

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Josef Fuka

Speciální teorie relativity ve fyzice na střední škole

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 24 (1979), No. 4, 217--223

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137801>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1979

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>

ných zkušeností lze připustit změny v učebních osnovách [2].

To jsou tedy hlavní myšlenky stanoviska. Vyplývá z nich umírněný přístup k problému, který budeme v dohledné době řešit také u nás, ovšem v poněkud jiných podmínkách.

Literatura

- [1] *Taschenrechner im Unterricht*. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, roč. 1978, č. 3.
- [2] *Stellungnahme zum Einsatz von Taschenrechnern im Mathematikunterricht*. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, roč. 1978, č. 5.

Speciální teorie relativity ve fyzice na střední škole

(K 100. výročí narození A. Einsteina)

Josef Fuka, Olomouc

V březnu 1979 oslavil celý kulturní svět sté výročí narození geniálního fyzika A. Einsteina, vynikajícího vědce a člověka. Když v r. 1905 publikoval Einstein pojednání *K elektrodynamice pohybujících se těles*, kde vyložil základní myšlenky své speciální teorie relativity (STR), vzbudily tyto jeho revoluční ideje, jeho nové nazírání na fyzikální pojmy, zákony a jevy, velké rozpaky, ba u mnohých fyziků značný odpor a nedůvěru. Někteří fyzikové dokonce výslovně s jeho názory nesouhlasili. Nakonec, jak víme, STR našla plně oprávnění, neboť přispěla nejen k rozvoji fyzikální teorie, ale našla záhy i uplatnění v praxi.

V průběhu doby se ukázal vědecký a praktický význam STR a zejména její výchovně vzdělávací hodnota. Nelze se proto divit, že se v různých zemích světa a také u nás objevily snahy zařadit základní poznatky STR mezi povinné učivo na středních školách. Avšak tak jako původně teorie sama, tak také její zavedení do středoškolského kursu fyziky vyvolávalo a vyvolává odpor, ba nesouhlas některých didaktiků fyziky. U nás je STR nejmladším dítkem našich osnov fyziky pro gymnázia a lze říci, že zatím je to více méně „l'enfant terrible“ výuky fyziky na našich středních školách. Je ovšem nutné přiznat, že zavedení STR do vyučování fyzice na střední škole přineslo s sebou mnohé didaktické problémy.

Chtěl bych se v další části tohoto příspěvku zmínit o úsilí didaktiků fyziky u nás i v zahraničí zavést do středoškolského kursu fyziky, jako povinné učivo, základní poznatky Einsteinovy speciální teorie relativity, dále se stručně zmínit o důvodech pro její zavedení do osnov fyziky na střední škole a konečně zcela krátce pojednat o postupném vývoji soustavy STR u nás.

1. Úvod

Problematika vyučování fyzice je středem zájmu učitelů fyziky a především vědeckých pracovníků v didaktice fyziky i ve fyzice samé. Jde především o to, aby školská fyzika odpovídala současnému stavu vědy a aby plnila jako vyučovací předmět všechny úkoly a cíle, které jsou jí ukládány zejména z hlediska odborného a všeobecně vzdělávacího, výchovného a ideově politického. Ukazuje se však v celosvětovém měřítku, že s výukou fyziky

nemůžeme být spokojeni. Odtud vznikla snaha po modernizaci vyučování fyzice, a to jak obsahu, tak metod a prostředků vyučování. Byly prováděny výzkumy, pořádané konference, semináře a sympozia v rámci celosvětového, často pod patronací UNESCO a IUPAPU a byly už také konstruovány různé nové modely školské fyziky. Ve všech nových modelech středoškolského kursu fyziky a v nově připravovaných osnovách fyziky v různých zemích se ve větší či menší míře zavádějí poznatky ze současné fyziky, především z fyziky statistické, kvantové a relativistické. Zatím se však nepodařilo vytvořit takový model, který by odpovídal současnému stavu fyzikální vědy, a přitom byl přiměřený mentální vyspělosti žáků a tvořil ucelený logický celek podávající názorný obraz současné fyzikální skutečnosti.

