětluje, proč je život takový, jaký je.

*Co je mytické myšlení?*

V mytickém myšlení odpovědi na otázky, které si lidé kladli, dávala různá náboženství.

**Otázky**

Objasněte, co to znamená používat mýtus jako prostředek vysvětlení základní představy o světě?

Pokuste se z mytického pohledu podat vysvětlení:

- proč prší,
- proč se blýská,
- proč hřmí.

Vysvětlení pozorovaných přírodních jevů se v dějinách lidstva vždy opožďuje za vlastním pozorováním těchto jevů. Během pravěku měl člověk pouze předvědeckou zkušenost a mýtus používal pro vysvětlování pozorovaných přírodních jevů a celkové chápání světa. Přírodní věda v moderním slova smyslu neexistovala, veškeré poznávání světa se dělo spekulativní cestou. Poznávání světa bylo v uvedené době značně diferencované časově i místně a odráželo úroveň jednotlivých civilizací.

**Úkol k zamyšlení**

Již lidé v době kamenné dovedli používat pádel k pohybu člunu. Pokuste se odpovědět na následující otázky:

- Který zákon tento jev vysvětluje?
- Kdo tento zákon poprvé formuloval?
- Kdy tento zákon formuloval?

### 3.3 POZNATKY O NEŽIVÉ PŘÍRODĚ V MEZOPOTÁMII A EGYPTĚ

Fyzikální poznatky dosahovaly vrcholu u nejvyspělejších starověkých civilizací Orientu, tj. v Mezopotámii a Egyptě. Jedná se o období zhruba 4 000 let př.n.l. až do nadvlády Řeků, tj. do 7. století př.n.l..

Starověké říční civilizace Orientu do značné míry ovlivnily vývoj evropské vzdělanosti, protože jejich vědění se bezprostředně do Evropy dostávalo, zatímco nejstarší písemné doklady o fyzikálních poznacích z Číny a Indie se dostaly do Evropy až v 8. století n. l. prostřednictvím Arabů.

#### 3.3.1 POZNATKY O NEŽIVÉ PŘÍRODĚ V MEZOPOTÁMII

Nejstarší písemné doklady o fyzikálních poznacích se zachovaly od civilizace žijící v **povodí řek Eufrat a Tigris v období 4. až 3. tisíciletí př.n.l.** Kromě těchto písemných dokladů existují staré čínské a indické spisy, které však mohly ovlivnit evropskou kulturu až ve středověku prostřednictvím Arabů, jak již bylo uvedeno.

Kdo žil v uvedeném časovém intervalu v Mezopotámii? Území v různých intervalech bylo ovládáno Sumery, Akkády, Babyloňany. V dílčích časových intervalech se jednalo o tyto:

- *4. tisíciletí př.n.l.* – Sumerové koncem 4. tisíciletí př.n.l. vytvořili obrázkové písmo, ze kterého na začátku 3. tisíciletí př.n.l. vzniklo sumerské klínové písmo. Toto písmo na kamenných deskách rozluštil český orientalista Bedřich Hrozný (1879-1952),
- *Akkádové*: léta 2340 př.n.l. až 2150 př.n.l.,
- *Starobabyloňané*: léta 1900 př.n.l. až 1600 př.n.l., převzali sumerské klínové písmo (Chammurapi -1791 př.n.l. až -1749 př.n.l.),
- *Chetité*: od roku 1592 př.n.l.,
- *Asyřané*: od roku 1500 př.n.l.,
- *Novoasyřané*: v letech 900 př.n.l. až 605 př.n.l. ,
- *Novobabyloňané*, tzv. Chaldejci, v letech 626 př.n.l. až 538 př.n.l. a Médové v 7. století př.n.l.,
- *Peršané* ovládli Médskou říši
- *Alexander Veliký*, makedonský král, dobyl Perskou říši v letech 333 až 331 př.n.l., chtěl Babylón učinit centrem své říše, rozšířil svou říši až ke hranicím Indie.

#### **Které politické a kulturní centrum bylo v té době nejznámější?**

Koncem 3. tisíciletí př.n.l. to byl **Babylon na Eufratu**.

#### **Které fyzikální poznatky byly dokumentovány u Babyloňanů?**

Fyzikálním poznatkům předcházely astronomické a matematické vědomosti potřebné pro orientaci a pro sestavení kalendáře, což bylo důležité pro zemědělství. Obdobná situace byla v té době v Číně a Indii.

Babyloňané používali jednotný systém měř.

- Délkovou jednotku byl **babylónský loket**, který měl délku 0,495 m až 0,498 m. Pomocí této jednotky měřili plochy i objemy.
- Časovou jednotku Babyloňané definovali takto: doba potřebná k tomu, aby z duté krychle o hraně lokte vytekla dešťová voda přes otvor dané velikosti. Pro méně přesný odhad času používali **sluneční hodiny**.
- **Babylónský rok** měl původně **360 dnů**. Za jeden den postoupilo Slunce ve zvěrokruhu o jeden krok, což údajně vedlo k rozdělení kruhu na 360°. Později Chammurapi (1791 př.n.l. až 1749 př.n.l.), nejvýznamnější panovník starobabylónské říše, uvádí rok o 354 dnech, který obsahoval 12 měsíců po 29 nebo 30 dnech; rozdíl mezi slunečním rokem se vyrovnával na příkaz panovníka vsunutím 13. měsíce o různém počtu dnů.

O jednotlivých fyzikálních poznatcích Mezopotámie máme jen neúplné údaje. Například v asyrském městě Ninive v 19. století byla nalezena anglickým badatelem vypuklá čočka z přírodního krystalu. Efektní interferenční obrazce sezamového oleje na vodě a jejich pohyby byly pozorovány při věštění babylónskými kněžskými, aniž by uměli daný jev vysvětlit.

#### **Jaké matematické znalosti měli Babyloňané?**

- Babyloňané důsledně používali **šedesátkovou soustavu**. Pravděpodobně má tato soustava původ v astronomických pozorováních. U nás se dochovala jednotka „kopa“, 60 kusů, kterou například používala v první české *Domáci kuchařce* Magdalena Dobromila Rettigová (1785-1845).

Babyloňané neustále soupeřili s Egyptem nejen o politickou nadvládu, ale také o prvenství v oblasti myšlenkové. **Poznání bylo plně v rukou kněží** a i když jejich zásluhou byla prostřednictvím chrámových škol zajištěna kontinuita vzdělání, nedovedli se nakonec vymanit z mytického myšlení. Uzavřené společnosti kněží, které poznatky vytvářely, své vědění tajily a nedovolily novým poznatkům proniknout navenek. **Kněží využívali těchto poznatků k ovlivňování dalších skupin obyvatelstva.** O fyzikálních poznacích té doby máme proto jen málo a neúplných údajů.

### 3.3.2 POZNATKY O NEŽIVÉ PŘÍRODĚ V EGYPTĚ

**Doklady o staroegyptské kultuře** existují již od 4. tisíciletí př.n.l.

- Doklady existují ve formě egyptského obrázkového písma, hieroglyfů, asi od roku 3 200 př.n.l. Písmo rozluštil Champollion roku 1822. U egyptského obrázkového písma jeden obraz vyjadřoval myšlenku nebo slovo.
- Doklady existují ve formě pyramid, z nichž první byly postaveny začátkem 3. tisíciletí př.n.l.

Nejvýznamnější **doklady o matematických znalostech starých Egyptů**

- **Moskevský papyrus**, 2. tis. př.n.l. – název je podle místa jeho uložení v Moskvě v Puškinově muzeu. Obsahuje návody pro výpočet objemů těles, pro řešení jednoduchých rovnic a úloh.
- **Rhindův papyrus**, 2. tis. př.n.l. – je uložen v Londýně v Britském muzeu. Obsahuje matematické úlohy.

Nejvýznamnější **doklady o fyzikálních poznacích starých Egyptů**

- Egyptané používali dvojramenné páky na tahání vody ze studní.
- Používali rovníramenné váhy.
- Vznesené Egyptanky se prohlížely v zrcadlech z leštěných kovů.
- Egyptané vyměřovali pravé úhly pravděpodobně pomocí trojúhelníka o poměru stran 3:4:5. Základny pyramid starých asi 5 000 let mají přesně tvar čtverce.
- Materiál na pyramidy dopravovali otroci na saních (vlečné tření) a zvedali je do výše pomocí nakloněných rovin, i když již znali kočáry s koly
- Mohutné stožáry potažené mědí na pylónech egyptských chrámů plnily úlohu bleskosvodů, „aby rozdělily nečas“
- Dá se předpokládat, že staří Egyptané používali základy mechaniky v její nejjednodušší formě při budování obrovských staveb, jimiž pyramidy jsou. Důvodem ovšem nebylo ulehčení práce otroků. Život otroků pro otrokáře neznamenal nic.

**Mýty starých Egyptů**

Kromě uvedených matematických a fyzikálních poznatků se staří Egyptané zabývali také různými mýtickými jevy. **Egyptské duchovní nauky tvoří základ pozdější řecké a nakonec i evropské esoterické tradice.** Vše nasvědčuje tomu, že Egyptané za 4 000 let nashromáždili více poznatků, než si odvážíme připustit.



### Příklad

Starořecký fyzik Héron Alexandrijský, vynálezce baňky označované nyní jeho jménem, zanechal popis dvou důmyslných triků, jimiž egyptští kněží klamali lid a upevňovali v něm víru v zázraky.

- První domnělý zázrak: Obětní stůl v Egyptě se většinou nacházel před chrámem. V tomto případě byl stůl kovový a pod ním v podzemí byl ukryt mechanismus, který uváděl do pohybu chrámové dvěře. Když se na obětním stole rozdělal oheň, vzduch uvnitř stolu se zahřál (izochoricky) a působil větším tlakem na vodu v nádobě pod dlažbou. Tímto tlakem byla voda z nádoby vytlačována do trubice a odtud padala do vědra, které začalo klesat a uvedlo tím do pohybu mechanismus otevírající dvěře. Ohromení diváci ovšem nic nevěděli o mechanismu pod zemí a viděli jen „zázrak“. Jakmile na obětním stole vzplál oheň, chrámové dvěře „vyslyšely knězovu molitbu a samy se otevřely“.
- Druhý domnělý zázrak připravený egyptskými kněžími vypadal následovně. Když byl na obětním stole zapálen oheň, zahřátý vzduch vytlačoval olej z podzemní nádržky do trubiček ukrytých v soškách a olej se začal „zázrakem“ sám přilévat do ohně. Stačilo však, aby kněz obsluhující toto obětiště nepozorovaně odstranil z poklopu nádržky zátku. Olej přestal téci, protože zahřátý vzduch volně unikal otvorem a nevytlačoval již olej z nádržky. Tohoto triku používali kněží tehdy, když věřící nepřinesli dostatek darů.



### Část pro zájemce

Egyptřané dávali odpovědi na otázky, nad kterými se dnes ani nepozastavíme. Třeba na otázku proč máme každý prst jinak dlouhý, odpovídali, že se jedná o pět různých antén, jež má člověk k dispozici.



### Shrnutí kapitoly

Potřeba vyrovnat se s prostředím a zdokonalovat pracovní nástroje vedla ke shromažďování prvních fyzikálních poznatků. Člověk během pravěku neměl jinou, než předvědeckou zkušenost a mýtus pro vysvětlení jevů a chápání světa. Ale přesto došlo v té době hlavně v Mezopotámii a Egyptě – tedy v mimořádně úrodném a bezpečném prostředí – k rozvoji přírodních věd.



### Úloha č. 1

Z jakých důvodů mohl nastat tak prudký rozkvět přírodovědných poznatků zrovna u říčních civilizací Orientu?



### Úloha č. 2

S rozvojem které činnosti začíná člověk

- a) počítat,
- b) vážit,
- c) měřit?

Uveďte odpovědi. Zdůvodněte odpovědi.



**Úloha č. 3**

S jakými typy jevů se prehistorický člověk setkává? Uveďte příklady.

**Úloha č. 4**

Jakým způsobem asi začal prehistorický člověk vyluzovat první zvuky? Uveďte příklady.

**Úloha č. 5**

Proč mělo objevení písma rozhodující vliv na rozvoj poznatků?

**Úloha č. 6**

Zjistěte, která kniha Bible podává velice systematický výklad toho, jak máme chápat stvoření a vývoj světa?

**Další zdroje**

- KLÍMA, J. *Mezopotámie*. Praha: Orbis, 1976.
- PERELMAN, JI. *Zajímavá fyzika*. Praha: Mladá fronta, 1955.





## 4 ŘECKÁ PŘÍRODNÍ FILOZOFIE A JEJÍ PŘÍNOS FYZICE

### V této kapitole se dozvíte:

- kde je kolébka evropského vědění;
- že Řekové všechno nepřejali z Východu;
- že vznik filozofie znamená kvalitativní zvrat v dějinách myšlení.

### Budete schopni:

- objasnit motivy, které vedly ke vzniku vědy;
- pochopit, že existuje něco, co by mělo zajímat každého člověka nezávisle na tom, o koho se jedná a kde na Zemi žije.

**Klíčová slova této kapitoly:** filozofie, arché, Milétská filozofická škola, apeiron.



**Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:**  
0,5 hodiny teorie + 1,5 hodiny řešení úloh

### 4.1 ARCHÉ – JEDNODUCHÁ PRALÁTKA

Většina z nás věří v teorii „velkého třesku“, tedy jsme přesvědčeni, že všechno vzniklo z ničeho. Takový názor nezastávali přírodní filozofové starého Řecka, tj. přibližně od roku 700 př.n.l. Z nějakého důvodu vycházeli z toho, že **něco existovalo odjakživa**.

S jistotou můžeme tvrdit, že si kladli otázky o viditelných změnách v přírodě. Snažili se přijít na věčné zákonitosti přírody. Chtěli dění v přírodě pochopit a neuchylovat se k tradovaným mýtům. Tak se filozofové přírody osvobodili od náboženství.

Filozofický záměr prvních řeckých filozofů souvisel s otázkami **existence pralátky a proměn v přírodě**. Prazáklad všeho dění a zjevování v přírodě nazývali Řekové „**arché**“ - **jednoduchá pralátka**. Názory na podobu arché se u prvních řeckých filozofů lišily.

#### Úkol k textu

Jak si asi přírodní filozofové představovali:

- vznik rostlin, například trávy, stromu,
- vznik živočichů, například žáby, ptáka,
- vznik jiných předmětů, například kamene?

#### Úkoly k zamyšlení

- Proč vlastně „arché“ znamenala pokrok v myšlení tehdejší doby?
- Jak změnila „arché“ fyzikální obraz světa?



### 4.2 FILOZOFOVÉ Z MILÉTU

První filozof o němž víme, byl **Thales z Milétu (624 př.n.l. až 546 př.n.l.)**, autor známé věty o obvodových úhlech nad průměrem kružnice.

- Za „arché“ považoval vodu.

- Hodně cestoval a na své cestě do Egypta změřil výšku pyramidy.
- Prý se mu také podařilo vypočítat zatmění Slunce, připisuje se mu objev sklonu ekliptiky a zjištění kulového tvaru Země.
- První poznal, že jantar třený vhodnou látkou přitahuje lehké předměty. Konal pokusy s jantarem, který třel a ten přitahoval drobné kousky slámy, nitě, listy apod. Řecky se řekne jantar „elektron“ (ελεκτρον), později byly tyto **jevy označené jako elektrické**.



#### Úkol k textu

1. Ze kterého přírodního jevu usoudil Thales, že tvar Země je kulový?
2. Jak souvisejí jevy pozorované u jantaru s názvem „elektřina“?

Jeho mladším pokračovatelem a žákem byl **Anaximandros (610 př.n.l. až 547 př.n.l.)**, který vynikl hlavně ve zkoumání přírody.

