

O historii mechaniky

Leonardo da Vinci kdysi prohlásil, že mechanika je zahradou matematiky, v níž dozrávají její nejkrásnější plody, a Jakub Bernoulli napsal, že chceme-li mít z přírodních pozorování nějaký užitek, musíme být matematiky. Tušíme tedy, že historie mechaniky bude spjata s historií matematiky. Tato „královna věd“ není jen logickou hrou, ale jazykem, kterým k nám promlouvá příroda.

Slovem „mechanik“ však označujeme člověka, který se vyzná ve strojích, rozumí jejich výrobě, funkci a údržbě. Strojů člověk používá k tomu, aby s využitím přírodních zdrojů uspokojoval své potřeby. Můžeme tedy očekávat, že rozvoj mechaniky bude též úzce spjat s rozvojem výroby.

Je zde však ještě něco jiného, co bylo hybnou silou rozvoje mechaniky (a konečně nejen mechaniky, ale i jiných věd a umění), a to je strach z neznámého, tajemného, strach ze smrti. Tento strach je daň, kterou člověk platí za svou rozumovou vyspělost, kterou získal postupným vývojem asi za 16 000 generací, tedy asi za půl milionu let. Z této doby zabírá historie mechaniky jako vědy jen asi třistapadesát let, což je asi sedm desítitisícin. Touha překonat omezenost prostoru a vlastní zánik nutila člověka pronikat do tajů přírody a neustále rozšiřovat hranice vlastního poznání.

Je možné namítnout, že i nebeská mechanika měla prozaičtější a životu bližší cíle: zdokonalit měření času a měření geodetická a umožnit lepší orientaci mořeplavcům. Avšak tyto cíle nebyly pohnutkou jedinou a vůbec ne pohnutkou převládající. Vždyť velcí badatelé v oboru nebeské mechaniky a astronomie měli většinou občanská povolání, v nichž nemohli výsledky svých objevů nijak uplatnit. To je zřejmé z těchto příkladů:

Tycho de Brahe byl advokát. Mikuláš Koperník byl duchovním. Wilhelm Biela, který objevil v Josefově teleskopickou periodickou kometu, jež se roku 1852 rozpadla a změnila v rej létavic zvaných „bielidy“, byl důstojníkem rakouské armády. W. C. Bond, který roku 1850 pořídil první fotografii měsíčního povrchu dalekohledem o průměru 380 mm, byl hodinář. Simon Mayer, objevitel spirální galaxie v Andromedě a objevitel prvních čtyř Jupiterových měsíců, byl hudebník. Tadeáš Hájek z Hájku, objevitel komety a supernovy v souhvězdí Cassiopea, byl lékař. Jindřich Schwabe, objevitel slunečních skvrn, byl lékárník. Wilhelm Tempel, objevitel komet, planetoidů a mlhovin, byl litograf. Fridrich Wilhelm Bessel, po němž se jmenují Besselovy funkce, byl účetním loděařské společnosti. Urban Joseph Leverrier, který objevil tužkou na papíře roku 1846 planetu Neptun, byl úředník. Jean Louis Pons, který roku 1819 objevil Ponsovu-Winneckovu kometu, byl vrátným hvězdárny (později se stal jejím ředitelem). A konečně Karel Anděl, jehož *Mappa selenographica* byla roku 1928 vyznamenána stříbrnou medailí Francouzské astronomické společnosti, a po němž se jmenuje jeden z měsíčních kráterů, byl učitelem.

Nechme konečně promluvit jednoho z nejpovolanějších, Alberta Einsteina:

„Nejkrásnější, co můžeme prožívat, je tajemno. To je základní pocit, který stojí u kolébky pravého umění a vědy. Komu to není známo, kdo se už neumí divit, neumí žasnout, ten je tak říkajíc mrtev, jeho oko je vyhaslé. Zázitek tajemna, třeba i smíšený se strachem, zplodil také náboženství. Vědomí, že existuje něco pro nás neproniknutelného – projevy nejhlubšího rozumu a nejzářivější krásy, které jsou našemu rozumu dostupný jen ve svých nejjednodušších formách – toto vědomí a cítění vytváří opravdovou zbožnost. V tomto a jedině v tomto smyslu patřím k hluboce náboženským lidem. Nedovedu si představit boha, který odměňuje a trestá předměty svého stvoření, který má dokonce podobu naší vlastní. Také si nemohu a nedovedu představit jedinice, který přetrvá svou tělesnou smrt; takové myšlenky ať v sobě živí ze strachu nebo ze směšného egoismu slabé duše. Mně stačí mystérium, že život je věčný, i vědomí a tušení zázračné stavby jsoucna, jakož i oddaná snaha pochopit aspoň nepatrný díl rozumu, který se projevuje v přírodě.

