

Rozhledy matematicko-fyzikální

Ivo Kraus

Rozhledy matematicko-fyzikální jako svědkové šťastných náhod i systematického bádání

Rozhledy matematicko-fyzikální, Vol. 100 (2025), No. 1, 35–53

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/153139>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2025

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ*:
The Czech Digital Mathematics Library <http://dml.cz>

Rozhledy matematicko-fyzikální jako svědkové šťastných náhod i systematického bádání

Ivo Kraus, ČVUT, Praha

Téměř do konce devatenáctého století převládal názor, že nejdůležitější fyzikální teorie jsou v podstatě hotové a struktura světa jasná. Příroda se jevila složená ze dvou forem hmoty; z nedělitelných atomů, vytvářejících všechny možné látky, mikroskopické i kosmické objekty, a ze zvláštního neviditelného a nevážitelného prostředí nazývaného éter, v němž probíhají elektromagnetické jevy. Stačilo však několik šťastných náhod v teorii i experimentu a zdánlivě nedotknutelné jistoty klasické fyziky přestaly platit. Existence éteru byla popřena, a když fyzikové poznali, že atom není nedělitelný, vstoupili do světa řízeného zcela jinými zákony. Krize ve fyzice, jak bývá nazýváno období vývoje této exaktní vědy na konci 19. století, měla zcela standardní řešení; pro výklad jevů v mikrosvětě byla zvolena nová východiska, především teorie relativity a kvantová hypotéza.

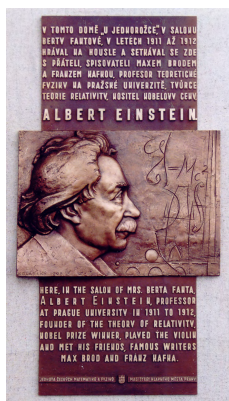
V roce 1889 George Francis FitzGerald uveřejnil v časopise *Science* tezi, že všechna tělesa se ve směru svého pohybu zkracují. Hendrik Antoon Lorentz využil tento závěr, k němuž několik let po FitzGeraldovi dospěl nezávisle také sám, pro objasnění experimentu, který v letech 1881 a 1887 připravili Albert Abraham Michelson a Edward Williams Morley. (Z měření rychlosti světla v různých směrech a v různých fázích pohybu Země na oběžné dráze kolem Slunce vyplynulo jednoznačně, že rychlost světla je konstantní.) Počátkem dvacátého století se tzv. Lorentzova–FitzGeraldova kontrakce délek stala důležitou součástí Einsteinovy speciální teorie relativity.

Vznik kvantové teorie má na svém počátku neúspěšné pokusy vybudovat teorii záření absolutně černého tělesa pomocí klasické fyziky (elektromagnetické teorie). Třebaže se odvozením zákona rozdělení ve spektru černého tělesa zabývala řada vynikajících fyziků druhé poloviny 19. století jako byl Gustav Robert Kirchhoff, Ludwig Boltzmann, Jožef Stefan, Wilhelm Wien, John William Strutt – 3. baron Rayleigh a James Jeans, jejich výsledky měly jen omezenou platnost. Správné univerzální řešení našel až Max Planck, když předpokládal, že látka (hmotné oscilátory)

vyzařuje energii po kvantech, která jsou úměrná frekvenci. Univerzální platnost Planckova vztahu jako první experimentálně potvrdil Heinrich Rubens.

O významu Planckovy kvantové hypotézy byl hned po jejím zveřejnění přesvědčen Albert Einstein. Na jejím základě objasnil fotoefekt, Stokesův zákon (vlnová délka luminiscenční emise při fotoluminiscenci je větší nebo rovna vlnové délce excitačního světla), fotoionizaci (vznik iontů absorpcí ultrafialového, rentgenového či gama záření) aj.

Rok 1905, kdy Albert Einstein uveřejnil svou speciální teorii relativity a ukázal na možnosti využití kvantové teorie, je považován za počátek nové epochy vývoje fyziky a postupného utváření nového obrazu světa.



Pamětní deska na domě čp. 551 v Praze na Staroměstském náměstí

Od konce devatenáctého století se *klasická* fyzika změnila na *moderní*. Připomeňme si její úspěchy alespoň v názvech největších objevů, které byly známy ještě dříve, než v polovině dvacátých let vyšlo první číslo Rozhledů: rentgenové paprsky (1895), přirozená radioaktivita (1896), elektron (1897), polonium a radium (1898), záření alfa, beta gama (1899), Planckův vyzařovací zákon (1900), podstata radioaktivity (1903), statický model atomu (1904), podstata diamagnetismu a paramagnetismu (1905), kvantově mechanická teorie fotoefektu (1905), princip relativity a princip konstantní rychlosti světla (1905), vztah $E = mc^2$ mezi energií soustavy a její hmotností (1905), teorie Brownova pohybu (1905–1906), magnetické domény (1907), nízkoteplotní supravodivost (1911), klasický planetární model atomu (1911), difrakce rentgenového záření na krystalech (1912), kosmické záření (1912), kvantově mechanický planetární mo-

del atomu (1913), obecná teorie relativity (1916), první umělá přeměna prvků (1919), Comptonův jev (1923), vlnově-korpuskulární dualismus (1923), vylučovací princip (1924), princip magnetronu (1924).