- Zdokonalil sluneční hodiny (gnomón) a kreslil první mapy.
- Podle jeho učení o vnitřně protikladné hmotě, která je neměnná a nekonečná, věci vznikají tím, že se vylučují protiklady věčným pohybem a ne kvalitativními změnami živlů. Vydělováním protikladů vznikají různé formy hmoty.



#### Část pro zájemce

Níže uvedené schéma převzal z řecké filozofie později Aristoteles:

- studené + vlhké = voda (kapalina),
- studené + suché = země (pevná látka),
- teplé + vlhké = vzduch (plyn),
- teplé + suché = oheň (plazma).

Anaximandros se dále domníval,

- že náš svět je jen jedním z mnoha dalších světů, které vznikají a odehrávají se v neurčitém neboli v bezmezném, které nazval **apeiron**.

**Anaximenés (585 př.n.l. až 525 př.n.l.)** byl nejmladším z plejády Milétských filozofů, byl žákem Anaximandrovým. Anaximenés za „arché“ považoval **vzduch**. Ten se zředováním a zhušťováním přeměňuje v jiné živly, např. ve vodu, oheň atd.



#### Část pro zájemce

Co je kosmologie?

- Pro první řecké filozofy měl svět své přirozené uspořádání projevující se vznikem jednotlivých věcí z pralátky a návratem do ní. Řád, uspořádání, harmonická vyváženost a krása z ní vyzařující, se řecky řekne **kosmos**.
- Kosmologie je nauka o řádu světa.
- Kosmogonie je nauka o původu světa.



#### Shrnutí kapitoly

První řečtí filozofové tážající se po povaze světa jako celku předpokládali v jeho základu jednotnou, neproměnnou a trvalou pralátku: voda u Thalety, vzduch u Anaximena nebo princip apeiron u Anaximandra. Uvedení tři filozofové pocházeli u Milétu, proto je řadíme do tzv. Milétské školy.

## 5 OD PYTHAGORA PO ATOMISTY

**V této kapitole se dozvíte:**

- „arché“ nemusí mít nutně materiální charakter;
- jak si atomisté představovali stavbu látky;
- proč je „lego“ nejgeniálnější hračka na světě.

**Budete schopni:**

- popsat stavbu látky z pohledu atomistů.

**Klíčová slova této kapitoly:** kvalita, kvantita, vesmír, atom.



**Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:**  
0,5 hodiny teorie + 0,5 hodiny řešení úloh

### 5.1 PYTHAGOREJCI

Pythagorejci jsou stoupenci učení **Pythagora ze Samosu (6. století př.n.l.)**. Mají zásluhu o změnu ve vývoji filozofie, protože jako první začali zdůrazňovat **kvantitativní stránku věcí**. Pro Pythagora znamenalo číslo základ všeho a tvrdil, že řád je nejvyšší dobro.

**Část pro zájemce**

Magicky všezahrnujícím číslem se pythagorejcům jevílo číslo 10. Deset je totiž minimální počet bodů, jejich součtem lze zajistit konstrukci vesmírného prostoru.



**Úkol k textu**

Dovedli byste zjistit, k čemu přesně je uvedených 10 bodů potřeba.



Objevy pythagorejců:

- Pythagorovi se připisuje důkaz matematické věty, která nese jeho jméno.
- Pythagoras se snažil vysvětlit některé vlastnosti látek pomocí čísel - podstatou věcí jsou číselné vztahy.
- Pythagorejcům přisuzujeme objevy v akustice - vyšší harmonické tóny, pythagorejské ladění.
- Tvrdili, že Země je kulatá a rotuje kolem osy a kolem ústředního ohně spolu se sférami Měsíce, Slunce a dalšími pěti planetami.

### 5.2 ATOMISTÉ

K významným filozofům, které lze zařadit mezi připravovatele atomismu, patří **Empedokles z Akragantu (asi 493 př.n.l. až 433 př.n.l.)**.

- Objevil, že vzduch je samostatným živlem.
- Zkoumal odstředivou sílu.
- Poznal, že Měsíc odráží sluneční světlo.

- Rozšířil počet pralátek a našel čtyři kořeny z nichž se skládají všechny látky: zemi, vodu, vzduch a oheň. Touto teorií a teorií vidění značně ovlivnil Platóna.

Dalším důležitým filozofem v předatomickém období byl **Anaxagoras z Klasomen (500 př.n.l. až 426 př.n.l.)**.

- Tvrdil, že příroda je vystavěna z mnoha droboučkových částíček, které nejsou okem viditelné. Všechno lze rozdělit v něco ještě menšího, ale i v těch nejmenších částíčkách je něco ze všeho.
- Zajímal se o astronomii a tvrdil, že všechna nebeská tělesa jsou utvořena ze stejné látky jako Země.

Velkým filozofem atomistické éry byl **Démokritos z Abdéry (460 př.n.l. až 370 př.n.l.)**.

- Souhlasil se svými předchůdci, že změny v přírodě nejsou způsobeny tím, že se něco mění od základu. Proto předpokládal, že všechno musí být vystavěno z nějakých malých, neviditelných součástí, z nichž každá jednotlivě je věčná a neměnná. **Démokritos nazval tyto nejmenší dílky atomy** (atomos – řecky nedělitelný).
- Atomy v přírodě jsou věčné, pevné a hmotné - nic nemůže vzniknout z ničeho. Domníval se, že všechny nemohou být stejné, protože by nemohly vznikat různé věci. Dokonce podle Démokrita existuje nekonečné množství různých atomů různých tvarů, které se mohou spojovat do nekonečného množství různých těles. A zrovna jako stavebnice „lega“ se mohou požívat pořád dokola a zrovna jako stavebnice „lega“ vydrží věčně.
- Démokritos neuvažoval o žádné *sile nebo duchu*, který vstupuje do přírodních procesů. Jediné, co podle něj existuje, jsou atomy a prázdný prostor. Jelikož myslel pouze na materiální stránku přírody, nazýváme jej materialistou.
- Démokritos byl velmi vzdělaný a velmi zcestovalý. Procestoval celý tehdejší Orient.
- Byl velmi dobrým matematikem.



#### Úkol k textu

Co rozuměl Démokritos slovem „atom“?



#### Úkol k zamyšlení

Zamyslete se znovu nad přečteným textem. Dovedli byste říci, která činnost byla všem přírodním filozofům společná?



#### Část pro zájemce

Současná věda ovšem zjistila, že atomy v dnešním smyslu slova sice nelze dělit, ale je možno je štěpit. Atomy jsou složeny z elektronů, protonů, neutronů a jaderné částice z kvarků atd. Musí existovat konečná hranice tohoto dělení? Co si o tom myslí současná fyzika?



#### Shrnutí kapitoly

Svým učením o atomech udělal Démokritos pod řeckou přírodní filozofií prozatímní čáru. Souhlasil s Hérakleitovým „Vše plyne ...“, protože formy a tvary přicházejí a odcházejí. Ale za tím „vím, co plyne“, jsou věčné, neměnné částice, které Démokritos nazval atomy (atomos – řecky nedělitelný).

## 6 ŘECKO – OBDOBÍ ANTIKY

V této kapitole se dozvíte:

- jak přemýšleli učenci vrcholu řecké filozofie;
- kdo byli tři největší filozofové starověku.

Budete schopni:

- vysvětlit význam aristotelovské filozofie pro vědu tehdejší epochy;
- postřehnout a uvést skok, který urazilo myšlení od přírodních filozofů až období antiky.

**Klíčová slova této kapitoly:** kvintesence – éter, rozum – příroda, smysly – člověk, ideje – duše.



**Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:**  
1,5 hodiny teorie + 0,5 hodiny řešení úloh

### 6.1 SOKRATES A PLATÓN

**Sokrates (469 př.n.l. až 399 př.n.l.)** tvoří ve filozofii předěl nejen časový, ale i geografický, protože od jeho doby se celý kulturní řecký život soustřeďuje do Atén. Je první z trojice filozofů, kteří znamenali vrchol klasické řecké filozofie.

**Platón (427 př.n.l. až 347 př.n.l.)** navazuje na Sokrata.

- Pro Platóna je nejvyšším stupněm skutečnosti to, že myslíme rozumem a že vše co vidíme kolem sebe v přírodě, jsou jenom odrazy toho, co mnohem skutečněji existuje ve světě idejí – tedy v duši člověka. Rovněž později pro Aristotela je nejvyšším stupněm skutečnosti to, co prožíváme svými smysly a to, co je v lidské duši, jsou odrazy předmětů v přírodě. Platón **vybudoval soustavu filozofického objektivního idealismu**, ve kterém pravým bytím je dokonalý svět idejí, a jednotlivé věci jsou pouze nedokonalým a míjejícím odrazem idejí.
- V Aténách **založil filozofickou školu Akademia**.
- Historici filozofie dělí Platónovu činnost do tří období. Z hlediska fyziky je zajímavé jeho třetí období, kdy navázal na Pythagora a redukoval svět idejí na čísla, na jednoduché geometrické útvary a vztahy mezi nimi.
- Platónův vliv na vznik novodobé fyziky a její další vývoj je založen na **významu matematiky jako jazyka vědy**.

### 6.2 ARISTOTELES

**Aristoteles ze Stageiry (348 – 322 př.n.l.)** je Platónovým **žákem**. **Bezesporu** patří mezi nejvýznamnější evropské badatele a filozofy vůbec. Jako přírodovědec se podobá mnohým svým moderním kolegům. Svými úvahami o přírodě se

zasloužil o rozvoj vědy. K rozvoji vědy pozitivně přispěl v následujících oblastech:

- Zabýval se rovnováhou na páce.
- Jako první definoval mechanický pohyb jako změnu polohy tělesa v čase, který je nekonečný, a prostoru, který je konečný.
- Používal skládání kolmých rychlostí.
- Známý jsou jeho představy o šíření a odrazu zvuku, které přežily věky až do dneška: „Ozvučené těleso vyvolává zhušťování a žředování vzduchu ... ozvěna je odraz zvuku od překážky.“

Hlavním duchem Aristotelova díla a jeho metody, které dodnes obdivujeme jsou:

- hluboká logická konzistentnost (souvislost) jeho výroků,
- snaha o reálný popis a vysvětlení fyzikálních jevů, na rozdíl od Platóna, který pouze „filozofoval“,
- souhlas teorie s pozorovanými jevy, která odpovídala povrchnímu pozorování zatíženému nedostatkem experimentálních zkušeností, což je charakteristické pro antickou filozofii a v dnešní době pro děti. Proto byla překonána většina dále následujících fyzikálních názorů, které zanechal.

**Aristotelovské myšlení** - tak často nazýváme omyly v Aristotelovském výkladu světa, ale také předvědecké představy dětí, které se stále objevují v současných výzkumech představ dětí před setkáním s fyzikou a některé přetrvávají i u mnoha dospělých, jak plyne z dnešních výzkumů. O které představy se jedná u Aristotela uvádíme dále:

- **Aristotelův vesmír byl geocentrický**, tak, jak jej vidíme ze Země.
- **Aristotelův prostor byl nehomogenní a anizotropní**. Toto tvrzení je v souladu s naivní zkušeností, že nebeská tělesa se pohybují samovolně po kruhových drahách, zatímco pro udržení rovnoměrného pohybu tělesa na Zemi je potřebná stálá síla. Z toho vdedukoval, že **existují dva rozdílné světy**, které se řídí rozdílnými zákonitostmi: **éterický svět nebeských sfér** složený z kvintesence (pátá esence) a **naš pozemský svět, složený** ze čtyř pozemských živlů, který sahá až po sféru Měsíce. Éter je stavebním materiálem nebe a na Zemi se může objevit jenom jako světlo. *V pozemském světě* je invariantní (neměnnou) charakteristikou tělesa jeho *tíha* (hmotnost Aristoteles neznal), případně *lehkost*, čehož logickým důsledkem je **nerovnoměrnost směrů nahoru a dolů v prostoru**: *lehká tělesa (dým, kouř) mají své přirozené místo nahoře, proto stoupají, těžká tělesa padají, protože mají své přirozené místo dole*. Čím je těleso těžší, tím rychleji musí podle Aristotela padat k Zemi.
- **Aristoteles dělí pohyby na přirození a násilné**: Přirozeným pohybem je pád těžkého tělesa na jeho přirozené místo, násilným pohybem je například vyhození tělesa do výšky nebo šikmý vrh.
- **Podle Aristotela má trajektorie tělesa vrženého šikmo vzhůru tři části**: šikmou přímkou, svislou přímkou a obě části spojuje druhá část trajektorie, která je kruhová. První kritika tohoto názoru se objevila až v roce 1546 u N. Tartaglia.
- **Prázdny prostor podle Aristotela neexistuje**, příroda se bojí vakua a proto ho zaplňuje („Horror vacui natural“ – strach z prázdna). Aristoteles takto vysvětluje vyrovnávání tlaku v přírodě.

Experimentální vyvrácení některých výše uvedených základních Aristotelových výroků trvalo jedno a půl tisíciletí. Muselo totiž podkopat celou Aristotelovu



dynamiku, která byla opravdu logicky konsistentní, jak jste sami zjistili a vše z ní šlo „vysvětlit“.

**Aristotelův vliv byl nesmírný a celý středověk ho považoval za autoritu autorit.** Církev jej použila k tomu, aby podepřela svá dogmata. Scholastikové se totiž drželi jeho autority a pokládali za buřiče každého, kdo by se chtěl vzepřít. Uvidíme ještě později, jak byli pronásledováni ti, kteří si dovolili s Aristotelem nesouhlasit. Tato historická úloha aristotelismu však nijak nesnižuje zásluhy Aristotelovy osobnosti v dějinách filozofie.

### Úkol k textu

Co je podle Aristotela skutečným světem?



### Část pro zájemce: Sofisté

Sofisté byli lidé, kteří se stavěli kriticky k přežívajícím mýtům. Tvrdili, že měrou všech věcí je člověk.



### Část pro zájemce: Stručný životopis Aristotela

Aristoteles ze Stageiry představuje vrcholnou syntézu řeckého teoretického snažení staršího období, tj. antiky.



- Narodil se v roce 384 př.n.l. v rodině lékaře Nicomacha, který působil na dvoře makedonského krále.
- V 16 letech odešel do Atén, kde do roku 347 př.n.l. studoval a působil v Platónově Akademii.
- Potom 4 roky působil v Sasu a Atarnei v Malé Asii.
- Vychovával syna Filipa II. Makedonského, který byl později nazýván Alexandrem Velikým.
- Založil v Athénách svou školu zvanou LYKEION v roce 335 př.n.l. Zde působil 13 let a vytvořil svá nejvýznamnější filozofická díla.
- Po smrti Alexandra Velikého upadl v Athénách do nemilosti – obvinili ho z bezbožnosti a donutili odejít do vyhnanství.
- Zemřel v roce 322 na Euboi v Chalkidě.

Aristotelova díla – spisy o přírodě. Fyzikou se zabývá v traktátech:

- Physica (Příroda) – 8 knih,
- De caelo (O nebi) – 4 knihy.

Některý z jeho žáků napsal *Questiones mechanicae* (Problémy z mechaniky)

Osud Aristotelových děl: Z řečtiny byla v „arabském období dějin“ přeložena do arabštiny a potom z arabštiny do latiny. Jen takto se zachovala evropskému kulturnímu dědictví.

**Shrnutí kapitoly**

Z hlediska fyziky Aristotelovo konzistentní pojetí mechaniky a celé kosmologie způsobilo nesmírné zpoždění celé fyziky na jeden a půl tisíciletí. Navíc podepřelo teologické argumenty středověkých filozofů křesťanství i islámu, protože právě Aristotelovy omyly byly přijaty později za církevní dogmata.

## 7 ŘECKO – HELENISTICKÉ OBDOBÍ

**V této kapitole se dozvíte:**

- Athény ztrácejí svou klíčovou roli, na scénu vstupuje Alexandrie;
- nastává nová epocha historie.