Jen kdo dovede změřit nesmírnou námahu a především obětavost, bez nichž by nemohlo být uskutečněno průkopnické dílo vědeckého myšlení, dovede změřit sílu citu, z něhož jedině může vyrůst práce tak odvrácená od přímo praktického života. Jak hluboká víra v rozumovou stavbu světů musela žít v Keplerovi a Newtonovi a jaká touha pochopit třeba i jen nepatrný odlesk rozumu jevícího se v tomto světě, že dovedli rozluštit mechanismus nebeské mechaniky v osamělé práci mnoha let! Kdo zná vědecké bádání v podstatě jen z jeho praktických výsledků, dospěje snadno ke zcela mylné představě o duševním stavu mužů, kteří – obklopeni skeptickými vrstevníky – ukázali stejně smýšlejícím cesty roztroušené nad krajinami země a nad stoletími. Jen kdo zasvětil svůj život podobným cílům, má živou představu o tom, co tyto lidi rozněcovalo a dodávalo jim síly, že přes nesčetné neúspěchy zůstali cíli věrní.“

K rozvoji věd přispívá konečně často i náhoda. Einstein by asi nebyl mohl formulovat zákony obecné teorie relativity, kdyby neměl po ruce vyspělou teorii Riemannovy neeuclidovské geometrie, a ta by asi tak záhy nevznikla, nebýt prací Gaussových. Nu, a podnětem Gaussovy práce bylo řešení kompetenčního majetkového sporu o pozemek různě zakreslený v různých pozemkových knihách. A tak vlastně za všechno může kterýsi magistrát.

Řekli jsme, že mechanika jako věda je stará asi 350 let. Jistěže již dříve shromáždil člověk zkušenosti z mnoha pozorování a dovedl předvídat. Avšak tyto zkušenosti byly součástí spíše přírodní filosofie než přírodní vědy. Co jim chybělo, byl především analytický způsob myšlení, schopnost idealizace a odvození matematických vztahů.

Například Aristoteles dovedl předpovědět průběh šikmého vrhu, ale nedovedl uvést o něm žádné číselné údaje. Do své předpovědi zahrnul i odpor vzduchu, ale nedovedl jej oddělit jako nepodstatný jev od podstatného jevu, totiž od konstantního gravitačního zrychlení. Proto tvrdil, že všechna tělesa padají k zemi rovnoměrně, avšak železo rychleji než dřevo. Šikmý vrh popsal Aristoteles takto: *Kámen se pohybuje přímočaře po dráze AB, v bodě B se unaví a spadne po dráze BC.* Dráhu ABC je možné považovat za tečny k balistice. Výrok Aristotelův tedy není falešný, ale nepřesný.

Jediné kvantitativní zákony mechaniky, které byly známy již ve starověku, byly:

- (1) *zákon o rovnováze sil na páce* (Heron z Alexandrie, 120 let př. Kr.)
- (2) *zákon Archimédův* (Archimédes, 287-212 př. Kr.).

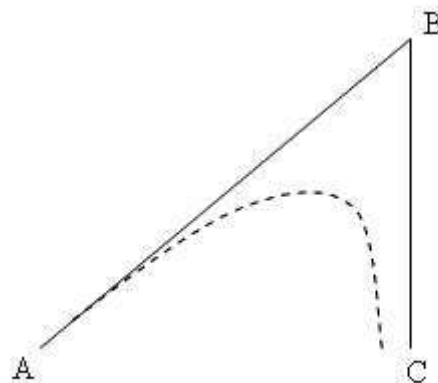
Pak vznikla téměř dva tisíce let dlouhá mezera. I v této době se mnozí lidé pokoušeli o formulaci přírodních zákonů, ale i jim chybělo kvantitativní poznání. Např. německý dominikán Jordanus (≈1200 po Kr.) tvrdil, že „součin váhy a výšky je měřítkem pro napětí, které pohání těleso zpět k zemi“, ale nebyl schopen pro toto měřítko udát žádnou stupnici, nedovedl stanovit závislost dráhy na čase. Než toto bylo objeveno, uplynulo ještě 400 let.

