



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



Název projektu:

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

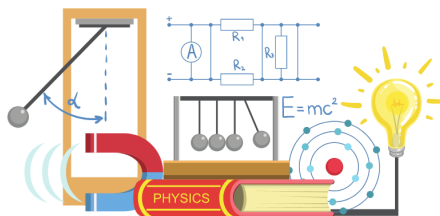
Registrační číslo:

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

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



Praktikum školních pokusů 2 ZŠ



ELEKTROSTATIKA

Následující experimenty jsou čerpány z těchto zdrojů a literatury:

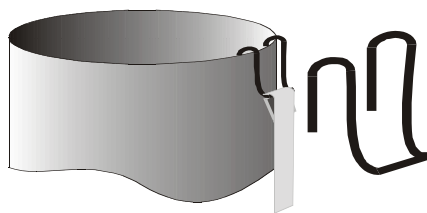
1. SVOBODA, Emanuel a Václav HOUDEK. Pokusy z fyziky na střední škole. Praha: Prometheus, 1997. ISBN 8071960071.
2. ROJKO, Milan. Pokusy z elektrostatiky v heuristické výuce fyziky I. Školská fyzika. 2012, (2), 35-43. dostupné zde: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/21661/1/Rojko.pdf>
3. ROJKO, Milan. Pokusy z elektrostatiky v heuristické výuce fyziky II. Školská fyzika. 2012, (1), 32-38. dostupné zde: https://sf.zcu.cz/data/2012/sf2012_02_5.pdf
4. Veletrh nápadů učitelů fyziky (vnuf.cz)
5. FyzWeb - Experimenty s Vernierem dle kapitol v učebnicích pro ZŠ

Elektrování třením

1 DVA DRUHY NÁBOJE

POMŮCKY:

lampa s infražárovkou
větší plechovka
5 závěsů pro alobalové proužky
talíř (nebo jiný nevodivý podstavec)
novodurová a skleněná tyč
kůže a srst nebo vlna
indikátor polarity náboje (doutnavka) nebo
detektor elektrického náboje od Vernieru
a dataloger



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Před pokusy a případně i v jejich průběhu všechny pomůcky zahříváme infralampou nebo jiným tepelným zdrojem.

Plechovku se staniolovým lístkem na závěsu postavíme na suchý porcelánový talíř. Tvar závěsu z kancelářské sponky připravíme podle obrázku.

Novodurovou tyčí ze elektrovanou srstí přeneseme „něco z tyče“ podélným tahem na plechovku v těsné blízkosti lístku. Lístek na plechovce se vychýlí. Poté ukážeme, že se vychylují i další lístky, které umístíme na několika závěsech vně plechovky.

Přiblížením nabitě novodurové tyče k lístku dojde k jeho odpuzování. Stejný pokus provedeme se skleněnou tyčí třenou kůží. Výsledky jsou stejné. Ukážeme na závěr, že přiblížená nabitá novodurová tyč nyní lístek přitahuje.

Indikátorem polarity ukážeme, jak lze oba náboje odlišit. Ukázka funkce indikátoru polarity elektrického náboje –

KLADNÁ polarita – svítí **ČERVENÁ** LEDka

ZÁPORNÁ polarita – svítí **MODRÁ** LEDka

Při dotyku nabitěho vodiče elektrodou doutnavky, jejíž druhou elektrodu zemníme držením v ruce, zasvítí záporná elektroda.

VYSVĚTLENÍ:

Třením tyče srstí se na ní něco objevilo (elektrický náboj). Ten přešel při seškrábnutí z tyče na plechovku a rozlezl se po ní. Lístek, na kterém byl elektrický náboj se odtahoval od plechovky, na které byl náboj. Odpuzuje se, i když přibližujeme nabitou tyč. (Nepřibližovat do těsné vzdálenosti!!) Třením skla kůží „vzniká“ jiný elektrický náboj než třením novoduru srstí. Lístek nabitý jedním druhem elektřiny je nábojem stejné polaroty odpuzován, druhým přitahován.

