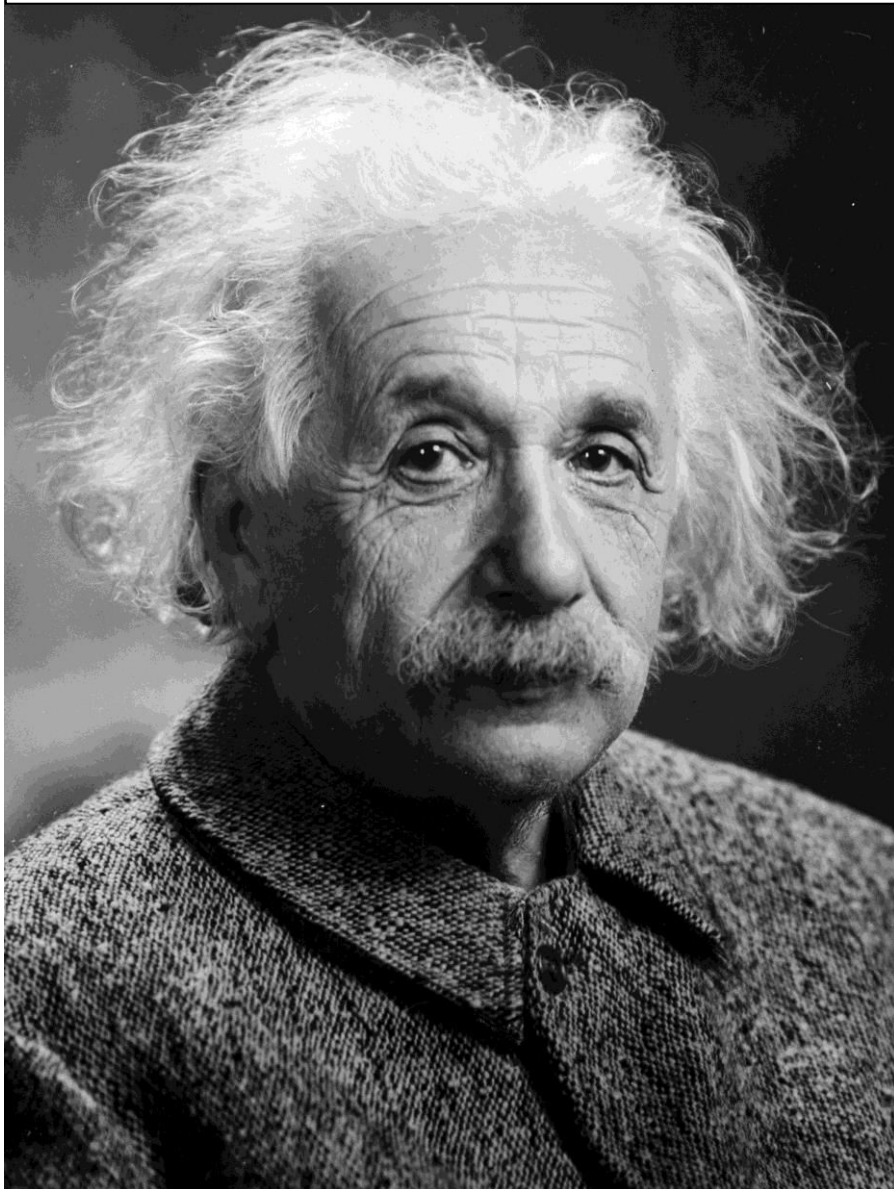


Václav Dostál



**Rozbor  
Einsteinových prací**

**Citáty z jeho prací a komentář k nim**

**2020**

# Citáty z Einsteinových prací a můj komentář k nim

## Obsah

Úvod	2
1. Theorie relativity speciální i obecná	3
2. Sobranije naučných trudov, I. Raboty po teorii odnositelnosti 1905 – 1920	8
3. Sobranije naučných trudov, II.. Raboty po teorii odnositelnosti 1920 – 1954	16
4. Smysl relativity	26
5. Sobranije naučných trudov, III. Raboty po kinetičeskoj energii, teorii izlučenija i osnovam kvantovoj mechaniki	34
6. Sobranije naučných trudov, IV. Stati, recenzii, pisma, evolucija fiziki	38

## Zdroje

1. kapitola: Theorie relativity speciální i obecná, F. Borový v Praze, 1923
- 2., 3., 5. a 6. kapitola: Einstein, A., Sobranije naučných trudov včetyrjech tomach, I. Raboty po teorii odnositelnosti 1905 – 1920, II. Raboty po teorii odnositelnosti 1921 – 1955, III. Raboty po kinetičeskoj teorii, teorii izlučenija i osnovam kvantovoj mechaniki, IV. Stati, recenzii, pisma, evolucija fiziki; Nauka Moskva 1965 – 1967
4. kapitola: A. Einstein, Smysl relativity, Vyšehrad 2016

## Úvod

*Při svém studiu „Úlohy vakua nejen v kosmologii“ jsem opakovaně veden až k původním Einsteinovým pracím. Tak jsem postupoval v r. 2016 podle svého studia z r. 2005, kdy jsem vybral jen některé úseky Einsteinových článků. Stať „Smysl relativity“ však uvádím zvlášť – podle studia z r. 2016. Citáty uvádím normálním písmem se svým zvýrazněním, své starší poznámky z r. 2005 kurzívou a nové poznámky z r. 2016 modrou kurzívou. Obojí poznámky jsou místy hodně kritické, místy jimi dotahuji Einsteinovy výroky dost daleko. Je to velice troufalé, protože se tím – i když neúmyslně – stavím aspoň částečně nad Einsteina. A to je hodně podezřelé.*

*V r. 2020 jsem opravil „překlepy“ a přidal kapitoly 5. a 6 – včetně svých poznámek (psaných rovněž modře).*

# 1. Theorie relativity speciální i obecná, F. Borový v Praze, 1923

*Rok vydání knihy vysvětluje starší češtinu, kterou už dnes nepoužíváme.*

## Speciální teorie relativity

### Fyzikální obsah geometrických vět

Geometrie se ... nezabývá vztahem svých pojmů k předmětům zkušeností, nýbrž jen vzájemnou logickou souvislostí těchto **pojmu**.

*Geometrie fyzikálního prostoru je tedy nesmysl! Jenže:*

Geometrickým pojmům odpovídají více nebo méně exaktně v přírodě předměty, kteréž bez pochyby jsou příčinou oněch pojmů.

*Buďme však opatrní!*

*Výzva k opatrnosti je uvedena kvůli záměně geometrického čili prázdného prostoru a skutečného, tj. mezigalaktického prostoru. K této záměně dochází při zdůvodnění rozpínání prostoru rychlostí větší než rychlost světla.*

### Systém souřadnic

Každé prostorové určení dějství užívá nějakého **tuhého** tělesa, na něž jest dějství prostorově vztahovati. Onen vztah předpokládá, že pro „délky“ platí zákony Euklidovy geometrie, při čemž jest „délka“ fyzikálně interpretována dvěma značkami na **tuhém** tělese.

### Prostor a čas v klasické mechanice

Jestliže místo „vztažné těleso“ zavedeme pro **matematický popis** užitečný pojem „systém souřadnic“, ...

*Tuhé těleso nemění svůj tvar působením sebevětší síly! Předpokládá **kontinuálně** (bez mezer!) vyplněný prostor svého objemu **pevnou látkou** (ne kapalinou, ne plynem, ne plazmou, ne vakuem!)*

*Uvedené věty vysvětlují, proč Einstein přisoudil geometrickému prostoru (prostorochasu) pružnost – schopnost deformace bez následků. Tímto přisouzením umožnil popis „gravitace“ pomocí deformace prostoru. Musíme si však uvědomit, že prázdný geometrický prostor nelze reálně deformovat jako by to bylo dokonale pružné těleso.*

### Lorenzova transformace

Můžeme si ... mysliti ... vztažné těleso rozšířeno stranou a vzhůru tyčovým lešením... Že tato lešení by se vzájemně z důvodu **neproniknutelnosti** těles ve skutečnosti musila rozbořiti, to můžeme zanedbat, aniž bychom se dopouštěli zásadní chyby.

*Jenže se dopustíme té kardinální chyby, že zaměníme tuhé těleso prázdným prostorem. Pokud chceme něco počítat nebo určovat geometricky, pak chyba nenastává. Pokud ovšem uvažujeme trojrozměrný reálný (tj. fyzikální) prostor, pak při nejmenším musíme být velmi opatrní.*

### Obecné výsledky teorie

Rychlostí v letící těleso, které **ve formě záření** (pozn.: **jakého záření?**) nabývá energie  $E_0$ , aniž by měnilo svoji rychlost, doznává při tom přírůstek energie o veličinu

$$\frac{E_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Hledaná energie tělesa jest tedy s ohledem na dříve uvedený výraz pro kinetickou energii

$$\frac{m c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ dána } \frac{\left(m + \frac{E_0}{c^2}\right) c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Těleso má potom tedy tutéž energii jako těleso pohybující se rychlostí  $v$  hmoty  $m + (E_0/c^2)$ . Můžeme tedy říci: Nabývá-li těleso energie  $E_0$ , vzrůstá jeho setrvačná hmota o  $(E_0/c^2)$ ; setrvačná hmota tělesa není konstantní, nýbrž **proměnná** dle míry změny jeho energie. Setrvačná hmota [*hmotnost*] nějakého hmotného systému může být zároveň považována **za míru pro jeho energii**. Věta o zachování hmoty nějakého systému splývá s větou o zachování energie a platí jen potud, pokud ten systém žádné energie **nenabývá ani nepozbývá**. Píšeme-li ten výraz pro energii ve tvaru

$$\frac{m c^2 + E_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

tu vidíme, že forma  $m c^2$  ... není nic jiného než energie, kterou již těleso mělo dříve, než nabylo energie  $E_0$ .

*Již tady odsud vyplývá proslulý vztah ekvivalence hmotnosti s energií  $E = m c^2$ . Nabývá-li těleso energii (vzhledem ke klidné soustavě), pak ji „odebírání okolí“. Jinak řečeno: Okolní prostor (základní pole) dodává nějaké hmotné (= energetické) soustavě energii (= hmotnost), z čehož vyplývá, že hmotnost zrychlujícího se tělesa roste (podle výše uvedeného vztahu, kde v čitateli může být  $m_0$ ). Současně však z toho plyne, že hmotnost tělesa (čili těleso samo, popř. částice sama) ze základního pole také někdy vzniká.*

*Dá se také říci, že energie pole se může měnit na pohybující se těleso. Přitom tato energie uděluje tělesu hmotnost (zvanou „setrvačná“), takže tato hmotnost je závislá na předané energii. Uvažujeme celý systém – tj. ono těleso + „obklopující“ energii – jako izolovaný, neziskávající a nepřebírající žádnou energii nějakému jinému systému: v daném systému se část energie pole může měnit na hmotnost tělesa, ale nemůže být „zničena“. Jestliže si nyní za systém zvolíme celý vesmír, pak pro něj platí zákon zachování energie/hmotnosti v případě, že je uzavřený (nebo izolovaný). Co to ovšem znamená, by nemělo být předmětem spekulací, např. o nějakých jiných vesmírech, do nichž z toho našeho neexistuje žádné spojení.*

**Bezprostřední okamžitá** působení do dálky typu Newtonova gravitačního zákona neexistují. Podle teorie relativity, na místo okamžitého působení do dálky o nekonečné rychlosti šíření nastupuje vždycky působení do dálky **rychlostí světla**.

*Může se nějaká částice s nějakou klidovou hmotností (tedy jiná než foton) pohybovat rychlostí světla? Ne! Její hmotnost by byla nekonečně veliká. Hypotetické gravitony tedy nemohou v podstatě být ničím jiným, než modulovanými fotony základního záření neboli kosmony. Zde je odpověď na otázku, o jaký druh záření jde, jehož nabývá letící těleso (lépe: částice)!*

*Newtonův gravitační zákon určuje velikost gravitační síly v závislosti na hmotnostech těles a na jejich vzdálenosti a **nic neříká** o rychlosti šíření „gravitace“. Newton sám přitom protestoval proti představě, že by tento jev způsobovala ona tělesa a **nijak** se nevyslovil o „šíření“ či o „rychlosti šíření“ působící síly.*

## Minkowského čtyřdimensní prostor

Svět fyzikálního dějství, Minkowským krátce zvaný „svět“ ... sestává z jednotlivých jevů, z nichž každý jest určen čtyřmi čísly, totiž třemi prostorovými souřadnicemi  $x, y, z$  a jednou souřadnicí časovou, hodnotou  $t$ . „Svět“ jest v tomto smyslu také **kontinuum**; neboť ke každému jevu existuje **libovolně** blízký ... jev, jehož souřadnice  $x_1, y_1, z_1, t_1$  se od souřadnic původně uvažovaného děje  $x, y, z, t$  libovolně **málo** liší. .... V předrelativistické fyzice hrál čas vůči prostorovým souřadnicím odlišnou, spíše samostatnou úlohu.

*Jde o **umělý** svět, vymyšlený jen kvůli výpočtům. Tento svět je **kontinuální**, antikvantový; sloučení teorie relativity a kvantové teorie je už z tohoto hlediska vyloučeno. Skutečný svět má tři prostorové souřadnice, jež mohou reálně nabývat kladných i záporných hodnot, avšak „časová souřadnice“ může mít reálně jenom kladné hodnoty, kdežto do minulosti (do záporných hodnot) lze jít pouze myšleně.*

Čtyřdimensionální časoprostorové kontinuum teorie relativity ve svých **formálních** vlastnostech vykazuje nejdalekosáhlejší příbuznost s trojdimensionálním kontinuem prostoru Euklidovy geometrie. Aby tato příbuznost byla zcela patrna, musíme v každém případě místo obvyklé časové souřadnice  $t$  zavést jí úměrnou **imaginární** veličinu  $\sqrt{-1} ct$ . Ale pak podmínkám teorie relativity vyhovující přírodní zákony nabývají **matematických** forem, v nichž časová souřadnice má zcela tutéž úlohu jako ony tři souřadnice prostorové.

*„Časová“ souřadnice čtyřrozměrného časoprostorového kontinua není fyzikálně rovnocenná prostorovým souřadnicím, neboť je imaginární, může sloužit (a také slouží!) k matematickému (umělému, vymyšlenému!) vyjadřování (zobrazování), jež **nemusí** vždy odpovídat skutečnosti, může mu **někdy** přímo odporovat!*

*Čtyřrozměrný prostor musí mít všechny čtyři rozměry délkové a nemůže mít žádný časový rozměr. Polohu nějakého bodu (zvaného „událost“) nelze určovat „součtem“ různých fyzikálních veličin (délek a času). Proto i čtvrtá veličina **musí** být „délka“ = součin rychlosti ( $c$ ) a času ( $t$ ). Tzn., že čtvrtý rozměr **není** časový (v sekundách), ale je délkový (v metrech)! Imaginární jednotka je přidána pravděpodobně kvůli možnosti posunu „zpět“ i ve čtvrtém rozměru. Jejím zavedením se abstraktnost prostoročasu ovšem zvýrazní.*

## Obecná teorie relativity

### Gravitační pole

Na otázku: „Proč kámen, jež zdvihneme a potom pustíme, padá k zemi,“ se obvykle odpovídá: „Protože jest zemí přitahován.“ ... Přesnějším studiem elektromagnetických zjevů došlo se k pojetí, že bezprostřední působení do dálky neexistuje.

Působení země na kámen uskutečňuje se nepřímou. Země vytváří ve svém okolí gravitační pole. To působí na kámen a zprostředkuje jeho pád. ...Zákon, který ovládá prostorové vlastnosti gravitačního pole, musí býti zcela určitý, aby správně popisoval, jak ubývá přitažlivosti se vzdáleností od **působícího** tělesa.

Tělesa, která se pohybují výhradně vlivem gravitačního pole, doznávají zrychlení, jež ani v nejmenším **nezávisí** na materiálu ani na fyzikálním stavu tělesa.

*Analogie s magnetismem či se statickou elektřinou zde dozná pádu. Jestliže uznáme, že působení závisí na hustotě tělesa (což věta nevyklučuje), pak vlastně přecházíme k myšlence odstínění (zastínění), jež se dokonce předpokládá při shlukování částic a částíček prachoplynné směsi při počátcích vytváření nových hvězd. Jakmile ovšem uvedené stínění uznáme, vznikne okamžitě otázka, co se zastíňuje, jaké záření ve „stínu“ „chybí“. Dostáváme se na*

půdu vakuocentrismu. Pravděpodobně nikdo nebude tvrdit, že „gravitační“ působení na hustotě těles („vytvářejících“ gravitační pole) **nezávisí**.

Těžká a setrvačná hmota tělesa jest stejná. ... Tataž kvalita tělesa se projevuje podle okolností buď jako „setrvačnost“, nebo „tíže“.

*Jestliže tělesa nevytvářejí gravitační pole (a pouze jej „zeslabují“), pak nemají tajemnou schopnost „vytvářet“ gravitační hmotnost. Poněvadž gravitační hmotnost se rovná setrvačné hmotnosti, nemůže ani setrvačnost být (opět „tajemnou“) vlastností těles. Pak ovšem je to naopak: základní pole vytváří („rodí“) tělesa (hmotnost) neboť základní vlastností tohoto pole je hmotnost (energie). Také setrvačnost je vlastností základního pole, které pak ji může udělovat tělesům. To také vyplývá ze zákona zachování energie + hmotnosti. Energie (základního pole) se může přeměňovat na hmotnost (těles) a naopak. Žádná energie (hmotnost) se nemůže ztratit (např. do černé díry) a žádná se nemůže (z ničeho) vytvořit (např. při velkém třesku).*

### **Rovnost setrvačné a těžké hmoty jakožto argument pro obecný postulát relativity**

Přenesme se v myšlenkách do prostranné končiny **prázdného** světového **prostoru**, tak daleko od hvězd a **přitažlivých** hmot, že budeme míti s dostatečnou přesností před sebou případ, k němuž hledí základní zákon Galileův. ... Jakožto vztažné těleso myslíme si prostrannou **bednu** ve tvaru světlice; **v ní** nechť se nachází **pozorovatel** opatřený přístroji. Pro něho přirozeně žádná **tíže neexistuje**.

Uprostřed stropu bedny budiž zevně připevněna skoba s lanem, za nějž nyní nějaká nám podobná bytost počne táhnouti konstantní silou.

*Tak i Einstein uvažuje (absolutně) prázdný prostor – bez těles, která mají schopnost přitahovat (vytvářet gravitaci)! Jenže do tohoto prázdna umístí laboratoř („bednu“) s pozorovatelem – kteréjaksi tuto schopnost nemají! Pravda, podobá se to letící kosmické lodi, kde kosmonauti jsou ve stavu beztlíže. Avšak nějaký mimozemšťan náhle „počne bednu táhnouti konstantní silou“! Mohla by to být nějaká velmi hmotná náhle se přiblíživší hvězda, která by svou hmotností začala přitahovat tu laboratoř (z toho přitažlivého tělesa by snad později „vznikla“ černá díra?!). Při úvaze cizího tahouna zapomněl Einstein na reakci! Čili: o co se táhnoucí bytost opírá? Leda, že by raketové motory náhle spustily a loď by se začala zrychlovat. V době napsání knížky rakety a kosmické lodi byly pouhým snem (pana Vernea) a tak Einsteinovi musíme příměr s táhnoucí bytostí odpustit. Dnes tento příklad ovšem uvádět nemůžeme a musíme přejít k těm raketám. Ale ten absolutně prázdný prostor **v reálném kosmu neodpouštíme**.*

Muž ... i bedna se nacházejí v dočasně konstantním gravitačním poli. ...

Možnost tohoto způsobu pojmání záleží ve fundamentální vlastnosti gravitačního pole udíletí všem tělesům stejné zrychlení, čili, což jest totéž, na větě o rovnosti setrvačné a těžké hmoty.

*Jedno (velké?) těleso (např. hvězda) má schopnost **vytvářet** gravitační pole, jiné (malé?) těleso už pak je **podrobno** tomuto poli (čili: gravitační pole **udílí** tomu druhému tělesu zrychlení). Opačné působení (je-li velký rozdíl hmotností) můžeme zanedbat (stejně, jako u jablka a Země). To ovšem znamená, že gravitační pole má hmotnost (energie), která může (také) „přitahovat“ tělesa. V „prázdném“ prostoru daleko od hvězd může být přítomna (ukryta) energie tedy hmotnost. Poněvadž tento prostor je velmi veliký, jeho hmotnost (energie) zanedbat nemůžeme! Hned odsud tedy vyplývá velká hmotnost „skryté hmoty“ („skryté energie“)! Je to hmotnost (energie) „prázdného prostoru“ (vakua)!*

O setrvačné a gravitační (tíhové) hmotnosti viz výše. Jsou-li to (**tytéž**) vlastnosti „gravitačního“ **pole** (jež mohou být předávány – udíleny – tělesům), pak samozřejmě **musejí** být ekvivalentní!

