

Polystyrénová fyzika

Josef Trna, Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity v Brně

MECHANIKA:

1. Hustota polystyrénu

Řezáním (příp. i lepením) vyrobíme krychli z polystyrénu o hraně 10 cm, tedy o objemu 1 dm³. Tuto krychli pak zvážíme, určíme hustotu polystyrénu a srovnáme ji s hustotou jiných látek. Diskutujeme možnost zanedbání hmotnosti polystyrénu při pokusech z hydromechaniky.

2. Rovnoměrný pohyb

Do zkumavky (skleněné či průhledné plastové trubičky) naplněné vzduchem vložíme polystyrénovou kuličku průměru jen málo menšího než je světlost zkumavky (trubičky). Při vhodném naklonění zkumavky (trubičky) se kulička díky odporovým silám bude pohybovat rovnoměrně. Na zkumavku (trubičku) můžeme vyznačit stejné vzdálenosti a pomocí stopek pak ověřovat stejně velké časové úseky. Alternací je použití zkumavky naplněné vodou, ve které kulička obdobně rovnoměrně stoupá.

3. Black and white balls I

Několik na pohled stejných polystyrénových kuliček postupně necháme pohybovat po nakloněné rovině (vhodná je vyrobená ze dvou rovnoběžných drátů). První kulička je neporušená, v druhé je zapuštěna zátěž (ocelová kulička) do středu, ve třetí je zapuštěna zátěž mírně mimo střed, ve čtvrté je napuštěna vazká kapalina (glycerín) a v páté je ve vyvrtném tunýlku vložena pohyblivá ocelová kulička. Kuličky se pohybují odlišně. Diskutujeme příčiny jejich odlišného chování.

4. Moment setrvačnosti

Vyrobíme dva polystyrénové stejně hmotné válce stejného poloměru, ale jiných momentů setrvačnosti. Do jednoho válce zapustíme železné tyčky (minimálně 3) u osy a do druhého u vnitřního obvodu. Oba válce necháme naráz společně ze stejné výšky kutálet po nakloněné desce. Z rozdílného pohybu válců usuzujeme na význam jejich momentů setrvačnosti pro pohyb.

5. Odstředivá síla

Do skleněné trubice ve tvaru „V“ vložíme kovovou (olověný brok) a polystyrénovou kuličku, doplníme vodou a konce trubice uzavřeme zátkami. Trubicu upevníme ve svislé poloze v dolním spoji ramen na otáčivý stroj (nebo roztáčíme prsty). Po roztočení trubice vystoupí kovová kulička do horní části jednoho ramene, zatímco polystyrénová kulička se pohybuje k dolní části trubice. Poloha obou kuliček a vody v trubici je dána odlišnými hustotami všech tří látek.

6. Reaktivní pohon lodičky

Z polystyrénu vyřežeme lodičku, na kterou připevníme nafukovací balónek otvorem k zádi lodičky. Balónek nafoukneme a uzavřeme. Lodičku s nafouknutým balónkem položíme na vodní hladinu a uvolníme vzduch v balónku. Lodička se pohybuje podle zákona akce a reakce vpřed.

7. Beztížný stav

Do polystyrénového tácku upevníme na gumová vlákna různé předměty tak, aby při mírném napnutí vláken předměty visely přes okraj misky. Gumová vlákna upevníme nejlépe propíchnutím dna misky a protažením druhého konce vlákna pod misku, kde uděláme na vláknech suky. Misku pak necháme padat volným pádem, kdy je soustava v beztížném stavu a na předměty působí jen pružné síly vláken. Předměty jsou proto vtaženy vlákny zpět do misky.

8. Pevnost polystyrénové desky

Podlouhlou polystyrénovou desku položíme na plochu na podložky, které jsou umístěné blízko obou konců desky. Uprostřed desky zatěžujeme postupným pokládáním zátěže, dokud se deska nezlomí. Druhou desku stejného tvaru umístíme na stojato (na hranu). Desku opět postupně zatěžujeme – deska unese značnou zátěž. Pro snadnost demonstrace je vhodné použít dvojici desek v obou polohách. Poté žákům ukážeme výztuhy vyrobené z polystyrénu pro uskladnění a přepravu různých výrobků.

