

1. Čas a bytí.....	2
2. Prázdno.....	13
3. Prostor.....	19
3. Hmota a energie.....	28

Čas a bytí

Příhoda, o které jsem někde četl a v níž jeden filosof úporně přesvědčoval druhého, že čas je iluze, a přitom se co chvíli díval na hodinky, aby nepromeškal jinou schůzku, je snad jenom anekdota: je dnes i mezi filozofy jistě málo podivínů, kteří otevřeně popírají realitu času. Jiná věc však je, jakou povahu různí myslitelé času přisuzují a jaké důsledky pro bytí z toho vyvozují. Protože rozmanitost je v tom značná, zkusme se tady nad tím nezávisle zamyslet, s vědomím unikavosti, kterou se pojem času příslovečně vyznačuje.

Čas je patrně nejdůležitější rozměr naší existence: žijeme aktuálně *v přítomnosti*, máme za sebou – paměť a různými doklady dokumentovanou – *minulost* a vyhlížíme s různými pocity do nejisté *budoucnosti*. Toto je řekněme nás *existenciální čas*, který označme jako *E*. Jakkoliv přirozeně jeho výměr zní, není úplně bez problémů, jak zanedlouho uvidíme. Není však pochyb o tom, že je to čas základní, který lidé intuitivně pociťovali už od dob, kdy si byli schopni uvědomit sama sebe a povznést se přitom svým myšlením nad bezprostřední přítomnost. Druhá z těchto podmínek nebyla vždy samozřejmě splněna: máme doklady o přírodních národech, které někde i ještě žijí mentálně jen v přítomnosti, minulost neodlišují od bezčasových mýtů a nedovedou si představit budoucnost. Většina kulturního lidstva ale překonala tento stav a i když citlivost k plynutí času zřetelně roste s každým stoletím, je dlouhá staletí už ve vědomí lidí: události vyměřují čas a ten zase svým ubíháním poměřuje lidský život od jeho zrodu až k nevyhnutelnému konci. Myslím, že není třeba zvláštních dokladů pro názor, že existenciální náboj času *E* je dán především potřebou jistého naplnění života a přirozenou úzkostí z jeho příštího konce.

Ačkoliv čas *E* široce s lidmi kolem sebe sdílíme, je subjektivně zakotven právě tím pojmem *přítomnosti*, který je vlastní subjektu: ten vyznačuje aktuální prožívání a zároveň odděluje komplementární perspektivy nezvratně uzavřené *minulosti* a otevřené, i když vždy nejisté *budoucnosti*. Co je ta *přítomnost*? Zajisté to, co právě prožívám – přesněji řečeno, úsek času, v kterém právě píšu tuto větu. Jenomže od chvíle, co jsem ji začal psát, do té, kdy nyní píšu novou větu, uplynul nějaký čas: *nyní*, které zastupuje *přítomnost*, se stále posouvá – a bude zcela jiné pro toho, kdo (pro mne v *budoucnosti*) bude číst tuto větu. Jakkoliv čas *E* bezprostředně sdílím se svým okolím, je zřejmě obtížné jej objektivovat: jak řečeno, je subjektivní, jakkoliv jeho subjekt může být i kolektivní: rodina, národ, třeba celá lidská civilizace či kultura.

I když to přijmeme, nezbavíme se zcela obtíží. Co je to *nyní*, v kterém subjektivně žiju? Zajisté stav, který si bezprostředně uvědomuji. Jenomže uvědomit si mohu jen změnu (která to *nyní* odliší od *minulého*) a i kdyby toho nebylo, samotné uvědomění je změna, která není okamžitá: jedno i druhé spotřebuje jistý čas. Někteří myslitelé proto míní, že právě uvědoměné je už v *minulosti* (jak je možno chápat některé výroky Husserla), zatímco jiní zdůrazňují, že *přítomnost* je fakticky uvědoměna až v *budoucnosti* (jak pouze ve zdánlivém rozporu s tím prvním zdůrazňuje Derrida). Myslím, že tuto obtíž lze vyřešit náhledem (založeným i na jiných úvahách), že žité *nyní* není bezrozměrný okamžik, jak si to žádá třeba fyzika, ale určitá *chvíle*, ostrůvek v čase, neboli *okase* (occasion), jak to nazývá Whitehead. Nejasné ohraničení takového *nyní* do jisté míry způsobuje ztrátu určitosti, má však tu výhodu,

že umožňuje *prožitek*, tedy pozitivní naplnění dané *chvilé*. Nyní je tedy čas (časový interval dle fyzika), v kterém vědomě *jsem* a který si uvědomuji jakožto *přítomnost*.

Jakkoliv existenciálně – a podle některých i ontologicky – je významná ta *přítomnost*, prožitek času *E* s ní samozřejmě nevystačí: naopak *přítomnost* je současně i předěl, který dynamicky uzavírá právě dokonanou *minulost*, která v něm doznívá, a současně otevírá nastávající *budoucnost*, kterou na základě už prožitého a právě prožívaného automaticky předjímám. Časový náboj *přítomnosti* je právě v onom pohybu, v kterém je stravována *minulostí* a naplňována tím *budoucím*.

Lze ovšem také říct, že výrazné uvědomění dané chvíle právě jako *přítomnosti* je dáno napětím, které panuje mezi odcházející *minulostí* a deroucí se *budoucností*. Jsou stavy, kdy toto napětí povolí: je možno *upadnout* do průběžného bezčasí (např. starostí či utrpením) nebo naopak *povznést se* nadčasovosti (např. duchovním prožitkem). Většinou jsou jen přechodné, ale jsou směry, které o jejich trvání usilují. Pojem *věčnosti* lze chápat jako ničím neomezenou přítomnost.

Jak řečeno, čas *E* lze sotva objektivovat, jelikož *přítomnost* (a s ní spojená *minulost* a *budoucnost*) je vázána na subjekt a její *nyní* se stále posouvá. Proto McTaggart, který čas pojímal jako jisté uspořádání událostí (a *E* nazýval řadou *A*), navrhl jako alternativu posloupnost, která právě neobsahuje přítomnost a je jen vyznačena relacemi *před* a *po*. McTaggart ji nazýval *řadou B*, my ji zde – z důvodů, které se brzy objasní – nazveme *absolutním časem A*.

Na první pohled není třeba žádného subjektu ke konstatování, že třeba Napoleon se stal císařem *po* Francouzské revoluci a byl jím po celý čas válek, které vedl, *před* bitvou u Waterloo, *po* níž byl sesazen. Podobně u nás vládl komunistický režim *před* listopadem 1989, *po* němž došlo k předání moci demokratické vládě. Takové řazení objektivních fakt zjevně nezávisí na tom, kdy je konstatuji, kdy je tedy aktuální *přítomnost*: důležitá je pouze časová *následnost* daných událostí a jí odpovídající kauzalita.

Nejdůsledněji je takový čas *A* pojímán klasickou fyzikou, která jej představuje jako sérii bezrozměrných okamžiků, s mírou odpovídající řadě reálných čísel. Toto je pojetí, vhodné hlavně pro popis spojitých jevů, neboť mezi libovolně blízkými okamžiky t_1 a t_2 je nekonečně dalších okamžiků, takže nemá smysl pro daný okamžik t uvažovat o bezprostředně předcházejícím okamžiku. (Jen pro přesnost je nutno uvést, že tento přístup byl opraven kvantovou fyzikou, která čas *A* nazírá jako velice jemně zrnitý: nejmenší časový interval podle ní není nekonečně malý, ale je to tzv. *Planckův čas*, což je doba, kterou potřebuje ve vakuu světlo, aby urazilo *Planckovu délku*, zhruba 10^{-20} poloměru protonu; jde tedy o nepředstavitelně krátký úsek času, zhruba 5×10^{-44} s. Má v podstatě jen teoretický význam, neboť díky Heisenbergovu principu je neurčitost změření jakéhokoliv časového intervalu řádově 10^{-17} s, tedy nepoměrně větší.)

Pokud se v čase *A* nějaká událost U_1 stane v čase t_1 a jiná událost U_2 v čase t_2 , pak pokud t_2 následuje po t_1 , může být U_1 příčinou U_2 a nikoliv naopak; a konversně následnost časových okamžiků lze vyvodit z příčinného vztahu událostí: pokud U_1 byla prokazatelně příčinou U_2 , musela se udát *před* U_2 a nikoliv *po* ní. Taková triviální konstatování, která v konkrétní podobě chápe i dítě, nejsou vždy bezesporná v historických výzkumech a ztrácí universální platnost, jakmile není pouze jedna časová osa, jak brzy uvidíme.

Zůstaňme ale ještě u *času A*. Pokud máme podmínky, kdy bez problémů vládne tento čas, je nepochybně objektivní v tom, že pořadí následných událostí je dáno a nelze je bez falsifikace skutečnosti měnit, ve smyslu předchozího odstavce. Jak je to ale s otázkou, *kdy* se daná událost udála či právě děje? Řekneme třeba, že památná demonstrace studentů, která zahájila Sametovou revoluci, se udála 17. listopadu 1989. Co to znamená objektivně? Lze například říct, když pomíneme měsíce a různé historické změny kalendáře, že se to stalo právě 1989 let od doby, kdy se podle víry křesťanů narodil Ježíš. Pomiňme teď, že i podle studií křesťanských badatelů je to datum narození trochu nejisté, mohlo být o řadu let později nebo snad i dříve; datum je ale kanonizováno a jako počátek našeho letopočtu přijato i těmi, kdo v narození Krista nevěří nebo mu nepřikládají nějaký zvláštní význam. To, nač se tady tážeme, je objektivní nebo ještě spíše *absolutní* zasazení data v *čase A*, o němž tu právě předpokládáme, že je sám *absolutní*.

Umím si představit, že pro hluboce věřícího křesťana je chvíle narození Krista událostí natolik absolutní, že vlastně dělí čas na dva *eony*, které jsou zcela různé *před* a *po* něm. Ale pro všechny ostatní, nejenom bezvěrce, ale i muslimy a třeba hinduisty nebo buddhisty je to datum jako každé jiné. Pokud tedy pojem *objektivní* chápeme jako neomezenou možnost sdílení, vychází nám, že poloha události v *čase A* je *relační* k nějaké jiné, víceméně libovolné události (čímž se poněkud ztrácí výhoda proti *času E*). Ano, lze právem namítnout, že – pokud přijmeme příslušnou hypotézu, což skoro všichni činíme – máme absolutní událost a současně počátek ve Velkém Třesku, v němž vznikl veškerý náš vesmír a s ním také čas. To by událostí absolutně usadilo v čase, kdyby nebylo té okolnosti, že se míra času zvláště v prvních fázích vývoje patrně značně měnila.

Než udělám od *času A* další významný krok, měl bych se ještě zastavit právě u *míry* toho času, která je významná pro jeho relační povahu. Ta je, jak věříme, v současné vývojové fázi světa stálá, což nám umožňuje měřit časovou vzdálenost dvou po sobě následujících událostí. Jak ten čas měříme, ví dnes každý: poměřujeme jej pravidelnou změnou, jejímuž trvání přisoudíme časovou jednotku (nebo její násobek či zlomek) a kterou pro názornost převádíme na polohu nějaké měřky (hladiny písku, ručičky hodin, čísla na digitálním číselníku) v prostoru. Ať změna je tok písku štěrbínou, kývavý pohyb kyvadla či třeba kmitání o známé frekvenci, čas poměřujeme vždy zase časem, v němž nebo za nějž se pravidelná změna udá. Že je tu změnu možné převést do prostoru (resp. také použít prostor jako míru času) vede k tendenci *geometrizovat čas*, což může být abstrakčně výhodné, ale vede to k některým nedorozuměním, jak zanedlouho uvidíme.

Řekli jsme, že čas měříme zase časem. Aby ten vztah byl nějak uchopitelný, musí se sám vztahovat k nějaké změně, pro všechny významné. Pro naši kulturu to *původně* je doba, za kterou se jednou otočí zeměkoule. Jelikož je to doba, za niž dojde k vystřídání dne a noci (buť v různých poměrech podle fáze roku a zeměpisné šířky), je to jistě změna významná – ale v poslední analýze i ta je vlastně libovolná (tím spíše hodnota současné fyzikální sekundy, vztažená ke kmitočtu radiace atomu cesia).

Proč vlastně čas měříme? Zajisté, je to praktické, například k sladění některých aktivit nebo k schopnosti některé děje předvídat. V hloubi však převedení času na jednotky, které je možno stanovit a počítat, je pokusem o *ovládnutí času*. Protože ale jednotka zas obsahuje čas, je to ovládnutí jenom zdánlivé nebo přinejmenším povrchní. Vraťme se ale k jiným hlediskům.

Přítomné *nyň* v čase E je sice, jak jsme viděli, posuvné a subjektivní, ale má existenciální (a jak o tom bude řeč později, možná i ontologickou) váhu. Okamžik t v čase A je sice objektivní, ale jeho význam je jen relační, jak jsme také ukázali. Jeho váhu lze v jistém smyslu zvýšit *simultaneitou* více událostí, které se současně stanou v tomtéž čase t . Tak například 23. února roku 1987, kdy jsem poprvé zapnul první stolní počítač ve svém životě, vzplanula na okraji mlhoviny Tarantule supernova, viditelná na noční obloze prostým okem. Současnost obou velmi různých událostí (každá z nich svého druhu jediná v mém životě) mi může připadat až magická, ale má jednu vadu: supernova byla od Země vzdálená 168 tisíc světelných let, takže k jejímu kataklysmatickému výbuchu došlo v době, kdy se v druhu *homo sapiens* teprve rodili anatomicky moderní lidé, dobře 140 tisíc let před prvními náznaky nějaké lidské kultury. To je jenom extrémní příklad zdánlivé simultaneity.

Úvahy na takové téma mohly být jedním z motivů Alberta Einsteina, když formuloval svoji *speciální teorii relativity*, i když hlavním jistě byla snaha vysvětlit nezávislost změřené rychlosti světla na pohybu jeho zdroje (Michelson-Morleyho experiment) bez hypotézy existence éteru. Výsledek je dobře znám: čas Einstein prohlásil za jeden rozměr čtyřrozměrného *relativistického časoprostoru*, jehož rozměry v jiném inerciálním systému se pozorovateli jeví změněny podle Lorentzovy transformace, která závisí na relativní rychlosti pozorovaného systému. Jelikož obdobné změny platí mezi všemi inerciálními systémy, z nichž žádný nemůžeme *a priori* nadřadit těm ostatním a tedy podle Einsteina obecně neexistuje nějaký nadřazený absolutní čas a prostor, je každý takto pozorovaný čas stejně platný *relativní čas*, který nazvěme S (což ale nevylučuje platnost času A nebo i času E v jednom inerciálním systému).

Zavedení (nebo objev) času S má vážné důsledky: zjevnou dilataci času (zpoždování hodin) v systému, který se vzhledem k nám pohybuje nějakou nezanedbatelnou rychlostí, a z toho plynoucí neexistenci *absolutní simultaneity* mezi systémy, které se vzájemně vůči sobě pohybují: událost, kterou někdo v systému A_1 pozoruje v čase t_1 , bude jiný v A_2 pozorovat v t_2 a zase jiný v A_3 v čase t_3 atd. a nelze říct, že *ve skutečnosti* se událost pro všechny udála v téže chvíli, protože neexistuje nějaký absolutní, všem ostatním nadřazený čas. Něco, co ve vesmíru pozorují jako právě *přítomné*, bude pro jiného pohybujícího se pozorovatele už *minulé*, zatímco opět pro jiného ještě nenastalo, leží tedy v *budoucnosti*. Jakkoliv se to vzpírá intuici, není žádného obecného *nyň* ve vesmíru.

Vše právě řečené o dilataci času platí pro inerciální systémy vzájemně, tedy stejně jako pozorovatel a v systému A bude pozorovat zpoždování hodin ve vzdalujícím se systému B , bude jeho kolega b v tomto B konstatovat totéž o A . Jak ale Einstein o několik let později dovodil ve své *obecné teorii relativity*, čtyřrozměrný časoprostor mění v gravitačním poli svoji geometrii tak, že se zakřivuje úměrně síle gravitace. To má vliv i na časovou souřadnici, o níž lze zhruba říct, že vykazuje dilataci úměrně gravitaci, která na systém působí. Dostáváme tak *obecně relativní čas* R , který má překvapivé důsledky. Je dobře znám *paradox dvojčat*, kde jedno z identických dvojčat zůstane na Zemi, druhé odletí vesmírnou lodí, proletí gravitačním polem nějaké hvězdy a vrátí se zpět, kde najde prvé o řadu let starší, než je samo. Tento paradox nebyl zatím demonstrován na lidech, ale je zřejmě reálný, soudě například podle životnosti kosmických částic, které dopadají na Zemi.

Zatímco čas E je *vektor*, má tedy jednoznačný *směr* (z povahy jeho základních pojmů plyne, že *minulost* je za námi a nenávratně uzavřená, zatímco *budoucnost* je před námi a

otevřená), ostatní časy A , S a R potřebují něco, co jim dodává *směr*. Zjevně to odporuje dřívějšímu tvrzení, že je charakterizuje uspořádání událostí vztahy *před* a *po*, přesto tomu tak beze zbytku není: stejně jako třeba v hudbě v stupnici C dur může *po* tónu C následovat stejně dobře D (při cestě *nahoru*) jako H (při cestě *dolů*) a první případ je jen věcí konvence, je každé pořadí v nějaké řadě prvků jednoznačně určeno teprve, když je nějakým kritériem *zvnějšku* stanoven jeho *směr*.

Abych byl zcela přesný ve svých úvahách, měl bych napřed rozlišit *směrovost* a *směr*. Pojem *vektoru* pro zdejší účel není příliš šťastný, protože ten se v geometrii nebo ve fyzice užívá také pro prostorové souřadnice. Ty mohou být, ale také nemusí být chápány směrově: mohu například na nějaké ose stanovit od zvoleného počátku polohu p_1 a vzdálenější p_2 ; z hlediska zvoleného počátku bude pak p_1 *před* p_2 a naopak p_2 *po* p_1 ; mohu však počátek libovolně posunout, čímž se pořadí poloh převrátí. Budou-li ty polohy ve skutečném světě, jejich pořadí bude zcela relativní: mohu například dojít napřed do p_1 , potom do p_2 a pak se zas vrátit zpět do p_1 , aniž by v tom něco bránilo: pořadí prostorových poloh tedy není vpravdě *směrové*. Ačkoliv Einstein svou ideou *časoprostoru* do jisté míry geometrizoval čas, i on si byl vědom odlišnosti časových souřadnic v S a R od s nimi sdružených prostorových souřadnic: čas v jeho pojetí byl *jednosměrný* – paradox dvojčat podle něho neznamenal možnost návratu proti směru času.

