

V. D. Kuzněcov; L. A. Švirková

Závislost úhlové rychlosti zkrucování olova za ustáleného stavu na otáčivém momentu

Časopis pro pěstování matematiky a fyziky, Vol. 54 (1925), No. 3, 266--277

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/122608>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1925

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>

Závislost úhlové rychlosti zkrucování olova za ustáleného stavu na otáčivém momentu.

Napsali V. D. Kuzněcov a L. A. Švirková.

1. Úvod. Cílem této práce jest naléztí experimentálně závislost úhlové rychlosti zkrucování olova za ustáleného stavu na otáčivém momentu. To má velký význam pro řešení otázky o povaze vnitřního tření pevných látek: je koeficient vnitřního tření pevných látek konstantou, nezávislou na úhlové rychlosti torse či závisí nějak na této rychlosti?

Předpokládáme-li podle Maxwella,¹⁾ že reakce hmoty při stálé rychlosti deformace se zmenšuje s časem podle zákona

$$f = f_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}}, \quad (1)$$

kdež f_0 znamená původní velikost síly a T dobu relaxační, dostáváme pro koeficient vnitřního tření η konstantu

$$\eta = N \cdot T, \quad (2)$$

kdež N je modul pružnosti ve smyku. Jestliže však podle Švedova²⁾ připustíme, že zjev relaxace začíná se teprve od toho okamžiku, kdy úhlová velikost deformace překročí jistou mezní hodnotu φ_0 a že s časem ubývá ne celková síla reakce, nýbrž jen přebytek její nad pružnou částí $N\varphi_0$, pak pro úhel $\varphi > \varphi_0$ musí být

$$f = N\varphi_0 + (f_0 - N\varphi_0) e^{-\frac{t}{T}}. \quad (3)$$

Tento předpoklad vede ke vztahu

$$\eta = NT + \frac{N\varphi_0}{\varphi'}, \quad (4)$$

kdež φ' znamená úhlovou rychlost deformace.

Pro moment síly kroutící tyč kruhového průřezu (poloměru R , délky L) stálou rychlostí ω dostáváme podle uvedených předpokladů

$$Pg d = \frac{\pi R^4}{2L} NT \omega \quad (5)$$

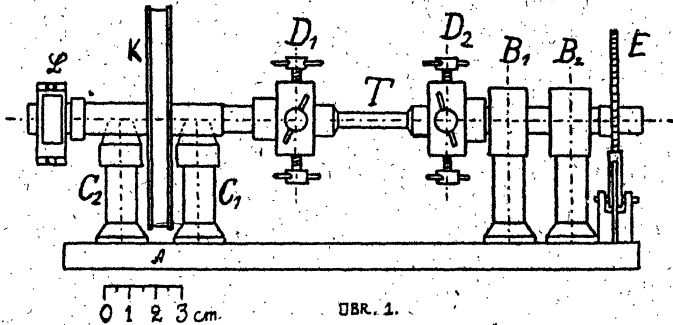
1) J. Maxwell, Phil. Trans. 157. 49. 1868 a Phil. Mag. (4) 35. 129 a 185. 1868.

2) Th. Schwedoff, J. de Phys. (2) 8. 341. 1889 a (2) 9. 34. 1890.

aneb

$$Pg d = \frac{\pi R^4}{2L} NT \omega + \frac{2\pi R^3}{3} N \varphi_0, \quad (5)$$

kdež je P zatížení v gramech, d rameno síly a g zrychlení tíhové. V obou případech má tedy existovati mezi momentem síly a úhlovou rychlostí lineární vztah. Stanovili jsme úhlovou rychlost ω zrcad-



lovou metodou (za stálého ramene síly a průměru tyče); nazveme-li τ dobu, za kterou 1 cm škály přejde přes vodorovné vlákno dalekohledu, máme pro oba předpoklady

$$P\tau = \text{konst.} \quad (7)$$

aneb

$$P\tau = a + b\tau. \quad (8)$$

Dosavadní měření v literatuře, týkající se vnitřního tření pevných látek, neřeší otázku správnosti toho neb onoho předpokladu a proto jsme se rozhodli zkusmo kontrolovati vztahy (7) a (8). Výsledky naše jsou v rozporu s oběma uvedenými předpoklady a budou moci býti proto východiskem pro nové vysvětlení povahy vnitřního tření pevných látek. Za pokusnou látku volili jsme olovo pro jeho velkou plastičnost.