POZNÁMKY

Mnemotechnická pomůcka: **SKLo** **S** **KL**adným nábojem

Nenabitý stav – stav rovnováhy nábojů

2 ROVNOVÁHA NÁBOJŮ

POMŮCKY:

lampa s infražárovkou
větší plechovka
5 závěsů pro alobalové proužky
talíř (nebo jiný nevodivý podstavec)
novodurová a skleněná tyč
kůže a srst nebo vlna
indikátor polarity náboje (doutnavka) nebo
detektor elektrického náboje od Vernieru a dataloger

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

K nenabitě plechovce s lístkem přiblížíme novodurovou tyč, lístek se vychýlí směrem k tyči.
K nenabitě plechovce s lístkem přiblížíme skleněnou tyč, lístek se opět vychýlí směrem k tyči.
Na nenabitě plechovce se objevil kladný i záporný náboj, stačilo jen přiblížit k ní nabitou tyč.

VYSVĚTLENÍ:

V plechovce je záporný i kladný náboj, ale vzájemně se kompenzují. Projevují se jen tehdy, jestliže je jednoho víc než druhého. Náboje tedy nevyrábíme, jen je oddělujeme. Na lístku se objevil nesouhlasný náboj k náboji na tyči, protože byl polem náboje na tyči z plechovky do lístku přitažen a souhlasný náboj odpuzen do její vzdálenější části.

POZNÁMKY

3 ELEKTROVÁNÍ TYČE – ODDĚLOVÁNÍ NÁBOJŮ OPAČNÉ POLARITY

POMŮCKY:

novodurová tyč
srst nebo vlna
indikátor polarity náboje (doutnavka) nebo
detektor elektrického náboje od Vernieru a
dataloger (LabQuestStream + notebook)

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Při tření novodurové tyče srstí se projeví při dotyku indikátorem záporný náboj na tyči zářením modré LEDky a dotykem srsti indikátor prokáže kladný náboj svitem červené LEDky. Pokud nemáme indikátor náboje, ukážeme opačnou polaritu náboje na novodurové tyči a na srsti, kterou jsme ji třeli, přiblížením k záporně nabitě plechovce se staniolovým páskem. Tyč pásek odpuzuje, srst přitahuje.

VYSVĚTLENÍ:

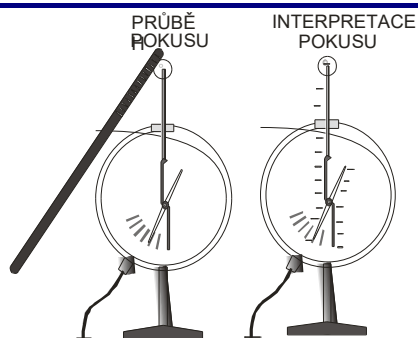
Elektrování třením je oddělování a přemísťování nábojů opačné polarity

POZNÁMKY

4 FUNKCE ELEKTROMETRU

POMŮCKY:

Brownův elektrometr nebo elektroskop
novodurová a skleněná tyč
kůže a srst nebo vlna



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Uzemníme elektroskop

Přeneseme na elektrometr náboj z tyče. Přiblížováním nabitých tyčí k nabitému i nenabitému elektrometru ukážeme reakci jeho ručky a vyzveme žáky k vysvětlení.

VYSVĚTLENÍ:

Nabití elektroskopu např. záporně nabitou tyčí způsobí odpuzování záporně nabitě nosné tyčky a záporně nabitě ručky.

Přiblížením kladně nabitě tyče se část záporných nábojů ze spodní oblasti elektroskopu přesune nahoru k tyči s kladným nábojem, a tím se náboj spodní měřicí části zmenší.

Obráceně, při přiblížení záporně nabitě tyče se záporné náboje přesunou působením odpudivých sil do vzdálenější měřicí části – výchylka se proto zvětší.