Ve fyzice, která A a další uvedené časy hlavně používá, základní transformační zákony stejně platí tím i oním směrem, pokud buď okrajové podmínky neurčí *směr* vývoje daného systému, nebo nepřistoupí další princip, který *směr* určuje. Dokud jsme nepřijali hypotézu Velkého Třesku a následného rozpínání vesmíru, měla fyzika v makrosvětě jenom jednu *šipku* času, kterou byl *růst entropie* (čili spontánního růstu neuspořádanosti), kterému v mikrosvětě odpovídá kvantově-mechanický *růst dekoherence* stavu systému. Jakkoliv oba principy jsou zřejmě obecné (sklenice, kterou upustím, se jistě sama nesestaví ze svých střepů), nejsou pro naše pojmání času vždycky určující: budova vznikne *poté*, co byly položeny její základy, vztyčeny stěny, zasazena okna atd.; květina vzroste *poté*, co jsem ji zasadil a zaléval; my všichni žijeme *poté*, co jsme se narodili, učili se první krůčky, dospívali atd. Směr času tedy – hlavně v našem lidském světě – udává i *uskutečňování* nového, což je v jádře (kromě jiného) *snižování entropie*, alespoň v tom úseku žité zkušenosti, jaký si jako důležitý uvědomujeme (kdybychom totiž fyzikálně pojali dostatečně velký úsek skutečnosti, zjistili bychom, že naše uskutečnění něčeho více uspořádaného je vždycky na úkor většího růstu entropie okolí).

Co vlastně míníme tím *směrem času*? Uvažujme pro jednoduchost o jediném inerciálním systému, v němž platí bez problému *čas A*. Shodneme-li se na tom, že v kvantitativním vyjádření nějak měřeného času bude platit pro okamžiky t_1 a t_2 , že vztah $t_1 < t_2$ znamená, že t_1 je *před* t_2 , pak nějaká událost A_1 , která se udá v čase t_1 , může být *příčinou* události A_2 v čase t_2 a nikoliv naopak. *Směr času* tady určuje *kauzalita*: příčina vždy předchází následek. Jsou ale lidé, kteří v kauzalitu nevěří. David Hume tvrdil, že co chápeme jako příčinný vztah mezi dvěma událostmi, je jen jejich – námi zaznamenané – propojení v čase; pokud bychom mu věřili, bylo by potom vymezení *směru času* cirkulární. Jak jsme už naznačili, ani dnešní věda nemá příliš ráda pojem kauzality – dává přednost transformačním pravidlům, která jsou ale vůči času často symetrická. Abych byl úplný, musím ještě uvést představy o *obrácené kauzalitě*, čili *teleologii*, dost rozšířené historicky nedávno zejména

v biologii, podle nichž cílový stav může být příčinou předchozích přípravných dějů. Jakkoliv tato bludná myšlenka už myslím byla opuštěna, její minulá rozšířenost ukazuje, že kauzalita není zcela spolehlivým kritériem *směru* času – tím spíš, že navzdory mínění přesvědčených deterministů existuje *náhoda*, která na první pohled kauzalitu popírá.

Zdá se, že nám nakonec nezbude, než se vrátit k *času E* nebo jeho vhodné kombinaci s *časem A*. Jakkoliv *přítomnost* je subjektivně-relativní (takže může být obecně aktuální v kterémkoliv okamžiku *t času A*), je tak říkajíc vždycky nositelem polarity, vyznačené pojmy *minulost* a *budoucnost*. Ta je myslím spolehlivým kritériem nejen *směrovosti* času (protikladem obou pojmů), ale také jeho *směru* (obsahem těch pojmů). Ačkoliv ten obsah každý zná, pro určitost úvahy vyjmenuji krátce jejich znaky (které s sebou vzájemně těsně souvisí). Tedy *minulost* je *uzavřená*, *definitivní* a relativně *určitá*, zatímco komplementárně *budoucnost* je *otevřená*, *nejistá* a relativně *neurčitá*.

Uzavřenost minulosti znamená, že do ní nelze znovu vstoupit; o fantaziích cestování proti směru času a paradoxech, které jsou s tím spojeny, zanedlouho krátce pojednám. *Definitivnost* minulosti úzce souvisí s předchozím znakem: to, co se v minulosti stalo, nemůže se *odestát*, nelze to nijak změnit (už staří Řekové byli přesvědčeni, že minulou událost nemůže změnit ani bůh; a je prý hříchem v židovském náboženství, modlit se, aby se něco bylo nestalo, neboť ani Hospodin ve své všemocnosti nemůže způsobit něco, co je proti logice). *Určitost* minulosti je jen jinou formou její definitivnosti: minulost po sobě zanechává jisté stopy resp. doklady, z kterých ji je možné do určité míry myšlenkově rekonstruovat – jak bezpečně a věrně, o tom se vedou spory, ale ani ten nejzarytější relativista asi nebude tvrdit, že je náš obraz minulosti (ať už soukromé či obecné) zcela mylný.

Otevřenost budoucnosti znamená, že do ní nejen můžeme, ale musíme vstoupit, pokud jsme stále naživu; a že ji svým konáním v přítomnosti můžeme měnit, nebo snad lépe ovlivnit (pokud nejsme přesvědčenými deterministy a nevěříme, že je budoucnost stejně dána jako minulost). *Nejistota* budoucnosti je dána jednak naší neznalostí všech faktů okolní civilizace a přírody, jednak možností svobodného rozhodování lidí a existencí náhody, jejíž povaze plně nerozumíme. S tím úzce souvisí *neurčitost* obrazu budoucnosti, zvláště té vzdálené: naše předpověď je vždycky projekcí toho, co známe z minulosti a přítomnosti, chybí jí však jistota a opravdová určitost.

Právě řečené naráží na tvrzení o *jasnovidné* schopnosti některých lidí, kteří údajně dovedou *vidět* některé obrazy budoucnosti, nikoliv jako odhad nebo víceméně podloženou předpověď, ale s *jasností a jistotou*, s jakou se těm ostatním vybavují živé vzpomínky na minulost. Přes stálé přetrvávání takových tvrzení, která se ovšem objevují vesměs dodatečně, poté, co už dané události nastaly, nebo jsou koloritem určitého druhu literatury, jsem vůči tomu jevu krajně skeptický. Předpokládá totiž, že by budoucnost tu byla dána s toutéž definitivou, jako minulost – fakticky, že by svět v čase a tím i ve všech dalších rozměrech byl jednou provždy dán. Čas ve své specifické povaze by byl jen iluze. Nevidím vážné důvody, proč tuhle možnost přijmout.

Jiným druhem fantazie, zvláště oblíbeným ve vědecko-fantastické literatuře, je *cestování v čase*, jehož možnost se vyvozuje z některých zvláštností, které zjevně dávají obě Einsteinovy teorie relativity. Připomeňme napřed triviální verzi cestování, které víceméně všichni tak či onak podnikáme v prostoru: jsem dejme tomu v místě *A*, načež buď vlastní silou, nebo pomocí nějakého prostředku se za jistý čas přemístím do jiného místa *B*, kde mohu

činit různé změny kolem sebe, načež se v zásadě mohou vrátit zas do místa A. Proponenti cestování v čase předpokládají plnou časovou analogii takového konání.

Řekněme především, že Einsteinovy teorie v světě, který známe, nic takového ve skutečnosti neumožňují. *Paradox dvojčat* by byl ještě nejbližší, alespoň co se týče cest do budoucnosti: řekněme, že v době, kdy jsou ještě mladí muži, bratr P zůstane na Zemi, zatímco bratr Q podnikne vesmírnou túru; když se vrátí zpět jako muž středních let, je P už stařec nad hrobem. V tom smyslu Q udělal skok do budoucnosti v systému Země, ve srovnání s tím, kdyby byl na ní zůstal. Není však podle téže teorie žádný způsob, jakým by se mohl vrátit v čase zpět a žít s bratrem P jeho život.

Jsou ovšem takoví, kteří v Einsteinově odkazu hledají potvrzení možnosti cestovat v čase zpět, kterou on sám z dobrých důvodů vylučoval. V *speciální teorii relativity* je snadné odvodit, že při překročení rychlosti světla obrací Lorentzova transformace změnu času do záporných hodnot, ergo systém se pohybuje v čase zpět. Potíž však je, že k urychlení hmotného tělesa by na rychlost světla je zapotřebí nekonečné energie, čili stroj času na tomto principu je nemožné sestrojít; nevíme, zda existují tachyony rychlejší než světlo (podezření, že by to mohla být neutrina, se nepotvrdilo), zcela jistě však netvoří náš známý svět.

Jinou možnost cesty v čase zpět zdánlivě našel slavný matematik Kurt Gödel, když vyřešil Einsteinovy rovnice pole; ukázalo se však, že prostor světa nemá takové vlastnosti, které by dovolily takový důsledek. Podobně se to má s dalšími kuriozními vlastnostmi časoprostoru, jako pověstné *červí díry*, které jsou sice přípustné, ale nikdo neví, jak je vytvořit. Existuje řada dalších fyzikálních návrhů, jak uskutečnit cestu v čase zpět, ale jak se zdá, žádný z nich není imunní vůči teorému, který podle důkazu Stephena Hawkinga prokazuje jejich neuskutečnitelnost kromě případů, kdy by v daném systému existovala negativní hustota energie, což se jeví jako fyzikálně absurdní.

Všechny pokusy najít – ať už teoreticky či experimentálně – způsob, jak uskutečnit v čase cestu zpět, ignorují uzavřenost minulosti a tak či onak porušují princip kauzality. V té souvislosti je dodnes často diskutován *paradox dědečka*, který je možno formulovat takto: cestovatel A se vrátí v čase do doby, kdy jeho dědeček je ještě mladík; dědečka náhodou či úmyslně zabije, takže ten nemůže zplodit otce A, takže ani A nemůže v přítomnosti existovat. Zdánlivý únik z toho protimluvu je, když předpokládáme, že A v minulosti může být jen pozorovatelem, který nemůže nic změnit. Ve skutečnosti ale jeho hypotetická cesta zpět vždy mění minulost, což ruší její uzavřenou definitivnost a tím celé pojetí směru času.

Ještě jeden vážný argument je nutno vznést proti myšlence cestování v čase zpět – totiž ten, že tento koncept předpokládá, že minulost tu *někde* stále je. To je nechtěný důsledek geometrizace času, z něhož ovšem nelze vinit jenom Einsteina, protože tato tendence tu byla dlouho před ním jako jistá forma *zneškodnění* existenciálního tlaku času. Takový motiv zřejmě – možná ne úplně vědomě – byl i při popírání jeho reality.

S předešlými úvahami volně souvisí otázka *reality objektů* v různých úsecích času. Debata o tom se před časem rozhořela a stále trvá zejména v angloamerické literatuře – a jak už to v takových sporech bývá, zastánci různých názorů se rychle rozdělili do dvou nesmiřitelných táborů: zatímco *presentisté* tvrdí, že reálné jsou jenom objekty, které existují v *přítomnosti*, *eternalisté* namítají, že stejnou reálnost je třeba přisoudit i těm, které byly skutečné kdykoliv v minulosti nebo které takové budou v budoucnu. Debata se vede velmi technickými prostředky s užitím zvláště pro ni vytvořených pojmů a občas aparátu formální

logiky, takže je těžko prostupná a ještě hůře ve stručnosti reprodukovatelná. Omezím se proto na několik poznámek.

Problém *presentismu* je, že jeho tvrzení je těžké objektivovat. Pokud se pohybujeme v čase *S* či *R*, není obecně žádné jednoznačné *přítomnosti*, neboť také není absolutní *simultaneity* (to ale není to, co jim jejich oponenti vytýkají). Abychom vůbec mohli uvažovat o předmětu sporu, musíme zapomenout na problémy relativity a úvahy omezit na jeden inerciální systém, tedy na čas *E* resp. *A*, nebo spíš na jejich kombinaci. Pak se musíme utkat s problémem subjektivity pojmu *přítomnosti*. Dejme tomu, že se můžeme všichni shodnout na tom, co je to právě *nyní*, čili že přítomnou *chvíli* lze objektivovat (například tak, že ji dostatečně rozšíříme, aby si během ní subjekty po celé Zemi stačily vyměnit signály). Teď zbývá „jenom“ určit, co nazýváme *skutečným*.

Každý, kdo se zajímá o filosofii, patrně ví, že o tom „jenom“ byly napsány celé knihy, často s rozporným či neurčitým výsledkem. Zkusme tu přesto krátce říct, co pojem *skutečný* znamená, s rizikem, že to nebude úplně rigorózní. Bylo by snadné s extrémními realisty říct, že skutečný je objekt, nezávislý na našem vědomí, ale s tím je sotva možné se spokojit: každý objekt, o kterém uvažujeme nebo který prostě zakoušíme, je přece – ve své povaze a identitě – jako zvláštní a vůbec *ten* uchopen naším vědomím. Co mu však dává jeho *skutečnost* je to, že vždycky *přesahuje* naše uvědomění (a tím dává perspektivu naší další, nové jeho zkušenosti), že jeho zakoušení lze bez omezení *sdílet* a že je schopen *účinku* na jiné objekty. Toto je minimální vymezení *skutečnosti* objektu, které jistě připouští diskusi a další upřesnění, ale zde s ním musíme vystačit.

Se všemi shora provedenými předpoklady (smysluplnost a možnost sdílení *přítomné chvíle*) a s tímto výměrem uvažujme nyní o *skutečnosti přítomných* a naproti tomu *minulých* objektů. Většina *skutečných* objektů, které mě obklopují v *přítomnosti*, tu byla také v *minulosti* (více či méně vzdálené) a bude taky v *budoucnosti* (opět více či méně vzdálené). Nemohu smysluplně pochybovat, že *byly* nebo *budou* stejně *skutečné*, jako jsou *nyní* (pokud už existovaly nebo budou existovat). Jenomže svět a jeho objekty se neustále mění, někdy více, někdy méně nápadně. Boty, které jsem si koupil zhruba před rokem, jsou *nyní* stále skutečné, ale nesou zřetelné znaky užívání. Kdybych chtěl někomu demonstrovat jejich původní, tehdy skutečnou podobu, musel bych se s ním vrátit do minulosti, což je – jak jsme řekli – nemožné; právě tak, až je v budoucnosti prochodím a ponesu do popelnice, budou to stále tytéž boty, i když zase změněné, a budou jistě v té podobě skutečné, ale jejich realitu bych mohl demonstrovat jen v budoucnosti, kam teď v přítomnosti nemohu. U přítomných objektů, které nějakou dobu – i když proměnlivě – trvají, máme tedy realitu, která v určitém směru *přesahuje přítomnost*, nicméně ve své *plnosti je časově vázaná*: nemohu *nyní* leštit svoje nové boty, které jsem začal nosit před rokem, stejně jako házet do popelnice jejich prošlapanou podobu. Jejich minulá stejně jako budoucí realita je tedy v *přítomnosti* pomyslná.

Toto jsou jistě triviální úvahy, nicméně nutné, pokud se nechceme dát svést k bloudění v labyrintu exotických pojmů. Stejně triviální je příklad nádraží, které v Praze na Těšnově stálo více než sto let, ale bylo k mé lítosti v roce 1985, tedy před 29 lety zbouráno. Dnes je tam dílem pražská Magistrála, dílem malý park. Tu budovu si dobře pamatuji, jistě jsem odtud někdy v 60. letech někam cestoval, později aspoň obdivoval její architekturu. Až do odstřelu v roce 1985 *byla* zcela nepochybně skutečná; pak po ní zbyly sutiny, které odvezli někam na skládku, kde si nepochybně dodnes zachovaly svoji realitu, i když časem jistě trochu

změněnou – sutiny ale nejsou budova se svými štíty, ozdobnými okny, nástěnnými malbami: ta prostě zmizela a existuje jenom v obrazech mé paměti, na fotografiích či starších rytinách. Pozorovatel, vzdálený třeba 40 světelných let (kdyby takový existoval a měl k tomu příslušné prostředky), by ji mohl pozorovat jako přítomnou, nemohl by se ale dotknout jejích stěn, vejít do ní, prostě zakusit ji v její plné skutečnosti. Myslím, že je tedy oprávněné říct, že budova, která tu nepochybně byla a pak zmizela, už v žádném smyslu není reálná a výraz, že *je v minulosti*, je jen verbální obrat, který nemá existenční obsah. Analogický příklad, jenom méně názorný, by bylo možné vymyslet pro budoucnost.

Protože každá úvaha musí někdy skončit, pohlédneme po ní zpět a uvažme, co v ní dosud závažného chybí. Zjistíme, že přes různé náběhy nebylo doopravdy řečeno, *co je* ten čas, ať už jej pojímáme v modu *E*, *A*, *S* nebo *R* (či jiném). Ano, je to od věků stále stejně těžká otázka, na níž se největší duchové v minulosti ani přítomnosti neshodli. Zkusme se v ní na závěr aspoň trochu vyznat.

Začneme prostou zkušeností. Řekneme o někom, že nějakou činností *jenom ztrácí čas*, o někom jiném, že má ještě *hodně času* před sebou, jiný že už nemá *příliš času*. Je tedy čas nějaká jemná substance, které jsme jistě množství při svém narození získali a pak ji nenápadně ztraceli či stravovali, až nakonec žádná nezbude? Nebo vezměme, jak bývaly kdysi v dětství *dlouhé* dny a jak jsou *krátké*, když jsme staří – může se smršťovat či natahovat čas jako nějaká pružina? Nebo konečně – když jsme připustili tyto subjektivní dojmy – vzpomeňme, jak *pomalou plyne* čas, když se zjevně nic neděje nebo když na něco netrpělivě čekáme, a jak se náhle *rychle rozběhne*, když máme třeba něco obtížného dokončit v nějakém termínu. Je tedy čas nějaký proud, který plyne různou rychlostí?

Ano, to jsou naivní a jistě subjektivní obrazy, které se hodí pro nějaké vyprávění, ale sotva do filosofické úvahy. Zkusme být tedy přísnější či přesnější. Jak už to bývá, filosofické názory na povahu času se už dávno v historii rozdvajily, a to ještě k tomu dvojím způsobem. V **jednom** směru, v němž je čas považován za něco, co ve světě – bez ohledu na naše myšlení – svébytně je, na *jedné straně* máme názor Platona a řady následovníků, mezi nimiž vynikl v historii Newton (ale který stále má své zastánce), podle něhož čas je (podobně jako prostor) jakési *absolutní médium či rozlehlost*, v němž se udávají změny světa v pořadí a s prudkostí, jakou určuje jeho neměnná míra; na *druhé straně* máme názor Aristotela a řady následovníků, mezi nimiž vynikl například Leibniz, podle něhož čas je *tvořen událostmi nebo prostě změnami*, které na sebe navazují v jistém pořadí a s jistou mocností. Proti této dualitě, tak říkajíc **paralelně** s ní, je názor, také duální, který povahu času svěruje našemu myšlení: na *jedné straně* je tu Kant (a jeho mnozí následovníci), pro něhož čas (podobně jako prostor) je *apriorní forma*, v níž nazíráme změny světa (v případě prostoru jeho objekty); na *druhé straně* je názor celé řady méně známých myslitelů, podle nichž je čas *abstraktní konstrukt*, dodatečně stvořený nad událostmi, jejichž následnosti jsme si vědomi.

