

André George: Dílo Ludvíka de Broglie
a fysika dneška

Ludvík de Broglie

André George

Dílo Ludvíka de Broglie
a fysika dneška

Stará Říše na Moravě l. P. 1937

DÍLO LUDVÍKA DE BROGLIE

A FYSIKA DNEŠKA

Žádné jméno neovládá tak vývoj soudobé fyziky jako jméno knížete Louis-Victora de Broglie. Ode dneška se věda bez něho neobejde. Ve věku, kdy nebývá obyčejně člověk mistrem, zasáhl rozhodně do vědy fyzické, vytušil nový řád, odklidil tisícileté překážky, předvídal, vypočítal ty vlny, jež se nazývají od té doby »vlnami Broglie-ho«; jedním slovem způsobil jednu z těch revolucí, v níž naše vědecké ideje, a vůbec naše myšlení jest převráceno, znova roztríděno, skvěle přezkoumáno a zvětšeno. Učencům nedostává se jako umělcům nesčetných odměn, aby jejich objevy byly hned každému známy. Vzácným štěstím mocným osvětlením Nobelovy ceny jméno Ludvíka de Broglie stalo se zjevným všem očím. Rádi bychom se tu pokusili o skrovný náčrtek jeho theorie a úžasných důsledků, jež z ní vyplývají. Dnešní důkladný člověk rád všemu vidí do kořenů. A k tomu velmi přispívají úvahy

o historii a filosofii věd. Arci obecnou řečí možno podati jen přibližnou představu, jen hrubý obraz věci. Ale konec konců ani věda nemá jinou řeč u srovnání se skutečností. A proto v takovémto popularisačním pojednání nesmíte chtít na čtenáři více úsilí než ho požadoval Fontenelle od své markýzky.

1. - Historie jistých zjevů

Newton a vítězství přetržita ve hmotě. - Asi to, že p. Louis de Broglie uvažoval o pramenech, běhu a překážkách moderní vědy, přivedlo ho k jeho theorii. Musíme tedy krátce projít touže cestou. Prvním památníkem jest tu zajisté mechanika klasická, mechanika Newtonova. Pozoruje v základu částice nekonečně malé, »hmotné body«. Její zákony řídí jejich pohyby v působení sil. Stavba ta jest korunována hypotézou vesměrné přitažlivosti, jež rozšířila zázračně Dynamiku. Byla tak čistá a tak krásná, že jsme se již spřátelili s myšlenkou, že jest věčná. Ba zdálo se, že ji lze odvoditi celou z pouhého *principu* nejmenší (minima) *činnosti* (ještě se s ním setkáme), vysloveného Maupertuisem - oním učencem našeho Osmnáctého, kterého Voltaire chválil a tupil se stejnou krajností, a kterého až Henri Poincaré postavil na jeho pravé místo.

V XIX. století newtonská mechanika vítězí ve většině oborů: pružnost, kapillarita, akustika, hydrodynamika, geometrická optika. Když ně-

který vynálezce vykládá svůj objev, musí prokázat učenému světu, že zapadá do rámce Newtonova; ba i Ampère tudy prochází.

V thermodynamice s pomocí úvah pravděpodobnostních, *statistických*, Maxwell a Boltzmann, potom Boltzmann a Gibbs založili kinetickou theorii plynů, na tradiční základně Dynamiky.

Zajisté, elektřina, poslední příchozí, jevila se okazale neodvislou. Ale konečně ani Maxwell, ani jeho pokračovatelé nezříkali se mechanického vysvětlování v úhrnu elektromagnetismu.

Z druhé strany jeden z velikých proudů soudobé vědy, atomismus, čím dál tím silnější a vítěznější, připojil se též k chodu idejí newtonských. »Částičky« mechaniky, to byly celkem »atomy« starověkých filosofů. Jedny i druhé vázaly se na pojem přetržita, který si rozděluje se svým protilehlým pojmem spojitá orientaci lidského ducha ve studiu přírody.

Zvláště v elektřině. Veliký holandský učenec Lorenz, jenž zemřel v únoru 1928, rozvínoval též svou plodnou theorii *elektronu*, totiž zrnka

(trošky) negativní elektřiny, na elementární »částici«. Pojem ten přešel i na druhé »elektrické fluidum« (jak se mluvilo v XVIII. století), na elektřinu pozitivní. Sama jest utvořena z tělísek, *protonů*, jejichž úkol jest stejný s úkolem elektronů a liší se od něho jen znamením (*plus* místo *minus*). Atomy jednoduchých těles, - zrnka hmoty - jsou složeniny elektronů a protonů. Způsob této komposice se poznenáhlu precisoval, díky Angličanu Rutherfordu, který roku 1911 nám ukázal, že hledíc k jejich nejnižším rozměrům elektrony a protony jsou obklíčeny jakýmsi zázračným prázdnem, - díky též Dánu N. Bohrovi, jehož slavná theorie vybudovala r. 1913 architekturu atomu. Z těchto jmen cizích nesmíme vyloučiti ostatně jméno Jeana Perrina, který více než kdo jiný dokázal jsoucnost atomu.

Nemíníme se zde zabývati atomy a jejich experimentálním úspěchem. Řekněme si jenom s jedním z našich učitelů, p. Fabrym, že přešly z období adjektiv do období čísel. A připomeňme konečně, že ode dneška odporují jejich etymologii *nedělitelného*, *nerozkrojitelného*, převá-

dějící se naopak v systém čím dál složitější, tou měrou, jak se postupuje v klasifikaci (rozřídování) těles.

Shledáme se s atomismem, přetržitem i v samém království záření (radiace). Ale tentokrát vcházíme do éry revolucí. Bylo by bývalo krásné zastaviti se u tohoto náčrtku beze stínů. Způsobem čím dál tím vzdálenějším zavládala autorita pouhého jména Newtonova. Ale věda není nikdy dokončena: pro ni zvlášť netrvalí absolutní monarchie.

Zápas mezi spojitým a přetržitým v theorii světla.
Mluvili jsme dosavad jenom o jedné z obou »realit«, jež nynější fysik studuje: o hmotě. Zbývá nám druhá, záření, ona oblast radiací, o níž byla právě zmínka. Jedná se zde o *světlo*, věčný symbol a dnes velmi široké slůvko, jež objímá úžasný obor. Od záření hertziánského - *T. S. F.* - o velkých délkách vln, až k paprskům X a k paprskům gamma radia, potom k těm paprskům ultra-X, jež se jmenují »kosmickými«, a cestou přes naši skrovnou oktavu záření viditelného, s infra-rudým a ultra-fialovým, jež je

rámcejí, řada jest ode dneška nepřetržitá od asi padesáti kilometrů k jedné desetimiliardině milimetru. Radiace ty liší se od sebe jen délkou vlny, totiž konec konců jak fialová se liší od červené, čili stanice Eiffelovy věže od Radio-Paris.

Nuže, právě kolem tohoto zjevu podstatného, živoucího, kolem světla se zvláště svádí souboj mezi spojitým a přetržitým. S přetržitým váže se jméno Newtonovo, spojitě jest zastupováno Huyghensem a velikým Fresnelem.

Newton vysvětloval světlo sluneční *vysíláním* (on říkal »výronem«) částic slunce, a myšlenka ta se jevila v souladu s celou jeho koncepcí Dynamiky. Již Huyghens bojoval s tímto způsobem vidění. Představoval si, že světelné paprsky postupují chvěním, jakýmsi *vlněním*, šíříce se prostorem domněle naplněným jakýmsi jemným »prostředím«, etherem. Tento nepamětný zápas ostatně řadí pod svůj prapor jména Empedokles, Demokritos, Lucrecius, Kepler, Newton, d'Alembert, Laplace, Poisson; toť přívrženci »vysílání«; kdežto stoupenci »vlnění« jmenují se Aristoteles, Descartes, Huyghens, Malebranche,

Euler, Young, Fresnel. Euler, znamenitý učenec švýcarský z XVIII. století podal antinewtonské důvody na dosah každého ve svých *Listech Kněžně Německé*. Vysvětluje tam, že zvuk houslí přichází nám chvěním vzduchu: nezasahuje ucho něco z houslí, ty zůstávají celé; též není-li vzduchu, zvuku neslyšíme. Stejně se to má se světlem: nevchází do našeho oka nějaká částice slunce, jest toliko chvění etheru, právě jako pro zvuky houslí jest chvění vzduchu.

Ale tento příklad antinewtonského učence byl vzácný. Řekli jsme, jakých triumfů čím dál širších dobýval newtonismus. Nauka Huyghensova poznenáhlu upadala v zapomenutí. Proti tak všeobecnému zavládnutí jenom fakta mohla něco zmoci. Až dosavad znaly se jen ty elementární zjevy, seškuspené do kapitoly o *Geometrické Optice*, v níž možno viděti první přiblížení se k obecné Optice, a jež se vysvětlovala velmi dobře v newtonské theorii vysílání. Objevem křížení světelných paprsků přišlo se k Optice vlnivé. »Právě následkem tohoto objevu Fresnel byl přiveden k tomu, aby vytvořil svou theorii chvění (vlnění), proti theorii Newtono-

vě, tehdy všeobecně připouštěné.« Tak praví Arago ve větě, která ukazuje dobře, jak utkvěly myšlenky opačné; je v jeho *Deuxième mémoire sur la diffraction de la lumière* (Académie des Sciences, 6. října 1816). - Newton ostatně jaksi tušil možnost vysvětlení vlnivého. A třeba upozorniti, že žáci byli neustupnější než učitel, Laplace, Biot, Poisson »mnohem newtonštější než Newton« (cf. Fabry, *Revue d'Optique*, n° Fresnel, p. 30).

Fresnel a vítězství »chvění«. - Každý má ponětí o tom, čemu se říká jednoduchý výchvěj (vlna): posloupnost vln a vzdálenost mezi dvěma za sebou jdoucími vrchy vlny (toť »délka vlny«, je-li vzdálenost stálá); každý zná kruhy, jež se šíří na klidné vodní hladině kolem bodu, kam zasáhl kámen; to jsou známé výjevy. Počet vrchů, jež procházejí za vteřinu v témže pevném bodě, jmenuje se »periodičnost« vlny, jejich výška jest »výchvěj« (kmit).