Podobně můžeme požadovat od žáků prognózu chování nenabitého elektroskopu při přiblížení nabitě tyče.

POZNÁMKY

5 NABÍJENÍ PLECHOVKY ELEKTROSTATICKOU INDUKCÍ

POMŮCKY:

lampa s infražárovkou
větší plechovka
5 závěsů pro alobalové proužky
talíř (nebo jiný nevodivý podstavec)
novodurová a skleněná tyč
kůže a srst nebo vlna
indikátor polaritý náboje (doutnavka)

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Do plechovky zasuneme bez dotyku nabitou novodurovou tyč, staniolové lístek se vychýlí..
Dotkneme se rukou plechovky, lístek poklesne, ale po vytažení tyče se lístek opět oddálí.
Indikátorem polaritý nebo nabitou tyčí zjistíme polaritu náboje

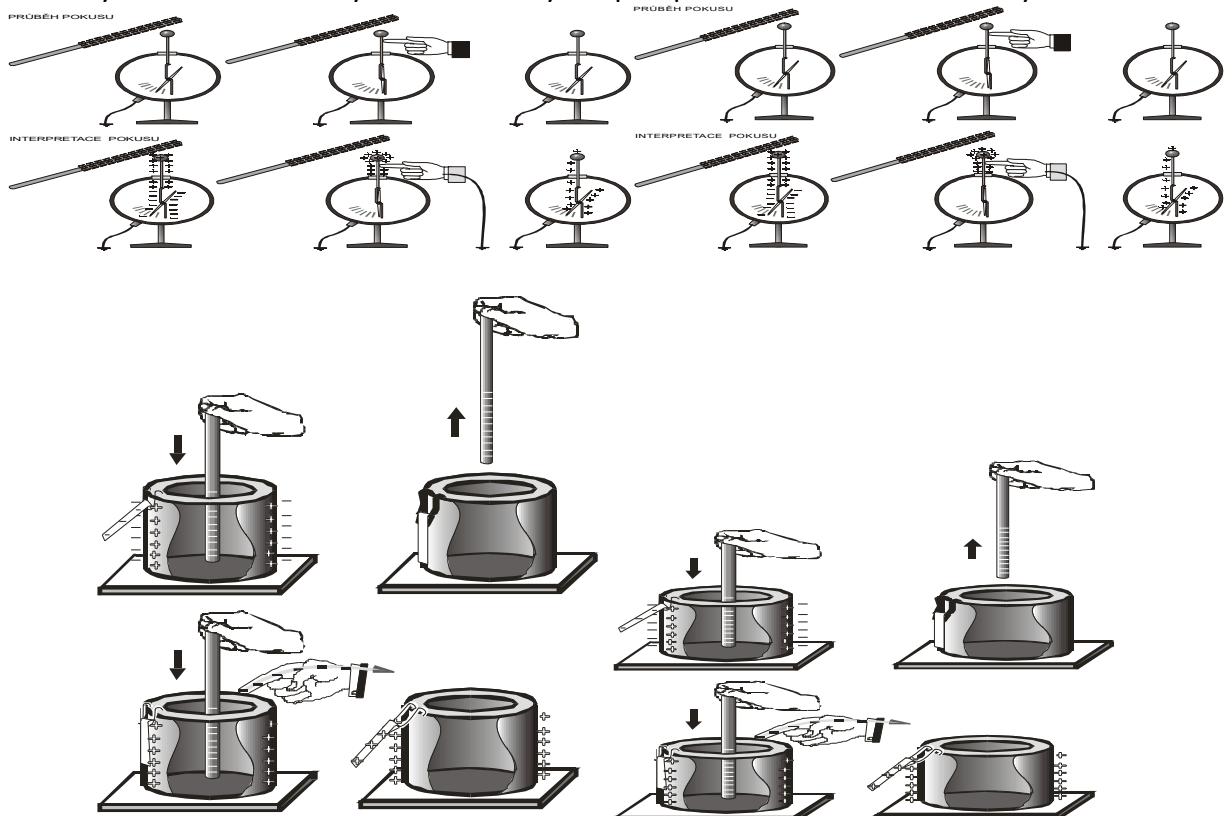
VYSVĚTLENÍ:

Nabitá novodurová tyč odpudila záporný náboj (volný) na vnější povrch plechovky a přitáhla na vnitřní stěnu kladný náboj (vázaný náboj). Dotykem prstu jsme odvedli volný náboj a vázaný náboj se po vyjmutí tyče přemístil na povrch plechovky a lístek

Když se prstem dotkneme vnitřku plechovky, odvedeme volný, záporný náboj. Vázaný, kladný náboj je poután polem záporně nabitě tyče. Obdobná situace nastane při vložení kladně nabitě tyče.

Jak podobný pokus můžeme udělat s elektrometrem, nebo elektroskopem ukazuje následující obrázek. I tomto případě nezáleží na tom, ve kterém místě se elektrometru dotkneme. Vždy odvedeme volný náboj.

Ale vždy musíme nabitou tyč vzdálit až když se prst přestane elektrometru dotýkat.



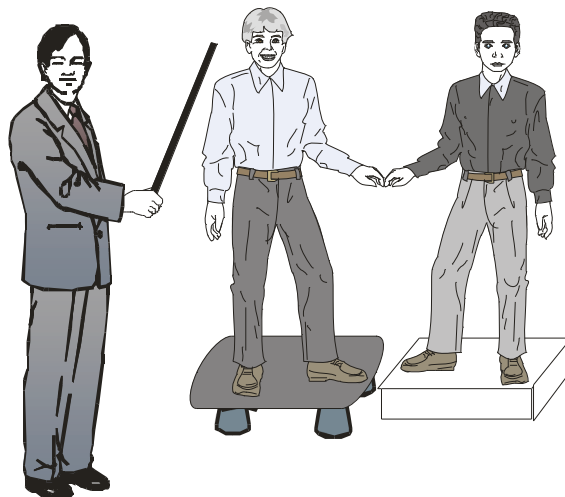
6 NABÍJENÍ DVOU ŽÁKŮ ELEKTROSTATICKOU INDUKCÍ

POMŮCKY:

izolační podstavce
novodurová a skleněná tyč
kůže a srst nebo vlna
indikátor polarity náboje

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Postavíme dva žáky na dva izolované podstavce (např. na dvě desky na čtveřicích hrnečků na kávu, na zavařovacích lahvích, nebo polystyrenu) a ti si podají ruce. Na okamžik je uzemníme. Poté k jednomu z nich přiblížíme zeлектроvanou novodurovou tyč. Když poté žáci připaží, tyč oddálíme. Indikátorem polarity ukážeme, že jsou nabití opačným nábojem.



VYSVĚTLENÍ:

Žák, který byl blíž nabitě tyči, bude nabit nesouhlasným vázaným nábojem, vzdálenější žák bude nabit souhlasným nábojem.

POZNÁMKY

Můžeme použít i detektor elektrického náboje od Vernieru s datalogerem.

Silové působení elektrických nábojů

7 SILOVÉ PŮSOBENÍ MEZI NABOJI NA TĚLESECH

POMŮCKY:

antistatický sprej
novodurová a skleněná tyč
kůže a srst nebo vlna
2 pouťové balónky
dlouhá dřevěná lať
plastová láhev s trubičkou ve dně
hrotové ložisko

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Sestavy na pokusy ukazuje obrázek.

K nabitým předmětům přibližujeme zeлектроvanou tyč a demonstrujeme silové účinky při souhlasných a nesouhlasných nábojích. U nenabitých předmětů demonstrujeme silové působení na indukovaný nesouhlasný náboj v bližší části předmětu, protože silové působení na volný souhlasný náboj ve vzdálenější části je slabší (Volíme vodivé objekty, abychom mohli jev interpretovat pohybem nábojů).

VYSVĚTLENÍ:

Mezi nabitými tělesy existuje silové působení.

