

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Lucienne Gougenheimová  
Proč vyučovat astronomii?

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 22 (1977), No. 3, 168--171

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138225>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1977

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>

Vlastní příprava učitelů pro EMP se uskutečňuje formou *tří letních škol* – každá v délce 7 týdnů. Začíná se studiem osnov a učebních materiálů, přičemž se výuka řídí stylem, který bude učitel sám ve třídě používat (tj. studium K 0 a K A je řízeno přednášejícími, se zbývajících učebnicemi se učitelé seznamují individuálním studiem, popř. seminární formou). Příprava pokračuje speciálními přednáškami z matematiky, v nichž se rozšiřuje a zobecňuje učivo zahrnuté do programu. V rámci letních škol absolvují učitelé též řadu přednášek z pedagogiky, psychologie a z metodiky výuky podle EMP.

O výzkumném projektu EMP byly vydány dvě studie porovnávací výsledky žáků experimentálních tříd a nadaných žáků, kteří se učí podle klasických osnov. Ukazuje se, že v úlohách týkajících se běžného učiva byli studenti experimentálních tříd pouze o trochu lepší, zatímco v učivu, jež je explicitně zahrnuto do EMP, byli nesrovnatelně úspěšnější. V roce 1975 prošlo experimentální výukou 1250 žáků v 50 třídách; připravuje se další rozšíření experimentu.

---

Teorie množin je hlavní litanií, kterou intonují všichni obhájci tzv. moderní matematiky. Někteří tvrdí, že užití teorie množin dovoluje úplnou renovaci matematického vyučování a že díky této změně bude průměrný student schopen ovládnout učivo. Není třeba říkat, že je to čistá iluze. Pokud jde o zacházení se zřejmými fakty naivní teorie množin, to ovládne každý. To ale není matematika a dokonce ani logika. Jakmile se student setká se skutečnou matematikou (tj. s reálnými čísly, geometrií, funkcemi), pozná opět, že neexistuje královská cesta a že látce je schopna porozumět jen menšina studentů.

*René Thom*

## Proč vyučovat astronomii?\*)

*Lucienne Gouguenheimová*

Astronomie zaujímá uvnitř fyziky privilegiované místo, protože studuje různá tělesa ve vesmíru, na kterých existují velmi rozmanité fyzikální podmínky: situace astronomie se podobá křižovatce velmi odlišných odvětví fyziky.

Neobyčejná rozmanitost fyzikálních podmínek ve vesmíru vede k tomu, aby se vesmír využíval jako rozšířená pozemská laboratoř. To umožnilo nejen vymezit platnost fyzikálních zákonů, ale ukázat také jejich univerzálnost a všeobecně upřesnit určité fyzikální pojmy. Kromě toho dlouhá historie astronomie vede k tomu, že její studium je zajímavé z hlediska historie idejí a filozofie přírodních věd. Z těchto důvodů má vyučování astronomii veliký vzdělávací a výchovný význam. V dalším chci vymezit některé oblasti, ve kterých se tato úloha astronomie uplatňuje jako hlavní. Tento výčet však nelze považovat za vyčerpávající.

## Vesmír — fyzikální laboratoř

Velmi rozmanité a často extrémní fyzikální podmínky ve vesmíru vedou fyziky k využití vesmíru jako výběrové laboratoře. Tato laboratoř umožňuje cenné rozšíření pozemské laboratoře, ve které je rozsah možných změn fyzikálních parametrů mnohem omezenější.

Hmota uvnitř různých objektů, které tvoří vesmír, se vyskytuje ve stavu od kraj-

---

\*) Z časopisu *Bulletin de l'Union des Physiciens* 70 (1976), 584, přeložila MARTA CHYTILOVÁ.

ního zředění až po kondenzaci právě tak málo představitelnou pro pozemského fyzika. Hustota mezihvězdného plynu je řádově několik atomů na krychlový centimetr, naproti tomu hustota uvnitř bílých trpaslíků je větší než jedna tuna na krychlový centimetr. V neutronových hvězdách, které se nám projevují ve formě pulsarů, ztrácejí samotná jádra svou identitu a středové oblasti hvězdy tvoří neutronový plyn s hustotou blízkou hustotě uvnitř atomového jádra.

Právě tak působivý je rozsah stupnice teplot. Teplota studených mezihvězdných mraků je asi 50 K, zatímco teplota vnitřních oblastí hvězd nebo teplota sluneční korony přesahuje 10 miliónů K. Ve sluneční koruně, zároveň velmi zředěné a velmi horké, je ionizace velmi silná a astronomové nedovedli bezprostředně poznat, že velmi ionizované prvky, např. železo XIV, jsou rozhodující pro pozorované čárové spektrum: takto byla postulována existence nového prvku, nazvaného koronium; jeho zařazení do Mendělejevovy soustavy prvků se však ukázalo nemožným.

