Posudek vedoucího na bakalářskou práci

Komplexní čísla: zavedení a geometrické aplikace

Jiří Helus

Předložená práce se zabývá dvěma základními problémy, které se objevují v souvislosti s výukou komplexních čísel na střední škole.

Prvním problémem je záměna vlastnosti imaginární jednotky $\mathrm{i}^2 = -1$ s její definicí. Například v učebnici *Komplexní čísla* ze série Matematika pro gymnázia je zavedení komplexních čísel sice provedeno korektně, při čtení však může vzniknout dojem, že komplexní čísla jsou definována jako čísla tvaru $a + b\mathrm{i}$, $a, b \in \mathbb{R}$, kde i je jednoznačně definováno vztahem $\mathrm{i}^2 = -1$.

Druhý problém je, že po probrání základní látky bývá u tématu komplexní čísla málo prostoru věnováno jejich využití. Často je to způsobeno nedostatkem času, přesto však autor v práci předkládá několik ukázek aplikace komplexních čísel v geometrii. Některé jsou velmi jednoduché (jejich zařazení je tedy snadné) a pěkné, některé poskytují hlubší a zajímavé výsledky.

Text je přehledně členěn do šesti kapitol. V první je náznak motivace k zavádění a studiu komplexních čísel formou blízkou žáku střední školy. Ve druhé kapitole je velmi stručně naznačena historie komplexních čísel. Většina kapitoly je věnována historii kubické rovnice, bohužel ze samotného textu není jasné, proč. Mírný náznak je obsažen pouze v poznámce pod čarou č. 12, která však obsahuje nepřesnosti, a může tak být zavádějící. Objasnění klíčového momentu historie komplexních čísel tak zapadlo.

Třetí kapitola obsahuje poznámky k zavedení komplexních čísel. Autor začal axiomatickým popisem množiny reálných čísel. U samotného zavedení komplexních čísel (které je pouze naznačeno) je důraz kladen na motivační a didaktické poznámky. Bohužel, ty často stojí na nepřesně prováděné matematice, a tak jsou místy matoucí či chybné. Motivací k zavedení komplexních čísel má být snaha zajistit existenci řešení rovnice s komplexními koeficienty (?). Tato pasáž není formulována dostatečně srozumitelně – není jasné, z čeho vycházíme a k čemu chceme dojít. Imaginární jednotka je uvedena zvláštně: *označíme* $\mathrm{i}^2 = -1$; označena je celá rovnost či rovnice? Je problematické hovořit o dvou hodnotách prvku $\sqrt{-1}$, že je to buď $\sqrt{-1}$ nebo $-\sqrt{-1}$. Navíc by si z nich čtenář mohl snadno vybrat *tu správnou hodnotu*: $\sqrt{-1}$. Dále se objeví algebraický tvar komplexního čísla (*není to dobrý nápad*) a ihned je konstatováno, že problém vyřeší zavedení komplexních čísel jako uspořádaných dvojic reálných čísel. Přechod je zde velmi rychlý a (zdánlivě) bez motivace. V další části této kapitoly je zavedena množina komplexních čísel axiomaticky. Zajímavá a relativně srozumitelná je pasáž o rozšiřování oboru $\mathbb{C}$. Přidávat imaginární jednotky však není prvotní motivace (imaginární jednotka by měla být na základě předchozích úvah jediná).

Čtvrtá kapitola prezentuje geometrický význam některých operací s komplexními čísly. Společně s pátou kapitolou obsahující aplikace komplexních čísel na popis jednoduchých geometrických objektů a vztahů jsou většinou ihned využitelné ve výuce na střední škole.

Poslední šestá kapitola obsahuje odpověď na otázku, jak znázornit komplexní kořeny kvadratické rovnice (průsečíky paraboly s osami neexistují) a důkaz dvou netriviálních geometrických vět (o Feuerbachově kružnici a Napoleonovy věty). Až na některé nejasnosti v označení je tato kapitola pěknou ukázkou práce s komplexními čísly.

V práci se vyskytují různorodé nedostatky. Nejsou bohužel úplně vzácné, některé jsou drobné (neslabičné předložky na koncích řádků, chybějící čárky ve větách, např. před *a tak*), jiné zásadní (zmíněny výše).

Vzhledem k výše uvedenému doporučuji, aby tato práce byla uznána jako bakalářská, a doporučuji ji k obhajobě. Navrhuji hodnocení ***velmi dobře.***

Praha, 10. června 2019

Zdeněk Halas, DiS., Ph.D.
Katedra didaktiky matematiky MFF UK