

Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích
Katedra pedagogiky a psychologie

Historický vývoj pohledu na podstatu světla

bakalářská práce

Jan Anderl

obor: Měřicí a výpočetní technika

vedoucí diplomové práce

Mgr. Petr Bartoš

České Budějovice

2007

Děkuji vedoucímu diplomové práce, Mgr. Petru Bartošovi, za rady, připomínky a metodické vedení práce.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou universitou v v Českých Budějovicích na jejích stránkách.

23.4.07

Jan Anderl

Anotace

Základem práce je vytvořit odborný text, který by mohl sloužit jako studijní materiál pro pochopení vývoje názorů na podstatu světla dalším studentům.

Práce je složena z pěti částí. Každá část vysvětluje pohled vědců na podstatu světla z určité doby.

Část první se vztahuje k období Antiky - období prvních sporů o podstatě světla.

Druhá část se vztahuje k období od pátého století (Optická teorie) po století devatenácté (Youngova teorie). Třetí část se vztahuje ke století dvacátému.

Čtvrtá část se vztahuje k současnosti, nejnovějším výzkumům a pracím v oblasti světla.

Pátá část je tvořena životopisy nejvýznamnějších osobností zabývajících se otázkou podstaty světla.

Annotation

The principle of the seminar work is to create the skilled text which could be used such as educational material for other students to they can better understand to the evolution of opinions on the substance of the light.

The work is composed from the five parts. Each part is explaining the view of the scientists on the substance of the light from the certain period.

The first part is connected to the era of the antiquity – the period of the first contentions about the substance of the light.

The second part is intent on the era from the fifth century (Optical theory) to the nineteen century (Young theory)

The third part refers to the 20th century.

The fourth part apply to the present, to the newest researches and work in the sphere of the light.

The fifth part is created by the biographies of the most meaningful people who have been working on the question about the substance of the light.

Obsah

| | |
|--|-----------|
| Úvod..... | 8 |
| 1. Antické prvopočátky sporu o podstatu světla..... | 9 |
| 1.1 Indická teorie | 9 |
| 1.2 Řecká teorie..... | 10 |
| 2. Doba od Ptolemaia po Younga..... | 12 |
| 2.1 Optická teorie..... | 13 |
| 2.2 Descartova teorie..... | 14 |
| 2.3 Vlnová teorie..... | 15 |
| 2.4 Newtonova korpuskulární teorie..... | 17 |
| 2.5 Elektromagnetická teorie..... | 21 |
| 2.6 Youngova teorie..... | 24 |
| 3. 20. století..... | 31 |
| 3.1 Kvantová teorie..... | 31 |
| 3.2 Einsteinova teorie..... | 32 |
| 3.3 Fotoelektrický jev..... | 33 |
| 3.4 Comptonův jev..... | 36 |
| 4. Současnost –moderní trendy | 38 |
| 4.1 Dnešní výklad | 38 |
| 4.2 Zmražení světla..... | 40 |
| 4.3 Difraktivní struktury..... | 45 |
| 4.4 Ultrakrátké světelné impulsy..... | 47 |

| | | |
|-----------|---------------------------------------|-----------|
| 5. | Stručné životopisy | 51 |
| 5.1 | Empedokles z Akragantu | 51 |
| 5.2 | Démokrytos z Abdér | 53 |
| 5.3 | Aristoteles ze Stagiry..... | 54 |
| 5.4 | Euclid | 55 |
| 5.5 | Ptolemaios..... | 56 |
| 5.6 | René Descartes | 56 |
| 5.7 | Pierre Gassendi | 58 |
| 5.8 | Christian Huygens..... | 59 |
| 5.9 | Augustin Jean Fresnel | 60 |
| 5.10 | Isaac Newton..... | 61 |
| 5.11 | Michael Farady..... | 62 |
| 5.12 | James Clerk Maxwell..... | 64 |
| 5.13 | Thomas Young | 66 |
| 5.14 | Max Plank | 67 |
| 5.15 | Albert Einstein | 69 |
| 5.16 | Luis Viktor de Broglie | 71 |
| 5.17 | Albert Abraham Michelson..... | 72 |
| 5.18 | Gustav Ludvik Hertz..... | 73 |
| | Závěr..... | 75 |
| | Seznam použité literatury..... | 76 |

ÚVOD

Se světlem se setkáváme již od našeho narození. Bereme ho jako samozřejmost, ať už je jeho zdrojem slunce, zářivka, či oheň. Přitom by bez světla náš svět nemohl existovat.

Názory na podstatu světla se začínají formovat již v dávných dobách.

Bylo vytvořeno mnoho teorií, některé se neuchytily, jiné byly brány jako zákon.

Teorie byly ovlivněny dobou, ve které byly vysloveny, náboženstvím, nebo také poznatky z jiných vědních oborů.

Ve své práci jsem se snažil přiblížit, jak se názory na podstatu světla vyvíjely.

Doufám, že má práce přispěje k lepšímu pochopení těchto teorií.

1. Antické prvopočátky sporu o podstatě světla

1.1 Indické teorie

Ve starověké Indii byly kolem 6.-5. století před naším letopočtem filozofické školy Samkhya a Vaisheshika, které rozpracovaly teorie o světle. Podle školy Samkhya je světlo jedno z pěti základních “důvtipných” elementů (*tanmatra*), ze kterých se objevily hrubé elementy.

Na druhé straně škola Vaisheshika říká, že základní atomy jsou země (*prthivi*), voda (*apas*), oheň (*tejas*), a vzduch (*vayu*) – neměly by být zaměněny s obyčejným významem těchto živlů. Tyto atomy jsou vztaženy k binárním molekulám, které dále tvoří větší molekuly. Pohyb je definován v podmínkách pohybu fyzických atomů. Světelné paprsky jsou brány jako proud (ohnivých) atomů, které mají velkou rychlost.

Později, v roce 499 n.l., Aryabhata navrhoval heliocentrickou sluneční soustavu gravitace v jeho knize *Aryabhatiya*. Psal, že planety a měsíc nemají vlastní světlo, ale odrážejí světlo slunce.

1.2 Řecká teorie



obr.1 Empedoklés z Akragantu

Empedocles v pátém století před naším letopočtem postuloval, že všechno bylo složeno ze čtyř elementů; oheň, vzduch, země a voda. Věřil, že Afroditá stvořila lidské oko ze čtyř elementů a rozdělala oheň v oku. Jestliže toto bylo pravdivé, pak člověk mohl vidět během noci stejně jako během dne. Z toho Empedocles postuloval vzájemné ovlivňování mezi paprsky od očí a paprsků od slunce jakožto zdroje. Empedocles učil, že světlo má místní pohyb a šíří se mezi zemí a oblohou, aniž to můžeme pozorovat.



obr.2 Démokritos z Abdér

Démokrites (asi 460 – 370 před Kristem) byl přesvědčen, že světlo je proud částic, které neustále vysílá každý viditelný předmět.



obr.3 Aristoteles

Aristotelés (384 – 322 před Kristem)

Aristoteles byl přesvědčen, že „světlo je bezbarvá, statická matérie, jež je opakem tmy“. Aristotelés byl největší autoritou nejen starověké, ale i středověké vědy. Také si všiml, že existuje souvislost mezi světlem a barvami.

V jeho díle *O smyslech* vyslovil tuto úvahu: „Barva jest na předmětech o sobě viditelných; tím „o sobě“ nemyslí se jejich pojem, nýbrž že příčinu viditelnosti mají v sobě. Každá barva pak jest hybným činitelem toho, co skutečně jest průhledné, a v tom je její podstata.“

Světlo je pro Aristotela prostě „něco průhledného“.

Průhledný je ale třeba i vzduch, voda nebo i některá pevná tělesa, světlo však „není vůbec tělesem ani výronem nějakého tělesa – neboť i takto by bylo nějak tělesem...“ Aristotelés vyslovuje nesouhlas s názory Démokrita. Aristotelés však tvrdí, že se ono „průhledné“ šíří asi jako vlnky po vodní hladině. A tehdy začal vědecký spor, jenž se táhne až do dneška – více než dva tisíce let: je světlo vlnění nebo proud částic?

Aristotelovy názory platily ve středověku za nezvratnou pravdu. Ještě v 16. století měli v anglickém Oxfordu „mistři bakaláři“ povinnost zaplatit pokutu pět šilinků za každou odchylku ve výkladu Aristotelových názorů.



obr.4 Euclid

Přibližně v roce 300 př.n.l. **Euclid** napsal *Optiku*, ve které zkoumal vlastnosti světla. Euclid postuloval, že světlo se pohybovalo v přímých drahách, popisoval zákony odrazu a studoval je matematicky. Mínil, že jestli je zrak výsledek paprsku z oka, tak jak je možné, že vidí hvězdy bezprostředně, jestliže zavře oči ve dne a otevře je v noci. Samozřejmě pokud paprsek z oka cestuje nekonečně rychle, tak to není problém.

2. Doba od Ptolemaia po Younga



obr.5 Ptolemaios

Ptolemaios (cca. 2. století našeho letopočtu) psal o lámání světla a vyvinul teorii, že objekty jsou viděny díky paprskům světla, které vychází od očí.

2.1 Optická teorie

Perský vědec **Alhazen Abu Ali al-Hasan ibn al-Haytham** (cca. 965-1040), také známý jako Alhazen, rozvinul širokou teorii vysvětlující vizi, ve které tvrdil, že každý bod na osvětlené oblasti nebo objektu vyzařuje světelné paprsky do všech směrů, ale pouze jeden paprsek od každého bodu, jenž dopadne do oka, může být viděn. Jiné paprsky dopadnou pod jinými úhly a nebudou viděny. Toto odporovalo Ptolemaiově teorii, že objekty jsou viděny díky paprskům světla, které vychází od očí. Alhazen vysvětloval světelné paprsky jako proudy droboučkových částic, které se pohybovaly konečnou rychlostí. Zlepšil Ptolemaiovu teorii lámání světla a pokračoval v objevování zákona lomu.

Alhazen také uskutečnil první experimenty na rozptylování světla do jeho barev. Jeho hlavní dílo *Kitab-u-Manazir* bylo ve středověku přeloženo do latiny, také jeho kniha se zabývala barvami západu slunce. Zkoumal ve své teorii různé fyzikální jevy, jako jsou stíny, zatmění, duha. Také se pokoušel vysvětlit binokulární vidění a podal správné vysvětlení zřejmého zvětšování velikosti slunce a měsíce, když se blíží k obzoru. Neustále zkoumal optiku, je považován za otce moderní optiky.

Alhazen také věřil, že my vidíme objekty, protože slunce vysílá paprsky světla, které jsou podle něj proudy malých částic, jež cestují po přímé dráze a jsou odráženy od objektů do našich očí. Tvrdil, že světlo musí cestovat velkou, ale konečnou rychlostí a lom je způsoben různou rychlostí v různých substancích. Také studoval kulatá a parabolická zrcadla a vysvětlil, jak lom čočky způsobuje zvětšený obraz. Vysvětlil matematicky, proč sférické zrcadlo produkuje odchylku.

2.2 Descartova teorie



obr.6 René Descartes

René Descartes (1596-1650) si myslel, že světlo bylo *plénum* (celek), nepřetržitá substance, z níž byl složen vesmír. V roce 1637 vydal teorii lámání světla, ve které špatně předpokládal, že světlo letělo rychleji v hustším médiu, analogicky s chováním zvukových vln. Descartova teorie je často považována za předchůdce vlnové teorie světla.



obr.7 Pierre Gassendi

Pierre Gassendi (1592-1655), atomista, navrhoval částečkovou teorie světla, která byla publikována až posmrtně v roce 1660.

2.3 Vlnová teorie



obr.8 Christian

Huygens

Christian Huygens. (1629 – 1695)

Tento holandský vědec se začal zajímat i o podstatu světla. To ho nakonec přivedlo k jeho největšímu vědeckému přínosu: k vypracování vlnové teorie světla. Uveřejnil ji v knize *Pojednání o světle* (Traité de la Lumiere, 1690). V ní tvrdí, že světlo má vlnový charakter, že světlo se ze světelného zdroje šíří ve vlnoplochách všemi směry ve světelném éteru, což je neviditelná, nezvažitelná látka, která proniká celým vesmírem - tělesy i vzduchoprázdným prostorem.

Huygensova vlnová (undulační) teorie se však neujala. Především proto, že nebyla tak důkladně propracována jako emanační teorie Newtonova, a jistě také proto, že na tom měla podíl velká vědecká autorita Newtonova. Emanační teorie se udržela celých 100 let.

Huygens byl první, kdo našel rázné argumenty proti Gassendiho korpuskulární koncepci světla. Své přesvědčení, že světlo tvoří vlny, založil na jednoduché otázce: pokud by světlo tvořily částičky, řekněme třeba malinké letící šípky, tak jak vysvětlit některé optické jevy, které přírodovědci již řadu let popisují? Pokud naopak přijmeme, že světlo tvoří vlny, můžeme snadněji vysvětlit např. lom světla při jeho přechodu ze vzduchu do skla nebo vody.

Huygens považoval toto vlnění za podélné podobně jako zvukové vlnění ve vzduchu, tj. za periodické zhušťování a zředování prostředí. V hustším prostředí by rychlost světla tedy měla být menší než v prostředí řidším. Celou řadu vlastností světla se nám podaří odvodit z elektrodynamiky pomocí Huyghensova-Fresnelova principu.

Představme si ho takto: Šíří-li se podél struny vlna, je každý následující atom struny uváděn do pohybu atomem předcházejícím, jeho pohyb závisí jedině na pohybu tohoto „předcházejícího“ atomu a vůbec ne na atomech, které jsou ještě před „předcházejícím“ atomem.

Totéž platí pro elektromagnetické vlnění. Oddělíme-li zdroj a pozorovatele myšlenou plochou, pak se vlnění může dostat k pozorovateli jedině skrze ni a v místě pozorovatele bude tedy úplně stejné, jako kdyby každý bod této plochy byl sám zdrojem vlnění. Každý z těchto tzv. druhotných zdrojů by okolo sebe vytvářel kulové vlny. Složením elektromagnetických polí všech těchto kruhových vln bychom dostali stejné pole jako to, které k nám vysílá původní zdroj.

Přestože Huyghensův princip je téměř 300 let starý, až roku 1948 se objevila holografie, která nám dnes připadá jako jeho zřejmá aplikace i ilustrace (fakticky však ještě tehdy předstihla tato myšlenka D. Gabora technické možnosti své doby, neboť neexistovaly zdroje dostatečně přesně monochromatického světla a kvalitní hologramy mohly vzniknout až po roce 1962, kdy byl sestrojen první laser.)

