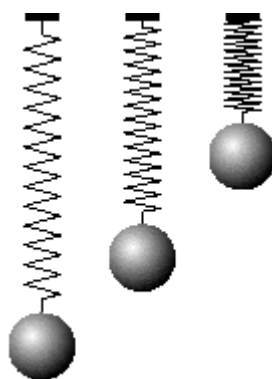


Praktika školních pokusů B



Obsah

Úvodem.....	6
1. Pokusy z hydromechaniky.....	7
1.1 Pascalův zákon.....	7
1.2 Vztlková síla.....	10
1.3 Rovnováha kapalin ve spojených nádobách	11
1.4 Archimédův zákon	13
1.5 Atmosférický tlak.....	18
1.6 Manometr	19
1.7 Rychlost a tlak v proudící kapalině.....	20
1.8 Vodní vývěva	22
1.9 Činnost vodního kola a Peltonovy turbíny.....	23
2. Elektrostatika	24
2.1 Zelektrování těles.....	25
2.2 Druhy elektrického náboje	26
2.3 Pokusy s elektroskopy.....	27
2.4 Dělitelnost náboje	28
2.5 Vodiče a nevodiče elektřiny.....	29
2.6 Znázornění elektrických siločar	30
2.7 Zelektrování vodiče indukcí.....	31
2.8 Demonstrace vázané a volné elektřiny	32
2.9 Sršení náboje z hrotu.....	34
2.10 Sání náboje hrotem	35
2.11 Elektrostatické zdroje – indukční elektrika a van de Graafův generátor	36
3. Elektromagnetická indukce.....	39
3.1 Vznik indukovaného napětí při změně vzájemné polohy cívky a magnetu.....	39
3.2 Závislost indukovaného napětí na časové změně magnetického indukčního toku	41
3.3 Závislost indukovaného napětí na počtu závitů	42
3.4 Napětí indukované v sekundární cívce	43
3.5 Směr indukovaného proudu v cívce tvaru prstence	44
3.6 Waltenhofenovo kyvadlo	46

3.7	Indukční brzda	48
3.8	Vliv indukčnosti na vzrůstání proudu – přechodný jev.....	49
3.9	Napětí indukované v cívice při přerušení proudu	50
4.	Kmity. Vlny. Akustika	51
4.1	Mechanické kmity ladičky	52
4.2	Skládání dvou kolmých mechanických kmitů	53
4.3	Vynucené kmity mechanického oscilátoru	54
4.4	Rezonance mechanických oscilátorů	55
4.5	Vázané mechanické oscilátory	56
4.6	Vlnění postupné příčné	57
4.7	Vlnění postupné podélné.....	59
4.8	Vlnění stojaté příčné	60
4.9	Vlnění stojaté podélné.....	61
4.10	Dynamika vlnění – Juliusův vlnostroj	62
4.11	Chvění pružných těles	63
4.12	Měření rychlosti zvuku ve vzduchu	66
4.13	Rezonance	67
4.14	Akustické rázy	69
4.15	Závislost výšky tónu zavřené píšťaly na její délce	70
5.	Mechanika demonstrační 1. část.....	71
5.1	Demonstrace pohybových účinků síly na těleso	76
5.2	Zákon setrvačnosti	76
5.3	Smykové tření a měření třecí síly	77
5.4	Změna velikosti třecí síly se změnou tlakové síly, kterou působí těleso na podložku	78
5.5	Závislost velikosti třecí síly na jakosti stykových ploch, nezávislost na velikosti stykových ploch	78
5.6	Valivé tření	79
5.7	Prodloužení dvou stejných pružin	80
5.8	Prodloužení pružiny je přímo úměrné tíze zavěšeného tělesa	81
5.9	Demonstrace měření síly siloměrem	82
5.10	Demonstrace rovnováhy sil	82
5.11	Demonstrace akce a reakce použitím tělesa ponořeného do kapaliny	83

5.12 Měření akce a reakce použitím dvou siloměrů	83
5.13 Skládání dvou sil souhlasně orientovaných v jedné přímce	84
5.14 Skládání dvou sil nesouhlasně orientovaných v jedné přímce.....	84
5.15 Skládání dvou sil různoběžných	85
5.16 Rovnováha tří různoběžných sil o stejném působišti.....	86
5.17 Skládání dvou sil působících v různých bodech tuhého tělesa	87
5.18 Skládání dvou sil rovnoběžných, souhlasně orientovaných	87
5.19 Rozklad síly na dvě různoběžné složky daných směrů.....	88
5.20 Rozklad síly na dvě rovnoběžné složky	89
6. Demonstrační souprava pro pokusy z elektřiny.....	91
6.1 Měření napětí a proudu v obvodu	94
6.2 Ověření Ohmova zákona.....	95
6.3 Závislost odporu vodiče na jeho délce.....	95
6.4 Závislost odporu vodiče na jeho průřezu	96
6.5 Závislost odporu vodiče na materiálu	97
6.6 Reostat válcový	98
6.7 Spojování spotřebičů za sebou.....	99
6.8 Spojování spotřebičů vedle sebe	100
6.9 Elektromagnet	101
6.10 Elektromagnet zvoncový	102
6.11 Vedení elektrického proudu v elektrolytech	103
7. Demonstrace improvizovanými prostředky	105
7.1 Ověření Pascalova zákona	106
7.2 Stlačitelnost vzduchu	106
7.3 Ověření stavu beztíže.....	107
7.4 Závislost hydrostatického tlaku na hloubce	107
7.5 Pascalova kouzelná fontána	108
7.6 Karteziánský potápeč	108
7.7 Heronova sluneční fontána.....	109
7.8 Přeměna vody na víno.....	110
7.9 Důkaz atmosférického tlaku I	111
7.10 Důkaz atmosférického tlaku II.....	111
7.11 Důkaz atmosférického tlaku III.....	112

7.12 Výtoková rychlost	113
7.13 Pokus se dvěma kelímky	114
Literatura:	115

Úvodem

Studijní opora Praktikum školních pokusů B volně navazuje na předcházející oporu Praktikum školních pokusů A. Sumarizuje výběr experimentů z řady publikací, z nichž některé jsou obtížně dosažitelné, jedná se především o návody k použití různých souprav k demonstračním pokusům. Opора tvoří ucelený studijní materiál pro posluchače učitelského zaměření. Měla by být instruktivním vodítkem k přípravě a provádění demonstrací realizovaných na základních a středních školách. Při jejich výběru byly zohledněny materiální podmínky a vybavení sbírky katedry fyziky PřF UJEP.

V průběhu výuky se posluchači seznamují s řadou stavebnic, přístrojů, pomůcek, učí se s nimi zacházet a prakticky je používat. Výuku doplňují bloky s praktickými výstupy posluchačů a jejich následnou analýzou.

Předpokládá se, že studijní opora bude sloužit především v elektronické verzi, v níž je možné provádět průběžnou aktualizaci, úpravy a doplňky. Z tohoto důvodu bude autor textu povděčný za jakékoliv připomínky, návrhy a podněty.

PaedDr. Václav Heller

Ústí nad Labem, červen 2010



1. Pokusy z hydromechaniky

Jaké fyzikální jevy demonstrujeme?

- 1.1 Pascalův zákon
- 1.2 Vztlková síla
- 1.3 Rovnováha kapalin ve spojených nádobách
- 1.4 Archimédův zákon
- 1.5 Atmosférický tlak
- 1.6 Manometr
- 1.7 Rychlost a tlak v proudící kapalině
- 1.8 Vodní vývěva
- 1.9 Činnost vodního kola a Peltonovy turbíny

1.1 Pascalův zákon

Pascalův zákon představuje jeden ze základních zákonů hydrostatiky, popisující důsledky působení tlaku v kapalinách. Jeho demonstrace má řadu různých variant, používají se jak pomůcky k tomuto účelu speciálně vyrobené, ale také improvizované, jako jsou např. experimenty s plastovými lahvemi. Této kategorii je věnováno samostatné téma praktika Demonstrace improvizovanými prostředky, a proto se jí nebudeme na tomto místě blíže zabývat. Řada těchto pokusů ukazuje důsledky tlaku v kapalině. Na dno nádoby, na její stěny, a základní důsledek Pascalova zákona – rovnoměrné rozložení tlaku v kapalině při působící vnější síle.



Poznámka:

Připomeňme užívání přesné terminologie fyzikálních veličin vyskytujících se v experimentech. V hydromechanice je např. nutné rozlišovat a správně užívat pojmu tlak, jakožto skalární veličiny a tlakové síly, jako vektorové veličiny. To samozřejmě neplatí jen pro následující oddíl.

a) Tlak působením vnější síly je ve všech místech kapaliny stejný.



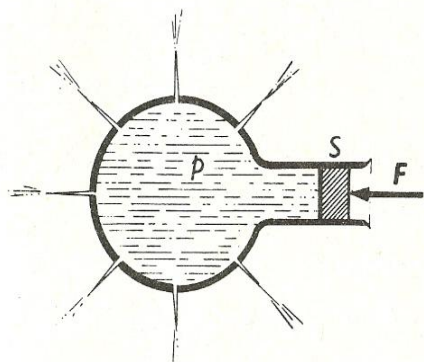
Literatura:

SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole*. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 126

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů I*. 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 34

KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách I. díl*. Praha: SPN, 1967, str. 128

MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. *Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult*. 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 61



Obr. 1.1: Demonstrace Pascalova zákona

voda do baňky a ta je vlivem tlaku uvnitř soustavy vystřikována ven rovnoměrně všemi směry. Aby byla prezentace co nejpřesvědčivější, je nutné nejprve odstranit vzduchové bubliny ze systému. Toho dosáhneme jeho ponořením pod vodu ve vhodné větší nádobě a několika pohyby pístem.

Pomůcka bývá na školách v různém provedení, nejčastěji jako kovový válec s pístem, na nějž je připojena plastová dutá koule s otvory.

Obdobně jev lze tentýž jev demonstrovat pomocí Hartlova přístroje. Jde o válcovou krabičku opatřenou pružnou gumovou blánou. Ta je pomocí trubičky napojena nejčastěji na otevřený vodní manometr. Deformace

blány se přenáší na vodu v manometru. Můžeme tak prokázat skutečnost, že se hydro-

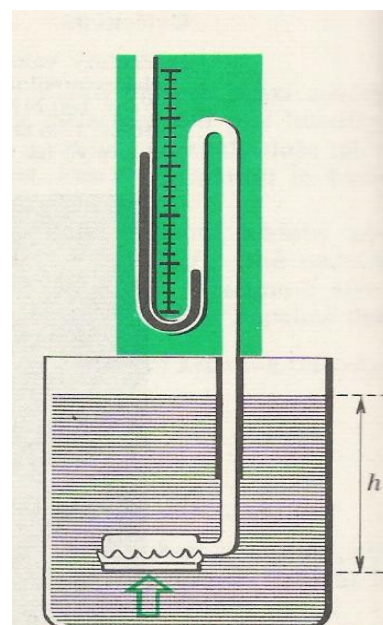
Co všechno potřebujeme?

Skleněnou baňku s otvory a pístem.

Jak na to?

Rovnoměrné rozložení tlakové síly uvnitř kapaliny se nejčastěji demonstruje pomocí baňky s otvory o stejných průřezích. K baňce je připojen válec s pístem, s jehož pomocí je vháněna

voda do baňky a ta je vlivem



Obr. 1.2: Hartlův přístroj připojený na kapalinový manometr

statický tlak zvyšuje s hloubkou ponoření. Krabíčka je dále opatřena dvěma oky pro táhla, jimiž se dá krabíčkou otáčet kolem vodorovné osy. To umožňuje ukázat, že v nádobě s vodou je hydrostatický tlak v daném místě nezávislý na směru působení tlakové síly. Hartlovým přístrojem lze podat důkaz o závislost hydrostatického tlaku na hustotě použitím kapalin s odlišnou hustotou (roztok kuchyňské soli).

b) Tlak v kapalině působící na stěny nádoby.



Literatura:

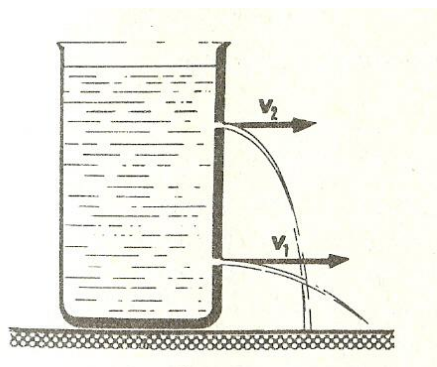
MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. *Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.* 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 62

Co všechno potřebujeme?

Nádobu s otvory ve stěně nad sebou.

Jak na to?

Demonstrace je prováděna pomocí nádoby s otvory umístěnými nad sebou. Slouží k důkazu závislosti tlaku v kapalině na výšce hladiny nad otvorem, z něhož kapalina vytéká. Proud ze spodního otvoru dopadá nejdále od nádoby, protože je zde tlak kapaliny, a tím pádem i tlaková síla, největší.



Obr. 1.3: Výtok kapaliny z nádoby



Úkol:

Pomocí Bernoulliho rovnice odvoďte vztah pro velikost výtokové rychlosti vody z nádoby.

Z vypočtené rychlosti určete vzdálenost, do níž bude proud vody dopadat při konstantní výšce hladiny.

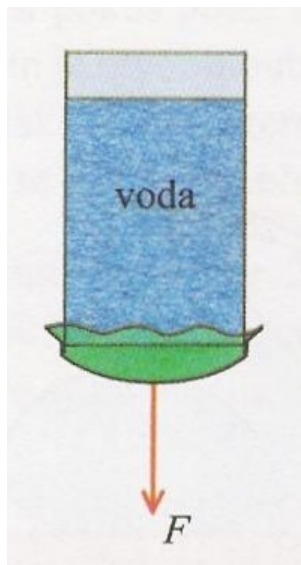
a) Tlak v kapalině působící na dno nádoby



Literatura:

MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. *Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.* 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 61

Co všechno potřebujeme?



Dutý skleněný válec, pružnou gumovou blánu, gumičku.

Jak na to?

Tlak kapaliny na dno je důsledkem tíhové síly kapaliny působící na dno nádoby. Skutečnost, že se tlak kapaliny zvyšuje s výškou sloupce, se nejčastěji demonstruje pomocí dutého skleněného válce, na nějž je navlečena gumová blána. Ta se v důsledku tlaku deformuje směrem ven. Deformace je tím větší, čím je vyšší sloupec kapaliny ve válci. Protože se jedná o důsledek tíhové síly kapalného tělesa, deformace závisí také na hustotě kapaliny.

Obr. 1.4: Tlak kapaliny na dno

1.2 Vztlaková síla



Literatura:

MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. *Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.* 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 63

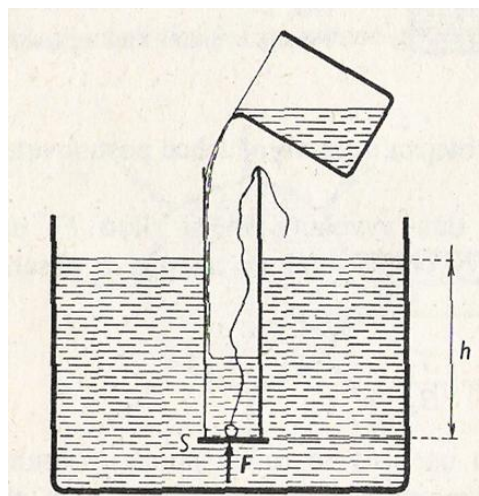
KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách I. díl.* Praha: SPN, 1967, str. 130

Co všechno potřebujeme?

Skleněný válec se zabroušenými podstavami, pohyblivé dno (kovová kruhová destička s očkem a závěsem), skleněnou nádobu s vodou, obarvenou vodu, případně Hartlův přístroj.

Jak na to?

Závěs kruhové destičky provlékneme skleněným válcem a destičku přidržíme k jeho dnu. Poté válec vložíme do nádoby s vodou. I když má kovová destička poměrně velkou hmotnost, nepadá ke dnu nádoby, zůstává přitisknutá ke dnu válce, ani když uvolníme závěs. Příčinou je vztlaková síla působící směrem svisle vzhůru. Nyní můžeme měnit hloubku, do níž ponoříme spodek válce a pozorujeme, ve které je ještě destička přitisknutá ke dnu válce.



Obr. 1.5: Vztlaková síla

Pokud budeme do válce nad destičku pomalu nalévat obarvenou vodu, bude se postupně zvyšovat tíhová síla těles (kapalné těleso, hmotnost destičky) působících v opačném směru vůči vztlakové síle. Jakmile je porušena rovnováha těchto sil, destička odpadne.

	Úkol:
	Z rovnováhy působících sil odvoďte vztah pro velikost vztlakové síly přitlačující kruhovou destičku k válci.

1.3 Rovnováha kapalin ve spojených nádobách

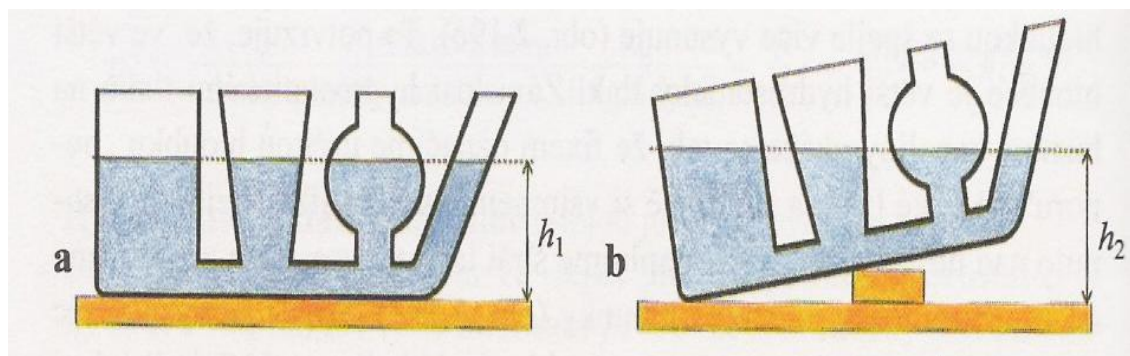
	Literatura:
	MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.</i> 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 64 KAŠPAR, E., VACHEK, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách I. díl.</i> Praha: SPN, 1967, str. 132

Co všechno potřebujeme?

Spojené nádoby, skleněné trubice různých tvarů.

Jak na to?

Chování kapalin v nádobách různých tvarů se nejčastěji demonstruje pomocí sady nazývané spojené nádoby. Jedná se o soustavu skleněných, navzájem propojených trubíc různých tvarů a průřezů. Po naplnění se ustálí kapalina ve stejné výšce a to nezávisle na tvaru trubice.

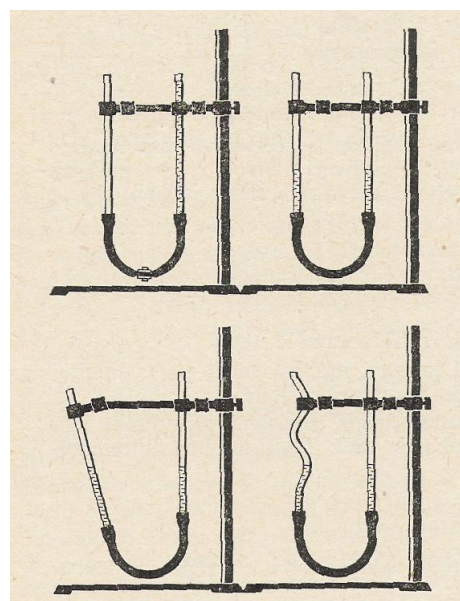


Obr. 1.6: Volná hladina kapaliny se ustálí ve stejné výšce

Obdobným způsobem můžeme tuto vlastnost prokázat pomocí dvou skleněných trubíc spojených gumovou hadicí a upevněných ve stojanu.

Pomocí těchto trubíc lze ukázat řadu jevů, při nichž nastává rovnováha hladin kapaliny.

- přiškrcením gumové hadice nastavíme nestejně vysoké hladiny v trubcích, odstraněním tláčky se hladiny uvedou do rovnovážného stavu.
- jednu, nebo obě trubice nakláníme, zvedáme, hladiny budou opět ve stejné výši.
- lze využít různě tvarované trubice, trubice s rozdílným průřezem, hladiny se vždy ustálí ve stejné výši.
- při umístění jedné z trubíc výše než druhé, na jejím konci zúžené, můžeme ukázat princip vodotrysku, kdy proud vystřikuje téměř do výše první trubice.



Obr. 1.7: Dvě trubice jako spojené nádoby

1.4 Archimédův zákon

V učivu fyziky náleží Archimédův zákon k náročným tématům. Stejně náročným bývá i jeho přiblížení žákům co možná nejnázornější formou. V literatuře najdeme řadu demonstračních experimentů, směřujících k objasnění důsledků Archimédova zákona:

a) *Demonstrace pomocí laboratorních vah*

	Literatura: MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.</i> 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 65 KAŠPAR, E., VACHEK, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách I. díl.</i> Praha: SPN, 1967, str. 133
---	--

Co všechno potřebujeme?

Laboratorní váhy, sadu závaží, sadu pro demonstraci Archimédova zákona, dvě kádinky, nízký stoleček, pipetu.



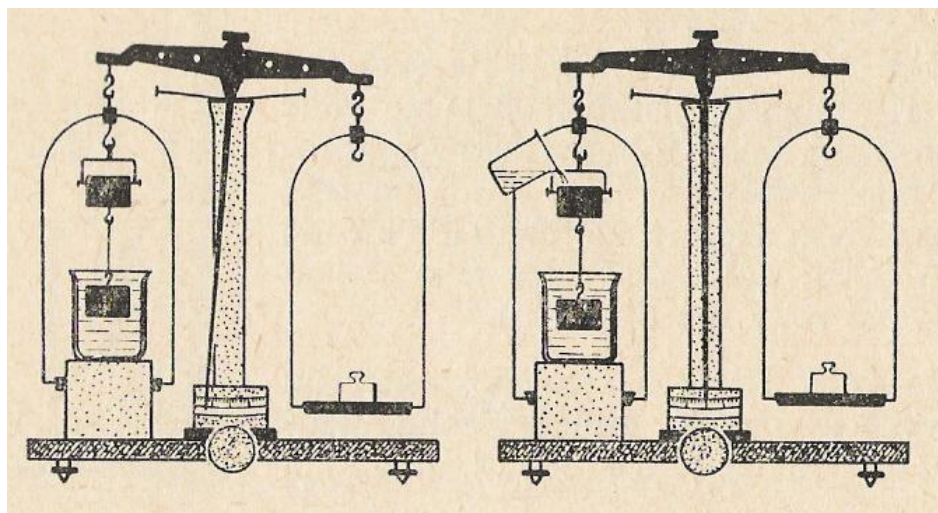
Obr. 1.8: Souprava pro demonstraci Archimédova zákona

Jak na to?

K demonstraci Archimédova zákona slouží pomůcka, sestávající z duté nádoby, do níž přesně zapadá plný válec. Objem dutiny nádoby je tedy stejný, jako je objem plného válce.

Nad jednu z misek vah umístíme stoleček ve tvaru písmene U tak, aby misku překrýval, ale miska se mohla volně kývat.

Na úchyt misky k rameni vah upevníme háčkem dutou nádobu a pod ní zavěsíme plný válec. Váhy vyvážíme. Poté umístíme na stoleček kádinku s přiměřeným množstvím vody tak, aby plný váleček v ní byl zcela ponořen. Ten je ve vodě nadlehčován vztlakovou silou, což se projeví porušením rovnováhy misek vah. Rovnováhu obnovíme tak, že dutinu nádoby naplníme vodou. Tíhou vody v duté nádobě kompenzujeme vztlakovou sílu, již je plný válec ve vodě nadlehčován.



Obr. 1.9: Ověření Archimédova zákona pomocí plného a dutého válce

Modifikaci předcházející demonstrace provedeme tak, že na jednu z misek umístíme dutou nádobu, na druhou kádinku s vodou a váhy vyvážíme. Do vody ponoříme plný váleček, který upevníme na stojánek mimo váhy. Rovnováha je opět porušena vlivem působící vztlačové síly působící na plný váleček. Obnovení rovnováhy nastolíme opět doplněním vody po okraj duté nádoby. V obou případech používáme k přesnému závěrečnému doplnění vody pipetu, kapátko apod.

b) *Demonstrace pomocí siloměru*

	Literatura:
	SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů I.</i> 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 37
	MAZÁČ, J. HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.</i> 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 65

Co všechno potřebujeme?

Siloměr, sadu pro demonstraci Archimédova zákona, dvě kádinky.

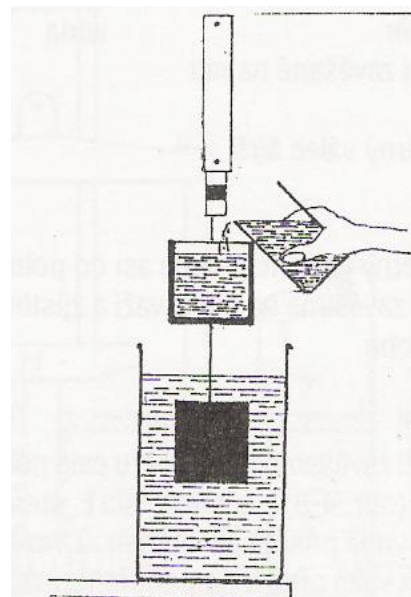
Jak na to?

Na siloměr zavěsíme nad sebou dutou nádobu a plný váleček. Určíme velikost tíhové síly. Plný váleček pak ponoříme celým objemem do kádinky s vodou. Siloměr ukáže

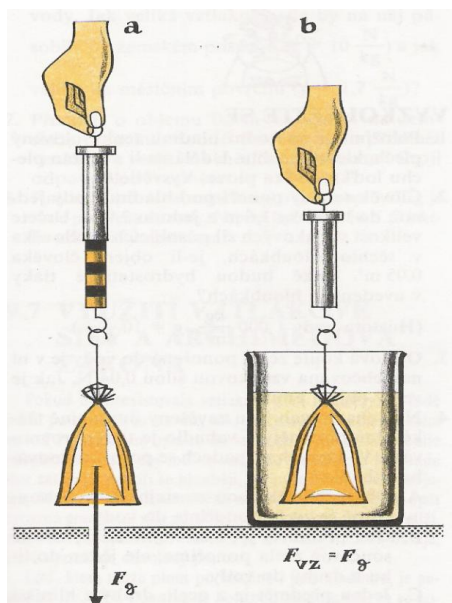
menší hodnotu tíhové síly, neboť na plný váleček působí vztlaková síla. Původní prodloužení siloměru docílíme naplněním duté nádoby po okraj vodou. To dokazuje shodu velikosti vztlakové síly a tíhy vody v duté nádobě.

Místo siloměru lze použít jakoukoliv pružinu nebo gumové vlákno přiměřené tuhosti s ukazatelem velikosti výchylky.

Obr. 1.10: Ověření Archimédova zákona pomocí siloměru



c) *Demonstrace pomocí balónku s vodou*



Obr. 1.11: Ověření Archimédova zákona pomocí sáčku naplněného vodou

Co všechno potřebujeme?

Gumový balónek (malý igelitový sáček), siloměr, nádoba s vodou.

Jak na to?

Použijeme gumový balónek (malý igelitový sáček apod.) naplněný vodou. Siloměrem určíme jeho tíhovou sílu a poté balónek ponoříme celý do nádoby s vodou. Siloměr ukáže nulovou hodnotu. Z toho lze vyvodit, že vztlaková síla působící na balónek s vodou je rovna tíze kapaliny, téhož objemu. Za podmínky, že můžeme zanedbat hmotnost materiálu balónku.

d) *Demonstrace pomocí odměrného válce*



Literatura:

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů I.* 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 39

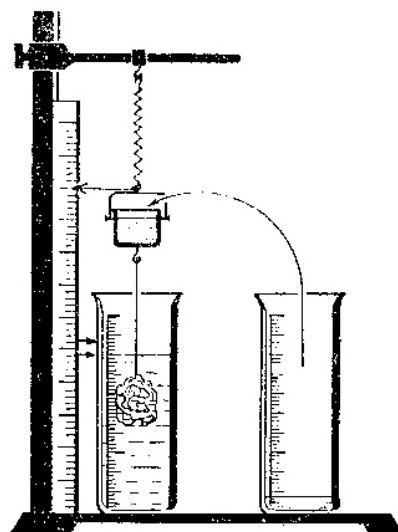
KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách I. díl.* Praha: SPN, 1967, str. 128

Co všechno potřebujeme?

Pružinu s ukazovatelem, měřítko, dutou nádobu (ze soupravy pro demonstraci Archimédova zákona), odměrný válec, odměrku, nerozpustné těleso.

Jak na to?

Na stojan s upevněnou stupnicí zavěsíme pružinu, na ní dutou nádobu (viz předcházející varianty pokusu) a pod nádobu zavěsíme předmět (může být i nepravidelného tvaru, ale nerozpustný ve vodě). Do odměrného válce (nádoby se stupnicí) nalijeme vodu a výšku hladiny označíme, označíme i základní polohu pružiny na stupnici. Poté ponoříme těleso do vody. Prodloužení pružiny se zmenší. Na odměrném válci určíme změnu objemu vody a stejné množství vody odměříme v jiné odměrné nádobě a nalijeme do duté nádoby. Ukazatel prodloužení pružiny se vrátí do původní označené polohy na stupnici.



Obr. 1.12: Ověření Archimédova zákona pomocí odměrného válce



e) Demonstrace pomocí odměrného válce a siloměru



Literatura:

SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole*. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 141

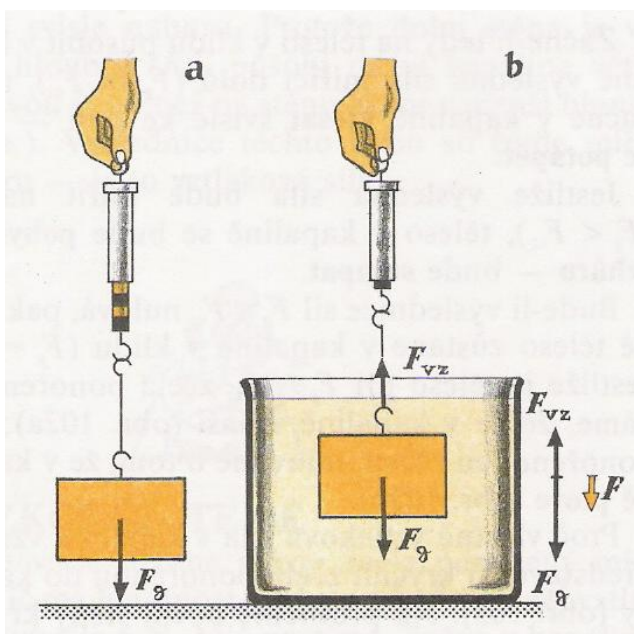
MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. *Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult*. 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 133

Co všechno potřebujeme?

