



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Název projektu:

Internacionalizace, spolupráce, inovace, reflexe a evaluace v přípravě budoucích učitelů

Registrační číslo:

CZ.02.3.68/0.0/0.0/19_068/0015764

Toto dílo podléhá licenci Creative Commons 4.0 ve variantě BY-SA



MECHANIKA TEKUTIN

Následující experimenty jsou čerpány z těchto zdrojů a literatury:

1. SVOBODA, Emanuel a Václav HOUDEK. *Pokusy z fyziky na střední škole*. Praha: Prometheus, 1997. ISBN 8071960071.
2. [Veletrh nápadů učitelů fyziky \(vnuf.cz\)](#)
3. JINDRA Jaroslav *Experiment jako motivační prvek ve výuce mechaniky kapalin na základní škole*_práce dostupná: [Rigorózní práce hotovo \(zcu.cz\)](#)
4. KIELBUSOVÁ Zdeňka *Motivizace a aktivizace ve výuce fyziky: Experimenty s plyny*_práce dostupná: [Z_Kielbusová_rigo \(zcu.cz\)](#)

TLAK V TEKUTINĚ VYVOLANÝ VNĚJŠÍ SÍLOU, PASCALŮV ZÁKON

TLAK V KAPALINĚ VYVOLANÝ VNĚJŠÍ TLAKOVOU SÍLOU

POMŮCKY:

Ježek – přístroj pro demonstraci Pascalova zákona
nádoba s vodou
akvárium nebo větší průhledná nádoba

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Do kulové baňky ježka pomocí pístu nasajeme vodu tak, aby byla plná. Umístíme ježka do prázdného akvária kulovou baňkou dolů a přiměřenou silou zatlačíme na píst a pozorujeme, jak voda tryská z baňky radiálně všemi otvory.

VYSVĚTLENÍ:

Pokus ukazuje, že tlaková síla, kterou působí píst na kapalinu, se v ní přenáší ve všech směrech stejně a působí kolmo na stěny nádoby, v níž je uzavřena.

Tlak vyvolaný v kapalině vnější tlakovou silou, je ve všech místech kapaliny stejný (Pascalův zákon).

POZOR: Ke zvětšení tlaku vnější silou dochází v kapalině zpravidla v uzavřené nádobě, ale Pascalův zákon platí např. i pro vodní kapku vznášející se ve vzduchu. Zvětší-li se např. tlak okolního vzduchu, zvětší se i tlak v kapce, a to ve všech místech stejně.

POZNÁMKY:

Pokud má ježek starší těsnění je dobré, jej den předem ponořit do vody, aby těsnění nasálo vodu a ježek dobře těsnil.

Pokud není k dispozici ježek, můžete si pomoci s PET lahví, do které uděláte rozžhavenou jehlou dírkou (viz. obrázek)

HYDRAULICKÝ LIS

POMŮCKY:

model hydraulického lisu
obarvená voda
předměty na stlačení

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Nejprve zkontrolujeme množství kapaliny v zásobníku, otočením otevřeme přepouštěcí ventil a stlačíme píst do dostatečně nízké polohy. Současně se část kapaliny vytlačí do zásobníku. Předmět určený k lisování vložíme do mezery nad pístem a uzavřeme přepouštěcí ventil.

Pohybem páky čerpadla přečerpáváme kapalinu ze zásobníku do prostoru pod pístem pracovního válce za stále se zvyšujícího tlaku. Pracovní píst se působením tlakové síly vysouvá a stlačuje (lisuje) vložený předmět. Po ukončení této fáze pokusu otevřeme přepouštěcí ventil a stlačením vrátíme pracovní píst do počáteční polohy. Lisovaný předmět vyjmeme a přepouštěcí ventil opět uzavřeme.

VYSVĚTLENÍ:

Tlak v pracovní kapalině hydraulického lisu je roven podílu velikosti tlakové síly F_1 , kterou kapalinu stlačuje píst čerpadla, a obsahu průřezu S_1 pístu čerpadla ($p = \frac{F_1}{S_1}$). Tlaková síla, kterou působí kapalina na pracovní píst, je $F_2 = p \cdot S_2 = \frac{F_1 \cdot S_2}{S_1}$. Platí $\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$. Z tohoto vztahu vyplývá, že F_2 je tolikrát větší než F_1 , kolikrát je S_2 větší než S_1 .

POZNÁMKY:

Funkci hydraulického zařízení (hydraulického lisu) lze jednoduše demonstrovat dvěma vodou naplněnými plastovými injekčními stříkačkami různého průměru spojenými hadičkou dlouhou až několik metru.