## Časoprostorové kontinuum obecné teorie relativity není euklidovským kontinuem

Nechceme-li se zřítí **trojrozměrného** nazírání, můžeme vývoj základní myšlenky teorie relativity charakterisovat takto: Speciální teorie relativity týká se Galileových oborů, tj. takových oborů, v nichž neexistuje gravitační pole. Vztažným tělesem jest pak Galileovo vztažné těleso, tj. **tuhé** těleso tak voleného pohybového stavu, že relativně k němu platí Galileova věta o rovnoměrném, přímočarém pohybu „isolovaného“ hmotného bodu.

Tuhá tělesa s euklidovskými vlastnostmi se však v gravitačních polích **nevyskytují**; **fikce tuhého** vztažného tělesa tedy v obecné teorii relativity **selhává**.

Proto používáme **netuhých** vztažných těles, která se libovolně pohybují nejen jakožto celek, ale také během svého pohybu doznávají libovolných tvarových změn. K definici času slouží hodiny nepravidelného chodu. ... Co dodává „měkkýši“ jisté názornosti oproti Gaussovu souřadnému systému, jest (vlastně neoprávněně) formální zachování **význačné** existence prostorových souřadnic oproti souřadnici časové.

*Jak použít vakuocentrický pohled pro podobné zobecnění, to je velmi obtížná úloha, hodná génia převyšujícího Einsteina. Einstein geniálně vyřešil rozpor při vztahování pohybového stavu k **tuhému** tělesu, popř. nahrazenému konstantním („tuhým“) souřadným systémem a při formulaci obecného principu relativity „musel“ sáhnout k „měkkýši“, tj. (dokonale) pružnému tělesu (eventuálně pružnému souřadnému systému). Pořád ovšem jde o **tělesa** (eventuálně nahrazená souřadnicemi). Jak postupovat bez těles, pouze s polem (základním), toť otázka! Jinak: jak vztahovat všechno k poli (vakuu)?? Ani Einsteinovi se to nepodařilo, ač o to usiloval. Další problém (týkající se rozvoje OTR, nikoli vakuocentrismu): Jak zrovnoprávnit i fyzikálně (reálně) časovou „souřadnici“ s prostorovými?? Zatím jsou rovnoprávné pouze matematicky (teoreticky!) pomocí **imaginární** jednotky  $\sqrt{-1}$ .*

Abychom našli obecný zákon gravitačního pole, jest potřebí ještě zobecnit takto získaný zákon, což jest jen tehdy možno, respektujeme-li následující požadavky:

- Hledané zobecnění musí hověti obecnému postulátu relativity;
- Existuje-li v uvažovaném oboru **hmota**, tu její gravitační působení určuje jen její setrvačná hmota, tedy ... jen její energie;
- Gravitační pole a hmota **dohromady** musí splňovati zákon o zachování energie a impulsu).

*Tady to je! Gravitační působení je určeno setrvačností! Jestliže je setrvačnost vlastností **ZP** (Základního pole), pak (zpětně) musí mít hmotnost (je hmotné). A naopak: je-li **ZP** hmotné, musí mít setrvačnost, která způsobuje gravitaci. Dosadíme-li za slovo „hmota“ obvykle (tiše) uvažované **těleso**, jsme na scestí (vedoucí až k černé díře, resp. k singularitě).*

*Věta c) znamená (také), že pole (energie) se může přeměňovat na tělesa a naopak. Částice mohou vznikat (a také vznikají!) ze základního pole, to pak mohou modulovat na „gravitační“ (průvodní) pole.*

Tato theorie (OTR) vychází zde ... **bez** zvláštního předpokladu, kdežto Newton musil jakožto hypothesu zavést **sílu** nepřímo úměrnou čtverci vzdálenosti vzájemně na sebe působících hmotných bodů.

*Jenže ouha: Pokud stále používáme  $G$  (gravitační konstantu, měřenou Cavendishovým pokusem), jsme v témže zajetí. Nahradíme vzájemné působení těles vytvářením zakřiveného prostoru jedním **tělesem**, který pak (zprostředkovaně) působí na jiné (druhé) **těleso**. Tělesa už na sebe nepůsobí okamžitě a na dálku, **vytvářejí** však gravitační pole (jež se šíří rychlostí  $c$ ). Analogie s „lidovým“ názorem na magnetické pole, vytvářené trvalým (bodovým) magnetem tu stále přetrvává, ačkoli už dávno víme, že existuje elektromagnetické pole, jež může působit, aniž je vytvářeno **tělesem** (elektromagnetem).*

## Jak jest obecná teorie relativity potvrzená zkušeností

Shoda teorií v důsledcích přístupných zkušenosti může být tak dalekosáhlá, že jest těžko naléztí takové důsledky přístupné zkušenosti, v nichž se ony teorie vzájemně liší.

*(Dle nadpisů) Pohyb perihelu Merkurova, Odklon světla gravitačním polem, Posunutí červených spektrálních čar.*

*Shoda Einsteinovy teorie s novějšími pozorováními tuto teorii potvrzuje jako správnou. Avšak uvedené poznámky (výhrady a doplňky) ukazují na meze této teorie. Nejzávažnější mezi je základní předpoklad kontinuálního prostoru, který je navíc prázdný. Pokusy o kvantování „gravitace“ vyvolané deformací tohoto prostoru nebo pokusy spojit takto definovanou teorii s kvantovou mechanikou jsou právě z tohoto základního předpokladu odsouzeny k nezdaru.*

## 2. Sobranije naučných trudov v čtyřech tomach I. Raboty po teorii otnositelnosti 1905 – 1920

**O principu relativity a jeho důsledcích** (Über das Relativitätsprinzip und die aus dem selben Folgerungen), 1907, část IV. K mechanice a termodynamice systémů

Hmotnost a energie se ukazuje vzájemně týmiž ekvivalentními veličinami, jako například teplo a mechanická práce. Takto, těsně, jsme přišli k tomu, abychom pohlíželi na **hmotnost (masu) jako koncentraci kolosálního množství energie**. Žel, změny hmotnosti  $E/c^2$  jsou natolik malé, že v současné době není žádná naděje je odhalit experimentální cestou.

*Vakuocentrismus označuje tělesa jako uzavřené koncentrace energie (!), čímž nečiní nic jiného než sám Einstein.*

**K současnému stavu problému přitažlivosti** (Zum gegenwärtigen Stande des Gravitationsproblems), 1913

**Všeobecná přitažlivost mas** náleží k té oblasti fyzikálních jevů, které především dostaly teoretické osvětlení. Zákony přitažlivosti a pohybů nebeských těles zredukované Newtonem na jednoduchý pohybový zákon hmotného bodu a na interakci dvou přitahujících se hmotných bodů.

... v přírodě neexistují prostředky, dovolující posílat signály s nadsvětelnou rychlostí. Z druhé strany, zřejmě, že **v případě přísné správnosti Newtonova zákona bychom mohli použít přitažlivost pro okamžitý přenos signálů** z oblasti *A* do vzdálené oblasti *B*, neboť pohyb přitahující hmoty v *A* muselo by mít následkem současné změny gravitačního pole v *B* – **v rozporu s teorií relativity**.

...naše znalosti v oblasti **gravitace...: my známe pouze interakci mezi klidnými hmotami, a navíc, pravděpodobně, v prvním přiblížení.**

*Gravitační přitažlivost těles uvažoval i sám Einstein. Pravděpodobně se nezajímal o Newtonovo příkré zamítnutí tohoto přístupu. Poslední věta vyvolává otázku, proč tvůrce teorie relativity na jiných místech píše o údajném Newtonovu okamžitém působení gravitace či působení na dálku. Slova o klidných hmotách svědčí o statickém pojetí Newtonova zákona, který o rychlosti „šíření“ gravitace neříká vůbec nic.*

**K problému relativity** (Zur Relativitätsproblem), 1914

**Zejména energii, a ne setrvačné hmotnosti hmotných bodů, musíme připsat nezničitelnost;** zákon zachování hmotnosti přechází na zákon zachování energie.



### **O principu relativity (Vom Relativitäts-Prinzip), 1914**

Ze základních výsledků teorie relativity zde vzpomeňme dva, které musejí zajímat i nespecialisty. První z nich spočívá v tom, že hypotézy existence prostředí, **zaplňující** prostor a sloužící pro šíření světla – éteru – je nutno se zříci. Světlo, souhlasně s touto teorií, se šíří už ne jako pohyb neznámého nositele, ale jako fyzikální jev, jemuž náleží dokonale samostatná fyzikální existence. Zadruhé, teorie ukazuje, že setrvačnost tělesa není absolutně neměnná, ale vzrůstá s jeho energií. Důležité zákony zachování hmotnosti a energie se takto slévají do jediného zákona; **energie tělesa určuje (definuje) i jeho hmotnost.**

### **Teorie relativity (Die Relativitätstheorie), 1915**

Známe **gravitační pole jako stav prostoru**, v kterém chování těles totéž, jako v soustavě  $K'$ , děláje úplně přirozenou hypotézu o tom, že v soustavě  $K$  existuje **gravitační pole, věcně shodné s polem přitažlivosti**, vytvářeným masami v soulase s Newtonovým zákonem.

*Další potvrzení pojetí gravitace jako přitažlivosti. Gravitace je ovšem také chápána jako projev deformace prostoru.*

### **Základy obecné teorie relativity (Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie), 1916**

Nadále budeme **rozlišovat „gravitační pole“ a „materii“** v tom smyslu, že všechno, kromě gravitačního pole, se označuje jako „materie“; to znamená, že se k ní **vztahuje** nejen „materie“ v obyčejném smyslu, ale **také elektromagnetické pole**. Naše nejbližší úloha se uzavírá ve hledání rovnice gravitačního pole za **nepřítomnosti** materie. ...

**Otázka** o tom, **mohou-li teorie elektromagnetického pole a teorie gravitačního pole společně sloužit jako základna pro teorii materie** může zůstat **otevřenou**. Obecný postulát relativity v principu o tom nemůže říci **nic**. V procesu rozvoje teorie se vyjasní, může-li elektrodynamika a učení o tíži **společně dát**, co se **nepodařilo** pouze první teorii.

*Dosud se ani to nepodařilo. Správná představa, že je nutno přibrat (v potaz) kvantovou teorii, nebyla rovněž naplněna. A tak nastolená otázka zůstává otevřenou nadále.*

### **Názorná integrace rovnic gravitačního pole (Näherungsweise Integration der Feldgleichungen der Gravitation), 1916**

**Gravitační pole se šíří rychlostí světla. Ve spojitosti s tímto obecným závěrem prozkoumáme gravitační vlny a mechanismus jejich vzniku.**

... **kvantová teorie musí modifikovat** nejen maxwellovskou elektrodynamiku, ale také novou **teorii gravitace**.

*Jak uvádím i jinde, jestliže se gravitační pole šíří rychlostí světla, má podobnou „strukturu“ jako EM záření, tedy alespoň může být modifikací nebo modulací základního pole, které je – podle nás – EM podstaty. Druhá věta je v textu spíše poznámkou. Můžeme ji však chápat jako potvrzení myšlenky, že podstatu gravitace lze odvodit jen z kvantové teorie, což ovšem znamená chápání (skutečného) prostoru jako kvantovaného.*

### **O speciální a obecné teorii relativity (obecně přístupný výklad). (Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie), 1917**

Dříve jsme uvažovali, vycházejí z následujících předpokladů, že:

1. existuje nějaká střední hustota hmoty (materie) v celém prostoru, která je všude tatáž a je různá od nuly,
2. rozměry („poloměr“) prostoru nezávisí na čase.

Oba tyto předpoklady mohou souhlasit s obecnou teorií relativity pouze při doplnění rovnic gravitačního pole hypotetickým členem, který nevyplývá z teorie a není přirozeným z teoretického úhlu pohledu (kosmologický člen v rovnicích gravitačního pole“)

Předpoklad (2) se mi tehdy jevil nutný, pokud jsem myslel, že v případě jeho odmítnutí se odkrývají **bezbrehé možnosti všemožných spekulací**.

Avšak ve dvacátých letech ruský matematik Friedmann ukázal, že z čistě teoretického zřetele se jeví přirozenějším jiný předpoklad. On ukázal, opouštěje předpoklad (2), že můžeme uchovat předpoklad (1), nezaváděje dostatečně nepřirozený kosmologický člen do rovnic gravitačního pole. Zvláště, prvotní rovnice **připouštějí** řešení, v němž „poloměr světa“ závisí na čase. V tomto smyslu, souhlasně s Friedmannem, je možno říci, že teorie **vyžaduje** rozpínání prostoru.

O několik let později Hubble ve speciálních pozorováních mimogalaktických mračen ukázal, že spektrální čáry vykazují **červený posuv**, který nepřetržitě vzrůstá se vzdáleností mračna. V souhlase s našimi současnými znalostmi je to možné interpretovat **pouze** ve smyslu **Dopplerova** principu jako všestranné rozpínání systému hvězd, žádané, souhlasně s Friedmannem, rovnicemi gravitačního pole. Proto je možno na Hubbleův objev **do určité míry** pohlížet jako na potvrzení teorie.

*Dva uvedené předpoklady se svého času považovaly za vzájemně závislé či propojené. Friedmannovo řešení gravitačních rovnic dovolilo odstranění kosmologické konstanty (obsažené v kosmologickém členu rovnic) a tedy odstranění druhého předpokladu. Musíme ovšem zdůraznit, že připuštění nebo dokonce požadavek rozpínání se týká čtyřrozměrného **geometrického** prostoru a ne reálného mezigalaktického prostoru. Rozpínání geometrického tj. prázdného prostoru nahradilo původní vzdalování galaxií skrze (nehybný) prostor. Červený posuv je však měřen u galaxií a ne u toho prostoru. To znamená, že v modernějším pohledu se galaxie vzdalují spolu s prostorem. To však vyvolává problémy. Např.: Jak může rozpínající se prázdný (geometrický) prostor reálně s sebou „strhávat“ galaxie? Také: Jak se může prázdný prostor, neobsahující vůbec nic, stávat ještě prázdnějším a obsahovat stále méně a méně než nic? Jeví se tedy, že rudý posuv spektrálních čar nemůžeme vysvětlit reálným rozpínáním geometrického prostoru. Navíc Hubble tvrdil, že se vzdalují galaxie, tedy třírozměrné reálné objekty, což podle modernějšího pohledu znamená rozpínání třírozměrného mezigalaktického prostoru a ne čtyřrozměrného prostoročasového kontinua. Z těchto důvodů je Einsteinovo „do určité míry“ více než na místě. Dokonce při zanedbání naznačených problémů vznikají „bezbrehé možnosti všemožných spekulací“ a to i takové, o nichž lze mluvit jako o fyzikálně scestných.*

**Kosmologické otázky a obecná teorie relativity** (Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie), 1917

Souhlasně s obecnou teorií relativity metrický charakter (křivost) čtyřrozměrného prostoročasového kontinua je definována v každém bodě **v ní nacházející se hmotou** (materií). Proto v důsledku **nerovnoměrnosti** rozprostranění materie metrická struktura tohoto kontinua musí být krajně **zapletená (zamotoaná)**.

*Zapletení či zamotoání se kromě naznačené nehomogenity „hmoty“ v měřítku jednotlivých galaxií a také v největším kosmickém měřítku (kdy pozorujeme vlákna galaxií, oddělená obrovskými „prázdnostmi“) projevuje v zanedbání energie (čili hmotnosti) vakua, které vytváří „mezery“ mezi hvězdami, galaxiemi a vlákny galaxií.*

**Principiální obsah obecné teorie relativity** (Prinzipilles zur allgemeinen Relativitätstheorie), 1918

Řada v poslední době publikovaných prací, zvláště ... bystře duchaplná Kretschmannova, vzbudila ve mně nový návrat k základům obecné teorie relativity. ...

Teorie, jak se mi dnes ukazuje, spočívá na třech základních výkladech, jež v žádném stupni na sobě vzájemně nezávisí. ...

1. *Princip relativity*: Přírodní zákony jsou pouze vyjádřeními o prostoročasových shodách; proto jsou přirozeně **vyjádřeny** v obecně kovariantních rovnicích.
2. *Princip ekvivalence*: setrvačnost a **tíže** jsou totožné (shodné), odsud z výsledků speciální teorie relativity nevyhnutelně vyplývá, že symetrický fundamentální tenzor ( $g_{\nu\mu}$ ) určuje (definuje) metrické vlastnosti **prostoru**, pohyb těles setrvačností v něm, a také projev gravitace. **Stav prostoru**, popisovaný fundamentálním tenzorem, budeme označovat jako „**G-pole**“.
3. *Machův princip*: (Pozn. pod čarou: Dosud jsem nerozděloval princip na „a“ a „b“, ale to vedlo ke zmatku. Název „Machův princip“ byl vybrán proto, že tento princip je zobecněním Machova požadavku, že setrvačnost musí vést k interakci těles.) **G-pole** je úplně definováno hmotnostmi těles. Hmotnost a energie, souhlasně s teorií relativity, jsou jedno a totéž; formálně se energie **popisuje** symetrickým tenzorem energie; to znamená, že G-pole je **popísáno** a definováno tenzorem energie hmoty (materie).

Vzhledem k „a“: Kretschmann poznamenává, že takto **zformulovaný** princip relativity by neřikal **nic o fyzikální realitě**, tj. o vnitřním obsahu přírodních zákonů, a **týkal by se** pouze potřeb **matematické formulace**. Jestliže fyzikální pokus má obecně co dělat pouze se shodami (kolizemi), pak vždy můžeme **upřednostnit** znalosti o zákonitých vazbách mezi těmito shodami ve tvaru obecně kovariantních **rovnic**. Proto on považuje za nutné přidat jiný smysl požadavku relativity. Považuji Kretschmannovy argumenty za správné, avšak jím předkládané jím nové údaje **nemohu** podpořit. Zvláště, je-li správné, že **každý** empirický zákon může být **zapsán** v obecně kovariantní **formě**, princip „a“ nabývá značné experimentální síly, která se projevila při **řešení** gravitačních problémů a je založena na následujícím: ze dvou se zkušeností (s pokusem) souhlasujících teoretických soustav je nutno dát přednost té, která je prostší a průzračnější z pohledu absolutního diferenciálního výpočtu. Máme-li Newtonově gravitační mechanice dát formu kovariantních (čtyřrozměrných) **rovnic**, pak se snadno přesvědčíme, že princip „a“ prakticky (byť ne zcela přísně) uzavírá tuto teorii!

*Vypadá to tak, že Einstein a Kretschmann píší o dvou různých věcech. Skutečná pozorování mohou potvrzovat – a také potvrzují – správnost matematického popisu („vyjádření“), ale přitom není možné zaměňovat popis s fyzikální příčinou (nebo fyzikálním důsledkem). Např. není správné ztotožnit umělé = myšlené „umístění“ vesmírných těles do geometrického prostoru se skutečnou jejich přítomností (a fyzikálním vlivem) v reálném fyzikálním čili mezigalaktickém prostoru. Zatímco hmotná tělesa se od geometrického prostoru liší právě svou hmotností (koncentrovanou energií), geometrický prostor je prázdný a tudíž neobsahuje žádnou energii.*

*O něco níže Einstein píše:*

V reálném světě **není hmota** (materie) rozložena rovnoměrně, ale **zkoncentrována do** oddělených nebeských **těles**; není v klidu, ale je ve stavu relativního **pohybu** (s rychlostí, malou ve srovnání s rychlostí světla). Avšak je zcela možné, že střední („přirozeně měřená“) prostorová hustota hmoty, obdržená pro oblasti prostoru, zahrnujícího velmi mnoho stálic, bude blízká kladné velikosti pro celý svět.