**Budete schopni:**

- vysvětlit obrovské objevy alexandrijské školy v přírodní vědě.

**Klíčová slova této kapitoly:** Alexandrijská škola, katoptrika.



**Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:**  
2 hodiny teorie + 3 hodiny řešení úloh

### 7.1 HELÉNISMUS

Helénismus byl charakteristický tím, že **smazal hranice mezi jednotlivými zeměmi a kulturami**. Tato doba svou otevřenou světovou společností připomíná dnešek. Klíčovou roli v setkávání Východu se Západem sehrálo egyptské město **Alexandrie**, které se stalo tehdejším centrem vědy. Toto město s obrovskou knihovnou Serapeion (700 000 svitků) se stalo centrem matematiky, fyziky, astronomie, biologie a medicíny.

V roce 250 př.n.l. zakládá Ptolemaios II. (285 př.n.l. až 247 př.n.l.) **vědeckou instituci nazvanou Múseion**, v níž pracovalo za státní prostředky mnoho učenců. Tato instituce byla založena po vzoru Platónovy Akademie a Aristotelova Lykeionu. Mezi badatele, jejichž díla se zachovala v opisech, patřili např.

- Eukleidés, který zformuloval principy klasické geometrie požívané dodnes, dále svým dílem Katoptrika položil základy geometrické optiky.
- Eratosthenés, který z měření a pozorování vypočítal poměrně přesně rozměry Země a vypracoval nejpřesnější mapy té doby.

V helénistickém období nastal obecně prudký rozvoj **geometrické optiky**, byl objeven zákon přímočarého šíření světla v homogenním prostředí a zákon odrazu v homogenním prostředí. **Teorie vidění** v helénistickém období byla obdobná jako dříve u Empedokla a Platóna: Oči vyzařují paprsky, nebo optické výrony (emanace), které osvětlují nebo nějak ohmatávají předměty.

**Úkol k zamyšlení**

Jaká historická událost způsobila, že se vědecká díla zachovala pouze v opisech?



**Eukleides z Alexandrie** byl řeckým matematikem žijícím ve 3. století př.n.l. a předchůdcem Archimedovým. O osobě Eukleidově se dochovalo málo zpráv. Žil v období Ptolemaia I. Sotéra (321 př.n.l. až 283 př.n.l.). Kromě „Euklidových vět“, podstatně také zasáhl do základů optiky. Napsal dílo „Katoptrika“ (Optika), které obsahuje základy geometrické optiky.

- Eukleides přesně popsal zobrazení předmětů rovinnými a sférickými zrcadly.
- Eukleides v té době výjimečně experimentoval. Popisuje lom světla ve vodě a dále experiment, pomocí něhož lze pomocí sférického zrcadla zapálit hranici dříví.

## 7.2 ARCHIMEDES

Z hlediska dějin fyziky patřil mezi nejdůležitější odchovance Múseionu **Archimedes ze Syrakús (287 př.n.l. až 212 př.n.l.)**. Mimořádně účinně uplatnil novou matematiku a učinil mnoho fyzikálních objevů.

- Je považován za zakladatele statiky tuhých těles a hydrostatiky.
- Archimedesem zkonstruované vojenské mechanismy sehrály důležitou roli při obraně jeho rodného města Syrakúz.
- Odvození zákona rovnováhy na páce je uvedeno v jeho spise *O rovnováze*.
- Podal definice řady pojmů, například statického momentu, těžiště.
- Odvodil podmínky rovnováhy na dalších jednoduchých strojích.
- Zformuloval zákon hydrostatiky kapalin po něm nazvaný.



### Úkol k textu

Ke kterému z Archimedových objevů se asi vztahuje jeho výrok „Dejte mi pevný bod a pohnu Zemí?“



### Část pro zájemce: Stručný životopis Archimeda

Archimedes byl nejvýznamnějším odchovancem Alexandrijského Museionu. O jeho životě je málo ověřených zpráv.

- Narodil se v roce 287 př.n.l. v Syrakúzách na Sicílii v rodině astronoma Fydia.
- Studoval v Alexandrijském Museionu a s jeho učiteli udržoval kontakt po celý život.
- V Egyptě zkonstruoval vodní čerpadlo se šroubovitou trubicí navinutou kolem osy. Otáčením šroubovité trubice se z Nilu čerpala voda a používala se na zavlažování. Dnes mezi moderními čerpadly naleznete čerpadlo pod názvem „Archimedův šroub“.
- Archimedovi se připisuje asi 40 mechanických vynálezů.
- Sestrojil kladkostroj, pomocí kterého přitahoval plně naložené lodě ke břehu. Dodnes je znám pod názvem „Archimedův kladkostroj“.
- Archimedovy mechanismy byly založeny na využití zákona páky. Připisuje se mu výrok: „Dejte mi pevný bod a pohnu Zemí.“
- Vybudoval různé obranné a útočné stroje k obraně. Syrakúzy odolávaly tři roky římské přesile za 2. Panské války.
- Zemřel v roce 212 př.n.l. v Syrakúzách. O jeho smrti existuje několik legend, z nichž nejznámější je tato: Archimedes kreslil v písku nějaké geometrické obrazce, když se objevil římský voják, který se účastnil dobývání Syrakúz. Archimedes mu řekl „Noli tangere circueos meos!“ (Nedotýkej se mých kruhů!) Voják Archimeda zavraždil přes výslovný zákaz římského vojevůdce Marcella.



Část pro zájemce: „O plovoucích tělesech“: V cyklu „De architectura“ („O stavitelství“) Marcuse Vitruvia Pollia v 9. knize vydané asi v roce 25 př.n.l. se

píše o tom, jak syrakúzsý král Hierón II. (306 př.n.l. až 214 př.n.l.) si objednal korunu z čistého zlata. Když byla koruna hotova, vznikly pochybnosti, zda neobsahuje určité množství stříbra. Hieron požádal Archimeda, aby mu naznačil, jak zjistit, co je na této pochybnosti pravdy. „Archimedes, horlivě se tímto zaobíraje, přišel náhodou do lázni a když tam vstoupil do kádě, zjistil, že voda vystupuje z kádě stejnou měrou, v jaké do ní stále hlouběji ukládá své tělo. Jen co přišel na důvod tohoto jevu, nesetřval tam, ale potěšený z kádě vyskočil a utíkáje nahý ke svému domu, hlasitě zvěstoval, že našel, co hledá. Neboť v běhu křičel řecky: Heuréka, heuréka (našel jsem to)!“

### Část pro zájemce: Myšlenkový postup Archimeda v díle „O plovoucích tělesech“



Archimedes vybudoval hydrostatiku na několik základních větách. „Těleso ponořené do vody, zvedne množství vytlačené vody. Situace je stejná, jako kdyby byla vytlačená voda na jedné misce vah a těleso na druhé. (Pojem vztlaku zde Archimedes explicitně nezavedl, pozn. autora.) Jinými slovy, těleso bude nadlehčováno silou rovnající se tíze vytlačené vody.“ Archimedes zvlášť aplikuje tuto uvedenou poučku na tělesa stejné měrné tíhy, jako je voda, lehčí než voda a těžší než voda. Doslovné znění Archimedovy věty pro poslední případ: „Tělesa těžší (o větší měrné tíze, pozn. autora) než kapalina, která jsou ponořena do této kapaliny se budou ponořovat, dokud nedojdou na samé dno, a v kapalině budou lehčí o velikost tíhy objemu kapaliny rovnající se objemu ponořeného tělesa.“ Při důkazu tohoto tvrzení definuje Archimedes měrnou tíhu bez explicitního označení. Pojem měrná tíha byl později používán, měrná tíha se rovnala součinu hustoty látky a tíhového zrychlení.

## 7.3 ARCHIMEDOVÍ ŽÁCI

**Ktésibios** byl alexandrijským mechanikem, synem holiče. Byl Archimedovým současníkem, možná i učitelem.

- Zkonstruoval vodní hodiny – klepsydru.
- Zkonstruoval **vodní pumpu**.
- Zkonstruoval pravděpodobně vývěvu.

V císařském Římě používali hasičské stříkačky na principu vodní pumpy zvané „Sipho“ (srovnej s dnešním sifonem).

**Filón** z Byzancie žil ve 2. polovině 3. století př.n.l. Byl Ktésibiovým žákem a dobrým experimentátorem

- Popsal sedm divů světa.
- Věnoval se praktické a technické mechanice a výrobě mechanických hraček.
- Jako první zkonstruoval **termoskop** – přístroj na **registrování změn teploty** založený na teplotní roztažnosti vzduchu.

**Heron Alexandrijský** žil v 1. století př.n.l. Je vynálezcem prapředka parní turbíny, který je dnes označován jako „Heronova parní baňka“.

- V díle „Katoptrika“ (Optika) popisuje výsledky, kterých dosáhli jeho předchůdci.

- První vyslovil princip nejkratší optické dráhy při odrazu světla od rovinných a sférických zrcadel: „Pohybující se předmět se snaží pohybovat po dráze, která je vzhledem k prostorové vzdálenosti nejkratší, protože předmět nemá čas na pomalejší pohyb.“ Na základě tohoto historického údaje byl dán třináctiletým žáků základní školy v dnešní době úkol, aby zjistili, jaká je minimální trajektorie paprsku při odrazu na rovinném zrcadle a žáci ve skupinách opravdu objevili tuto minimální trajektorii pro odraz.

**Pappo Alexandrijský** žil kolem roku 300 př.n.l.

- Popisuje a rozlišuje pět základních (tehdy známých) jednoduchých strojů: páku, kladku, kolo na hřídeli (fungující na principu páky), klín šroub. Teorii těchto strojů Řekové pravděpodobně ještě neznali.

## 7.4 PTOLEMAIOS

Jedním z posledních velkých učenců alexandrijské školy je **Klaudios Ptolemaios (85 n.l. až 165 n.l.)**, řecký matematik a astronom.

**Ptolemaiova geocentrická soustava** je popsána v jeho díle „*Mathematike syntaxis*“ (*Matematická soustava*). Dílo se zachovalo pouze v arabském překladu pod názvem „*Almagest*“. Je v něm přesný geocentrický popis Sluneční soustavy. Velmi přesný popis geocentrické soustavy planet v něm uvedený byl považován za nevyvratný až do doby Mikuláše Koperníka, které podal jiný popis Sluneční soustavy.

Latinský překlad z arabštiny významného díla o optice „*Ptolemaie opti-  
corum sermones quinque*“ („*Pět Ptolemaiových optických svazků*“) byl objeveno v 19. století.

- Kolem roku 145 n. l. sestrojil přístroj na měření úhlu dopadu a lomu světla na rozhraní vzduchu, skla a vody.
- **Prvý změřil úhel lomu světla při přechodu ze vzduchu do vody a do skla a ze skla do vody.** Svá měření zaznamenal do tabulek a jeho výsledky byly ještě kolem roku 1610 používány Keplerem, který se stejně marně jako Ptolemaios snažil najít zákon lomu.
- **Sestavil tabulky astronomické refrakce.** Dokázal, že díky ní vidíme na obloze i hvězdy, které ještě nevyšly nebo již zapadly za obzor.



### Úkoly k textu

- Zkuste popsat pohyb planet Sluneční soustavy tak, jak tento pohyb popisoval Ptolemaios, kdy pokládal Zemi za nehybnou.
- Zdůvodněte, proč geocentrický názor vládl až do doby Mikuláše Koperníka.

## 7.5 KONEC HELENISMU - ŘÍMSKÉ OBDOBÍ

Největšího rozkvětu dosáhla Alexandrie a s ní helenistická fyzika za panování Kleopatry VII., která v roce 30 př.n.l. spáchala sebevraždu. Doufám, že jste viděli

velkofilm USA „Kleopatra“, kde tato událost je zachycena včetně vpádu Římanů. Kleopatrou VII. vymřela dynastie Ptolemaiovců. Bývalou říši Ptolemaiovců okupovali Římané.

**Římské období** se nevyznačuje dalším rozvojem fyzikálních poznatků. Již na vysvětlování některých fyzikálních jevů Filonem z Byzance vidíme nepříznivý vliv Aristotelova přístupu. Po dobytí Egypta Římem stále více a více Alexandrijská škola stagnuje a ani **po přestěhování vzdělanosti do Říma** nenastává žádný rozkvet přírodních věd. Bohužel na období 1 500 let ztrácí tvůrčí teoretická věda úplně svůj význam.

V Římském období vyšla jen některé encyklopedické spisy. Již bylo zmíněno dílo Vitruviovo „De architectura“ ve spojení s Archimedeem. Dále vyšlo v prvních desetiletích našeho letopočtu třicetisvazkové dílo „Naturalis historia“, které napsal Gaius Plinius Secundus starší.

### Úkol k textu

Proč patricijská třída Římanů nemá zájem na rozvoji přírodních věd?



## 7.6 ROZPAD ŘÍMSKÉ ŘÍŠE

V roce 285 n.l. císař Dioklecián žijící v antickém Římě rozdělil Římskou říši na západní a východní. Potom nastal definitivní úpade Římské říše.

V roce 313 n.l. císař Konstantin Milánský ediktem zrovnoprávnil křesťany s ostatními obyvateli říše. **Křesťanství se fakticky stalo státním náboženstvím** v obou římských říších. Církev přísně řídila celý duchovní život společnosti. Církev měla:

- hospodářskou a politickou moc,
- monopolní postavení v systému výchovy a vzdělávání,
- nekompromisní vliv na filozofii, vědy a umění.

**Západořímské císařství** podlehl náporu germánských kmenů a zaniklo koncem 5. století n.l. Vítězné germánské kmeny se usazovaly na vesnicích. Města založená Římany pustla. Obchod takřka zanikl. Peníze vymizely z oběhu, vznikl raný feudalismus v němž nebylo místa pro řemesla a tím ani pro rozvoj vědy.

Vzdělanost antického Řecka se dále rozvíjela v arabském světě a oklikou přes Araby se vzdělanost antického Řecka znovu dostává zpět do Evropy v dalším období.

### Shrnutí kapitoly

Zatímco se ve vlastním Řecku omezila filozofie na etické otázky, rozkvétaly přírodní vědy v novém středisku vědy v Alexandrii. Řekové helénistického období byli přesvědčeni, že vzduch je hmotný, znali závislost roztažnosti vzduchu a vodních par na teplotě, pochopili význam tlaku plynů a znali princip reaktivní síly. Stroje a mechanismy založené na principech zákonů statiky a teoreticky pochopené starými Řeky se až do konce 18. století využívaly jako jediný prostředek na ulehčení lidské práce v řemeslné výrobě a ve velké míře se používají dodnes.



Církev v pátém století n.l. stavěla na zvlgarizované pohanské etice a zavrhlá všechna racionální zdůvodňování. Filozofie postupně směřuje ke scholastice. Tím je jasně určena cesta: od antického myšlení směrem ke středověké teologii.



### Otázky

- Určitě víte, že ve vědě existuje metoda, která se nazývá heuristická. Uveďte, podle koho se takto nazývá.
- Ve starověkém Řecku existovaly podobné instituce jako Múseion. Uveďte příslušné instituce. Přiřaďte na základě vašich znalostí historie a filozofie filozofy, kteří je založili.
- Jaký rozvoj zaznamenala mechanika v helénistickém období?
- Jaký rozvoj zaznamenala paprsková optika v helénistickém období?
- Kdo jako první provedl měření úhlu dopadu a lomu pro různá rozhraní a zaznamenal změřené údaje do tabulek?
- Jaký názor byl na teorii vidění?
- Čemu říkáme Aristotelovská fyzika?
- Jakým způsobem využijete vědomostí získaných o helénistickém období?



