

Extrémní rizika: Pascalova sázka

*Některé pokusy mohou potenciálně ohrozit celou planetu.
Jak blízko nule musí být odhad rizika takovýchto
experimentů, aby byly morálně obhajitelné?*

Matematik a mystik Blaise Pascal je autorem slavného argumentu, proč být věřícím – i kdybyste si mysleli, že existence mstivého Boha je krajně nepravděpodobná, bylo by od vás prozíravé a rozumné chovat se tak, jako kdyby opravdu existoval; je totiž výhodnější zaplatit konečnou cenu tím, že se zřeknete zakázaných rozkoší v tomto životě, než podstupovat byť i minimální riziko něčeho nekonečně strašlivého, jako jsou věčná muka v ohni pekelném po smrti. Tento přístup však dnes nachází jen malou odezvu, a to dokonce i mezi pravověrnými věřícími.

Pascalova proslulá „pojistka“ je extrémní verzí takzvaného preventivního principu¹. Tento styl uvažování se široce uplatňuje ve zdravotnictví a environmentální politice. Například dlouhodobý dopad rozvoje geneticky modifikovaných organismů na lidské zdraví a ekologickou rovnováhu jsou zjevně nepředvídatelné; vyloženě katastrofální výsledky se nám sice může zdát nepravděpodobný, ale nelze jej zcela vyloučit. Zastánci preventivního principu nabádají k opatrnosti a prohlašují, že obhájci genetických modifikací mají povinnost přesvědčit ostatní, že jakékoliv obavy jsou neopodstatněné či přinejmenším že riziko je dostatečně

nízké na to, aby je budoucí přínos biotechnologií vyvážil. Analogický argument zní, že bychom se měli vzdát výhod marnotratného spotřebovávání energie, a zmírnit tak zhoubný vliv globálního oteplování (a obzvláště ono malé riziko, že tento vliv bude daleko vážnější, než jak jej popisují nejpravděpodobnější scénáře).

Temnou stránkou zářivých vyhlídek technologického pokroku je stále pestřejší plejáda potenciálních katastrof, za nimiž by nemusel stát jen zlý úmysl, ale také nedbalost či nepozornost. I dnes si dovedeme představit situace – třebaže nepříliš pravděpodobné – za kterých by mohlo dojít k nezvratné proměně společnosti či celosvětovému rozšíření nějaké smrtící choroby, na niž by neexistoval lék. A robotika či nanotechnologie mohou být z dlouhodobého hlediska ještě nebezpečnější.

Myslitelné jsou i hrozby vyplývající z nových poznatků fyziky. Při některých experimentech vznikají podmínky mnohem extrémnější, než by se kdy mohly vyskytnout přirozeně. V takových případech nedokáže nikdo předem říci, co všechno se může stát (což je na druhé straně pochopitelné – kdyby byly výsledky pokusů beze zbytku předvídatelné, ztratilo by jakékoliv experimentování smysl). Někteří teoretikové se domnívají, že při určitých typech experimentů by mohlo dojít ke spuštění nekontrolovatelného procesu, který by zničil nejen nás, ale i celou Zemi. Taková událost je zřejmě daleko méně pravděpodobná než lidmi způsobené bio či nanokatastrofy, které by nás mohly postihnout v tomto století, a dokonce i méně pravděpodobná než srážka Země s velkým asteroidem. Ale kdyby k ní přece jen došlo, měla by v každém směru nepoměrně hrůznější následky než „pouhý“ zánik civilizace, či dokonce druhu *Homo sapiens*. V souvislosti s tím vyvstává otázka, jak vyčíslit a porovnat míru „otrěsnosti“ a jaká preventivní opatření by měla být

přijata vůči hrozbám, jejichž pravděpodobnost je možná nepatrná, ale které by mohly vést ke konci konců. Měli bychom se snad zříci některých typů experimentů ze stejného důvodu, z jakého Pascal doporučoval dát se na víru?

Země v sázce

Takovéto prométheovské obavy mají své kořeny v éře vývoje atomové bomby za druhé světové války. Již tehdy se někteří lidé obávali toho, že jaderná exploze sežehne veškerou zemskou atmosféru či vodstvo. Edward Teller zvažoval tuto možnost už v roce 1942², načež Hans Bethe provedl rychlý výpočet, který obavy rozptýlil. Před zahájením operace Trinity – testu první atomové bomby v roce 1945 v Novém Mexiku – se Teller a jeho dva kolegové o problému zmínili ve své zprávě³; zaměřili se na možnost nekontrolovatelné reakce atmosférického dusíku a napsali, že „jedinou znepokojivou skutečností je to, že ‚faktor bezpečnosti‘ rapidně klesá s počáteční teplotou“. Tento poznatek vyvolal v padesátých letech nové obavy, protože vodíkové (fúzní) pumy skutečně produkovaly ještě vyšší teploty než bomby atomové. Další fyzik Gregory Briet se k tomuto problému vrátil před testem první H-bomby. Dnes je zřejmé, že onen faktor bezpečnosti byl opravdu mimořádně vysoký. Člověk se přesto musí ptát, při jaké hodnotě faktoru by se vládnoucí kruhy uvolily test vodíkové bomby zrušit.

