Karel Regner

Ukázka metody ve fysikálním praktiku

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 61 (1932), No. 4, D42--D49

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/121305

$$3x - 4y + 12 = 0, \tag{2}$$
$$3x + 4y + 12 = 0, \tag{3}$$
$$3x - 4y - 12 = 0. \tag{4}$$

Normální tvar rovnic obdržíme ve všech případech podle Supp., dělíme-li rovnice číslem — 5. Bude pak vzdálenost počátku O od přímek

$$d_1 = \tfrac{12}{5},\ d_2 = -\tfrac{12}{5},\ d_3 = -\tfrac{12}{5},\ d_4 = \tfrac{12}{5}.$$

Shoduje se tedy smysl těchto vzdáleností u všech přímek s pravidlem o levé a pravé straně přímky. Jinak jest tomu ale, přihlédneme-li ke smyslu přímek, který zavedl sám autor. Normály na přímku mířící vzhůru mají býti kladné a dolů záporné. Zatím však normála d_1 mířící dolů vychází kladně a d_3 mířící nahoru záporně. Směr volíme od její paty na přímce k počátku O.

Osu úhlu dvou přímek řeší Sch. a Moč. jako naše učebnice. Supp. řeší osu úhlu sevřeného kladnými smysly obou přímek, jejíž rovnice je vždy $d_1 = -d_2$.

Osy úhlů trojúhelníku řeší Sch. a Moč. jen pro případ, že počátek O leží uvnitř trojúhelníku. Supp. tuto úlohu vůbec neřeší. Jako zvláštnost učebnice Moč.-Spiel. jest uvésti, že nepřechází mlčky přímky jdoucí počátkem O, nýbrž činí tento případ předmětem zvláštního rozboru. Pro tyto přímky volí totiž odchylku normály v mezích od 0^0 do 180^0 a upravuje podle toho znaménko členu obsahujícího y v normální rovnici jako autor tohoto článku. Jenže Moč. tuto volbu nijak neodůvodňuje. Řeší též osu úhlu dvou přímek, z nichž jedna nebo obě procházejí počátkem O. Směr normály určuje podle pravidla dříve uvedeného.

KAREL REGNER:

Ukázka metody ve fysikálním praktiku.

Podávám několik příkladů z fysikálního praktika, ale předem připomínám, že se nehodí pro praktikum frontální, nýbrž individuální, kde pracuje jen několik dvojic žákovských o různých úlohách. Tyto dvojice dostávají ke své práci psané návody, které se mi navracejí po ukončeném cyklu obyčejně ve stavu dále nepotřebném, takže je musím přepisovati, snažím se však při tom, abych nové návody zlepšoval podle nabytých zkušeností. Návody jsou stručné, obyčejně obsahují schematické nákresy pokusu a spojení užitých strojů, podle možnosti i formulář protokolu práce. Tak jsou míněny příklady níže uvedené, nákresy jsou zde ovšem vynechány, taktéž grafy výsledků, formuláře naopak jsou vyplněny konkretními měřeními.

Musel bych opakovati svoje stanovisko k fysikálnímu praktiku jindy uveřejňované, abych obhájil tyto zde uvedené příklady, aspoň jen to uvedu, že při praktiku individuálním je možná stálá kontrola vedoucího učitele, aby se mohlo používati na př. městského proudu střídavého a poměrně jemnějších strojů, a přec aby ani tyto stroje, ani žáci nepřišli k úrazu.

Za velmi vhodné úlohy pokládám měření relativní, při kterých se pozorují vzájemné změny fysikálních veličin a pak se zaznamenávají graficky na milimetrový papír. Pro absolutní měření nebývá ani dost vhodných etalonů, ani dost spolehlivých strojů, na př. jednotka svítivosti je těžko poříditelná a mimo to pro žákovské práce malá, ampérmetry a voltmetry musí míti stupnice několikerého rozsahu, dále na př. nelze zabrániti změnám v napětí městského proudu, konečně chyba 10% při měřeních žákovských není nijak veliká. Že se tím nevylučují všechna pozorování absolutní, nemusím snad připomínati, hned první z uvedených příkladů je toho dokladem.