TLAK V KAPALINĚ VYVOLANÝ TÍHOVOU SILOU

HYDROSTATICKÁ TLAKOVÁ SÍLA A HYDROSTATICKÝ TLAK

POMŮCKY:

menší akvárium nebo větší skleněná nádoba
skleněná trubice o průměru asi 5 cm délky přibližně 20 cm,
kruhová destička o průměru asi 5 cm s háčkem uprostřed a nití
kádinka nebo plastová lahev s obarvenou vodou

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Akvárium naplníme vodou a připravíme si do kádinky obarvenou vodu. Skleněnou trubici držíme ve svislé poloze. Její spodní otvor uzavřeme kruhovou destičkou a přidržujeme ji v přitisknuté poloze tahem za nit přivázanou k háčku. Uzavřenou trubici pak ponoříme do vody ve skleněné nádobě do hloubky (h) asi 10 cm (obr.). Ukážeme, že destička neodpadne, když nit pustíme. K trubici ji přitlačuje hydrostatická tlaková síla F_h , jejíž velikost je $F_h = p_h S$, kde p_h je hydrostatický tlak vody v hloubce h , a S obsah plochy destičky. Destička odpadne až po dolítí obarvené vody do trubice, jakmile její hladina dosáhne výšky hladiny vody v nádobě. Tíha obarvené vody G má



pak stejnou velikost jako síla F_h . Platí tedy $G = mg = hSp_g = p_h S = F_h$. Odtud dostaneme pro hydrostatický tlak v kapalině v hloubce h pod její hladinou vztah $p_h = hpg$.

VYSVĚTLENÍ:

Tíha obarvené vody G má pak stejnou velikost jako síla F_h . Platí tedy $G = mg = hSp_g = p_h S = F_h$. Odtud dostaneme pro hydrostatický tlak v kapalině v hloubce h pod její hladinou vztah $p_h = hpg$.

POZNÁMKY

Pokud použijeme příliš „tlustostěnnou“ trubici destička o průměru rovném vnějšímu průměru trubice odpadne až při větší výšce hladiny obarvené vody ($h' > h$).

STUDIUM HYDROSTATICKEHO TLAKU POMOCÍ HARTLOVA PŘÍSTROJE

POMŮCKY:

Hartlův přístroj
otevřený kapalinový manometr
tři skleněné nádoby o výšce asi 20 cm

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Skleněnou nádobu naplníme vodou. Tlakovou sondu spojíme pryžovou hadičkou s otevřeným manometrem (obr.), přičemž zajistíme, aby obě hladiny kapaliny v manometru byly ve stejné výši např. tak, že při nasouvání na trubici manometru držíme hadičku mírně stisknutou a po nasunutí ji pustíme. Tím se sníží tlak vzduchu v hadičce, který se během jejího nasouvání v důsledku zkracování vzduchového sloupce zvětšoval.

Pokus provedeme ve **třech krocích**:

1. Tlakovou sondu pomalu ponořujeme do stále větší hloubky pod volnou hladinou vody v nádobě a pozorujeme na manometru, že se hydrostatický tlak s hloubkou zvětšuje.
2. Otáčíme krabičkou tlakové sondy kolem vodorovné osy (a celým přístrojem kolem svislé osy) tak, aby střed blány byl prakticky stále ve stejné hloubce. Pozorujeme při tom, že manometr ukazuje stále stejný hydrostatický tlak. Velikost hydrostatické tlakové síly působící v dané hloubce na různě orientovanou plochu daného obsahu je stejná.
3. V třetí části pokusu ukážeme, že hydrostatický tlak závisí na hustotě kapaliny. Připravíme si tři skleněné nádoby, z nichž první naplníme do určité výšky slanou vodou, druhou do stejné výšky cistou vodou a třetí opět do stejné výšky lihem. Tlakovou sondu postupně ponoříme stejně hluboko pod volnou hladinu do všech tří kapalin. Manometr ukáže, že ve stejné hloubce je hydrostatický tlak ve slané vodě větší a v lihu naopak menší než hydrostatický tlak v čisté vodě.

VYSVĚTLENÍ:

Hydrostatický tlak roste s hloubkou a hustotou kapaliny.

POZNÁMKY

1. Třetí část pokusu lze provést i s jedinou skleněnou nádobou tak, že ji postupně naplníme vždy do téže výšky lihem, vodou a slanou vodou a po každém naplnění zjistíme ponořením tlakové sondy do stejné hloubky hydrostatický tlak v příslušné kapalině.
2. Slanou vodu si připravíme tak, že nasypeme asi 100 g kuchyňské soli do jednoho litru vody.

ZÁVISLOST VELKOSTI HYDROSTATICKÉHO TLAKU NA HLOUBCE

POMŮCKY:

PET láhev
špendlík
vhodná miska
tři párátko
obarvená voda



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Do stěny PET láhve udělejte nad sebou tři otvory, které z venku utěsníte pomocí párátek. Takto upravenou láhev položte na vyvýšenou podložku. Vedle podložky v místě pod otvory v láhvi položte misku. Plastovou láhev naplňte obarvenou vodou, vytáhněte párátko a sledujte tři proudy vody tekoucí ven z nádoby.

Pokud je nádoba plná, voda vytéká všemi otvory současně. Nejdále od láhve dopadá voda tekoucí z nejnižšího otvoru. Naopak voda z otvoru, který je nejbližší hladině, dopadá do nejmenší vzdálenosti od nádoby.

VYSVĚTLENÍ:

S rostoucí hloubkou se zvyšuje hydrostatický tlak v kapalině a s ním i tlaková síla vody působící na otvor v nádobě. Hydrostatický tlak u dna láhve je nejvyšší, proto i voda proudící z nejnižší položeného otvoru tryská nejdále od nádoby.