Dnes už víme, že jediná jaderná zbraň navzdory své ohromné ničivé síle nemůže spustit řetězovou reakci, která by přivedla totální zánik Země či její atmosféry. (Něméné použití všech jaderných zbraní z ruských i amerických arzenálů by mělo stejně děsivé důsledky jako ty nejhorší přírodní pohromy, kterých se můžeme nadít během příštích sto ti-

síc let.) Určité fyzikální experimenty prováděné jen z čiré vědecké zvědavosti však představují podle některých odborníků globální, či dokonce kosmickou hrozbu. Tyto pokusy jsou jakousi ideální případovou studií problému, kdo a jak by měl schvalovat experimenty s katastrofálním potenciálem, jehož naplnění je sice velmi nepravděpodobné, ale nikoliv nemožné (zejména v situaci, kdy si přední experti nejsou svými teoriemi jisti natolik, aby mohli veřejnost uklidnit alespoň do té míry, jakou lidé právem očekávají).

Většina fyziků (a počítám se k nim i já) tyto hrozby považuje za velice, velice nepravděpodobné. Měli bychom si však ujasnit, co to vlastně znamená. Pravděpodobnost lze chápat dvěma odlišnými způsoby. První, který vede k jistému a objektivnímu odhadu, se uplatňuje v případě, je-li základní princip dobře znám nebo pokud se studovaná událost stala již mnohokrát v minulosti. Je kupříkladu snadné vypočítat, že hodíme-li desetkrát mincí, máme šanci přibližně jedna ku tisíci, že nám padne desetkrát panna. A kvantifikovat lze i pravděpodobnost nákazy spalničkami v době epidemie, protože i když neznáme všechny podrobnosti o způsobu šíření viru, máme spoustu dat o dřívějších epidemiích. Existuje však i druhý typ pravděpodobnosti, který odráží pouze informovaný odhad a s přibývajícimi poznatky se může měnit. (Charakter této subjektivní pravděpodobnosti mají například nejrůznější odhady důsledků globálního oteplování.) Při vyšetřování zločinu může policie říci, že se zdá být „velmi pravděpodobné“ nebo „krajně nepravděpodobné“, že tělo oběti je pohřbeno na tom či onom místě. To však vyjadřuje pouze přibližné šance vyplývající z dostupných důkazů. Následné prohledání inkriminovaného místa odhalí buď to, že tam tělo je, nebo že tam není – pak je pravděpodobnost buď jedna, nebo nula. Jestliže fyzikové zkoumají jev, který se nikdy dříve nestal, nebo

proces, jemuž příliš nerozumějí, pak každý jejich odhad vyjadřuje tento druhý typ pravděpodobnosti – je to informované posouzení situace, které se opírá (často velmi spolehlivě) o uznávané teorie, ale které přesto může být kdykoliv ve světle nových poznatků zásadně přehodnoceno.

Náš poslední experiment?

Fyzikové se snaží porozumět částicím, z nichž se skládá náš svět, i silám, jimž tyto částice podléhají. Touží po tom, aby mohli prozkoumat nejextrémnější energie, tlaky a teploty – proto také postavili gigantické a nesmírně složité urychlovače částic. Ideální metodou, jak opravdu intenzivně koncentrovat energii, je urychlit atomy téměř až na úroveň rychlosti světla a pak je přimět ke srážce. K tomu účelu jsou nejvhodnější velmi těžké atomy. Kupříkladu atom zlata je téměř dvěstěkrát hmotnější než atom vodíku – jeho jádro obsahuje 79 protonů a 118 neutronů. Ještě těžší je jádro atomu olova – 82 protonů a 125 neutronů. Pokud se srazí dva takto těžké atomy, protony a neutrony v jejich jádrech implodují; výsledný tlak a hustota těchto částic pak daleko přesahují hodnoty před implozí. Zhroucené protony a neutrony se pak mohou rozpadnout na ještě menší částice. Podle teorie se každý proton a neutron skládá ze tří kvarků, takže se při takové srážce uvolní přes tisíc kvarků. Podmínky v urychlovači částic napodobují v mikroskopickém měřítku ty podmínky, které panovaly první mikrosekundu po velkém třesku, kdy byla veškerá hmota ve vesmíru stlačena do podoby takzvané kvarkové-gluonové plazmy.

Někteří fyzikové se ptají, zda by tyto experimenty nemohly vést k daleko horším koncům než jen k rozbití několika atomů – zda by nemohly zničit Zemi, či dokonce celý

vesmír. Tomuto tématu se věnuje román Gregory Benforda *COSM*, v němž během experimentu v Brookhavenské laboratoři dojde ke zničení urychlovače a vzniku nového mikrovesmíru (který je naštěstí uzavřen v tak malé kouli, že jej jeho tvůrce, vysokoškolský student, může nosit v kapse)⁴.