Středověká filosofie neznala primát rozumu; nad rozum stavěla vyšší autoritu, Písmo svaté a nadpřirozené zjevení v něm skryté. Z Písma se odpovídalo nejen na otázky týkající se světa nadpřirozeného, ale i na otázky světa vezdejšího. Přitom byl brán v potaz také Aristoteles, který byl za doby rozkvětu scholastické filosofie zván „předchůdcem Kristovým v přírodním vědění“.

Základní dogmata středověké církve se dají shrnout takto: „V Adamu lidstvo zhřešilo, v Kristu bylo vykoupeno“. Svět byl průhledný v prostoru i v čase. Člověk měl poučení o dějinách lidstva od stvoření světa až k poslednímu soudu. Do nebe stálic bylo vidět každé noci, Bůh byl člověku blízký. Věcí, po nichž by se mohl středověký člověk ještě tázat, bylo málo. Země je středem světa, v němž nehybně tkví, člověk je korunou a pánem tvorstva, kvůli člověku je zde svět i Země.

Nenáhle však ovládl názor, že Země nemá podobu ploché desky, ale že je kulatá. Co je však na spodní polovině koule? Je snad dokonce také obydlena lidmi? Existují protinožci? I o tom se hledalo poučení v Písmu. Avšak pozvolna se uplatňuje názor Kopernikův, podle kterého se Země otáčí kolem své osy a zároveň i kolem Slunce. Svět Kopernikův byl však stále ještě světem konečným, omezeným nebem stálic. Jeho učení bylo vysvětleno v knize *De revolutionibus orbium caelestium* roku 1543. V těchto myšlenkách pokračovali Galileo Galilei a Giordano Bruno. První exaktně, druhý filosoficky. A co všechno nezpůsobili! Země přestala být středem světa, člověk přestal být středem stvoření, vesmír se stal prostorově nekonečným, není již omezen nebem stálic. Vypáčeny byly hvězdy ze svých pevných sfér, rozbit pevný obal stálic obkličující všechno a člověku se otevřel volný rozhled do nekonečného prostoru s nespočetnými jinými světy mimo sluneční soustavu. Církevní dogmata se stala velmi pochybnými. Proto byl Giordano Bruno r. 1600 upálen a kniha Kopernikova dána na 141 let na index zakázaných knih. Stalo se tak roku 1616, tedy 73 let poté, co kniha vyšla, na základě odborného posudku, který zněl takto:

Tvrdit, že Slunce nepohnutě stojí ve středu světa, je nesmyslné, filosoficky klamné a přímo kacírské, poněvadž je to ve zřejmém rozporu k Písmu Svatému. Tvrdit, že Země nestojí ve středu světa, že není nehybná, nýbrž že se dokonce denně otáčí, je nesmyslné, filosoficky klamné, je to přinejmenším chybná domněnka.



Mezitím však **Galileo Galilei** (1564-1642) pokračoval horlivě a neúnavně ve svých výzkumech. Roku 1608 si vyrobil dalekohled a zjistil to, co Koperník pouze deduktivně odvozoval. Galilei objevil, jak se otáčejí Jupiterovy měsíce, vyložil Mléčnou dráhu jako skupinu hvězd, našel, že se Venuše otáčí kolem Slunce. V dopisu Keplerovi r. 1597 napsal:

„Je to neštěstí, že ti, kteří hledají pravdu a žádné nesprávné metody nesledují, jsou tak vzácní. Před mnohými lety jsem dospěl ke Koperníkovu názoru a našel jsem z tohoto hlediska příčiny mnoha přírodních úkazů, jež nelze obyčejnou hypotézou vyložit. Napsal jsem mnohé důvody pro i proti, jež jsem se však dosud neodvažoval vydat na světlo, neboť jsem byl zastrašen osudem našeho učitele Koperníka. Ten si u několika lidí získal nesmrtelnou slávu, u nesčetných však – je tolik bláznů na světě! – se stal předmětem vtipu a posměchu.“

