

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

J. Kapras

O základních zákonech psychofyzických. [II.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 9 (1880), No. 3, 133--140

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/122863>

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>

O základních zákonech psychofysických.

Napsal

J. Kapras v Brně.

(Pokračování).

V tomto ponětí znám jest „Webrův psychofysický zákon“ ve školních našich knihách.

Nad a pod hodnotou maximalnou nalezájí se hodnoty popudové tak řečené souhlasné, korrespondující, které jak z tabulky následující vidíme, relativně stejně silný dojem $\left(\frac{\gamma}{a}\right)$ mají za následek.

$\frac{\gamma}{a}$	0	0·34657	0·36788	0·34657
a	1	2	2·7183	4
γ	0	0·6931	1·000	1·3863

Tyto souhlasné hodnoty popudové a a x' snadno najdeme, známe-li jen, jak se k sobě mají $\left(\frac{x}{x'} = n\right)$, neboť, jelikož

$$\gamma = k l a \text{ a } \gamma' = k l a',$$

snadno pak vypočítáme, že $a = n^{\frac{n}{n-1}}$, $x' = n^{\frac{1}{n-1}}$ z čehož jde následující tabulka:

n	1	2	3	...
x	e	2^2	$3^{\frac{3}{2}}$...
x'	e	$2^{\frac{1}{2}}$	$3^{\frac{1}{3}}$...

Ze vzorce III. odvozuje Fechner ještě jiné dva. Odečteme-li totiž $\gamma' = k l \frac{\beta'}{b}$ od $\gamma = k l \frac{\beta}{b}$ dostaneme

$$\gamma - \gamma' = k l \frac{\beta}{\beta'} \cdot \frac{b'}{b}, \dots \text{IVa.}$$

a předpokládáme-li, že $b = b'$ t. j. že prahy pro oba druhy pocitův jsou si rovny, vyjde nám

$$\gamma - \gamma' = kl \frac{\beta}{\beta'} \dots \text{IVb.}$$

Oba tyto vzorce jmenujeme *rozdílovými*, neboť zahrnují v sobě zákon Fechnerův, pokud se ho užití může k vyznačení difference pocitové z poměru dvou stejnorodých popudů, při nichž hodnota prahová jest tatáž.

Pro ten případ, že hodnoty prahové pro dva stejnorodé popudy byly by přímo úměrny silám popudovým, t. j., že by $b : b' = \beta : \beta'$ zaměnil by se vzorec IVa rovnicí:

$$\gamma - \gamma' = 0,$$

kteřá znamená, že rozdílu pocitového nejsme si vědomi, ačkoli sly jednotlivých popudů snad jsou dosti veliké. Že odtud k nevědomým stavům psychickým, o nichž svrchu jsme mluvili, jest snadno přejíti, není třeba dokládati. —

Ty jsou základné zákony psychofysické, jak je Fechner ve svých spisech a pojednání stanovil.¹⁾

Jak patrně, všechny vycházejí ze zákona Webrova, a to ze vzorce, jaký proň vystavil Fechner; závisí tudíž i oprávněnost a platnost jejich na oprávněnosti a platnosti jeho.

Fechner sám dobře si byl vědom omezené platnosti zákona Webrova v jednotlivých třídách pocitových a připisoval-li mu touž důležitost ve psychofysice, jakou má zákon gravitační ve fysice, nepřikládáme výpovědím těmto, které ostatně sám jen náhledy a vyhlídkami do budoucnosti jmenuje, proto váhy, poněvadž dle dosavadních zkušeností v tak řečené vnitřní psychofysice, kamž Fechner neobmezenou platnost zákona Webrova deponoval, velmi málo jasného světla poznání máme.

Než poohlédneme se, jak jiní badatelé na tyto Fechnerovy náhledy hledí.

Rozumí se, že předními a přímými osočovateli nauky této nové byli někteří filosofové staré a zánovní školy „metafysické“.