Pokus, při němž by došlo k vyprodukování dosud nevídané koncentrace energie, by mohl vést ke třem různým katastrofálním koncům (jedná se o teoretickou a vysoce nepravděpodobnou možnost).

Za prvé by mohla vzniknout černá díra, která by pohltila všechno kolem sebe. Z Einsteinovy teorie relativity vyplývá, že množství energie potřebné ke vzniku i té nejmenší černé díry dalece přesahuje možnosti dnešních urychlovačů. Některé nové teorie však připouštějí, že mimo naše tři prostorové dimenze mohou existovat ještě další⁵; v takovém případě by gravitace byla podstatně silnější a malý objekt by se mohl zhroutit do černé díry snáze, než jsme si původně mysleli. Tytéž teorie však tvrdí, že takovéto díry by byly zcela neškodné, neboť by se téměř okamžitě po vzniku rozpadly.

Druhou hroživou eventualitou je to, že kvarky by se mohly znovu spojit a vytvořit velmi stlačený objekt zvaný *strangelet* (česky snad *podivnůstka*). Ten by sám o sobě nebyl nebezpečný – měl by být mnohem menší než atom – ale je zde riziko, že přemění vše, s čím přijde do styku, v novou, podivnou formu hmoty. V románu Kurta Vonneguta *Kolíbka*⁶ vytvoří výzkumný pracovník Pentagonu novou formu ledu, takzvaný led číslo devět, který netaje ani při pokojové teplotě. Jakmile však unikne z laboratoře, „nakazí“ obyčejnou vodu, takže ztuhnou všechna moře a oceány. Podobně by i náš hypotetický *strangelet* mohl přeměnit celou naši planetu v mrtvou superhustou kouli o průměru zhruba sto metrů.

Třetí nebezpečí pokusů s urychlovači je ještě exotičtější a potenciálně nejohroživější – jeho důsledky by totiž postih-

ly celý vesmír. Prázdný prostor, odborně vakuum, není jen pouhou nicotou. Vakuum je arénou všech myslitelných dějů – v latentním stavu se v něm skrývají všechny síly a částice, z nichž se skládá náš svět. Někteří fyzikové se domnívají, že prostor může existovat v různých fázích, stejně jako se voda může vyskytovat ve třech různých skupenstvích – pevném, tekutém a plynném. Současné vakuum může navíc být velmi křehké a nestabilní podobně jako třeba podchlazená voda: pokud je voda dostatečně čistá a klidná, lze ji ochladit na teplotu pod bodem mrazu, pak ale stačí i malý lokální podnět – například zrnko prachu – a podchlazená voda zmrzne v led. Obdobné úvahy vedou některé experty k domněnce, že vysoká koncentrace energie vytvořená srážkou atomů by mohla odstartovat takzvaný fázový přechod, který by narušil samotnou strukturu prostoru. Hranice nového vakua by se šířila jako expandující bublina a atomy by uvnitř nemohly existovat. Tato bublina by pohltila naši Zemi, pak okolní vesmír a nakonec by se rozšířila po celé Galaxii a dál. My bychom si svůj konec ani nestačili uvědomit. Vlna nového vakua by se totiž šířila rychlostí světla a zasáhla nás nepřipravené a bez varování. Taková událost by měla katastrofické následky nejen pro naši Zemi, ale i pro celý vesmír.

Podobné scénáře se mohou zdát poněkud bizarní, ale fyzikové o nich mluví s vážnou tváří. Může nás uklidňovat, že podle nejpreferovanějších teorií je toto riziko nulové. Stoprocentně jisti si však být nemůžeme: fyzikové mohou klidně přijít s alternativními teoriemi (a dokonce i vymyslet příslušné rovnice), které se budou shodovat se všemi dosavadními poznatky (tudíž je nebudeme moci zcela vyloučit) a budou některý z výše zmíněných katastrofických scénářů připouštět. Takové teorie možná neudělají díru do světa, ale vždy v nás budou vzbuzovat jisté pochybnosti.