Také zakázané čáry a maserové jevy se běžně pozorují v mezihvězdném prostředí: malá hustota tohoto prostředí způsobuje, že kolize jsou příliš řídké, než aby mohly vzniknout spontánní emise velmi malé pravděpodobnosti. Kromě toho veliké zředění světla (hvězdy jsou velmi řídkce rozloženy v tomto prostředí) způsobuje také, že přechody záření probíhají s malou frekvencí. Tyto dva činitele se spojují a vedou k tomu, že lze pozorovat mnoho zakázaných přechodů.

Veliké hmotnosti objektů ve vesmíru (např. hmotnost Slunce  $10^{30}$  kg) způsobují, že převládají gravitační jevy. Tato situace dělá ze Slunce řízený termonukleární reaktor, který je s to automaticky se

stabilizovat. Až na několik výjimek jsou doby trvání astronomických dějů všeobecně velmi dlouhé. Jestliže se při určení oběžné eliptické dráhy jedné složky dvojhvězdy kolem druhé vystřídá několik generací astronomů, pak většina astronomických dějů se vyvíjí v obdobích velmi dlouhých ve srovnání s obdobím lidského života nebo dokonce ve srovnání s obdobím historie lidstva. Doba života hvězdy se mění od několika miliónů do několika miliard let, stáří sluneční soustavy je asi 5 miliard let, stáří vesmíru asi 12 miliard let.

Z toho důvodu poskytují astronomické děje dobré hodiny. I když byla definice etalonu jednotky času nedávno přefazena z astronomie do atomové fyziky, zůstává astronomie nezastupitelnou pro všechny problémy dlouhodobé chronologie.

Studium astronomických prostředí ukázalo, že zákony objevené v pozemských laboratořích jsou i tam platné, což dokazuje jejich všeobecnou platnost. Jako příklad můžeme uvést gravitační zákon, kterým se řídí pád tělesa na Zemi, slapy, pohyb planet, vznik Slunce a hvězd, jejich vnitřní rovnovážný stav nebo vývoj galaxií. Stejně bohatým zdrojem poučení je např. Dopplerův-Fizeauův jev: právě tento jev nám dovoluje určit rychlost ročního oběhu Země kolem Slunce, rychlost pohybu hvězd v Galaxii i únik samých galaxií. První pohyb probíhá rychlostí  $30 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ ; nejvzdálenější galaxie mají rychlosti více než  $100\,000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Astronomie potvrdila všeobecnou platnost fyzikálních zákonů, ale její zásluhou také je, že vedla k zpřesnění jejich stupně přibližnosti, ke zjemnění modelů v závislosti na daných fyzikálních podmínkách.

Proslulým příkladem je korekce gravitačního zákona Newtonova, kterou přinesla obecná teorie relativity. Je nutno

poznamenat, že právě ve vesmíru se uplatňují pozorovatelné jevy obecné teorie relativity: pozorování gravitačního spektrálního posuvu při průchodu světla v blízkosti tělesa veliké hmotnosti je příkladem ověření obecné teorie relativity jejími důsledky.

## **Astronomie a historie idejí**

Bylo velmi nesnadné opustit antropocentrismus, když v 17. století šlo o uznání, že Země není středem sluneční soustavy.

Bylo nutno čekat dvě století na to, než bylo objeveno, že Slunce samo je jen zcela obyčejnou hvězdou umístěnou na obvodu naší Galaxie, která nemá žádné privilegované místo mezi ostatními galaxiemi. Je velmi pravděpodobné, že mnoho hvězd je vybaveno planetárními soustavami podobnými naší soustavě. Vyjádřeno statisticky je existence vhodných fyzikálních podmínek pro život na jiných planetách velmi pravděpodobná. Kromě toho studium molekul nacházejících se v mezihvězdném prostředí ukazuje všeobecnou důležitost uhlíku. Život, jehož existence je pravděpodobná mimo Zemi, je velmi pravděpodobně také vybudován na uhlíku jako život, který známe na Zemi.

Astronomie nás také naučila opustit pojem „absolutní“, a to od absolutní vertikály v daném místě až po absolutní dobu trvání u všech pohybů, na kterých se podílíme: rotace Země kolem osy, oběh Země kolem Slunce během roku, rotace Slunce kolem galaktického středu jednou za 250 miliónů let nebo pohyb naší Galaxie vzhledem ke galaxiím ostatním.

Překvapující je jednota, se kterou se ve vesmíru setkáváme: jednota ve způsobu seskupení hvězd v galaxiích, jednota v seskupení galaxií, jednota chemického složení atd.