Klasické užití Huyghensova principu se používá v optických výpočtech. Světlo je souhrn nesmírného počtu fotonů, jejichž klidová hmota je nulová a kde každý z nich má energii rovnou kvantu $h \mu$ a šíří se prostorem rychlostí světla.

$$E = h \cdot \mu \quad h \dots \text{Plankova konstanta} = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

$\mu \dots$ kmitočet vlny

Přímočarost světla je přibližná, přesto v praxi používáme této zjednodušené představy světla šířícího se podél tzv.paprsku. Takovému modelu říkáme geometrická optika. Je vhodný pro naši názornost i jednoduchost výpočtu. Přiblížení geometrické optiky je založeno na **Fermatově principu**: „Světlo se šíří podél takových paprsku, že dráhu mezi dvěma body urazí za nejkratší dobu.“

Je-li rychlost všude stejná, jako například ve vakuu, pak nejkratší možná doba odpovídá i nejkratší dráze. A protože nejkratší dráha mezi dvěma body je přímá, šíří se světlo ve vakuu a v jiných stejnorodých prostředích přímočaře.

2.4 Newtonova korpuskulární teorie



obr.9 Isaac Newton

Isaac Newton (1643 – 1727).

Studoval Gassendiovu práci v raném věku, ale dával přednost Descartově teorii *plénum*. Ve své publikaci *Hypotéza světla* 1675 tvrdil, že světlo bylo složeno z krvinek (částičky záležitosti), které vydává zdroj do všech směrů.

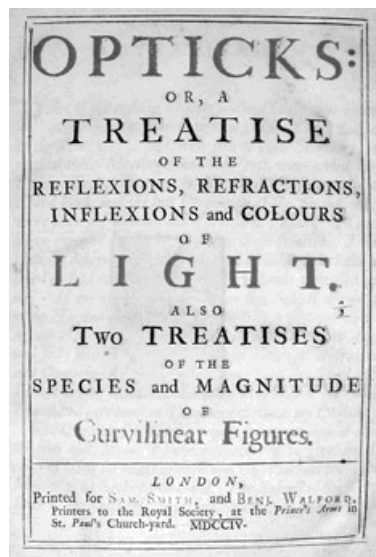
Jeden z Newtonových argumentů proti vlnové povaze světla byl, že vlny mají schopnost “ohnout“ se kolem překážek, zatímco světlo letí jen v přímých drahách. Nicméně vysvětlil jev difrakce světla (jenž byl pozorovaný Francescem Grimaldim) tím, že připustí, že lehká částice mohla vytvořit lokalizovanou vlnu v aetheru.

Newtonova teorie pokládá světlo za soubor rychle letících částic, které se při pohybu řídí zákony mechaniky. Různé barvy světla jsou způsobeny různou velikostí částic.

Zákon odrazu světla je podle této teorie samozřejmý, zákon lomu pak vyložil Newton tím, že na rozhraní dvou prostředí gravitační síly, způsobené hustším prostředím, zvětší tu složku rychlosti částic, která spadá do směru normály k rozhraní.

Aby došel k souladu se skutečností, musel pak Newton předpokládat, že v hustším prostředí je rychlost pohybu částic větší než v prostředí řidším.

Newton vydal finální verzi své teorie v knize *Opticks* 1704. Jeho pověst pomáhala korpuskulární teorii světla ovládat fyziku během 18. století. V *Optice* zůstal věrný svému rodnému jazyku (angličtině), knihu ovšem brzy přeložil do latiny (s pomocí Samuela Clarka), aby byla přístupná všem vzdělancům.



obr.10

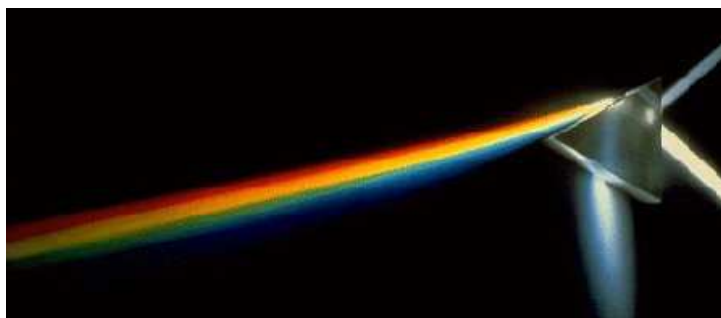
Ve své *Optice* napsal: „...předpokládám, že světlo je něco, co se různým způsobem šíří ze svítících těles...“



obr.11 Newtonova kniha Opticks

Newton dospěl ke korpuskulární teorii světla nikoli na základě pouhé úvahy, ale díky experimentům, které prováděl během svého vynuceného pobytu mimo Cambridge (tehdy sužovanou morovou nákazou). Tady údajně dospěl k teorii gravitace i k diferenciálnímu počtu. Studoval zde i světlo. Zajímalo ho zejména to, jak dochází k barevnému vidění.

V té době již fyzikové pozorovali vznik spektra barev, k němuž dochází, když světlo projde skleněným hranolem. Všeobecně se ale přijímalo Aristotelovo vysvětlení, že světlo je bílé a že při průchodu skrz sklo se znehodnocuje. Newton se dlouze zabýval pokusy se skleněnými hranoly a čočkami. Jako první popsal škálu barev: rozdělil spektrum na sedm základních barev, protože číslo sedm je prvočíslo (Newton se podrobně zabýval i alchymií a gnosticismem). K nejdůležitějšímu experimentu došlo, když umístil za sebe dva trojúhelníkové skleněné hranoly, jež se spojovaly základnami. Zatímco první hranol, vrcholem vzhůru, rozložil bílé světlo na duhové spektrum, druhý, ten s vrcholem dolů, rozložené barvy sloučil zase zpátky. I když světlo prošlo sklem, nebylo znehodnoceno, jak se domníval Aristoteles, ale vrátilo se ke své průzračnosti. Díky tomuto pokusu si Newton uvědomil, že bílé světlo není ve své podstatě čisté, ale že obsahuje směs všech druhů barev.



obr.12 Rozklad světla hranolem

Newtonova představa světla, tvořeného malými částčkami, v tomto vyčerpávajícím sporu, týkajícím se podstaty světla, nakonec zvítězila. Jak už bylo předznamenáno, Newton se ve vědeckém světě těšil zcela mimořádné autoritě. Přesto v následujících letech tu a tam někdo zapochyboval a začal obhajovat vlnovou podstatu světla, byl to např. Leonard Euler (1707-1783), jeden z největších matematiků všech dob, který upozorňoval na to, že Newtonova hypotéza nemůže osvětlit např. difrakční jevy.

Proti Newtonově teorii se postavil i německý básník Johann Wolfgang Goethe (1749-1832) ve své pověstné Nauce o barvách (Farbenlehre, 1810).

Když Newton poprvé publikoval svoji „teorii barev“, došlo k ostré polemice s jiným anglickým vědcem, Robertem Hookem (1635-1703), který objevil difrakci světla a snažil se v Anglii prosadit Huygensovu vlnovou teorii. Hook Newtonovy hypotézy zcela odmítl (legenda praví, že Newtonova slavná věta: „Pokud jsem dohlédl dále, bylo to proto, že jsem stál na ramenou obrů.“ je narážkou na Hookovu malou postavu, a tudíž i malý intelekt.)

2.5 Elektromagnetická teorie



obr.13 Michael Faraday

Michael Faraday (1791 - 1867), anglický fyzik a chemik. V roce 1845 **Faraday** objevil, že úhel polarizace paprsku světla, který prošel polarizovaným materiálem, mohl být pozměněn magnetickým polem - účinek nyní známý jako Faradayova rotace. Toto byl první důkaz, že světlo je příbuzné elektromagnetismu. Faraday navrhoval v roce 1847 myšlenku, že světlo je vysokofrekvenční elektromagnetické chvění, které se může šířit i mimo éter. O svých pokusech si Faraday vedl velmi podrobné zápisky.

Faradayova práce inspirovala **Jamese Clerka Maxwella**.



obr.14 James Clerk Maxwell

Maxwell studoval elektromagnetické záření a světlo. Objevil, že elektromagnetické vlny by cestovaly přes prostor stálou rychlostí, jež byla náhodou stejná jako předtím změřená rychlost světla.

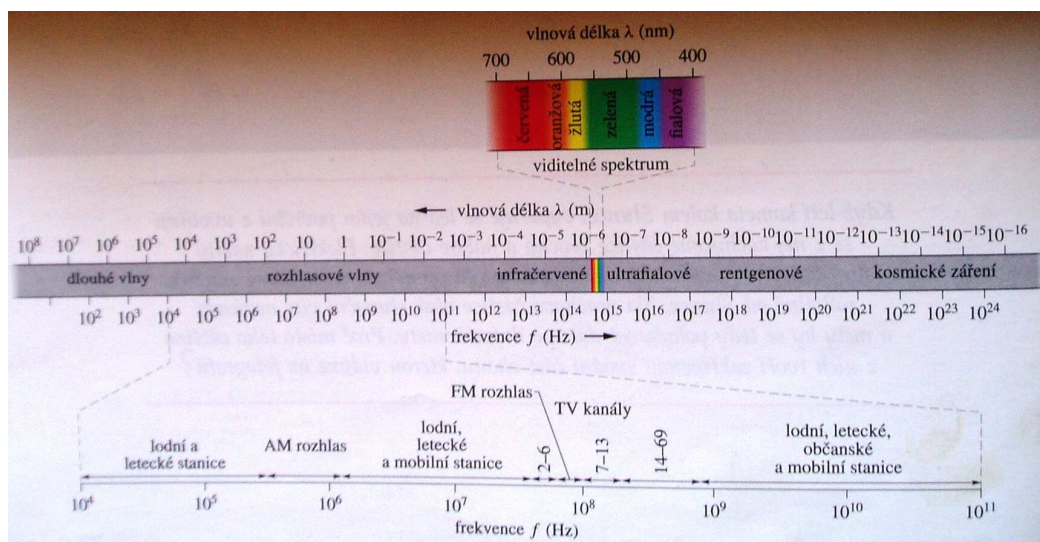
Od tohoto Maxwell usoudil, že světlo je forma elektromagnetického záření: nejprve řekl tuto myšlenku v roce 1862 v knize *Na fyzických řadách síly*. V roce 1873 publikoval *Pojednání o elektřině a magnetismu*, které obsahovalo úplný matematický popis chování elektrických a magnetických polí, ještě známý jako Maxwellovy rovnice. Svými čtyřmi diferenciálními rovnicemi vyjádřil základní vlastnosti elektřiny a magnetismu.

V Maxwellově dynamické teorii elektromagnetického pole doslova stojí: „Světlo a magnetismus jsou jevy téže podstaty a světlo je elektromagnetický vzruch, který se šíří polem podle elektromagnetických zákonů.“ Maxwellova teorie dostatečně vysvětluje všechny optické jevy, jako jsou lom, ohyb, odraz, interference, disperze a pohyb světla. Nikde se zde však nemluví o éteru. Není potřeba.

U mechanické teorie by bez hmotného prostředí (éteru) vlny nemohly existovat. Kolem elektricky nabitých těles se vždy vyskytuje elektromagnetické pole a pokud se náboj pohybuje, změny elektromagnetického pole vyvolají elektromagnetické vlny. Technologie přenosu rádia byla a ještě je založena na této teorii.

Konstantní rychlost světla, předpovědaného Maxwellovými rovnicemi, odporovala mechanickým zákonům pohybu, které byly známy od času Galilea, jenž říkal, že všechny rychlosti jsou příbuzné s rychlostí pozorovatele. Řešení tohoto rozporu bylo později nalezené Albertem Einsteinem.

Jedním z klíčových úspěchů Jamese Clerka Maxwella bylo zjištění, že světelný paprsek je postupná vlna tvořená elektrickým a magnetickým polem – elektromagnetická vlna - a že tedy optika, studující viditelné světlo, je součástí elektromagnetismu. V Maxwellově době bylo viditelné, infračervené a ultrafialové světlo jediným známým druhem elektromagnetických vln.



obr.15 „Maxwellova duha“

Když pak Hertz v roce 1887 experimentálně potvrdil Maxwellovy předpoklady, vyvinula se elektromagnetická teorie světla a uspokojivě vyložila všechny známé jevy bez rozporů, jimiž byla zatížena teorie vlnění éteru.

Optika se tak stala kapitolou nauky o elektřině a magnetismu. Z českých fyziků přispěl k rozvoji optiky především Kolářek tím, že ukázal, že světelný vektor Fresnelův je totožný s elektrickým vektorem elektromagnetického pole.

Ale i elektromagnetická teorie má potíže, když má vyložit některé jevy při vzájemném působení světla a látky. Z této teorie byl sice předpovězen tlak světelného záření, ale naprosto nemohl být vyložen například fotoelektrický nebo Comptonův jev.

2.6 Youngova teorie



obr.17 Thomas Young

Na začátku 19. století už korpuskulární teorie světla nemohla obstát. To, že byla její autorita v očích vědců nalomena, způsobily pokusy britského lékaře Thomase Younga (1773-1827).

Ani Young nebyl mužem jednoho objevu. Jako lékař, působící v londýnské nemocnici Svatého Jiří, vysvětlil astigmatismus způsobený nepravidelností zakřivení oční rohovky, dále si jako první uvědomil, že barevné vidění vzniká kombinací pouhých tří barev (červené, zelené a modré), působících na receptory v oku.

V roce 1800 uvedl Young představu, že světlo je podélné periodické vlnění éteru. Pod pojmem éteru si představoval nehmotnou, vše pronikající látku, která je přítomna i ve vakuu. Na předpokladu periodičnosti světelného vlnění se mu podařilo vyložit zejména interferenční jevy. Angličtí fyzikové s Youngem nesouhlasili a hlavní důvod byl ten, že vyvracel Newtonovu korpuskulární teorii, což byla v Anglii téměř vlastizrada.

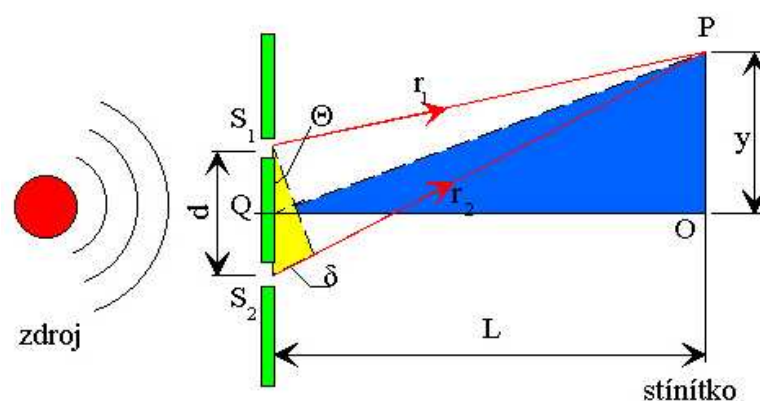
Když v roce 1808 objevil Malus polarizaci světla, byl přijat názor, že světlo je příčné vlnění éteru, protože při podélném vlnění nemůže polarizace vzniknout. Protože bylo světlo považováno za mechanické vlnění v éteru, bylo nutno stanovit též mechanické vlastnosti éteru.

