

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

R. A. Aronov

Hypothesa o nespojitosti prostoru a času

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 3 (1958), No. 1, 90--104

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137385>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1958

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



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

DISKUSE

HYPOTHESA O NESPOJITOSTI PROSTORU A ČASU\*)

└ R. A. ARONOV

Moderní theoretická fysika a matematika vycházejí z představy, že prostor a čas jsou dokonale spojité. Avšak teorie založené na této představě docházejí k celé řadě rozporů. Všechny pokusy o jejich odstranění při současné platnosti předpokladu, že prostor a čas jsou spojité, byly však zatím marné. Proto je jistě zajímavou hypotéza o nespojitosti prostoru a času, která celý problém formuluje zcela jinak, při čemž se vzdává pojmu dokonale spojitého prostoru a času.

\* \* \*

Jednou z vážných nesnází moderní kvantové teorie pole je obtíž s nekonečnem: mnoho důležitých charakteristik pole a elementárních částic vycházejí jako nekonečně velké, takže ztrácejí fyzikální smysl. Tato nesnáz nastávala ovšem již v klasické elektrodynamice jako důsledek toho, že elektron si představovala jako bodovou částici s konečně velkým nábojem a konečně velkou massou, a že její pohyb se řídí Lorentzovým zákonem

$$F = eE + \frac{e}{c} \cdot [V \cdot H].$$

V této rovnici značí  $F$  sílu, jíž pole působí na elektron,  $c$  je rychlost světla ve vakuu,  $V$  je rychlost elektronu,  $E$  je intenzita pole elektrického a  $H$  pole magnetického. V těch případech, kdy lze rozměry elektronu zanedbat ve srovnání se vzdálenostmi mezi elektrony, jež lze potom pokládat za bodové, dochází teorie vždy k výsledkům, jež se shodují se skutečností. Teprve chceme-li stanovit energii elektronu, narážíme na obtíž, neboť tato energie a pak i jeho masa vycházejí jako nekonečně velké, což ovšem nemá reálný smysl.

Vznikly tedy ve fysice potíže s nekonečnem. Je pak přirozené chtít tuto nesnáz odstranit tím, že se elektron předpokládá jako zaujímavý jistý objem, na př. koule o poloměru  $a$ . To vedlo k tomu, že elektron v klidu už neměl energii nekonečně velkou, nýbrž konečnou, danou rovnicí  $E_{st} = \gamma \frac{e^2}{a}$ , kde  $\gamma$  je řádově rovno 1, a závisí na tom, jak je v elektronu náboj rozložen. Massa elektronu je dána rovnicí  $m = m_* + \frac{1}{c^2} E_{st}$ , kde  $m_*$  je ta část massy elektronu, která je neelektromagnetického původu. Protože  $m_* \geq 0$ , je  $m \geq \frac{1}{c^2} E_{st}$ , t. j.

\*) P. A. Аронов, *О гипотезе прерывности пространства и времени*, *Voprosy filosofii*, 1957, č. 3.

$m \geq \frac{1}{c^2} \sqrt{\frac{e^2}{a}}$ , a tedy  $a \geq \gamma \frac{e^2}{mc^2} = \gamma r_0$ . Nemohou proto rozměry elektronu být  $\chi$

menší než jistá veličina řádově rovná  $r_0 = \frac{e^2}{mc^2}$  (tak zvaný klasický poloměr elektronu). Tato veličina  $r_0$  ( $\sim 10^{-13}$  cm) je v dobrém souhlasu s experimentálními výsledky. Jenže předpoklad, že elektron není pouhý bod, je v rozporu s teorií relativity a vede k porušení invariantnosti elektromagnetického pole, a k možnosti, že se elektromagnetický signál šíří nekonečně velkou rychlostí. Tedy podle teorie relativity je nemožno, aby elektron nebyl bodový, a současně bodová částice má nekonečně velkou energii — to jest, potíže s nekonečnem nebyly odstraněny.

Bylo navrženo mnoho hypotheses, které měly tuto nesnáž likvidovat. Sem náleží tak zvaný  $\lambda$ -proces Wentzelův-Diracův (a všechny hypotheses užívající tak zvané formové faktory), podle kterého se zavádí t. zv. efektivní poloměr. Při odvozování žádaného výsledku se tento poloměr pokládá za nenulový a ve výsledku se pak položí rovný nule.

Stejný cíl mají teorie používající vyšších derivací (na př. teorie Boppova-Podolského), podle kterých elektron vytváří kromě elektromagnetického i jiné pole, t. zv. kompenzační. Konečně se o řešení těchto nesnáží pokouší i t. zv. nelineární teorie pole (na př. Born-Infeld), které vycházejí ze skutečnosti, že řada experimentálních výsledků se dá vyloužit pomocí nelineárních rovnic. Všechny tyto hypotheses mají ten velký nedostatek, že užívají k odstranění nesouhlasu způsobů, které mají matematicky formální povahu. Všechny jsou pak daleko od skutečného řešení odstraňujícího obtíže s nekonečnem.

Pro klasickou elektrodynamiku byla tato obtíž celkem nepodstatná, neboť se projevuje až vně hranic, kde se dá užít, tedy až v oboru kvantových efektů. Tyto obtíže se ale projevují při rozvíjení kvantové teorie, do níž pronikly spolu s představou bodových elementárních částic. Je přirozené, že k obtížím „klasickým“ se přidružily další, specificky vlastní kvantové teorii. Zjistilo se, že energie pole nemůže být menší než jistá minimální veličina různá od nuly a při tom se rovná — nekonečnu. Nekonečně velké jsou také: energie interakce mezi nábojem a polem, které náboj vytváří, magnetický moment nukleonu, massa elementární částice, její náboj atd.

Metoda kvantové teorie, t. j. metoda postupných aproximací, nedává malé, nýbrž nekonečně velké aproximace. Zatím co první aproximace je v dobrém souhlasu s výsledky měření, nevede její zpřesnění (t. j. aproximace druhá, třetí, ...) k lepšímu souhlasu, nýbrž k úplnému nesouhlasu. Obzvlášť špatné je to v mesonové teorii, kde metoda postupných aproximací vedla k úplně absurdním výsledkům. Je totiž nutno, aby konstanta interakce částice s polem, podle níž se při této metodě provádí rozvoj v řadu, byla veličina malá. V elektrodynamice má hodnotu asi  $1/137$ , tedy vskutku malou, v mesonové teorii má však hodnotu podstatně větší, možná že dokonce blízkou jedničce.

K odstranění těchto specificky kvantových obtíží bylo navrženo mnoho hypotheses: od pokusů vytvořit novou klasickou elektrodynamiku, která by byla prosta všech vnitřních rozporů a od níž by se dalo přejít ke kvantové, až k tak zvané metodě odčítání. Tyto pokusy lze pokládat za další rozvoj teorie, jenže nelikvidují rozpory. Všechny nekonečnosti v kvantové elektrodynamice se podařilo převést na nekonečnost massy a náboje a tím je jaksi izolovat. Tím bylo realizováno t. zv. renormování. Při tom se vychází z předpokladu, že massa i náboj se skládá ze dvou částí, z nichž jedna má původ ležící mimo

pole a existence druhé je dána polem. První má velikost konečnou, druhá nekonečnou. V dalším se theorie obírá jen složkou danou polem, a proto ji opět štěpí na dvě složky, konečnou a nekonečnou, při čemž složku nekonečnou sdružuje s částí, která má původ mimo pole. Tímto způsobem se dosahuje, že massa i náboj jsou složeny ze dvou částí, avšak část s původem zapříčiněným polem je konečná, kdežto druhá, původu mimo pole, je nekonečná.