9. Kouzelný válec

Do polystyrénového válce s velkým průměrem podstavy zapustíme blízko obvodu do jednoho místa zátěž (šroub apod.). Při vhodné poloze válce na nakloněné rovině se bude válec chvíli kutálet do kopce, dokud se jeho těžiště bude snižovat. Srovnáme pohyb válce s druhým stejným válcem bez zapuštěného šroubu.

10. Kolumbovo vejce

Polystyrénové vajíčko upravíme tak, že do jeho méně zakřivené podstavy zapustíme kovový předmět (matici, šroub apod.), čímž snížíme polohu jeho těžiště. Toto vajíčko pak vychýlíme z polohy na této podstavě – vejce se vrátí do původní polohy zpět. Srovnáme s neupraveným vejcem.

11. Rovnováha na hladině

Na vodní hladinu v nádobě položíme vysoký kvádr z polystyrénu na jeho boční velkou stěnu, tedy do stabilní polohy – kvádr leží na hladině. Druhý stejný kvádr se zapuštěnou zátěží (šroub, matice apod.) ve středu malé podstavy po položení na velkou boční stěnu se díky snížení těžiště postaví na malou podstavu. Místo kvádrů můžeme použít i polystyrénové vejce apod.

12. Plování a potápění

Kousek polystyrénu propíchneme hřebíkem a položíme na hladinu vody v nádobce tak, aby tato soustava těles plovla. Pak hřebík vytáhneme a polystyrén i hřebík položíme znovu na hladinu vody v nádobce. Polystyrén opět plove, hřebík se však potopí na dno. Tak demonstrujeme význam průměrné hustoty těles při posuzování jejich chování v kapalině.

13. Black and white balls II

Tři na pohled stejné polystyrénové kuličky vložíme na vodní hladinu. Jedna (vhodně zatížená kovovými např. olověnými broky) se potápí, druhá se vznáší (opět vhodně zatížená) a třetí (bez zátěže) plove.

14. Neplovoucí polystyrén

Do kádinky nalijeme asi do poloviny vodu. Na vodní hladinu položíme malou polystyrénovou kostku, která plove. Menší dnem vzhůru obrácenou kádinkou přikryjeme kostku na hladině a svisle ji přiblížíme až na dno. Kostka dosedne téměř na dno.

15. Hydrostatická vztlaková síla

Do kádinky nalijeme vodu a na hladinu položíme polystyrénovou desku (vhodný je kruhový tvar). Na desku pokládáme zátěže (závaží). Hydrostatická vztlaková síla udržuje desku i se závažím na hladině, dokud ji tíhová síla závaží nepřekoná. Můžeme demonstrovat závislost hydrostatické vztlakové síly na hloubce ponoření desky a hustotě kapaliny (místo vody použijeme olej, slanou vodu, líh aj.).

16. Hydrostatická vztlaková síla na rovnoramenných váhách

Místo misek rovnoramenných vah postavíme na jejich desku dvě kádinky s vloženými kladkami se zátěží. Kádinky naplníme vodou a z háčků vah vedeme silonovou nit přes kladky v kádinkách a na jejich konce zavěsíme pod vodou polystyrénové plováky. Plováky mají nejdříve stejný objem – váhy jsou v rovnováze díky rovnováze vztlakových sil, působících na plováky. Pak zaměníme jeden z plováků větším – rovnováha se poruší. Další variantou je ponoření stejných plováků do různých kapalin. Tento pokus je základem zajímavé problémové úlohy.

17. Vodní váhy

Do širokého válce (odříznuté plastové láhve) nalijeme vodu a ponoříme do ní polystyrénový válec. Na horní podstavu válce klademe postupně jednotlivá závaží a na bok válce vždy označíme příslušnou hodnotu hmotnosti závaží do místa úrovně hladiny vody na válci – tak vodní váhy ocejchujeme. Vážení předmětu pomocí těchto vah provádíme pokládáním předmětu na horní podstavu polystyrénového válce a odečítáním příslušné hodnoty na boku válce.