Tady však docházelo ke značným rozporům, protože éteru bylo nutno připisovat vlastnosti pevných těles (v kapalinách a plynech nemohou vzniknout příčné vlny) a při stanovení hustoty a modulu pružnosti docházelo rovněž k protichůdným důsledkům. Příčné vlnění může vznikat jen v pružných tělesech pevného skupenství. Malá vlnová délka světla a zároveň jeho velká rychlost si ale vyžadují předpoklad, že éter je neobvykle pružný. Je přeci nemožné, aby měl větší hustotu než třeba ocel a zároveň se choval jako něco nehmotného.

V roce 1801 Thomas Young experimentálně prokázal, že světlo je vlna, zatímco většina fyziků v té době pokládala světlo za proud částic. Demonstroval, že světlo vykazuje interferenci stejně jako vodní vlny, zvukové vlny a všechny ostatní typy vln.

Kromě toho dokázal změřit střední vlnovou délku slunečního světla ; jím zjištěná hodnota 570nm je obdivuhodně blízká dnes uznávané hodnotě 555nm.

Youngův experiment, který rehabilitoval Huygensovo a Hookovo vlnové přesvědčení, byl stejně výmluvný jako prostý. V literatuře se o něm píše jako o „**dvouštěrbinovém experimentu**“.



obr.18 „Dvouštěrbinový experiment“

V zásadě pokus vypadá tak, že světlo ze vzdáleného monochromatického zdroje osvětluje štěrby S_1, S_2 .

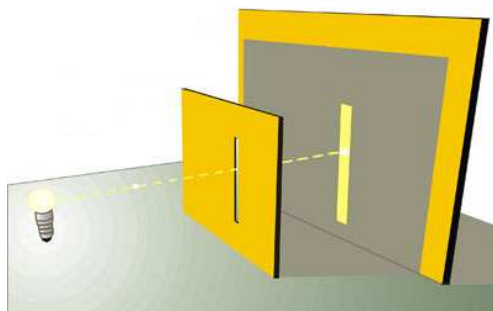
Na stínítku umístěném v dostatečné vzdálenosti od štěrbin pozoroval světlé a tmavé proužky. Když tento jev podrobně zkoumal, zjistil, že světlé proužky odpovídají těm místům na stínítku, pro které je splněna podmínka $\delta = r_1 - r_2 = d \cdot \sin \Theta = n \cdot \lambda$,

čili dráhový rozdíl δ obou paprsků vycházejících ze štěrby S_1, S_2 je roven celistvému násobku vlnové délky λ dopadajícího záření. Jestliže platilo

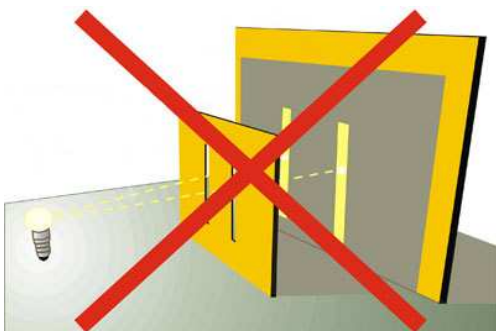
$\delta = \left(n + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda$, potom na stínítku pozoroval tmavý proužek. Veličina n , která

udává řád reflexe, nabývá hodnot $0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

Při průchodu světla přes překážku s jedním podélným otvorem se na fotografické desce objevil světlý pruh.



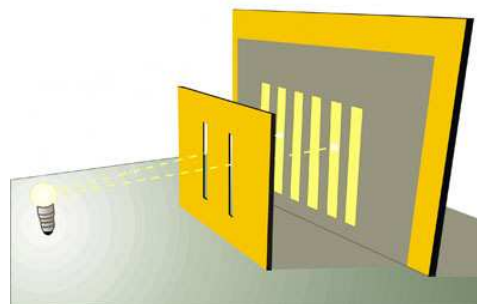
Obr. 19 Youngův experiment



obr. 20 Youngův experiment

Podle Newtonovy definice světla jako toku částic by se při průchodu fotonů přes překážku s dvojicí škvír měly na stínítku objevit dva světlé pruhy.

Ve skutečnosti se při průchodu světla přes překážku na fotografické desce promítne interferenční obrazec tvořený posloupnou řadou světlých a tmavých pruhů (světelná maxima a minima).



obr. 21 Youngův experiment

Tento jev, označovaný jako „interference světla“, nenechával Younga na pochybách, že správná je vlnová teorie světla, ale před širší veřejností to obhájit nedokázal.



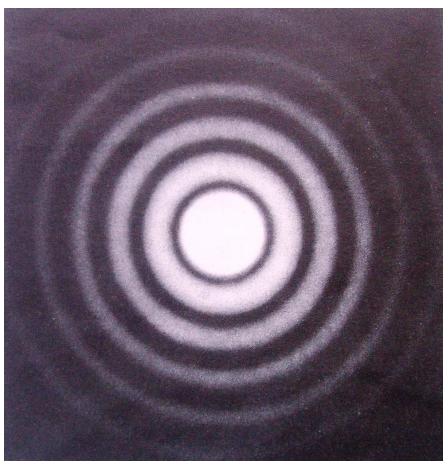
obr.22 Augustin Fresnel

Augustin Fresnel (1788 – 1827)

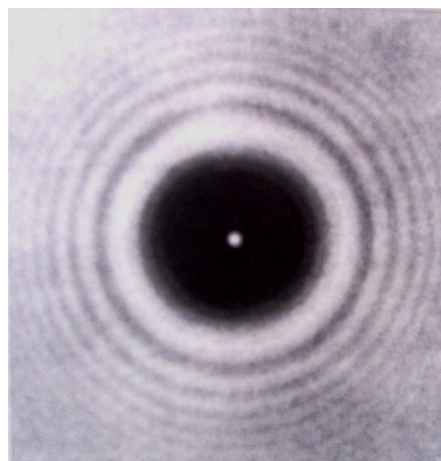
Francouzský fyzik Fresnel, tehdy mladý vojenský inženýr, však věřil ve vlnovou teorii světla a předložil francouzské akademii věd práci, v níž podal výklad svých experimentů, založený na vlnové teorii.

Když se Fresnel po uveřejnění své práce dozvěděl o pokusu Thomase Younga, píše Angličanovi dopis, ve kterém uznává prvenství jeho objevu.

Akademie věd, v níž převažovali Newtonovi stoupenci, zamýšlela zpochybnit vlnovou teorii a vypsalala v roce 1819 soutěž o cenu za pojednání o difrakci. Fresnel zvítězil. Newtonovi stoupenci však nezměnili své názory a nebyli ani umlčeni. Jeden z nich, S.D. Poisson, poukázal na tento „podivný výsledek“: Kdyby byla Fresnelova teorie správná, musely by světelné vlny jdoucí kolem okraje kuličky proniknout do oblasti stínu kuličky a vytvořit světelnou stopu přesně uprostřed stínu.



obr.23 difrakční obrazec na kruhovém otvoru



obr.24 Fresnelova difrakce na disku

Fresnel ukázal, že v jednoduchých symetrických případech lze toto skládání provést jednoduchým sčítáním, rozdělíme-li vlnoplochu na pásma zvaná *pásma Fresnelova*.



obr.16 Albert Abraham Michelson

Teprve roku 1887 americký fyzik Albert Abraham Michelson (1852 - 1931) dokázal, že žádný éter neexistuje. Pomocí interferometru se pokusil změřit rychlost světla „brzděného“ éterem, porovnal ji s rychlostí světla ve vakuu a zjistil, že světlo se šíří stejnou rychlostí ($3 \cdot 10^8 \text{ms}^{-1}$) ve vzduchu i ve vakuu. To byl důkaz, že éter neexistuje.

3. 20. století

3.1 Kvantová teorie



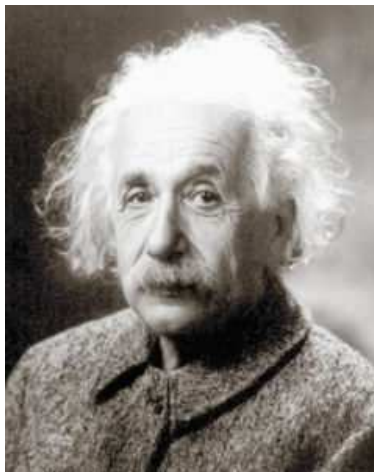
obr.26 Max Planck

V roce 1900 **Max Planck** popisoval kvantovou teorii, v níž bylo světlo považováno za částice, které mohou existovat jen v určitých množstvích energie. Těmto množstvím energie se říkalo kvanta a částice světla dostala název foton. Foton má energii E , úměrnou jeho frekvenci, f , kde h je Planck konstanta, λ je

vlnová délka a c je rychlost světla
$$E = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Tato teorie nevysvětlila současnou vlnu jako povahu světla, ačkoli Planck později pracoval na teoriích, které by to vysvětlily. Nobelův výbor udělil Planckovi cenu fyziky v roce 1918 pro jeho díl na založení kvantové teorie.

3.2 Einsteinova teorie



obr.27 Albert Einstein

Albert Einstein (1879 -1955)

Einstein byl teoretický fyzik, jeden z nejvýznamnějších vědců všech dob. Jeho článek, pojmenovaný „*O heuristickém hledisku dotýkajícím se vznikem a přeměnou světla*“, navrhl myšlenku *světelných kvant* (nyní nazývaných fotony) a ukázal, jak mohou být použity k vysvětlení takových jevů, jako je fotoelektrický efekt. Myšlenka světelného kvanta přišla z předchozího odvození záření absolutně černého tělesa Maxem Planckem, který předpokládal, že energie záření může být pohlcena nebo vyzářena jen po celých částech, nazývaných *kvanta*.

Einstein ukázal, že pokud se předpokládá, že světlo se vlastně sestává z jednotlivých balíčků, jinak záhadný fotoelektrický jev může být vysvětlen. Musel se přiklonit ke korpuskulární teorii. Podle Einsteina byla korpuskule světelná kvanta neboli fotony. Energie fotonu závisí na frekvenci vlnění a té frekvenci odpovídá barva světla. Světlo se v kvantech šíří, je v kvantech pohlcováno i vyzářováno. Toto byla základní myšlenka kvantové teorie.

Představa světla jako kvant byla v přímém rozporu s vlnovou teorií světla, která přirozeně vyplývala z Maxwellových rovnic pro elektromagnetismus, a s představou o nekonečné dělitelnosti energie ve fyzikálních systémech obecně.

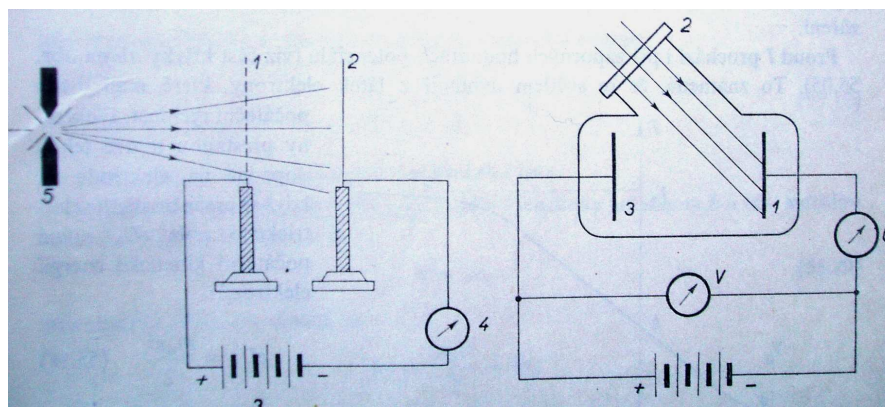
I když experimenty ukázaly, že Einsteinovy rovnice pro fotoelektrický jev byly přesné, jeho vysvětlení nebylo běžně uznáváno. Ale po roce 1921, kdy dostal Nobelovu cenu za jeho práci o fotoelektrickém jevu, si většina fyziků už myslela, že rovnice ($hf = W_v + E_k$, kde h je Planckova konstanta, f frekvence dopadajícího fotonu, W_v výstupní práce a E_k kinetická energie vyraženého elektronu) je správná a světelná kvanta existují.

Teorie světelného kvanta byla předzvěstí vlnově-částicové duality, představy, že fyzikální systémy mohou vykazovat jak vlnové, tak částicové vlastnosti, která byla použita jako základní princip tvůrci kvantové mechaniky. Fotoelektrický jev mohl být úplně vysvětlen až po dozrání kvantové mechaniky

3.3 Fotoelektrický jev

Fotoelektrický jev nelze vysvětlit, pokud budeme trvat na vlnové teorii, ale je dobře vysvětlitelný, pokud budeme uvažovat zavrženou teorii korpuskulární. Kromě Einsteina zkoumal vnější fotoelektrický jev i Hertz.

Hertz pozoroval, že se přeskok elektrické jiskry mezi zinkovými koulemi velmi usnadní, když se jedna koule osvětlí ultrafialovým světlem, a první popsal vliv světla na elektrické děje. Vliv světla na elektricky nabitá tělesa dále podrobně sledoval A.G.Stoletov v letech 1888 až 1890 a nezávisle na něm v téže době Hallwachs. Schéma Stoletova pokusu ukazuje obr.28



obr.28 a,b Fotoelektrický jev

Desky kondenzátoru 1-2 jsou vyleštěná zinková deska 2 a kovová síťka 1; jsou připojeny k baterii 3. Proud vznikající při změně náboje desky 2 se měří galvanometrem 4. Deska 2 je osvětlována elektrickým obloukem 5. Stoletov pozoroval, že záporně nabitá deska 2 kondenzátoru ztrácí účinkem světla svůj náboj. To je tzv. vnější fotoelektrický jev.

Další zkoumání fotoelektrického jevu učiníme podle obr.28b. Ve vakuu umístíme destičku 1 a ozáříme ji ultrafialovým zářením, jež prochází křemenným okénkem 2. Mezi druhou elektrodou 3 a destičkou 1 je napětí U , které se měří voltmetrem V . Je-li destička 1 osvětlena, mezi destičkami 1 a 3 prochází proud, který se měří galvanometrem G .

Jelikož je v baňce vysoké vakuum, odvádějí proud jen nabitě částice, které se uvolňují z osvětlené destičky. Tento jev byl pozorován na destičkách z libovolného kovu. Proto lze předpokládat, že částice uvolněné zářením jsou elektrony. Tento předpoklad ověřil roku 1899 Lenard.

Proud I procházející mezi elektrodami 1 a 3 při daném zářivém toku je závislý na napětí U mezi těmito elektrodami; v případě monochromatického záření ukazuje tuto závislost obr.28b.

