

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

J. Kapras

O základných zákonech psychofyzických. [I.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 9 (1880), No. 2, 87--93

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123529>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1880

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>

N. kruhy	I.	Ohyb
	19·02	9·51
	17·14	8·57
$\frac{2n T \cos r}{\lambda} =$	15·22	$\frac{2n T \cos r}{\lambda} =$ 7·61
$\frac{\lambda}{2}$	13·16	6·58
	10·84	5·42
	9·30	4·65
	II.	
	20·17	10·08
	18·41	9·20
$\frac{2n T \cos r}{\lambda} =$	16·48	$\frac{2n T \cos r}{\lambda} =$ 8·24
$\frac{\lambda}{2}$	14·36	7·18
	12·17	6·08

Prohlédneme-li tato čísla k oběma hořejším řadám patřící, shledáme, že buďto souhlasí lépe s kruhy Newtonovými (I) aneb s ohybem (II). Většina případů shoduje se lépe s ohybem. Avšak vidíme též, že v obou případech (I) i (II), tyto rozdíly jsou vesměs větší aneb menší, než by měly býti. Kdyby pocházely úchytky od chyb pozorovacích, musely by kolísati tyto hodnoty okolo hodnot theoretických. Při pozorování pak nikdy nejevila se nějaká stálá chyba, poněvadž součet chyb pozitivních rovnal se vždy součtu negativních. (Dokončení).

O základných zákonech psychofysických.

Napsal

J. Kapras v Brně.

Psychofysická činnost základní, která smyslovým dojmem čili pocitem se ukončuje, skládá se tří činitelů, totiž: z popudu, z podráždění a vodivosti nervstva a z vnitřního pohnutí či pocitu.

Popud jest, povšechně řečeno, pohyb hmoty jakožto celku anebo nejmenších částí hmotných.

Co podráždění nervstva jest a v čem záleží vodivost v něm, není dosud na jisto postaveno.

Jedni domnívají se, že jest vzbuzením električnosti, jiní je mají za teplo, opět jiní za pohyb, a konečně jiní za činnost chemickou. Jisto jest, že podrážděním nervu vzniká teplo¹⁾ a proud elektrický;²⁾ než nyní považujeme tyto úkazy za sekundární a výsledné buď z pohybu anebo z činnosti chemické.

Prvnějšího náhledu, že totiž stav v nervstvu jest pohyb, statně zastává se v novějším čase *Fechner*, dovolává se souhlasu četných badatelů³⁾, kdežto druhého náhledu, že totiž jest stav činností chemickou, *Hering*⁴⁾ se ujímá. Pro tento náhled objevení purpuru očního zdálo se býti veliké důležitosti; v novějším čase však shledalo se, že na žluté skvrně, kdež jest percepce zraková nejsilnější, není purpuru, a za tou příčinou nepřikládá se tomuto foto-chemickému snímku na sítnici ve theorii vidění té důležitosti, jakou mnozí mu prorokovali.

Fechner v posledním čase výlučné stanovisko své undulační theorie opustil, a hledí dokázati, že jeho náhled nikterak nevyklučuje náhledu *Heringova*, nýbrž spíše s ním jsa spojen tím více blíž se pravdě.

Ostatně doznává *Fechner* právem, že pro psychofysické badání, v němž hledíme předem toliko na popud a pocit, dostačí, předpokládáme-li s *A. Fickem*, že intensita podráždění nervového, o něž se blíže starati není potřebí, jest přímo a prostě úměrna intensitě popudu, což *Wundt* pro podráždění elektrické v nervstvu motorickém, které strukturou se nikterak neliší o i sensitivního, nade vši pochybnost dovodil.

Toto předpokládajíce, všeliké zření máme jen k tomu, jak se má síla popudová k intensitě pocitové.

Tu předem jest nám upozorniti na to, že pocit, jehož za jistým popudem jsme si vědomí, jest vlastně uvědomnění si rozdílu čili, jak *Mach* myslí, uvědomnění si poměru dvou stejno-

¹⁾ *Draper* (Human. Physiolog. p. 392.)

²⁾ *Devar* a *Kendrick* (Naturforscher 1873 n. 37).