POZNÁMKY

8 SILOVÉ PŮSOBENÍ NA NABITOU BUBLINU

POMŮCKY:

van de Graaffův generátor nebo
indukční elektrika
pivní víčko naletované na banánku
kulový konduktor
bublifuk a brčko

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Na konduktor generátoru umístíme pivní víčko na banánku a naplníme ho po okraj bublifukem.

Na víčku vyfoukneme brčkem bublinu a nabíjíme ji generátorem nebo elektrikou. Působením pole vytvořeného nábojem přenášeným na konduktor se bublina nejdříve deformuje až je nakonec od víčka odtlačena. Přiblížíme-li bublině ve vzduchu shora z obou stran ruce, indukovaný nesouhlasný náboj na dlaních nám umožní bublinou manipulovat. Obdobný pokus můžeme provést s nenabitou mýdlovou bublinou vyfouknutou brčkem, kterou můžeme ovládat nabitou tyčí.

VYSVĚTLENÍ:

Mezi nabitými tělesy existuje silové působení.

POZNÁMKY

Recept na odolný bublifuk:

1 díl glycerinu, 1 díl koncentráту JAR, 5 dílů destilované nebo převařené vody.

9 ABSENCE NÁBOJE NA VNITŘNÍM POVRCHU DUTÉHO VODIČE

POMŮCKY:

větší plechovka
6 závěsů s alobalovými proužky
talíř (nebo jiný nevodivý podstavec)
novodurová a skleněná tyč
kůže a srst nebo vlna

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Plechovku na izolovaném podstavci opatříme závěsy s proužky lístky na vnější i vnitřní straně. Plechovku nabijeme zeлектроvanou tyčí. Vnitřní lístky se nevychýlí, vnější ano.

VYSVĚTLENÍ:

Protože jde o náboj stejného znaménka, budou se přenesené náboje od sebe odpuzovat. Na vnitřní stěně plechovky by byl náboj víc u sebe a proto je přirozené, že ho odpudivé síly elektrického pole odtlačí co nejdál – na vnější povrch.

POZNÁMKY

10 PŘECHOD NÁBOJE Z VNITŘNÍHO POVRCHU NA VNĚJŠÍ POVRCH U VAN DE GRAAFFOVA GENERÁTORU

POMŮCKY:

van de Graaffův generátor

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Sejmeme konduktor z van de Graaffova generátoru

Ukážeme, jak je náboj z pásu přenášen na vnitřní povrch konduktoru.

VYSVĚTLENÍ:

Protože je náboj přenášen na vnitřní povrch (který je bez náboje), lze vnější povrch nabít na vyšší potenciál, než mají náboje nesené na povrchu transportního pásu.

POZNÁMKY

11 ABSENCE NÁBOJE NA VNITŘNÍM POVRCHU FARADAYOVY KLECE

POMŮCKY:

van de Graaffův generátor nebo indukční elektrika
Faradayova klec s polepy na vnitřní i vnější stěně
izolační podstavec klece
spojovací vodiče

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Faradovu klec na podstavci vodivě spojíme s konduktorem van de Graaffova generátoru

Klec nabíjíme a pozorujeme vychylování polepů na vnější stěně klece, zatím co vnitřní polepy se neodchylují.

VYSVĚTLENÍ:

Vnitřní stěna klece nemá elektrický náboj, uvnitř klece není elektrické pole.