Fyzikové se začali o pokusy s vysokými koncentracemi energie zajímat již v roce 1983. Během své návštěvy Institutu pro pokročilá studia v Princetonu jsem se na toto téma bavil se svým holandským kolegou Pietem Hutem, který byl v Princetonu rovněž na návštěvě a později se tam stal i profesorem. (Akademické prostředí tohoto ústavu, v němž byl dlouholetým profesorem například Freeman Dyson, podporuje nekonvenční myšlení a kreativního ducha.) Hut a já jsme si uvědomili, že jednou z možností, jak zjistit, zda je ten či onen pokus bezpečný, je přesvědčit se, jestli už to příroda neudělala za nás⁷. Ukázalo se, že podobné srážky, které plánovali experimentátoři v roce 1983, jsou ve vesmíru běžným jevem. Celý vesmír se doslova hemží částicemi známými jako kosmické záření, které se řítí prostorem téměř rychlostí světla. Tyto částice neustále narážejí do jiných atomových jader s ještě větší prudkostí, než jaké by bylo možno dosáhnout při jakémkoliv myslitelném experimentu. S Hutem jsme došli k závěru, že prostor nemůže být tak křehký, aby jej mohlo narušit cokoli, co by mohli vytvořit vědci ve svých urychlovačích. Kdyby tomu tak bylo, tak by vesmír nemohl existovat dostatečně dlouho a my bychom zde dnes nebyli. Kdyby se však výkonnost urychlovačů zvýšila stonásobně nebo i více – což je dnes vzhledem k finančním nárokům neproveditelné, ale do budoucna to vzhledem k novým technologiím není vyloučeno – pak by se tyto obavy znovu objevily, pokud bychom ovšem tou dobou nevládli již takovými znalostmi, že bychom na pouhém teoretickém základě mohli stavět daleko spolehlivější předpovědi než dnes.

Tyto pochybnosti se znovu vynořily docela nedávno, když americká Brookhavenská národní laboratoř i evropská CERN v Ženevě ohlásily své plány uskutečnit srážky atomů s větší energií než kdy dříve. Tehdejší ředitel Brook-

havenské laboratoře John Marburger (dnes vědecký poradce prezidenta Bushe) požádal tým odborníků, aby tuto možnost blíže prozkoumali⁸. Experti provedli pár výpočtů, které byly zaměřeny stejným směrem, jakým jsme kdysi v Princetonu uvažovali já a Piet Hut, a došli k uklidňujícímu závěru, že žádný kosmický soudný den vinou narušení časoprostorové struktury nehrozí.

Ovšem hrozbu bezděčného stvoření *strangeletů* tito fyzikové již tak kategoricky vyloučit nemohli. Ke kolizím o stejné energii ve vesmíru nepochybně dochází, avšak v podmínkách, které se od podmínek plánovaných pozemských experimentů v zásadních aspektech liší. Tyto rozdíly by mohly ovlivnit pravděpodobnost odstartování nekontrolovatelného procesu.

Většina přirozených kosmických srážek se odehrává v mezihvězdném prostoru v prostředí tak „řidkém“, že i kdyby nějaký *strangelet* vznikl, je velmi nepravděpodobné, že by narazil na další jádro, a rozpoutal tak řetězovou reakci. Od srážek v urychlovači se podstatně liší i srážky atomových jader se Zemí, protože atomová jádra z kosmu končí svou pouť v atmosféře, která neobsahuje těžké atomy olova, zlata ani jiného těžkého prvku.

Některá rychle se pohybující atomová jádra však dopadají přímo na pevný povrch Měsíce, kde se takovéto atomy vyskytují. K podobným srážkám docházelo v průběhu celé měsíční historie, a přece je Měsíc stále tady – na základě tohoto nezpochybnitelného faktu nás autoři brookhavenské zprávy uklidňují, že jejich experiment nemůže přivodit zkázu lidstva.

Ale i tyto srážky se od těch, které plánuje Brookhavenská laboratoř, liší v jednom možná velmi důležitém ohledu. Když rychle se pohybující částice dopadne na povrch Měsíce, narazí na jádro v téměř klidovém stavu a přenesení na ně

svou pohybovou energii. *Strangelety*, které by při takové srážce vznikly, by se i nadále pohybovaly a řítily by se vpřed skrze měsíční materiál. Naproti tomu experimenty v urychlovačích využívají symetrické srážky, při nichž se k sobě obě částice přibližují čelně. Jejich těžiště zůstává v klidu, takže se vzniklé *strangelety* nepohybují a mají větší šanci nabalovat na sebe okolní materiál.

Jelikož tyto experimenty probíhají v podmínkách, které se nikde v přírodě nevyskytují, mohou nás uklidňovat jen dva teoretické argumenty. Za prvé i kdyby byly *strangelety* reálné, není podle teoretiků pravděpodobné, že by mohly vzniknout během prudkých srážek v urychlovačích. Zbytky atomů by se po srážce spíše rozptýlily, než aby se zformovaly do nového objektu. A za druhé se teoretikové domnívají, že pokud by se *strangelety* přece jen zformovaly, měly by kladný elektrický náboj. Nekontrolovatelnou řetězovou reakci by ale mohly spustit pouze *strangelety* se záporným nábojem, které by okolní kladně nabitá atomová jádra neodpuzovaly, nýbrž přitahovaly.