### Korespondenční úkol

Kterých vědomostí z dějin helénistického období můžete využít při práci se žáky. Uveďte konkrétně na příkladech se začleněním do výuky.



### Další zdroje.

KAGAN, VF. *Archimedes*. Praha: Orbis, 1953.



## 8 ARABSKÉ OBDOBÍ

### V této kapitole se dozvíte:

- odkud se do Evropy dostala desítková číselná soustava;
- o postupném úpadku aristotelovské fyziky;
- jak se měnil vztah muslimů k fyzice;
- proč se měnil vztah muslimů k fyzice.

### Budete schopni:

- analyzovat jeden ze zdrojů evropského vědění.

**Klíčová slova této kapitoly:** Almagest, desítková soustava, kamera obscura.



**Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:**  
1 hodiny teorie + 1,5 hodiny řešení úloh

### 8.1 PŘEHLED ARABSKÉHO OBDOBÍ HISTORIE FYZIKY

Období, kdy evropští panovníci sotva uměli číst a psát (germánské kmeny se usídlily na venkově po zániku Římské říše), arabští kalifové povolávali na své dvory vědce různých národností, muslimy i jinověrce, hlavně křesťany a Peršany. Arabští kalifové velkoryse podporovali rozvoj věd a umění. Moc kalifů rychle expandovala tak, že v 8. století se jejich říše rozkládala od Indu až po Pyreneje. Středisky arabské kultury se stala města Damask, Bagdad, Buchara, Herat, Káhira, Cordoba, Sevilla, Granada a od roku 932 i Toledo.

Přímým pokračovatelem helenistické tradice se stala Byzantská říše. I když zpočátku nejevili muslimové velkou náklonnost k vědám, o čemž svědčí spálení alexandrijské knihovny Serapeion o 700 000 svitcích, velmi rychle pochopili význam vzdělání a začali zakládat vysoká učení ve městech Bagdad, Cordoba, Toledo atd. V 8. až 11. století by Cordobský kalifát nejmocnějším a kulturně nejvyspělejším státem Evropy. V tomto období „zlatého věku Hispánie“ studovali na arabských vysokých učeních i mnozí učenci z křesťanské Evropy – z Francie, Anglie, Itálie a Německa.

Arabové přijímali vědění od Syřanů, Řeků, Indů a ode všech, se kterými se na svých výbojích nebo obchodních cestách setkali. Přejali mnohé **z kultury Dálného Východu a Indie**. Stali se tak vlastně prvními zprostředkovateli mezinárodní vědy.

Arabští učenci **přeložili významná díla řeckých filozofů, matematiků i astronomů**. Všechny poznatky pak importovali do španělských vysokých učení, na kterých studovali i mnozí učenci z křesťanské Evropy, jak již bylo uvedeno. Prostřednictvím překladů se do Evropy dostává od Arabů z Indie převzatá desítková soustava (arabské číslice). To znamená, že námi používané **arabské**

**číslice jsou vlastně indické číslice.** Mnoho úsilí Arabové věnovali překladům, výkladům a nakonec vyvrácení Aristotelova učení. Aristotelovo učení vládlo jako autorita na arabských školách, podle Aristotela se učila matematika, astronomie a fyzika.

Trvalo dvě až tři století než začalo sémě arabské vědecké činnosti nést na školách první plody.

## 8.2 VÝZNAMNÉ OSOBNOSTI A OBJEVY ARABSKÉHO OBDOBÍ

V 8. století v Bagdadu kvetla arabská kultura. Jistě si vzpomenete z dětství na arabského kalifa Háruna al-Rašída (673 až 809) z pohádek „*Tisíce a jedné noci*“. Dalším vládcem byl Al-Mámun, syn Háruna al-Rašída, po něm následoval vládce Al-Mútanna.

**Al-Mámun**, syn Háruna al-Rašída

- Dal přeložit Ptolemaiův „*Almagest*“.
- Zorganizoval výpravu, která na rovině při Mosule **změřila poloměr Země s přesností 1 km**. Astronomové totiž zjistili, že v severojižní směru je vidět Slunce s rozdílem  $1^\circ$  ve vzdálenosti, která odpovídá dnešním 111 814 m.

**Al-Kindi**, filozof a soukromý učitel al-Mútanna (syna al-Mámuna)

- Zachovaly se traktáty, podle kterých vyučoval Aristotelovu a Ptolemaiovu nauku o vesmíru, Aristotelovo učení o přirozených místech lehkých a těžkých těles.
- V matematických výpočtech používal „indické číslice“ a navíc i nulu, čili desítkovou soustavu.
- Zabýval se astrologií a alchymii.

**Thabit ibn Kurra** [sabit ibn kora]

- Byl současníkem al-Kindiho a polyhistorem.
- Zabýval se rovnováhou na páce. Zavedl moment síly a z rovnosti momentů sil určil rovnováhu na páce.
- Jeho spisy byly později přeloženy do latiny a ovlivnily rozvoj statiky ve středověké Evropě.

**Al-Biruni**

- Narodil se 4. září 973 v Kathe, původní hlavním městě Chorezmu, na dolním toku Amudarji, dnes je tam město Biruni.. Jeho původním jazykem byl jazyk chorezmu, později plně přijal arabskou kulturu i jazyk.
- Ve svých 16 letech určil zeměpisnou šířku svého rodného města.
- Zabýval se astronomií a geodesií. Je zakladatelem cylindrické projekce povrchu Země, kterou později rozvinul Mercator (Merkatorova projekce).
- V roce 997 změřil ve spolupráci s bagdadským astronomem Al-Budžaním relativní zeměpisnou délku Kathu a určil přesný čas očekávaného zatmění Měsíce.
- Hodně cestoval, z politických důvodů několikrát opustil vlast.
- Stýkal se a dopisoval si s významným polyhistorem a lékařem Ibn Sinou (Avicenna) z Buchary (980 až 1037). Z korespondence plyne kritické stanovisko k Aristotelovu učení.

- V letech 1004 až 1017 žil v Gurgenci, novém hlavním městě státu Chorezmu. Zde **zkonstruoval předchůdce pyknometru** - přístroj na měření objemu kovů a drahokamů, jejichž měrnou tíhu určoval (měrná tíha je součinem hustoty látky a tíhového zrychlení).

- Al-Biruni zemřel koncem roku 1048.

**Ibn al-Haitham** (Abu Ali Mohammed Ibn al-Hasan), v Evropě známý jako **Alhazen** (latinské jméno), žil v 10. až 11. století, arabský fyzik a matematik

- Největších úspěchů dosáhla arabská věda prostřednictvím **Ibn al-Haithama**, zvaného **Alhazen**.
- Narodil se v roce 965 ve městě Basra, dnes jižní Irák.
- Žil na dvoře káhirskeho kalifa jménem Fatimid Caliph al-Hakim v tzv. „Domě moudrosti“. Kalif přikázal Alhazenovi prozkoumat praktické možnosti regulací Nilu, které popsal. Alhazen na expedici zjistil, že regulace Nilu nejsou možné. Po návratu dostal podřadné úřednické místo. Proto Alhazen předstíral dušení chorobu. Po smrti kalifa v roce 1021 náhle „vyzdravěl“ a až do své smrti v roce 1040 se živil opisováním Euklidových a Ptolemaiových spisů.
- Alhazen v optice navázal na Ptolemaiovo dílo. Zabýval se optikou nejen teoreticky, ale i experimentálně.
  - Studoval **rovinná a dutá zrcadla** sférického, parabolického a kuželovitého tvaru z vyleštěných kovů.
  - Odlil sklo s konkávním povrchem.
  - **Vytvořil první lupu** používanou při demonstracích.
  - Pomocí delší rovné trubičky, kterou procházel světelný paprsek, dokázal, že **světlo se šíří přímočaře**.
  - **Camera obscura** [kamera obskura], kterou vynalezl, je předchůdcem fotografického aparátu. U nás je známa jako „temná komora“ nebo „dírková komora“.

#### **Příklad: Alhazenův pokus při objevu camery obscury**

- Alhazen objevil camera obscura při tomto pokusu: Mezi dvěma zatemněnými místnostmi byla štěrbin, kterou mohlo procházet světlo. V jedné místnosti pomocníci na pokyny Alhazena přemísťovali svítilny a na protilehlé stěně druhé místnosti Alhazen zaregistroval světelné stopy. Zjistil, že **camera obscura převrací obraz**. Z uvedeného pokusu dále ještě zjistil, že světelné paprsky, které se protínají, se vzájemně neovlivňují (zákon **nezávislosti světelných paprsků**).
- Zabýval se teorií vidění, vyvracel Platónův a Ptolemaioův názor, že oko vysílá paprsky nebo emanace, které ohmatávají předměty. Tvrdil, že **světlo vychází z předmětů a dopadá do oka, které předmět zaregistruje**.
- Alhazen objevil zákony perspektivy.



#### **Úkol k zamyšlení**

Arabové založili celou řadu vysokých učených ve Španělsku. Proč na těchto školách studovala celá řada Evropských učenců?



#### **Část pro zájemce**

Závislost středověké Evropy na arabské vzdělanosti ilustruje dobře příklad Adelarda z Bathu (Anglie), který roku 1120 přišel do Córdoba převlečen za



muslimského studenta. Vrátil se do Anglie s Eukleidovou knihou, která pak celé Evropě sloužila ještě další čtyři století jako základní učebnice matematiky.



### **Shrnutí kapitoly**

Vzdělanost antického Řecka se dále rozvíjela v arabském světě. Arabové sehráli jedinečnou roli při šíření vědy do celého světa. Přinesli znalosti z Číny a Indie do Evropy. Zakladateli skutečné moderní vědy se však nestali – ta vznikla až později v Evropě v období renesance.



### **Korespondenční úkol – maximálně 2 strany**

1. Uveďte, kdy využijete dějiny fyziky arabského období ve vyučování fyzice.
2. Popište, jakým způsobem konkrétně využijete dané kapitoly pro rozvoj fyzikálního myšlení žáků.

## 9 EVROPSKÝ STŘEDOVĚK A FYZIKA

### V této kapitole se dozvíte:

- o vzniku univerzit v Evropě;
- o fakultách středověkých univerzit;
- o vlivu aristotelismu na středověké vědění.

### Budete schopni:

- vysvětlit vliv Aristotela na středověké vědění;
- zhodnotit, zda aristotelovská fyzika znamenala přínos nebo úpadek středověké fyziky;
- vysvětlit vliv církve na středověké vědění;
- příčinu, proč se ve středověku nerozvíjely přírodní vědy.

**Klíčová slova této kapitoly:** scholastika, aristotelovská fyzika, juliánský kalendář, gregoriánský kalendář.



**Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:**  
2,5 hodiny teorie + 1,5 hodiny řešení úloh

### 9.1 VZNIK PRVNÍCH UNIVERZIT

Evropská část římského impéria se rozpadla na řadu malých státek ovládaných místními veliteli. Z otroků se stali rolníci připoutáni k půdě. Politická ani hospodářská situace v raném feudalismu rozvoji fyziky nepřála. Nastala stagnace v kulturním vývoji Evropy asi na půl tisíciletí. Vzdělanost a veškerá kultura byla zatlačena za zdi klášterů a až ve 12. století začaly vznikat první univerzity. I tak si národy střední Evropy začaly osvojovat fyzikální poznatky starověku až ve 13. a 14. století.

Ve 13. až 15. století nastal prudký růst univerzit v Evropě a tím nastal i obrat Evropy ke vzdělanosti. V následující tabulce je uveden rok vzniku univerzity a místo vzniku.

Rok vzniku	Místo vzniku univerzity
1119	Bologna
1100	Salerno asi 1059/1173
1150	Paříž
1167	Oxford
1222	Padova
1233	Oxford
1290	Lisabon
1303	Avignon

1339	Grenoble
1348	Praha
1364	Krakov
1365	Vídeň
1367	Trnava
1385	Buda
1386	Heidelberg
1391	Ferrara
1393	Řím
1467	Bratislava
1635	Trnava
1777	Budín (Budapešť)

Na univerzitách až ve 13. až 14. století si středověké evropské národy začaly postupně osvojovat fyzikální poznatky starověku. Tyto poznatky se do Evropy dostaly oklikou přes arabskou vědu. Význam arabské vědy poklesl, když Arabové ztratili své mocenské pozice v Evropě.



#### Úkol k textu

1. Vyberte z univerzit ty, o nichž si myslíte, že hrají v současné době důležité místo v rozvoji vzdělanosti.
2. Které univerzity vznikly v oblastech dnes obývaných Slovany?



#### Úkol k zamyšlení

1. Přemýšlejte o tom, které fakulty měly středověké univerzity.
2. Jaký podíl ve výuce na středověkých univerzitách tvořily přírodní vědy?

Univerzity měly zpravidla 5 fakult:

- fakulta teologie,
- fakulta kanonického práva,
- fakulta římského práva,
- fakulta medicínská,
- fakulta artistická, čili fakulta svobodných umění.

Na artistické fakultě se studovala filozofie, matematika a geometrie, astronomie a hudba.



#### Úkoly k zamyšlení

- Na které fakultě byla vyučována fyzika?
- Co se na těchto univerzitách učilo?
- V jakém jazyce probíhala výuka?
- Jaký podíl ve výuce tvořily přírodní vědy?

Školskou filozofií byla scholastika. **Scholastika** je školská církevní filozofie, která se snažila zdůvodňovat křesťanskou věrouku především aristotelovským učením. Hlavním představitelem scholastiky byl Tomáš Akvinský.

Jaké byly metody práce vědců na středověkých univerzitách?

Asi podstatně odlišné od dnešní doby. Hlavní metodou byla **disputace**. Podívali se do slovníků, většinou naleznete vysvětlení, že disputace je učená hádka nebo

druhá varianta vysvětlení - jedná se o vědeckou rozpravu více účastníků o odborných otázkách zpravidla ve středověku.

### **Příklad: Disputace vědců na středověkých univerzitách**

Podnět k disputaci - vědci objevili neznámý jev:

- Hledání pasáží ve spisech uznávaných autorit, kterými by mohl být jev vysvětlen.
- Byl uváděn autor spisu uznávané autority, čímž zpravidla byl Aristoteles.
- Učenci hodně memorovali z díla uznávané autority, vážnost si získával ten učenec, který mohl citovat dlouhé pasáže z paměti.



Schéma disputace:

- Učenec uvedl sporný problém.
- Potom uvedl názory odlišné od svého vlastního názoru.
- Potom uvedl své námitky proti tomuto názoru opírající se o citování autorit.
- Potom uvedl svůj vlastní výklad Aristotela nebo Eukleida nebo Ptolemaia podporující vysvětlení sporného problému.
- Závěr disputace vyzněl jako kompromis mezi různými názory.

## **9.2 ROLE CÍRKVE NA UNIVERZITÁCH**

**Církev díky papeži Tomáši Akvinskému (1225 až 1274) přejala Aristotelovy názory za svá dogmata.** Přejala právě ty názory Aristotela, o nichž se později ukázalo, že byly v rozvoji vědy omylem.

Vznikla speciální církevní soud v katolické církvi – **inkvizice** – pro kacíře, který působil od 13. do 19. století. Touto rolí pověřil v roce 1232 papež Řehoř IX. Dominikány. Inkvizice byla zrušena až v roce 1830. Z našeho kraje je znám případ z roku 1676 ve Velkých Losinách, kdy inkvizitor Boublik, nedostudovaný právník, prováděl vyšetřování a odsoudil celkem 104 osob, včetně jednoho kněze, k upálení. Rozsudek nad odsouzenými inkvizicí prováděla však světská moc, nikoli inkvizice.

Církev nad disputacemi na univerzitách bděla. Protože vycházela z křesťanských dogmat (zjevené pravdy boží, články víry pravé), nemohla převzít Aristotelovu filozofii bez výhrad. Učenci, kterým uvedený filozofický prostor nestačil, se většinou stávali mučedníky.