Je nutné zdůraznit, že prvky statistické fyziky mají už své místo ve středoškolské fyzice a jsou v rámci statistiky Maxwellovy-Boltzmannovy uspokojivě metodicky rozpracovány jak na škole základní, tak i na školách středních. Také prvky kvantové teorie byly už před delší dobou zavedeny do středoškolského kursu fyziky, avšak s jejich takřka jednorázovým umístěním ve struktuře kursu fyziky a metodickým rozpracováním nemůžeme být zatím spokojeni. V současné době se v odborné didaktické literatuře věnuje otázkám kvantové fyziky ve vyučování velká pozornost celosvětově a u nás probíhá o této problematice diskuse na stránkách časopisu MFvŠ, která je zaměřena především na koordinaci mezi fyzikou a chemií a na otázku modelu atomu. Této otázce se také věnuje velká pozornost v rámci řešení státního úkolu VIII - 5-4/3, kde se v dlouhodobém výzkumu připravuje nová struktura středoškolského kursu fyziky, který by respektoval především otázku vzá-

jemných vztahů s chemií a opíral se maximálně o kvantové pojetí.

Také zavedení STR do středoškolského kursu fyziky a metodika výkladu STR ve vyučování fyzice jsou středem zájmu didaktiky fyziky.

V mnoha státech už byly vydány učebnice, kde je tato problematika na určité úrovni rozpracována. Např. v sovětských osnovách a učebnicích fyziky byla zavedena STR v 10. ročníku v oddílu Optika. Tomuto tématu věnují sovětské osnovy sedm vyučovacích hodin. Přitom se v poznámkách k osnovám doporučuje vyložit základní poznatky STR bez detailních matematických vývodů.

Prof. J. REKVEL [15] z univerzity v Leidenu je toho názoru, že se má žák seznamovat se základy teorie relativity pokud možno brzy a soustavně v celém kursu fyziky a v závěrečném ročníku střední školy by pak měla být celá teorie shrnuta a diskutována z hlediska Lorentzovy transformace. Rovněž tak v některých projektech středoškolského kursu fyziky v USA se zavádí STR.

V australské učebnici fyziky [16] pro střední školy se zdůrazňuje pojem rychlosti světla, zavádí se pojem éteru, Michelsonovým pokusem se prokazuje nemožnost zjištění absolutního pohybu, tj. pohybu Země vzhledem k éteru a vyvozují se důsledky z Michelsonova pokusu. V obsahu STR je věnována pozornost problematice současnosti a dilatace času, kontrakci délek, skládání rychlostí a vzniku magnetické síly při relativním pohybu elektrických nábojů.

Z uvedených několika poznámek je patrné, že problematika struktury a metodického zpracování obsahu učiva STR na střední škole se řeší v mnoha vyspělých státech světa. Na katedře fyziky a didaktiky fyziky přírodovědecké fakulty UP

v Olomouci jsme se touto otázkou také zabývali a provedli jsme řadu výzkumů, o nichž jsme referovali v pracích [1] až [7]. Konečné výsledky z výzkumu z roku 1978 budeme publikovat v roce 1979.

Proč je nutné z hlediska modernizace obsahu zařadit do středoškolského kursu fyziky také STR? Podle mého názoru je možné tyto důvody shrnout takto [3]:

1. Zavedením STR se obsah středoškolské fyziky obohacuje o poznatky, které je nutné dnes považovat za součást všeobecného vzdělání.

2. Myšlenky teorie relativity podstatně ovlivnily nejen fyzikální, ale vůbec přírodní vědy a také moderní techniku a obohatily do značné míry myšlení a kulturu moderního člověka.

3. Základní poznatky STR podstatně přispívají k rozvoji filozofického myšlení žáků na střední škole, a tím přispívají ke komunistické výchově, zejména v její složce světonázorové.

4. Konfrontace poznatků STR s poznatky z klasické fyziky jistě přispěje k rozvíjení fyzikálního myšlení žáků a k pochopení, že zákony klasické mechaniky jsou jen limitním případem obecnějších zákonů, že vůbec fyzikální zákony vystihují skutečnost jen přibližně a že se k poznání této skutečnosti přibližujeme jen asymptoticky. Podle toho si pak člověk v určitých epochách vytváří různé fyzikální obrazy světa a názory na svět.

5. Diskusí různých fyzikálních jevů z hlediska různých vztažných soustav a diskusí transformačních rovnic Galileiových a Lorentzových se žáci důkladněji seznamují s fyzikální podstatou jevů a tím se lépe rozvíjí jejich logické myšlení.