„V každém národě je vždycky zapotřebí miliónů lidí, aby povstal génius, vždycky musí uplynout ve světě milióny únavných hodin, nežli udeří opravdu historická, hvězdná hodina lidstva.“ (Stefan Zweig, *Hvězdné hodiny lidstva*) V dějinách fyziky je takovou hvězdnou hodinou uplynulé století. Tři objevy založené na kvantové teorii – štěpná jaderná reakce (1938), tranzistorový jev (1947), zesilování světla stimulovanou emisí záření (1954) – vedly ve svých důsledcích k rozsáhlým sociálním změnám a v mnohém předurčily rozvoj nejen vyspělých zemí, ale prakticky celého světa. Běžnou součástí našeho povědomí se staly pojmy televize, tranzistor, laser, tomografie, hologram, jaderný reaktor, urychlovač částic, ale i černá díra nebo rozpínající se vesmír. Čtenáři *Rozhledů* měli o tom informace vždy z *první ruky* od českých fyziků.

Zvolit nejvýznamnější události určitého období je do jisté míry subjektivní. Nemůže to být proto jiné ani v přehledu objevů, které jsou datovány mezi letopočty 1925 až 2024.

1925

Spin elektronu

Spolupráce nizozemských fyziků Samuela Goudsmita s Georgem Uhlenbeckem při interpretaci výsledků spektroskopických měření vedla ke koncepci spinu elektronu. Navrhli uvažovat elektron jako rotující vlček (hračka, založená na principu setrvačnicku a gyroskopického efektu) s vlastním mechanickým a magnetickým momentem.

1925–1926

Kvantová mechanika

Počátkem dvacátých let 20. století bylo zřejmé, že do té doby nesystematicky aplikovaná pravidla kvantování, přidávaná ke klasické mechanice pro vysvětlení některých mikroskopických jevů, budou vyžadovat vytvoření nové konzistentní fyzikální teorie. Moderní kvantová mechanika má vlastní matematický aparát odlišný od klasické fyziky. Klasická fyzika se podle principu korespondence, formulovaného poprvé Nielsem Bohrem v roce 1923, považuje za aproximaci kvantové fyziky pro velké objekty.

Augerův jev

Energie E uvolněná při přechodu elektronu z vnější hladiny atomu do prázdného kvantového stavu ve vnitřní hladině se vyzáří jako foton, nebo

ji může převzít některý elektron z vnější energetické hladiny (pokud je ovšem jeho vazbová energie menší než E). Takovéto elektrony uvolněné z atomu jsou označovány Augerovy. Jev dostal jméno po francouzském fyzikovi Pierru Augerovi, i když jej už v roce 1923 popsala rakouská fyzička Lise Meitnerová.

Maticová kvantová mechanika

Werner Heisenberg vytvořil koncepci kvantové mechaniky, která neobsahovala neměřitelné nebo přímo nepozorovatelné charakteristiky elektronů v atomech, jako je např. jejich poloha, rychlost nebo trajektorie. Přímou pozorovatelnou veličinou je naproti tomu frekvence vyzařovaných spektrálních čar. Heisenberg chtěl matematicky popsat atom jako oscilátor, který je schopen vysílat záření pozorované frekvence. Aparát, pomocí něhož se mu podařilo experimentálně určené spektrální čáry vypočítat, byl vlastně maticový počet. Heisenbergovu teorii dále propracovali Max Born a Pascual Jordan.

Vlnová kvantová mechanika

V matematickém formalismu vlnové kvantové mechaniky jsou klasické fyzikální veličiny nahrazovány lineárními operátory, stav fyzikálního systému se popisuje vlnovou funkcí, jejíž časová závislost je určena Schrödingerovou rovnicí. Měřitelnými hodnotami fyzikálních veličin jsou vlastní hodnoty příslušných lineárních operátorů. Schrödinger dokázal, že vlnová kvantová mechanika a Heisenbergova maticová kvantová mechanika jsou ekvivalentní, obě vyjadřují totéž (pouze jinou formou) a vedou ke stejným výsledkům.



Rakouská bankovka s portrétem Erwina Schrödingera (1983) a průčelím hlavní budovy Vídeňské univerzity

Bornova pravděpodobnostní interpretace vlnové funkce

Druhá mocnina absolutní hodnoty vlnové funkce udává hustotu pravděpodobnosti, že částici najdeme v daném bodě o určitých souřadnicích.

Kvantová statistika

Paul Dirac a Enrico Fermi nezávisle na sobě popsali statistické chování částic s poločíselným spinem (fermionů) podřízených zákonům kvantové mechaniky.

1927

Heisenbergovy relace neurčitosti

Každým měřením je měřený systém ovlivněn. Např. polohu a hybnost (rychlost) mikroskopické částice není možné měřit současně s libovolnou přesností. Mezi neurčitostmi Δx souřadnice a neurčitostí Δp_x hybnosti platí nerovnost $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h$ (Planckova konstanta). Podobnou relací je vázána i dvojice energie E a čas t : $\Delta E \cdot \Delta t \geq h$ vztahující se k přesnosti určení energie a času, po který příslušný energetický stav trvá. V jistých mezích tedy řídí procesy ve vesmíru náhoda. Článek o tom Heisenberg napsal na jaře 1927 do časopisu *Zeitschrift für Physik*.