Odměrný válec, siloměr, těleso.

Jak na to?

Pomocí siloměru určíme tíhu tělesa na vzduchu a ve vodě. Rozdíl těchto hodnot představuje velikost vztlačové síly. Změříme-li pak objem tělesa v odměrném válci, zjistíme, že tento objem vody má stejnou tíhu, jako byl rozdíl hodnot tíhové síly na vzduchu a ve vodě.



Obr. 1.13: Ověření Archimédova zákona pomocí odměrného válce a siloměru



Úkol:

Odvoďte vztah pro velikost vztlačové síly z rozdílu hydrostatického tlaku působícího na horní a dolní podstavy kvádry.

1.5 Atmosférický tlak



Literatura:

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů I.* 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 39

KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách I. díl.* Praha: SPN, 1967, str. 137

Co všechno potřebujeme?

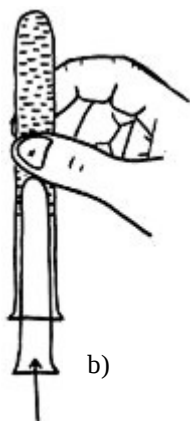
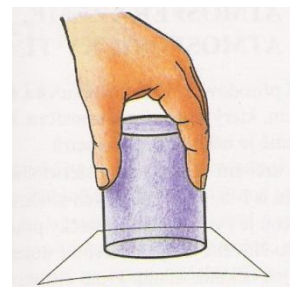
Sklenici s rovnými okraji, karton papíru, dvě zkumavky zasouvateľné do sebe, skleněné trubice, odměrku.

Jak na to?

Důsledky atmosférického tlaku, můžeme ukázat na více experimentech. V praktických provedeme následující tři ukázky:

a) Sklenici s rovným okrajem naplníme po okraj vodou. Přiložíme karton papíru (plastu), slabě přitiskneme k okraji a převrátíme dnem vzhůru. Vlivem atmosférického tlaku voda nevyteče.

a)

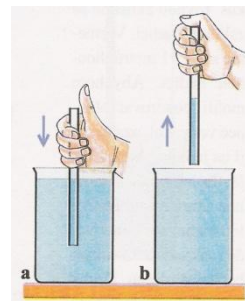


b)

b) Zkumavku o větším průměru naplníme vodou, vsuneme do ní zkumavku menšího průměru a převrátíme. Voda z větší zkumavky vytéká a vlivem atmosférického tlaku je vtlačována menší zkumavka vzhůru do větší.

c) Skleněnou trubičku naplníme vodou, jeden konec zazátkujeme nebo uzavřeme prstem. Obrátíme-li trubičku volným koncem dolů, atmosférický tlak nedovolí vodě z trubice vytéci.

c)



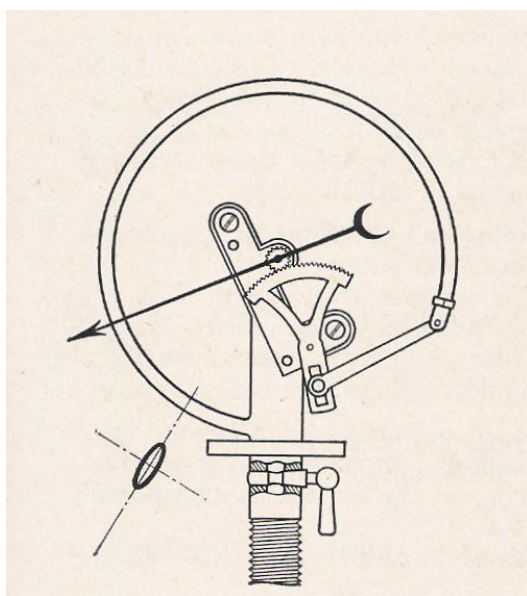
	Úkol: a) Pro případy a), d) odvoďte vztah pro rovnováhu sil působících na kapalně těleso. b) Diskutujte příčinu vtahování menší zkumavky do větší.
---	--

1.6 Manometr

	Literatura: SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů I.</i> 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 39
---	---

Co všechno potřebujeme?

Deformační manometr, gumovou hadičku, „dobrý dech“.



Obr. 1.14: Deformační manometr

Jak na to?

Manometr je přístroj k měření tlaku. K demonstraci přetlaku použijeme kovový manometr spojený gumovou hadičkou s balónkem. Manometr registruje změnu tlaku. Při použití vhodného manometru dokážeme změnu výchylky vyvolat vdechnutím vzduchu do hadičky.

1.7 Rychlost a tlak v proudící kapalině

	Literatura: SVOBODA, E. <i>Pokusy z fyziky na střední škole</i>. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 154 SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů I</i>. 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 42 KAŠPAR, E., VACHEK, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách I. díl</i>. Praha: SPN, 1967, str. 150 MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult</i>. 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 76
---	---

Co všechno potřebujeme?

Nádobu s výtokovou trubicí u dna – se stejným a různým průřezem, pravítko, zátku.

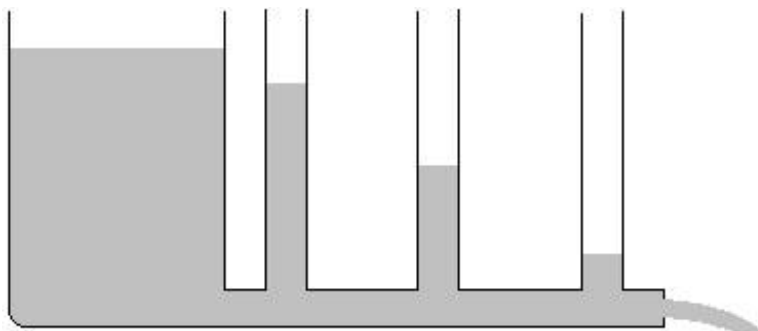
Jak na to?

Rychlost a tlak v proudící kapalině se mění v souladu s Bernoulliho rovnicí. K demonstraci změn těchto veličin slouží propojená soustava skleněných nádob, sloužících jako manometrické trubice. Ty slouží jako indikátor změny tlaku v daném místě.

Výtoková trubice má buď stejný průřez v celé své délce, nebo může být v různých místech zúžena.

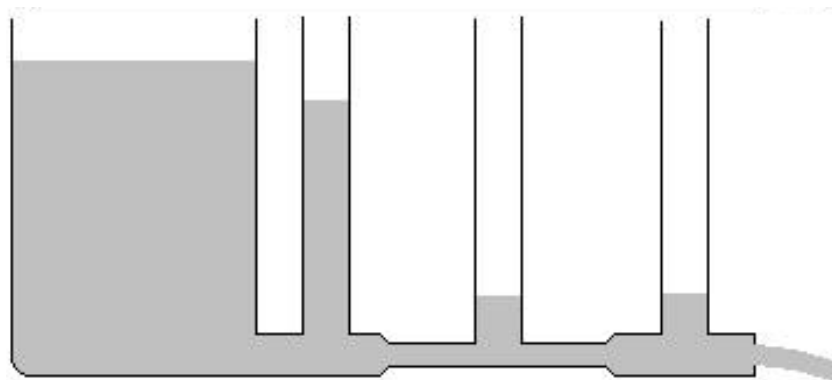
a) Nádobu s výtokovou trubicí o stejném průřezu. Výtokový otvor nádoby uzavřeme. Volná hladina vody se chová jako ve spojených nádobách. Po otevření výtokového otvoru poklesnou hladiny vody stejnoměrně směrem k místu výtoku.

Pokles hladiny vody ukazuje současně i pokles tlaku v daném místě. Pokles hladiny je lineární, můžeme přiložit pravítko spojující různé výšky hladin.



Obr. 1.15: Výtok kapaliny trubicí o stejném průřezu

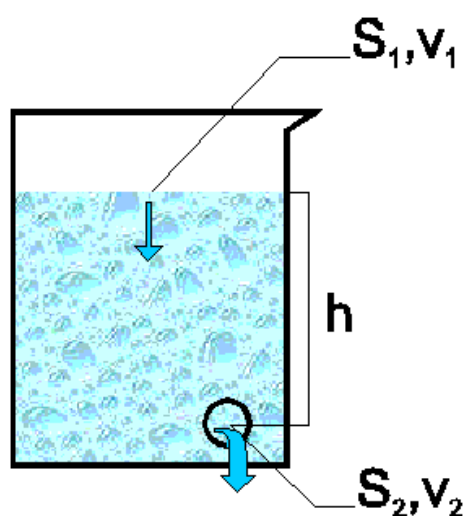
b) Nádoba s výtokovou trubicí proměnného průřezu. Toto uspořádání umožňuje ukázat, že v místě zúžené průtokové trubice je nižší tlak na úkor vyšší rychlosti vody.



Obr. 1.16: Výtok kapaliny trubicí o různém průřezu

Poznámka: prokazatelný výsledek obdržíme, pokud není podél trubice velký spád tlaku a je-li trubice dost zúžena.

	Úkol: Analyzujte děj. Pomocí Bernoulliho rovnice a doložte vztahy mezi rychlostí proudící kapaliny a tlakem v daném místě trubice.
---	---

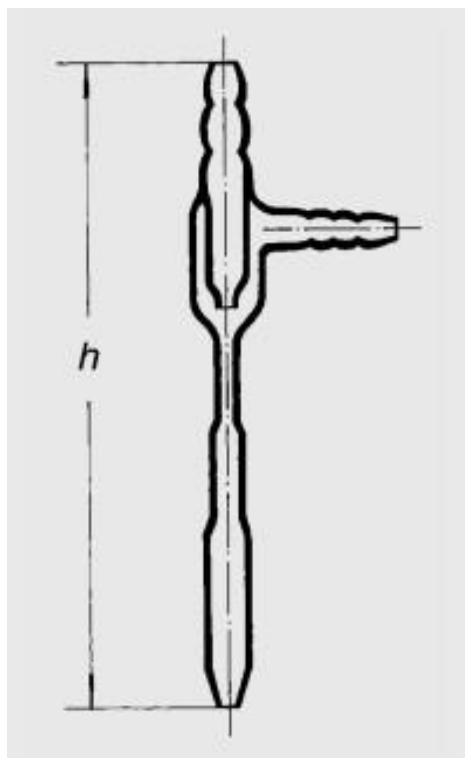


1.8 Vodní vývěva

	Literatura: SVOBODA, E. <i>Pokusy z fyziky na střední škole</i>. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 152 SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů I</i>. 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 42 KAŠPAR, E., VACHEK, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl</i>. Praha: SPN, 1967, str. 144 MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult</i>. 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 77
---	---

Co všechno potřebujeme?

Skleněný model vodní vývěvy, gumové hadičky vhodného průřezu, otevřený manometr.



Jak na to?

Princip vodní vývěvy využívá skutečnosti, že vlivem proudící vody v uzavřeném prostoru vzniká podtlak. Průtokovou trubici připojíme pomocí gumové hadice k vodovodní baterii, sací trubici k otevřenému manometru s obarvenou vodou. Protéká-li vývěvou voda, manometr indikuje pokles tlaku v průtokové komoře.

Obr. 1.17: Model vodní vývěvy

1.9 Činnost vodního kola a Peltonovy turbíny



Literatura:

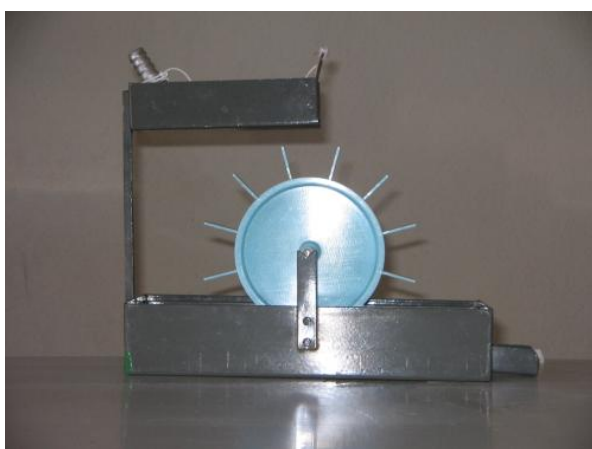
MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. *Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.* 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 85

Co všechno potřebujeme?

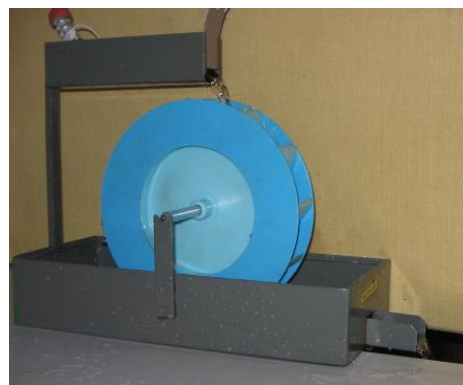
Model vodního kola, Peltonovy, Francisovy turbíny.

Jak na to?

Vodní kolo je historicky jedno z nejstarších zařízení, kterými si člověk dokázal podmanit a využít přírodní síly. Na řadě škol je pomůcka, sestávající z kovového modelu náhonu, na nějž lze připevnit několik typů vodních kol, které sada obsahuje. Do náhonu přivedeme vodu gumovou hadičkou z vodovodní baterie a můžeme pozorovat účinnost vodního toku na různé typy kol.



Obr. 1.17: Model vodního kola



*Umístění sady pomůcek pro pokusy na téma **Hydrostatika**: učebna 345, skříňka číslo 4 a 5.*

***Pracoviště:** demonstrační stůl.*

2. Elektrostatika

Jaké fyzikální jevy demonstrujeme?

- 2.1 Zelektrování těles
- 2.2 Druhy elektrického náboje
- 2.3 Pokusy s elektroskopy
- 2.4 Dělitelnost náboje
- 2.5 Vodiče a nevodiče elektřiny
- 2.6 Znázornění elektrických siločar
- 2.7 Zelektrování vodiče indukcí
- 2.8 Demonstrace vázané a volné elektřiny
- 2.9 Sršení náboje z hrotu
- 2.10 Sání náboje hrotem
- 2.11 Elektrostatické zdroje – indukční elektrika a van de Graafův generátor

Úvod

Elektrostatika představuje vstup do poměrně širokého tematického celku – elektřina. Všeobecně je známo, že ne vždy jsou pokusy a demonstrace v elektrostatice úspěšné. Velmi často je důvodem prostředí, v němž se pokusy provádějí. Mělo by mít co nejmenší vlhkost. Ta je totiž nejčastější příčinou odvedení či rozptylu elektrického náboje, s nímž pracujeme. Splnění této podmínky může být problémem ve třídě plné žáků nebo za sychravého počasí. Rovněž pomůcky, nejčastěji zhotovených z dielektrik, nesmí být vlhké nebo chladné. Proto se doporučuje je před pokusy mírně nahřát (50 – 60 °C), rovněž je dobré mít k dispozici desky z polystyrenu, sloužící jako izolační podložky. Při některých experimentech je vhodné části přístrojů uzemnit.



Poznámka:

Pozor na terminologii:

- dominantní náboj
- náboj se neztrácí
- náboj se na tyčích „nevyrábí“

2.1 Zelektrování těles

	Literatura: SVOBODA, E. <i>Pokusy z fyziky na střední škole</i> 3. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 10 SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů I.</i> 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 72 ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách II. díl.</i> 1. vydání. Praha: SPN, 1971, str. 64 MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.</i> 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 154
---	--

Co všechno potřebujeme?

Skleněnou tyč s kůží, vinidurovou tyč s flanelem, drobné kousky papíru, bavlněnou tkaninu, kůži, (sufitovou doutnavku).

Jak na to?

Při prezentaci pokusů z elektrostatiky je vhodné žákům průběžně připomínat skutečnost, že elektrické náboje se třením nevyrábějí, nýbrž prostorově oddělují. V jedné látce nastává nadbytek elektronů, označujeme ji za záporně nabitou (-), v druhé jich je nedostatek, převládají náboje kladné, označujeme ji za kladně nabitou (+).



Obr. 2.1: Zelektrovaná tyč

Tradičně se k zelektrování těles používaly vinidurové a skleněné tyče. Dnes je možné využít i jiné materiály a výrobky, např. z PVC, které třeme vhodnou tkaninou, skleněnou tyč kouskem jelenicové kůže. Takto zelektrovaná tělesa působí na tělesa bez nábo-

je, jako jsou kousky jemného papíru, kuličky polystyrenu, vlasy, atd. Přítomnost náboje lze ukázat dotykem tyče sufitovou doutnavkou, která se na okamžik rozzáří.

Úmluvou je považován náboj převažující na vinidurové (novodurové) tyči za záporný, a na skleněné za kladný.

2.2 Druhy elektrického náboje

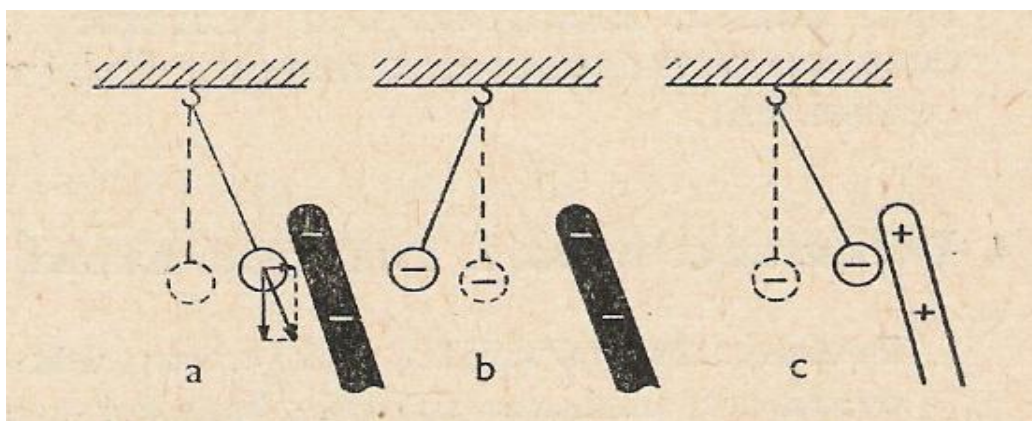
	Literatura: SVOBODA, E. <i>Pokusy z fyziky na střední škole 3.</i> 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 14 - 16 ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách II. díl.</i> 1. vydání. Praha: SPN, 1971, str. 64 MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.</i> 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 155
---	---

Co všechno potřebujeme?

Elektrické kyvadélko, vinidurovou, skleněnou tyč, bavlněnou tkaninu, kůži.

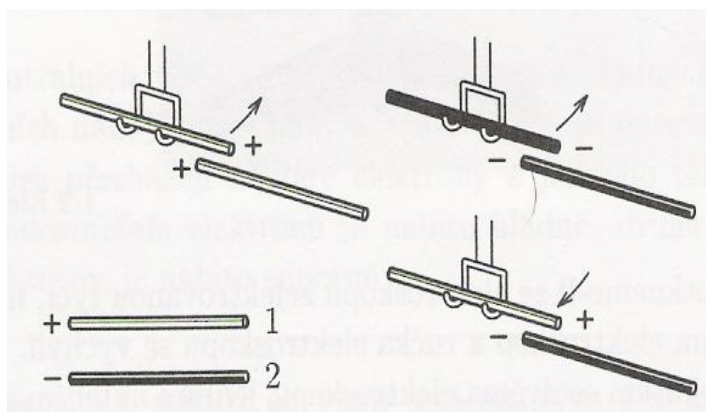
Jak na to?

a) Pomocí elektrického kyvadélka a zeлектроvané tyče demonstrujeme její silové působení na neutrální těleso – kuličku kyvadélka. Ta je nejprve přitažena k tyči, z ní se na ni přenese část náboje. Protože se jedná o náboje stejného druhu, je vzápětí kulička od tyče odpuzována. Přiblížíme-li pak skleněnou tyč s kladným nábojem, je opět kulička přitažena, záporný náboj je kompenzován nábojem kladným.



Obr. 2.2: Působení zeлектроvané tyče na neutrální těleso

b) Existenci a vlastnosti dvou druhů elektrických nábojů lze prokázat pomocí dvou různě zelektrizovaných tyčí.



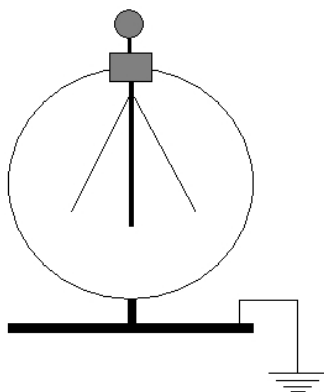
Obr. 2.3: Chování dvou druhů nábojů

Jednu z nich umístíme do papírového sedla, zavěšeného na silonovém závěsu. Po přiblížení tyče s opačným nábojem se zavěšená tyč začne otáčet a přitahovat. Pokud stejným způsobem přiblížíme tyč se shodným nábojem, bude se odpuzovat.

Těmito dvěma pokusy prokazujeme dva druhy nábojů, kladný (+), záporný (-) a také jejich vlastnosti: dva souhlasné náboje se odpuzují, nesouhlasné přitahují.

2.3 Pokusy s elektroskopy

	Literatura:
	SVOBODA, E. <i>Pokusy z fyziky na střední škole 3.</i> 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str.
	SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů I.</i> 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 73
	ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách II. díl.</i> 1. vydání. Praha: SPN, 1971, str. 64
	MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.</i> 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 155



Co všechno potřebujeme?
Elektroskop lístkový, případně stéblový, vinidurovou, skleněnou tyč, bavlněnou tkaninu, kůži.

Obr. 2.4: Lístkový elektroskop

Jak na to?

Elektroskop je zařízení na detekci elektrického náboje. Jeho princip je založen na silovém působení dvou, elektricky souhlasně, nabitých těles. U lístkového elektroskopu se odpuzují dva kovové lístky nebo jeden z lístků je pevný, spojený se sběrnou kondenzátorovou deskou vně elektroskopu. Některé elektroskopy mají stupnici umožňující sledovat velikost výchylky lístků. Vše bývá umístěno v kovové skřínce, v přední a zadní části prosklené. Elektroskopem pouze indikujeme přítomnost elektrického náboje, nikoliv jeho velikost.



Obr. 2.5: Elektroskop stěblový

Pomocí elektroskopu provádíme celou řadu pokusů, část z nich je uvedena v dalším textu.

2.4 Dělitelnost náboje

	Literatura: SVOBODA, E. <i>Pokusy z fyziky na střední škole 3.</i> 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 13 (Sčítání elektrického náboje) SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů I.</i> 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 74 ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách II. díl.</i> 1. vydání. Praha: SPN, 1971, str. 64 MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.</i> 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 156
--	--

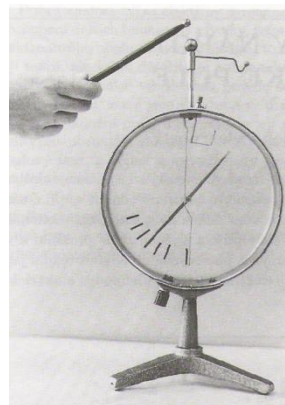
Co všechno potřebujeme?

Elektroskop, indukční elektriku, skleněnou nebo vinidurovou tyč, kůži, bavlněnou tkaninu, zkusnou kuličku.

Jak na to?

Elektrické náboje jsou dělitelné a lze je přenášet. Náboj přenášíme zkusnou kuličkou z jednoho pólu elektriky. Výchylka elektroskopu a tedy i velikost náboje na něm po-

stupně roste. Přenášíme-li na náboj z druhého pólu elektřiny s opačným nábojem, výchylka elektroskopu klesá. Původní náboj je eliminován nábojem novým. Náboj můžeme z elektroskopu odvádět, odebírat zkusnou kuličkou na jiné vodivé předměty. Při použití novodurové a skleněné tyče musíme počítat s tím, že náboj na nich je vázán na jednotlivá místa tyče.



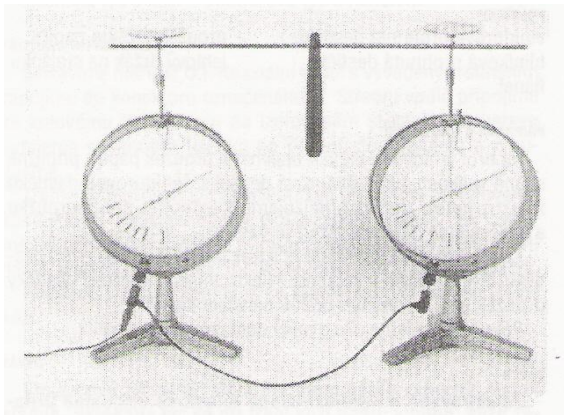
Obr. 2.6: Postupné přenášení náboje na elektroskop

2.5 Vodiče a nevodiče elektřiny

	Literatura:
	SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů I.</i> 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 74 ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách II. díl.</i> 1. vydání. Praha: SPN, 1971, str. 65 MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.</i> 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 156

Co všechno potřebujeme?

Dva elektroskopy, tyče z různého materiálu (kov, sklo, plast, dřevo).



Obr. 2.7: Vodivé spojení dvou elektroskopů

Jak na to?

Dva elektroskopy postupně spojujeme tyčemi z různých materiálů. Na jeden z elektroskopů přenášíme náboj a pozorujeme výchylku druhého elektroskopu. Podle ní určujeme, zda se náboj prostřednictvím tyče přemístil a tedy do jaké míry je daný materiál elektricky vodivý. Při pokusu používáme nejen různý materiál

(kov, sklo, vinidur, nit, provázek, guma, porcelán, dřevo), ale měníme i jeho vlastnosti (suchý, vlhký).

Jak bylo uvedeno v úvodu – úspěšnost pokusu je závislá na okolních podmínkách a aktuálních vlastnostech daného materiálu.

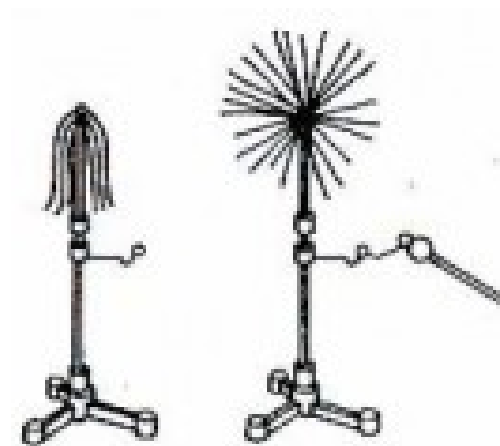
2.6 Znázornění elektrických siločar

	Literatura: SVOBODA, E. <i>Pokusy z fyziky na střední škole</i> 3. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 17 (Pokus s chocholem) ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách II. díl</i>. 1. vydání. Praha: SPN, 1971, str. 66 MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.</i> 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 157
---	--

Co všechno potřebujeme?

Indukční elektřinu, papírové chocholy, spojovací vodiče.

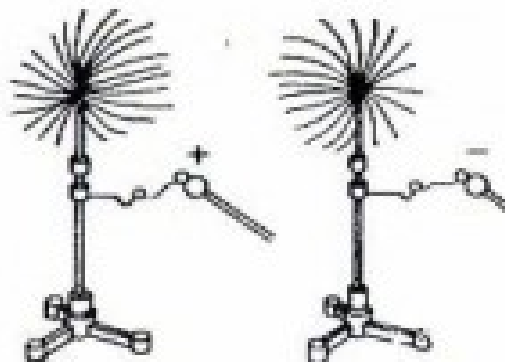
Jak na to?



Obr. 2.8: Modelování elektrických siločar papírovým chocholem

Modelování elektrických siločar elektrostatického pole prezentuje řada pokusů s elektrickými chocholy a obdobnými pomůckami. Postupně realizujeme pokus s jedním chocholem, na nějž přeneseme pomocí indukční elektřiny náboj. Papírové proužky znázorňují směr elektrických siločar, shodný se směrem intenzity elektrického pole. Dále modelujeme chování dvou chocholů souhlasně a nesouhlasně nabitých. Hedvábné papírky

chocholu se dají nahradit pásky z magnetofonové kazety nebo tenkými silonovými vlákny.



Obr. 2.9: Model elektrických siločar mezi nesouhlasně nabitými chocholy

2.7 Zelektrování vodiče indukcí

	Literatura: SVOBODA, E. <i>Pokusy z fyziky na střední škole</i> 3. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 38 SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů I.</i> 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 74 ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách II. díl.</i> 1. vydání. Praha: SPN, 1971, str. 72 MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.</i> 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 158
--	--

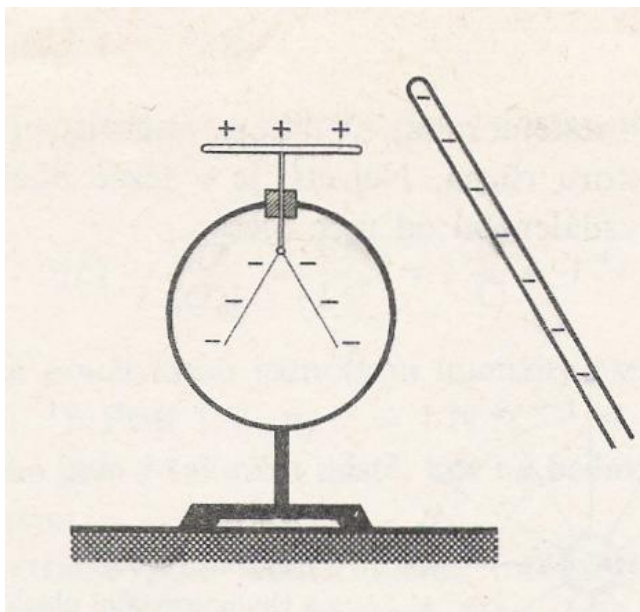
Co všechno potřebujeme?