Bohaté poučení nám dává také zkoumání konfrontace myšlenkové konstrukce a pozorování. A. COMTE předpověděl nemožnost určení chemického složení hvězd, protože je nemožné se jim přiblížit. Objev zákonů spektroskopie ukázal marnost tohoto tvrzení. Veliké předpovědi, jako byla předpověď existence souputníka Siria, předpověď existence Neptuna, neutronových hvězd nebo kosmologického záření, potvrzené dodatečně pozorováními, dosvědčují mocnost fyzikální úvahy. Konečně je astronomie syntetizujícím prvkem v přírodních vědách. Využívá mnohé oblasti fyziky: je založena téměř výhradně na vlastnostech světla (každá informace v astronomii se k nám dostává prostřednictvím světla); v astronomii se využívá také termodynamika, jaderná fyzika nebo fyzika pevných látek. Astronomie se stýká s geologií, jde-li o určení stáří Země, o zkoumání měsíčních hornin, o původ kráterů pozorovaných na Měsíci, Marsu nebo Merkuru. Pozorování velikých trhlin na Merkuru vede k předpokladu, že plošné konfigurace popisované na Zemi neexistují na Merkuru. Naopak studium volných radikálů, komplexních molekul a prachu v mezihvězdném prostředí vyžaduje od astronomie hluboké znalosti organické chemie a výzkum planet a možností života navazuje na biologii.

## **Důležitost astronomie pro to, aby vysvětlila člověku jeho přírodní prostředí**

Změna trvání dne podle ročních období, existence půlnočního Slunce v určitých oblastech zeměkoule, inverze ročních období na zemských polokoulích, existence slapů nebo dohod v časových pásmech jsou vesměs jevy, v jejichž přítomnosti žijeme

a které lze snadno vysvětlit z několika astronomických znalostí. Totéž platí o modré barvě oblohy, o červené barvě zapadajícího Slunce nebo o vlivu sluneční aktivity na meteorologii nebo na přenos elektromagnetických vln rozhlasu.

Výzkum relativního pohybu Měsíce, Země a Slunce umožňuje jednoduché vysvětlení podmínek vzniku zatmění Měsíce a Slunce i předpovídání těchto jevů.

Jevy pozorované při kosmických letech k Měsíci dávají podnět k úvahám o zákonu setrvačnosti, o pojmu únikové rychlosti, o odlišení pojmů tíha a hmotnost.

## Závěr

Je známo, že mnoho mladých lidí má veliký zájem o astronomii. Této příznivé situace by se mělo využít. Konkrétní problémy, které motivují tento zájem, by měly být východiskem pro vytváření a rozvíjení fundamentálních fyzikálních pojmů.

---

Současný trend nahrazování geometrie algebrou [na základní škole] je výchovně zhoubný a měl by být odmítnut. Je pro to jednoduchý důvod: zatímco existují geometrické problémy, neexistují žádné algebraické problémy. Tzv. algebraický problém může být jen jednoduchým cvičením vyžadujícím slepou aplikaci aritmetických pravidel a předem stanoveného postupu. Až na řídké výjimky nelze na studentu žádat důkaz algebraické věty; požadovaná odpověď je buď zcela zřejmá a lze ji získat přímou substitucí definic, nebo problém spadá do teoretické algebry a jeho řešení přesahuje možnosti i nejnadánějších studentů. S trochou nadsázky můžeme říci, že každá otázka v algebře je buď triviální, nebo neřešitelná. Naproti tomu klasické problémy geometrie jsou rozsáhlou oblastí podnětů pro studenty.

*René Thom*

# jubilea zprávy



## TŘETÍ MEZINÁRODNÍ KONGRES O VYUČOVÁNÍ MATEMATICE

Ve dnech 16. až 21. srpna 1976 se konal v Karlsruhe (NSR) třetí mezinárodní kongres o vyučování matematice. Byl připraven a uspořádán Mezinárodní komisí pro vyučování matematice (International Commission on Mathematical Instruction — ICMI) a univerzitou v Karlsruhe. Předsedou programové komise kongresu byl vicepresident ICMI profesor dr. H. G. STEINER z Německé spolkové republiky. Na kongres přijelo téměř 2200 pracovníků z více než 80 států všech světadílů. Jednací řeči byly angličtina, francouzština a němčina; hlavní přednášky byly tlumočeny vždy do dvou z těchto jazyků. Jednací řeči v sekcích byla angličtina; oficiální tlumočníky zde zastoupili někteří účastníci sekcí, kteří překládali diskusní příspěvky do němčiny a někdy i do francouzštiny.

Kongres byl slavnostně zahájen v pondělí 16. srpna 1976 v 16 hodin předsedou ICMI profesorem IYANAGOU z Japonska, po němž promluvili ministr školství Baden-Württemberska prof. dr. W. HAHN, vrchní starosta města Karlsruhe, rektor univerzity v Karlsruhe a na závěr děkan její matematické fakulty. Z velmi zajímavého projevu profesora Hahna je snad vhodné uvést aspoň tato slova: „Není důležité, aby žáci znali teorii množin, důležité však je, aby se matematice vyučovalo zajímavě, na úrovni současné technické doby a tak, aby se žáci naučili pracovat s matematickým aparátem a uměli s jeho pomocí řešit reálné situace“. Z projevu děkana matematické fakulty profesora W. WALTERA jsme poznali, že také v NSR jsou v matematice problémy s přechodem studentů ze středních škol na školy vysoké a že tu existuje velká migrace studentů pramenící ze strachu z matematiky.

Zahájení kongresu a všech pět přednášek, které byly rozloženy do tří dnů, se konalo pro všechny účastníky kongresu v rozsáhlé