Narazí-li vlny na překážky, stává se zjev složitější. Jednoduché vlny kladouce se na sebe, tvoří jistý chvějící stav, který vyplývá v každém

bodě způsobem, v němž se různé vlny spojují nebo jdou proti sobě (jdou *v směru souhlasném* nebo *opačném*, říkají fyzikové). Se světlem, běželi o vlny, dostaneme buď větší intenzitu («skvělé třásně» Optiky) nebo ztemnění. V tomto posledním případě, jak pravil Arago ve své pochvalě Fresnelovi určitě, vznikne zatmění kladením světla na světlo. Tyto pokusy křížení světelných vln, započaté Angličanem Youngem, byly objeveny a zvláště dány do ideální formy mathematického celku Augustinem Fresnelem. Jeho podivuhodná synthesa undulační vystrnadila z této oblasti ideje Newtonovy, všude vítězí. Zdála se teď ona definitivní. Bez obtíží zapadla do elektromagnetické theorie Maxwellovy, Hertzovy a Lorentzovy: pružný ether, předpokládaný šířením vln, stal se etherem elektromagnetickým, mathematické výpočty zůstaly tytéž, a, jak rád Poincaré ukazoval, »poměry« se nezměnily.

Útočný návrat »vysílání« v nauce o světle. - Atomistická theorie a undulační theorie, tak se zdálo, rozdělily se spravedlivě o vědu a při-

vedly ji k tomu stavu stability, jenž byl Augustu Comte-ovi ideálem.

Nuže, tyto oba podobně skvělé výsledky mezi sebou nesouhlasily. Atomismus, přetržitost, panovaly všude ve hmotě; spojitost, vlny vládly ve-
litelsky ve fyzice záření, a panství to denně vzrůstalo. »Ten kompromis,« praví výborně Louis de Broglie, »jenž vkládal přetržito do hmoty a spojitost do světelného etheru, nebyl schopen života.«

Předně elektronová theorie Lorentzova odní-
mala etheru Fresnelovu jeho vlastnosti a skoro jeho skutečnost. Jak pravil žertovně Einstein, »nepohnutelnost jest jedinou mechanickou vlast-
ností, kterou mu Lorentz ještě ponechával«. A se samým Einsteinem ether hodlal jich vi-
děti více! ... Ale zásah hlubší přicházel odji-
nůd. Jak opravdu zajistiti vztahy mezi hmotou a zářením (»vztahy hmoty a etheru«, říkalo se tehdy), protože obě domény byly řízeny radi-
kálně opačnými principy? Nuže, nevznikají ne-
shody ty právě při příležitosti obtíží na hrani-
cích? *Ue své prvotní podobě*, ne-li věru v zá-
kladě skvělá koncepce Fresnelova dodýchávala

na prahu XX. století. Studium záření v jedné z jeho částí vyvolalo nejhlubší snad z moderních revolucí v oboru vědeckém, neobyčejnou *theorii kvant*. Oč vlastně běží?

Kvanta. - V oblasti tepelného záření ideje klasické dospívaly k výsledku jak proti zkušenosti, tak proti logice: vzorec Rayleigh-Jeansův přisuzoval nekonečnou energii každé částici toho neb onoho záření, v rovnováze v obvodu isothermy. Německý učenec Max Planck ve sdělení ze 14. prosince 1900 Německé Společnosti Fysiky věc celou přesně vyjádřil stavěje proti tradiční myšlence o neobmezené dělitelnosti energie hypothesu jakési konečné kvantity, nedělitelného *kvanta*. Každá »barva« má ostatně své kvantum, totiž že hodnota kvant jest poměrná častosti (fréquence) zřídla: Rozvržení energie se děje tedy po zrnech, i tato kvanta vycházejí z onoho atomismu, který jest rozhodně podstatnou tvářností dnešní vědy. Chcete-li, v *theorii kvant* energie nevystupuje nebo nesestupuje leč po stupních schodiště, kdežto s klasickými idejemi posunuje se neustále po pod-

jezdu (po rampě), jak malebně praví znamenitý anglický učenec Eddington v hluboké, ale též humorné knize, zasvěcené *Přírodě světa fyzického*.

Všechno teď zaplavila kvanta. Poincaré v posledních svých letech pozdravoval jejich příští. Einstein od r. 1905 rozšířil myšlenku tu na oblast světla, mluvě o *kvantu světelném* (Lichtquanten), pravých to atomech záření. Byl to návrat k Newtonovi, obraceli se zády k Fresnelovi. Nuže, tyto obraty učenců nejsou jen tak nějakými vrtochy. Šlo o to, vysvětliti zajímavý zjev, *foto-elektrický účinek*, objevený Hertzem od r. 1887, který však zůstal spíše tajemným. Vidíme v něm, jak »světlo« vypuzuje jisté elektrony z hmotných atomů. Když bychom připustili ještě k slovu undulační theorii, účinek ten by se oslaboval se vzdáleností, neboť vlny vody ztrácejí poznenáhlu na své vzdutosti, neboť zvuky »umírají«. Nuže, tady se děje zcela něco jiného: činnost světla nezávisí na vzdálenosti od zřídla. Zářivé tělísko zachovává svou energii »jako granát naplněný třaskavinou«, napsal velmi dobře kníže Louis de Broglie, »chová v každé

vzdálenosti od ohňového jícnu děla tutěž zhoubnou schopnost«.

Roku 1922 druhý případ (snížení častosti paprsků X rozptylem, když procházejí hmotou), - objev jednoho z předchůdců knížete de Broglie v Ceně Nobelově, mladého Američana Comptona, nemohl se též vysvětliti rozumně jinak než ideou *vysílání*, jakousi teorií srážky mezi atomem světla (paprsek X) a elektronem, totiž plnomocnitelem hmotného atomu.

Kvantum světla tedy dokázalo svá práva na bytí. Od r. 1926 upraven i jeho občanský stav a dáno mu jméno *photon* od fysika Wallise.

Krise optiky undulační. - Tímto neobyčejným útočným návratem newtonské ideje, koncepce tělískové ve fysice světla měla býti zase zničena theorie undulační? Nikterak: obě kontradiktorné nauky, jež v minulosti nemohly než za sebou následovati, přicházely teď na jeviště zároveň. Fakta jednak požadovala, aby světelná energie byla soustředěna v tělíška (účinek fotoelektrický, účinek Comptonův); jednak nebyla méně nezbytná řeč undulační, aby vyjadřovala

fakta optiky undulační (ohyb, křížení) a aby též definovala vlastnosti a povahu (délku vlny, častost) každého druhu záření. Fysika se nalézala zase v slepé uličce: zmatek té hodiny vidí se v dílech, jako jest práce velkého amerického fysika Millikana o *Elektronu* nebo přednáška Maxe Plancka o *Povaze světla* - obě přeložené do frančiny.¹

Celkem obdobné okolnosti jako ty, v nichž se zrodila Relativita. Učenci tehdy naráželi na tuto jinou kontradikci: astronomické pozorování ukazují, že světlo není strhováno do pohybu země, kdežto pokus krajní přesnosti, pokus Michelsonův dokazuje, že světlo podléhá strhování Země!

¹ Milikan, *L'Électron* (coll. Borel, Alcan, 1926); - Planck, *La Nature de la lumière* (Blanchard, 1927).

2. - Theorie Ludvíka de Broglie

Známo, kterak vzácné úsilí Einsteinovo zvítězilo nad touto překážkou a mnohými jinými. Podobně geniální intuice měla vyvésti i vědu z nové slepé uličky. Když dvě opačné theorie vykládají každá mnoho zjevů, jest nesnadno nepřisouditi díl pravdy jedné jako druhé. Celkem ode dneška shoda jest v tom, že jest nezbytno připustiti atomismus, přetržito, jak v záření, tak v hmotě. Nezacházelo se však příliš daleko a jako až dosavad nestával se názor ten příliš výlučným? Jako jindy Newtonova autorita odstavovala až k Fresnelovi příští theorie vln, neoddávali se teď příliš zhorka ideji kvanta? Všude se převracela věta: Příroda nedělá skoků, a, zkrátka, kde kdo byl hypnotisován trochu těmito »skoky«. Tomuto proudu myšlení se opřel Louis de Broglie. Schematisujeme-li z vnějška jeho myšlenku, vidíme dvojí: podal stručnou kritiku rovnic kvanta, nerozpakoval se směle generalisovati a ovšem i využití úvah řádu historického a filosofického.

Hluboký smysl kvant. - Náš mladý fysik četl nejprve vzorce kvant novými očima, odhaluje, čeho nikdo nebyl viděl. Základní vztah váže energii světelného kvanta na častost (fréquence), a ta jest zmnožována proslulou »konstantou Planckovou«, všeobecnou a neproměnnou veličinou, velmi malou, ne však nulnou, kterou jsme si navykli jmenovati h , a jež se nalézá na všech stránkách moderní fysiky. Ale theorie tělísková, věda přetržita, nedává žádného prostředku, jak definovati častost, - pojem podstatně spojitý!

Protože nebylo možno útočiti na vzorec fysicky pevně stanovený, bylo třeba nelogičnost hledati v theoretickém uvažování. Jestliže rovnice světelných tělísek mluvila zároveň o energii individuální a o častosti (tedy o délce vlny), tu bylo třeba zavésti *současně* pojem tělíska i pojem vlny, přetržito i spojito.

Mluvili jsme o moderní architektuře atomu, jak ji vybudoval zvláště Niels Bohr, jak v ní pokračoval Němec Sommerfeld, a o níž můžeme teď dodati, že se zakládala na kvantech. Aby

se atomická stavba nesesula a nerozloučila, elektrony, jež jsou nejčinnějšími hmotami, musejí mítí »stálé pohyby«. Tyto podmínky stálosti jsou zastoupeny čísly celými. »Nuže«, poznamenal de Broglie, »až dosud jedinými zjevy, jež vyjadřovala ve fyzice čísla celá, byly zjevy křížení a zjevy vlastních výchvějů«. Jsou to zjevy podstatně vlnivé. Idea symetrie tedy napovídala, že samy elektrony, právě jako fotony (kvanta světelná), nemohla býti svedena na pouhé hledisko tělískové, že bylo třeba jim propůjčiti též »periodičnost«, vázati je na nějakou vlnu.