Komplementarita

Relace neurčitosti úzce souvisejí s komplementaritou. Podle Nielse Bohra aspekt částicový a vlnový jsou komplementární, to znamená, že se na jedné straně vzájemně vylučují, na straně druhé tvoří jeden celek. Komplementarita je charakteristická vlastnost kvantové mechaniky. V mikrosvětě je totiž projev elementárních útvarů, např. elementárních částic, závislý na způsobu jejich zkoumání. Útvar se jednou jeví jako částice, podruhé jako vlna. Bohrov systém (princip) komplementarity a Bornova pravděpodobnostní interpretace tvoří základ tzv. kodaňské školy kvantové mechaniky.

Difrakce elektronů na krystalech

Dualismus vlna-částice (vlnovou povahu elektronu) potvrdili objevem difrakce elektronů na krystalech američtí fyzikové Lester Germer a Clinton Davisson a nezávisle na nich také britský fyzik George Paget Thomson.

1928

Antičástice

Na základě své kvantově relativistické teorie elektronu (řešením tzv. Diracovy rovnice) předpověděl Paul Dirac existenci pozitronu a dalších antičástic.

Tunelový jev

Americký fyzik ukrajinského původu George Gamow pomocí vlnové mechaniky dokázal, že částice může s určitou pravděpodobností projít (protunelovat se) potenciálovou bariérou, která je vyšší než energie částice.

Ramanův rozptyl světla

Indický fyzik Chandrasekhara Venkata Raman zjistil, že při průchodu světla látkou dochází ke změně jeho vlnové délky. Příčinou je interakce fotonů s částicemi (atomy, molekulami). Přejde-li částice do vzbuzeného stavu, bude mít rozptýlený foton nižší energii než foton dopadající, přejde-li ze vzbuzeného stavu do stavu základního, energie fotonu vzroste. Podle hodnot změny energie lze usuzovat na některé vlastnosti látky. Teorii Ramanova rozptylu vypracoval a v roce 1934 publikoval brněnský rodák Georg Placzek.

1929

Rozpínání vesmíru

Americký astronom Edwin Hubble při studiu spekter světla vysílaného vzdálenými galaxiemi zjistil, že spektrální čáry jsou posunuty k červenému konci spektra tím více, čím je galaxie od nás dál. Jinými slovy: Mezi rychlostí, s níž se galaxie vzdalují, a jejich vzdáleností, je přímá úměrnost.

1930

Neutrino

Aby mohl Wolfgang Pauli vysvětlit energetickou bilanci radioaktivního rozpadu beta, postuloval existenci částice s nulovým nábojem a velmi malou klidovou hmotností. (Vyslovil předpoklad, že s elektronem je vždy vyzářeno i neutrino, a to tak, že součet energií neutrina a elektronu je konstantní.) Experimentálně existenci neutrina potvrdili v roce 1956 američtí fyzikové Clyde Cowan Jr. a Frederick Reines.

Antiferomagnetismus

Francouzský fyzik Louis Néel vyslovil domněnku o existenci magnetického chování zvaného antiferomagnetismus v protikladu k feromagnetismu. Tento jev mizí pod určitou teplotou zvanou Néelova teplota.

Vynález cyklotronu

Ernest Orlando Lawrence zkonstruoval zařízení k urychlování těžkých nabitých částic pomocí vysokofrekvenčního elektrického pole. První funkční prototyp cyklotronu měl průměr cca 10 cm a výstupní energii 80 keV.

1930–1931

Pásová struktura pevných látek

Ke vzniku pásového modelu elektronové struktury pevných látek přispěli zejména fyzikové Felix Bloch, Léon Brillouin, Frederic Seitz, Eugene Wigner, Ralph Kronig a William Penney.

1932

Složení atomového jádra z protonů a neutronů

Tuto hypotézu vyslovili nezávisle na sobě Werner Heisenberg a sovětský fyzikové Dmitrij Dmitrijevič Ivaněnko a Igor Jevgeněvič Tamm.

Pozitron

Americký fyzik švédského původu Carl David Anderson identifikoval v kosmickém záření pozitron (antičástici elektronu, kterou už dříve předpověděl Paul Dirac).

Neutron

Při ostřelování jader berylia částicemi alfa objevil James Chadwick částici, která neměla elektrický náboj.

1933

Meissnerův–Ochsenfeldův jev

Němečtí fyzikové Walther Meissner a Robert Ochsenfeld zjistili, že uvnitř supravodivého vzorku je indukce vnějšího magnetického pole nulová, supravodič (supravodič I. druhu) se chová jako ideální diamagnetická látka.

Anihilace částic

Britský fyzik Patrick Blackett, německý fyzik Otto Kremperer a další pozorovali přeměnu kvant záření gama v blízkosti atomového jádra na elektron a pozitron. Při opačném procesu může dojít k anihilaci obou částic, přesněji řečeno k jejich přeměně v částice o nulové klidové hmotnosti (nejčastěji dva fotony o energii 0,511 MeV), které se pohybují v navzájem opačných směrech. Energie původních částic se uvolní ve formě záření o energii vyjádřené rovnicí $E = mc^2$.