6. Máme zato a výzkumy to potvrzují, že základní ideje STR také podstatně přispívají ke zkvalitnění znalostí žáků v me-

chanice, optice, jaderné fyzice a elektřině i magnetismu. Žáci lépe pochopí, že klasická mechanika platí přesně jen v makrokosmu a pro rychlosti malé ve srovnání s rychlostí světla ve vakuu apod.

7. Studium STR na střední škole pomůže také k lepšímu pochopení kvantové fyziky a základních fyzikálních pojmů hmotnost, čas, prostor.

I když jde o učivo a myšlenky velmi náročné na pochopení, nebylo by správné nepokusit se zavést je do vyučování na střední škole. Je ovšem nutné vyvinout velké úsilí k tomu, aby se provedl co nejvhodnější výběr poznatků ze STR pro vyučování ve fyzice; jde o výběr, který by byl přiměřený mentální vyspělosti žáků. Toto vybrané učivo je třeba vhodně metodicky zpracovat, aby vyučování co nejvíce přispělo k rozvíjení fyzikálního myšlení žáků a aby si žáci na střední škole osvojili neformálně základní poznatky této moderní fyzikální teorie, která je známa více než 70 let a která se uplatňuje i v praxi. Výzkumy, které jsme v Olomouci prováděli, ukazují jednoznačně, že je třeba zdůrazňovat fyzikální stránku teorie na úkor stránky matematické, při výkladu co nejvíce používat jednoduchých myšlenkových pokusů a důkladně učivo procvičovat řešením úloh, především úloh problémových.

2. Didaktická soustava poznatků STR na střední škole

Na katedře fyziky a didaktiky fyziky PVFUP jsme zkoumali různé didaktické soustavy. Ze všech zkoumaných modelů si všimnu čtyř modelů, které označím: *A*, *B*, *C*, *D*.

V literatuře se objevilo několik různých metodických postupů pro výklad základních poznatků STR. Lze je rozdělit do čtyř

skupin. Buď navazují na výklady z optiky, zavádějí pojem éteru a přes Michelsonův pokus dospívají k Einsteinovým úvahám a pak k relativistické kinematice a dynamice, nebo více zdůrazňují principy mechaniky, vycházejí z Galileiho transformace a přes transformaci Lorentzovu se dostávají k důležitým závěrům o relativnosti současnosti, relativnosti délek a k relativistické dynamice. Třetí postup je založen na koeficientu k [14] a čtvrtý na myšlenkových pokusech.

Struktura modelu A byla tato [3]:

1. Úvod
 - 1.1. Relativnost polohy a pohybu
 - 1.2. Mechanický princip relativity
 - 1.3. Galileiho transformace
 Cvičení
2. Einsteinův princip relativity
 - 2.1. Michelsonův pokus
 - 2.2. Einsteinovy postuláty
3. Lorentzova transformace
4. Relativnost současnosti
 - Cvičení
5. Relativistická kinematika
 - 5.1. Relativnost délek
 - 5.2. Relativnost časových intervalů
 - 5.3. Skládání relativistických rychlostí
 Cvičení
6. Relativistická dynamika
 - 6.1. Závislost hmotnosti na rychlosti
 - 6.2. Vztah mezi hmotností a energií
 Cvičení
7. Vznik magnetické síly
8. *A. Einstein*

V našem modelu A se začíná výuka opakováním poznatků z mechaniky (především pojmu relativnost pohybu a klidu, vztažná soustava, inerciální a neinerciální vztažné soustavy, pojmu absolutního prostoru a absolutního času) a pak se odvozuje Galileiho transformace. Přitom se ukazuje, že při přechodu od jedné inerciální soustavy k druhé zůstávají zákony klasické mechaniky nezměněny (např. se

nemění princip skládání rychlostí, nezmění se zrychlení, a tím ani síla, neboť hmotnost je v Newtonově mechanice konstantní a na rychlosti nezávislá). Po těchto výkladech se přechází k výkladu Michelsonova pokusu a odtud k formulaci Einsteinových postulátů, tj. speciálního principu relativity a principu stálé rychlosti světla. Zdůrazňuje se skutečnost, že rychlost světla je stejná ve všech směrech v dané soustavě a má touž hodnotu i v jiné inerciální soustavě; kromě toho se také zdůrazňuje, že rychlost světla nezávisí ani na rychlosti zdroje, ani na pohybu pozorovatele.