Nuže, elektron, toť hmota. Hmota a záření zdály se tedy ukládati podobně ideu o nutném a vnitřním spojení mezi prvotní částicí a vlnou. Bylo třeba, jak se říká, »obdařiti tělísko periodičností«.

Zanedbávání hlediska. - Letmý pohled na dějiny odhaloval zajímavý parallelismus mezi oběma větvemi fyziky.

V oblasti světla theorie undulační, když dlouho před tím bojovala za své bytí, panuje jako paní

příliš absolutní: zanedbává stránku nespojitou, hledisko tělískovitě, třeba zjevů, odhalených zkušeností, aby se ukázalo, že »vysílání« též se ukládá, že světlo má býti představováno zároveň vlnami a tělísky.

Pro hmotu film se zdá roztáčet naopak. Nebere se zřetel na hledisko undulační, protože převládá atomismus: přece však tento jednostranný způsob vidění věcí jeví se nedostatečným. Což neukazují pokusy druhou stránku otázky, totiž vlnu, právě tak jako odhalily tělísko, pro světlo? A že vskutku tak se věci zběhly, brzy uvidíme: pokus potvrdil skvěle kvalitativně i kvantitativně geniální předvídavost Ludvíka de Broglie.

Cíl theorie. - Od té bylo cílem badatelovým odkliditi překážky, vesměs umělé, mezi fysikou hmoty a fysikou záření, nebo (a to budou vlastní výrazy autorovy), mezi Fysikou Newtonovou a fysikou Fresnelovou. Připomínaje své vůdčí ideje, sleduje také rozvinutí ve formě vyšší matematiky, p. Louis de Broglie vyložil první úplnou část své theorie ve své doktorské thésí, v listopadu r. 1924. Podružný titul *Úýzkumy*

o theorii kvant ukazuje najednou krajní skromnost autorovu a vědeckou oblast velmi určenou, v níž čerpal základy svého východiska; oblast až dosud velmi tajemná, jejíž hlubiny osvětlil jak nikdo jiný.

Princip Fermatův a princip nejmenší činnosti.
Jest hluboká podobnost mezi dvěma velikými principy: principem nejmenší činnosti neboli Maupertuisovým, o němž jsme se již zmínili, z něhož se vyvozuje celá klasická Dynamika, - a principem Fermatovým, který ovládá Optiku, podle něhož světlo, aby se sdělovalo od bodu k bodu, sleduje vždy cestu, jejíž trvání jest nejslabší. Fermat pravil, že Příroda působí vždy *cestami nejsnadnějšími*, Maupertuis nazýval svůj princip *zákonem ekonomie*. Zahlédl jej již kdysi irský učenec Hamilton, ale až sama kvanta mohla dovoliti, aby se z něho těžilo. Neusuzujeme však, že spodobení to bylo čímsi »snadným«. I tu zase klasické vzorce bylo třeba čísti očima genia. Nekonečná vzdálenost odděluje neurčitý dohad analogie zcela vnější a velmi přesný matematický výpočet od jednoho principu ke dru-

hému. Integrály, jež analyticky vyjadřují oba principy, mají tutéž charakteristiku (oba jsou »stacionární«). Ale ve vzorci nejmenší činnosti rychlost jest vyznačena v čitateli, kdežto v integrálu Fermatově jest ve jmenovateli. Tato různost (která ostatně vedla k opačným domněnkám od doby geometrické optiky, podle toho, zda se přijímalo »vysílání« nebo »vlnění«) ukazuje již sama sebou technickou překážku k stejné platnosti obou principů. Ve skutečnosti rychlosti jsou různé, a bylo nezbytno dosíci mezi nimi nějaké pojítka, jež by mohlo ospravedlniti spodobení obou ponětí. Určitěji řečeno: ztotožnění principu Fermatova pro vlny, a principu Maupertuisova pro částice (v případě stálého pole) jest učiněno z parallelismu, založeného mezi rychlostí tělíška a *rychlostí skupiny* (lord Rayleigh) vln, totiž mezi tělíškem a jeho vlnou. Dlužno přiznati všechnu zásluhu našemu fysikovi, že osvětlil jejich pravý smysl a dospěl analyticky k tomuto závěrku, o němž soudí zcela právem, že jest »velké racionální krásy«: princip Maupertuisův není než jistým vzhledem principu Fermatova.

Mechanika undulační. - Obecné vzorce stano-
vily parallelismus mezi vlnami a tělísky. Úva-
hou ukázal se jiný, a sice parallelismus mezi zá-
kony mechaniky »staré« (totiž mechanikou new-
tonskou, i opravenou Einsteinem) a zákony geo-
metrické optiky. Louis de Broglie, sleduje ve
všem svou neobyčejnou synthetickou práci, usu-
zoval takto: Optika geometrická jest první při-
bližnost Optiky undulační; a tak i naše stará
mechanika bude jenom přibližností vzhledem
k jakési širší mechanice povahy undulační. -
»Naše dynamika (v to pojímaje i její formu
einsteinovskou) opozdila se za Optikou, jest
v tom ještě ve stadiu Optiky geometrické.«
(*Thèse*, p. 61.)

Tato *mechanika undulační*, nazvaná tak Louis
de Brogliem a založená na jeho objevech, byla
zvláště vybudována Rakušanem Schrödingerem,
profesorem v Berlíně. Mechanickým veličinám
dostává se tam ztlumocení undulačního, - ztlu-
mocení odstíněnějšího, jemnějšího, jež se stává
nezbytným k vlastním rafinovanostem textu, to-
tiž k složitosti pohybů vnitro-atomických. Har-

monická a mocná synthesa, jež přivtěluje staré mechaniky« (v to pojímaje, jak jsme viděli, i mechaniku Relativity) jakožto zvláštní případ, a v níž splývají jako v jednu stavbu Dynamika, Elektromagnetismus, Optika. Louis de Broglie prodlužuje tu Fresnela, lépe řečeno, usmiřuje ho s Newtonem. Mechanika undulační vychází z rovnic šíření vln; tyto rovnice určují rozvoj v čase vlny sdružené s tělískem; studium tohoto šíření vlny jest naším jediným zřídlem poučení o rozvoji tělíska samého v prostoru. Zůstaneme-li v přibližných podmínkách, jež tvoří obor geometrické optiky, paprsky tohoto šíření se vlny odpovídají vrhovým čarám tělíska. *Prvkem převážným jest ostatně šíření se vlny*, a to vítězí, je-li neshoda, nad zákony staré mechaniky. Geometrická optika zastavuje se na prahu atomu: do vnitřního zařízení atomu nemá přístupu. Parallelismus ten jde dále, tolik jest pravda, že věda jest ustavičnou přestavbou (rekonstrukcí), mnohem více neobmezeným rozšiřováním než ničením. Optice geometrické odpovídaly staré mechaniky. Undulační mechanika váže se na undulační optiku Fresnelovu. Konečně sám

Fresnel, doháněn fakty, musel přidávati k své theorii světla, zaváděti do ní příčnost vln a jejich polarisaci. Nuže, i tu pokračuje parallelismus. Undulační mechanika byla podobně přinucena učiniti se složitější: korunována byla novým pojmem *magnetického elektronu*, již tušeného, ale představeného v jeho moderní a subtilní podobě jedním z velkých theoretiků přítomné hodiny, Angličanem Diracem (čti Dirakem).

Zkusná potvrzení. - Undulační mechanika rozřešila rozpor ve Fysice, učinila harmoničtější a jemnější, vytríbenější naši představu o světě. Ukázala se mathematicky rovnocennou s *kvantovou mechanikou*, s »mechanikou vzorových měř« Heisenberga, ověřovali ji svými pracemi Born, Jordan, Pauli, Dirac, jest možno ji teď pozorovati, jak pravil mladý a již veliký fysik italský Fermi, jako dva různé vzhledy téže věci: »Esse possono in uno certo senso considerarsi come due differenti aspetti della stessa cosa« (*Introduzione alla Fisica atomica*, 1928, p. 301). Ode dneška jest undulační mechanika poklá-

dána za nejdůmyslnější nástroj k prozkoumání Přírody, k tomu, abychom ji uměli rozebrati a využití. Objev dvojí molekuly vodíku, totiž rozložení vodíku normálního v *parahydrogen*, pro jednu čtvrtinu celkového plynu, a *orthohydrogen* pro tři ostatní čtvrtiny, - toto podivuhodné převrácení pojmů, přijatých pro látku, známou od r. 1766, a o níž se myslelo, že jest vše o ní řečeno, — jest nepopěrným vítězstvím nové metody. Její výpočty přísněji stanovují zjevy spektroskopické, do jejich krajní jemnosti, - »vyjadřuje ve formě úchvatnější«, praví velmi dobře Sommerfeld, »všechny zisky (vymoženosti) staré theorie spektrálních paprsků a atomické struktury«. (*Über Anschaulichkeit in der modernen Physik*, Scientia, août 1930.) Stanovuje způsobem obecným moderní formu, »novou theorii« kvant.

Ostatně byly tyto ideje od r. 1927 posvěceny pokusem. Řekli jsme již, že při otázce o jsoucnosti vlny, sdružené ne již se světlem, ale s hmotou, Příroda odpověděla: ano. Kdyby tato »elektronická vlna«, vlna vázaná na elektron, existovala, hmota (totiž elektřina) mohla by dáti

podnět jako světlo k zjevům ohybu a křížení. První jich dosáhli Davisson a Germer v »Bell Telephone Laboratories« v New Yorku. Od té doby Thomson a Reid v Anglii, Němec Rupp, Japonec Kikuchi dokázali jsoucnost sdružené vlny; r. 1929. Francouz Ponte vyvodil dokonale prstence ohybu (odchylu) rozptyluje elektrony kysličníkem zinku. Účinek svazku elektronů - hmoty, - jest naprosto analogický s účinkem svazku fotonů - »světla«. I tu jest parallelismus. Tyto elektronické pokusy jsou správným protějškem pokusů Laue nebo Maurice de Broglie a Debye-Scherrera pro paprsky X. A aby theorie byla skvěle potvrzena, délka vlny pro vlnu elektronickou se jeví analogickou k délkám paprsků X, totiž z pravidla desetimiliontinou milimetru.