*Chyba nezahrnutí vesmírných těles do uvažovaného prostoru (např. do jeho deformace) bude nepatrná, zcela zanedbatelná. Vzhledem ke kosmickému prostoru se ta tělesa jeví jako nepodstatné „smetičko“. Avšak není správné považovat mezigalaktický a mezihvězdný prostor za prázdný, za dokonalé vakuum. Ve skutečnosti je tvořen kvantovým vakuem, které žádnou prázdnotou není, ale naopak **obrovskou** „zásobárnou“ energie.*

## Dialog okolo příčiny námitek proti teorii relativity (Eine Dialog über Einwände gegen Relativitätstheorie. Naturwiss), 1918

...všechny **hvězdy**, existující ve vesmíru je nutné považovat za účastníky **tvorby** (budování) **gravitačního pole**, pokud v procesu zrychlení souřadné soustavy  $K'$  se zrychlují vzhledem k němu a **mohou indukovat gravitační pole** podobně, jako zrychleně se pohybující elektrické náboje indukují elektrické pole.

*O **siločárách** gravitačního pole můžeme tvrdit, že jsou to křivky, ale ne o prostoru. Samozřejmě, že těleso působí na své okolí, teda na své průvodní („gravitační“) pole, ale druhotně, nejprve základní pole „prázdný prostor“ vytvoří nějaké těleso (postupně!) a pak s ním interaguje, v okolí tělesa se (odrazem, pohlcením – částečným) toto základního pole moduluje (či polarizuje) na průvodní, tedy teprve potom (po vzniku tělesa a po polarizaci ZP) působí na jiné těleso. Ovšem ne tak, že by siločáry průvodního pole to těleso přitahovaly, ale právě pro částečný odraz a částečné pohlcení těleso vrhá „gravitační“ „stín“ – tělesa jsou k sobě přitlačována. V případě „izolovaného“ tělesa dochází pouze k oné modulaci pole a nic se „navenek“ neděje.*

*Obvykle se uvažované zakřivení prostoru kreslí jako průhyb pružné blány, do níž „spadla“ těžká koule, představující hvězdu. Je-li koule hrozně těžká, blána se „nahore“ zaškrtní – to je model černé díry. Obrázek ovšem neznázorňuje zakřivení třírozměrného prostoru třírozměrným tělesem, nýbrž je modelem matematického popisu (rovnice). V tom popisu jde o čtyřrozměrný prostoročas, ovlivňovaný třírozměrným tělesem (zjednodušeným na hmotný bod). Popis rovnicí je dobrý, ale obrázek, pokud jej bereme jako znázornění skutečné „situace“, je špatný. Vytváří se představa, jak hmotná hvězda zakřivuje **prázdný** prostor (který je pochopitelně nehmotný, protože jde o matematickou pomůcku čili fikci). Už nikomu nevádí, že se zakřivuje Nic. Safra, jak se může Nic zakřivovat? Žádný prázdný prostor nemůže reálně existovat, ani rovný, ani křivý. Matematická pomůcka čili fikce ano, jenže fiktivně.*

Zároveň jako ve **speciální** teorii relativity oblast prostoru bez materie a bez elektrického pole se ponechává dokonale **prázdnou**, tj. **nelze** ji charakterizovat žádnými **fyzikálními veličinami**, tak v **obecné** teorii relativity dokonce **prázdný prostor** ... **má** fyzikální vlastnosti. Ty jsou charakterizovány matematicky komponentami gravitačního potenciálu, jež definují jak gravitační pole, tak **metrické vlastnosti** této oblasti prostoru.

*Zde se jaksí vyjasňuje, co Einstein rozumí. prázdným prostorem. Jde o matematický pojem, podobný pojmu prázdná množina. (Silokřivky v něm jsou matematické či geometrické pojmy, tedy fikce). Takovému „prostoru“ lze **připsat** jakékoliv vlastnosti, třeba biologické.*

Jazykem Newtonovy teorie řešitelná úloha může být zformulována následujícím způsobem. Prostorově uzavřený svět je myslitelný pouze tehdy, kdy **silové čáry gravitačního pole, které končí na hmotných tělesech (hvězdách), začínají v prázdném prostoru**, tj. je možná taková modifikace teorie, v níž „**prázdný prostor**“ **hraje roli negativní gravitující hmotnosti rozprostrané v mezihvězdném prostoru**. E. Schrödinger připouští existenci hmotě (materii) se zápornou hmotností a charakterizuje ji skalárem  $p$ . Tento skalár  $p$  nemá žádný vztah k tlaku existujícímu uvnitř materiální masy „reálnou“, tj. pozorovanou, materií, koncentrovanou do hvězd.

*Jestliže opustíme myšlenku, že gravitace = přitažlivost, potom vakuum (vlastně základní pole) nejeví zápornou hmotnost, ale kladnou. Může (v určitém případě) tlačit na jinou materii, v tomto případě na hmotu koncentrovanou ve hvězdu, čili otevřená koncentrace energie tlačí (vyvíjí tlak) na uzavřenou koncentraci energie. O nenulové, ba veliké energii vakua se mluví, ale že něco bude dělat (konat nějakou práci, např. vytvářet hvězdy) už ne. Přitom o nějakých siločárách nemusíme vůbec mluvit.*

**Poznámky o periodických změnách délky lunárního měsíce, dosud se jevících jako neobjasněné Newtonovou mechanikou** (Bemerkungen über periodische Schwankungen der Mondlänge, welche bister nach der Newtonschen Mechanik nicht erklärbar scheinen), 1919

Jak známo, pozorujeme nevelké systematické změny délky lunárního měsíce .... K. F. Bottlinger ve své práci, vyznamenané Mnichovskou univerzitou, se snažil objasnit tyto změny, vyzdvížené náhle po Seelingerově kosmologickém pozorování, hypotézu o tom, že **silové čáry gravitačního pole, procházející važitelnými hmotami, se pohlcují.**

Avšak nám se jeví, že tyto změny je možné objasnit velmi prostě, nezaváděje nové hypotézy. Podle našeho mínění, problém se uzavírá ne v periodických změnách v pohybech Luny, ale **v kývání otáčivého pohybu Země, zadávajícího měřítko času.**

Zvláště, **přiliv daný Lunou**, zvětšuje moment setrvačnosti vzhledem k zemské ose na velikost, která závisí na úhlu, definovaného čarou Země – Měsíc s rovníkovou rovinou. V souhlase s tím moment setrvačnosti Země a spolu s ním i rychlost otáčení měsíčně dvěma maximy a dvěma minimy. Kdyby sklon roviny orbitu **Měsíce** k rovníku Země byl konstantní, pak zrychlená rychlost otáčení Země za měsíc byla také konstantní. Avšak tento úhel se periodicky mění v důsledku precesního pohybu lunárního orbitu (vzhledem k rovině ekliptiky), podmíněného **přitažlivostí Slunce**, přičemž perioda činí přibližně 18,9 let (čas jedné otáčky lunárního úhlu). Proto střední rychlost otáčení Země se periodicky mění. Proto, předpokládaje, jak se to dělá v astronomii, že otáčení Země je přesně rovnoměrné, dostáváme zdánlivé periodické změny délky lunárního měsíce s periodou 18,9 let.

*Kývání zemské rotace je tedy zapříčiněno Měsícem, který taktéž způsobuje vodní (+ vzdušné + zemských desek) slapy. Když to nebudeme přičítat tajemné schopnosti Měsíce (a Slunce) zvané přitažlivost, pak nám jiné vysvětlení než to Bottlingerovo nezbyvá. Nebudeme ovšem tvrdit, že se pohlcují gravitační siločáry, ale že se (Měsícem a Zemí) část základního vlnění odráží, část pohlcuje a že se tím toto ZP moduluje, příp. polarizuje. Ve spojnici těles (takto) vzniká (částečný) stín, čímž vzniká tlak (modulovaného) základního vlnění, který k sobě obě (všechna tři) tělesa přitlačuje. Jev je ovšem navíc komplikován stínem dalších těles a tělísek (planetek a meziplanetárního „prachu“), jakož i nehomogenitou základního pole, odlišnou v rovině galaktického rovníku a v rovině kolmé k němu. Pozorování je velmi znesnadněno rušivými civilizačními vlivy (např. otřesy způsobenými dopravou). Periodicitu nelze jen tak snadno experimentálně přesně prokázat, jak o tom svědčí tisícovky pozorování otce a jejich zpracování strýcem.*

**Co je teorie relativity?** (What is the Theory of relativity?), 1919

Nejdůležitější výsledek speciální teorie relativity se týkal setrvačné hmotnosti hmotné soustavy. Ukázalo se, že setrvačná hmotnost soustavy musí záviset na obsažené energii v ní; to přivedlo k představě o tom, že setrvačná **hmotnost není ničím než skrytou energií.**

*To ovšem znamená, že skrytá energie je hmotností (je hmotná). Implicitní forma hmoty je přibližně totéž. Zákon zachování hmoty ztratil svou nezávislost a svázal se se zákonem zachování energie.*

*Vakuocentrický návrh, že hmota ve formě látky je modifikovanou formou implicitní (skryté) energie (obsažené ve „vakuu“) rozšiřuje zákon zachování energie/hmoty: energie se může měnit i na základní (implicitní) formu – která se velmi nevhodně jmenuje „vakuum“ – a z ní měnit na všechny explicitní (měřitelné) formy.*

**Éter a teorie relativity** (Ather und Relativitätstheorie), 1920

*Poněvadž Einstein uznal a propagoval Michelsonovův-Morleyův pokus a často psal o šíření světla **prázdňým** prostorem, nebylo by správné mu podsouvat návrat ke světlo-nosnému éteru. Podle mě jde o předpoklad, že kosmický prostor je tvořen základní formou energie/hmoty, která ovšem není totožná s jakoukoliv látkou či s hmotným prostředím (jež by*

*se dalo přirovnat ke vzduchu, vodě nebo krystalu). I když píše o éteru nebo o prostředí! Odstavce o elektromagnetickém poli tuto myšlenku potvrzují.*

Ve všedním (běžném) životě tíha, tj. síla působící ve vzdálenosti, hraje jednu z důležitých rolí. Jestliže tíha těles je pro nás čímsi konstantním, neměnicím se ani v prostoru, ani v čase, pak se zamyslíme nad **příčinou tíhy** těles, a proto pro nás **zůstane neurčena** i podstata sil, působících na dálku. Pouze Newtonova teorie přitažlivosti poprvé postavila otázku o příčině síly tíže, určujíc ji jako sílu působící na dálku a závislou na hmotnostech.

Je možné se pokusit představit, že síly kontaktního typu působí na dálku, ale stávají se zjevnými pouze v malých vzdálenostech; takovou cestu si vybrali Newtonovi následovníci, zcela se stavějící pod prapory jeho učení. Avšak je možné udělat jiný předpoklad, a zvláště, že newtonovská síla se nám pouze představuje jako síla, působící na dálku, ale že ve skutečnosti se přenáší buď **prostřednictvím pohybů, nebo cestou deformace v prostředí, zaplňujícím prostor**. Takovým způsobem snaha **k jednotnosti zobrazení** v pojetí podstaty sil přivádí k hypotéze éteru.

Stalo se nepochybným, že světlo je možno si představit jako **vlnový děj** v pružném prostředí, majícím setrvačnou hmotnost a zaplňujícím vesmír. Dále, z jevu polarizace světla nutně vyplývalo, že toto prostředí – éter – musí být podobná tuhému tělesu, protože pouze v tuhém tělese, a ne v kapalině, je možné příčné vlnění.

Rozvoj teorie elektřiny cestou, ukázanou Maxwellem a Lorentzem, přivedlo ke svéráznému a neočekávanému obratu našich představ o éteru. ... Fyzikové se postupně zřekli čistě mechanického pohledu na přírodu.

U Hertze vystupovala hmota jako nositel nejen rychlosti, kinetické energie a tlaků, ale i elektromagnetických polí. Protože tato pole mohou existovat v prázdnotě, tj. ve volném éteru, pak éter se považuje jako nositel elektromagnetických polí, dokonale podobný a **příbuzný** važitelné hmotě. Éter, nacházející se uvnitř hmotných těles, působí na jejich pohyb; éter v prázdnotě má všude takovou rychlost, že (prázdnota) je rozložena v celém prostoru nepřetržitě. Hertzův éter se podstatně neodlišuje od **važitelné hmoty (částičně se skládající z éteru)**.

Hertzova teorie trpěla nejen tím nedostatkem, že připisovala hmotě i éteru z jedné strany mechanický, z druhé strany elektrický stav, jež je nemožné spolu spojit; kromě toho odporovala výsledku důležitého Fizeauova pokusu o šíření světla v pohybující se kapalině a také i jiným pokusným faktům nevyvolávajícím domněnky.

G. A. Lorentz ... dosáhl nejdůležitějšího úspěchu v Maxwellově době tím, že zbavil éter jeho mechanických a hmotu (materii) jejich elektrických vlastností. Jako v prázdnotě, tak i uvnitř hmotných těles nositelem elektromagnetických polí je pouze éter, ale ne materie, již předkládáme rozdrobenou na atomy. Podle Lorenzovy teorie se pohybují pouze elementární hmotné **částice**; jejich elektromagnetické působení je dáno pouze tím, že **nesou** elektrické **náboje**.

Co se týká podstaty Lorentzova éteru, tu žertem je možno říci, že G. A. Lorentz mu ponechal jednu mechanickou vlastnost – **nehybnost**. K tomu je možné dodat, že změny, které přinesla speciální teorie relativity do koncepce éteru, spočívalo ve zbavení éteru jeho poslední mechanické vlastnosti.

Pole je možné si představit složené ze silových čar. Jestliže se na tyto silové čáry díváme jako na něco hmotného v obyčejném slova smyslu, pak je možné zkusit představit si dynamické jevy jako jevy pohybu oněch silových čar, zkoumat tímto způsobem, chování každé silové čáry s průběhem času. Avšak, jak známo, takovýto způsob pohledu přivádí k rozporům.

Zobecňuje, můžeme říci: cestou rozšíření pojetí fyzikálního objektu je možno si představit takové objekty, k nimž nelze použít pojmu pohybu.

**Elektromagnetické pole je prvotní, na nic redukovatelná realita**, a proto je dokonale zbytečné postulovat existenci homogenního izotropního éteru a představit si pole jako stav tohoto éteru.

Z druhé stany ... **popírat éter – to v konečném výsledku znamená přijímat, že prázdný prostor nemá žádné fyzikální vlastnosti. S takovým názorem nesouhlasí základní fakta mechaniky.**

Jestliže současný fyzik věří možnosti obejít se bez něho, ... pak znovu přichází k éteru, který se musí jevit prostředím, **předávajícím setrvačnost.**

Machův éter nejen určuje chování setrvačných hmot (mas); stav samotného éteru závisí na setrvačných masách. Machova myšlenka dochází svého plného rozvoje v éteru obecné teorie relativity. Souhlasně s touto teorií, **metrické vlastnosti** prostoročasového kontinua v okolí oddělených prostoročasových bodů jsou rozličné a závisí **na rozprostranění materie** vně uvažované oblasti. Představa o fyzikálně prázdném prostoru se konec konců odstraňuje takovou prostoročasnou změnou měřítek a hodin; patřičně, přiznání tohoto faktu, že „**prázdný prostor**“ **ve fyzikálním postoji není homogenní a izotropní**, nutí nás popisovat jeho stav pomocí deseti funkcí – gravitačních potenciálů  $g_{\nu\mu}$ . Avšak, **takto, pojem éteru znova získává určitý obsah**, který je dokonale **odlišný** od obsahu pojmu éteru mechanické teorie světla. Éter obecné teorie relativity je prostředí, **samo o sobě** zbavené **všech** mechanických a kinematických vlastností, ale současně **určující** (definující) **mechanické (a elektromagnetické) procesy.**

Myšleně je možné přeměnit éter obecné teorie relativity na Lorentzův éter, jestliže zaměníme jeho vše popisující funkce prostorových souřadnic konstantami a neobracíme pozornost na příčiny, určující jeho stav.

**Není** nám dosud jasné, jakou roli **nový éter** má hrát v obraze světa budoucnosti. **Víme**, že **určuje** metrické vztahy v prostoročasovém kontinuu, například **možné konfigurace** tuhých **těles nebo různá gravitační pole**, ale víme, zúčastňuje-li se tvorby (budování) elementárních částic, tvořících hmotu (materii). ... Můžeme ... tvrdit, že v prostorových oblastech kosmických rozměrů budou odklony od euklidovské geometrie pouze tehdy, kdy ve vesmíru **bude** existovat byť by celkem malá kladná střední hustota hmoty (materie). V tomto případě svět nutně **musí** být prostorově uzavřený a konečný, určený velikostí výše vzpomínané střední hustoty.

**Existence gravitačního pole je bezprostředně svázána s existencí prostoru.** Naproti tomu, je velmi snadné představit si libovolnou část prostoru bez elektromagnetického pole; na rozdíl od gravitačního pole je elektromagnetické pole nějakým způsobem pouze druhotně svázáno s éterem, přičemž podstata elektromagnetického pole není úplně určena podstatou tíhového pole. Při **současném** stavu teorie se ukazuje, že elektromagnetické pole na rozdíl od gravitačního je určeno zcela jinou formální příčinou, **jako by** příroda mohla nadělit (podarovat) gravitační éter místo polí typu elektromagnetického pole, a také pole zcela jiného typu, například skalární.

Protože, podle našich současných názorů, i **elementární částice hmoty** podle své podstaty **představují** nic jiného, než **koncentraci elektromagnetického pole**, pak tedy v našem současném obraze světa **existují dvě dokonale různé reality** podle obsahu, byť mezi sebou svázané i příčinně, a zvláště, **gravitační éter a elektromagnetické pole**; můžeme je **nazývat prostorem a materií.**

Přirozeně, že velkým krokem vpřed bylo by zobecnění v jeden **obecný obraz** gravitačního a elektromagnetického pole. Tehdy by důstojně byla završena epocha teoretické fyziky, začatá Faradayem a Maxwellem; **zahladila by rozpor mezi éterem a hmotou** a celá fyzika by se stala uzavřenou teorií, podobnou obecné teorii relativity, zahrnující geometrii, kinematiku i teorii tíže. ... Přemýšleje o nejbližší budoucnosti teoretické fyziky, bezpodmínečně nemů-

žeme popírat možnosti s nepřekonatelnými hranicemi pro teorii pole, které mohou postavit fakta, obsažená v kvantové teorii

Souhrnně možno říci, že **obecná teorie relativity obdarovává prostor fyzikálními vlastnostmi; takto, v tomto smyslu éter existuje. Souhlasně s obecnou teorií relativity, prostor je nemyslitelný bez éteru; zajisté, v takovém prostoru nejen bylo by nemožné šíření světla**, ale nemohly by existovat měřítka a hodiny a nebyly by žádné prostoročasové vzdálenosti ve fyzikálním smyslu slova. Avšak tento éter si nelze představit jako sestávající ze zkoumaných částí v čase; přesně takto k němu nelze používat pojem pohybu.

*Důležitý článek, velmi vhodný jako východisko pro zdůvodnění naší práce.*

### 3. Sobranije naučných trudov v čtyřech tomach, II. Raboty po teorii otnositelnosti 1921 – 1954

**Geometrie a zkušenost** (Geometrie und Ehrfahrung), 1921

Není vhodné závidět matematikovi, **protože matematické věty (poučky) se uskutečňují ne na reálných objektech**, ale mimořádně v tom, že je možno dojít i k logicky souhlasným vývodům ... Matematika dává přesným vědám známou míru přesvědčivosti; bez matematiky by jí ony nemohly dosáhnout.

Může lidský rozum bez veškeré zkušenosti, cestou toliko pouhého přemýšlení chápat vlastnosti reálných věcí?

**Geometrické ... axiomy jsou svobodné výtvoři lidského rozumu.**

Avšak, z druhé strany, věrohodné je i to, že matematika obecně, a geometrie zvláště, jsou vázány svým původem nutností uznat cokoliv o chování reálně existujících předmětů.

Je jasné, že ze strany pojmů axiomatické geometrie nelze získat **žádné** úsudky o takových reálně existujících předmětech, které nazýváme prakticky tuhými tělesy.

*Zde Einstein jasně odlišuje geometrické objekty od skutečných. Můžeme se podívat nad důvodem, proč při rozpínání prostoru naopak tyto pojmy směšuje. Následující věty však jeho rozlišení upravují:*

Aby soudy takového druhu byly možné, musíme zbavit geometrii jejího formálně logického charakteru, reálné objekty naší zkušenosti porovnat s pustými schémata pojmů axiomatické geometrie. ... Takovému chápání geometrie přidám ještě zvláštní význam, protože bych nemohl bez něho vybudovat teorii relativity.