Přesto protivníci aristotelismu vyšli z tradičních univerzit. Diskutovali Aristotelovu fyziku. Paří mezi ně Mikuláš Kubánský, Mikuláš Koperník, Giordano Bruno, Galileo Galilei a Isaac Newton.

Názory historiků na středověké univerzity se rozcházejí. Nesporné je, že jejich význam postupně klesal.

## 9.3 VÝZNAMNÉ OSOBNOSTI VE STŘEDOVĚKÉ FYZICE

**Fibonacci** [fibonači], italský matematik (1170 až 1240)

- Jedním z těch, kdo se zasloužili o rozvoj středověké vědy, byl Leonardo Pisanský zvaný Fibonacci.
- Na cestách se seznámil s výsledky arabských matematiků, které šířil svými spisy v Evropě.
- Do Evropy uvedl **arabské číslice**.

**Albertus Magnáš, Albert Veliký**, německý scholastik, přírodovědec, teolog, člen dominikánského řádu (1193 až 1280)

- Narodil se v roce 1193 v Lauingenu v Bavorsku.
- Působil v Padově, v Kolíně nad Rýnem a na univerzitě v Paříži (založena roku 1150).
- Byl učitelem Tomáše Akvinského. Usiloval o přizpůsobení Aristotelova odkazu potřebám církve s cílem vytvořit jednotný filozoficko-teologický systém v Evropě.
- Byl **prvním a dlouho ojedinělým experimentátorem evropského středověku**. Současně jako první prohlašoval, že ve fyzice je třeba přihlížet především k pokusům a zkušenostem.

**William Occam** [okem], profesor a teolog, (asi 1290 až 1349)

- Působil na univerzitách v Oxfordu a v Paříži.
- Roztržku mezi božským a přirozeným, vírou a rozumem dovršuje anglický františkánský teolog William Occam (1290 až 1349), který tvrdil, že dokázat existenci Boha rozumově není možné, lze v ní pouze věřit.
- Jako první vyslovil zákon setrvačnosti aniž použil pojmu „impetus“ (popud, podnět), který od Aristotela převzal Johannes Buridan (1300 až 1358), autor komentáře k aristotelovské fyzice a dalším přírodovědným dílům Aristotela.
- Ideolog světských feudálů v boji proti papežským nárokům na světovládu katolické církve. Byl obviněn z kacířství.
- Působení jeho žáků – occamistů – přispělo k rozkladu scholastiky a rozvoji přírodních věd.



### Úkol k zamyšlení

Co znamená pro současnou fyziku metoda zvaná „Occamova břitva“?

**Roger Bacon** [bejkn] z Ilchestru (1210/14 až asi 1292), anglický filozof a přírodovědec, člen Františkánského řádu

- Roger Bacon byl nejvýznamnějším myslitelem scholastiky.
- Narodil se v roce 1214 v Ilchestru, panství Somerset v Anglii.
- Studoval v Oxfordu a v Paříži.
- Vstoupil do Františkánského řádu.
- Od roku 1240 působil v Oxfordu.
- Bacon horlil proti studiu Aristotelových spisů. Prohlašoval, že v přírodních vědách je možno vyvarovat se omylů pouze konáním pokusů.
- Zdůrazňoval **experiment jako východisko poznání**.



- Byl obviněn z čarodějnictví a kacířství, ze spolků s čertem. Potom byl uvězněn, jeho spisy zakázány.
- Za papeže Klementa IV. v roce 1265 byl na základě jeho nařízení propuštěn na svobodu.
- Po smrti papeže Klementa IV. v roce 1268 odešel Roger Bacon do Paříže, potom byl dalších 10 let ve vězení, mezitím se vystříдалo 7 papežů.
- Papež Mikuláš IV. nařídil Baconovo propuštění z vězení.
- Roger Bacon se vrátil do Anglie, kde se věnoval pouze teologii. Zemřel 11. června 1294 v Oxfordu ve věku 80 let.

Dílo:

- Byl všestranným badatelem. Napsal díla *Opus maius* (Dílo větší – optika, astronomie), *Opus minor* (Dílo menší), *Opus tertium* (Dílo třetí).
- V jeho pracích jsou náznaky o setrvačnosti těles. Navrhl opravu kalendáře. Optické práce jsou přínosem pro fyziku: Určil polohu ohniska sférického zrcadla, objevil sférickou aberaci, zjistil, že rovnoběžné paprsky dopadající na parabolické zrcadlo se protnou v ohnisku, znovu objevil temnou komoru (camera obscura).
- Pravděpodobně současně s Florentínem Salvino degli Armatim objevil brýle (1299).

#### **Příklad: Návrh opravy kalendáře Rogerem Baconem v díle *Opus maius* (1267)**



Kalendář v 1. století př.n.l. zavedl Gaius Julius Caesar (100 př.n.l. až 44 př.n.l.). Podle vladaře jej nazýváme **juliánský kalendář**. Kalendář byl sestaven egyptským astronomem Sósigenem v roce 46 př.n.l. Rok v tomto kalendáři měl 365,25 dne a každý 4. rok byl přestupný. Kalendář byl v platnosti do roku 1582.

Papež Gregor XIII. (Řehoř česky) schválil v roce 1582 opravu kalendáře v katolických zemích, kterou navrhl Roger Bacon. **Gregoriánský kalendář** má každý 4. rok přestupný s výjimkou roků, které končí dvěma nulami (00) a kdy číslo nebo dvojčíslí před těmito nulami je dělitelné čtyřmi. V protestantských zemích jako je Anglie byl dále používán i v 17. a 18. století juliánský kalendář. Rovněž v Rusku byl tento kalendář používán, proto říjnová revoluce podle juliánského kalendáře byla v říjnu a podle gregoriánského (byl zaveden až po revoluci) v listopadu. Rovněž v údajích o narození významných fyziků narozených koncem roku se mohou údaje lišit. Příkladem mohou být historické prameny o Isaacu Newtonovi.

#### **Joanes Buridan, 1300 až 1358**

- Narodil se v roce 1300 v Béthume.
- Vyslovil názor, že nebeským tělesům udělil Bůh **impetus**, následkem čehož se pohybují rovnoměrně po kruhových drahách, protože nenarážení na žádný odpor. Impetus mají i pozemská tělesa, proto padají k Zemi se zrychlením. Impetus chápe Buridan jako podnět, popud, impuls, hybnou sílu. Buridanův impetus je prvním podnětem k formulaci **zákona setrvačnosti**.
- Buridan je autorem komentáře k aristotelovské fyzice a dalším přírodovědným dílům Aristotela.
- Navázal na Occamovo učení, napomohl rozvoji přírodních věd, kde zdůrazňoval metodologii, teorii poznání a přírodní filozofii.
- Buridan zemřel v roce 1358 v Paříži.

## Úkol k zamyšlení

Víte, co to znamená, když se řekne „Buridanův osel“?



### Albert Saský (Saxonicus) (1216/1320 až 1390)

- Narodil se v roce 1316 nebo 1320 v Helmstedtu
- Studoval pravděpodobně od roku 1348 na nově založené univerzitě v Praze.
- Ve studiu pokračoval na univerzitě v Paříži, kde dosáhl hodnosti magistra.
- Působil jako profesor na univerzitě v Paříži v letech 1351 až 1362.
- Od založení univerzity v Vídní v roce 1365 byl krátkou dobu jejím rektorem.
- Zemřel 8.7.1390 v Halberstadtu.

Dílo:

- V Paříži zkoumal změnu rychlosti při rovnoměrně zrychleném pohybu. Vyslovil názor, že rychlost je úměrná uražené dráze.
- Tvrdil, že **všechna tělesa padají stejně rychle k Zemi bez ohledu na jejich tíhu**. U tohoto tvrzení se odvolal na zkušenost, protože jeho názor byl odlišný od Aristotelova. Toto tvrzení vyslovil o 250 let dříve, než se uvedenou problematikou volného pádu zabýval Galileo Galilei.
- Rozvedl názory Buridana o impetu.
- Popíral absolutní nehybnost Země. Podle Alberta Saského není těžiště Země v jejím geometrickém středu, ale důsledkem geologických změn se neustále mění. Ostatní části se musejí proto pohybovat, aby těžiště zůstalo ve středu světa.

### Nicole d'Oresme (1123 až 1382)

- Působil jako biskup v Lisieux.
- Byl pokládán za významného fyzika a matematika té doby.
- V 50. letech 14. století působil na univerzitě v Paříži. Byl kolegou Alberta Saského.
- Pravděpodobně jako první definoval rovnoměrně zrychlený pohyb.
- **Zavedl grafické metody pro popis kinematických problémů**, které však byly opředeny komplikovanou scholastickou terminologií.



### Příklad: Závislost dráhy na čase Nicole d'Oresmeho

Od Galilea Galileiho se dovídáme, jak chápal závislost dráhy na čase Nicole d'Oresme: „Doba, během níž těleso opíše rovnoměrně zrychleným pohybem určitou dráhu, je rovna době, během níž opíše tutéž dráhu těleso pohybující se rovnoměrně rychlostí rovnající se poloviční hodnotě konečné rychlosti zrychleného pohybu.“

### William Heytesbury

- Žil ve 14. století v Oxfordu.
- William Haytesbury zkoumal rovnoměrně zrychlený pohyb a velice těžkopádně popisoval, jak velkou dráhu vykoná hmotný bod v 1., 2., ..., n-té sekundě.
- **Zavedl pojem zrychlení.**

### Domenico Soto (1494 až 1560)

- V komentáři k Aristotelovi označuje volný pád za rovnoměrně zrychlený a uvádí, že rychlost je při tomto pohybu úměrná času.

**Úkol k zamyšlení**

Zkuste si uvědomit, jaký vývoj vykonala fyzika od doby, kdy pochopila rovnoměrně zrychlený pohyb a dospěla až ke vztahu  $s = \frac{1}{2} at^2$  ?



V termice a elektřině nebyly ve středověku učiněny žádné převratné objevy. Pouze o **magnetismu** získává Petrus Peregrinus de Marecour řadu zajímavých poznatků - objevuje zemský magnetismus, magnetování látek, přitahování a odpuzování zmagnetovaných látek, neoddělitelnost magnetických pólů a další.

**Shrnutí kapitoly**

Ve 12. století začaly vznikat v Evropě první univerzity, které zaznamenaly rychlý nárůst se 13. a 14. století. Nad disputacemi na univerzitách bděla církev, která založila inkvizici, což byla církevní organizace pro potírání kacířství. Přesto na univerzitách byl ve fyzice zaznamenán určitý pokrok. Názory na hodnocení středověkých univerzit v oblasti rozvoje přírodních věd nejsou jednotné.

Středověká fyzika je upřena k jednomu úkolu: Pochopit nebo vyvrátit aristotelovské nazírání na vědu. Jedním z těch, kdo se zasloužili o rozvoj středověké vědy byl Leonardo Pisanský zvaný Fibonacci (1170 až 1240), který našel zálibu v aritmetice a do Evropy uvedl arabské číslice.

První a dlouho ojedinejší experimentátoři evropského středověku byli doctor universalis Albertus Magnus (1193 až 1280), který usiloval o to, aby v Evropě zdomácněly názory Aristotelovy. Současně však jako první zároveň prohlašoval, že ve fyzice je třeba přihlížet především k pokusům a zkušenostem. K důsledné realizaci této zásady přikročil anglický mnich Roger Bacon z Ilchestru (1214 až 1294), žák Roberta Grossetesta (1168 až 1253). Bacon horlil proti studiu Aristotelových spisů. Prohlašoval, že v přírodních vědách je možno vyvarovat se omylů pouze konáním pokusů. Byl všestranným vědcem a proslavil se konáním pokusů v optice, kde znovu objevil temnou komoru. Pravděpodobně současně s Florentánem Salvino degli Armatim objevil brýle (1299).

Roztržku mezi božským a přirozeným, vírou a rozumem dovršuje anglický františkánský teolog William Occam (1290 až 1349), který tvrdil, že dokázat existenci Boha rozumově není možné, lze v ní pouze věřit. Jako první vyslovil zákon setrvačnosti aniž použil pojmu „impetus“ (popud, podnět), který od Aristotela převzal Johannes Buridan (1300 až 1358), autor komentáře k aristotelovské fyzice a dalším přírodovědným dílům Aristotela.

Poznatky fyziky byly vždy spojeny s poznatky matematiky. V té době byla známa celá řada jevů (příčina změny pohybu, moment síly, pohyb tělesa po nakloněné rovině, volný pád) i jejich popis. Avšak popis zákonitostí průběhu jevů byl velice těžkopádný díky neznalosti matematických funkcí. William Haytesbury zkoumal rovnoměrně zrychlený pohyb a velice těžkopádně popisoval, jak velkou dráhu vykoná hmotný bod v 1., 2., ..., n-té sekundě. Až Nicole d'Oresme (1323 až 1382), biskup z Lisieux, významný fyzik a matematik položil první základy matematickému pojmu funkce a tím i vědeckému vyjádření popisu poznatků. V termice a elektřině nebyly ve středověku učiněny žádné převratné objevy. Pouze o magnetismu získává Petrus Peregrinus de Marecour řadu zajímavých poznatků - objevuje zemský magnetismus, magnetování látek, přitahování a odpuzování zmagnetovaných látek, neoddělitelnost magnetických pólů a další.

**Korespondenční úkoly**

1. Jakou roli sehrály středověké univerzity ve vývoji fyziky?
2. Kdo je považován za zakladatele experimentální metody? Zdůvodněte odpověď.
3. Kde se zrodily počátky chápání pojmu funkce, proměnná veličina, graf, souřadnice atd. ?

## 10 FYZIKA A RENESANCE

### V této kapitole se dozvíte:

- že jen na základě vlastních provedených pokusů je možno získávat poznatky;
- o těch, kteří připravovali cestu klasické fyzice.

### Budete schopni:

- poznat vědce, kteří otevřeli cestu moderní vědě;
- porovnat kosmologické představy renesance s dnešními;
- vysvětlit Archimedův zákon z principu neexistence perpetua mobile.

**Klíčová slova této kapitoly:** humanismus, návrat k antice, nová kosmologie.



**Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:**  
2 hodiny teorie + 1,5 hodiny řešení úloh

### 10.1 CHARAKTERISTIKA OBDOBÍ RENEZANCE

V 15. a 16. století po scholastice začíná období renesance – kulturní hnutí související s rozkladem feudalismu a vznikem prvotní buržoasní společnosti. Toto hnutí vzniklo v Itálii, kde je spojeno s rozvojem umění a věd. Renaissance se opírala o antickou kulturu a usilovala o její obrodu. Uměleckým stylem renesance byl návrat k antické dokonalosti obohacené některými novými prvky, zejména perspektivou a vědecktějšími studii skutečnosti, například anatomie. U nás jsou z daného období zachovány stavby: Schwarzenberský palác, letohrádek královny Anny.

Přírodní vědy se poněkud zpozdily za rozkvětem renesančního umění, i když scholastické metody nevyhovovaly požadavkům nové doby. Rozvoj té doby co nejtěsněji souvisí s velkými geografickými objevy, s úspěchy v oblasti přírodních věd, mechaniky a matematiky a zvláště se vznikem nové kosmologie. Tuto kosmologii vytvořil Mikuláš Koperník a je výchozím bodem k vytvoření novověkého přírodovědného obrazu světa. Rozvoj mořeplavby, hornictví, stavebnictví, zemědělství a vznik středověkých měst se stal předpokladem pro další vývoj v oblasti mechaniky. Byla rozvíjena také dynamika díky dělostřelectvu ve vojenství. Významnými objevy té doby byl vynález knihtisku v roce 1445 Johannem Gutenbergem, objevení Ameriky v roce 1492 Kryštofem Kolumbem a obeplutí zeměkoule.

