

Josef Štěpánek

O rovnicích kulového zrcadla vypuklého a čoček rozptylných

Časopis pro pěstování matematiky a fyziky, Vol. 57 (1928), No. 2, D17--D20

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121773>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1928

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>

Dr. JOSEF ŠTĚPÁNEK:

O rovnicích kulového zrcadla vypuklého a čoček rozptylných.

V naší Maškově učebnici: »Fysika pro vyšší třídy středních škol« jest odvozena ve druhém díle *základní rovnice* pro kulové zrcadlo *vypuklé* ve tvaru

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = -\frac{1}{f}, \quad (1)$$

a výrazy tak zvaného *zvětšovacího poměru*

$$\frac{y'}{y} = \frac{f}{x} = \frac{x'}{f} = \frac{b}{a}. \quad (2)$$

Rovnice čoček *rozptylných* jest napsána ve tvaru

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = -\frac{1}{f}, \quad (3)$$

ale zvláštní rovnice pro zvětšovací poměr u rozptylek není odvozena. Kniha odkazuje na rovnici zvětšovacího poměru čoček spojných, do níž se má dosaditi veličina f (ohnisková dálka) se znaménkem *záporným*, a vznikne tím rovnice pro zvětšovací poměr čoček rozptylných.

Podobně jako tato naše učebnice počínají si při rovnicích zrcadel vypuklých a rozptylek i německé učebnice fysiky pro vyšší třídy středních škol (na př. Dr. Al. Lanner: *Naturlehre*, Dr. Fr. Poske: *Oberstufe der Naturlehre*, Dr. J. G. Wallentin: *Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen der Mittelschulen*, Dr. K. Rosenberg: *Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen der Mittelschulen*).

Probíráti vztahy mezi polohou a velikostí předmětu a obrazu u zrcadel vypuklých a čoček rozptylných tímto způsobem, není však zcela důsledné a bývá mimo to zdrojem hojných chyb, když má žák podle rovnic upravených tak, jak bylo uvedeno, počítati příklady praktické s danými určitými čísly.

Těmto chybám však učitel předejde a vystačí pro celou nauku v zobrazování zrcadly kulovými i čočkami všech druhů s pouhými třemi rovnicemi, když hned od začátku této

nauky o zobrazování důsledně přihlíží nejen k velikosti, nýbrž i ke směru všech délek přicházejících v úvahu.

Základní zrcadlovou rovnicí pro skutečný bodový předmět na ose zrcadla kulového v y p u k l é h o odvozují takto:

Předešlu, že vzdálenosti bodů od vrcholu čítají se směrem před zrcadlo kladně, za zrcadlo záporně. Z obr. 52 II. dílu Maškovy Fysiky (4. vydání), v němž AM jest nulový paprsek, plyne pak vztah úseků způsobených osou MS vnějšího úhlu v trojúhelníku AMB :

$$AS : BS = AM : MB = AV : VB;$$

výměnou vnitřních členů pak vychází:

$$\frac{AS}{AV} = \frac{BS}{VB} = -\frac{BS}{BV},$$

a z toho harmonický vztah čtveřiny A, B, S, V .

Výměnou směru všech čtyř úseček v poměru prvním a třetím obdržíme:

$$\frac{SA}{VA} = -\frac{SB}{VB}. \quad (4)$$

Do této rovnice zavedu obvyklé vzdálenosti

$$VA = a, \quad VB = b, \quad VS = r,$$

z nichž první jest kladná, obě druhé jsou záporné. Pak jest:

$$SA = SV + VA = -r + a,$$

$$SB = SV + VB = -r + b,$$

takže rovnice (4) nabude tvaru:

$$\frac{-r + a}{a} = -\frac{-r + b}{b}, \quad (5)$$

z něhož úpravou plyne

$$\frac{r}{a} + \frac{r}{b} = 2.$$

Zavedeme-li pak

$$\frac{1}{2}r = f,$$

obdržíme základní rovnici zrcadla kulového v y p u k l é h o ve tvaru

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}, \quad (6)$$

který jest úplně shodný s rovnicí pro zrcadlo kulové duté. Jest ovšem dobře znova upozorniti žáky, že v této rovnici veličina f jest záporná a při zvolené poloze bodu A vzdálenost b rovněž.

Rovnice $xx' = f^2$ odvodí se pak z rovnice (6), zavede-li se

$$\overline{FA} = x, \overline{FB} = x'$$

a počítají-li se tyto délky zase důsledně směrem nalevo od ohniska kladně, napravo záporně.