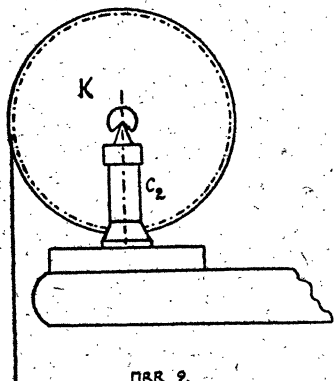
2. Měřicí přístroj. Pro tato měření byl sestaven zvláštní přístroj, v němž otáčení osy v ložisku je nahrazeno otáčením na dvou břitech, čímž bylo tření osy co nejvíce zmenšeno; tření osy v ložiskách bývá totiž zvlášť velké při malých rychlostech, jakých bylo nutno používat při těchto měřeních.

Použitý přístroj je znázorněn na obr. 1. Na železné desce A jsou postaveny 4 sloupce B_1, B_2, C_1, C_2 . Sloupky B_1 a B_2 prochází hřídel, nesoucí na jednom konci objímku D_2 , se 4 utahovacími šrouby. Na druhém konci tohoto hřídele je ozubené kolo E , opatřené západkou a vzpruhou (obr. 3).

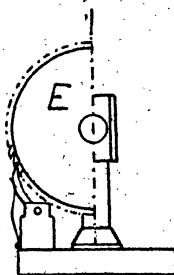
Druhá objímka D_1 je nasazena na druhý hřídel, uprostřed něhož je kotouč K (průměr = 8,5 cm), na jehož obvodě bylo zavěšováno

použité zatížení. Druhý konec tohoto hřídele je opatřen zrcátkem (srovn. obr. 4.). Podél osy hřídele byl vydlabán žlab o středovém úhlu 90° ; vrchol tohoto žlabu spočívá na dvou břítech (úhlu 30°), nesených sloupky C_1 a C_2 (srovn. obr. 2.).

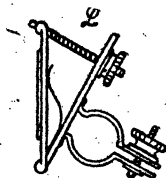
Zkoumaná tyč kruhového průřezu s rozšířením na obou koncích byla pevně sevřena v objímkách D_1 a D_2 . Po zatížení kotouče K závažím P počal se levý hřídel stáčetí proti pravému, což však bylo omezeno úhlem žlabu (90°) a břitů (30°). Když otočení bylo tak velké, že v dalekohledu se jevily poslední díly škály, bylo ozubené kolo E otočeno o 2 až 3 zuby, aby zase zrcátko odráželo počátek škály. Tím bylo umožněno zkrucovati zkoumanou tyč libovolně dlouho. Po natočení ozubeného kola L měnila se zpravidla poněkud



OBR. 2.



OBR. 3.



OBR. 4.

rychlost torse, kterážto změna však po 1 až 2 minutách vymizela a nastal zase pravidelný průběh.

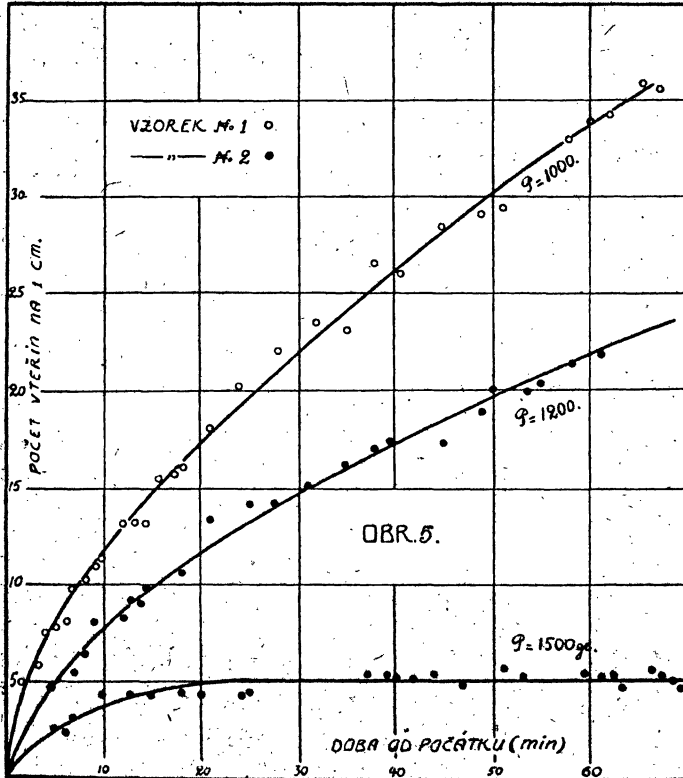
Přístroj i pozorovací dalekohled se škálou byly umístěny na konsolách, umístěných na kamenné zdi souterrainu. Všechny vzorové tyče byly odlévány z technického olova v železné formě, složené ze dvou polovic. Forma naplněná tekutým olovem byla po nějakou dobu zahřívána, aby byly odstraněny bubliny uvnitř. Délka použitých tyčí byla $L = 27 \text{ cm}$, poloměr $R = 0,315 \text{ cm}$.