¹⁾ Nejprvnější, pokud nám známo jest, v té příčině pojednání sluší jmenovati, jež Fechner roku 1858 v „Abh. d. säch. Soc. p. 469“ pode jménem: Ueber ein psychophysisches Gesetz uveřejnil. Roku 1860 vyšly jeho „Elemente der Psychophysik“, v nichž zákony svrchu jmenované soustavně vypisuje a o pokusech a methodách bádání psychofysického jedná. Konečně r. 1876 vydal na obranu svých náhledů proti četným svým vědeckým odpůrcům spis nadepsaný „In Sachen der Psychophysik.“

jimž vše psychofysické bádání principiálně po chuti není; za to však dostalo se vědě naší důstojných pěstovatelů v kruzích fyziologův a fysikův.

První, který o zákonech těchto soud svůj pronesl, jest *H. Helmholtz*¹⁾ jakožto fyziolog neméně znamenitý než jako fysik a matematik.

Dobře znaje spodní a vrchní mezi zákona *H.* myslí, že zákon ten (*Webrův*) a z něho odvozené zákony *Fechnerovy* jsou *prvním stupněm ku pravdě* vedoucím. Krok další, který *H.*, máje zření na pocity zrakové, učinil, záleží jen v přesnějším a zevrubnějším vytčení téhož principu *Fechnerova*.

Právem zajisté vedle zevnějšího či objektivního popudu (β) upozorňuje na popud z nitra vycházející (β_0) či na popud subjektivný, a vyjadřuje základné zákony vzorci:

$$d\gamma = K \frac{d\beta}{\beta + \beta_0}, \quad \gamma = Kl(\beta + \beta_0) + C,$$

kde stálou (k) pro střední hodnoty popudové (β) za zcela konstantní a se neměnicí, pro velké ale hodnoty popudové za rovnou O považuje, a všeobecně, máje b za velikou veličinu klade $k = \frac{a}{b + \beta}$; kdež integr. stálá (C) znamená maximum síly pocitové, které přísluší k velmi veliké hodnotě popudové.

Hledíme-li na hodnotu těchto stálých, dostaneme konečné vzorce:

$$d\gamma = \frac{a d\beta}{(b + \beta)(\beta + \beta_0)}, \quad \gamma = \frac{a}{b + \beta_0} \int \frac{\beta + \beta_0}{\beta + b} + C,$$

o nichž *Helmholtz* (l. c. p. 315) myslí, že „teprv takovouto formulí bychom mohli doufati, že zjev úplně vyjádříme.“

Je-li maximum síly pocitové $G = C$, a znamená-li g minimum této síly pro případ, že $\beta = 0$, zamění se vzorec poslední v prvém případě:

$$G - \gamma = \frac{a}{b - \beta_0} \int \frac{b + \beta}{\beta + \beta_0},$$

¹⁾ Ačkoli první zmínku o těchto zákonech *H.* teprv ve svém výtečném díle „*Handbuch der physiologischen Optik*, Leipzig 1857 p. 313—16 činí, přece, jak *Fechner* (*Elemente* II. p. 567) praví, již roku 1860 přední myšlénky své soukromým listem o nich pronesl, které i *F.* na jmenovaném místě se čtenářem sděluje.

$$\text{ve druhém: } g - \gamma = \frac{a}{b - \beta_0} \left[l \frac{\beta_0}{b} - l \frac{\beta + \beta_0}{b + \beta} \right],$$

$$\text{z kterých jde rovnice: } G - g = \frac{a}{b - \beta} l \frac{b}{\beta_0},$$

jež úzce souvisí se svrchu naznačeným vzorem Fechnerovým IV b.