(Koperníkovi se posmíval i Martin Luther: „Ten blázen chce celé umění astronomické převrátit. Ale Písmo Svaté praví nám, že Josua kázal Slunci tiše státi, nikoli Zemi.“)

Vývody Koperníkovy a Brunovy bylo možno považovat za omyl, za sofisma, za spekulaci. Ale Galilei odhalil fakta, o nichž nebylo možno pochybovat, o nichž bylo možno se v dalekohledu kdykoli znovu přesvědčit. To vzbudilo úžas a zděšení. Galileův spis byl roku 1632 ihned zakázán a o rok později Galilei Svatou Inkvizicí odsouzen, aby kleče odpřisáhl celé učení. Musil přiznat, že „*nesprávné je učení, že Slunce je nehybný střed světa. Země že naproti tomu není střed světa a pohybuje se.*“ Musil dále přísahat, že „*příště ani ústně, ani písemně nic nevysloví, z čeho by se učení to dalo vyvozovat, naopak že Svaté Inkvizici udá, pozná-li nějakého kacíře nebo někoho, kdo by byl z kacířství podezřelý.*“

Tím si Galilei zachránil život. Oslepl a žil až do smrti v domácím vězení. Zemřel ve věku 78 let. Jeho křivou přísahou nebyl pohyb Země zastaven, nebyl zastaven ani oběh nových názorů a myšlenek, přestože tisknout i takové knihy, v nichž se učí, že se Země točí kolem Slunce, je dovoleno teprve od roku 1822, tedy pouhých 181 let.

Nebeská mechanika, na které měli tehdy rozhodující podíl Kepler, Tycho de Brahe, Koperník, Galilei a Newton, tedy otevřela brány pokroku a přispěla k rozvoji všech věd, který je nemyslitelný bez svobody, nejcennějšího lidského statku. Jak napsal Carl L. Becker:

„Každá země, která myslí víc na své pohodlí a klid než na svou svobodu, ztratí svou svobodu a ironie přitom je, že ztratí také své pohodlí a klid.“

Izák Newton (1643-1727) – jeho tři zákony jsou uvedeny v knize *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Nejsou tam však ve tvaru, jaký známe z našich učebnic. Není tam žádné zrychlení, žádná hmotnost, ba není tam vůbec žádná matematická formule. Je tam jen věta „*Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae...*“, což znamená „*Změna pohybu (správně by mělo být quantitas motus, množství pohybu) je úměrná působící síle (vis motrix) a uskutečňuje se podél přímky, v níž tato síla působí.*“ Mutationem motus znamená změnu hybnosti ve dvou polohách pohybu, což je zase hybnost ($\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$). Vztáhneme-li zákon na případ translačního pohybu tělesa o hmotnosti m (vůbec to tedy nemusí být „hmotný bod“), a to z klidu v okamžiku $t = 0$ a za působení síly F , pak Newtonova věta zvaná *lex secunda* odpovídá rovnici $F \cdot t = m \cdot v$.

Adhémár Jean Claude Barré de Saint-Venant (1797-1886) byl ve své vlasti dlouho opomíjen. Byl uznáván v Německu, v Anglii i v Itálii. Francie ho přijala na milost teprve když mu bylo 71 let. Tehdy byl zvolen členem francouzské Akademie věd, v níž zaujal místo po zesnulém J.V. Ponceletovi. Abbé Moigno píše v předmluvě ke knize *Lekce z analytické mechaniky* vydané r. 1868, jak při psaní posledních dvou kapitol z teorie pružnosti hledal pomoc u svých německých a anglických kolegů. Ti mu odpověděli: „*Blízko Vás žije autorita par excellence, pan de Saint-Venant, poradte se s ním, naslouchejte mu, následujte ho.*“ A jiný učenec dodal: „*Vaše Akademie chybuje, velmi chybuje, když neotvírá dveře matematikovi, kterého nejpovolnější odborníci považují za výsostného.*“

Příčinou nepřízně byla událost z doby porážky Napoleona I u Lipska, kdy se zdálo, že už i Paříž padne do rukou spojených evropských armád, a tak byli na barikády povoláváni i studenti École polytechnique a mezi nimi sedmnáctiletý de Saint Venant. Ten odmítl nastoupit se slovy „*Mé svědomí mi nedovoluje bojovat za uchvatitele*“. Byl prohlášen za zrádce a zbabělce a vyloučen ze studia. Do školy mohl znovu nastoupit teprve jako šestadvacetiletý, a to do Školy pro stavbu mostů a silnic (École des Ponts et Chaussées).