POZNÁMKY

TLAK VZDUCHU VYVOLANÝ TÍHOVOU SILOU, ATMOSFÉRICKÝ TLAK

DEMONSTACE ATMOSFÉRICKÉ TLAKOVÉ SÍLY VAR. 1

POMŮCKY:

sklenička o objemu 0,2 – 0,3 l s rovným okrajem
pohlednice, čtvrtka apod.

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Z pohlednice vystříhneme kruh, jejíž průměr je asi o 1 cm větší než průměr otvoru skleničky. Nalijeme do skleničky vodu (nemusí být plná). Připravený papírový kruh položíme shora na skleničku a prsty ho k ní lehce přitiskneme. Papír stále lehce držíme přitisknutý ke skleničce a otáčíme ji opatrně (oběma rukama) o 180° do svislé polohy dnem vzhůru. Oddálíme ruku, kterou jsme přidržovali papír. Voda ze skleničky nevyteče.

VYSVĚTLENÍ:

Voda ze sklenice nevytekla, protože na ni působí zdola nahoru (kolmo na rovinu papíru) atmosférická tlaková síla okolního vzduchu, která je větší než tíha vody ve sklenici.

Bez papíru (nebo jiného uzávěru sklenice) se pokus nepodaří. V souladu s fyzikálními zákony voda ze sklenice při jejím převrácení vyteče.

POZNÁMKY

Zkuste skleničku otočit o 90° (tzn. pohlednice a dno skleničky bude orientováno kolmo k povrchu)

DEMONSTACE ATMOSFÉRICKÉ TLAKOVÉ SÍLY VAR. 2

POMŮCKY:

Plechovka s uzávěrem o objemu 1-2 litry
propanbutanový kahan nebo vaříč
nádoba se studenou vodou (vodovod)
kuchyňskou chňapku

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Do plechovky nalijeme asi 0,1 l vody a neuzavřenou ji postavíme nad zapnutý kahan. Jakmile voda dosáhne teploty varu necháme ji vařit ještě asi jednu minutu, aby vodní pára vytěsnila z nádoby vzduch. Pak plechovku opatrně za pomoci chňapky sundáme z kahanu, hermeticky ji uzavřeme a polijeme (nejlépe nad umyvadlem) studenou vodou. Nastane rychlá nepravidelná změna tvaru plechovky a zmenšení jejího objemu (imploze).

VYSVĚTLENÍ:

Polití plechovky studenou vodou vyvolalo rychlé snížení teploty a kondenzaci vodní páry uvnitř nádoby. Tím se podstatně snížil tlak a zmenšila se velikost tlakové síly působící na vnitřní stěny nádoby. Nevykompenzovaná atmosférická tlaková síla působící na vnější stěny nádoby způsobila její deformaci.

POZNÁMKY

Pokus lze provést i s neuzavřenou plechovkou od některých druhů nápojů (0,5 l). Nalijeme do ní několik milimetrovou vrstvu vody a na vaříči ji uvedeme do varu. Pak plechovku postavíme (v rukavicích) dnem vzhůru do nízké misky se studenou vodou. Ochlazením a kondenzací vodní páry vznikne v nádobce podtlak a atmosférická tlaková síla okolního vzduchu ji promáčkne.

DEMONSTACE ATMOSFÉRICKÉ TLAKOVÉ SÍLY VAR. 3

POMŮCKY:

jedno vejce
skleněná láhev (otvor hrdla asi 35 mm) – kečup, mléko
list papíru A5
zápalky

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Uvaříme vejce (asi 6 minut) a oloupeme skořápku. Zkontrolujeme, zda vejce samo nepropadne do láhve. Několik proužků utržených z listu papíru zapálíme a vhodíme do láhve. Ještě před jejich dohořením položíme vejce na otvor láhve. Po chvilce vejce projde otvorem a spadne do láhve.

VYSVĚTLENÍ:

V okamžiku položení vejce na láhev byl tlak směsi plynu uvnitř láhve roven atmosférickému tlaku vzduchu vně láhve. Po dohoření papíru se v důsledku ochlazení zmenšil tlak plynů uvnitř láhve i tlaková síla působící na vejce směrem svisle vzhůru. Atmosférická tlaková síla vnějšího vzduchu působící na vejce směrem svisle dolů „vtlačila“ vejce do láhve

POZNÁMKY

MĚŘENÍ TLAKU PLYNU

KAPALINOVÝ MANOMETR OTEVŘENÝ

POMŮCKY:

kapalinový manometr otevřený
hadička
plastová láhev s uzávěrem
obarvená voda

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Manometr naplníme obarvenou vodou přibližně do poloviny jeho výšky. Do uzávěr u plastové láhve vyvrtáme otvor a do něho těsně zasuneme vhodnou trubici (sklo, plast). Hadičkou pak spojíme plastovou láhev s manometrem. Při nasouvání hadičky je vhodné ji držet mírně stlačenou, protože po nasazení a uvolnění se snáze podaří dosáhnout, aby hladiny vody v ramenech manometru byly ve stejné výšce

1. Plastovou láhev opatrně stlačíme. Výšky hladin manometru se změní. Manometr ukazuje zvýšení tlaku vzduchu v láhvi (přetlak). Po uvolnění láhve tlak klesne na původní hodnotu.
2. Opatrně přiložíme dlaně obou rukou na plášť láhve a pozorujeme, že manometr ukazuje zvětšující se tlak (přetlak) zahřívajícího vzduchu v láhvi.
3. Plastovou láhev ochladíme (např. navlhčeným hadříkem) a pozorujeme, že manometr ukazuje snižující se tlak vzduchu v láhvi i pod původní hodnotu (podtlak).