Ke stejnému, jako Fechner, ale naprosto různověznamnému vzorci přichází *Bernstein*.¹⁾ On vychází z domněnky, že popud, pokud prochází nervstvem, volně a neslaben vchází do ústroje centralného, kdež překonává odpor a ztrácije čím dále tím více na intenzitě, pocit má jen potud v zápětí, pokud intenzita jeho větší zůstala než jest příslušný práh.

Je-li popud velmi mocný, nerozšiřuje se jen od bunice k bunici, nýbrž za příčinou irradiače rozšiřuje se v kruhových plochách více buníc v sobě držících a [to tak, že od bunice centrálné plochy kruhové ubývá intenzity se vzdáleností, až v určité šířce slla dojmová úplně se ztrácí.

Označíme-li y intenzitu popudovou v jediné bunici na vrstvě kruhové od středu o x vzdálené, jest dojem na kruhovém pásu tomto $2\pi xy$, úbytek intenzity pro vrstvu dx širokou $2\pi dx y$.

Úbytek tento jest patrně úměrem s intenzitou popudovou a se hmotností prvkův, jimiž popud ten prochází.

Je-li na jedničce plošně rozloženo α buníc, jest hmotnost pro kruhový průh šířky dx ve vzdálenosti x od středu se nazající $2\pi \alpha x dx$, a svrchu proslovená úměra vyjádří se rovnicí:

$$2\pi x dy = -4\pi k y x \alpha \pi x dx \text{ čili } \frac{dy}{y} = -2k \alpha \pi x dx,$$

kde k znamená specifický odpor v bunicích, t. j. úbytek intenzity pro jedničku dojmovou v jedničce plošné.

Jmenujeme-li β intenzitu, kterou popud na centralnou bunici kruhu irradiačního působí, b pak intenzitu tu na obvodě kruhovém a uvážíme-li, že pro $y = \beta$, jest $x = 0$ a pro $y = b$, $x = r$, zamění se rovnice poslední ve

^{*)} Zur Theorie des Fechner'schen Gesetzes der Empfindung: Archiv Reichert-Dubois 1868 . . . ; Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven-und Muskelsinne, Heidelberg 1871, p. 166.

$$\int_b^\beta \frac{dy}{y} = -2\kappa\alpha\pi \int_r^0 x dx$$

čili

$$\lg \frac{\beta}{b} = \kappa\alpha r^2 \pi.$$

Píšeme-li $\alpha r^2 \pi = n$, jímž počet buníc v kruhu irradiačním označujeme, dostaneme jakožto výsledek celkový

$$n = Kl \frac{\beta}{b}$$

vzorec, který shoduje se sice podobou se známým vzorcem Fechnerovým, ale významem od něho zcela se liší, neboť stanoví se jím, jak závisí síla popudová, která jest prostě úměrna se silou pocitovou, na množství buníc ústroje centralného. Čím silnější zajisté popud, tím hloub vniká do buníc těch a tím šřeji je zasáhne, tím též intensivnější dojem a tudíž i pocit má v zápětí.

Proti tomuto ponětí poměru psychofysického může se namítati mimo jiné, že jest naprosto hypothetické a jako hypothesis že není dostatečně odůvodněna. Pouhou hypothesisou zajisté jest domnění, že intensita pocitu závisí na množství dojatých buníc, neodůvodněno pak jest, že bunice ústroje centralného kladou odpor popudu, kdežto bunice nervstva čidlového popud naprosto volně propouštějí. V pravdě nelze nám nic určitého říci o bunicích nervstva sensitivného ani periferického ani centralného. I když připustíme, že intensita pocitová závisí na množství buníc či na tom, jak hluboko popud do mozku vnikl, úplné zanedbání času, v němž v jednotlivých případech popud do téže hloubky vnikl, čili úplné zanedbání rychlosti popudového rozšiřování za nedostatek považujeme.

