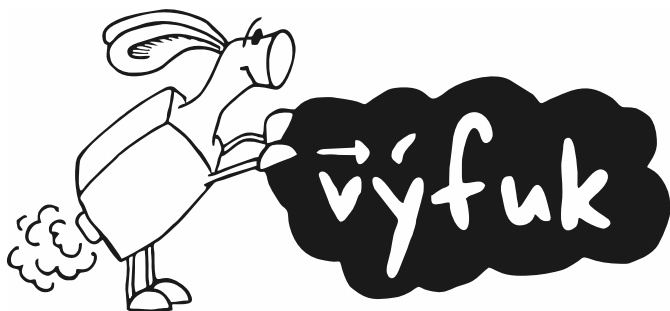




výpočty fyzikálních úkolů

Milí kamarádi,

Organizátoři

vyfuk@vyfuk.mff.cuni.cz



Zadání IX. série



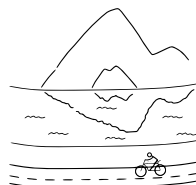
Termín odeslání: 26. 8. 2024 20.00

Úloha IX.1 ... Prázdninový kvíz reloaded ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

10 bodů

- Jak se jmenuje vynález, který od 19. století zachránil tisíce horníků před výbuchem metanu? Poprvé byl použit v roce 1816.
 - Stephensonova svítlna
 - Wolfova pochoděň
 - Clannyho lampa
 - Davyho kahan
- Které záření využívá termokamera k měření teploty?
 - UV záření
 - infráčervené záření
 - katodové záření
 - rentgenové záření
- Proč jsou dlaždice pocitově studenější než koberec o stejné teplotě?
 - koberec má nižší tepelnou vodivost
 - koberec má vyšší relativní permitivitu
 - dlaždice mají vyšší absolutní permeabilitu
 - dlaždice mají nižší tepelnou vodivost
- Co je hlavní důvod přidávání látky absorbující UV záření do pracího prášku?
 - aby bylo prádlo měkčí
 - kvůli odstranění mastných skvrn
 - aby prádlo rychleji uschlo na slunci
 - aby byla bílá bělejší
- Kde na Zemi nemůžeme nikdy vidět polární září?

- a) severněji od obratníku Raka a jižněji od obratníku Kozoroha
b) můžeme ji vidět všude
c) na rovníku
d) jižněji od obratníku Raka a severněji od obratníku Kozoroha
6. Jak se jmenuje jednotka odvozená ze soustavy SI, kterou lze v základních jednotkách SI vyjádřit jako $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$?
- a) ohm
b) farad
c) siemens
d) weber
7. Která z následujících fyzikálních abstrakcí se standardně nevyužívá při řešení fyzikálních problémů?
- a) hmotný bod
b) tuhé těleso
c) černý bod
d) černé těleso
8. Cyklista jel na kole podél řeky a pozoroval na hladině odraz lesa na kopci na protějším břehu. Jakou zdánlivou rychlostí se odraz pohyboval vůči hladině? Odrazem je zde myšlena zdánlivá poloha obrazu lesa na hladině (tedy ne zdánlivý obraz jakožto pojem z optiky, který vzniká „za hladinou“).
- a) celý odraz se pohyboval stejnou rychlostí jako cyklista
b) různé části se mohly pohybovat různě rychle, ale všechny pomaleji než cyklista
c) různé části se mohly pohybovat různě rychle, některé rychleji než cyklista a jiné pomaleji
d) odraz se na hladině nepohyboval
9. Je možné dát ve fotbale gól přímo z rohového kopu (tedy aniž by se míč dotkl některého z dalších hráčů)?
- a) ano, hraje v tom roli Eulerova síla
b) ano, díky působení Coriolisovy síly
c) ano, díky Magnusovu efektu
d) ne
10. Může se stát, že když si před počítačem či mobilním telefonem necháte nasazené sluneční brýle a nakloníte trochu hlavu, tak obrazovka zčerná a není na ní nic vidět. Proč k tomu dochází?
- a) kvůli přítomnosti tzv. slepé skvrny
b) kvůli polarizaci světla
c) dojde k destruktivní interferenci
d) dojde ke konstruktivní interferenci



Úloha IX.2 ... Pivařská ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

10 bodů

Viktor s Jarduou plánují, že si otevrou velkolepou hospodu, jejíž součástí bude i pivovar. Proces výroby je ale trochu komplikovaný, předně je třeba hodně surovin. Jarda s Viktorem mají však ještě více megalomanské myšlenky, takže je napadlo, jaké by to bylo, kdyby vařili pivo pro celé Česko. Odhadněte, jaká plocha půdy je potřeba k vypěstování všech surovin potřebných k tomuto účelu.