Obtíže s nekonečnem se tedy podařilo jen izolovat. Všechny pokusy o jejich likvidaci vedly vždy k methodě odčítání. Složka massy a náboje, nemajícího původ daný polem, se opět štěpí na dvě části, část rovnou empiricky zjištěné masse a empiricky zjištěnému náboji, ovšem že obě konečné, a na zbytek nekonečně velký. Tato nekonečná část se zanedbává, odčítá (odtud označení metody), a podrží se jen konečná část s hodnotou rovnou veličině empiricky zjištěné. Takový postup lze sotva pokládat za uspokojivé řešení problému. P. A. Dirac se o tom vyjadřuje ještě určitěji: označuje tuto metodu jako „hnusnou“ (angl. *ugly*) [1].

Přesto se fysika nevzdává této metody odčítání, a to ne proto, že je pohodlná při mnohých výpočtech, ani proto, že zatím jiné metody, více uspokojivější, není, nýbrž proto, že tato metoda, založená na renormování a odčítání, má nesporně jistý pravdivý obsah. Předně je potvrzována tím, že byl získán souhlas theorie s experimenty, za druhé vedla k vytvoření nových názorů na vakuum. Zjistilo, se že vakuum má celou řadu fysikálních vlastností, že tu existuje interakce s nabitými částicemi, která má za následek jednak odpovídající změnu massy a náboje částice, jednak změnu vakua, t. j. jeho polarizaci. Uvažuje-li se na př. interakce atomových elektronů a vakua, dojde se k závěru, že při přeskoku elektronu z jednoho stavu do druhého emituje se světelný kvant s frekvencí poněkud změněnou, než by bylo bez této interakce. Toto pošinutí hladin atomových elektronů je pokusně potvrzeno, a to s dobrým souhlasem s hodnotami theoreticky stanovenými.

Interakcí elektronu s vakuem lze tedy vyložit, že magnetické vlastnosti elektronu se mění, že magnetický moment není roven veličině  $\frac{eh}{2mc}$  (t. zv.

Bohrův magneton), nýbrž že je větší o veličinu  $\frac{a}{2\pi} \frac{eh}{2mc}$ , kde  $a$  je t. zv.

konstanta interakce. Také tato korekce magnetického momentu byla experimentálně potvrzena a to s dobrým souhlasem s hodnotou theoreticky určenou. Z toho však plyne, že vakuum není vlastně prázdným prostorem, nýbrž že je to jistá forma hmoty, existující v prostoru. Tyto úspěchy svědčí, že metoda odčítání má pravdivé jádro.

Tato skutečnost a obtíže s nekonečnem ukazují, že theorie nebere v úvahu jisté podstatné vlastnosti interakce částic a pole, které s druhé strany objevilo pravdivé jádro metody odčítání.

Abychom pochopili, o jaké podstatné vlastnosti asi jde, pokusíme se ujasnit si, co je vlastně příčinou, že v kvantové theorii pole přicházejí divergentní výrazy. Uvažujme na příklad výraz pro t. zv. příčnou energii elektronu. V první aproximaci je rovna nule. Při druhé aproximaci je dána integrálem  $\int_0^{\infty} k dk$ , kde  $k$  je nepřímo úměrno délce vyzářené vlny  $\lambda$  ( $k \sim \frac{1}{\lambda}$ ). Dolní mez při integraci ( $k = 0$ ) naznačuje, že se uvažují vlny libovolně dlouhé; horní integrační mez ( $k = \infty$ ) říká, že se uvažují vlny libovolně krátké. Integrál diver-

guje a tedy příčná energie elektronu je nekonečně velká. V kvantové elektrodynamice při užití metody odčítání se integrál „okrájí“, t. j. učiní se předpoklad, že horní mez při integrování není  $\infty$ , nýbrž jisté  $k_{\max}$ . Pak je integrál konečný a příčná energie souhlasí s hodnotou změřenou. Toto „okrájení“ však znamená, že při integraci se neuvažují vlny libovolně krátké, nýbrž jen takové, jichž délka není menší než jisté  $\lambda_{\min} \sim \frac{1}{k_{\max}}$ .

Tak je tomu se všemi divergentními výrazy kvantové teorie pole. Všechny užitím metody odčítání, po „okrájení“ integrálů, se stanou konečnými, souhlasí s výsledky měření. A to je důsledkem toho, že se při integraci neuvažují vlny o délce menší než jistá minimální hodnota. Potíže s nekonečnem v kvantové teorii pole vznikají přibíráním libovolně krátkých vln.

Připomeňme si, že něco podobného je i v klasické elektrodynamice, kde divergentní výrazy jsou důsledkem bodovosti nábojů, t. j. libovolně malých délek. A uvážíme-li, že většina pokusů překonat potíže s nekonečnem v klasické i kvantové teorii pole vychází explicitně nebo implicitně z předpokladu existence jisté minimální délky a jistého minimálního časového intervalu [2], a že tento závěr plyne z nejobecnějších vět kvantové teorie pole [3], bude asi velmi pravděpodobné, že všechny potíže s nekonečnem pramení z představy o existenci libovolně malých délek (v první aproximaci to znamená existenci délek kratších než jistá délka minimální). To však svědčí o tom, že struktura prostoru a času není spojitá.

Potíže plynoucí z pojmu dokonalé spojitosti prostoru a času, z možnosti dělit je do nekonečna, nejsou ovšem nové. Věda se s nimi setkala již dávno. Již několik století před naším letopočtem vedly k proslulým Zenonovým aporiím: „dichotomie“, „Achilles“, „šíp“ a „závodiště“, [4] které ovšem nedokazují nemožnost pohybu, nýbrž omezenost, jednostrannost pojmu dokonalé spojitosti pohybu a času. O tom nás přesvědčí, zamyslíme-li se nad některou aporií, na př. dichotomií. Představme si, že jisté těleso se pohybuje z jednoho místa do druhého. Aby těleso dospělo na konec dráhy, je nutno, aby dříve prošlo její polovinou. Má-li ale dosáhnout středu dráhy, musí dříve projít polovinou první poloviny, t. j. čtvrtinou dráhy. Tu však neproběhne, neprojde-li  $1/8$ ,  $1/16$ , ... celé dráhy. I kdyby bylo možno dráhu dělit takto do nekonečna, nemůže těleso dosáhnout konce dráhy, neboť by musilo po sobě proběhnout nekonečně mnoho jejích částí, musilo by vyčerpat nevyčerpatelné. Zenonův závěr proto zněl, že pohyb je cosi nepravdivého. Ve skutečnosti má tato aporie příčinu v tom, že vychází z předpokladu o nekonečné dělitelnosti délky to jest, z představy o dokonalé spojitosti prostoru. Tato aporie je tedy důkazem omezenosti a jednostrannosti této představy.

Aristotelův pokus o vyvrácení Zenonovy aporie na půdě dokonalé spojitosti prostoru a času se minul cíle: neboť jako před tím zůstává nepochopitelné, jak a proč lze nevyčerpatelné vyčerpat, neboť podle Zenona právě dokonalá spojitost prostoru a času je důvodem toho, že těleso nikdy nedosáhne konce dráhy.