Elektroskop, vinidurovou tyč, skleněnou tyč, hedvábnou tkaninu, kůži.

Jak na to?

Indukce je jedním ze základních jevů elektrostatiky, představující určitou etapu při zelektrování těles. Je velmi důležité ji připomínat žákům při každém pokusu.

Zelektrování těles se začne projevovat již při přiblížení zelektrované tyče k elektroskopu. Při indukci se sběrná kondenzátorová deska elektroskopu nabíjí opačným nábojem – označujeme jej jako náboj vázaný, lístky elektroskopu souhlasným nábojem než je konec elektrované tyče – hovoříme o náboji volném.



Obr. 2.10: Zelektrování elektroskopu indukcí

2.8 Demonstrace vázané a volné elektřiny

	Literatura: SVOBODA, E. <i>Pokusy z fyziky na střední škole 3.</i> 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 39 SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů I.</i> 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 75 ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách II. díl.</i> 1. vydání. Praha: SPN, 1971, str. 72 MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.</i> 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 159
--	--

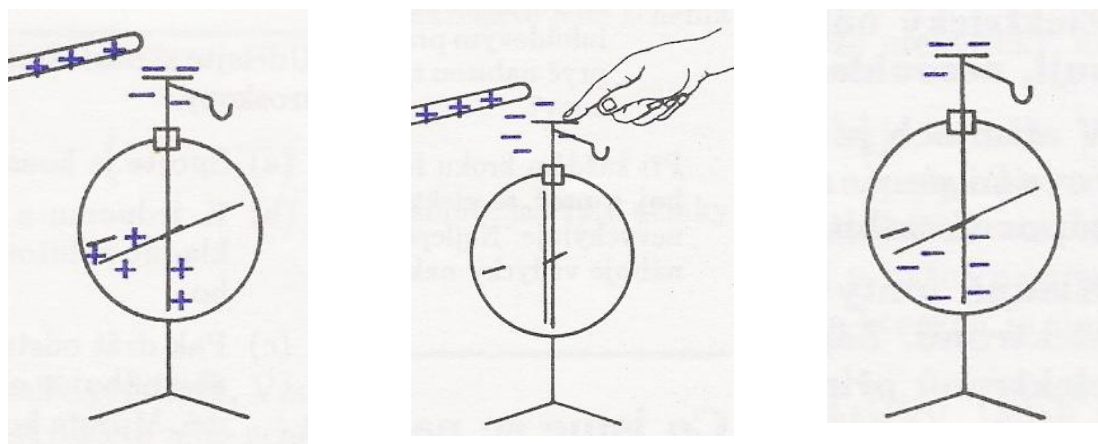
Co všechno potřebujeme?

Dva elektroskopy, vinidurovou tyč, skleněnou tyč, hedvábnou tkaninu, kůži, spojovací kovovou tyč.

Jak na to?

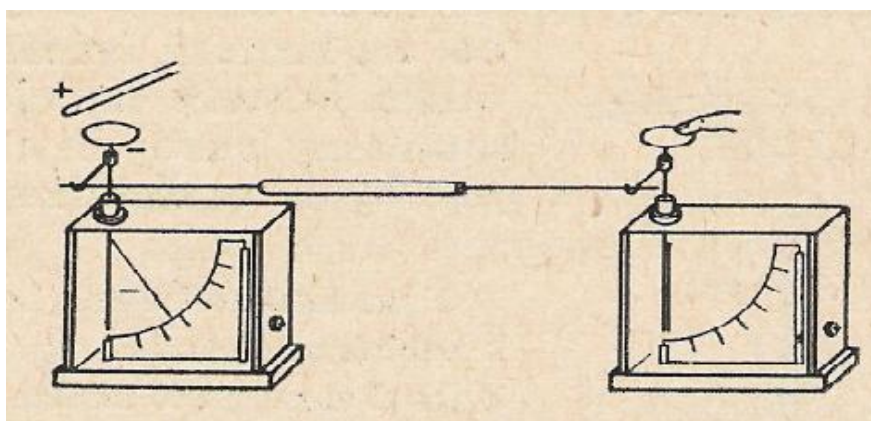
Demonstraci vázaného a volného náboje můžeme provést několika způsoby:

a) K elektroskopu přiblížíme zeлектроvanou tyč. Indukcí se sběrná kondenzátorová deska elektroskopu nabije vázaným opačným nábojem, než je konec tyče. Aniž bychom nabitou tyč od elektroskopu oddálili, dotkneme se prstem druhé ruky desky elektroskopu. Tím odvedeme volný náboj do země a po následném přerušení dotyku rukou a oddálení tyče se vázaný náboj rozšíří na celý elektroskop a ten bude nabit opačným nábojem než zeлектроvaná tyč.



Obr. 2.11: Demonstrace vázaného a volného náboje pomocí jednoho elektroskopu

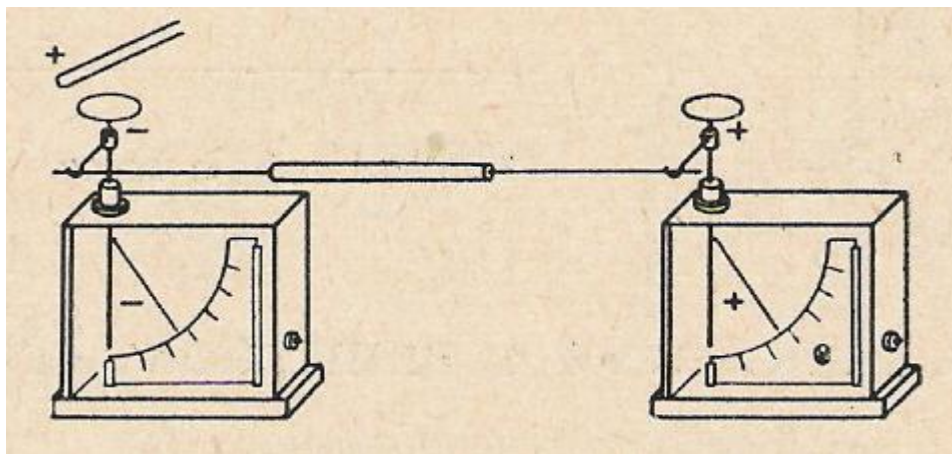
b) Dva elektrometry spojíme kovovou tyčí s izolačním držadlem. K jednomu z elektrometrů přiblížíme zeлектроvanou tyč a kovovou tyč odejmeme. Pak oddálíme zeлектроvanou tyč.



Obr. 2.12a: Demonstrace volného a vázaného náboje pomocí dvou elektroskopů

Oba elektroskopy zůstanou nabité. Přiblížíme-li opět zeлектроvanou tyč k elektroskopu, který byl při indukování blíže, zjistíme, že je nabit nesouhlasně vůči

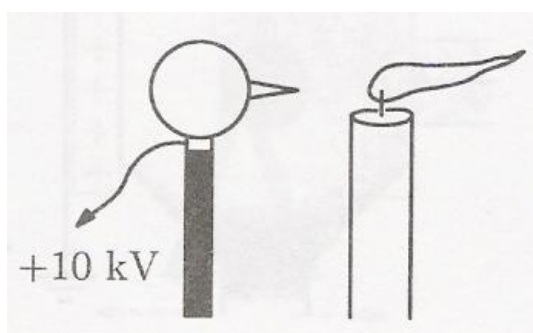
tyči, vzdálenější souhlasně. Při souhlasném náboji zeledrované tyče a elektroskopu se výchylka lístků elektroskopu zvětší, při nesouhlasných nábojích se zmenší. Vrátime-li zpět spojovací kovovou tyč, elektroskopy se vybijí. Pokus ukazuje přítomnost indukovaných nábojů opačných a stejně velkých.



Obr. 2.12b: Demonstrace volného a vázaného náboje pomocí dvou elektroskopů

2.9 Sršení náboje z hrotu

	Literatura:
	SVOBODA, E. <i>Pokusy z fyziky na střední škole 3.</i> 1. vydání Praha: Prometheus, 1997, str. 31
	SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů I.</i> 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 76
	ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách II. díl.</i> 1. vydání Praha: SPN, 1971, str. 70
	MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.</i> 2. vydání Praha: SPN, 1964, str. 159



Co všechno potřebujeme?

Indukční elektriku, vodič s hrotem na izolovaném podstavci, svíčku, zápalky, spojovací vodiče.

Obr. 2.13: Sršení náboje z hrotu

Jak na to?

Experiment dokazuje skutečnost, že na malé ploše nabitého tělesa je vysoká hustota náboje a za určitých podmínek může dojít k jeho úniku do prostoru. Hovoříme o sršení náboje. Děje se tak u hrotů. Těleso s hrotem nabíjíme indukční elektrickou, jejíž druhý pól uzemníme. Efekt sršení náboje zvýšíme umístěním hořící svíčky před hrot. Plamen svíčky se vlivem proudu iontů (elektrický vítr) vychyluje. Při nasměrování hrotu směrem k desce elektroskopu, se vlivem přenosu nábojů nabíjí. Obdobného efektu dosáhneme umístěním „větrníčku“ na hrot Van de Graaffova generátoru.

2.10 Sání náboje hrotem



Literatura:

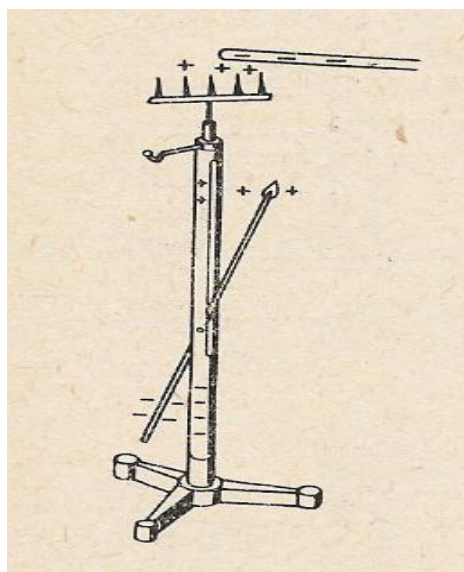
SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole* 3. 1. vydání Praha: Prometheus, 1997, str. 34

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů I.* 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 77

MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. *Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.* 2. vydání Praha: SPN, 1964, str. 160

Co všechno potřebujeme?

Stéblový elektroskop s nasazeným hřebínkem, vinidurovou tyč, bavlněnou tkaninu.



Jak na to?

Opačný jev – skutečnost, že hroty mohou ze svého okolí nasávat náboj, demonstrujeme pomocí elektroskopu, na nějž umístíme kovový hřebínek. Přiblížíme-li k elektroskopu nabitou tyč, indukuje se na hrotech hřebínku vázaný náboj, opačný vůči náboji tyče. Dochází k jevu, jako by hřebínek nasával náboj ze svého okolí, což dokazuje výchylka lístků elektroskopu.

Obr. 2.14: Sání náboje hrotem

2.11 Elektrostatické zdroje – indukční elektrika a Van de Graaffův generátor

Co všechno potřebujeme?

Indukční elektriku, Van de Graaffův generátor.

	Literatura: SVOBODA, E. <i>Pokusy z fyziky na střední škole 4.</i> 1. vydání Praha: Prometheus, 2001, str. 250 SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů III.</i> 1. vydání. Praha: UK, 1995, str. 27 a 67 ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách II. díl.</i> 1. vydání Praha: SPN, 1971, str. 11
---	---

a) Indukční (Wimshurstova) elektrika

Jedná se o dva plastové kotouče, na jejichž obvodu jsou na odvrácených stranách staniolové polepy. Oba kotouče se pomocí převodového mechanismu otáčejí na společné ose proti sobě. Z obou stran na polepy doléhají kovové kartáčky na dvou vzájemně kolmých raménkách (vyrovnávače). Každé raménko tak na kotouči vodivě spojuje na kotouči vždy dva protilehlé polepy. Dále jsou na pevné části elektriky podkovovité sběrače s hrotem, které z obvodu kotoučů



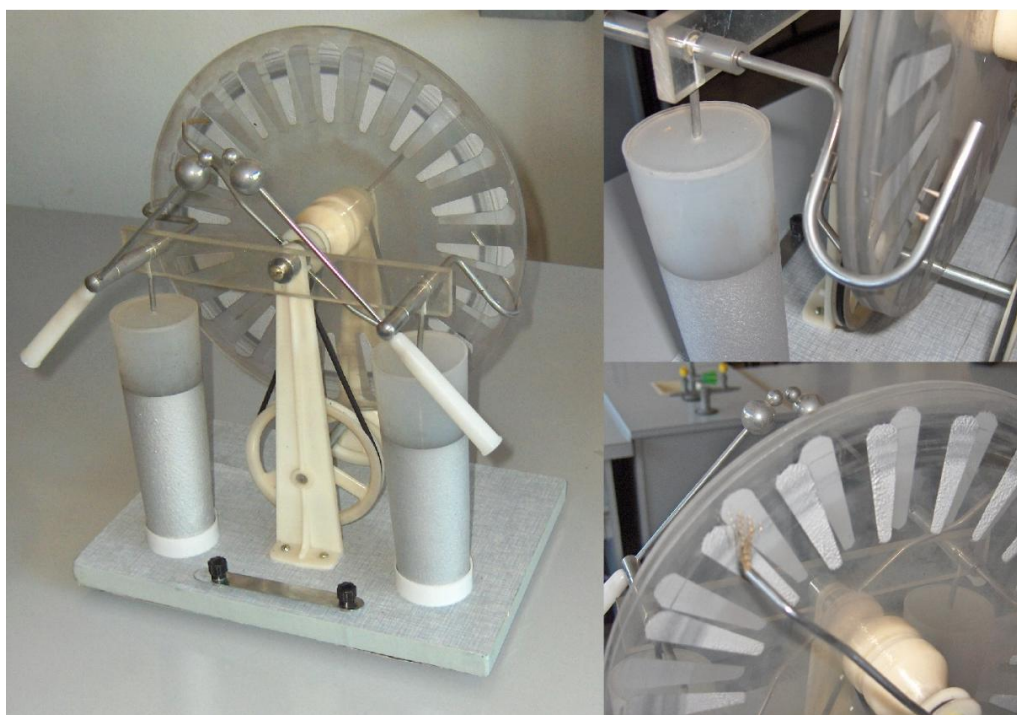
Obr. 2.15: Indukční elektrika

odebírají vznikající náboj. Ten vzniká v důsledku protisměrného otáčivého pohybu na kotoučích. Náboj je dále odváděn kovovými vodiči do dvou leidenských lahví a do jiskřiště, tvořeného dvěma pohyblivými kolektory, na konci opatřenými kuličkami. V konečném efektu je v důsledku elektrostatické indukce z jednoho kotouče odváděn náboj kladný a

z druhého záporný. V leidenských lahvích, představující válcové kondenzátory, se náboj hromadí a rozdíl potenciálu mezi kolektory může být až 10^5 V. Proudys jsou však malé (10^{-5} A).

Proto při jakýchkoli manipulačních změnách s induktorem, jej vybijeme stykem kolektorových kuliček.

Použijeme-li při pokusu pouze jeden kolektor, druhý uzemníme. Indukční elektriku je nutné uchovávat v suchu, v neprašném prostředí. Vlhkost a prach může způsobit její nefunkčnost. Při delší odstávce indukční elektriky je vhodné na polepy přenést elektrický náboj ze zelektrované tyče.

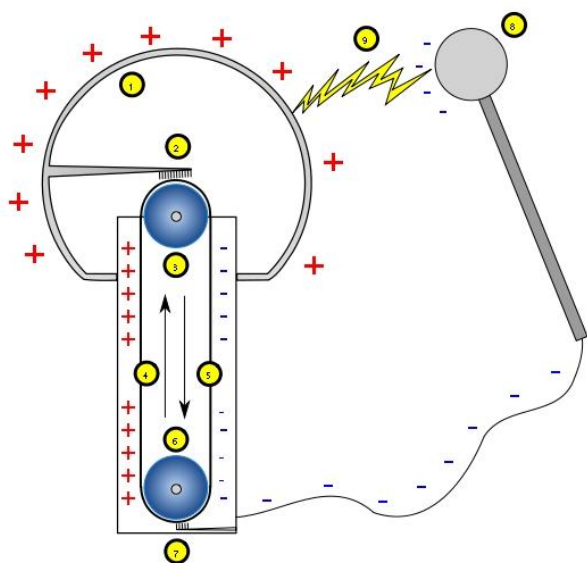


Obr. 2.16: Detaily kotoučů indukční elektriky

b) Van de Graaffův generátor

Přes dva válce, horní a dolní, upevněné na pevné konstrukci generátoru, se otáčí nekonečný pás z izolantu. Dolní válec bývá hnaný, buď pomocí otáčecího klikového mechanismu, nebo motorku. Pás směřující nahoru má na svém povrchu kladný náboj, záporný náboj je u dolního válce odváděn. Z horního válce je náboj odváděn do kulového

nebo válcového konduktoru. Při otáčení se zde postupně náboj hromadí. Míra nabití



konduktoru závisí na čistotě povrchových ploch, vlhkosti vzduchu a izolačními schopnostmi jednotlivých částí. U Van de Graaffova generátoru lze dosáhnout rozdílu potenciálu až 200 kV.

Obr. 2.17: Princip Van de Graaffova generátoru



*Umístění sady pomůcek pro pokusy na téma **Elektrostatika:***

učebna 345, skříňka č. 11 a přípravná.

Pracoviště: lavice

3. Elektromagnetická indukce

Jaké fyzikální jevy demonstrujeme?

- 3.1 Vznik indukovaného napětí při změně vzájemné polohy cívky a magnetu
- 3.2 Závislost indukovaného napětí na časové změně magnetického indukčního toku
- 3.3 Závislost indukovaného napětí na počtu závitů cívky
- 3.4 Napětí indukované v sekundární cívce
- 3.5 Směr indukovaného proudu v cívce tvaru prstence
- 3.6 Waltenhofenovo kyvadlo (Foucaultovy proudy)
- 3.7 Indukční brzda
- 3.8 Vliv indukčnosti na vzrůstání proudu (přechodný jev)
- 3.9 Napětí indukované v cívce při přerušení proudu

3.1 Vznik indukovaného napětí při změně vzájemné polohy cívky a magnetu

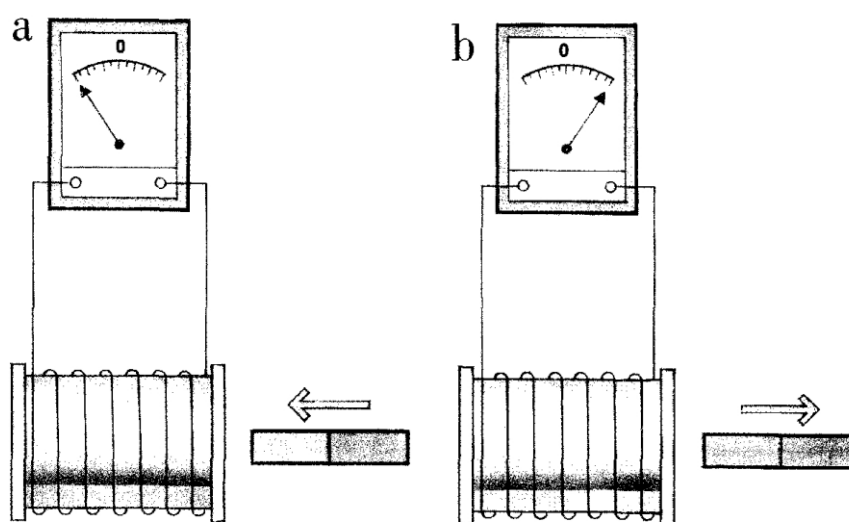
	Literatura: SVOBODA, E. a kol. <i>Pokusy z fyziky na střední škole 3.</i> 1. vydání. Praha: Prometheus, 1999, str. 199 SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů II.</i> 1. vydání. Praha: UK, 1994, str. 29 ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách II. díl.</i> 1. vydání. Praha: SPN, 1971, str. 103 MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.</i> 2. vyd. Praha: SPN, 1964, str. 193
---	---

Co všechno potřebujeme?

Demonstrační voltmetr s ukazatelem uprostřed, tyčový magnet, cívku 600 závitů, spojovací vodiče, (případně stojan, pružinu).

Jak na to?

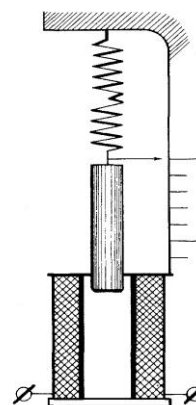
Tento pokus vytváří základní představu o vzniku indukovaného napětí. Do vodorovně umístěné cívky zasouváme tyčový magnet. K cívce je paralelně připojený voltmetr s nulou uprostřed, kterým indikujeme vznik indukovaného napětí. Princip vzniku indukovaného napětí spočívá ve změně magnetického indukčního toku poblíž vodiče – cívky.



Obr. 3.1: Vznik indukovaného napětí

Pokus provedeme v několika modifikacích, ukazující vlastnosti indukovaného napětí.

- Magnet zasouváme do dutiny cívky střídavě severním a jižním pólem. Na voltmetru pozorujeme počáteční výchylku vždy opačného směru.
- Výchylka voltmetru nastává pouze při pohybu magnetu v cívce. Je-li magnet vůči cívce v klidu, indukované napětí nevzniká.
- Indukované napětí rovněž nevznikne, jestliže pohybujeme magnet společně s cívkou.
- Stejného efektu jako pohybu magnetu v dutině



Obr. 3.2: Magnet kmitající na pružině uvnitř cívky

cívky dosáhneme, pokud je magnet v klidu, a pohybujeme cívkou.

- Můžeme ukázat, že indukované napětí vzniká i v případě, kdy magnetem pohybujeme mimo cívku, kolmo k cívce, atd. Ve všech těchto případech je však indukované napětí menší.
- Efektní je pokus, kdy magnet zavěšíme na pružinu a necháme ho kmitat uvnitř cívky.

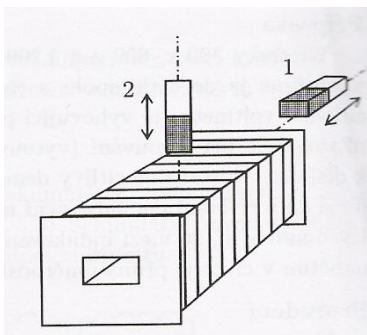
3.2 Závislost indukovaného napětí na časové změně magnetického indukčního toku



Literatura:

SVOBODA, E. a kol. *Pokusy z fyziky na střední škole 3*. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1999, str. 199

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů II*. 1. vydání. Praha: UK, 1994, str. 29



Obr. 3.3: Změna magnetického indukčního toku

Co všechno potřebujeme?

Demonstrační voltmetr s ukazatelem uprostřed, tyčový magnet, cívka 600 závitů, spojovací vodiče.

Jak na to?

Ke vzniku indukovaného napětí nestačí jen změna velikosti magnetické indukce, ale podstatná je změna magnetického indukčního toku. Při rychlejším pohybu magnetu v cívce dochází k větší změně magnetického indukčního toku a indukované napětí je větší.



Úkol:

Doložte demonstrovaný jev příslušnými fyzikálními vztahy.

3.3 Závislost indukovaného napětí na počtu závitů



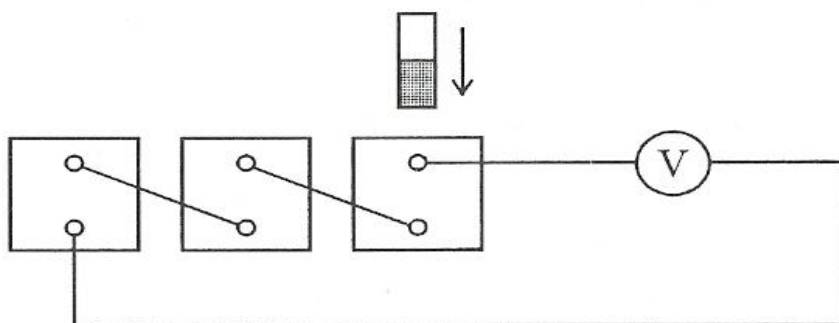
Literatura:

SVOBODA, E. a kol. *Pokusy z fyziky na střední škole 3*. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1999, str. 201

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů II*. 1. Vydání. Praha: UK, 1994, str. 30

Co všechno potřebujeme?

Demonstrační voltmetr s ukazatelem uprostřed, miliampérmetr s ukazatelem uprostřed, tyčový magnet, cívky 300, 600 a 1 200 závitů, spojovací vodiče.



Obr. 3.4: Závislost indukovaného napětí na počtu závitů

Jak na to?

Změnu magnetického indukčního toku docílíme při použití cívky s větším počtem závitů. Cívku s 300 závitů nahradíme postupně cívkami s 600 a 1 200 závitů. Názorné srovnání získáme, pokud tyto tři cívky zapojíme do série a magnetem v nich pohybuje stejnou rychlostí. V tomto případě zapojíme do obvodu miliampérmetr a výsledek ukazuje úměrnost indukovaného proudu v uzavřeném obvodu se vzniklým indukovaným elektromotorickým napětím.



Úkol:

Doložte demonstrováný jev příslušnými fyzikálními vztahy.

Určete směr indukovaného proudu v cívkách při zasunutí a vyjmutí magnetu.

3.4 Napětí indukované v sekundární cívce



Literatura:

SVOBODA, E. a kol. *Pokusy z fyziky na střední škole 3.* 1. vydání. Praha: Prometheus, 1999, str. 202

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů II.* 1. vydání. Praha: UK, 1994, str. 30

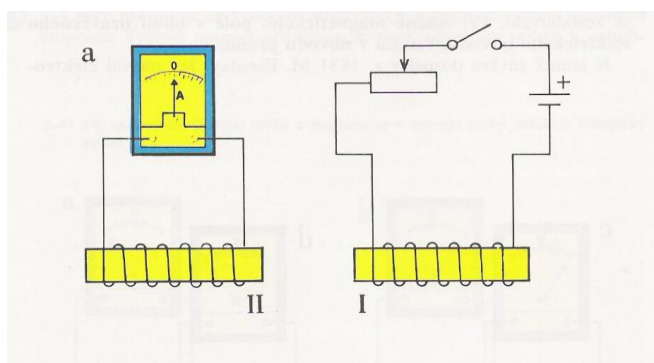
ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. *Pokusy z fyziky na středních školách II. díl.* 1. vydání. Praha: SPN, 1971, str. 104

Co všechno potřebujeme?

Cívky 600 a 1 200 závitů, zdroj 6 V, ampérmetr (3 A), reostat 100 Ω /2 A, krátké jádro, demonstrační voltmetr s ukazatelem uprostřed, spínač, spojovací vodiče.

Jak na to?

Pohyb permanentního magnetu, vyvolávající změnu magnetického indukčního toku



Obr. 3.5: Napětí indukované na sekundární cívce II

v okolí cívky, můžeme nahradit elektromagnetem. Sestavíme dva samostatné obvody s cívkami. Primární obvod tvoří cívka zapojená sériově spolu se zdrojem, vypínačem a reostatem. Sekundární obvod sestavíme z cívky a k ní paralelně zapojeným voltmetrem. Cívky umístíme vedle sebe

tak, aby měly společnou osu. Sepneme-li v primárním obvodu spínač, voltmetr v sekundárním obvodu vykazuje výchylku. Cívka v primárním obvodu tvoří elektromagnet a změny v tomto obvodu vyvolávají změny magnetického indukčního toku v obvodu sekundárním. Kromě této varianty realizujeme další pokusy, a to s obdobnými výsledky jako v předcházejících případech:

- Oddalování a přibližování cívek – obdržíme vždy opačné výchylky voltmetru,
- Ponecháme v klidu vždy jednu z cívek, druhou pohybuje, cívkami pohybuje souhlasně,

- Do primární cívky vložíme krátké jádro – indukované napětí je větší,
- Obě cívky navlékneme na U jádro. Změny v primárním obvodu provedeme změnou odporu reostatu, případně spínačem.

	Úkol: Doložte demonstrováný jev příslušnými fyzikálními vztahy.
---	--

3.5 Směr indukovaného proudu v cívce tvaru prstence

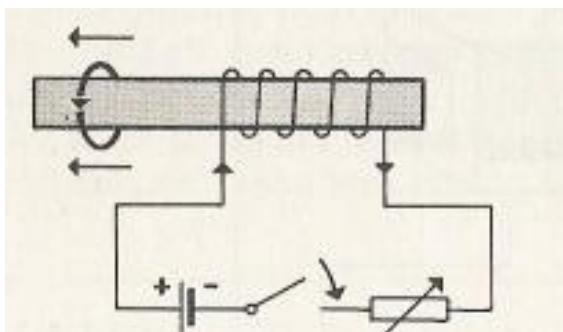
	Literatura: SVOBODA, E. a kol. <i>Pokusy z fyziky na střední škole</i>. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1999, str. 206 SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů II</i>. 1. vydání. Praha: UK, 1994, str. 31 ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách II. díl</i>. 1. vydání. Praha: SPN, 1971, str. 105
--	---

Co všechno potřebujeme?

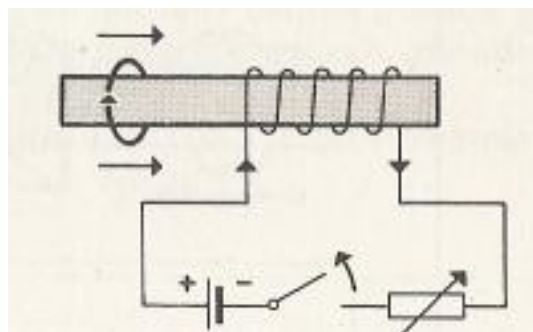
Cívka 600 závitů, reostat 10 Ω /2 A, dlouhé I jádro, ampérmetr (3 A), hliníkový prstenec na niti, zdroj (6 V), spínač, spojovací vodiče.

Jak na to?

Do cívky s 600 závity umístíme dlouhé jádro z rozkladného transformátoru tak, aby z cívky vyčnívalo ven. Lehký hliníkový prstenec, bude tvořit sekundární cívku s jedním závitěm. Zavěsíme ho nejlépe dvěma nitkami na stojan a navlékneme na vyčnívající jádro tak, aby se ho nedotýkal a mohl se lehce kývat. Reostatem nastavíme dovolený proud 2 A a rozpojíme spínač. Prstenec uvedeme do klidu a spínač sepne.