Když se náležitě objasní Einsteinovy postuláty, přistoupí se v této verzi k odvození Lorentzovy transformace. Ukáže se, že pro $v/c \rightarrow 0$ přechází tato transformace v transformaci Galileiho.

Z Lorentzovy transformace se pak vyvozuje, že dvě nesoumísné události probíhající současně v jedné inerciální soustavě, nemusejí probíhat současně v druhé inerciální soustavě, tj. že současnost je pojem relativní. Z Lorentzovy transformace pak dále vyplyne relativnost délek, relativnost velikosti časových intervalů a relativistické skládání rychlostí.

Z relativistické dynamiky se diskutuje jen Einsteinův vztah pro hmotnost (bez odvození) a souvislost hmotnosti a energie. Poukazuje se na to, že relativistické efekty byly už experimentálně potvrzeny, avšak s výjimkou kontrakce délek, kde nepřímým důkazem je Michelsonův pokus.

Výzkumy, které jsme prováděli, prokázaly, že výsledky a efektivita vyučování základním poznatkům STR jsou obdobné výsledkům z jiných oblastí fyziky. Ukázalo se, že zejména slabší žáci se příliš spoléhali na matematické vztahy a méně o problémech přemýšleli. Lorentzova transformace se ukázala jako obtížné učivo zejména pro žáky, kteří nemají jistou matematickou

erudici a nemají dostatečně rozvinuté abstraktní myšlení. Bylo také zřejmé, že i někteří učitelé mají sklon při výkladu STR podle uvedené struktury sklouzávat na matematický formalismus, což činili často proto, že učiva bylo příliš mnoho ve vymezeném čase a nebyla možnost učivo procvičovat řešením problémových úloh. Uvedený postup je sice ekonomický časově, pro hlubší pochopení učiva je však málo účinný.

Osnovy fyziky pro gymnázium z roku 1969 a pak druhé přepracované vydání osnov z roku 1972 v podstatě souhlasí se strukturou výše uvedenou.

S využitím získaných zkušeností jsem zpracoval učivo o STR podle učebních osnov fyziky pro gymnázia z roku 1972 do *Doplňku k učivu fyziky pro IV. ročník gymnázia* (model B). Struktura učiva obsaženého v Doplňku je tato [13]:

Relativistická kinematika:

1. Mechanický princip relativity
2. Galileiho transformace
Otázky
Cvičení
3. Michelsonův pokus
4. Einsteinův princip relativity
5. Lorentzova transformace
6. Relativnost současnosti
Cvičení
7. Zpomalení chodu hodin v relativním pohybu (dilatace času)
8. Relativistické zkrácení délky (kontrakce délek)
9. Relativistické skládání rychlostí
Cvičení

Relativistická dynamika

10. Einsteinův vztah pro hmotnost
11. Souvislost hmotnosti a energie
Cvičení

Dualismus vlna—částice

12. Vlnový a korpuskulární model záření
13. Vlnová povaha částic
Cvičení

14. Dopplerův jev v akustice
15. Dopplerův jev v optice
Cvičení
16. Magnetismus jako relativistický efekt elektrických jevů

Učivo ze STR uvedené v *Doplňku* bylo podrobno opět důkladnému výzkumu [6], [7] a na základě výsledků vyučování byla vypracována nová verze (model C), která je mnohem stručnější v podání a při jejímž zpracování bylo využito všech dosavadních výsledků z výzkumu a vyučování.

Učivo bylo rozděleno do devíti témat:

1. Mechanický princip relativity
2. Michelsonův pokus
3. Základní principy speciální teorie relativity
4. Relativnost současnosti
5. Dilatace času
6. Kontrakce délky
7. Skládání rovnoběžných rychlostí
8. Relativistická hmotnost
9. Souvislost hmotnosti a energie

Základní rozdíl mezi tímto modelem a modely předcházejícími spočívá v těchto myšlenkových postupech:

1. Látka byla co do rozsahu omezena na nutné minimum, takže základní poznatky učiva o STR bylo možné na střední škole probrat v devíti vyučovacích hodinách včetně procvičení.
2. Do učiva nebyla zařazena Lorentzova transformace.
3. Při výkladu se částečně použilo myšlenkových pokusů.
4. Relativistické skládání rychlostí se neodvozovalo, ale příslušné vztahy se sdělovaly žákům bez odvození, jen se diskutovaly a procvičovaly na příkladech.
5. Za každým tématem bylo uvedeno cvičení.