1934

Umělá radioaktivita

Frédéric Joliot a Irène Joliotová-Curieová zjistili, že při ostřelování hliníku částicemi alfa se hliník mění na nestabilní izotop fosforu a ten dále na stabilní křemík.

Teorie rozpadu beta

Enrico Fermi uveřejnil teorii rozpadu β , pomocí níž se podařilo vysvětlit, jakým způsobem atomové jádro uvolňuje elektrony a jakou úlohu při tom mají neutrína. Ve své teorii zavedl pojem slabá interakce.

Štěpení atomových jader neutrony

Enrico Fermi zjistil, že přeměnu jader těžkých prvků lze uskutečnit ostřelováním neutrony a že pro vyvolání jaderné reakce jsou zvlášť vhodné ty neutrony, které prošly blokem parafinu.

Čerenkovovo záření

Záření, které objevili ruští fyzici Sergej Ivanovič Vavilov a Pavel Alexejevič Čerenkov, vzniká při pohybu nabitě částice prostředím, je-li rychlost šíření světla v tomto prostředí menší než rychlost částice. Přesnou teorii tohoto jevu vypracovali roku 1937 Čerenkovovi kolegové Ilja Michajlovič Frank a Igor Jevgeněvič Tamm.

1935

Silná jaderná interakce, objev mezonu

Protože přitažlivá gravitační síla protonů je proti jejich odpudivé elektrostatické síle zanedbatelná, musí udržení kladně nabitých protonů v malém objemu jádra zajistit nová síla. Japonský fyzik Hideki Yukawa popsal krátkodosahové přitažlivé síly mezi protony a neutrony (vytvořil první teorii silné interakce) pomocí další částice, jejíž hmotnost leží mezi hmotností elektronu (je cca 200krát větší) a protonu; pojmenoval ji proto mezon. (Název vychází z řeckého *mesos* = střední.) Když byla v roce 1947 tato částice skutečně objevena, dostala název π -mezon (pion).

1936

Difrakce neutronů

První experimenty s difrakcí neutronů provedli v Pupinově laboratoři Kolumbijské univerzity (USA) fyzikové Dana P. Mitchell s Philipem N. Powersem a ve stejné době v Paříži také Hans von Halban s Pierrem Preiswerkem. Neutrony emitované zdrojem Ra-Be a následně zpomalené vrstvou parafinu se při interakci s atomy monokrystalu MgO rozptylovaly podobně jako rentgenové záření. Praktický význam však metody neutronové difrakce začaly mít teprve po výstavbě výzkumných jaderných reaktorů, které umožnily získat dostatečně intenzivní svazky neutronů.

Objev mionu v kosmickém záření

Carl David Anderson identifikoval se svým diplomantem Sethem Neddermeyerem subatomární částici 207krát hmotnější než elektron. Zpočátku

se domnívali, že jde o částici, kterou postuloval Hideki Jukawa. Dnes je zařazena mezi nabitě leptony s názvem *mion*.

1938

Kapkový model atomového jádra

Bohrův kapkový model vychází z analogií mezi kapkou kapaliny a atomovým jádrem. Jádro je chápáno jako kapka nestlačitelné nukleonové kapaliny, ve které se projevují objemové i povrchové síly. Model je vhodný pro názorné představy průběhu jaderných reakcí, např. štěpení a syntézy. Jeho nedostatky jsou důsledkem nedokonalosti analogie mezi klasickou kapkou kapaliny a nerespektování zákonitostí kvantové mechaniky.

Štěpení uranu

Pokusy, které provedli němečtí radiochemikové Otto Hahn a Fritz Strassmann a teoreticky objasnila rakouská fyzička Lise Meitnerová se svým synovcem Otto Robertem Frischem, bylo prokázáno, že neutron zpomalený průchodem vrstvou vody nebo parafinu může rozštěpit těžké jádro uranu 235 na dvě přibližně stejně těžká jádra (např. Ba a Kr) a 2 až 3 neutrony.

Hahn se Strassmannem publikovali své výsledky začátkem ledna 1939 v článku „Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle“ v časopise *Naturwissenschaften* 27 (1939), 11. Meitnerová s Frischem svou interpretaci pokusů „Disintegration of Uranium by Neutrons: A New Type of Nuclear Reaction“ zaslali do *Nature*, kde vyšla 11. února 1939.

Využití stimulované emise

Sovětský fyzik Valentin Alexandrovič Fabrikant navrhl způsob využití stimulované emise k zesílení krátkých vlnových délek světla.

Energie hvězd

Americký fyzik německého původu Hans Bethe a nezávisle na něm německý fyzik Carl Friedrich Weizsäcker popsali mechanismus reakcí, které dodávají hvězdám energii.

1939

Černá díra

Američan německého původu Julius Robert Oppenheimer spolu s americkým fyzikem Hartlandem Snyderem předpověděli, že hroustící se velmi hmotná hvězda vytvoří černou díru.