Tyto dvě duality víceméně vytyčují logický prostor, v němž se obvykle pohybují úvahy o povaze času. Do toho nebo onoho pojetí je možné vnést opravu na *relativitu*, o níž jsme výše mluvili, která však ovlivňuje jeho míru, aniž by řešila jeho povahu. Pro úplnost je třeba říct, že zhruba v posledním půlstoletí se navíc objevují úvahy o *topologii* času, v nichž se zkoumá, zda čas je *lineární* (jak se mlčky předpokládá celá staletí), nebo může být *rozvětvený, cirkulární* nebo dokonce *vícerozměrný*. Protože neshledávám žádné vážné vnější nebo vnitřní důvody, proč o těchto exotických možnostech uvažovat, ponechám je fantazii

jejich autorů. Vraťme se raději k uvedeným dvěma dualitám, které dávají dostatečně látky k úvahám.

Herbert Spencer v jedné knize radí, abychom ve všech případech, kdy vyvstávají protikladné názory, hledali to, oč oběma protivným stranám jde, a hleděli na problém z této strany. To je jistě moudrá, i když ne vždy snadno uskutečnitelná rada. V daném případě bychom asi mohli říct, že všem sporným stranám jde o ten rozměr naší zkušenosti, který dává zakoušenému *děni směr*, tedy *pořadí jeho skutečných nebo možných událostí* a také *míru vztažnosti mezi nimi*. Ten rozměr nazýváme právě *časem*. Řešit spor mezi první a druhou dualitou je neplodné: uvažme *objektivní zkušenost*, to jest takovou, kterou lze aspoň v principu neomezeně sdílet: ta bude mít vždy jako svůj základní rys komplementaritu toho, co je nazíráno jako skutečné (a tedy intencionálně svébytné), a jeho nazírání, tedy uchopení vědomím.

Jiná věc ale je, rozhodnout, zda je čas vůči dění nebo jeho událostem prvotní či druhotný. Zkusme se v této věci vyznat. Je-li čas prvotní, mělo by být možné, představit si *prázdný čas*. Kant ve své první Kritice, když mluví o *apriorních formách*, říká o prostoru, že si jej dovede představit jako prázdný, bez objektů (na rozdíl od objektů bez prostoru); analogicky by to mělo platit také o čase. Kant sice v pasáži o antinomiích pak tu představu fakticky popírá (alespoň v jedné části argumentace), ale to pro nás nemusí být závazné. Uvažme nezávisle, co znamená představa *prázdného času*. Je to evidentně čas, v kterém se *nic neděje* (tedy ani tikot těch či oněch hodin, které by jej odměřovaly). To je však ze všech myslitelných hledisek ekvivalentní *času, který se zastavil*, tedy *fakticky času, který není* (je tady třeba odlišit tuto úvahu od subjektivního dojmu, že se právě *nic neděje*, což znamená absenci událostí, které by poutaly naši pozornost, přičemž ovšem probíhají různé skryté děje v našem těle stejně jako ve vědomí). Čas tedy zřejmě potřebuje *děni*, aby *plynul*, tedy *vůbec byl*. (Je tady možná námitka, že *prázdný čas* dává *možnost*, aby se v něm něco dělo; ale tuto potencialitu lze vyjádřit jen její realizací a potom už čas není prázdný.)

Vezměme tedy toto *děni*. Aby získalo *směr a určitost*, musí se právě *udávat*, tedy se skládat z *událostí*, které nastávají v jistém *pořadí*, určujícím *běh času*. Žádná událost není okamžitá (to by znemožnilo pojem pořadí, protože mezi každými dvěma událostmi by byl buďto prázdný čas nebo nekonečno dalších událostí), ale má počátek, vyvrcholení a konec: jinak řečeno, v samém pojmu události je už obsažen čas.

Co to znamená? Pojem *času* potřebuje *události* (jejich pořadí, ať bezprostřední, nebo zprostředkované; ať aktuální nebo očekávané) a komplementárně pojem *událostí* potřebuje *čas*. Oba pojmy jsou spolu spjaté a *vzájemně se předpokládající*. To pochopili fyzici na začátku 20. století a snad to pochopí i filosofové.

Potud tedy objektivní zkušenost. Závažnost *časového vědomí* až v samém jádře subjektu, ba v ontologii lidského bytí si uvědomovali dva z největších filosofů 20. století, Edmund Husserl a Martin Heidegger. Pro Heideggera (od něhož jsem si v přesmyčce vypůjčil název této úvahy) byla projekce Zde-bytí do budoucnosti s osvobozením se od danosti a přítomné *starosti* uskutečněním autenticity lidské bytosti. Rozbor toho, co asi oba myslitelé mínili svými výroky na toto téma, by si vyžádal přinejmenším nezávislou studii. Pokusím se proto o svůj vlastní závěr.

Co jsem tu nazval *existenciálním časem*, je nezbytně bytostnou osou mého života. Ano, jsou prožitky duchovního povznesení, jejichž vertikála zjevně popírá čas; a také vím o

hodnotách a pojmech, které jsou nadčasové. To je tak říkajíc druhý rozměr mého bytí. Tím základním je časovost, před kterou není úniku a již by také bylo nesmyslné popírat. Zkušenost života mě pobádá, abych si vážil *přítomnosti*: jakkoliv obyčejná se mi může zdát, každý její moment je tu jenom jednou a už se nikdy nevrátí. Přítomný okamžik však má svou hloubku jen *minulou* zkušeností, ať už mou či celé kultury: odmítat minulost jen proto, že má v sobě trýznivé či jenom nepříjemné události, znamená žít povrchně. A stejně ploché by mé žití bylo, kdybych nebyl otevřený *budoucnosti*, jakkoliv konečná nezbytně musí být.

V Goethově Faustu smlouva s ďáblem zní, že mu Faust odevzdá svou duši ve chvíli, kdy bude šťasten natolik, že bude chtít zastavit čas. Při vší úctě k velkému básníkovi musím tuto úvahu uzavřít tvrzením, že takový okamžik sotva mohl nastat: štěstí, jakkoliv prchavé, lze prožít jenom v čase – zastavit čas, i kdyby to šlo, by znamenalo zrušit všechny prožitky, tedy i pocit štěstí.

= = =

Prázdnno

Příroda se bojí prázdna – tuto větu asi každý z nás někdy slyšel nebo četl, ve své mateřštině nebo latinsky. V starších dobách to byl samozřejmý předpoklad většiny myslitelů nebo badatelů: skutečně, jakmile v přírodě něco zaniklo či odplynulo jinam, bylo hned nahrazeno něčím jiným; v horách i dolinách se sice nacházely propasti, děsíci *prázdne* – ale jak lidé poměrně brzo zjistili, nebyly doopravdy prázdny: byl v nich přinejmenším vzduch nebo nějaké jiné plyny, vyvěrající z temné hlubiny. Prázdný prostor se jevil jako odpudivá a v jádře nemyslitelná představa.

Ve starém Řecku to byl například Parmenides, který z neschopnosti myslet *prázdno* vyvozoval iluzornost pohybu a další důsledky, které byly v matoucím rozporu se zkušeností. Jak argumentoval, tvrdit že existuje prázdný prostor, nutně znamená, že něco *nejsoucího* (což je právě ekvivalent onoho *prázdna*) ve skutečnosti *je*. Tento zjevný rozpor, s kterým se až do našich dob potýká ontologie, odmítli Leukippos a jeho žák Demokritos ve své rané teorii atomického složení světa, podle které se přírodní změny uskutečňují přeskupováním vzájemně neproniknutelných atomů, k čemuž byl podle jejich představ nutný prázdný prostor. Je třeba připustit, že Parmenidův argument nikterak nevyvrátili, prostě jej jako absurdní nechali stranou.

Když Newton o zhruba dvě tisíciletí později budoval svou fyziku, také předpokládal existenci prostoru; jeho prázdnotu nijak nezdůrazňoval, spíš jej pojímal jako absolutní rámeček, v němž se pohyb těles udával. Co určovalo toto absolutno, nebo jak *prázdno*, v němž se pohyb těles uskutečňoval, může mít nějakou povahu, o tom patrně zprvu neuvažoval. Později, když zkoumal vzájemné působení hmotných těles v prostoru, zavrhl možnost účinku na dálku a přišel s myšlenkou, že je prostor naplněn jakousi jemnou substancí, éterem, který účinek předává – představa, jež se udržela až do počátku 20. století. Zdá se, že i Descartes nedlouho před ním uvažoval tímto směrem.

V dalších úvahách o tom, co ten prostor doopravdy je, učinil posun Kant, který jej prohlásil (spolu s časem) za *apriorní formu*, v které vnímáme a uvažujeme předměty. Prostor se tím přestěhoval do *noumenální* sféry, tedy hájemství myšlení, kde jeho realita nepředstavuje žádný problém, protože je to právě jenom forma, s níž skutečnost nahlížíme. Kant sice ve své I. Kritice zmiňuje, že si umí představit prázdný prostor, ale to uvádí jen v opozici k nemožné představě těles bez prostoru; myslím, že slovo *představit si* je zde třeba chápat spíše jako *myslet*, protože *názorná* představa prostoru bez jakýchkoliv těles je krajně obtížná.

To ostatně i v krajní abstrakci muselo trochu trápit samotné matematiky, protože s adventem množinových teorií o dvě století později začali prostor (ať už euklidovský nebo jiný) pojímat jako *množinu bodů*, přirozeně nekonečnou. Body, z kterých se prostor skládal, byly sice bezrozměrné a tedy unikavé představě, nicméně jejich pojem trochu zakryl paradoxní povahu *prázdna*, které za pojetím prostoru vždy číhalo.

Zdá se, že otázka *prázdna* po nějakou dobu nikoho neznepokojovala, ať ve filosofii či ve vědě. Až přišel počátek 20. století a s ním nové objevy ve dvou opačných směrech – jednak z našeho bezprostředního světa *ven*, do závrtných dálav vesmíru, jednak *dovnitř*, do struktury matérie, z které ten náš svět je vystavěn. V obou směrech se na nás vyřítilo *prázdno*.

Nebylo to ovšem hned. Tak astronomy nejprve fascinovaly nesčetné stále vzdálenější hvězdy a galaxie, které jejich lepšími se dalekohledy odhalovaly. Trvalo desetiletí, než tuto *plnost* vesmíru v jejich úvahách vystřídala *prázdnota*, které je mezi galaxiemi a jejich systémy zřejmě daleko víc, než viditelné zářivé hmoty – a nejen to, ono *prázdno* s časem zřejmě narůstá, jak se vesmírný prostor rozpíná. Poměrně nedávno (naposled v čase tohoto eseje) byly ve vesmíru objeveny *díry*, které jsou rozlehlé stamiliony světelných let a v kterých zřejmě ani nejsilnější dalekohled nic nenajde. I věcný rozum astronomů pociťuje takové jevy jako poněkud děsivé.

Podobné pocity měli alespoň někteří z vědců, kteří místo *velkého* zkoumali to *malé*, tedy vnitřní strukturu hmoty. Bylo jistě velikým úspěchem, když se zdařilo objasnit strukturu atomů; bylo však značným překvapením, když se ukázalo, že jádro atomu, které nese většinu jeho hmoty, je zhruba tisíckrát menší, než je jeho zjevný objem; maličké elektrony, které je po různých drahách obíhaly, se tedy pohybovaly v *prázdnu* – a kaskáda toho *prázdna* se podle pozdějších nálezů opakuje, když se zkoumá struktura částic, které tvoří ono jádro. *Prázdno* rozevřelo svůj děsivý chřtán i tam, kde bychom to nejméně čekali.

Fyzika ovšem brzy přispěchala, aby ten děs zahnila. Jaképak *prázdno* v atomu! Elektron přece není žádná nepatrná kulička, brázdící pro ni obrovský prostor, ale kvantová částice, která je vlastně všude kolem jádra s jistou pravděpodobností; i kdybychom si jej jako kroužící těleso představili, bude vždy prostor mezi ním a jádrem vyplněn elektromagnetickým polem, tedy jeho fotony. Ty jsou sice definičně nehmotné, ale je tu úspěšná teorie Einsteina, která stanoví ekvivalenci energie a hmoty. Jinak řečeno, v tom prostoru kolem jádra vždycky něco *je*! A stejně je tomu v nitru třeba protonu: ať už jakkoliv maličké jsou jeho kvarky, jsou rozmazány kvantově a navíc v nálevu pole silné interakce, tedy gluonů.

Od závrtně malého zpátky k závrtně velkému: ty děsivé *díry* ve vesmíru opět nejsou, jak nás učí soudobá věda, zcela prázdné: přinejmenším v nich – tak jako všude kolem – jsou tu fotony mikrovlnné radiace pozadí, které tu zbyly jako pozůstatek Velkého Třesu. A kdybychom snad trvali na tom, že těch fotonů na ten prostor je přece jenom málo a někde mezi nimi musí existovat vakuum, budeme poučeni kvantovou teorií pole, že ani vakuum není opravdu prázdné: prostor v něm vibruje neustálým zrodem a zánikem párů částic a antičástic a s nimi korelovaných fotonů. Toto je obecně přijatá teorie. Námitka, že tím věda vlastně vrací zpátky do hry *éter*, který předtím zavrhl, zůstává bez komentáře fyziků.

Soudobá věda tedy existenci *prázdna* odmítá, aniž by to nějak zdůrazňovala. Co novodobá filosofie? Pokud je mi známo, přes určitou renesanci ontologie v první polovině 20. století bylo zprvu málo filosofů, kteří by se k té otázce vyjádřili. Mezi nimi vynikl Martin Heidegger. Jeho postoj v něčem připomíná Parmenida, v jiném směru se ale od něho vzdaluje až téměř k úplnému popření. Je ovšem třeba říct, že vlastně v jeho případě nejde o *prázdno*, ale o blížký, přesto poněkud jiný pojem *nebytí* či *nicoty*. Náhlé nebytí resp. pozměněné bytí věci, která byla *po ruce* jakožto samozřejmý nástroj pro naše úmysly a cíle, může dle něho vést k její rekonstrukci jako věci *při ruce* (jeho trochu matoucí pojmy *vorhanden* a *zuhanden* v díle *Bytí a čas*), kterou jako věc vnímáme, můžeme o ní přemýšlet a teoretizovat. V určitém smyslu tedy *nebytí* (v tomto případě pouze relativní, řeklo by se krotké) je tady zdrojem *bytí*, ale sám Heidegger se vzpírá tomu, aby tato jeho myšlenka byla dováděna příliš daleko.

V tomtéž díle a zejména v dalších, v kterých zkoumá metafyziku, se však *nebytí* představuje jako *Nicota*, negace *Bytí*. Primární a existenciálně ovšem důležitou zkušeností

nicoty je naše vědomí své příští smrti (a ovšem zkušenost se ztrátou blízkých nebo vzdálenějších lidí resp. jiných tvorů nebo i předmětů). Z tohoto uvědomění na jedné straně vyvozuje lidskou *starost*, jejímž překonáním člověk získá *svobodu*, na druhé straně lidskou schopnost *negace*. Ta mu umožňuje v zobecnění odhalit *nicotu* jako komplement *Bytí*. Její status je ale zahalen způsobem, s nímž si Heidegger s jazykem rád pohrává: pověstný výrok, že *nicota znicotňuje*, je příznačně neprůhledný – není například jasné, zda tuto její vlastnost považuje též za samovztažnou, tedy zda pojem *nicoty* se také ruší sám a tedy vlastně není v pravém smyslu pojmem, čímž by se ale rušily mnohé předešlé úvahy.

Na Heideggera podle svých vlastních slov navázal Jean-Paul Sartre. Ačkoliv převzal řadu jeho úvah, sám Heidegger tu spojitost považoval za nedorozumění. Ve svém ústředním díle *Bytí a nicota*, které se na jistou dobu stalo jakousi biblí existencialismu, Sartre činí ontologický rozdíl mezi *bytím v sobě*, tedy bytím věcí, které mají svou *esenci*, a *bytím pro sebe*, které má místo toho *existenci*, je popřípadě nazýváno *transcendencí* a je v podstatě lidským *vědomím*. Svým příznačně deklaratorním způsobem přiznává objektům, které jsou *v sobě*, samozřejmou identitu, zatímco *bytí pro sebe*, tedy vědomé existenci, ji upírá – v příkrém rozporu s nálezy Husserla a na něj navazující fenomenologie; důvod pro to nalézají například v okolnosti, že já jsem nyní jiný, nežli jsem byl včera, a budu zase jiný zítra (jako by se věci objektivně neměnily). Diskuse s těmi unáhlenými názory by zde zabrala neúměrně místa. Uvažme místo toho, jaký má v Sartrově pojetí význam *Nicota*.

Nicota podle něho vyvstává například, když vstoupím do kavárny a nenajdu tam Piera na jeho obvyklém místě; toto *prázdnost*, které může znamenat mnoho důležitých věcí, je jiné, než kdybych například konstatoval, že v kavárně není nosorožec (což je sice také fakt, který však neříká nic o světě). Další příklad jiného druhu dává Sartrovi zemětřesení: pokud to změní jen profil krajiny, je to prostě přírodní změna; pokud ale řeknu, že zničilo město, připouštím, že město je křehké (zničitelné), čímž odhaluji v jeho bytí potenciální *nicotu*. Ta se dle filosofa vyjevuje už jenom tím, když o něčem jsoucím pochybuji, čímž prý dané jsoucno kolísá mezi *bytím a nicotou*. V tom Sartre nachází schopnost vědomé existence *bytí negovat* (jeho oblíbené slovo), vyvazovat se tím z determinace objektivní kauzalitou a nahlédnout tím svoji *svobodu*. Ačkoliv jinde tvrdí, že *nicota* je v jádře veškerého bytí (na rozdíl od *Bytí*, které jako ontologické hledal Heidegger), tady se vyjevuje jako schopnost *negace bytí*, kterou dle něho vládne vědomí. Sartre se zjevně příliš nestará o to, jak je to s objektivitou takového aktu, nebo spíš s výrazem *objektivní* nakládá dost volně, ale to by zas mohlo být předmětem poněkud delší diskuse.

