

Úloha VIII.1 . . . Vodní hodiny

7 bodů; (chybí statistiky)

Měřit čas nástěnnými hodinami je nuda, a proto si postavíme vlastní hodiny fungující na principu vytékání vody z dvoulitrové láhve Kofoly. Pořídte si tuto láhev a v blízkosti dna v ní udělejte malou díрку. Láhev pak naplňte vodou a hleďte, pro jaké počáteční výšky hladin je čas, za který voda z láhve vyteče, rovný jedné minutě, dvěma minutám, atd. Tyto výšky si na láhvi zaznačte fixem, čímž získáte vlastní časoměr! Do řešení nám pak vaši stupnice překreslete (nezapomeňte zakreslit i polohu dířky) a zamyslete se, jak moc je tato technologie přesná.

Teorie

Zjednodušeně lze říci, že vytékání vody je způsobeno rozdílem tlaků, které působí na vodu v okolí dířky. „Ze strany“ na vodu tlačí všudepřítomný atmosférický tlak a v podstatě brání vytékání vody. Na druhé straně „seshora“ na vodu v tom samém místě působí stejně velký atmosférický tlak, ale navíc také hydrostatický tlak $p = \rho gh$, kde $\rho = 1 \text{ kg}/\ell$ je hustota vody, $g \doteq 10 \text{ m}/\text{s}^2$ tíhové zrychlení a h je rozdíl mezi výškou dířky a výškou hladiny vody v lahvi.

Získat přesný matematický popis vytékání vody z dířky vyžaduje užití pokročilejší matematiky. Nám ale postačí jednoduchý popis situace s využitím vztahu pro hydrostatický tlak. Ze vztahu hned vidíme, že hydrostatický tlak je tím menší, čím blíže je hladina vody k dířce. Bude-li tedy voda z lahve vytékat, hydrostatický tlak, který vytékání vody způsobuje, bude klesat, což bude mít za následek zpomalování rychlosti vytékání v čase.

Jinými slovy, za první minutu vyteče z lahve více vody než v druhé minutě, atd. Můžeme tedy očekávat, že dílky našich vodních hodin nebudou na lahvi umístěny rovnoměrně, ale budou se s postupem času k sobě přibližovat. Jak přesně stupnice vypadá, si ukážeme v experimentu.

Experiment

Konkrétní stupnice vodních hodin závisí kromě tvaru lahve i na velikosti a umístění dířky, které jste si zvolili sami. Samotná realizace experimentu je pak velmi snadná – pokud jste si zvolili dířku rozumné velikosti, voda z lahve vyteče za několik minut. Největší nepřesnost vnaší do měření nepřesné zakreslení stupnice na lahev. Vliv této chyby je ale možné snížit opakovaným přeměřením stupnice a opravou špatně zakreslených dílků stupnice.

Zmenšenou stupnici pro 2 ℓ láhev od Kofoly s dířkou o průměru asi 3 mm umístěnou 3 cm ode dna lahve uvádíme na obrázku 1.



Obr. 1: Stupnice vodních hodin v minutách. Nulou je označena poloha dírky.

Borek Požár

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

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