VYSVĚTLENÍ:

Přetlak nebo podtlak plynu určíme jako hydrostatický tlak vodního sloupce o výšce rovné rozdílu výšek hladin v obou ramenech manometru

POZNÁMKY

ARCHIMÉDŮV ZÁKON

DEMONSTRACE ARCHIMÉDOVA ZÁKONA VAR. 1

POMŮCKY:

odměrný válec
siloměr
závaží s háčkem
nit

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Odměrný válec naplníme vodou asi do dvou třetin jeho výšky tak, aby se hladina kryla s některou ryskou. Pomocí nitě zavěsíme závaží na siloměr a zjistíme velikost jeho tíhy G na vzduchu.

Závaží zavěšené na siloměru ponoříme celé do vody ve válci a na siloměru odečteme velikost síly F , kterou na něj nyní působí. Z rozdílu výšek hladin vody v odměrném válci po ponoření a před ponořením závaží určíme objem V závaží. Vypočteme tíhu vody G_1 o objemu V a porovnáme ji s rozdílem údajů siloměru ($G - F$).

VYSVĚTLENÍ:

Závaží ponořené do vody je nadlehčováno vzlakovou silou

$G - F$, která má stejnou velikost jako tíha vody $G_1 = \rho \cdot g \cdot V$; ρ je hustota vody, g tíhové zrychlení a V objem vody, který je stejný jako objem ponořeného závaží.

POZNÁMKY

DEMONSTRACE ARCHIMÉDOVA ZÁKONA VAR. 2

POMŮCKY:

dutý a plný válec
siloměr
stativ
nit
skleněná nádoba o výšce asi 0,3 m
kádinka

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Zjistíme, zda se dá volně zasunout plný válec do dutého. Nejde-li to, odstraníme příčinu. Siloměr zavěsíme na stativ. Pak pomocí nitě zavěsíme na siloměr dutý válec a pod něj (asi 5 cm až 10 cm) zavěsíme plný válec. Do skleněné nádoby nalijeme tolik vody, aby nepřetékala, až do ní bude ponořen plný válec.

Nejdříve ukážeme, že plný válec lze těsně zasunout do dutého, tj. že objem plného válce je roven objemu dutiny dutého válce. Před ponořením plného válce do vody odečteme údaj (G) na siloměru (tíha obou válců na vzduchu). Snížením závěsu siloměru ponoříme plný válec do vody tak, aby její hladinou procházela nit spojující oba válce. Na siloměr nyní působí menší síla F ($F < G$). Naplníme vodou dutý válec a zjistíme, že nyní působí na siloměr stejně velká síla (G) jako před ponořením plného válce.



Ponořený válec je tedy nadlehčován vztlakovou silou, která má stejnou velikost jako tíha vody v dutém válci, jejíž objem je stejný jako objem ponořeného tělesa.

VYSVĚTLENÍ:

Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno vztlakovou silou, která má stejnou velikost jako tíha kapaliny, jejíž objem je roven objemu ponořeného tělesa

POZNÁMKY

Na obr. je vidět uspořádání pokusu při nepravidelném tvaru tělesa

DEMONSTRACE ARCHIMÉDOVA ZÁKONA PRO PLYNY

POMŮCKY:

dasymetr
vývěva

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Dasymetr jsou malé vážky mající na konci jednoho ramena uzavřenou skleněnou banku tvaru koule a na druhém ramenu malé vyrovnávací závaží.

Na talíř vývěvy postavíme dasymetr a otáčením závaží nastavíme jeho rovnováhu na vzduchu. Pak na talíř postavíme recipient a zapneme vývěvu. Tlak vzduchu pod recipientem klesá a vahadlo dasymetru se vychyluje z rovnovážné polohy tak, že skleněná banka klesá. Je-li porušení rovnováhy dasymetru dobře patrné, vývěvu vypneme a opatrně, aby se dasymetr nerozkýval, napustíme pomocí ventilu umístěného pod deskou vzduch pod recipient. Rovnováha dasymetru se obnoví.

VYSVĚTLENÍ:

Těleso ve vzduchu je nadlehčováno vztlakovou silou, která má stejnou velikost jako tíha vzduchu, jejíž objem je roven objemu ponořeného tělesa.

POZNÁMKY

POKUSY S VÝVĚVOU

PŘELÉVÁNÍ KAPALINY Z JEDNÉ NÁDOBY DO DRUHÉ

POMŮCKY:

rotační vývěva s talířem a recipientem
nádobka s obarvenou kapalinou(vodou)
ohnutou skleněnou trubici
kádinka

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Pokusem ukážeme, že lze využitím přetlaku a podtlaku přemístit kapalinu z jedné nádoby do druhé, bez doteku lidské ruky i bez změny polohy nádob

Zkontrolujeme, zda ohnutá skleněná trubice prochází vzduchotěsně zátkou v hrdle nádoby s obarvenou kapalinou. Na talíř vývěvy postavíme nádobku s kapalinou, kádinku a nakonec recipient (obr.). Zapneme vývěvu a pozorujeme, že obarvená kapalina zdánlivě samovolně přetéká skleněnou trubicí do kádinky. Pak vývěvu vypneme a ventilem pod talířem pomalu napouštíme vzduch pod recipient. Nyní pozorujeme, že kapalina přetéká trubicí z kádinky zpět do nádoby.