Konečně pokusy polarisace byly stejně činěny s těmito »hmotnými vlnami«, jako se dějí již dlouho s vlnami světelnými. Výsledky, dosud slabé, jistě budou čím dál tím důraznější.

Již tento nový obraz byl by neporovnatelným, kdybychom se mohli u něho zastaviti. Ale kdy-

koliv obor vědy se rozrůstá, bývá nejnebezpečnější se zastaviti. Tento náčrtek, v němž jsme usilovali zůstatí objektivními, jest především historický. Zbývá teď popsati poněkud obsah fysického výkladu theorie. Budeme tu cestovati na hranicích vědy i filosofie, ba hranici tu i překročíme. Bude to cesta krušná: Bude to ověřením onoho místa *Théétetu*, kde Platon vyznává: »Jsme v kritickém postavení, v němž jest nezbytno pro nás obracetí předměty ze všech stran, abychom z nich čerpali pravdu.«

3. - Fysický význam (smysl)

V přednášce konané v Sorbonně 29. října 1927 při příležitosti stého výročí smrti Fresnelovy, kníže Louis de Broglie ukazoval, že formy abstraktní, mathematický aparát, k nimž vedou konkrétní představy, ustavují nejsolidnější prvek, nejméně pomíjející živel teorií. »Nové mechanice«, dodal, »nepodařilo se dosud přisouditi fysickou povahu vlnám, jež má na zřeteli, a to jí přece nepřekáží ani za mák, aby se dále nerozvíjela!«

Právě to nám dosud dovolovalo v první části tohoto náčrtku pojednati o původu a vyznačiti vzmach nové theorie, aniž jsme se museli hned pustiti do nesnadné otázky jejího fysického výkladu. Aspoň tak čtenář nenabyl obrazu nauky nějak hotové, dokončené, což by byla základní chyba. Teprve teď se o to pokusíme.

Tělísko »zvláštnost vlny«. - Autor, jak jsme viděli, na začátku své práce přijímá jsoucnost hmotného atomu (nebo jeho konstituant) a atom

světla, teď takřka hmatatelný díky nejnovějším těmto teoriím. S oběma těmito částicemi sdružuje vlnu. Co však se rozumí slovy: *sdružuje, vlna*? Protože fysická realita - hmota nebo záření - brala na sebe ode dneška dvojí vzhled, tělískový a vlnivý, zdálo se zcela přirozeným blíže vymeziti zvláště svazek mezi tělískem a »vlnou«, čili jak se říká ve filosofii, ztotožniti je, abychom se při tom nedotkli jejich dvojnosti.

Na tuto složitou otázku postupně následovaly odpovědi.

Autor činí si nejprve dosti klasickou představu těchto zjevů. Není-liž nejprostší představit si, že tělísko jest *ve* vlně? Matematikové, když mluví o jistých případech zvláštních, nazývají je *singularitami* (zvláštnostmi, podivnostmi). Tělíska tady budou malými »středisky zhuštění energie«, strženými do pohybu vlnivého, *zvláštnostmi* tohoto pohybu.

Východiskem nové mechaniky jest pak následující idea. Náš klasický pojem *hmotného bodu* jest pojem útržku hmoty nebo kousku prostorového, ideálně zúženého až v nejzazší bytí, zba-

veného jakékoliv vlastnosti. Ale *bod* ve fyzice, toť obecně elektron - u hmoty, foton - u světla. Nuže, víme ode dneška, že každý musí býti sdružen s nějakou vlnou: třeba tedy mysliti tento bod způsobem vlnivým. A tento bod bude třeba pokládati napříště za »zvláštnost« v lůně rozlehlého periodického zjevu, zaujímající celou část prostoru.«

Na neštěstí tato představa není možná, leč v případě uniformního pohybu částice. Bez této podmínky theorie padá: není dovolena generalisace.

Schrödingerův svazek vln. - Rakouský soupeř knížete de Broglie, Schrödinger, tlumočil v téže době své koncepce ideou sousední a velmi pohodlnou. Co *ustavuje* tělísko, jest proud vln (malý proud vln velmi blízké periodičnosti). Svůdné vysvětlení, jež se velmi dobře hodí k první kapitole optiky, k optice geometrické. Ale jen na to se obmezuje. Nuže, nová mechanika chce jíti dále. Vysvětlení, jež mizí, jakmile se aplikuje na pole činnosti, kde by mělo trvati, má cosi velmi nedostatečného, paradoxálního.

A sám pokus, jenž potvrzoval úspěch undulační

mechaniky, - pokus Davissonův a Germerův, v němž elektrony jsou ohýbány krystalem, odsuzuje myšlenku Schrödingerovu. *Wellenpaket*, »svazek vln« byl by v ní zničen: nemožno viděti, jak by se znovu našla tělíska, rozvedená a prohlášená za neplatná (zničená) ohybem. »Jinými slovy«, praví dobře Louis de Broglie, »kdyby byla prostými svazky vln, tělíska by neměla stálé existence«.

»*Ulna - pilot*«. - Na předposledním kongresu Solvayově v říjnu 1927 Louis de Broglie předložil nový pokus fysikům, shromážděným v Bruselu (nejznamenitějším fysikům světa). Účelem vysvětlující theorie, jak pro atomickou strukturu hmoty, tak pro strukturu záření musí býti to, aby *sloučila* tělíska se zjevem vlnivým. Možno chápati tělísko jako omezené na určité místo vlny, třeba mu přisouditi v každém okamžiku pohyb dobře definovaný. Ono jest nosičem energie. Co se týká vlny, ta jest zjevem zcela reálním, zaujímající jistou část prostoru, ale její fysickou úlohou jest pouze to, aby tělísko »vedla«. Toť theorie *vlny - pilota*.

Autor navazoval celkem své ideje na představy jednoho z nejvýznačnějších učenců nové generace v Německu Maxe Borna. (Viz článek o Max Bornovi ve velké anglické revue *Nature*, 119, 1927), který též zavrhoval myšlenku o »svazku vln«. Ale jeho závěry byly mnohem radikálnější. »Vlna de Broglieova není prostě vlnou pilotem (*Führungsfeld*), jest též »vlnou pravděpodobnosti«. Vskutku, praví Born, funkce vln spojitých, jež zasahují v rovnicích, nedovolují říci, *kde* se nalézá částice, jejíž pohyb studujeme. Tyto vlny nám poskytují toliko celkový pohled, statistickou představu fakt.

Tentokráte ocitáme se na cestě odlišné: běh zjevu fyzického není již sledován ve smyslu příčinném, nýbrž ve smyslu statistickém. Ve starém *principu příčinnosti*, jak to uvidíme, stav toho nebo onoho systému jest zcela ovládán jeho stavy dřívějšími. Úsudek »statistický« není méně přesný, ale jeho výsledek, místo aby směřoval k pouhému případu *možnému*, směřuje na více případů *pravděpodobných*.

L. de Broglie zamítal ostatně tuto dedukci, tvrdě, že není proč zříkati se »klasické příčinnosti«.

- v imperativním vztahu mezi předcházejícím a následujícím, - protože pohyb tělíska jevil se přísně určován rovnicí východu.

Ale theorie vlny - pilota narazila jako ostatní na vážné překážky. Aby byla zachráněna, bylo třeba pozměnití fysický obraz, jež poskytovala, a oddáliti jej daleko do abstraktna. Bylo třeba, mohli bychom zhruba říci, vzíti jej Ludvíku de Broglie, abychom jej vrátili Maxu Bornovi. »Místo abychom mluvili o pohybu a vrhové čáře tělísek, mluvíme o pohybu a vrhové čáře *prvků pravděpodobnosti*.« Vystříháme se takto nesnází, a fysika dneška neocitá se tak naráz v plné abstrakci! Možnost, přiznaná teorií vlny - pilota, přisouditi energii řádně definovanou tělísku, přechází v pravděpodobnost, že může přijati takovou neb onakou energii. A můžeme se vši přísností souditi, že tato symbolická představa jest plně uspokojující.

Heisenberg-Bohrova theorie »nejistoty«. - Takto klasické výklady ustupovaly poznenáhlu před novými hledisky, až běh vědy byl od kořene změněn.

R. 1927 zcela mladý německý učenec Werner Heisenberg tázal se, kam nás vede theorie kvant, zda zůstáváme na pouhé půdě empirické, zda uvažujeme jediné to, co jest *pozorovatelné*? Toto východisko, v němž pokusno jest vzato ve stavu ryzím, mělo dospěti k neobyčejným důsledkům.

Pozorovati, to znamená osudně poněkud zjev porušiti. Pozorování vytváří vztah, jakousi »interakci« mezi pozorovatelem a předmětem. Až dosud ostatně kde kdo s tím souhlasí: zdá se, že jest to princip dávno vyslovený. Každý ví, že jsou experimentální chyby, že i nejdokonalejší metody měřičské mají své nedostatky, - »takže«, jak přiznával Poincaré, »vlastní částí osobní spolupráce člověkovy na vytvoření vědeckého faktu jest omyl«. - (*La Valeur de la Science*, p. 230.)

Nuže, co se nestalo! Jest opravdu překvapující novotou, že věta Poincaréova nabývá zcela jiného smyslu s theoretičky dneška, smyslu radikálnějšího, hlubšího, a jenž jistě autorem nebyl předvídan. Neběží tu již jenom o ty chyby při pokusech, o ty chyby náhodné, o nichž jsme

mysleli, že je stále se zdokonalující technika postupem času překoná. Důkazem, že jde o něco jiného, toť to, že chyby, o nichž jest tuto řeč, zůstávají; ale za nimi, jimi zakrývaná jest vada, nedostatek nepřekonatelný a základní.

