

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Vladimír Novák
O měření tvrdosti

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 26 (1897), No. 2-3, 175--181

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121618>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1897

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>

se opět s grafickým řešením kvadratických rovnic, které prof. Al. Strnad ve své *geometrii* provedl.

2. Je-li dolejší úsek a_1v roven výšce $a_1a = v$, potom trojúhelník bac jest při vrcholu a pravoúhlý, a známé grafické řešení rovnice $x^2 + ax + v^2 = 0$ jest zvláštním případem řešení námi uvedeného.

O měření tvrdosti.

Napsal

Dr. Vlad. Novák,

asistent c. k. ústavu fysikálního v Praze.

Některé vlastnosti hmoty, které se týkají její ustrojení čili onoho rozmanitého způsobu, jímž částice hmoty vespolek souvisí, určují se kvantitativně velmi nesnadno, ač jsou to právě vlastnosti, o nichž denní zkušenost poučuje. Takovou vlastností u těles pevných jest *tvrdost*, již rozumíme obyčejně odpor tělesa oproti tělesu jinému, které se v těleso první snaží vniknouti.

Tuto větu nelze ovšem pokládati za *definici* tvrdosti, neboť podmínky zjevu — vnikání tělesa jednoho v druhé — jsou tu velmi neurčity. Každé měření pak vyžaduje *určité stanovení*, *přesnou definici* veličiny měřené, dále ovšem i vhodné *jedničky*, jež z takové definice jednoduchým způsobem vyplývá. Měření nazývá se *absolutním*, je-li zvolená jednička závislá pouze na absolutních jednotkách *základních*: *cm*, *g*, *sec*.

Přirozený postup badání fysikálního neuvede ovšem ihned na tento vrchol — předchází mu měření *relativné*, srovnávání veličin téhož druhu.

Tak shledáno na př., že křemen tvrdší jest než kazivec, tento tvrdší než kamenná sůl a podobně.

Hawy sestavil první škálu tvrdosti čítající 4 stupně, *Mohs* rozšířil ji až na 10 stupňů a jeho stupnice udržuje se v mineralogii do dnešního dne. Tvrdost stanoví se číslem od 1 do 10 kde značí:

1	tvrdost talku,
2	„ kamenné soli,
3	„ vápence,
4	„ kazivce,
5	„ apatitu,
6	„ adularu,
7	„ křemene,
8	„ topasu,
9	„ korundu,
10	„ diamantu.

Zkouší se pak tvrdost vrypem, t. j. považujeme to těleso za tvrdší, které ve *hrot* upraveno, vniká *tlakem* a *pohybem* do tělesa druhého, aniž se patrně ubrousí, trvale deformuje a t. d.

Takovéto měření tvrdosti relativní nemůže přejíti v absolutní, jsouc vázáno na určité látky, i kdyby místo všech zavedena byla jedna normalní — ukazuje se však cesta, kterou nutno bráti se dále. Zkoušení tvrdosti děje se *tlakem* a *pohybem*,*) kterými se těleso zkoušené trvale deformuje — tyto veličiny *tlak* a *pohyb* mohou býti měřeny nezávisle od hmot zkoušených a poněvadž jednotky jich jsou absolutní, celé měření možná provésti absolutně.

Zbývá ovšem rozhodnouti ještě otázku, zdali skutečně onen popsáný *způsob* zkoušení tvrdosti *vrypem*, vystihuje skutečně přesně vždy *tutéž* veličinu, čili, zda měřením tlaku a pohybu při vrypu měříme skutečně určitou vlastnost tělesa. Tu se ukazuje býti velmi neurčitým zkoumadlem právě ona *dynamická* část zkoušení tvrdosti, neboť pokusy dokazují, že možná tělesem menší tvrdosti, pohybuje-li se rychle, rýpati, deformovati těleso tvrdší.***) Z tohoto důvodu změněn způsob zkoušení tvrdosti takto: Měření *statický tlak*, kterým těleso v hrot upravené trvale deformuje těleso zkoušené. Avšak i toto měření***)

*) Sem náleží práce, které provedli: Frankenheim (1829), Seebeck (1833), Franz (1850), Grailich a Pekárek (1854), F. Exner (1873), Pfaff (1883), Turner (1887).

**) Na př. deska kartonového papíru na stroji odstředivém prudce roztočená přefízne tyčinku dřevěnou, aniž by sama se poškodila.

***) Taková měření provedli: Crace-Calvert a Johnson, Hugueny (1865), Bottone (1873) a Pfaff (1884).

nedávalo souhlasných výsledků, objevila se totiž závislost měřené veličiny na *úpravě* hrotu, na tvrdosti jeho, kterýž poslední zjev ovšem celou otázku valně komplikoval.