18. Polystyrénová závaží

Chybějící závaží můžeme u rovnoramenných vah přibližně nahradit polystyrénovými kvádríky a destilovanou vodou. Pod jedno rameno rovnoramenných vah postavíme kádinku se zatíženou kladkou na dně. Do kádinky nalijeme destilovanou vodu. Z ramene přes kladku vedeme tenkou silonovou nit s očkem, na kterou zavěšujeme pod vodou polystyrénové kvádríky objemu 1 cm³, 2 cm³, 5 cm³, 10 cm³ atd. Využijeme skutečnosti, že 1 cm³ destilované vody má hmotnost jeden gram. Díky hydrostatické vztlakové síle tak polystyrénové kvádríky mohou přibližně nahradit závaží. Diskutujeme zanedbání hmotnosti polystyrénových kvádríků a vztlakovou sílu působící na závěsy.

19. Hustoměr

Do odměrného válce s kapalinou ponoříme polystyrénový válec s přilepenou kovovou zátěží (podložka apod.) na horní (nebo dolní) podstavě. Polystyrénový válec se ponoří do určité hloubky, kterou můžeme označit značkou (ryska, gumička apod.) na polystyrénovém válci. Ponořením tohoto polystyrénového válce-hustoměru do různých kapalin (slaná voda, líh aj.) jej ocejchujeme a můžeme pak použít pro přibližné určení hustoty kapaliny. Ocejchování lze provést i pomocí skutečného hustoměru.

20. Paradoxní váleček

Na podstavu polystyrénového válečku přilepíme nízkou kruhovou kovovou destičku stejného průměru jako má polystyrénový válec. Výšku polystyrénového válce upravíme tak, aby po ponoření polystyrénového válce s kovovou destičkou nahore do vody v odměrném válci jen kovová destička zůstala nad hladinou. Na polystyrénový válec na opačné straně válce pak nakreslíme několik obvodových kroužků ve stejné vzdálenosti, jako je tloušťka kovové destičky. Válec pak otočíme a znovu ponoříme do vody v odměrném válci. Problémové otázky před tímto potopením jsou: „Jak hluboko se válec s destičkou ponoří? Stáhne jej kovová destička ke dnu? Kolik značek na polystyrénu bude nad hladinou? Odpověď“ založená na Archimédově zákoně je, že výška neponořené části válce bude v obou případech stejná.

21. Karteziánek

Do vhodně velké kousku polystyrénu zapíchneme na jedné straně zatavenou skleněnou trubičku tak, aby soustava ještě plovla otevřenou trubičkou dolů. Takto vytvořený karteziánek vložíme do plastové láhve naplněné vodou, uzavřeme ji a stlačováním stěn láhve se karteziánek potápí.

22. Signalizační plovák

Do neprůhledné nádoby (konvice, váza apod.) vložíme polystyrénový válcový plovák, který svisle propíchneme špejlí (plastovým brčkem apod.) se zátěží (např. maticí) na spodní straně. Do nádoby přiléváme vodu, špejle se vynořuje nad okraj nádoby. Na špejli přilepíme (obarvíme) značky indikující míru naplnění nádoby (např. maximum naplnění). Plovák může automaticky ohlašovat maximální naplnění nádoby pomocí světelné či zvukové

signalizace. Pak je třeba použít tyčku plováku jako ve funkci mechanického spínače jednoduchého elektrického obvodu se žárovkou, ledkou, elektrickým zvonkem či sirénkou.

23. Hydraulický lis

Do válce nalijeme vodu a na její povrch položíme polystyrénový válcový píst téměř strjného průměru jako je vnitřní průměr válce. Pístem svisle vedeme skleněnou trubičku, kterou budeme pomocí plastové stříkačky vtlačovat další vodu do válce pod píst, a tak zvedat píst se závažím. Na píst je možno nasadit gumičky jako těsnící kroužky.

24. Polystyrénový dasymetr

Platnost Archimédova zákona pro plyny demonstrujeme pomocí dasymetru (rovnoramenných vážek) umístěných pod vývěvou. Skleněnou baňku dasymetru nahradíme polystyrénovou kuličkou.

25. Bernoulliho rovnice

Dvě polystyrénové kuličky (vajíčka) zavěsíme na dva stejně dlouhé svislé závěsy asi 1 cm od sebe. Vodorovně foukáme trubičkou mezi ně, až se začnou přibližovat. V prostoru mezi kuličkami vzroste rychlost vzduchu, podle Bernoulliho rovnice vznikne podtlak a díky tlakové síle okolního vzduchu se kuličky přiblíží. Je třeba použít větší kuličky (vajíčka), případně je zatížit zapuštěním např. šroubu.