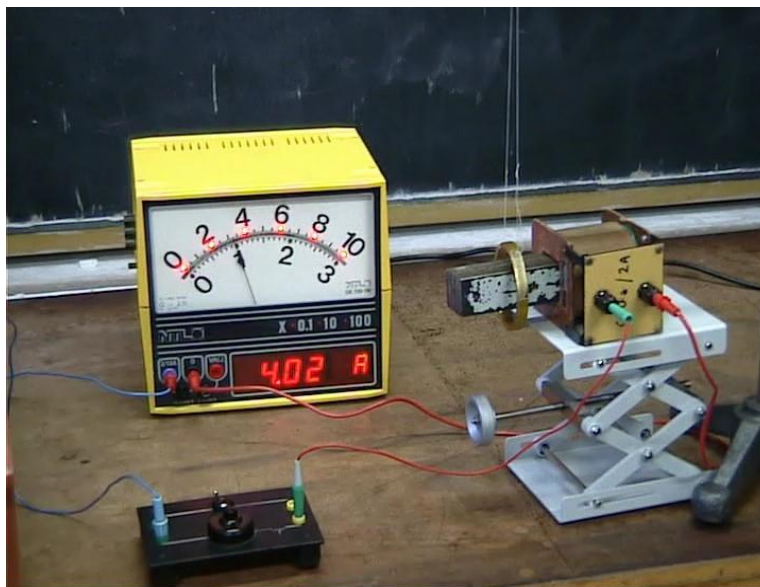
Obr. 3.6: Pohyb prstence a směr indukovaného proudu při sepnutí spínače



Obr. 3.7: Pohyb prstence a směr indukovaného proudu při rozepnutí spínače

V důsledku indukování napětí na prstenci a procházejícím proudu, se prstenec vychýlí z rovnovážné polohy a počne se kývat. Až se prstenec uklidní, rozepneme spínač. Tentokrát se prstenec vychýlí na opačnou stranu.

Indukovaný proud v prstenci má opačný směr, než proud, který jej indukcí vyvolal. Tento proud má ve svém důsledku opačné silové účinky. Uvedený jev vysvětluje Lenzův zákon. Cívku s jádrem můžeme umístit ve svislém směru, prstenec při zapojení vyskočí do výšky.



Obr. 3.8: Uspořádání pokusu pro demonstraci Lenzova zákona

<http://www.stream.cz/video/179973-videopokusy-demonstrace-lenzova-zakona>



Obr. 3.9: Důsledek Lenzova zákona – magnetické dělo

<http://www.stream.cz/video/179992-videopokusy-lenzuv-zakon-magneticke-delo>

	Úkol:
	Určete směry proudů v cívce a prstenci a na jejich základě určete směr síly působící na prstenec.

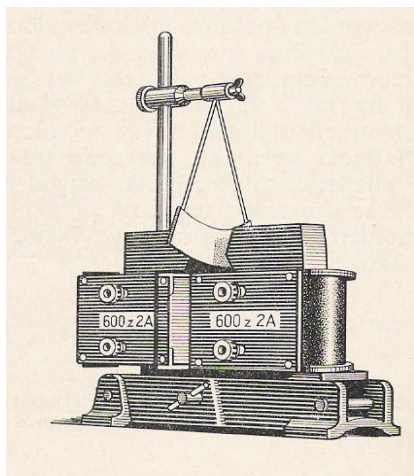
3.6 Waltenhofenovo kyvadlo

	Literatura:
	SVOBODA, E. a kol. <i>Pokusy z fyziky na střední škole</i> 3. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1999, str. 209
	SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů II.</i> 1. vydání. Praha: UK, 1994, str. 33
	ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách II. díl.</i> 1. vydání. Praha: SPN, 1971, str. 106

Co všechno potřebujeme?

Waltenhofenovo kyvadlo se dvěma segmenty – plný a se štěrbinami, zdroj ss napětí (6 V), reostat 10 Ω /6 A, dvě cívky 600 závitů, ampérmetr (3 A), lístkové U-jádro, spínač, dva pólové nástavce, stojan, spojovací vodiče.

Jak na to?

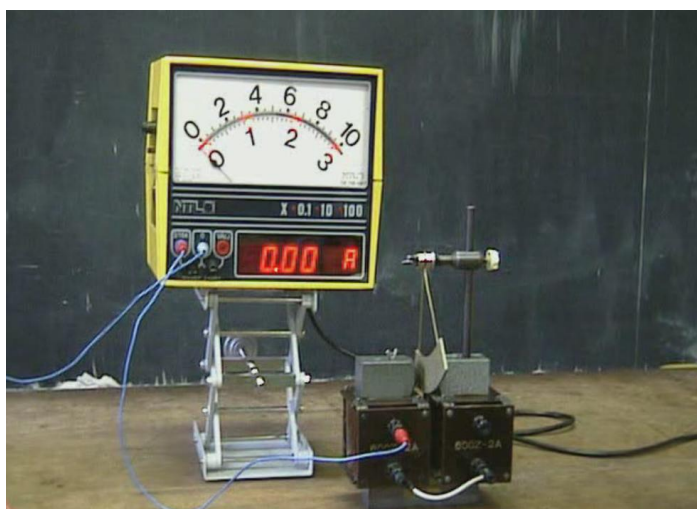


Obr. 3.10: Historický obrázek Waltenhofenova kyvadla

Opačné silové pôsobení indukovaného proudu se využívá v řadě zařízení. Jejich princip činnosti spočívá ve využívání tzv. Foucaultových proudů.

Na U jádro nasadíme dvě cívky s 600 závitů. Na ramena jádra umístíme a zajistíme pomocí čepů dva pólové nástavce. Mezi nástavci nastavíme úzkou mezeru, v níž může volně kývat Waltenhofenovo kyvadlo. K vytvoření silného magnetického pole mezi nástavci necháme obvodem s cívkami procházet maximálně možný proud. Necháme kyvadlo kývat a sepneme spínač. V důsledku vzniku

Foucaultových proudů se kyvadlo daleko rychleji zastaví. Waltenhofenovo kyvadlo mající více segmentů není utlumován jako segment plný. Z toho usuzujeme, že účinky Foucaultových proudů se zeslabují u vodičů se střídavými vodivými a nevodivými sektory. To je konstrukčně využíváno při výrobě jader transformátorů, alternátorů a elektromotorů.



Obr. 3.11: Uspořádání pokusu s Waltenhofenovým kyvadlem

http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=video&page=306&file=mg_foucalt_kotouc.wmv

3.7 Indukční brzda

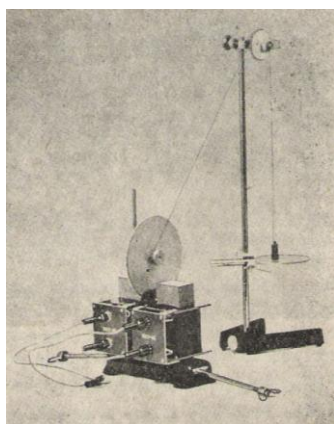


Literatura:

SVOBODA, E. a kol. *Pokusy z fyziky na střední škole 3.* 1. vydání. Praha: Prometheus, 1999, str. 210

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů II.* 1. Vydání. Praha: UK, 1994, str. 33

ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. *Pokusy z fyziky na středních školách II. díl.* 1. vydání. Praha: SPN, 1971, str. 107



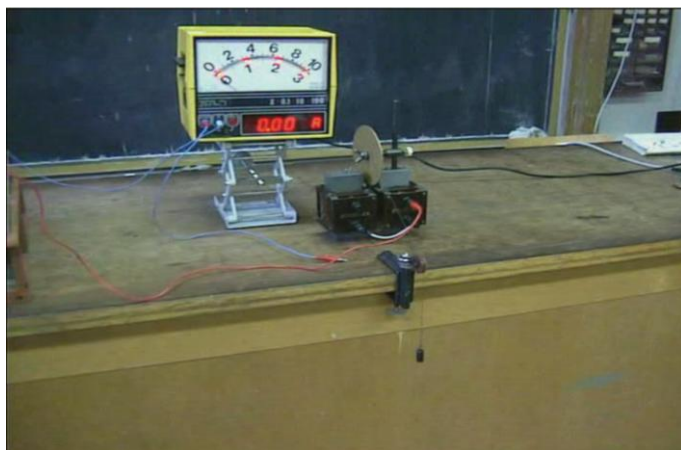
Obr. 3.12: Indukční brzda

Co všechno potřebujeme?

Kotouč pro indukční brzdění s motouzem a závažíčkem, kladku se svěrkou, zdroj ss napětí (6 V), reostat 10 $\Omega/6$ A, dvě cívky 600 závitů, ampérmetr (3 A), listkové U-jádro, spínač, dva pólové nástavce, stojan, spojovací vodiče.

Jak na to?

Jedním z mnoha zařízení využívajících silové účinky indukovaného proudu je indukční brzda. Jedná se o hliníkový kotouč, na jehož ose je navinut motouz se závažím na konci. Kotouč vhodným mechanismem umístíme mezi pólové nástavce místo Waltenhofenova kyvadla. Po uvolnění kotouče začne závaží klesat a kotouč se otáčí. Sepnutím obvodu uvedeme do provozu indukční brzdou, která zpomalí otáčení kotouče.



Obr. 3.13: Uspořádání pokusu s indukční brzdou

<http://fyzweb.cz/materialy/videopokusy/POKUSY/MAGBRZDA/INDEX.HTM>

3.8 Vliv indukčnosti na vzrůstání proudu – přechodný jev



Literatura:

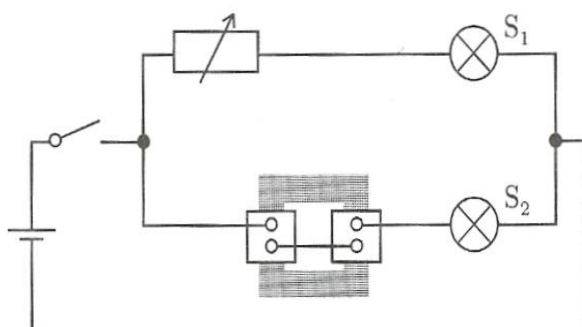
SVOBODA, E. a kol. *Pokusy z fyziky na střední škole 3.* 1. vydání. Praha: Prometheus, 1999, str. 212

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů II.* 1. vydání. Praha: UK, 1994, str. 34

MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. *Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.* 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 195

Co všechno potřebujeme?

Dvě cívky 600 závitů, dvě stejné žárovky 3,5 V na panelech, zdroj (6 V), reostat 100 Ω /2 A, lístkové U-jádro, I-jádro, spínač, spojovací vodiče, další cívky.



Obr. 3. 14: Schéma zapojení pro demonstraci přechodného jevu

Jak na to?

Vznik indukovaného proudu má důsledky v obvodech obsahujících cívku s větší indukčností. Pro srovnání sestavíme obvod s dvěma větvemi. Do jedné zapojíme žárovku, do druhé cívku/cívky na uzavřeném U jádře. Při sepnutí spínače se žárovka s reostatem rozsvítí okamžitě, kdežto žárovka zapojená ve větvi do série s cívkou později.

Na otevřené jádro nasazujeme a snímáme krátké jádro, můžeme změnit počty závitů cívek.



Poznámka:

Zkontrolujte, zda jsou cívky vůči sobě správně zapojeny. Orientace jejich magnetického indukčního toku musí být souhlasná, jinak se efekt zpoždění nemusí projevit.

3.9 Napětí indukované v cívce při přerušení proudu



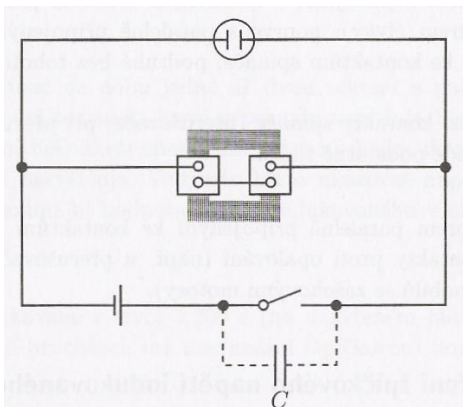
Literatura:

SVOBODA, E. a kol. *Pokusy z fyziky na střední škole 3*. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1999, str. 213

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů II*. 1. vydání. Praha: UK, 1994, str. 34

MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. *Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult*. 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 196

Co všechno potřebujeme?



Obr. 3.15: Obvod s doutnavkou

Dvě cívky 600 závitů, doutnavka na panelu, lístkové U-jádro, kondenzátor $1\ \mu\text{F}/400\ \text{V}$, krátké I-jádro, zdroj (6 V), tlačítkový spínač, spojovací vodiče.

Jak na to?

Obměníme předcházející pokus s tím, že vytvoříme pouze jednu větev s doutnavkou, ve druhé větvi ponecháme zapojeny cívky na uzavřeném jádře.

Při zapnutí spínače se nic neděje, doutnavka se nerozsvítí. Indukované elektromotorické napětí působí proti směru napětí, které indukci způsobilo. Výsledné napětí je pak menší, než zápalné napětí doutnavky. Při vypnutí obvodu je však tento směr souhlasný a tedy dostatečný k tomu, aby doutnavka zazářila. Při vypínání se může stát, že se na spínači objeví jiskření.

To můžeme odstranit paralelním připojením kondenzátoru ke spínači.

*Umístění sady pomůcek pro pokusy na téma **Elektromagnetická indukce**:*

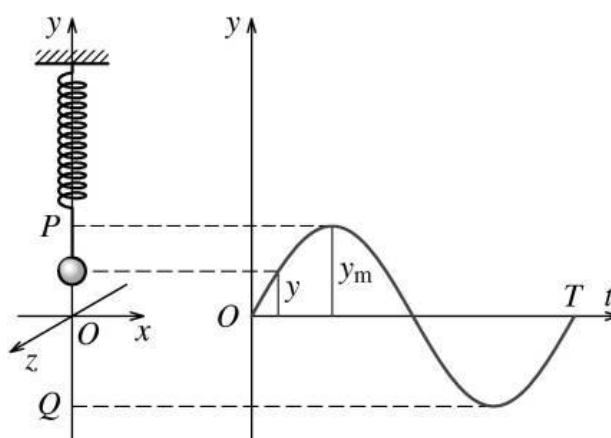
Učebna 345, skříňka č. 4 a 5.

Pracoviště: lavice

4. Kmity. Vlny. Akustika

Jaké fyzikální jevy demonstrujeme?

- 4.1 Mechanické kmity ladičky
- 4.2 Skládání dvou kolmých mechanických kmitů
- 4.3 Vynucené kmity mechanického oscilátoru
- 4.4 Rezonance mechanických oscilátorů
- 4.5 Vázané mechanické oscilátory
- 4.6 Vlnění postupné příčné
- 4.7 Vlnění postupné podélné
- 4.8 Vlnění stojaté příčné
- 4.9 Vlnění stojaté podélné
- 4.10 Dynamika vlnění – Juliusův vlnostroj
- 4.11 Chvění pružných těles
- 4.12 Měření rychlosti zvuku ve vzduchu
- 4.13 Rezonance
- 4.14 Akustické rázy
- 4.15 Závislost výšky tónu zavřené píšťaly na její délce



4.1 Mechanické kmity ladičky

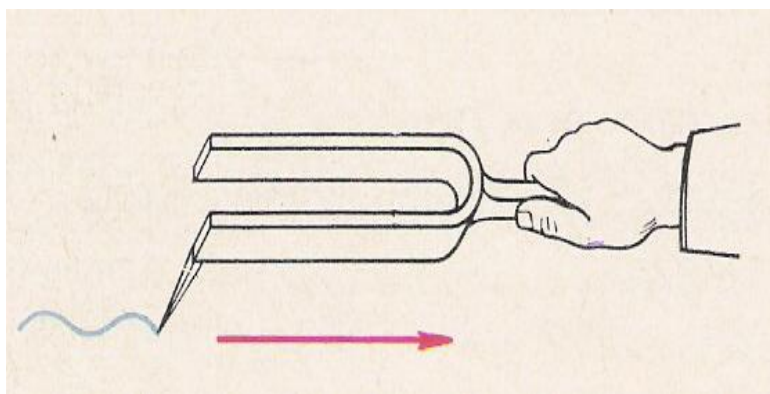


Literatura:

SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole 2.* 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 97
SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů I.* 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 46
KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl.* Praha: SPN, 1967, str. 189

Co všechno potřebujeme?

Ladičku s hrotem, svíčku, zápalky, pryžové kladívko, skleněnou desku o rozměrech přibližně 10 x 20 cm, (Meotar).



Obr. 4.1: Časový rozvoj kmitavého pohybu

Jak na to?

Sklo z jedné strany začadíme nad svíčkou. Ladičku rozechvějeme úderem kladívka, lehce ji přiložíme hrotem ke skleněné desce a vykonáme s ní přímočarý pohyb podél desky. Na desce se objeví světlá stopa, představující časový rozvoj kmitavého pohybu hrotu ladičky. Hustota vlnovky závisí na rychlosti pohybu ladičky. Při rovnoměrném pohybu můžeme kmitání ladičky považovat za harmonické. Pokus můžeme zvýraznit projekcí, přiložením skleněné desky na Meotar.

4.2 Skládání dvou kolmých mechanických kmitů

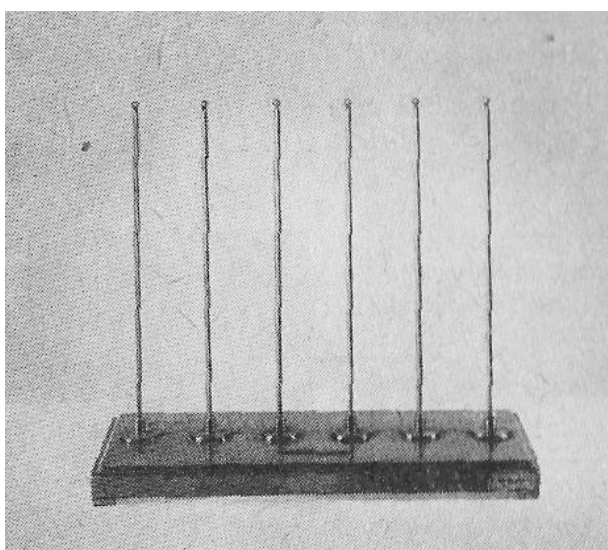


Literatura:

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů I.* 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 48
KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách I. díl.* Praha: SPN, 1967, str. 174

Co všechno potřebujeme?

Wheatstoenův kaleidofon.



Obr. 4.2: Wheatstoenův kaleidofon

Jak na to?

Wheatstoenův kaleidofon je sada kovových tyčí různého průřezu, upevněných jedním koncem v masívním podstavci. Volné konce by měly být opatřeny lesklými kuličkami. Tyče jsou orientované svisle a po jejich vychýlení (3 – 4 cm) v úhlopříčném směru, kmitají s různou frekvencí a to podle svých průřezů. Při pohledu na jednotlivou tyč shora, můžeme pozorovat, jak se tyto vzájemně kolmé kmity skládají. Průřezy tyčí opisují Lissajousovy křivky.

4.3 Vynucené kmity mechanického oscilátoru

	Literatura: SVOBODA, E. <i>Pokusy z fyziky na střední škole 2.</i> 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 98 SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů I.</i> 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 49 KAŠPAR, E., VACHEK, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl.</i> Praha: SPN, 1967, str. 160
---	--

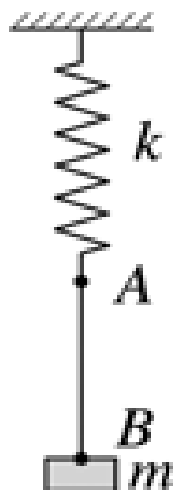
Pokud mechanické kmitání vzniká na základě působící vnější síly, hovoříme o vynuceném kmitání. Pokud tato síla působí v téže směru periodicky na těleso, jeho rozkmitání závisí na rozdílu frekvencí působící síly a vlastní frekvenci tělesa /oscilátoru.

Co všechno potřebujeme?

Pružinu vhodné tuhosti, závaží.

Jak na to?

Na pružinu zavěsíme vhodné závaží, a takto vzniklý pružinový oscilátor necháme volně kmitat. Zaregistrujeme frekvenci vlastního kmitání oscilátoru. Poté kmitání zasta-



víme a počneme rychle kmitat pružinou na jejím horním konci – periodicky působíme na oscilátor vnější silou. Závaží se nám sice rozkmitá, ale velikost amplitudy ani zdaleka nedosáhne velikosti jako v prvním případě. Zmenšujeme frekvenci působící síly a postupně můžeme pozorovat, že původní amplitudy dosáhneme při stejné frekvenci působící síly, jako byla vlastní frekvence oscilátoru. Nastane rezonance oscilátorů.

Obr. 4.3: Mechanický oscilátor

4.4 Rezonance mechanických oscilátorů



Literatura:

SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole 2.* 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 111

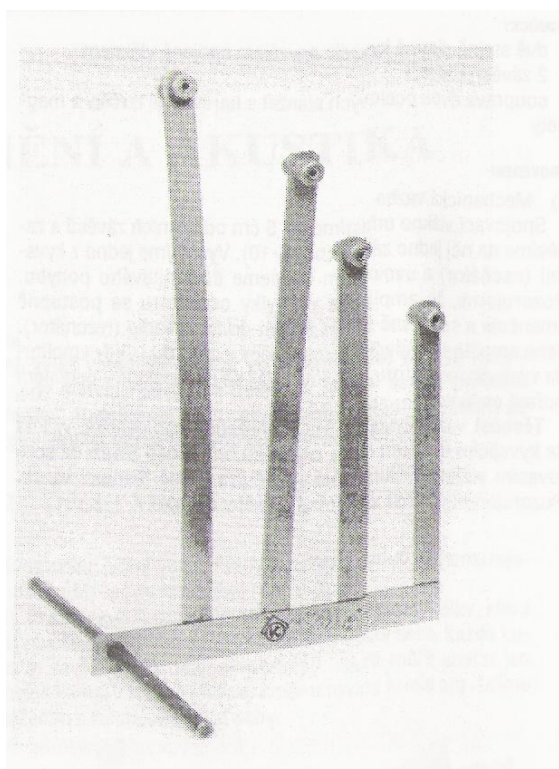
SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů I.* 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 49

KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl.* Praha: SPN, 1967, str. 168

Co všechno potřebujeme?

Rezonanční kolébku.

Rezonanční kolébku tvoří sada různě dlouhých pružných ocelových pásů, upevněných ve společném ramenu. V ramenu je otvor na provlečení ocelové tyče, sloužící k přitisknutí kolébky na podložku.



Jak na to?

Kolébku pevně přitiskneme k podložce a kývavými pohyby se snažíme rozkývat jeden z pásů. Nejspíše se nám podaří rozkmitat nejdelší pás. To v případě, kdy kýváním kolébkou se přiblížíme k vlastní frekvenci kmitání daného pásu. Bude nám kmitat pouze ten pásek, který je v rezonanci s vnější periodickou silou. Stejným způsobem se snažíme rozkmitat i další pásy.

Obr. 4.4: Rezonanční kolébka

4.5 Vázané mechanické oscilátory

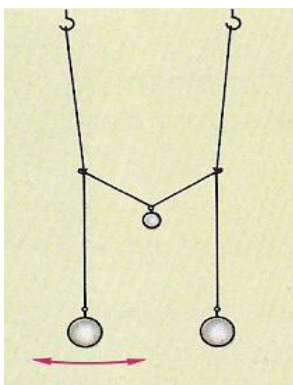


Literatura:

SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole 2.* 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 113

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů I.* 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 49

KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl.* Praha: SPN, 1967, str. 167



Obr. 4.5: Vázané oscilátory

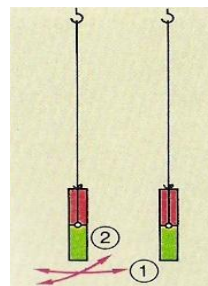
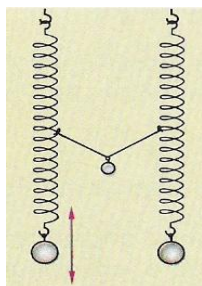
Vázané oscilátory jsou dva oscilátory se shodnou frekvencí kmitání a u nichž existuje vzájemná vazba. Vazba zajišťuje přenos mechanické energie z jednoho oscilátoru na druhý (rezonátor), a naopak. V našem případě zvolíme vazbu mechanickou.

Co všechno potřebujeme?

Dvě matematická kyvadla, stojan (stojany), vlákno, závaží.

Jak na to?

Dvě stejně dlouhá matematická kyvadla připevníme na stojan (stojany). Asi 10 cm od místa zavěšení kyvadel je spojíme vláknem, tvořící mechanickou vazbu mezi oscilátory. Pro pevnější vazbu na vlákno zavěsíme závaží. Rozkýveme jedno z kyvadel (oscilátor) a pozorujeme jeho postupně zmenšující se výchylku, zatímco druhé (rezonátor), se z původní klidové polohy rozkývá a nabývá maximální výchylky v okamžiku, kdy je oscilátor v klidu. Děj se pak opakuje, kyvadla si vzájemně vyměňují mechanickou energii. U pokusu můžeme měnit stupeň vazby mezi oběma oscilátory změnou polohy spojovacího vlákna, hmotností závaží.



Obr. 4.6: Další modifikace vázaných oscilátorů

<http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/dema/kyvadla/index.htm>

4.6 Vlnění postupné příčné

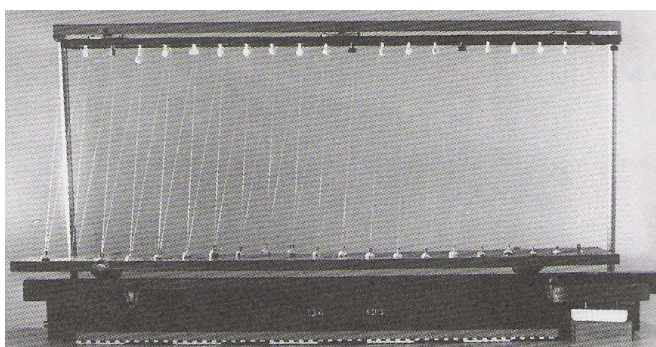


Literatura:

SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole 2*. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 124

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů I*. 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 52

KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl*. Praha: SPN, 1967, str. 177



Obr. 4.7: Machův vlnostroj

Mechanické vlnění se v pružném prostředí může šířit. Jeho šíření je způsobeno postupným přenosem kinetické energie mezi částicemi daného prostředí – postupné vlnění. Přitom částice mohou kmitat ve směru šíření vlnění – vlnění postupné podélné, nebo ve směru kolmém – vlnění postupné příčné.

K demonstraci obou druhů vlnění slouží např. Machův vlnostroj. Jedná se o soustavu kyvadel, tvořených bifilárními závěsy stejné délky, upevněné na dvou pohyblivých lištách. Pokud jsou lišty u sebe, kyvadla mohou kmitat kolmo k lištám, pokud je oddálíme, kyvadla kmitají podélně.



Obr. 4.8: Detail Machova vlnostroje

Co všechno potřebujeme?

Machův vlnostroj.

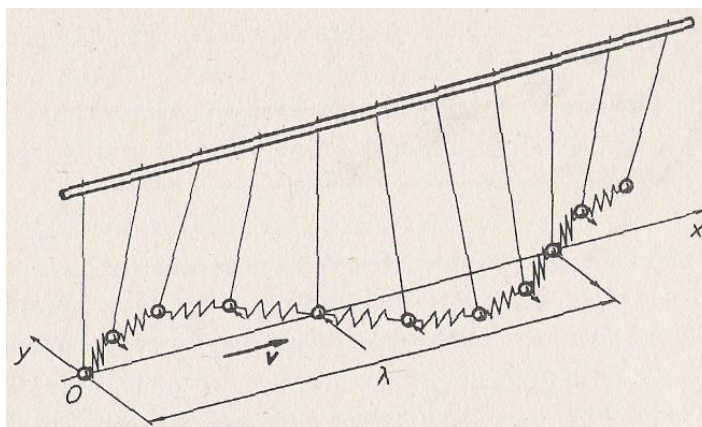
Jak na to?

Zkontrolujeme délky kyvadel, případné rozdíly odstraníme natočením závěsu na kolíček. Lišty s kyvadly přiložíme k sobě. Na vodící tyč nasadíme jezdce, kterým pohybujeme rovnoměrně na opačný konec. Kuličky na závěsech

(kyvadla), se postupně rozkývají kolmo k ose vlnostroje – jejich pohyb demonstruje příčné vlnění – kolmé na směr jeho šíření.

Dále pozorujeme:

- u jednoho kyvadla sledujeme dobu, kdy se dostane do původní polohy – doba kmitu (T),
- v daném čase kyvadla se stejnou výchylkou kmitají se stejnou fází,
- vzdálenost dvou kuliček, které nekmitají (kmitají s maximální výchylkou) představuje půl vlnové délky vlnění,
- rychlost pohybu jezdce při počátečním impulzu představuje také rychlost šíření vlnění,
- při větší rychlosti jezdce se zvětšuje vlnová délka.



Obr. 4.9: Vlnění postupné příčné



Ernst Mach (Arnošt Mach)

Narodil se r. 1838 v Chrlicích, zemřel v r. 1916 v Haaru u Mnichova. Založil filozofický směr nazývaný empiriokriticismus (který považoval každý jev za soubor "prvků empirie-zkušenosti", tj. subjektivních počítků). Mach jako fyzik pracoval především v akustice (Machovo číslo), dále ve fyziologické akustice, optice, nauce o elektřině. Nauku o atomech Mach odmítal. Mach přispěl k vybudování základů mechaniky a teorie relativity. K Einsteinově teorii ale měl zásadní výhrady.