³⁾ *Fechner* (Elemente der Psychophysik). Srovn. *Newton* (Optica III. qu. 16., *Grailich* Sitzung. d. Wiener Ac. 1854 XIII. p. 247), *Melloni* (Pogg. An. 56. p. 514), *Herschel* (Das Licht §. 567), *Tyndall* (Der Schall I. Vorl.) a j. v.

⁴⁾ *Hering* (Zur Lehre vom Lichtsinne 1878 p. 74): Srov. *Moser* (Pogg. An. 56. 177), *Spieller* (Das Leben p. 83), *G. Müller* (Grundlegung d. Ps. p. 239).

rodých popudů, které se silou od sebe liší, a předpokládáme-li, že ukončuje se v nitru našem stavem „vniterným“ (psychickým?), můžeme říci: každý pocit jest uvědomnění si rozdílu či poměru dvou stavů vniterných.

Nezíráme vlastně světla, nýbrž percipujeme světlovou difference. Kde tato difference jest velmi mala, jako na př. rozdíl světlosti plochy hvězdové a sousedního oblaku za dne, neznamenáme jí; klesne-li síla jednoho popudu více než druhého, zvětší se tato difference, tak že stáváme se jí vědomými. Zatemní-li se slunce, zatemní se obloha i hvězdy stejně — nikoli stejnoměrně — čímž rozdíl jejich světlosti se zvětší, tak že dostačí, abychom jej znamenali.

Podobně znamenáme malou částičku rozpuštěného karminu ve velikém množství vody jen tenkrát, je-li vedle tohoto roztoku voda naprosto karminem nezbarvená.

Fechner jmenuje nejmenší popud, po případě nejmenší rozdíl popudový, jež si pocitem uvědomujeme, *prahem popudovým* čili rozdílovým, a považuje jej právem za nezbytnou podmínku tak řečených psychofysických zákonů.

Jmenujeme-li, vyjadřující kvantitativné poměry psychofysické způsobem algebraickým, ve přírodních vědách zdomácněným a do psychologie Herbartem zavedeným¹⁾, sílu popudovou x , sílu pocitovou y , můžeme všeobecně psáti:

$$y = f(x)$$

označíme-li f dosud neznámý úkon, jenž však pozorováním a zkouškami nabývá tvaru určitého.

I zkušenost učí, že minimum y přísluší k určité, reálné hodnotě $x = b$, která jest hodnotou prahu popudového.

Zvonu v dálce znějícího neslyšíme, protože intensita chvěje vzduchového vzniklého chvěním desky zvonové na našem stanovisku nemá té síly, by sluchový náš ústroj v té míře byl podrážděn, aby za podrážděním následoval pocit, t. j. stav uvědo-

¹⁾ První spis, v němž počátky mathematicko-psychické statiky se vyskytují, jsou Herbartovy: *Hauptpunkte der Metaphysik*, vydané r. 1806; první ryze mathemato-physické pojednání jest jeho: *De attentionis mensura*, 1822.“ Srov. *Herbart* (Ueber die Möglichkeit u. N. Mathematik auf Ps. anzuwenden; 1822 W. W. VII. p. 153.)

měly; dvou hvězd, ačkoli jsou daleko od sebe, nerozeznáváme, netvoří-li s okem naším úhel (zorný) alespoň 30—60 vteřin:

Všechny tyto a podobné příklady svědectví dávají tomu, že ve svrchu vyjádřené rovnici, pokud na zkušenost spoléháme, není pro $y = 0$ též $x = 0$, čili, že práh popudový není zároveň prahem pocitovým, jak někteří se domnívají, nýbrž že leží práh pocitový mnohem výše než práh popudový.

Spoléhaje na nezvratnou tuto skutečnost Fechner vyjadřuje přední zákon psychofysický, jež *zákonem prahovým* jmenuje, tvarem:

$$\left. \begin{array}{l} b = \text{const.} \\ v = \text{const.} \end{array} \right\} \dots\dots\dots \text{I.},$$

kdež stálost nejmenšího znatelného popudu (b) a nejmenšího znatelného rozdílu popudového (v), není stálostí absolutní, utkvělou ani pro všechny dojmy smyslové ani pro týž dojem u téhož člověka v různých okolnostech jeho života neb u většího množství lidí ve stejných okolnostech žijících; neboť není pochybnosti že práh popudový velmi se mění: cvikem, zvykem, pozorností, rozčilením, umdlením a ochromením ústroje, individualní konstitucí tělesnou, periodicitou života jakož i způsobem, jakým dráždidlo na periferické výběžky ústroje smyslového působí.