I. Kolik má nová čs. pětikoruna stříbra?

Nové mince 5 Kč jsou ze stříbra a mědi (po 50%), množství obou kovů se určí pomocí Archimedova zákona takto. Pod kratší miskou hydrostatických vah visí drátěný držáček pro zachycení mincí, jeho konec je trvale ponořen do vody, takže se mohou mince vážiti na vzduchu i ve vodě. K pokusu vezmi několik pětikorun, při určování jejich nadnášky dej pozor, aby mezi mincemi nezbyly bublinky vzduchu. Proč? Hmota mincí budiž M, nadnáška jejich ve vodě m, Ag: hmota x, spec. hmota S, Cu: hmota y, spec. hmota s. Platí rovnice $M = x + y$, $m = \left(\frac{x}{S} + \frac{y}{s}\right) . 1$.

Podej jejich výklad. Z nich lze vypočísti x, y, potřebné spec. hmoty najdeš v tabulkách.

6 pětikorun: $M = 41{\cdot}75\,g$, $m = 4{\cdot}33\,g$
$S = 10{\cdot}50$, $s = 8{\cdot}94$

$$x = \frac{M - ms}{S - s} S = 20{\cdot}6\,g,$$

$$y = \frac{mS - M}{S - s} s = M - x = 21{\cdot}1\,g.$$

Proč se béře k pokusu několik pětikorun? Kolik procent činí průměrná úchylka váhy pětikoruny od zákonné hodnoty 7 g? Co jest asi hlavní příčinou nepřesnosti výsledku?

II. Měření odporu vzduchu.

Z lehkého hedvábného papíru vystřihni čtyři kruhové výseče po 270° o poloměru 8 *cm* a slep je arabskou gumou ve čtyři kornoutky.

1. Metronom zařiď na číslo 152 a pak pozoruj pád kornoutku od stropu až k podlaze v koutě dvou zdí. Počítají se údery metronomu 3 — 2 — 1 — 0 — 1 . . ., přesně na 0 se kornoutek vypustí. Pokus se koná několikrát, příliš odchylné výsledky jakožto zřejmě chybné se vyloučí, z ostatních vezmi hodnotu průměrnou. Účinkem odporu vzduchu snáší se kornoutek velmi záhy pohybem rovnoměrným; jakmile se totiž vzrůstající odpor vzduchu vyrovná váze kornoutku, nastává následkem setrvačnosti pohyb rovnoměrný o rychlosti, dosažené v posledním okamžiku. Vypočti tuto rychlost $v = S : t$. Údery metronomu následují v intervalech $60\,sec : 152 \doteq 0{\cdot}4\,sec$, pád trval $t = 14$ úderů $= 14 \times 0{\cdot}4\,sec = 5{\cdot}6\,sec$, dráha od stropu k podlaze jest $S = 420\,cm$, tedy rychlost $v = 420 : 5{\cdot}6 = 75\,cm/sec$.

2. Vypočti, kdy a v jaké vzdálenosti od stropu dosáhne kornoutek této konečné rychlosti. Ježto padá nejprve pohybem zrychleným, platí přibližně rovnice $s = \frac{1}{2}gt^2$, $v = gt$, kde $g = 981\,cm/sec^2$, $v = 75\,cm/sec$, výsledek jest $s \doteq 3\,cm$, $t \doteq 0{\cdot}1\,sec$.

Byl-li dovolen předpoklad, že téměř ihned nastává rovnoměrné padání kornoutku?

3. Zastrč do sebe těsně dva kornoutky a pozoruj zase jejich padání. Odpor vzduchu roste se čtvercem rychlosti kornoutku, tedy naopak rychlost úměrně s druhou odmocninou odporu, t. j. s druhou odmocninou z váhy kornoutku. Dva kornoutky jsou dvakrát těžší, má býti tedy jejich rychlost $\sqrt{2}$krát větší, než u jednoho kornoutku. Je-li souhlas početního výsledku a pokusu?

4. Učiň stejné měření se 3 a 4 kornoutky do sebe zastrčenými. Co má platit pro jejich rychlosti a tedy co pro doby jejich pádu?

počet kornoutků	průměrná doba pádu		
1	14	14	$= 14{\cdot}0$
2	9·5	$9{\cdot}5 \times \sqrt{2}$	$= 13{\cdot}4$
3	8	$8 \times \sqrt{3}$	$= 13{\cdot}8$
4	7	$7 \times \sqrt{4}$	$= 14{\cdot}0$

5. Pořiď si kornoutky stejného tvaru, ale o poloměru menším a větším než dosavadních 8 *cm*. Vypouštěj je současně. Jak padají? Odpor vzduchu roste sice úměrně s velikostí kornoutku, ale současně s velikostí roste úměrně i váha kornoutku. Mají tedy

padati všechny kornoutky stejnou rychlostí. Je-li souhlas této úvahy s pokusem?