4.7 Vlnění postupné podélné



Literatura:

SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole 2.* 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 128

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů I.* 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 52

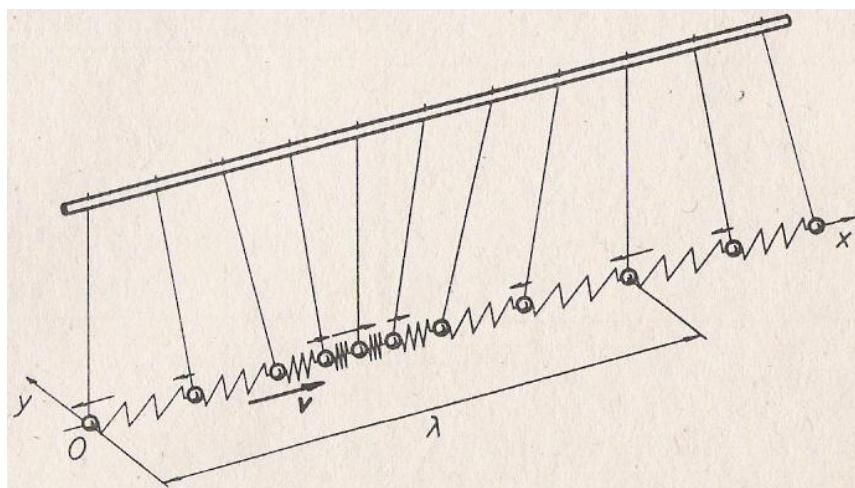
KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl.* Praha: SPN, 1967, str. 178

Co všechno potřebujeme?

Machův vlnostroj.

Jak na to?

Ponecháme polohu lišt u sebe, jezdce rozvlníme závěsy s kuličkami. Obdržíme model příčného kmitání. Nyní obě lišty od sebe pomalu oddálíme. Změníme tím rovinu kmitů o 90° a pozorujeme, že kuličky kmitají ve směru podélné osy vlnostroje, vlnění se změnilo na podélné. Vzdálenosti mezi kuličkami se mění, v některých místech je malá, nastává jejich „zhuštění“, jinde „zředění“. Polohy zhuštění a zředění se posouvají v podélné ose vlnostroje. Jedno zhuštění a jedno zředění tvoří délku vlny.



Obr. 4.10: Vlnění postupné podélné

4.8 Vlnění stojaté příčné



Literatura:

SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole 2.* 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 133
SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů I.* 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 52
KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl.* Praha: SPN, 1967, str. 178

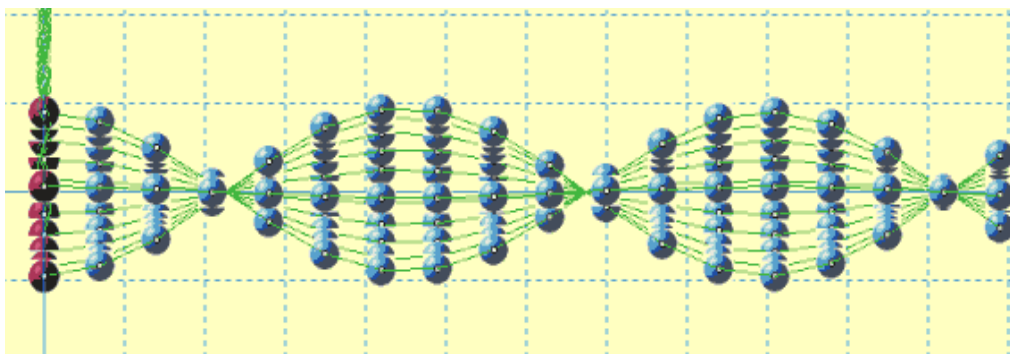
Jestliže dopadá vlnění na překážku, částečně projde do druhého prostředí, částečně se odrazí a může se skládat s původním vlněním. Hovoříme o interferenci dvou vlnění. Ta mají stejné amplitudy i frekvence. K demonstraci stojatého vlnění se nejčastěji užívá gumová, na konci upevňená hadice, kterou rozkmitáme rukou, případně k tomu využijeme vrtačku s drátěnou kličkou ve sklícidle, vyřazený, ale funkční holicí strojek a gumové vlákno (modelářskou gumu). V našem případě na modelování stojatého příčného i podélného vlnění použijeme opět Machův vlnostroj.

Co všechno potřebujeme?

Machův vlnostroj.

Jak na to?

Na vodící tyč nasadíme krycí desku s otvory směřujícími vzhůru. Desku zvedneme pomocí páčky do horní polohy a zaaretujeme. Kuličky kyvadel umístíme do otvorů desky, tvořící sinusoidu. Lišty přisadíme k sobě. Po uvolnění desky začnou kuličky



Obr. 4.11: Modelové znázornění stojatého vlnění příčného

kmitat kolmo k ose vlnostroje a vytvoří model stojatého vlnění příčného. Některé kuličky nekmitají – tvoří uzly, jiné kmitají s největší amplitudou výchylky – tvoří kmitny.

- vzdálenost sousedních uzlů tvoří polovinu vlnové délky,
- mezi dvěma uzly kmitají kuličky s rozdílnou amplitudou ale stejnou fází,
- mezi dvěma kmitnami s opačnými fázemi.

4.9 Vlnění stojaté podélné



Literatura:

SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole 2.* 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 138

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů I.* 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 52

KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl.* Praha: SPN, 1967, str. 179

Co všechno potřebujeme?

Machův vlnostroj.

Jak na to?

Tentokrát u vyzvednuté desky použijeme otvory v linii shodné s osou vlnostroje. Lišty od sebe vzdálíme. Po uvolnění desky začnou kuličky kmitat ve směru podélné osy. Demonstrujeme stojaté vlnění podélné. Pozorujeme obdobné jevy jako u pokusu předcházejícího.



Obr. 4.11: Modelové znázornění stojatého vlnění podélného

4.10 Dynamika vlnění – Juliusův vlnostroj



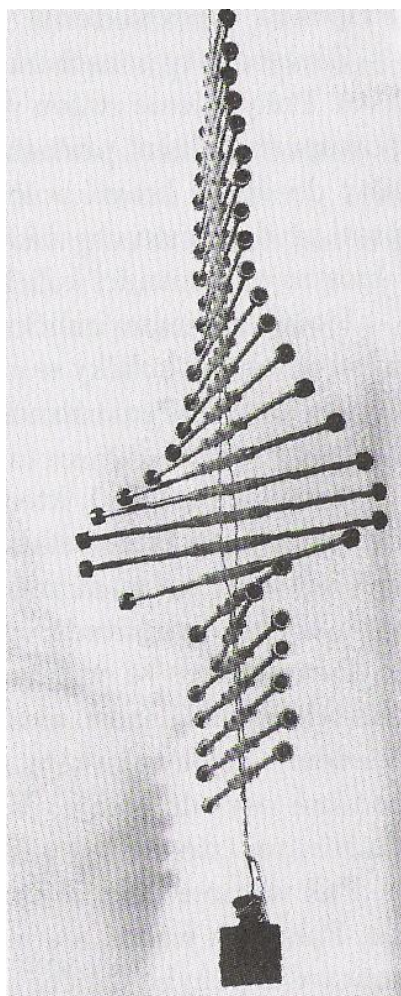
Literatura:

SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole 2*. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 127

SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů I*. 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 52

KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl*. Praha: SPN, 1967, str. 180

Dynamické projevy vlnění máme možnost demonstrovat na Juliusově vlnostroji. Je to řada torzních kyvadel upevněných na společné ose. Tu tvoří pružná (silonová) dvojstruna, která zajišťuje vazbu mezi kmitajícími body.



Co všechno potřebujeme?

Juliusův vlnostroj, závaží o hmotnosti 1 – 3 kg, podle tuhosti materiálu osy.

Jak na to?

Vlnostroj zavěsíme na vhodný stojan, na spodní část zavěsíme závaží. První horní kyvadlo vychýlíme z rovnovážné polohy a uvolníme. Prostřednictvím pružné vazby se postupně rozkmitají i další kyvadla. Vlnostrojem se šíří postupné vlnění příčné.

Obr. 4.12: Juliusův vlnostroj

4.11 Chvění pružných těles

Vlněním se šíří také zvuk v látkovém prostředí, kterým mohou být např. kovy, voda, vzduch. Jako zdroj zvuku nám poslouží chvějící se pružná tělesa. Charakteristické jevy provázející chvění mechanických soustav prezentujeme ve dvou pokusech: se strunou a s pružnými kovovými deskami.

a) Pokusy se strunou

	Literatura: SVOBODA, E. <i>Pokusy z fyziky na střední škole 2.</i> 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 142 KAŠPAR, E., VACHEK, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl.</i> Praha: SPN, 1967, str. 40
---	--

Co všechno potřebujeme?

Polychord, různé struny, závaží (1 – 2 kg), papírové jezdce, kobylku, smyčec.



Obr. 4.13: Polychord

Jak na to?

Polychord je dutá dřevěná krabice bez čel. Na její horní ploše je přes kobylku natažena struna, na jejíž konec můžeme zavěšovat závaží o různé hmotnosti a tím měnit velikost síly napínající strunu.

Na strunu zavěsíme závaží (1 kg) a nasadíme lehké papírové jezdce indikující její rozkmit. Uprostřed strunu rozezníme pohybem smyčce. Od místa vzruchu se šíří vlnění na oba konce struny, zde se odráží a interferuje s dopadajícím vlněním. Vzniklé stojaté

příčné vlnění pozorujeme ve formě kmitny uprostřed natažené struny a uzlů na obou koncích. Mezi délkou struny a vlnovou délkou tónu platí vztah:

$$\lambda = 2l$$

Kde l je délka struny mezi místy uchycení. Frekvence, s níž struna takto kmitá, se nazývá základní frekvence. Je to nejmenší frekvence tónu, který může struna při daném uspořádání vydávat. Kobylku pak můžeme různě posouvat po horní ploše polychordu a měnit tak délku struny na $1/2$, $1/3$, $1/6$ atd. Struna pak vydává vyšší harmonické frekvence. Při zvětšení hmotnosti závaží napínající strunu, je frekvence, a tím i tón s jakým struna zní, vyšší.

Dále můžeme měnit druh (sílu) struny, při silnější obdržíme při stejné délce a stejné napínací síle základní tón nižší, při slabší struně nižší.

b) Chladního obrazce

	Literatura: SVOBODA, E. <i>Pokusy z fyziky na střední škole 2.</i> 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 159 SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů I.</i> 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 57 KAŠPAR, E., VACHEK, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl.</i> Praha: SPN, 1967, str. 210
---	---

Co všechno potřebujeme?

Kovové desky různých tvarů (čtvercové, kruhové), svěrku, smyčec, krupici (písek) v sypátku.

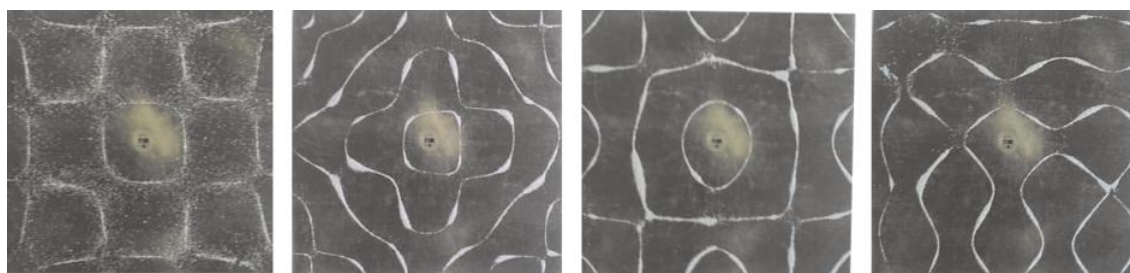
Jak na to?

Desky různých tvarů připevníme v jejich geometrických středech svěrkou ke kraji stolu. Sypátkem na ně nanese tenkou vrstvu krupice (písku). Smyčec přitiskneme ke středu hrany desky a svislým pohybem vyvoláme její rozkmitání. To se projeví zvukově, a současně se na desce zrnka krupice uspořádají do zajímavých, tzv. Chladního obrazců. V místě tažení smyčcem a na dalších místech desky vznikají kmitny, v nichž se zrnka krupice odskakují. Naopak se seskupí v místech, kde jsou tzv. uzlové čáry příčné-

ho stojatého vlnění, hovoříme o ohybovém kmitání. Desku můžeme rozezvučet také mimo střed strany, obdržíme vyšší tón.

Při demonstraci je nutné dbát na to, aby deska byla v horizontální poloze. Pokud není, krupice se neusazuje přímo v uzlech a obrazce nejsou příliš zřetelné nebo vůbec ne-
vznikají. Také tah smyčcem vyžaduje určitý cvik.

Chvění desky může vyvolat rovněž reproduktor připojený na generátor kmitů. Vý-
sledek ukazují odkazy na některé z webových stránek, prezentující tento jev.



Obr. 4.14: Chladniho obrazce

<http://vids.myspace.com/index.cfm?fuseaction=vids.individual&videoID=1711821021>

<http://www.youtube.com/watch?v=wMlvAsZvBiw&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=tI6S5CS-6JI&feature=related>

4.12 Měření rychlosti zvuku ve vzduchu



Literatura:

SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole 2.* 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 163

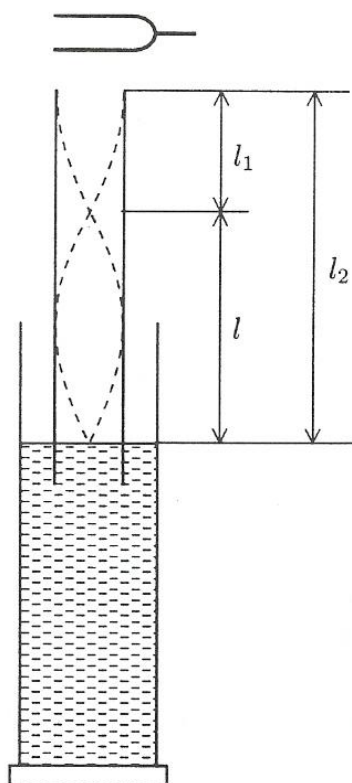
SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů I.* 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 58

KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl.* Praha: SPN, 1967, str. 193

Jeden ze způsobů měření rychlosti zvuku využívá rezonanci vzduchového sloupce a tím i zesílení zvuku, které jsme schopni vnímat.

Co všechno potřebujeme?

Odměrný válec s vodou, skleněnou válcovou nádobu (délky 80 cm, průměr volíme podle průměru odměrného válce), ladičku 440 Hz, pryžové kladívko, stojan, milimetrové měřítko, pružné gumičky.



Obr. 4.15: Měření rychlosti zvuku ve vzduchu

Jak na to?

Odměrný válec naplníme vodou a umístíme jej pod stojan s upevněnou skleněnou trubicí. Ta částečně zasahuje do vody. Ladičku, vydávající tón o známé frekvenci přiložíme k hornímu okraji skleněné trubice, kterou uvolníme a postupně ji vysouváme nad hladinu vody. Při určité délce vzduchového sloupce v trubicí zaregistrujeme zesílení zvuku ladičky. Nastane rezonance mezi sloupcem vzduchu v trubicí a tónem ladičky. Polohu hladiny vody ve skleněné trubicí označíme navlečením gumičky. Vzdálenost gumičky od horního okraje trubice představuje čtvrtinu délky zvukové vlny l_1 . Pokračujeme ve vysouvání trubice a označíme na ní další místo, na němž dochází k rezonanci. Vzdálenost od horního okraje trubice změříme, obdržíme

další parametr l_2 . Rozdíl těchto vzdáleností je roven polovině vlnové délky tónu vydávaného ladičkou:

$$l_2 - l_1 = \frac{\lambda}{2}$$

Pomocí známé frekvence tónu ladičky můžeme spočítat rychlost zvuku ve vzduchu.

	Úkol: Odvoďte vztah, z něhož vypočítáte rychlost zvuku
---	--

4.13 Rezonance

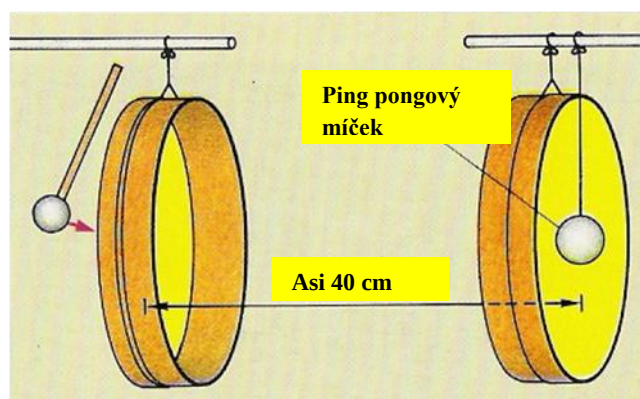
a) Dva bubínky

Co všechno potřebujeme?

Dva bubínky, stojánek, palička, dva pingpongové míčky na závěsu.

Jak na to?

Jev zvaný rezonance můžeme pozorovat u bubínků, z nichž jeden je upevněn na stojánku spolu se zavěšeným pingpongovým míčkem. Ten se lehce dotýká blány bubínku. Jeden z bubínků držíme v ruce a slouží nám jako oscilátor. Údery do bubínku vyvoláme zvuk, který se formou vlny vzduchem přenáší na druhý bubínek s míčkem. Při vhodné frekvenci úderů rozechvějeme blánu druhého bubínku, její chvění se přeneseme na míček a ten se rovněž rozkmitá.



Obr. 4.16: Rezonance se dvěma bubínky

b) Dvě ladičky

	Literatura: SVOBODA, E. <i>Pokusy z fyziky na střední škole 2.</i> 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 159, 174 SVOBODA, M. a kol. <i>Praktikum školních pokusů I.</i> 1. vydání. Praha: UK, 1993, str. 57 KAŠPAR, E., VACHEK, J. <i>Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl.</i> Praha: SPN, 1967, str. 200 MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. <i>Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.</i> 2. vydání. Praha: SPN, 1964, str. 122
---	---

Co všechno potřebujeme?

Dvě ladičky (440 Hz) na dřevěných rezonančních skříňkách, stojánek, kyvadélko s lehkou kuličkou, pryžové kladívko.



Obr. 4.17: Rezonance s dvěma ladičkami

Jak na to?

Dvě ladičky umístíme otvory rezonančních skříňek proti sobě do vzdálenosti asi 40 cm. K jedné z ladiček umístíme stojánek s kyvadélkem tak, aby se kulička lehce ladičky dotýkala. Pokud první ladičku rozezvučíme pryžovým kladívkem, pozorujeme, že se od raménka druhé ladičky kulička odráží. Zvuk se ve formě vlnění šíří vzduchem ke druhé ladičce.

Protože se jedná o ladičky, kmitající se stejnou vlastní frekvencí, jedna se chová jako oscilátor a druhá jako rezonátor.

Modifikace pokusu – jednu ladičku rozezvučíme úderem pryžového kladívka a po chvíli (8 s až 10 s) její chvění utlumíme dotechem ruky. Slabší tón téže frekvence na druhé ladičce dokazuje chvění druhé ladičky přenesené rezonancí.

	Navštivte stránky: http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=video&lpage=164&file=mkv_rezonance1.wmv http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=video&lpage=164&file=mkv_rezonance2.wmv http://fyzmatik.pise.cz/69393-videli-jste-nekdy-zriceni-mostu.html
---	---

4.14 Akustické rázy



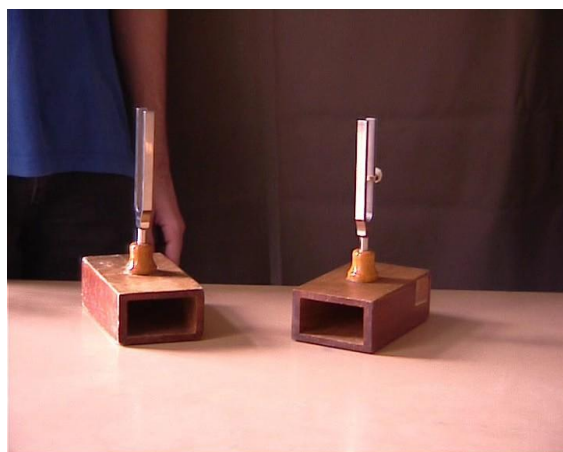
Literatura:

SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole* 2. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997, str. 172

KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl*. Praha: SPN, 1967, str. 202

Co všechno potřebujeme?

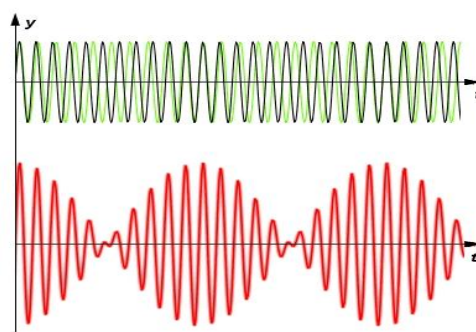
Dvě ladičky (440 Hz) na dřevěných rezonančních skříňkách, kovový prstenec, pryžové kladívko.



Obr. 4.18: Vznik rázů pomocí dvou ladiček

Jak na to?

Využijeme uspořádání předcházejícího pokusu. Na jedno z ramének ladičky však navlékneme prstenec. Tím odstraníme původně nastavenou rezonanci a sluchem můžeme zaznamenat vznik rázů. Posunem prstence po raménku směrem k nožce ladičky zmenšujeme frekvenci rázů.



Obr. 4.19: Grafické znázornění rázů



Navštivte stránky:

<http://fyzweb.cz/materialy/videopokusy/POKUSY/RAZY/INDEX.HTM>

http://www.aldebaran.cz/applets/fy_razy/start.html

http://www.walter-fendt.de/ph14cz/beats_cz.htm

4.15 Závislost výšky tónu zavřené píšťaly na její délce



Literatura:

KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách 1. díl*. Praha: SPN, 1967, str. 128

Co všechno potřebujeme?

Píšťalu s posuvným pístem.

Jak na to?

U zavřené píšťaly je u ústí kmitna a na uzavřeném konci uzel. Posuvným pístem píšťaly měníme sloupec oscilujícího vzduchu a tím i výši tónu. Výška tónu je určena jeho frekvencí. Pro zavřenou píšťalu platí vztah:

$$f = \frac{(k-1)c}{4l}$$

kde k je přirozené číslo, c je rychlost zvuku ve vzduchu a l délka trubice píšťaly. Délka píšťaly se rovná lichému počtu čtvrtin.

Z uvedeného vztahu vyplývá, že při větší délce vzduchového sloupce v píšťale dostáváme zvuk nižší frekvence (hlubší tón), při kratším sloupci pak tón vyšší.



Obr. 4.20: Zavřená píšťala s pohyblivým pístem

*Umístění sady pomůcek pro pokusy na téma **Kmity, vlny, akustika:***

učebna 345, skříňka č. 6

Pracoviště: lavice

5. Mechanika demonstrační 1. část

Jaké fyzikální jevy demonstrujeme?

- 5.1 Demonstrace pohybových účinků síly na těleso
- 5.2 Zákon setrvačnosti
- 5.3 Smykové tření a měření třecí síly
- 5.4 Změna velikosti třecí síly se změnou tlakové síly, kterou působí těleso na podložku
- 5.5 Závislost velikosti třecí síly na jakosti stykových ploch, nezávislost na velikosti stykových ploch
- 5.6 Valivé tření
- 5.7 Prodloužení dvou stejných pružin
- 5.8 Prodloužení pružiny je přímo úměrné tíze zavěšeného tělesa
- 5.9 Demonstrace měření síly siloměrem
- 5.10 Demonstrace rovnováhy sil
- 5.11 Demonstrace akce a reakce použitím tělesa ponořeného do kapaliny
- 5.12 Měření akce a reakce použitím dvou siloměrů
- 5.13 Skládání dvou sil souhlasně orientovaných v jedné přímce
- 5.14 Skládání dvou sil nesouhlasně orientovaných v jedné přímce
- 5.15 Skládání dvou sil různoběžných
- 5.16 Rovnováha tří různoběžných sil o stejném působišti
- 5.17 Skládání dvou sil působících v různých bodech tuhého tělesa
- 5.18 Skládání dvou sil rovnoběžných, souhlasně orientovaných
- 5.19 Rozklad síly na dvě různoběžné složky daných směrů
- 5.20 Rozklad síly na dvě rovnoběžné složky

Úvod

Souprava MECHANIKA DEMONSTRAČNÍ je určena pro demonstrační pokusy na základní škole (1975). Základem soupravy je panel, umístěný v univerzálním stativu. Ten je používán rovněž pro panely na pokusy z elektřiny. Panel má z čelní strany pravidelně rozmístěné otvory, tvořící čtvercovou souřadnicovou síť pro upínání jednotlivých prvků soupravy pomocí čepů. Souřadnice umístění daného čepu je uvedena na instruk-

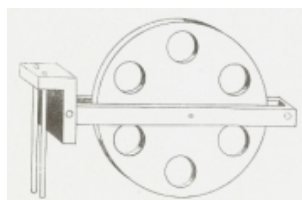
tivním obrázku k pokusu. První číslo je souřadnice na vodorovné ose. Na panel lze pomocí feritů umisťovat různé značky – magnetogramy.

Stručný popis podstatných částí soupravy:

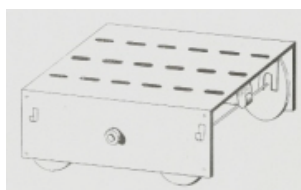
1) Dráha s kolejiemi – slouží pro pohyb vozíku po vodorovné nebo nakloněné rovině a dále jako plocha pro vyšetřování jevů tření. Má délku 1 m a upevňuje se na panel pomocí dvou čepů.



2) Kladka s hrotovým uložením – se skládá z rámu, do nějž je vlastní kladka pomocí hrotů osazena. Pomocí dvou kolíků v rámu lze kladku nasadit na čelo dráhy. Jedná se o poměrně citlivou součástku, je nutné s ní zacházet šetrně a zatěžovat maximálně silou 5 N.

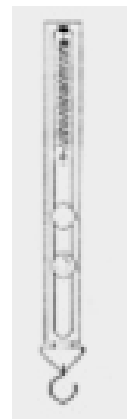


3) Vozík – je konstruován tak, aby se při jeho pohybu se v minimální míře projevilo tření. Hlavně v souvislosti s dráhou s kolejiemi je třeba zabránit jejich deformacím.



4) Dráha pro tření – má tvar nízkého plochého žlábků. Ukládá se na koleje dráhy.

5) Siloměr – je tvořen obdélníkovým pláštěm, v němž je uložena pružina. Siloměr se na panel upevňuje pomocí dvou krátkých čepů. Souprava obsahuje siloměry 3 a 10 N.



6) Dřevěný hranol s jedním a dvěma háčky – slouží jako břemena, zarážky, tělesa pro zkoumání tření.

7) Dřevěný hranol s různými stěnami – slouží k demonstraci závislosti smykového tření na jakosti třecích ploch.

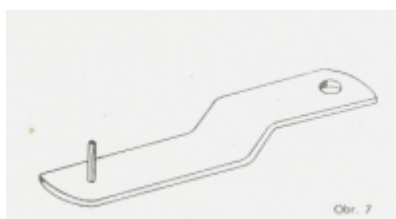
8) Dřevěný hranol se žlábkem – slouží k demonstraci změny třecí síly na změně normálové tlakové síly na podložku.



9) Hranol se třemi otvory – slouží ke vkládání válcových 100 g závaží. Hranol má pět háčků pro zavěšení v různých bodech a určování těžiště nehomogenního tělesa.



10) Kladkovnice – jsou určeny k upevnění řady kladek o průměru 50, 100 a 150 mm (kladkovnice malá, střední, velká – slouží k sestavení kladkostroje).

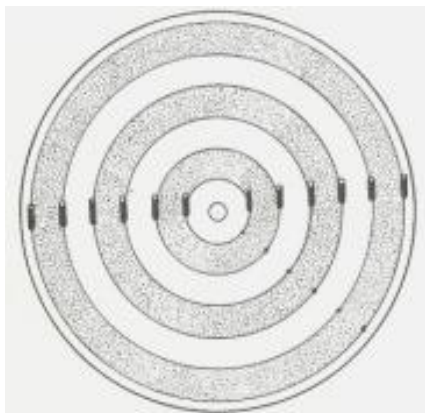


11) Desky – kruhová, šestiúhelníková, s těžnicí, slouží k demonstraci a určení těžiště tělesa a rovnovážné polohy tělesa.

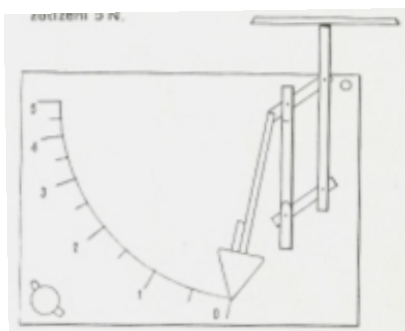
12) Pružina s ukazatelem – slouží k řadě účelů. Souprava obsahuje pět kusů pružin, jejich zatížení činí 5 N.



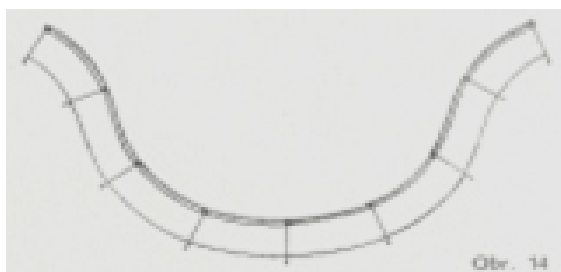
13) Momentový kotouč – obsahuje soustředné kruhy, na jejichž obvodě je deset otvorů pro kuličky.



14) Sklonné váhy – obsahují stupnici přímo v jednotkách síly v newtonech. Upevňuje se v pravém horním a levém dolním rohu pomocí čepů. Šipku páky je nutné uvést do nulové polohy. Maximální zatížení vah je 5 N.



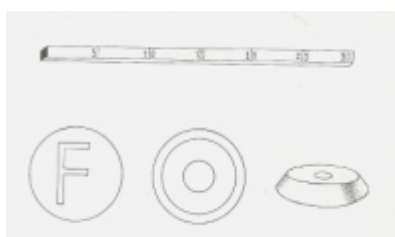
15) Dráha proměnného tvaru – se skládá ze tří ocelových pásů spojených nosníky s feritovými magnety. Systém pásů umožňuje měnit tvar dráhy.