V roce 1453 dobyli Turci Konstantinopol (Cařihrad). Většina učenců odešla do Itálie, kde oživilí svobodného badatelského ducha starých Řeků.

V uvedené epoše nastal převrat ve filozofickém myšlení. Stačí uvést taková jména jako Mikuláš Kusánský, Leonardo da Vinci, Giordano Bruno či Campanella, abychom si představili hloubku, bohatství a rozmanitost myšlení té doby. Renesanční filozofie byla osobitou etapou ve vývoji evropského myšlení před velkými systémy 18. století a dobou osvícenství.

Také **ve fyzice dochází k velkému zlomu**. Je nejen překonána aristotelovská fyzika, ale zrodila se nová vědecká metoda, metoda, která preferovala **zkoumání přírody vlastními smysly**. Už od 14. století bylo stále více těch, kteří varovali před slepou vírou ve staré autority, které představovaly jak církevní dogmata, tak aristotelovskou filozofii přírody. Kromě toho varovali i před přesvědčením, že problém se dá vyřešit pouze myšlením.

**Renesance hlásala, že každé zkoumání přírody musí stavět na pozorování, zkušenosti a experimentu.**

## 10.2 RENEZANČNÍ MYSLITELÉ

Renesanční myslitelé připravili půdu pro nové metody práce ve fyzice a pro vznik nové přírodovědy.

### Mikuláš Kuzánský (Cusanus)

- Narodil se v roce 1401 v Cues na Mosele.
- Studoval na univerzitách v Heidelbergu a Padově právo, filozofii, klasickou filologii a fyziku.
- Zpočátku se věnoval právu.
- Později rostl v církevní hierarchii až se stal kardinálem a později v roce 1450 biskupem v Brixenu za papeže Mikuláše V.
- Zemřel 11.8.1464 v Todi v Umbrii ve věku 63 let.

Dílo: Dílem Mikuláše Kuzánského jsou spíše dějiny filozofie. Jeho nové myšlenky měly však silný vliv na rozvoj přírodních věd.

- V díle *De docta ignorantia* (O učené nevědomości) vypracoval **nový kosmologický model**:
  - Země byla pouze jednou z mnoha hvězd obývaných živými bytostmi (neodlišoval ještě hvězdy od planet).
  - Země nebyla ničím výjimečná, ani svou nehybností, v ale pohybovala se jako jiné hvězdy.
  - Těmito myšlenkami ovlivnil Mikuláše Koperníka, Johanna Keplera a Giordana Bruna.
- Zdůrazňoval **význam experimentu v přírodovědě**.
- Upozornil na význam laiků, techniků a technologických „umělců“ pro rozvoj přírodovědy. Tito lidé od učenců žádali, aby přešli od kvalitativních úvah ke měření kvantitativních vztahů, od spekulace k matematickému vyjádření fyzikálních zákonů. V Itálii tuto společenskou vrstvu nazývali artefici.
- **Artefici** byli lidé, kteří sice vyšli z praxe, ale pochopili, že sbíráním a předáváním receptů a empirických pravidel již nevystačí.
  - Řešili teoretické otázky.
  - Studovali hlavně helénistickou kulturu, dílo Archimeda.

- Kritizovali oficiální scholastickou vědu.
- Ve svém rozvoji nebyli artefici omezeni ani přísnými cechovními předpisy řemeslníků, ani nebyli vázáni přísnými statuty univerzit a schématem disputatione, kde byly citovány autority. Hlavním představitelem skupiny italských artefici byl Leonardo da Vinci.

### Úkol k zamyšlení

Proč skupina artefici byla tak významná v rozvoji kultury a filozofie? Začněte úvahami o tom, kdo v období scholastiky rozvíjel kulturu a filozofii?



### Filippo Bruno, v klášteře přijal jméno Giordano

- Narodil se v roce 1548 v Nole u Neapole.
- Vstoupil do dominikánského kláštera, kde se dostal do rozporu se základními církevními dogmaty (články víry zjevené Bohem).
- Odešel z kláštera, působil v Ženevě, Toulouse, Paříži, Oxfordu, Marburgu, Wittenbergu a Praze.
- Nakonec se vrátil do Itálie do Benátek, kde jej obvinili z kacířství, potom věznili v Benátkách v Římě.
- Neodvolal své názory, proto jej inkvizice vydala světské moci a ta vykonala rozsudek inkvizice.
- Byl upálen 13. února 1600 pro kacířství na Campofiore v Římě.

Myšlenky, které Giordano Bruno hlásal:

- **Svět je nekonečný, tj. má nekonečný počet Sluncí a nekonečný počet planetárních systémů.**

### Úkol k zamyšlení

Kdybyste žili v roce 1600, myslíte, že byste skončili stejně jako Giordano Bruno? Vzpomeňte si na onoho duchem velmi silného člověka, až budete na náměstí Campofiore v Římě.



### Leonardo da Vinci

- Byl nejvýznamnějším představitelem italské skupiny artefici.
- Narodil se 4.4.1452 v obci Vinci na úpatí Monte Albano v Empoli. Byl nelegitimním synem notáře, čili byl neurozený.
- Učil se malířství ve Florencii a Miláně, kde vytvořil slavný obraz *Poslední večeře Páně*.
- Potom ve Florencii portrétoval třetí manželku Francesca del Gioconda, Monu Lisu.
- Jako neurozený nemohl studovat na univerzitě. S fyzikou se tedy neseznámil ve scholastických školách, ale z bezprostředního pozorování.
- Od roku 1516 žil ve Francii až do smrti.
- Zemřel 2.5.1519 v Amboise ve Francii ve věku 67 let.

Dílo:

- Leonardo da Vinci poznával život a přírodu z bezprostřední zkušenosti.
- Pozoroval, jak létají ptáci a na tomto principu konstruoval létající stroje.
- Vyřešil mnoho technických problémů hlavně z oblasti transmise: řemenice, ocelové řetězy, prototyp dnešních řetězů u jízdních kol.
- Prováděl výzkum práce jednoduchých strojů a formuloval statický moment sil.

- V roce 1797 byly objeveny a zveřejněny fyzikální záznamy Leonarda da Vinci. Záznamy byly psány nepřehledným písmem jako zrcadlový obraz skutečného písma. Ze záznamů vyplývá, že po tři století museli objevovat následníci Leonarda da Vinci to, co on již objevil.
  - Vypracoval statickou teorii nakloněné roviny jako první a zabýval se pohybem tělesa po nakloněné rovině.
  - Odlíšil pojem síly od pojmu kinetické energie.
  - Považoval perpetuum mobile za nesmysl.
  - V hydrostatice formuloval „zákon spojených nádob“.
  - Studoval tvorbu vln na vodních hladinách, zaznamenal interferenci vlnění.
  - Popsal a experimentálně zkoumal akustickou rezonanci.
  - Porovnal intenzitu dvou paprsků jako první v dějinách, možno jej proto považovat za předchůdce fotometrie.
  - Jako první vyslovil názor, že popelavé světlo Měsíce je odraženým slunečním světlem.
  - Zabýval se teorií vidění na principu camery obscury.

Leonardo da Vinci neměl bezprostřední vliv na fyzikální myšlení své doby, protože jeho práce nebyly zveřejněny. Dobu však ovlivnil svými postoji.

### **Nicolo Tartaglia**

- Narodil se v roce v roce 1499 v Brescii v Itálii.
- Zažil vpád Francouzů do Brekcie v roce 1512. I když se s ním matka schovala do kostela, nechránila jej před šavlí francouzského vojáka. Od té doby koktal a tak získal své příjmení (tartagliare italsky znamená koktat).
- Ve 14 letech se naučil psát a dále se vzdělával jako samouk.
- Působil v Miláně, Benátkách a Brescii.
- Zemřel v roce 1552 v Benátkách ve věku 53 let.

Dílo:

- Napsal několik matematických knih.
- V díle *Nuova scienza* (Nová věda) se zabývá problémy balistiky – vrhem vodorovným, vrhem šikmým a setrvačností těles pohybujících se rovnoměrně.

### **Hieronimo Cardano**

- Ital, který žil v letech 1501 až 1576.
- Působil v Pávii, Bologni, Miláně a Římě.
- Byl profesorem matematiky a medicíny.
- Je po něm pojmenováno řešení algebraických rovnic 3. stupně, které však pochází od Tartaglia.

### **Simon Stevin**

- Úvahy Simona Stevina reprodukuje Richard P. Feynman, nositel Nobelovy ceny za rok 1960, v díle Feynmanove přednášky z fyziky (1980).
- Narodil se v roce 1548 v Bruggách (dnešní Belgie).
- V letech 1571 až 1581 cestoval po Evropě.
- Potom působil v Leidenu, Delftu a Haagu.
- Zemřel v roce 1620 v Leidenu nebo v Haagu.

Dílo:



- Simon Stevin považoval perpetuum mobile za absurdní stejně jako Leonardo da Vinci. Vyslovil **princip neexistence perpetum mobile**.
- Odvodil Archimedův zákon z principu neexistence perpetua mobile. Vyslovil větu: *Libovolný objem vody ponořený do vody, zůstane všude v rovnováze.*
  - Kdyby tomu tak nebylo, vzniklo by perpetuum mobile, což není možné. Proto voda ponořená do vody úplně ztratí svoji tíhu.
  - Když nahradíme ponořený objem vody tělesem stejného objemu, ale jiné hustoty, bude vždy nadlehčováno stejnou silou. Bude tedy stoupat nebo klesat ve vodě podle toho, má-li hustotu menší nebo větší než voda.
- Simon Stevin popíral, že člověk může všechno. Ukázal na omezení, která mu klade příroda.
- Ukázal, jak z negativního poznatku – neexistence perpetum mobile – je možno získat formulace pozitivních fyzikálních zákonů. Bylo to v historii fyziky poprvé.

Vyslovení principu neexistence perpetum mobile mělo pro rozvoj fyziky velké důsledky a zrychlilo její vývoj. Fyzika byla první oblastí poznávání, kde se badatelé vzdali nerealistických cílů, jakým bylo nalezení perpetum mobile.

- V období renesance byla totiž astronomi značně zatížena astrologií.
- Chemie byla zatížena alchymií, první pokusy o vědecké zkoumání byly provázeny pěstováním černé magie, hledáním elixíru života atd. Na přelomu 16. a 17. století byly ještě ve spojení s alchymií a magií rozšířeny názory, že člověk ve spojení s tajemnými nebo temnými silami může dokázat vše. Simon Stevin ukázal, že ve fyzice to není možné.

## Shrnutí kapitoly

V 15. a 16. století po scholastice začíná období renesance – kulturní hnutí související s rozkladem feudalismu a vznikem prvotní buržoasní společnosti. Toto hnutí vzniklo v Itálii, kde je spojeno s rozvojem umění a věd. Renesance se opírala o antickou kulturu a usilovala o její obrodu.

Přírodní vědy se poněkud zpozdily za rozkvětem renesančního umění, i když scholastické metody nevyhovovaly požadavkům nové doby. Rozvoj té doby co nejtěsněji souvisí s velkými geografickými objevy, s úspěchy v oblasti přírodních věd, mechaniky a matematiky a zvláště se vznikem nové kosmologie. Tuto kosmologii vytvořil později Mikuláš Koperník a je výchozím bodem k vytvoření novověkého přírodovědného obrazu světa. Rozvoj mořeplavby, hornictví, stavebnictví, zemědělství a vznik středověkých měst se stal předpokladem pro další vývoj v oblasti mechaniky. Byla rozvíjena také dynamika díky dělostřelectvu ve vojenství. Z renesančních myslitelů, kteří se zasloužili o vznik fyziky jako vědy – jako nové přírodovědy – jsou to především Mikuláš Kusánský (1401 až 1464), u něhož se objevuje zcela nový kosmologický model. Země je jen jednou z pohybujících se „hvězd“ obývaných živými bytostmi. Tento model je předobrazem heliocentrické soustavy Mikuláše Koperníka. Svými myšlenkami ovlivnil hlavně Filippa (Giordana) Bruna (1548 až 1600), který hlásal nekonečnost vesmíru (nekonečné těleso v nekonečném prostoru) a konečný počet těles v něm. Do rozvoje poznání se zapojuje italská skupina artefici, kteří



pocházeli z prostých poměrů a nebyli zatíženi scholastikou. Hlavním představitelem skupiny artefici je Leonardo da Vinci (1452 až 1519), který je znám jako architekt, malíř a sochař. Studoval matematiku, optiku, pevnostní techniku a anatomii. Intenzivně se zabýval matematickými vědami i fyziologií vidění. Zkoumal let ptáků, navrhoval a zkoušel konstrukce křídel. Studoval volný pád, smykové a valivé tření, kapilaritu vody i vlnění vodní hladiny. Renesanční umělec Leonardo da Vinci má v dějinách vědy významné místo. Základ veškeré vědy hledal v přírodě. Hlásal zásadu, že pozorování přírody se má dít smyly, přičemž přednost dával zraku. Význam matematiky ocenil například výrokem: „Ani jedno lidské bádání nelze nazvat pravou vědou, jestliže neprojde matematickými důkazy.“ V renesanci uvedli lidé do pohybu proces, který již nebyli schopni zastavit. Nová vědecká metoda položila základ tomu, čemu se říká moderní věda.



### Korespondenční úkoly

1. Co znamená pro fyziku a vůbec pro vědu renesančního humanismu motto: „Návrat k pramenům?“
2. Středověk viděl všechny životní vztahy ve světle Božím. Charakterizujte zvrát, ke kterému došlo v nazírání na svět v období renesance.
3. Které tři vynálezy jsou důležitými předpoklady pro vznik nové doby? Takto je často renesance nazývána. Odpověď zdůvodněte.
4. Velké objevné cesty, nová dobytá území, nové zbraně, nadřazenost jedné rasy nad jinými, rychlé šíření nových humanistických myšlenek, měření rychlosti světla, pokroky v astronomii. Jak tyto výdobytky humanismu souvisejí s předcházející otázkou?



### Další zdroje

FEYNMAN, RP., LEIGHTON, RB., SANDS, M. *Feynmanove přednášky z fyziky I*. Bratislava: Alfa, 1980.

## 11 KLASICKÁ FYZIKA A DALŠÍ VÝVOJ FYZIKY

### V této kapitole se dozvíte:

- o postupném vývoji jednotlivých oborů klasické fyziky;
- o fyzice 20. století.

### Budete schopni:

- porovnat vývoj v jednotlivých oborech klasické fyziky;
- využít historických údajů z období klasické fyziky ve výuce fyziky;
- porovnat vývoj ve fyzice 20. století s obdobím vývoje klasické fyziky;
- využít historických údajů fyziky 20. století ve výuce fyziky.

**Klíčová slova této kapitoly:** historie klasické fyziky, Newton, historie fyziky 20. století.



**Čas potřebný k prostudování nepovinného učiva kapitoly:**  
4 hodiny teorie

### 11.1 KLASICKÁ FYZIKA

Druhé období v dějinách fyziky (1600 až 1700) začíná tvořivou činností a neúnavným zápasem Galileia Galileiho. Jejím hlavním posláním byla obrana Koperníkova heliocentrického systému. Galilei vyvrátil Ptolemaiov a Aristotelův geocentrický systém, jakož i všechny staré názory peripatetiků. Formuloval

- zákon volného pádu,
- vodorovného a šikmého vrhu,
- mechanický princip relativity,
- zákon izochronnosti kyvů kyvadla,
- nastínil princip setrvačnosti.

Své gnozeologické krédo Galilei formuloval slovy:

„Filozofie je zapsána v té nesmírné knize, jež zůstává stále otevřena před našima očima (tou knihou je vesmír). Napsána je jazykem matematickým.“

A dále:

„Měř, co můžeš změřit, a to, co změřit nemůžeš, učin měřitelným...“

Galileiho metoda se ve fyzikálním bádání stala klasickou. Spočívá v

- kritické analýze existující teorie,
- formulování přijatelnější hypotézy,

- experimentálním potvrzení této hypotézy.