6. Udělej na kornoutku záhyby radiálně ze špičky jeho vycházející, takže bude míti tvar poněkud špičatější. Vypusť tento kornoutek současně s kornoutkem neskládaným. Jak padají? Odpor závisí na tvaru a průřezu padajícího kornoutku. Urči rychlost kornoutku skládaného!

7. Odpor vzduchu je dán vzorcem $O = k \,.\, P \,.\, v^2$. Urči konstantu k pro původní kornoutek. Váha kornoutku O se určí současným vážením všech čtyř kornoutků! Proč ne jednoho? Veličina P značí ve vzorci max. příčný průřez a činí v našem případě $^3/_4$ plochy kornoutku; kontroluj to sám úvahou geometrickou! Udej P v dm^2!

$$
\begin{aligned}
O &= 1{\cdot}10\, g : 4 = 0{\cdot}27\, g,\\
P &= \tfrac{3}{4} \,.\, \tfrac{3}{4}\pi r^2 \doteq 1{\cdot}1\, dm^2,\\
v &= 0{\cdot}75\, m/sec,\\
k &= O : Pv^2 = 0{\cdot}44.
\end{aligned}
$$

(*Poznámka*: Převod na kg a m^2 vede pro kužel tohoto tvaru k hodnotě 0·044, tedy hodnotě větší než pro polokouli, ale menší než pro vodorovnou desku.)

Co značí fysikálně tato vypočtená konstanta? Jak by se kontrolovala pokusem? Vypočti podobně konstantu pro kornoutek skládaný.

III. Odpor vlákna žárovky.

Odpor žárovkového vlákna mění se s jeho teplotou. Tuto teplotu svítící žárovky lze měřiti velmi nesnadno, avšak teplota roste s intensitou proudu, který žárovkou protéká, pozorujme tedy souvislost intensity, po případě napětí proudu s odporem vlákna. Se žárovkou v serii jest ampérmetr, k tomuto proudokruhu přikládej z transformátoru napětí vzrůstající od nejmenšího do největšího přípustného. Do tabulky zapisuj pozorované veličiny e, i a vypočítaný z nich odpor $r = e : i$, potom pořiď znázornění grafické, vodorovně nanášej intensitu, svisle odpor v příhodných jednotkách.

Kovová žárovka 200 W.

e	i	r	e	i	r
10	0·26	38	120	0·62	193
20	0·30	66	160	0·73	219
30	0·34	90	190	0·81	239
50	0·41	121	210	0·85	247
60	0·44	136	220	0·87	253
100	0·56	178			

Totéž měření proveď se žárovkou uhlovou. Jak se liší odporově vlákno uhlové od kovového?

IV. Zdánlivý odpor cívky.

Odpor cívky protékané střídavým proudem elektrickým je větší než odpor její ohmický a závisí mimo jiné na železném jádře cívky. Z transformátoru odboč pro cívku napětí nominálně 10 V, v serii s cívkou je připojen ampérmetr, paralelně k cívce voltmetr. Do cívky vkládej dráty z měkkého železa po jednom až do dvaceti, měř po každé příslušné napětí e, intensitu i a vypočti podle zákona Ohmova zdánlivý odpor či impedanci $z = e : i$. Výsledky sestav do tabulky i do grafického znázornění na milimetrový papír, vodorovně nanášej počet drátů d, svisle impedanci.

d	e	i	z	d	e	i	z
0	7·8	10·6	0·7	11	9·8	3·5	2·8
1	8·1	10·0	0·8	12	10·0	3·1	3·2
2	8·3	9·1	0·9	13	10·1	2·8	3·7
3	8·5	8·5	1·0	14	10·2	2·5	4·0
4	8·7	7·8	1·1	15	10·2	2·3	4·8
5	8·9	7·1	1·2	16	10·3	1·9	5·4
6	9·1	6·4	1·4	17	10·4	1·8	6·0
7	9·3	5·6	1·6	18	10·5	1·6	6·7
8	9·5	5·0	1·8	19	10·5	1·4	7·4
9	9·6	4·5	2·2	20	10·5	1·2	8·7
10	9·7	4·0	2·4				

Naměř odpor téže cívky při proudu stejnosměrném některou známou metodou. $r = 0{\cdot}4$ ohmu. Zda-li se mění tento odpor vložením železných drátů do cívky?