Úloha IX.3 ... Zase ta zmrzlina ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

10 bodů

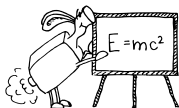
Výfuček si v létě koupil zmrzlinu, ale než si ji donesl na pláž, rozpustila se mu. Aby se to příště nestalo, vyrobil si na přepravu zmrzliny vlastní termolahev. Vyzkoušejte si to také.

Vyrobte alespoň dvě různé termoizolační nádoby a změřte, za jak dlouho se v nich na slunci rozpustí nějaký konkrétní vámi zvolený objem ledu. Své výsledky srovnajte se situací, kdy je led ponechán na přímém slunci mimo termolahev.

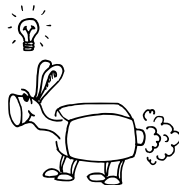
Jelikož se jedná o experiment, nezapomeňte provést více měření, popis jejich průběhu a stručnou diskuzi výsledků.



Výfučtení:



Řešení VIII. série



Úloha VIII.1 ... Prázdninový kvíz

10 bodů; průměr 5,28; řešilo 832 studentů

1. Fungují na Měsíci magnety?

- | | |
|-----------------------------------|---|
| a) ano, stejně jako na Zemi | c) ne, protože na Měsíci je vakuum |
| b) ano, ale na kratší vzdálenosti | d) ne, protože Měsíc nemá magnetické pole |

2. Po internetu kolují videa, na nichž si lidé nad ohněm varí polévku v igelitovém sáčku. Obvykle ale natočí jen přidávání ingrediencí a samotný var vody už ne. Co by se stalo, kdyby video trvalo déle?

- | | |
|--|---|
| a) voda sáček chladí, sáček se tedy neprotaví, voda začne vřít | c) sáček se zespodu roztaví |
| b) sáček teplem ztvrdne, voda začne vřít | d) voda začne vřít, sáček se prudce zahřeje a exploduje |

3. Výfuček se postavil na váhu a zjistil, že váží 56 kg. Zvědavého Výfučka však zajímalo, kolik váží ve vodě. Proto se zavěšený na siloměru ponořil do vody tak, aby mu nad hladinou zůstala jen hlava. Siloměr ukázal 500 N. Kolik váží Výfučkova hlava?

- | | |
|-----------|----------------|
| a) 4,5 kg | c) 8 kg |
| b) 6 kg | d) nelze určit |

4. Mějme olej a vodu. Ze které kapaliny se při stejných podmínkách oddělí dříve kapka a proč k tomu dojde?

- | | |
|---------------------------------------|---|
| a) z vody, protože má větší hustotu | c) z oleje, protože má menší povrchové napětí |
| b) z vody, protože má větší viskozitu | d) obě kapky se oddělí ve stejný čas |

5. Proč je prostor mezi skly dvojitých oken vyplněný plynem?
- a) aby okno zůstalo průhledné
 - b) plyn je špatný tepelný vodič
 - c) okno se tím odlehčí
 - d) nemá to fyzikální význam
6. Proč je lyžování namáhavější při vyšších rychlostech?
- a) kvůli vysoké rychlosti větru
 - b) všechno je vlivem velké rychlosti rozmazané
 - c) změny směru jsou pro nohy náročnější (kvůli přetížení)
 - d) ve skutečnosti je při vyšších rychlostech méně namáhavé
7. V jakých jednotkách nelze udávat energii?
- a) v joulech
 - b) v kaloriích
 - c) v násobcích Planckovy konstanty
 - d) v elektronvoltech
8. Na silnici máme dva stejně dlouhé úseky se stejnou maximální povolenou rychlostí. Na jednom probíhá po celé jeho délce úsekové měření. Na druhém neznámém místě se nachází radar, který měří okamžitou rychlost. Který z úseků můžeme teoreticky projet rychleji (tj. za kratší čas), pokud si chceme být 100% jisti, že nedostaneme pokutu?
- a) úsek s radarem
 - b) úsek s úsekovým měřením
 - c) obě možnosti v ideálním případě povolují stejný nejkratší čas
 - d) nelze určit
9. Proč je v Česku v létě tepleji než v zimě?
- a) ke Slunci je přikloněna severní polokoule
 - b) Země je na své dráze v létě nejbližší Slunci
 - c) léto zapříčiňuje klimatická změna
 - d) v létě k nám neproudí studený vzduch ze Sibiře
10. Proč jsou mýdlové bubliny barevné?
- a) mýdlo obsahuje chromogen
 - b) díky interferenci
 - c) uvnitř bubliny je větší tlak než v okolí
 - d) mýdlo obsahuje radioaktivní kyslík