Na uvedených principech se fyzika jako samostatná věda začala budovat v období rozvoje manufaktury v Evropě, kdy bytostným zájmem rodící se městské buržoazie – i některých absolutistických monarchů – byl rozvoj výroby a s ní i rozvoj přírodních věd.

Průkopníci nové vědy vybudovali také institucionální předpoklady přírodovědného bádání. Jako protiváha scholastickým univerzitám vznikly učené společnosti – akademie. Například Galileo Galilei byl členem *Accademie dei Lincei* založené v roce 1601 v Římě, patnáct let po jeho smrti vznikla ve Florencii *Accademia del Cimento* (Akademie pokusů) a v roce 1662 po několika neúspěšných pokusech, původně motivovaných pansofistickými názory *Jana Amose Komenského*, byla oficiálně založena *Royal Society* (Královská učená společnost) v Londýně. Z fyziků patřil mezi její zakladatele Robert Boyle, jejím dlouholetým předsedou byl Robert Hooke a po jeho smrti Isaac Newton. Další fyzik, ale také matematik a astronom Christian Huygens byl zakládajícím členem *Pařížské akademie* (1666). V dějinách fyziky sehrála významnou roli i *Berlínská akademie*, založená v roce 1700, jakož i *Imperátorská akademie* v Sankt-Petěrburgu, již v roce 1724 založil Petr Veliký. O vznik posledních dvou zmíněných institucí se zasloužil filozof, matematik a přírodovědec Wilhelm Gottfried Leibniz. Jeho zásluhou vznikl i jeden z prvních vědeckých časopisů *Acta Eruditorum*, což v nemenší míře podmínilo pozdější prudký vývoj vědy.

Charakteristickým rysem vznikající moderní vědy byla jednota teorie a experimentu vyjádřená matematickým jazykem. O rozšíření palety matematického popisu fyzikálních dějů se v tomto období zasloužil René Descartes: vypracoval analytickou geometrii a fyzikálním veličinám přiřadil číslo. Na nových metodologických principech se tvůrci fyziky snažili sjednotit také pozemskou a nebeskou mechaniku. Pojem „fyzika nebe“ zavedl Johannes Kepler, jenž formuloval tři zákony pohybu planet. Právě vycházejí z těchto zákonů, jakož i s ohledem na Galileiho práce a Huygensovu mechaniku křivočarého pohybu Isaac Newton formuloval svůj gravitační zákon. Kromě toho Newton

- zavedl pojem hmotnosti,
- postuloval ekvivalentnost gravitační a setrvačné hmotnosti,
- formuloval tři zákony pohybu mechanických objektů, které jsou stejnou měrou platné pro pozemská i vesmírná tělesa.

Ve svém hlavním díle *Philosophia naturalis principia mathematica* (Matematické principy přírodní filozofie, 1687) položil Newton základy logicky konzistentní, jednotné stavby klasické mechaniky. Ta se dobudovala hlavně po stránce matematické, a to díky úsilí dalších velikánů Leonharda Eulera, Jena d’Alemberta, Josepha-Louise Lagrange, Williama Rowana Hamiltona. Více než dvě století sloužila pak jako základ celé fyziky.

V 17. století, kdy se fyzika konstitovala jako samostatná věda, se nahromadilo mnoho praktických i teoretických poznatků také v optice a dalších oblastech:

- byly položeny základy elektrostatiky a magnetostatiky – William Gilbert (1600),

- byl formulován zákon lomu světla – Willebrord Snell (1621) a René Descartes (1637),
- byla popsána disperze světla – Jan Marek Marci (1648) a Isaac Newton (1666),
- byla objevena difrakce světla – Francesco Grimaldi,
- byl popsán dvojlom – Erasmus Bartholinus,
- byla objevena polarizace světla – Christian Huygens; vysvětlení tohoto jevu však nechalo na sebe čekat ještě hodně dlouho.

Na základě výsledků Römerových pozorování okamžiku začátku a konce zatmění měsíců planety Jupiter byla poprvé určena rychlost světla. Nehledě na odpor karteziánů se postupně prosazoval názor, že rychlost světla je konečná. Právě tento fakt se stal experimentální bází pro formulování Fermatova principu nejkratšího času, označovaného také jako princip nejkratší optické dráhy.

Série optických objevů podnítila vznik fyzikální optiky, jež měla v konečném důsledku vysvětlit všechny experimentálně dokázané vlastnosti světla. Od samého počátku soupeřily dvě koncepce: Huygensova **vlnová představa** a korpuskulární teorie světla, k níž se postupně stále více přikláněl Isaac Newton.

Galileiho žáci Evangelista Torricelli a Vincenzo Viviani dokázali, že žijeme na dně vzdušného oceánu. Jako první změřili tlak vzduchu a v Torricelliho trubici vytvořili vakuum. Na jejich práce navázali Robert Boyle, Edme Mariotte, Blais Pascal a Otto von Guericke, jenž zkonstruoval první vývěvu. Kromě pokusů s tlakem vzduchu se proslavil též konstrukcí první třecí elektriky.

V období rodící se fyziky vznikly i cenné fyzikální přístroje:

- dalekohled – původní, holandský, dále Galileiho a Keplerův čočkový, jakož i Newtonův zrcadlový,
- kyvadlové hodiny Christiana Huygense,
- teploměry, jejichž pravlastí byla Florencie.

### 11.1.1 FORMOVÁNÍ KLASICKÉ FYZIKY

Kolébku revoluce ve fyzice, která začala koperníkovským obratem a jejímž završením bylo formulování základních principů mechaniky, byla Itálie. S poklesem vlivu a významu italských městských států a s umrtvením intelektuální svobody v Itálii, jejímž symbolem se stal proces proti Galileovi Galileimu, se těžiště vědeckého bádání přesunulo do Nizozemska a Anglie. Do těchto protestantských zemí utekli po zrušení Nantského ediktu v roce 1685 také mnozí učenci z Francie.

V letech 1642 až 1645 zvítězila v Anglii první buržoazní revoluce a politickou moc převzalo měšťanstvo ve spojení s částí šlechty. Přírozenými spojenci vlastníků manufaktur se stali také přírodovědci, kteří svým dílem přispěli k růstu mocenských pozic Anglie. Novou vědu byli později nuceni podporovat i absolutističtí vládcové Ruska, Pruska a dalších zemí, chtěli-li vojensky i mocensky obstát v mezinárodním měřítku.

Racionalita přírodovědců se stala přirozeným spojencem racionality osvícenců, kteří připravovali půdu pro *Velkou francouzskou revoluci* z roku 1789. Předním osvícenským filozofem, spisovatelem a uměleckým kritikem byl Denis Diderot (1713 až 1784). Úvod k jeho slavné *Encyklopedii* napsal významný matematik a fyzik Jean Baptiste le Rond d'Alembert.

Velkou zásluhu na rozšíření Newtonovy fyziky na evropském kontinentu měl další osvícenský filozof a pamfletista *François Marie Voltaire*. Na jeho popud přeložila markýza du Châtelet Newtonovy *Physica naturalis principia mathematica* (Matematické principy přírodní filozofie) do francouzštiny. Voltaire sám napsal *Elementy Newtonovy filozofie*, srozumitelné i široké veřejnosti. Tím se zasloužil o rozvoj nové fyziky v zemi, jež se připravovala na bouřlivé společenské proměny. Právě v období Velké francouzské revoluce a posléze za vlády Napoleona Bonaparta se Francie stala centrem matematického a fyzikálního pokroku v duchu Newtonova odkazu.

Období formování klasické fyziky zahrnuje léta 1700 až 1850. Jeho nejvýraznější črtou byl další vývoj mechaniky. I když klasická mechanika nadále setrvala na základech, které položil Isaac Newton, na mnohé z otázek nedala uspokojivou odpověď. Podle ní byla příčinou každé změny pohybového stavu vnucená neboli vtištěná síla. Povahou takovýchto sil – s výjimkou gravitace – se však nová vědní disciplína vůbec nezabývala.

S touto situací se nemínili spokojit někteří filozofující přírodovědci. Vzhledem na nedostatek experimentálních zkušeností jim však nezbývalo nic jiného, než uchýlit se k metafyzickým úvahám. Pro další vývoj fyziky měly podobné spekulace význam pouze v případě, když podnítily nebo vyprovokovaly vznik nových idejí. V tomto smyslu sehrála pozitivní úlohu například Leibnizova filozofie a teoretické myšlenky Rudjera Boškoviče.

Teoretickou sílu klasické mechaniky, zejména její predikční schopnost, umocnily matematické metody – především infinitezimální počet a řešení diferenciálních rovnic. V tomto období jsme svědky reformulace Newtonovy podoby mechaniky do formulace, v níž se v plné míře projeví přednosti a výhody matematické analýzy.

V rámci klasické mechaniky byly vysloveny i zákony zachování mechanické energie, hybnosti a momentu hybnosti v izolovaných soustavách, jakož i extrémální principy, zejména princip minimálního účinku. Metody a principy klasické mechaniky 19. století, ztělesněné v Hamiltonově–Jacobiho formalismu, na jedné straně představovaly vyvrcholení axiomatizace klasické mechaniky, a na straně druhé se staly významným prostředkem při budování nové fyziky 20. století.

Důsledkem úspěchů klasické mechaniky při popisu pozemských i nebeských jevů vedly fyziky, ale často i jiné učence, k přesvědčení, které posléze dostalo pojmenování mechanistický pohled na svět a které snad nejvýstižněji charakterizoval Jean-Baptiste Biot:

„Jakmile jsme objevili zkušenostní zákony jevů, musíme hledat způsob, jak je zredukovat na mechanické podmínky, tedy určit systém sil vhodných na to, aby vyvolaly zmíněné účinky.“

Mnozí z Newtonových následovníků – výjimkou mezi významnými učenici byl pouze Leonhard Euler – byli ještě ortodoxnějšími stoupenci jeho názorů než sám zakladatel klasické fyziky. I když veliký fyzik nikdy nevyřkl definitivní soud o povaze světla, jeho pokračovatelé, zejména J. B. Biot, ale také Étienne Louis Malus, David Brewster a další, považovali za jedinou správnou Newtonovu korpuskulární (nebo také emanační) teorii. Na přelomu 18. a 19. století však v optice a fotometrii už nebylo možné nadále obhajovat představu o světle jako o letících částicích podléhajících zákonům klasické mechaniky. Postupně ji nahradila Youngova a Fresnelova koncepce světla jako kmitů jemného fluida – éteru. V tomto smyslu však i vlnová optika zůstala v zajetí mechanicismu, jenž se stal filozofickým východiskem fyziky 19. století.

Snad pouze v termice setrvali v tomto období fyzikové – zejména Pierre-Simon de Laplace, Simon Denis Poisson a další – na představě o existenci tepelného fluida, jež byla spíše plodem fyziky karteziánské nežli newtonovské. Avšak i představa kalorika plně zapadala do mechanistického pohledu na svět.

Podle vzoru Newtonovy mechaniky a na základě představy o působení na dálku se v 19. století budovala také nauka o elektřině a magnetismu. Vycházela z experimentálních zkušeností a poznatků Charlese Coulomba, Alessandra Volty a především Christiana Oersteda. Z teoretických koncepcí si získaly nejvíce stoupců myšlenky André-Marie Ampèra, Franze Neumanna, Wilhelma Webera a jejich žáků.

### 11.1.2 VYVRCHOLENÍ KLASICKÉ FYZIKY

Koncem 18. století začala v Anglii průmyslová revoluce, která se postupně rozšířila do Severní Ameriky i na evropský kontinent. Z řemeslných dílen a manufaktur se postupně vyvinuly velké továrny se složitými mechanismy. Vůbec první – byla to vodou poháněná továrna na zpracování bavlny – postavil v roce 1771 Richard Arkwright (1732 až 1792) v Cromfordu (hrabství Derby). Z technického hlediska se stěžejním problémem staly zdroje energie – zpočátku vodní pohon a posléze největší vymoženost té doby parní stroj. První upotřebitelný parní stroj zkonstruoval v roce 1769 James Watt. Pára podnítila též prudký rozvoj dopravy: v roce 1807 se na řece Hudson ve Spojených státech amerických objevil první říční parník, první zaoceánský parník přeplul Atlantik v roce 1819 a parní lokomotivy už od roku 1830 tahaly železniční soupravy rychlostí do té doby vskutku nevídanou.

Průmyslová revoluce podnítila buď vznik, nebo rozvoj dvou fyzikálních disciplín – termodynamiky a elektrodynamiky.

Technický rozvoj v 19. století vytvořil příznivé podmínky pro vznik dalších fyzikálních institucí. Vedle akademií a univerzit začaly fyzikální poznatky a vědomosti šířit také instituce zřízené pro širokou veřejnost. První takovou institucí byl *Royal Institution of Great Britain* (Královský institut Velké Británie). V roce 1799 jej založil Benjamin Thompson (hrabě Rumford). Právě v tomto institutu vyrostl z knihvazače-samouka jeden z největších badatelů v dějinách fyziky vůbec – Michael Faraday. Významnými fyziky se v této době stali i mnozí původně univerzitní mechanici, jako například Joseph Fraunhofer a jiní. Úplnými anebo částečnými samouky byli též mnozí američtí učenci a vynálezci, kteří podstatným způsobem přispěli k rozvoji fyziky, mezi jinými Joseph Henry a Thomas Alva Edison.

V 19. století se začaly budovat také speciální laboratoře zaměřené výlučně na fyzikální výzkum: *Cavendishovo laboratorium* při univerzitě v Cambridgi, *Říšský fyzikálně-technický ústav* v Berlíně-Charlottenburgu a jiné. Tak se vytvořily materiální předpoklady pro získávání nových experimentálních poznatků, jež si na přelomu 19. a 20. století vynutily zásadní změny v popisu a vysvětlování fyzikálních jevů.

V této etapě svého klasického období fyzika postupně přerůstala do fyziky 20. století. Jelikož šlo o zásadní změny v pohledu na svět, o hluboké změny v metodách fyzikálního poznávání, tento přerod se někdy – i když ne úplně výstižně – označuje jako druhá velká revoluce v dějinách fyziky.

Ve druhé polovině 19. století byl bohatým zdrojem nových netriviálních poznatků výzkum katodového záření. Nejenže se postupně vyjasnila jeho povaha, ale v průběhu tohoto procesu byly objeveny další nové druhy záření – rentgenovy paprsky, přirozená a posléze i umělá radioaktivita. Ve snaze poznat strukturu a vlastnosti katodového záření Joseph John Thomson dospěl k poznatku, že existuje subatomární částice, později ztotožněná s hmotným nositelem elementárního elektrického náboje, do té doby pouze hypotetickým. Tak vstoupila do fyziky první „elementární“ částice – elektron.

Dalším významným zdrojem principiálně nových poznatků bylo studium záření černého tělesa, jakož i fotoefektu a jeho vlastností, které probíhalo v posledních letech 19. a na začátku 20. století souběžně se studiem katodových paprsků. Snaha vysvětlit překvapivé zákonitosti obou jevů připravila půdu pro přijetí představy o kvantovém charakteru některých dějů. Nový přístup, nové ideje a nové metody si vyžádalo i studium problémů spojených s čárovým charakterem spekter, stabilitou atomu a strukturou atomu. Tak se fyzika postupně octla až na prahu kvantové mechaniky.