Obzvlášť zajímavou je poslední aporie (o závodisti), v níž se dokazuje nemožnost relativního pohybu. V úvaze jde o dvě stejná tělesa, která se pohybují po závodisti v opačných směrech se stejnou rychlostí, jedno z konce, druhé ze středu závodisti. Dochází se k závěru, že polovina doby se rovná svému dvojnásobku [5]. Má se za to, že tato aporie dokazuje nesprávnost hypotézy o nespojitosti prostoru a času. Jak na př. uvádí I. G. Bašmakovová, dokazuje

se touto aporií, že atomistická struktura času a prostoru je ve sporu s existencí různých relativních rychlostí pohybu. Tento důkaz se provádí takto. Mysleme si pod sebou umístěné tři řady nedělitelných částí prostoru, z nichž prostřední je v klidu, horní a dolní se vzhledem k prostřednímu pohybují tak, že za nedělitelný časový interval se projde nedělitelná část prostoru. Horní řada nechť se pohybuje vpravo, spodní vlevo. Uvažujme nyní pohyb horní řady vzhledem k spodní. Zjistíme, že za nedělitelný časový interval se horní řada vzhledem k dolní posune o dvě nedělitelné části prostoru. To však znamená, že nedělitelná část času se projeví jako dělitelná [6]. A dále: „*V poslední době, kdy v moderní fyzice se stává otázka o nespojitosti prostoru a času, se znovu objevuje potíž, objevená po prvé Zenonem.*“ [7].

Vše, co bylo dosud řečeno, vyžaduje zpřesnění. Za prvé, které jsou to části prostoru, které se vůči sobě relativně pohybují, pohybují-li se vůbec v prostoru. U Zenona se mluví o hmotách, tělesech. Za druhé, Zenonova aporie i interpretace Bašmakovové se opírají o jednoduchý zákon skládání rychlostí, který ale ani v makrokosmu nemá universální platnost. Tudíž se v Zenonově aporii mluví buď o makroskopických tělesech, která se pohybují po závodisti dostatečně pomalu, kdy tedy platí jednoduchý zákon o skládání rychlostí, a pak Zenonova aporie prostě neexistuje — anebo se mluví mikroskopická tělesa, kvalitativně odlišné pohyby a s kvalitativně jiným zákonem pro skládání rychlostí, a pak rovněž Zenonova aporie neexistuje. A jestliže se v dnešní fyzice počíná uplatňovat hypotéza o nespojitém prostoru a čase, není to pro fyziku tou hlavní obtíží. Naopak, Zenonovy aporie, které odhalují omezenost pojmu dokonalé spojitosti, jsou jedním z předpokladů hypotézy o diskretní struktuře prostoru a času.

Zenonovy aporie měly velký ohlas u tehdejších současníků i jejich potomků. Sofisté (Protagoras), skeptikové (Sextus) vyvodili z nich nihilistické závěry o nepravdivosti geometrie, o tom, že její objekty — bezrozměrný bod, spojitá čára s nulovou tloušťkou — jsou prázdné abstrakce, jimž ve skutečném světě nic neodpovídá. Protagoras tvrdil, že člověk je měrou všech věcí. Nikdo neviděl přímkou, která by se kruhu dotýkala v jediném bodě, a že tedy taková přímkou neexistuje.

K jiným závěrům došel Demokritos a jeho žáci. Je známo, že Demokritos dokazoval nesprávnost Protagorova tvrzení, že by člověk byl měrou všech věcí. Podle Demokrita jsou dva stupně poznání: smyslové (temné) a pravé (myšlení). Pomocí smyslů lze dospět jen k domněnce, ale nelze poznat pravdu. Pravdu poznává jen rozum. Tam, kde smysly se ukazují jako nepostačující (na př. že objekt je příliš malý), přichází na pomoc rozum. Smysly dokazují, že čím přesnější je výkres, tím menší že je úsek, na němž přímkou a kruh splývají. Tento úsek je tedy menší, než ten nejmenší úsek, který lze smysly postřehnout, a náleží tedy již do oblasti, v níž jsou smysly bezmocné a kde nastupuje myšlení. Proto ve světě smyslů lze dělení provádět libovolně daleko a je tedy správná domněnka, že přímkou se kružnice dotýká v jediném bodě.

Se stanoviska Demokritova je to však jen domněnka, ježto se tu provádí pochybná extrapolace vlastností smyslového světa do světa rozumu. Pravdu lze poznat jen myšlením a tato pravda říká, že nelze v dělení libovolně daleko pokračovat. Kdyby se dělení dalo provádět do nekonečna, pak by prostor byl složen z bezrozměrných bodů, byl by nulový, skládal by se z ničeho. Existuje tedy hranice dělitelnosti, nejmenší částice prostoru, amerés, nemající již částí, na rozdíl od nejmenší částice hmoty, atomos, kterou nelze dále dělit

fysicky pro její nadměrnou tvrdost. Prostor zaplněný hmotou je diskretní na rozdíl od vakua, prostého veškeré struktury a všech vlastností [8].

Epikur proti aporiím Zenonovým kladl nejen ideu nespojitého prostoru, ale i předpoklad nespojitého času a pohybu. Hypothese o nespojitosti prostoru a času, jak ji navrhovali Demokrit a Epikuros, byla však příliš primitivní a omezená.

Mnozí jsou názoru, že tato hypothese vůbec neexistovala a že Aristoteles si ji prostě vymyslel proto, aby ji nakonec elegantním způsobem vyvrátil; že takový vynikající matematik jako Demokritos s ní neměl nic společného a že Epikuros ji znovu vynesl na povrch, přestože již Aristoteles ukázal, jak taková hypothese je ubohá [9].

Aristotelovy námitky proti hypotese o nespojitosti prostoru a času se však při bližším přihlédnutí nejeví tak závažnými, aby mohly prokázat, „jak takový názor je ubohý“, i když se tak jevily Aristotelovu komentátoru. Tyto výtky lze rozdělit na dvě skupiny. K první náleží ty, které se týkají pojmů (na př. „dotyk“), které podle Demokrita jsou správné jen ve světě smyslového poznání a byly nekriticky přeneseny i do oblasti pravdivého poznání [10]. Důkazy v této první skupině se však vůbec nedotýkají podstaty hypotese nespojitosti prostoru a času. Podobně je tomu i s druhou skupinou námitek, v nichž Aristoteles buď vyvrací nespojitost prostoru, vycházející při tom ze spojitosti času a pohybu [11], nebo vyvrací nespojitost času za předpokladu, že prostor a pohyb jsou spojitě [12], či nakonec dokazuje nemožnost nespojitosti prostoru a času, při čemž předpokládá spojitost pohybu [13].

Všechny tyto Aristotelovy důkazy však se mýjely cíle, neboť jde o nespojitost všech tří současně, prostoru, času i pohybu. Kromě toho byly v rozporu se samou filosofií Aristotelovou. Aristoteles uznával ovšem spojitost prostoru, času i pohybu. S tohoto hlediska vyvracel také opačný názor o nespojitosti prostoru a času. Všimát si však jen toho, znamená nevšimát si, že u Aristotela „je živé: náběhy, hledání, ...“, že Aristoteles „všude na každém kroku klade otázku právě o dialektice“; znamená „vyhodit všechno hledání, kolísání, způsobu kladení otázek“ [14].

Při zkoumání otázek o bytí, pohybu, prostoru a čase došel Aristoteles k závěru o existenci hluboké souvislosti mezi nimi; podle Aristotela jsou vlastnosti pohybu dány vlastnostmi bytí a vlastnosti prostoru a času vlastnostmi pohybu. „Je jasné, že jaký bude pohyb, takový bude i čas. Jestliže tedy se stane právě tak jednotným, bude i čas jedno a totéž; jestliže ne — nebude“ [15]. Vývoj vědy skvěle potvrdil tuto geniální Aristotelovu ideu. Při dalším zkoumání vztahu mezi pohybem a prostorem a časem došel Aristoteles k otázce, jsou-li prostor a čas dokonale spojitě nebo nespojitě. K rozřešení této otázky je podle jeho názoru nutno především objasnit charakter pohybu.