Každý poctivý filosof, který se zabývá lidskou existencí, musí se nějak vyrovnat s *nicotou* příští neodvratné smrti, kterou si každý člověk tak či onak uvědomuje, s bytostným protestem, úzkostí či smířením. Sartre se této otázky též dotýká, ale spíš ve svých prozaických dílech, kde v mezních situacích lidé překonáním strachu ze smrti nacházejí svou autentickou svobodu. Ve svém základním filosofickém traktátu mluví též o *touze po bytí*, která je základní a nejsilnější mezi touhami; hrozbou smrti se však kupodivu příliš nezabývá. Ústřední pro něho je jeho obsedantní téma *nedostatku identity*, který se prý snaží lidé řešit jedním ze tří hlavních projektů, buď přeměnou *bytí pro sebe* na pasivní *bytí v sobě*, nebo uvolněním *bytí pro sebe* od požadavků světa, nebo konečně jakýmsi *bytím pro sebe v sobě*. Myslím, že k naší otázce moc nepřispívá: jeho pojmy jsou nejasné, jeho tvrzení deklaratorní a často

nepodložená, ba přímo v rozporu se zkušeností. Nemyslím, že by byl Sartre vnesl nějaký skutečný vhled do otázky *nicoty* či *prázdna*, jejíž zkoumání si předsevzal.

Proslulost obou filosofů (která u Sartra byla spíše přechodná) vyvolala živou debatu na naše téma mezi jejich následovníky, zaměřenou ovšem více na pokusy o výklad jejich temných výroků, než na věc samu. Pokud je mi známo, nepřinesly jejich snahy mnoho nového, což ovšem nelze přísně posuzovat vzhledem k ošidnosti tématu. Než se tu pokusím o vlastní myšlenky, rád bych svůj pohled obrátil znovu daleko zpět v čase, tentokrát však východním směrem. V dobách, kdy se ve staré Indii šířilo učení Buddha a žilo vlastním životem, vyvíjelo se do různých směrů, ovlivňovalo také řadu jiných myšlenkových škol, zejména když překročilo hranice Číny a Tibetu, tedy v těch dobách pojem *prázdna* nebyl neznám: objevoval se v různých příměrech, někdy i jako cíl poučeného nahlédnutí adepta. Objevuje se v samém buddhismu (zejména v jeho hermetické škole Malého vozu), ve větvi Zenu, také v příbuzné, ale přece jen odlišné škole Tao, na druhé straně ve vedantických školách, soutěžících s buddhismem, a ovšem v józe v samé Indii. Na rozdíl od našeho západního zaměření nebyl v těchto směrech koncept *prázdna* něčím odpuzujícím nebo děsivým. Byl často stavěn do opozice vůči běžné smyslové realitě, která byla považována za klam či jindy pokleslou formu původní a pravé skutečnosti. *Prázdno*, které měl nahlédnout a prožít buddhistický mnich při vstupu do *nirvány*, nebo jinak pokročilý jogín ve vrcholu meditace, zvaném *samádhi*, nebylo ale jenom popřením všeho, co v běžném životě prožíval: tu i tam se objevuje koncept *naplněné prázdno*. To je z logického hlediska protimluy, hraničící s nesmyslem, pokud to *naplnění* a na druhé straně *prázdno* spojujeme s toužou realitou. Tak se to ovšem jeví v našem moderním myšlení, v němž výlučná jednota reality je její určující vlastnost. Ne tak ovšem v starověkém Orientě, kde realita měla různé podoby a stupně od té *pravé* a *původní*, která měla duchovní povahu, až po tu *prakticky všednodenní*, která svou klamnou materiálností zaměstnává běžnou zkušenost.

Tato možnost myšlení nebyla na Západě tak úplně neznámá – nacházíme ji v trochu jiném modu třeba ve filosofii Platona a zas jinak v křesťanském mysticismu. O tom říct mnoho neumím, snad jenom to, že *prázdno*, které mystici vytvořili meditací ve svém vědomí s nadějí, že je vyplní Bůh, zůstávalo někdy právě prázdno: *mlčení Boha* pak vedlo i k jejich zoufalství (jak o tom vypovídali). Nejinak se ale vedlo mnoha adeptům orientálních směrů: sám Buddha vypráví v jedné promluvě o svém žáku, který ho uprosil, aby ho vzal s sebou do nirvány; protože byl nepřipravený, zhrozil se toho *prázdna* – naříkal a prosil, aby ho Mistr zase vrátil do obvyklé reality. *Prázdno* se tedy *naplňuje* jen těm připraveným, taková je moralita této historiky. A obecnější zkušenost z posledních několika odstavců je ta, že zážitek (nebo i představa) *prázdna*, které člověk nedokáže být jen myšlenkově *naplnit*, často vyvolává děs nebo alespoň úzkost, pocit zoufalství a podobně.

Kde takové *prázdno* zkušenostně potkáváme? Běžně a fyzicky to může být například při pohledu do propasti nebo i z okna do prostoru pod sebou, radikálněji a současně zprostředkovaně třeba právě v těch *dírách ve vesmíru*. Ponechme nyní v tomto dojmu *prázdna* stranou veškerá dříve uvedená rozumová vysvětlení, že toto *prázdno* není doopravdy zcela prázdno a postavme se k němu fenomenologicky. Jakým způsobem je prožíváme? Myslím, že primárně vystoupí *prázdno* jako demise *bytí*, které jsme bezprostředně předtím samozřejmě prožívali v nezdůrazněné, ontické podobě; tato demise v hloubi působí jako selhání či popření *bytí*, což vyvolává náznak paniky či aspoň úzkosti. Zdá se, že je to zkušenostně přesně

naopak, než se domníval nalézt Sartre: lidská zkušenost nepopírá ontické *bytí*, naopak v zpětné vazbě z jeho uchopení (Husserl by řekl z jeho *konstituce*) získává *potvrzení* vlastní subjektivity – a právě zjevná demise tohoto bytí v neuchopitelném *prázdně* je čímsi jako útokem na jistotu subjektu. Odtud pramení úzkost z prázdna a snaha je nějak zneškodnit – ať pokus zachytit se nějakého bytí na *okrajích prázdna* (což je třeba chápat spíš metaforicky) nebo snaha je popřít, případně je jinou formou bytí naplnit. Příklady těchto snah jsme uvedli už dříve. Prázdný prostor se interpretuje jako medium vyplněné éterem či polem energie a tak podobně, nebo se vlastně popře tím, že se vyloží jako pouhý vztah objektů, které vzájemně na sebe působí; pokud se ptáme, *kde* se tyto vztahy uskutečňují, zní kanonická odpověď, že taková otázka nemá smysl (což je, přísně vzato, spíše vytáčka).

Z logického hlediska tady máme jeden z možných paradoxů, které často potkáváme v souvislosti s mezními pojmy. Pokud tvrdíme, že *bytí* vyplňuje všechnu skutečnost (tedy, že tam či tehdy, kdy je zjevně popřeno, jedná se jen o jeho jinou podobu), říkáme vlastně, že *bytí je a nebytí (prázdně, nicota) není*. To jsou na první pohled prázdne tautologie, až na to, že vzniká otázka, co vlastně pojem *bytí* znamená, jestliže k němu není žádný komplement, který by jej vymezil. Určitost pojmu právě tohle vyžaduje: u těch nižších je to zpravidla tak, že existuje buďto komplementarita s nějakým jiným nebo bohatší varieta pojmů dostatečně rozlišená, která je *shora* uzavřena jednotou vyššího pojmu, zatímco *zdola* je každý z pojmů dále rozlišen do nižších nebo do jednotlivých individuálních instancí. Je ovšem nutno připustit, že naše pojmosloví není vždy tak úhledné, určitost se často snižuje zvláště u nových, zkusmých pojmů, nicméně v zásadě takové schéma platí. U *mezních* pojmů ale selhává: nemáme ani jejich komplementy (nebo s nimi máme potíže), natož pak horní uzávěr – tomu se ovšem nelze divit, někde konečně musí končit naše abstrakce. Co si ale s takovým mezním pojmem máme počít? Nabízejí se dvě cesty. Jedna je explikace pojmu pomocí jeho podřízených instancí; ta ale u mezního pojmu nemůže být plně úspěšná, neboť těch instancí je z definice velmi mnoho, ne-li nekonečně. Druhá je vpustit do myšlení jeho komplement. V případě *bytí* je to právě *nebytí*. V našich úvahách jsme zas na začátku.

Připouštím, že následující úvaha je trochu riskantní, ale promyšlel jsem ji opakovaně, vždycky se stejným výsledkem. Myslím, že se bez pojmu *prázdně* (resp. *nebytí* či *nicoty*) ve skutečnosti nemůžeme obejít. Argument Parmenida resp. všech, kteří jej v různých formách opakovali, se zakládá na elementární logické chybě: pokud žádá, abychom určili, čím *prázdně* v tom či onom synonymním pojmu *je*, podsouvá nám pravý opak jeho povahy – totiž nějakou formu *bytí*; to ale *prázdně* právě neguje, takže žádat jeho existenční výměr je typické sofisma. Nemůžeme se ovšem v našich jazycích (kromě ruštiny a latiny) vyhnout spojce *je* (např. *prázdně je opak bytí*), ale nelze jí přikládat víc, než gramatický význam. Nicméně nelze popřít, že ontologicky se s pojmem *prázdně* resp. *nebytí* pohybujeme vždy na tenkém ledě. Jakkoliv třeba Descartes vyvodil vlastní subjektivní bytí vlastně z pochybnosti, tedy zkusmé negace, zdá se, že pozitivní výměr bytí má vždy prioritu v našem myšlení. Až na výjimky je obecně snazší, říkat *ano*, nežli *ne* – na tom jsou postaveny mnohé instituce a vlastně celý společenský systém. *Nebytí* tedy zkušenostně vystupuje v podstatě jako sekundární negace *bytí*, které už tady bylo nebo je, případně bylo očekáváno. Na *nebytí* či *prázdně* nelze vpravdě ukázat, neboť ten poukaz v jádře implikuje nějaké bytí, které ale je právě zrušeno.

To ale neznamená, že *nebytí* nebo *prázdně* ve zkušenosti nevystupuje. Jeho význam je hlavně *existenciální*, v tom se přece jen moje úvahy trochu přibližují těm Heideggerovým či

Sartrovým. Na rozdíl od nich však jeho projevy nevidím v *popření* bytí vědomým subjektem, ale v *ztrátě* bytí – ať v minulosti prožité či v budoucnosti předvídané. Lze jistě tvrdit, že objektivně jde vždy *jen* o proměnu jedné formy bytí v druhou. Takové tvrzení však ignoruje, že ty formy mají svou hierarchii a že ztráta vyšší formy ve prospěch nějaké nižší není jenom relativní změnou, ale absolutním (i když dílčím) krokem směrem k *nebytí*. Vědomé bytí spočívá na organickém; nevratná ztráta vědomí je ztrátou *vědomého bytí*, i když to organické dosud přetrvává. Podobně smrt organismu je ztrátou *organického bytí*, i když jednotlivé buňky ještě fungují. A stejně tak smrt buněk je ztrátou *biologického bytí*. Ve všech případech jde vždy o krok k *nebytí*, který se z jednoho pohledu může jevit jako relativní, ale v jiném, existenciálně důležitém, má absolutní povahu.

Všichni víme, co je to ztratit bytost, k níž jsme měli blízký vztah, zvláště pokud je to ztráta nevratná. *Prázdnno*, které tou ztrátou nastane, vpravdě nevyplní nic – pozdější prožitky a jiné vztahy, které vyplňují naši zkušenost, je jenom časem odsunou z ohniska prožívání a útěšně je zakryjí, protože ovšem musíme dál žít. Takové ztráty se ovšem netýkají jenom blízkých bytostí, ale i jiných tvorů, hodnot nebo objektů, pokud ty mají výraznou individualitu. Zničení významného uměleckého díla asi nepřeváží význam smrti člověka, je ale také existenciálním útokem *prázdnna* na každého, kdo takové dílo umí ocenit.

Takové *prázdnno*, jaké jsem je tu právě představil, je tedy existenciálně nepochybně záporné. Je tomu tak ale vždy? Husserl ve své rané tvorbě (v *Logických zkoumáních*) přišel s konceptem *prázdné intence*, kterou vědomí zakládá v očekávání jejího naplnění. Tento – podle mne šťastný – koncept nevyvolal velkou pozornost a sám jeho autor se jím (alespoň pokud vím) později příliš nezabýval. I ve své původní prezentaci jej nepojímá dostatečně radikálně, jak by si byl podle mého zasloužil, ale interpretuje ho spíše jako možnou intenci, kterou subjekt kontempluje, aniž by měl pro ni evidenci (tou, pokud nastane, se teprve intence *naplní*). Myslím však, že jsou intence *prázdnější* než ty, o kterých mluvil Husserl. Ani ty nejsou zcela neurčité – naopak jsou víceméně ostře vyznačené myšlením, různými pojmovými konstrukcemi nebo jinými formami uvědomění, mezi nimiž ale zatím trvá jistá *mezera*. Zná je každý tvůrčí člověk, ať ve vědě či filosofii a jinak také v umění: je to stav soustředěného očekávání v jistém směru, vyplněný jen vírou, že se nějaký nový pojem, myšlenka či nápad ve vědomí objeví a dodá více smyslu tomu, co se dosud myslelo či vytvářelo. Relativní *prázdnno* takové intence je prostorem *možného bytí*, v kterém se rodí to opravdu *nové* (tedy nejen obměna či kombinace dosud myšleného). Je to tedy oblast tvůrčí svobody. Jako každá forma svobody i tato vyžaduje jistou míru odvahy, ochotné riskovat, že se to vytvořené *prázdnno* nevyplní.

Jak řečeno, vědomá existence stojí na prožitku *bytí*, které v jeho různých formách uchopuje, tím je potvrzuje a je jím zpětně stvrzena. Může je ovšem také zpochybnit a v nějaké formě zkusmo popřít ve snaze hlouběji je pochopit. Přitom nezbytně konfrontuje možné *nebytí* a *prázdnno* – bez toho by nebyla plně vědomá.

Prostor

Řadu věcí, o kterých chci tady psát, jsem už trochu jinak říkal v poměrně nedávném eseji „Prázdnost“. Poněkud jiný pohled, který tady nabízím, budiž jako pootočení kaleidoskopu: tatáž barevná sklíčka se nastaví do nového vzorce. Důvod, proč se k tématu vracím, ale není chuť si hrát (i když na tom by nebylo nic špatného), ale potřeba znovu promýšlet pojmy, s nimiž naše věda – a tím i naše poznání – zachází často trochu příliš volně.

Chci se tu zabývat prostorem. Jako moderní člověk, žijící víc než sto let od publikace Einsteinových revolučních teorií, bych měl ovšem mluvit o *časoprostoru*. Skutečně, nejen v jeho pojetí jsou čas a prostor úzce spjaty. Tu vazbu známe dobře z vlastní zkušenosti. Když jsem byl dítě, na venkově se běžně říkalo, že další vesnice je asi půl hodiny daleko, míněno tehdy chůzí pěšky. I dnes jsou od nás místa, vzdálená dvě hodiny autem, hodinu letadlem a podobně. Dokonce v astronomii určíme vzdálenost jiné galaxie v nějakém počtu světelných let. Ale nejen to: když budu chtít zmírnit bolest nějaké zkušenosti, pomůže plynoucí čas – ale někdy i velká vzdálenost může mít skoro stejný efekt. To jsou ovšem subjektivní dojmy. Spjatost obou kategorií v Lorentzově transformaci, kterou Einstein převzal do své Speciální teorie relativity a učinil z ní míru svého čtyřrozměrného *časoprostoru*, není dána psychologii; o tom však promluvíme později.

Tedy bych ale chtěl mluvit hlavně o prostoru. Co to vlastně v naší přirozené zkušenosti je? Když zatím odložím vážnější precizaci pojmu, prostor (jak jej před vyšší abstrakcí zkušenostně chápeme) nespíš bude obecným synonymem tří různých možností: 1. *umístění*, 2. *pohybu*, 3. *ovlivnění* resp. *akce*. Není to ani třeba vysvětlovat, ale přesto řekněme, že v 1. případě mluvíme o možnosti *někam* něco dát (třeba prostor mé knihovny už nepřijme žádnou novou knihu); v 2. případě mluvíme o možnosti *přemístění* (plán přede mnou mi dává možnost se rozběhnout); v 3. případě mluvíme o *účinku* (třeba bouřka je moc daleko, aby tady začalo pršet).

1. případ zmínil už Aristoteles, když stanovil zásadu *prostorové výlučnosti*: na místě, kde je jedna věc, nemůže být jiná. To ovšem předpokládalo, že věci mají *prostorové nároky*, že jsou to tělesa, která jsou nějak rozprostraněná v tomtéž prostoru, jaký je kolem nich, a přitom neproniknutelná. Ponechme zatím stranou soudobé znalosti o různých částicích (např. neutronech) a jiných jevech, které ruší tuto výlučnost, a zůstaňme zatím u zmíněné rozprostraněnosti. Prostor je tedy nějakou svou částí v tělese, ale je také jinde: těleso mohu vzít a dát je jinam, pokud je tam místo; prostor z původního místa nezmizí, jenom se uprázdní, případně naplní něčím jiným. Tyto úvahy zní až dětinsky, každý to přece ví. Jenomže ve skutečnosti nejsou tak banální. Co je to prostor? Řekněme třeba medium, ve kterém může něco být nebo se může něco dít – ale není to zřejmě prostředí takové, jako voda nebo vzduch, která musí tělesům ustoupit, pokud je do nich vnoříme: prostor tělesa prostě prostupuje, jako by tam nebyla (až na to, že jim propůjčuje rozprostraněnost). Je na nich nezávislý, tak aspoň učí běžná zkušenost (kterou nás moderní fyzika bude nutit opravit).

V minulé úvaze jsme bezděčně přešli ke 2. případu, tedy k pohybu. Prostor mi umožňuje pohyb: kdyby jeho nebylo, všechno by strnulo v nehybnosti. Sofista Zeno ve starém Řecku o tom, jak je známo, nejen pochyboval, on ve svém známém paradoxu přímo dokazoval nemožnost pohybu: jak nás o tom zpravuje Aristoteles, aby se třeba vystřelený šíp

mohl pohnout z jednoho místa na druhé, musel by napřed překonat polovinu vzdálenosti, ještě předtím polovinu té poloviny a tak dále, až do nekonečna; protože nekonečna nelze dosáhnout, nemůže se šíp tedy pohnout (je to analogie stejně pověstného Zenonova paradoxu, podle něhož Achilles nemůže předhonorit želvu). Všimněme si, že pro svůj paradox (mimořádně řešitelný moderním kalkulem) Zeno nepotřeboval popírat prázdny prostor. Ten ale před ním rozhodně vylučoval Parmenides ve svém monismu (z něhož též vyvozoval nemožnost pohybu): jak říkal, prázdny prostor by byl právě *prázdno*, tedy *nicota* – a nalézal jako protismyslné, brát *nic* jako *něco*, které může *někde* být. Inu, otázka, zda je prostor *někde*, když to *někde* určujeme v prostoru, není zajisté triviální (lafil se do ní např. Aristoteles ve své Fyzice). Triviální také není, rozhodnout se, zda je možný *prázdny* prostor. Můžeme např. říct, že je prostor prostě *všude*, sám o sobě prázdny, pokud v něm nejsou přítomná tělesa. Tak uvažoval v starém Řecku Leukippos a po něm zvláště Demokritos, podle nichž jenom tak se mohou přeskupovat *atomy*, nejmenší částice, a realizovat tak proměny světa.