1940

Spontánní štěpení uranu

V časopise *Physical Review* vyšlo krátké sdělení „Spontaneous Fission of Uranium“, jehož autory byli sověští fyzikové Georgij Nikolajevič Fljorov a Konstantin Antonovič Petržak.

1941

Makroskopická teorie supratekutosti helia

Sovětský fyzik Pjotr Leonidovič Kapica roku 1937 zjistil, že kapalně helium je při teplotách pod 2,17 K supratekuté (má nulovou viskozitu). Makroskopickou teorii supratekutosti helia vypracoval v roce 1941 sovětský fyzik Lev Davidovič Landau.

1942

První kontrolovaná řetězová jaderná reakce

Pod vedením Enrica Fermiho byla 2. prosince 1942 v suterénu jedné z tribun chicagského univerzitního stadionu spuštěna první řízená samovolná řetězová jaderná reakce. Třicetiminutový experiment měl celkem 50 svědků.



Jaderný reaktor Chicago Pile-1 (CP-1); Gary Sheehan, Birth of Atomic Age, Chicago Historical Society

1944

Autofázový princip

Sovětský fyzik Vladimír Josifovič Veksler a nezávisle na něm také Američan Edwin Mattison McMillan formulovali princip umožňující konstrukci výkonných urychlovačů. Fázová stabilita urychlovaných nabitých částic byla dosahována odpovídajícím růstem magnetického pole nebo změnou frekvence elektrického pole v urychlujících úsecích urychlovače.

1945

Neřízené řetězové jaderné reakce

Na vojenské střelnici u Alamogorda v Novém Mexiku v USA byl pro-

veden pokusný výbuch první atomové pumy (16. 7.), další měsíc (6. 8.) svrhli Američané atomovou pumu s uranovou náloží na Hirošimu a (9. 8.) pumu s plutoniou náloží na japonský přístav Nagasaki.

1946

Radiouhlíkové datování

Americký fyzikální chemik Willard Frank Libby zavedl metodu radio-metrického datování (určování stáří látek obsahujících uhlík, především organických materiálů).

Jaderná magnetická rezonance

Metoda, jejíž objev je připisován americkým fyzikům Edwardu M. Purcellovi a Felixu Blochovi, využívá skutečnosti, že protony i neutrony, a tedy i celé atomové jádro, lze charakterizovat magnetickým momentem. (Jako magnetické dipóly se však jeví pouze jádra s lichým nukleonovým číslem.) Jde o absorpci vysokofrekvenčního elektromagnetického pole, která je spojena se změnami orientace jaderných magnetických momentů ve vnějším homogenním magnetickém poli. Metoda dovoluje zkoumat s velkou přesností některé vlastnosti atomových jader a kondenzovaných látek.

Synchrotronové záření

Toto elektromagnetické záření vzniká při pohybu relativistických nabitých částic po zakřivené dráze. Je vyzařováno ve směru pohybu částice podél tečny k její dráze a pokrývá velkou část elektromagnetického spektra. Podrobnou teorii synchrotronového záření podal v roce 1946 americký fyzik polského původu Julian Schwinger.

Objev pionu

Při výzkumu kosmického záření ve velkých nadmořských výškách objevil britský fyzik Cecil Frank Powell elementární částici pion (π -meson), jejíž existenci už v roce 1935 předpověděl Hideki Yukawa.

1947

Princip holografie

Holografie je trojrozměrná rekonstrukce obrazu založená na interferenci a difrakci koherentního světla. Princip holografie objevil britský fyzik maďarského původu Dénes Gábor. První hologram byl vytvořen roku 1962 (tj. až po objevu laseru) v USA.

Tranzistorový jev

V Bellových laboratořích (New Jersey, USA) objevili Američané William

B. Shockley, John Bardeen a Walter H. Brattain tranzistorový jev. Po zvládnutí výroby příměsových polovodičů se tranzistor stal základem elektronických obvodů používaných prakticky ve všech běžných elektronických přístrojích. Název této součástky (agl. *transistor* = *transfer resistor*) vyjadřuje její vlastnost, že odpor řízeného obvodu se mění proudem obvodu řídicího.

Teorie ferimagnetismu

Francouzský fyzik Louis Néel vypracoval fenomenologickou teorii ferimagnetismu.

1949

Feynmanovy diagramy

Tato fyzikální grafická metoda byla vytvořena americkým fyzikem Richardem Feynmanem k popisu mechanismu interakcí elementárních částic. Každá linie diagramu představuje částici a každý vrchol interakci. Poprvé byla Feynmanova technika použita při popisu interakcí elektronů, pozitronů a fotonů, později se stala univerzálním teoretickým nástrojem kvantové fyziky, resp. kvantové elektrodynamiky.

1950

Izotopický jev

Americký fyzik Emanuel Maxwell experimentálně zjistil závislost kritické teploty supravodiče na izotopickém složení jeho atomů.

1952

Bublinková komora

Autorem zařízení k detekci rychlých nabitých částic byl americký fyzik Donald A. Glaser. Při průchodu částice přehřátou kapalinou se podél její trajektorie uvolňují bublinky páry. Tím je dráha částic zviditelněna. Americký fyzik LuisWalter Alvarez pomocí tohoto částicového detektoru objevil značné množství velmi krátce žijících částic, tzv. rezonancí.