*Bez úpravy geometrie by skutečně nebylo možné teorii relativity vybudovat. Nejzávažnější úpravou podle mého soudu bylo přisouzení vlastností tuhého dokonale pružného tělesa geometrickému a tedy prázdnému prostoru. Toto přirknutí umožnilo popsat gravitaci jako vlastnost takového prostoru. Na druhé straně však vedlo k onomu ztotožnění dvou různých prostorů – geometrického – prázdného se skutečným – hmotným prostorem či vakuem. Autor teorie relativity však o něco níže pokračuje:*

Reálná tuhá tělesa v přírodě při nejbližším pohledu se ukazují zcela netuhými, protože jejich geometrické chování, tj. možné vzájemné rozložení, závisí na teplotě, vnějších silách, atd. Tímtež prvotní nutný svazek mezi geometrií a fyzikální realitou se ukazuje být zničen a my se cítíme být nuceni k následující, obecnější představě, charakteristické pro úhel pohledu Poincarého. **O chování reálných věcí geometrie (G) nic nehovoří; toto chování geometrie pouze popisuje, zároveň se souborem fyzikálních zákonů (F).** Vyjadřuje symbolicky, můžeme říci, že **pouze souhrn (F) + (G)** je předmětem prověrky zkušeností (pokusem).



*Následující část je podnětná:*

Především je **možno** přemýšlet, že střední hustotu materie je možno určit cestou pozorování části vesmíru dostupné našemu vnímání. **Tato naděje je iluzorní.** Rozložení viditelných hvězd je krajně nerovnoměrné, takže žádným způsobem nelze určit střední hustotu hvězdné hmoty ve vesmíru rovnou, řekněme, střední hustotě v naší Galaxii. Obecně mluvic, byť by byl pozorovaný prostor veliký, můžeme podezřít, že **vně** tohoto prostoru hvězdy jsou. Takto, **vyjádření střední hustoty se ukazuje jako nemožné.**

Avšak je ještě jiná cesta, která se mi jeví perspektivnější, byť i ona se také setkává s velkou pracností. Zvláště, jestliže sledujeme odklon důsledků obecné teorie relativity, dostupných prověrce, od důsledků Newtonovy teorie, pak především odhalíme rozdíly, které se projevují v bezprostřední blízkosti přitahujících mas a jež se potvrzují pro planetu Merkur. Avšak je-li svět prostorově konečný, vzniká druhý rozchod s Newtonovou teorií, jež jejím jazykem je možné vyjádřit takto: **gravitační pole má takové vlastnosti, jako by kromě važitelných mas bylo určeno také v prostoru rovnoměrně rozloženou hustotou masy, mající záporné znaménko. Jelikož tato hustota masy je krajně malá, je možné ji zpozorovat pouze v případě velmi velkých gravitujících soustav.**

*Odstavce jako by naznačovaly vliv mezigalaktického kvantového vakua. Musíme ovšem odmítnout záporné znaménko této energie/hmotnosti a také její malou hodnotu. Také přisouzení přitažlivosti tělesům a jejich soustavám.*

*Ve značné části se Einstein zabývá otázkou konečnosti/nekonečnosti vesmíru.*

*Poznámka vydavatele:* Einstein se (zde) nachází v předfriedmannovských pozicích, uvažuje, že konečnost světa je nutný důsledek přítomnosti **látky**.

**Prosté užití Newtonova zákona přitažlivosti pro kulové seskupení hvězd** (Eine einfache Anwendung des Newtonischen Gravitationsgesetzes auf die kugelfarmigen Sternhaufen), 1921

Vklad nesvítících mas do celkové hmotnosti (masy) podle velikosti není větší, než vklad svítících mas.

*Pro husté seskupení hvězd ano. Do celkové hmotnosti (energie) vesmíru nikoli,*

**Krátká črta o rozvoji teorie relativity** (A Brief of the Developement of the Theory of Relativity), 1921

Ukázalo se, že setrvačnost není fundamentální vlastnost látky a, ovšem, není nejjednodušší veličinou, ale představuje vlastnost **energie**. Jestliže udělíme tělesu energii  $E$ , pak jeho setrvačná hmotnost vzroste na velikost  $E/c^2$ , kde  $c$  je rychlost světla v prázdnosti. Jinými slovy, **těleso s hmotností  $m$  je možno považovat jako zhuštěninu (koncentrát, komprimát) energie, jež je velikostí rovna  $mc^2$ .**

*Podle vakuocentrické nomenklatury těleso je uzavřená koncentrace energie (a záření je otevřená koncentrace energie).*

Mohou být setrvačnost a gravitace totožné? Tato otázka vede bezprostředně k obecné teorii relativity. Copak nelze pohlížet na Zemi jako postrádající rotaci, jestliže si představíme odstředivé síly, které působí na všechna tělesa, klidná vzhledem k Zemi, jako „reálné“ tíhové pole nebo část takového pole? Jestliže dokážeme uskutečnit takovou ideu, pak **dokážeme totožnost setrvačnosti a gravitace podle jejich vlastní podstaty, jako tutéž vlastnost**, kterou **považujeme za setrvačnost** z pohledu soustavy, neúčastníci se rotace, můžeme ji **interpretovat jako přitažlivost**, jestliže ji uvažujeme ve vztahu k soustavě souřadnic, účastníci se rotace. Souhlasně s Newtonem, taková interpretace je nemožná, pokud podle Newtonova zákona odstředivé pole nelze počítat za vytvořené (porozené) látkou a pokud v Newtonově není místo pro „reálné“ pole typu „Coriolisových sil“. Avšak, možná, Newtonův zákon je možno zaměnit jiným zákonem, souhlasícím s polem, vznikajícím vzhled k „rotující“ soustavě souřadnic? Moje přesvědčení v totožnosti setrvačné a gravitační hmotnosti vzbudilo ve mně **pocit**

**absolutní věrohodnosti a oprávněnosti takové interpretace.** V tomto spojení mě povzbudila následující myšlenka. Známe „zdánlivá“ pole, která existují v soustavách souřadnic pohybujících se libovolně vzhledem inerciální soustavě. Pomocí těchto polí jsme mohli zkoumat zákon, kterému se podřizují gravitační pole obecně.

*V ruském překladu je často použito termínu „tjagotjenije“ (přitažlivost) – daleko častěji než pojmu „gravitacija“ (i v dalších slovních tvarech). Nelze s určitostí tvrdit, že Einstein pojmu „gravitace“ rozuměl právě takto. Podle několika náznaků pravděpodobně nikoli, avšak někde tyto pojmy zaměňuje. Ve svém překladu z ruštiny jsem se držel ruského vyjádření, i když v originále (v němčině, příp. v angličtině) Einstein pravděpodobně používá termín „gravitace“ zásadně. Při tomto svém postupu jsem sledoval „vypíchnutí“ nevhodnosti tohoto (tradičního) pohledu na gravitaci.*

*Pokud se oprostíme od „klasického“ výkladu gravitace jako vlastnosti těles (látek, hmot, hmotnosti) přitahovat jiné těleso (či dokonce jen prázdný prostor), můžeme docela dobře dokončit Einsteinovu myšlenku **totožnosti podstaty** gravitačního a elektromagnetického pole. Zdánlivě zarážející fakt jiných vlivů (u jednoho pole jen na některá tělesa – látky – hmoty, u druhého na všechna) bude dosti oslaben, jestliže polí přisoudíme prvotnost a látce (tělesům) druhotnost. Látky (tělesa, hmoty, hmotnosti) nerodí pole, nýbrž naopak pole zapříčiňuje vznik těles (uzavřených koncentrací), popř. záření (otevřených koncentrací). Samozřejmě, že opačné působení je možné, ale jako reakce, jako druhotné*

Zůstává ještě řada vážných problémů, které čekají na řešení v **současné** době. Opravdu elektrické a gravitační pole jsou tolik rozličná podle své podstaty, že nemohou být formálně sjednocena? Hrají gravitační pole nějakou roli v budování látky, a má se pohlížet na kontinuum uvnitř atomového jádra značně neeukleidovskými? Nakonec, otázka, mající vztah ke kosmologickému problému. Má se vztahovat setrvačnost ke vzájemnému působení oddělených těles?

*Otázky jsou řešitelné pouze v rámci vakuocentrismu. Jinak „současnost“ nebude končit nikdy. (Einstein o ní psal v r. 1921!)*

## **O éteru (Über den Ether), 1924**

Když zde mluvíme o éteru, pak máme na mysli, ovšem, **ne** tělesový **éter mechanické vlnové teorie**, který se podřizuje Newtonovým zákonům mechaniky a jehož jednotlivým bodům se připisuje rychlost. Tato teoretická představa s vytvořením speciální teorie relativity, podle mne, s konečnou platností odešla ze scény. Naopak, řeč je o těch myšlených fyzikálních reálných věcech, které společně s važitelnou hmotou, sestávající z elektrických elementárních částic, hrají roli ve struktuře příčinných svazků fyziky. Tedy, místo slova „éter“ je možné s tímž úspěchem říkat „fyzikální vlastnosti prostoru“, Přitom, rozumějme, bylo by možné vyslovit mínění, že pod tímto pojmem spadají všechny fyzikální objekty, jak to souhlasí s logickou teorií pole, **na važitelnou hmotu nebo na vytvářející prvky částic také by bylo třeba pohlížet jako na zvláštní druh „pole“, nebo zvláštní „stavy prostoru“.** Avšak je třeba přiznat, že při **současném** stavu fyziky taková idea je předčasná, protože dosud veškerý pohyb k tomuto cíli úsilí fyziků – teoretiků utrpěl krach. Takovým způsobem, nyní jsme fakticky nuceni rozlišovat „materii“ a „pole“, třebaže můžeme doufat, že budoucí pokolení překonají dualistickou představu a zamění ji jediným pochopením, jak to marně zkoušela udělat teorie pole **našich** dní.

Ve smyslu našeho výkladu bylo by možno říci, že **taková teorie používá hypotézu éteru.** Její éter by byl čímsi fyzikálně reálným, tak jako hmota (materie). Jestliže by se zákony rozložení nepodřizovaly vlivu takových fyzikálních faktorů, jako je jakost a stav pohybu těles v dané oblasti atd., a stávaly by se nezvratnými, pak tento éter bylo by možno nazvat „absolutní“ (tj. nezávislý na vlivu jakýchkoli jiných předmětů).

Newton, nazývaje prostor fyziky „absolutním“, přemýšlel i jiné vlastnosti toho, co jsme my nazvali „éterem“. Každý fyzikální **předmět** jeví vliv na jiné a, opačně, v obecném případě se sám podřizuje vlivu ostatních předmětů. Avšak uvedenou vlastnost Newtonův éter mechaniky nemá. Skutečně, souhlasně s klasickou mechanikou, na setrvačné vlastnosti éteru nemá vliv nic – ani konfigurace těles, ani cokoliv jiného; v tomto vztahu je možno tyto vlastnosti nazvat „absolutními“.

Obecná teorie relativity odstraňuje ... jeden nedostatek klasické dynamiky, v níž setrvačnost a tíže vyhlíží jako zcela různé, vzájemně nezávislé, i když jsou dány jednou materiální konstantou – hmotností. **Teorie relativity** překonává tento nedostatek, určuje pro dynamické chování elektricky neutrálního hmotného bodu zákon geodetické čáry, v němž působení setrvačnosti a gravitace se jeví jako už neoddělitelné. Přitom **dává éteru vlastnosti, které se definují** fyzikálními faktory a zejména **rozdělením mas nebo energii**, metriku proměnnou bod od bodu a určující dynamické chování hmotných bodů. Takto, **éter obecné relativity** se liší od éteru klasické mechaniky nebo speciální teorie relativity, že **není „absolutním“**, ale je určen ve smyslu svých v prostoru proměnných vlastností rozložením **važitelné** látky. Tato definice je úplná, jestliže svět bude prostorově konečný a uzavřený. To, že v obecné teorii relativity neexistují privilegované souřadnice, jednoznačně spojené s metrikou prostoročasu, je charakterističtější pro **matematické** formy této teorie, než pro její **fyzikální** obsah.

Avšak z formálního aparátu obecné teorie relativity se nepodařilo převést veškerou setrvačnost hmotností na elektromagnetická pole. Podle mého soudu, zde jsme ještě nevyšli za rámce vnějšího začlenění elektromagnetických sil do schématu obecné teorie relativity. Metrický tenzor, definující jevy gravitace a setrvačnosti z jedné strany, a tenzor elektromagnetického pole z druhé strany, jak se především objevují ve vlastnosti podstatně různých výrazů stavu éteru, jejichž logická nezávislost by se, pravděpodobněji vztahovala k výsledku nedokončenosti teoretické tvorby, než k výsledku složité struktury skutečnosti.

V teoretické fyzice se nemůžeme obejít bez éteru, tj. kontinua, obdařeného fyzikálními vlastnostmi, neboť obecná teorie relativity, jehož základní ideje fyzikové, opravdu, se budou přidržovat vždy, vylučuje bezprostřední působení na dálku; každá teorie působení do blízkosti předpokládá existenci nepřetržitých polí, a proto, existenci „éteru“.

*Pokračování této problematiky je v článku „Problém prostoru, éteru a pole ve fyzice (z r. 1930).*

*Na závěr je nutné zopakovat začáteční Einsteinova slova, že se **nejedná** o světlonosný éter. Jestliže není na ničem závislý, tj. není z ničeho odvozený, **nemůže** být „určen rozložením važitelné látky.“ V době napsání a ještě dlouho po ní vládlo přesvědčení, že vakuum je dokonalá prázdnota, nikdo si nedokázal představit, že obsahuje velikou hustotu energie. Ani dnes to ještě není samozřejmé; chápání vakua je rozporné – jednak jako kvantového „moře“ s velikou energií virtuálních částic, jednak stále jako dokonalé prázdnoty, např. v prostoru kteréhokoliv „oka“ v síti galaxií – „void“.*

## **Jednotná polní teorie gravitace (přitažlivosti) a elektřiny** (Einheitliche Feldtheorie von Gravitation und Elektrizität), 1925

*Opakovaně v ruském překladu: t ĵagotjenije*

Fyzikové – teoretikové, zabývající se problémy obecné teorie relativity, v současné době sotva se mohou domnívat, že gravitační a elektromagnetické pole musejí mít jednotnou podstatu.

*Ani asi po devadesáti letech se to nedomnívají. Často jim v tom brání zavedení dvou „modernějších“ interakcí: slabé a silné jaderné. A naneštěstí ovšem zatvrzelé chápání gravitace jako vzbuzené tělesem nebo tělesy, přisuzující tělesům (nebo jejich hmotnosti) schopnost reálně zakřivovat prostoročas.*

## **Obecná teorie relativity a pohybový zákon** (Allgemeine Relativitätstheorie und Bewegungsgesetz), 1927, **Úvod**

Jestliže předpokládáme, že singularity existovat **nemohou**, ... pak teorie potřebuje doplnění, které **nemůže** být obdrženo na základě principu relativity. ... Jestliže předpokládáme, že hmota (materie) je rozložena podél úzkých „světových trubice“, pak cestou elementárních úsudků odsud vyplývá, že osy těchto „světových trubice“ jsou geodetickými čarami (vzhledem k **elektromagnetickým** polím). **To znamená, že pohybový zákon je důsledkem zákona pole.**

Takto by věc obstála, kdyby obecná teorie relativity už překonala úspěšně tento dosavadní dualismus. Tak by tomu bylo, jestliže by se nám už podařilo předložit **hmotu v druhu nepřetržitého pole** nebo jestliže bychom byli **naprosto přesvědčeni**, že je to otázka několika **dní**. Avšak o tom **nemůže** být ani zmínka. Všechny pokusy **posledních** let neobjasnit elementární částice hmoty pomocí nepřetržitého pole se nezdařily. Podezření, že je to **obecně nesprávná** cesta k chápání **částic** hmoty, po mnohých marných pokusech, se nám jevilo natolik silné, že se nám o tom nechce o tom mluvit.

Tímto způsobem vyjdeme na cestu objasnění elementárních částic jako zvláštních bodů nebo singulárních světových čar. Tato cesta se podbízí ještě i tím, že jak rovnice čistého gravitačního pole, tak i rovnice, doplněné maxwellovským elektromagnetickým polem (...) mají prosté centrálně symetrické řešení se singularitou. A tak, přišli jsme ke třetí metodě zkoumání, při níž kromě gravitačního a elektromagnetického pole chybějí **jiné** polní proměnné (odpoutaje se, možná, od „kosmologického členu“), jejichž místo, avšak, zaujímají zvláštní světové čáry. Jestliže při této metodě zkoumání bylo nutno vytvářet zvláštní pohybové rovnice pro singularity (**zvláštnosti**), logicky nezávislé na rovnicích pole, jak je to nutné dělat v Maxwellově – Lorentzově teorii, pak tato cesta by byla málo přitažlivá.

*Zdůrazněno E:* **Avšak ukazuje se pravděpodobným, že pohybový zákon je zvláštní úplností určen rovnicemi pole a charakterem zvláštností (jedinečností); jestliže tomu tak nebylo, byly by nutné doplňující předpoklady. ...**

Možnost toho, že pohybový zákon jedinečností může být obsažen v rovnicích pole, jsme promýšleli už mnohem dříve. Avšak jevil se nepřekonatelným a následující důvod odrazoval. Zákon gravitačního pole může být s velkou přesností pro reálné případy aproximován lineárním zákonem. Lineárně zákon pole ... připouští libovolně se pohybující zvláštnosti. Rozumějícím se samo sebou jeví, že od takového přibližného řešení metodou postupných přiblížení bylo by možné přejít k přesnému řešení, velmi málo odlišnému od onoho přibližného. Bylo-li by tomu tak, pak by mohly existovat přesné rovnice odpovídajícího pole při libovolně zadaném pohybu jedinečností (singularit – *ve zvl. smyslu*), tj. zákon pohybu zvláštností by nebyl obsažen v *rovnících pole*. ...

*Název je „Zvláštnost (jedinečnost) pole“, popř. „Polní jedinečnost“, což kromě slabších náznaků výše svědčí o tom, že termínem „singularita“ E. rozuměl něco dost odlišného od současného pojetí tohoto pojmu. Také je v ruském textu použit valnou většinou název „osoběnnost“ a pouze jednou „singuljarnost' (osoběnnost)“. Zde (podle mého soudu) na rozdíl od překladu slova „gravitation“ slovem „tjagotjenije“ je překlad slovem „osoběnnost“ velmi zdařilá.*

*Na konci je poznámka vydavatele: V této práci je poprvé postavena otázka, která zaměstnávala Einsteina do konce jeho života – otázka o svazku rovnic pole a rovnic pohybu – geodetiky. V pojmu „geodetika“ velmi pravděpodobně došlo k nepříznivému a nesprávnému posunu: Návrh „trubice“ byl opuštěn. „Vyplnění“ prostoru pomocí čar je nemožné, jedině „trubice“ sama zabírá či tvoří prostor. Taková trubice je implicitní (skrytá) a proto jsme zvolili název „irad“ – implicitní radius.*

## Prostorčas (Space–time), 1929

Jestliže chceme pochopit existenci komplexu abstraktních pojmů, pak z jedné strany musíme studovat interakci mezi pojmy a výroky o pojmech, z druhé strany potom sledovat jak jsou svázány s počítky.

**V našich úsudcích se nacházíme v postavení ne lepším, než ryba, zkoušející objasnit, co je voda.**

**Prostor.** Pojem prostoru v předvědeckém myšlení je charakterizován následující větou: „můžeme myšleně ubrat (vyjmout) věci, ale ne prostor, který zabírají.“ To vypadá tak, jako bychom bez nějaké předběžné zkušenosti měli pojetí, nebo dokonce představy, o prostoru a jako bychom pomocí apriorního pojetí uspořádali naše smyslové počítky. Z druhé strany prostor vypadá jako fyzikální realita, nezávislá na našem poznání, podobně jako reálné objekty.

Prostor znamená vlastnost, jejíž zásluhou **tuhá tělesa** mohou zaujímat různé polohy. Představa o tom, že prostor je něco, nacházející se v harmonii samo o sobě, vznikla pravděpodobně proto, že v předvědeckém myšlení se polohy všech těles vztahovaly k jednomu tělesu (vztažnému tělesu), a zvláště k Zemi. Ve vědeckém myšlení se Země zaměňuje soustavou souřadnic. Tvrzení, že můžeme umístit neohraničený počet těles postupně za sebe, znamená, že prostor je nekonečný.