1. Správná odpověď: a

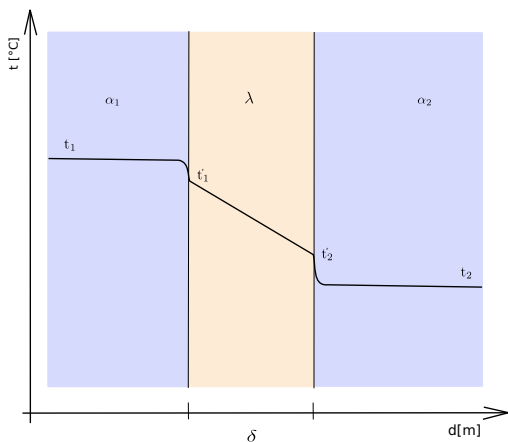
Magnety fungují na Měsíci stejně jako na Zemi, protože magnetické síly jsou nezávislé na gravitaci či přítomnosti magnetického pole Země. Magnetické pole magnetu je ovšem ovlivněno prostředím, ve kterém se magnet nachází, tedy technicky vzato by síla mezi magnety byla na Zemi o něco slabší. Relativní rozdíl mezi těmito silami je však pro vzduch řádově 10^{-7} , tedy se jedná o naprosto zanedbatelný rozdíl.

2. Správná odpověď: c

Při zahřívání vody dochází k prostupu tepla skrz vrstvu igelitu.

Podrobněji si ho rozdělíme na tzv. přestup tepla mezi vzduchem a igelitem, vedením tepla uvnitř igelitu a přestup tepla mezi igelitem a vodou.

Přestup tepla mezi vzduchem a plastem stejně jako mezi vodou a plastem probíhá výrazně rychleji než vedení tepla plastem. Proto bude teplota vnější vrstvy igelitového sáčku



Obrázek 1: Závislosti teploty na poloze v naší úloze, modré oblasti znázorňují vzduch a vodu, oranžová oblast odpovídá igelitovému sáčku.

přibližně rovna teplotě plamene a teplota vnitřní vrstvy bude přibližně odpovídat teplotě vody. Zároveň lze ukázat, že za těchto podmínek se teplota v rámci vrstvy igelitu mění přibližně lineárně v závislosti na vzdálenosti od okrajů. Přibližný tvar závislosti teploty na poloze je znázorněn na obrázku 1.

Teplota ohně je přitom větší než teplota tání plastu. Sáček se tedy bude pomalu tavit, jeho tloušťka se bude stále zmenšovat dokud se sáček zcela neroztaví a neprotrhne.

3. Správná odpověď: d

Hmotnost m_h hlavy Výfučka vyjádříme jako rozdíl hmotnosti $m = 56 \text{ kg}$ celého Výfučka a hmotnosti ponořené části Výfučka, tj. jeho těla jako $m_h = m - \rho_t V_t$. Tedy k výpočtu hmotnosti hlavy potřebujeme znát objem Výfučkova těla a jeho hustotu.

Objem hravě vyjádříme z Archimédova zákona. Ten říká, že ponořené těleso nadlehčuje vztlaková síla F_{vz} odpovídající tíze tekutiny o objemu ponořené části tělesa. Tedy $F_{vz} = V_t \rho_k g$, kde $\rho_k \doteq 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ je hustota tekutiny – v našem případě vody – a $g \doteq 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ tíhové zrychlení. Siloměr původně ukazoval přibližně $F = mg \doteq 560 \text{ N}$, vztlaková síla tedy nadlehčila Výfučka o $F_{vz} \doteq 60 \text{ N}$ a objem ponořené části Výfučka byl $V_p \doteq 6 \text{ dm}^3$.