3. Pokusy. Začali jsme tím, že jsme zatížili tyč závažím $P = 500 \text{ g}$ a konali během dvou týdnů pozorování. Za posledních 5 dnů, kdy nastával ustálený stav, byla teplota dosti stálá ($13,0^\circ$ až $13,4^\circ$). Grafické znázornění závislosti úhlu torse φ na době t mělo tvar zcela obyčejný. Z počátku úhel φ rychle se zvětšoval, pak se rychlost torse pomalu zmenšovala a blížila stálé hodnotě; v posledních dnech přemístila se škála přibližně o $0,20 \text{ cm}$ za den (při vzdálenosti zrcátka od škály 165 cm). To znamená, že doba T , za kterou přejde 1 cm škály přes vlákno zorného pole, je $4,3 \cdot 10^6 \text{ sec}$.

Když bylo přidáno závaží $P = 1000 \text{ g}$, olovo ihned se poddávalo a teklo takovou rychlostí, že obyčejná metoda pozorovací nevy-

stačila. Místo odčítání škály v dalekohledu v určitý čas měřili jsme přímo stopkami dobu T , za kterou vláknem prošel 1 cm škály.

Na obr. 5. jsou znázorněny výsledky pozorování pro zatížení $P = 1000, 1200$ a 1500 g. Za úsečky je volena doba v min. od počátku pokusu, za pořadnice doba T potřebná k průchodu 1 cm škály vláknem v dalekohledu. Z obrazce je zřejmo, že při $P = 1500$ g



nastal ustálený stav přibližně za půl hodiny. Nebylo pochyby, že olovo teče jako kapalina a dá se mluvit o jeho vnitřním tření.

Zkrucovali jsme celkem 30 vzorků různými způsoby. Pokusy ukázaly, že chování vzorku záleží na jeho fyzické struktuře, kterou dostal při odlévání. Bubliny uvnitř vzorku se daly přímo zjistit, neboť na tom místě vznikaly záhyby a původní přímka povrchová se měnila ve šroubovici. Samozřejmě použili jsme pozorování jen s takovými vzorky, které byly stejnorodé a bez bublin. Větší část vzorků jevila téměř stejné vlastnosti, avšak některé poskytovaly značné odchylky.

Nás zajímaly hodnoty rychlosti jen při ustáleném stavu. Pozorování při daném zatížení jsme skončili teprve tehdy, když bylo zcela jisto, že rychlost se ustálila, anebo když se ukázalo, že ustálený stav vůbec nenastane v době přípustné. Jakmile deformace měla stálou rychlost, vypočetli jsme její hodnotu jako aritmetický střed všech pozorovaných hodnot.

4. *Možnost srovnávání jednotlivých výsledků.* Pro náš úkol bylo nutno objasnit tyto otázky:

1. Jakým pořadím je třeba měnit zatížení P ?
2. Rovnají se sobě ustálené rychlosti při daném zatížení, když před tím byl vzorek podroben jednou menšímu, po druhé většímu zatížení?
3. Ve kterém z obou těchto případů nastane ustálený stav dříve?

Několik skupin pozorování bylo vykonáno při rostoucím nebo klesajícím zatížení; v některých pokusech zatížení bylo střídavě zvětšováno a zmenšováno. Ačkoliv pružné a tažné vlastnosti zkoumaných vzorců byly různé, dávaly přece zcela určitý výsledek.

Při přechodu od menšího zatížení k většímu rychlost toku vždy okamžitě více nebo méně vzrostla, pak pomalu klesala a konečně se ustálila.

Při přechodu od většího zatížení k menšímu bylo pozorováno opačné chování: rychlost okamžitě klesla, pak počala vzrůstat až do stálé hodnoty, která nastávala tím spíše, čím větší bylo předcházející zatížení.

