

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Ivan Úlehla

Ernst Mach (1838—1916)

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 33 (1988), No. 6, 297--313

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139274>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1988

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



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

Ernst Mach

1838 — 1916

Ivan Úlehla, Praha

1. Rakousko-uherské mocnářství

Ernst Mach bezesporu patří k nejvýznamnějším vědcům poslední fáze existence Rakouska-Uherska. Tento mnohonárodnostní stát prochází v 19. století poměrně složitým vývojem. Citelně ho ovlivnily národnostní bouře čtyřicátého osmého a devátého roku. Jejich důsledkem nebyl jen bachovský absolutismus. Po něm následuje ještě řada změn, úplné zrušení poddanství, demokratizace politického života a rakousko-uherské vyrovnání, kterým se z habsburské monarchie vytváří dualistický stát. V českých zemích se výrazně v průběhu devatenáctého století dovršuje průmyslová revoluce a národní obrození přerůstá v uvědomělou politickou sílu.

A to je situace, do které vstupuje mladý Mach nejen jako občan rakousko-uherského státu, ale jako občan německé národnosti, člověk, který prožívá převážnou část svého života ve dvou největších kulturních centrech této země, v rakouské Vídni a v české Praze. Narodil se 18. února 1838 v malé vesničce Chrlice u Brna. Jeho otec měl vysokoškolské vzdělání, a proto prostředí, v němž Mach vyrůstal, mělo typický charakter inteligentní rodiny ve starém mocnářství. Zprvu se učil doma a skládal jen nezbytné zkoušky. Ve věku 15 let vstoupil na gymnázium v Kroměříži, a to přímo do sexty (dnes 2. třídy gymnázia).

2. Vídeň a Štýrský Hradec

Gymnaziální studium bylo pro Macha pravděpodobně počátkem jeho hlubšího zájmu o přírodovědnou problematiku. Patrně proto se po jeho ukončení v r. 1855 zapisuje na vídeňskou univerzitu, na níž studuje matematiku, fyziku a filozofii. Vysokou školu ukončuje v roce 1860 doktorátem, při kterém předkládá disertační práci o elektrickém výboji a elektrické indukci, o rok později se na ní také habilituje a stává se docentem. Jako habilitační práci asi předložil své studie o Dopplerově jevu. Tímto problémem, který se jevil v té době jako sporný a jehož původní výklad podal profesor pražské vysoké školy technické Ch. Doppler (1803–1854), se zabýval Mach v letech 1860–62 v laboratoři svého učitele, profesora, matematika a fyzika A. von Ettingshausena (1796 až 1878) na univerzitě ve Vídni. Mach se již zde projevil jako vynikající experimentátor, konstruktér měřicích přístrojů a fyzik, kterému jde o přesný výklad experimentu.

Dopplerův jev je, jak je známo, závislost frekvence elektromagnetického nebo akustického signálu na rychlosti zdroje, který tento signál vysílá. Doppler našel matematický

výraz pro tuto závislost, ale nesprávně ho interpretoval a zejména pak ve svých úvahách aplikoval. Mach optickými i akustickými experimenty prokázal, že Dopplerův výraz pro závislost frekvence signálu na rychlosti zdroje je správný, a tím pomohl k uznání existence jevu i jeho klasického výkladu. Soudobý výklad Dopplerova jevu podala teprve speciální teorie relativity. Jeho existence je podstatná např. pro radarovou a sonarovou techniku a při určování rychlosti i relativně velmi vzdálených astronomických objektů. Machovy práce o tomto jevu vyšly v domácích i zahraničních publikacích a pozitivně zasáhly do rozsáhlé diskuse o tomto jevu.

První léta po ukončení studia nebyla pro Macha příliš snadná. Byl asistentem fyzikálního ústavu na vídeňské univerzitě až do r. 1864, avšak část svých příjmů získával přednáškami vědeckopopulárního charakteru o optice a hudební akustice a také o psychofyzice, tj. o směru v psychologii, který se zabývá vztahy mezi intenzitou a charakterem vnějších podnětů a psychickou odpovědí lidského organismu na ně. Zájem o psychologii ho od těchto dob provázel po celý život.

Na vídeňské univerzitě se pro mediky přednášel pravidelný kurs fyziky. Mach se podílel na konání těchto přednášek a využil svých zkušeností z nich k napsání své první knižní publikace: *Kompendium fyziky pro mediky*, které vyšlo ve Vídni v roce 1863 v rozsahu 274 stran. Na svoji dobu je kniha pojatá moderně. Obsahuje tyto partie: Základy mechaniky, tři kapitoly o rovnováze tuhých těles, kapalin a plynů, pojednání o pohybu tuhého tělesa a pojednání o proudění kapalin a plynů, akustiku, základy nauky o teple, kapitolu o světle a kapitolu o elektřině. Celkové podání látky odpovídá poslání knihy a také úrovni ve vědě na počátku druhé poloviny 19. století.

Fyzika, podobně jako jiné přírodní vědy a matematika, prochází v 19. století bouřlivým vývojem, srovnáme-li ho se situací v 18. století. Vedle mechaniky se postupně prosazují disciplíny, které si vytvářejí pozici blízkou svou vahou postavení mechaniky, i když jejich základními pojmy zůstávají pojmy Newtonovy. První obor, který se v tomto smyslu ve fyzice formuje jako více méně uzavřená a vnitřně bezesporná disciplína, je termodynamika, opírající se o experimentálně prokázaný zákon zachování energie a z empirie vyvozenou druhou větu termodynamiky. Tato disciplína vytváří fenomenologickou teorii, v níž veličiny charakterizující stav objektů jsou spojitě. Nová teorie je schopna popsat a vyložit známé termodynamické jevy a prakticky využívat svých zákonů a výpovědí.

Velké úspěchy atomové teorie, kterou přijímá postupně od počátku 19. století chemie, pronikají kolem poloviny minulého století do fyziky a vedou k ustavení dalšího důležitého vědního oboru, statistické fyziky. Ta začíná zprvu jako kinetická teorie plynů neboli mechanická teorie tepla. Zrod tohoto oboru je nerozlučně spojen s pracemi německého fyzika R. Clausia (1822–1888), jeho další rozvoj s dílem anglického fyzika J. C. Maxwella (1831–1879) a zejména s pracemi Machova vrstevníka, rakouského fyzika, profesora univerzity ve Vídni R. Boltzmana (1844–1906).

Třetí obor, který v první polovině minulého století teprve začíná spět ke své vrcholné formě, je nauka o elektřině a magnetismu. Jeho ustavení předchází nejen pokusy jednotně pochopit elektrické a magnetické jevy newtonovským postupem, ale i přechod od Newtonovy korpuskulární teorie světla k fyzikální optice založené na představě o undulační povaze světla. V době, kdy vychází Machovo *Kompendium*, jsou publikovány

základní objevné Maxwellovy práce, v nichž je vyslovena teorie elektromagnetického pole, teorie koncepčně zásadně odlišná od Newtonovy mechaniky, teorie pracující s polem jako se spojitým prostředím. Nová teorie v sobě obsahuje i celou dosavadní optiku, neboť prokazuje, že světlo je druhem elektromagnetického pole.

Pomineme-li v *Kompendiu* partie týkající se mechaniky a akustiky, potom můžeme konstatovat, že kapitola o teple koresponduje se soudobými poznatky termodynamiky a statistické fyziky na úrovni odpovídající studujícím lékařství, podobně je tomu v kapitole o světle, která vychází z fyzikální optiky. Kapitola o elektřině odpovídá jen soudobému předmaxwellovskému obrazu.