Křivka udávající závislost proudu na napětí se nazývá charakteristika fotoelektrického jevu. Vyznačuje se dvěma základními vlastnostmi.

a) Při zvyšování urychlujícího napětí se proud I nasytí. Proud I_n je nasycen, když všechny elektrony uvolněné z destičky 1 dopadnou na elektrodu 3.

b) Existuje takové brzdící napětí U_b , při kterém proud I zaniká.

Nasycený proud je úměrný zářivému toku dopadajícímu na destičku a lze jej vyjádřit výrazem $I_n = n \cdot e$, kde n je počet elektronů uvolněných za jednotku času, e je náboj elektronu.

Z toho plyne: Počet uvolněných elektronů za jednotku času je úměrný toku dopadajícího záření. Proud I prochází i při záporných hodnotách potenciálu, to znamená, že se světlem uvolňují z látek elektrony, které mají jistou počáteční rychlost.

Elektrony přestanou teprve tehdy dopadat na elektrodu 3, když se práce brzdícího elektrického pole eU_b rovná počáteční kinetické energii elektronů:

$$e \cdot U_b = \frac{m_0 \cdot v^2}{2}, \text{ kde } v \text{ je počáteční rychlost elektronů, } m_0 \text{ je klidová hmotnost}$$

elektronu.

Pokusy prokázaly, že rychlost v uvolněných elektronů závisí pouze na kmitočtu světla f a že kinetická energie uvolněného elektronu, tzv. fotoelektronu, roste lineárně s kmitočtem světla. Fotoelektrický jev nastává, jen když působí záření s kmitočtem větším, než je mezní kmitočet, který je u každého kovu jiný. Začátek a konec fotoelektrického jevu nastává bez zmatelného zpoždění za osvětlením.

3.4 Comptonův jev

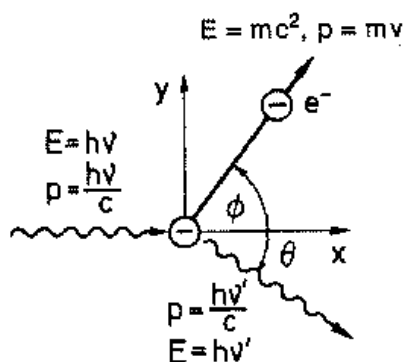
Jako první publikoval pozorování tohoto jevu Artur Holly Compton v roce 1923 a roku 1927 za jeho teoretické zdůvodnění a další výzkum v tomto oboru získal i Nobelovu cenu za fyziku.

Jako Comptonův jev (případně Comptonův rozptyl) označujeme fyzikální děj, při kterém se po srážce elektromagnetického záření s atomy pevné látky mění vlnová délka záření v důsledku předání části své energie atomům nebo jejich elektronům. Experimentální důkaz tohoto jevu sloužil jako jeden ze základních argumentů pro vlnově-korpuskulární charakter světla a elektromagnetického záření celkově.

Compton při svých pokusech nechal dopadat rentgenové záření o energii 17,8 keV na uhlíkovou destičku a měřil energii odražených fotonů v závislosti na úhlu odrazu. Změřená spektra vykazovala přitom podobný tvar jako původní záření, ale byla energeticky posunuta k větším vlnovým délkám - měla tedy nižší energii než původní budící rentgenové záření.

Záření s vysokou energií (řádově několik keV) při průchodu prostředím tvořeným lehkými atomy (tj. s nižšími protonovými čísly) podléhá typu absorpce, zvanému Comptonův jev (Comptonův rozptyl, kvantový rozptyl).

Při tomto typu absorpce narazí foton záření gama nebo rentgenového záření na elektron, který uvolní z jeho dráhy. Foton přitom ztratí pouze určitou část své energie, změní směr pohybu a pokračuje dál jako rozptýlené záření o větší vlnové délce. Čím víc energie získal elektron od fotonu, tím méně je odchýlen od původního směru pohybu fotonu. Foton v tomto případě změní svůj směr o větší úhel. Při předání menší části energie je tomu naopak: odchýlení dráhy elektronu (po srážce s fotonem) od původního směru fotonu je větší, odchýlení fotonu je menší.



Obr. 29 Comptonův jev

Při Comptonově jevu se tedy počet fotonů nemění, fotony se pouze rozptylují z původního směru a ztrácejí část své energie a zvětšují svoji vlnovou délku.

Matematicky lze tento jev popsat rovnicí:

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta)$$

Kde m_e je hmotnost elektronu a $h/(m_e c)$ je tzv. „Comptonova vlnová délka“. θ je úhel, o který byly vychýleny dopadající fotony. Následně pak Comptonova vlnová délka nabývá hodnoty $2,43 \times 10^{-12}$ m.

Rovnice udává změnu vlnové délky fotonu při rozptylu o úhel j na částici s klidovou hmotností m_0 . Tato změna nezávisí na vlnové délce l dopadajícího fotonu. Veličina $h / m_0 c$ se nazývá Comptonova vlnová délka rozptylující částice, která pro elektron je $2,4 \cdot 10^{-12}$. Ze vztahu je vidět, že největší možná změna vlnové délky nastane při $j = 180^\circ$, kdy tato změna bude dvojnásobkem Comptonovy vlnové délky.

4. Současnost – moderní trendy

4.1 Dnešní výklad

Světlo jsou elektromagnetické vlny, které při dopadu na lidské oko způsobují zrakový vjem. Bílé světlo se skládá z barevných složek, které se liší vlnovou délkou. Vlnová délka viditelného světla je 390-790 nm.

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f}$$



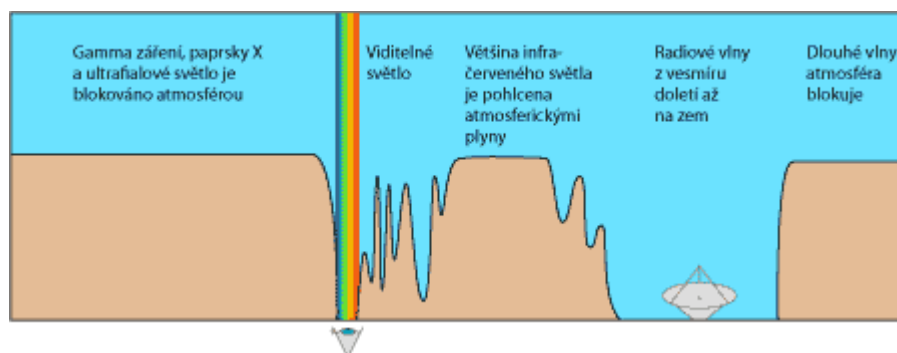
Obr. 30 Spektrum viditelného záření

Vlnová délka λ představuje vzdálenost dvou nejbližších částic, které kmitají se stejnou fází. Nositelem barvy je frekvence.

Na rozhraní prostředí se světlo a) odráží

b) láme

Celá optika může být vyložena jako teorie elektromagnetických vln ve vakuu nebo v látkách, i když ne vždy jako klasická (Maxwellova) teorie: při frekvencích světelných vln, tedy okolo 10^{14} Hz, se již ukazují některé kvantové jevy. Optika je vlastně zcela zanedbatelnou částí elektrodynamiky, a tím spíše celé fyziky. Její skutečný význam pro člověka je ovšem určen množstvím jejích technických aplikací, které jsou důsledkem toho, že právě takový úzký proužek spektra může naše oko vnímat.



Obr. 31 Celkové spektrum Slunce

Světlo je souhrn obrovského počtu fotonu, jejichž klidová hmota je nulová a každý z nich má energii rovnou kvantu hf a šíří se prostorem rychlostí světla.

$$E = h \cdot f \quad h \dots \text{Plankova konstanta} = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$f \dots$ kmitočet vlny

Přímočarost světla je přibližná, přesto v praxi používáme této zjednodušené představy světla šířícího se podél tzv. paprsku. Takovému modelu říkáme geometrická optika, je vhodný pro naši názornost i jednoduchost výpočtu. Přiblížení geometrické optiky je založeno na Fermatově principu: *světlo se šíří podél takových paprsků, že dráhu mezi dvěma body urazí za nejkratší dobu.*

Je-li rychlost všude stejná, jako například ve vakuu, pak nejkratší možná doba odpovídá i nejkratší dráze. A protože nejkratší dráha mezi dvěma body je přímá, šíří se světlo ve vakuu a v jiných stejnorodých prostředích přímočaře.

Jak vzniká světlo

Víme, že zahřátá tělesa září. Září tak naše slunce, plamen svíčky, nebo třeba vlákno žárovky. Vedle světelného záření vydávají i záření tepelné (infračervené). Jako světelné zdroje jsou však velice neekonomické, protože na světelný výkon vydají pouze nepatrnou část dodávané energie.



Obr. 32 Slunce

Zahřejeme-li těleso, dojde ke zrychlení pohybu atomů a molekul. Ty do sebe naráží a při nárazech získávají nadbytečnou vnitřní energii, dostávají se do *vybuzeného (excitovaného) stavu*. Tuto získanou vnitřní energii pak vyzáří ve formě elektromagnetického záření. Na druhou stranu mohou atomy také elektromagnetické záření pohltit a zvýšit tak svou vnitřní energii. Zákony vyzařování a pohlcování energie se staly předmětem zkoumání mnoha fyziků, mezi nimi Gustava Kirchhoffa, Wilhelma Wiena, Ludwiga Boltzmann, Josepha Stefana a dalších.

Zahřívaná tělesa mohou být z různého materiálu, mohou mít různý tvar, objem a váhu. Gustav Robert Kirchhoff však zjistil, že spektrum záření vycházející z uzavřené dutiny, do níž nahlížíme malým otvorem, má stejné vlastnosti bez ohledu na materiál z něhož jsou stěny dutiny tvořeny a bez ohledu na velikost dutiny. Jediná veličina, která určuje charakter pozorovaného záření, je teplota stěn dutiny. Na určité vlnové délce je záření nejintenzivnější. Současně dopadají vyzařované vlny na protější stranu dutiny, kde jsou pohlcovány jinými atomy. Vznikne tedy rovnovážný stav, který se změní pouze se změnou teploty stěn dutiny.

4.2 Zmražení světla

Zastavit na zlomek sekundy a opět rozeběhnout světelný paprsek dokázal vědecký tým z Harvard University.

Fyzikální výzkum, který je podporovaný americkou kosmickou agenturou NASA, by mohl vést ke zcela novým metodám přenosu a uchování informací a k počítačům dosud nevídaných výkonů.

"Naše výzkumy by mohly otevřít zcela novou cestu ve využívání světelných paprsků," komentovala výsledky svého dvanáctičlenného týmu Lene Hau, vedoucí projektu.



"Dosud používané technologie jsou limitovány rychlostí světla."

Obr. 33 Lene Hau

Podle současné fyziky je rychlost světla ve vakuu nejvyšší dosažitelnou rychlostí v našem vesmíru. Jde o jednu ze základních konstant fyziky - její hodnota je přibližně 300 000 kilometrů za sekundu.

Řidič zvyklý na údaje svého tachometru si možná udělá lepší představu po převedení na kilometry za hodinu: je to miliarda a 80 miliónů kilometrů v hodině...

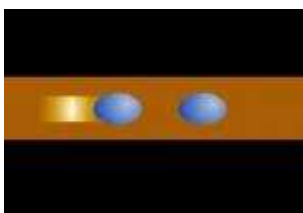
Nepatrně se mění rychlost světla například ve vodě, v diamantu a v dalších pevných látkách. Jde však o zpomalení natolik malé, že je z praktického hlediska téměř nevýznamné.

Zastavené světlo bude nejspíš moci být použito při konstrukci tzv. kvantových počítačů zcela odlišných od těch dnešních a především nesrovnatelně výkonnějších. Výzkum "zmrazeného světla" ale má význam také při základním výzkumu, především při zkoumání vlastností dosud tajemného a nepříliš probádaného Bose-Einsteinova kondenzátu.

Tým profesorky Lene Hau využívá (velmi zjednodušeně řečeno) tzv. laserové ochlazování atomů sodíku na teploty velmi blízké absolutní nule. Lene Hau zbrzdí světlo v uskupení zvláště studených atomů. Takto zastavené světlo umí zase probudit k životu. Při tomto procesu dokonce neztratí světlo svoje vlastnosti. Přestože světlo zastaví, převede jej na hmotu a s odstupem času znovu vyvolá, světlu se po všech těch procedurách nezmění žádná z jeho bývalých charakteristik.

Při tom, jak nechává mizet světelný puls v jednom studeném mračnu atomů a zařídí, aby se objevil v jeho těsném sousedství, vlastně nejde o nic menšího než o to, že se jí daří měnit světlo v hmotu a hmotu zase zpět ve světlo. To je věc, o níž většina vědců myslela, že se nemůže nikdy podařit.

Experiment se udál tak, že Hau nasměrovala paprsek světla do shluku chladných atomů. Extrémně silné supravodivé elektromagnety přitom udržují obláček chlazeného plynu ve vhodném tvaru uvnitř speciální komory, v níž je vysoký stupeň vakua.



Obr. 34

Světlo vstupuje do shluku chladných atomů ve vakuu.

Světlo se v těchto atomech jakoby otisklo a v vzápětí se, se zpožděním v řádu sekundy, objevilo v jiném shluku atomů, který se nacházel opodál.

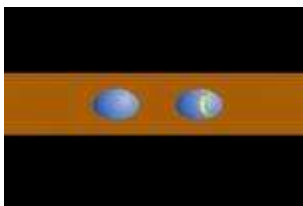


Obr. 35

Světlo se zbrzdí a přemění se v hmotu (excitovanou).

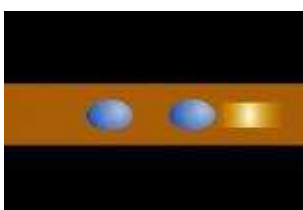
Začne se šířit pomalu, podobně jako rázová vlna.

Shluky uvedených atomů se přitom nedotýkaly a ani si světlo mezi sebou nepřenesly ve formě světla. Muselo to tedy být jinak. Shluky atomů (jakési mraky atomů) přitom byly od sebe odděleny a žádný se s tím druhým nikdy neseťkal. V době pokusu byly atomy od sebe vzdáleny dvě desetiny milimetru, což je vzhledem k jejich velikosti, parametr představující obrovské vzdálenosti.

**Obr. 36**

Vlnění (atomů) hmoty se přenáší do sousedního shluku atomů (hmoty)

Malý háček v tom je. Aby se z toho sousedního uskupení atomů světlo vydobylo, je potřeba mu dát impulz. Dělá se to laserovým pulsem.

**Obr. 37**

Pošťouchnutím laserem se z hmoty uvolní světlo, které má všechny parametry světla, které před časem vstoupilo do sousedního shluku atomů.