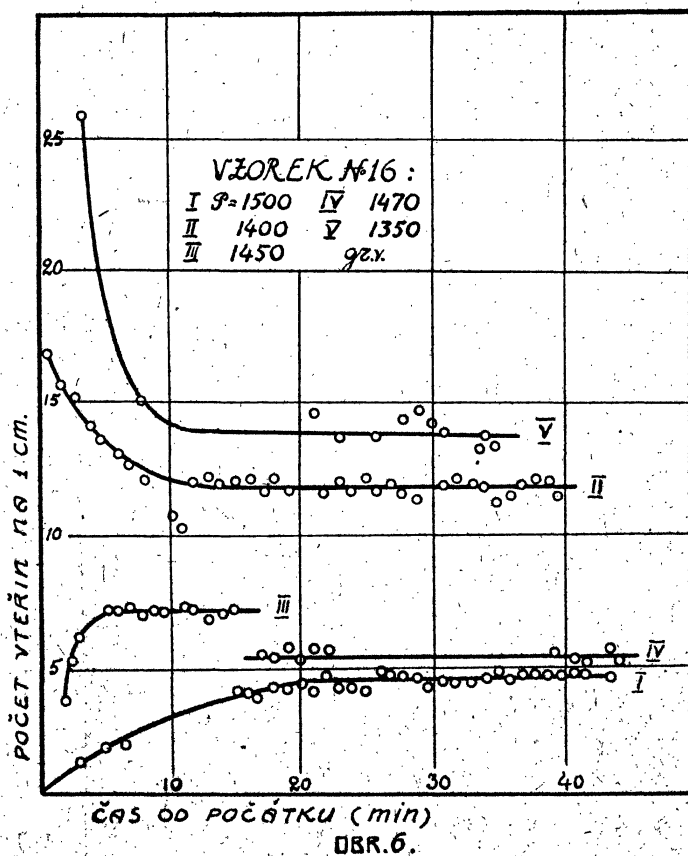
Na obr. 6. je znázorněna část jedné skupiny pokusů. V obrazech jsou vyznačena použitá zatížení; římské číslice ukazují pořadí jednotlivých měření.

Ve všech pokusech bylo pozorováno, že ustálený stav se dostaví tím spíše, čím je větší zatížení. Po změně zatížení nastává ustálení spíše při přechodu od většího zatížení k menšímu, než při přechodu opačném.

Pokud se týká srovnávání jednotlivých pozorování za ustálených stavů, je nutno obecně předpokládati, že vlastnosti určitého vzorku mohou záležeti na předcházejících jeho deformacích nebo na tom, jakým silám byl dříve podroben. Dejme tomu, že při daném zatížení P_1 vznikl ustálený stav, charakterisovaný dobou T_1 ; pak podrobíme touž tyč zatížením P_2 , P_3 atd. a vždy vyčkáme až do ustáleného stavu. Konečně necháme působiti původní zatížení P a pozorujeme ustálený stav, jemuž patří doba T_1' . Když se ukáže $T_1' = T_1$, znamená to, že při daném zatížení zkrucuje se olovo rychlostí nezávislou na minulých deformacích a lze tedy přímo srovnávat jednotlivá měření. Kdyby $T_1' \neq T_1$, bylo by třeba zvoliti určitý pořadí ve střídání zatížení, aby výsledky byly navzájem srovnatelné.

Pokus ukázal, že doby, T v největší části případů byly stejné a jen zřídka se lišily navzájem. To potvrzuje, že lze jednotlivá měření vespolek srovnávat.

Ačkoli použité vzorky byly podrobeny tak velkým deformacím, že se jeden konec otočil vzhledem ke druhému o několik otoček,