V. Svítivost žárovky.

Svítivost žárovky mění se s její spotřebou elektrické energie; tuto závislost chceme prozkoumati. Na jednu stranu fotometru postav žárovku 150 W s plným napětím 220 V; tuto žárovku budeme pokládati za jakousi normální, srovnávací jednotku. Na druhou stranu fotometru dej druhou žárovku 150 W, kterou budeme proměřovati, ta má v serii zapojený ampérmetr a napětí nejprve také $e = 220$ V. Postav ji přesně do vzdálenosti $r = 100$ *cm* od fotometru, normální žárovku potom posunuj tak, aby nastalo ve fotometru stejné osvětlení obou plošek, t. j., aby rozhraní mezi nimi zmizelo.

Označíme-li svítivost normální žárovky N a vzdálenost její a, platí $I : N = r^2 : a^2$, odtud $I = Nr^2/a^2$. Zvolme si pro početní pohodlí $N/a^2 = \frac{1}{100}$, pak svítivost měřené žárovky v těchto vhodně volených jednotkách jest $I = \frac{1}{100} r^2$. Vypočti tuto hodnotu.

Odečti nyní na ampérmetru intensitu proudu i, vypočti spotřebu žárovky $W = ei$, konečně specifickou spotřebu žárovky, t. j. spotřebu ve wattech, připadající na normálnou jednotku svítivosti, tedy $S = W/I$.

Nyní zmenšuj postupně pomocí transformátoru napětí na proměřované žárovce a posunuj ji po každé k fotometru tak, aby zase nastalo stejné osvětlení jeho obou plošek. Pozorování veličin e, i, r a výpočty veličin I, W, S zapisuj do připravené tabulky, z výsledků sestav grafické znázornění, vodorovně nanášej spotřebu W, svisle jednak svítivost I, jednak specifickou spotřebu S v příhodných jednotkách.

e	i	W	r	I	S
220	0·69	152·0	100	100	1·52
190	0·64	121·6	76	58	2·10
160	0·59	94·5	55	30	3·15
120	0·50	60·0	30	9	6·66
100	0·45	45·0	20	4	11·25

K jakému až napětí lze sestoupiti a proč? Kdy svítí žárovka nejúsporněji? Bylo-li by ekonomické svítiti žárovkou 220 V na městském proudu, na př. 120 V?

VI. Absorpce světla šedými sklíčky.

Na jednu stranu fotometru dej žárovku na př. 100 W do vzdálenosti $r_0 = 100\,cm$, na druhou stranu také žárovku 100 W a posunuj ji tak, aby nastalo ve fotometru stejné osvětlení obou plošek; její vzdálenost během pokusu dále neměněná a číselně nepotřebná budiž a. Označíme-li intensitu této srovnávací žárovky N a intensitu první žárovky I_0, platí $I_0 : N = r_0^2 : a^2$, odtud $I_0 = N r_0^2/a^2 = A r_0^2$.

Mezi první žárovku a fotometr vlož kolmo šedé sklíčko, posunuj pak tuto žárovku k fotometru, zase až se dosáhne stejného osvětlení obou plošek. Platí obdobně $I_1 : N = r_1^2 : a^2$, odtud $I_1 = A r_1^2$. Světlo sklíčkem pohlcené jest $I_0 - I_1$, relativní úbytek dopadajícího světla jest $\frac{I_0 - I_1}{I_1}$ a v procentech činí tato absorpce $K_1 = 100 \frac{r_0^2 - r_1^2}{r_0^2}$. Vypočti tuto hodnotu.

Vlož nyní dvě šedá sklíčka, naměř obdobně vzdálenost r_2 a vypočti $K_2 = 100 \frac{r_1^2 - r_2^2}{r_1^2}$, podobně pro tři sklíčka $K_3 = 100 \frac{r_2^2 - r_3^2}{r_2^2}$ a konečně pro čtyři.

Pozorování a výpočty vpisuj do připravené tabulky.

Sklíčka	r	r^2	$r_0^2 - r_1^2$	K
0	100	10000	$>$ 2944	29·5
1	84	7056	$>$ 2156	30·5
2	70	4900	$>$ 1300	26·5
3	60	3600	$>$ 1100	30·5
4	50	2500		

Jaká mají býti teoreticky procenta K při předpokladu úplně stejných sklíček?

Poznámky k příkladům.