Po takovém zásahu se z mračna atomů uvolní světlo, jenž má všechny fyzikální charakteristiky koherentního světla, které do sousedního shluku přišlo (včetně vlnové délky i doby trvání pulsu). Obnovené světlo tedy excituje shluk atomů pomalu, pak ale rychle nabude zase svou původní ztracenou rychlost a dál se zase šíří svou rychlostí 299 792 458 m za sekundu.

To jsou věci, které dosud nebyly možné. Když to převedeme do srozumitelné řeči, tak vlastně nyní můžeme světelnou informaci na nějakou dobu dát do police a tu samou informaci zase odtud vyndat a pracovat s ní a nebo jí poslat ve stejné formě a síle dál.

Děj, který jsme nazvali uložením do police, se děje se světlem ve chvíli, kdy vstoupí do uskupení chladných atomů. Tomuto atomárnímu mračnu se také říká Bose-Einsteinův kondenzát. Zajímavé na něm je mimo jiné i to, že se dokáže zmenšit do objemu 50mil.x menšího. Pro představu, světelný paprsek kilometr dlouhý (a s neskutečně velkým objemem nesených informací) se vměstná do poličky o velikosti průměru lidského vlasu! A přitom se nic z této informace nezmění a neztratí.

Takové možnosti si ani tvůrci dnešních nejvýkonnějších počítačů dosud nedokázali představit, ani ve svých nejdivočejších snech. Bez nadsázky lze říci, že se tu otevírají možnosti zcela nových typů počítačů a komunikačních systémů, které budou menší, výkonnější, jež nebude možno odposlouchávat.

Za tím vším stojí vlastnost hmoty. Atomy se při pokojové teplotě pohybují náhodně a chaoticky. Jestliže je ale ochladíme ve vakuu na teplotu -273.3 stupňů Celsia, začnou se k sobě choulit a chovají se jako jednodolitá hmota. Když se do této hmoty namíří výboj laseru a je v nich uchováno světlo, které se do těchto atomů předtím „otisklo“, opustí je. Tento otisk se mezi podchlazenými shluky atomů pohybuje podobně jako vlna. Z jednoho mračna atomů se takový otisk světla ve formě vlny do druhého mračna šíří rychlostí okolo 200 m za hodinu. Toto vlnění hmoty je schopno překonat i určitou vzdálenost mezi jednotlivými mračny. Jakmile ale vlna vstoupí do sousedního mračna atomů, Hau z něj dokáže toto světlo zase získat zpět. Světlo se ve vakuu mezi podchlazenými atomy přenáší ve formě neviditelné vlny. Vlna se hmotou šíří, dokud není zastavena. Zastavit ji už umíme oním zmíněným výbojem laseru. Pokud ji laserem z vlnících se atomů „vyšťouchneme“, zjeví se nám v celém svém původní stavu.

Atomy s otiskem světla se ve vlnících se hmotě vyskytují v poněkud jiném stavu a na jiné energetické hladině, než na jakém stavu jsou atomy hmoty ve shluku, kterým vlna prochází.

Tato energie „navíc“ odpovídá tvaru a fázi původního světelného pulsu. Dalo by se říci, že jde o jakési zazipování velkého původního světelného souboru. Takto komprimovaná informace je přitom uchována ve zcela bezpečném stavu. Je to stav ve kterém jakákoli manipulace s „daty“ je nemožná. Toto uchování dat je tedy absolutně bezpečné. Zápis neslábne, ani se na něm nic nemění.

Možností využití je více. Tak například místo přenosu informací optickými kabely do krabiček plných elektronických čipů, se neporušená a zabezpečená data budou odečítat přímo ze světla. Shluky chladných atomů, které autorka v laboratoři vytvořila a které jsou pro využívání této technologie potřeba, byly velké pouze desetinu milimetru. I když jsou tak malé, je třeba je uchovávat v podchlazeném stavu. Ne každá továrna, má možnost dnes takové prostředí si vytvořit.

Využití tohoto jevu je v uchování a kódování informací, vzniku mnohonásobně výkonnějších řídicích systémů nepatrných rozměrů, které budou pracovat s obrovským množstvím dat.

Zastavené světlo bude nejspíš moci být použito při konstrukci tzv. kvantových počítačů zcela odlišných od těch dnešních a především nesrovnatelně výkonnějších." Výzkum "zmrazeného světla" ale má význam také při základním výzkumu, především při zkoumání vlastností dosud tajemného a nepříliš probádaného Bose-Einsteinova kondenzátu.

4.3 Difraktivní struktury

Úvodem si připomeňme známou fyzikální skutečnost, že optická vlna, podobně jako každá jiná vlna ve fyzice, je charakterizována amplitudou a fází, které se mění v prostoru a čase (světlo dále je ještě popsáno polarizací, kterou zde však nebudeme diskutovat).

Amplituda souvisí s intenzitou světla, která je detekovatelnou (měřitelnou) veličinou, kdežto fáze přímo detekovatelná není, proto nám uniká informace o směru šíření světla, tloušťce transparentních objektů, apod. Z fázové informace jsme schopni nepřímo (prostřednictvím absorpce) poznat pouze vlnovou délku světla jako barvu.

Každý objekt v přírodě ovlivňuje zmíněné optické charakteristiky, a tím „dává o sobě vědět“ - je v různé míře pozorovatelný, neboli zobrazitelný. Lidský zrak, který též registruje pouze intenzitu, si pro zajištění prostorového vidění pomáhá stereoskopickým efektem, tj. procesem, kdy vnímá dvojí intenzitní rozložení obrazu (ze dvou úhlů), závislých na poloze oka (pravé versus levé oko); vyhodnocení těchto rozdílných charakteristik je vnímáno jako prostor.

Formování vln v optice

Chceme-li konkrétně formovat optickou vlnu, pak tak můžeme učinit na základě všech známých fyzikálních mechanismů, které vedou ke změně „směru paprsků“ (tedy ovlivňujících fázi vlny), případně doplněných i mechanismy vedoucími ke změně amplitudy. Pojmem „formovat“ zde rozumíme amplitudofázové působení na celkový prostorový tvar vlny, tedy nejen působení na kvalitu reprodukce amplitudového rozložení v rovině obrazu, jako to činí např. fotografie.

Je třeba si uvědomit, že ačkoliv detekovat umíme pouze amplitudu (resp. intenzitu), formovat můžeme jak amplitudu, tak i fázi – příkladem je obyčejný skleněný hranol, čočka i jiné mechanismy, jak bude dále ujasněno.

Amplitudu můžeme ovlivňovat dvěma způsoby:

- Absorpcí světla (vedoucí na proměnlivou propustnost nebo odrazivost nějakého prvku).
- Dělením energie vlny (změnou vazby na rozhraní prvku) mezi směrem sledovaným a směrem dopadajícím; takto pracují prvky založené na difrakčním principu dělení, kdy prvky tvoří zároveň polopropustné proměnlivé děliče (mřížky, hologramy).

Fázi, související se směrem sledovaného šíření, můžeme měnit:

- Lomem světla od tvarového rozhraní dvou homogenních prostředí - na tomto principu (např. na tvarování rozhraní sklo-vzduch) jsou založeny čočky a další optické prvky transmisní optiky.
- Lomem světla na spojitém přechodu indexu lomu – tato metoda je dosud spíše využívána ve vláknové optice, okrajově u tzv. gradientních čoček.
- Odrazem světla od tvarovaného rozhraní – opět se jedná o formování rozhraní a využívá se u zrcadel.
- Difrakcí světla na mikrostruktuře, většinou kvaziperiodické – na tomto principu pracuje holografie a difraktivní optika; základem funkce je difrakce na mřížkách a zobecnění bude předmětem další části této kapitoly. Charakteristický poměr „periody“ je srovnatelný s vlnovou délkou světla, tj. zlomky, případně jednotky mikrometrů.

4.4 Ultrakrátké světelné impulsy

Pod tímto pojmem rozumíme impulsy s délkou v oblasti pikosekund a femtosekund. Jednou z možných aplikací je studium ultrarychlých procesů, což znamená například možnost pozorovat a ovlivňovat procesy vyskytující se v přírodě v časovém rozmezí několika femtosekund. 1 femtosekunda odpovídá asi polovině periody červeného světla. Poměr jedné femtosekundy k jedné sekundě je jako poměr pěti minut ke stáří Země. Během jedné femtosekundy urazí světlo vzdálenost několika set nanometrů, což je v každodenním běžném životě vzdálenost bezvýznamná. Tato vzdálenost však odpovídá rozměru několika tisíců elementárních buněk v pevných látkách.

Těchto pár údajů prozrazuje důležitost, jakou může mít femtosekundová časová škála v mikrosvětě. Různé základní procesy v atomech a molekulách, stejně jako vzájemné interakce mezi nimi, probíhají rychleji, než může být rozlišeno v pikosekundovém měřítku. Tyto mechanismy jsou základní kroky pro většinu (makroskopických) reakcí ve fyzice, chemii a biologii.

Studium těchto jevů rozlišuje jestli jsou atomy vázané v molekule, nebo částice není izolovaná, ale je pod vlivem okolních atomů, nebo jde o pevné látky, kde jsou částice obvykle vázané v mřížce.

Základním problémem studia těchto jevů je existence a výběr nástrojů a technik, které by nám umožnily pozorování a manipulaci ve femtosekundovém měřítku. V současné době tyto nástroje a techniky umožňuje zabezpečit laserová fyzika, speciálně ultrakrátké světelné impulsy generované lasery. Laser byl objeven v roce 1960 a poté se začaly vyvíjet metody pro jeho využití pro generaci světelných impulsů. V 80. letech se již vyvíjely femtosekundové techniky.

Optickým metodám je dána přednost před elektronickými v časových studiích rychlých jevů od doby, kdy se staly dostupnými světelné impulsy kratší než několik pikosekund. V postatě nejkratší elektrické a rentgenové impulsy jsou v současnosti produkovány pomocí femtosekundových světelných impulsů, a tak rozšiřují aplikační oblast ultrarychlých technik.

Femtosekundová technologie otevírá nové, fascinující oblasti využití založené na unikátních vlastnostech femtosekundových světelných impulsů.: možnost koncentrace energie do krátkého časového intervalu jednotek femtosekund, což odpovídá pouze několika optickým cyklům v oblasti viditelného záření.

- Špičkový výkon v impulsu může dosahovat extrémně vysokých hodnot i při relativně malých hodnotách energie.

Například impuls o délce 50 fs a energie 1 mJ (asi $3 \cdot 10^5$ „červených“ fotonů) představuje špičkový výkon 20GW.

- Geometrická délka femtosekundového světelného impulsu je pouze několik mikrometrů (10 fs odpovídá délce 3 μm ve vakuu); taková koherentní délka bývá obvykle spojována s nekoherentním světlem; podstatný rozdíl je, že nekoherentní světlo je rozloženo na mnohem větší prostorové vzdálenosti..

Atraktivita femtosekundových světelných impulsů nespočívá pouze v možnosti sledovat průběh ultrarychlých procesů, ale také v možnosti provádět určité operace rychleji. Samozřejmě pouze určité, ale velmi podstatné operace v moderních technologiích mohou být urychleny využitím ultrakrátkých (fs) impulsů. Jednou z nejdůležitějších oblastí jejich využití je přenos a zpracování dat využívající vysoké nosné frekvence světla a tomu odpovídajících možných velkých šířek pásma přenášených signálů. V tomto směru se jeví jako nejpřitažlivější vývoj optických počítačů. Ve spojení s posledním vývojem v oblasti nezkresleného přenosu ultrakrátkých světelných impulsů optickými vlákny na velké vzdálenosti se tak jeví reálné možnosti přenosu informací s frekvencemi v oblasti terahertzů

Extrémní hodnoty světelné intenzity rovněž dávají možnost studia a využití řady jevů z oblasti nelineární optiky. Jsou zkoumány například možnosti využití fs impulsů pro indukované řízené termojaderné reakce, neboť pro dosažení požadovaných intenzit v oblasti TW stačí podstatně menší systémy než doposud budovaná obrovská experimentální zařízení využívající nanosekundových impulsů. Nedávno byly rovněž provedeny úspěšné experimenty generací rentgenových impulsů z plazmatu vytvořeného femtosekundovými impulsy.

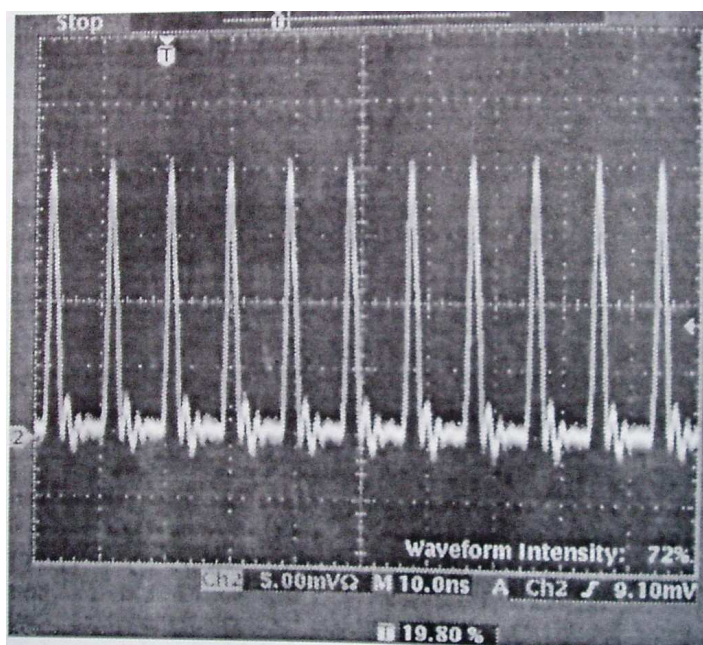
Krátká geometrická délka fs impulsů nabízí zajímavé aplikace pro optická měření vzdáleností s mikrobovou přesností, kterou lze kombinovat s femtosekundovým časovým rozlišením.

Všechny zmiňované jevy jsou vyvolány světelnými impulsy, které si lze představit jako vlnové balíky elektromagnetických vln, oscilujících na optických frekvencích.

Generování ultrakrátkých impulsů

Generace pikosekundových impulsů v laserech byla poprvé demonstrována v polovině šedesátých let 20. století v laseru na neodymovém skle. Poté následovalo několik objevů různých typů laserů.

Příkladem konkrétního zdroje ultrakrátkých laserových impulsů je pevnolátkový kontinuální laser se synchronizací módů. Záření vystupující z laseru má tvar sledu ultrakrátkých impulsů vzdálených od sebe o dobu odpovídající době dvojnásobného průchodu světla rezonátorem. (rezonátor je součástí laseru umožňující oscilace všech frekvencí o příslušných vlnových délkách). Oscilogram výstupního záření je na obrázku.