Z té doby pochází pozoruhodný zápis denního rozvrhu:

5.30 – vstát, modlitba, meditace

6.30 – učení zpaměti

7.30 – četba a výpisky historické nebo literární

8.00 – práce matematické

9.00 – práce pro Stavbu mostů a silnic

10.00 – snídaně

10.30 – procházka a denní záležitosti

11.00 – práce pro Stavbu mostů a silnic

13.00 – hudba nebo lekce

14.00 – práce pro Stavbu mostů a silnic

17.00 – večeře

18.00 – procházka

19.00 – hudební hodinka

20.00 – cvičení ve zbrani apod., nebo práce, redakce, nebo společnost, italská komedie nebo korespondence

22.30 nebo 23.00 – modlitba a uléhání ke spánku. Žádné čtení v posteli, žádné dřímání ve dne, ani druhé zdřímnutí ráno v posteli.

Saint Venant si poznamenal do svého zápisníku: „Chci, ó Pane, protože jsi mne povolal do stavu inženýrského, myslet jen na obyvatele tohoto kraje, který obývám, postarat se o to, aby uctívali a milovali krále, a to tím, že budu vykonávat skutky společensky prospěšné. (...) Musím si přát jen obecné ctnosti, dobrotu, něhu, pokoru a prostou mysl.“

Augustin Louis Cauchy (1789-1857) žil po červencové revoluci v letech 1830 až 1836 v Praze u vévody z Bordeaux. Byl zapřisáhlý royalista, zachoval věrnost bourbonskému královskému rodu. Přesto se mohl později vrátit do Francie, kde se stal profesorem teoretické astronomie. Byl jediným profesorem, který nemusel přísahat věrnost republikánské vládě. Jemu lze připsat nejpodstatnější krok v analýze vtažů mezi napětím a přetvořením. Jeho životní dílo bylo vydáno ve 27 knižních svazcích.

Štěpán Prokofjevič Timošenko (1878-1972) byl bělogvardějským důstojníkem a světově uznávaným znalcem aplikované mechaniky ještě za carského Ruska. Za bolševické revoluce se zachránil útekem z Kyjeva, odjel posledním vlakem, který toto město před jeho pádem opustil. Nějaký čas pobýval i v Praze, ale pak našel útočiště v Záhřebu v tehdejší Jugoslávii, kde se stal učitelem na průmyslové škole. Bydlel v kabinetu školy. Tam si ho vyhledali Američané a pozvali k návštěvě Spojených států. Timošenko nabídku přijal. Za svého pobytu v USA dosáhl vrcholu své proslulosti. Tím se stalo, že zůstal členem ukrajinské Akademie věd, ačkoli byl emigrant, a jeho monografie a učebnice byly překládány a vydávány také v SSSR. To však nebránilo tomu, aby jeho syn, který tam zůstal, byl pronásledován. Ameriku, která mu tento vzestup umožnila, neměl moc v lásce. Evropská kultura mu byla bližší. Konec svého života se rozhodl prožít u své dcery v Německu. V nekrologu, který vyšel v časopise Applied Mechanics Reviews, čteme: „...dal Americe mnohem více, než ona mohla dát jemu.“

Jacob Steiner (1796-1863) byl švýcarským pasákem krav. Číst a psát se naučil až ve 13 letech. Připisuje se mu prvenství v objevení vztahu mezi momenty setrvačnosti k rovnoběžným osám, ale tento vztah znali už Euler i Huygens. Steiner se věnoval studiu geometrie. Jeho znalosti z algebry stačily tak na řešení kvadratické rovnice. Přesto se v geometrii proslavil natolik, že se stal r. 1843 profesorem berlínské Akademie. Byl vznětlivý, měl mnoho přátel i nepřátel. Jeho blízkým přítelem byl slavný německý matematik Jacobi, ale i s ním se jednou nepohodl a dokonce ho vyzval na souboj. Jacobi mu odpověděl: „Vážený pane, jste-li unaven životem, kupte si pistoli a vpalte si kulku do hlavy; mne k tomu nepotřebujete.“