I. Známá úloha Archimedova.

II. Zlomky sekundy se určují těžko, proto je metronom zařízen na rychlejší chod. Kornoutky se zdvíhají ke stropu dlouhou tyčí, která má na horním konci vodorovná drátěná očka, na zdi je nanesena stupnice od stropu k podlaze, postupující po decimetrech. V tomto příkladu lze dobře použíti metody heuristické a klásti otázky obráceně, t. j. z pozorování na příčinu. To záleží na tom, jaké stanovisko zaujímáme k celému praktiku, zejména, jaký je poměr jeho ke školním výkladům, dále nebudou-li ony otázky místo objevitelských jen napovídacími, a kolik příkladů jiných bude možno touto heuristickou metodou provésti.

III. Jiný způsob měření odporu vlákna žárovky, který se hodí zejména pro menší žárovky a stejnosměrný proud, jest ten, že měníme předraženým odporem plynule intensitu proudu a tím i napětí připadající na žárovku.

Pro různá napětí střídavého proudu používám autotransformátoru 1 kW s odbočkami 10, 20, 30, 60, 100 V, který mi koná v nauce o elektřině služby neocenitelné.

IV. Užitá cívka má čtyři vrstvy silného měděného drátu po 116 závitech, délka cívky je 28 *cm*. Při školním výkladu ukazuji změnu odporu známým způsobem kvalitativním tím, že hasne zapojená žárovka při zasunování železného jádra do cívky, v praktiku mají žáci poznati tento zjev kvantitativně. Po dobré úvaze vynechávám výpočet a změnu koeficientu samoindukce, ač se to zdá lákavé, naproti tomu připojuji jinou úlohu, totiž, jak se mění zdánlivý odpor cívky s intensitou proudu při nezměněném počtu vložených drátů.

V. K této a následující úloze užívám fotometru Lummerova, což bude považováno za luxusní a pro střední školu nevhodné. Ale předně koupil jsem jen oba nutné hranolky za pouhých 180 Kč, celou jejich adjustaci jsem pořídil po domácku sám skoro zadarmo, za druhé ve škole fotometr Lummerův nevykládám, zato je v návodu praktika připojen stručný jeho výklad a nákres, konečně měření s fotometrem Lummerovým předcházejí v praktiku práce s fotometry staršími, na kterých poznají žáci sami problematičnost měření s těmito stroji. Nejlepší z nich je fotometr Jolyho, ovšem musí se obě parafinové kostky vložiti do černěného delšího tubusu tak, aby světlo z každého zdroje dopadalo jen na jednu stěnu příslušné kostky, tubus má pak postranní nástavec k pozorování obou kostek a pozorovatel si dává přes hlavu černý šátek, aby vyloučil okolní rušící světlo. Fotometrem Lummerovým možno srovnávati intensitu žárovek nominelně stejných, nebo změnu intensity světla odraženého od skla v závislosti na úhlu dopadu. Úloha tato je sice velmi vděčná, nicméně obtížnější a vyžaduje strojového doplňku na fotometrické lavici, třebaže pořízeného po domácku.

VI. Pro tuto a předešlou úlohu beru žárovku s vláknem stočeným do kolečka a stavím jeho rovinu svisle, takže vzdálenost jeho od fotometru se dá dobře naměřiti. Šedé sklo je fotografická deska slabě osvětlená v temné komoře, pak vyvolaná a rozřezaná na vhodné části. Má jenom nádech šedosti. Výsledky propočítaného příkladu jsou zcela uspokojující, procenta nevyjdou nikdy stejná, mimo jiné jest uvážiti, že změna vzdálenosti zdroje od fotometru jen o 1 *cm* způsobuje změnu výsledku o 2%. Velká hodnota absorpce šedavého sklíčka žáky překvapuje, ale činí jim pak pochopitelným, že na př. špinavá okna mohou pohlcovati třeba 15% z dopadajícího světla.

Dr. *JOSEF ŽĎÁRSKÝ:*

Poznámky k výuce algebry na střední škole.

Při výuce algebry na stř. škole není vždy možno zachovati žádoucí míru vědecké přesnosti, nesmíme však nedbati této přesnosti tam, kde se jí docíliti dá. V učebnicích algebry nalezl jsem, zvláště v partii o odmocninách, různé nedůslednosti, ba i nesprávnosti, která pramení nejčastěji v tom, že máme jen jediný znak pro odmocninu obecně i jednoznačně definovanou.

1. V algebře pro V. tř. v části pojednávající o mocninách čteme: „Mocnitel je — podle svého zavedení — číslo celé kladné . . .“ a v příslušném odstavci ve sbírce úloh (k němuž učebnice odkazuje) najdeme příklady, které tomu odporují, na př. provésti násobení

$$x^{2n-2} \cdot x^{3-2n},$$

kde podle uvedené definice musí $2n$ býti celé číslo splňující nerov-