*Změnilo se zavedením teorie relativity něco podstatně?:*

Zcela tak, jako v Euklidově geometrii, pojem prostoru odpovídá možným rozložením **tuhých těles**; v obecné teorii relativity pojem prostorochasu odpovídá vlastnostem **tuhých těles a hodin**. Avšak prostorochasové kontinuum se liší od prostorového kontinua tím, že **zákony řídící chování těchto objektů (hodin a měřících tyčí), závisí na místě jejich výskytu**. Kontinuum (nebo veličiny jej popisující) vstupuje do přírodních zákonů zjevně, a naopak vlastnosti kontinua jsou definovány fyzikálními faktory. Vztahy, spojující prostor a čas, už nelze považovat čímsi odlišným od samotné fyziky. **Není známo nic určujícího o tom, jak vlastnosti může mít prostorochasové kontinuum jako celek.**

*Odpověď na předchozí otázku zní: Změnilo se toho dost. Prostor a čas nejsou vzájemně izolované a nezávislé. Avšak prostor samotný se považuje za velmi podobný tuhému tělesu, které je navíc dokonale pružné. Blízko hmotného tělesa se deformuje a s rostoucí vzdáleností od něj se vrací do původního tvaru. Podobně je tomu s časem. Takže věta o neznalosti vlastností prostorochasu není pravdivá. Navíc vzniká otázka: „Kde se berou „síly pružnosti“ prostorochasu, který je prázdný (geometrický)? U tělesa lze pružnost vysvětlit vazbami jeho molekul a atomů. Prostorčas (prostorochasové kontinuum) se však neskládá se z nějakých částic, které by byly spolu nějak vázány.*

*Poznámka vydavatele:* V řeči, podobně obsahem této stati v Britské Encyklopedii a pronesené v Nottighammu 7. června r. 1930, Einstein udělal zajímavou poznámku o jednotné teorii pole:

Přicházíme k podivnému závěru: nyní se nám začíná jevit, že prvotní roli hraje prostor; hmota nemusí být získána z prostoru, tak řečeno, při následující etapě. Prostor pohlcuje hmotu. Vždy jsme uvažovali hmotu jako prvotní a prostor druhotným, Prostor, obrazně řečeno, má nyní revanš a „pojídá“ hmotu. Avšak všechno toto zůstává zatím pouze tajnou touhou.

*Tato slova můžeme chápat jako prorocká, i když Einstein měl na mysli svůj prostorčas. Pod pojmem „prostor“ si ovšem dosadíme „fyzikální prostor, vytvářený (kvantovým) vakuem.“ K tomu připojme Einsteinovo opakované tvrzení, že „hmota“ není nic jiného než koncentrovaná energie. Nebo tvrzení, že tělesa jsou nahuštěná energie a pole je rozprostraněná energie. Navíc můžeme přidat modernější pohled na vakuum, které jeví obrovskou hustotu energie. Zbývá ještě přidat zákon zachování energie, že platí i pro vakuum – podle nás pro „základní pole“ – tedy pro možnost jeho přeměny na jiné formy.*

**Ke kosmologickému problému obecné teorie relativity** (Zum kosmologischen Problem der allgemeinen Relativitätstheorie), 1931

Pod kosmologickým problémem chápeme úlohu o vlastnostech prostoru a o rozložení látky ve velkých měřítkách, přičemž látka hvězd a hvězdných soustav se pro jednoduchost zaměňuje **nepřetržitě** rozloženou **látkou**.

*Jestliže v kosmickém prostoru (chápaném jako prázdný) rovnoměrně rozestřeme látku (materiál hvězd, mezigalaktických mračen – o nichž se Einstein zde zmiňuje, kvasarů, pulsarů a jiných hmotových objektů), musí nám vyjít velmi maličká hustota. Tomuto rozprostranění hmoty také odpovídá tradiční označení hustoty látky  $\rho$ :*

Těmto rovnicím [tj. *Einsteinovým polním s kosmologickým členem*] vyhovuje prostorově sférický statický svět s poloměrem  $P = \sqrt{\frac{2}{\kappa\rho}}$ , kde  $\rho$  – střední hustota **látky** (při nepřítomnosti tlaku).

[Pro odborníky: Rovnice jsou v práci uvedeny: 
$$\left( R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R \right) + \lambda g_{ik} = -\kappa T_{ik}$$
 ]

... náš přibližný pohled je nezákonný vzhledem k **nehomogennímu rozložení hvězdné látky**. Kromě toho, může teorie objasňující nalezené ohromné posuvy spektrálních čar na základě Dopplerova jevu, zároveň odstranit tuto obtíž prostým způsobem?

*Je vidět, že skutečný mezigalaktický prostor nelze považovat za prázdný. Kdybychom však uvažovali rovnoměrně rozprostraněnou látku, dostaneme se do velkých potíží pro prostor v největších vzdálenostech, kde „ohromné posuvy spektrálních čar“ ukazují na rozpínání rychlostí větší než u světla. I sebemenší střední hustota **látky** by nabývala při rychlosti světla nekonečných hodnot. To by se dalo omluvit tím, že jde jen o matematické zjednodušení, že ve vesmíru jsou tělesa a prach oddělena velkými prázdnými prostory. Jenže ve skutečnosti jsou tyto prostory vytvářeny základním polem neboli kvantovým vakuem, jehož hustota energie je obrovská.*

*Jinak. Einstein správně doplňuje, že v úvahách nelze uvažovat tlak. Jestliže je mezigalaktický prostor tvořen kvantovým vakuem, pak úvah nelze použít. Tlak vakua byl experimentálně prokázán.*

**O vztahu mezi rozpínáním a střední hustotou vesmíru** (společně s U de Sitterem) (On the Relation between the Expansion and the Mean Density of the Universe), 1932

Určení koeficientu rozpínání  $h$  závisí na změřeném rudém posuvu, což nevnáší žádné existující nepřesnosti, a na vzdálenostech k mezigalaktickým mračnům.

*Tato věta potvrzuje, že už Einstein zaměnil svoje prostoročasové kontinuum za mezigalaktický čili fyzikální prostor a na výklad, že rudý posuv dokazuje rozpínání tohoto prostoru (lhostejno, zda matematického či fyzikálního), poněvadž jsou údajně totožné.*

**Současný stav teorie relativity** (Der gegenwärtige Stand der Relativitätstheorie), 1932

Ve fyzikální vědě existovaly jediné pojmy. Nyní se rozštěpily na dvě větve, z nichž jedna náleží kvantové teorii a druhá (relativistické) teorii pole. Jejich sjednocení je žádoucí, ale **ještě** nedostupné. Druhá větev by se mohla rozvíjet na základě Faradayových – Maxwellových idejí o **záměně** pojmu hmotnosti pojmem elektromagnetického pole. Ideu, že na látku můžeme pohlížet jako na **místo zvláštního zhuštění pole**, se zatím realizovat nepodařilo.

*Tento stav se nezměnil ani v novém miléniu. Následuje potvrzení předchozí poznámky:*

Astronomie zahrnuje ze zkušenosti, že čím dál se nachází od nás nebeská světla, tím menší je jejich jas a dále, že se pohybují od nás tím rychleji, čím dál jsou položeny. To našlo své vyjádření v posunu spektrálních čar podle srovnání s jejich polohou ve spektru, obdrženém na Zemi. Objev a spektrální studium mračna vně Mléčné dráhy pozorovateli observatoře Mount Willson potvrdilo tento předpoklad. To vedlo jednoho ruského matematika (*A. A. Friedmana*) k myšlence, že **viditelná** hmota (materie) se nachází ve stavu **rozpínání**. Pozorování de Sittera a jiných ukázala, že tento pohyb rozpínání je plně **pravděpodobný**. Tehdy vznikla myšlenka, zda jej nelze objasnit, jestliže použijeme starou rovnici gravitace bez přidání jakýchkoli nových členů. Ukázalo se, že tehdy je (bylo) náhle možno vypočítat rozpínání, předpokládaje, že posun spektrálních čar **opravdu odpovídá pohybu** nebeského tělesa.

Jestliže se svět rozpíná, pak jeho objem musel začínat **nulou**. Avšak to se jeví jako **nemožné**. ... A budoucnost? Rovnice předpovídají, že rozpínání při definovaném stadiu končí a potom musí začít zmenšování, které bude pokračovat k nulovému objemu.

*Einstein uvedenou nemožnost odůvodňuje tehdejším rozporem s udávaným stářím Země pomocí radioaktivních metod – při jeho předpokladu, že je rovno stáří vesmíru od počátku rozpínání. Jinde uvádí vyšší stáří některých hvězd než pro vesmír. Tyto rozpory byly odstraněny. Avšak základní rozpor ne: kosmický mezigalaktický prostor **není** prázdný!*

### **O kosmologické struktuře prostoru** (Sur la Structure cosmologique de l'Espace), 1933

Fyzikální realita, která se vyznačuje slovy **prostor + čas**, je svými zákony **nezávislá** na chování ostatních fyzikálních realit, například **na chování těles**.

Prostor i čas ... hrají v určitém stupni roli apriorní reality, v odlišení od reality **těles** (i polí), které vystupují jako **reality**, tak řečeno, **druhořadě**. Toto rozdělení fyzikální reality na dvě rozdílné části způsobuje (rodí) zejména tu nespokojenost, které se v obecné teorii relativity daří vyhýbat.

Z důvodu jednoduchosti se chceme odtrhnout od toho faktu, že hmota je **zkoncentrována** ve hvězdách a v systémech hvězd, vzájemně oddělených **prázdným prostorem**, a budeme pohlížet na ni tak, jako by byla nepřetržitě **rozložena** na velkých astronomických vzdálenostech.

Problém, vztahující se k obecné teorii relativity, vede k následující otázce: **jak** může existovat prostor, v němž hmota má **konstantní** prostorovou hustotu a nachází se ve stavu relativního **klidu**? Takový prostor je třeba uvažovat jako **velmi hrubou idealizaci**, udělanou proto, abychom nějak teoreticky **přiblížili** k otázce o **reálném** prostoročasovém kontinuu.

### **Relativita a problém prostoru** (Raltivität und Raumproblem). Příloha V k německému vydání r. 1954 knihy „O speciální a obecné teorii relativity“

Chtěl jsem ukázat, že prostoru a času nelze nutně připsat rozdílnou existenci, nezávislou na působících objektech fyzikální reality. Fyzikální objekty se nachází ne v prostoru, ale tyto objekty jsou prostorově protažené. Na této cestě **koncepce „prázdného prostoru“ ztrácí svůj smysl**.

**Připisování fyzikální reality prostoru obecně, a zvláště prázdnému prostoru – v podstatě požadavek příliš tvrdý.** Filozofové odedávna vždy odporovali takovému požadavku. **Descartes** toto argumentoval přibližně takto: prostor se ztotožňuje se vzdáleností a vzdálenost je svázána s tělesy, takto **není prostor bez těles a, dále, není prázdný prostor**. **Slabost** této argumentace se uzavírá hlavně v následujícím. Je nepochybně správné, že pojem prostoru je svázán svým průchodem naší zkušenosti s rozložením těles v prostoru. Odsud však nelze odvodit, že pojem vzdálenost nemůže být správný i v jiných případech. Takové rozšíření pojmů může být založeno nepřímou podle jeho významu pro interpretaci empirických výsledků. Proto **tvrzení, že vzdálenost je pevně svázána s tělesy, zřejmě, je samo o sobě bez základu.**

Avšak později uvidíme, že obecná teorie relativity zcela **potvrzuje** Descartovu koncepci, byť i jinou cestou.

Připusťme, že je udělána skříň. **Uvnitř** skříňe rozmístíme předměty tak, aby byla zcela zaplněna. Možnost takového rozmístění je vlastnost hmotného objektu – „skříňe“, toho, co je s ním spojeno – „ohrazený prostor“. To – něco různé pro různé skříňe, že je možné podstatně si (to) představit nezávisle na tom, jsou-li obecně libovolné předměty ve skříni v libovolný okamžik času nebo ne. Když ve skříni nejsou předměty, jeho prostor je „**prázdný**“.

Způsoby, jimiž tělesa mohou **zaplňovat** prostor (například skříň) představuje předmět trojrozměrné euklidovské geometrie; její axiomatická struktura, avšak, lehce zavádí do bludu, protože nezdůrazňuje, že **geometrie nepopisuje reálné objekty**.

V Newtonově mechanice prostor a čas hrají **dvojakou** roli. **Především** splňují pro objekty, uvažované fyzikou, roli nositele nebo **rámu**, vzhledem k němuž se popisují pomocí prostorových souřadnic a času. ...**Druhá** role prostoru a času byla ta, že sloužily jako „inerciální soustava“. Ze všech myslitelných vztažných soustav se inerciální soustavy stávaly privilegovanými, vzhledem k nimž je platný zákon setrvačnosti.

Idea nezávislé existence prostoru a času může být vyjádřena následujícím způsobem: **Jestliže by hmota zmizela, pak by zůstaly prostor a čas** (svého druhu scéna, na níž se rozehrávají fyzikální jevy).

Tento úhel pohledu byl překonán ve výsledku vzniku nových idejí, které zpočátku, zdálo se, nepřinášely žádné změny do problému prostoru – času, a zvláště, ve výsledku **objevu pojmu pole a vzniku požadavku – zaměnit jím, v principu, pojem částice**. V rámci klasické fyziky pojem pole se jevil jako pomocný pojem v těch případech, kdy látka vystupovala jako jakési kontinuum.

Charakteristickou zvláštností zde uvedených polí je to, že vystupují pouze v hranicích važitelných těles; **pole slouží pouze pro popis stavu látky**. V **raném stadiu pojmu pole** se uvažovalo, že **tam, kde není látka, nemůže existovat ani pole**. Avšak v první čtvrti devatenáctého století bylo ukázáno, že jevy interference a šíření světla mohou být objasněny s podivuhodnou jasností, jestliže na **světlo** pohlížíme jako na vlnové **pole**, zcela **analogické poli mechanických vln** (kmitů) v nějakém pružném tuhém tělese. Takovým způsobem, **vznikla nutnost zavést pole, které by mohlo existovat v prázdném prostoru, za nepřítomnosti važitelné hmoty**.

Tento stav problému vedl k **paradoxní** situaci, protože podle své podstaty **pojem pole vznikl pro popis stavů uvnitř važitelných těles**. To se zdálo jako přirozené, protože se utvrdilo přesvědčení, že na každé pole je nutné pohlížet jako na nějaký stav, připouštějící **mechanickou interpretaci**, což nakonec, předpokládá přítomnost látky. Tímto způsobem byl vynucen předpoklad **existence nějaké látky** všude, dokonce **v prázdném prostoru**, která byla nazvána „**éterem**“.

Avšak ze základů elektromagnetické teorie vyplývalo, že je nutno se vzdát předpokladu nějaké **zvláštní vztažné soustavy**, a zvláště soustavě, **klidné** vzhledem **ke světelnému éteru**.

...na prostor a čas musíme pohlížet jako na objektivně se **nerozpadající** kontinuum, jestliže si přejeme vyjádřit obsah objektivních vztahů bez nepotřebné libovůle (zvůle).

Zákon setrvačnosti a princip stálosti rychlosti světa platí pouze vzhledem k **inerciální soustavě**. Je možno pouze podmínit, aby zákony pole měly fyzikální smysl a platily pouze vzhledem k inerciálním soustavám. Takovým způsobem, jako i v klasické mechanice, **prostor** zde je **nezávislou** budující **částí** v představě **fyzikální reality**. Jestliže si představíme, že hmota a pole jsou vzdáleny, pak zůstane (inerciální) prostor, nebo, přesně řečeno, tento prostor dohromady s ním spojeným časem. Tato čtyřrozměrná struktura (prostor Minkowského) se myslí **jako nositel hmoty a pole**. Inerciální prostory, společně s nimi



spojenými časy, jsou **privilegovanými** čtyřrozměrnými souřadnicemi, spojenými lineárními Lorenzovou transformacemi.

Tato teorie vznikla nejprve z pokusu pochopit rovnost setrvačné a těžké hmoty. Vycházíme z inerciální soustavy  $S_1$ , jejíž prostor, z **fyzikálního** úhlu pohledu, je **prázdný**. Jinými slovy, v uvažované části prostoru neexistuje ani materie (v obvyklém smyslu), ani pole (ve smyslu speciální teorie relativity).

Pak z výsledků speciální teorie relativity, cestou elementárních úsudků, přicházíme k závěru, že se jeví ztracenou přímá fyzikální interpretace souřadnic pro vztažnou soustavu ( $S_2$ ), zrychlenou vzhledem **inerciální soustavě** ( $S_1$ ).

Protože podmínky, existující vzhledem k  $S_2$ , interpretujeme jako **gravitační** pole, nepochybně přítomnost **mas**, které vytvářejí (**budují**) **toto pole**. Na základě chodu těchto myšlenek je možno také pochopit, proč zákony čistě gravitačního pole jsou bezprostředněji svázány s ideou obecné relativity, než zákony polí obecnějšího druhu (například, elektromagnetického pole). Zvláště, máme dobrý základ pro předpoklad, že „**svobodný od pole**“ **Minkowského prostor představuje zvláštní případ a dokonce nejprostší myslitelný případ**.

Ve vztahu s klasickou mechanikou a shodně se speciální teorií relativity, **prostor (prostor-čas) existuje nezávisle na hmotě nebo poli**. Pro popis toho, co **zaplňuje prostor** a závisí na souřadnicích, je nutné, aby prostoročas, nebo inerciální soustava, s jejími metrickými vlastnostmi, byla myšlena od samého počátku, jako nástroj **popisu toho „co zaplňuje prostor“**, **neměl by smyslu**. (*Pozn. pod čarou*: Jestliže si představíme, že „to, co zaplňuje prostor“ (například pole), je vzdáleno, pak by vždy zůstal metrický prostor, ... který by definoval také inerciální chování v něm umístěného zkušebního tělesa). (*Pozn.: Geometrie!*) Z druhé strany, shodně s obecnou teorií relativity, **neexistuje zvlášť prostor, jako něco opačného „tomu, co zaplňuje prostor“** a co závisí na souřadnicích. (*Pozn.: Fyzika!*) Takovým způsobem, čistě gravitační pole může být popsán pomocí  $g_{ik}$ , cestou řešení rovnic gravitace. Jestliže si představíme, že **gravitační pole**, tj. funkce  $g_{ik}$ , **je odstraněno, pak nezůstává ... obecně nic, včetně „topologického prostoru“**. V principu funkce  $g_{ik}$  popisují nejen pole, ale současně topologické a metrické vlastnosti mnohotvárnosti... **Prázdný prostor, tj. prostor bez pole, neexistuje. Prostoročas existuje ne sám o sobě, ale pouze jako strukturní vlastnost pole**.

Hlavní otázka v současnosti spočívá v následujícím: **může teorie pole** zde uvažovaného druhu **nás obecně dovést k cíli? Taková teorie musí popsat vyčerpávajícím způsobem fyzikální realitu jako pole**.

*V tomto textu musíme dávat velký pozor, o jakém prostoru je řeč. Někdy je to prostor geometrický, jindy fyzikální. Jsou zde docela propleteny, takže jejich rozlišení je obtížné. Když se nám rozlišení nedaří, dostáváme se do „šlamastyky“, ze které potom není úniku. Pomůckou pro rozlišení mohou být předchozí poznámky a také můj text „Pojetí prostoru.“*

**Odpověď čtenářům „Měsíčníku populární vědy“** (Doctor Einstein Replies to PSM Readers), 1952

Cestou zobecnění relativistických rovnic gravitace, tj. **čistě matematicky**, jsem zkoušel najít prosté rovnice pro úplné pole. Doufal jsem, že tímto způsobem získané rovnice budou platit pro **popis** reálného světa.

**Zobecnění teorie přitažlivosti** (Generalization of Theory of Gravitation), 1953

Jedinečný rozdíl fyzikálních teorií od matematických výtvorů spočívá v následujícím. **Fyzikální teorie musí dávat podstatně úplný a zobrazitelný vztah mezi popisovanou realitou v definovaných termínech a bezprostředním smyslovými vjemy**. Otázka o tom,

jak stanovit tento vztah, se může **řešit pouze intuitivně** a **nemůže** být vyjádřena v rámci **logicky** zformulované teorie.

...nevidím v současné situaci jinou možnou cestu, kromě čistě polní teorie, která, ostatně, musí pak řešit takovou mimořádně těžkou úlohu, jako odvození **atomistického charakteru energie**. Myslím, dále, že rovnice gravitace pro **prázdny prostor** představují jediný racionálně zdůvodněný případ teorie pole, který může aspirovat na přesnost... Všechno toto vede k pokusu vybudovat **teorii jediného pole** cestou zobecnění teorie gravitace pro **prázdny prostor**.