V starověku vládl názor, že pohyb se může díť s libovolnou rychlostí, t. j. spojitě. Avšak prostor a čas jsou takové jako pohyb. Jsou tedy prostor a čas spojitě. „Protože každý pohyb probíhá v čase a v každém čase může pohyb probíhat, a dále, vše co se pohybuje, může se pohybovat rychleji nebo pomaleji, pak v každém čase bude probíhat pohyb rychlejší i pomalejší. Je-li tomu tak, pak i čas musí být spojitý“ [16]. To znamená, že čas je spojitý, pokud je pohyb spojitý. Podle Aristotela je potom ale čas nespojitý, je-li pohyb nespojitý. Proto došel Aristoteles k závěru, že prostor a čas jsou spojitě, že rychlost pohybu se může měnit spojitě. „Ježto tedy v každém čase může existovat pohyb rychlejší i pomalejší a při rychlejším pohybu se za tutéž dobu urazí delší dráha, znamená to

možnost uraziti dráhu dvojnásobnou i třípolovinovou; neboť v takovém poměru mohou být rychlosti“ [17].

Jak známo, moderní fyzika dokázala, že v mikrokosmu se pohyb může dít kvantovaně, nespojitě, že tedy nejsou možny všechny poměry rychlostí. Sledujeme-li Aristotela, pak ani prostor, ani čas nemohou být do nekonečna dělitelné, neexistují libovolně malé délky ani libovolně krátké doby, neexistují-li současně libovolně malé změny rychlostí. Taková je logika Aristotelova: „Z jednéh a týchž příčin buď i velikost, i čas, i pohyb skládají se z nedělitelných částí a dělí se na ně, nebo to neplatí“ [18]. Velikostí se u Aristotela myslí prostor. Nespojitost pohybu nutně vede k závěru, že nespojitými jsou také čas a prostor, a to z jednéh a týchž důvodů.

V dalším uvidíme, v čem je podstata hypotézy o diskretnosti prostoru a času. Kvantovanost pohybu v mikrokosmu, objevená moderní fyzikou, podmiňuje diskretnost prostoru a času jiné povahy; podmiňuje stabilitu a ohraničenost hmotných objektů (atomů, molekul, atd.) v čase i prostoru.

Scholastika zamítla Demokritovu a Epikurovu hypotézu o diskretnosti prostoru a času a za jedno ze svých dogmat prohlásila dokonalou spojitost. Scholastik Thomas Bradwardine ve svém „Traktátu o spojitém“ dokazoval: „Věda je pravdivá jen pokud, pokud se nezakládá na předpokladu, že spojitě se skládá z nedělitelného“ [19]. Církev se tvrdě vypořádávala s každým, kdo se dotkl kteréhokoli jejího dogmatu, včítaje v to i dogma právě uvedené. Jen někteří zvláště směli se odvážili vystoupit proti tomuto dogmatu. Takovým byl Nicolas de Autrecourt, který se v letech 1340—1345 pokoušel vzkřísit Demokritovu a Epikurovu hypotézu o diskretnosti prostoru a času a podrobil ostré kritice Aristotelovy důkazy jejich dokonalé spojitosti [20]. Jeho názory byly r. 1346 odsouzeny papežskou kurií v Avignonu a on sám, zbaven práva přednášet, byl donucen odřici se veřejně svých „bludů“.

Byly tu ovšem pokusy smířit hypotézu o diskretním prostoru a čase s náboženstvím. Arabští mutekallimové Al-Ašari a Nazam, patriarcha v Antiochii Gerard Odonis, španělský jezuité Arriaga a Oviedo se pokoušeli zahalit tuto hypotézu do mystického roucha, vykládat vesmír jako součet nehybných okamžiků, bodů klidu a pohyb ve vesmíru pokládat za iracionální božský akt [21], [22].

V druhé polovině 16. století, v době renesance, vystoupil s hypotézou diskretního prostoru a času Giordano Bruno. Proti církevním dogmatům o konečnosti vesmíru a dokonalé spojitosti prostoru a času postavil nauku o nekonečném vesmíru a o diskretním prostoru a času. Tvrdil, že „příčinou a důvodem všech omylů v matematice i fyzice je, že se připouští spojitost a dělení do nekonečna“ [23]. Podle představy Giordana Bruna je prostor složen z dále nedělitelných částic, bodů. Složením bodů dostaneme čáru, pohybem čáry vzniká plocha, a pohybem plochy těleso. Podobně jako Demokritos a Epikuros rozlišoval Giordano Bruno nejmenší část prostoru, bod, od nejmenší částice hmoty, totiž nejmenšího tělesa, atomu. Kružnice a přímka se dotýkají podél nejkratší úsečky. Čas je nespojitý a skládá se z nejmenších částic, atomů času. Giordano Bruno své názory muzně hájil a nezřekl se jich ani na mučení.

Postupem času přibývalo zastánců hypotézy diskretního prostoru a času. Mezi nimi byli vynikající filosofové a učenci, jako Galileo Galilei, Francis Bacon, Pierre Gassendi a mnozí jiní. Tak na př. Galileo Galilei učinil další krok v rozvíjení této hypotézy, zaměnil Demokritův amerés nekonečné malými, dále nedělitelnými entitami. Tvrdil, „že nejen dvě již nedělitelné částice,



ale ani sto nebo tisíc nemůže vytvořit konečnou, dělitelnou veličinu, neboť k tomu by jich bylo zapotřebí nekonečně mnoho“ [24]. Prostor se skládá z nekonečného množství nedělitelných prvků, je krátce nespojitý. Kružnice je „mnohohúhelník s nekonečným počtem stran“ [25]. Přímka není dokonale spojitá, čáru rozdělenou na nekonečný počet dílů, „můžeme si představit jako existující bez přetržitosti konečnými prázdnostami, ale zahrnující nekonečný počet nedělitelných prázdných prostorů“ [26]. Galilei se při tom neomezoval na obecné vývody, neboť při řešení geometrických a matematických problémů se opíral o pojem diskretního prostoru.

Jak známo, vystoupil v 80. letech 18. století Immanuel Kant s kritikou hypotézy o diskretním prostoru a času. Mezi antinomiemi čistého rozumu je i antinomie jednoduchého a složeného, která v podstatě vychází z pojmu dokonale spojitého prostoru. Nestačila by ovšem jen pouhá zmínka. Mluvě o zastánčích hypotézy diskretního prostoru a času (Kant je nazývá monadisty), dokazoval, „že se obávali, neskládá-li se čára v přírodě z fyzických bodů a tudíž skutečný prostor v objektu z jednoduchých částí, zatím co ten prostor, který si myslí geometr, se z nich neskládá. Nevěděli, že tento myšlený prostor podmiňuje prostor fyzický, t. j. rozměrnost samé hmoty, že prostor není nikterak vlastností věcí o sobě, nýbrž jen formou naší schopnosti smyslové představy“ [27]. Kant říká, „jakýkoli jev označuje se tou vlastností, že ani jedna jeho část není jednoduchou částí, neboť ani jediná část prostoru není jednoduchá. Avšak monadisté obratně se snaží obejít tuto obtíž; tvrdí totiž, že není to prostor, jenž podmiňuje možnost předmětů vnější názorné představy (těl), nýbrž naopak jsou to předměty, vnější názorné představy a dynamický vztah mezi substancemi vůbec, jež podmiňují možnost prostoru“ [28]. S hlediska Kantova je to ovšem nesprávné, neboť o tělesech máme pojem jako o zjevech, zatím co monadisté pokládají prostor za jejich podmínku.