Druhý potřebný parametr, hustotu ponořené části Výfučka, již ze zadání nijak určit nedokážeme, proto je správná odpověď, že se znalostí zadaných parametrů nelze hmotnost Výfučkovy hlavy určit.

4. Správná odpověď: c

Povrchové napětí je způsobené silou, která působí na rozhraní mezi kapalinou a vzduchem. Tato síla má původ ve vnitřních interakcích mezi molekulami v kapalině. Usiluje o minimalizaci povrchu kapaliny, což vede k vytvoření kapky, která má nejmenší možnou povrchovou energii. Kapky s nižším povrchovým napětím se tedy tvoří snadněji a rychleji.

Větší hustota způsobí, že stejně velká kapka má větší hmotnost, proto se kapka oddělí dříve. Kapaliny s větší hustotou budou tedy obecně tvořit menší kapky.

Viskozita je mírou vnitřního tření nebo odporu kapaliny proti proudění, tedy tvorbu kapek zpomaluje.

Porovnejme vodu a olej. Hustota oleje je srovnatelná s hustotou vody, povrchové napětí vody je přibližně poloviční a viskozita oleje může být řádově 10krát až 1000krát větší. Pokud by převládal efekt povrchového napětí, oddělila by se kapka oleje dříve, a pokud by převládala viskozita, bylo by tomu naopak. Který z efektů v této situaci převládá, nedokážeme bez důkladnější analýzy rozhodnout, ovšem pokud přihlídneme k možným odpovědím na otázku v zadání, je nejvíce správná možnost c.

5. Správná odpověď: b

Samotné sklo má vysokou tepelnou vodivost, což znamená, že dokáže efektivně přenášet teplo z jedné strany na druhou. Pokud by mezi dvěma skly dvojitých oken byl pouze vzduch, teplo by se poměrně snadno přenášelo ven a místnost by rychle ztrácela teplo. Pro zlepšení tepelné izolace se mezi skly dvojitých oken používá speciální plyn, například argon. Plyny mají mnohem nižší tepelnou vodivost než sklo, což znamená, že jsou méně účinné při přenášení tepla. Když je prostor mezi skly vyplněn plynnou náplní, teplo se přes tento prostor přenáší pomaleji, což vede ke zvýšení efektivity regulace rozdílu teplot mezi vnitřním a vnějším prostředím.

6. Správná odpověď: c

Při lyžování při vyšších rychlostech dochází k většímu mechanickému tlaku na nohy při změnách směru. S narůstající rychlostí se totiž zvyšuje hybnost lyžaře, což znamená, že při každé změně směru musí nohy vyvinout větší sílu (síla je rovna změně hybnosti za čas $F = \Delta p / \Delta t$).

7. Správná odpověď: c

Energie je fyzikální veličina, která vyjadřuje schopnost systému vykonávat práci. V rámci klasické fyziky se energie často vyjadřuje v joulech (J). Kalorie je starší jednotka energie, která se často používá v kontextu termodynamiky a chemie. Jedna kalorie je definována jako množství tepla potřebné k ohřátí jednoho gramu vody o jeden stupeň Celsia. Při výpočtech v atomové a jaderné fyzice se běžně používá jednotka elektronvolt (eV), tedy energie, kterou elektron získá při urychlení napětím 1 volt (tato energie řádově odpovídá typickým energiím tzv. energetických hladin v atomech).

Planckova konstanta h má jednotku joule-sekunda J·s, tedy se nejedná přímo o jednotku energie, i když se její hodnota často vyskytuje při různých výpočtech energií v atomové fyzice.

8. Správná odpověď: c

Radar měří okamžitou rychlost vozidla v určitém místě úseku. Pokud tedy chceme mít jistotu, že nás radar nezachytí při překračování rychlosti, musíme také po celou dobu jízdy jet nejvýše maximální povolenou rychlostí. V tomto případě si všimneme, že je naše průměrná rychlost rovna maximální povolené rychlosti.

Na druhou stranu úsekové měření zaznamenává průměrnou rychlost vozidla na celém úseku. Tedy nám povoluje maximální povolenou rychlost v některé části úseku překročit, pokud zbylou část úseku projedeme dostatečně pomalu. Ovšem jakákoliv kombinace vysoké rychlosti nad maximální povolenou rychlost a následné velmi malé rychlosti vždy bude odpovídat případu, ve kterém je naše průměrná rychlost rovna maximální povolené rychlosti.

