otázky a názory

Čs. čas. fys. *A19* (1969), 93—96

S prof. dr. Wernerem K. Heisenbergem o problémech současné fysiky

(Interview Čs. čas. fys. A)

With Professor Werner K. Heisenberg on the Problems of Modern Physics

(Interview of the Czech. J. Phys. A)

Při návštěvě profesora Heisenberga v Praze byl 22. května 1968 během prohlídky staropražských památek zaznamenán ve voze hosta tento rozhovor:

Pane profesore, v poslední době se Vy a Vaši spolupracovníci ve Vašem ústavě zajímáte o vztah mezi fysikou mnoha částic na jedné a fysikou elementárních částic na druhé straně. Byl byste tak laskav a shrnul hlavní důvody, které Vás vedou ke studiu tohoto vztahu?

W. K. HEISENBERG:

Především lze usoudit z experimentů posledních dvou desetiletí, že elementární částice jsou složené systémy podobně jako systémy kvantové chemie: jsou to systémy mnoha částic v tom smyslu, že — paradoxně řečeno — každá elementární částice je složena ze všech ostatních částic. Tento výrok je ovšem zřejmě velice paradoxní; přesto je z experimentů nepochybné, že obsahuje část pravdy, neboť při srážce kterýchkoli dvou částic může vzniknout mnoho jiných částic. Již to naznačuje, že by mělo být možné aplikovat metody fysiky mnoha částic na problémy fysiky elementárních částic a naopak. Od „mnohačásticových" fysiků víme (já sám nejsem „mnohačásticovým" fysikem), že oni dnes opravdu používají velmi mnoha z těch metod, které byly vypracovány SCHWINGEREM a ostatními ve fysice elementárních částic, třeba metody Greenových funkcí atd. Mezi oběma předměty je tedy tento těsný vztah. Další problém, o nějž mám já osobně velký zájem, je degenerace základního stavu, jejíž důsledky jsou formulovány v Goldstoneově teorému.[1]) Domnívám se, že Goldstoneův teorém a degenerace základního stavu vskutku hrají ve fysice elementárních částic důležitou roli. Chtěl bych říci, že toto je vlastně myšlenka PAULIHO, který před deseti lety jako první poukázal na to, že tato degenerace základního stavu může hrát roli ve fysice elementárních

---

[1]) *Redakční poznámka:* Goldstoneův teorém lze stručně vyjádřit slovy asi takto: V jakékoli fysikální teorii, v níž je narušena symetrie základního (vakuového) stavu vzhledem k nějaké grupě transformací a která nadto a) je buď relativisticky invariantní, b) nebo obsahuje síly s krátkým dosahem, existují nutně částice s nulovou hmotou, resp. excitační stavy, jejichž energie se blíží k nule při neomezeném růstu vlnové délky. Jako domněnku, založenou na speciálním modelu, uveřejnil GOLDSTONE svou větu v Nuovo Cimento *19* (1961), 154; o rok později ji spolu s A. SALAMEM a S. WEINBERGEM dokázal (Phys. Rev. *127* (1962), 965). Řada autorů se pak zabývala zobecněním této věty a jejími aplikacemi v různých odvětvích teoretické fysiky. Důležité je, že věta platí pro relativistické i pro nerelativistické teorie a že žádá pouze narušenou symetrii základního stavu, což lze realisovat ve fysice pevných látek, v kvantové chemii, ve fysice mnoha částic vůbec, a stejně tak i — jak prof. HEISENBERG ukazuje — ve fysice elementárních částic. Je tedy Goldstoneův teorém aplikovatelný v nejrůznějších oborech fysiky a chemie a nadto je zajímavým způsobem spojuje. Goldstoneův teorém a jeho aplikace jsou proto v současné době předmětem velkého zájmu a studia; literatura do počátku r. 1967 je obsažena např. ve sborníku Proceedings of the 1967 International Conference on Particles and Fields (Ed. by C. R. Hagen, G. Guralnik, V. S. Mathur), Interscience Publishers, John Wiley and Sons, New York—London—Sydney 1968.