26. Základy létání

Na svislé plastové brčko nasadíme postupně volně pohyblivou polystyrénovou desku, válec, půlválec a křídlo. Bočním vodorovným foukáním (trubička, nafukovací balónek, vysoušeč vlasů) demonstrujeme principy létání pomocí odporové vztlakové síly (deska), Bernoulliho rovnice (válec, půlválec) a kombinace obou principů (křídlo).

27. Vznášející se kulička

Plastovým brčkem (nejlépe s ohebnou kloubovou částí) foukáme vzduch svisle vzhůru. Do proudu vzduchu vložíme polystyrénovou kuličku, která se bude vznášet díky rovnováze tíhové a odporové síly v proudu vzduchu. Pokus je možno alternovat použitím gumového nafukovací balónku, který uzavřeme zátku s tenkou trubičkou. Balónek nafoukneme a držíme trubičkou svisle vzhůru.

28. Povrchové napětí I

Na vodní hladinu v nádobě nasypeme několik kuliček polystyrénu. Kápneme mezi ně mýdlový roztok (saponát), kuličky se budou díky změně povrchového napětí pohybovat od kapky k okraji nádoby.

29. Lodičky a povrchové napětí

Na vodní hladinu v nádobě položíme polystyrénovou lodičku s otvorem a zářezem do zádi. Do otvoru kápneme mýdlový roztok (saponát), lodička se bude díky změně povrchového napětí pohybovat. Modifikací je lodička se dvěma či třemi stejnými zářezy, která se může pohybovat do stran nebo můžeme obdobně vyrobit i otáčející se kruh.

KMITY, VLNY A AKUSTIKA:

30. Vlnění vodní hladiny

Na vodní hladinu v misce nasypeme drobné polystyrénové kuličky. Špejlí budeme ťukat do středu hladiny a vyvoláme tak její vlnění. Polystyrénové kuličky indukují pohyb vodní hladiny – kmitají na místě.

31. Zvuková membrána

Střed dna polystyrénové misky propíchneme a provlékneme jím provázek zakončený uvnitř misky uzlem. Provázek potřeme kalafunou a táhneme jej mezi prsty. Miska se rozechvěje a vydává zvuk.

32. Indikátor chvění

Polystyrénovou kuličku na provázku přiblížíme k rozechvělé ladičce, bláně bubínku, stěně papírového reproduktoru aj. Kulička svým pohybem indikuje chvění zdrojů zvuku. Obdobně využijeme polystyrénovou drť na chvějící se desku nebo na hladinu vody ve chvějící se sklenici.

33. Zvukové stínění

Zdroj zvuku (elektromagnetickou sirénku) umístíme do zvukově izolující krabice bez víka. Místo víka postupně pokládáme desky z různě silného polystyrénu a sluchem sledujeme rozdíl v intenzitě zvuku. Polystyrén je vhodným zvukovým izolantem.

TERMIKA:

34. Tepelná izolace

Do krabičky vyrobené z polystyrénu (polystyrénového kelímku) vložíme kousky ledu nebo nalijeme horkou vodu. Po určité době zjistíme minimální tepelnou výměnu s okolím.

35. Polystyrénový teploměr

Do skleněného válce s vodou ponoříme sadu polystyrénových kuliček (kvádríků apod.) vhodně zatížených zátěží, a to tak, aby se vznášely právě při určité teplotě vody. Na každou kuličku upevníme značku s hodnotou příslušné teploty. Při určité teplotě se pak bude vznášet příslušná kulička s indexem teploty. Jedná se o obdobu teploměru komerčně vyráběného s použitím skleněných baněk, které jsou různě zatíženy obarvenou kapalinou.

ELEKTRINA A MAGNETISMUS:

36. Zelektrování polystyrénu třením

Polystyrénový kvádřík (tyčku, kruh) třeme textilií a tak ji zelektrujeme. Zelektrovaný kvádřík přitahuje drobné kousky papíru.

37. Zelektrování kovu třením

Zelektrování kovu třením můžeme demonstrovat třením polystyrénu a železné desky, kdy se oba předměty zelektrují. Pěknou ukázkou tohoto jevu je řezání polystyrénu pilkou, při kterém se na kovovém plátu pilky přichytí drobné kousky (drť) řezaného polystyrénu.