Pozoruhodný v knize není jen moderní a poměrně jednoduchý způsob výkladu fyziky pro mediky, ale celkový přístup, v němž je fyzika podávána jako nutný základ pro studium fyziologie a jako věda, která umožňuje správně chápat funkci smyslových orgánů. Mach se touto problematikou zabýval zřejmě už soustavně, nejen ve svých vědeckopopulárních přednáškách z psychologie. Již v této své první knižní publikaci volí Mach velmi opatrný přístup k atomové teorii; tento přístup se později mění v její důrazné odmítání. V *Kompendiu* na str. 12, která patří ještě k úvodu, uvádí vedle sebe dvě pojetí hmoty, představu o kontinuálním pojetí hmoty, kterou nazývá dynamickou teorií, a představu atomistickou – atomovou teorii. Charakterizuje ji obecně takto: „podle atomové teorie přiřazujeme prázdným prostorem odděleným tělískům, atomům, podstatné vlastnosti hmoty; předpokládáme, že jsou neproniknutelné a mají hmotnost a že na sebe navzájem působí nějakými silami“. Na stejném místě říká, že obě teorie jsou vlastně hypotézami. O stránku dříve však píše, že tehdy, když pracujeme s atomovou teorií, se vlastně spokojujeme jen s hypotézou. Tomu odpovídající poznámku o dynamické teorii hmoty v uvedené části již nemá. Jeho vědecké zaměření na fyzikální optiku a na akustiku a hluboké pochopení fenomenologické termodynamiky v něm zřejmě posílily představu o kontinuální struktuře světa a o souvislostech procesů, které v něm probíhají. To ho vedlo k favorizování dynamické teorie.

Již ke konci prvního pobytu ve Vídni se Machův zájem soustřeďuje velmi výrazně na fyziologickou problematiku, zejména na fyziologii smyslů. V této oblasti uveřejňuje celkem sedm drobnějších prací v období let 1863 – 1865. Mach se tak přiřadil k nepřilíš velkému počtu fyziků zabývajících se biologickou problematikou z fyzikálního hlediska.

V roce 1864 se Mach stává profesorem matematiky na univerzitě ve Štýrském Hradci (Graz), zahajuje tak na jedné z významných univerzit mocnářství svoji vědeckou dráhu. Pro vybavení svého pracoviště nedostává však subvence, a proto, pokud hodlá konat pokusy, musí si potřebné přístroje a experimentální vybavení pořizovat z vlastních prostředků. Přes tyto nesnáze pokračuje ve své vědecké práci. V roce 1866 se stává i profesorem fyziky, věnuje se však nejen fyzice, ale nadále poměrně hodně i fyziologii smyslů. Objevuje přitom zajímavý psychofyzický efekt, související s vnímáním prostoro-rově rovnoměrně rozloženého osvětlení lidským okem. Tento jev se stal v posledních letech znovu předmětem hlubšího výzkumu.

V roce 1867 končí Mach svůj pobyt ve Štýrském Hradci, neboť se stává profesorem experimentální fyziky na pražské univerzitě. Přejíždí tak na druhou nejvýznamnější univerzitu v rakousko-uherském mocnářství. Před odjezdem do Prahy se E. Mach žení. Má před sebou zajištěnou existenci a významné postavení.

Praha v druhé polovině 19. století procházela značným hospodářským a kulturním rozkvětem, souvisejícím s vyvrcholením průmyslové revoluce. Současně se stala přirozeným centrem českého národního hnutí. Měla v té době dvě vysoké školy. Nejstarší univerzitu ve střední Evropě založenou v roce 1348 a zvanou od 17. stol. až do pádu mocnářství Karlo-Ferdinandovou a poměrně již starou vysokou školu technickou (nazývanou Královský zemský polytechnický ústav), založenou na počátku 19. století (1806) a navazující na starší technickou školu.

Na univerzitě se přednášela matematika a fyzika na filozofické fakultě a tyto přednášky byly určeny především výchově učitelů pro střední školy. Přednášky z fyziky se mimoto konaly též pro mediky a pro farmaceuty. Na technice se přednášela matematika a fyzika pro potřeby budoucích inženýrů a po jistou dobu také matematika zaměřená na výchovu učitelů pro střední školy.

Výuka matematiky a fyziky na univerzitě, na kterou Mach přijížděl, se po reformách z let 1848–1850 značně změnila. Místo obecných úvodních přednášek z matematiky a fyziky pro všechny posluchače filozofické fakulty se začaly konat přednášky zaměřené ke specifickým potřebám budoucích učitelů matematiky a fyziky i budoucích lékařů a lékárníků. Profesori fyziky zajišťovali základní kurs experimentální fyziky, který měl 5 hodin týdně v prvním roce studia a tomu odpovídající praktická cvičení v rozsahu 4 hodin týdně. Profesori matematiky vedle přednášek vysloveně matematických měli na starosti přednášky z teoretických fyzikálních oborů, jako např. z analytické mechaniky a teorie tepla. Tyto přednášky, podobně jako přednášky z experimentální fyziky pro vyšší ročníky, patřily k přednáškám v podstatě „výběrovým“, které si studenti zapisovali na základě vlastního uvážení tak, aby mohli přistoupit k příslušným zkouškám. Těchto „výběrových“ přednášek bylo zpočátku druhé poloviny 19. století velmi málo, postupně však jejich počet povlovně narůstal.

Před příjezdem E. Macha do Prahy úvodní kurs experimentální fyziky přednášel profesor Viktor Pierre (1819–1888), který byl ředitelem fyzikálního kabinetu univerzity. Profesor Pierre však v roce 1867 přešel na vídeňskou techniku a uvolnil tak místo pro E. Macha. Kabinet, který Pierre vedl, měl jediného asistenta a jako další sílu mechanika. Teoretické přednášky fyzikální konali v letech 1860–1867 profesori matematiky V. Matzka (1798–1891), který přednášel jednotlivé obory mechaniky a matematické partie fyziky, do roku 1862 i prof. J. F. Kulik (1793–1863), který konal přednášky pouze o mechanice a od roku 1865 i prof. K. Hornstein (1824–1882), který přednášel analytickou mechaniku. K výběrovým přednáškám experimentálního charakteru, které konal V. Pierre, patří lekce z mechanické teorie tepla, optiky, kapilarity a magnetismu. Všechny přednášky se ovšem ještě konaly v jazyce německém.

V seznamu přednášek na letní semestr akademického roku 1866/67 není uvedeno jméno přednášejícího pro základní kurs experimentální fyziky, ale je v něm uveden již prof. E. Mach jako ředitel fyzikálního kabinetu.

3.1. Profesor E. Mach v Praze

Sotva se jeho rodina usídlí ve středu Prahy, v bezprostřední blízkosti*) centrálních budov Univerzity, Karolina a Klementina, Mach se s nesmírným elánem, který ho po léta neopouští, ponořuje do činnosti na univerzitě. S ním sem přichází i nový způsob myšlení, což se záhy projevuje v Machově pedagogické působnosti.

Mach již od akademického roku 1867/68 rozděluje základní kurs fyziky na kurs společný pro budoucí učitele a pro mědiky a na kurs pro farmaceuty. V letním semestru zahajuje přednášku, která se zde do té doby nekonala, a to Fyzikální rozpravy v rozsahu 1 hod. týdně. V zimním semestru jeho úvazek činí 13 hodin týdně, v letním 10 hodin.

Již tehdy přijímá do svého kabinetu jako mechanika velmi zručného a všestranného F. Hájka, který se podílel na konstrukci řady demonstračních a experimentálních přístrojů navržených Machem. Mach věnoval značnou pozornost vybavení svého kabinetu experimentální technikou, ale také demonstračními přístroji. Jeho přednášky se záhy staly proslulé vynikajícími a pedagogicky promyšlenými demonstračními pokusy, které přitahovaly i studenty z jiných oborů a veřejnost.