VYSVĚTLENÍ:

Před zapnutím vývěvy byl tlak vzduchu nad hladinou kapaliny v nádobce stejný jako vně nádoby a příslušné tlakové síly působící na kapalinu byly v rovnováze. Po zapnutí vývěvy se vnější tlak, tj. tlak pod recipientem, zmenšil, rovnováha tlakových sil se porušila a vzduch nad kapalinou v nádobce ji vytlačil z nádoby do kádinky. Tlaky se opět vyrovnaly, ale byly nižší. Při napouštění vzduchu pod recipient byla jím kapalina z kádinky vytlačena trubicí zpět do nádoby, kde tlak vzduchu byl nižší než pod recipientem.

POZNÁMKY

PĚNA NA HOLENÍ VE VÝVĚVĚ

POMŮCKY:

vývěva recipientem s příslušenstvím
pěna na holení
sklenička
větší Petriho miska

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Trochu pěny na holení nastříkáme do skleničky, kterou umístíme doprostřed větší Petriho misky pod recipientem vývěvy. Vývěvu spustíme, a jakmile začneme odčerpávat vzduch, pěna na holení téměř okamžitě zvětšuje svůj objem. Průběh experimentu včetně hodnot na vakuometru, lze sledovat na obrázku.

Pokud nemáme pěnu na holení, můžeme si vystačit se šlehačkou ve spreji.

Na pěnu (šlehačku) můžeme kápnout pár kapek inkoustu nebo tiskařské barvy. Tehdy lépe vizuálně vynikne, když se pak pěna (šlehačka) rozpíná.

VYSVĚTLENÍ:

Při odčerpávání vzduchu zpod recipientu vývěvy klesá tlak v okolí pěny a vzduchové bublinky v pěně se začnou rozpínat.

POZNÁMKY

PROUDĚNÍ KAPALINY TRUBICEMI

VÝTOK VODY Z NÁDOBY KRÁTKOU TRUBICÍ

POMŮCKY:

vysoká nádoba na vodu s otvorem u dna
pryžová hadice

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Nádobu umístíme tak, aby voda mohla vytékat do výlevky. Na výtokový otvor v nádobě nasadíme krátkou trubicí se svislou manometrickou trubicí. Hadicí připojenou k vodovodnímu kohoutku naplníme nádobu vodou a přítok vody nastavíme tak, aby se hladina vody v nádobě udržovala ve stejné výšce.

Krátkým uzavřením výtokového otvoru (prstem) ukážeme, že hladina vody v manometrické trubicí, která je umístěna mezi výtokovým otvorem a nádobou, je ve stejné výšce jako hladina vody v nádobě. Po uvolnění výtokového otvoru voda vytéká, hladina v manometrické trubicí klesne a má prakticky nulovou výšku.

VYSVĚTLENÍ:

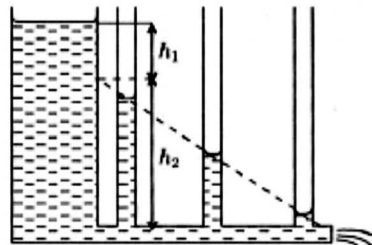
Při výtoku vody z nádoby krátkou trubicí se mění veškerá potenciální energie na kinetickou energii proudící vody.

POZNÁMKY

VÝTOK VODY Z NÁDOBY DLOUHOU TRUBICÍ STEJNÉHO PRŮŘEZU

POMŮCKY:

vysoká nádoba na vodu s otvorem u dna
trubice stejného průřezu s manometrickými trubicemi
hadice
tyčový metr



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Na výtokový otvor v nádobě nasadíme dlouhou trubicí s manometrickými trubicemi. Výtokový otvor trubice uzavřeme. Nádobu naplníme vodou

Po naplnění nádoby vodou jsou hladiny vody v manometrických trubicích ve stejné výšce jako hladina vody v nádobě. To dokazuje, že tlak vody v dlouhé trubicí je po celé její délce stejný a rovný tlaku vody u dna nádoby. Po uvolnění výtokového otvoru nastavíme vodovodním kohoutkem přítok vody hadicí do nádoby tak, aby výška hladiny v nádobě byla stálá. Po ustálení proudění pozorujeme

- lineární pokles tlaku podél trubice (demonstrujeme tyčovým metrem),
- nulový tlak v místě výtoku,
- výšku h_1 , která odpovídá potenciální energii přeměňující se na kinetickou energii proudící vody,
- výšku h_2 , odpovídající potenciální energii, která se v důsledku vnitřního tření přeměňuje na vnitřní energii proudící vody.