Mimo to domnění Bernsteinovo, že pocit povšechně jest překonávání živé síly popudem v bunicích vzbuzené, a že čím více v některé bunici se této síly potlačí, tím větší z ní přírůstek pro sílu pocitovou vychází, odporuje náhledu, že síla pocitová závisí na množství buníc; neboť dle tohoto domnění byl by ten pocit nejsilnějším, který by z potlačení stejně mocného popudu v nejmenším množství buníc povstal.

V celku nelze Bernsteinovu náhledu upíratí genialnosti, pravdě podobnějším však než náhled Fechnerův asi není.

V posledním čase Ward¹⁾ tento náhled B. poněkud modifikoval, přijav na př. mimo jiné pouze irradiační čáru na místě irradiačního kruhu.

Na zcela jiném stanovisku stojí Plateau,²⁾ badatel psychofysický od let 50tých, ačkoli tiskem své výskumy teprv r. 1872 vydal. On vykládá stálost pocitovou při změně intenzit popudových ze stálosti poměrů pocitových, a na základě tohoto a priori stanoveného pravidla přechází k fundamentálnímu zákonu psychofysickému takto:

Všeobecně můžeme psáti $\gamma = f(\beta)$, kdež úkon (f) jest tak volen, že pro $\beta = 0$ jest i $\gamma = 0$.

Roste-li β řadou geometrickou, roste jí i γ ; a jmenujeme-li b a g počátečné členy těchto řad, v a s jejich exponenty, jest $\beta = b v^{n-1}$, $\gamma = g s^{n-1}$, a klademe-li $s = v^\alpha$, kde stálá (α) daleko menší jedničky býti může, dostaneme $\gamma = g (v^\alpha)^{n-1}$ čili $\gamma = g(v^{n-1})^\alpha$; a srovnáme-li tuto rovnici s rovnicí $\beta = b v^{n-1}$, kladouce $\frac{g}{b^\alpha} = k$, dostaneme základný vzorec psychofysický:

$$\gamma = k\beta^\alpha.$$

Povázíme-li, že Plateau odvodil vzorec svůj na základě pokusů o tak řečeném *středním hnědu*, které sám má za hypotesu a kterého, jak Aubert³⁾ dovedil, nikdy nelze zevrubně určití, a povázíme-li, že při všech pokusech těchto kladl sílu pocitu černého = 0, a že práh popudový měl za práh pocitový, nemůžeme vzorci jeho dáti přednost před Fechnerovým.

Ostatně Plateau, nemoha pokusů příslušných konati, na základě výtečných pokusů Delboeufových, které tento na vyzvání Pl. dle zvláštní jeho důmyslné metody konal, upustil od svého původního vzorce, dokládaje (dle Fechnera): Quant à ma formule par cela seul, qu'elle diffère de celle de M. Delboeuf, il est évident qu'elle est inexacte.

¹⁾ Mind 1876 VI. 460.

²⁾ Pogg. Annal. 1873 Bd. 150. p. 465.

³⁾ Aubert (Physiologie der Netzhaut p. 61). hněd = teint.

Dle náhledu *Delboeufova*¹⁾ působí popud zevnější — v jeho případě teplový zdroj — svou silou (p') na částice nervové tak dlouho, až síla jeho klesne na sílu (p), při níž pocit = 0, což, jak patrně, jest práce (T) taková, jakou vykonává píst ve válci plynem naplněném, stlačí-li se tento plyn z objemu v a tlaku p na objem v' a tlak p' při téže teplotě.

Tuto práci snadno určíme, a poněvadž síla pocitová jest s ní přímo a prostě úměrna, určíme též sílu tuto, známe-li jen p a p' .

Ze známého vzorce $dT = -c \frac{dv}{v}$, kde c znamená vniterný dojem nervový pro $p' = 0$, dostaneme, integrujíc v příslušných mezích,

$T = -c \int_v^{v'} \frac{dv}{v} = cl \frac{v}{v'}$, z čehož, bereme-li ohled na úměru $v : v' = p : p'$, dostaneme $T = cl \frac{p'}{p}$ a z toho $\gamma = cl \frac{p'}{p}$, kterýžto výraz, klademe-li β a b za p' a p , zamění se ve známý vzorec Fechnerův.