Také ta okolnost, že v mnohých případech užíváno hrotů *ocelových*, padá velmi na váhu — neboť ocel všeobecně jest material neurčitý. (O tvrdosti oceli viz níže.) První uspokojivou *definici tvrdosti*, která skutečně umožnila *absolutní* měření alespoň u jistého druhu těles pevných, podal *H. Hertz*.*) Nazývá tvrdost *pevnost, kterou těleso odporuje oněm napjetím, jež vystupují v blízkosti kruhového místa tlaku* — a měří tuto vlastnost *tlakem na jednotku plochy, který musí působiti ve středu kruhového místa dotykového, aby u tělesa zkoušeného právě se dosáhlo mezi pružnosti*.

Poněvadž se definice tato týká pouze mezi pružnosti, zjednoduší se zkoušení tím, že se obě tělesa volí z *téhož* materialu, jedno ve formě destičky, druhé ve formě kulovou plochou zakončené (čocky).

Hertz sám mnoho se nezanášel experimentálním studiem své definice, kterou více důvody theoretickými podepřel — za to však *Auerbach***)) četnými pokusy ukázal vhodnost definice Hertzovy a měření tvrdosti skutečně učinil *absolutním*, pokud ovšem týká se hmot *průhledných*.

Měří se tedy tvrdost absolutně silou na plochu, *silou plošnou*, jejíž rozměr absolutní jest $\frac{\text{dyna}}{\text{cm}^2}$ čili $\frac{g}{\text{sec}^2\text{cm}}$; na místo toho užívá *Auerbach* jednotky praktické: tlaku 1 *kg* na *mm*², tedy jednotky: $\frac{1000 \cdot 980}{0 \cdot 01} = 98,000.000$ krát větší.

Hertzova definice tvrdosti vede theoreticky k relaci:

$$(1) \quad P_1 = \frac{6}{\pi} \sqrt[3]{P \cdot q^2},$$

*) *H. Hertz*. Verhandlungen der Phys. Gesel. Berlin 1882 pg. 67.

**)) *J. Auerbach*: „Absolute Härtemessung“ Wied. Ann. 43. p. 61. 1891.

„ „ „Ueber Härtemessung, insbesondere an plastischen Körpern“. Wied. Ann. 45. pg. 262. 1892.

„ „ „Die Härtescala in absolutem Maasse“. Wied. Ann. 58. p. 357. 1896.

kde opět $q = \frac{p}{d^3}$; při tom značí:

p = tlak (dle Auerbacha v kilogramech),

d = průměr tlakové plochy kruhové (dle Auerbacha v milimetrech),

P = tlak, při němž právě nastává trvalá deformace,

P_1 = tlak na jedničku plochy ve středu kruhové plochy tlakové, kterým nastává trvalá deformace — čili *theoretická tvrdost* (dle Auerbacha měřená kilogramy na 1 mm^2).

K měření tvrdosti průhledných těles Auerbach sestavil zvláštní aparát, jehož podstatnou částí jest pevný stojan, v němž se upevní destička zkoušeného materialu horizontálně. Na ni ze zpodá dolehá z téže látky upravená *čočka*, upevněná na kratším rameně páky, jejíž delší rameno může býti dostatečně zatíženo. Destička pozoruje se mikroskopem, v němž lze spatřiti plochu styku obou těles, osvětlenou téměř kolmo paprsky lampy pomocí hranolu totalně reflektujícího přiměřeně umístěného.

V mikroskopu jeví se plocha tlaková jako tmavá skvrna kruhová, průměr její lze na mikroskopické škále přímo odečítati.

Jakmile tlak dosáhne mezi pevnosti, objeví se na desce trhlina.

Chyby vznikající měřením průmětu plochy tlakové, která není rovinou, místo její skutečné velikosti, lze opravití pozorováním šířky Newtonových kruhů, které kol plochy styku vznikají.

Při pokusech tímto strojem vykonaných Auerbach shledal, že vždy trvalá deformace nastala na destičce a nikdy na sférické ploše čočky téhož materialu. A skutečně ukázalo se, že tvrdost theoretická Hertzem definovaná, je závislá na *poloměru křivosti* sférického tělesa vnikajícího, tak totiž, že čím je těleso *zakřivenější*, tím (poměrně) tvrdost jeho jest větší.

Tím Auerbach upravuje původní vzorec v tuto formu:

$$T = \frac{6}{\pi} \sqrt[3]{Pq^2 \cdot \rho},$$

kde ρ značí poloměr křivosti čočky a T absolutní tvrdost, jejíž rozměr není ovšem již síly plošné, nýbrž absolutně:

$$\frac{g}{\text{sec}^2 \text{cm}^{\frac{2}{3}}}$$

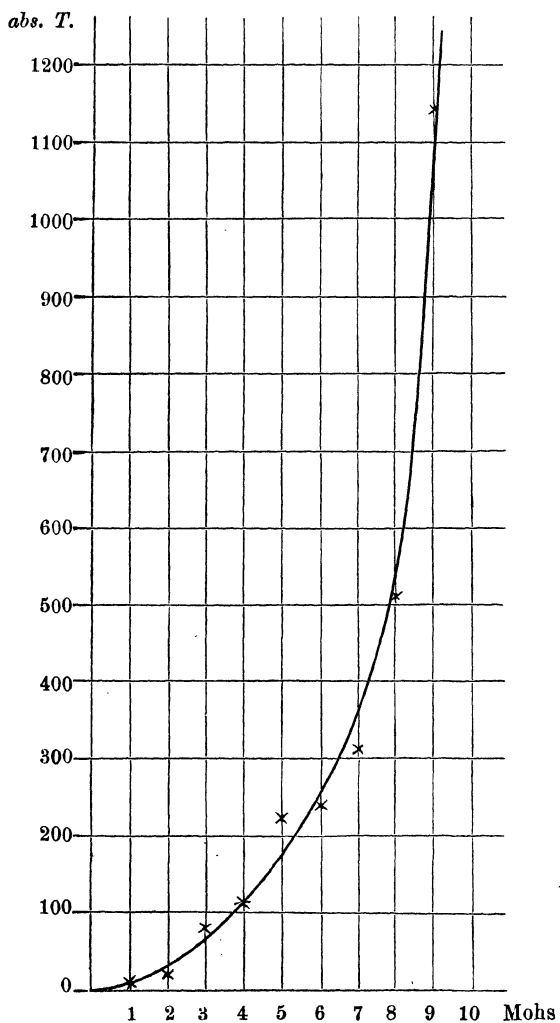
Souhlas různých měření při užití této definice jest pak vzhledem ku mnoha nepříznivým okolnostem měření provázejícím, velmi uspokojivý — obnáší totiž maximální rozdíly pouze 1—2%.

Nepříznivou jest na př. theoreticky ta okolnost, že tělesa na tvrdost zkoumaná jsou obyčejně *krystalická*, tudíž anisotropická, pro která vlastně theoretické úvahy, z nichž hořejší vzorec (1) vyplývá, přesně neplatí; *štípatelnost* takových těles také není bez významu. Prakticky nesnadno se nalézají tělesa průhledná k optickému zkoumání způsobilá.

Auerbach v poslední své práci uvádí tyto výsledky svých měření:

	tvrdost T	Mohsova škála
Vosk	?	
grafit	?	
talek	5	1
sádrovec	14	
kamenná sůl	20	2
sylvin	?	
glauberit	?	
kerasin	?	
vápenec	92	3
kazivec	110	4
scheelit	?	
těžké sklo flintové	170	
lehké „ „	210	
apatit	237	5
adular	253	6
korunové sklo borové	274	
křemen	308	7
topas	525	8
korund	1150	9
diamant	?	10.

Z čísel Auerbachových a stupnice Mohsovy sestrojen jest hořejší diagram, jenž ukazuje, kterak urychleně absol. tvrdosti přibývá, postupujeme-li k větším číslům škály Mohsovy. Mezi



některými stupni této škály jsou difference poměrně nepatrné, mezi jinými značně veliké:

Stanovení tvrdosti methodou Auerbachovou lze ovšem užiti jen u těles průhledných a proto jsou pozoruhodny práce týkající se těles neprůhledných, založené ovšem na myšlence úplně jiné, ale téhož cíle — měření absolutního — dosahující.

V tomto směru vynikají práce, které provedli *Strouhal* a *Barus*,*) jimiž položen základ velmi spolehlivý pro míru tvrdosti oceli a příbuzných druhů železa. Ukázali totiž, že specifický odpor galvanický ocelového drátu, thermoelektrická jeho mohutnost a permanentní jeho magnetismus jest velmi přesnou a spolehlivou mírou jeho tvrdosti. První z těchto veličin lze zvláště velmi citlivě a při tom snadno a pohodlně měřiti — *specifický odpor galvanický* hodí se za *absolutní míru tvrdosti oceli a železa*.

Objevy Strouhal-Barusovy mají pak tím značnou cenu všeobecnou, poněvadž ocel jest materialem jak v praxi tak i v laboratořích vědeckých velmi užívaným a otázka po její tvrdosti jest otázkou denního života.

O racionálních relacích v rovnostranném trojúhelníku.

Napsal

Miloslav Pelíšek,
professor v Plzni.

Při vyšetřování všeobecných metrických relací transversál ke kuželosečkám jakož i ke čtyřúhelníkům a trojúhelníkům dospěl jsem specialisováním pro rovnostranný trojúhelník k četné skupině zajímavých *racionálních vztahů*, jejichž direktní odvození tuto podávám. *Opíšeme-li kružnici (obr. 1.), jejíž průměrem jest výška rovnostranného trojúhelníka, dělí tato kružnice obě ramena v poměru 1:3.*

Budtež e , f průsečky kružnice k opsané na výšce cd rovnostranného trojúhelníka abc jako průměru s rameny ac , bc ; vedeme-li přímkou ed , jež jest patrně kolmá k ab , jest:

*) Viz. „Ocel a její vlastnosti galvanické i magnetické“. Sepsali Dr. V. Strouhal a Dr. C. Barus. V Praze 1892.