Aby pak nedošlo k nedorozuměním, Kant velmi pečlivě vysvětluje, proč nesouhlasí s monadisty. Nesouhlasí snad proto, že by pojem diskretního prostoru a času byl klamný a názor o jejich dokonalé spojitosti pravdivý, nýbrž proto, že by pak hypotéza o diskretním prostoru a čase odpovídala skutečnosti jen tehdy, kdyby čas a prostor byly objektivně reálné a kdyby jejich vlastnosti byly dány vlastnostmi věcí a jejich vztahy. „Kdyby předměty vnějšího názorového světa byly věcmi o sobě, pak by důkaz monadistů platil“ [29].

Rozvoj vědy ukázal, že věci a jejich vzájemné vztahy podmiňují vlastnosti prostoru a času, byla dokázána poznatelnost věcí o sobě, jejich objektivní reálnost. A pak tedy podle Kanta mají pravdu monadisté, a je tedy pravdivá hypotéza o diskretním prostoru a čase.

Již Hegel si toho všiml. Ve své „Logice“ uvádí, že „v Kantově antinomii o jednoduchém a složeném je obsažena idea, že prostor a čas nelze pokládat nikoli jen za spojité, nýbrž i za současně nespojité, zatím co v dřívější metafyzice se zastavili již na spojitosti“ [30].

Hegel je zde, jako ostatně všude, stále stejný. Nic neříká, že hypotéza diskretního prostoru a času pochází již od Demokrita. Přešel jednoduše celou historii této hypotézy, a připisuje ji jen Kantovi. Len in k tomu poznamenává: „To je velmi charakteristické! Mystik-idealista-spiritualista (jako veškerá oficiální, kněžovský-idealistická filosofie naší doby) vyhrabává a přezývá mystiku-idealism z dějin filosofie, a ignoruje a špatně nakládá s materialismem. Srv. Hegel o Demokritovi — nil“ [31]. To je tím nápadnější, že sám Hegel, rozbíraje pečlivě antinomii Kantovu, poznamenává, že je v ní idea diskretnosti prostoru

a času, jenže implicitně. Hegel ukazuje, že sám Kant přes antimonii jím objevenou připisuje jednostranně prostoru neomezenou dělitelnost, spojitost a že ve skutečnosti antinomie prostého a složeného jako obecně platící se týká prostoru i času. „Z toho plyne, že ani jedno z těchto určení, vzato samo o sobě, není pravdivé, neboť pravdivá je jen jejich jednota. A to je pak pravdivý dialektický způsob zkoumání těchto určení, stejně pravdivý jako výsledek“ [32].

Hegel si první všiml toho, že hypotéza dokonalé diskretnosti prostoru a času je právě tak jednostranná, jako hypotéza o jejich dokonalé spojitosti. Sám pak rozvinul dále hypotézu diskretnosti prostoru a času, dokázav, že jsou proto současně spojitě. Podle Hegla mají tyto protikladné vlastnosti jen pojem prostoru a pojem času, nikoli ale reálný prostor a čas.

Nový pokus o vzkříšení hypotézy diskretnosti byl učiněn až teprve roku 1854. Toho roku přednesl Bernhard Riemann svou proslulou inaugurační přednášku „O hypotézách, jež jsou základem geometrie“. B. N. Delone k tomu poznamenává: „Riemannově přednášce nikdo nerozuměl, jedině staříček Gauss (rok před svou smrtí), na této přednášce přítomný, ač nepromluvil, odešel hluboce zamýšlen“ [33].

Mnoho z toho, o čem tehdy Riemann přednášel, se již dávno stalo nedílnou částí fyziky, matematiky i filosofie, leccos se stalo srozumitelným až dnes. Riemann byl první, kdo se pokusil pochopit matematicky hypotézu diskretního prostoru a času, a to tím, že položil základy geometrie diskretních množin. Pokoušel se objasnit, čím se kvalitativně i kvantitativně taková geometrie liší od spojitých množin, s nimiž pracuje geometrie Riemannova i Euklidova. „S kvantitativního hlediska lze srovnání provést u diskretních množin spočítaním (jako množin spočítaných), u spojitých množin pomocí změřením“ [34].

Riemann říká: „Empirické pojmy, na nichž se zakládají prostorové metrické vztahy — pojmy tuhého tělesa a světelného paprsku — ztrácejí jak známo přesný smysl v mikrokosmu. Je tedy docela dobře myslitelné, že metrické prostorové vztahy v mikrokosmu neodpovídají geometrickým postulátům. Otázka, zda jsou pravdivé geometrické postuláty v mikrokosmu, úzce souvisí s otázkou vnitřní příčiny vzniku geometrických vztahů v prostoru, a při jejím zkoumání nutno uvažovat výše uvedenou poznámku o tom, že u diskretních množin je princip metrických vztahů obsažen již v samém pojmu množiny, zatím co u spojitých množin je nutno jej hledat kdesi jinde. Z toho plyne, že buď to reálné, co tvoří ideu prostoru, je diskretní množina, anebo je nutno se pokusit o výklad vzniku metrických vztahů nějak jinak, třeba pomocí sil vazeb, které působí na ono reálné“ [35].

Idea prostoru je odrazem, obrazem reálného prostoru, o kterém pojednáváme. Je-li prostor spojitý, jsou jeho metrické vztahy určeny vazbami, pohyby, procesy, které se projevují jako vlastnosti prostoru a času. S Riemannova hlediska existuje i jiná možnost (diskretní prostor), která jak známo je realizována v mikrokosmu, kde tělesa i procesy mají kvalitativně jiné vlastnosti, než v makrokosmu. Je-li ale toto modelem dokonalé diskretnosti, pak metrické vztahy plynou z ní samé a nejsou tedy určeny pohybem hmotných objektů v mikrokosmu. Ve skutečnosti jsou potom vlastnosti diskretního prostoru projevem specifických vlastností pohybu v mikrokosmu a nemůže mu tedy odpovídat model dokonalé diskretnosti.

Další krok v rozvíjení hypotézy diskretnosti bude tedy zřejmě uskutečněn syntézou obou těchto možností. První z nich tvoří základ moderní teorie prostoru a času, Einsteinovy teorie relativity. Pro druhou možnost nebylo pochopení a byla tedy odmítnuta, i když — jak říká Weyl — všechno uka-

zuje, že právě v tomto směru bude nutno hledat řešení problému prostoru [36]. Riemann říká: „Zde stojíme na prahu oblasti, která náleží jiné vědě, fyzice, a dnes jej ještě nelze překročit“ [37].

Tento den nastal až ve dvacátém století, kdy byla vytvořena kvantová mechanika a kdy theorie pole počala studovat ty oblasti mikrokosmu, kde už nelze ignorovat obtíže s nekonečnem.