Obr.38 Oscilogram výstup. záření diodově buzeného laseru
(vzdálenost dvou sousedních impulsů je asi 7ns)

Délka impulsů zobrazená na obrázku neodpovídá skutečné délce a je dána pouze rozlišovací schopností detektoru a osciloskopu. Pro měření délky se používá metod nelineární optiky, kdy se např. zařízením zvaným autokorelátor měří autokorelační funkce intenzity, z ní lze stanovit skutečnou délku impulsu. V našem případě byla takto změřena délka generovaných impulsů 8 ps. Při použití aktivního materiálu s větší šířkou spektrální čáry lze v podobném uspořádání generovat impulsy o délce několika desítek femtosekund.

Uvedený laser byl vyvinut na FJFI ČVUT v Praze, kde se laserovou fyzikou zabývá Katedra fyzikální elektroniky a problematika generace, měření a aplikací ultrakrátkých světelných impulsů je zde studována již od konce šedesátých let.

5. Stručné životopisy

5.1 **Empedokles z Akragantu** (493 př. n. l – 433 př. n.l)



Empedoklés z Akragantu (na Sicílii), řecký filozof, básník, politik, učitel náboženství, prorok a divotvorce, je myslitelem, jehož největší význam pro dějiny filozofie spočívá v tom, že z předchozích filosofických systémů vybírá některé myšlenky, které se snaží spojit v nový celek - je proto nazýván eklektikem, tj. "vybírajícím".

Obr.39 *Emoedokles*

Ve zlomcích Empedoklova díla, tj. ve zlomcích jeho dvou filosofických, naučných básní, proto nalézáme např. myšlenku o stěhování duší, myšlenku, kterou před ním hlásal již Pýthagorás, stejně tak zde nalézáme i myšlenku periodického střídání vzniku a zániku světa, myšlenku, kterou před ním vyslovili již milétské filozofové Anaximandros a Anaximenés a po nich např. Hérakleitos.

Mnoho Empedoklových myšlenek je však původních - zmiňme se alespoň o těch nejdůležitějších:

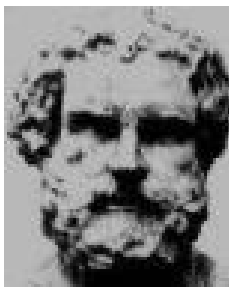
1) Jestliže Miléťané považují za pralátku, z níž vzniká vše, vodu a později vzduch, Hérakleitos oheň a Eleaté spíše zemi, Empedoklés jako první filozof staví všechny tyto základní látky (pralátky) jako rovnoprávné vedle sebe a zakládá tím představu o "čtyřech elementech" - ohni, vodě, vzduchu a zemi: tato představa je v běžném povědomí dodnes. Empedoklem je naukou o čtyřech elementech v jistém smyslu završena stará řecká přírodní filozofie, hledající jednu pralátku, jež je příčinou a podstatou všeho.

2) Empedoklés chápe jako hnací a formující síly všeho dění sílu sjednocující a sílu oddělující - tyto dvě síly pak nazývá láska a nenávisť. Podle Empedokla ve vývoji světa převládá střídavě jedna nebo druhá z těchto sil - někdy jsou všechny elementy spjaty "láskou" v dokonalou blaženou jednotu, jindy jsou roztrženy "nenávisť". Mezi těmito stavy jsou pak přechodná stádia, v nichž vznikají a zanikají jednotlivé bytosti.

3) Vznik živých bytostí probíhá podle Empedokla tak, že nejprve vznikají nižší a pak vyšší organismy, nejprve rostliny a živočichové, pak lidé - nejprve existovaly bytosti v nichž jsou obě pohlaví spojena, teprve později se pohlaví rozdělí do dvou samostatných individuí.

4) V poznání pak platí podle Empedokla zásada, že každý element vnějšího světa je poznáván elementem stejného druhu v nás. Zajímavý je konec Empedoklova života - Empedoklés, s úmyslem posílit tehdy značně rozšířený názor, že je bohem (Empedoklés sám je o svém božství přesvědčen), se podle antické tradice vrhá do kráteru Etny, aby tak byly zahlazeny všechny stopy jeho smrti a mohla se vytvořit legenda o jeho nadpřirozeném konci. Sopka ale prý tento jeho záměr zmařila tím, že vyvrhla jeden jeho střevíc.

5.2 Démokritos z Abdér (460 př. n. l. - 370 př. n. l.)



"Filozof, který zavedl pojem atom"

Démokritos z Abdér, řecký filozof, myslitel a vědec, tvůrce, který ve své filozofii *atomismu* rozvíjí Leukippovo učení o atomech, přichází na svět někdy kolem roku 460 před naším letopočtem v severořeckém městě Abdéra do bohaté rodiny.

Obr.40 Démokritos

V mládí se Démokritovi dostává velmi dobrého a uceleného vzdělání, několik let pak stráví na cestách po celém tehdy známém světě, navštíví mimo jiné i oblast Předního východu či africkou Etiopii - zcela zásadní vliv na jeho myšlenkové směřování má setkání s filozofem Leukippem, jehož atomická teorie se pak stává základem Démokritova filozofického odkazu.

Démokritos z Abdér završuje Leukippovo učení tím, že zavádí do filozofie (a vědy) pojem atom - atomem je přitom podle Démokrita základní, dále již nedělitelná částice látky - právě jen z těchto částic (a z prázdna, které je obklopuje) je pak vytvořen celý svět. Atomy mají přitom nestejnou velikost, tvar a polohu, zároveň sestávají v neustálém pohybu, při kterém se shlukují a opět rozdělují: tak podle Démokrita vznikají věci živé i neživé - základem všeho je atom, hmota, která není oživena žádnou formou ducha - vše vzniká jen na již zmíněném mechanickém shlukování a oddělování se atomů.

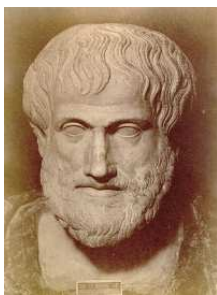
Co se týče etiky, říká Démokritos z Abdér, že lidský jedinec má ve svém životě usilovat o blahobyt svůj i společnosti, v níž žije (společností míní řecký městský stát, tj. polis), za vrchol společenského zřízení přitom považuje demokracii.

Démokritos svoji atomickou filozofii důsledně používá i při své vědecké práci - jako vědec se Démokritos přitom zabývá matematikou, lékařstvím, též se zabývá gramatikou, básnictvím, hudbou, právem, psychologíí atd.

Démokritovo učení a výsledky vědeckých bádání jsou zachovány pouze ve zlomcích, podle tradice je Démokritos autorem více než sedmi desítek spisů a knih.

Démokritos z Abdér umírá někdy v roce 370 před naším letopočtem.

5.3 Aristoteles ze Stagiry (384 - 322 před n. l.)



Aristoteles měl snad ze všech Řeků největší vliv na další vývoj vědy. Narodil se v malém severořeckém městě Stagíře. Jeho otec byl osobním lékařem makedonských panovníků, krále Amyntáse a jeho následovníka Filipa Makedonského. Předpokládalo se, že Aristoteles půjde v otcových šlépějích.

Obr.41 Aristoteles

Ale mladého Aristotela více zajímaly věci, které se běžně děly v přírodě: Proč ptáci létají? Proč se vržený kámen nezastaví, když ho ruka pustí? Proč svítí měsíc? Mrzuté odpovědi otce, že vše řídí bohové, ho neuspokojovaly. Hledal řád, zákon, kterým se vše řídí. Po smrti otce odešel jako sedmnáctiletý do Athén, do školy známého filozofa Platona, kde po jeho boku zůstal celých dvacet let. Od Platona převzal některé názory, např. geocentrismus. Myslel si, že je Země kulatá a snažil se vypočítat její rozměr. Výpočty nebyly až tak nepřesné. Jeho Země byla dvakrát tak velká než ve skutečnosti, což je na tehdejší dobu skvělý výsledek.

I Aristoteles byl přesvědčen o výlučném postavení Země ve vesmíru, ale i o tom, že planety, Slunce, Měsíc i pevná sféra nesoucí hvězdy obíhají kolem ní. Naproti tomu Aristarchos, žijící v následujícím století, zastával model světa se Sluncem uprostřed. Ačkoli jeho úvahy byly více vědecky podloženy než myšlenky Aristotelovy, byla Aristarchova heliocentrická soustava světa jeho následníky hůře přijímána a v dějinách vědy jen málokdy připomínána.

Když dospěl syn Filipa Makedonského Alexander, později zvaný Veliký, do věku 14 let, byl Aristoteles vyzván, aby se stal jeho vychovatelem. Alexander Veliký o něm pak prohlásil: *"Vážím si Aristotela stejně jako svého otce, neboť jsem-li otci zavázán za život, pak Aristotelovi jsem vděčný za to, že mu dal cenu."* Vysoké postavení v Athénách dovolilo Aristotelovi založit vlastní školu v Lykeiu (odtud lyceum). Shromáždil tu své žáky, psal učené spisy a vyučoval. Po Alexandrově smrti se změnila politická situace (k moci se dostali Alexandrovi odpůrci) a Aristoteles musel Athény opustit. Usadil se v Chalkidě, kde brzy zemřel ve věku šedesáti tří let.

5.4 **Euclid** (asi 325–265 př. n. l.)



Vynikající antický matematik. Zabýval se snad všemi oblastmi matematiky. Nejvíce ho proslavilo 13 knih základů matematiky *Stoicheia* (latinsky *Elementa*), ve kterých shrnul veškeré poznatky tehdejší matematiky. Snažil se o systematickou výstavbu matematiky pomocí axiomů a definic, z nichž by se deduktivně odvozovaly další

Obr.42 Euclid poznatky.

Mimo jiné zformuloval základní postuláty geometrie (dnes euklidovské geometrie), z nichž nejznámější je axiom rovnoběžnosti (k danému bodu a přímce lze sestavit právě jednu rovnoběžku, která prochází daným bodem.)

Zabýval se také teorií čísel a našel postup pro vyhledání největšího společného dělitele dvou celých čísel – Euklidův algoritmus. Zajímavostí je, že Euklidův algoritmus funguje i na jiných algebraických strukturách, například polynomech s reálnými koeficienty.

5.5 Ptolemaios (asi 85 - asi 165)



byl řecký geograf, astronom a astrolog, který pravděpodobně žil a pracoval v egyptské Alexandrii.

Obr.43 Ptolemaios

5.6 René Descartes (31. 3. 1596 - 11. 2. 1650)



francouzský matematik a filozof.

Narodil se v La Haye ve šlechtické rodině. Byl to slaboučký chlapec a o jeho zdraví se rodina velmi dlouho obávala. Dětství neprožíval tak jako děti ze stejně bohatých šlechtických rodin.

Obr.44 René Descartes

Matka mu záhy zemřela, otec Joachim se znovu oženil a uzavřený, samotářský René trávil většinu času sám, dokonce i se sourozenci se moc nekamarádil.

V osmi letech ho dal otec studovat do jezuitské koleje v La Fleche. Tenkrát to byla jedna z nejuznávanějších francouzských katolických škol, na níž se vzdělávali jen chlapci z nejvýznamnějších a nejbohatších rodin. René si zde vedl velice dobře. Po osmi letech, roku 1612, jezuitská studia ukončil a odnášel si z této církevní školy víru v boha, ale i názor, že nejspolehlivějším zdrojem poznání je vlastní myšlení a příroda. Po ukončení střední školy studoval práva a v roce 1617 nastoupil vojenskou službu. Jako důstojník poznal několik zemí - Německo, Holandsko, Itálii - a všude se zajímal především o matematiku. Descartes ostře vystupoval proti alchymii, astrologii a magii.

Prý se účastnil jako dobrovolník bitvy na Bílé hoře a prý tu byl i zraněn. Při probírání z bezvědomí údajně pronesl tuto větu: "Ego dubito, ergo cogito, ergo cogito, ergo sum," nebo-li česky "Pochybuji, tedy myslím, myslím, tedy jsem." Do cizích armád se hlásil jako francouzský dobrovolník a vojenskou službu bral převážně jen jako vzrušující dobrodružství a zábavu. Roku 1622, po návratu z vojenských tažení, se s otcem rozešel. Majetek, který zdědil po matce, rozprodal a začal žít zcela samostatně. Cestoval po Itálii a Švýcarsku a nakonec se usadil v Paříži a počal se tu věnovat soustavné vědecké činnosti.

Po čtyřech letech, roku 1628, opustil rodnou Francii a přestěhoval se do holandského Leidenu, kde bylo svobodomyšlnější prostředí pro jeho filozofické názory. Napsal zde většinu svých knih: *Rozpravy o metodě*, *Úvahy o metafyzice*, *Principy filozofie*, *Geometrie* (s výkladem metody souřadnic a analytické geometrie) aj. A jelikož psal latinsky, používal i latinského přepisu svého jména - Cartesius, podle něhož se dodnes nazývá jeho soustava pravoúhlých souřadnic (kartézských souřadnic).

Kromě geometrie se zabýval i matematikou, v níž podal vysvětlení záporných hodnot odmocnin, zavedl pojem funkce a proměnné veličiny, čímž vlastně vybudoval analytickou geometrii, která umožňuje řešit geometrické problémy algebraicky. Dodnes se používá i řada jeho matematických symbolů: a , b , c jako symboly koeficientů a x , y , z jako symboly neznámých. Jeho symbolika zjednodušila i psaní mocnin, neboť místo $x.x$ a $x.x.x$ začal užívat x^2 a x^3 . Dále se zabýval fyziologií oka, viděním, studoval tvary čoček a sám sestrojil některé optické přístroje. Objevil dokonce zákon lomu světla na rozhraní dvou optických prostředí. Jako první se pokusil vysvětlit i vznik a vývoj vesmíru na základě přirozených vlastností hmoty a pohybu částic.

Kolem roku 1640 měl kvůli svým názorům velké nepříjemnosti s církví. A to nejenom s katolickou, ale i s protestantskou. Musel proto odejít do exilu. Roku 1649 ho pozvala švédská královna Kristina do Švédska. Chodil do stockholmského královského paláce a vyučoval ji filozofii. Ne dlouho, protože jednou brzy ráno, když za krutého mrazu spěchal za svou vznešenou žákyní, se nachladil, dostal zápal plic a zemřel.

5.7 Pierre Gassendi (1592-1655),



katolický humanista, který odstranil z atomové teorie různé nánosy spekulací a položil ji jako základ pro mechanický model přírody.

Obr.45 Pierre Gassendi

5.8 Christian Huygens (14.4.1629 - 8.7.1695)



Christian Huygens se narodil 14. dubna 1629 v Haagu (Nizozemí) v rodině diplomata (mj. velmi vzdělaného člověka). Měl 2 bratry a 2 sestry. Huygens studoval na univerzitě v Bredu. Roku 1649 se vrátil zpět do Haagu. Proslavil se nejen ve fyzice, ale také v astronomii.