V akademickém roce 1869/70 rozděluje Mach v letním semestru základní kurs fyziky pro učitele na dvě přednášky, jednu o optice, druhou o hlavních problémech fyziky, což je opět přednáška nového typu. V dalším roce místo uvedeného kursu fyziky pro učitele Mach koná přednášku nazvanou téměř provokativně Experimentální fyzika na vědeckém základě. Vedle ní přednáší, a je to opět první přednáška tohoto druhu, Úvod do matematické fyziky v rozsahu 2 hodin týdně. V tomto roce se stává druhým členem jeho kabinetu asistent C. Neumann. Ve stejném roce získává Mach možnost využít pro svůj ústav tři stipendijní místa.

Později se Mach opět vrací k původním názvům základních experimentálních přednášek, zachovává však přednášku o hlavních problémech fyziky, ve výběrových přednáškách se začínají u něho objevovat čas od času přednášky z historie fyziky (poprvé v r. 1871/72) a pravidelně Úvod do samostatných prací (poprvé v roce 1872/73). Mach tedy zřejmě má tendenci nejen vychovávat budoucí učitele, ale i vytvořit u nadaných studentů předpoklady pro jejich další samostatnou vědeckou činnost. Jde tu všude o velmi progresivní a promyšlené zásahy do způsobu výchovy mladé vědecké generace.

Machovými partnery ve výuce teoretické a matematické fyziky jsou profesori matematiky V. Matzka, K. Hornstein, H. Durége (1821 – 1893), který přešel na univerzitu v roce 1869 z pražské vysoké školy technické, a profesor matematické fyziky F. Lippich (1838 – 1913), s nímž se Mach dobře znal ze Štýrského Hradce. Pro prof. Lippicha byl v roce 1875/76 zařízen kabinet matematické fyziky s jedinou pomocnou silou.

Machův fyzikální kabinet se nerozrůstá pouze o stipendisty, kteří v něm pracují, ale od roku 1875/76 trvale o místo pomocného asistenta. V tomto roce je u Macha asistentem W. Rosický a pomocným asistentem J. Wossika. Vedle nich je poskytnuta možnost pracovat v kabinetu i doktorandům. Machovi doktorandi pocházejí jak z jeho vlastních žáků, tak z absolventů zahraničních univerzit. Je podivuhodný a na univerzitě do té doby bezprecedentní počet doktorských disertací, které byly vypracovány pod Machovým

*) Staroměstské nám. 19/549.

vedením za 28 let jeho pobytu v Praze. Jde tu celkem o 17 disertací, tj. v průměru 2 obhájené disertace za 3 léta.

Teprve po rozdělení univerzity se z fyzikálního kabinetu, této líhně vědeckého dorostu, vytváří Fyzikální ústav. Počet jeho pracovníků i stipendistů se však nemění.

3.2. Rozdělení univerzity

Řešení národnostní otázky v českých zemích a na půdě univerzity ve druhé polovině 19. století se hluboce dotýká i profesora Macha. Jako vedoucí vědecká osobnost a mimořádně úspěšný pedagog se pochopitelně nemůže vyhnout přijímání odpovědných funkcí v rámci univerzity a s nimi spojeným jednáním o národnostních problémech. Mach byl poprvé zvolen rektorem*) v akademickém roce 1879/80, podruhé na akademický rok 1883/84, avšak této druhé funkce se záhy vzdal. Za bezprostřední příčinu tohoto kroku lze považovat Machův nesouhlas s úředním postupem při řešení národnostního vyrovnání na univerzitě.

V staleté historii univerzity to není první případ, kdy se tato instituce setkává s problémy týkajícími se národností. Celková společenská i politická situace a také podstata problémů se však v druhé polovině 19. století značně odlišuje od dob minulých. Nový stav je zřejmě podmíněn vývojem českého národního obrození, dovršením průmyslové revoluce a podstatným zvýšením ekonomické síly českých zemí ve srovnání s ostatními částmi mocnářství.

Úsilí o vytvoření systému škol, který by vyhovoval potřebám v českých zemích je provázeno postupnými úpravami na jednotlivých stupních škol. Zatímco na začátku druhé poloviny 19. století již existují a působí v českých zemích vedle sebe české a německé střední školy všech druhů, vysoké školy, i když na nich studuje velký počet českých studentů, jsou zatím čistě německé, tj. přednášky jsou vedeny, až na nepatrné výjimky, v německém jazyce a faktickou moc na univerzitě i na technice mají představitelé německé národnosti. Ale již v roce 1863/64 se začíná na pražské vysoké škole technické přednášet paralelně německy a česky a v roce 1869 se ještě bez mimořádného ohlasu ve veřejnosti rozděluje vysoká škola technická na českou, která byla později nazvána České vysoké učení technické, a na německou, která byla později nazvána Německou vysokou školou technickou. Kulturně historické pozadí univerzity však staví národnostní řešení otázky na její půdě do ostrého politického světla a má hluboký odraz v prudkých národnostních sporech uvnitř i vně univerzity.

V matematicko-fyzikálních oborech bylo zahájeno konání přednášek na univerzitě v českém jazyce později než na vysoké škole technické. První začal přednášet česky matematik F. J. Studnička (1836–1903), vrstevník Machův, profesor na vysoké škole technické v Praze v letech 1866–1875 a potom profesor matematiky na univerzitě. Ten ještě před příchodem na univerzitu přednášel i pro studenty univerzity matematiku česky. První fyzikální přednášku v českém jazyce začal konat asistent E. Macha C. Neumann. Byla to výběrová přednáška Teplo a rovnováha plynů a kapalin v zimním semestru akademického roku 1871/72. O rok později již přednáší Neumann kurs experi-

*) Již před tím byl děkanem filozofické fakulty v roce 1872/73.

mentální fyziky pro farmaceuty česky a v českých přednáškách se k němu připojuje A. Seydler (1849–1891) tehdy asistent pražské hvězdárny a docent teoretické fyziky, který vykládá teorii tepla a zemský magnetismus. Zato další asistent Machův Č. Dvořák (1848–1922) – zřejmě pod vlivem Machova zájmu o historii fyziky – koná přednášku z tohoto oboru německy. Od počátku sedmdesátých let se tak konají na univerzitě některé přednášky z fyziky a také z matematiky v českém jazyce.

Mach tedy zřejmě nebyl radikálním představitelem německé strany na pražské univerzitě. Navíc je o něm známo, že rozuměl a mluvil česky. Nicméně skutečnost, že byl v nejkritičtější období představitelem univerzity a že zřejmě nedocenil význam národnostní otázky, ho postavila jak v očích české, tak německé veřejnosti do vedoucí antičeské pozice.

Přirozeným přáním českých studentů i vysokoškolských učitelů a české veřejnosti odpovídajícím plně celkové situaci bylo plné zrovnoprávnění české a německé výuky na univerzitě, extrémním požadavkem tehdy bylo vytvořit z pražské univerzity univerzitu českou. Z německé strany, která se obávala růstu českého vlivu na univerzitě, neboť počet studentů českých převyšoval stále výrazněji počet studentů německých (viz tabulku), bylo přirozeným ústupkem národnostního tlaku zrovnoprávnění výuky v německém i českém jazyce a extrémním požadavkem nepovolit takové zrovnoprávnění.

Tabulka

Počet studentů na univerzitě ve vybraných letech na začátku zimního semestru příslušného akademického roku.