Idea nespojitého času byla vyslovena J. J. Thomsonem ve spojitosti s jeho hypotézou o nespojitosti elektrického pole v mikrokosmu [38]. Jeho ideu převzala řada fyziků, hlavně R. Levý, který předpokládal, že čas je diskretní, složený totiž z časových kvant velikosti řádově  $10^{-24}$  sek., které nazval *chronony* [39]. Tuto teorii přijal také G. Pokrovskij [40], který se pokusil určit velikost chrononu přesněji (dle jeho výpočtu je rovna  $\Theta = 4,3 \cdot 10^{-24}$  sek.) a porovnat ji s výsledky měření. Ježto libovolná doba je celistvým násobkem  $\Theta$ , nemůže být světelná vlna kratší než  $\Theta \cdot c$  a rozdíl vlnových délek, odpovídajících dvěma sousedním spektrálními čarám, je nutně rovna celému počtu těchto vlnových délek. Zjistilo se, že i když libovolnému celistvému násobku neodpovídal vždy rozdíl vlnových délek, přes jen libovolnému rozdílu vlnových délek odpovídá vždy celistvé číslo  $c \cdot \Theta$ . Když však bylo objeveno kosmické záření, došlo se k závěru, že  $\Theta$  je menší než  $10^{-24}$  sek. Avšak tato hypotéza, která vznikla nezávisle na vlastnostech prostoru a na obtížích s nekonečnem, nebyla již dále rozvíjena.

Dále v tomto směru pokročili D. D. Ivaněnko a V. A. Ambarcumjan [41]. Vyšli z nejjednodušších předpokladů, že existuje jakási minimální délka  $a$  a jakási nejkratší doba  $a/c$  a že všechny souřadnice (prostorové i časové) mohou se rovnat jen celistvým hodnotám:  $x = ka$ ,  $y = ma$ ,  $z = na$ , kde  $k$ ,  $m$ ,  $n$  jsou celá čísla; jinými slovy, že prostor a čas jsou vlastně čtyřrozměrnou kubickou mřížkou bodů. Zkoumalo se, jak se chovají nabitě částice v nespojitém prostoru a čase a interakce částic s polem. Při tom obyčejné diferenciální rovnice theorie pole přecházejí v rovnice diferenční, které ovšem pro  $a \rightarrow 0$  přecházejí opět v diferenciální. Při tom je vlastní energie elektronu konečná. Theorie na těchto ideách vybudovaná vyložila řadu fyzikálních jevů, na př. radiační tření. Avšak již na tomto stupni vývoje se tato theorie setkala s vážnými matematickými obtížemi, hlavně proto, že se prokázala jako relativisticky neinvariantní. To jí bylo také vytknuto jako hlavní nedostatek a byla proto zamítnuta.

Neúspěch všech pokusů likvidovat obtíže theorie, kterých každým rokem přibývá, vedl k tomu, že r. 1947 se Snyder [42] k theorii diskretnosti prostoru a času opět vrátil, ovšem na vyšší úrovni. Snyder vychází z existence minimální délky  $a$ , která tvoří zcela přirozený základ theorie. Souřadnice jsou tu potom hermitovskými operátory, které vykazují celočíselné spektrum charakteristických hodnot tvaru  $m \cdot a$ , kde  $m$  je celé. Prostor je homogenní a isotropní. Tato theorie představuje podstatný pokrok ve vývoji theorie diskretního prostoru a času, neboť mřížkový model nemůže být anisotropní.

V. L. Averbach a B. V. Medveděv [43] pokusili se o vybudování obecnější theorie, z níž Snyderovy hypotézy vycházejí jako zvláštní případ. P. G. Kard ve své kandidátské disertaci (Tartu, 1949) se pokusil o nerelativistické stanovení energetických hladin vodíkového atomu v diskretním prostoru a čase. Tato diskretnost vedla při tom k jistému pošínutí hladin. Když korekce energetických členů (je-li minimální délka řádu  $10^{-13}$  cm) jsou velmi malé (řádů  $137^{-2}$ ), přec jen ve spojení s přesnější theorií superjemné

struktury lze očekávat, že bude možno přímo experimentálně ověřit základní ideje kvantovaného prostoru.

A. A. March [44] pokusil se vybudovat relativisticky invariantní teorii diskretního prostoru a času. Vezme-li se tato diskretnost v úvahu, vychází, že energie interakce částice a pole se natolik změní, že je rovna nule pro vlnové délky kratší než je nejmenší délka. Současně je možno vyložit řadu fyzikálních jevů (na př. magnetický moment nukleonů). Závěry teorie dobře souhlasí s experimentálními daty. Jenže, i když elementární částice mají v jistém smyslu rozměry, v teorii se pokládají za bodové, jak to požaduje relativistická invariantnost.

Pokusy s vybudováním relativisticky invariantní teorie diskretního prostoru a času přesto pokračují. L. Schiff [45] na př. se pokusil vybudovat nelineární teorii pole v diskretním prostoru a čase. R. Reo [46] vybuvoval teorii diskretního prostoru a času, již se podařilo kvantitativně vyložit konstanty spektra elementárních částic.

Hypothesa diskretního prostoru a času souvisí totiž velmi úzce s hmotovými spektry, neboť na základě těchto spekter lze činit závěry o existenci horní a dolní hranice tohoto spektra, maximální a minimální massy. Existence minimální délky znamená existenci minimální vlnové délky i maximální frekvence, t. j. maximální energie a tedy i maximální massy. Ideu existence minimální massy není třeba zvlášť vysvětlovat, avšak k vyvození závěru, je-li tato minimální massa také kvantem massy, nutno provést ještě další analýsu.

I. Caldiroda [47] se pokusil o vybudování elektrodynamiky v diskretním prostoru a čase. M. Jammer [48] se snaží filosoficky zdůvodnit diskretnost. V. I. Sviděrskij [49] v nedávno vydané monografii, věnované prostorově-časovým představám ve fyzice, se pokouší o zhodnocení hypotézy ve světle dialektického materialismu.

Hypothesa o nespojitosti prostoru a času naráží ovšem zatím na vážné matematické obtíže. Přesto získává tato hypotéza stále více přívrženců, matematické obtíže se postupně odstraňují, pojednává se o ní již v učebnicích [50], [51]. Zřejmě tato hypotéza nespojitosti vystihuje podstatné vlastnosti prostoru a času v oblasti malých rozměrů a časových intervalů. To je také důvod hlubokého zájmu o ni a zárukou jejího budoucího úspěchu.

Je ovšem bezúčelná pro toho, kdo odtrhuje prostor a čas od pohybující se hmoty, kdo se domnívá, že existují na sobě nezávisle. Ve skutečnosti prostor i čas jsou subjektivní reality a jejich vlastnosti jsou jen projevy vlastností pohybu hmoty. Obecná teorie relativity tuto souvislost dokázala pro gravitační pole v explicitním tvaru [52], objevila hlubokou souvislost mezi vlastnostmi prostoru a času a zákony zachování pohybu. Moderní teorie pole odkryla úzkou souvislost času s nábojem a spinem elementárních částic [53].

Naše názory a pojmy o prostoru a čase se měnily s tím, jak přibývalo objevů nových forem pohybu hmoty: klasické představy o prostoru a čase vznikly v souvislosti se studiem mechanických pohybů, představy teorie relativity o prostoru a čase v souvislosti se studiem elektromagnetických zjevů; studium gravitačního pole vedlo k novým názorům o prostoru a čase obecné teorie relativity.