Tato verze byla podrobena výzkumu, jehož výsledky uveřejníme v roce 1979.

Chtěl bych zde jenom zdůraznit, že se toto pojetí ukázalo jako pedagogicky vhodnější, neboť vyučovací výsledky byly lepší a vědomosti žáků kvalitnější.

Na základě tohoto výzkumu byla zpracována relativně definitivní verze (model D), v níž je do značné míry zachována výše uvedená struktura. Na základě poznatků o dilataci času a kontrakci délek se formuluje Lorentzova transformace. Ta se použije jen k vyvození skládání rovnoběžných rychlostí, takže není uvedena jako samostatné učivo, ale jako součást článku „Lorentzova transformace. Relativistické skládání rovnoběžných rychlostí“. Tato didaktická soustava STR se do značné míry shoduje s návrhem tohoto učiva v učebních osnovách fyziky pro gymnázia z roku 1977, kde se doporučuje věnovat tomuto učivu osm vyučovacích hodin a dvě hodiny k jejímu procvičování.

V tomto modelu je Michelsonův pokus uveden v úvodu tématu „Základní principy speciální teorie relativity“ a nikoli jako samostatný článek.

V modelu D se důsledně vychází z myšlenkových pokusů a k procvičování učiva STR se používají zejména úlohy problémové. Struktura modelu D je zpracována v pokusném učebním textu, který bude ve školním roce 1978/1979 podroben rozsáhlému výzkumu na gymnáziích v SMK. Lze ji stručně charakterizovat těmito hesly:

1. Mechanický princip relativity
2. Základní principy speciální teorie relativity
3. Relativnost současnosti
4. Dilatace času
5. Kontrakce délky
6. Lorentzova transformace
7. Relativistická hmotnost
8. Souvislost hmotnosti a energie.

Ke každému tématu je zařazeno cvičení. Uvedl jsem v tomto stručném článku úsilí, které se u nás věnuje vypracování didaktické soustavy učiva o speciální teorii relativity, jejímu pojetí a metodickému zpracování. Naše didaktika fyziky tím splácí dluh geniálnímu tvůrci této teorie.

Literatura:

- [1] FUKA, J.: *K modernizaci vyučování fyzice v zahraničí*. Pokroky mat., fyz. a astr. 14, 1969, č. 1, s. 34—44.
- [2] FUKA, J.: *Základní poznatky speciální teorie relativity ve vyučování fyzice na středních školách*. Acta Univ. Palackianae Olomucensis, Fac. Rer. Nat. 37, 1972, s. 91—111.
- [3] FUKA, J.: *Základy speciální teorie relativity na středních školách*. Fyzika ve škole 8, 1969/70, č. 7, s. 389—397.
- [4] FUKA, J.: *Dopplerův jev ve vyučování fyzice na střední škole*. Mat. a fyz. ve škole, 2, 1971/72, č. 8, s. 485—499.
- [5] FUKA, J. a kol.: *Pokusné vyučování základům teorie relativity ve čtvrtém ročníku gymnázia ve školním roce 1971/72*. Mat. a fyz. ve škole, 3, 1972/73, č. 8, s. 626—630.
- [6] FUKA, J. - ŠIROKÁ, M.: *Výzkum vyučování základním poznatkům speciální teorie relativity ve čtvrtém ročníku gymnázia*. Acta Univ. Palackianae Olomucensis, Fac. Rer. Nat., 1976, v tisku.
- [7] FUKA, J. - ŠIROKÁ, M.: *Výzkum vědomostí ze základních poznatků speciální teorie relativity ve čtvrtém ročníku gymnázia*. Mat. a fyz. ve škole 6, 1975/76, č. 7, s. 540—551, č. 8, s. 615—626.
- [8] BARTUŠKA, K.: *Základní poznatky speciální teorie relativity*. KPU Praha, 1973.
- [9] FEYNMAN, R. P., LEIGHTON, R. B., SANDS, H.: *The Feynman Lectures on Physics*. Addison—Wesley, Massachusetts, 1963 (přeloženo do ruštiny).
- [10] BEISER, A.: *Úvod do moderní fyziky*. Academia, Praha 1975. (překlad z angličtiny *Perspectives of Modern Physics*)
- [11] SOKOLOVSKIJ, J. I.: *Teoria otnositel'nosti v elementarnom izloženii*. Charkov, 1960.