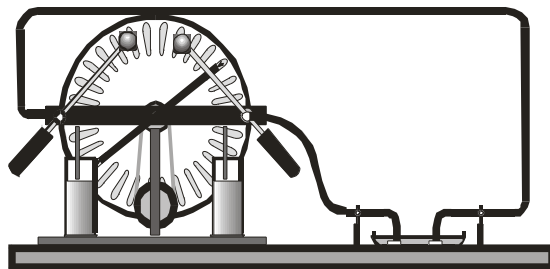
POZNÁMKY

Modelování elektrického pole

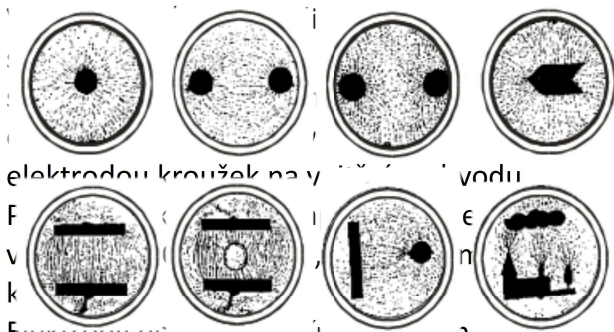
12 MODELOVÁNÍ POLE KRUPICÍ V OLEJI

POMŮCKY:

souprava na modelování pole krupicí v oleji
indukční elektrika nebo van de Graaffův generátor
spojovací VN vodiče
ricinový olej
krupice v sypátku



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:



Elektrody poměrně nabíjíme zároveň. Krupice se řadí do tvaru siločar díky tomu že jednotlivá zrnka se stanou dipóly.

VYSVĚTLENÍ:

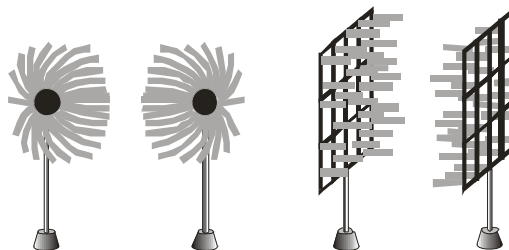
Řetězky „krupicových dipólů“ ukazují průběh siločar.

POZNÁMKY

13 PROSTOROVÉ MODELOVÁNÍ POLE LEHKÝMI PROUŽKY

POMŮCKY:

indukční elektrika nebo van de Graaffův generátor
elektrický chochol
mřížka s papírovými proužky
spojovací VN vodiče



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Vysokonapěťovými vodiči připojíme elektrostatický zdroj k chocholům a k mřížkám. U van de Graaffu připojujeme konduktor a uzemnění.

VYSVĚTLENÍ:

Lehké proužky ukazují průběh siločar elektrického pole.

POZNÁMKY

14 STÍNĚNÍ BUBLINY BUBLINOU

POMŮCKY:

van de Graaffův generátor nebo
indukční elektrika
dvojitá miska na banánku
kulový konduktor
bublifuk a brčko

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Na velké misce vyfoukneme bublinu. Navlhčíme
bublifukem vnější povrch brčka a na prstenci
uvnitř první bubliny vyfoukneme druhou vnitřní
bublinu. Při následujícím nabíjení je vnější bublina
elektrickými silami zřetelně deformována, zatím
co vnitřní bublina, která je chráněna vodivým
pláštěm vnější bubliny, zůstává kulová.



VYSVĚTLENÍ:

Vnější nabitá bublina je vodivá a představuje proto schránku, do níž elektrické pole
konduktoru neproniká. Navíc vnitřní bublina, která je vodivě spojena s vnější, nemá elektrický
náboj, ten přešel na vnější plášť venkovní bubliny.

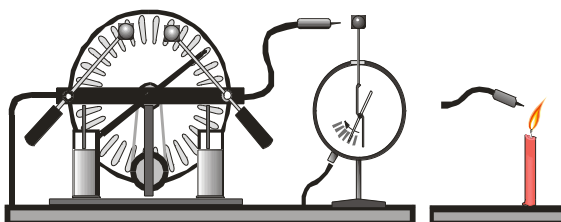
Jakmile ale vnější bublina praskne, deformace vnitřní prokáže odpudivé působení náboje
konduktoru

POZNÁMKY

15 SRŠENÍ ELEKTŘINY Z HROTU

POMŮCKY:

van de Graaffův generátor nebo
indukční elektrika
vodič zakončený hrotem
elektrometr
svíčka



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

K elektrostatickému zdroji připojíme vodič zakončený hrotem, který přiblížíme ke konduktoru
elektrometru resp. k plameni hořící svíčky asi do vzdálenosti 3 až 4 cm. Elektrometr se nabíjí,
plamen svíčky se zřetelně odklání od hrotu.