Ačkoli D. se stanoviska matematického proti Fechnerovu odvození námitky činí, dovozuje mimo jiné, že způsob ten vede ke sporným následkům a že kvantitativně poněť pocitu dle Fechnera není správně, kteréž domnění, jak F. myslí, asi z nejasného porozumění F. práhu popudového prýští, nelze upřít, že D. svými výtečnými studii²⁾ psychofysice Fechnerově velmi prospěl, čehož mu F. sám vděčně vzpomíná.

Mezi nejrozhodnější odpůrce Fechnerova zákona patří bez odporu *P. Langer*.³⁾ Obrací se nejprve proti odvození F. vzorku dle metody jen zřetelných rozdílů popudových ze zákona Webrova, dovozuje ze slov F. (*Elem. I. 134*) „ein Unterschied zweier Reize, auch fassbar als positiver oder negativer Zuwachs . . .“, že F. mylně rozdíl pocitový má za pocit, což prý nikterak z W. zákona beze zvláštních domněnek vysvětliti

¹⁾ Etude psychophysique, Bruxelles 1873; Théorie générale de la sensibilité Bruxelles 1876.

²⁾ La loi psychophysique, Hering contre Fechner: Revue, par Ribot, Paris 1877 p. 225 . . .

³⁾ Die Grundlagen der Psychophysik, Jena 1876. 4, 58, 64 . . .

nelze. Z pokusů F. jde nade vši pochybnost, že F. přirovnává k sobě dvě představy, tedy dva stavy paměti, které postrádajíce přízvuku, jenž s intenzitou úzce souvisí, co do kvantitativné stránky maně zaměněny byly.

Síly pocitové γ a δ kolísají, jakmile pocity představami se staly, v mezích $\gamma_1 - \gamma_0$ a $\delta_1 - \delta_0$, kteréžto mezery se i částečně krýti mohou, tak že pak představy zdají se býti sobě rovnými, ačkoli pocity sobě rovny nebyly.

Mimo to F. prostě dovozuje, že pocit zůstává stejným, je-li relativní rozdíl popudový stejný, nehledí však na to, že různé okolnosti, spočívající ve vniterné změně ústrojové, která i při nejmenším popudu se děje, působí v intenzitu pocitovou.

(Dokončení.)

Úlohy.

Řešení matematické úlohy 20.

Zaslal *Veselý*, kand. prof. ve Vídni.

Považujeme-li prozatím x , y , z za stálé, budou veličiny m , n , p kořeny rovnice stupně třetího podle φ , totiž

$$\frac{x}{\varphi - a} + \frac{y}{\varphi - b} + \frac{z}{\varphi - c} - 1 = 0,$$

aneb odstraníme-li jmenovatele,

$$(\varphi - a)(\varphi - b)(\varphi - c) - x(\varphi - b)(\varphi - c) - y(\varphi - a)(\varphi - c) - z(\varphi - a)(\varphi - b) = 0;$$

pro $\varphi_1 = m$, $\varphi_2 = n$, $\varphi_3 = p$ jest patrně

$$-(\varphi - m)(\varphi - n)(\varphi - p) = x(\varphi - b)(\varphi - c) + y(\varphi - a)(\varphi - c) + z(\varphi - a)(\varphi - b) - (\varphi - a)(\varphi - b)(\varphi - c),$$

takže, dosadíme-li za φ postupně a , b , c , bude

$$\begin{aligned} x &= -(a - m) \frac{(a - n)(a - p)}{(a - b)(a - c)}, \\ y &= -(b - m) \frac{(b - n)(b - p)}{(b - a)(b - c)}, \\ z &= -(c - m) \frac{(c - n)(c - p)}{(c - a)(c - b)}. \end{aligned}$$