

Archimédes a jeho odkaz pro současnou výuku

KAMILA VÁŇOVÁ

Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta, Rokitského 62, 500 03
Hradec Králové; kamila.vanova@uhk.cz

Archimédes je považován za jednoho z nejvýznamnějších vědců starověku. V příspěvku jsou uvedeny Archimédovy vynálezy a objevy. Nejen Archimédův zákon, ale také stomachion, postup pro nalezení těžiště, pískový počet a další. Dále jsou zde popsány možnosti propojení fyziky s dalšími předměty, např. s hudební výchovou, českým jazykem a dalšími.

1 Archimédes

Archimédes je považován za největšího matematika, fyzika a technika starověku. Narodil se kolem roku 287 př. n. l. v Syrakusách.

S Archimédovým životem je spojeno mnoho příběhů a pověstí. Asi nejznámější je pověst o tom, jak přišel na svůj nejznámější objev – Archimédův zákon, na který přišel při vstupování do lázně a potom běhal nahý po Syrakusách a volal: Heuréka. V další pověsti se mluví o zapalování lodí na dálku pomocí odražených slunečních paprsků od naleštěných štítů, které vojáci namířili na jednu loď. Tímto mýtem se i v dnešní době zabývají vědci a snaží se ho potvrdit nebo vyvrátit. Ke konci svého života se Archimédes podílel na obraně Syrakus proti Římanům. Vymýšlel katapulty, jeřáby s chapadly a berany proti útočníkům. Neví se přesně, co předcházelo Archimédově smrti. Všichni historikové shodně uvádějí, že jeho poslední slova byla: „*Noli tangere circulos meos!*“ neboli „Nedotýkej se mých kruhů!“. Archimédes zemřel v 75 letech. Archimédovou smrtí se zabýval také Karel Čapek ve svém díle *Kniha apokryfů*. [1]

2 Seznámení s Archimédovými výsledky ve výuce

2.1 Určování pravosti zlaté koruny krále Hieróna

Podle dostupných pramenů [2] Archimédes zkoumal pravost královny koruny pokusem, kdy odměřoval objem vody, který vytekl z nádoby při ponoření tělesa. Zjistil, že při ponoření koruny vytekl jiný objem vody, než při ponoření zlatého kusu stejné hmotnosti jako měla koruna.

Pro další způsob určování pravosti koruny potřebujeme rovnoramenné váhy, korunu, kus zlata o stejné hmotnosti jako má koruna a dvě nádoby naplněné vodou. Korunu a závaží vyrovnáme na vahách. Následně je ponoříme do nádob s vodou. Nakloní-li se rameno vah na stranu, vyplývá z toho, že tělesa nemají stejnou hustotu.

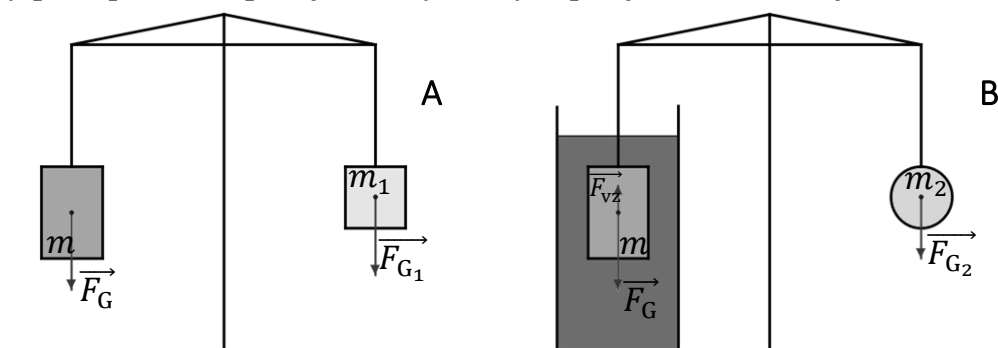
2.2 Pokus na Archimédův zákon

Úkol: Změřit hustotu tělesa použitím Archimédova zákona. [3]

Pomůcky: Rovnoramenné váhy, váleček, závaží, kádinka s vodou.

Postup:

1. Vyvážíme váhy bez zátěže.
2. Na jedno rameno vah připevníme váleček, jehož hustotu budeme zjišťovat.
3. Na vzduchu vyvážíme váleček pomocí závaží, určíme celkovou hmotnost závaží m_1 a tedy i hmotnost válečku m , zapíšeme do tabulky.
4. Odebereme závaží a váleček ponoříme do kádinky s vodou.
5. Vyrovnáme váhy pomocí závaží (váleček je stále ponořený ve vodě), určíme hmotnost závaží m_2 , hodnotu zapíšeme do tabulky.
6. Celý postup třikrát opakujeme. Výsledky zapisujeme do tabulky.