Nejpravděpodobnější teoretické odhady jsou tudíž uklidňující. Teoretik Sheldon Glashow a odborník na energetiku a ekologii Richard Wilson celou situaci stručně shrnuli takto: „Pokud *strangelety* skutečně existují (což není vyloučeno), pokud jsou dostatečně stabilní (což je nepravděpodobné), pokud jsou negativně nabitě (přestože teorie se jasně kloní spíše k pozitivnímu náboji) a pokud miniaturní *strangelety* mohou vzniknout i v brookhavenském urychlovači částic (což je krajně nepravděpodobné), pak bychom měli problém. Není vyloučeno, že nově zrozený *strangelet* by začal pohlcovat atomová jádra, neustále by rostl a nakonec by zničil celou Zemi. Bez ohledu na to, kolikrát slovo „nepravděpodobné“ zopakujeme, nás asi obavy z totální katastrofy nepřestanou pronásledovat.“⁹

Jaká rizika jsou přijatelná?

Já osobně se kvůli experimentům s urychlenými částicemi ze spaní nebudím. A neznám ani žádného jiného fyzika, který by z nich byl jakkoliv nervózní. Naše duševní rozpoložení však neodráží o mnoho více než jen subjektivní posouzení rizika, jež je založeno na přiměřených znalostech příslušných vědních oborů. Teoretické argumenty se opírají spíše o pravděpodobnost než o jistotu a Glashow s Wilsonem to vyjádřili velmi přesně. Nemáme nejmenší tušení, zda se stejné podmínky jako v urychlovačích částic vyskytují i v přírodě. Nemůžeme si být tudíž stoprocentně jisti, že vznik *strangeletů* nepovede k neodvratné katastrofě.

Brookhavenská zpráva (a také podobný počín výzkumných pracovníků největšího evropského urychlovače CERN v Ženevě¹⁰) byla prezentována tak, aby působila uklidňujícím dojmem. Ovšem míra jistoty, kterou v ní vědci nabízejí, by postačovala jen stěží, a to i v případě, že bychom jejich argumentaci přijali bez výhrad. Odhadují, že i kdyby experiment běžel deset let, nebylo by riziko katastrofy vyšší než jedna k padesáti milionům. To možná vypadá jako astronomicky vzdálená šance – dokonce ještě menší než výhra v národní loterii na jednu sazenku (tedy zhruba jedna ke čtrnácti milionům) – ovšem pokud prohra znamená konec lidstva a výhra jen přínos čisté vědě, nestojí to za to. Běžným způsobem, jak změřit závažnost hrozby a vyčíslit jakýsi předpokládaný počet obětí, je vynásobit její pravděpodobnost počtem ohrožených lidí. Jelikož by v nebezpečí byla celá pozemská populace, experti vypočítali, že taková katastrofa by si vyžádala až 120 předpokládaných obětí (šest miliard obyvatel Země děleno padesáti miliony).

Nikdo by se samozřejmě nezastával fyzikálního experimentu, který způsobí smrt „až 120 lidí“. V našem případě

však šlo o něco jiného – šlo o to, že je zde riziko až jedna k padesáti milionům, že zemře šest miliard lidí. Je taková interpretace přijatelnější? Většinu z nás to podle mne nijak zvlášť neuklidňuje. Lidé ochotněji akceptují riziko, které podstupují dobrovolně či které slibuje nějaký přiměřený zisk. Experimenty s urychlenými částicemi ani jednu z těchto podmínek nespĺňují a přínos v nich vidí snad jen fyzikové, kteří by se z nich mohli leccos dozvědět.

Můj kolega z Cambridge Adrian Kent upozornil na další faktor – definitivnost a úplnost zániku, ke kterému by tento scénář vedl. Takový konec by nám vzal naději, která je pro většinu z nás velmi důležitá, že po sobě lidstvo zanechá nějaký biologický či kulturní odkaz, naději, že naše životy a práce jsou součástí nějakého kontinuálního procesu. A co horšího, předem by odsoudil k záhubě všechny budoucí generace, a tedy zřejmě daleko větší počet lidí, než žije na Zemi dnes. Zánik veškeré světové populace (a zničení nejen lidského druhu, ale vlastně i celé pozemské biosféry) by tudíž nebyl „jen“ šestmiliardkrát horší než smrt jednoho člověka. Proto bychom možná měli nastavit ještě přísnější limity rizikovosti těchto experimentů dříve, než s nimi vyslovíme svůj souhlas.

Filozofové již dlouho diskutují o tom, jak vyvážit práva a zájmy lidí, kteří zde budou žít v budoucnosti, s právy těch, kteří jsou naživu již dnes. Někteří z nich, například Schopenhauer, nepovažují bezbolestnou zkázu světa za nic odsouzeníhodného. Většina by se však přikláněla spíše ke stanovisku Jonathana Schella: „Zatímco je pravda, že zánik by nepocítili ti, které by postihl – nenarození, kteří by nenarozeními zůstali – nelze říci totéž v případě alternativy zániku, tedy přežití. Pokud nenarozeným zabráníme v příchodu na svět, nebudou mít nikdy možnost hořekovat nad svým osudem; v opačném případě však budou mít nespočet příle-

žitostí radovat se z toho, že jsou naživu a že jsme je neodsoudili k záhubě ještě před narozením. Za prvé a především proto musíme usilovat o to, aby lidé přicházeli na svět, a to v tak základním zájmu, jakým je zájem jich samých. Z tohoto závazku pak plyne vše ostatní – přání prospět budoucím generacím, vybudovat jim příjemné místo pro život a také přání vést slušný život ve společném světě, jehož zárukou bezpečnosti je bezpečí našich potomků. Naším prvořadým zájmem musí být život, vše ostatní je vedlejší.¹¹

Kdo by měl rozhodovat?