V obou případech tedy úsek projedeme nejrychleji, pokud je naše průměrná rychlost rovna maximální rychlosti, tedy možností odpovídá stejný nejkratší čas.

9. Správná odpověď: a

V Česku je v létě tepleji než v zimě především kvůli naklonění zemské osy o přibližně $23,5^\circ$. Toto naklonění způsobuje, že během letních měsíců je severní polokoule nakloněna směrem ke Slunci, což vede k tomu, že sluneční paprsky dopadají na zemský povrch pod menším úhlem a po delší část dne. Intenzita slunečního záření je tak vyšší, protože paprsky zasahují povrch Země téměř kolmo a stejné množství slunečních paprsků tedy zasahuje menší plochu. V zimě je naopak severní polokoule nakloněna od Slunce, což vede ke snížení intenzity záření, protože stejné množství slunečních paprsků dopadá na mnohem větší plochu a způsobuje nižší teploty než v létě.

Dodejme, že je zároveň pravda, že větší vzdálenost od Slunce obecně znamená menší teplotu. V případě trajektorie Země ovšem není rozdíl ve vzdálenostech od Slunce moc výrazný, proto je dominantním efektem naklonění Země vůči Slunci (překvapivě je totiž v létě Země od Slunce nejdále).

10. Správná odpověď: b

Barevnost mýdlových bublin je důsledkem jevu zvaného interference. Interference znamená „sčítání“ nebo „skládání“ světla, ke kterému na mýdlové bublině dochází při vícenásobných odrazech světla na tenkém povrchu bubliny. Při těchto odrazech se pak stane, že se většina vlnových délek světla vyruší (mluvíme o tzv. destruktivní interferenci) a pozorujeme tedy jen například jedinou barvu světla, která se nevyrušila. Barva nevyrušeného světla přitom závisí na tloušťce vrstvy. U bublin je tloušťka jejich povrchu nepravidelná, proto na nich můžeme pozorovat barevné vzory.

Natálie Lászlóová
natalie.laszloova@vyfuk.org

Alena Mouchová
alena.mouchova@vyfuk.org

Úloha VIII.2 ... Ekologická

10 bodů; průměr 6,01; řešilo 214 studentů

Verča velmi ráda větrá, proto ve třídě otevřela všechna okna. Anežke však bývá velmi často zima, a tak je chtěla jít zavřít. Verča ji ale zastavila, protože v místnosti byl vydýchaný vzduch. Začaly spolu tedy přemýšlet, jak dlouho by v místnosti byly schopny přežít bez jakéhokoliv větrání. Udělte totéž, tj. odhadněte, jak dlouho by člověk vydržel v běžné místnosti, ve které neprobíhá žádná výměna vzduchu s okolím. Potřebné údaje jako např. rozměry místnosti, spotřebu kyslíku atd. buď odhadněte tak, aby přibližně odpovídaly realitě, nebo dohledejte na internetu.

Ukazuje se, že pokud chceme v uzavřeném prostoru přežít co nejdéle, není našim největším nepřítelem nedostatek kyslíku (což nám napovídá počáteční instinkt), ale vysoké množství

oxidu uhličitého. Tento fakt demonstrujeme pomocí následujícího hrubého odhadu. Některé zdroje¹ uvádějí, že nebezpečně nízká hladina kyslíku ve vzduchu je okolo 10 %, zatímco životu nebezpečný obsah CO_2 je již přibližně 5 %². Vzduch přitom běžně obsahuje přibližně 78 % dusíku, 21 % kyslíku a jen asi 0,05 % oxidu uhličitého. Když si v prvním přiblížení představíme, že při dýchání je molekula kyslíku přesně nahrazena molekulou CO_2 (k tomuto přiblížení se ještě vrátíme), dostaneme se k tomu, že při dosažení nebezpečné hladiny CO_2 bude ve vzduchu stále okolo 16 % kyslíku. Tato hladina je sice nezdravě nízká, ovšem není z krátkodobého hlediska smrtící. Tedy si v uzavřených prostorech bez jakékoli ventilace vzduchu skutečně musíme dávat pozor především na hladinu oxidu uhličitého.