#### **Relativistická teorie nesymetrického pole** (Relativistic Theory of the non-symmetric Field), 1955

Pokud jsme v současnosti schopni usuzovat, **obecná teorie relativity** se může myslet jako teorie pole. **Nebylo** by ji možné **vybudovat**, přidržuje se úhlu pohledu, že **reálný svět sestává z hmotných bodů, pohybujících se vlivem sil jejich interakce**. Každý, kdo by zkoušel objasnit Newtonovi rovnost setrvačné a gravitační hmotnosti, vycházející z principu ekvivalentnosti, musel by skutečně odpovědět na následující vyjádření: je-li pravda, že ve zrychlené soustavě souřadnic tělesa zakoušejí totéž zrychlení jako v blízkosti povrchu **přitahujícího** je nebeského tělesa? Je jasné, že teorie relativity předpokládá **nezávislost** pojmu pole.

... moje mínění spočívá v následujícím: **singularita musejí být vyloučeny**. **Nejeví** se mi jako rozumné **zavedení bodu** (nebo čáry, atd.) do teorie kontinua, **pro něž rovnice pole neplatí**

Z kvantových jevů, zřejmě, vyplývá, že se konečná soustava s konečnou energií může popisovat konečným počtem čísel (kvantových čísel). To, zdá se, nelze sloučit s teorií kontinua a **vyžaduje pro popis reality čistě algebraickou teorii**. Avšak **nyní nikdo neví, jak najít základ pro takovou teorii**.

*Poprvé jsem dokončil výběr a poznámky 2. 1. 2005.*

#### **4. Smysl relativity**, 2016 (The meaning of relativity, 1921)

*Zde porovnávám vydání knihy z r. 2016 v češtině s výpisy a komentáři, získanými v r. 2005 ze Sebraných Einsteinových spisů v ruštině.*

##### **Úvod** (Brian Geene 2005)

Gravity Probe B, družice létající stovky kilometrů nad zemským povrchem, se snažila získat první přímé potvrzení relativistické předpovědi, že masivní těleso nejenom deformuje stavbu **prostor času**, ale pokud rotuje, vytváří **v něm** cosi jako **vír**. Po zaměření těch nejpreciznějších gyroskopů, jaké kdy byly vyrobeny, na zvolenou vzdálenou hvězdu, experimentátoři **doufali**, že se jim podaří potvrdit relativistickou předpověď, podle níž strhávání **prostor času** zemskou rotací stočí během roku osy palubních gyroskopů o stotisícinu stupně. Změření tak nepatrného úhlu otočení je těžký úkol, ale po asi čtyřiceti letech vývoje experimentátoři **věří**, že to svou technikou dokáží. Další nesnadný, ale nesmírně vzrušující experiment je hledání **gravitačních vln**. Obecná teorie relativity říká, že když se masivní objekt pohybuje, může způsobit rozvlnění **prostoru**, asi jako se rozvlní hladina rybníka, když do něho hodíme kamínek.

*V obou případech jde o fyzikální ovlivnění geometrického = myšleného prostoru. Hmotná tj. reálná tělesa, by měla reálně ovlivňovat prostor čas, do něhož jsou uměle, myšleně, vložena. Navíc je tento čtyřrozměrný prostor zaměněn s třírozměrným mezigalaktickým prostorem, v němž vznikne v jednom případě vír a v druhém případě gravitační vlna. Ve skutečnosti*

*jde o slovní výklad matematických vztahů a výsledků, které se uplatňují v geometrickém prostoru. Myšlená deformace geometrického čtyřrozměrného prostoru, která svého času **popsala** ohyb světla kolem hmotné hvězdy a stáčení perihélia Merkuru, **nevysvětlila** fyzikální **příčinu** těchto jevů. Jiná deformace, tj. víření a zvlnění geometrického prostoru, **nemůže být fyzikálně způsobena reálným fyzikálním tělesem a nemůže reálně ovlivňovat nějaká reálná tělesa. Např. gravitační vlna geometrického 4D prostoru nemůže posunout nebo rozkmitat zkušební tělísko v detektoru gravitačních vln. Nadšená zpráva o údajném zachycení gravitačních vln jejich dvěma detektory v USA dost brzo utichla. Je totiž podezřelé, že podobné zachycení týmiž detektory se neopakovalo a nemohlo tedy zprávu potvrdit.***

Třetí výdobytek se opírá o práci Karla Schwarzschilda, německého fyzika, který krátce po Einsteinově publikaci obecné relativity představil řešení Einsteinových rovnic s pozorovanými důsledky. Schwarzschild zjistil, že když do dostatečně malého objemu napěchuje dostatečné množství hmoty (...), bude výsledné zdeformování prostoročasu tak silné, že nic – dokonce ani světlo – nebude schopno odolat výslednému mocnému gravitačnímu **přitažlivání**. Einsteina toto řešení překvapilo a domníval se, že extrémní podmínky předvídané Schwarzschildem **nebudou** v reálném světě nikdy **splněny**. Dnes však pozorování užívající mocných pozemských i kosmických dalekohledů odhalují oblasti prostoupené Intenzivními gravitačními poli, kde po spirálách dovnitř padající hmota vyzařuje a vydává spektrum rentgenového záření, které přesně odpovídá tomu, co se očekává od hmoty těsně před přechodem přes hranici některé ze Schwarzschildových „temných hvězd“ (později jim vynikající fyzik John Wheeler dal název „**černé díry**“). Tyto údaje téměř nedovolují pochybovat o tom, že černé díry jsou reálné a **snad dokonce všudypřítomné**. Astronomové se dnes **domnívají**, že mnohé galaxie mají ve svých centrech gigantické černé díry. Pozorování například svědčí o tom, že v jádře naší vlastní galaxie Mléčné dráhy je černá díra více než **třímilionkrát** větší než jakou má Slunce. Důležitým problémem, který **odolává** řešení už více než dvacet pět let, je určení, co se děje v hlubokém **nitru** černé díry. Obecná teorie relativity jako by napovídala, že uprostřed černé díry končí čas, ale nikdo dosud nestanovil, co to skutečně znamená anebo zda by tento závěr mohly potvrdit úvahy založené na **kvantové** mechanice. Kdybychom si poradili s tímto problémem, byl by to hluboký průhled do základní povahy prostoru a času.

*K černým děrám jsem se vyslovil ve speciální práci „Černé díry versus zářivé zdroje“, která je nyní součástí knihy „Černá zpráva pro černé díry.“*

*Zde se vyslovím jen k závěru citovaného odstavce. Jak můžeme odhalit dění uvnitř černé díry, když z ní nic – žádné světlo, které by neslo nějakou informaci o tomto ději – nemůže uniknout? My dokonce ani nemůžeme přímo pozorovat samotnou černou díru. To už napovídá její název. To, že někdo z určitých pozorování nepřímou **usuzuje** na existenci černé díry – např. v centru galaxií, to už je věc jiná!*

Protože gravitace je **přitažlivá** síla – síla, která stahuje věci k sobě – téměř každý byl také přesvědčen, že gravitační **přitažlivost** má za následek zpomalování expanze v čase. Zajímavým problémem pro výzkum pak bylo, jak určit rychlost zpomalování expanze, což by nám mělo dát informaci o tom, kolik **hmoty** vesmír obsahuje (**více hmoty znamená větší gravitační přitažlivost**, a tedy větší tempo zpomalování). Uprostřed devadesátých let se dva týmy snažily taková měření provést: Saul Pearmutter a jeho spolupracovníci v rámci projektu Supernova Cosmology a Brian Schmidt se svými kolegy v rámci programu High-Z Supernova Search. Koncem devadesátých let obě skupiny došly ke stejnému ohromujícímu závěru: rozpínání **prostoru** se nezpomaluje. Namísto toho jejich pozorování vzdálených supernov ukázala, že v posledních sedmi miliardách let se rozpínání prostoru zrychlovalo. Jak je to možné? To je otázka, s níž badatelé **stále zápasí**, ale favorizované vysvětlení se jakoby kruhem vrací zpět do roku 1917. Má-li vesmír kosmologickou konstantu právě té správné hodnoty, pak v něm až do doby před asi sedmi miliardami let nad odpuzováním převládala mocnější běžná **přitažlivost hmoty**. S tím, jak se vesmír rozpínal a **hmota** se v něm stále více

**rozplývala do prostoru, gravitační přitažlivost se stále zmenšovala** a u časového ukazatele sedm miliard se **odpudivé** působení kosmologické konstanty stalo dominantním. Od tohoto mezníku se tempo rozpínání prostoru zvyšuje – expanze prostoru se zrychluje, jak o tom svědčí současná pozorování.

*Pojetí gravitace rozebírám v knize „Přitažlivost gravitace“, kde pod tímto pojmem myslím přitažlivost tématu a kritizuji domnělou schopnost „hmoty“ něco přitahovat.*

*Greenův úvod končí pravdivým a inspirativním závěrem:*

**Problém** je, že **kvantová mechanika**, která je základem našeho popisu povahy tří negravitačních sil, se **dostává do zásadních rozporů s Einsteinovým popisem gravitace**. Důvod tkví, stručně řečeno, v tom, že **einsteinovský obraz prostoru jako hladce zakřiveného geometrického útvaru radiálně odporuje ústřední myšlence kvantové teorie: principu neurčitosti**.

*Rozpor vzniká už volbou prostoročasového kontinua, jehož rozměry mohou nabývat libovolných hodnot. Naproti tomu kvantová povaha jakékoli veličiny dovoluje jenom některé = kvantované hodnoty. Prostoročasové kontinuum, stručně prostoročas, může jev gravitace pouze popsat, ale nemůže vysvětlit jeho fyzikální podstatu. Kvantování gravitace, popsané pomocí kontinuálního (nekvantového) prostoru je nemožné z principu. Jestliže chceme získat kvantovanou gravitaci, musíme změnit základní přístup k prostoru.*

## Speciální teorie relativity, 1921

Teorie relativity je často kritizována za to, že neoprávněně udílí ústřední teoretickou roli šíření světla a tak zakládá pojem času na zákonu šíření světla. Situace je však taková: Abychom dali fyzikální význam pojmu času, potřebujeme nějaké procesy, které umožňují ustavit vztahy mezi různými místy. To však díky výzkumům Maxwella a H. A. Lorentze platí pro šíření světla **in vacuo** ve vyšším stupni, než pro každý jiný proces, o němž bychom mohli uvažovat.

*Tady je potvrzení tehdejší představy, že vakuum je prázdnota. Toto potvrzení je i níže. Tam je očíslování rovnic podle originálu.*

Představme si proto prostor a čas fyzikálně definovaný ke dvěma inerciálními soustavám  $K$  a  $K'$ ,.... Necht' dále světelný paprsek prochází od bodu  $P_1$  k jinému bodu  $P_2$  soustavy  $K$  skrze **vakuum**. Je-li  $r$  změřená vzdálenost mezi dvěma body, pak šíření světla musí splňovat rovnici

$$r = c\Delta t.$$

*Tato rovnice určuje „dráhu“ jako součin rychlosti (světla) a časového úseku. Rychlost světla automaticky předpokládá jako konstantní neboli šíření světla rovnoměrně přímočaře. Dále se v teorii relativity s tímto předpokladem (či s touto rovnicí) pracuje. Avšak když světlo prochází kolem hmotného objektu, tak už se přímočaře nepohybuje. „Střední“ část křivky, kterou světlo opisuje, je kružnice. I za (logického) předpokladu, že jde o rovnoměrný pohyb po kružnici, existuje zrychlení – dostředivé, tj. kolmé ke směru pohybu. To znamená, že pro tyto části letu světla nemůžeme použít následující úvahy:*

Umocníme-li tuto rovnici na druhou a vyjádříme  $r^2$  pomocí rozdílů souřadnic  $\Delta x_v$ , může místo ní psát

$$\sum (\Delta x_v)^2 - c^2 \Delta t^2 = 0 \quad (22)$$

Tato rovnice vyjadřuje princip konstantní rychlosti světla vzhledem ke  $K$ . Musí platit **bez ohledu** na to, jak se pohybuje **zdroj**, který světlo emituje.

Totéž šíření světla lze uvažovat také vzhledem ke  $K'$ , také v tomto případě musí být splněn princip konstantní rychlosti světla. Vzhledem ke  $K'$  máme tedy rovnici

$$\sum (\Delta'_v)^2 - c^2 \Delta t'^2 = 0 \quad (22a)$$

Rovnice (22a) a (22) musí být vzájemně konzistentní vůči transformaci od  $K$  ke  $K'$ . Transformace, které to umožňují, se nazývají „Lorentzovy transformace“.

*Matematickou úpravou výchozí rovnice fyzikálně ztotožníme v rovnici udávající vzdálenost bodu („události“) ve 4D prostoru tři obvyklé prostorové souřadnice se čtvrtou souřadnicí  $c\Delta t$ , s „drahou“ čili délkou. Takže všechny čtyři souřadnice jsou délkové (prostorové) a žádná není časová. Tomu odporuje následující označení čtvrté souřadnice jako „času“. Podle následujícího textu nejsou tři první souřadnice významově totožné se čtvrtou. Je proto nutné zdůraznit: Zavedení prostoročasu sice spojuje prostor s časem, ale ne přímo, dělá to prostřednictvím rychlosti světla.*

Než promluvíme o těchto transformacích, učiníme několik obecných poznámek o **prostoru a čase**. V předrelativistické fyzice byly prostor a čas samostatné entity. Určení času bylo nezávislé na vztažném prostoru. Newtonovská mechanika byla relativní vzhledem ke vztažné soustavě, takže například výrok, že dvě nesoučasné události se staly na témže místě, neměl žádný objektivní, tj. na vztažném prostoru nezávislý smysl. Ale tato relativita nehrála ve výstavbě teorie roli. O bodech či o událostech v čase se mluvilo, jako by to byly absolutní reality. Nikdo si nevšiml, že pravým elementem pro určení **prostoročasu** je událost určená čtyřmi čísly ( $x_1, x_2, x_3, t$ ). Pojem nějakého děje byl vždy svázan se čtyřrozměrným **kontinuem**, ale poznání této skutečnosti bylo zatemňováno absolutní povahou předrelativistického času. Až když byla hypotéza absolutní povahy času a zvláště současnosti odvržena, byla čtyřrozměrnost prostoročasu bezprostředně rozpoznána. Fyzikální realita nepřísluší bodu v prostoru ani časovému okamžiku, v němž se něco odehrává, ale pouze samotné události, **Mezi dvěma událostmi neexistuje žádný absolutní** (na vztažném prostoru nezávislý) **vztah v prostoru, ani žádný vztah v čase, ale existuje absolutní** (na vztažném prostoru nezávislý) **vztah v prostoročase**, jak to bude patrné z dalšího. Fakt, že neexistuje žádné objektivní racionální rozdělení čtyřrozměrného kontinua na třírozměrný prostor a jednorozměrný čas, napovídá, že zákony přírody nabudou logicky nejspokojivější podoby, když budou **vyjádřeny** jako zákony čtyřrozměrného prostoročasového kontinua. Na tom je založen velký metodický pokrok, za který vděčí teorie relativity Minkowskimu. Z toho hlediska musíme považovat  $x_1, x_2, x_3, t$  za čtyři souřadnice události ve čtyřrozměrném kontinuu. Zobrazení nějakých vztahů v tomto čtyřrozměrném kontinuu se nám daří daleko méně než v třírozměrném eukleidovském kontinuu; je třeba zdůraznit, že dokonce i v třírozměrné eukleidovské geometrii jsou její pojmy a vztahy jen jakýmsi **abstrakcemi** naší mysli a **nejsou totožné** s obrazy, které si tvoříme vizuálně a pomocí smyslu hmatu. **Nedělitelnost čtyřrozměrného kontinua** událostí však vůbec **nezahrnuje ekvivalenci prostorových souřadnic s časovou souřadnicí**. Naopak si musíme uvědomit, že **časová** souřadnice je definována fyzikálně zcela **odlišně** než souřadnice prostorové. Vztahy (22) a (22a), jejichž rovnost definuje Lorentzovu transformaci, také ukazují rozdíl role časové souřadnice od role prostorových souřadnic, když člen  $\Delta t^2$  má opačné znaménko než prostorové členy  $\Delta x_1^2, \Delta x_2^2, \Delta x_3^2$ .

*Fyzikální odlišnost role čtvrté souřadnice nemůže být dána opačným znaménkem vzhledem ke třem zbývajícím. Fyzikálně zahrnujeme čtyři délky (a ne tři délkové souřadnice a jednu časovou souřadnici). Čtvrtá souřadnice obsahuje imaginární jednotku a její čtverec je -1 To je důvod záporného znaménka!*

Než budeme dále rozebírat podmínky, jež určují Lorentzovu transformaci, zavedeme na **místo času  $t$  světlený čas  $l = ct$** , aby **konstanta  $c$  explicitně nevstupovala** do dále uvedených formulí. Pak je Lorentzova transformace definována tak, že především činí rovnici

$$\Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \Delta x_3^2 - \Delta l^2 = 0 \quad (22b)$$

kovariantní, což znamená, že je-li rovnice splněna v inerciální soustavě, k níž vztahujeme dvě dané události

*Pojem „světelný čas  $l = ct$ “ je matoucí. Jak ukazuje symbol veličiny, tak i celá rovnice pro ni, nejde o čas, ale o délku. Tento pojem Einstein pravděpodobně razí na základě pojmu „světelný rok“, což ovšem není čas, ale vzdálenost – kterou světlo uletí za rok*

Nakonec v souladu s Minkowskim nahradíme časovou souřadnici  $l = ct$  imaginární časovou souřadnicí

$$x_4 = il = ict \quad (\sqrt{-1} = i).$$

*Opakováním termínu „časová“ je zmatek posílen. Doplněním imaginární jednotky se ovšem abstraktnost prostoročasu zvýrazní. To by mělo působit jako zesilující fakt pro tvrzení, že prostoročas a fyzikální prostor mezi galaxiemi jsou dvě různé entity.*

Pak rovnice určující šíření světla, která musí být kovariantní vzhledem k Lorentzově transformaci, nabývá tvaru

$$\sum_{(4)} \Delta x_\nu^2 = \Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \Delta x_3^2 + \Delta x_4^2 \quad (22c)$$

Tato podmínka je vždy splněna, splníme-li obecnější podmínku, že

$$s^2 = \Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \Delta x_3^2 + \Delta x_4^2 \quad (23)$$

bude vzhledem k transformaci invariantní. Tuto podmínku splňují pouze lineární transformace, tj. transformace typu

$$x'_\sigma = a_\mu + b_{\mu\sigma} x_\mu \quad (24)$$

v němž sumace přes  $a$  se provádí od  $a = 1$  do  $a = 4$ .

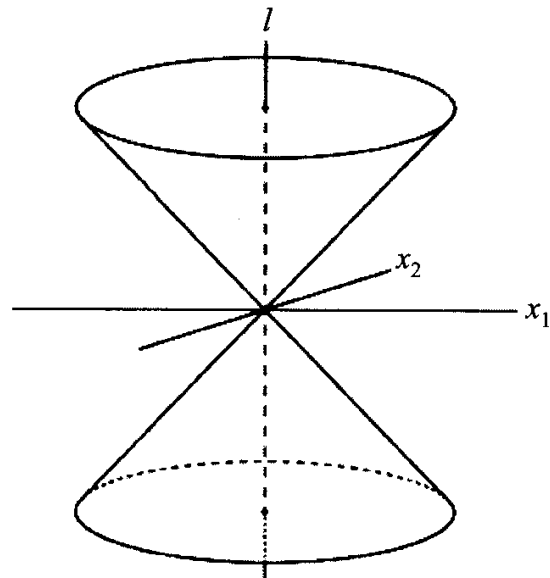
„Horní“ polovina kužele obsahuje „body“, [nazývané „událostmi“] do nichž může být z P [tj. z počátku] poslán světelný signál; „dolní“ polovina kužele obsahuje „body“, z nichž mohou být poslány do P. Body P' uzavřené uvnitř kuželové plochy mají vzhledem k bodu P záporné  $s^2$ ; pak má PP' stejně jako P'P podle Minkovského časovou povahu. Takové intervaly představují elementy možné trasy pohybu, jejichž rychlost je menší než rychlost světla. V tomto případě může být  $l$ -osa nakreslena ve směru PP' při vhodné volbě pohybového stavu inerciální soustavy. Leží-li P' vně „světelného kužele“, pak PP' má prostorovou povahu; v tom případě lze vhodnou volbou inerciální soustavy dosáhnout nulovosti  $\Delta l$ . [Volili bychom soustavu pevně spojenou s letícími fotony světla]

*Pojmenováním bodů prostoru „událostmi“ plus uvedené Minkovského „povaze“ vznikají termíny „časopodobné události“ nebo „prostoropodobné události“, což laicky mate.*

Energie tělesa ve stavu klidu je rovna jeho hmotnosti

$$E_0 = mc^2$$

Hmotnost a energie jsou si podstatně podobny; jsou to jen rozdílné výrazy pro tutéž věc. Hmotnost tělesa není konstanta; mění se změnou jeho energie.