Podle mého názoru by nemělo být přijato žádné rozhodnutí, jež by udělilo zelenou experimentu, který s sebou nese nebezpečí totální zkázy, aniž by veřejnost (nebo její vybraní představitelé) souhlasili s tím, že míra rizika je pod kolektivně akceptovanou přijatelnou úrovní. Teoretikové se ve výše uvedeném případě zaměřili spíše na rozptýlení obav, které jsou podle nich přehnané, než aby se pokusili provést objektivní analýzu. Veřejnost má ovšem nárok na spolehlivější záruky. Pokud hrozí zničení celého světa, nelze se spokojit s ležérním odhadem, i kdyby bylo takovéto riziko sebemenší.

Francesco Calogero je jedním z mála odborníků, kteří tento problém berou opravdu vážně. Calogero není jen fyzik, ale také bývalý generální sekretář Pugwashských konferencí a dlouhá léta se angažuje ve věci kontroly zbrojení. Své obavy vyjadřuje takto: „Poněkud mne překvapuje nedostatek upřímnosti a otevřenosti v diskusi o těchto problémech... Mnozí, vlastně většina [těch, s nimiž jsem osobně hovořil nebo si dopisoval], se zajímali spíše o dopad svých výroků na veřejné mínění než o to, aby své poznatky předkládali s naprostou vědeckou objektivitou.“¹²

Co by měla společnost udělat, aby nebyla nevědomky vystavována nenulovému riziku téměř nekonečné katastrofy? Calogero říká, že žádný experiment, který by s sebou mohl nést takové nebezpečí, by neměl být schválen bez náležitých příprav podobných třeba analýzám rizik známých z jiných oblastí, kde by na jedné straně vystupoval tým odborníků zcela nezávislý na lidech, kteří experiment původně navrhli, jenž by hrál roli ďáblova advokáta a vymýšlel nejhorší možné eventuality, a na druhé straně jiný tým, který by hledal řešení problémů a protiargumenty.

Je-li cílem pokusu prozkoumat podmínky, v nichž panuje nám téměř neznámá „extrémní“ fyzika, nelze zcela vyloučit téměř nic. Budeme vůbec kdy moci s dostatečnou jistotou říci, že riziko toho či onoho není větší než milion, miliarda, či dokonce bilion ku jedné? Teoretické argumenty nabízejí takovou záruku jen zřídka – nikdy nejsou spolehlivější než předpoklady, na nichž jsou založeny, a jen přehnaně sebejistý teoretik by si vsadil na pravdivost svých domněnek při kurzu miliarda ku jedné.

A i kdyby mohla být pravděpodobnosti katastrofického výsledku přisouzena nějaká uvěřitelná hodnota, naše původní otázka zůstává: jak nízké by muselo být odhadované riziko, abychom mohli takovýto experiment odpovědně schválit? My ostatní bychom z něj žádný konkrétní užitek neměli, takže maximální míra rizika, kterou by s sebou nesl, by musela být samozřejmě nižší, než jakou by byli ochotni podstoupit sami experimentátoři. (A pochopitelně také daleko nižší než riziko jaderné zkázy, které občané akceptovali na základě svého osobního odhadu toho, co vše je v sázce, během studené války¹³.) Mohla by zaznít námitka, že šance jedna ku padesáti milionům je dostatečně uklidňující, protože je pořád menší než pravděpodobnost, že příští rok narazí do Země velký asteroid a způsobí katastro-

fu globálních rozměrů. (Ze stejného soudku je například tvrzení, že uměle zvýšená úroveň radiace je přijatelná, pokud nepřináší více než dvojnásobné riziko vzniku rakoviny než přirozená radiace pozadí.) Ale ani tato mez mi nepřipadá dost přísná. Lidé se dokáží smířit s hrozbou přírodní pohromy (jako je třeba dopad asteroidu nebo přirozené znečištění), proti níž nemohou nic dělat, ale to ještě neznamená, že by měli souhlasit se stejně velkým nebezpečím, kterému se lze vyhnout. Ve skutečnosti se všude tam, kde je to možné, snažíme snížit riziko na co nejnižší úroveň. Proto by také bylo vhodné vyvinout určité úsilí na zmírnění hrozby dopadu asteroidů.