Pravá hodnota prahová leží mezi dvěma hodnotami mezními, z nichž obyčejně vyšší považujeme za pravou, kdežto práh, ideální, t. j. práh prostý vlivu všech jmenovaných okolností, leží mnohem níže. Pro nás jest tento ideální práh pouhým pojmem abstraktným, jímž povšechný matematický průměr všech určitých prahů skutečných označujeme. Tyto prahy co možná zevrubně a rozsáhle t. j. u velkého množství lidí a za rozmanitých okolností stanoviti jest veledůležitě pro psychofysika, který ze zákona prahového vyvozuje přední zákony psychofysické.

Vedle prahu v tomto ponětí dlužno zření míti i k tomu že dostupí-li popud *nad* určitou mezi své síly, nejsme si rovněž stavu vniterného vědomí, slovem, že popud má i *vyšší* práh. Tyto dva prahy jasně označeny jsou v pocitech zrakových ultrafialovým a ultračerveným světlem, ovšem pokud toliko k fyzické příčině jeho prohlédáme. Ať tento práh ochromením ústroje smyslového aneb jakýmkoli způsobem se projevuje, o jeho exi-

stenci nelze pochybovati, jakož ani o tom, že práh ten pro zákony psychofysické jest velice důležit.

Tolik s jistotou tvrditi můžeme, že je-li vůbec nějaký zákon psychofysický, poměr mezi popudem a pocitem vyjadřující, platnost jeho obmezovati se může jen na síly popudové ležící mezi nižším a vyšším prahem popudovým.

Než přikročíme již k dalším těmto zákonům.

Již dávno zajisté ve všedním životě známo bylo, že dlužno tím větší přivažek k závaží přidati, abychom změnu stejně pocítovali, čím těžší jest závaží; rovněž známo bylo, že přírůstek teploty jistému množství střední teploty sdělený, mnohem větší se zdá, než týž přírůstek, sdělen-li byl témuž množství vody, jež má teplotu mnohem vyšší předešlého, slovem známo bylo, že síla pocitu zůstává nezměněna jen tenkrát, je-li mezi silou popudu a přírůstkem jejím určitý poměr.

Poměr tento přesně vytknul teprv r. 1834 *E. H. Weber*¹⁾ slovy: In observando discrimine rerum inter se comparatarum non differentiam rerum, sed rationem differentiae ad magnitudinem rerum inter se comparatarum percipimus.

Nemění se tedy sňa pocitová, dokud *poměr* mezi silami popudovými se nemění. Ten jest nejvšeobecněji proslovený význam zákonu psychofysického od Fechnera *Webrovým* nazvaného.

Fechnerovi přísluší zásluha, že první náhled Webrův proskoumav pokusy, na nichž založen, a mnohé se svým přítelem Volkmanem k nim přičiniv, do čílého proudu rozsáhlého a hlubokého vědeckého bádání uvedl, a na něm jako na základním pilíři svou psychofysickou soustavu zbudoval, dobře jsa si vědom toho, že celá jeho soustava psychofysická se sesuje, padne-li zákon prahový a Webrův.

Znamenáme-li β sílu popudovou, k níž přísluší pocit síly γ , je-li $d\beta$ přírůstek popudový, k němuž přísluší přírůstek pocitový $d\gamma$, a jmenujeme-li konečně s Fechnerem $\frac{d\beta}{\beta}$ relativním rozdílem popudovým, jest dle Webrova zákona $d\gamma = \text{const.}$ potud pokud jest $\frac{d\beta}{\beta} = \text{const.}$, tak že můžeme zákon, spojíme-li tyto rovnice v jednu, vyjádřiti tvarem:

¹⁾ Annotationes anatomicae et physiologicae p. 172.

$$d\gamma = k \frac{d\beta}{\beta}, \dots \text{ II.}$$

kdež k značí veličinu, která na povaze a přirozenosti jednotlivce, pokud k percepci hledíme, a na kvalitě popudové závisí.