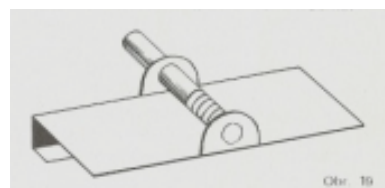
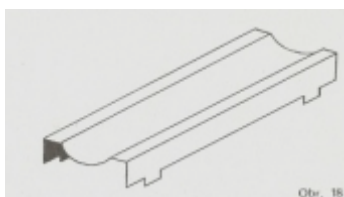
16) Univerzální čep – jeho zatlačením do panelu se připevňují jednotlivé prvky k panelu. Jejich zajištění se provádí pomocí pérové pojistky.



17) Magnetogramy – v podobě pravítek terčů s písmeny, šipkami.



18) Další drobný materiál – závěsný háček, žlábek, nárazník.



Poznámka:

Při sestavování demonstrace je mnohdy zapotřebí „třetí ruky“ na přidržení některé součástky – lanka, páky, kladkovnice. Zde je vhodné použít „pomocné“ čepy, které po sestavení odstraníme (napínací zařízení, kolo na hřídeli, kladkostroj, vozík na koleji).



Literatura:

DIBELKA, J., VÍŠEK, P. *Pokusy se soupravou mechanika demonstrační*. Komenium, 1974

Následující pokusy jsou výběrem z této publikace. Čísla v závorce za názvy pokusů jsou shodná s jejich číslováním v brožurě.

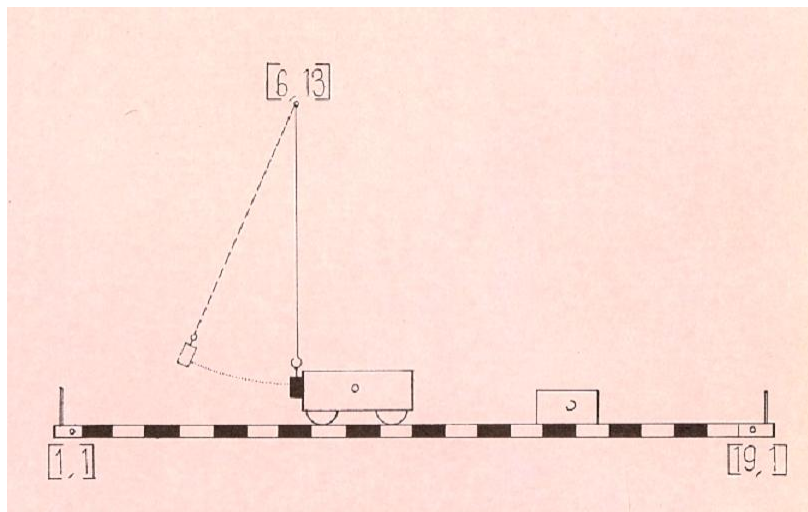
5.1 Demonstrace pohybových účinků síly na těleso (1)

Co všechno potřebujeme?

Dráhu s koleji, vozík, dřevěný kvádr s jedním háčkem, lanko (45 cm), závaží 100 g, pérové pojistky, univerzální čep.

Jak na to?

Na dráhu umístíme vozík. Zavěšené závaží vychýlíme z rovnovážné polohy a necháme dopadnout na čelní stěnu vozíku. Silovým rázem závaží jej uvedeme do pohybu. Do cesty můžeme vozíku postavit dřevěný kvádr.



Obr. 5.1: Demonstrace pohybových účinků síly na těleso

5.2 Zákon setrvačnosti (10)

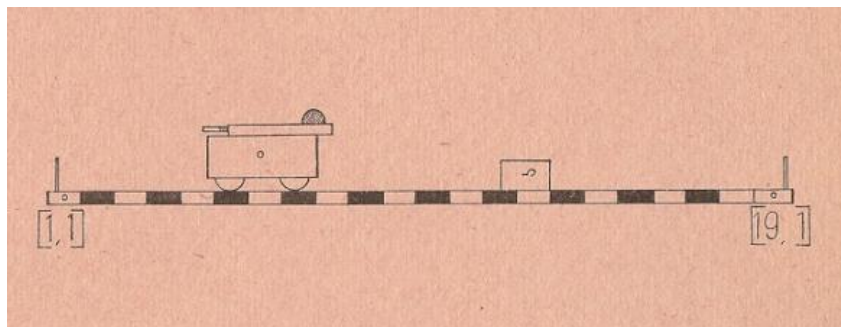
Co všechno potřebujeme?

Dráhu s koleji, vozík, dřevěný hranol s jedním háčkem, pérové pojistky, dřevěnou kouli, žlábek, pružný nárazník, univerzální čep.

Jak na to?

Na dráhu s koleji postavíme vozík, na jeho plošinu položíme žlábek a do něj umístíme dřevěnou kouli. Pravou stranu vozíku opatříme pružným nárazníkem. Vozík

uvedeme rukou do pohybu. V okamžiku silového rázu se začne dřevěná koule pohybovat proti směru působící síly, tedy i proti směru pohybu vozíku – vlivem setrvačnosti se snaží zachovat původní stav – klid. Po nárazu vozíku na překážku se koule setrvačností pohybuje dále v původním směru pohybu vozíku.



Obr. 5.2: Zákon setrvačnosti

5.3 Smykové tření a měření třecí síly (13)

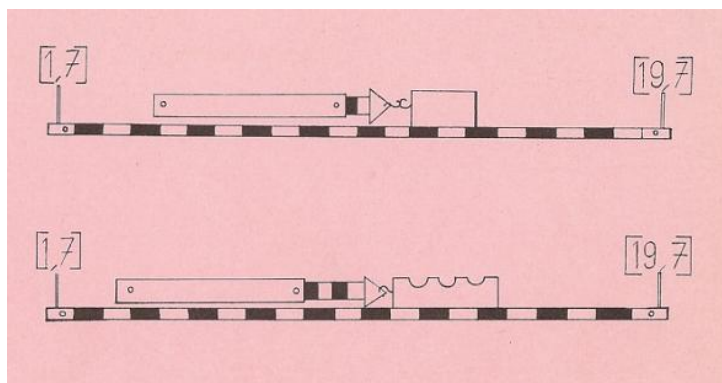
Co všechno potřebujeme?

Dráhu s kolejiemi, dráhu pro tření, siloměr, dřevěný hranol s jedním háčkem, dřevěný hranol s třemi žlábkami, univerzální čep, pérové pojistky.

Jak na to?

Na dráhu s kolejiemi umístíme dráhu pro tření. Na ní umístíme dřevěný kvádr a v první fázi jej uvedeme silovým nárazem do pohybu. Pozorujeme jeho zpomalený pohyb.

Ve druhé fázi připojíme ke kvádru demonstrační siloměr a jeho prostřednictvím jej uvedeme do pohybu. Po překonání klidového tření siloměr ukazuje konstantní výchylku,



Obr. 5.3: Smykové tření a měření třecí síly

kteřá při rovnoměrném pohybu udává zároveň třecí sílu. Obměnou hranolů ukážeme závislost třecí síly na velikosti normálové síly.

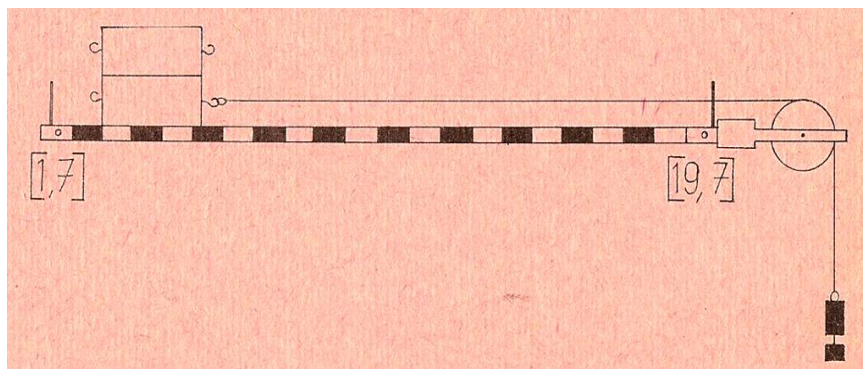
5.4 Změna velikosti třecí síly se změnou tlakové síly, kterou působí těleso na podložku (14)

Co všechno potřebujeme?

Dráhu s kolejiemi, dráhu pro tření, kladku s hrotovým uložením, dřevěný hranol s jedním háčkem, dřevěný hranol s třemi žlábkami, závaží 100 g (3 ks), univerzální čepy, pérové pojistky.

Jak na to?

Na dráhu s kolejiemi umístíme dráhu pro tření. Dřevěný hranol uvedeme do pohybu prostřednictvím zavěšeného závaží. Velikost závaží vyzkoušíme, aby pohyb hranolu byl pokud možno rovnoměrný. Přidáním dalšího hranolu ukazujeme závislost třecí síly na tlakové síle kolmé k podložce. Obdobný výsledek obdržíme při použití hranolu se žlábkami, do nichž vkládáme postupně 1 – 3 závaží. Výsledky můžeme zapisovat do tabulky.

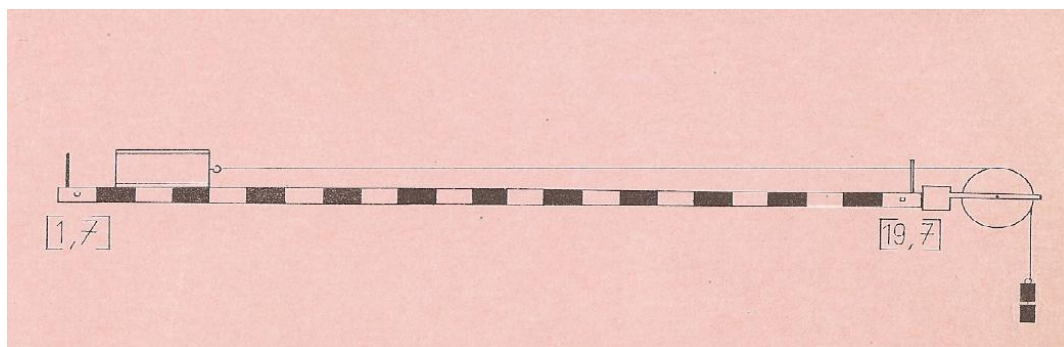


Obr. 5.4: Změna velikosti třecí v závislosti na tlakové síle

5.5 Závislost velikosti třecí síly na jakosti stykových ploch, nezávislost na velikosti stykových ploch (15)

Co všechno potřebujeme?

Dráhu s kolejiemi, dráhu pro tření, kladku s hrotovým uložením, dřevěný hranol s jedním háčkem, hranol s různými stěnami, závaží 100 g (3 ks), lanko (120 cm), univerzální čepy, pérové pojistky.



Obr. 5.5: Závislost velikosti třecí síly na jakosti stykových ploch a nezávislosti na velikosti stykových ploch

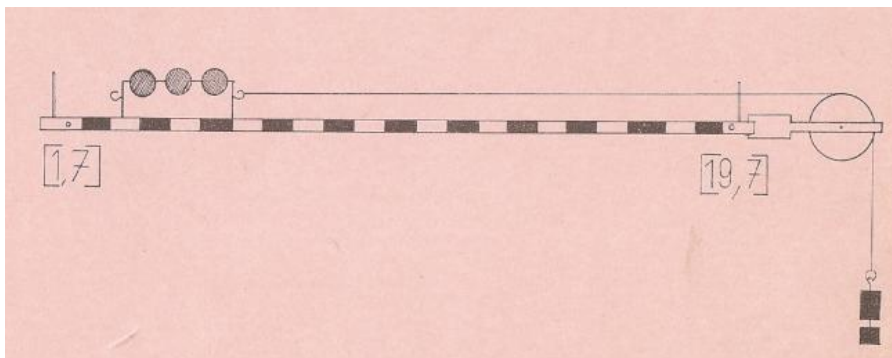
Jak na to?

Na dráhu s koleji umístíme dráhu pro tření a na ní postupně pokládáme hranol různými stěnami na dráhu pro tření. Kvádr uvedeme za pomoci vhodně zvoleného závaží a postrčením do rovnoměrného pohybu. Sledujeme závislost třecí síly na kvalitě třecích ploch a nezávislost na velikosti stykové plochy.

5.6 Valivé tření (16)

Co všechno potřebujeme?

Dráhu s koleji, dráhu pro tření, kladku s hrotovým uložením, dřevěný hranol s jedním háčkem, dřevěný hranol se třemi drážkami, závaží 100 g (3 ks), lanko (120 cm), podvozek s malými koly, podvozek s velkými koly, univerzální čepy, pérové pojistky.



Obr. 5.6: Valivé tření

Jak na to?

Na dráhu s koleji uložíme dráhu pro tření. Na dřevěný hranol se třemi žlábkami nasazujeme podvozek s různou velikostí kol. Jeho pohyb zajišťuje závaží vhodné hmotnosti, zavěšené na lanku přes kladku. Valivé tření demonstrujeme v několika variantách:

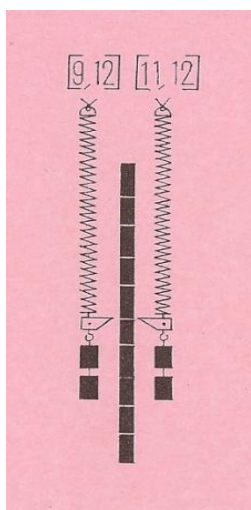
- Nejprve použijeme hranol na podvozku s malými koly, do žlábků nedáme žádné závaží.
- Poté přidáváme závaží a sledujeme změny v pohybu kvádrů se vzrůstající valivou třecí silou v závislosti na tlakové síle.
- Na hranol nasadíme podvozek s většími koly a opět měníme závaží.

Experimenty ověřujeme závislost odporové síly valivého tření:

$$F_v = \xi \frac{F_N}{R}$$

Kde ξ je rameno valivého odporu (též součinitel valivého odporu) udávaného v mm (viz MFChT), F_N normálová síla a R poloměr tělesa. Porovnáním s předcházejícím výsledkem pokusu dojdeme k poznatku, že odporová síla při valivém odporu je menší, než velikost třecí síly při smykovém tření.

5.7 Prodloužení dvou stejných pružin (3)



Obr. 5.7: Prodloužení dvou stejných pružin

Co všechno potřebujeme?

Dvě stejné pružiny s ukazatelem, závaží 100 g (4 ks), magnetogram-úsečka, univerzální čepy, pérové pojistky.

Jak na to?

Pružiny připevníme na panel a mezi ně umístíme magnetograf, sloužící k porovnání prodloužení pružin. Pokus opět provádíme v různých modifikacích:

- Na každou z pružin zavěsíme po jednom závaží o stejných hmotnostech. Prodloužení pružin je shodné. Současně demon-

strujeme, že v daném místě stejné hmotnosti představují stejnou tíhovou sílu, způsobující stejnou deformaci pružin.

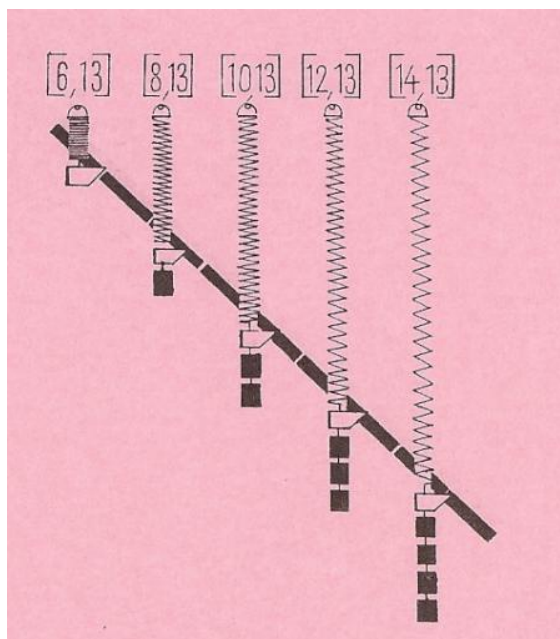
b) Na jednu z pružin pověsíme dvě závaží, na druhé jedno. Prodloužení první pružiny je dvojnásobné, působí na ní dvojnásobně velká deformační tíhová síla.

c) Na obě pružiny pověsíme po dvou závažích – prodloužení pružin je opět stejné, působí na ně stejné síly, prodloužení je dvojnásobné oproti variantě s jedním závažím.

5.8 Prodloužení pružiny je přímo úměrné tíze zavěšeného tělesa (5)

Co všechno potřebujeme?

Pružiny s ukazatelem (5 ks), závaží 100 g (10 ks), univerzální čepy, magnetogram-úsečka (2 ks).

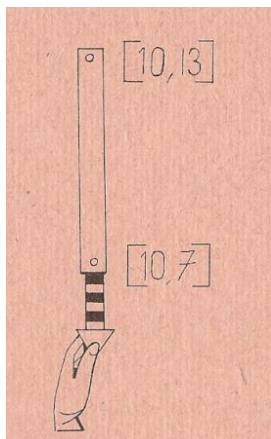


Obr. 5.8: Závislost prodloužení pružiny na tíze tělesa

Jak na to?

Pružiny na panelu připevníme vedle sebe v jedné přímce tak, aby jejich ukazatelé směřovaly jedním směrem. Na první pružinu nezavěsíme žádné závaží. Na druhou pružinu umístíme jedno závaží, na třetí dvě, atd. Prodloužení jednotlivých pružin vyznačíme magnetografem, čímž získáme přímo závislost prodloužení pružiny, která je úměrná tíze zavěšeného tělesa.

5.9 Demonstrace měření síly siloměrem (7)



Co všechno potřebujeme?

Demonstrační siloměr, univerzální čepy.

Jak na to?

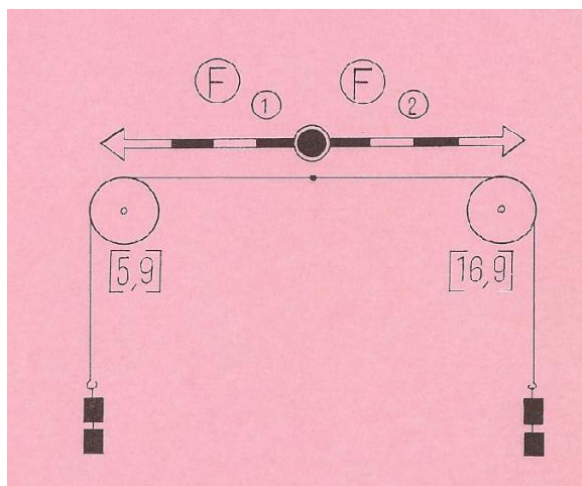
Siloměr upevníme na panel. Rukou natahujeme jeho pružinu a žáky učíme číst hodnoty síly, včetně její jednotky.

Obr. 5.9: Demonstrace měření síly siloměrem

5.10 Demonstrace rovnováhy sil (8)

Co všechno potřebujeme?

Kladky (2 ks), lanko s kroužkem uprostřed, závaží 100 g (4 ks), univerzální čepy, pérové pojistky, magnetogramy – dle přiloženého obrázku.

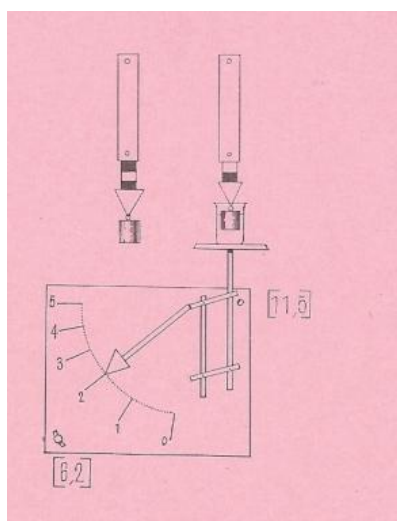


Obr. 5.10: Demonstrace rovnováhy sil

Jak na to?

Na panel upevníme dvě kladky, přes které navlékneme lanko s kroužkem uprostřed. Na oba konce lanka připevníme dvě závaží a demonstrujeme rovnováhu dvou sil, působících v téže přímce ale v opačných směrech. Výsledná síla má nulový pohybový účinek na kroužek uprostřed. Situaci na panelu zvýrazníme příslušnými magnetogramy.

5.11 Demonstrace akce a reakce použitím tělesa ponořeného do kapaliny (11)



Obr. 5.11: Demonstrace akce a reakce u tělesa ponořeného do kapaliny

Co všechno potřebujeme?

Demonstrační siloměr, sklonné váhy, kádinku, sadu pro demonstraci Archimédova zákona, univerzální čep.

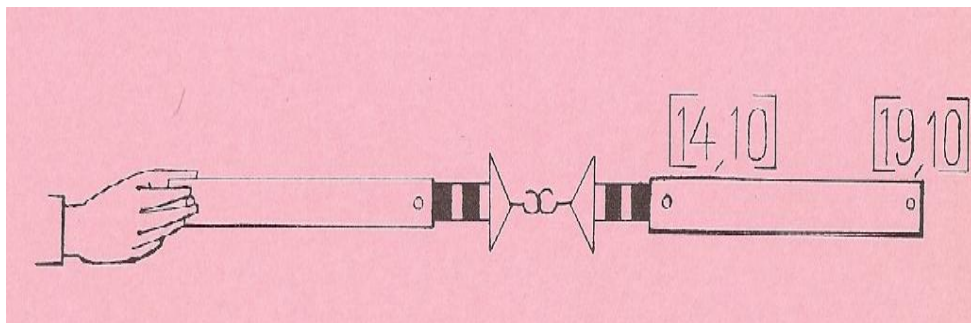
Jak na to?

Na panel připevníme sklonné váhy, na ně umístíme kádinku s vodou. Váhami registrujeme tíhovou sílu nádoby s vodou. Na demonstrační siloměr zavěšíme plný válec ze soupravy pro demonstraci Archimédova zákona a určíme jeho tíhovou sílu. Ponoříme-li pak válec zavěšený na siloměru do vody, siloměrem prokážeme úbytek tíhové síly a sklonné váhy ukáží stejný přírůstek.

5.12 Měření akce a reakce použitím dvou siloměrů (12)

Co všechno potřebujeme?

Demonstrační siloměr, čep k siloměru.



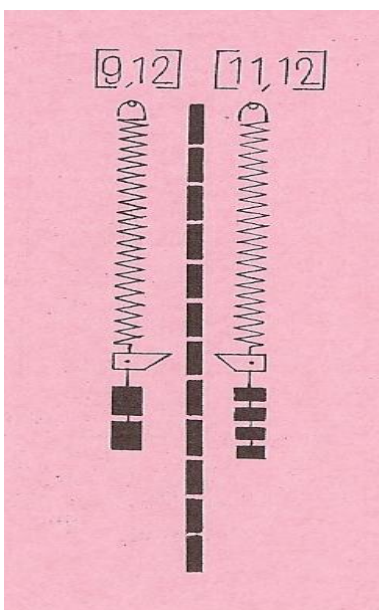
Obr. 5.12: Měření akce a reakce pomocí dvou siloměrů

Jak na to?

Jeden ze siloměrů připevníme čepem na panel. Do očka siloměru zapojíme druhý siloměr a silou působíme ve vodorovném směru. Na obou siloměrech odečítáme totožné hodnoty velikosti obou sil, sil akce a reakce.

5.13 Skládání dvou sil souhlasně orientovaných v jedné přímce (17)

Co všechno potřebujeme?



Obr. 5.13: Skládání dvou sil souhlasně orientovaných v jedné přímce

Dvě pružiny s ukazatelem, závaží 100 g (2 ks), závaží 50 g (4 ks), univerzální čepy, pérové pojistky, magnetograf-úsečka.

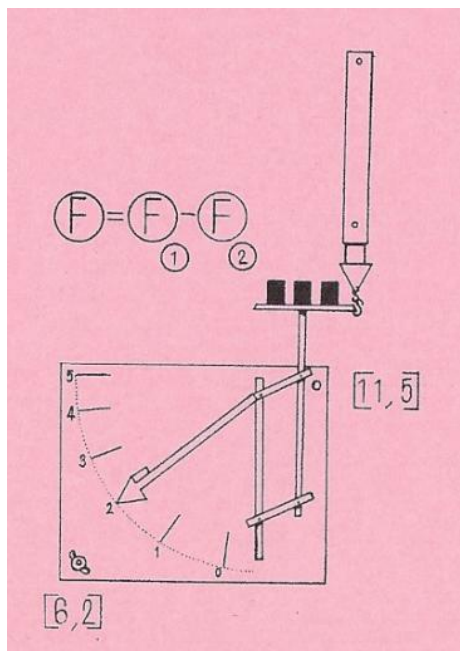
Jak na to?

Obě pružiny upevníme vedle sebe na panel. Na první pružinu zavěsíme závaží o hmotnosti 100 g. Stejného účinku – téhož prodloužení pružiny dosáhneme, pokud na druhou pružinu zavěsíme dvě závaží o dvojnásobné hmotnosti 50 g. Na první pružinu přidáme další závaží 100 g a téhož účinku – prodloužení pružiny dosáhneme přidáním dvou závaží 50 g.

5.14 Skládání dvou sil nesouhlasně orientovaných v jedné přímce (18)

Co všechno potřebujeme?

Demonstrační siloměr, závaží 100 g (3 ks), sklonné váhy, univerzální čepy, magnetogramy dle obrázku.



Obr. 5.14: Skládání dvou sil nesouhlasně orientovaných v jedné přímce

Jak na to?

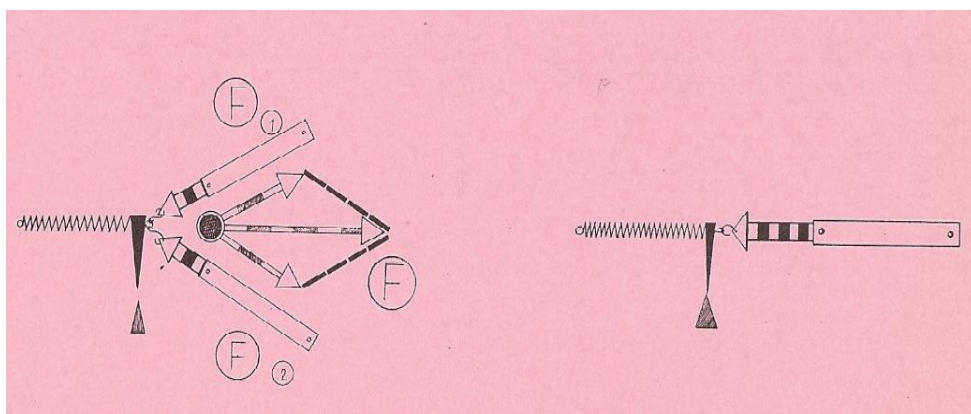
Skloňné váhy upevníme na panel. Na jejich misku umístíme 3 závaží o celkové hmotnosti 300 g, představující sílu svisle dolů o velikosti 3 N. Prostřednictvím siloměru, který zachytíme háčkem za kraj misky vah, působíme svisle vzhůru silou 1 N. Tato síla má opačný směr. Skloňné váhy ukáží určitou výchylku (2 N). Chceme-li, aby po odpojení siloměru tuto výchylku váhy znovu ukázaly, musíme na misku vložit určité závaží (100 g), prezentující sílu 1 N. Pokus doplníme zápisem pomocí magnetogramů:

$$F = F_1 - F_2$$

5.15 Skládání dvou sil různoběžných (19)

Co všechno potřebujeme?

Dva demonstrační siloměry, pérové pojistky (2 ks), čep k siloměru (4 ks), pružinu o větší tuhosti, magnetogramy – úsečky 500 mm, 400 mm, 50 mm, kruhové značky a šipky dle obrázku.



Obr. 5.15: Skládání dvou různoběžných sil

Jak na to?

Pružinu upevníme čepem k panelu. Na pružinu nasadíme oba siloměry a místo působení sil označíme kruhovou značkou. Siloměry napneme dvěma různými směry, šipkami vyznačíme prodloužení pružin. Směry působících sil zvýrazníme magnetografy ve tvaru úseček, a to souběžně s osami siloměrů. Pomocí dalších značek provedeme konstrukci silového rovnoběžníku, včetně výslednice. Jedním ze siloměrů ověříme velikost a směr výslednice, která má stejný účinek jako jednotlivé složky.

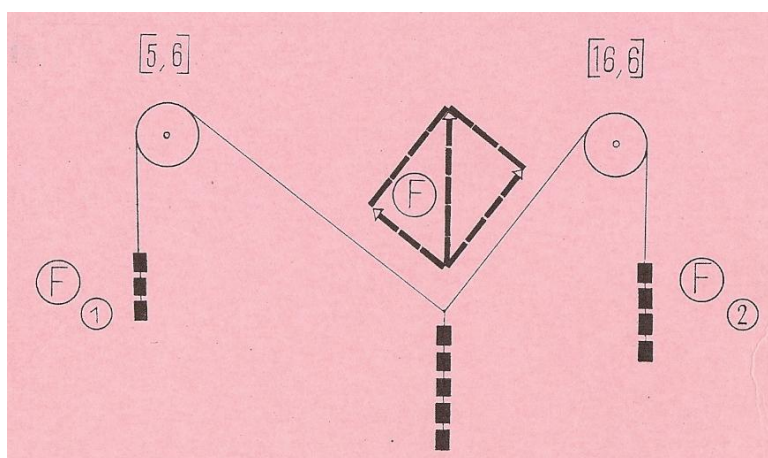
5.16 Rovnováha tří různoběžných sil o stejném působišti (20)

Co všechno potřebujeme?

Kladku průměru 100 mm (2 ks), kroužek se třemi lanky, závaží 100 g (12 ks), univerzální čepy, pérové pojistky, magnetogramy – úsečky 500, 400, 300 a 50 mm, kruhové značky a šipky podle obrázku.

Jak na to?

Jednotlivé prvky umístíme na panel podle obrázku. Síly F_1 a F_2 spolu svírají pravý úhel. Provedení doplníme magnetogramy, sestojíme z nich silový rovnoběžník včetně výslednice, její velikost ověříme podobně jako v předcházejícím případě.

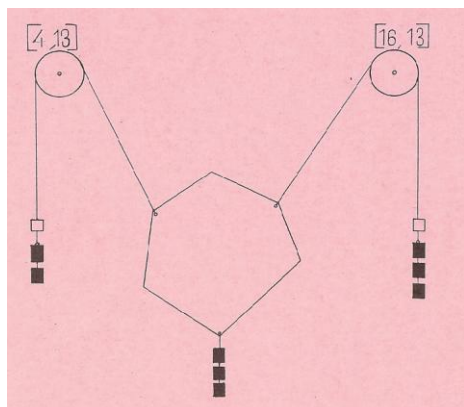


Obr. 5.16: Rovnováha tří různoběžných sil o společném působišti

5.17 Skládání dvou sil působících v různých bodech tuhého tělesa (21)

Co všechno potřebujeme?