Podle britských norem radiační bezpečnosti je nepřijatelné, aby i malá skupina dělníků v jaderné elektrárně podstupovala riziko úmrtí na následky ozáření vyšší než jedna ke stu tisícům za rok. Pokud bychom stejně přísné kritérium uplatnili na pokusy s urychlenými částicemi, přičemž ohroženou skupinou by byla celá pozemská populace a maximální počet úmrtí by byl na srovnatelně nízké úrovni, pak bychom museli požadovat ujištění, že riziko katastrofy není vyšší než jedna k tisíci bilionům (10^{-15}). A kdybychom stejnou váhu přiřadili životům všech lidí, kteří se kdy možná narodí – což je z filozofického hlediska pochopitelně poněkud sporné – muselo by být přijatelné riziko ještě milionkrát nižší.

Skryté náklady odmítnutí

A právě v tomto okamžiku vyvstává dilema. Nejpřísnější preventivní politika by zamezila realizaci každého pokusu, při němž mohou vzniknout zcela nové podmínky (pokud bychom s jistotou nevěděli, že se tytéž podmínky už někde

v přirozeném prostředí vyskytly). To by ovšem znamenalo naprosté ochromení celé vědy. Je zřejmé, že zákaz by neměl platit pro výrobu nových materiálů, například nových chemických látek – v takových oblastech jsme si základními principy téměř jisti. Ale jakmile bychom stanuli na prahu nebezpečí například při tvorbě nového patogenu, pak by možná byla na místě obezřetnost. Totéž platí i pro fyzikální experimenty, při nichž dochází ke srážkám atomů za ohromných rychlostí a jejich rozpadu na základní složky, o kterých toho mnoho nevíme.

Chtěl bych poukázat i na jakousi šedou zónu dřívějších případů, při nichž možná měla být vyžadována větší opatrnost. Kupříkladu v laboratorních mrazicích zařízeních je pomocí tekutého helia běžně dosahováno teplot jen o zlomky stupně nad úroveň absolutní nuly (-273 stupňů Celsia). Nikde na Zemi – a podle všeho ani nikde jinde ve vesmíru – neexistuje tak chladné místo. Slabé mikrovlnné záření, které je pozůstatkem žhavého zrodu vesmíru a odleskem velkého třesku, zahřívá vše minimálně na tři stupně nad absolutní nulou. Dr. Peter Michelson ze Stanfordské univerzity sestrojil detektor kosmických gravitačních vln (jemného zčeření struktury prostoru, které podle astronomů vzniká při kosmických explozích). Součástí tohoto přístroje je více než tunu těžká kovová tyč podchlazená na teplotu blízkou absolutní nule, což omezuje tepelné vibrace. Michelson tuto tyč označil za „nejchladnější velký předmět nejen na Zemi, ale i v celém vesmíru“. Zdá se, že jeho efektní tvrzení je pravdivé (pokud ovšem nějaký mimozemšťan neprováděl podobné pokusy).

Bylo snad uvedení prvního mrazicího zařízení s tekutým heliem do provozu důvodem k obavám? Jsem přesvědčen, že ano. Tehdy sice neexistovaly žádné teorie, které by poukazovaly na možné nebezpečí, to však mohlo být způsobe-

no i prostým nedostatkem představivosti – dnes již některé teorie (nutno přiznat, že velmi nepravděpodobné) s potenciálním rizikem vážně počítají, ale když bylo extrémně nízkých teplot dosaženo poprvé, vznášely se nad touto technologií daleko větší pochybnosti než dnes a fyzikové rozhodně neměli s takovou sebejistotou prohlašovat, že pravděpodobnost katastrofy je nižší než jedna k bilionu. Tak nízký kurz by se dal vypsat třeba na možnost, že zítra nevyjde Slunce nebo že při hodů nezfalšovanou kostkou padne stokrát za sebou šestka. V těchto případech však jde o fyzikální a matematické principy, které jsou již zevrubně prozkoumány a obstály v řadě zkoušek „ohněm“.

Než se rozhodneme schválit ten či onen pokus, který si zahrává s naším životním prostředím, musíme si položit otázku, jestli všechny jeho aspekty chápeme natolik hluboce a přesvědčivě, že můžeme s čistým svědomím vyloučit katastrofální výsledek. Lze souhlasit s poznámkou Adriana Kenta: „Je samozřejmě zcela nepřijatelné, aby se o otázce míry přijatelného rizika rozhodovalo ad hoc podle osobních kritérií zúčastněných odborníků. Tato kritéria, jakkoliv mohou být upřímná a promyšlená, nemusejí vždy vyjadřovat názor veřejnosti.“¹⁴

Pokusy, které nemají žádný jiný účel než získat podrobnější poznatky o přírodě a ukojit naši zvědavost, by měly podléhat velmi přísným bezpečnostním požadavkům. S nebezpečnými podniky lze souhlasit pouze tehdy, skýtají-li naději na nějaký konkrétní přínos, který by riziko vyvážil, obzvláště pokud by šlo o řešení některých závažných a naléhavých problémů. Když například Hans Bethe a Edward Teller počítali, zda při prvním testu atomové bomby nedojde k sežehnutí celé zemské atmosféry, určitě mysleli na brzký konec druhé světové války. Tenkrát toho bylo v sázce tolik, že měli právo pokračovat i bez téměř absolutní jistoty dob-

rého konce, jíž bychom podmiňovali schválení mírumilovného akademického experimentu.