O tom, zda je možný nebo myslitelný prázdny prostor, pokračovaly půtky až do 20. století, kdy jej (jak ještě uvedeme) kvantová mechanika znovu popřela. Nikdo však z jeho oponentů, alespoň pokud vím, už nepopíral jeho schopnost dovolovat pohyb.

3. případ jsme stanovili jako možno *akce* resp. *účinku*. V tom ohledu je povaha prostoru pozoruhodně dvojaká. Pokud akcí míním pohyb, jak se to jistě původně činilo a zůstalo tak až do klasické mechaniky, pak prostor ji (jak jsme právě diskutovali) umožňuje; pokud míním účinek a ovlivnění, pak – až na výjimky – prostor může sloužit jako míra jeho slábnutí: čím vzdálenější nějaká věc je, tím méně bude z mého místa ovlivněna – a zrcadlově, čím vzdálenější ode mne bude nějaký děj, tím při téže síle působení jeho efekt méně pocítím.

Tak bychom mohli pokračovat, opíraje se jen o svou všední zkušenost. Jenomže právě v tomto bodě, při snaze svázat do jedné zákonitosti pohyby a síly resp. jejich účinky, založili velcí dědicové renesance Galileo, Descartes a zejména Newton nové pojetí prostoru. Jak každý ví, Newton formuloval své pohybové zákony na pozadí předpokladu absolutního prostoru (a také času), neohraničeného ani v sobě ani v čase. V souhlasu s pokroky geometrie ten prostor byl naprosto hladký, třírozměrný a poslušný postulátů Euklidovy geometrie, měl tedy ve všech bodech a směrech stejnou míru (pojmy, které vyvstaly až později, v Newtonově době byly spíše implicitní). Jeho přítomnost byla natolik subtilní, že málem jako by tu nebyl – až na to ovšem, že v něm existovala měřitelná rychlost pohybu, síla potřebná k jeho zrychlení a efekt této síly (v té době jen gravitační), závislý na vzdálenosti právě v tomto prostoru. Ten prostor byl sám o sobě *prázdny* (i když se to nijak nezdůrazňovalo) – jeho míra, určující vzdálenosti, byla ideální, tedy zcela abstraktní. To přimělo o něco později Kanta, aby prostor (stejně jako čas) prohlásil za *apriorní formu našeho nazírání* světa. To ale nebránilo fyzikům, počínaje Newtonem, ten prostor pokládat za skutečný.

Nic nebránilo v tomto prostoru tělesu pokračovat v rovnoměrném, přímočarém pohybu, naopak to zcela logicky požadoval Newtonův první pohybový zákon. K zrychlení (či zpomalení) ať už po původní dráze nebo změnou směru byla zapotřebí síla, překonávající jeho setrvačnost; mírou setrvačnosti – a tedy i potřebné síly – byla prohlášena *hmotnost* tělesa, pojem sám o sobě abstraktní, ale s jistými vazbami na běžnou zkušenost. Kde se ale ta síla brala? Newton (na základě dřívějších myšlenek Galilea) vyslovil hypotézu, že se hmotná tělesa v prostoru přitahují gravitační silou, úměrnou opět své *hmotnosti*. Ztotožnění *setrvačné*

a gravitační hmotnosti, které provedl, bylo myšlenkou génia. Tím vlastně povstala celá Newtonova mechanika.

Prostor v ní hrál dvojí roli: jednak umožňoval pohyb a dával mu jeho míru (jeho rychlost i zrychlení byly absolutní, i když ovšem byla známa Galileova relativita), jednak – prostřednictvím vzdálenosti – dával míru i účinku přitažlivé síly. To, že v něm tělesa na sebe působila *na dálku*, přes prázdný prostor, budilo v samém Newtonovi jisté rozpaky. Takové působení není zrovna intuitivní: počínající abstrakce vždy vychází z naší bezprostřední zkušenosti a v té jsme schopni uplatňovat sílu jen prostřednictvím kontaktu – buď přímo s ovlivněným předmětem, či prostřednictvím nějakého nástroje nebo jiného média. Jsou doklady o tom, že i Newton v pozdní fázi uvažoval o tom, že prostor není úplně prázdný, ale je vyplněn nehmotným *éterem*, který gravitační sílu předává. Tato dosti bizarní představa se ve fyzice ujala na dlouhou dobu – a je třeba připustit, že se v různých převlecích vrací dodnes.

Než se posuneme dál, připomeňme znovu, že prostor, který Newton a jeho následovníci až do 20. století uvažovali, byl *euklidovský*, což znamená například to, že jeho míra byla rovnomocná ve třech vzájemně kolmých směrech (dnes bychom řekli, že jeho bázi tvořily tři vzájemně kolmé, rovnomocné vektory); nejkratší spojnicí kterýchkoliv dvou bodů byla přímka; dvě rovnoběžné přímky se neprotínaly (nebo, jak se stalo zvykem říkat o něco později, protínaly se v nekonečnu). Takový prostor odpovídal Euklidovým postulátům a jen o něm uvažovala (až do 19. století) i geometrie, která se od fyziky rychle osamostatňovala.

Takový koncept prostoru se lidé naučili přijímat, posilování v tom už dlouho architekturou a také (od vrcholné renesance) malířstvím. Je zajímavé, jak poměrně rychle kulturou vytvořená abstraktní představa zvítězila nad přirozenou zkušeností každodenní percepce. Její prostor – jak lze dnes ověřit jenom za cenu jisté námahy – jistě není ani absolutní, ani euklidovský: už to, co přirozeně vidíme, má zvláštní geometrii, která se liší mezi ohniskem pohledu a okraji zorného pole; to, co jako prostor vnímáme, se často přizpůsobuje pohybům těla a jeho možnostem – je jiný prostor, když se protahuji úzkou jeskyní a jiný, když jdu volnou krajinou; jiné jsou vzdálenosti, které znám, a jiné, v kterých bloudím atd. Ovšem, když budu stavět dům či rozměřovat pozemek, rád přijmu euklidovskou abstrakci. Který prostor je ten *správný* – ten neurčitě proměnlivý přirozené zkušenosti, nebo ten, který pod vlivem staleté kultury stejně přirozeně nahlíží můj duch? Ten druhý je sdílený a zjevně stálý, nesčetněkrát osvědčený nejen v nazírání, ale také v praxi při nejrůznějších konstrukcích a cestovatelských výbojích. Dlouho se zdálo, že je ten *jediný možný* – a že je samozřejmě primární, zas nejen v nazírání podle Kanta, ale *ve skutečnosti, objektivně*: prostor tu prostě byl, připravený pojmout tělesa, pokud nějaká byla, dovolit jejich pohyby a přenášet síly mezi nimi.

Jediná věc filosofy (alespoň, pokud já vím) nenapadla. Základní efekt, který prostor dává, je – jak už věděl Aristoteles – *místo*, na němž určitá věc je: lépe bychom asi řekli, její *poloha*. Naivně vzato, ta poloha je tam, kam třeba prstem ukážeme, je to tedy *zde*; pro jiného, vzdáleného, to bude *tam*. Jaká je poloha *objektivní*, na které se všichni shodneme? Ano, už díky Descartovi máme k tomu souřadnice; jenže jejich kvantitativní hodnota závisí na jejich *počátku*. Kde ale leží takový počátek v nekonečném vesmíru? Ta otázka zjevně postrádá smysl – a tím postrádá smysl i *absolutní poloha*. Subjektivně jsem samozřejmě *zde*; relativně-objektivně mám třeba souřadnice podle GPS, tedy vzhledem k observatoři v Greenwichi; nemám však zřejmě žádnou absolutní polohu, jakkoliv děsivě to zní.

Pokročme o malý krok dále. 19. století, jakkoliv se to nezdá, bylo dobou řady převratů. Už v jeho první půli nastala revoluce v geometrii, která se stala nezávislým oborem: Nikolaj Lobačevskij a krátce po něm nezávisle Bernhard Riemann přišli s myšlenkou vypustit Euklidův pátý postulát a vypracovat ne-euklidovskou geometrii, v níž by obecně neplatil. Zejména Riemannova diferenciální geometrie, připouštějící různá zakřivení prostoru a jeho proměnlivou metriku, měla později velký význam – musela ovšem čekat skoro 70 let, než byla pojata za něco skutečného. Naopak ve fyzice, zhruba čtvrtstoletí po nich, provedl James Clerk Maxwell druhou zásadní unifikaci, když spojil jevy elektřiny a magnetismu do jediného jevu *elektromagnetismu* a dokázal, že ten se šíří elektromagnetickým vlněním ve formě *světla* (Newton si představoval, že paprsek světla je proud hmotných fotonů). Součástí jeho teorie byl pojem *pole* (který on nevymyslel, ale aktualizoval) jako prostorového rozložení potenciálu účinku. To je atraktivní alternativa k onomu *působení na dálku*: síla se prostorem okamžitě nepřenáší, ona právě formou pole už v daném bodě potenciálně *je* (později ovšem vznikne otázka, jak *rychle* se to pole šíří). Podobně jako elektromagnetické pole by bylo možno uvažovat i o poli *gravitačním*; jenomže tak v té době ještě nikdo neuvažoval, stejně jako nerozebíral, *co* takové pole vlastně je.

Udělejme zase malý krok. Jestliže se elektromagnetické pole šířilo jako světlo, byla přirozená snaha rychlost toho světla změřit. Skoro každý ví, že se o to pokusil Michelson a Morley (a po nich mnoho dalších), kteří důmyslným experimentem tuto rychlost změřili, ale s matoucím výsledkem, že je tato rychlost zjevně nezávislá na rychlosti zdroje světla, na rozdíl od všech do té doby známých pohybů hmotných objektů. Jak zase mnohý ví, toto podivné pozorování se fyzici pokoušeli vysvětlit existencí jakéhosi *éteru* (o kterém uvažoval už Newton), který subtilně měnil zjevnou rychlost světla. Jeho působení podle teorie vedlo k *zdánlivým* deformacím délek stejně jako času v závislosti na relativní rychlosti pozorovaného systému, vyjádřeným slavnou Lorentzovou transformací.

Potíž ovšem byla v tom, že ten *éter* nikdo přímo nepozoroval a že teorie neuměla vysvětlit beze zbytku všechny efekty. Jak je zas velmi dobře známo, všechny obtíže vyřešil v roce 1905 Albert Einstein svým výkladem, který získal později označení *speciální teorie relativity*. Tato teorie popisuje vztah pozorování mezi *inerciálními* systémy (které se vzájemně pohybují rovnoměrně a přímočaře). Nás tady musí zajímat následující její postuláty (které jsem slovně upravil pro účely této úvahy): 1. rozměry času a prostoru jsou vzájemně ekvivalentní a svázané, tedy existuje *čtyřrozměrný časoprostor*; 2. v závislosti na vzájemné relativní rychlosti systémů pozorovatel v jednom z nich pozoruje v druhém změny časoprostorových souřadnic (délek a časových intervalů) podle Lorentzovy transformace; tyto změny jsou *stejně skutečné* jako jejich zjevná absence v systému pozorovatele, jelikož *není v kosmu žádný nadřazený systém*, jemuž by byla přisouzena vyšší skutečnost; 3. jediná rychlost, která je za všech okolností absolutní a neměnná, je *rychlost světla ve vakuu*, která je povýšena na fyzikální konstantu (s obecně přijatým symbolem c); je to současně *mezná rychlost* pro všechny objekty, jak hned vysvětlíme.

Druhý postulát (v zdejším podání) je tedy jádrem *relativity časoprostoru*, kterou se tady nahrazuje Newtonův absolutní prostor a čas. Ten byl původně oním *nadřazeným* korelačním systémem prostě proto, že byl *jediný*. Einstein to myslím přímo neříká, ale bylo by možno říct, že takový systém by mohl existovat jen v pohledu Boha, schopného vidět absolutní simultaneitu dějů. Pro lidského pozorovatele, schopného pozorovat děje jen pomocí

signálů, šířících se konečnou (nanejvýš meznou) rychlostí, existuje jenom *relativní simultaneita*, která se může pro různé pozorovatele lišit, podle jejich relativní rychlosti.

Z Lorentzovy transformace se dá odvodit, že při zvyšování rychlosti objektu, který měl v klidovém stavu nenulovou hmotnost m_0 (tzv. *klidovou hmotnost*), exponenciálně roste jeho moment hybnosti, což se dá přeložit jako růst jeho hmotnosti m_r (tzv. *pohybová* neboli *relativistická hmotnost*), která by při dosažení rychlosti c nabyla nekonečné hodnoty (což není možné). Proto je podle postulátů této teorie c meznou rychlostí, jíž hmotný objekt nemůže dosáhnout; a konverzně z toho plyne, že částičky světla *fotony* musí mít nulovou hmotnost m_0 (úvahy o jejich relativistické hmotnosti, které se občas objevují, nemají fyzikální smysl a proto se jimi tady nebudu zabývat).

Mezná a za všech okolností stejná hodnota c je pivotální pro celou *speciální teorii relativity* a zároveň je podle mého názoru jejím slabým místem: sám Einstein si v určité chvíli uvědomil, že c vlastně není rychlostí v obvyklém smyslu a navrhoval, aby byla pojata jako jedna z fyzikálních konstant vesmíru. Bylo od té doby vymyšleno mnoho interpretací, proč taková musí být, ale žádná myslím nevyvrací, že je dosazena trochu *ad hoc*, prostě jako přijetí experimentálního faktu. Ano, teorie pozoruhodně dobře *funguje*; tím ale není ještě dáno, že je z hlubšího hlediska zcela uspokojivá.

Z filosofického hlediska je asi vážnější *geometrizační* světa, kterou tato teorie vnáší tím, že čas činí prostě čtvrtým rozměrem, ekvivalentním těm třem prostorovým. Jakkoliv jsme už na začátku přiznali určitou zkušenostní záměnnost času a prostoru, něco důležitého jsme v těch úvahách zamlčeli: na rozdíl od prostorových rozměrů, ten časový má *směr*, který má význam nejen pro vše živé (což není třeba vysvětlovat), ale i pro řadu dalších systémů (problém růstu entropie v této teorii nelze vyjádřit). To teorii trochu omezuje.

Einstein nebyl zdaleka jediný, kdo uvažoval o *vícerozměrných prostorech* – počínaje Riemannem přes Hilberta a další velké duchy stále rostoucí matematická abstrakce našla svobodu k neuvěřitelné bohatosti možností, jak různě pojmut pojem prostoru (vrátím se k tomu ke konci své úvahy). Ale byl patrně jediný (jistě nároky si dodatečně dělal Poincaré), kdo čtyřrozměrný prostor představil jako *fyzikální*, tedy ten, v němž se udávaly skutečné děje světa. Ještě důležitější je, že nepřestal u své původní představy, ale rozvíjel ji dál. Tak jako kdysi Newtona, zaujal ho problém gravitace; a stejně jako jeho velký předchůdce, nebyl spokojen s představou, že jde o *působení na dálku*. Tady však končí všechna podobnost. Jak Einstein připadl na myšlenku, že gravitace není žádná síla, ale *vlastnost prostoru*, o tom je více historek (on sám například napsal, že ho ta myšlenka napadla, když sjížděl v jedné budově výtahem). Jak skoro každý ví, myšlenka po vyčerpávajícím zápase (ztíženém domnělým soupeřením Hilberta) zrodila uzavřenou revoluční teorii, známou jako *obecná teorie relativity*.

O této teorii, jejích důsledcích, úskalích a omezeních byly napsány celé knihy, nemluvě o tisících vědeckých studiích. Snažit se shrnout je do jednoho dvou odstavců (i kdybych se v nich vyznal) by bylo jistě pošetilé. Pro naše účely to ale ani není zapotřebí. Stačí snad připomenout Einsteinovu hypotézu, že hmotnost nějakého tělesa vyvolá – úměrně své velikosti a hustotě – zakřivení okolního *časoprostoru*. O tomto čtyřrozměrném médiu je snadné říkat různé hlouposti díky jeho malé názornosti, ale v daném případě je bezpečné říct, že se křivost vztahuje i na tři prostorové souřadnice. V důsledku toho nejen hmotné objekty, letící daným územím, mění svou dráhu (a podle své relativní rychlosti jsou buďto odkloněny

z původního směru, nebo se dostanou na přibližně eliptickou oběžnou dráhu, nebo nakonec spadnou na povrch hmotnějšího tělesa), ale i světlo, letící nejpřímějším možným směrem, přijme příslušně zakřivenou dráhu. Tento efekt, využívaný dnes jako *gravitační kolimace* v astronomii při pozorování skrytých vzdálených galaxií, *není* výsledkem gravitačního přitahování pomyslné relativistické hmoty fotonů (jak to bývá naivně vykládáno v dobře míněných popularizačních textech), ale je dán výhradně tvarem geodetických křivek daného prostoru, jinak řečeno jeho zakřivením.

Jev gravitačního zakřivení prostoru Einstein předpokládal, bylo to konečně jádro jeho teorie. Ale sám nebyl připraven na některé jeho důsledky, zejména na ten, že při jisté kritické koncentraci hmoty dojde v určité vzdálenosti kolem ní k sférickému uzavření prostoru v tzv. *událostním horizontu*, po jehož překročení nejen hmota, ale ani světlo nemůže uniknout: za jeho hranicemi vznikne – jak dneska už běžně říkáme – *černá díra*, která hmotu i záření požírá, ale (jak se zprvu myslelo) nic z ní nevydá zpět. Podle výpočtů v jejím centru hustota hmoty diverguje k nekonečné hodnotě, tedy tvoří tzv. *singularitu*, což je vážným ohrožením teorie (proto Einstein dané řešení svých rovnic nepřijal). Dlouho se věřilo, že jde jenom o podivný artefakt teorie, ale od 60. let minulého století se začaly hromadit nepřímé důkazy (hlavně na základě pohybů hvězd v galaxiích) o tom, že černé díry existují, nejenom v různých velikostech (úměrných pohlcené hmotě), ale také v různých podobách (statických, rotujících, elektricky nabitých, dokonce vymršťujících paprsek urychlených částic při požívání hmoty). Dnes je značná převaha fyzikální obce přesvědčena, že jsou černé díry reálným výsledkem gravitačního kolapsu masivních hvězd a tvoří jádro mnohých galaxií, včetně té naší, ve které se nacházíme.

Bylo by o nich možno mnohé vykládat, například o gravitačním zpomalení času nebo rudém posuvu světla v jejich blízkosti, nebo o Hawkingově teoretickém objevu, že černé díry přece jenom zvolna ztrácejí svou hmotu díky kvantově-mechanickým efektům na svém horizontu. To vše a mnohé jiné přinášejí popularizační publikace. Nám zde ale musí jít o zásadní pohled na prostor, který právě v tomto jevu prochází jednou z největších zkoušek.