Princip maseru

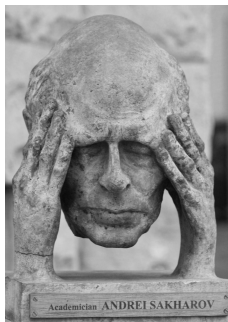
Sovětští fyzikové Nikolaj Basov a Alexander Prochorov popsali princip maseru (Microwave Amplifikation by Stimulated Emission of Radiation), tj. zesilování mikrovln pomocí stimulované emise záření.

1952–1953

Neřízená termonukleární reakce

Základním problémem při syntéze dvou jader je jejich vzájemné odpuzování vyvolané kladným nábojem. Na překonání této coulombovské bari-

éry lze využít např. energii z chaotického tepelného pohybu. První termojaderná syntéza lehkých jader na jádra těžší byla uskutečněna Američany roku 1952 na tichomořském atolu Eniwetok. Za vynálezce vodíkové bomby je považován americký fyzik a chemik maďarského původu Edward Teller. Sovětský svaz provedl zkoušku vlastní vodíkové pumy v roce 1953; rozhodující zásluhu na tom měl Andrej Dmitrijevič Sacharov.



P. J. Šapiro: Busta „duchovního otce“ sovětské vodíkové bomby a laureáta Nobelovy ceny za mír Andreje Dmitrijeviče Sacharova

1953

První funkční maser

Američan Charles H. Townes se svými studenty zkonstruoval první funkční maser.

Slupkový model atomového jádra

Model vypracovaný německou fyzikou Marií Goeppertovou–Mayerovou a německým jaderným fyzikem Johannesem Hansem Danielem Jensenem vychází z analogie mezi vlastnostmi elektronového obalu atomu a pozorovanými vlastnostmi atomového jádra. Podle tohoto modelu obsazují jednotlivé nukleony diskrétní hladiny (slupky) obdobně jako elektrony v atomovém obalu. Na návrhu slupkového modelu jádra ve stejné době pracovali také německý fyzik Otto Haxel a rakouský jaderný fyzik Hans Suess.

1954

Teorie supravodičů II. typu

Teorii chování supravodičů II. typu (supravodiče, u nichž není Meissnerův jev dokonalý) popsal sovětský fyzik Alexej Alexejevič Abrikosov. Ve své práci navázal na teorii Vitalije Lazareviče Gingsburga a Lva Davidoviče Landaua z roku 1950.

1955

Objev antiprotonu

Antiproton má záporný náboj, a proto odpuzuje elektron a přitahuje pozitron s kladným nábojem. Absolutní většina antiprotonů v běžném látkovém prostředí během 100 nanosekund anihiluje. Jako první je vytvořili a detekovali italský fyzik Emilio Gino Segrè a americký fyzik Owen Chamberlain.

Důkaz vnitřní struktury nukleonů

Robert Hofstadter pomocí rozptylu elektronů na atomových jádrech dokázal, že nukleony (protony a neutrony) mají vnitřní strukturu, a nelze je tedy považovat za bodové částice.

1956

Zobecněný model atomového jádra

Tento zatím nejdokonalejší model atomového jádra, který navrhli společně Aage Niels Bohr, Ben Roy Mottelson a Leo James Raiwater, sjednocuje model kapkový se slupkovým. Centrální část jádra je obdobou jaderné kapky, v jejímž poli se pohybují vnější nukleony.

Objev antineutronu

Elementární částici *antineutron* objevil v Lawrenceově Národní laboratoři v Berkeley Američan Bruce Cork.

Experimentální důkaz neutrina

Frederick Reines s Clydem Lorainem Cowanem Jr. na jaderném reaktoru v Jižní Karolině (Savannah River Site) experimentálně potvrdili existenci neutrina, které v roce 1930 předpověděl Wolfgang Pauli.

1957

Konstrukce a teorie laseru

Američan Charles H. Townes a jeho švagr, Američan lotyšského původu Arthur L. Schawlow, navrhli konstrukci laseru (Light Amplifikation by Stimulated Emission of Radiation) – zesilování světla stimulovanou emisí záření). Téhož roku vypracovali N. Basov a A. Prochorov teorii laseru.

Mikroskopická teorie supravodivosti

Američané John Bardeen, Leon Cooper a John Schrieffer vypracovali mikroskopickou teorii supravodivosti. Podle této *BCS-teorie* je podstatou supravodivosti taková interakce volných elektronů a fononů (kmitů krystalové mřížky), která vede ke vzniku vázaných dvojic elektronů, tzv. Cooperových párů.

Porušení zákona zachování parity

Američané čínského původu, experimentální fyzička Chien-Shiung Wu a teoretici Chen-Ning Yang a Tsung-Dao Lee ukázali, že u tzv. slabých interakcí se parita nezachovává, tj. zákon parity v přírodě obecně neplatí.

1958

Integrovaný obvod

Američané Jack Kilby a Robert Noyce zhotovili první germaniové a křemíkové integrované obvody.

