

16. ročník, úloha I. E ... reakční doba (8 bodů; průměr 3,54; řešilo 50 studentů)

Změřte rychlost vedení vzruchu nervu.

Návod: Změřte svou reakční dobu na optický nebo zvukový podnět (v tomto případě můžeme předpokládat, že vzruch dorazí do mozku okamžitě). Poté změřte rychlost své reakce na dotek konce ruky nebo nohy. Porovnáním výsledků pak stanovte rychlost vedení vzruchu. Nezapomeňte, že pro správné statistické zpracování potřebujete naměřit *minimálně deset hodnot*.

Úvod

Podle zadání úlohy provedeme měření dvě. V prvním budeme měřit reakční dobu t_r na optický či sluchový podnět. Předpokládáme přitom, že délka nervů přenášejících tento signál do mozku je malá. V druhém měření budeme zjišťovat dobu reakce t_n na dotek na noze či ruce. Rychlost vedení vzruchu do mozku pak spočteme jako $v = \frac{l}{t_n - t_r}$, kde l je odhad délky nervu. Není to doslova rychlost průchodu vzruchu podél samotného nervového vlákna, která je podle literatury asi $100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V námi měřené hodnotě je započítán i průchod vzruchu přes synapse a ostatní složité popsitelné jevy.

Postup měření reakční doby t_r

- Člověk A drží pravítko mezi prsty člověka B, znenadání ho pustí a B, jakmile spatří padající pravítko, ho chytí. Z délky, ve které B pravítko chytil a doby volného pádu, se určí reakční doba t_r .
- Na monitoru počítače necháme něco náhodně zobrazit, např. změnit barvu pozadí (nebo spustíme zvuk). V okamžiku, kdy signál zaregistrujeme stiskneme (nebo pustíme) tlačítko klávesnice (myši). Počítač necháme reakční dobu zaznamenat. Podle Jardy Trnky jsme k tomuto použili program na webové stránce <http://www.happyhub.com/network/reflex/>.
- Zakryjeme číslice sekund, desetín a setin na stopkách a v okamžiku, kdy zaregistrujeme změnu na řádu desítek setin, stopky zastavíme.

Postup měření rychlosti šíření vzruchu v nervu

- Modifikace předchozího postupu s pravítkem. Na pravítko tentokrát umístíme kousek papírku nebo jemný hrot. Zavřeme oči a registrujeme dotkový podnět. Reakční doba t_n však vychází naprosto srovnatelná s reakční dobou t_r měřenou, pokud se na pravítko díváme. V t_n je zahrnut čas od začátku pádu pravítka do okamžiku, než si mozek uvědomí, že se pravítko ruky dotklo. V t_r je na rozdíl od toho zahrnut čas od začátku pádu pravítka do okamžiku, ve kterém si mozek uvědomí, že oko uvidělo padající pravítko.

Dá se tedy usuzovat, že je nesprávný předpoklad o tom, že optický (popř. zvukový) podnět dorazí do mozku okamžitě. Doba, za kterou podnět do mozku dorazí, by se velmi přibližně dala odhadnout z faktu, že vzorkovací frekvence oka je asi 20 Hz, tj. vzorkovací doba asi 0,05 s, což je čas, který při našich měřeních hraje roli. Chceme-li přesto změřit rychlost vedení vzruchu, musíme vymyslet chytřejší metodu.

- Ve stejný čas spustíme dvojce stopky. V prvním měření asistent svoje stopky vypne ve stejném okamžiku, kdy se dotkne čela experimentátora. Ten stiskne tlačítko svých stopek v okamžiku, kdy dotek ucítí. Rozdíl časů na obou stopkách je pak doba reakce t_r . Dobu reakce t_n změří stejným způsobem, jen se asistent dotýká konce nohy.

V řešeních jste často tento postup (maminka mě praští vařečkou a zároveň stiskne stopky) používali pro měření doby, za kterou do mozku dojde signál z konce nohy. Od toho času jste odečítali jinak změřenou reakční dobu. To dávalo velmi nepřesné výsledky, neboť

„maminka“ není schopná dostatečně přesně zároveň stisknout stopky i udeřit experimentátora. Námi uvedená metoda však systematickou chybu „maminky“ eliminuje.

Měření

Náš postup při měření rychlosti šíření vzruchu z konce nohy do mozku byl následující: Využili jsme program na výše uvedené webové stránce. Osoba A reagovala na změnu barvy obrazovky tím, že se dotkla nohy resp. čela osoby B, která měla zavřené oči a na dotek reagovala stisknutím tlačítka myši. V následující tabulce jsou uvedeny naměřené hodnoty. Čas t_n je měřen při doteku konce nohy, čas t_r při doteku čela.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
t_r [s]	0,49	0,49	0,55	0,49	0,55	0,44	0,38	0,39	0,5	0,44	0,49
t_n [s]	0,6	0,6	0,54	0,49	0,61	0,61	0,55	0,55	0,61	0,57	0,61

	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	
t_r [s]	0,44	0,5	0,49	0,51	0,49	0,5	0,47	0,49	0,44	0,44	
t_n [s]	0,6	0,55	0,61	0,55	0,6	0,49	0,5	0,61	0,55	0,55	

Tabulka – měření reakčních dob.

$$\bar{t}_r = (0,475 \pm 0,043)\text{s}$$

$$\bar{t}_n = (0,569 \pm 0,040)\text{s}$$

Směrodatnou odchylku aritmetického průměru časů spočteme podle vztahu

$$s_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta t_i^2}{n(n-1)}}.$$

Rozdíl časů je $\Delta t = t_n - t_r = 0,094\text{ s}$, směrodatná odchylka tohoto rozdílu je

$$s_m(\Delta t) = \sqrt{s_m^2(t_n) + s_m^2(t_r)} = 0,059\text{ s}.$$

Relativní chyba je $\delta(\Delta t) = 0,63$. Délku nervů z konce nohy odhadneme výškou osoby $l = 180 \pm 30\text{ cm}$, chyba je způsobena tím, že nevíme, kudy přesně nervy vedou, relativní chyba $\delta l = 0,16$.

Průměrná rychlost vedení vzruchu vychází $\bar{v} = l/\Delta t = 19\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, její směrodatná odchylka $s_m(v) = v\sqrt{(\delta l)^2 + (\delta(\Delta t))^2} = 12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Směrodatná odchylka je srovnatelná se samotnou hodnotou, rychlost $v = 19\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ je tedy spíše jen odhad.

Závěr

Měření je zatíženo velikou chybou, která je způsobena tím, že při výpočtu rychlosti odečítáme dvě velmi blízké hodnoty, jejich směrodatná chyba se ve čtvrcích sčítá, což způsobí velkou relativní chybu rozdílu, to si mnoho z vás při výpočtu chyb neuvědomilo.

Dále ocitujeme několik vět z řešení Jardy Trnky, neboť on podle nás situaci vystihl: „Měření nebylo jednoduché, protože se při něm nespolehalo na nějaké přístroje, ale zejména na vlastní mozek. Tudíž ke změření reakce byla potřeba koncentrace a zde by mohl být první zdroj chyb. Na základě svých výsledků mohu tvrdit, že rychlost šíření vzruchu v nervu je řádově v desítkách metrů za vteřinu.“

Lenka Zdeborová
fykos@mff.cuni.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty UK MFF. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci UK MFF a podporován Ústavem teoretické fyziky UK MFF, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.