Obr. 1. Schéma pokusu na Archimédův zákon

Teorie: V prvním případě (obr. 1A), tj. při vyrovnaní vah s válečkem ve vzduchu, platí rovnost tíhových sil:

$$F_G = F_{G1} \rightarrow mg = m_1g \rightarrow m = m_1$$

Ve druhém případě (obr. 1B), kdy je váleček ponořený ve vodě, působí na váleček vztlačková síla vody. Výslednou sílu působící na váleček získáme vztahem $F_G - F_{vz}$, na závaží působí síla F_{G2} .

$$F_G - F_{vz} = F_{G2} \rightarrow m_1g - V\rho_v g = m_2g \rightarrow V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_v}$$

Získali jsme výraz pro výpočet objemu ponořené části válečku.

Pomocí tohoto výrazu můžeme získat výsledný vztah pro výpočet hustoty tělesa:

$$\rho_t = \frac{m}{V} = \frac{m_1}{V} \rightarrow \rho_t = \frac{m_1}{\frac{m_1 - m_2}{\rho_v}} \rightarrow \rho_t = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \cdot \rho_v,$$

kde ρ_v je hustota vody.

Měření č.	m_1 (kg)	m_2 (kg)	ρ_t (kg·m ⁻³)	$\Delta\rho_t$ (kg·m ⁻³)
Součet:			$\sum \rho_t =$	$\sum \Delta\rho_t =$
Aritmetický průměr:			$\overline{\rho_t} =$	$\overline{\Delta\rho_t} =$

Tab. 1. Výsledky měření

Kde $\overline{\rho}_t$ je střední hodnota hustoty tělesa, $\overline{\Delta\rho}_t$ je odchylka měření a $\delta\rho_t = \frac{\overline{\Delta\rho}_t}{\overline{\rho}_t}$ je relativní odchylka.

Závěr: Hustota tělesa je $\rho_t = (\overline{\rho}_t \pm \overline{\Delta\rho}_t) \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Měření bylo provedeno s použitím Archimédova zákona s přesností $\delta\rho_t \%$.

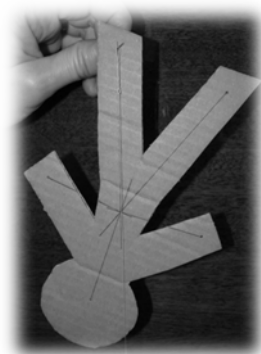
2.3 Nalezení těžiště pomocí svislých těžnic

Úkol: Nalezni těžiště nepravidelného tvaru vystřiženého z kartonu využitím svislých těžnic. [4]

Pomůcky: Tvrdý papír, tužka, nůžky, pravítko, jehla (špendlík), nit se závažím.

Postup:

1. Na karton nakreslíme požadovaný tvar a vystříhneme ho.
2. Na okraji tělesa vytvoříme dírky, aby se mohlo zavěsit na vodorovně umístěnou jehlu a volně se houpalo.
3. Zavěšíme těleso na provázek se závažím na vodorovně umístěnou jehlu a označíme si svislou těžnici (určenou provázkem, Obr. 2). Pomocí pravítka těžnici na tělese zvýrazníme. Poznačíme si aspoň tři svislé těžnice.
4. Na tělese vyznačíme těžiště. Podepřením tělesa v těžišti zkontrolujeme, zda jsme měřili správně.



Obr. 2. Nalezení těžiště

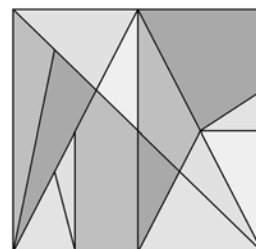
U panáčka vyšlo těžiště v místech, kde má těžiště člověk. Na tento pokus můžeme navázat cvičením, která jsou založená na umístění těžiště u člověka.

- Postavíme se zády ke zdi, patami se dotýkáme zdi. Nedokážeme se předklonit, abychom se dotkli země, aniž bychom spadli.
- Postavíme se bokem ke zdi tak, abychom se o zeď opírali nohou i ramenem. Druhou nohu nedokážeme zvednout.
- Sedneme si na židli, nohy máme v kolenou ohnuté do pravého úhlu. Nedokážeme se z ní zvednout, aniž bychom se nepředklonili.

2.4 Stomachion

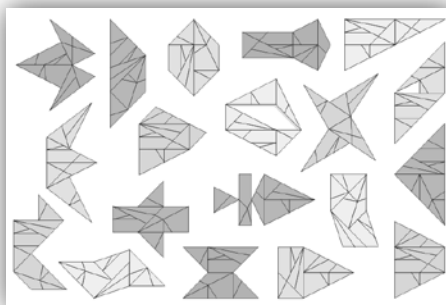
Stomachion je skládačka, která se skládá ze 14 dílků (Obr. 3). Dílky vznikly rozdělením čtverce. Z těchto tvarů je možné složit opět čtverec nebo různé tvary, připomínající například lidské postavy, zvířata nebo předměty.

Žáci můžeme seznámit se stomachionem tak, že jim dáme jednotlivé dílky a obrys tvaru, který je možné z dílků sestavit (Obr. 4). Děti se tak procvičí v řešení problému a vyzkouší si svou představivost.