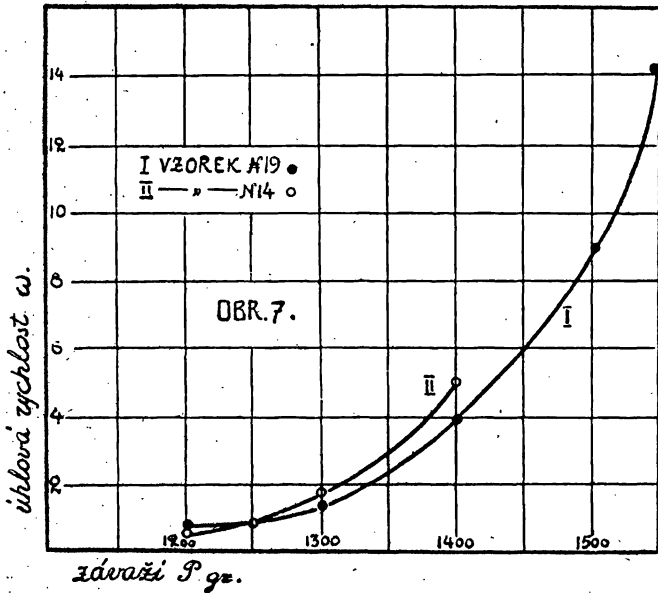
přece se vlastnosti téhož vzorku měnily jen velmi málo. To znamená, že v olovu existuje rekonstituce, že přetrhané svazky hmoty se opět spojují a rozrušení, vyvolané kroucením, patrně ihned mizí.

Na své otázky dostáváme tedy odpovědi:

1. Pro zkoumání závislosti úhlové rychlosti na otáčivém momentu je lhostejné, jak bylo měněno zatížení, zda zvětšováno či zmenšováno.

2. Rychlost za ustáleného stavu, vzniklého účinkem zatížení P , nezáleží na tom, jak se přešlo k tomuto zatížení, zda od většího zatížení či od menšího. Avšak ustálený stav při dané síle P dostaví

se dříve při přechodu od většího zatížení než při přechodu od menšího zatížení. Je proto výhodnější, napřed použití největšího zatížení a přecházeti k zatížením postupně menším, neboť se tím ušetří na čase. Tento způsob je přiměřenější ještě v tom ohledu, že použitý vzorek účinkem největšího zatížení brzo nabude jisté tažnosti, jež se při použití dalších menších sil málo mění. Při opačném postupu se vzorek během pokusů postupně zeslabuje a kroucení většími silami jej pak brzo ničí.



5. Závislost úhlové rychlosti torse ω na síle P . Kdyby koeficient vnitřního tření η byl konstantou nezávislou na působící otáčivé síle P (za stálého ramene), tedy by podle (5) úhlová rychlost ω byla úměrná síle P . Provedené pokusy s různými vzorky ukázaly, že takovýto jednoduchý vztah neexistuje; úhlová rychlost roste rychleji než působící síla. Na obr. 7. je znázorněna závislost $\omega = f(P)$ pro vzorky čís. 19. a 14.; podobné křivky dostali jsme i pro jiné vzorky. Pokusy ukázaly, že ω velmi rychle se zvětšuje, když síla P se přibližuje jisté limitní hodnotě II . Čára $\omega = f(P)$ má asymptotu $P = II$, t. j. úhlová rychlost roste neomezeně, když síla P se blíží své limitní hodnotě II .

V tabulce I. jsou uvedeny některé dvojice hodnot ω a P ; rychlost ω je vyjádřena v libovolných jednotkách, a to $\omega = \frac{10}{T}$ (T doba přechodu 1 cm škály vláknem dalekohledu). Abychom dostali hodnoty ω v absolutní míře, je třeba násobiti je činitelem

$$\frac{1}{2 \cdot 165 \cdot 10} = 3 \cdot 03 \cdot 10^{-4},$$

neboť vzdálenost zrcátka a škály byla 165 cm.

Tabulka I.

P	čís. 12; $\vartheta = 12 \cdot 9^\circ$			čís. 19; $\vartheta = 12 \cdot 6^\circ$				čís. 14; $\vartheta = 12 \cdot 6^\circ$ C			
	1200	1400	1600	1300	1400	1500	1550	1400	1300	1200	1250
ω	0.74	3.75	138	1.2	4.0	9.1	14.3	5.0	1.7	0.57	0.95

Uvedeme ještě výsledky pokusů se vzorkem čís. 27., který byl nepřetržitě zkrucován po 7 hodin. Tímto pokusem jsme chtěli stanovit chod křivky $\omega = f(P)$. Po vložení závaží 1400 g, počalo olovo ihned téci; za 25 min. rychlost torse dosáhla minima a počala pak pomalu vzrůstat. Nečekali jsme na ustálený stav za těchto podmínek a po 68 min. od počátku pokusu odebrali jsme 100 g. Při zatížení $P = 1300$ g bylo již možno předpokládati dosažení ustáleného stavu. Po 28 min. bylo odejmuto znovu 100 g atd. Od $P = 1200$ g zmenšovali jsme zatížení jen tehdy, když nebylo pochybností o tom, že se rychlost ustálila. Měření byla konána nepřetržitě; teplota se měnila v mezích 13.5 až 13.8. Výsledky obsahuje tabulka II.