Nepozoruje se ve tmě. Abychom viděli, třeba zřejmě viděti ve světle. Chcete pozorovati vlak, an jede, nebo auto. Jistě ani nejmocnější projektor světa nezmění pohyb automobilu nebo vlaku, v tom měřítku, kde pracujeme, hmot to nesmírných, úžasně velikých oproti našemu tělísku. Ve vesmíru atomickém nastává pravý opak. Aby bylo možno tělísko, na příklad elektron pozorovati, třeba ještě »předmět« osvětliti. Tentokrát zrnko světla, poskytnuté kvantum poruší elektron, který je pozře; elektron jaksi poskočí, nebudete již nikterak pozorovati jeho pravou polohu. Správněji řečeno, *nebudete moci měřiti v tutéž dobu a přesně jeho polohu a jeho rychlost*. Hra délek vln způsobí, že světlo, příznivé ke zkoumání polohy, poruší více odhad rychlosti, a že světlo to bude o tolik více porušovati energetický stav tělíska, oč bude lépe dovolovati upevniti přísně jeho polohu. Jsou to dvě mísky

váhy: snížíte-li jednu, druhá vystoupne, a opačně. Stav pohybu a polohy, prohlašuje Heisenberg, jsou veličiny *sdrúžené*, spářené, nemůžete jich odloučiti. Dopouštíte se omylu na jedné, omylu na druhé; vynasnažte se zmenšiti první, druhý se hned zvětší, a obráceně. Subtilní analýsa, přesný výpočet vedou k slavnému vzorci »vztahu nejistoty«: zkřížíme-li omyl na poloze s omylem na stavu pohybu, vydá to vždy při nejmenším konstantu Planckovu, pověstné h , s nímž jsme se již setkali, jež však tentokrát se vztyčuje jako zlý bůh a rozhodně praví: Ani o krok dále!

Vidíme tedy, že v oblasti kvantové učenec, pozorovatel jest příčinou dvojího omylu (abychom použili výrazu Poincaré-a): omylu experimentálního, který jest náhodný, od jakživa uznávaný, a o němž možno doufati, že bude vyloučen; podstatné nejistoty, kterou pozorovatel toliko spouští, ale jež zakládá se na zákonu přírody; při ní není důraz na kritice měrných postupů, neboť plyne přímo z mechaniky sdrúžených vln. Od Heisenberga jen tu máme na zřeteli. Té ne-

lze vyloučiti, a právě ona praví nám na prahu světa atomového: Tady pusť se každé naděje.

Stále opakujeme: v měřítku atomovém, ve vesmíru kvant, v mechanice undulační. Vskutku, v rozměrech, v nichž stará tradiční mechanika jest pravdivá, na našem měřítku »makroskopickém«, náhodný omyl jest vždy mnohem větší než omyl základní, odhalený Heisenbergem. Onen tedy zastiňuje tento. Vše se děje, jakoby Heisenberg nebyl přišel, - a právě proto, že přišel tak pozdě, nikdo po věky ničeho nepozoroval.

Ale zato zjišťujeme už tím, že výsledkem neobmezeného pokroku našich prostředků a našich nástrojů, místo aby potlačil nejistotu základní, bylo by to, že by se teprve objevila. Nedokonalosti měření zastírají vztah nejistoty, ale jen vytáhněte oponu, ihned se objeví.

Od té doby, běží-li o tělísko, jest chimerické chtít »pracovati na vlas« zároveň o jeho poloze a o jeho stavu pohybovém. Bohr prohlašuje, že jsou *dvě doplňující se tváře reality*:

obmezení na určité místo v prostoru - čase, a dynamická specifikace skrze energii a kvantitu pohybu.

Řekli jsme před chvílí, že nová mechanika jest jako velmi jemné ztlumocení (překlad). Nuže, výkupným jemnosti jest asi vzdáliti se doslovnosti. Obojího nemůžeme zároveň dosíci. Přijměme raději srovnání Ludvíka de Broglie. Na obou různých rovinách optický nástroj není jinak možný, leda že jest málo přesný. Čím budeme s méně hrubým nástrojem více na puntík na jedné rovině, tím méně přesně budeme s ním na druhé. »Stará mechanika byla přiměřeným výrazem nástroje málo přesného: s ní měli jsme ilusi, že můžeme přesně určití jak polohu tělíska, tak jeho stav pohybu. Ale s novou mechanikou, která jest přiměřeným výrazem nástroje velmi přesného, jsme nuceni uznati, že lokalizace v prostoru a čase a energetická specifikace jsou dvě různé roviny reality, jež nemůžeme přesně viděti v téže době.«

Na kongresu Solvayově r. 1927, o němž byla výše zmínka, jednak zprávy Bornova a Heisen-

bergova, jednak zpráva Bohrova vyložily plně a nadmíru zajímavě tyto zcela nové koncepce. Tyto dva memoary jsou základní a necouvají nikterak před tím, že se otázka přeshnuje do filosofie: také se k tomu ještě vrátíme.

»Ve všech případech«, podle vyjádření Maxe Borna, »pravý smysl konstanty h (Planck) jest tedy tento: stanovuje všeobecnou míru neurčitosti, jež jest uvedena do přirozených zákonů dualismem vln a tělísek«.

Nynější stav fysického výkladu. - Zdá se, že právě na této koncepci Heisenbergově a Bohrově zastavil se Louis de Broglie. Zastával dlouho své credo deterministní, věřil seč bylo možno ve fysickou povahu vlny jako v možnost přesné definice tělíska. Jeho pokus na kongresu Solvayově z r. 1927 představuje krajní úsilí, aby zachránil klasické ideje. A ve své přednášce

Werner Heisenberg, *Über den anschaulichen Inhalt der Quantenmechanik*, *Zeitschrift für Physik*, 43, 1927. - Rozvedení Bohrovo viz zvláště v *Nature*, duben 1928, a překlad článku z *Naturwissenschaften* (XVI, 1928), v *Rapports du Ve Congrès Solvay*. - K nim řadí se i Fermi.

o Fresnelovi v Paříži před všemi učiteli, kteří přerušivše kongres Solvayův, odebrali se z Belgie do Francie, aby tam oslavili výročí smrti Fresnelovy, stavěl se naposled proti tvůrcům nového proudu. Není též se tomu co diviti, neboť o theorii Heisenberg-Bohrově zvěděl až na kongresu v Bruselu, a teprve pak se k ní připojil. Uvidíme brzy, jaké spory vyvolá tak radikální změna v principu. Abychom se přidrželi hlediska fyzikálního, - a zvláště abychom neodbíhali od vlastních prací našeho autora, - pojednáme teď o nynějších názorech.

Pokusy o fyzickou představu prostředky více nebo méně tradičními ztroskotaly. Jsme dohnáni od základu přezkoumati své ideje o tělísku, ať už by bylo jakékoliv, hmota nebo světlo. Ztrácí svoje klasické vzezření s polohou a rychlostí přesně a současně určenými. Heisenbergův vztah nejistoty jest nevyhnutelný, výsledkem jeho jest věta: *Nová fyzika určuje toliko pravděpodobnosti*. Dynamika ta má na zřeteli již jen matematické symboly, *zpracovatele*, tam, kde stará dynamika pozorovala tělíska. Příčinný popis ustupuje popisu statistickému. O těchto pravdě-

podobnostech energetické přítomnosti nebo stavu poučují nás funkce vln. V tom nás osvěcují dva principy: *princip křížení*, podle něhož intenzita vlny v jistém okamžiku dává v každém místě pravděpodobnost přítomnosti tělíska v tomto místě; *princip spektrálního rozboru*, jímž spektrální skladba vlny nám dává pravděpodobnost vztahující se na různé stavy pohybu.

»Vlna nepředstavuje nikterak fysický zjev, dějící se v oblasti prostoru.« Jest toliko prostřednicí výpočtu, jakousi složitou funkcí, pomocí níž lze sestrojiti jisté kombinace mezi velikostmi, jež teprve jsou skutečné. Od počátku se vědělo, že »sdružené vlny« představovaly dva značné rozdíly s jejich staršími sestrami, vlnami optickými: nemají jejich rychlosti, nepřenášejí energii na jejich povrch vlny. Protože zasahuje jenom fáse, byly dosti nejasně nazývány »vlnami fáse«. Duch se přirozeně tázal, zda tyto nové vlny neměly alespoň nějaký vztah - ne-li totožnost s vlnami elektromagnetickými. Tento vztah jest naprosto neurčen. Zkrátka, nevědělo se nic lepšího, než nazývati je jejich tajemným jménem: vlny ψ ...

V jednom krátkém, ale pozoruhodném článku vévoda de Broglie - starší bratr mladého tvůrce nové mechaniky, a sám velký fysik paprsků X, - velmi správně podotkl: »Nové vlny zasahují tedy spíše jako jakási umělost výpočtu, aby se předvídaly vrhové čáry elektronů, než jako nějaký nový fysický zjev; ale jejich pravá povaha nebude moci býti vysvětlena, leč za cenu nových pokroků v tak původní cestě, která právě byla otevřena.«¹

Opravdu, nijak se nezdá, že po dvou uplynulých letech »pravá příroda« byla objevena, a není mnoho naděje, že někdy se to člověku podaří.

¹ Maurice de Broglie, *Les récentes confirmations expérimentales de la mécanique ondulatoire dans le cas du mouvement des électrons*, (Rev. générale des Sciences, 15. février 1929). - Není-liž to rozpětí a rozvoj ideje vlny v nynější vědě? Aníž se budeme pouštět do nebezpečných přirovnání, jest alespoň zajímavé zmíniti se tu o oněch *vlnách zápornosti*, v nichž fyziologové dneška vidí projev nervového fluida.

4. - Filosofické důsledky.