Obr. 3. Stomachion

Využití stomachionu v hodinách matematiky. Můžeme zadat žákům slovní popis konstrukce stomachionu, aby ho přepsali pomocí geometrického zápisu nebo aby ho podle geometrického zápisu narýsovali.



Obr. 4. Možnosti složení stomachionu [5]

2.5 Ustájení dobytka

Podle řešení Archimédova Problému dobytka byl počet Héliova dobytka na Sicílii údajně $7,760 \cdot 10^{206\ 544}$. Můžeme vypočítat, zda je možné, aby byla všechna zvířata ustájena na Sicílii (rozloha Sicílie je $25\ 703\ \text{km}^2$). Předpokládejme, že jedno zvíře potřebuje na ustájení $2\ \text{m}^2$ plochy ostrova.

Maximální počet býků a krav, které se vejdu na Sicílii, je $1,285 \cdot 10^{10}$, tj. 12,85 miliard. Všechna zvířata by se tedy na Sicílii nevešla.

Dále můžeme zkusit vypočítat, kolika-patrové stáje by Hélios pro své stádo na Sicílii potřeboval, aby ustájil všechna zvířata. Vyjde nám, že stáje na ustájení všech zvířat na celé Sicílii by musely mít $6,039 \cdot 10^{206\ 534}$ pater.

2.6 Pískový počet

Archimédes řešil, kolik zrněk písku vyplní celý vesmír. Můžeme vypočítat hmotnost tohoto písku. Archimédes určil, že vesmír zaplní 10^{51} zrněk jemného písku.

Předpokládejme, že zrnko písku má průměr $0,06\ \text{mm}$ a váží $3\ \mu\text{g}$. Celkovou hmotnost písku můžeme získat z jednoduché rovnice $m = 10^{51} \cdot 3 \cdot 10^{-9}$. Nebo použitím trojčlenky. Z obou možných způsobů výpočtu získáme výsledek: Celková hmotnost písku, který zaplní celý vesmír, je $3 \cdot 10^{42}\ \text{kg}$.

Pro porovnání můžeme uvést známé hmotnosti těles:

- hmotnost Slunce ... $2 \cdot 10^{30}\ \text{kg}$
- celková hmotnost těles Mléčné dráhy ... $2 \cdot 10^{42}\ \text{kg}$

3 Propojení fyziky s dalšími předměty na školách

3.1 Fyzika a hudební výchova

Pro propojení hodin fyziky s hodinami hudební výchovy můžeme použít písničky, které jsou známé a běžně k sehnání, např.:

- *Archimédův zákon* – M. Šimek, J. Grossmann
- *Archimédes* – M. Eben
- *Zum zum II* – P. Dobeš

K písničkám je možné vytvořit pracovní listy. V písničce *Zum zum II* se objevuje spousta jmen objevitelů a vynálezců i samotné objevy. Žáci se tak mohou seznámit se jmenovanými objeviteli a jejich objevy.

3.2 Fyzika a český jazyk

Hodiny českého jazyka je možné propojit s hodinami fyziky díky písničce *Zum zum II* a dále pomocí básniček.

Pro příklad jedna báseň na téma Archimédes [6]

Archimédův zákon

*Těleso jsem do nádoby ponořil,
očím svým jsem ale vůbec nevěřil,
neb nebylo nadnášenou žádnou silou,
i když bylo obklopeno kapalinou!
Brzy jsem však na ten důvod přišel:
O těleso šlo reálných čísel!*

Těleso reálných čísel můžeme žákům zjednodušeně přiblížit jako množinu, která obsahuje aspoň dva prvky a platí v ní operace sčítání a násobení.

Literatura a elektronické zdroje

- [1] ŠTOLL, Ivan. Dějiny fyziky: kapitoly z dějin fyziky. Vyd. 1. Praha: Prometheus, 2009, 582 s., [16] s. barev. obr. příl. ISBN 978-807-1963-752.
- [2] Galerie MEF. [online]. [cit. 2014-02-07]. Dostupné z: http://fyzika.jreichl.com/main.article/gallery/1425-archimedes-a-fyzika/folder/hustota_koruny.
- [3] Archimédův zákon, [online]. [cit. 7. 2. 2014]. Dostupné z: <http://archimeduvszakon.chytrak.cz/pokusy/4.html>.
- [4] VÁŇOVÁ, Kamila. Archimédes a jeho odkaz pro současnou výuku matematiky a fyziky. Hradec Králové, 2014. Diplomová práce. UHK. Vedoucí práce prof. RNDr. Ivo Volf, CSc.
- [5] Puzzle Playground – Stomachion Solution. [online]. [cit. 2014-01-01]. Dostupné z: <http://www.puzzles.com/puzzleplayground/Stomachion/StomachionSol.htm>
- [6] CALDA, Emil. *Říkaný množinově nelogické*. Hradec Králové: KPÚ Hradec Králové, 1990.