Přejdeme nyní k naší úloze, tedy k výpočtu doby, za kterou by v běžné místnosti obsah CO_2 vzrostl na zmiňovanou nebezpečnou hladinu 5 %. Zdůrazněme ovšem hned na začátku, že se bude jednat pouze o přibližný výpočet, využijeme při něm četná zjednodušení (na která se vždy pokusíme patřičně upozornit). V přesný výsledek bychom totiž nemohli doufat, ani pokud bychom zjednodušení neprovedli, jelikož například samotné údaje o nebezpečných hladinách CO_2 nepocházejí z recenzovaných článků, nýbrž z běžných internetových stránek.

Uvažujme člověka v běžném pokoji o rozměrech $5\text{ m} \times 4\text{ m} \times 2,5\text{ m}$, tedy o objemu $V = 50\text{ m}^3$. Dospělý člověk v klidu se nadechne přibližně 15krát za minutu, přičemž objem vydechnutého vzduchu je okolo $0,5\text{ l}^3$ a tento vzduch má 4 % obsah CO_2 ⁴. Co ovšem představují tato procenta? V některých případech se jedná o objemová procenta, tj. jakou část z celkového objemu vzduchu daný plyn zabírá, na jiných stránkách nalezneme jednotky ppm (parts per million), tedy koncentrace. Většina zdrojů na internetu jednotky vůbec neuvádí. To nám ovšem naštěstí nevádí, neboť molární objemy běžných plynů se za normálních podmínek prakticky neliší⁵. Budeme tedy dále uvažovat, že se jedná vždy o objemová procenta (a tedy že každá molekula zabírá stejnou část prostoru). Tímto se zároveň zpětně odkazujeme na předchozí argument o nahrazení molekul kyslíku molekulami CO_2 .

Na základě použitých zjednodušení nám tedy stačí napřed spočítat kritický objem CO_2 ve zmíněné místnosti:

$$V_{\text{krit}} = 0,05 \cdot V = 2500\text{ l}.$$

Při vydechnutí $0,5\text{ l}$ vzduchu se 4 % CO_2 15krát za minutu máme produkci CO_2 rovnou přibližně $0,31 \cdot \text{min}^{-1}$, tedy 18 litrů za hodinu. Samotný člověk nevykazující žádnou neobvyklou fyzickou aktivitu by tedy v uvedené místnosti vydržel přibližně (pozn. zanedbáváme počáteční objem CO_2 ve vzduchu – je asi 100krát menší než konečný)

$$t = \frac{2500\text{ l}}{18\text{ l} \cdot \text{h}^{-1}} = 139\text{ h},$$

tedy asi 5 dní a 19 hodin. Poznamenejme, že toto je pouze čas do dosažení hladiny 5 %. Závažné zdravotní problémy by se pravděpodobně vyskytly již dříve, protože by daný člověk byl vysoké hladině CO_2 vystaven po delší dobu. Tedy bychom závažné zdravotní potíže mohli očekávat již v prvních dnech. Taký ještě dodejme, že fyzická námaha zvyšuje spotřebu O_2 a produkci CO_2 . Pro těžkou fyzickou námahu to může znamenat až pětkrát menší čas.

Jiří Kohl

jiri.kohl@vyfuk.org

Pavel Provazník

pavel.provaznik@vyfuk.org

¹Např. <https://www.co2meter.com/blogs/news/oxygen-deficient-atmosphere-hazards>

²<https://www.co2meter.com/blogs/news/carbon-dioxide-indoor-levels-chart>

³Tidal volume https://en.wikipedia.org/wiki/Lung_volumes

⁴<https://en.wikipedia.org/wiki/Exhalation>

⁵https://calcuila.com/molar_volume_of_gases

Úloha VIII.3 ... Hrad z písku

10 bodů; průměr 7,54; řešilo 118 studentů

Výfuček se na pláži pustil do stavby hradu z písku. Vadilo mu, že toho jeho pískové věže moc neunesou, a tak ho napadlo proložit je papírovými kapesníčky. Experimentálně zjistíte, jak kapesníčky ovlivňují nosnost pískových věží. Změřte závislost maximální hmotnosti, kterou unese věž z písku, na počtu prokladů z papírových kapesníčků.

Jelikož se jedná o experiment, nezapomeňte provést více měření, popis jejich průběhu a stručnou diskuzi výsledků.