Při posuzování tohoto počtu je třeba přihlídnout k tomu, že po rozdělení univerzity v roce 1882 nebyly ustaveny všechny fakulty české části. Teprve po roce 1891 má česká část univerzity všechny fakulty.

rok	celkový počet studentů na pražské univerzitě	z toho na české části univerzity	z toho na německé části univerzity
1859	1 093	—	—
1867	1 609	—	—
1883	2 849	1 481	1 368
1887	4 104	2 461	1 643
1891	4 130	2 670	1 460
1893	4 246	2 815	1 431

Mach jako Němec se klonil spíše k umírněnějšímu stanovisku, avšak jako oficiální představitel univerzity, jako rektor anebo jako její významná vědecká osobnost nemohl nepřihlížet i ke stanovisku svých německých kolegů. Přitom návrhy na rozdělení univerzity na dvě, tj. na školy, které nejen přednášejí ve svém jazyce, ale mají také své vybavené ústavy knihovnami a dílnami, pokládá z ekonomického hlediska za nepřilíživě rozumné vzhledem k omezeným prostředkům, které školy od vlády dostávaly. Finančních potíží spojených s rozdělením univerzity se obávaly do značné míry obě strany.

Mach ještě za svého prvního rektorství požádal ministerstvo kultury a vyučování, aby se akademický senát mohl vyslovit k řešení národnostní otázky na univerzitě. Avšak

souhlas k tomu univerzita dostala až na počátku roku 1881. Mach byl tehdy akademickým senátem požádán, aby se stal referentem pro vyřízení této otázky. Hlavní zásady, které přednesl senátu, byly přes odpor některých německých členů přijaty. Šlo v nich o tyto body: nezdvajovat fakulty ani stolice (katedry), nedělit dosavadní univerzitu, ale zřídit novou českou univerzitu, třeba i neúplnou. Tento návrh vyvolal pochopitelně na české straně rozhořčení, protože se zcela pominula historická práva Čechů na univerzitě.

V roce 1881 potom pracovala komise složená ze tří německých profesorů, z nichž jedním byl E. Mach, tři českých profesorů, rektora a dvou zástupců místodržitelství. Jednání komise, která posuzovala uvedený návrh německé strany a návrh české strany na zrovnoprávnění české národnosti a českého jazyka na univerzitě a také řadu konkrétních otázek spojených s možným dělením se stalo podkladem pro politické řešení celého problému císařem a vládou.

Zákon z 28. února 1882 určil, jak bude univerzita v Praze vypadat nejen po zbytek Machova působení v Čechách, ale až do konce Rakousko-Uherska. V zákoně se praví na základě císařova rozhodnutí: „Od počátku zimního semestru 1882/83 budou v Praze dvě univerzity, totiž C. K. německá Karlo-Ferdinandova univerzita a C. K. česká Karlo-Ferdinandova univerzita“. Bylo to řešení kompromisní a šalamounské. Blokovalo úplné počestění původně jednotné univerzity v Praze, ale situace na univerzitě se postupně uklidnila a řešení národnostních otázek se přeneslo na jinou půdu. Profesor Mach se vrátil opět ke své vědecké a pedagogické činnosti, přednášel na německé části univerzity a na jeho výběrové přednášky chodili nadále i mnozí posluchači, kteří byli zapsáni na české části univerzity.

3.3. Kritika Newtonovy fyziky

Se stejným elánem jako při vyučování rozvíjí Mach svou vědeckou práci na univerzitě a strhává k ní řadu mladších a nadaných lidí. V tom se pamětníci jeho působení v Praze jednomyslně shodují. S typickou větou se např. shledáváme u profesora experimentální fyziky Č. Strouhala (1850–1922) z české části univerzity: „K žákům svým byl Mach bez rozdílu národnosti vždy laskavý a podporoval je ve všeliké snaze vědecké s ochotou vskutku vzácnou“.

Machova činnost vědecká v pražském období je velmi bohatá, pokrývá širokou oblast a je pro jeho osobu i význam zcela charakteristická. Převážná část jeho odborných publikací ve vědeckých časopisech pochází z tohoto období, stejně jako valná část jeho knižních publikací. Je to téměř 90 publikací a z toho 6 knižních. Podivuhodný při tom je na jeho dobu poměrně velký počet odborných prací, které Mach publikuje se spoluauto-ry, většinou s jedním a v některých případech i se dvěma.

Po příjezdu do Prahy Mach pokračuje v obou směrech, jimiž se zabýval na univerzitě ve Vídni a ve Štýrském Hradci, ve studiích z fyziologie smyslů a z fyzikální optiky a akustiky.

Jeho práce z fyziologie smyslů, jichž má v období 1867–1895 téměř 20, jsou soustře-
děny na vnímání optické povahy, na percepci a mechanismus příjmu akustických signálů

a na fyzikální podstatu funkce rovnovážného ústrojí. Některé pokusy vykonává i sám na sobě. Jeho práce z fyzikálně fyziologické problematiky ucha se staly známými a byly citovány v soudobých lékařských odborných publikacích. Svým výzkumem rovnovážného ústrojí přispěl Mach ke správnému fyzikálnímu výkladu funkce tohoto ústrojí.

Rozhodující část jeho práce v oblasti experimentální fyziky je zasvěcena z počátku fyzikální akustice a optice, do tohoto oboru spadá přibližně stejný počet prací, tj. téměř 20. Zkoumají se v nich interferenční a difrakční jevy, polarizační efekty, lom a dvojlom světla v různých médiích, vliv vnějšího působení např. tlaků na průchod světla různými médii. Mach se při tom také znovu vrací k Dopplerovu jevu. Jeho experimenty jsou čisté a velmi přesné. Mach se svým mechanikem vyvíjí řadu vynikajících měřicích a demonstračních přístrojů používaných potom ve výzkumu, ve vyučování na školách vysokých i středních v Rakousku-Uhersku; získávají mezinárodní uznání na výstavách.

Mach navíc při těchto pokusech rozvíjí a zdokonaluje nové experimentální metody, stroboskopickou a fotografickou. Část těchto prací je shrnuta v jeho druhé knižní publikaci: *Optické a akustické pokusy* z roku 1873 v rozsahu 110 stran. V předmluvě k ní jmenovitě děkuje třem svým žákům za pomoc při provádění experimentů.

Na tyto práce experimentální a metodické poměrně brzo navazují objevné práce týkající se nadzvukových rychlostí. Mach v publikaci věnované této problematice z roku 1887 podává správné vysvětlení zvukových efektů pozorovaných při pohybu projektilu ze střelné zbraně vzduchem. Dovojuje a experimentálně potvrzuje existenci rázové akustické vlny, která provází projektil pohybující se vzduchem rychlostí větší, než je rychlost zvuku v tomto prostředí. Ukazuje, že rázová akustická vlna vytváří kónus s vrcholem, v kterém je projektil, a že úhel mezi kónickou obálkou rázové vlny a osou, po níž letí projektil, je dán trigonometrickým vztahem $\sin \alpha = c/v$, kde c je rychlost zvuku ve vzduchu a v je rychlost projektilu. Úhel α byl později nazván Machovým úhlem a poměr rychlosti v/c , tj. v daném případě poměr nadzvukové rychlosti projektilu ve vzduchu k rychlosti zvuku ve vzduchu, je označován jako Machovo číslo. Rázové vlny, jak je dobře známo, provázejí lety letadel pohybujících se nadzvukovou rychlostí, efekty vyvolané nadzvukovými rychlostmi jsou velmi důležité pro zkoumání v aerodynamice a hydrodynamice a mají neustále značný praktický význam. Mach publikoval o těchto a příbuzných jevech 15 dalších prací experimentálně metodického charakteru.