částic. Vedly ho k tomu tyto důvody: Máme-li nějakou polní teorii bez interakce, takovou, jakou všichni znají z učebnic, můžeme říci, že prázdný prostor, vakuum, lze ztotožnit s „ničím", tj. vakuum musí mít úplnou symetrii vzhledem k jakékoli grupě, protože nemá žádnou fysikální vlastnost. Jestliže však zavedeme interakci, pak dostaneme ve fysice elementárních částic proces tvoření párů. To znamená, že ke každému systému existuje jiný systém s přesně toutéž symetrií, v němž oproti původnímu systému je pouze přidán jeden nebo dva nebo jakýkoli počet párů. Je proto zcela jasné, že normální stav, stav s nejnižší energií, nemůže být ztotožněn právě s prázdným prostorem, protože počet částic není dobrým kvantovým číslem. Můžeme říci, že je to směs mnoha různých stavů s počty párů rovnými nule, jedné, dvěma atd. Proto nejnižší stav systému je dynamický problém, podobně jako nejnižší stav krystalu nebo nejnižší stav feromagnetika atd. A poněvadž je to dynamický problém, očekáváme, že tu narazíme na všechny ty potíže, které známe z fysiky mnoha částic. Především víme, že u krystalu tatáž směs atomů může mít dvě různé stabilní konfigurace, dvě různé krystalické struktury, a dále že symetrie nejnižšího stavu není úplnou symetrií hamiltoniánu, nýbrž je nižší. Například krystal má nějakou osu, feromagnetikum má osu nebo magnetický moment atd. Proto, jak PAULI dovozoval, je velmi přirozené, ba je téměř nevyhnutelné říci, že nejnižší stav ve fysice elementárních částic je dynamický problém, takže musíme očekávat degeneraci, Goldstoneův teorém atd.

Ve své včerejší přednášce na Karlově universitě jste se zmínil o jedné fysikální aplikaci indefinitní metriky v Hilbertově prostoru. Rádi bychom se Vás zeptali na Váš názor k této otázce: Má být dále rozvíjena matematická teorie representací grup a algeber v Hilbertových prostorech s indefinitní metrikou? Bude mít tato teorie další použití ve fysice?

W. K. HEISENBERG:

Považuji indefinitní metriku v Hilbertově prostoru za užitečný matematický nástroj; pochopitelně je třeba si uvědomit, kolik s tím lze dokázat; to se teprve ukáže. Dnes již existuje dokonce kniha od maďarského kolegy pana NAGYHO, který psal o indefinitní metrice v Hilbertově prostoru. V každém případě nevidím žádnou námitku proti používání takovýchto matematických pomocných prostředků. Máme-li již ve fysice Lorentzovu grupu, víme z matematiky, že všechny konečné representace Lorentzovy grupy jsou pouze representacemi v prostoru s indefinitní metrikou. V nekonečných prostorech existují ovšem i representace Lorentzovy grupy s positivní metrikou; ale indefinitní metrika je pro Lorentzovu grupu takříkajíc velmi přirozenou metrikou; zdá se mi tedy, že je užitečným matematickým pomocným prostředkem.

V závěrečné poznámce k českému překladu Vaší knihy „Fysika a filosofie" uvádí Miloslav Král, že Vaše filosofické názory se v posledních letech poněkud změnily; že jste dříve zastával spíše positivistické názory, zatímco nyní se kloníte spíše k „realističtějšímu" stanovisku. Co byste chtěl čtenářům našeho časopisu říci o svých současných filosofických názorech?

W. K. HEISENBERG:

Zdá se mi velice obtížné vtěsnat filosofické názory, které se u mne vyvíjely v souvislosti s fysikou, do takových schémat jako idealismus, realismus, positivismus atd. Přirozeně každé filosofické mínění, které si jednotlivec sám tvoří, obsahuje vždy prvky všech těchto rozličných filosofií a vzniká snaha vytvořit si z toho nějaký obraz, který by se obzvláště dobře hodil právě na tu situaci, která byla nalezena ve vědě. Já sám jsem řekl i včera ve své přednášce, že v současné chvíli se v atomové fysice velmi silně kloním k platonskému pojetí, že symetrie jsou základním principem přírodních zákonů, že je tedy správnější říci podle PLATONA „Na začátku byla symetrie", než tvrdit podle DEMOKRITA „Na začátku byla částice". Chceme-li, můžeme to nazvat idealistickým pojetím, ale jak už jsem řekl, tato jména mnoho neznamenají. Věřím čistě empiricky, že k pochopení elementárních částic jsou symetrie, tj. sledování invariancí přírodních zákonů, rozhodujícím prvkem a že tedy je třeba vyzvedat význam struktur a obrazů, tedy idealismus.