Krise determinismu. - Jak z předešlého patrno, z věd přírodních ocitli jsme se znenadání ve filosofii. Běží přece o samé základy vědy nebo aspoň o to, co se obecně pod tím slovem myslí. Determinismus zdá se základnou cteema eis haeí, čímsi *odjakživa* pro vědu. Do té míry, že oba výrazy se stávají neodlučitelnými, a jeden druhého se dovolávají. Století XIX. zvláště kladlo důraz na tuto myšlenku, a přímo na úsvitě tohoto století Laplace vyjádřil ji v úvodu k své *Théorie analytique des Probabilités*: »Intelligence, která v daném okamžiku by znala všechny síly, jimiž jest příroda oživována, a vzájemné postavení bytostí, které ji skládají, kdyby arcit byla dosti rozsáhlá, aby uměla tyto poznatky analysovat, objala by v témže vzorci pohyby největších těles vesmíru a pohyby nejlehčího atomu; nic by pro ni nebylo nejistého, a budoucnost i minulost byly by před jejíma očima jako na dlani.«¹ Jen poněkud jinými

¹ *Essai philosophique sur les probabilités* (1814). - Stejně smýšlel i Poincaré, ještě i v roce 1911 (cf. *Dernières Pensées* p. 7.)

slovy, ale totéž vyjadřuje Taine v proslulé větě o »konečném předmětu vědy«, který jest »oním nejvyšším zákonem«, v němž by se zrcadlil »věčný proud událostí a nekonečné moře věcí«. Přeloženy do řeči mathematické a zbaveny svého skvělého orchestru, tyto věty znamenají, že stav světa v okamžiku t jest spjat se stavem bezprostředně před ním, se stavem to : spojení to zajišťují rovnice diferenciální neboli rovnice s částečnými odvozenými.

Těmito pevnými pilíři nikdy nic neotřásl. Až přišla theorie kvant, a ta poznenáhlu zdůrazňovala něco jiného. Již Bohr se choval skepticky při popisování zjevů intra-atomických v tradičním rámci Prostoru - Času, - nebo i v relativistním Prostoru - Času. Vyjádřil to v této poněkud abstraktní formě: »Zřikání se intuitivnosti v prostoru a v čase naznačuje s důrazem podstatně doplňující povahu popisu v theorii kvant.« Doplňující povaha popisu, toť - třeba to připomínati? - ona nemožnost popsati zároveň polohu a stav pohybu tělíška, - toť »vztah nejistoty«. Nemůžeme již upevniti v okamžiku počátečním vychodisko i energetický stav

těliska: *poznání minulosti zahrnuje kontradikci*.
Není již »počátečních podmínek«, přesně známých, pro fyzická individua. Od jistého okamžiku, co jest určeno, toť rovnice šíření se vln: ale ta již nepředvídá *zjevy budoucí*, poskytuje toliko *pravděpodobnost zjevů budoucích*. Má jenom smysl statistický; údaj (vědomost, poučení) jest platný v jistých mezích, s jistou »hrou« (sázkou, zda to totiž vyjde). Zkrátka nevidíme, jak uniknouti theorii Heisenberg-Bohrově, ale tato theorie přichází nám draho: zavazuje nás »zřici se determinismu a přepracovati od základu naše ponětí o fyzických jedincích«. (Broglie.)

Různé názory učenců. - Rozumí se, že tyto zvláštní důsledky vyvolaly velmi různé reakce podle povahy duchů. Rozpravy takového kongresu Solvayova ukazují způsobem neskonale zajímavým rozličnost mínění. Možno říci, že je to celá stupnice délek vln!

Američan Compton - jeden z velkých experimentátorů a theoretiků nové Fysiky, - vykládá ve svém memoáru »stará« hlediska, ovšem jaksí

pozdě. Lorentz, odvážný Lorentz elektronové theorie a jeden z průkopníků Relativity, zdá se tentokrát opravdu polekán smělostí novotářů. »Zdá se mi«, praví, »že možno vždy doufati, že se stane později, co nemůžeme učiniti ještě v této chvíli. Proč se zříkati determinismu, jenž byl stálou armaturou vědy? Proč neučiniti z něho *předmět víry*?« Tato víra, tato potřeba *zachrániti zjevy* a postaviti vědecký pojem nad svářící se strany, připomíná dosti pověstnou kodifikaci comtovskou, dogmatický ráz a výhody nezměnitelnosti, udělených vymoženostem vědy.

Ostatně na tuto otázku Bohr odpovídal kategoričkým *non possumus*. Komplementární ráz vln a tělísek připomíná povahu subjektu a objektu ve filosofii. Třeba se vzdáti myšlenky, že budeme moci rozvinouti přesným způsobem oba vzhledy, jsou vnitřně spojeny, představují dva doplňky. - Bohr usuzuje tak o naší nemohoucnosti.

Born a Heisenberg ve svém společném memoáru stejně se vyslovují: »Determinismus, který dosud byl připouštěn jako základna exaktních věd, zdá se, že nebude moci býti držán bez od-

poru. Každý nový pokrok ve výkladu vzorců ukázal, že systém vzorců mechaniky kvantové nemůže býti vykládán bez kontradikce, leč s hlediska základního nedeterminismu, ale že zároveň též úhrn fakt, jež mohou býti stanoveny na zkušeností, mohou býti vyjádřena soustavou theorie.«

Konečně na krajní levici setkáváme se s Angličanem Dirac-em (čti Dirakem), geniálním matematikem a fysikem (více prvním než druhým), který šel na sám konec myšlenky, dotíral na fenomismus více než kdo jiný. Dirac sevše-obecňuje prohlásil, že systém osamocený podle výměru nelze pozorovati; pozorovati, toť porušovati. »Z toho, že fysika se nezabývá než veličinami pozorovatelnými, nelze hájiti klasickou deterministní theorii.«

»Také v theorii kvant vycházíme z jistých čísel, a z nich vyvozujeme jiná čísla. Pokusme se proniknouti fysickou podstatou těchto dvou řad čísel. Úchyvky a poruchy, jež pozorovatel ukládá některému systému, aby jej pozoroval, jsou přímo podrobeny jeho kontrole a jsou úkony jeho svobodné vůle. Jedině čísla, jež popisují tyto

úkony svobodné vůle, mohou býti vzata za čísla počáteční pro výpočet v theorii kvant. Ostatní čísla, popisující počáteční stav systému, jsou podstatně nepozorovatelná a nemají úlohy v pojednání pro theorii kvant.«

Tento krajní způsob patření na věci, toto větření se idejí a výrazů světa morálního do fyzického vesmíru, došel, zdá se, oblíby zvláště v Anglii. Jen tam mohlo vyjít skvělé dílo znamenitého Eddingtona, *The Nature of physical World* (1928). Řekli jsme již, že tento hluboký učenec, - jehož myšlenkám velmi dobře slouží vzácný dar vyjádření a přirovnání, jenž umí výjimečně použít i humoru, - bez jakékoliv pochyby chce potvrdit příkladem nejnovější fyziky její spiritualistní a náboženské sklony. Jeho veliký kolega Jeans jeví mnohem větší zdrženlivost k těmto dedukcím, jež se rodí »v tomto pohnutém období, zmítaném všemi větry, a jež otřásají základními zákony fyziky«; vidíme, že jest méně než jeho krajané nakloněn přisuzovati »svobodnou vůli molekulám« . . . (Of. *Universe around us*, 1929).

Mínění Einsteinovo. - Názor theoretika Relativity zůstává čistě *klasickým*. Kromě na kongresu Solvayově r. 1927 zdůraznil jej zvláště v sezení 12. listopadu 1929. *Francouzské Společnosti Filosofie* (Bulletin No 5, octobre-décembre 1929, u Armanda Colina). Blíží se názoru Lorentzově, jest však odstíněnější, možno říci méně naivní. V Bruselu podal Einstein příklad tělíska (a jeho sdružené vlny) světelného paprsku, jenž procházel stínidlem v malém kruhovém otvoru a dopadal na polokulovitý film, umístěný za stínidlem (po ohybu vlny, protože otvor jest dosti malý).¹

Tělísko jest řádně lokalisováno; ale jakýsi velký zákon přírody nám brání, abychom mohli určití současně jeho polohu a jeho stav pohybu. Není skutečné neurčenosti, ale prostá nejistota, ostatně podstatná, tkvící v hloubce věcí.

Tomu odporuje radikální názor Bohr-Heisenberg-Bornův a jejich přívrženců. Rámec Prostor - Čas jest nedostatečný, aby představil individuální rozvoj částic, neboť tyto částice jsou

¹ Viz *Rapports du V^e Congrès Solvay*, p. 253—256; a L. de Broglie, *Introd. à l'étude de la mécan. ondul.*, p. 160—164.

samy neurčité až do okamžiku, kdy se »zhušťují« na nějaké místo určité, pozorovatelné. Až do té chvíle jest pro ně jistý způsob volby.

Jest úhrnem tělísko *ne-lokalisované* nebo *ne-lokalisovatelné*? S prvním míněním jest jenom první, jest radikálně druhé s druhým názorem. Einsteinovi se jeví klasické hledisko nejschůdnější. Přesnost našich měření jest v základě omezena, a můžeme vyjádřiti tento fakt ve formě jakéhosi principu indeterminace. Ale *podle práva*, proč se zříkati determinismu, »jenž klade jakožto cíl našemu vědeckému úsilí konstrukci představy, v níž počáteční stav některé soustavy určuje zcela jeho stavy pozdější? Jest možno pochybovati, že dosáhneme takového cíle, a že jeho zkoumání by bylo výhodné nebo praktické, ale nesmíme popříti *a priori* tuto možnost, aniž bychom se nevzdali stanoviska vědeckého, tak úzce spjatého s potřebami našeho rozumu. Stejně pŕůtky a za stejných okolností se dály o theoretickou chemii, než byla zavedena thermodynamika a statistická pravidla Gibbsova.