Mach se za svého pražského pobytu začal zajímat o historii fyziky. Té sice nevěnoval tak systematickou pozornost jako svým studiím z fyziologie, akustiky a fyzikální optiky, přesto je však pro nás zajímavá tato jeho činnost tím, že osvětluje hlouběji Machův poměr k vědě a fyzice. Již v roce 1872 vychází jeho monografická studie o historii a počátcích věty o zachování energie a později i další práce o historii fyziky. V citované studii dovojuje, že zákon zachování energie je vlastně poměrně dlouho znám, neboť nevyjadřuje nic jiného než empirickou zkušenost, nemožnost sestavit perpetuum mobile. Staví tedy do popředí zde a také i později zkušenost a dedukci zákonů, principů a vět z této zkušenosti a potlačuje přímo nebo i nepřímo význam vyvozování fyzikálních zákonů nebo principů z postulátů nebo axiomů empiricky neodůvodnitelných nebo nedostatečně odůvodnitelných. Tento moment ve vývoji Machových postojů je velmi důležitý, neboť přichází tehdy, když nejen v matematice, ale i ve fyzice zraje doba k revizi výchozích axiomů, na nichž tyto vědy stavějí. To znamená, že brání rozvoji vědy cestou

neúplně indukce, která je vedle dedukce z empirie nezbytnou složkou vývoje a rozšiřování našeho poznání. Není to bohužel jediné příliš jednostranné stanovisko, s kterým se u Macha setkáváme.

Je obdivuhodné, že Mach vedle rozsáhlé pedagogické činnosti a aktivní vědecké práce ve fyziologii smyslů a optickoakustických výzkumech a vedle historických studií nejen vykonával funkci rektora a plnil své závazky z ní vyplývající, ale že je schopen napsat svou proslulou knihu o mechanice. Tato třetí knižní publikace pod názvem *Mechanika a její vývoj* vychází v Lipsku v roce 1883. Je to kniha téměř kapselního formátu o rozsahu 485 stran. Mach v předmluvě k ní upozorňuje na to, že některé myšlenky v knize obsažené jsou vysloveny již ve studii o zákonu zachování energie z roku 1872. Kniha vzbudila velkou pozornost a vyšla v několika vydáních. Za jeho života vychází ještě sedmé vydání této knihy v Rakousku-Uhersku a její překlady se objevují v angličtině, francouzštině, italštině a ruštině. Kniha sama je stavěna historicky, první kapitola se zabývá vývojem principů statiky, druhá vývojem principů dynamiky, třetí využitím principů v deduktivním vývoji mechaniky, čtvrtá formálním vývojem mechaniky a poslední vztahem mechaniky k fyzice a fyziologii. Čtenáře na první pohled překvapí malý rozsah, který je věnován matematickému vyjádření probírané látky a který je srovnatelný jen s počtem obrázků a kreseb. Matematický aparát v knize použitý je většinou elementární a pouze výjimečně obsahuje ty nejjednodušší výrazy známé z diferenciálního a integrálního počtu. Kniha je však pozoruhodná kritikou Newtonovy fyziky. V druhé kapitole najdeme paragrafy přímo nazvané takto: par. 5 Kritika principu akce a reakce a pojmu hmotnosti, par. 6 Newtonův názor na čas, prostor a pohyb, par. 7 Přehledná kritika Newtonových představ.

Pomineme zatím některé myšlenky ze závěru čtvrté kapitoly a z páté kapitoly, ke kterým se později vrátíme v jiném kontextu.

V uvedeném rozsahu na půdě fyziky do té doby nikdo nevystoupil s tak rozsáhlou, hlubokou a ostrou kritikou Newtonových základních představ. Kritika navíc přichází v době, kdy pod silicím vlivem Maxwellovým se utužuje mechanistická představa o světě jako o struktuře z látky a éteru nacházející se v rigidní Newtonově prostorochasové konstrukci.

Mach však nebyl první, kdo se odvážil vystoupit proti základním Newtonovým představám, zejména proti jeho představě o prostoru a času. Newton v *Principiích* roku 1687 zavádí definici prostoru jako něčeho absolutního, tj. na ničem nezávislého, objektivně existujícího a nepohyblivého; stejným způsobem a v tomtéž smyslu považuje čas za absolutní, tj. na ničem nezávislý, objektivně existující a rovnoměrně plynoucí.

Z významných předmachovských kritiků Newtona je třeba připomenout I. Kanta, který zejména v *Kritice čistého rozumu* z roku 1781, ale i na dalších místech při výkladu apriorních forem poznání staví proti substancionálnímu Newtonovu prostoru a času, prostor a čas jako jisté pojmové konstrukce (nám apriorně dané), které nikoliv jen člověku, ale lidem vůbec, tedy objektivně umožňují uspořádat věci a děje ve světě do těchto konstrukcí nebo schémat.

Kritikou Newtonových představ o prostoru a času se zabývá také jeden ze zakladatelů moderního vědeckého materialismu B. Engels (1820–1895) v *Anti-Dühringu* z roku 1878

a v dalších pracích, které byly později shrnuty v knize *Dialektika přírody*. Engels považuje oba Newtonovy pojmy za pojmové konstrukce, které vznikly postupnou abstrakcí. Vidí tyto pojmy jako užitečné pro určité historické období vývoje vědy. Sám pokládá pojem prostoru za obraz přirozeného rozložení hmoty a pojem času za obraz změn, které ve světě probíhají, a dovozuje, že objektivní prostor a objektivní čas je z tohoto důvod neoddelitelný a neodmyslitelný projev hmoty, objektivní reality. Chápe je tedy jako kvality.

Než filozofické úvahy stojí fyzice blíže kritická práce jednoho ze zakladatelů neeuclidovské geometrie, B. Riemanna (1826–1866). Ten ve svém habilitačním spisu *O hypotézách, jež jsou základem geometrie* z roku 1854 ostře kritizuje omezenost newtonovské koncepce prostoru a pokládá prostor (podobně jako B. Engels) za závislý i.a rozložení hmoty. Očekává přímo, že řešení otázky skutečných metrických vlastností prostoru (a patrně také času) bude možné najít jen tehdy, jestliže se budou zkoumat jevy, které v rámci Newtonových představ nebudou moci být objasněny. A píše o tom nakonec takto: „Taková zkoumání pak vycházející z obecných pojmů slouží pouze k tomu, aby pokroku a úspěchu poznání souvislostí věcí nestály v cestě omezenost pojmů a zakořeněné předsudky“.

V méně výrazné formě byly již dříve kritizovány i další Newtonovy pojmy, axiomy a zákony, zejména se poukazovalo na tautologii spojenou s pojmem síly a na problém tzv. silového působení na dálku. Význačným představitelem protichůdné koncepce, že síly působí jen na blízko, byl na počátku 19. století známý experimentální fyzik M. Faraday (1791–1867).

Ani jedna z těchto předmachovských kritik na fyziku hlouběji nezapůsobila. Machova kniha o mechanice naopak vyvolala odezvu zcela mimořádnou. Důvody k tomu byly dva: Kniha je psána velmi jasně a přesvědčivě myslitelem a experimentálním fyzikem, kterému jde o přesné měření definovaných fyzikálních veličin. Taková přesná měření vyžadují přesných a spolehlivých definic. Kniha vychází v období, kdy se ve fyzice začínají provádět pokusy, jimiž se má prokázat existence éteru, pokládaného nejen za hypotetického nositele elektromagnetického pole, ale i za nositele Newtonova absolutního prostoru, tedy potvrdit správnost mechanistické představy o světě. Slavný Michelsonův experiment byl poprvé realizován v roce 1882.