Tabulka II.

Zatížení P v gramech	1400	1300	1200	1100	1000	900	800
Čas od počátku pokusu	0	68	95	123	204	334	412—483
Doba T sec na 1 cm škály	1.5(?)	2.0	3.0	5.5	14.0	45	170
Rychlost $\omega = \frac{10}{T}$	6.7(?)	5.0	3.3	1.8	0.72	0.22	0.06

Pokusy tyto určitě prokázaly, že při zmenšování síly křivka $\omega = f(P)$ blíží se téměř asymptoticky ose P . Sklón křivky k ose úseček se zmenšuje s klesajícím P . To je zřejmé z tabulky III.

Tabulka III.

Meze P	0—800	800—900	900—1000	1000—1100	1100—1200	1200—1300
$\frac{\Delta \omega}{\Delta P}$	$7.5 \cdot 10^{-5}$	$1.6 \cdot 10^{-5}$	$5.0 \cdot 10^{-5}$	$1.1 \cdot 10^{-2}$	$1.5 \cdot 10^{-2}$	$2.7 \cdot 10^{-2}$

Uvažíme-li, že v předběžných pokusech se zatížením $P = 500$ g škála se přemísťovala za 24 hodin o 0.20 cm, můžeme doplniti tabulku hodnotou $\frac{\Delta \omega}{\Delta P} = 4.1 \cdot 10^{-8}$ pro meze $P = 0$ až 500 g, neboť při $P = 500$ g prochází 1 cm škály za dobu $T = 4.3 \cdot 10^5$ cm a proto $\omega = \frac{10}{T} = 2.3 \cdot 10^{-5}$.

Z toho plyne, že čím menší je P , tím menší je sklon křivky, a v důsledku toho dostáváme větší hodnotu pro koeficient vnitřního tření.

6. *Dosažené výsledky.* V tabulce IV. jsou sestaveny výsledky a to vesměs hodnoty charakterisující ustálený stav za různých zatížení. Jen pro vzorek čís. 1. jsou uvedena čísla, jež nelze pokládati za příslušná ustálenému stavu, ač zkrucování trvalo 2 týdny. Hodnoty zatížení P jsou v tabulce uvedeny v tom pořadí, jak časově po sobě následovala. Pro některé vzorky (čís. 8., 12., 19.) zatížení stále rostla, pro jiné (čís. 27.) klesala a konečně pro ostatní střídavě se zvětšovala a zmešovala. Hodnoty η koeficientu tření jsou vypočítány podle vzorce

$$\eta = \frac{2L}{\pi R^4} \cdot \frac{Pgd}{\omega}, \quad (9)$$

kdež všechny veličiny byly vyjádřeny v absolutní míře. V posledním sloupci jsou uvedeny teploty.

Je nutno upozorniti, že měření na vzorcích čís. 6., 8. a 12. se dala s velkými úhlovými rychlostmi; při tom byla stanovena doba, za kterou proběhla vláknem dalekohledu buď celá škála (62 cm) nebo větší její část (40 cm) a z toho se vypočítala doba připadající na 1 cm škály.

Z tabulky je viděti, že vztahy (5) a (6) nejsou potvrzeny pokusem. Číselná hodnota koeficientu vnitřního tření značně se mění při změnách velikosti otáčivého momentu. Čím větší je moment, tím je menší η . Ačkoliv hodnoty η jsou pro různé vzorky za téhož momentu otáčivého různé, mají přece touž řádovou velikost, ba v některých případech (čís. 12., 9. a 19. pro 1400 g) jsou sobě velmi blízké.

V tabulce většina hodnot η je řádu 10^{11} až 10^{12} . To se však vysvětluje tím, že pro takové hodnoty η pozorování byla nejpohodlnější a ustálený stav se dostavoval poměrně brzo. Při malých zatíženích je potřeba čekat na ustálený stav několik dnů, ba i týdnů; při zatížení blízkém meznímu II škála probíhá tak rychle, že měření nebyla možná.