Obr.46 Christian Huygens

K jeho nejvýznamnějším pracím patří *Přehled slavných úloh* (1654), zabývající se především řešením úloh formulovaných Descartem, Fermatem, Pappem, ale i antickými matematiky.

V roce 1655 odcestoval Huygens do Paříže. Rok na to, v roce 1656, objevil Titan (měsíc planety Saturn). 16. 6. 1657 Huygens obdržel patent na kyvadlové hodiny.

V roce 1658 vydává spis *Horologium*. Roku 1659 pak pokračuje spisem, ve kterém vykládá existenci Saturnových prstenců. Při studiu kruhového pohybu objevil vztah pro dostředivé zrychlení: $a = v^2/r$ (*O odstředivé síle*), na jehož základě propočítával Newton zrychlení vyvolané Zemí ve vzdálenosti Měsíce, a tím určoval i zakřivení jeho dráhy.

Roku 1660 opět odcestoval do Paříže.

Christian Huygens se hlavně zabýval vlnovou teorií světla. V roce 1678 vydal *Pojednání o světle*. Z představy podélného vlnění odvodil pomocí konstrukce vlnoploch přímočaré šíření světla a zákon odrazu a lomu světla, a to nejen pro izotropní tělesa, ale i pro islandský vápenec, jehož dvojlom vysvětloval působením dvou vlnoploch, z nichž je jedna koulí jako v izotropických tělesech, druhá rotačním elipsoidem.

1673 - podrobný fyzikální rozbor činnosti kyvadla ve spisu *Kyvadlové hodiny*.

1690 - Traktát o světle rozpracoval myšlenku o šíření vln ze zdroje přidáním obálky elementárních vlnoploch.

Christian Huygens zemřel 8. července 1695 v Haagu.

5.9 Augustin Jean Fresnel (10.5.1788 až 14.7.1827)



Narodil se v Broglie ve Francii.

Fresnel získal vzdělání na *École Polytechnique*. Byl vzděláním a povoláním silniční inženýr. Svůj post dočasně ztratil během Napoleonova návratu z ostrova Elba v roce 1814 a v té době napsal důležitou práci o optice, která se stala jedním ze základů vlnové teorie světla.

Obr.47 Jean Fresnel

Bojoval proti největším uznávaným osobnostem té doby, přitom pracoval mimo hlavní centra vědy. Neměl přístup k literárním pramenům, neměl ani pomůcky. Přesto závěry jeho práce zůstaly platné dodnes. Pouze se mýlil v představě o elastickém éteru.

Tomuto fyzikovi vděčíme nejen za mnoho pozorování při ohybu a interferenci světla, ale hlavně za teorii ohybu ve formě zónové konstrukce, která vtělila Huyghensův princip vlnoploch do myšlenky interference.

Podařilo se mu získat kruhově polarizované světlo a přispěl také praktickými výsledky v oblasti optiky.

Fresnel zemřel 14. července 1827 ve Ville-d'Avray ve Francii.

5.10 Isaac Newton (1643 – 1727)



Isaac Newton se narodil 4. ledna 1643 ve vesnici Woolsthorpe nedaleko Granthamu (asi 200 km severně od Londýna).

Do svých 11 let navštěvoval vesnickou školu a od roku 1654 pak pokračoval ve studiu na *King's school* v Granthamu.

Obr.48 Isaac Newton

Po čtyřech letech Newton školu opustil a vrátil se zpět na vesnici, kde pomáhal matce živit své dva mladší sourozence. V roce 1661 začal studovat *univerzitu v Cambridgi*. Je důležité si uvědomit, že 17. století bylo obdobím silného náboženského cítění, zvláště ve Velké Británii. Isaac Newton byl velmi pobožný.

Newton byl géniem v experimentování i matematice, a právě tato kombinace mu umožnila založit koperníkovský systém (Mikoláš Koperník) a novou mechaniku.

Jeho metoda byla jednoduchá: Na základě pohybových jevů prozkoumat přírodní síly a pak použít těchto sil k vysvětlení dalších jevů. Vlastní genialita ho vedla při výběru zkoumaných jevů a vytvoření nového a základního matematického prostředku - matematické analýzy (současně objevená Gottfriedem Leibnizem) - což mu umožnilo provádět výpočty s odvozenými silami. Výsledkem byla kniha *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Matematické základy přírodní filosofie), která byla vydána v r. 1687. Zde byla obsažena nová fyzika, použitelná stejně dobře pro pozemská i nebeská tělesa. V roce 1704 vydává Isaac Newton knihu *Opticks* (Optika). Newton v ní přichází s myšlenkou částicové povahy světla.

V knize *Opticks* se zabývá podstatou světla a vznikem barev. Teorie vychází z jeho praktických pokusů. Newton mj. podnikl experiment se dvěma hranoly - jeden světlo rozložil do spektra a druhý spektrum opět sloučil.

Roku 1705 byl povýšen do rytířského stavu.



Isaac Newton - hrob ve Westminster Abbey

Isaac Newton zemřel 31. března 1727 ve věku 84 let.

5.11 Michael Faraday (1791 – 1867)



"Velký talent se řadí za malého génia.
Génus tvoří, talent teprve vychovává to,
co génus přivedl na svět."

Obr.49 Michael Faraday

Michael Faraday se narodil jako třetí syn zchudlému podkováři v londýnském předměstí v Newington Butts roku 1791. Rodiče mu vzdělání nemohli dopřát, a tak mladý Michael ve dne dřel s balíky knih a po nocích četl. Zaujala ho zejména fyzika a chemie.

Rozhodujícím okamžikem v jeho životě byla návštěva přednášek v Královském institutu, které pořádal slavný chemik a vynálezce Humphry Davy. Tyto přednášky Michaela natolik zaujaly, že se osmělil a požádal (1813) Davyho o zaměstnání v laboratořích Královského institutu v Londýně. Davy ho přijal se slovy: "Dejte mu umývat špinavé láhve!" Brzy se však přesvědčil o Faradayových kvalitách a tvrdil pak, že největším objevem v jeho životě byl právě mladík, který k němu přišel do učení.

O svých pokusech si Faraday vedl velmi podrobné zápisky. Jeho nejvýznamnější spisy pojednávají o elektřině a magnetizmu. O Vánocích roku 1824 uvedl elektrickým proudem do pohybu vodič v magnetickém poli. Jinak řečeno, odzkoušel nejzákladnější princip elektromotoru. V srpnu 1831 učinil další velmi důležitý objev: dokázal, že existuje elektromagnetická indukce a sestrojil první transformátor. Ještě koncem téhož roku předvedl opak svého pokusu z roku 1821, přeměnu pohybu v elektrický proud. Byl to zárodek prvního dynama, nicméně to byl základ prvních elektráren.

V roce 1845 oznámil užaslému vědeckému světu, že polarizaci světelného paprsku lze otočit silným elektromagnetem. Roku 1825 objevil Faraday benzen. Ve 40. letech 19. století vylepšil způsob osvětlení majáků - vyvinul účinnější metodu spalování paliva pro osvětlení. Na začátku let 60. pak experimentoval s elektrickým osvětlením majáků.

V roce 1858 se Faraday usadil nedaleko Londýna v domě, který dostal darem od královny. Žil zde ještě 9 let. Zemřel v roce 1867 ve věku 75 let. Na jeho počest byla pojmenovaná jednotka kapacity - 1 farad.

5.12 James Clerk Maxwell (1831 – 1879)



James Clerk Maxwell.

James Clerk Maxwell se narodil dne 13. ledna 1831 v Edinburghu. Krátce po jeho narození se rodina přestěhovala do Glenlairu. Když mu bylo osm let, jeho matka zemřela. V 16ti letech se rozhodl studovat na Edinburghské akademii.

Obr.50 James Maxwell

Roku 1841 se James s rodinou přestěhovali na Heriot Row. Většinu volného času James trávil kreslením podivných diagramů a stavěním zvláštních mechanických modelů. Počátkem roku 1846 (ve svých 14ti letech) Maxwell napsal článek o oválech. Tato první Maxwellova práce "O popisu oválových křivek" byla 6. dubna 1846 přednesena v Královské společnosti v Edinburghu. Práce byla významná věkem autora.

V roce 1854 Maxwell v Trinity College dokončil studium matematiky a získal zde místo. Jedním z jeho největších přínosů bylo rozšíření a matematická formulace teorií Michaela Faradaye o elektřině a magnetických siločárách. Jeho práce "On Faraday's lines of force" byla přednesena ve dvou částech v letech 1855 a 1856 ve Filozofické společnosti v Cambridge.

Maxwell pomocí relativně jednoduchých matematických rovnic vyjádřil chování elektrických a magnetických polí a jejich vzájemné vztahy. V listopadu 1856 Maxwell přijal místo v Aberdeenu. V roce 1857 St. John's College jako téma na Adamsovu cenu vyhlásila pohyb prstenců planety Saturn. Maxwell ukázal, že prstence mohou být stabilní pouze tehdy, pokud se skládají z mnoha malých pevných částic. Jeho hypotézu potvrdila teprve kosmická sonda Voyager.

Airy napsal, že tato práce byla jednou z nejvýraznějších aplikací matematiky ve fyzice jakou kdy viděl. Někdy v roce 1862 v Londýně Maxwell vypočetl, že rychlost šíření elektromagnetického pole odpovídá přibližně rychlosti světla. Rovněž vyslovil důležitou hypotézu, že světlo je elektromagnetickým polem.

Maxwell také pokračoval ve své práci týkající se kinetické teorie plynů, kterou započal v Aberdeenu. Nezávisle na Ludwigu Boltzmannovi vypracoval statistickou teorii plynů, jež se proto dnes označuje jako Maxwellova-Boltzmannova kinetická teorie plynů. Tato teorie ukazuje, že teplota a teplo jsou důsledkem pohybu molekul plynů. Maxwellova teorie nevyvrátila předchozí principy termodynamiky, ale pouze poskytla lepší teorii na základě pozorování.

Čtyři parciální diferenciální rovnice, dnes známé jako Maxwellovy rovnice elektromagnetického pole, se poprvé objevily v úplném tvaru v práci "Electricity and Magnetism" v roce 1873. Největší díl práce na teorii elektromagnetického pole vykonal v Glenlairu v mezidobí, kdy zastával místo v Londýně a místo profesora matematiky v Cavendish. Maxwellovy rovnice se staly největším přínosem matematiky k fyzice 19. století.

V létě roku 1879 se Maxwell vzhledem ke zhoršujícímu se zdraví vrátil se svojí manželkou do Glenlair. Zemřel 5. listopadu 1879 v Cambridgi ve věku 48 let na rakovinu.

5.13 Thomas Young (13.6.1773 – 10.5.1829)



*Divíš se, že můžeš poslouchat zvuk za rohem budovy?
Jediné vysvětlení je, že se zvuk ohýbá.”*

Obr.51 Thomas Young

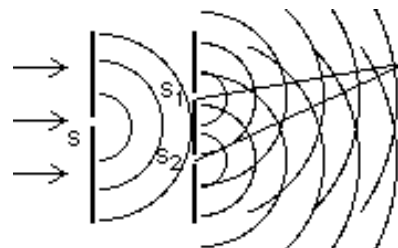
Všestranný londýnský lékař Thomas Young se narodil v Milvertonu 13. června roku 1773. Byl velmi nadaným dítětem a v neuvěřitelných dvou letech už uměl plynně číst, v šesti letech se už učil latinsky. Byl vzděláván soukromými učiteli.

V 16 uměl latinsky a řecky a ještě ovládal dalších 8 jazyků. V roce 1792, když mu bylo 19, se rozhodl studovat lékařství. Již za 2 roky byl zvolen za člena Královské společnosti. Po ukončení studií v Edinburghu a Göttingenu pokračoval ve studiu v Oxfordu. Po smrti svého strýce se stal finančně nezávislým a mohl se věnovat svým zájmům. Experimentoval se světlem a zvukem, ale jeho zájmy byly neuvěřitelně široké. Zasáhl do nebeské mechaniky, geofyziky, zoologie. Předěšl Jouleův zákon o zachování energie. Kromě světových jazyků ovládal také hebrejštinu, chaldejštinu a další jazyky, což mu umožnilo ještě před Champollionem řešit egyptské hieroglyfy. Ovládal snad všechny hudební nástroje.

Roku 1801 vystoupil Young s představou interference a použil ji známým způsobem na Newtonovy kroužky. Tak určil jako první přibližnou délku světelných vln.

Rozpoznal také rozdíl mezi paprsky koherentními, vycházející z téhož světelného zdroje, a nekoherentními.

Provedl experiment popisující interferenci světla, dnes známý jako „Dvouštěrbínový experiment“ (obr.52)



Obr.52

Roku 1817 Young vyslovil názor, že světelné jevy jsou vlny příčné.

Thomas Young zemřel pravděpodobně 10. května 1829 v Londýně.

5.14 Max Planck (23.4.1858 – 4.10.1947)



Celým jménem Max Karl Ernst Ludwig Planck, německý teoretický fyzik a matematik, autor tzv. kvantové hypotézy, která se na počátku 20. století stala východiskem pro rozvoj kvantové fyziky, nahlízející na fyziku a její zákonitosti zcela odlišně než fyzika klasická.

Obr.53 Max Planck

Tento laureát Nobelovy ceny za fyziku za rok 1918, se narodil 23. dubna roku 1858 v německém Kielu v rodině profesora práv.

Vzdělání Planck získává nejprve na mnichovském gymnáziu, poté ve studiích pokračuje na univerzitách v Mnichově (tady začíná studovat jako šestnáctiletý) a v Berlíně, kde pak v roce 1879 získává doktorát z fyziky - po studiích Planck působí jako profesor teoretické fyziky, a to nejprve v Mnichově (1880-85) a později v Kielu.

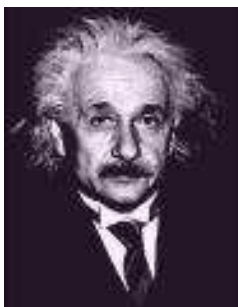
Od roku 1889 pak Max Planck nastupuje na místo profesora berlínské univerzity (tady bude působit až do svého odchodu do penze v roce 1928). V roce 1894 se Planck stává členem pruské Akademie věd, později i členem londýnské Královské společnosti, v letech 1930-37 Planck působí na postu ředitele Ústavu císaře Viléma.

Z tohoto postu odstoupí na protest proti rasovým zákonům a pronásledování německých židovských vědců nacistickým režimem A. Hitlera. Během druhé světové války je Planckova pozice jako vědce i jako německého občana nejistá, jeho protifašistické postoje vedou k tomu, že je postupem času zbaven všech svých postů a vyloučen z Akademie věd (z Akademie odchází v roce 1943, jeho mladší syn Erwin je na jaře roku 1945 zatčen gestapem a popraven pro účast na neúspěšném atentátu na A. Hitlera). Po skončení války Planck opět nastupuje na místo ředitele Ústavu císaře Viléma, ústavu, který je po jeho smrti přejmenován na Společnost Maxe Plancka.

