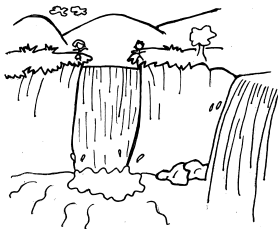


**Úloha I.E ... Vysajeme Niagary?**

8 bodů; (chybí statistiky)

Po jak dlouhou dobu by dokázal bilion papírových ubrousků absorbovat průtok Niagarských vodopádů? Sice se jedná o experimentální úlohu, ale ještě to neznamená, že kvůli jejímu vyřešení musíte jet do Spojených států. Úplně postačí, když opakovaně změříte, jaký objem vody dokáže absorbovat jeden kuchyňský ubrousek. Pak vypočítejte průměrnou savost jednoho ubrousku. Do vašeho řešení nezapomeňte uvést, jaký typ a velikost ubrousků jste při měření použili.

Nakonec vypočítejte odpověď na původní otázku, víte-li, že průměrný průtok Niagarských vodopádů činí asi  $2\,400\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ .

**Teorie**

Průtok  $Q$  je veličina charakterizující vodní tok. Určuje, kolik vody proteče určitým průřezem (např. korytem řeky) za jednotku času,  $Q = V/t$ .

Kolik vody dokáží ubrousky absorbovat tedy závisí na jejich počtu a množství vody absorbované jedním ubrouskem. Dle zadání je v Niagarských vodopádech bilion ubrousků<sup>1</sup>, což je jednička následovaná 12 nulami, tedy v mocniněm zápisu  $10^{12}$ . Rovnici pro průtok můžeme tedy přepsat pomocí objemu absorbované vody v jednom ubrousku  $V_0$  jako  $Q = V_0 \cdot 10^{12}/t$ . Dále z této rovnice vyjádříme čas, po který dokáží ubrousky proud řeky absorbovat

$$t = \frac{V_0 \cdot 10^{12}}{Q},$$

čímž jsme získali rovnici, z níž na konci zvládneme spočítat odpověď na zadanou otázku.

**Měření**

Vzorové měření bylo prováděno s dvouvrstevnými kuchyňskými utěrkami o rozměrech  $22\text{ cm} \times 23\text{ cm}$ . Objem vody, kterou dokáže jeden ubrousek absorbovat, můžeme změřit několika způsoby.

Nejpřímochařejším ze způsobů je pomalé nalévání vody o známém objemu na ubrousek. To můžeme provádět například tak, že necháme vodu z injekční stříkačky kapat na ubrousek a měříme, jaký objem vody na něj můžeme dodat, než začne odkapávat dolů. Musíme ale dávat pozor na to, abychom kapali pomalu a změřili jen ten objem, který ubrousek skutečně nasákne. Naměřené výsledky uvádíme v následující tabulce.

<sup>1</sup>Pozn.: V angličtině znamená slovo „billion“ miliarda, což je číslo o tři řády menší. Proto si u velkých čísel dávejte pozor, zda máte správný počet nul.

Tab. 1: Výsledné objemy absorbované ubrouskem.

číslo měření	1	2	3	4	5
absorbovaný objem/ml	9	9	9,4	9,3	9,6

Průměrný objem absorbovaný jedním ubrouskem je tedy dle této metody 9,26 ml, což v základních jednotkách odpovídá  $9,26 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ .

Druhým způsobem může být měření pomocí změny hmotnosti. Nejprve zjistíme hmotnost suchého ubrousku, poté ubrousek namočíme a opět zvážíme. Z rozdílů hmotnosti můžeme pomocí hustoty vody dopočítat její objem

$$V_0 = \frac{\Delta m}{\rho}.$$

Jelikož je ale ubrousek velmi lehký, nedokážeme přesně zvážit hmotnost jediného ubrousku. Musíme tedy vážit více ubrousků najednou a poté spočítat průměrnou hmotnost.

Tab. 2: Měření hmotnosti suchého ubrousku.

číslo měření	1	2	3	4	5
počet ubrousků	2	3	5	5	50
hmotnost/g	4	6	10	9	99
hmotnost ubrousku/g	2	2	2	1,8	1,98

Průměrná hmotnost suchého ubrousku je 1,956 g.

Tab. 3: Měření hmotnosti mokrého ubrousku.

číslo měření	1	2	3	4	5
počet ubrousků	1	1	1	1	5
hmotnost/g	10	10	9,5	10	60
hmotnost ubrousku/g	10	10	9,5	10	12

Nyní dopočítáme aritmetický průměr hmotnosti mokrého ubrousku, který je 10,3 g. Hmotnostní rozdíl je tedy  $\Delta m = 10,3 \text{ g} - 1,956 \text{ g} = 8,344 \text{ g}$ . Z toho pomocí známé hustoty vody  $\rho \doteq 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  můžeme dopočítat objem absorbované vody

$$V_0 = \frac{8,344 \text{ g}}{0,98 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}} \doteq 8,51 \text{ cm}^3 = 8,51 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3.$$

Touto metodou nám vychází, že každý ubrousek dokáže absorbovat zhruba  $V_0 \doteq 8,51 \text{ cm}^3$  vody.

Objemy absorbované vody nám vyšly různě, jelikož každý jednotlivý ubrousek dokáže absorbovat jiné množství vody. Nepřesnosti mohou být dále způsobeny tím, že nedokážeme přesně určit, kdy je ubrousek již plně nasáklý a více vody nedokáže absorbovat.

## Výpočet času

Nyní jsme dostali dva různé výsledky, z nichž podle předem odvozeného vztahu můžeme dopočítat čas.

$$t = \frac{9,26 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot 10^{12}}{2400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}} \doteq 3858 \text{ s} \doteq 1 \text{ h } 4 \text{ min}, t = \frac{8,51 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot 10^{12}}{2400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}} \doteq 3546 \text{ s} \doteq 59 \text{ min}.$$

Bilion papírových ubrousků by tedy dle našeho měření dokázal absorbovat průtok Niagarských vodopádů přibližně hodinu. Jak si jistě dovedete představit, takovéto zastavování Niagarských vodopádů by bylo silně nepraktické už například proto, že bilion papírových ubrousků by mělo hmotnost  $m = 2 \cdot 10^9 \text{ kg}$ , což je řádově stejně<sup>2</sup> jako je hmotnost Velké pyramidy v Gíze. Jistě si dovedete představit, že manipulovat s takovou hmotností je velmi obtížné. Na závěr můžeme dodat, že k zastavení proudu řeky existují mnohem efektivnější způsoby, jako je například stavba přehrady.

*Kateřina Rosická*

kackar@vyfuk.mff.cuni.cz

---

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/>.

---

<sup>2</sup>Zdroj: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Řádová\\_velikost\\_\(hmotnost\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Řádová_velikost_(hmotnost))