Teorie

Nášim cílem je změřit nosnost pískové věže v závislosti na počtu kapesníčků, kterými ji proložíme. Rozmysleme si nejdříve, jak proklady nosnost ovlivní. Tíha závaží působí kolmo k zemi na vrchní vrstvu pískových zrn, která následně působí na zrnka pod sebou. Protože věž nemá žádné vnitřní uspořádání, vytlačují se zrnka do stran a propadají se níž. Proložíme-li věž kapesníkem, znovu rovnoměrně rozprostřeme sílu působící na jednotlivá zrnka, čímž snížíme možnost přetížení jedné části. Zároveň zabráníme propadu zrněk písku mezi dvěma takto oddělenými patry věže.

V praxi se na stejném principu uplatňují geotextilie. Jedná se o vrstvu látky, kterou se prokládá půda pod konstrukcemi, u nichž se očekává, že budou vystaveny velkému tlaku a je nežádoucí, aby se povrch pod nimi deformoval. Typickými příklady takových konstrukcí jsou vozovky, železnice, násypy, přehrady či budovy.

Dalším využitím je například železobeton. Betonový překlad by sám nevydržel tak vysoké zatížení, začal by se prohýbat, a protože není dostatečně odolný v tahu, vznikaly by v něm trhliny. Ocelová struktura, sloužící jako výztuž, tahové síly přenechá daleko snáz a beton tím zpevní.

Měření

Pískovou věž budeme stavět na rovném povrchu, například na desce. Písek o hmotnosti $m = 1\,560\text{ g}$ jsme formičkou vytvarovali do válce s průměrem podstavy $d = 10\text{ cm}$ a výškou $h = 11\text{ cm}$. Na věž jsme poté postavili kyblík a do něj postupně opatrně přisypávali písek, abychom věži nepředávali i jeho kinetickou energii, dokud se věž nezhroutila. Následně jsme pomocí kuchyňské váhy (s nepřesností 1 g) změřili hmotnost použitého závaží – to byla naše hledaná nosnost. Pro každý zvolený počet kapesníků jsme měření opakovali dvakrát, abychom snížili chyby zapříčiněné různou stavbou věže. Všechna měření probíhají v těsné časové blízkosti, aby se snížil vliv změny vlhkosti písku.

Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 1.

Diskuze a závěr

Z naměřených dat vidíme, že proklady skutečně významně zvýšily maximální zatížení věže. S počtem kapesníků nosnost rostla, a to dokonce až čtyřnásobně oproti věži bez kapesníčků, což byl v našem případě přibližně 12násobek vlastní váhy. Zároveň je z naměřených dat více než zřejmé, že nosnost ovlivnily i jiné faktory, ne však natolik výrazně. Přibližně 1 až 2 kilogramy

n	počet kapesníků	$\frac{\text{nosnost}}{\text{kg}}$
1	0	5,406
2	0	3,656
3	2	5,672
4	2	7,392
5	4	10,677
6	4	12,682
7	6	13,504
8	6	15,961
9	8	20,189
10	8	19,456

Tabulka 1: Změřená nosnost pískové věže v závislosti na počtu kapesníků.

nosnosti byly závislé na vtěsnání písku do formičky a následném vyndání z ní, při kterém mohlo dojít k nějakému poškození, nebo například na různorodosti zrn používaného písku.

Michaela Urbanová

michaela.urbanova@vyfuk.org



Pořadí řešitelů po VIII. sérii

Kategorie šestých ročníků

jméno	škola	1	2	3	4	5	E	V	VIII	Σ
-------	-------	---	---	---	---	---	---	---	------	----------

Kategorie sedmých ročníků

jméno	škola	1	2	3	4	5	E	V	VIII	Σ
-------	-------	---	---	---	---	---	---	---	------	----------

Kategorie osmých ročníků

jméno	škola	1	2	3	4	5	E	V	VIII	Σ
-------	-------	---	---	---	---	---	---	---	------	----------

Kategorie devátých ročníků

jméno	škola	1	2	3	4	5	E	V	VIII	Σ
-------	-------	---	---	---	---	---	---	---	------	----------



*Korespondenční seminář Výfuk
UK, Matematicko-fyzikální fakulta
V Holešovičkách 2
180 00 Praha 8*

www: <https://vyfuk.org>

e-mail: vyfuk@vyfuk.org



/ksvyfuk



@ksvyfuk

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/>.