Kladku průměru 100 mm (2 ks), lanka 25 cm (2 ks), závaží černá 100 g (8 ks), závaží bílá (2 ks), univerzální čepy, pérové pojistky, magnetogramy – úsečky 500, 300 a 200 mm, kruhové značky a šipky podle obrázku.

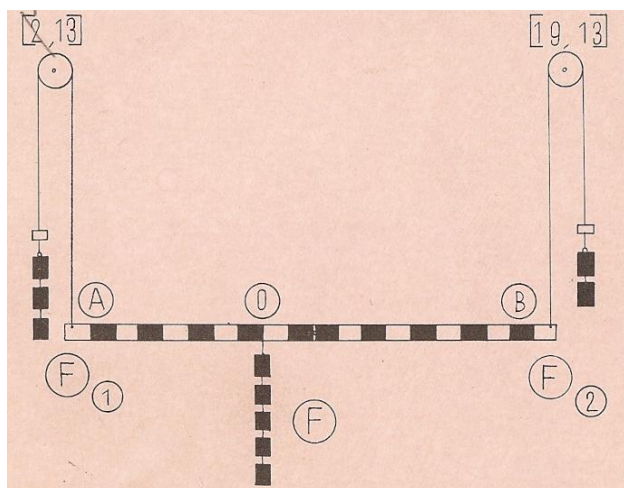


Jak na to?

Šestiúhelníkovou desku zavěšíme na panel podle obrázku, Bílými závažíčky desku vyvážíme. Černá závaží zavěšíme na desku. Provedení modelujeme pomocí magnetogramů.

Obr. 5.17: Skládání dvou sil působících v různých bodech tuhého tělesa

5.18 Skládání dvou sil rovnoběžných, souhlasně orientovaných (22)



Obr. 5.18: Skládání dvou rovnoběžných, souhlasně orientovaných sil

Co všechno potřebujeme?

Kladku průměru 100 mm (2 ks), páka, lanka 40 cm (2 ks), závaží 100 g (10 ks), závaží bílé (2 ks), závěsný háček, univerzální čepy, pérové pojistky, magnetogramy – kruhové značky dle obrázku.

Jak na to?

Přes dvě kladky zavěšíme na dvou lankách páku a vyvážíme ji pomocí bílých závažíček tak, aby

byla v rovnovážné poloze – v klidu. V základním provedení pokusu zavěsíme na levé lanko 3 závažíčka, představující velikost síly 3 N. Na pravé lanko zavěsíme 2 závažíčka, představující sílu 2 N. Chceme-li uvést páku do rovnovážné polohy, musíme v bodě O (osa otáčení) zavěsit 5 závaží, aby platilo pro poměr sil a vzdáleností od bodu O:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\overline{BO}}{\overline{AO}}$$

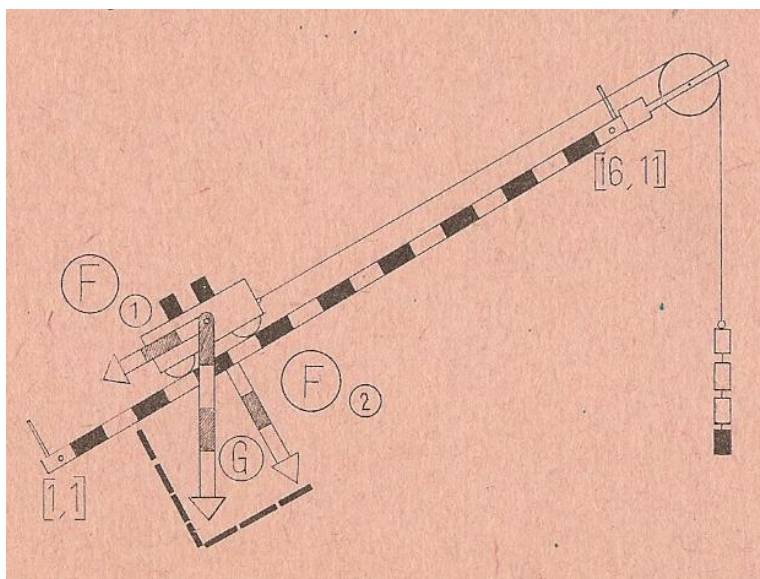
A pro výslednici sil:

$$F_1 + F_2 = F$$

5.19 Rozklad síly na dvě různoběžné složky daných směrů (23)

Co všechno potřebujeme?

Dráhu s koleji, kladku s hrotovým uložením, vozík, lanko 120 cm, měřítko závěsné se šipkou (2 ks), závaží černé 50 g (3 ks), 100 g (4 ks), 30 g, přívažek 5 g (5 ks), univerzální čepy, pérové pojistky, magnetogramy – úsečky 200 a 50 mm, kruhové značky a šipky podle obrázku.



Obr. 5.19: Rozklad síly na dvě různoběžné složky daných směrů

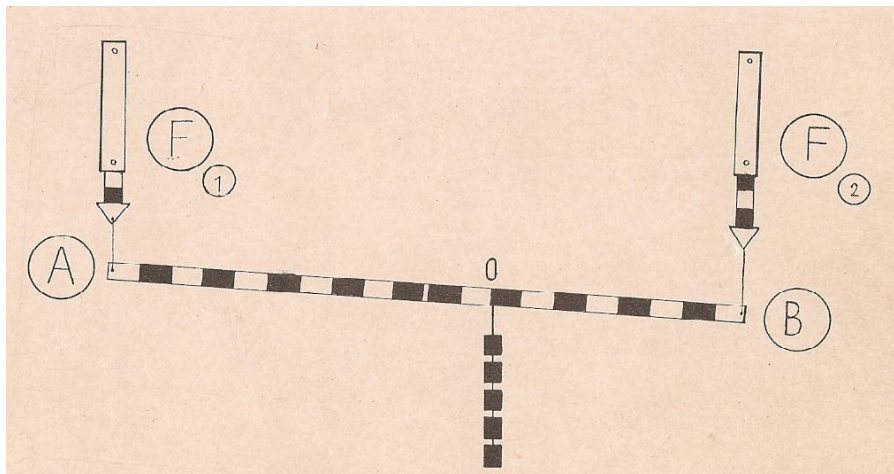
Jak na to?

Dráhu s koleji upevníme na panel podle obrázku. Nezatížený vozík vyvážíme závažími. Na vozík zavěšíme závěsná měřítka: jednu šipku umístíme ve směru jeho pohybu (pohybová složka F_1), druhou ve svislém směru (tíhová síla G), třetí pak kolmo ke kolejové dráze (normálová složka F_2). Pomocí úseček doplníme šipky na silový rovnoběžník. Na vozík můžeme přidávat další závaží a vyvažovat jej, stejně tak můžeme měnit sklon nakloněné roviny.

5.20 Rozklad síly na dvě rovnoběžné složky (24)

Co všechno potřebujeme?

Dva demonstrační siloměry, čepy k siloměru (4 ks), páka, závaží 100 g (5 ks), závěsné háčky (3 ks), magnetogramy podle obrázku.



Obr. 5.20: Rozklad síly na dvě rovnoběžné složky

Jak na to?

Páku zavěšíme na dva siloměry podle obrázku. Odečteme výchylky obou siloměrů, budou to v další fázi počáteční hodnoty. Páku pak postupně zatěžíme různým počtem

závaží v rozličných bodech páky. Ten pak bude tvořit osu otáčení a zároveň působíště O výsledné síly.

Pro jednotlivé parametry platí:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{\overline{AO}}{\overline{BO}}$$

A pro velikost výslednice sil:

$$F = F_1 + F_2$$

Do přehledné tabulky zapisujeme velikosti složek sil, vzdálenost jejich působíšť od osy otáčení a velikost výslednice.

$\frac{F_1}{N}$	$\frac{F_2}{N}$	$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{\overline{OA}}{cm}$	$\frac{\overline{OB}}{cm}$	$\frac{\overline{BO}}{\overline{AO}}$

*Umístění pomůcek pro pokusy na téma **Mechanika demonstrační 1. část:***

Přípravná – pojízdný stolek se svislou demonstrační tabulí a soupravou

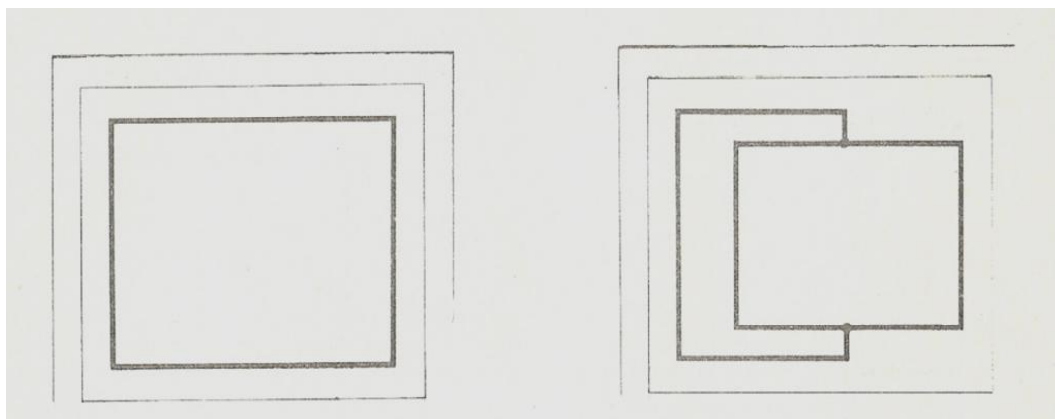
***Pracoviště:** demonstrační stůl*

6. Demonstrační souprava pro pokusy z elektřiny

Popis soupravy

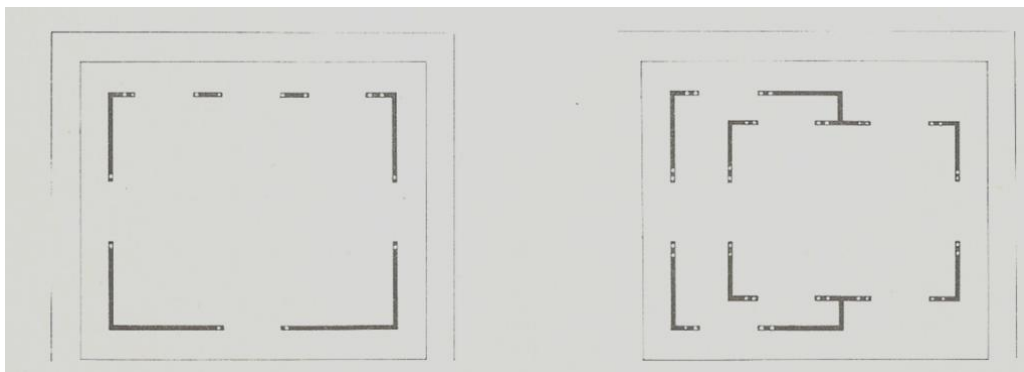
Souprava obsahuje dva stojany, do nichž se zasouvají panely. Stojan má v horní části kovovou polici, určenou k viditelnému umístění měřících přístrojů. Do jednoho stojanu se většinou ukládá *magnetický panel*, sloužící ke znázornění zapojení pomocí magnetogramů, místo jejich kreslení učitelem na tabuli. Stojany je možné stavět na demonstrační stůl, ale také zavěšovat na tabuli. Magnetický panel má dvě modifikace:

- *magnetický panel sériový* (MG-S), s jednoduchým obvodem a
- *magnetický panel paralelní* (MG-P).



Obr. 6.1: Magnetický panel sériový (MG-S) Obr. 6.2: Magnetický panel paralelní (MG-P)

Druhý panel – *pracovní panel* stavíme vedle magnetického panelu. Je oboustranný. Z jedné strany je zakreslen červeně *jednoduchý obvod sériový* (PR-S), na straně druhé *obvod paralelní* (PR-P).



Obr. 6.3: Pracovní panel sériový (PR-S)

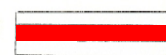
Obr. 6.4: Pracovní panel paralelní (PR-P)

Na pracovním panelu se mezi fixně propojené části obvodů vkládají jednotlivé destičky, opatřené vodivými kolíky, které zasouváme do zdířek panelu. Na povrchu panelu je propojení vyznačeno barevně, skutečné propojení zdířek je provedeno uvnitř panelu. Pokud nejsou některé zdířky obsazeny funkčními destičkami, je nutné prázdné místo obsadit můstkem. Do obvodu zapojujeme vždy vypínač. Bezpečné napětí pro panel je 50 V ~ nebo 100 V =.

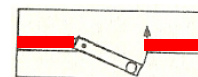
Popis používaných destiček

Číslo destičky/ Název – Funkce

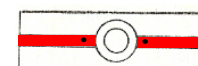
1/ Můstek – slouží k překlenutí nepropojených míst.



4/ Spínač malý – slouží ke spínání obvodu. Max. 6 A.



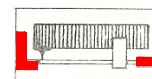
6/ Objímka E 10 – slouží k upínání žárovek. Max. 1 A.



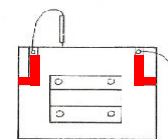
10, 11, 12/ Rychloupínací svorky – slouží k upínání odporového drátu. Délky 100, 200 a 400 mm.



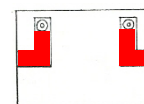
14/ Reostat – reguluje velikost proudu v obvodu.



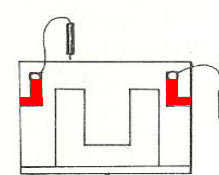
20/ Držák cívky – slouží jako držák cívek. Cívky se na držák navlékají.



21/ Držák s kyvetou – slouží jako držák kyvety. Na kolíky se upevní křížová svorka č. 86.



22/ U jádro – slouží pro sestavení elektromagnetu s jednou či více cívkami. Cívky se navlékají na ramena a zajišťují se kolíčky (dráty s očky).



Jaké fyzikální jevy demonstrujeme?

- 6.1 Měření napětí a proudu v obvodu
- 6.2 Ověření Ohmova zákona
- 6.3 Závislost odporu vodiče na jeho délce
- 6.4 Závislost odporu vodiče na jeho průřezu
- 6.5 Závislost odporu vodiče na jeho materiálu
- 6.6 Reostat válcový
- 6.7 Spojování spotřebičů za sebou
- 6.8 Spojování spotřebičů vedle sebe
- 6.9 Elektromagnet
- 6.10 Elektromagnet zvoncový
- 6.11 Vedení elektrického proudu v elektrolytech

	Literatura: DIBELKA, J. <i>Pokusy se soupravou elektřina demonstrační</i> . Praha: Komenium, 1974
	Následující pokusy jsou výběrem z uvedené publikace. Čísla v závorce za názvy pokusů jsou shodná s jejich číslováním v brožuře.

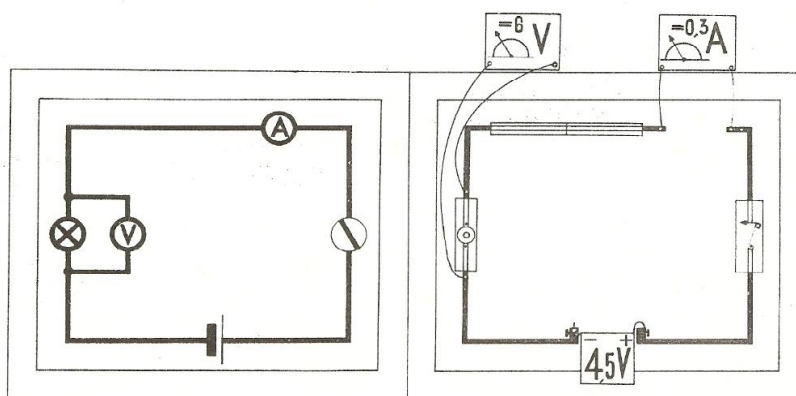
6.1 Měření napětí a proudu v obvodu (6)

Co všechno potřebujeme?

Panel MG-S (magnetický panel sériový), panel PR-S (pracovní panel sériový), můstek (2 ks), spínač malý, objímku E 10, voltmetr (6 V), ampérmetr (0,3 A), žárovku (3,8 V), zdroj 4,5 V, vodiče 80 cm (2 ks), vodiče 50 cm (2 ks), magnetogramy – zdroj, voltmetr, ampérmetr, spínač, žárovka.

Jak na to?

Obvod zapojíme podle obrázku. Ampérmetrem prověříme, že v různých místech sériového obvodu je stejně velký proud. Voltmetrem zjistíme napětí na žárovce. Můžeme jím rovněž určit napětí zdroje.



Obr. 6.1: Měření napětí a proudu v obvodu

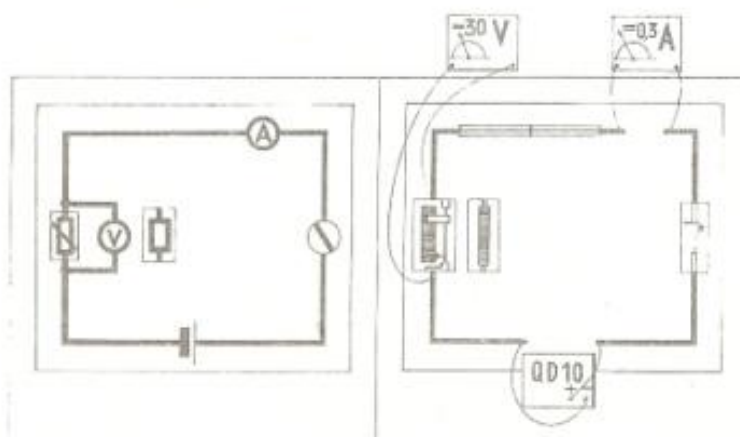
6.2 Ověření Ohmova zákona (7)

Co všechno potřebujeme?

Panel MG-S, panel PR-S, můstek (2 ks), spínač malý, reostat, voltmetr (6 – 30 V), ampérmetr (1 A), zdroj (5 – 20 V), vodiče 80 cm (2 ks), vodiče 50 cm (4 ks), magneto-gramy – zdroj, voltmetr, ampérmetr, spínač, reostat.

Jak na to?

Obvod zapojíme podle obrázku. Vhodně nastavíme hodnotu reostatu podle rozsahu měřících přístrojů. Hodnota odporu zůstává po dobu měření konstantní. Postupně měníme výstupní napětí zdroje a prostřednictvím hodnot napětí a proudu ověřujeme platnost Ohmova zákona.



Obr. 6.2: Ověření Ohmova zákona

6.3 Závislost odporu vodiče na jeho délce (8)

Co všechno potřebujeme?

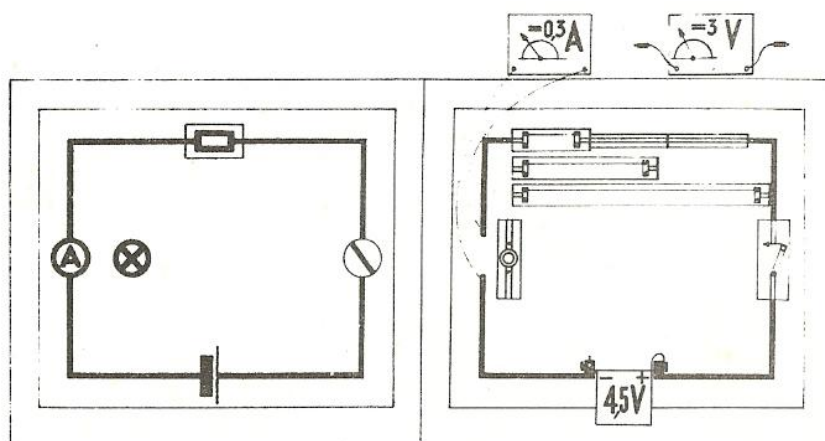
Panel MG-S, panel PR-S, můstek (2 ks), spínač malý, objímku E 10, žárovku (3,8 V), voltmetr (3 V), ampérmetr (0,3 A), zdroj (5 V), RP svorky 100 mm, 200 mm,

400 mm, cívka s dráty, vodiče 80 cm (4 ks), vodiče 50 cm (2 ks), magnetogramy – zdroj, odpor, voltmetr, ampérmetr, spínač, reostat.

Jak na to?

Panel zapojíme podle obrázku. Závislost odporu vodiče na jeho délce můžeme dokázat kvalitativně a kvantitativně, s doložením hodnot napětí a proudu.

a) Kvalitativní indikace – mezi svorky napneme konstantanový drát o průměru 0,14 mm – 100 mm délka. Pomocí jasu žárovky v sériovém obvodu nastavíme její jasný svit. Při stejném napětí zařazujeme další destičky s většími délkami konstantanového drátu. Jas žárovky se sníží.



Obr. 6.3: Závislost odporu vodiče na jeho délce

b) Kvalitativní indikace – postupujeme obdobně, ke svorkám různých destiček připojíme paralelně voltmetr a měříme hodnoty napětí a proudu a pomocí nich prokážeme hledanou platnost.

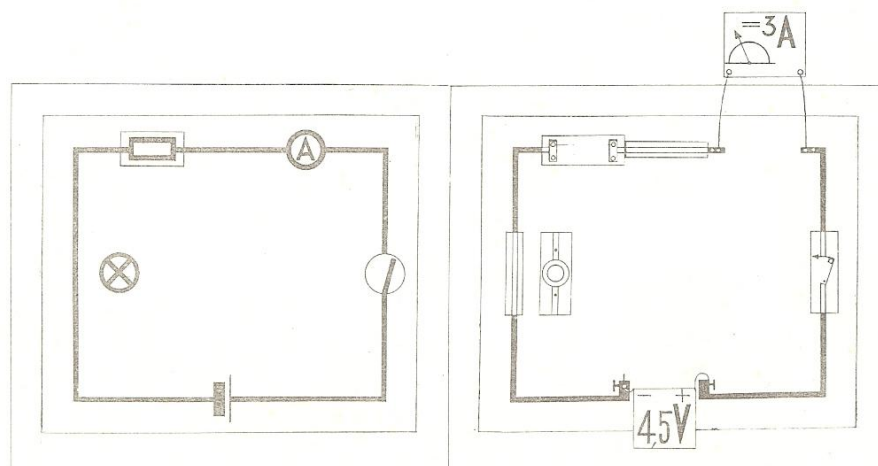
6.4 Závislost odporu vodiče na jeho průřezu (9)

Co všechno potřebujeme?

Panel MG-S, panel PR-S, můstek (2 ks), spínač malý, objímku E 10, žárovku (3,8 V), ampérmetr (3 A), zdroj (5 V), RP svorku, cívka s dráty, vodiče 80 cm (4 ks), vodiče 50 cm (2 ks), magnetogramy – zdroj, odpor, ampérmetr, žárovka, spínač.

Jak na to?

Panel zapojíme podle obrázku. Mezi rychloupínací svorky napneme přiměřenou část konstantanového drátu, zbytek ponecháme volně viset. Pokud paralelně k tomuto drátu připojíme další, obdržíme dvojitý (trojitý) průřez. Současně indikujeme jednak žárovkou, jednak ampérmetrem změny proudu. Můžeme využít odporové dráty různého průřezu ze sady.



Obr. 6.4: Závislost odporu vodiče na jeho průřezu

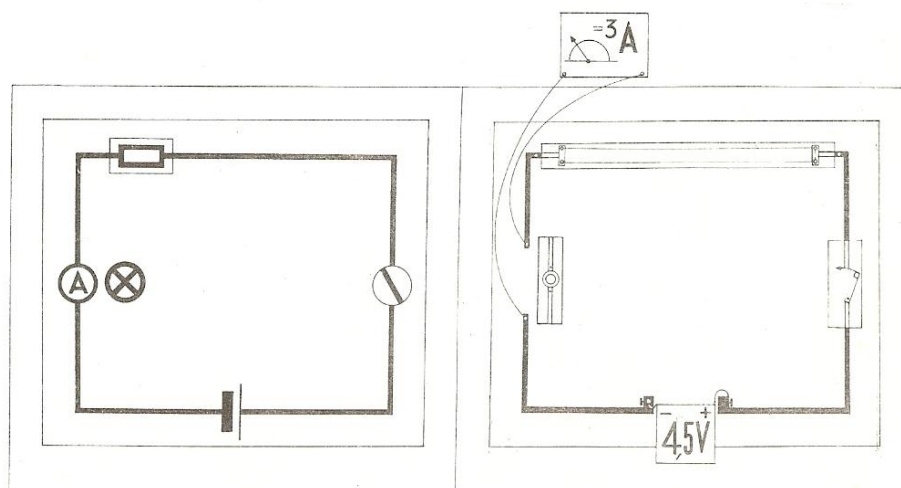
6.5 Závislost odporu vodiče na materiálu (10)

Co všechno potřebujeme?

Panel MG-S, panel PR-S, spínač malý, objímku E 10, žárovku (3,8 V), ampérmetr (3 A), zdroj (5 V), RP svorku, cívku s dráty, vodiče 80 cm (2 ks), magnetogramy – zdroj, odpor, žárovka, ampérmetr, spínač.

Jak na to?

Panel zapojíme podle obrázku. Mezi rychloupínací svorky napneme postupně drát měděný, ocelový, a konstantanový. Indikaci procházejícího proudu provádíme orientačně žárovkou nebo měříme ampérmetrem.

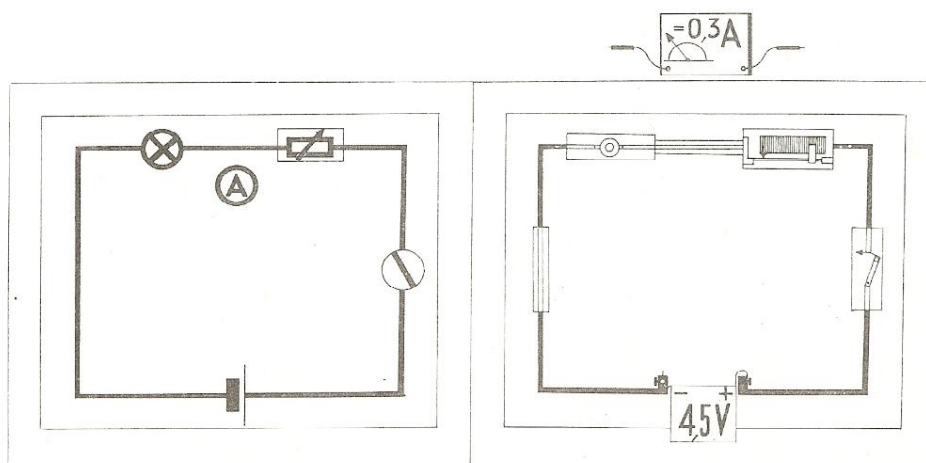


Obr. 6.5: Závislost odporu vodiče na materiálu

6.6 Reostat válcový (11)

Co všechno potřebujeme?

Panel MG-S, panel PR-S, můstek (2 ks), spínač malý, objímku E 10, žárovku (3,8 V), ampérmetr (0,3 A), zdroj (5 V), reostat, RP svorka, vodiče 50 cm (2 ks), magnetogramy – zdroj, žárovka, reostat, ampérmetr, spínač.



Obr. 6.6: Reostat válcový

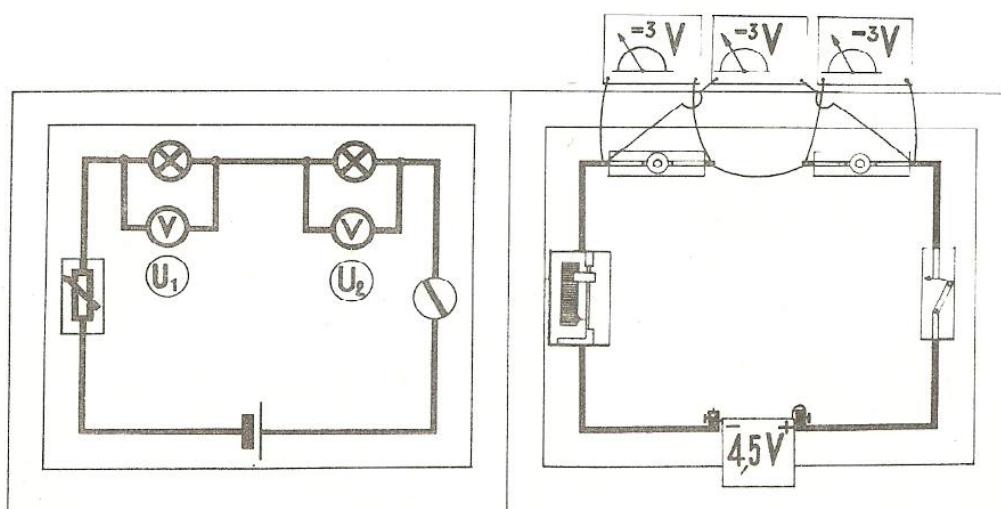
Jak na to?

Panel zapojíme podle obrázku. Před zapojením obvodu ke zdroji nastavíme reostat na maximální odpor. Žárovka nesvítí. Reostatem poté odpor postupně zmenšujeme, žárovka bude svítit stále jasněji. Kvalitativní určování velikosti proudu můžeme nahradit měřením hodnot proudu ampérmetrem.

6.7 Spojování spotřebičů za sebou (13)

Co všechno potřebujeme?

Panel MG-S, panel PR-S, můstek, spínač malý, objímku E 10 (2 ks), žárovku 3,8 V a 2,5 V, zdroj (5 V), reostat, voltmetr (3 ks), vodiče 50 cm (5 ks), vodiče 80 cm (2 ks), magnetogramy – zdroj, žárovka (2 ks), reostat, voltmetr (3 ks), spínač.



Obr. 6.7: Spojování spotřebičů za sebou

Jak na to?

Charakteristické vlastnosti spotřebičů zapojených v sérii můžeme prezentovat v několika variantách:

a) Zapojíme jednoduchý obvod s jednou žárovkou, připojíme na ní paralelně voltmetr a změříme na ní napětí. Voltmetr necháme připojen. Do obvodu nyní zapojíme druhou žárovku, opět připojíme a změříme napětí na ní. Třetím voltmetrem změříme napětí na obou žárovkách.

b) Zapojíme sériově obě žárovky do obvodu. Voltmetrem změříme napětí na každé z nich a na celé sérii.

c) Místo žárovek použijeme odpory vhodných parametrů, změříme napětí na každém z nich a poté na celé sérii.