38. Elektrostatická síla

Malé nadrcené polystyrénové kuličky necháme ležet na stole. Přiblížíme se k nim zelektrovaným tělesem. Polystyrénová drť obalí zelektrované těleso.

39. Rotující tyčinka

Polystyrénovou tyčinku zavěsíme ve středu ve vodorovné poloze. Zelektrované těleso tyčinkou otáčí.

40. Elektrostatický motor

Polystyrénový kroužek opatřený barevným proužkem zavěsíme ve vodorovné poloze na jednu nit. Přiblížováním nabitého tělesa jej uvedeme v otáčivý pohyb.

41. Elektrostatická polarizace

Pod zvon vytvořený odříznutou horní částí plastové láhve uvážeme elektrostatické kyvadélko (polystyrénovou kuličku na nevodivém závěsu). Přiblížením nabitého tělesa ke stěně láhve pohneme s kuličkou kyvadélka.

42. Magnetická síla

Na dvě polystyrénové destičky připevníme magnety a položíme je na vodní hladinu. Magnety na sebe působí magnetickými silami vzájemného působení a přitahují se.

43. Magnetická levitace

Do dvou polystyrénových věnečků zapustíme magnety tak, aby po přiblížení věnečků docházelo k odpuzování magnetů a tedy i celých věnečků. Věnečky se zapuštěnými magnety je třeba stabilizovat propíchnutím vodičnými dráty.

44. Arabský kompas

Do drážky na polystyrénovém kříži plovoucím na vodní hladině nádoby položíme zmagnetovanou jehlu. Tak vznikne kompas, obdobný arabskému, kde místo jehly ležel kus magnetovce.

45. Black and white box

Do polystyrénové desky (kvádříku) zapustíme keramický magnet (magnety). Pak desku (kvádřík) posypeme železnými pilinami a identifikujeme místo a tvar zapuštěného magnetu. Pro odstranění železných pilin je vhodné ze zadní strany polystyrénové desky magnet vyjmout a ukázat jejich vlastnosti žákům.

46. Kouzelné magnetické kyvadélko

Do polystyrénového válečku na závěsu zapustíme keramický magnet. Toto kyvadélko necháme kývat nad polystyrénovou deskou se zabudovanou skupinou magnetů. Kyvadélko chaoticky kmitá ve složitém magnetickém poli.

47. Kouzelná trubka

Do neprůhledné plastové trubky vložíme polystyrénový váleček se zabudovaným keramickým magnetem. Trubku naplníme vodou, ve které váleček s magnetem pomalu plove a trubku oboustranně pevně uzavřeme zátkami. Na vnější stěnu trubky připevníme železný kroužek (plíšek) proti magnetu. Ve svislé poloze trubky kroužek (plíšek) stoupá nahoru proti zemské tíži tažen magnetem v plovoucím polystyrénovém válci.

48. Tepelné účinky elektrického proudu

Mezi dvě Holtzovy svorky napneme odporový drát, který zahřejeme průchodem elektrického proudu s bezpečným napětím 6-12 V (vhodnou hodnotu nutno vyzkoušet). Kousek polystyrénu pak tímto drátem přefízneme. Na tomto principu je založena řezačka polystyrénu. Dbáme na odvětrávání plynných zplodin a bezpečnost práce s horkým drátem a elektrickým zařízením.

49. Studené a teplé světlo

Do jedné polystyrénové krabičky umístíme malou žárovku a do druhé svítivou diodu. Do obou krabiček zasuneme teploměry a rozsvítíme je. Po chvíli teplota vzduchu u žárovky vzroste. Demonstrujeme tak odlišný princip vzniku světla u žhaveného vlákna žárovky a v přechodu PN u svítivé diody.

OPTIKA:

50. Mezný úhel

Středem malého polystyrénového kotoučku (průměr několik 1-2 cm) provlečeme krátkou nit, na jejíž konec zavěsíme barevný korálek. Kotouček položíme na vodní hladinu v kádince tak aby korálek visel ve vodě na niti pod kotoučkem. Délku závěsu upravíme tak, aby shora díky totálnímu odrazu nebyl korálek viditelný. Délku provázku a poloměr kotoučku můžeme změřit a použít pro výpočet mezního úhlu. Alternací je použití špendlíku se skleněnou hlavou, kterou je špendlík ponořen pod kotoučkem.