Ze svých měření dostali jsme hodnoty η v mezích 10^9 až 10^{11} . Když nanese na osu úseček doby T a jako pořadnice součiny PT , nedostaneme ani přímku rovnoběžnou s osou úseček, jak to vyžaduje vztah (7), ani přímku protínající osu pořadnic v některém bodě, jak to vychází ze vztahu (8). Ve skutečnosti dostáváme čáru (přibližně přímku) vycházející z počátku souřadnic a zmenšující postupně svůj sklon k ose úseček (obr. 8). Je zajímavé, že všechny body příslušné zkouškám čís. 12., 14., 19. a 9. leží na téže křivce.

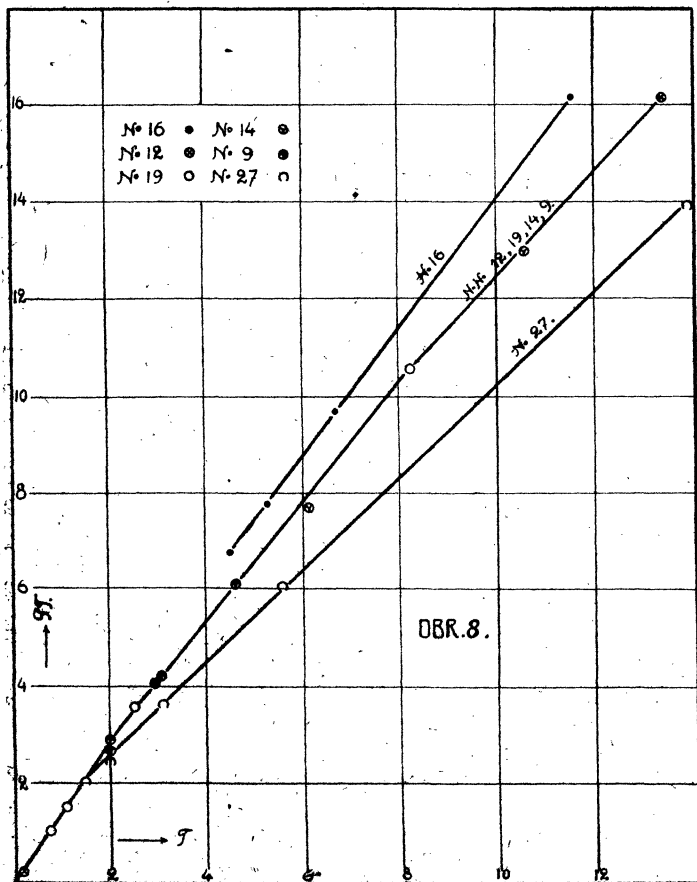
7. *Závěr.* Výsledky našich pokusů se zkrucováním olova za různých otáčivých momentů jsou:

1. Neexistuje lineární závislost mezi úhlovou rychlostí toku olova a otáčivým momentem.

Tabulka IV.

Číslo vzorku	P gr.	T sec	$P T$	$b = \frac{\Delta(P T)}{\Delta T}$	η $\frac{\text{gr}}{\text{cm. sec}}$	$(\theta)^\circ$
14	1400	2.0	2800	1250 1150 1130	$6.7 \cdot 10^{11}$	12.6
	1300	6.0	7800		$1.9 \cdot 10^{12}$	12.6
	1200	17.5	21000		$5.0 \cdot 10^{12}$	12.5
	1250	10.5	13100		$3.7 \cdot 10^{12}$	12.5
19	1300	8.2	10700	1260 1320 1410	$2.6 \cdot 10^{12}$	12.5
	1400	2.5	3500		$8.4 \cdot 10^{11}$	12.6
	1500	1.1	1650		$4.0 \cdot 10^{11}$	12.6
	1550	0.7	1080		$2.2 \cdot 10^{11}$	12.6
16	1500	4.5	6750	1340 1320 1380	$1.6 \cdot 10^{12}$	12.6
	1400	11.5	16100		$3.9 \cdot 10^{12}$	12.5
	1450	6.7	9720		$2.3 \cdot 10^{12}$	12.6
	1470	5.3	7780		$1.9 \cdot 10^{12}$	12.6
9	1400	3.0	4200	1300 1270	$1.0 \cdot 10^{12}$	12.5
	1450	2.0	2900		$6.9 \cdot 10^{11}$	12.4
	1350	4.5	6070		$1.5 \cdot 10^{12}$	12.3
12	1200	13.5	16200	1150 1390	$3.9 \cdot 10^{12}$	12.9
	1400	2.9	4060		$9.7 \cdot 10^{11}$	12.9
	1600	0.065	103		$2.5 \cdot 10^{10}$	12.9
27	1400	1.5(?)	2100	1000 1000 980 940 850 760	$5.0 \cdot 10^{11}$	13.5
	1300	2.0	2600		$6.3 \cdot 10^{11}$	13.4
	1200	3.0	3600		$8.6 \cdot 10^{11}$	13.4
	1100	5.5	6050		$1.5 \cdot 10^{12}$	13.4
	1000	14.0	14000		$3.4 \cdot 10^{12}$	13.7
	900	45.0	40500		$9.7 \cdot 10^{12}$	13.8
	800	170	136000		$3.3 \cdot 10^{13}$	13.6
8	1800	24.0	43200	1780	$1.0 \cdot 10^{13}$	13.3
	2000	2.0	4000		$9.6 \cdot 10^{11}$	13.3
1	500	$4.3 \cdot 10^5$	$2.15 \cdot 10^6$	—	$5.0 \cdot 10^{10}$	13.2
4	1500	5.0	7500	—	$4.5 \cdot 10^{12}$	12.3
24	1700	18.0	30600	—	$7.3 \cdot 10^{12}$	—
6	1600	0.073	117	—	$2.8 \cdot 10^{10}$	13.4
18	1700	0.012	22	—	$5.1 \cdot 10^9$	—