Děkujeme, měl bych sice ještě jednu příbuznou otázku, ale snad se zeptáme raději již na něco zcela jiného. Máte zajisté, jak všichni víme, velmi bohaté zkušenosti nejen v čisté fysice, ale také v nejrůznějších oblastech, které s fysikou souvisejí, to znamená např. v organisaci fysikálního výzkumu a při rozhodování, jak má být celý fysikální výzkum orientován. Mohl byste nám sdělit některé ze svých osobních zásad, kterých se přitom vždy držíte?

W. K. HEISENBERG:

Především bych řekl toto: Kdykoli spolupůsobím v takovýchto vládních poradních sborech, zdá se mi důležité, že člověk nesmí myslet jen na jednu vědu, nýbrž musí brát v úvahu zájmy všech věd. Nelze tedy vycházet z toho, že třeba fysika by byla důležitější než biologie nebo chemie nebo cokoli jiného. Je naopak třeba vidět všechny ty rozličné projekty v rozumných relacích a příslušná organisační opatření činit tak, aby se všem dostalo po právu. Je ovšem velmi těžké uvést obecná hlediska, podle nichž lze provádět taková rozhodnutí. Jedná-li se např. o fysice, vyskytuje se často nutnost — nebo aspoň požadavek — uvolnit značně veliké státní prostředky; předpokládal bych, že pro to mohou být dvě oprávnění; jedno spočívá v tom, že ve skutečnosti z toho vyplynou i velmi důležité ekonomické důsledky, že tedy praktické aplikace fysiky se případně prosadí jako mimořádně významné v národním hospodářství; druhé oprávnění je, že může jít o problémy, které mají tak ústřední význam pro celkové poznání, tedy pro základy přírodní vědy, pro filosofii atd., že lze říci: i v případě, že z vyřešení problému nevzejde vůbec žádný hospodářský užitek, stojí za to vynaložit na ně značně velké prostředky. Ale právě při této druhé možnosti je podle mého názoru třeba být v otázce vydávání velmi značných prostředků ještě opatrnější než při první. Nyní se např. plánuje vydat mnoho peněz na evropský urychlovač na 300 GeV; v tomto případě mám pocit, že není tak naspěch. To znamená, že je např. možno klidně vyčkat, co nového se ukáže na velkém ruském urychlovači v Serpuchově nebo co najdou Američané na svém urychlovači na 200 GeV, nebo konečně, co dokáže velký evropský urychlovač se vstřícnými svazky v Ženevě, který má být uveden do provozu za několik let a který odpovídá vlastně zařízení na 1700 GeV. Nemám tedy pocit, že je tu příliš velký spěch, nýbrž že lze postupovat poněkud klidněji, a příslušná rozhodnutí činit podle toho, jak se věda vyvine.

Děkujeme Vám, pane profesore.

Za Československý časopis pro fysiku rozmlouvali Jan Fischer a Zdeněk Málek (uveřejněno se souhlasem prof. Heisenberga z autorisovaného záznamu).

Poznámka k významu prací prof. W. K. Heisenberga

Jméno Wernera Heisenberga zůstane vždy spjato s teorií kvantové mechaniky, kterou publikoval r. 1925 ve svých 23 letech. Za tuto teorii a za její aplikace byl Heisenberg vyznamenán r. 1932 Nobelovou cenou za fysiku. Svou teorii založil důsledně pouze na tom, co mohlo být pozorováno, tj. na záření atomu, aniž předpokládal, že by bylo třeba mikroskopickým objektům připisovat polohu nebo

hybnost, jak jsme na to zvyklí v makrosvětě. Jeho maticové rovnice kvantové teorie jsou v dokonalém souhlase s pozorováním a jsou dodnes základem kvantové teorie.

Později Heisenberg objevil proslulý princip neurčitosti, který stanoví, že polohu a hybnost částice nelze současně určit s dokonalou přesností; součin nepřesností v určení těchto veličin nemůže být nikdy menší než Planckova konstanta. Heisenberg si také první uvědomil, jak podstatný vliv má tato skutečnost na naše studium mikrosvěta.