Připustili jsme – výslovně a hlavně implicitně – že jakkoliv jsou Euklidovy axiomy zjevně přirozené pro náš náhled, nemusíme nutně trvat na euklidovském prostoru, ať už mluvíme o subjektivní zkušenosti nebo se snažíme pochopit objektivní fyzikální děje. To, že nám euklidovský prostor připadá přirozený a že se k němu utíkáme i dnes jak jenom to okolnosti dovolí, může být prostě silou tradice. Co se však zdá být intuitivně závažnější, je *primární povaha prostoru*. Ne nadarmo Kant charakterizoval prostor jako *apriorní formu nazírání* (podobně jako čas): prostor tu prostě je, i když by bylo krajně obtížné blíže určit jeho bytí až na to, že dává ony tři základní možnosti, uvedené na začátku: umístění objektů, jejich pohyb a různé stupně ovlivnění mezi nimi; to ovlivnění primárně vychází z objektů a to jediné, čím se v něm prostor projevuje, je jeho *metrika*, projevená jako vzdálenost.

V čem Einstein naše paradigma (mimo jiné) převrátil, je zbavení prostoru jeho primární povahy: prostor je podle něho modelován přítomnou hmotou, právě změnou jeho *tvaru* a s ním související (diferenciální riemannovské) metriky; gravitační účinky mezi objekty jsou výslednicí tohoto jejich utváření prostoru. *Tvar prostoru?* Ano, každý to opakuje a matematik ve své abstrakci v tom dávno nevidí nějaký problém. Ale my obyčejní lidé s představami, které utvářela tradice alespoň dvou tisíc let, máme na dně mysli prostor, který *dovoluje tvary* útvarů, které v něm jsou, ale sám je *beztvary*, protože prvotní před všemi tvary.

Matematik nás poučí, že i ten náš tradiční prostor má svůj *tvar* daný Euklidovými axiomy, zobecněnými do tří dimenzí: tvar tvořený třemi vzájemně kolmými vektory, ve kterém nejkratší spojnici kterýchkoliv dvou bodů je přímka a ve kterém se rovnoběžné přímký nikdy neprotnou; tvar, který je *hladký*, tedy v něm jeho metrika je ve všech směrech a ve všech místech stejná (a v čase neměnná). Že toto vše je jenom jedna z možností povahy prostoru, se ovšem i samotné geometrii a dalším odvětvím matematiky stalo zřejmým teprve, když byly objeveny jiné možnosti a ty postupně zobecňovány daleko za hranice běžné zkušenosti.

Tradičních představ o prostoru se tedy musíme vzdát, aspoň pokud uvažujeme o kosmicky významných hmotnostech a dimenzích. Nuže, projevme pružnost mysli a připusťme, že prostor (a pak důsledněji časoprostor) je vůči hmotným tělesům *komplementární*, že je jimi modelován stejně, jako zpětně modeluje jejich tvar a určuje jejich pohyby. Cena, kterou za tuto pružnost platíme, je nutnost vyrovnat se s bizarními jevy jednak *jednostranného uzavření* prostoru v jevu černých děr, jednak jeho úplného *zhroucení* v jejich singularitách (o možnosti, že ty jsou jakýmisi *otvory* do jiného časoprostoru, zde nechci spekulovat).

V souvislosti s právě myšleným vyvstávají dva další jevy, s nimiž se musíme pokusit vyrovnat. Oba Einstein předpověděl, jeden vědomě a druhý bezděčně. V tom prvním prudké události velkých hmot, například srážka těles, jejichž hmotnost by značně převyšovala hmotnost našeho Slunce, by měly způsobit vlny časoprostoru (nešťastně v literatuře nazývané *gravitační vlny*), šířící se rychlostí světla. Přesto, že jde o jev na velkou dálku nepředstavitelně subtilní, byly takové vlny sto let po své předpovědi přímo pozorovány (psal jsem o tom nedávno) a interpretovány jako efekt srážky dvou binárních černých děr. Jakkoliv toto pozorování vyvolalo vzrušení téměř jen mezi odborníky, do našich představ vnáší nový prvek, a sice periodické zhušťování a zředování prostoru. Tedy i v závratné vzdálenosti od původních hmot je tady proměnlivá *metrika prostoru* (což se ve vzpomenutém případě skutečně pozorovalo nepatrnými změnami délky nesmírně citlivého detektoru).

Pokud prostorové vlny můžeme třeba pokládat za pouhý zajímavý jev (jakkoliv intelektuálně znepokojivý a pravděpodobně odpovědný za *fluktuace*, díky nimž původně pravidelně rozprostřená hmota začala tvořit první struktury), druhý efekt má zásadní kosmickou důležitost. Je jím široce populární *rozpínání vesmíru*. Bez něho, jak to dneska chápeme, bychom tady nebyli (a nemohli bychom provádět svá pozorování a vést nad nimi úvahy), ale podle všeho díky němu tady také jednou nebudeme (nejen my-individuální, ale vůbec lidstvo, život, svět, jaký dnes známe). Formulován Einsteinem, tento jev je vyjádřen jako *negativní zakřivení* vesmírného časoprostoru, které vychází při řešení jeho rovnic, protože do nich *ad hoc* vložil *kosmologickou konstantu* (která měla zabránit tomu, aby se podle jeho teorie vesmír gravitačně zhroutil do sebe). Einstein to vzápětí považoval za chybu, které hořce litoval, vývoj mu ale brzy dal za pravdu. Už v roce 1920 astronom Hubble objevil tzv. *rudý posun* spektra hvězd a galaxií, který nebylo možno interpretovat jinak, než že se ty zdroje světla od nás vzdalují, a to tím rychleji, čím jsou od nás vzdálenější, což opět nebylo možno vyložit jinak, než že se *vesmír rozpíná*: nikoliv tak, jak bychom si naivně představili, že se vzdálené galaxie od nás vzdalují v statickém prostoru, ale tak, že (viděno trojdimenzionálně) *sám prostor nabývá v každém svém bodě*. Jak skoro každý ví, tento závěr brzy vedl k *teorii Velkého Třesku*, podle které celý známý vesmír vznikl jakýmsi nepředstavitelným *výbuchem* téměř bodové singularity před zhruba 13.8 miliardami let. Pro

tuto hypotézu existují četné doklady, přibližné v mnoha populárních textech, takže se jí tady netřeba zabývat. Soustředíme se tady opět na vesmírný prostor.

Ocitáme se tu v překvapivě komplementární situaci k té, kterou jsme probírali nedávno: tam hmota měla vůči prostoru téměř nadřazené postavení: působila jeho lokální pozitivní křivost, která mohla vést až k jeho zacyklení a snad i zhroucení; teď se z těžké teorie a také z různých pozorování dozvídáme, že v extrémních kosmických rozměrech celá hmota vesmíru (nejenom ta, kterou díky elektromagnetické interakci můžeme vidět, ale i ta hypotetická, údajně mnohem více zastoupená *temná hmota*) nestačí k tomu, aby prostoru zabránila v jeho trojrozměrném *rozpínání*, které je zjevně *stále rychlejší*. To podle mnohých fyziků nezbytně musí vést ve velice vzdálené budoucnosti k postupnému rozpadu kosmické struktury, nejprve galaktických shluků, pak galaxií, hvězd a planet a tak stále dál až k samotné struktuře hmoty, takže nakonec zbude jenom prostor, který vlastně prostorem ani nebude, jelikož konečné *prázdnost* nebude mít žádné znaky, které by mu propůjčily existenci. To už se zcela vymyká našemu chápání a nemá tedy smysl nad tím rozumovat, tím spíš, že jde o pouhou hypotézu, kterou si nelze nijak ověřit.

Je ale namístě vrátit se trochu zpátky. Děsivý vývoj, který jsme tu naznačili, není podle původní teorie relativity výsledkem působení hmoty na prostor, ale je dán *vlastnostmi samého prostoru*. O těch (kromě vztahu časoprostoru a přítomné hmoty) Einstein neuvažoval. Byli však jiní, počínaje Diracem přes Feynmana a mnohé další, kteří při budování kvantové mechaniky a zejména kvantové teorie pole došli k názoru, že prostor, jímž se zabývali (tentokrát naopak v extrémně malých rozměrech) a v kterém probíhají jimi popisované submikroskopické děje, nemůže být *prázdný*, jak to předpokládala Newtonova mechanika nebo teorie relativity. Fluktuace energie vakua, interpretované jednou jako harmonické oscilace jeho bodů, později jako rození a zanikání *virtuálních částic* (elektronu a pozitronu už u Diraca), by měla mít nějakou zbytkovou hodnotu, která by mohla být tou *temnou energií*, která působí stále rychlejší expanzi prostoru – potíž však je, že vychází o několik řádů vyšší, než by měla podle reálného efektu. Jiní fyzici proto navrhují existenci jakési *quintessence* (po vzoru středověkých alchymistů, kteří hledali pákou esenci světa), jakéhosi dosud neznámého pole, které může nabývat v čase různé hodnoty a ovlivnit tak vlastnosti prostoru. Je to myšlenka *ad hoc*, která nemá v dosavadní fyzice žádnou zřejmou oporu. Třetí možnost je rozpínání vysvětlit jen nečekaným důsledkem obecné relativity, vlastně hlavně oné kosmologické konstanty, kterou Einstein do teorie také dosadil *ad hoc*. Sečteno, podtrženo, nevíme o tom jevu vlastně nic, až na to, že patrně *existuje*.

Jak se s tím ale vyrovnat – ne s těmi důsledky, které jsou mimo možnost našich představ, ale se samým jevem? Člověk se dejme tomu smíří se zakřivením prostoru, má koneckonců zkušenost, že někdy sešel z přímé cesty nebo dokonce bloudil v kruhu (i když to ve skutečnosti nebylo vlastnostmi prostoru), ale jak přijmout jeho rozpínání? Kdyby bral – navzdory fyzikům – prostor jako *prázdnost*, jak to by mohlo nějak nabývat? Když ale předpokládám *strukturu prostoru*, neobjeví se v ní právě nějaké *prázdnost*, když ji budu myšlenkově rozpínat? Nu, když se obrátím k matematické abstrakci, naskytne se mi zvláštní obraz. Od jistých dob koncem 19. století je běžné geometrický prostor brát jako nekonečnou množinu bezrozměrných bodů. To nekonečno nepanuje jenom směrem *ven* (kde je prostě nepřítomností hranice), ale i směrem *dovnitř*: mezi kterýmikoliv dvěma body bude vždycky nekonečno dalších. Kteroukoliv spojnici mezi nimi je možno abstraktně vyjádřit jako jistý

interval v řadě *reálných čísel*; její *expanzi* lze vyjádřit jako *projekci* tohoto intervalu do většího. Lze rigorosně matematicky dokázat, že tato projekce (třeba z intervalu [1,2] do [1,3]) je úplná: nikde nevzniknou žádné „díry“; to lze snadno zobecnit do tří nebo více dimenzí. Je možno vznést otázku, do jaké míry reálná čísla popisují reálný fyzikální prostor; nebo, přeloženo do jiného jazyka, zda tento prostor je nekonečně dělitelný. Veškerá dosavadní fyzika, od Newtonovy mechaniky přes obě teorie relativity až po kvantovou mechaniku a kvantovou teorii pole (tzv. Standardní model) na tomto předpokladu spočívají. Některé pokusy spojit relativistickou gravitaci s kvantovou mechanikou (tzv. *smyčková gravitace*) sice od něho upouštějí, ale nezdá se, že by byly doopravdy úspěšné. Matematická abstrakce nám tedy praví, že v rozpínání prostoru není žádný logický protimluv, jakkoliv naše intuice se tomu brání.

Kdybychom se odsud chtěli vydat do dalších krajín matematické abstrakce, našli bychom závratnou rozmanitost toho, co lze všechno pojmut jako prostor – jen v náznu, byly by to mnohorozměrné (euklidovské i jiné) prostory, jejichž rozměry mohou mít různou křivost a míru, topologicky různé prostory s rozličnou mírou spojitosti, abstrakčně vyšší Grothedieckovy topologie atd. Byl by to jenom seznam pojmů, které by nám mnoho neřekly. Lze snad o nich o všech říct, že ve všech případech je pojem prostoru vyjádřením *možnosti realizovat určitý druh objektových vztahů* (často nazývaných konstrukcí), *jejichž rozmanitost prostor připouští*. Prostor je tedy vždy určitá volnost a zároveň omezení, dané jeho povahou. V abstrakci je možné nalézt či stvořit mnoho různých prostorů – v tom se nabízí veliká rozmanitost, i když zdaleka ne libovůle, jelikož prostor musí mít určité konsistentní vlastnosti. Je dosti pravděpodobné, že představy těch prostorů se dřív či později objeví v nějaké důmyslné teorii. Přesto asi skoro všichni věříme, že ten prostor, ve kterém žijeme, pohybujeme se, věci různě přemísťujeme, případně ničíme a tvoříme, je *jen jeden*.

Snad mi bude dovoleno, abych závěr této explorační úvahy poněkud odlehčil. V jednom ze svých starších filmů Woody Allen předvádí malého chlapce, který odmítá dělat školní úkoly, prý proto, že se vesmír rozpíná a jednou všechno zmizí, takže nic nemá smysl. Jeho matka na to odpoví: „My žijeme v Brooklynu a ten se nerozpíná.“ Další námitky ukončí výchovným pohlavkem. Inu, není to zrovna korektní způsob, jak diskutovat, ale je to možná nejlepší, jakkoliv lapidární reakce na naše *hoře z rozumu*.

Hmota a energie

Patřím ke generaci, které v dětství a mládí vtloukali do hlavy, že celý svět je hmotný – nic jiného, než hmota prostě neexistuje. Pak, když při hodinách fyziky přišla nutně na přetřes též energie, dozvěděli jsme se, že je nutno rozlišovat hmotu fyzikální, kterou jsme se učili nazývat spíš masou nebo hmotností, a hmotou filosofickou, která co *objektivní realita* měla právě ten nárok zahrnovat všechno ve světě, tedy i energii. Pak zase za pár let jsme byli už dost zralí na to, abychom směli být vystaveni podivnostem Einsteinovy teorie relativity a z ní plynoucí nejproslulejší rovnice snad v celé historii, $E = mc^2$, vyjadřující ekvivalenci hmoty a energie. Kdyby s tím naši učitelé byli přišli o pár roků dřív, mohli si komplikace s pojmem hmoty ušetřit. Jenže co bylo napřed zakazováno jako *židovská věda*, bylo vzápětí zavrženo jako *buržoasní pavěda* (i když ji směli tajně užívat sovětští fyzici), která pak byla tiše připuštěna s tím, že ji vlastně už dávno předvídali různí ruští vědci. No, neměli to lehké naši učitelé – asi byli trochu zmatení tím, co nám vykládali; ti, kteří nad nimi bděli, tomu rozuměli ještě mnohem méně, ale o to byli nesmiřitelnější.

Naštěstí to je všechno za námi, nikdo nám už žádné teorie neskrývá, spíše nás jimi různá média zahrnují, až jsme z toho někdy popletení. A tak je přirozené, že bychom chtěli mít pořádek aspoň v základních pojmech, které jsme potkali už na základní škole a později se s nimi často setkávali s dojemem, že je dobře známe a tedy chápeme. Že tomu tak docela není, nebo že ony pojmy (včetně pojmů prostoru a času, o nichž jsem už psal) prošly složitým vývojem za dobu, po kterou jsme se o ně nestarali, nebude asi pro nikoho novinkou. Zkusme se tedy jimi trochu zabývat.

Že ve světě je něco, co je obecným nositelem jeho zjevného bytí a co zejména zajišťuje jeho kontinuitu při všech těch změnách, jimiž prochází, to tušili už lidé v dávném starověku – rozhodně staří Indové, patrně také Babyloňané a jistě Řekové. Jak myšlení bloudilo, ten pojem se vytrácel a zase vracel, až jej Aristoteles zachytil a včlenil do své Fyziky: říkal mu *hyle* a myslel jím patrně to, co zůstávalo a jen přijalo novou formu, když se nějaká věc změnila. Mohl bych napsat celou studii o tom, jak kontradiktoricky velký myslitel o té své *hyle* uvažoval, když jí v hloubi svazoval věci, kterým přitom propůjčoval plnou individualitu, ale historické bádání tu není mým námětem. Nebyl ostatně v těch rozporech sám, jak ještě uvidíme.

Nezjistil jsem, kdo ten pojem přeložil do latinského slova *materia*, snad to byl Cicero, kterému vděčíme za řadu dnes samozřejmých slov. Na tom vlastně ani tolik nezáleží, slova často mají složité osudy, ve kterých nenápadně mění význam, takže by je po staletích autor třeba ani nepoznal. Co tou *matérií* nebo česky *hmotou* lidé odpradáвна mysleli? Asi to byla jakási všudypřítomná prazákladní *hlína* (Aristoteles ale spíše myslel na dřevo), do které Stvořitel či Příroda (či jak to už chceme nazvat) vtiskli individuální formu, takže vznikla živá bytost nebo věc, slovem cokoliv určitého, co se dalo vidět, hmatat, prostě smyslově zakoušet.

Forma se projevovala vlastnostmi (s nimiž nebyla nutně totožná), z nichž některé byly pociťovány jako zásadnější (například tvar) a jiné jako spíše druhotné (například barva); ale jedny i druhé bylo možno měnit, takže nebyly zcela nezávislé na podmínkách existence dané věci. Patrně proto osvícenští myslitelé jako Descartes, Spinoza či Leibniz, kteří se pokoušeli proniknout až k samému jádru bytí, spekovali o pojmu *substance*, která měla být prvotním a

nezávislým subjektem existence dané věci a druhotně pak oněch jejích vlastností. Jejich učená pře by nás dovedla daleko – vždyť Spinoza nakonec došel k závěru, že onou všudypřítomnou substancí musí být Bůh, neboť jen on je nezávislý na čemkoliv jiném. Pro nás je tady důležité, že ono podstatné, co se později znovu nazývalo *matérií* nebo prostě *hmotou* a co tvořilo základ zkušenostního bytí, už nebylo pojímáno jako nějaký neurčitý *pra-materiál*, ale uvažovalo se o něm jako o subjektu nebo aspoň nositeli *vlastností* a přisuzovala se mu jistá aktivní role ve světě.

Není asi tak zcela náhoda, že první pevnější uchopení pojmu *hmoty* bylo spojeno se zkoumáním sil a pohybů: poznání koneckonců vždycky začínalo řešením praktických problémů – a zdvihání, přenášení nebo vrhání hmotných objektů patřilo k té nejtěžší práci, kterou lidé odedávna vykonávali. Pojem *váhy* znali dobře staří Řekové a třeba Archimedes konstruoval různé páky nebo kladky k přemísťování těžkých předmětů. Bylo však třeba další abstrakce, aby se v jádře různých jevů, spojených s pohybem a silou, usídlil právě pojem *hmoty*. Jak si většina z nás pamatuje ještě ze školy, byl to Isaac Newton, který – opřen o mnohá pozorování Galilea – právě toto provedl.