2. Závislost mezi úhlovou rychlostí ω a otáčející silou P je znázorněna čarou, která se asymptoticky blíží přímce $P = \Pi$ a pravděpodobně se dotýká osy P v bodě P_0 , patřícím mezi tažnosti (yielding point).



3. Počítáme-li koeficient vnitřního tření ze vztahu

$$\eta = \frac{2L}{\pi R^4} \cdot \frac{Pgd}{\omega},$$

dostáváme hodnotu jeho zcela neurčitou, měnící se ve značném rozsahu. Číselné hodnoty jsou tím větší, čím menší jest otáčivý moment. Z našich měření plynou hodnoty η v mezích 10^9 až 10^{16} .

4. Vztah Švedovův

$$\eta = NT + \frac{N\varphi_0}{\varphi'}$$

rovněž obecně nevyhovuje pokusům, avšak v některých mezích rychlosti φ' dosti přibližně platí.

5. Za velkých úhlových rychlostí nemá vzorec Švedovův smyslu, neboť koeficient vnitřního tření blíží se ne ke konstantě NT , nýbrž k nule.

6. Při zkrucování olova existuje rekonstituce, t. j. přetrhané spoje hmoty opět vznikají.

Při těchto měřeních nám pomáhali pp. posluchači-fysikové J. J. Popov a F. P. Otradných, jimž tímto vzdáváme díky.

Sibir, Tomsk. Fysikální ústav státní university.

*

La vitesse angulaire de la torsion du plomb, fonction du moment statique.

(Extrait de l'article précédent.)

Les auteurs faisaient usage de l'instrument des fig. 1—4 pour tordre des barres de plomb T de longueur $L = 27$ cm et au rayon $R = 0.315$, en suspendant, sur la circonférence du disque K , des poids P de 500 à 1500 g; l'extrémité droite de la barre était fixée. Dès qu'un flux visqueux stationnaire s'était produit dans la torsion du plomb, ils mesuraient, par la méthode du miroir tournant, le temps T nécessaire à ce qu'un cm de l'échelle passât par le fil horizontal d'une lunette placée à une distance de 165 cm du miroir. Les dates observées sont réunies dans les tables I.—IV. et représentées par les diagrammes 5.—8. On en déduit:

1. Il n'y a pas de relation linéaire entre la vitesse angulaire ω du flux visqueux du plomb et le moment statique. La variation est représentée par une courbe (fig. 7) ayant pour asymptote la droite $P = \pi$, où π signifie la valeur limite de la charge, pour laquelle la vitesse du flux croît indéfiniment. Il est vraisemblable que cette courbe touche l'axe des P au point P_0 , correspondant à la limite de l'élasticité par traction du plomb (yielding point).

2. Le coefficient de viscosité calculé d'après la formule usuelle (9), présente des valeurs différentes, qui varient entre 10^9 et 10^{11} d'unités absolues, et d'autant plus élevées que le moment statique est plus petit.

3. Ni l'équation de Maxwell (1) pour la relaxation ni l'hypothèse (3) de Schwedoff plus compliquée ne satisfait aux mesures faites.

4. Dans la torsion du plomb la reconstitution se manifeste, c. à d. les liaisons de la matière rompues se retablissent spontanément.