VYSVĚTLENÍ:

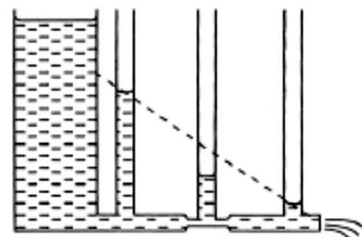
Proudí-li kapalina z nádoby trubicí stálou rychlostí, je pokles tlaku podél trubice lineární. Část potenciální energie se vlivem vnitřního tření přeměňuje na vnitřní energii proudící kapaliny.

POZNÁMKY

VÝTOK VODY Z NÁDOBY TRUBICÍ V JEDNOM MÍSTĚ ZÚŽENOU

POMŮCKY:

vysoká nádoba na vodu s otvorem u dna
trubice v jednom místě zúžená s manometrickými trubicemi
hadice
tyčový metr



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Jsou prakticky stejné jako u předešlého pokusu. Po ustálení proudění pozorujeme (obr.), že pokles tlaku podél trubice není lineární. V místě zúžení je tlak nižší než tlak, který by odpovídal lineárnímu poklesu tlaku podél trubice.

VYSVĚTLENÍ:

V rozšířené části trubice je rychlost proudící vody menší než v ostatních částech trubice (rovnice kontinuity). Výsledek pokusu potvrzuje známý důsledek Bernoulliovy rovnice, že v proudící kapalině s klesající rychlostí tlak vzrůstá.

POZNÁMKY

OBTÉKÁNÍ TĚLES TEKUTINAMI

DEMONSTRACE AERODYNAMICKÉ VZTLAKOVÉ SÍLY PŮSOBÍCÍ NA KŘÍDLO

POMŮCKY:

modely křidel a různé tvary
aerodynamický tunel

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Po zapnutí aerodynamického tunelu demonstrujeme závislost velikosti aerodynamické vztlakové síly
a) na rychlosti proudícího vzduchu (při určitém úhlu náběhu),
b) na úhlu náběhu (při určité rychlosti vzduchu).
Postupně měníme modely křidel a dalších tvarů

VYSVĚTLENÍ:

Aerodynamická vztlaková síla působící na křídlo letadla se s rostoucí rychlostí proudícího vzduchu zvětšuje. Závisí též na úhlu náběhu.
Při obtékání nesouměrného tělesa nesouhlasí směr síly působící na těleso se směrem proudu tekutiny. Vodorovná složka této síly představuje tzv. čelní odpor (aerodynamickou odporovou sílu), svislá složka vztlakovou sílu.

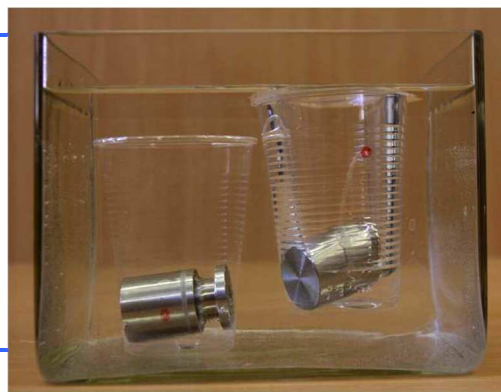
POZNÁMKY

Bonusové experimenty

POŠKOZENÉ LODĚ

POMŮCKY:

dva průhledné plastové kelímky
závaží
akvárium s vodou
špendlík
nesmyvatelná značkováací tužka



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Do stěny průhledného plastového kelímku udělejme špendlíkem těsně nad dnem malý otvor. Otvor ve stěně druhého kelímku umístíme přibližně do poloviny jeho výšky. Pro větší názornost zvýrazníme okolí otvorů nesmyvatelným značkovacím. Na dno obou kelímků položíme stejně těžká závaží a kelímky vložíme do vody. Hmotnost závaží by měla být dostatečná na to, aby kelímky byly více než z poloviny ponořeny ve vodě. Sledujte, který kelímek se potopí rychleji.

Přes průhledné stěny kelímků je možné pozorovat proudy vody tekoucí dovnitř. Do kelímku s otvorem těsně u dna teče voda vyšší rychlostí. Tato nádoba se potopí první.

VYSVĚTLENÍ:

Hydrostatický tlak závisí na výšce sloupce vody, která se nachází nad ponořeným tělesem. Nad otvorem umístěným těsně u dna kelímku je vyšší sloupec vody než nad otvorem v polovině kelímku, tudíž zde působí na otvor větší tlaková síla. Voda do první lodi vtéká rychleji.

POZNÁMKY

DEMONSTRACE ÚČINKŮ HYDROSTATICKÉHO TLAKU

POMŮCKY:

plastová láhev
balónek
těsnící kroužek
15 m hadice
stejně dlouhý provázek
lepidlo

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Do dna plastové láhve vyvrtáme malý otvor, kterým protáhneme balónek. Balónek částečně nafoukneme a pevně zavážeme. Konec balónku vyčnívající ze dna láhve přilepíme lepidlem k otvoru tak, aby byl jej zcela utěsnil. Provrtáme uzávěr láhve a připevníme k němu hadici. Místo spoje důkladně utěsníme gumovým kroužkem. Hadici i nádobu s nafouknutým balónkem naplníme vodou a spojíme uzávěrem. K volnému konci hadice připevníme provázek.

Pomocí provázku pomalu vytáhneme hadici do nejvyšší možné výšky. Sledujeme změnu velikosti nafouknutého balónku.

