

## Úloha V.E ... Falešná kostka

8 bodů; (chybí statistiky)

Organizátoři spolu hráli Člověče, nezlob se! Máje se ale ve hře moc nedařilo, a tak si chtěla zkontrolovat, že kostka, kterou jí dal Matěj, nebyla upravená – některá čísla jí totiž padala mnohem častěji než jiná.

Pokuste se stejně jako Mája odhadnout pravděpodobnosti padnutí jednotlivých stran kostky a na základě tohoto odhadu určit směr výchytky těžiště kostky a její předpokládanou vnitřní strukturu. Experiment provádějte se speciálními kostkami, které vám dorazily poštou spolu se zadáním. Pokud jste kostku nedostali (např. je toto první série, kterou řešíte), napište nám a kostku vám zašleme. Pokud si myslíte, že bychom vám nestihli kostku doručit včas, vyrobte si vlastní (něčím zajímavou) kostku a změřte experiment s ní.

### Teorie

Hrací kostka má tvar krychle s očíslovanými stěnami. Bývá zvykem, že součet čísel na každých dvou protějších stěnách je 7 – např. šestka je naproti jedničce. U námi zaslanych kostek tomu není jinak.

Když hodíme kostku na rovnou tvrdou podložku, dodáme jí tím určitou pohybovou energii, kostka se roztočí a začne se kutálet po podložce, případně se může i několikrát odrazit. Při kontaktu s podložkou však postupně kvůli tření zpomaluje až do chvíle, kdy už nemá dostatek energie, aby se znovu překloupila. Nakonec zůstane ležet ve stabilní poloze. Stabilních poloh má kostka šest (může ležet na jedné z jejích šesti stěn).

U klasické kostky leží její těžiště ve středu. Všechny šest možných rovnovážných poloh kostky má tedy těžiště ve stejné výšce a jsou proto i stejně stabilní. Když ale jednu stěnu zesílíme (nebo protější ztenčíme), posuneme tím těžiště blíže k této stěně. Poloha, ve které kostka leží na této stěně, bude stabilnější (tělesa „se snaží mít“ co nejnižší energii). Podle množství přidané/odebrané hmotnosti a místa, kde hmotnost změníme, se nám bude těžiště posouvat uvnitř kostky. Nejčastěji zůstane kostka po hodu stát na některé ze stěn, u které je těžiště nejbližší; v těchto pozicích je kostka nejstabilnější – těžiště je nejbližší podložce (padne nám tedy číslo na opačné stěně). Naopak při poloze na protější stěně bude těžiště nejvýše a pro kutálejší se kostku bude snažit překloupit se na jinou stěnu.

Abychom zjistili, jak často dané číslo padá, musíme samozřejmě kostkou házet opakovaně. Z výsledků vypočteme relativní četnost hodů určitého čísla jako poměr počtu hodů daného čísla k celkovému počtu hodů. Relativní četnost je i při měřeních s různým počtem hodů stále stejná nebo podobná. Čím větší bude počet hodů, tím víc se bude hodnota relativní četnosti ustalovat na jedné hodnotě. U dokonale vyvážené kostky by všechny hodnoty měly padat stejně často – na každé číslo by připadla  $1/6$  pokusů.

### Postup měření

Na rovném stole jsme házeli kostkou a každý hod jsme si zaznamenali do tabulky, ve které je souhrn, kolikrát které číslo padlo. Celkem jsme provedli tisíc takovýchto hodů. Během měření je důležité dbát na způsob házení, ten by měl být vždy co nejvíce stejný. V tabulce 1 jsou uvedeny četnosti pádu čísel.

Číslo	Počet hodů čísla	Relativní četnost %
1	163	16,3
2	68	6,8
3	115	11,5
4	144	14,4
5	411	41,1
6	99	9,9

Tabulka 1: Absolutní a relativní četnosti hodů jednotlivých čísel.

### Diskuze

Při našem měření nejspíše nedošlo k nějakým zásadním chybám, které by mohly ovlivnit výsledek měření. Největším problémem mohl být různý způsob provedení hodů. Dále by bylo měření podhodnoceno, kdybychom například v průběhu změnili podložku, na které jsme měření prováděli, další roli by mohl hrát sklon stolu. Všechny tyto věci jsou v našem provedení (vzhledem k počtu měření) zanedbatelné a proto takto způsobená chyba také.

### Závěr

U dvojice čísel 2 a 5 je rozdíl v četnosti hodů největší, tedy zde bude těžiště nejvíce posunuté a to směrem ke dvojce (nejčastěji ležela na stole). Tohoto posunutí těžiště se docílilo nejspíše tak, že se jedna strana zesílila nebo druhá zúžila. U trojky a čtyřky je rozdíl malý a pravděpodobně je způsoben náhodou. Rozdíl u jedničky a šestky je větší, což znamená, že stěna u šestky byla pravděpodobně také o trochu zesílena (ale rozhodně ne o tolik jako u dvojky). Těžiště v kostce je tedy posunuto výrazně směrem ke dvojce a trochu směrem k šestce.

*Šimon Swaczyna*  
simon.swaczyna@vyfuk.org

---

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků. Realizace projektu byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.  
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.