Pak jest

$$\begin{aligned} a &= VF + FA = f + x, \\ b &= VF + FB = f + x'. \end{aligned}$$

Dosadíme-li tyto výrazy do rovnice (6) a zbavíme-li ji zlomků, vyjde

$$xx' = f^2. \quad (7)$$

Potom provede se rozbor obou rovnic (6) a (7) a ověří pokusy na př. na Hartlově optické desce.

Pro předmětový bod ležící mimo osu sestrojí se pro vypuklé zrcadlo obrazec obdobný obrazci 49 Maškovy Fysiky II. pro zrcadlo duté a z něho pak vypočítá se zvětšovací poměr shodně jako pro zrcadlo duté ve tvaru:

$$\frac{y'}{y} = -\frac{b}{a} = -\frac{f}{x} = -\frac{x'}{f}. \quad (8)$$

Při kladném a a x jest poměr y'/y ve všech svých třech tvarech kladný, jak to odpovídá poloze předmětu i přímého obrazu na dosou; neboť pak jest b záporné, proto $-b/a$ kladné, f záporné, ale x' kladné, proto $-f/x$ i $-x'/f$ jsou čísla kladná.

Vyjdou tedy všechny tři základní rovnice zrcadla kulového vypuklého úplně shodně s rovnicemi pro zrcadlo kulové duté.

Že jsou odvozené rovnice správné i pro případ předmětů virtuálních, lze ověřiti snadno několika číselnými příklady.

Podobně jako při zrcadle vypuklém počínám si i při rovnicích pro čočky rozptylné. Podle roztřídění čoček plyne, že ohnisková dálka rozptylek jest záporná pro $n > 1$, neboť ve výrazu

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

jest druhý činitel pravé strany záporný. Jinak zůstává v platnosti rovnice též jako u čoček spojných, tedy

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}, \quad (9)$$

ale poloha ohnisek jest vyměněna, předmětové ohnisko F jest za čočkou, kdežto obrazové F_1 před čočkou (viz obr. 75 Maškovy Fysiky II.). Předmětovému bodu A na ose patří obrazový bod B . Pak jest $SA = a$ kladné, ale $SB = b$ záporné, neboť jest B v prostoru předmětovém. Vzdálenosti

$$x = FA, x' = F_1B$$

čítají se směrem k čočce kladně, záporně směrem od čočky, opačně než u čoček spojných. Jest tedy

$$a = SF + FA = f + x, \quad b = SF_1 + F_1B = f + x'.$$

Dosazením do rovnice (9) a úpravou dospějeme k rovnici Newtonově

$$xx' = f^2. \quad (10)$$

I zvětšovací poměr se vypočítá zcela stejně jako pro čočky spojně ve tvaru

$$\frac{y'}{y} = -\frac{b}{a} = -\frac{f}{x} = -\frac{x'}{f}. \quad (11)$$

Že i pro rozptylky vyhovují rovnice (9), (10), (11) správně všem možným polohám předmětu a obrazu, ověří se pak několika číselnými příklady. Chybiti v těchto příkladech nemůže žák tak snadno, když má stále na mysli, že do každé rovnice jest mu dosazovati veličiny se zřetelem ke směru i k velikosti. Ovšem jest nutno důrazně žáky upozorniti, že u zrcadel počítají se vzdálenosti obrazové kladně v prostoru před zrcadlem, kdežto u čoček jest tomu opačně.

Paměti žákově jest však popsaným postupem značně ulehčeno, neboť místo trojích různých tvarů rovnic základních a rovnic pro zvětšovací poměry stačí mu pamatovati si tvar jediný pro všechny čtyři zobrazovací soustavy. Uvážíme-li pak, že rovnice Newtonova platí i pro čočky tlusté, spojky i rozptylky, a zvětšovací poměr ve tvaru

$$\frac{y'}{y} = -\frac{f}{x} = -\frac{x'}{f}$$

rovněž, jest výhoda tohoto jednotného tvaru zobrazovacích rovnic tím patrnější.

FRANTIŠEK ONDRÁK:

O fyzice v nižších třídách středních škol.

(Dokončení.)

II. O metodě vyučovací.

V pedagogických snahách poslední doby bývá stále více zdůrazňována důležitá úloha studijní školy, uváděti žáka v metody vědeckého myšlení, aby se naučil nalézati ve spoustě empirických jednotlivostí zákonitost; žák má nabýti schopnosti pronikati splet života a určit si v ní pevný směr. Voláno jest po výchově lidí schopných tvůrčí práce a vědomých zodpovědnosti; prostředkem k ní