VYSVĚTLENÍ:

Zvedáním hadice s vodou se zvyšuje hydrostatický tlak v láhvi, roste tlaková síla působící na povrch balónku, který se proto zmenšuje. Velikost hydrostatického tlaku závisí na výšce sloupce nikoliv na jejím objemu. Proto je smršťování balónku patrné, přestože v hadici, ačkoliv je plná vody, je jen malé množství vody. Experiment zároveň poukazuje na to, že hydrostatický tlak závisí na výšce sloupce vody, nikoliv na jejím množství.

POZNÁMKY

Experiment je prostorově náročný. Aby bylo smrštění balónku dobře patrné, je zapotřebí vytáhnout hadici s vodou do výšky několika metrů. Po skončení pokusu je možné vodu z hadice vylít a změřit, kolik litrů vody bylo zapotřebí, aby se balónek smrští. Žáci se tak mohou ujistit, že hydrostatický tlak skutečně závisí na výšce sloupce vody nikoliv na jejím množství. V našem případě bylo v hadici dlouhé 15 m pouze 730 ml vody.

ČASOVANÝ ARCHIMÉDŮV VÝTAH

POMŮCKY:

balónek
provázek
závaží
kousek látky
sůl
akvárium s vodou

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Nafoukněte a zavažte gumový balónek. K balónku přivažte závaží a obě tělesa vložte do vody. Hmotnost závaží zvolte tak, aby nad hladinu vyčnívalo méně než polovina balónku. K balónku připevněte ještě jedno stejně těžké závaží a přesvědčte se, že soustava klesne na dno nádoby. Nyní můžete druhé závaží odebrat a místo něj k balónku připevnit hrst soli zabalenou do kousku látky. Hmotnost soli by měla být o něco vyšší, než je hmotnost závaží.

Nafouknutý balónek, ke kterému je provázkem připevněno závaží a pytlík se solí, ponořte do vody. Sledujte chování ponořených těles.

VYSVĚTLENÍ:

Průměrná hustota soustavy je větší než hustota vody, proto se všechna tělesa potopí na dno nádoby. Sůl zabalená v látce se však ve vodě pomalu rozpouští, klesá tak celková hustota celé soustavy a ponořené předměty stoupají vzhůru. Rozpuštěná sůl zároveň zvyšuje hustotu okolní kapaliny, čímž se zvyšuje vztlaková síla působící na ponořená tělesa.

POZNÁMKY

MAGDEBURSKÉ SKLENIČKY

POMŮCKY:

2 stejné skleničky s rovným okrajem
čajová svíčka
zápalky
troška oleje nebo vakuové vazelíny
vystřižené kolečko z tvrdého papíru
o větším průměru, než je okraj skleničky



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Okraje obou skleniček potřeme olejem nebo vazelínou. Do jedné skleničky postavíme na dno čajovou svíčku a zapálíme ji. Na skleničku přiklopíme vystřižené kolečko a na něj umístíme druhou skleničku tak, aby na sebe okraje obou skleniček přesně naléhaly. Na horní skleničku s citem zatlačíme. Sledujeme, jak svíčka zhasíná. Chvilku počkáme a pak horní skleničku zdviháme. Obě skleničky lze za horní zvednout

VYSVĚTLENÍ:

Zapálením svíčky ve spodní skleničce jsme ohřáli plyny, které se začaly rozpínat, přičemž část jich unikla ze skleničky. Přiklopením kolečka a druhé skleničky jsme zabránili dalšímu přístupu vzduchu, svíčka spotřebovala kyslík a zhasla. Plyny, které se teplem rozpínaly, opět zchladly a tím se v prostoru mezi skleničkami snížil tlak. Vnější tlak je mnohem větší, proto přidržuje „magdeburské“ skleničky u sebe.

POZNÁMKY

VNIKÁNÍ ZKUMAVKY DO ZKUMAVKY

POMŮCKY:

fotomiska
dvojice zkumavek, z nichž jedna je menší a je možné ji zasunout do větší zkumavky
kádinka
obarvená voda

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Větší ze zkumavek naplníme vodou, zasuneme do ní druhou a obě pak rychle nad miskou obrátíme dnem vzhůru. Přitom do vnitřní zkumavky ještě trochu zatlačíme. Voda z velké zkumavky začne po stěnách té menší vytékat a vnitřní zkumavka pomalu stoupá vzhůru, dokud se její dno nezarazí o dno velké zkumavky.

VYSVĚTLENÍ:

Malou zkumavku dovnitř tlačí atmosférický tlak vzduchu.

POZNÁMKY

Neuškodí zkumavky předem vyzkoušet, rozdíl velikostí nesmí být moc veliký, aby vzduchové bubliny nevnikaly mezi zkumavky. Přesvědčivosti pokusu též prospěje, seženeme-li menší zkumavku bez okraje, protože zkumavka zajede celá dovnitř.