- [12] OREAR, J.: *Fundamental physics*. New York, 1967 (přeloženo 1977 do slovenštiny).
- [13] FUKA, J.: *Doplňk k učivu fyziky pro 4. roč. gymnázia*. SPN, Praha, 1974.
- [14] BONDI, H.: *Assumption and Myth in Physical Theory*. Cambridge, 1967.
- [15] REKVELD, J.: *Relativité. L'enseignement actuel de la physique*. Paris, 1965 (Publications L'O.C.D.D.2)
- [16] MESSEL, H.: *Physics*. (Senior Science for High School Students.) Sydney, 1966.

jubilea zprávy &

STO LET OD NAROZENÍ PROF. PhDr. JANA VOJTĚCHA

Dne 5. srpna 1879 se narodil v Kyjově na Moravě v rodině bednáře Jan Vojtěch, autor výborných a moderně pojatých učebnic geometrie pro střední školy a řádný profesor matematiky na Vysoké škole inženýrského stavitelství při Českém vysokém učení technickém v Praze.

Po pěti letech českoněmecké obecné školy v Kyjově chtěl studovat z finančních důvodů na místním německém nižším gymnáziu, nakonec se rozhodl pro české gymnázium v Uherském Hradišti, kde studoval v letech 1890/91 až 1897/98 vždy s vyznamenáním. Ačkoliv jej zajímaly všechny předměty, obrátil se ve vyšších třídách k matematice, které se věnoval nad požadavky tehdejšího učebního plánu. Maturoval 23. 7. 1898 s vyznamenáním a na podzim roku 1898 se zapsal na filozofickou fakultu pražské univerzity, kde studoval osm semestrů do roku 1901/02 matematiku (u prof. F. J. Studničky a prof. Ed. Weyra, tehdy docenta univerzity) a fyziku (u profesorů V. Strouhala a V. Kolářka). Jeho zájem se rozšířil také na astronomii, meteorologii, chemii, psychologii, filozofii aj. K aprobaci pro učitelství na středních školách odevzdal domácí úlohy, a to z matematiky „Konstrukce plochy druhého stupně procházející devíti daný-

mi body“ (od Ed. Weyra) a z fyziky „O pružnosti krystalů“ (od V. Strouhala). Po klauzurních a ústních zkouškách (u F. J. Studničky a V. Strouhala) dosáhl 15. 12. 1902 s výborným prospěchem učitelské způsobilosti pro matematiku a fyziku na českých vyšších středních školách. Dne 14. 8. 1902 byla schválena jím předložená disertační práce „O existenci diferenciálního poměru a omezeného integrálu u funkcí jedné reálné proměnné“. Po vedlejších rigorosních zkouškách z filozofie (u T. G. Masaryka a F. Drtiny) a hlavních z matematiky a fyziky (u F. J. Studničky a V. Strouhala), vše opět s výborným prospěchem, byl 13. 12. 1902 prohlášen doktorem filozofie.

Ještě během studií suploval (od 12. 5. 1902) na akademickém gymnáziu v Praze, na českém státním gymnáziu na Malé Straně (od 19. 9. 1902 do 15. 9. 1903). Později v Olomouci (od 12. 10. 1903 do 31. 8. 1904) a jako skutečný učitel české zemské reálky v Lipníku nad Bečvou (od 1. 9. 1904 do 30. 8. 1907). Toužil po střední škole v Praze nebo v její blízkosti, nakonec byl od 1. 9. 1907 profesorem tehdy založené II. české státní reálky v Brně (na Křenové), kde podle svědectví ředitele byl vzorem učitele a vychovatele.

Dne 15. 3. 1909 předložil na české vysoké škole technické v Brně (dále VŠT) habilitační práci „Typy a kontinuitní grupy kolineací v prostoru třírozměrném“. Po habilitačním řízení (prof. K. Zahradník, M. Lerch a M. Pelíšek) byl jmenován 30. 8. 1909 soukromým docentem ryzi matematiky. Od roku 1909/10 konal docentské přednášky zaměřené na geometrii v rozsahu 2, popř. 3 hod. týdně. Od 27. 12. 1912 přednášel jako honorovaný docent Základy vyšší matematiky s cvičeními pro odbor chemického inženýrství, po smrti prof. K. Zahradníka suploval