Tunelový jev v polovodičích a supravodičích

Japonský fyzik Leo Esaki objevil tunelový efekt u polovodičů; tím byl tento typický jev kvantové mechaniky demonstrován na makroskopické úrovni. U supravodičů tunelový jev pozoroval norský fyzik Ivar Giaever a teoreticky objasnil britský fyzik Brian Josephson.

Mössbauerův jev

Jestliže volný nepohyblivý atom ze svého jádra emituje foton (kvantum záření gama), budou (v důsledku zpětného odrazu jádra a splnění zákona zachování hybnosti) hybnosti jádra a fotonu opačné. Vlnová délka emitovaného záření závisí v tomto případě na velikosti zpětného rázu. Je-li foton vyzářen jádrem atomu vázaného v krystalové mřížce, může být energie zpětného rázu jádra předána celému krystalu; vlnová délka emitovaného záření gama potom zpětným rázem jádra není ovlivněna. Tento jev, objevený německým fyzikem Rudolfem Mössbauerem, je základem tzv. Mössbauerovy spektroskopie.

1960

Rubínový laser

Americký fyzik Theodore H. Mainmann zkonstruoval první funkční pevnolátkový tříhladinový rubínový laser.

1962

Objev dvou typů neutrin

Americký fyzik Leon Max Lederman (*1922) experimentálně potvrdil existenci dvou odlišných typů neutrin (elektronového a mionového).

1963

Heterogenní polovodičové struktury

Sovětský fyzik Žores Ivanovič Alfjorov a nezávisle na něm také americký fyzik Herbert Kroemer navrhli koncept heterogenních polovodičových

struktur, který později umožnil jejich využití ve vysokorychlostní elektronice a optoelektronice.

1964

Kvarky a antikvarky

Existence velkého počtu hadronů (částic, které mezi sebou interagují velkými silami) přivedla v roce 1964 americké fyziky Murrye Gell-Manna a Georga Zweiga k domněnce, že tyto částice musí být složeny z menšího množství základních stavebních elementů – kvarků a jim příslušejících antikvarků.

1965

Reliktní záření

Reliktní záření (pozůstatek raného období vývoje vesmíru), které náhodou objevili Američané Arno Penzias a Robert Wilson, bylo už v roce 1946 předpovězeno kosmologickou teorií Velkého třesku amerického fyzika ruského původu Georga Gamowa.

1967

Teorie elektroslabé interakce

Američan Steven Weinberg a Pakistanec Abdus Salam vypracovali sjednocenou teorii slabých a elektromagnetických interakcí mezi elementárními částicemi.

Objev pulsaru

V srpnu 1967 objevila britská astronomka Jocelyn Bellová (*1943) v souhvězdí Lišky v Mléčné dráze rádiový zdroj, který vysílal své signály s mimořádně přesnou periodou. Od roku 1968 jsou pulzující hvězdy nazývány pulsary. Pulsar je neutronová hvězda, jejíž magnetická a rotační osa nemají shodný směr, a proto při rotaci vytváří majákovým efektem iluzi pravidelných záblesků (pulzů), zpravidla rádiových.

1967

Strunové teorie

Japonský fyzik Yoichiro Nambu, americký fyzik Leonard Susskind a dánský fyzik Holger Bech Nielsen navrhli představu fyzikální struny. Podle této teorie základními stavebními kameny nejsou objekty bodové (částice), ale jednorozměrné (mající délku). Chovají se jako nekonečné tenké kmitající struny, a to buď otevřené, tj. se dvěma konci, nebo uzavřené do smyčky. Dvě struny se mohou spojit do jedné, a naopak jedna struna se může rozdělit na dvě. To, co byla dříve částice, je nyní vlna na struně.

Veškeré interakce částic (vznik a pohlcení) se redukuje na spojování strun a jejich dělení.

Velký třesk

Britský matematický fyzik Roger Penrose společně s britským teoretikem Stephenem Hawkingem rozpracovali teorii G. Gamowa, podle níž vesmír vznikl z počáteční singularity (prostoru s nulovým objemem a nekonečnou hustotou i zakřivením) nesmírnou explozí, která má název Big Bang – Velký třesk. Tuto hypotézu podporují tři objektivně zjištěné skutečnosti: rozpínání vesmíru, objev reliktního záření a relativně velká koncentrace helia.

1974

Objev částice J/ψ

Tento nový druh elementární částice (J/ψ -meson) objevili nezávisle na sobě ve stejné době Burton Richter a Samuel Chao Chung Ting.

1975

Hawkingův efekt

Roger Penrose na základě Einsteinovy obecné teorie relativity dospěl k závěru, že pokud velmi hmotná hvězda zkolabuje svou gravitací, vznikne singularita – černá díra (objekt s nulovou velikostí, nepředstavitelnou hustotou a gravitační silou), z níž není úniku. To ovšem platí, jen pokud neuvažujeme kvantové jevy, jako je tunelování. Hawking doplnil Penrosovou teorii o tzv. kvantové vypařování černých děr (Hawkingův efekt): protože černá díra nemůže kumulovat energii donekonečna, musí z ní vycházet tepelné záření (Hawkingovo záření), což za určitých podmínek povede až k jejímu zániku.