KARTEZIÁNEK

POMŮCKY:

2l PET láhev
kapátko
obarvená voda
zavařovací víčko
kružítko
nůžky

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Plastovou láhev naplníme vodou. Z víčka vystříháme kruh (průměr asi 3–4 větší než je průměr kapátka). Uprostřed kruhu uděláme otvor o průměru jako kapátko. Kruh po celém obvodu nastříháme (šířka 3–5 mm). Z nastříhaných částí ohneme lopatky. Kruh nasuneme na kapátko pod pružnou část. Pak do kapátka nasajeme trochu obarvené vody tak, aby plovlo těsně pod hladinou. Láhev dobře uzavřeme. Zmáčkne-li láhev, kapátko se nejen potápí, ale i otáčí. Povoláním tlaku potápěč vyplouvá vzhůru a opět se otáčí, ale na opačnou stranu.

VYSVĚTLENÍ:

Stlačením láhve se zvětší tlaková síla působící na potápěče, vniká do něj voda a kapátko se pohybuje dolů. Při zmenšení tlakové síly naopak vodu z kapátka vytlačuje stlačený vzduch a to se pohybuje směrem vzhůru a otáčí se na druhou stranu. Směr pohybu ovlivňuje výslednice vztahové a tíhové síly, která působí na kapátko. Lopatky kola na kapátku jsou pak příčinou, proč se kapátko při pohybu dolů a vzhůru otáčí. Směr pohybu otáčení potápěče se mění, protože se mění směr výsledné síly (stlačení láhve – směr svisle dolů, povolení – směr svisle vzhůru).

POZNÁMKY

VÝTOK VODY Z NÁDOBY POMOCÍ PODTLAKU

POMŮCKY:

tenčí hadička délky cca. 2 m
nádoba s vodou

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Hadičku ponoříme jedním koncem do vody v nádobě a naplníme ji vodou (např. tak, že z ní uděláme násosku). Horní část hadičky otáčíme rukou vztyčenou nad hlavu kolem svislé osy. Z hadičky začne stříkat voda.

VYSVĚTLENÍ:

Odstředivé síly působící na kapalinu v rotující části hadice způsobují vznik podtlaku, který vyvolává vystupování kapaliny ve svislé části hadice, a tedy i čerpání vody z nádoby. Tento podtlak může vyvolat vystupování vody maximálně do výšky 10 m, protože vystupování vody vzhůru je podmíněno atmosférickým tlakem.

POZNÁMKY

PŘEPOUŠTĚNÍ TEKUTIN

POMŮCKY:

dvě sklenice
olej
voda
tvrdší papír.

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Do jedné sklenice nalijeme vodu až po okraj a do druhého olej. Papírem přikryjeme sklenici s vodou. Papír přidržíme a pohár pomalu otočíme. Položíme ho dnem vzhůru na sklenici s olejem. Sklenice přidržíme a začneme pomalu vytahovat papír ven. Olej začne probublávat do vody, velikost bublin je závislá na velikosti otvoru způsobeného vytáhnutím papíru. Nakonec se olej s vodou ve sklenicích úplně vymění.

VYSVĚTLENÍ:

Hustota oleje je menší než hustota vody, proto jej voda vytlačuje do horní sklenice a sama přitom vyplňuje prostor v té dolní

POZNÁMKY

NEPOSEDNÉ ROZINKY

POMŮCKY:

rozinky
perlivá voda

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Máme průhlednou nádobu s perlivou vodou, do které nasypeme rozinky. Rozinky začnou kolovat ode dna k hladině a zpět.

VYSVĚTLENÍ:

V perlivé vodě je oxid uhličitý, který se váže na nerovnosti rozinek. Jelikož má menší hustotu než voda, nadnáší rozinky k hladině. Na hladině rozinky odevzdají oxid uhličitý a klesají ke dnu. Rozinky se pohybují stále nahoru a dolů.

POZNÁMKY

ARCHIMÉDŮV KOKTEJL

POMŮCKY:

vysoká sklenička

kapaliny různých hustot (med, sirup, glycerol, slaná voda obarvená potravinářským barvivem, bílek, obarvenou vodu z kohoutku, šlehačku, olivový olej, líh)
rozinka, kostička lega, matička, kousek korku
lžička

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Do vysoké skleničky začneme postupně nalévat přes obrácenou lžičku kapaliny v následujícím pořadí: med, sirup, glycerol, slaná voda obarvená potravinářským barvivem, bílek, obarvenou vodu z kohoutku, šlehačku, olivový olej, líh.

VYSVĚTLENÍ:

Jednotlivé kapaliny se od sebe liší svou hustotou a pokud je pomalu nalijeme přes lžičku do válce, zůstanou oddělené a vytvoří tzv. Archimédův koktejl.

Nejvyšší hustotu z uvedených kapalin má med, nejnižší hustotu má líh.

POZNÁMKY

Použité zdroje a literatura:

5. SVOBODA, Emanuel a Václav HOUDEK. *Pokusy z fyziky na střední škole*. Praha: Prometheus, 1997. ISBN 8071960071.
6. [Veletřh nápadů učitelů fyziky \(vnuf.cz\)](http://vnuf.cz)
7. JINDRA Jaroslav *Experiment jako motivační prvek ve výuce mechaniky kapalin na základní škole*_práce dostupná: [Rigorózní práce hotovo \(zcu.cz\)](http://zcu.cz)
8. KIELBUSOVÁ Zdeňka *Motivace a aktivizace ve výuce fyziky: Experimenty s plyny*_práce dostupná: [Z Kielbusová rigo \(zcu.cz\)](http://zcu.cz)