Pokusy s urychlenými částicemi podtrhují dilema, kterému budeme stále častěji čelit i v dalších vědních oborech – kdo (a jak) by měl rozhodovat, zda povolit experiment, který s sebou nese sice velmi malé, ale přece jen nenulové riziko katastrofálního konce. Představují proto zajímavý modelový případ, který nás v daleko extrémnějším kontextu než u jakéhokoli biologického experimentu nutí k zamýšlení nad tím, jak posuzovat asymetrické situace, jež mohou s velkou pravděpodobností přinést pozitivní a užitečný výsledek, ale mohou skončit i naprostou pohromou, třebaže je to krajně nepravděpodobné. Případ australských myších neštovic ukazuje v malém měřítku, co by se stalo, kdyby třeba i zcela neúmyslně došlo k úniku nějakého smrtícího patogenu. Později v jedenadvacátém století se mohou stát nebiologické mikropřístroje stejně potenciálně nebezpečnými jako „zbloudilé“ viry; pak už nebudou krajní drexlerovské scénáře typu „šedého slizu“ náležet pouze do říše sci-fi.

Následky i toho nejnebezpečnějšího biologického experimentu však nikdy nebudou tak katastrofální jako následky pokusů s urychlenými částicemi, protože nikdy nebudou ohrožovat celou Zemi. Ovšem na rozdíl od pokusů, při nichž se používají ohromné akcelerátory, probíhají pokusy na poli biologie a nanotechnologie v menším měřítku, a tak budou pravděpodobně daleko četnější a rozmanitější. Pak budeme muset požadovat bezpečnostní záruky u všech z nich. Pokud má být realizován milion experimentů (tedy milion možností katastrofálního konce), je maximální přijatelné riziko každého z nich daleko nižší než v případě jednorázového pokusu. Pokud bychom chtěli převést tyto úvahy na konkrétní čísla, museli bychom znát odhad pravděpodobného užítku. Větší riziko bychom samozřejmě ak-

ceptovali u experimentů, které by například byly nezbytnou součástí programu na záchranu milionů životů. Někdy jsou rizika vědeckého výzkumu nezbytným průvodním jevem pokroku – kdo neriskuje, nemůže dosáhnout významných úspěchů.

Při posuzování rizika se uplatňuje specifický typ argumentace, který často vede k přesměřování optimistickým závěrům. K závažné nehodě, například zřícení letadla nebo poruše kosmické lodi, může dojít několika různými cestami, přičemž každá z nich představuje sled mnoha dílčích nehod (například kombinované či následné selhání několika součástek). Schéma rizika lze v takovém případě vyjádřit pomocí stromového diagramu chyb; pravděpodobnosti jednotlivých selhání se pak zkombinují, podobně jako když člověk násobí šance při sázce na kombinaci vítězů na dostizích (ačkoliv samotný postup je poněkud složitější, protože selhání se mohou vyskytovat v několika variantách, a navíc v takové korelaci, jaká u výsledků oddělených závodů neexistuje). Při takovýchto výpočtech může dojít k tomu, že jsou přehlédnuty některé klíčové chybové varianty, takže výsledek pak může působit klamným uklidňujícím dojmem. Kupříkladu se všeobecně věřilo, že raketoplán je natolik bezpečný, že posádce nehrozí riziko vyšší než jedna ku tisíci. Tragédie z roku 1987 se však přihodila již při pětadvacátém letu raketoplánu (a desátém startu raketoplánu *Challenger*). Při zpětném pohledu se zdá, že přesnější by býval odhad spíše jedna ku dvaceti pěti. Stejně opatrní bychom měli být i při posuzování nebezpečí rozmanitých selhání v jaderných elektrárnách, které jsou počítány podobným způsobem.

Chceme-li přesně změřit nepatrné nebezpečí hrozící celé Zemi, musíme vynásobit velmi nízkou pravděpodobnost obrovským číslem, které odpovídá nejextrémnější události

z Turínské škály. Pravděpodobnost není nikdy nulová, protože naše znalost základní fyziky je neúplná, ale i kdyby byla doslova mizivá, pak vynásobena obrovským číslem by byla dostatečným důvodem k obavám.

Jsou vědci u experimentů z oblasti fyziky částic, ale i biologie, robotiky či nanotechnologie, při nichž hrozí nebezpečí katastrofálního výsledku, schopni poskytnout takové záruky, na jaké má veřejnost právo? Jakými směrnici by se takové pokusy měly řídit a kdo by je měl formulovat? A i kdyby byly nějaké normy schváleny, kdo by je prosazoval? Jsem přesvědčen, že s rozšiřováním možností vědy budou tyto hrozby stále rozmanitější a všudypřítomnější. I kdyby byla jednotlivá rizika nízká, společně mohou představovat jedno velké nebezpečí.