Velmi důležitý je Heisenbergův přínos v teorii feromagnetismu. Heisenberg (a nezávisle Frenkel) objevil, že spontánní magnetisace feromagnetik je způsobena spinovým magnetickým momentem elektronů a ukázal, že za uspořádání spinů v těchto látkách jsou zodpovědny výměnné síly, které jsou elektrostatického původu.

Neméně významné jsou Heisenbergovy práce z kvantové elektrodynamiky a z fysiky atomového jádra. Heisenberg je autorem teorie mnohonásobné produkce částic při vysokoenergetických srážkách, která je ve velmi dobrém souhlasu s experimentem. Od r. 1953 se Heisenbergova vědecká činnost soustřeďuje na jednotnou teorii elementárních částic.

Od r. 1957 se Heisenberg zabýval problémy fysiky plasmatu a termonukleárních procesů a úzce spolupracoval s mezinárodním ústavem CERN v Ženevě. Po řadu let působil jako člen vědecké rady tohoto ústavu.

Vedle vědeckých knih a článků publikoval prof. Heisenberg i práce v oblasti filosofie přírodních věd, v nichž se především snaží formulovat důsledky převratných objevů kvantové mechaniky pro teorii poznání. Projevuje přitom široký rozhled a hluboké pochopení dějin filosofie. Z řady jeho prací, např. z jeho knihy „Fysika a filosofie" (Nakl. Svoboda, Praha 1965) je patrno emociální zaujetí pro nutnost úplného vyřešení těchto otázek, hluboké cítění s osudem lidstava v moderním věku i pevné odhodlání nalézti konkrétní cesty k opravdovému porozumění všech světových civilisací. Heisenberg zastává názor, že studium fysiky a moderní vědy vůbec mohou účinněji přispět jak k porozumění mezi národy, tak i k dosažení tvůrčí harmonie v nitru moderního člověka.

Životopisná data:

Narozen 5. prosince 1901. Studoval na universitách v Mnichově a Göttingen, byl žákem A. Sommerfelda, Maxe Borna a Nielse Bohra. V roce 1923 získal doktorát na universitě v Mnichově a stal se asistentem Maxe Borna na universitě v Göttingen a v r. 1924 docentem na této universitě. V letech 1924 a 1925 pracoval s Nielsem Bohrem na universitě v Kodani, a v r. 1926 se stal lektorem teoretické fysiky na universitě v Lipsku (1927—1941). R. 1929 podnikl přednáškové turné po Spojených státech, Japonsku a Indii. R. 1941 se stal profesorem fysiky na universitě v Berlíně a ředitelem fysikálního ústavu „Kaiser Wilhelm Institut". Po válce byl v r. 1946 jmenován ředitelem Ústavu Maxe Plancka v Mnichově a profesorem na universitě v Göttingen. V období mezi roky 1948 a 1956 přednáší též v Cambridgi v Anglii, ve Spojených státech a ve Skotsku. V současné době je ředitelem ústavu „Max Planck Institut für Physik und Astrophysik" v Mnichově a (od r. 1958) též profesorem fysiky na universitě v Mnichově. V r. 1960 byl vicepresidentem vědecké rady CERNu v Ženeva a až do této doby je předsedou nejvýznamnější fysikální instituce v NSR, řídicí rady *Společnosti Maxe Plancka*. Vedle Nobelovy ceny za fysiku v r. 1932 obdržel řád „Pour le Merite" za vědu a umění v r. 1957. Je členem řady významných světových akademií věd, např.: Royal Soc. of London, Physical Soc. of London, Amer. Philos. Soc., Academy of Göttingen, Uppsala, Berlín, Bukurešť, Oslo, Halle, Lipsko, Mnichov, Madrid, Kodaň, Řím, Amsterdam, Helsinky, pontifikální akademik Pontificia Academia Sci., presidentem Alexander v. Humboldt Stiftung, Bad Godesberg.

Je autorem těchto knih:

Die physikalischen Prinzipien der Quanten-Theorie (1930)
Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft (1935)
Die Physik der Atomkerne (1943)
Vorträge über die kosmische Strahlung (1943)
Das Naturbild der heutigen Physik (1935)
Physics and Philosophy (1958)

Jan Fischer

Došlo 26. 6. 1968.