Obrázek, v originálním textu označený číslem 1, má čtvrtou osu správně označenu  $l (= ct)$  a ne – jak bývá bohužel obvyklé: „ $t$ “ nebo „čas“).

## Obecná teorie relativity, 1921

Představme si kružnici nakreslenou okolo počátku roviny  $x'y'$  v  $K'$  a její průměr. Dále si představme, že máme velký počet **tuhých** tyčí, které jsou vesměs vzájemně stejné. Předpokládejme, že tyto tyče jsou uloženy v řadě podél obvodu a podél průměru dané kružnice. je-li  $U$  počet těchto tyčí podél obvodu a  $D$  jejich počet podél průměru, pak pokud se  $K'$  **neotáčí** vzhledem ke  $K$ , budeme mít

$$\frac{U}{D} = \pi$$

Jestliže však  $K'$  **rotuje**, dostaneme jiný výsledek: předpokládejme, že v určitém čase  $t$  soustavy  $K$  určíme polohy konců všech našich tyčí. Vzhledem ke  $K$  všechny tyče na obvodu **podléhají Lorentzově kontrakci**, ale tyče podél průměru této kontrakci nepodléhají. (Pozn. pod čarou: Tyto úvahy předpokládají, že chování tyčí a hodin závisí pouze na rychlostech a **nikoliv** na zrychlení, či přinejmenším, že vliv zrychlení nekompensuje vliv rychlosti). Odtud vyplývá

$$\frac{U}{D} > \pi$$

Z toho plyne, že zákony konfigurace tuhých těles vzhledem ke  $K'$  **nesouhlasí** se zákony konfigurace tuhých těles, které jsou v souladu s eukleidovskou geometrií. Jestliže dále umístíme dvoje hodiny (rotující spolu se soustavou  $K'$ ), jedny na obvod a druhé do středu kruhu, pak posuzováno z  $K$  půjdou hodiny na obvodu **pomaleji** než hodiny ve středu. Totéž musí nastat při posuzování z  $K'$ , nedefinujeme-li čas vzhledem ke  $K'$  naprosto nepřírozeným způsobem (tedy tak, že zákony vzhledem ke  $K'$  závisí na čase). Prostor a čas tudíž **nemohou** být vzhledem ke  $K'$  definovány **stejně**, jak tomu bylo ve **speciální** teorii relativity vzhledem k inerciálním soustavám. Podle principu ekvivalence však  $K'$  může být uvažována také jako soustava v klidu, vzhledem k níž **existuje** gravitační pole (pole odstředivé a Coriolisovy síly). Dospíváme tudíž k závěru: gravitační pole ovlivňuje a dokonce určuje metrické zákony prostoročasového kontinua.

*Příklad s rotujícím kotoučem může být zavádějící. Einstein v poznámce pod čarou správně poznamenává: „Tyto úvahy předpokládají, že chování tyčí a hodin závisí pouze na rychlostech a **nikoliv** na zrychlení.“ Jenže u rovnoměrně rotující „soustavy“ zrychlení **existuje** a je dokonce kolmé k obvodové rychlosti. Poněvadž obvodová rychlost je přímo úměrná poloměru, nebude platit, že „tyče podél průměru této kontrakci nepodléhají.“ Jen těžko si můžeme přestavit tuhé tyče nulového průřezu, takže každá tyč bude mít na svém okraji blíže k obvodu kotouče průřez větší než na okraji blíže středu kotouče. Jsme však v oblasti idealizací, tedy zde v předpokladu nulového průřezu, takže jeho změnu zanedbejme. Ale nemůžeme zanedbat záměnu rovnoměrného pohybu po přímce s rovnoměrným pohybem po kružnici. Lorentzovy transformace platí pro rovnoměrný pohyb přímočarý, tedy pohyb bez zrychlení. Nelze je tedy aplikovat na rovnoměrný pohyb po kružnici. Také základní východisko obecné teorie relativity, že můžeme zaměnit gravitační zrychlení zrychlením rovnoměrně zrychleného pohybu, nám zabraňuje v dané aplikaci. Obě výchozí zrychlení leží na **téže** přímce. Avšak **odstředivé** zrychlení rovnoměrného pohybu po kružnici je kolmé k obvodové rychlosti. Takže musíme uvažovat důležitou větu: Podle principu ekvivalence však  $K'$  může být uvažována také jako soustava v klidu, vzhledem k níž **existuje** gravitační pole **ekvivalentní** poli odstředivému a Coriolisovým silám). Opět **docházíme k nesprávnosti aplikace Lorentzových transformací. Jinak řečeno:** „Prostor a čas tudíž **nemohou** být vzhledem ke  $K'$  definovány **stejně**, jak tomu bylo ve **speciální** teorii relativity vzhledem k inerciálním soustavám.“*

## Obecná teorie relativity (pokračování)

Nyní se musíme snažit najít zákony gravitačního pole. K tomu nám poslouží jako model Poissonova rovnice

$$\Delta\phi = 4\pi K\rho$$

z Newtonovy teorie. Tato rovnice je založena na myšlence, že **gravitační pole je buzeno hustotou látky  $\rho$** . Tak tomu musí být i v obecné teorii relativity. Ale naše zkoumání v rámci speciální teorie relativity ukázala, že na místo skalární **hustoty hmotnosti** se staví **tenzor energie** vztažený k jednotkovému objemu. V něm je zahrnut nejen tenzor energie látky, ale také tenzor energie **elektromagnetického** pole. Viděli jsme však, že při úplnějším rozboru je třeba tenzor energie považovat jen za provizorní způsob reprezentace hmoty. **Hmota** ve skutečnosti sestává z elektricky nabitých částic a je třeba ji považovat za **část**, třebaže za podstatnou část, **elektromagnetického** pole. Pouze okolnost, že nevládneme dostatečnou znalostí zákonů elektromagnetického pole **koncentrovaných** nábojů, nás nutí prozatímně při prezentaci teorie nechat pravý tvar daného tenzoru neurčený....; v následujícím nazveme tuto veličinu „tenzorem energie hmoty“.

*Náš pohled je odlišný. Tělesa („hmota“) jsou jen malým „zčeřením“ v obrovském „moři“ základní energie (zvané nesprávně „vakuum“). Tělesa („hmota“) tvoří jen malou část základního pole, jež je elektromagnetické povahy. Gravitační pole není buzeno látkou nebo její hustotou, ale je to modifikované základní pole. V oblasti mezi dvěma tělesy, jež je velmi úzká, je tlak „vakua“ na tělesa „ zevnitř“ menší než „zvnějšku“, tělesa jsou k sobě přitlačována. Jde o velkou podobnost se známým Casimirovým jevem, zde však v obrovských vzdálenostech mezi tělesy. Casimirův jev se studuje pro velmi malé vzdálenosti těles (desek či kuličky a desky) vzhledem k jejím rozměrům. To znamená, že „gravitace“ je „slabá.“ Jestliže se nějakým cizím vlivem tělesa dostanou do malých vzdáleností vzhledem ke svým rozměrům, hned se projeví „síla“ této „gravitace“!*

## Dodatek I: O „kosmologickém problému“; 1950

Někteří se snaží vysvětlit Hubbleův posun spektrálních čar **jinak** než Dopplerovým jevem. Pro takový přístup však nemáme žádnou oporu ve známých fyzikálních faktech. Podle takové hypotézy by bylo možné spojit dvě hvězdy  $S_1$  a  $S_2$  tuhou tyčí. Monochromatické světlo, které pošleme z  $S_1$  k  $S_2$  a odrazíme zpět se změněnou frekvencí (...), pokud by se **počet** vlnových délek světla podél tyče mohl s časem po cestě **měnit**. To by znamenalo, že místně měřená **rychlost** světla by závisela na čase, což by **protiřečilo** již speciální teorii relativity.

*Změna vlnočtu („počtu vlnových délek podél tyče“ dlouhé 1m) světla **neznamená** změnu jeho rychlosti, ale znamená změnu vlnové délky. To proto, že vlnočtet je převrácenou hodnotou vlnové délky. Vlnová délka typických spektrálních čar chemických prvků se „po cestě“ ze zdroje k pozorovateli zvětší. Tento posun není způsoben vzdalováním zdrojů (galaxií), třeba i současně s prostorem, ale předáním části energie letících fotonů, nutné k modulaci základního vlnění (pole). Snižováním energie fotonů se snižuje jejich frekvence, neboli se zvyšuje jejich vlnová délka. Prostor mezi vzdálenou galaxií a pozorovatelem není prázdný, ale je tvořený základní energií, energií entity nesprávně zvané „vakuum.“*

Současná teorie **relativity** je založena na **rozdělení** fyzikální **reality** na metrické pole (gravitace) na jedné straně a na elektromagnetické pole a hmotu na straně druhé. Ve **skutečnosti** má prostor pravděpodobně **jednotnou** povahu a současná teorie platí jen jako jakýsi **limitní** případ. Pro **velké** hustoty pole a hmoty **ztrácejí** rovnice pole a dokonce i polní proměnné, které do nich vstupují, **smysl**. **Není** tudíž **možné** předpokládat platnost rovnic pro velmi velké hustoty pole a hmoty a není možné uzavírat, že „počátek rozpínání“ musí znamenat singularitu v matematickém smyslu. Jediné, co tu můžeme říci, je, že rovnice **nelze** do takových oblastí **prodlužovat**.



*Přesto, že se Einsteinovi nepodařilo sjednotit gravitaci s elektromagnetismem, nepřestal ani ve vysokém věku věřit, že to možné je a že je to dokonce jediná správná cesta. Správně uvádí, že jeho proslulé rovnice nelze uplatňovat všude a vždy. Sám jinde uvádí, že tyto rovnice jsou první aproximací, která tedy má své meze. Einstein neplatnost těchto rovnic viděl v oblastech s velkou hustotou hvězd, tedy např. poblíž center galaxií. Uvažuje však také oblasti s velkou hustotou **pole**, tedy oblasti s velkou hustotou energie. Jestliže bychom vzali vážně Grygarovu charakteristiku vakua jako entity s obrovskou hustotou energie, pak by Einsteinovy rovnice neplatily **nikde!** To proto, že „vakuum“ je všude: nejen mezi galaxiemi či shluky galaxií, ale i mezi vlákny galaxií, táhnoucími se přes celý vesmír. Musíme si tedy dávat pozor a nesnažit se o nějakou druhou či třetí aproximaci v totéž duchu jako Einsteinovy úvahy. Navíc: Vakuum je dokonce uvnitř atomů. Subatomické částice jako samostatné entity zaujímají podstatně menší prostor než vakuum. Tyto částice ale nejsou nějakými částicemi „hmoty“. Nejsou to „kuličky“ (či dokonce jiná tělíska) vyplněné „hmotou“, mající kolem sebe „prázdný prostor“! Poněvadž naše vlastní těla mají velmi podobnou stavbu jako vesmír či atom, vidíme atomy, molekuly a tělesa jako samostatné entity a myslíme si, že mezi nimi není nic, že mezi nimi existuje vakuum jakožto absolutní prázdnota. Ale tak to **není!***

## **Dodatek II: Relativistické teorie nesymetrického pole; 1953**

Je možno uvést dobré důvody, proč realita **nemůže** být vůbec reprezentována **spojitým** polem. Z **kvantových** jevů se zdá s jistotou vyplývat, že konečná soustava s konečnou energií může být úplně popsána konečnou množinou čísel (kvantová čísla). To se **nezdá v souladu s teorií kontinua** a musí to vést ke snaze najít pro popis reality čistě **algebraickou** teorii. Nikdo však neví, jak získat základ pro takovou teorii.

*Hlavním důvodem nemožnosti reprezentace reality spjitým polem je její kvantová podstata. Ani látka („hmota“) ani pole nejsou spojitá, nýbrž jsou kvantovaná. Tato skutečnost je opravdu v rozporu s teorií kontinua! To ovšem neznamená, že nádhernou Einsteinovu teorii máme zahodit! To v žádném případě! Jen si musíme uvědomit její meze. Tím nejen, že nezhodnotíme Einsteinovy myšlenky, ale také („navíc“) uposlechneme jeho dobrých rad ohledně „první aproximace“ a ohledně spojitosti gravitace s elektromagnetismem.*

*Poslední větu zdejšího Einsteinova odstavce měním – a to velice troufale: Ten základ nové, tj. odlišné teorie já znám! Je to „Náčrt zobrazení kvantového monochromatického světa“ spolu s dalšími texty, které jsou z „Náčrtu“ odvozeny. Takovým troufalým tvrzením se vlastně prohlašuji za stejně chytrého jako Einstein a za chytřejšího než jeho následovníci. Jsem opravdu tak chytrý?? Mé vlastní pochybnosti říkají NE!!*

## **Doslov. Jan Novotný; 2016**

Dnešní fyzikové se vracejí k Einsteinovým myšlenkám o sjednocení fyziky, pro něž je asi třeba nějak nasměrovat obecnou teorii relativity a standardní model mikrofyziky ke společnému úběžníku.

*Tento úběžník hledají mnozí, ale naneštěstí setrvávají v tzv. korporocentrismu, tj. názoru, že základem všehomíru jsou tělesa. Markantně se to projevuje u gravitačního pole, které je údajně „buzeno“ tělesy. Už Newton několikrát napsal, že toto je falešná představa, dokonce že je absurdní! Buďto byl tento vědec v zajetí nějaké myšlenky, která je dnes zastaralá, nebo to byl génius, který byl i v tomto případě geniální. Já jsem přesvědčen o tom druhém. Navíc jsem přesvědčen, že měl pravdu i v otázce původu vesmíru. Dnes platí: Vesmír nevznikl samovolně z nicoty velkým třesknutím této nicoty, nýbrž byl stvořen a je udržován Bohem. Bůh nejprve stvořil základní entitu (zvanou „vakuum“) a z ní potom stvořil Zemi, rostliny, hvězdy, zvířata a lidi. Samozřejmě to všechno tvořil zákonitě (ne chaoticky), tzn., ustanovil zákony (jímž říkáme „přírodní“), popisující fyzikální „chování“ energie-hmoty.*

Kapitoly 1. až 3. jsem zpracoval v r. 2006 a doplnil v r. 2016, 4. kapitolu v r. 2016, kapitoly 5. a 6. v r. 2020

## 5. Sobranije naučných trudíc v čtyrjech tomach, III. Raboty po kinětičeskoj energii, těorii izlučeniija i osnovam kvantovoj mechaniki

**O jednom heuristickém úhlu pohledu, týkajícím se emise a přeměny světla** (Über einen Erzeugung des Lichtes betreffenden heuristischen Geschichtspunkt), 1905

Mezi teoretickými představami fyziků o plynech nebo jiných važitelných tělesech a maxwellovskou teorií elektromagnetických jevů **v takzvaném prázdňém prostoru** existuje hluboký formální rozdíl. ...

V podstatě myslím, že pokusy, týkající se „záření černého tělesa“, fotoluminiscence, vzniku katodových paprsků při osvětlení ultrafialovými paprsky a jiných skupin jevů, spojených se vznikem a přeměnou světla, se lépe objasní předpokladem, **že energie světla je rozložena (... rozprostraněna) v prostoru diskrétně**. Shodně s tímto předpokladem, **svazek světla**, vyšedšího z nějakého bodu, se nešíří nepřetržitě ve stále vzrůstajícím objemu, ale **skládá se z konečného počtu v prostoru lokalizovaných, nedělitelných kvant energie, pohlcovaných nebo emitovaných pouze jako celky**.

*2020: Soustředěnost na tělesa („korporocentrismus“) implikuje mezi nimi zcela prázdňý prostor, který je tedy plynulý a tudíž na děje nemá žádný vliv. Tělesa v tomto prostoru vytvářejí pole, které už vliv má.*

*Avšak z kvantovost světla (a také celé EM energie) požaduje také kvantování samotného prostoru. Zde ovšem už musíme uvažovat reálný (kosmický) prostor a nikoli prázdňý, tj. geometrický prostor. Kvantá EM energie jsou „předurčena“ kvanty „prostoru“ nebo lépe kvanty základní energie – které, stejně jako prof. Wetterich – nazýváme „kosmony.“ Tyto základní fotony se většinou nazývají virtuálními fotony.*

*Energie nemůže nabývat libovolných hodnot, je kvantována. Stejně tak hmotnost – související s energií podle proslulého Einsteinova vztahu – je kvantována. Tyto vlastnosti vyplývají z předpokladu, že je kvantována základní energie – jež je skrytá, implicitní či virtuální – vytvářející už explicitní či měřitelnou energii – hmotu.*

**O rozvoji našich pohledů na podstatu a strukturu záření** (Über die Entwicklung

*Zatímco ... prostor zbavený hmoty, nepronikáný zářením, musíme považovat za skutečně prázdňý. To je ovšem prostor fiktivní nebo geometrický. Reálný prostor je tvořený „vakuum“, které je hmotné.*

*Když uvažujeme prázdňý prostor, potom setrvačná hmotnost tělesa se při emisi světla zmenšuje. Emitovaná energie vystupuje jako část hmotnosti tělesa. Dále, odsud je možné odvodit, že veškeré zvětšování nebo zmenšování energie má za důsledek vzrůst nebo pokles hmotnosti uvažovaného tělesa. Energie a hmotnost se jeví takovými ekvivalentními veličinami, jakými jsou teplo a mechanická energie.*

*Vyzářená energie se přitom ztratí (přejde do prázdnoty, která ovšem takovou zůstane) a tudíž dojde k porušení zákona zachování energie (a hmotnosti). Ve skutečnosti reálný prostor „ztracenou“ energii (hmotnost či setrvačnost) „zpětně dodá. Reálný prostor je aktivní, jeho základní vlastností je setrvačnost – kterou může tělesům předávat. Tělesa pak část své energie vyzáří – dochází k soustavné přeměně energie. Kdyby reálný prostor energii nevracel, za nějaký čas by měl energii nekonečně velkou! To potvrzují další slova:*

A tak, teorie relativity mění naše pohledy na podstatu světla v tom smyslu, že v ní světlo vystupuje ne ve spojení s hypotetickým prostředím, ale jako něco existující samostatně, podobné látce. Dále, tato teorie, jako i korpuskulární teorie světla, se liší tím, že přiznává **přenos hmotnosti (masy) od emitujícího tělesa k pohlcujícímu.**

**Ke kvantové teorii záření** (Zur Quantentheorie der Strahlung), 1916,

*Níže uvevená fakta jsou dobře známa. Avšak velmi silně podporují naši teorii:*

Jestliže svazek paprsků působí na jej potkávající molekulu tak, že molekula prostřednictvím elementárního procesu dostává nebo vydává nějaké množství energie  $h\nu$  ve formě záření (**indukované záření**), pak **molekula vždy bude dostávat i impuls  $h\nu/c$  při absorpci energie – ve směru pohybu svazku, a při emisi – v opačném směru.**

Jestliže molekula ztrácí energii bez vnějšího buzení (**spontánní záření**), pak tento **proces je také směrovaný. Spontánní vyzařování sférických vln neexistuje.** V elementárním procesu spontánního záření molekula dostává předávací impuls, jehož velikost je rovna  $h\nu/c$ , a směr je dán, shodně se současným stavem teorie, pouze „nahodilostí“.

Je nutné zde uvést ještě jednu poznámku. Skoro všechny teorie tepelného záření se zakládají na studiu interakce mezi zářením a molekulami. Avšak obecně se ohraničují studiem změny *energií*, nezahrnuje změnu *impulsů*. To se snadno uskuteční, neboť malá velikost zářením předávaných impulsů vede k tomu, že ve skutečnosti skoro vždy chybí před jinými faktory, způsobujícími pohyb. Avšak v *teoretickém* studiu taková malá působení je nutno považovat za rovnocenná společně s bijícím do očí přenosem energie prostřednictvím záření, pokud energie a impuls jsou bezprostředně vzájemně svázány; proto můžeme teorii považovat za pravdivou pouze v tom případě, jestliže ukážeme, že impulsy, přenašené, shodně s touto teorií, ze záření k látce, vedou k takovým pohybům, které vyžaduje teorie tepla.