Machova kritika a jeho přístup k základním fyzikálním pojmům, k pojmu hmotnosti, prostoru a času je důležitý moment, který stojí na počátku revolučního procesu vedoucího ke zrodu teorie relativity a celé moderní fyziky. Mach ukazuje v této knize předně, že všechna měření prostorových vzdáleností, časových intervalů, rychlostí pohybu a hmotností fyzikálních objektů jsou zásadně měření relativních veličin. Všechna měření vzdáleností provádíme vzhledem k vybraným vztažným objektům, k laboratoři, Zemi, Slunci nebo hvězdnému systému a nemáme proto důvod zavádět pojem absolutního prostoru; stejně tak časové údaje měříme vzhledem k vybraným procesům, které se pravidelně opakují, k rotaci nebo oběhu Země apod. Také v tomto případě nemáme důvod k zavedení absolutního času. Protože prostorové a časové vztahy jsou relativní, jsou i všechny údaje o (mechanickém) pohybu údaji relativními.

Za druhé Mach dovozuje, že hmotnost není a nemůže být absolutní mírou hmoty, jak to předpokládá Newton. Říká, že fakticky hmotnost měříme dynamickými účinky

hmoty, tj. schopností urychlit např. nárazem daný fyzikální objekt. Jde tu tedy o měření relativní. Mach se zamýšlí nad tím, zda je či není velikost hmotnosti daného objektu též podmíněna prostředím, v kterém se tento objekt vyskytuje.

Machova *Mechanika* hluboce zapůsobila na mladého A. Einsteina (1879–1955), jak o tom tvůrce teorie relativity píše ve svých Životopisných črtách z roku 1946: „Má pozornost se obrátila k Machově mechanice kolem roku 1897 díky mému příteli Bessovi. Kniha na mne hluboce a trvale zapůsobila, ... a otrásla dogmatickou vírou v mechaniku jako k obecné bázi veškerého fyzikálního myšlení ...“ Tuto pasáž uvádí slovy: „Vidím Machovu velikost v jeho nezkorumpovatelném skepticizmu a samostatnosti. V mém mládí mne však také značně ovlivnil Machův noetický postoj.“

Třebaže tuto Machovu kritiku nelze považovat za jediný pramen, z něhož vycházela Einsteinova teorie relativity, poukázala důrazně na nutnost kritického pohledu na základní Newtonovy fyzikální pojmy a na nezbytnost vycházet z existence relativity měření fyzikálních veličin a v tomto smyslu se promítla do Einsteinovy speciální teorie relativity. Machovy úvahy o pojmu hmotnosti a možné závislosti hmotnosti daného objektu na obklopujícím ho světě využil Einstein v práci z obecné teorie relativity z roku 1918, která vyšla dva roky po jeho základní práci z této teorie. Formuluje v ní matematický princip, který nazývá principem Machovým. Podle tohoto principu metrický tenzor charakterizující strukturu prostoru a času a také vlastnosti gravitačního pole je plně určen rozložením hmoty. V uvedené práci ukazuje, že takto formulovaný princip vyžaduje, aby v základních rovnicích pro gravitační pole byl obsažen jistý dodatečný člen, tzv. kosmologický. Od té doby je otázka významu Machova principu a otázka jeho matematické formulace stále živá ve zkoumání různých variant obecné teorie relativity a teorie gravitace a v tomu odpovídajících kosmologických studiích o stavbě vesmíru.

Patrně díky Machově mechanice, ale v každém případě pod vlivem svého nejbližšího přítele M. Bessa, kterého zaujaly Machovy filozofické práce zabývající se teorií poznání, se A. Einstein seznámil též s nimi a byl jimi v prvním období své vědecké dráhy značně ovlivněn.

Rozhodující práce Machova (o němž jeho životopisci hovoří jedním dechem jako o fyzikovi, fyziologovi a filozofovi), která ho postavila na filozofickou půdu, třebaže se sám za filozofa nikdy nepokládal, je kniha vycházející dva roky po mechanice pod názvem *Analýza počítků a vztah fyzikálního k psychickému*. Její vydání mu vyneslo obecně přijaté hodnocení jako druhého ze zakladatelů filozofického empiriokriticizmu neboli filozofie kritické zkušenosti. Jeho partnerem byl, jak je známo, jeho vrstevník švýcarský filozof R. Avenarius (1843–1896).

Tato kniha patří do oblasti teorie poznání, má rozsah o něco menší než 250 stran a navazuje na Machovy filozofické úvahy obsažené v jeho starších publikacích, které se týkají fyziky i fyziologie smyslů. Na prvních 45 stranách je systematicky vyložena Machův filozofický postoj, který se zjevně dotýká základní filozofické otázky o vztahu vědomí a bytí, ale neřeší ji, jak o tom hovoří V. I. Lenin ve svém *Materialismu a empiriokriticizmu* z r. 1908. V této partii rozebírá Mach také svůj vztah k Avenariovi, se kterým se v zásadních otázkách shoduje. Zbývající část knihy je přirozeným shrnutím a pokračováním jeho studií o fyziologii smyslů. Velmi podrobně zde zkoumá a popisuje jednotlivé formy a typy percepce počítků, počítků informujících o prostorových vztazích a o čase. Pojed-

nává se tu zejména o počítčích optických a akustických. Tato část knihy také obsahuje několik obecnějších partií filozoficko-psychologických, o vůli, paměti a asociaci, o vztahu fyzického k psychickému apod.

Touto knihou, která vzbudila velkou pozornost a vyšla za jeho života v šesti vydáních, kulminuje Machova rozsáhlá a mnohotvárná vědecká činnost v Praze.

3.4. Rozloučení s Prahou

V poslední době pražského pobytu pokračuje E. Mach v neztenčené míře ve své pedagogické činnosti; po rozdělení univerzity na německé části je vedoucím Fyzikálního ústavu. Ten se přemístil do nové budovy ve Viničné ulici ještě před rozdělením univerzity a současně s ním se tam se svou rodinou přestěhoval i E. Mach. Je to táž budova, do níž za čtvrt století přijde A. Einstein, aby v ní začal pracovat na své obecné teorii relativity.

Machovými bezprostředními spolupracovníky a spolupřednášejícími jsou doc. O. Tumlirz (1856–1928), který odchází na místo profesora fyziky na univerzitě v Černovicích v r. 1891, a o něco později G. Jaumann (1863–1924), který se stává v roce 1893 profesorem fyziky a fyzikální chemie na německé části pražské univerzity. Základní přednášky z teoretické fyziky koná nadále po celou dobu Machova pobytu v Praze jeho kolega prof. F. Lippich.

Na české části univerzity je odpovídajícím Machovým partnerem představený českého fyzikálního ústavu profesor experimentální fyziky Č. Strouhal (1850–1922), kterému E. Mach na počátku jeho vědecké dráhy umožnil pracovat u známého německého fyzika F. Kohlrausche. Tam zahájil Strouhal společně s C. Barusem (1856–1935) své studie vlastností oceli, práce, které pokračovaly několik let a byly shrnuty ve významné, světově uznané studii. Č. Strouhal se pod vlivem Machovy školy zabýval také intenzivně problematikou třecích tónů a jeho habilitační práce publikovaná v r. 1878 byla kladně přijata a vtělena do akustiky a jejích aplikací.

Profesor Strouhal konal přednášky z experimentální fyziky na české části univerzity a profesor fyziky A. Seydler (1849–1891), přítel E. Macha, se věnoval přednáškám z teoretické fyziky. Prof. A. Seydler, jenž byl Machovým žákem, se poměrně brzy pod jeho vlivem začal zabývat studiem Maxwellovy teorie elektromagnetického pole. Ta byla Machovi sympatická patrně proto, že pracovala s ideou kontinuity pole a potvrdila správnost fyzikálně optické koncepce povahy světla. Její zkoumání umožnilo A. Seydlerovi, aby zařadil již do své vysokoškolské učebnice teoretické fyziky z let 1880–1885 též partie o Maxwellově teorii.