Statistická pozorování zasahují též - a to mnohem dříve - do kinetické theorie plynů než do

theorie kvant. A přece nikomu nenapadlo, aspoň pokud Einstein pamatuje, vzdáti se determinismu! »Neurčenost nynějších zákonů neznamená nemožnost dosáti zákonů přesných; princip theoretické příčinnosti není dotčen nesnadností příčinnosti empirické.«

Louis de Broglie odpověděl na námitky ty, jak by byli jistě učinili jeho soupeři nové Fysiky. Podobnosti mezi obtížemi undulační mechaniky a nesnadnostmi statistických teorií Gibbsových nebo Boltzmannových kdysi, jsou toliko povrchní. Ve skutečnosti zdánlivá analogie skrývá radikální nepodobnost: »V nejnovějších teoriích pozoruhodnou jest nesnáze roztrhnouti *hledisko statistické* od *hlediska individuálního* v nové mechanice; jest tu rozdíl, a ten se mi zdá charakteristický. Se starými teoriemi připouštěla se možnost této roztržky; zdá se, že teď již to možné není.«

»Klasická statistika« opravdu připouštěla vždy, že schopnější vědě by se mohlo podařiti sledovati individuální chování jednoho z oněch prvků, jejichž úhrn tehdejší věda méně dokonalá mohla jenom studovati. Ani za mák nepochy-

bovala o přísné závaznosti determinismu, jenž upevňoval vývoj systému, totiž o zákonech mechaniky klasické. Nuže, víme, že poslední stav mechaniky opouští tyto základy.

Pokus Langevinův. - Takový byl zhruba obecný stav věcí před rokem. Ale jeden z vůdčích francouzských fyziků, nástupce Lorentzův v předsednictví Solvayovy Rady Fysiky, Paul Langevin, zasvětil opět ná úsilí řešení paradoxů, v němž se věda ocitla, a pokoušel se o to, aby ji uvedl na cesty normálnější. Velmi rychle myslel jako Einstein, jako Lorentz, že se nemůžeme jen tak s lehkou myslí vzdáti determinismu. Nynější rozvrácenost jest jen přechodná; jest důkazem jen nedostatečnosti našich prostředků představivých. Není tu skutečného vyvrácení základů vědy. »Otázka determinismu nebo nedeterminismu má vztah k naší představivosti. Hlubokou snahou fyziky jest, aby stále zdokonalovala představivost, aby mohla pojmati možné maximum determinace. Naše věda nemá jiného smyslu a sama sebe by se zříkala, kdyby se zastavila na této cestě.«

Podnikl několik přednášek mezi 8. dubnem a 3. červnem 1930, aby svou věc vyložil. Jeho hluboká znalost fysických teorií mu opatřila k tomu dostatečnou látku.¹

Různá stadia vědy v minulosti ukazují, že mnohá nedorozumění plynou ze *špatně kladených otázek*. Příroda zdá se odpovídati jaksi s cesty, protože již takovým bylo naše dotazování. Všimněme si jen prvních dob Relativity! Když zklamal ether, neusoudilo se z toho hned na indeterminismus, byla jen *špatně položena otázka*, a věda se octla ve slepé uličce.

Co se děje dnes? Stále latentní anthropomorfismus vede učence jako člověka obecného smyslu, aby si všude uchoval pojem individuality. Vědomí, předmět, hvězda nebo oběžnice, atom, elektron, proton, foton, promítáme vně sebe tento pojem individuálna, jež silně pociťujeme, aniž však pochybujeme, že v této extrapolaci pokládáme zvykové za prosté, a že by se s námi

¹ Přednášky v Collège de France a v l'Union Rationaliste (vydáno v *Presses Universitaires*). Podstatné rysy z nich vybavil Marcel Boll. Viz zvláště v *Nouvelles Littéraires*, 28. juin 1930: *Les Physiciens à l'assaut du déterminism*.

dělo nějaké nepřipustné přesazení. »Dávka hmoty, již si vytýkáme a již můžeme sledovati, totž projekce našeho individuálního vědomí.« Když tuto ideu »sublimujeme«, mechanismus se přibarvuje zas a zase anthropomorfismem. A tu se klade problém svobody. Klade se pro jedince složité, tím poznatelnější, čím jsou složitější. Elementární částice jako částice světa atomického, nejsou ani jedno, ani druhé. Svou jednoduchostí stávají se nerozeznatelnými. A tu marno jest mysleti ještě o jejich individualitě. Celkem jest tu dilemma: existuje-li částice individuálně, jest svobodna; - existuje-li stále determinismus, částice nezasahuje už než jako číslo, statisticky, jeho individualita mizí. Pro individuum - částici jest heslem: svoboda nebo smrt . . .

Z toho plyne, že nejméně nepohodlnou hypothesou jest zřici se individuality, aby se zachránil determinismus. Vztah Heisenbergův jest nevyhnutelný *v mezích, v nichž otázka jest dána*. Nuže, tato otázka se vztahuje na individualitu částeczkovou. Ani pohyb, ani poloha individuálního tělíska nemohou býti současně určeny. Ale

není-li již individuality, *otázka se již neklade*. Úsudek Heisenbergův týká se nikoliv již fakt, ale jisté představy fakt. Již v dnešních statistických methodách máme na zřeteli představové body a ne individua, jen číslo zasahuje. Indeterminismus není ostatně leč v tělískovém zjevu a nezasahuje vlnu.

V základě fenomenismus nemůže býti, leč jakousi záložní posicí v záhybu terénu před theoretickým útokem. »Historie Fysiky ukazuje, že po každém záhybu tohoto druhu následovala nová a plodná ofensiva v tom smyslu, aby se šlo nad bezprostřední zkušenost, aby se chápala realita sestrojováním představy, počínaje pojmy více nebo méně abstraktními.«

Nesnáze řešení Langevinova. - Myšlenka Langevinova jest velmi svůdná. Chce uvéstí determinismus v jeho stará práva. Chce vrátiti vědě, smíme-li tak říci, její někdejší normální dýchání. Jsme již tak zařízení, že s očima zavřenýma rádi sledujeme tu neb onu blahodárnou a pohodlnou hypothesu, zvláště když se do ní nikdo dosud důkladně neopřel, a když její

původce jest uznanou autoritou v theoretické Fysice.

A přece při bližší úvaze, jak možno usmířiti toto zřeknutí se individuálního tělíska se soubo-rem atomické theorie jak v elektřině tak v zá-ření - totiž s moderním vývojem vědy? Neboť konečně, čím jest tento statistický život, vlád-ne-li v něm individuální smrt? A přistoupiti na pojem kusu, na jakési »žernové« vysvětlování, když běží o detail intra-atomický nebo o nej-zazší zlomkovitost světla, - neznamená to za-raziti proud Fysiky?

Vždyť chceme potlačiti jednu z našich výcho-diskových základů, individualitu fotonu a in-dividualitu elektronu. Velká experimentální část nových teorií jest vázána na tuto ideu indivi-duálního tělíska. Což slavná methoda C. T. R. Wilsona, která zhmotňuje bod za bodem vrho-vou čáru ionů částic α a elektronů vypuzených s dostačující rychlostí, - a která fotografuje tuto vrhovou čáru, - nebyla pokládána za vzác-nou, znamenitou, právě proto, že uvádí v sou-hru výsledky *individuální*? Opakovali jsme s L. de Brogliem, že theorie účinku Comptonova či-

nila takřka »hmatatelnou jsoucnost kvanta světla«. Nebude tomu jinak ani pro účinek fotoelektrický.

Pojem »svazek vln« byl proto odvržen, že neza-
jišťoval stálého bytí elektronu v pokusu Davis-
sonově a Germerově, kde katodický svazek jest
odchylen. Co říci o nauce, která zásadně neza-
jišťuje již elektronu jeho bytí?

Zdá se, že Langevin vyšel z této ideje, kterou
vyjádřil r. 1927 na kongresu Solvayově: »Pro-
tože se přisuzuje (částicím) úplná totožnost po-
vahová, zdá se naznačeno nepřidržovati se je-
jich individuality...« *

Dnes se to generalisuje, a tato individualita
jest potlačena. Ale totožná individua jsou ještě
individuy: kdyby byla nerozeznatelná, což by
ještě byla? Což se vzdala »bodu« jeho indivi-
dualita?

Jest ostatně nemožno udělití více fysické rea-
lity vlně než tělísku. Řekli jsme to již, způso-
bem elementárním. Dodejme, že pozorujeme-li
ne již ojedinelou částici, ale systém, pak jest
nemožno sdružití šíření vln *v obyčejném pro-
storu* s pohybem tohoto systému. Z toho se

velmi logicky usuzuje, že pojem vlny se opět vzdaluje do abstraktna: má rozhodně jen ráz emblematický (náznakový), ne-li problematický (záhadný, pochybný).

Takové jsou některé námitky, jež se hlásí při těchto úvahách. Autor byl jistotně veden ve své hypotese příkladem Einsteinovým, když řešil obtíž s etherem. Ale Relativita tvoří celek souvislý, úzce spojitý, jehož otázka etheru není než jedním jejím prostým videm. Langevin ví lépe než my, která theorie Einsteinova se zúplna zakládá na elektromagnetismu a jej zdokonaľuje. Jeho pokus naopak se nám spíše zdá převraceti členy ty a věc celá zůstává, zkrátka řečeno, poněkud popsuta. Vlastně nikomu by bylo ani nenapadlo popíratí částicovou individualitu, kdyby nebyl býval ohrožen determinismus, nebo kdyby se nebylo věřilo, že věda sama jest naň vázána.