Vlastnosti prostoru a času jsou dány vlastnostmi pohybu hmoty. Pohyb je však současně spojitý i nespojitý, je protikladný; je tedy možno, že je sjednocením těchto protikladných vlastností. Pohyb je spojitý, neboť je přechodem

z jednoho stavu hmoty do druhého. Pohyb je však také nespojitý, neboť tento přechod je hranicí mezi oběma stavy, které se od sebe kvalitativně liší. Protikladnost pohybu hmoty se projevuje protikladnostmi prostoru a času. Prostor a čas jsou nespojité, jsou sjednocením částí, kvalitativně od sebe odlišných, jsou však takové, že hranicí mezi nimi je jejich souvislost, jejich přechod z jednoho do druhého. Prostor a čas jsou dokonale nespojité, jsou tedy spojité. Libovolná část prostoru a času není dělitelná do nekonečna, není neohraničená. Při takovém dělení dříve či později dosáhneme hranice, dojdeme k některé minimální délce a k minimálnímu časovému intervalu. To však nijak neznamená, že čas a prostor zmizely. Jde o to, že při takovém dělení se na určitém stupni mění kvalita jak času, tak prostoru, že v mikroskopických oblastech mají prostor a čas kvalitativně jiné vlastnosti, platí pro ně jiná geometrie, že extrapolace vlastností makrokosmického prostoru a času za jejich hranice je neoprávněná. Máme zato, že nezachovávání parity a to, že neexistuje pro rozpad typu  $K$  a beta zrcadlová souměrnost, je pro to dokladem.

Mezi jiným plyne z toho nutně existence i horní hranice, to jest existence maximální délky a maximálního časového intervalu. Pro to mluví i potíže dnešní kosmologie. Existence této horní hranice neznamená ještě, že vesmír je konečný, to znamená jen tolik, že v obrovských oblastech prostor a čas mají jiné kvalitativní vlastnosti, že extrapolace nám dosud známých vlastností prostoru a času za tyto meze je neoprávněná. Tyto kvalitativně jiné vlastnosti prostoru a času jsou odrazem kvalitativně jiných vlastností pohybu. Právě zjištění těchto hranic a poznat vlastnosti pohybu hmoty za jejich hranicemi je nejdůležitější úkol fyziky mikrokosmu a kosmologie.

\* \* \*

Hypothesa diskretního prostoru a času, která vznikla již v dobách velmi dávných a má proto velmi bohatou historii, dospěla dnes stupně, kdy z oblasti obecných filosofických představ přechází do přírodovědy, stává se objektem speciálních věd. Mikrokosmos — elementární částice a pole, jejich interakce, jednota jejich korpuskulárních a vlnových vlastností, pohyb s docela jinými vlastnostmi než v makrokosmu — podmiňuje i kvalitativně jiné vlastnosti prostoru a času.

Zatím kvantová teorie vychází z toho, že vlastnosti prostoru a času jsou v makrokosmu i mikrokosmu totožné. Je jasné, že takový názor dříve či později narazí na vnitřní rozpory v teorii. Ignorování okolnosti, že vlastnosti prostoru a času jsou v mikrokosmu kvalitativně jiné než v makrokosmu, vede k zmíněným již obtížím s nekonečnem, které opět svědčí o existenci hranic platnosti klasických představ o prostoru a čase.

*„K zdokonalení stávajících teorií je nutno zavést úplně nové fyzikální představy . . . do fyziky byla by vnesena nová univerzální délka“ [54].*

Hypothesa diskretního prostoru a času ušla ve fyzice zatím první dětské krůčky. Z počátku to byly hrubé modely mřížek, v nichž čas a prostor se jeví složený z buněk s ostře vymezenými, neproměnnými hranicemi, t. j. modely dokonale diskretní, právě tak omezené jako pojem dokonalé spojitosti. Pokusy o další rozvinutí těchto nejjednodušších modelů setkávají se s obrovskými obtížemi matematickými i fyzikálními. Nepřekona-li je, pak tato hypothese zmizí, ovšem jen proto, aby se po nějaké době znova vynořila na vyšší úrovni. Snyderova hypothese trpí při nejmenším těmito zásadními nedostatky: Za prvé, nejde v ní o reálný prostor a čas, nýbrž jen o pojem prostoru a času.

Podle Snyderovy hypotese jsou částice nebodovými útvary nikoli v reálném prostoru, nýbrž v jistém abstraktním  $Y$ -prostoru, v t. zv. prostoru vlnových rovnic; v reálném prostoru zůstávají bodovými jako předtím. Za druhé je nedůsledná, ježto operátory prostorových souřadnic mají sice diskrétní spektrum charakteristických hodnot, ale spektrum charakteristických hodnot operátorů časového je spojitě.

Pokusy o další rozvinutí hypotese diskrétního prostoru a času naráží na vážné obtíže, souvisejí s tím, že jednak aparát matematické analýsy odráží nikoli diskrétní vlastnosti prostoru a času, nýbrž spojitě, t. j. vychází v podstatě z abstraktního pojmu kontinua, takže je nutno užívat těžkopádného aparátu diferenčních rovnic, jen velmi vzdáleně odrážejícího diskrétní vlastnosti prostoru a času. Za druhé jsou zde obtíže s postuláty relativistické invariantnosti.

Pokud se týče matematického aparátu, pak rozšíření matematických abstrakcí, pravdivých v makrokosmu, na enormně malé oblasti prostoru vedlo i zde k obtížím, podobně jako v teorii pole. O teorii množin, základu celé budovy matematické analýsy, se ukázalo, že je prožrána červy vnitřních rozporů, které končí antinomiemi. Teorie množin a matematická analýsa se v podstatě opírá o pojem spojitosti, a je to tedy aparát, odpovídající dokonalé spojitosti prostoru a času. Pak jsou pravdivé a odpovídají skutečnosti poňud, pokud je pravdivým a odpovídá skutečnosti pojem dokonalé spojitosti prostoru a času. A to je pak příčinou toho, že pokud se uvažují procesy v makrokosmu, dává matematický aparát skvělé výsledky.

Antinomie teorie množin nejsou dokladem neplatnosti matematické analýsy. Svědčí jen o tom, že oblast jejího užití není neohraničená, že je tu hranice pro užití jejích pojmů v mikrokosmu, především pokud se týče pojmu spojitosti. V moderní matematice se zatím nečiní pokusy vytvořit nový matematický aparát, který by vycházel z pojmu diskrétního prostoru a času. Neboť jen pak by mohla překlenout antinomie teorie. Ideje Riemannovy a Weylovy byly pro matematiku pouhými dohady, které jejich současníci nepochopili, a proto je zamítli. Moderní matematika je stejně vzdálena představě diskrétního prostoru a času jako před sto lety. Lze to vyložit tím, že theoretická fyzika jí dosud nepředložila jasně vymezený úkol, a v matematice, jako v každé jiné vědě, se neudělá nic, co není naprosto nutné. Antinomie teorie množin, rozvoj moderní fyziky a filosofie jí však tento úkol jistě dají a pak geniální Riemannova předtucha se stane exaktní matematickou teorií.

Hlavní potíže, které nyní teorie diskrétnosti musí překonat, souvisí s relativistickou invariantností. Zdá se však, že postuláty relativistické invariantnosti jsou inkompatibilní s teorií diskrétnosti, a patrně se neuplatňují při mikroskopických časech. L. Silberstein [55], který se snaží uvést do souladu teorii diskrétnosti s teorií relativity, dochází k závěru, že teorie relativity se uplatňuje pro velké rozměry a dlouhé časy, a tam že je relativistická invariantnost na místě; v mikrokosmu však závěry teorie relativity (a tím i postulát relativistické invariantnosti) se uplatnit nemohou. I to lze pochopit. Teorie relativity vychází z pojmu dokonalé spojitěho prostoru a času a je pravdivá všude tam, kde je pravdivý pojem dokonalé spojitosti, t. j. v makrokosmu. Její extrapolace na mikrokosmos má za následek, že teorie vede k nesmyslným závěrům, jako na př. bodový náboj, bodová interakce částic s polem, nebo konečně závěr, že interakce bodových částic je možná jen při koincidenci, t. j. nacházejí-li se obě částice v témž geometrickém bodě.