Tento vzorec o němž někteří psychofysičtí badatelé, s nimiž se později seznámíme, tvrdili, že nevyjadřuje zákonu jmenovaného, vyskytá se v témž aneb alespoň v podobném významu u *Laplace-a* jakožto výraz pro větu sociologickou, známou pod jménem: *fortune physique et morale*, kterou *Daniel Bernoulli*¹⁾ vyslovil Laplace²⁾ v mathematický vzorec uvedl a zvláštním svrchu naznačeným jménem pojmenoval.

Zákon Webrův nepředpokládá žádné zvláštní míry pro stavy psychické, a nehodí se tudíž k přesnějšimu srovnání těchto stavů.

Za tou příčinou Fechner odvodil z něho vzorec ku měření psychologickému vhodnější.

Integrujeme-li totiž rov. II., majíce zření k přirozeným logarithmům, dostaneme

$$\gamma = k \lg \beta + C,$$

a určíme-li integr. stálou C pro případ, že $\beta = b$, je-li $\gamma = 0$ t. j. pro práh popudový $= b$, zamění se rovnice ta vzorcem

$$\gamma = k (\lg \beta - \lg b)$$

čili:
$$\gamma = k \lg \frac{\beta}{b}, \dots \text{ III.}$$

který vzorcem *Fechnerovým* jmenujeme.³⁾

Jmenuje-li $\frac{\beta}{b}$ základnou hodnotou popudovou, má tento vzorec, od Fechnera *měrovým* nazvaný, význam, že síla popudová jest úměrna logarithmu základné hodnoty popudové.

Je-li $\beta = b + a$, jest $\gamma = k \lg \left(1 + \frac{a}{b} \right)$; a je-li mimo

¹⁾ *D. Bernoulli* (Specimen theoriae novae de mensura sortis: Comment. Acad. Petrop. T. V. 2738 p. 17):

²⁾ *Laplace* (Théorie analytique des probabilités p. 187, 432). *Poisson* (Recherches sur la probabilité p. 72).

³⁾ Že k tomuto vzorci i jiným způsobem ze vzorce Webrova přijíti můžeme, sám Fechner (*Elementa* II. p. 34) dovozuje. Srov. *Drobisch* (*Sitzb. d. sächs Gesel.* 1861 Bd. XIII, p. 20. sqq.); *Wundt* (*Psychol.* p. 304 sqq.)

to a velmi malá veličina, můžeme klásti

$$\gamma = f\left(M \frac{a}{b}\right),$$

jímž prostá závislost pocitu na popudu vyjádřena jest; je-li však a velmi veliké, můžeme psáti $\frac{a}{b}$ místo $\left(1 + \frac{a}{b}\right)$, a je-li mimo to b porovnáno s a dosti malé, můžeme závislost pocitu na popudu vyjádřiti vzorcem

$$\gamma = k \lg a,$$

z něhož jde, že pro relativně velmi silný popud není třeba přihlížeti ku výšce prahové.

Dělíme-li poslední rovnici a , uvážíme-li, že $\frac{\lg a}{a}$ má největší hodnotu pro $a = e = 2.7183$, a jmenujeme-li sílu pocitovou, která k tomuto maximum přísluší, s Fechnerem *základnou silou pocitovou*, snadno se přesvědčíme, — (jelikož $\gamma = 0$ pro $a = b = 1$ a $\gamma = 1$ pro $a = e = 2.7183$) — že přibývá-li síly popudové řadou geometrickou, jejížto exponent jest 2.7183, přibývá síly pocitové řadou arithmetickou, jejížto difference rovná se jedničce.

Fechner sestavil k objasnění tuto tabulku:

$\frac{\gamma}{a}$	0	1	2	3	4
	1	2.7183	7.3891	20.086	54.598

Výsledek tento není závislý na určité jedničce psychofysické; vždy přísluší arithmetické řadě pocitové geometrická řada popudová, jejížto exponent jest základná hodnota popudová umocněná difference řady pocitové. Pro řadu pocitovou na př.: 1, 3, 5, 7, ..., jejížto rozdíl = 2, jest exponent řady popudové = e^2 .

(Dokončení).