Ve všech případech bude platit základní vztah pro sériově zapojené prvky:

$$U = U_1 + U_2$$

6.8 Spojování spotřebičů vedle sebe (14)

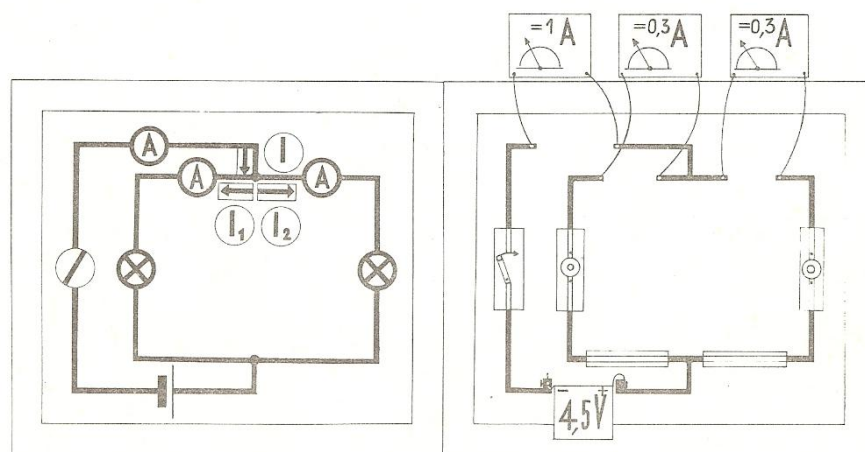
Co všechno potřebujeme?

Panel MG-P, panel PR-P, můstek (2 ks), spínač malý, objímku E 10 (2 ks), žárovku 3,8 V (2 ks), zdroj (5 V), ampérmetr (0,3 A), ampérmetr (1 A), vodiče 50 cm (6 ks), magnetogramy – zdroj, žárovka (2 ks), ampérmetr (3 ks).

Jak na to?

Na paralelním pracovním panelu zapojíme jednotlivé prvky podle obrázku. Pomocí ampérmetrů měříme proud v nevětvené části obvodu (proud I) a v jednotlivých větvích (I_1 a I_2). Pro ně bude platit základní vztah:

$$I = I_1 + I_2$$

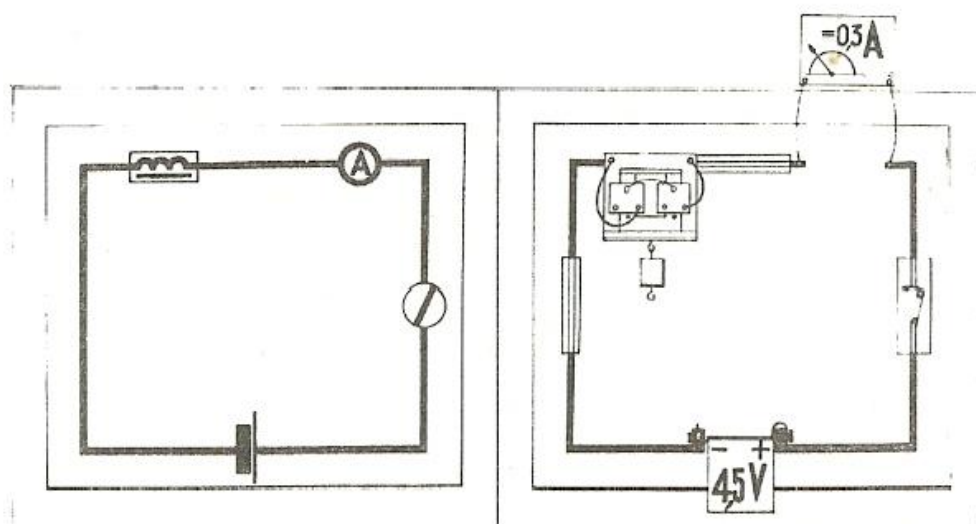


Obr. 6.8: Spojování spotřebičů vedle sebe

6.9 Elektromagnet (19)

Co všechno potřebujeme?

Panel MG-S, panel PR-S, můstek (2 ks), spínač malý, elektromagnet, zdroj (5 V), reostat, třmen s očkem, cívku 400 závitů (2 ks), ampérmetr (0,3 – 3 A), kolíčky k jádru, vodiče 50 cm (2 ks), vodiče 10 cm (3 ks), krabičku se špendlíky, magnetogramy – zdroj, reostat, ampérmetr, elektromagnet, spínač.



Obr. 6.9: Elektromagnet

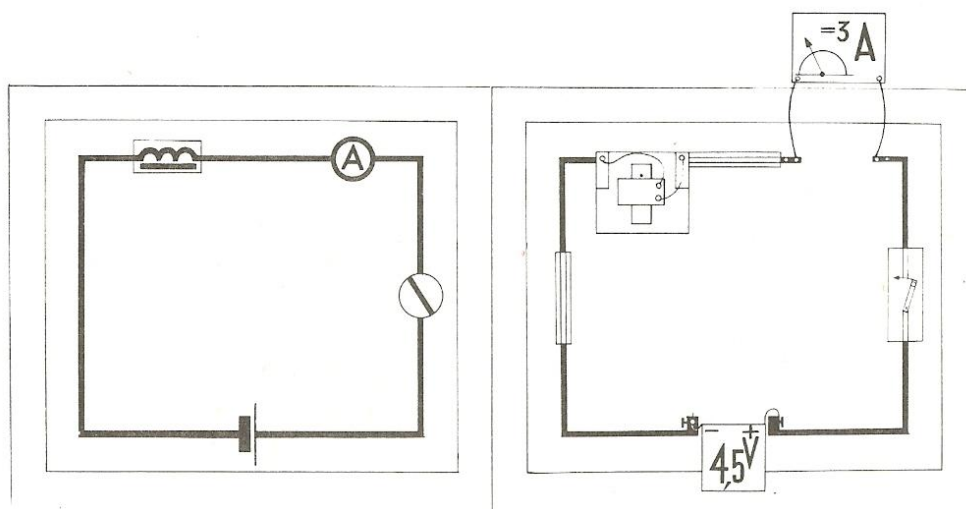
Jak na to?

Sestavíme obvod podle obrázku. Na U jádro nasuneme dvě cívky, k jádru je zajistíme kolíčky. Cívky propojíme vzájemně krátkými vodiči za sebou, přesně podle obrázku! Jádro s cívkami zasuneme do panelu tak, aby svislé trámky U jádra směřovaly dolů. Po zapnutí proudu necháme k jádru přitáhnout třmen s očkem, směřujícím rovněž dolů. Do háčku zavěšujeme závaží, abychom určili, jakou silou je přitahován třmen k jádru. K třmenu přiblížíme špendlíky. Ty se nám přichytí k jádru a zorientují do směru magnetických siločar. Po vypnutí proudu špendlíky odpadnou.

6.10 Elektromagnet zvoncový (20)

Co všechno potřebujeme?

Panel MG-S, panel PR-S, můstek (2 ks), spínač malý, zdroj (5 V), reostat, držák cívky, cívku 400 závitů, ampérmetr (3 A), kolíček k jádru, vodiče 50 cm (2 ks), krabičku se špendlíky, magnetogramy – zdroj, reostat, ampérmetr, elektromagnet, spínač.



Obr. 6.10: Elektromagnet zvoncový

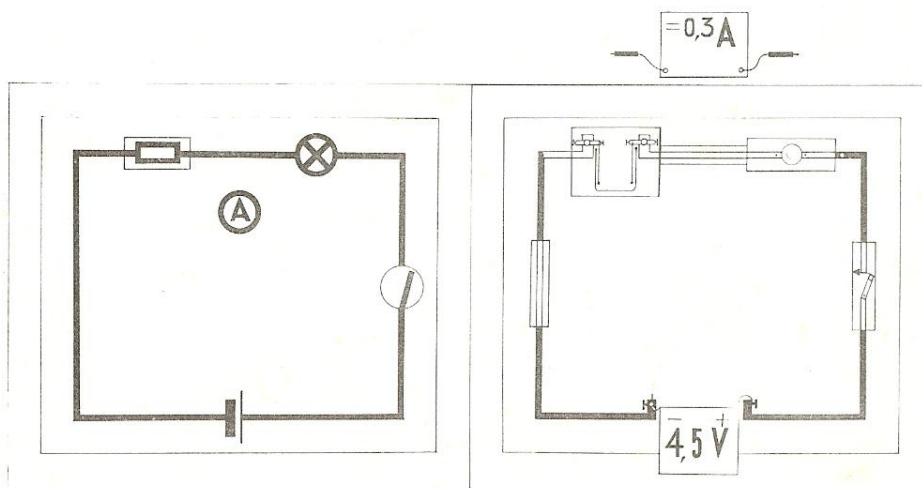
Jak na to?

Sestavíme obvod podle obrázku. Cívku umístíme do držáku a do cívky vložíme I jádro, které zajistíme kolíčkem. Po zapnutí proudu (asi 1 A) přiložíme pod jádro špendlíky, které se nám k němu přitáhnou. Po vypnutí proudu však všechny neodpadnou, vlivem remanentního (zbytkového) magnetismu jádra zůstanou některé přichyceny. Do obvodu můžeme zapojit reostat a na něm nastavit nulový odpor. Špendlíky se přitáhnou k jádru. Postupně zvyšujeme odpor (zmenšujeme proud v obvodu) a špendlíky začnou postupně odpadávat.

6.11 Vedení elektrického proudu v elektrolytech (35)

Co všechno potřebujeme?

Panel MG-S, panel PR-S, můstek, spínač malý, objímku E 10, žárovku 3,8 V, zdroj (5 V), kyvetu, držák kyvety, uhlíkové elektrody (2 ks), křížové svorky (2 ks), magneto-gramy – zdroj, žárovka, odpor, spínač.



Obr. 6.11: Vedení elektrického proudu v elektrolytech

Jak na to?

Sestavíme obvod podle obrázku. Do série zapojíme kyvetu a žárovku. Do kyvety nejprve nalijeme destilovanou vodu. Žárovka se nerozsvítí. Destilovaná voda je nevodičem elektrického proudu. Do vody začneme sypat kuchyňskou sůl, případně elektrolyt promícháme. Vlivem přítomnosti iontů se stane roztok vodivým.

*Umístění sady pomůcek pro pokusy na téma **Demonstrační souprava pro pokusy z elektřiny**: učebna 345, skříňka č. 10, stojan s panelem **Elektřina**.*

Zdroje a demonstrační měřidla ve skříních č. 5 a 7.

Pracoviště: 2 lavice



7. Demonstrace improvizovanými prostředky

Jaké fyzikální jevy demonstrujeme?

- 7.1 Ověření Pascalova zákona
- 7.2 Stlačitelnost vzduchu
- 7.3 Ověření stavu beztláče
- 7.4 Závislost hydrostatického tlaku na hloubce
- 7.5 Pascalova kouzelná fontána
- 7.6 Karteziánský potápěč
- 7.7 Heronova sluneční fontána
- 7.8 Přeměna vody na víno
- 7.9 Důkaz atmosférického tlaku I
- 7.10 Důkaz atmosférického tlaku II
- 7.11 Důkaz atmosférického tlaku III
- 7.12 Výtoková rychlost
- 7.13 Pokus se dvěma kelímky

Série následujících pokusů využívá k demonstraci některých fyzikálních jevů v hydromechanice plastové láhve. Jedná se o materiál běžně dostupný, který po jednoduchých úpravách může posloužit žákům také pro jejich domácí experimenty. Z tohoto důvodu je v textu ponechán návod, jaké úpravy je nutno provést. Pro potřeby praktika jsou láhve a dané komponenty již upraveny a příslušně očíslovány.

	Literatura: NOVOBILSKÁ, V. <i>Mechanické vlastnosti kapalin a plynů</i> (Pokusy s plastovými láhvemi v jednoduchém provedení). Ústí nad Labem: Katedra fyziky pedagogické fakulty UJEP 1994
	Následující pokusy jsou výběrem z uvedené publikace. Čísla v závorce za názvy pokusů jsou shodná s jejich číslováním v brožuře.

7.1 Ověření Pascalova zákona (1)



Obr. 7.1: Ověření Pascalova zákona

Co všechno potřebujeme?

Plastovou láhev (asi 1,5 l), s otvory (průměr asi 2 mm) v oblasti hrdla. Ty se udělají nejsnáze horkým hřebíkem.

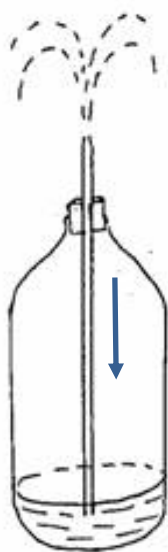
Jak na to?

Láhev naplníme vodou až po otvory. Láhev obrátíme a mírným tlakem zmáčkujeme. Voda počne z otvorů tryskat všemi směry v souladu s Pascalovým zákonem.

7.2 Stlačitelnost vzduchu (2)

Co všechno potřebujeme?

Průhlednou plastovou láhev, gumovou zátku, skleněnou trubičku



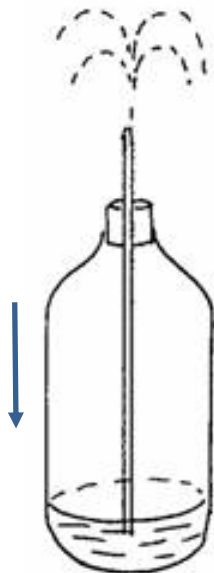
Jak na to?

V gumové zátce vyvrtáme otvor o průměru skleněné trubičky nahore zúžené a otavené. Trubička v otvoru zátky musí dobře těsnit. Lze zajistit voskem, silikonem apod. Do láhve nalijeme vodu do výšky asi 10 cm a zátkou s trubičkou uzavřeme. Trubička musí sahat pod hladinu vody. Trubičkou nafoukáme do láhve vzduch. Když přestaneme foukat, začne voda tryskat z láhve v důsledku stlačeného vzduchu a tedy zvýšeným tlakem na hladinu a vtlačí vodu do trubice.

Obr. 7.2: Stlačitelnost vzduchu

7.3 Ověření stavu beztíže (3)

Co všechno potřebujeme?



Stejnou plastovou láhev jako v předcházejícím pokusu.

Jak na to?

V předcházejícím pokusu přestane voda tryskat voda z trubice, jakmile nastane rovnováha mezi tlakem uvnitř láhve a hydrostatickým tlakem zbytku vody. Pokud necháme láhev padat k zemi volným pádem, hydrostatický tlak je roven nule a tlak vzduchu v lahvi počne opět vytlačovat vodu z trubice.

Obr. 7.3: Ověření stavu beztíže



Úkol:

Doložte výpočtem, že hydrostatický tlak při volném pádu je nulový.

7.4 Závislost hydrostatického tlaku na hloubce (4)



Obr. 7.4: Závislost hydrostatického tlaku na výšce hladiny

Co všechno potřebujeme?

Plastovou láhev (asi 1,5 l), do níž jsou v pravidelných vzdálenostech udělány svisle nad sebou otvory, nálevka, nádoba na vodu, stojan.

Jak na to?

Láhev naplníme vodou, umístíme pokud možno do výšky (na stojan) nad výlevku. Voda začne vytékat

z jednotlivých otvorů různými rychlostmi v závislosti na výšce hladiny nad otvorem.



Úkol:

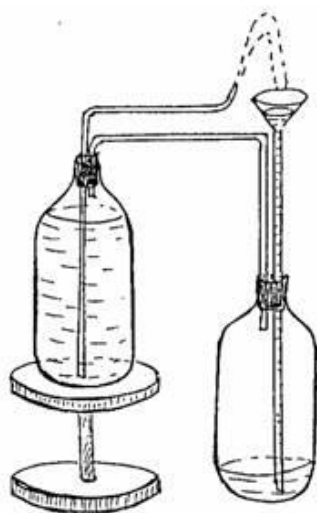
Stanovte rychlost vytékající kapaliny příslušným vztahem.

7.5 Pascalova kouzelná fontána (5)

Co všechno potřebujeme?

Dvě plastové láhve, skleněné trubičky, gumové hadičky, nálevku, zátky, vše upravené podle obrázku, stojan, kádinku.

Jak na to?



Obr. 7.5: Pascalova kouzelná fontána

Jednu z láhví naplníme vodou až po ústí spojovací trubice a umístíme alespoň o 20 cm výše než láhev druhou – viz obrázek. Nálevkou přiléváme do nižší láhve vodu. Při dosažení určité výšky hladiny začne z trysky první láhve proudit voda. Její proud nasměrujeme do nálevky. Děj probíhá, dokud se nevyprázdní vyvýšená láhev, závisí to na průměru trysky.

Při nalévání vody do nižší láhve v ní stoupá tlak vzduchu. Prostřednictvím spojovací trubice se vyšší tlak „přenáší“ do vyšší láhve a zvýšený tlak způsobí vytlačování vody do trysky a vznik fontány. Při průměru trysky asi 1 mm trvá děj přibližně 12 minut.

7.6 Karteziánský potápěč (6)

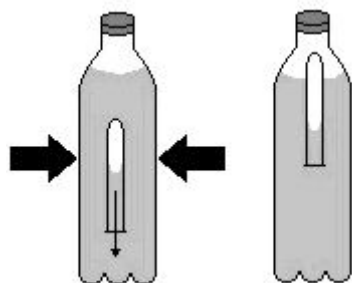
Co všechno potřebujeme?

Průhlednou plastovou láhev s uzávěrem (asi 1,5 l), oční kapátko.

Jak na to?

Oční kapátko naplníme vodou, ale ponecháme v něm vzduchovou bublinu. Plastovou láhev zcela naplníme vodou, vložíme do ní oční kapátko a láhev uzavřeme. Při mírném stlačení láhve se „karteziánek“ začne potápět, při zmenšení tlaku stoupá ve vodě vzhůru.

Při působení vnější síly na láhev s vodou se tlak přenáší do kapaliny. Ta je téměř nestlačitelná, proto se tlak přenesení na vzduch v kapátku. Ten je na rozdíl od vody stlačitelný, zmenší svůj objem v kapátku, do kapátka vnikne voda, to se stane těžší, a proto klesá ke dnu.



Obr. 7.6: Pokusy s karteziánkem



7.7 Heronova sluneční fontána (7)

Co všechno potřebujeme?

Plastovou láhev s gumovou zátkou, skleněnou trubičku, na konci zúženou, černý papír, tepelný zdroj

Jak na to?

Průhlednou plastovou láhev (je možné použít láhev z pokusu 7.2), zaplníme asi z $\frac{1}{3}$ vodou. Vložíme do ní černý papír (černou folii, kopírovací papír). Skleněná trubice zasahuje pod vodní hladinu. Před láhev umístíme přibližně do vzdálenosti 30 – 40 cm zdroj tepla (infrazářič, tepelný zářič). Po chvíli začne z trubice tryskat voda.



Obr. 7.7: Heronova sluneční fontána

Při ozáření láhve dochází k tepelné výměně mezi zdrojem tepla a láhví s náplní. Nejlépe pohlcuje teplo tmavá látka. Od ní se ohřeje vzduch nad hladinou vody, v důsledku toho se zvětší jeho objem v uzavřeném prostoru láhve a vzniklý tlak počne vytlačovat vodu tryskou ven.

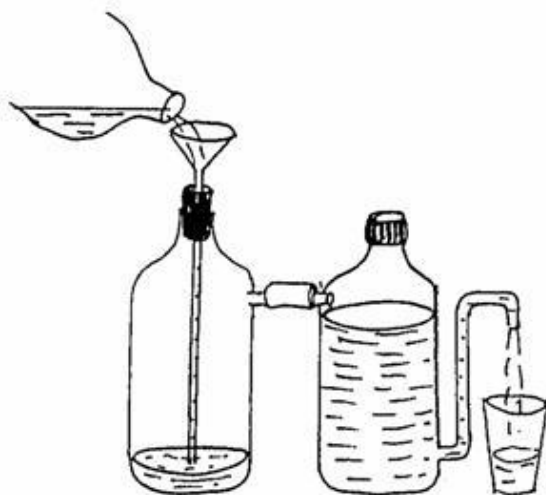
Folii, kopírovací papír nahradíme tím, že láhev z vnější strany natřeme vhodnou černou barvou.

7.8 Přeměna vody na víno (9)

Co všechno potřebujeme?

Soustavu plastových lahví v uspořádání podle obrázku.

Jak na to?



Obr. 7.8: Souprava k demonstraci přeměny vody na víno

Láhev s výpustí naplníme obarvenou vodou, představující červené víno a uzavřeme. Pokud budeme lít do první láhve neobarvenou vodu, se stoupající hladinou bude v této láhvi vzrůstat i tlak. Tlak se vyrovnává prostřednictvím propojení obou lahví a vlivem zvýšeného tlaku počne z druhé láhve vytékat obarvená voda. Atraktivitu pokusu zvýšíme, pokud láhev s obarvenou vodou zakryjeme, umístěním do kartonové krabice. Ještě

většího efektu dosáhneme, nahradíme-li obarvenou vodu skutečným nealkoholickým nápojem.

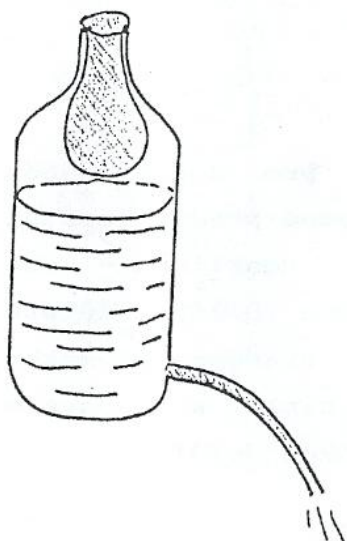
7.9 Důkaz atmosférického tlaku I (10a)

Co všechno potřebujeme?

Pevnější plastovou láhev (od octa), ve spodní části opatřenou výtokovou hadičkou (viz obrázek), tlačku, nafukovací balónek.

Jak na to?

Tlačkou stiskneme hadičku. Láhev naplníme vodou, přes hrdlo láhve přetáhneme nafukovací balónek. Tlačku uvolníme a hadičkou balónek nafoukneme asi do průměru 10 cm. Poté z láhve ponecháme vodu vytékat. S vytékající kapalinou se nad její hladinou snižuje tlak vzduchu. Vzniklý podtlak způsobí postupné zmenšování objemu balónku a dokonce bude balónek vtažen do lahve.



Obr. 7.9: Důkaz atmosférického tlaku I

7.10 Důkaz atmosférického tlaku II (11b)

Co všechno potřebujeme?

Prázdný hliníkový obal od nápoje (Sprite, Coca Cola, Fanta), vaříč, modelínu, nádobu s vodou, chňapku (rukavici na horké nádoby).

Jak na to?

Do prázdného hliníkového obalu nalijeme vodu, přibližně (1 – 2 cm). Na vaříči ji uvedeme do varu, aby se tvořilo dostatečné množství páry. Plechovku sejmemе chňap-

kou z vařiče, otvor utěsníme modelínou a vhodíme ji do nádoby s vodou. Prudkým ochlazením vodní páry se v plechovce zmenší její objem, tím se zároveň sníží tlak uvnitř. Vnější, vyšší atmosférický tlak způsobí deformaci plechovky doprovázenou zvukovými efekty.

7.11 Důkaz atmosférického tlaku III (12c)

Co všechno potřebujeme?



Obr. 7.10: Důkaz atmosférického tlaku II

Skleněnou láhev s vhodným průměrem hrdla (láhev od mléka, kečupu), na tvrdo vařené oloupané vejce, zápalky, kousek papíru, trochu oleje nebo vazelíny.

Jak na to?

Hrdlo láhve zevnitř potřeme olejem. Mělo by mít zhruba $\frac{2}{3}$ průměru vejce. Připravíme si na tvrdo vařené vejce. To je nutné uvařit tzv. „na hniličku“ (asi 5 minut). Papírek zapálíme a vhodíme do láhve. Po jeho uhasnutí přiložíme na hrdlo vajíčko špičkou dolů. Hořením papírku se zvýší teplota a současně i objem vzduchu obsaženého v láhvi. Ten uniká kolem vajíčka ven. Jakmile hoření skončí, tlak plynů v láhvi začne klesat. Vejce je pak větším vnějším tlakem vzduchu vtlačeno dovnitř.

Vejce lze nahradit nafouklým balónkem v obdobné velikosti. Také místo zapáleného papíru postačí 2 – 3 hořící zápalky.

	Úkol: Přijďte na způsob, jak dostat vajíčko v neporušené formě ven z láhve? Návody najdete na některém z následujících odkazů. http://www.videoforum.cz/cz/hry-a-zabava/detail/hry-a-zabava-hobby-videa-navody-zabavna-videa-srandovni-videa-zajimave-clanky-jak-dostat-vejce-do-lahve.html http://fyzmatik.pise.cz/74520-vejce-sup-do-lahve.html http://wiki.rvp.cz/Sborovna/5Pripravy_na_vyuku/2.st/Fyzika/Pokusy_s_vejci
---	--

7.12 Výtoková rychlost (13)

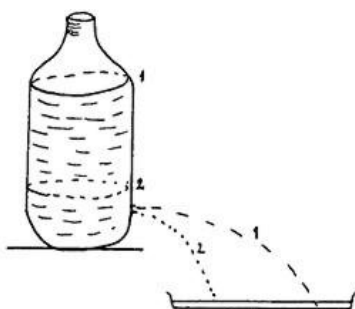
Demonstraci rychlosti vytékající kapaliny z plastové láhve realizujeme ve dvou variantách:

- V první prezentujeme, jak se výtoková rychlost snižuje s klesající hladinou vody v láhvi,
- Ve druhé, udržujeme hladinu vody v láhvi v konstantní výši.

Co všechno potřebujeme?

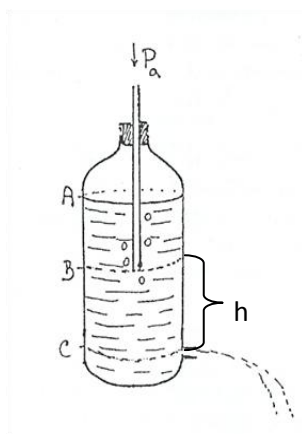
Plastovou láhev s otvorem u dna, zátku s provlečenou skleněnou trubičkou (druhá varianta).

Jak na to?



- Rychlost vytékající vody závisí na výšce hladiny nad výtokovým otvorem. Snižující se rychlost dokládá vzdálenost, do jaké proud vody z láhve dopadá.

Obr. 7.11a: Výtoková rychlost



Obr. 7.11b: Výtoková rychlost

- Chceme-li, aby rychlost vytékající vody byla konstantní, musíme do plastové láhve vložit skleněnou trubicí provlečenou v zátku a hladinu vody udržovat v konstantní výšce. Trubice musí sahát do určité výšky nad výtokovým otvorem. Ta pak zajišťuje „přenos“ stálého vnějšího atmosférického tlaku z vně láhve k ústí trubice. Výtoková rychlost vody závisí pouze na výšce h mezi hladinami C a B a je konstantní, dokud voda mezi hladinami A a B nevyteče.



Úkol:

Jakými způsoby lze zvýšit rychlost vytékající kapaliny?

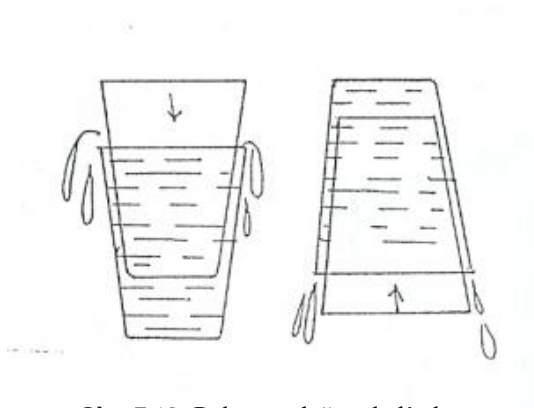
7.13 Pokus se dvěma kelímky (16)

Co všechno potřebujeme?

Dva stejné, plastové kelímky.

Jak na to?

Jeden z kelímků naplníme zhruba do poloviny vodou. Druhý do něj zasuneme a rychle překlopíme dny vzhůru. Tento jev se často vysvětluje podtlakem, vzniklým vytékající vodou. Ve skutečnosti je příčinou výsledná síla směrem vzhůru, mající původ v tíze vody mezi kelímky. Blíže v [12].



Obr. 7.12: Pokus se dvěma kelímky

*Umístění sady pomůcek pro pokusy na téma **Demonstrace improvizovanými prostředky: příprava** – experimentální sestava s plastovými láhvemi*

***Pracoviště:** demonstrační stůl*

Literatura:

- [1] SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole 1.* 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997
- [2] SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole 2.* 1. vydání. Praha: Prometheus, 1997
- [3] SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole 3.* 1. vydání. Praha: Prometheus, 1999
- [4] SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky na střední škole 4.* 1. vydání. Praha: Prometheus, 2001
- [5] SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů I.* 1. vydání. Praha: UK, 1993
- [6] SVOBODA, M. a kol. *Praktikum školních pokusů II.* 1. vydání. Praha: UK, 1994
- [7] ŽOUŽELKA, J., FUKA, J. *Pokusy z fyziky na středních školách II. díl.* 1. vydání. Praha: SPN 1971
- [8] MAZÁČ, J., HLAVIČKA, A. *Praktikum školních pokusů z fyziky pro studující pedagogických fakult.* 2. vydání. Praha: SPN, 1964
- [9] KAŠPAR, E., VACHEK, J. *Pokusy z fyziky na středních školách I. díl.* Praha: SPN, 1967
- [10] DIBELKA, J., VÍŠEK, P. *Pokusy se soupravou mechanika demonstrační.* Praha: Komenium, 1974
- [11] DIBELKA, J. *Pokusy se soupravou elektrina demonstrační.* Praha: Komenium, 1974
- [12] NOVOBILSKÁ, V. *Mechanické vlastnosti kapalin a plynů.* Ústí nad Labem: Katedra fyziky pedagogické fakulty UJEP 1994