**Elementární úvahy o původu interpretace základů kvantové mechaniky** (Elementare Überlegungen zur Interpretation der Grundlagen der Quanten – Mechanik), 1953

**Svéráz současné situace v kvantové mechanice spočívá, podle mne, že pochybnostem podléhá ne matematický aparát teorie, ale fyzikální interpretace jejích tvrzení.** Jaký vztah  $\Psi$ -funkce ke konkrétní jedinečné situaci, tj. k individuálnímu stavu některé odděleně vzaté soustavy? Jinými slovy: co říká  $\bar{\Psi}$ -funkce o (individuálním) „reálném stavu“? ...

Schrödigerova idea, jestli mluvíme krátce, spočívá v následujícím. Funkce  $\Psi$  sama je realitou a nepotřebujeme Bornovu interpretaci. Atomistická zobrazení, která dosud byla nějak popisována  $\Psi$ -poli, neexistují obecně, krajní měrou jen jako lokalizované objekty. ... to znamená, že **makroskopické těleso, jako takové obecně neexistuje;** v každém případě neexistují – byť přibližně – takové věci jako poloha těžiště v daném okamžiku času. Dále, zde se také narušuje podmínka, aby kvantově mechanický popis pohybu makrosoustavy přibližně odpovídal popisu klasické mechaniky.

Výsledek našeho studia vede k následujícímu. Zatím jedinou přijatelnou interpretací Schrödingerovy rovnice je statistická interpretace, daná Bornem. Avšak ta **nepopisuje** reálný

stav jednotlivé (zvláštní) soustavy, ale pouze dovoluje dělat **statistické** výroky o **souborech** (ansámblech) soustav.

Podle mého soudu, v principu je **falešné** klást do základů fyziky takové teoretické představy, nakolik se nemůžeme odvrátit objektivního popisu jednotlivého *makrosystému* (od popisu „reálného stavu“) bez toho, aby se fyzikální obraz světa ve známém stupni „**skrýval** v mracích“. Konec konců, zdá se, je nezbytnou představa, že fyzika musí mířit k popisu reálného stavu jednotlivé (zvláštní) soustavy. Na přírodu jako celek je možné pohlížet pouze jako na jednotlivou – určitou (jednou existující) soustavu (systém) **a ne** jako „soubor soustav“ („ansámbl systémů“).

*Zde a níže vidíme Einsteinův odpor proti kvantové mechanice jako neúplné.*

**Úvodní poznámky o základních pojmech** (Einleitende Bemerkungen über Grundbegriffe), 1953

... jsem v poměrně mladém věku s nadšením přijal geniální de Broglieho objev vnitřního svazku mezi diskretními kvantovými stavy a rezonančními stavy, a také jsem nepřetržitě přijal jinou cestu, jíž bylo možno dát jinou metodu řešení záhady kvant nebo, krajní měrou, napomáhat přípravě takového řešení. V základech těchto pokusů leží pocit hluboké **nespokojenosti** principiálního charakteru, kterou pro mne vyjadřují základy statistické kvantové teorie. Jsem absolutně přesvědčen, že i samotnému de Brogliemu není vůbec cizí tento pocit.

Nijak nepochybuji, že současná kvantová teorie (přesněji kvantová mechanika) dává nejúplnější souhlas s pokusem (zkušeností), jakkoli rychle jsou v základech popisu do množství pojmů položeny pojmy hmotného bodu a potenciální energie. Avšak to, co považuji za nepřijatelné v této teorii, spočívá v interpretaci  $\Psi$ -funkcí. V každém případě, v základě mého chápání je stav (řešení), rozhodně zavrhaný největšími současnými teoretiky. ...

Ted' nejsou žádné pochyby o tom, že  $\Psi$ -funkce je **nějakým způsobem** popisem „reálného stavu“. Otázka spočívá pouze v tom, je-li takový popis reálného stavu úplný nebo neúplný. Pokaždé, když zkusíme dát odpověď na tuto otázku, setkáváme se s nějakými potížemi.

**První předpoklad:** popis je **úplný**. V tom případě, shodně se Schrödingerovou rovnicí, **těleso**, na něž nepůsobí žádné síly, plave v prostoru, zabíraje tím méně určitou (definovanou) polohu (vzhledem k inerciální soustavě), čím pomaleji se pohybuje, jsou ponecháno samo sobě. Avšak následující pozorování pomocí světla dovoluje skoro přesně ukázat jeho polohu. Jestliže by byl popis pomocí  $\Psi$ -funkce skutečně úplným popisem soustavy, museli bychom uzavřít, že námi nalezená skoro přesná poloha tělesa představuje prostředek pozorování, ale **neexistuje před** těmito pozorováními. Avšak tento závěr odporuje intuici, je-li řeč o nějakém **makroskopickém tělesu**, a ne o elektronu nebo atomu. (Ta okolnost, že vytvoření velké neurčitosti polohy pro tělesa významné hmotnosti podle této teorie vyžaduje **dlouhý okamžik** času, nemůže pomoci, pokud tyto okamžiky jsou už veliké dokonce pro ta tělesa, která **ještě** nemůžeme považovat za mikroskopická). Z pohledu této teorie si nemůžeme představit takový případ, kdy poloha tělesa v počátečním okamžiku *musí být* zadána skoro přesně.

Proto popis soustavy pomocí  $\Psi$ -funkce musí být považován za neúplný popis reálných stavů. Jsou i jiné důvody, které vedou k témuž závěru. Aparát kvantové teorie je takový, že  $\Psi$ -funkce jedné podsoustavy nějakého úplného systému, sestávajícího z dvou podsystémů, se mění v závislosti na charakteru (úplného) měření, prováděného s druhým podsystémem. Takto to probíhá dokonce v tom případě, jestliže oba podsystémy k tomu času, kdy se provádí měření, jsou rozděleny v prostoru. Jestliže by  $\Psi$ -funkce dávala *úplný* popis reálného stavu, to by znamenalo, že **měření**, prováděné v **druhém** podsystému, **působí** (má vliv) **na** reálný stav **prvního** podsystému. To by odpovídalo nějakému bezprostřednímu svazku **mezi dvěma**

**prostorově oddělenými objekty.** Avšak tento případ se intuicí také zavrhuje. Takto, i v tomto případě, přicházíme k závěru, že stav pomocí  $\Psi$ -funkce máme (musíme) považovat za neúplný.

**Druhý předpoklad:** popis pomocí  $\Psi$ -funkce je **neúplný**. V tomto případě docházíme k závěru, že musí existovat nějaký úplnější popis. Kromě toho, vyslovíme domněnku, že v pravých přírodních zákonech musí figurovat fakta úplného, **a vůbec ne** neúplného popisu. Těžké je také zbavit se podezření, že statistický charakter **teorie** je určen, zřejmě, neúplností popisu a nemá **žádný** vztah k podstatě věci.

Podobné názory by mohly sehrát zcela určitou roli i při rozpracování „teorie vlny – pilota“. V každém případě obchází výše ukázané potíže. Sám L. de Broglie nedávno ukázal proč se **odvrátil** od tohoto závěru. Teorie brownovského pohybu, v jejíž základy byly položeny klasická mechaniky a zákon osmotického tlaku, zároveň mohla sloužit jako výchozí bod pro vybudování molekulárně kinetické teorie, jestliže by jí teorie brownského pohybu chronologicky předcházela. Jeví se mi, že statistická kvantová teorie je velmi málo vhodná jako výchozí bod pro vybudování úplnější teorie.

Následující úvahy ještě mě více upevnily v tomto mínění. Statistická kvantová teorie je svým vznikem částečně zavázána té okolnosti, že jakkoliv zdánlivě malé vlivy mohou vést ke konečným změnám stavu soustavy. Například Comptonův efekt ukazuje, že shluk vln libovolně malé amplitudy a konečné délky může elektronu předat nějakou konečnou energii. Podstata spočívá v tom, jako by slabé pole mohlo vyvolat ne bezprostředně přenos konečného množství energie, ale vytvářelo pouze nevelkou **pravděpodobnost** takového přenosu. Avšak aby pravděpodobnost nějaké změny bylo možno studovat jako skutečnou změnu stavu elektronu, musíme dát smysl „kvantovému stavu“, který v daném případě představuje **superpozici** individuálních stavů elektronů s **různou** energií; přitom **každému** z těchto stavů odpovídá některá **amplituda pravděpodobnosti**. Tímto způsobem se projevuje možnost srovnat působení slabého pole s malou změnou amplitudy pravděpodobnosti, tj. „stavu“, a tímtéž matematicky redukovat proces jevící se diskrétním s konečnou rychlostí změny k nepřetržité změně amplitudy pravděpodobnosti.

Cenou, kterou musíme platit za takovou redukci jednoho procesu na jiný, slouží zavedení reálných stavů, zahrnujících v sobě velký počet stavů s různou energií. Nutnost této oběti je způsobena tím, že máme naději postihnout fyzikální podstatu interakce (v daném případě – působení) slabého a prostorově ohraničeného vlnového pole). To je spojeno s tím, že se v kvantové mechanice **zachovává** klasický pojem **síly** a, patřičně, **potenciální energie**, a pouze zákon pohybu se zaměňuje čímsi celkem jiným. Dokonalost matematického aparátu teorie a jeho významný úspěch tají v našem vzoru tíhu oněch obětí, které musíme pro toto přinášet.

Avšak mně se jeví, že konec konců se vyjasní, že místo působící síly, a patřičně, potenciální energie (nebo v případě Comptonova efektu – vlnového pole) musíme přijmout něco majícího atomistickou strukturu v **tomtéž** smyslu, jakou má sám elektron. Pak obecně nebudou „slabá pole“ a, dále, síly jako působící počátek, tak, jako neexistují smíšené stavy.

Ještě jedna poslední poznámka: moje úsilí doplnit obecnou teorii relativity cestou zobecnění rovnic gravitace byly podniknuty zčásti ve spojení s předpokladem o tom, že, zřejmě, že rozumná obecná relativistická teorie pole, možná, by mohla dát klíč k dokončenější kvantové teorii. To je skromná naděje, ale nijak ne přesvědčení. Jsou různé argumenty proti domněnce, že popis reality, založený na diferenciálních rovnicích (teorie pole), se může, obecně řečeno, shodovat s atomistickým charakterem reality. Avšak tyto úvahy, pokud mohou soudit, nejsou závazné, a dosud nemáme nějakou jinou cestu pro formulaci obecně relativistické zákony.

*Poznámka redakce:* Stať byla vytisknuta ve sborníku, vydaném k oslavám 60. jubilea Louise de Broglieho. Je to poslední uveřejněná Einsteinova práce v jeho sporu s kvantovou fyzikou, jejímž jedním z tvůrců byl on sám.

## 6. Sobranije naučných trudíc v čtyřech tomach, IV. Stati, recenzii, pisma, evolucija fiziki

*Tady jsou obecně filozofické doklady oprávněnosti samostatnosti našeho myšlení, které se může jevit jako kontroverzní nebo dokonce zavrženíhodné.*

### **Motivy vědeckého pozorování** (Motiv des Forschens), 1918

... vyšším dluhem fyziků je **hledání** těch obecných **elementárních** zákonů, z nichž by cestou čisté dedukce bylo možné dostat obraz světa. K těmto zákonům vede ne logická cesta, ale **pouze intuice založená na proniknutí do podstaty** zkušenosti. Při takové neurčitosti mohou teoretici myslet, že existuje libovolný počet rovnocenných soustav teoretické fyziky; v principu je tato domněnka nepochybně (bezpodmínečně) věrná (spolehlivá). Avšak historie ukázala, že všech myslitelných výtvorů se v daný okamžik ukazuje převládající jediné. Nikdo z těch se skutečně ponořil do předmětu, nebude zapírat, že **teoretický systém se prakticky jednoznačně určuje světem pozorování, byť nevede žádná logická cesta od pozorování k základním principům teorie**. V tom je souhrn toho, co Leibnitz nazval „předurčenou harmonií“. Zvláště v nedostatečném zahrnutí této okolnosti seriózně odpírají fyzici někteří z těch, kteří se zabývají teorií poznání. Mně se jeví, že v tomto je kořen polemiky, proběhlé před několika lety mezi Machem a Plackem.

### **Fyzika a realita** (Physik und Realität), 1936

(§ 5. Teorie kvant a základy fyziky): Fyzici – teoretici našeho času čekají, že pro fyziku bude vytvořen **nový** teoretický základ, který použije fundamentální představy, **značně odlišné** od dosud uvažovaných představ. Základem pro toto slouží přiznání nutnosti nových metod pozorování při matematických interpretacích jevů, které dostaly název kvantové jevy.

### **Úsudky o základech teoretické fyziky** (Considerations concerning the Fundament of Theoretical Physics), 1940

Teorie pole ... nemohla být považována za fundamentální, protože nikdo nemohl říci, zda může někdy následující teorie pole objasnit, z jedné strany, **gravitaci**, a z druhé strany, **elementární základy hmoty**.

V takovém stavu se nachází otázka o základních pojmech v začátku našeho století. Byl dosažen kolosální pokrok v teoretickém chápání celých skupin nových jevů, ale vytvoření nového jediného základu pro celou fyziku se jevílo dílem daleké budoucnosti. Tento stav se zdvojnásobil následujícím rozvojem. V našem století se rozvoj určuje dvěma teoretickými systémy, existenčně vzájemně nezávislými: **teorií relativity a kvantovou teorií**. Tyto dvě teorie **si vzájemně odporují**, ale jeví se málo přizpůsobené pro sjednocení do jediné teorie.

*Důvodem rozporů je setrvávání na korporocentrismu – ve speciálním případě pohled na částice jako na částičky (kousičky) „hmoty.“ I v kvantové mechanice! Tento pohled můžeme (a dokonce zatím musíme) brát jako dobrý pro **popis dějů**, ale je zcela nevyhovující pro vysvětlení příčin.*

### **Poznámky ke statím** (Remarks concerning the essay brought together in this co-operative volume, v kn. „Albert Einstein philosopher – scientist“), 1949

Z kvantů fyzikální soustavy uvažujme zpočátku nějaký radioaktivní atom s definovaným středním časem života. Můžeme uvažovat, že tento atom je prakticky přesně lokalizován v nějakém místě v nějaké vztažné soustavě. Radioaktivní rozpad spočívá v emisi nějaké (srovnatelně lehké) částice. Pro jednoduchost budeme zanedbávat pohyb atomu, způsobeného

důsledkem radioaktivního rozpadu. Shodně s Gamowem, můžeme zaměnit takový atom nějakou oblastí, jejíž rozměry souhlasí podle řádu velikosti s rozměry atomy, obklopenou uzavřenou potenciálovou bariérou. V okamžiku  $t = 0$  oblast obsahuje emitovanou částici. Je známo, takovýto způsobem schematizovaný radioaktivní proces z pohledu elementární kvantové mechaniky se popisuje  $\Psi$ -funkcí, závisící na třech prostorových souřadnicích. Při  $t = 0$  je tato funkce různá od nuly pouze uvnitř oblasti, ale při  $t > 0$  má velikost různou od nuly i ve vnějším prostoru. Tato  $\Psi$ -funkce dovoluje najít pravděpodobnost toho, že emitovaná částice se v nějakém zvoleném okamžiku času skutečně nachází v té či jiné uvažované části prostoru (tj. je skutečně tam zjištěna cestou změření souřadnic). Z druhé strany,  $\Psi$ -funkce nedovoluje nic tvrdit vzhledem k okamžiku rozpadu radioaktivního atomu.

Postavme si teď otázku: můžeme takovýto teoretický popis považovat za úplný popis radioaktivního rozpadu jednoho zvláště vzatého atomu? Pravděpodobná odpověď, která náhle přijde do hlavy, je záporná. ...

Člověk, pokoušející se popsat svět, nezávislý na aktech vnímání, jeví se **realistou**. Člověk, považující pojmy a teorie volnými (nevyvozovanými logickou cestou z empirických faktů) výtvoři lidského rozumu, jeví se **idealistou**. Člověk, považující svoje chápání a teorie založenými *pouze* na tom stupni, v němž je mu dovoleno interpretovat vztahy mezi smyslovými vjemy, je **pozitivistou**. Může se jevit přesně tak i **platonikem a pythagorejcem**, neboť považuje logickou prostotu za nezvratný a efektivní prostředek svých pozorování.

### **Fyzika, filosofie a vědecký pokrok** (Physics, Philosophy and Scientific Progress), 1950

Ukázalo se, že, při záměně ve smyslu prvopočáteční teorie pole za pole rozložení **pravděpodobnosti**, dostáváme metodu, která vychází za rámec teorie světla a, při odpovídající změně, vede k nejužitečnější **teorii važitelné hmoty**. Za neobyčejný úspěch této teorii musíme platit dvojí cenou: odvrhnout požadavek příčinnosti (jej nijak nelze prověřit v atomové oblasti) a zastavit pokusy popisu reálných fyzikálních objektů v prostoru a času. Místo toho použijeme nepřímý popis, pomocí něhož můžeme vypočítat pravděpodobnost výsledků libovolného nám dostupného měření.

### **Předmluva ke knize Maxe Jemmera „Pojem prostoru“** (Foreword, v kn. Max Jemmer, Concepts of Space), 1954

Dvě koncepce prostoru můžeme vzájemně položit proti sobě následujícím způsobem: (a) prostor jako vlastnost hmotných objektů zaujímat definovanou polohu; (b) Prostor jako to, co v sobě obsahuje hmotné objekty. V případě (a) prostor je bez hmotného objektu nemyšlitelný. V případě (b) hmotný objekt je myšlitelný pouze jako existující v prostoru; v tomto případě prostor vystupuje jako realita, mající velkou obecnost ve srovnání s hmotným světem. Obě koncepce prostoru jsou volnými výtvoři lidského vyjadřování, prostředky, ulehčujícími příjem naší smyslové zkušenosti.

Pojem prostoru obohatili a zkomplikovali Galileo a Newton, kteří uvažovali, že prostor musí vystupovat jako nezávislá příčina vlastnosti setrvačnosti těles, jestliže klasické příčině setrvačnosti (a tím i klasickému pohybovému zákonu) je žádoucí přidat přesný smysl. Úplný a jasný základ této okolnosti je, podle mne, největším Newtonovým úspěchem. Odlišně od Leibnitze a Huygense, Newton chápal, že koncepce (a) je nedostatečná, aby sloužila jako základ pro princip setrvačnosti a pohybový zákon. Přišel k tomu závěru, nehledě na to, že jej znepokojovaly tatáž vyjádření (obrazy), které nutily Leibnitze a Huygense přidržovat se opačného pohledu: prostor nejen vystupuje jako něco nezávislého na hmotných objektech, ale také hraje zvláštní roli v celé příčinné struktuře teorie. Tato role je absolutní i v tom smyslu, že prostor (jako inerciální soustava) jeví působení na hmotné objekty, byť toto působení nevyzývá k reakci odpovědi z jejich strany.

Byl nutný pevný boj, abychom přišli k pojmu nezávislého a **absolutního** prostoru, neoce-  
nitelnému pro rozvoj teorie. Neméně napětí úsilí bylo podmíněno tím, že bylo v posledku  
nutné překonat toto pojetí. Tento proces, zřejmě, **není** skončen ještě i nyní.

Vítězství nad koncepcí absolutního prostoru, nebo inerciální soustavy, se stalo možné pou-  
ze v důsledku toho, že roli fundamentálního pojmu fyziky postupně místo pojmu hmotného  
objektu začal hrát pojem pole. Pod vlivem Faradayových a Maxwellových idejí byl  
vypracován pohled, shodně s nímž veškerá fyzikální realita může být představena ve formě  
pole, jehož složky závisejí na čtyřech prostoročasových parametrech. Jestliže jsou zákony  
tohoto pole v obecném případě kovariantní, tj. nezávisí na konkrétní volbě soustavy sou-  
řadnic, pak zavedení nezávislého (absolutního) prostoru ztrácí celou svou nutnost. Prosto-  
rový charakter fyzikální reality se podmiňuje v tomto případě čtyřrozměností pole. V tomto  
případě **„prázdný“ prostor, tj. prostor bez pole, neexistuje.**

*Další část je kniha „Evoluce fyziky“, jež u nás vyšla pod názvem „Fyzika jako dobrodružství  
poznání“ a kterou rozebírám v části své knize „Vakuum je základní energie“. Rozbor tuto  
knihu upravuje – místo pojmu „hmota“ užívá pojmu „látka“ daného vhodnějším překladem,  
nahrazuje přitažlivost těles jejich přitlačováním základním polem, jež uvažuje místo  
standardně používaného termínu „prázdný prostor.“*

\*