V relativistické mechanice stejně jako v klasické souvislosti mezi prostoro-časovými vlastnostmi a pohybem hmoty není dosud zcela jasno; až teprve další vývoj theorie nám dá k tomu klíč. Prostor a čas v klasické mechanice i v theorii relativity jsou projevem mechanického pohybu hmoty. Theorie relativity popisuje elektromagnetické a nukleární procesy jen tak daleko, pokud souvisí s přemístěním, t. j. s mechanickým pohybem. V rámci klasické mechaniky i theorie relativity nebyly až dosud náležitě vyzdvíženy specifické vlastnosti těchto zjevů a jak se odrážejí ve vlastnostech prostoru a času.

Theorie relativity je jen první aproximací skutečnosti i v makrokosmu. Její přenášení do mikrokosmu znamená přenášet pojem kontinuity do oblasti, kde již neodpovídá skutečnosti. Einstein k tomu napsal [56]: „*Jsem stále více přesvědčen, že s teorií kontinua se dále nedostaneme, a že Riemannova metrika se nám nabízí jako jediný přirozený pojem*“. Dnešní fyzika postupně dochází k téměř názoru. Čím dříve se tento názor prosadí, tím rychleji budou odstraněny překážky, které stojí jejímu rozvoji v cestě.

Nám se zdá, že pokusům o překonání obtíží v theorii pole při zachování starých představ o prostoru a času je souzen neúspěch. Nemůžeme proto než souhlasit s I. J. Tammiem [57], který vzpomíná na Riemannových idejích napsal: „*Zdá se mně velmi pravděpodobným, že v mikroskopických rozměrech je prostor diskretní, to jest, že v mikrokosmu je realizována první z možností, na něž poukazoval Riemann*“. Přesnějším by bylo, kdyby Tamm byl řekl: že realizována je synthesis obou Riemannem uvedených možností. Theorie diskretního prostoru a času nebude teorií dokonalé diskretnosti, neboť zahrne přirozeným způsobem i pojem kontinua jako prvek a tím i theorii dokonalé spojitosti (inkl. theorii relativity), ovšem jen jako zbavenou jejího výsadního postavení, jen jako zvláštní případ.

Záruka budoucího úspěchu hypotézy diskretního prostoru a času je dána nejen živelným zájmem fyziky o ni, a také nejen tím, že pomáhá překonávat obtíže theorie, nýbrž tím, že je důsledkem obecných zákonů dialektiky, zákonů o kořenné souvislosti prostoru a času s pohybem hmoty. Lenin říká [58]: „*Pohyb je podstatou času a prostoru. Dva základní pojmy vyjadřují tuto podstatu: (nekonečná) nepřetržitost (Kontinuität) a „punktuálnost“ (= popření nepřetržitosti, přetržitost). Pohyb je jednota nepřetržitosti (času a prostoru) a přetržitosti (času a prostoru). Pohyb je rozpor, jednota rozporů.*“

*Přeložil dr Ant. Srovnal*

#### Literatura

- [1] P. A. M. Dirac, Proc. Roy. Soc. sv. 209, 1951, str. 291.
- [2] A. Соколов, Д. Иваненко, *Kvantovaja teorija polja*, 1952, str. 566—640.
- [3] W. Heisenberg, *Physikalische Prinzipie der Quantentheorie*, 1932, rus. př. 130—136.
- [4] Aristoteles, *Fysika*, rus. překl. 1937, str. 143—144.
- [5] viz [4] str. 144.
- [6] Trudy Inst. istorii jestěstv. i techn. AN SSSR, t. 10, 1956, str. 332.
- [7] Viz [6], str. 333.
- [8] S. Ja. Lurje, *Teorija beskoněčno malych u drevnich atomistov*, AN SSSR, 1935, str. 48—126.
- [9] viz [8], str. 132.
- [10] viz [4] str. 124—125.
- [11] viz [4] str. 146—148.
- [12] viz [4] str. 127—128.
- [13] viz [4] str. 129—130.
- [14] V. I. Lenin, *Filosofické sešity*, SNPL, Praha, 1953, str. 296.
- [15] viz [4] str. 101.

- [16] viz [4] str. 127.  
 [17] viz [4] str. 129.  
 [18] viz [4] str. 125.  
 [19] Zeitsch. f. Math. u. Phys. t. 13. Suppl. 1818, str. 86.  
 [20] В. П. Зубор, viz [6] str. 338—372.  
 [21] viz [20] str. 380—381.  
 [22] viz [6] t. 1, 1954, str. 9—30.  
 [23] Jordanus Brunus, cit. podle [8] str. 12.  
 [24] Galileo Galilei, rus. př. Sebr. sp. I, 1934, str. 94.  
 [25] viz [24] str. 84.  
 [26] viz [24] str. 85.  
 [27] Kant Im., *Prolegomena*, rus. př. 1934, str. 155.  
 [28] Im. Kant, *Kritika čistého rozumu*, rus. př. 1915, str. 275.  
 [29] viz [28].  
 [30] Hegel, rus. př. Sebr. sp. I, str. 98—99.  
 [31] viz [14], str. 254.  
 [32] viz [30] t. V., str. 214.  
 [33] Б. Н. Делоне, *Priroda*, 1956, str. 68.  
 [34] В. Riemann, *Sočinenija*, 1948, str. 280.  
 [35] viz [34] str. 291.  
 [36] viz [34] str. 525.  
 [37] viz [34] str. 292.  
 [38] J. J. Thomson, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, t. XLVI, 1925—1926, str. 90.  
 [39] R. Levy C. R. Acad. Sc. Paris, t. 183, 1926, str. 1026.  
 [40] Г. Покровский, *Ztsch. f. Phys.* t. 51, 1928, str. 737; *Nature*, t. 127, 1931, str. 667.  
 [41] В. Иваненко, В. Амбарцумян. *Ztsch. f. Phys.* t. 64, 1930, str. 563.  
 [42] Snyder, *Phys. Rev.* t. 71, 1947, str. 38.  
 [43] В. Л. Авербах, Б. В. Медведев, *DAN SSSR*, t. 64, 1949, str. 41.  
 [44] A. A. March, *Quantum mechanics of particles and wave fields*, N. Y. 1951.  
 [45] L. Schiff, *Phys. Rev.* t. 92, 1953, str. 766.  
 [46] R. Reo, *Jour. Phys. et Rad.*, t. 14, 1953, str. 346.  
 [47] P. Caldirola, *Nuovo Cimento*, t. 10, 1953, No. 12.  
 [48] М. Jammer, *Concepts of space. The history of theories of space in physics*. 1954.  
 [49] В. И. Свидерский, *Filosofovske značeniej prostranstvenno-vremennych predstavlenij v fy-  
sike*, 1956.  
 [50] viz [44].  
 [51] viz [2].  
 [52] E. Noether, *Nachr. Kön. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-phys. Klasse*, 1918, str. 235.  
 [53] Sbornik: *Novejšee razvitie kvantovoj elektrodinamiki*, I—L. M. 1954, str. 115.  
 [54] Л. Ландау, И. Померанчук, *DAN SSSR*, t. 102, 1955, str. 491.  
 [55] L. Silberstein, *Discrete Spacetime*, University of Toronto press, 1936.  
 [56] cit. podle Infeld, *Usp. fis. nauk*, t. LIX, 1956, str. 171.172.  
 [57] И. Е. Тамм, *Usp. fis. nauk*, t. LIX, 1956, str. 9.  
 [58] viz [14] str. 233.