Dalším bitevním polem mezi starými názory a novým pohledem na fyziku byla elektrodynamika. Už v Maxwellově teorii se objevila fakta, jež naznačovala, že v klasické mechanice není ani zdaleka všechno vpořádku. Máme na mysli konečnou rychlost šíření elektromagnetické interakce, rozpor mezi Galileiho principem relativity a Maxwellovými rovnicemi i vliv pohybujícího se prostředí na šíření elektromagnetických vln. Situaci navíc komplikoval problém éteru. Fyzici hledali odpověď na otázky:

- jaké jsou vlastnosti éteru,



- jak se Země pohybuje éterem,
- jak tento pohyb ovlivňuje průběh elektrických, magnetických i světelných jevů.

Na vysvětlení výsledků některých reálných i myšlenkových pokusů byli fyzici nuceni zavést dodatečné hypotézy a předpoklady. Tak se stalo, že prakticky všechny takzvané relativistické efekty byly známy ještě před vznikem Einsteinovy teorie. Toto všechno patří do prehistorie teorie relativity.

Se jménem Alberta Einsteina je kromě teorie relativity spojena také další událost, kterou se důstojně završila epocha klasické fyziky. Jeho teorie Brownova pohybu (1905) a Perrinovo experimentální potvrzení výsledků nové teorie (1908) znamenaly zároveň definitivní potvrzení existence atomů a molekul, jakož i správnosti molekulárně-kinetické představy o průběhu tepelných procesů. Výpočty A. Einsteina a Mariana Smoluchowského v této oblasti měly i veliký praktický význam.

Po prvních Loschmidtových odhadech (1865) získala fyzika díky zmíněným pracím přesné údaje o velikosti molekul a o jejich počtu v molu látky. Tento počet (takzvaná Avogadrova konstanta) se stal jednou ze sedmi základních veličin v mezinárodní soustavě SI – látkového množství. Kromě toho se dokázalo, že atom není pouze hypotetickým objektem, ale že skutečně existuje, neboť fyzika je schopna experimentálně určit jeho charakteristiky – na rozdíl, řekněme, od éteru.

Jako každý revoluční proces, ani přerůstání klasické fyziky do moderní nebylo bezbolestné a bezkonfliktní. Naopak: diskuze mezi fyziky byly často natolik bouřlivé, že jednu z nich – mezi Ludwigem Boltzmannem a Wilhelmem Ostwaldem – Arnold Sommerfeld označil jako zápas mezi toreadorem a býkem. Podle jedné verze dokonce Boltzmannovy spory s energetiky o existenci atomu nemalou měrou přispěly k jeho rozhodnutí dobrovolně ukončit pozemskou pouť.

V 17. a 18. století se na bázi poznatků a představ klasické mechaniky zformoval mechanický fyzikální obraz světa. Mnozí fyzikové (ale nejen oni) se pod dojmem úspěchů Newtonovy teorie snažili všechno dění v přírodě redukovat na zákony klasické mechaniky. Stejný osud připravovali i novému oboru fyziky – nauce o elektřině i magnetismu: zpočátku se snažili redukovat ji na mechaniku. Když se však koncem 19. století potvrdily předpovědi Maxwellovy teorie elektromagnetického pole, našli se lidé, kteří se uchýlili k opačnému extrému – pokusili se mechaniku zredukovat na elektrodynamiku.

Koncem 19. století však někteří filozofující fyzikové i přírodovědně orientovaní filozofové postřehli, že:

- rámec, který fyzice poskytl mechanismus, je pro ni příliš úzký,
- redukcionismus není tou pravou cestou poznávání ve vědě.

Avšak ne všichni, kdož měli odvahu bořit idoly a kriticky hodnotit dokonce takového giganta, jakým byl Isaac Newton, přispěli stejnou měrou i k budování nového fyzikálního obrazu světa. Z generace prvních kritiků mechanismu a snah o zjednodušující pohledy snad nejvíce vynikl v pozitivním smyslu Henri Poincaré. Jiní, jako například Ernst Mach, vylili z vaničky s vodou i dítě – s mechanistickou

představou světa zavrhli například reálnou existenci atomů a molekul. Tyto jejich snahy působily ve fyzice retardačně, i když sami dosáhli ve fyzikálním bádání mnoha významných výsledků.

Za první tvůrce nového fyzikálního obrazu světa na přelomu 19. a 20. století jsou obecně považováni Max Planck a Albert Einstein. Jejich dílo překročilo rámec fyziky. Mělo dalekosáhlé důsledky jak pro jiné přírodní vědy, tak i pro filozofické myšlení, a také širší dosah. Například Paul Johnson začíná své *Dějiny 20. století* Einsteinovými teoriemi a jejich experimentálním potvrzením.

## 11.2 FYZIKA 20. STOLETÍ

Poslední období vývoje fyziky spadá do dvacátého století. Podobně jako v politice, ekonomice či kultuře i ve fyzice byly zaznamenány bouřlivé a dalekosáhlé změny.

Poslední století druhého tisíciletí bylo poznamenáno dvěma světovými i mnoha menšími regionálními válkami. Po první světové válce se rozpadly velké mnohonárodnostní státy jako Rakousko-Uhersko a vznikly menší státní útvary, mimo jiné i Československo. Krátké období míru bylo narušeno vznikem totalitních režimů v Rusku (1917), Itálii (1922) a Německu (1933). Ruští bolševici prosazovali světovou revoluci v dlouhodobé perspektivě, fašistické státy usilovaly o světovou nadvládu v historicky krátkém čase. Mocnosti osy Berlín – Řím – Tokio posléze vyvolaly druhou světovou válku. Velká Británie, USA a SSSR vytvořily protihitlerovskou alianci. Po porážce nacistického Německa vznikla na jedné straně euroatlantická aliance demokratických zemí, na straně druhé se mocensky upevnilo postavení Sovětského svazu. Komunistický režim se však po čtyřiceti letech zhroutil.

Podstatné změny nastaly v průběhu 20. století i v organizaci a charakteru společnosti. V důsledku rozvoje automobilismu a letecké dopravy se podstatně omezila izolovanost jednotlivých regionů. Obecné rozšíření rozhlasu a posléze televize způsobilo rychlou výměnu informací. Výsledkem tohoto vývoje je dnešní informační globalizovaná společnost. Prudkým tempem se rozvíjela technika, kde došlo k obrovskému, kvalitativně novému rozmachu, jenž byl často podmíněn vývojem fyzikálních myšlenek.

Nezvykle rychlý vývoj fyziky na začátku 20. století byl podmíněn několika faktory. Institucionální základnou fyzikálního bádání se stala dobře vybavená fyzikální pracoviště na velkých univerzitách – především v Paříži, Cambridgi, Kodani, Římě a Berlíně. Do této části dějin fyziky však postupně vstupují svými výsledky i univerzity v jiných městech (Göttingenu, Manchesteru, Leningradě, Charkově, Berkeley, Brookhavenu, Chicagu). Politické změny přinesly i změny ve vztahu státu k vědě. Vědecký výzkum se postupně přenáší z univerzit do výzkumných ústavů, subvencovaných buď státem, nebo podnikatelskými kruhy. V dějinách české fyziky je příkladem tohoto trendu vznik Fyzikálního ústavu Škodových závodů ve 30. letech 20. století..

Na přelomu dvacátých a třicátých let Evropa definitivně ztratila převahu na poli vědy a techniky. Německo, které do té doby udávalo tón v rozvoji fyziky, z rasových nebo politických důvodů opustila většina předních fyziků. Podobně se kolem roku 1938 zachovali jejich italské kolegové (Enrico Fermi, Emilio Segré, Edoardo Amaldi a jiní). Většina evropských fyziků emigrovala do Spojených států amerických, které tudíž postupně převzaly vedoucí postavení ve fyzikálním výzkumu. Druhá vlna vědecké emigrace z Evropy do USA, tentokrát podmíněná ekonomickými faktory, spadá do začátku 60. let. V posledním desetiletí jsme svědky třetí vlny – vědci emigrují především ze států bývalého socialistického tábora, směřují však i do jiných vyspělých zemí.

Experimentální fyzika dosáhla pokroku díky vyspělému průmyslu, existenci zdrojů vysokého napětí a silných magnetických polí. Dostala do rukou dokonalé spektroskopické metody, jakož i elektroniku, využívající obvody na vakuových elektronkách, které v roce 1914 vyvinul *Irvin Langmuir*. Obrovský skok zaznamenala experimentální základna fyziky po objevu tranzistoru (1948), laseru (1956) a nakonec i počítačové techniky. K rozvoji experimentální fyziky v neposlední řadě přispěl i rozvoj fyzikální teorie.

Výrazným mezníkem ve vývoji teoretické fyziky byla léta 1925 a 1926, kdy vznikla kvantová mechanika. Spolu s Einsteinovou teorií relativity postupně přebudovala celý pojmový aparát fyziky, poskytla explanační i predikční prostředky a matematický aparát všem oborům moderní fyziky: jaderné a subjaderné fyzice, fyzice pevných látek, fyzice plazmatu. Kromě toho vyřešila i otázky chemické vazby – vznikla kvantová chemie. Na bázi kvantové mechaniky byly vybudovány nové obory fyziky: kvantová elektrodynamika, kvantová optika a další s rozsáhlými aplikacemi od laserů až po zdroje energie založené na štěpné reakci a termojaderné syntéze.

Fyzika dvacátého století ovlivnila celý kulturní vývoj lidstva a hluboko zasáhla do filozofie. Vznik teorie relativity a kvantové mechaniky vedl k přehodnocení základních pojmů nejen ve fyzice, ale ve vědě vůbec. V důsledku toho došlo též ke změně obsahu výchozích pojmů jakéhokoli vědeckého bádání (hmota, pohyb, interakce, determinismus apod.).

Fyzika postupně pronikala do stále menších časoprostorových oblastí, což vyvrcholilo objevem nových tzv. elementárních částic – kromě už známého elektronu (1897), fotonu (1905) a protonu (1914). Důležitou roli přitom sehrálo rozšíření experimentální základny. Jemison van der Graaf v roce 1931 uvedl do provozu první lineární urychlovač. O rok později John Cockcroft a Ernest Walton zkonstruovali urychlovač na jiném principu a pomocí protonů, urychlených v tomto zařízení, vyvolali první jadernou reakci. První kruhový urychlovač – cyklotron – postavil v roce 1931 Ernest Lawrence.

Experimentátoři dostali k dispozici i účinné detekční prostředky:

- zdokonalenou fotoemulzi na výzkum kosmického záření,
- plynový detektor ionizujících částic (Geigerův-Müllerův počítač, 1928),
- klasickou Wilsonovu mlžnou komoru, jakož i tutéž komoru umístěnou v magnetickém poli (1924).

I díky těmto pomůckám experimentátoři dosáhli mnoha pozoruhodných výsledků: Lawrence (1933) a Cockcroft s Waltonem (1934) provedli první syntézu jader – první uměle vyvolanou přímou jadernou reakci, kterou později vysvětlil Robert Oppenheimer. Pozorování ve Wilsonově komoře ukázala, že dvě jádra helia, která vznikla při ostřelování litia protony (1932), vyletují v opačných směrech. V podobných pokusech se experimentálně potvrdila platnost Einsteinova vztahu mezi energií a hmotností.

Začátek třicátých let se nesl ve znamení studia jaderných reakcí v laboratořích a objevu nových částic – pozitronu a neutronu. Právě ten se posléze stal důležitou tzv. provokující částicí nových typů reakcí. Jedním z výsledků tohoto úsilí byl objev štěpné jaderné reakce (1938). Záhy fyzikové pochopili možný význam objevu pro válečné účely. V tehdejší složité a nebezpečné době to byl mimořádně důležitý poznatek. Náhle se objevila možnost vyvinout „zázračnou zbraň“.

Byli to právě fyzikové (Leo Szilard jako iniciátor a Albert Einstein jako signatář), kdož požádali amerického prezidenta Roosevelta, aby se v USA začala vyvíjet atomová bomba. Argumentem v prospěch reálnosti projektu bylo uvedení do provozu jaderného reaktoru Enrico Fermim v roce 1942. Po této události se práce rozběhly s novou silou. První atomová bomba vybuchla nejprve v červenci 1945 na pokusné střelnici u Los Alamos v USA a další dvě pak v srpnu nad japonskými městy Hirošima a Nagasaki.

Bohužel, poválečné soupeření dvou největších velmocí USA a Sovětského svazu mělo neblahé následky. Nemalou zásluhu na tom měli též fyzikové – experimentátoři i teoretikové. Nejdříve skupina pod vedením Igora Kurčatova díky poznatkům z vývoje jaderné bomby v USA postavila první sovětský jaderný reaktor (1946) a o tři roky později provedla první zkoušku atomové bomby. Úsilí strhnout na svou stranu vojenskou převahu přivedlo obě velmoci k výzkumu a nakonec i praktickému využití opačného jevu – syntézy lehkých jader, při níž se uvolňuje ještě ničivější energie. V obou případech byl vývoj vodíkové bomby (jádra vodíku se syntetizují na jádro helia) úspěšně završen přibližně ve stejné době (1953). Jinou formou využití štěpné reakce bylo budování jaderných elektráren. První byly uvedeny do provozu ve městě Obninsk u Moskvy (1954) a v Calder Hall ve Velké Británii (1956).

Nehledě na prudký rozvoj fyziky ve 20. století i na dosažené výsledky není pochyb, že soustava fyzikálních poznatků není ani zdaleka završena. Až další vývoj ukáže, zda mají pravdu optimisté tvrdící, že stojíme na prahu teorie všeho, nebo realisté zastávající názor, že se objeví další „hlavolamy“.

**LITERATURA**

- AKČURIN, IA., aj. *Metodologické princípy fyziky*. Bratislava: Pravda, 1984.
- ACHIEZER, AI. *Vývoj fyzikálního obrazu světa*. Praha: 1975.
- BALÁŽ, P. *Význační fyzici*. Bratislava: 1966.
- ČERNOHORSKÝ, M. *Poceta Newtonovi*. Brno: JČMF, 1987.
- EINSEIN, A., INFELD, L. *Fyzika jako dobrodružství poznání*. Praha: Družstevní práce v Praze, 1945.
- FOLTA, J., NOVÝ, L. *Dějiny přírodních věd v datech*. Praha: 1979.
- HEISENBERG, W. *Fyzika a filosofie*. Praha: SNTL, 1966
- HORSKÝ, Z. *Kepler v Praze*. Praha: Mladá fronta, 1980.
- KLÍMA, J. *Lidé Mezopotámie*. Praha: Orbis, 1976.
- KOLOMÝ, R. *Historie objevů jako motivační prvek ve výuce fyziky*. Hradec Králové: KPÚ, 1987.
- KOPERNÍK, M. *Obehy nebeských sfér*. Bratislava: Veda, 1974.
- KUZNECOV, BG. *Od Galileiho po Einsteina*. Bratislava: VPL, 1975.
- KVASNICA, J. *Priekopníci modernej fyziky*. Bratislava: Smena, 1987.
- LAUE, Max von. *Dějiny fyziky*. Praha: Orbis, 1959
- MALÍŠEK, V. *Co víte o dějinách fyziky*. Praha: Horizont, 1986.
- MECHLOVÁ, E., aj. *Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolský kurz*. Praha: Prométheus, 1999. ISBN 80-7196-151-5.
- NOVÝ, L., SMOLKA, J. *Isaac Newton*. Praha: Orbis, 1969.
- ŠEBESTA, J. *Metodológia fyziky*. Vybrané kapitoly. Bratislava: Univerzita Komenského, 1987.
- ÚLEHLA, I. *Fyzika a teorie poznání*. Praha: 1982.
- ZAJAC, R., PIŠŮT, J., ŠEBESTA, J. *Historické pramene súčasnej fyziky 2. Od objavu elektrónu po prah kvantovej mechaniky*. Bratislava: Univerzita Komenského, 1977.
- ZAJAC, R., ŠEBESTA, J. *Historické pramene súčasnej fyziky 1. Od Aristotela po Boltzmannu*. Bratislava: Afa, 1990. ISBN 80-05-00231-9.