Po Seydlerově smrti se stává profesorem teoretické fyziky F. Kolářek (1851–1913), rovněž výborný žák E. Macha. F. Kolářek u nás pohotově svými pracemi reagoval na známé Hertzovy pokusy s buzením elektromagnetických vln. Z Machovy školy také vyšli první asistenti a další přednášející fyziky na české části univerzity. Bez nadsázky lze tedy říci, že česká fyzikální škola, která začala na univerzitě v Praze vyrůstat po roce 1882, měla své zdroje ve škole Machově.

Z Machovy školy však vycházejí i další fyzikové vedle uvedených, kteří se stávají profesory na vysokých školách. Patří k nim K. Domalíp (1846–1909), profesor elektrotechniky na České vysoké škole technické v Praze, Č. Dvořák (1848–1922), profesor fyziky v Záhřebu (v dnešní Jugoslávii), G. Gruss (1854–1922), profesor astronomie na české části univerzity v Praze, a A. Lampa (1868–1938), profesor experimentální fyziky na německé části univerzity v Praze.

Zaměření vědecké práce Machovy školy se v posledních fázích jeho pobytu v Praze nezměnilo. Mach pokračoval ve svých studiích fyzikálních, fyziologických, historických a filozofických. Jako vedoucí vědecká osobnost svými zájmy i antipatiemi umocňoval a omezoval vědecký život ve fyzice na obou částech univerzity a také na technikách. To mělo nesporně vliv na to, že fyzika v Praze se nejen v období jeho pražského pobytu, ale poměrně i dlouho potom nezabývala neaktuálnější problematikou a nešla po hlavní cestě vývoje světové fyziky. Zejména se velmi opozdila na naší půdě práce ve statistické a atomové fyzice.

Po 28 letech neobyčejně plodného a velmi užitečného pobytu v Praze ji E. Mach se svou rodinou opouští a odjíždí do Vídně. V témže roce (1895) nastupuje na jeho místo i do funkce vedoucího ústavu na pražské univerzitě profesor experimentální fyziky E. Lecher (1856–1926), který sem přichází z univerzity v Innsbrucku v Rakousku a přináší s sebou jiné vědecké zájmy. Podobně jako Kolářek studuje se svými spolupracovníky šíření elektromagnetických vln v návaznosti na soudobé experimenty.

4. Druhé vídeňské období

Situace ve fyzice ve Vídni na sklonku 19. století a na začátku 20. století byla značně odlišná od stavu v Praze. Díky pracím J. Loschmidta (1821–1895), profesora fyziky na univerzitě ve Vídni, týkajících se kinetické teorie plynů, studiím a objevům J. Stefana (1835–1893), profesora fyziky a ředitele Fyzikálního ústavu univerzity, které vyústily ve Stefanův-Boltzmannův vyzařovací zákon, a konečně díky tvůrčímu budování statistické fyziky L. Boltzmannem (1844–1906), profesorem fyziky a členem řady akademií, stála vídeňská fyzika již ve vedoucím progresivním proudu, který napomáhá dovršení klasické statistické fyziky a vytváří předpoklady pro vznik kvantové teorie a atomové fyziky.

Do tohoto prostředí přichází Mach nikoliv jako vedoucí osobnost v experimentální fyzice, ale jako profesor, který se bude zabývat především filozofickými otázkami. Nastupuje jako vedoucí katedry historie a teorie induktivních přírodních věd. Avšak ani tady mu jeho všestrannost nedovoluje soustředit se pouze na tuto problematiku.

S elánem jemu vlastním přistupuje i tu k pedagogické činnosti a k vědeckým studiím, avšak tehdy poměrně záhy těžce onemocní. Po mrtvici, která ho postihla v r. 1897, má ochromenou pravou část těla. Částečně se z tohoto úderu vzpamatovává a začíná opět přednášet a připravovat své práce k publikaci. Nicméně v roce 1901 se ze zdravotních důvodů vzdává místa profesora.

V témže roce je jmenován členem Panské sněmovny. Jejího zasedání se však nezúčastňuje, protože nemá zájem o výkon této funkce. V jediném případě činí výjimku a zasedá-

ní sněmovny navštěvuje. Bylo to tehdy, když se hlasovalo o zkrácení pracovní doby u horníků na 9 hodin denně. Mach tenkrát jasně vyjádřil svůj pokrokový postoj k řešení sociálních otázek.

Ani po roce 1901 nepřestává komunikovat se svými kolegy a žáky přímo nebo korespondenční formou.

V letech 1896–1912 vychází více než 20 Machových publikací; některé z nich jsou sice přepracovaná a rozšířená vydání starších, ale většinu tvoří práce původní. Z těch je několik zasvěceno studiu některých partií historie fyziky, ale rozhodující část se týká fyziky, filozofie a psychologie.

Již v roce 1896 vychází jeho kniha *Principy nauky o teple*, v níž staví fenomenologickou termodynamiku jako ideální vědeckou disciplínu proti kinetické teorii, které již nepřisuzuje jakýkoliv heuristický význam. Na několika místech pak ostře odsuzuje statistickou fyziku, nejvýrazněji v paragrafu přímo nazvaném „Protiklad mezi mechanickou a fenomenologickou fyzikou“. Rozhodně odmítá Boltzmannovu statistiku a jeho velmi obecnou formulaci druhého zákona termodynamiky. Kniha, i když vyšla v několika vydáních, nezůstala bez kritické odezvy. Mezi jinými velmi odmítavě se k Machovým názorům vyslovil i M. Planck (1858–1947), který stál u zrodu kvantové teorie.

Ve zvláštním paragrafu s názvem *Ekonomie vědy*, umístěném na konci této knihy, se Mach vrací ke svému pohledu na úlohu vědy. O této otázce hovoří již dříve, např. ve své *Mechanice*, ale i jinde. Zde píše: „Vědecké, metodické představy o určité oblasti skutečnosti mají proti náhodnému a neuspořádanému pojetí těchto skutečností přednost v tom, že úsporně a ekonomicky využívají duševní síly“ (člověka). V období vědecké a technické revoluce, v němž žijeme, je patrné, že na této nepochybně úspornosti, kterou vyzdvihuje Mach, nemůže spočívat základní úloha vědy, jistě je neméně významná její heuristická funkce.

Mach v posledních letech svého života připravil ještě do tisku další knihu z fyzikální oblasti zhruba o stejném rozsahu jako z nauky o teple, tj. téměř o 450 stranách. I tato kniha, která se zabývá fyzikální optikou a která vychází až po jeho smrti, je historicky pojata, tj. jednotlivé optické jevy se vykládají z hlediska vývoje jejich pochopení. Kniha je cenná svým moderním způsobem podání a je pozoruhodná tím, že v předmluvě k ní Mach ostře odmítá speciální teorii relativity jako velmi zvláštní dogmatickou teorii.*)

Toto stanovisko velmi překvapilo A. Einsteina, který na základě své korespondence s Machem nabyl dojmu, že Machovi jeho myšlenky a představy, které jsou obsaženy v teorii relativity, nejsou proti mysli. Einstein si Macha, zejména jeho *Mechaniky* a zpočátku i jeho filozofického díla velmi vážil, což vyjádřil i ve svém nekrologu k Machovu úmrtí.

Na filozofickou půdu teorie poznání patří třetí z velkých knižních publikací druhého Machova vídeňského období. V roce 1905 vychází v Lipsku jeho kniha *Poznání a omyl, črty k psychologii bádání*. Mach na str. 7 v předmluvě rázně odmítá tvrzení, že je filozofem: „Země transcendentna je pro mne uzavřena. A když ještě uvedu otevřeně ve zná-

*) Výzkumy provedené v poslední době naznačují, že v tomto případě byl rukopis knihy po smrti E. Macha změněn.

most, že její obyvatelé moji zvědavost vůbec nemohou podnítit, tak bude možné rozeznat onu širokou propast, která zeje mezi mnoha filozofy a mnou. Proto jsem již jasně dříve řekl že *nejsem vůbec filozofem, ale pouze přírodovědcem*. Jestliže mne přesto k filozofům počítají a dokonce halasně, pak *já* za to nejsem odpovědný“ (Podtrženo E. Machem.)