Že tělesa projevují *setrvačnost*, tedy tendenci setrvávat v stejném stavu ať už klidu nebo pohybu (jak praví Newtonův 1. pohybový zákon), věděli asi mnozí před Newtonem; že ke změně toho stavu, tedy udělení *zrychlení* (kladného nebo záporného), je zapotřebí síly, přímo úměrné *hmotě* tělesa (2. pohybový zákon), mělo už ve své přesné formulaci hodnotu objevu. Hmota je tedy nositelem setrvačnosti (nazvěme ji proto zatím *setrvačnou hmotou*), tedy odporu vůči změně pohybového stavu, který se projevuje *silou* – ať tou, kterou musíme vynaložit k vynucení změny (zrychlení), nebo tou, kterou na nás těleso tlačí, když je chceme přibrzdit. Důležitá je přitom zobecňující abstrakce: tyto setrvačné tendence budou mít všechny hmotné objekty, ať už jsou z hlíny, kovu, kamene – důležité jen je, *kolik* mají té zobecněné hmoty. S abstrakcí tedy přichází kvantifikace. Mohli bychom se ptát, co bylo prvotní – zda potřeba přesně (to znamená od Galilea matematicky) formulovaného zákona, která si vynutila abstraktní zobecnění pojmu hmoty, nebo předchozí diskuse, které už pojem obecné hmoty připravily. Myslím, že na to není žádná uzavřená odpověď: je to jeden z těch zářivých okamžiků myšlení, kdy se v jednom aktu sejde více přístupů. V každém případě od té chvíle abstraktní pojem hmoty máme a vyrovnáváme se s ním v různých myšlenkových převratech.

Hmota, pohyb, síla – to byly hlavní pojmy, s nimiž Newton pracoval. Hlavní síla, se kterou už Galileo zápolil, byla síla *váhy* předmětu: tu také lidé oné doby nejčastěji při své práci potkávali (a dodnes často zaměňují s hmotou). Můžeme či nemusíme věřit legendě, podle níž jablko, spadlé v sadě na Newtonovu hlavu, způsobilo onen myšlenkový zkrat, v němž pochopil, že ona váha je ve skutečnosti *síla přitažlivosti* mezi Zemí a příslušným tělesem – a že tento vztah téměř vzápětí zobecnil do svého třetího zákona. Podle něho se jakákoliv dvě tělesa v prostoru přitahují silou, úměrnou součinu jejich *hmot* a nepřímo úměrnou druhé mocnině jejich vzdálenosti. Je prakticky jisté, že k tomuto vztahu došel spekulativně. To už byla zářivá myšlenka, ale to, že odpovídající *gravitační hmotu* vzápětí ztotožnil s tou *setrvačnou*, bylo výkonem genia. Touto první velkou *unifikací* povstaly základy matematicko-fyzikálního aparátu, pomocí něhož bylo možno postihnout pohyby těles v sluneční soustavě, ale také většina pohybů zde na Zemi – zrodila se mechanika a s ní celá

skutečná fyzika (čtenář mi odpustí, že tady pomím Newtonův objev *diferenciálního počtu* a dalších nutných myšlenkových nástrojů, bez nichž by nebyla možná).

Zatím tu v souhlasu s historií používám slovo *hmota* místo *hmotnosti* či *masy*; později mě diskuse bude nutit tato slova (resp. pojmy) rozlišit. Na slově snad tolik nezáleží – důležitější je význam, naše chápání toho, o co jde. Víme to tedy v tomto případě? Víme, co myslel Newton nebo myslíme my nyní onou *hmotou* (nebo *masou*)? Zatím jsme mluvili o vlastnostech: hmota má setrvačnost, která je spojena se silou, nutnou k jejímu překonání tím či oním smyslem jejího pohybu resp. vyvozovanou samotnou hmotou v pohybu; také jsme zjistili, že je – v Newtonově pojetí – zdrojem gravitační síly vůči jiným hmotným objektům. Víme ale, *co* ta hmota je?

Mnozí si mysleli a myslí, že je to jakási *esence bytí*, alespoň toho základního, na němž všechno další – vyšší – bytí spočívá. Anglický fyzikalismus má pojem *supervenience*, což bychom česky nepřesně, ale vžitě přeložili jako *nadstavba*, pro vztah, s nímž na sobě spočívají (nebo ze sebe vyplývají) různé kategorie bytí – od onoho základního, anorganického přes organické, psychické až třeba po duchovní. To vše má spočívat na pojmu *hmoty*, která zajišťuje nejen uchopitelné bytí světa, ale též jeho kontinuitu. To ale znamenalo její *nezničitelnost*, nebo – řečeno zdrženlivěji – její *zachování* ve všech přeměnách, které se pozorovaly ve vnějším světě a také se začaly brzo intenzivně studovat v laboratořích chemiků – nového druhu badatelů, kteří postupně nahradili alchymisty, tak jako astrologie nahradili vážní astronomové. Není tak příliš důležité, zda to byl Lavoisier nebo Lomonosov, kdo první vyslovil svůj *zákon zachování hmoty* na základě pokusů s přesným vážením látek a jejich zplodin při chemických reakcích. Jako tak často ve vědě, poznání poháněl spor: tak jako Galileo vyvracel sdílené Aristotelovo tvrzení, že různě těžká tělesa padají k zemi různě rychle (což nakonec vedlo k Newtonovým zákonům), tak Lavoisier vyvracel v té době rozšířenou teorii jakéhosi nehmotného *flogistonu*, který měl unikat z látek při jejich hoření a způsobit tak jejich úbytek. Nebylo třeba mnoha pokusů, aby se tito první vědci přesvědčili o své pravdě – byla v nich geniální nebo také naivní jistota, bez níž patrně nelze klestit cestu poznání.

Hmota v těch mnoha formách, v jakých vystupuje v přírodě, má ovšem mnoho různých vlastností, z nichž některé jsou snadno proměnné, jiné jsou stálější. Jedna z nich souvisí přímo s jejím pohybovým stavem (a jak se později nahlédlo, i její polohou): už Leibniz poukázal, že pohybující se hmota vládne schopností účinku, úměrnou velikosti své hmotnosti a druhé mocnině své rychlosti. Nazval ji *vis viva* (živá síla), ale byl to o pár dekad později až Thomas Young, který v ní uviděl něco samostatného a pojmenoval ji podle řeckého vzoru *energií*, tedy hybatelem, což v civilnějším smyslu znamenalo schopnost *konat práci* (která nemusí být nutně užitečná, znamená spíš překonání nějakého odporu). V dalším vývoji došli lidé k názoru, že existují vlastně dvě formy té energie: jedna aktuálně projevená a spojená, jak už myslel Leibniz, s pohybem hmoty, tedy *kinetická*; druhá někde nahromaděná (např. v břemenu, upevněném ve výši), ale zatím neprojevená – tedy *potenciální*. Prvá se mohla měnit v druhou a naopak, čímž se už naznačovalo, že ani energie se neztrácí, jenom se proměňuje.

Přibývá v tomto textu jmen a já se jejich citace už budu muset brzo vzdát, ale než tak částečně učiním, dovolím si potěšení jmenovat hned dvě ženská jména. Je totiž skoro jisté, že to byla Emilie du Châtelet, která ještě v 18. století vyslovila *zákon zachování energie* (čímž ale jistě myslela tu kinetickou). Nevím, zda na ni na začátku 20. století vzpomínala jiná

pozoruhodná žena Emmy Noether (také matematicka a fyzička), když všechny fyzikální zákony *zachování* vyložila v pojmech *symetrie*, což silně ovlivnilo zase pozdější myšlení. Ale to jsem silně předběhl. Na rozdíl od hmoty, jistota zachování energie nebyla tak pevná – pořád se někde ztrácela, pak zase nacházela, nejčastěji jako unikavé *teplo*, které zřejmě nezbytně vznikalo při každé mechanické práci, ale také mělo významnou roli při chemických přeměnách, takže kolem toho v druhé půli 19. století vznikl celý obor *termodynamiky*, který zásluhou hlavně Boltzmannova vyústil do teorie tepla jako *kinetické energie molekul*. Tím jev energie opět mechanika ovládla, ale jen částečně: všude se objevovaly skutečně nebo zdánlivě odlišné formy energie, kterých se mechanika (to už ale *kvantová*) zmocnila až po dalších desítkách let.

Jakkoliv přece jenom zachovávaná, byla v těch dobách energie chápána jako *vlastnost hmoty* a tento výměr je možno číst i v mnohých dnešních učebnicích fyziky. Jenže na sklonu 19. století vystoupil James Clerk Maxwell s novým teoretickým objevem, že v té době už dlouho známé jevy elektřiny a magnetismu jsou jenom různé projevy *elektromagnetismu* (druhá velká unifikace ve fyzice), jehož kmitavé pole se šíří jako *světelné záření*. Nu, *světlo*, to snad byla čirá energie? Newton a po něm mnozí další si to nemysleli – představovali si paprsek světla jako proud nepatrných hmotných částic *fotonů*; ale v Maxwellově době už byla značně vyvinutá teorie optiky, která různé projevy světla pojímala jako vlnění – jenže vlnění čeho? Struny, hladina vody, vzduch, to všechno nepadalo v úvahu; byla tu ale už dlouho uvažovaná teorie *éteru*, jakési velmi jemné substance, kterou sice nikdo nikdy nepozoroval, ale která řešila mnohé otázky – například tu, jak je možné Newtonovo gravitační působení na dálku. Éter to tedy také byl, v kterém se světlo vlnilo, a který pohotově vysvětlil matoucí nezávislost změřené rychlosti světla na relativním pohybu jeho zdroje, kterým se světlo odlišovalo od všech dosud pozorovaných pohybů.

Jak všichni víme, Albert Einstein toto pohodlné vysvětlení odmítl a předložil počátkem minulého století svou první verzi revoluční teorie relativity, která odhalila závislost souřadnic čtyřrozměrného časoprostoru na relativním pohybu pozorovaného systému. O tom už bylo jinde hodně napsáno – a nezbytně došlo i na ten nečekaný důsledek základní Lorentzovy transformace, tedy už citovanou rovnici, stanovící *ekvivalenci hmoty a energie* (jak čtenář postřehl, vzdal jsem se tady a v dalším pojmu *hmoty*; některé úvahy, k nimž směřuji, by jinak bylo těžké vyjádřit). Než o té ekvivalenci začnu uvažovat, musím však zmínit ještě jiný důsledek základních postulátů Einsteinovy speciální relativity – totiž ten, že snaha urychlit hmotný objekt až na rychlost světla by vedla k jeho nekonečné *pohybové mase*, což by si vyžádalo nekonečnou energii a nelze toho ovšem dosáhnout; konversně z toho ale také plyne, že částičky světla *fotony* musí mít nulovou *klidovou masu*, tedy prostě, že jsou *nehmotné*. Světlo tedy může být tak či onak vyzářeno (nebo pohlceno) masou, ale *není její vlastností* – je čímsi jiným, *čirou energií*.

Máme tu tedy na začátku toho století velkých objevů a převratů, které zcela změnily svět, dva souřadné principy projeveného bytí – na jedné straně *masu*, o níž jsme zkusmo nadhodili, že by mohla být jeho *substancí*; na druhé straně nyní nově *energii*, kterou můžeme zkusit chápat jako *hybatele* všeho jsoucího. Masa se může v tomto pohledu jevit jako pasivní základ, který může být nositelem toho aktivního principu, energie, jenž ale může být i bez ní. Trochu ta symetrie skřípe, ale je obnovena a zároveň trochu znejasněna Einsteinovým vztahem *ekvivalence*, $E = mc^2$ (slovně vyjádřeno, energie rovná se mase násobené druhou

mocninou rychlosti světla). Přes jeho prostou formu, není tak zcela samozřejmě jasné, co ten vztah vlastně znamená. **Jsou masa a energie jen různé formy téhož? Je možné masu beze zbytku přeměnit na energii a naopak z čiré energie stvořit masu?** Přes více, než sto let od prvního zveřejnění Einsteinova vztahu jsou odpovědi na tyto otázky stále předmětem diskuse a někdy velmi vyhraněných názorů, které – jak už to bývá – často ignorují argumenty protistrany. Věci bohužel nepomáhá, že díky novým poznatkům a teoriím sporné pojmy nenápadně mění obsah, takže je občas nejasné, o čem je vlastně řeč.

Einstein sám zřejmě na první otázku odpovídal kladně, snad s tím jemným rozdílem, že spíše než slova *forma* používal *projev*, což mohlo znamenat, že *za* či *nad* (jak si přejeme) masou a energií existuje *něco*, co v našich pozorováních vystupuje jednou jako masa, jindy jako energie. Co to *něco* může být? Někdo bez váhání odpoví, že jistě *hmota*, ovšem v tom filosofickém, ba dalo by se říct metafyzickém smyslu. To nás ironicky vrhá na začátek naší úvahy, ale to ovšem neznamená také její konec. Je tady koneckonců ještě druhá otázka a další, které pokusy o její zodpovězení vyvolají.

Poznání po Einsteinových objevech ovšem nezůstalo stát. Jeho pohyby byly pro masu a energii do určité míry komplementární: masa získala *strukturu* a energie zase *pole*. Začneme masou; protože se však v dalších úvahách nezbavíme ani energie, budeme spíše mluvit o *hmotě*, snad to nepovede k přílišnému matení. Že hmota má strukturu, byl zprvu empirický náález; že ale věda tu strukturu začala studovat a úporně v tom pokračovala přes vzrůstající odpor hmoty, čím více se poznání dralo do jejího nitra; že také v tom úsilí nepolevila, dokud na jednotlivých úrovních nenašla její *stejně*, jen jinak uspořádané stavební kameny, v tom všem byla určitá snaha intelektu, podobná tomu, jak nakládal už předtím se svými ideálními pojmy: snaha hmotu rozložit na jednoduché, abstrakcí uchopitelné prvočinitele, z těch potom hmotu zpětně myšlenkově vystavět a tím pochopit její obecnou povahu, skrytou pod jejími různými formami a projevy, které se nabízejí běžné zkušenosti.

Jak dnes zase každý ví, věda objevila napřed, že se *hmota* (v tom běžném smyslu, jak ji zkušenostně chápeme) skládá z *molekul* (k nimž se lze dostat pouhým rozpouštěním a ředěním). Ty ale – řečeno zjednodušeně – z *atomů* (na něž lze molekuly rozložit např. pouhým zahřátím, tedy dodáním běžně dostupné kinetické energie). Atomy se však ukazují být zase složeny z *elektronových obalů* (v nichž se v pro ně závratně velkém prostoru pohybují maličké elektrony) a mnohem masivnějších, i když prostorově nepatrných *jader*; k odhalení této struktury je už zapotřebí mnohem větší energie, odpovídající v kinetickém ekvivalentu mnoha tisícům stupňů Kelvina. Jádro (kromě vodíku) má zase strukturu, skládá se z kladně nabitých protonů a neutrálních neutronů, které od sebe oddělit už vyžaduje energetické rázy ekvivalentní skoro milionu stupňů. Zdálo se, že elektrony, protony a neutrony už nemají žádnou strukturu, pak byla odhalena nestabilita volného neutronu a nakonec, nejprve teoreticky (zásluhou Gell-Manna) a pak i experimentálně byla odhalena kvarková struktura všech hadronů (mezi nimi protonu a neutronu), jejíž rozrušení vyžaduje energie zase o nějaký řád vyšší.

To asi každý někde četl; ne každý si však asi uvědomí, že ten popis nese zřejmou signaturu naší abstrakce: máme na světě nedohledně mnoho věcí nebo dokonce i jejich druhů, ale jenom několik milionů druhů molekul, pouhých pár set druhů atomů (když počítám isotopy), čtyři běžné částice (včetně fotonů) a jen dva druhy kvarků v běžných hadronech. Je jistě možno prohlásit, že to tak prostě je (jak činí mnozí), nebo že složitost světa nelze jinak

vyložit, než jako různé kombinace jednodušších částí. Nicméně – jak vysvětlíme tu závratnou rozmanitost světa na základě těch vždy stejných elektronů, protonů a neutronů? O tom by jistě bylo možno napsat celé knihy, řekněme tady ale jen, že celý výklad spočívá právě na představě *dynamické struktury*, která není jen rozmanitou kombinací jejích částic, ale na každé své hierarchické úrovni též kombinací jejich vzájemných interakcí a jejich pohybových stavů – tedy různých forem a projevů *energie*.

Ano, struktura hmoty vyžaduje *energií* stejně jako *masu*: ta energie, kterou musíme vynaložit k jejímu rozvratu na jejím daném stupni, je jenom zrcadlovým obrazem energie, která danou strukturní úroveň stabilizuje. Jenže i ta má svou vlastní *strukturu*, alespoň v představě, které jsme fyzikálně schopni. Vezměme nejjednodušší atom, tedy vodíku, v jeho základním stavu (tj. v nejnižší možné energii). Objem, v kterém se na své dráze s nejvyšší pravděpodobností maličký elektron pohybuje, je asi tisíckrát větší, než objem jaderného protonu. Fakt, že z té dráhy v tomto stavu nikam neuletí, je dán *potenciální energií* jeho elektromagnetické přitažlivosti s opačně nabitým protonem; že se ale pod vlivem té přitažlivosti jeho dráha nezhroutí a elektron nesplyne s protonem, je dáno tím, že ona potenciální energie je přesně vyrovnána s *kinetickou energií* jeho pohybu (na věci nic nemění, že ten orbitální pohyb formalismus kvantové mechaniky vyjadřuje vlnovou funkcí a obě energie příslušnými operátory). Podobně, jenom trochu složitěji, je tomu u větších atomů – a aniž bych zacházel do podrobností – i v složitějším atomovém jádře, kde je kinetická energie částic a jejich případná elektromagnetická odpudivost vyrovnána jejich *silnou interakcí* – a zase podobně i v nitru protonů a neutronů v chování kvarků. Když se to pokusíme shrnout, základní rysy struktury toho, co běžně nazýváme hmotou, obsahují hierarchii stále menších částic s odpovídající *masou*, ale současně *architektura* té struktury je tvořena **stejně důležitou energií**, jejíž vzájemná rovnováha je tím výše vypjatá, čím jsme hlouběji v nitru hmoty.