Max Planck se jako vědec zabývá nejvíce zářením absolutně černých těles. V roce 1900 pak publikuje převratný objev, svoji kvantovou hypotézu záření (tzv. Planckův vyzařovací zákon), v níž tvrdí, že elektromagnetické záření není vysíláno v souvislém proudu, ale je složeno z malých porcí (kvant) energie - tato teorie se pak stává východiskem pro nové pojetí fyziky, z Planckovy kvantové hypotézy záření vycházejí mimo jiné A. Einstein či N. Bohr.

Vztah mezi vlnovou délkou záření a energií kvanta pak určuje tzv. Planckova konstanta (označovaná písmenem h) - tato veličina se pak postupně stává jednou z nejdůležitějších fyzikálních veličin vůbec, je určující veličinou chování částic v mikrosvětě. Max Planck, muž, který stojí na počátku rozvoje kvantové fyziky a laureát Nobelovy ceny za fyziku (za svoji kvantovou teorii) za rok 1918, umírá v Göttingenu 4. října roku 1947.

5.15 Albert Einstein (1879 – 1955)



Albert Einstein, německý teoretický fyzik židovského původu, jeden ze zakladatelů moderní fyziky, tvůrce speciální teorie relativity, která zásadně změnila pohled člověka na hmotu, prostor a čas.

Obr.54 Albert Einstein

Tento nositel Nobelovy ceny za fyziku za rok 1921 (za objev fotoelektrického jevu) a jedna z největších osobností vědy 20. století vůbec, přichází na svět 14. března roku 1879 v německém Ulmu v podnikatelské rodině.

Vzdělání Einstein získává nejprve (od roku 1889) na gymnáziu v Mnichově (kam se stěhuje jeho rodina), pak začíná studovat střední školu ve švýcarském Aargau (od roku 1895) a poté polytechniku v Curychu (v roce 1896) - absoluuje v roce 1900, ve stejném roce získává i švýcarské občanství.

Po vysokoškolských studiích nastupuje Albert Einstein na post referenta na patentový úřad v Bernu (v roce 1902). V roce 1905 pak přichází první z vrcholů Einsteinova života: v tomto roce objasní tzv. fotoelektrický jev a vydává svoji tzv. speciální teorii relativity, v níž zcela zásadně mění pohled člověka na hmotu, čas a prostor jako na absolutní veličiny - Einstein formuluje jednotný čtyřrozměrný časoprostor a zavádí do fyziky pojmy jako dilatace času, kontrakce délek či relativnost současnosti.

Od roku 1909 působí jako profesor na univerzitě v Curychu, v letech 1911-12 pak působí jako řádný profesor teoretické fyziky na německé univerzitě v Praze, v roce 1913 je jmenován ředitelem berlínského Fyzikálního ústavu císaře Viléma a je mu uděleno německé čestné občanství.

Ve stejném roce je Einstein jmenován profesorem na berlínské univerzitě, zároveň se stává členem Pruské akademie věd. V roce 1915 Albert Einstein publikuje své druhé slavné dílo, jímž je obecná teorie relativity, která zobecňuje poznatky vyjádřené ve speciální teorii relativity a která je novou gravitační teorií, nahrazující již nevyhovující gravitační teorii Newtonovu (viz Newton, Isaac).

V roce 1921 je pak Albertu Einsteinovi udělena Nobelova cena za fyziku, a to především za jeho práci při objasnění tzv. fotoelektrického jevu. Celé následující desetiletí patří Albert Einstein k největším osobnostem vědy, počátek třicátých let 20. století nicméně znamená v jeho osobním životě zlom - německý fašistický režim A. Hitlera, jenž se v této době dostává k moci, zbavuje Einsteina německého občanství, Einstein odchází do exilu - do konce svého života pak bude, po krátkém pobytu v Belgii, působit v Princetonu ve Spojených státech amerických - na princetonské univerzitě se pak Einstein dlouhá léta neúspěšně pokouší o vytvoření jednotné teorie pole, vysvětlující působení gravitačních, elektromagnetických a jaderných sil.

V roce 1940 získává Albert Einstein americké občanství, když se předtím v roce 1939 společně se skupinou dalších osobností vědy rozhodne zaslat americkému prezidentovi F. D. Rooseveltovi dopis, v němž prezidenta upozorní na možnost vojenského využití jaderné energie - tento dopis pak stojí na samém počátku projektu Manhattan, tedy vývoje americké jaderné pumy (kterého se ale Einstein osobně již nezúčastní).

Po skončení druhé světové války se Albert Einstein aktivně zapojuje do hnutí za zákaz používání jaderných zbraní, v roce 1952 odmítne nabídku stát se prezidentem Izraele.

18. dubna roku 1955 Albert Einstein v americkém Princetonu umírá.

5.16 Luis Viktor De Broglie (1892 – 1987)



Francouzský fyzik Louis Victor de Broglie se narodil 15. srpna 1892 v Dieppe ve Francii v rodině vévody. Začal studovat literární vědu a historii na univerzitě v Paříži s tím, že chtěl pracovat v diplomatických službách.

Obr.55 Luis De Broglie

V 18 letech pro svůj velký zájem o přírodní vědy přestoupil na studium fyziky. Již v roce 1919 začal studovat matematiku a fyziku na Sorbonně. V letech 1926 – 1927 na Sorbonně přednášel a v roce 1928 se stal profesorem teoretické fyziky v Ústavu Henriho Poincaré v Paříži.

Již během svého studia na Sorbonně se společně s bratrem zabýval rentgenovou spektroskopií. Svou teoretickou předpovědí, že se elektrony mohou chovat jako vlnění, učinil de Broglie důležitý krok ke vzniku kvantové mechaniky. Své závěry shrnul do disertační práce, kterou obhájil v roce 1924 na Sorbonně a která vyšla o rok později pod názvem *Výzkumy o kvantové teorii*. Na základě relativistického pozorování přiřadil částici vlnu, jejíž vlnovou délku lze vypočítat ze znalosti její hybnosti p pomocí Planckovy konstanty. Tento vztah se dnes nazývá de Broglieův.

Vlnová podstata elektronu byla experimentálně potvrzena v roce 1927 C. J. Davissonem, C. H. Kunsmanem a L. H. Germerem ve Spojených státech amerických a G. P. Thomsonem ve Skotsku. De Broglieho teorie hmotných vln elektronu byla později použita Erwinem Schrödingerem k vytvoření vlnové mechaniky. V roce 1929 de Broglie obdržel Nobelovu cenu za fyziku.

De Broglie napsal řadu populárně vědeckých prací, v nichž projevil svůj hluboký zájem o filozofické důsledky moderní fyziky. V roce 1939 napsal knihu *Hmota a světlo: Nová fyzika*, v roce 1953 knihu *Revoluce ve fyzice*, roku 1960 knihu *Fyzika a mikrofyzika*, v roce 1962 knihu *Nové perspektivy fyziky*.

De Broglie si kladl zásadní otázku, zda statistická podstata atomové fyziky odráží nedokonalost současné teorie nebo zda statistické informace představují vše, co se můžeme o přírodě dovědět. Po většinu svého života věřil v první možnost. K tomuto názoru se vrátil ke konci života, kdy tvrdil, že statistické teorie zakrývají skutečnou a naprosto určitou realitu za proměnnými, které mají původ v našich nedokonalých experimentálních metodách.

Louis Victor de Broglie zemřel 19. března 1987 v Paříži.

5.17 Albert Abraham Michelson (19.12.1852 -9.5.1931)



Narodil se 19. prosince 1852 v Německu (Strelno v Prusku). Po dvou letech rodina emigrovala do USA, kde se usadila v nevadském městě Virginia City a nakonec v San Franciscu. Svou vědeckou dráhu začal v námořnictvu (mj. instruktor fyziky a chemie na vojenské akademii).

Obr.56 Albert Michelson

Michelson se věnoval optice. Ze začátku se zabýval analýzou světla a světelných jevů. 1880 – 1881 jako první provedl během své studijní cesty v Berlíně názorný pokus na existenci tzv. éterového větru. V roce 1887 v Clevelandu tento pokus s ještě větší přesností zopakoval.

Uskutečnil mnoho pokusů spolu s Edwardem Morleyem, známých jako Michelsonovy- Morleyho pokusy. V roce 1899 se oženil s Ednou Stantonovou. Měl jednoho syna a 3 dcery.

Michelson prokázal skutečnost, že se světlo šíří všemi směry stejnou rychlostí nezávisle na pohybu jeho zdroje. Pro svůj pokus si Michelson zkonstruoval přístroj – interferometr, pomocí kterého provedl i jiná významná měření.

V roce 1892 se stal profesorem fyziky na nové univerzitě v Chicagu.

1892 – 1893 pomocí interferometru srovnával délku metru s délkou světelné vlny a zkoumal strukturu spektrálních čar. Později sestrojil také hvězdný interferometr, který umožňoval měřit úhlové průměry hvězd. 1923 – 1927 se stal prezidentem Národní akademie věd USA.

Albert Abraham Michelson zemřel 9. května 1931.

5.18 Gustav Ludvik Hertz (22.7.1887 – 30.10.1975)



Německý fyzik Gustav Ludwig Hertz se narodil 22. července 1887 v Hamburku v rodině advokáta Gustava Hertze. Od roku 1906 studoval na univerzitách v Göttingenu, Mnichově a Berlíně. Studia ukončil v roce 1911.

Obr.57 Gustav Hertz

V roce 1913 byl jmenován výzkumným asistentem ve fyzikálním ústavu berlínské univerzity. V roce 1919 se Hertz oženil s Ellen Dihlmannovou (zemřela 1941). Měli spolu 2 syny a z obou se stali fyzici.

V letech 1920 – 1925 působil ve fyzikální laboratoři firmy Philips v Eindhoven. Roku 1925 se stal Gustav Ludwig Hertz profesorem a ředitelem fyzikálního institutu univerzity v Halle. V roce 1928 se vrátil do Berlína jako ředitel Fyzikálního institutu Technologické univerzity Charlottenburg. Hertz na své funkce z politických důvodů rezignoval v roce 1935 a začal pracovat ve výzkumných laboratořích firmy Siemens. V roce 1943 se profesor Hertz oženil podruhé. Vzal si Charlotte Jollassovou.

V letech 1945 - 1954 pracoval v čele výzkumných laboratoří v SSSR. Byl jmenován profesorem a ředitelem Fyzikálního institutu Univerzity Karla Marxe v Lipsku. Zde působil do roku 1961, kdy odešel na odpočinek.

Hertz zkoumal vzájemné působení elektronů a atomů nebo molekul v plynech. Společně s Franckem (1913) dospěli k závěru, že atomy mají diskrétní energetické stavy, ale jejich energetické hladiny nemají stejnou vzájemnou vzdálenost. Podle této teorie je třeba na vzbuzení atomu na nejnižší energetické hladině, tj. v základním stavu, aby mu dopadající elektron dodal energii odpovídající rozdílu mezi nejnižší a nejbližší vyšší energetickou hladinou, přičemž sám stejnou energii ztrácí. Jejich závěry byly dokonale ve shodě s Bohrovou teorií atomové struktury a Planckovou kvantovou teorií.

Hertz publikoval množství vědeckých prací na téma kvantových změn energie mezi elektrony a atomy. Věnoval se také měření ionizačních potenciálů.

Gustav Ludwig Hertz zemřel 30. října 1975.

Závěr

Ve své práci jsem shrnul a chronologicky seřadil poznatky o tom, jak se vyvíjely teorie týkající se podstaty světla na celém světě. Z textu práce je zřejmé, že teorie byly ovlivněny dobou, náboženstvím, nebo poznatky z jiných vědních oborů.

Na počátku to byly pouze domněnky filozofů, které byly založené na pozorování slunce a předmětů, nebyly podpořeny pokusy či matematickými výpočty. Postupem času se otázkou podstaty světla zabývali učenci a fyzici, kteří své tvrzení dokazovali pomocí matematiky a názorných pokusů.

Tvorba této práce byla pro mě přínosem. Osobně mě trochu mrzí, že o některých osobnostech a jejich pracích jsem nenašel více materiálů.

Podle mého názoru nemá tato práce význam jen pro mě, ale mohla by pomoci také jiným studentům, kteří studují tentýž obor, nebo je tato problematika zajímavá.

Použitá literatura

1. Baxant, P.: Elektrické teplo a světlo. Brno, CERM 2004
2. Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: Fyzika 4 – elektromagnetické vlny, optika, relativita. Brno, VUTIUM 2000
3. Klimeš, B., Kracík, J., Ženíšek, A.: Základy fyziky 2. ČASV 1972
4. Landau, L. D., Kitajgorodskij, A., I.: Fyzika pro každého. Praha, Horizont 1975
5. Pilát, V.: Pokusy z optiky. Praha, SPN 1972
6. Klumber, Z. a kol.: Moderní směry ve fyzice. Praha, ARSCI 2003
7. <http://fyzika.navajo.cz>
8. <http://moon.felk.cvut.cz-fotoel.jev>
9. <http://gnosis9.net/view.php> - Youngův pokus
10. <http://www.osel.cz/index.php?clanek=2445> – lene Hau
11. http://www.fotografovani.cz/art/fozak_df/rom_1_01_cojetosvetlo.htm -
spektrum světla
12. http://converter.misto.cz/_MAIL_/fyzici/michelson.htm
13. <http://www.converter.cz/fyzici/faraday.htm>
14. http://cs.wikipedia.org/wiki/Gustav_Hertz
15. <http://www.mendelova.cz/pages/didac/f/laser.htm>
16. http://www.aldebaran.cz/famous/people/Hertz_G_L.html
17. <http://www.vesmirweb.net/aktual.php?id=97> – světlo na hmotu
18. http://vedci.wz.cz/Osobnosti/Faraday_M.htm
19. <http://www.gypri.cz/zde/fyzika/vyuka/fyzik/faraday.html>
20. http://vedci.wz.cz/Osobnosti/Descartes_R.htm
21. <http://www.scienceworld.cz/sw.nsf/astronomie>
22. <http://www.ped.muni.cz/wphy/PUBLIKACE/jancovicdiplomka2.htm>
23. http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/08_interf/08_interf.htm
24. <http://www.scienceworld.cz/sw.nsf>

25. <http://www.vesmirweb.net/aktual.php?id=97>
26. http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/16_vznik_str/16_vznik_str.htm
27. <http://gnosis9.net/view.php?cislocclanku=2006070001>
28. <http://www.osel.cz/index.php?clanek=2445>
29. <http://vedci.wz.cz/Osobnosti/Aristoteles.htm>
30. <http://cituj.cz/Citaty/autor-90.aspx>
31. http://cs.wikipedia.org/wiki/Compton%C5%AFv_jev