Mach ovšem marně setřásá a bude ze sebe setřásat pověst filozofa. I když jeho *Poznání a omyl* je hluboce fundovaná a metodologicky podložená studie o formách percepce, o vzájemných vazbách fyzikálního a psychického, o jednotlivých stránkách psychiky a jejich vzájemné podmíněnosti, základní teoreticko-noetický přístup autora má jasně filozofickou povahu, která není oddiskutovatelná.

V novověké fyzice pozorujeme dva základní přístupy k problematice poznání. V prvním lze jednotlivé fyziky zařadit volně řečeno k realistům (bez jakýchkoliv dalších implikací filozofického charakteru). Tím máme na mysli ty fyziky, kteří v nějaké formě uznávají existenci světa a jeho zákonitostí. Příkladem takového vědce je M. Planck nebo A. Einstein potom, co se odvrátil od Machovy filozofie. V druhém přístupu k problematice poznání jde o vyzvednutí poznávajícího subjektu jako základního východiska všech úvah vědeckých, popř. filozofických. V tomto přístupu se jeví a priori otázka existence vnějšího světa jako bezpodstatná. Záleží pouze na poznávajícím subjektu, co je schopen ze svých zdrojů poznání vyvodit. Zdroje poznání jsou obvykle počítky subjektu. Mach se vydal touto druhou cestou.

Každý z přístupů má jistě svá úskalí a nikoli definitivně zodpovězené otázky. Mach si zřejmě neuvědomil, po jak úzkém a klikatém hřebenu se ubírá, na jedné straně subjektivní idealismus nebo agnosticismus, na druhé straně realistický postoj, kterému se však zásadně vyhýbá. Projevuje se to mimo jiné v tom, že nevidí pojmy hmoty, prostoru a času jako jistá zobrazení určitých stránek reality, ale že je pokládá za pouhé pojmové konstrukce, které jsou nadbytečné. Nazývá je metafyzickými a věří, že se budoucí fyzika bez nich obejde.

Nemohl tušit, že žádná teorie se vůbec nedá vybudovat jako v sobě uzavřená teorie, jak to plyne ze známého důkazu slavného matematického logika K. Gödela (je zajímavé, že se narodil v blízkosti Machova rodného místa, a to v Brně v r. 1906, tedy téměř současně s vydáním knihy *Poznání a omyl*). Tento důsledek není v rozporu s jiným Machovým stanoviskem, které se týká světového názoru. Mach považuje za nejvhodnější takový názor, který není ucelený. Svou teorii poznání však má za uzavřenou, jak o tom svědčí v této otázce velmi zasvěcený životopis Machův od jeho oddaného žáka, profesora fyziky A. Lampy (viz citovaná publikace z roku 1923, str. 97–99).

V předvečer první světové války v r. 1913 Mach přesídlil z Vídně do Haaru u Mnichova ke svému synovi Ludvíkovi a tam také 19. února 1916, ještě před koncem války a rozpadem Rakousko-Uherska, tento velký kritik, významný vědec a hluboký skeptik odchází ze světa.

V závěru bych rád poděkoval řediteli Ústředního archívu ČSAV dr. L. Novému, DrSc., vědeckému pracovníku Ústavu československých a světových dějin ČSAV dr. J. Foltovi, CSc., a dr. I. Seidlerové, CSc., za pomoc při obstarávání podkladů, za konzultace a za přečtení textu.

Literatura

- BUCHVALDEK M. et al.: *Dějiny Československa v datech*. Svoboda, Praha, 1968.
- EINSTEIN A.: Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss. 1 (1917) 142.
— Ann. Phys. 55 (1918) 241.
— Autobiographical Notes, 1946.
- HENNING H.: *Ernst Mach*. Barth, Leipzig 1915.
- HIEBERT E. N.: *Ernst Mach* in Dictionary of Scientific Biography, Vol. VIII, pp. 595—607. Charles Scribner's Sons, New York.
- HOLTON G.: *Thematic Origins of Scientific Thought, Kepler to Einstein*. 1973, Harvard Univ. Press.
- CHIU HONG-YEE, HOFFMANN W. F.: *Gravitation and Relativity*. New York, 1964.
- KUZNĚCOV B. G.: *Einstein*. SPN, Praha, 1984.
- LAMPA A.: *Ernst Mach*. Deutsche Arbeit, Prag 1918.
— *Ernst Mach* in Neue Österreichische Biografie Bd 1, p. 93—102, Wiener Drucke, Wien 1923.
- MACH E.: *Compendium der Physik für Mediziner*. Braumüller Wien, 1863.
— *Optisch-akustische Versuche*. Barth, Leipzig, Calve, (Prag), 1873.
— *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*. Brockhaus, Leipzig 1912.
— *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältniss des Physischen zum Psychischen*. Fischer, Jena, 1900.
— *Leitfaden der Physik*. Prag, Wien, Leipzig, 1891.
— *Popular-Wissenschaftliche Vorlesungen*. Barth, Leipzig, 1896.
— *Die Prinzipien der Wärmelehre*. Barth, Leipzig, 1900.
— *Erkenntnis und Irrtum, Skizzen zur Psychologie der Forschung*. Barth, Leipzig, 1905.
— *Kultur und Mechanik*. Speman, Stuttgart, 1915.
— *Die Prinzipien der physikalischen Optik*. Barth, Leipzig 1921.
— *Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von Erhaltung der Arbeit*. Calve, Praha, 1872.
— *Über die Definition der Masse*. Reportorium f. Phys. Techn., f. Math. und Instr. Kunde, Bd. 4, 1867.
— *Über die Entwicklung der Raumvorstellung*. Fichtes Zeitschr. f. Philos. (1866)
- NACHTIKAL F.: *Arnošt Mach*. Elektrotech. obzor 7 (1938) 97.
- NOVÁK V.: *Vzpomínky na prof. E. Macha*. Rozhledy mat. přír. 17 (1937/38) 116.
- NOVÝ et al.: *Dějiny exaktních věd v českých zemích*. NČAV, Praha 1961.
- RIEMAN B.: *Über Hypothesen welche der Geometrie zu Grunde Liegen*. Springer, Berlin, 1923.
- SEIDLEROVÁ I.: *Ernst Mach a rozdělení pražské univerzity*, 1970, nepublikováno;
— DVT 70, 3, pp 108—112.
- STROUHAL Č., BARUS C.: *The electrical and magnetic properties of the iron-carburates*. Bull. US geol. Survey 14 (1885).
- STROUHAL Č.: *Über eine besondere Art der Tonerregung*. Ann. d. Phys. 5 (1878).
- TRETERA I.: Acta Univ. Carolinae — Hist. Univ. Car. Prag. XXV, Fasc. 1 Pag. 59—94.
- ÚLEHLA I.: *Fyzika a teorie poznání*. Horizont, Praha 1982.
- URBAN O.: *Česká společnost 1848—1918*. Svoboda, Praha 1982.
- VANĚČEK V.: Acta Univ. Carolinae — Hist. Univ. Car. Prag. T XXII-Fasc. 1, Pag. 7—14.
- WOLTERS G.: *Mach I, Mach II, Einstein und die Relativitätstheorie, Eine Fälschung und ihre Folgen*. W. de Gruyer, Berlin, New-York, 1987.