Pro další úvahy je třeba se vrátit v čase zpátky. Všichni jsme asi četli o tom, jak se – nejprve za účasti Einsteina, pak s jeho vzrůstající opozicí – rodila v prvních desetiletích minulého století kvantová mechanika. Rozpaky nad tou zvláštní dvojznačností, s níž se nejen světelná kvanta, ale i malé objekty s nenulovou klidovou masou jevily jednou jako částice, jindy jako vlnění, nebyly vlastně nikdy překonány – jen byly s příznačným pragmatismem fyziky odsunuty stranou, když se tu částicově-vlnovou povahu podařilo vtělit do přesného matematického popisu (zásluhou Schroedingera, Heisenberga a dalších). Úspěchy kvantové mechaniky ostatně byly pozoruhodné: v podstatě vysvětlila základy chemické struktury molekul a jejích přeměn a řadu dalších efektů, které se vynořovaly, jak postupovala experimentální fyzika. Ne ale všechny a to pohnulo Diraca (a po něm další) ke snaze spojit ji s teorií relativity, alespoň s tou speciální, která pracovala s *hladkým* časoprostorem. Hned na počátku se však vynořila další podivnost: Dirac předpověděl, že by elektron při zachování všech ostatních vlastností (masy, spinu) mohl mít i opačný, kladný náboj – a neuplynuly ani 4 roky, kdy takovou částici (nazvanou později *positron*) Anderson objevil v kosmickém záření. Později se ukázalo, že positron vzniká i na Zemi v některých druzích radioaktivního rozpadu, že také může existovat proton se záporným nábojem a ještě mnohem později byly na urychlovači na zlomky vteřiny připraveny dokonce atomy *antihmoty* z těchto podivných částic.

Proč *antihmota*? Inu, její částice jsou v jistém smyslu zrcadlové k těm, na něž jsme zvyklí na Zemi, ale nejen to: když částice potká svou antičástici, masa obou zmizí a místo

nich vzniknou dva velice energetické fotony. Bilance masy a energie toho aktu přesně odpovídá Einsteinově rovnici ekvivalence, přesto někteří dogmatici popírají, že při něm došlo ke konverzi masy v energii – někteří jdou tak daleko, že přisuzují fotonům masu (alespoň tu pohybovou).

Tím se dostáváme obecněji k druhé otázce, kterou jsme v souvislosti s Einsteinem postulovanou ekvivalencí masy a energie položili – totiž k otázce možnosti konverze obyčejné masy na energii (a naopak). Je snad vhodné předem říct, že faktor c^2 v uvedeném vztahu je obrovský, takže kompletní převedení významných množství masy na energii by znamenalo pravý Armagedon. Jen pro příklad, celá ta strašná energie výbuchu atomové bomby, která smetla Hirošimu, odpovídá podle Einsteinova vztahu jen 0.7 g klidové masy použitého uranu, jehož se štěpné reakce zúčastnilo asi 10 kg (z celkových 25 kg); patně v tomto případě nešlo ani o konverzi masy, ale o uvolnění části silných interakcí, když uranová jádra přešla řetězovou reakcí na jádra lehčích prvků. Podobně je tomu při jaderné syntéze v termonukleárních zbraních, kde se naopak část energie silné interakce uvolňuje (a přeměňuje) při tvorbě těžších jader z izotopů vodíku.

Je třeba otevřeně říct, že kromě interakce s antihmotou neznáme *kompletní* konverzi masy na energii. Jsou známy notorické příklady jaderných reakcí, kde bilance podle standardní teorie vychází tak, že část klidové masy přešla na energii (jeden, nejčastěji uváděný, je reakce protonu s jádrem těžšího isotopu lithia, vedoucí ke dvěma jádrům helia). Byla by ale možná *teoreticky*? Dost rozšířený názor mezi fyziky je ten, že by to předpokládalo nekonečnou dělitelnost hmoty, jelikož energii, kterou bychom z masy vydobyli, bude vždycky energie pohybů a interakcí jejích stále menších částíček. Z toho je zřejmé, že Einsteinův názor ekvivalence masy a energie nebyl zdaleka přijat důsledně – skoro vždy je tu potřeba uchovat masu v její vlastní podobě.

Její důvod je zřejmě v jádře ontologický a připomíná zuřivé spory monismu a dualismu, které od věků sužovaly metafyziku. Pro fyzikálního monistu veškerý vesmír ve všech svých projevech je *hmotný* – a hmotu intuitivně ztotožňuje s *masou*; energie je jenom projev jejích vlastností, které mohou být rozličné, zatímco masa trvá.

Ten předsudek je do určité míry pochopitelný z historického hlediska, jelikož energie je přece jen novější pojem (i když bychom jisté náznaky toho principu našli už v starověkém myšlení – například onen Herakleitův *blesk*, který rozčlenil původní Jednotu). Pro mnohé myslitele energie neměla (a dodnes nemá) dostatečně fundamentální status něčeho samostatně hmotného či aspoň reálného. To se však počalo měnit myšlenkami Maxwella a v novější době Diraca, když založili pojem *pole*. To bylo něčím, co může trvat v časoprostoru a ovlivňovat hmotné částice potenciálem dané interakce. Dlužno říct, že *kvantová teorie pole*, která se začala hlavně v 50. letech budovat, byla schopna zahrnout jenom tři ze základních čtyř interakcí, tedy elektromagnetickou, slabou a silnou, zatímco s tou gravitační (tedy se zakřivením časoprostoru) si dodnes neví rady. Co dneska známe jako Standardní model, úspěšně popisuje povahu a interakci celkem 12 dosud známých elementárních částic, které mají masu, z toho 6 kvarků (z nichž jenom dva se vyskytují v protonech a neutronech) a 6 mnohem lehčích leptonů (z nichž jenom elektron se běžně vyskytuje v obyčejné hmotě). Interakce mezi nimi byly úspěšně popsány jako výměna částic, které nemají masu: fotonu pro elektromagnetickou interakci, 6 různých gluonů pro silnou interakci (která drží pohromadě složené částice i celé atomové jádro) a tři různé mesony pro slabou interakci (která hlavně

ovlivňuje β -rozpad). Standardní model má však jednu zvláštnost: jeho rovnice, charakterizující fermiony (tedy leptony a kvarky), se ukázaly jako řešitelné (i po různých cvicích s tzv. renormalizací) jenom tehdy, když z nich byla vypuštěna *masa* dané částice. Fyzici s tou zvláštní obtíží na návrh Higgse a několika dalších autorů nakonec naložili zavedením předpokladu, že částice svou masu získává interakcí se zvláštním, tzv. Higgsovým polem, které je rozprostřeno po celém vesmíru (a svým ad hoc zavedením poněkud připomíná zlopověstný *éter*, vykázaný z fyziky o 60 let dříve). Nedávné nalezení Higgsova bosonu (nebo spíš částice, která má vlastnosti u toho bosonu očekávané), který má zprostředkovat tuto interakci, se považuje za potvrzení teorie. Jelikož nejsem odborníkem v této nesnadné oblasti fyziky, nemám dost argumentů, abych podložil svou intuitivní skepsi k tomuto řešení.

Tím méně se cítím povolán posuzovat alternativní *teorii strun*, která už přes půlstoletí slibuje vyřešit všechny fundamentální problémy fyziky a stát se tak – alespoň z toho hlediska – *teorií všeho*. Protože je i zde k dispozici řada popularizujících textů, stačí snad říct, že základní idea dosadila za poslední element veškeré hmoty *jednorozměrný objekt* (jakkoliv protismyslně to zní), jehož různé vibrační módy měly vést ke všem vlastnostem, jimiž se vyznačují elementární částice jako masa, náboj, spin, a také ke všem známým interakcím včetně té gravitační, s níž si do té doby kvantově-mechanický popis nevěděl rady. Jak si lze přečíst v různých textech, jeden prostorový rozměr brzo nestačil, bylo jich stále víc, až se jejich počet snad ustálil na závratných *jedenácti* rozměrech (z nichž 7 si máme představit jako *svinuté* kolem os čtyřrozměrného časoprostoru). Ze strun tak byly brzy mnohorozměrné *membrány* (neboli D-brány) a není třeba ani říkat, že názornost tohoto popisu je ještě mnohem menší, než jiné výboje moderní fyziky. Ostatně nebyl jenom jeden popis, ale přinejmenším pět hlavních. Výkon Wittena, který v roce 1995 prokázal jejich vzájemnou ekvivalenci a vybudoval sjednocující M-teorii, byl jistě úctyhodný, ale nestačil na to, aby poskytl opravdu věrohodný popis veškeré fyzikální reality. Od té doby se na té teorii stále pracuje, ale – přes obrovský intelektuální potenciál do ní vložený a řadu dílčích zajímavých výsledků – se nezdá, že by špěla ke konečnému vítězství. Opravdu spojit kvantovou mechaniku s Einsteinovou teorií gravitace se zdá být nad síly dnešních fyziků.

To všechno snad nebylo ani nutno takto rozvádět, kdyby nebylo faktu, že celý bohatě rozvětvený přístup *strunové teorie* implicitně předpokládá kvanta *energie* jako fundamentální elementy veškeré hmoty. Jako i ve Standardním modelu (i když jinak), *masa* je vlastně něco druhotného. To je snad hodno aspoň zaznamenání.

Ani Standardní model ani M-teorie a její novější extenze si nemohly lichotit, že jsou snad *teorií všeho*, do toho měly ještě daleko; nicméně jejich relativní úspěchy živily optimismus, že už alespoň rámcové pochopení fyzikální reality nemůže být daleko. Ale jako v oné anekdotě o moudrém rabínovi, další poznání přineslo téměř zdrcující zjištění, že je v jistém smyslu *všechno jinak*, než se myslelo. Oběžné dráhy hvězd v bližších galaxiích, jež se astronomové naučili měřit s pozoruhodnou přesností, významně neodpovídají gravitačnímu působení viditelné hmoty, ať už podle Newtonovy nebo Einsteinovy fyziky. Zdá se, že buďto ve velkých měřítcích neplatí námi uznávané pohybové zákony (což ale jiná pozorování vyvracejí), nebo je ve vesmíru přítomna nějaká *temná hmota*, kterou nevidíme a o které nic nevíme; co horšího, oné neznámé hmoty by mělo být asi pětkrát víc, než té viditelné, jíž se zatím zabývala naše fyzika. Nebudu citovat divoké teorie, které se ji snaží vysvětlit, jelikož zřejmě postrádají jakýkoliv základ kromě fantazie svých autorů.

Tím ale svízel fyzikální kosmologie zdaleka nekončí. Že se vesmír rozpíná (což znamená, že přibývá jeho prostoru), se ví už od 20. let – konečně tento fakt vedl k představě Velkého Třesku (jakkoliv tato hypotéza je dnes opřena o závažnější doklady); že se však toto rozpínání stále urychluje, o tom astronomy přesvědčila až poměrně nedávná měření. Podle interpretace, značně sdílené mezi kosmology, tento jev musí být efekt neznámé *temné energie*, vlastní nikoliv té či oné hmotě, ale *samotnému prostoru*.

Energie *prostoru*? To jsme už daleko od sporů o to, zda je možná energie, která by nebyla vlastností hmoty resp. masy. Jakkoliv připustíme, že se třeba fotony Velkého Třesku zrodily spolu s kvarky v první tisícíně vteřiny a některé z nich unikly do toho, co dnes pozorujeme jako *záření pozadí*, je – nebo byla – to energie, šířící se *v prostoru*, nikoliv energie prostoru jako takového. Ano, je nutno připustit, že ta myšlenka není zcela nová: už ve 30. letech kvantová mechanika (nebo spíš její rodící se teorie pole) zrodila myšlenku *energie vakua*, podle níž z důvodů fundamentální neurčitosti i samotné *prázdná* musí energeticky oscilovat kolem nějaké nenulové hodnoty. Musím se přiznat, že patřím k těm nemnohým fyzikálním disidentům, kteří nikdy nepřijali tuto představu. I sami jeho proponenti zjistili, že ať už tuto energii představovali jakkoliv (nejčastější pojetí je spontánní zdroj *virtuálních* dvojic elektron-positron, které *půjčenou* energii *vracejí* svou anihilací na fotony), vycházela vždycky příliš velká, takže ji museli ad hoc *renormalizovat* na hodnotu, která vyhovovala jejich výpočtům. Ale ať už tuto *kvantovou energii vakua* přijmeme či ne, její hodnota je o nějakých sto řádů vyšší, než má mít ta *temná energie*; kromě toho její povaha nezakládá změnu metriky prostoru (neboli zakřivení časoprostoru). Dnešní nejvíce rozšířený názor se zdá být, že příčinou zrychlení rozpínání prostoru je *kosmologická konstanta*, což je doklad neblahého úpadku myšlení, v němž fyzici stále častěji vydávají název nebo dokonce symbol jevu za jeho vysvětlení. Jak známo, Einstein kosmologickou konstantu ad hoc dodal do základní rovnice obecné teorie relativity, aby jí zabránil možné řešení, jež by znamenalo gravitační zhroucení vesmíru; sám toho kroku vzápětí litoval (považoval jej za největší chybu svého života), ale později byl za něj chválen, neboť (v závislosti na velikosti konstanty) bezděčně předpověděl rozpínání vesmíru, případně jeho zrychlování. Konstanta ovšem nic nevysvětluje: říkáme jí nanejvýš, že něco kvantitativně nějak *je*.

Zdá se, že samo energetické pojetí prostorové expanze je pojmově zmatené. Energie je tradičně definována jako schopnost konat práci; a ta zas klasicky jako působení síly po nějaké dráze. Je tedy třeba síly k rozpínání prostoru? To předpokládá překonání nějakého odporu. Jediným odporem, který se tu nabízí, je gravitační působení hmoty vesmíru, které ovšem působí *v prostoru* a nikoliv *na prostor*. Nabízejí se tu zjevně dvě možnosti: buďto je tendence k rozpínání inherentní vlastnost samotného prostoru (což by pak nevyžadovalo žádnou temnou energii, ať onu energii vakua či tu tajemnou *kvintesenci* nebo jiný druh, ale pak bychom museli přebudovat celou fyziku), nebo prostor nelze oddělit od hmoty, kterou obsahuje, a jeho vlastnosti včetně metriky jsou na ní závislé (jak předpokládá obecná teorie relativity), pak ale nastanou jiné problémy: pokud jsou správné dnes přijaté představy, vzápětí po Velkém Třesku v tak zvané *inflační fázi* prostor vesmíru spolu s v něm obsaženou hmotou exponenciálně narůstal z důvodů, které ve skutečnosti neznáme; po jisté době se však působením gravitace začalo zrychlování zmenšovat (o tom jsou doklady). Jsou spory o to, zda se od té doby zase urychlilo, ale je jisté, že tu byla fáze, která umožnila strukturaci hmoty od elementárních úrovní až po tvorbu hvězd a galaxií a jejich shluků. V tom, jak je tomu dnes, se

zdá být jasno aspoň v tom, že viditelný vesmír se rozpíná rychlostí 73.8 (+/- 2.4) km/sec/megaparsec (poslední jednotka odpovídá asi 3.8 milionu světelných let) a tato rychlost zvolna narůstá. To nicméně nebrání, aby se v menších rozměrech hmota gravitačně shlukovala a to i v dimenzích galaxií (např. blízká galaxie Andromedy se přibližuje k naší Mléčné dráze).

Rozpínání vesmírného prostoru zřejmě tedy nebrání v určitých fázích strukturaci jeho hmoty; ale pokud se aspoň v zásadních otázkách naše fyzikální myšlení nemýlí, je to právě jen fáze: všechny interakce, které vesmír strukturují, jsou v různé míře závislé na vzdálenosti, tedy na metrice prostoru; to platí zejména pro gluonovou (silnou) interakci, která zjevně působí jenom na velmi krátkou vzdálenost. Je proto představitelné, že při extrémním rozepnutí prostoru hmota v podobě, jak ji známe dnes, postupně zmizí – bude se rozpadat na stále menší částice, volně se pohybující v prázdnu. Je ale také možné, že se rozpínání světa někdy zastaví nebo se obrátí do opačného směru, takže započne kontrakce, která nakonec vyústí do Velkého Zhroucení, tedy do nové singularity (jak tušili už staří Indové, když v době raných upanišád uvažovali o *dýchání vesmíru* v opakujících se cyklech rozvoje a zániku). Pro jeden nebo druhý vývoj zatím nemáme nic víc, než spekulace.

Poznání vesmíru a jeho jevů v různých jeho rozměrech od nepředstavitelně velkého až po stejně nepředstavitelně malé má na člověka dvojí účinek: na jedné straně zdůrazňuje jeho nicotnost v jeho individuální existenci, na druhé straně může vyvolat nadšené povznesení z výkonů lidského ducha, který se vši té nesmírnosti dovede postavit a uchopit svým intelektem mnohé z toho, co jej v rozměrech, čase, hmotnosti a síle tak závrtně přesahuje; a když se člověk nadchne vším tím poznáním, srazí ho zase na kolena vědomí, že kolektivně poznal jenom nepatrnou část povahy světa, jejíž velká většina zůstává jeho pochopení odepřena – zda prozatím či navždy, to se ve své konečnosti nedozví.

Snahou těchto řádek však nebylo vyložit vesmír, to by bylo pošetilé. Šlo mi o to, pokusit se aspoň trochu vyjasnit pojmy hmoty a energie. Jak ale vidíme, pojmy jsou v pohybu a jasná shoda v jejich obsahu není. Pokusme se nicméně aspoň o minimální výpověď, na níž se mohou shodnout mnozí. Pokud přijmeme fyzikální výklad světa, což je z hlediska filosofie vědomá redukce, hmotné je vše, co je objektivně (to znamená obecně vykazatelně) reálné a tedy ve své existenci přesahující naši vůli resp. vnímavost. Hmotnost světa (jeho objektů a jevů) v jeho pro nás dohlédnutelné podobě je principem jeho kontinuity resp. zachování v jeho dramatických proměnách. Jeví se jako nezbytné rozlišit dva komplementární projevy hmoty, masu a energii. Masa je především projevem odporu hmoty vůči změně a zároveň je nositelem její hierarchické struktury; je také nositelem vztahu hmoty k časoprostoru. Energie je dle okolností komplementárním principem tvorby a uchování struktury hmoty, ale též jindy jejích změn na různých úrovních (přičemž bez výjimky platí, že i relativně k dané masě má struktura exponenciálně vyšší energetický obsah s každou elementárnější úrovní). Masa a energie jsou vzájemně ekvivalentní, což ale neznamená jejich rovnost ani jejich vzájemnou úplnou převoditelnost. Je dílem zjevné, dílem pravděpodobné, že jak masa, tak i energie mají kromě známých i nezvyklé formy, jejichž původ nebo někdy povahu prozatím neznáme. Jakkoliv důmyslně byly vysloveny teorie o prvních okamžicích nebo vzdáleném konci vesmíru, ve skutečnosti nevíme, jak a proč povstala hmota, ani zda a proč ve vzdálené budoucnosti zase zmizí.

Naše kultura má v této dějinné chvíli zvláštní výsadu, že její vědění o materiálním světě daleko přesahuje vše, co lidstvo do té doby poznalo – a že současně se před ní otevírá dosud netušený prostor neznámého. Je třeba vědět mnoho, aby člověk začal tušit, jak málo toho doposud pochopil.