Pokus ten však není o nic méně zajímavý, neboť má nás k tomu, abychom přihlíželi přímo k základu problému, a skýtá nám několik nesporných argumentů. Tak na příklad upozorňuje nás, jak ošemetné jsou naše jazykové zvyk-

losti, jak nebezpečno jest přesouvatí slova z jednoho oboru do druhého bez určení (vytyčení) jejich funkčních hodnot. Stejně i Bohr nám doporučuje postupovati »na cestě, sledované Einsteinem, a přizpůsobovati své intuitivní formy, vzaté v smyslových dojmech, čím dál tím prohloubenějšímu poznávání zákonů přírody.« Což jasnějšími slovy, vypůjčenými od Condillaca, prohlásil již Lavoisier na konci »Discours préliminaire« k svému *Traité de Chimie*: »Konečně však vědy učinily pokrok, protože filosofové lépe pozorovali, a že zavedli do svého jazyka přesnost a správnost, kterou vkládali do svých pozorování; *opravili jazyk a lépe jím usuzovali.*«

Hledisko meyersonské. - Princip nejistoty nás vede k novému vidění částic, k »předmětům« moderní fyziky. Je to práce lopotná, theorie zůstává temnou, těžko se rozmotává toto pomuchlané přadeno symbolů. My chceme si vše jen přehlédnouti, nic potlačiti. Sledujeme Louis de Broglieho, protože si počíná velmi moudře. Přiznává se k chybným bývalým krokům, nej-

lepším výkladem se mu teď jeví dvojnost vln - tělísek, tedy názor Heisenbergův a Bohrův. A protože k němu nepřistoupil až takřka donucen, jeho přilnutí se nám zdá tím významnější. »Zdá se jisto, že jest cosi podstatného ve vztazích nejistoty«, jež jsou ve shodě s celou kvantovou fyzikou, a přecházejí zúplna do usuzovací a výpočtové oblasti. Nic nevyznačuje pravou změnu postavení u Heisenberga, Bohra, Borna nebo Diraca, kteří jsou ostatně, každý podle svého ducha, mnohem »fenomenologičtější«. De Broglie jako Lorentz, Einstein, Schrödinger, zdá se, že jest z té klasické řady, pro něž nedeterministní kompromis nemůže býti leč čímsi prozatímním, z nouze, a kteří připouštějí nesnadno prchavost ideje *předmětu* do vědy. Po té stránce zapadají všichni do rámce schematu meyerssonovského, a Emile Meyerson ve svém novém díle (*Du cheminement de la pensée*, 3 volumes in - 8^o en mai chez Alcan) s důrazem se přiznává, že jest hluboce za jedno ve svých názorech s fyzikem kvant. Jeho stanovisko jest velmi rozdílné od stanoviska Langevinova, který *a priori* vyhláší determinismus

za dogma. Oproti jeho *determinismu*, Meyerson klade důraz na *reálno*.

Pak arci i takový Dirac řadí se pod toto meyersonské hledisko. Jeho indeterminismus není nic jiného než reakce reálna - jakési nové »iracionálně«.

Závěry

Nemáme již mezi sebou Poincaréa, aby za všechny tyto přetřesy »udělal rozhodnou tečku«. Co by byl řekl v tomto případě? Byl by bez pochyby prohlásil, že se učenci třídí podle svých zvyků, vybírají si ta řešení, jež se jim zdají *nejpohodlnější*. Louis de Broglie též na to poukázal, že na sjezdu bruselském nové ideje se různě podle duchů »lámaly«.

Z dosavadních jistot vědy ocitáme se v nejistotě o povaze věcí, nikoliv z naší nedostatečnosti, ale ze samé povahy vesměrných vztahů. Ve svém díle *Science et Hypothèse* Poincaré ukazuje, že i princip Carnotův není závislý na nedokonalosti našich prostředků, nýbrž na samé povaze věcí«. Což mu nebránilo napsati (po důkazu brownienského pohybu) ode dneška, abychom přistihli princip Carnotův při chybě, nepotřebujeme již démona Maxwella, stačí nám náš mikroskop!

Nejzazší ráz nedeterministní oblasti. - Ostatně při všech těchto úvahách dlužno dbáti toho, že se

v této indeterministní provincii, v této *terra incognita*, jejíž hranice jsou aspoň poměrně určeny, pracuje s krajně malými hodnotami. Langevin velmi dobře pravil, že konstanta h představuje mez ostří našeho pitevního nožíku, jímž máme operovati Přírodu, ale že při indeterminaci tato neurčenost jest zvláště určena: h má vskutku hodnotu: *nula, čárka, dvacet šest nul 655!* Oh ta moderní věda, jaké to veledílo přesnosti!

Příčinou našich trampot, jak praví skoro doslova Eddington, jest tedy »zcela malá věčička« a velmi určitá. Princip Carnotův zůstává pravdivým, přes ten svůj ireduktibilní »kout«, kde řadí pohyb browniinský; determinismus jest platný, necestujeme-li až do řádu veličiny h ; správnosti Relativity nezasahují, pokud jsme daleko od rychlosti světla, a stavitelům jest velmi práno mysliti, že linie průčelí jsou rovnoběžny, jakkoliv takové vertikály se spojují ve středu země.

Úvoj k abstraktnu. - Filosof zřejmě zaujímá jiné hledisko, a zcela právem.

Jest předně jisto, že Fysika vyvíjí se hrozně k abstraktnu. Její počty stávají se »hyperkomplexní«. Její zákony nabývají čím dál tím více chodu statistického. Jejich rostoucí a podivuhodná zjemnělost přidala by zajímavý odstavec k proslulému memoáru Poincaréově: *L'Évolution des Lois* (viz *Dernières Pensées*). Jak praví Max Planck, »obraz světa Fysiky uchyluje se ve své struktuře čím dál tím více od světa smyslů«. (*Das Weltbild der neuen Physik*, Monatshefte für Math. und Phys., Wien, 1929.) »Optika«, napsal na příklad Langevin, »převádí se na statistiku fotonů, určenou vlnami«. (*L'Orientation actuelle des Sciences*, p. 51, Alcan, 1931.) V nynější synthese mathematický symbolismus tvoří harmonickou stavbu, všechna nesnáze spočívá v tom, abychom zjistili kolísání mezi tímto symbolismem a skutečnou fysikou. Odtud u mladých fysiků tendence nedbati - u takového Diraca i opovrhovati, - teorií, vysvětlující přes její hlubokou plodnost, aby věnovali všechnu pozornost symbolům, jejichž *výtěžek* zdá se jistější.

Čím dál tím více se též vidí, že principy vy-

čerpávají svou moc na hranicích pokusné oblasti, kde se zrodily, a že jsou na jistém stupni relativní. (Viz Jan Perrin, *L'Orientation actuelle des Sciences*, p. 27.) A není »křížové« zkušlosti, leč ve vztahu k jistému systému, k nějaké určité (určené, vymezené) představě.

Ostatně i zkušenost může vésti ke krajním hranicím abstraktna: rozhodnutí Heisenbergovo nezakládati se leč na pozorovatelném a podávati jen výsledky pokusné, vedlo ho k vytvoření počtu matricionálního a k vybudování stavby co nejsymboličtější. Zábavná ironie pro ty, kdož se domnívají, že vypudí jakoukoliv abstrakci a nebudou poslouchati leč zkušenost!

Descartes »nejistý« ... - Vztah nejistoty, přehrada *h*, značí, jak se zdá, v každém případě lhůtu dlouhého úsilí, okamžik, v němž podivuhodný nástroj, používaný tři věky, se láme. V jedné své přednášce (*La théorie de l'électron magnétique de Dirac*, 8. decembre 1930) de Broglie ukázal, že program, jistým způsobem vytčený Descartesem na úsvitě moderní vědy, popis »obrazcem a pohybem«, když dospěl do

přístavu, ztroskotat. Descartes jest nikoliv bez užitku, ale *nejistý*, - a ve smyslu, jejž Pascal jistě nepředvídal.

Útočný návrat svobodné vůle. - Ať se s idejemi Heisenbergovými a Bohrovými stane cokoliv, každý si zapamatuje, že v jednom pozoruhodném svém období Fysika - představovaná mnoha svými znamenitými zpytатели - nezdráhala se vstoupiti na cestu indeterministní.

Až dosud, když se nechaly padnouti přehradu mezi »světem morálním« a »světem fysickým«, dalo se tak proto, aby se svedl první na druhý. Velmi zajímavým převrácením geniální učenici bez sebe menších rozpaků vočkovali vědě jed svobodné vůle. A takový princip bergsonovské filosofie, podle něhož stavy vědomí nemohou býti popsány, dokud nejsou dokončeny, - nemohly by býti bez porušení pozorovány v jejich pohybu - činí poznámku velmi souzvučnou s idejemi Heisenbergovými a Bohrovými.¹

Tady ostatně připomeňme, že často »bylo tě-

¹ Poznámku tu máme osobně od samého Louis de Broglie.

ženo z nesnází fysiky«, a tohoto výrazu Langevinova právě nikterak nepopíráme, soudíce naopak, že jich bylo využíváno v různých smyslech. Nejmundřejší radou jest čekati a vstavití zatím na brány atomické Fysiky nápis Eddingtonův: *»Opravy v plném proudu. Ústup zakázán, vyjma pro ty, kdož tam jsou zaměstnáni.«* - Dodejme: *»Ústup zakázán, zvláště Apologetice.«*

Nová tvářnost Fysiky, jak ji vydlabali velcí theoretikové kvant, jeví se rozrušenější než kdy jindy. A symbolismus, který Bergson chtěl viděti stůj co stůj v Relativitě, byl by lépe na svém místě ve vztahu k novým ideám, když byl nemilosrdně odvržen učenici velmi *realistními*, z nichž největší jest Einstein.

Dnes Relativita zaujala své pravé místo, a vidíme lépe její vzhled tradiční. Einstein dokončuje, korunuje klasickou stavbu, prodlužuje Newtona tím, že jej opravuje.

Fysika kvant není na této čáře, a její povaha jest jinak novotářská, pokud aspoň možno říci o něčem, co jest teď ještě ve stadiu vývoje.

A Louis de Broglie vtiskl tomuto vývoji rozhodné zakřivení. Neobyčejné období, jež jsme se vynasnažili tuto načrtnouti, má svůj původ v jeho objevu. Přes tolik temnosti mechanika undulační jest na vítězném postupu; hojnost a neobyčejnost překážek jsou znaky velikosti pro nový běh.

Světlo objevilo se býti od nynějška podstatným živlem Fysiky, - *Urphenomen*, prazjev, jak možno říci podle Bible, - světlo a ne již elektromagnetismus. Ale již roku 1647 napsal Pascal, že »povaha světla zůstane nám snad na věky neznámá«; a dnes, abychom skončili jak sám kníže de Broglie, je-li paprsek světelný velmi prostý, ba všední pro člověka obyčejného, »učenec může si naopak říci: Věděli bychom mnoho věcí, kdybychom věděli aspoň, co je to paprsek světla.«

Kurs čtyřicátý

V září léta Páně 1937

Z francouzštiny přeložil J. F. pro pořadatele a vydavatele Kursů Josefa Floriana ve Staré Říši. Podle osnovy Ant. Lískovce vytiskla knihtiskárna Františka Bartoše v Přerově. Na skladě u Marty Florianové ve Staré Říši na Moravě. - Deo gratias