1980

Kvantový Hallův jev

Kvantový Hallův jev je typický pro dvojrozměrné elektronové systémy, které mají vlastnosti kovové destičky o tloušťce srovnatelné s atomovými rozměry, zhruba 10 nm. Když u takové struktury Klaus von Klitzling v roce 1980 při nízkých teplotách a v silných magnetických polích měřil Hallův odpor, zjistil, že se v závislosti na magnetickém poli nemění lineárně, ale nabývá pouze diskrétních, velmi přesně definovaných hodnot $R_H = h/n \cdot e^2 = R_K/n$, kde h je Planckova konstanta, e náboj elektronu, n celé číslo a $R_K = h/e^2$ Klitzingova konstanta. Tento jev je doprovázen poklesem napětí ve směru proudu; podélný odpor klesne o několik řádů, dvojrozměrný elektronový systém se chová jako ideální vodič.

1982

Zlomkový kvantový Hallův jev

Němec Horst L. Störmer, Číňan Daniel Tsui a Američan Robert B. Laughlin objevili zlomkový kvantový Hallův jev, kdy R_H nabývá diskrétních hodnot i v případech, kdy n je jednoduchý zlomek.

1983

Objev bosonů W^+ , W^- a Z^0 , které odpovídají za slabou (výměnnou) interakci v atomovém jádru a v reakcích elementárních částic.

1985

Fullereny

Protože uhlíkové atomy v obřích molekulách fullerenu jsou prostorově svinuty do tvaru koule nebo elipsoidu, mají fullereny mimořádnou odolnost vůči vnějším vlivům. Dosud nejstabilnější fulleren obsahuje 60 uhlíkových atomů. Čistá krystalická forma fullerenu, tvrdší než diamant, dostala název fullerit. Jestliže do volného prostoru krystalové struktury fulleritu začleníme např. atomy alkalických kovů, kyslík, helium apod., dostaneme fulleridy. Fulleren objevili tři chemici: Američané Robert Curl a Richard Smalley a Brit Harold Kroto.

1986

Vysokoteplotní supravodivost

Počátkem roku 1986 Němec Johannes George Bednorz a Švýcar Karl Alexander Müller zjistili, že sloučenina La-Ba-Cu-O má kritickou teplotu $T_C = 35$ K. Cílem je syntetizovat materiály, které by byly dlouhodobě supravodivé za pokojových teplot. Mechanismus vysokoteplotní supravodivosti není dosud uspokojivě vysvětlen.

1995

Objev top kvarku

Tato elementární částice, se od ostatních kvarků výrazně liší svou hmotností. Objevena byla ve Fermiho laboratoři v Chicagu.

2004

Grafén a grafan

Fyzikové ruského původu Andrej Konstantinovič Geim a Konstantin Sergejevič Novoselov objevili způsob přípravy dvojrozměrné alotropické modifikace uhlíku – grafénu. Jsou-li k uhlíkovým atomům v hexagonální síťce střídavě připojeny atomy vodíku (jeden zdola, sousední shora), vzniká rovinná struktura nazývaná grafan.

2012

Objev Higgsova bosonu

Tato elementární částice byla v roce 1964 předpovězena britským teoretickým fyzikem Peterem Higsem.

2015

Objev gravitačních vln

První přímé pozorování změny gravitačního pole vznikající pohybem hmotných těles s proměnným zrychlením a šířící se prostorem rychlostí světla bylo uskutečněno 14. 9. 2015.

2019–2024

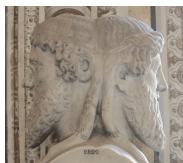
V roce 2019 uveřejnil tým z Fyzikálního ústavu AV ČR v Praze a Gutenbergovy univerzity v Mohuči první ze série článků, v nichž teoreticky identifikoval nekonvenční magnetické materiály. O dva roky později byl nový typ magnetu nazván altermagnet.

Altermagnety si lze představit jako magnetické uspořádání v krystalové mřížce, kde se střídají nejen směry magnetických momentů sousedních atomů, ale také prostorová orientace atomů. Nicméně vnitřní magnetická pole modulují elektrický proud obdobně jako u feromagnetů. Tato kombinace vlastností je potenciálně velmi atraktivní pro aplikace v spintronice a nanoelektronice.

Experimentálně byl altermagnetismus jako třetí fundamentální typ magnetismu potvrzen mezinárodním týmem koordinovaným Tomášem Jungwirthem z Fyzikálního ústavu AV ČR (Nature, 14. února 2024).

Za sto let, během nichž vycházejí Rozhledy, došlo nejen ke grandióznímu rozvoji nejrůznějších technických oborů, ale nové fyzikální metody umožnily rozmach chemie, biologie, lékařské diagnostiky a terapie.

Ve stylu našeho života nastaly zásadní změny. Bohužel nejenom k lepšímu. Vědeckotechnický pokrok se podobá římskému bohu Janusovi, symbolu přeměny z jednoho stavu do druhého. Je jednotou protikladů – chvályhodných činů i neopatrného a neprozíravého využívání přírodních sil a civilizačních vymožeností.



Románská busta Janus, Vatikánská muzea