VYSVĚTLENÍ:

V okolí hrotu je silné elektrické pole, které dokáže z elektricky neutrálních molekul vzduchu
vytvářet ionty (ionizace nárazem). Souhlasně nabití ionty jsou od hrotu elektrickým polem
odpuzovány a jsou zachyceny konduktorem. Při svém pohybu sebou strhávají i okolní vzduch.
Jeho proud plamen svíčky ohýbá.

POZNÁMKY

Další podobné pokusy můžeme provádět s elektrickým větrníčkem nebo elektrostatickým motorem. V těchto případech se na pohybu výrazně podílí i silové působení prostorového náboje, tvořeného oblakem iontů v blízkosti hrotu. Nejde tedy jen o působení repulsních sil částic „odskakujících z hrotů“.

Nevodič v elektrickém poli

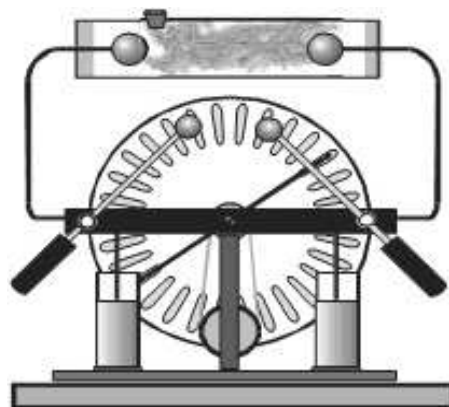
16 ELEKTROSTATICKÝ ODLUČOVAČ

POMŮCKY:

indukční elektrika
trubice s elektrodami a zátkou
cigareta
zápalky

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Trubicí naplníme cigaretovým dýmem, uzavřeme a elektrody nabíjíme elektrikou. Kouř ve válci začne vířit a za okamžik se ztratí (usadí se na stěnách a elektrodách).



VYSVĚTLENÍ:

Ionty, vytvářené ionizací nárazem z molekul vzduchu vlivem vysokého napětí, se zachycují na částicích kouře, které se tím nabíjejí a jsou elektrickým polem strhávány k elektrodám. Podobně pracují průmyslově používané odlučovače popílku v uhelných elektrárnách.

POZNÁMKY

Po pokusu setřeme povrch konduktorů ve válci papírovým kapesníkem a ukážeme žákům, čím si kuřáci impregnují své plíce.

JEDNODUCHÉ EXPERIMENTY

17 BALÓNEK NA ZDI

POMŮCKY:

balónek
natěradlo (srst, papírový kapesník)

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Balónek nafoukneme a zavážeme. Natěradlo třeme o balónek. Odložíme natěradlo a balónek přitiskneme na zeď a opatrně pustíme.

VYSVĚTLENÍ:

Pokud jste balónek dobře zelektrovali, zůstane viset na stěně.

POZNÁMKY

Pokud nemáte balónek, zkuste použít brčko nebo igelitový pytlík.

18 ZÁVODY S PLECHOVKAMI

POMŮCKY:

prázdné plechovky od nápojů
natěradla (srst, papírový kapesník, kůže)
skleněná nebo novodurová tyč

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Vhodným natěradlem třeme skleněnou nebo novodurovou tyč. Plechovku od nápoje položíme na bok a pomalu přibližujeme zeлектроvanou tyč

VYSVĚTLENÍ:

Pokud jste tyč dobře zeлектроvali, plechovka se začne hýbat

POZNÁMKY

19 TANCUJÍCÍ PAPÍRKY

POMŮCKY:

drobné kousky hedvábného papíru
natěradlo (srst, kůže, papírový
kapesník)
skleněná nebo novodurová tyč

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Hedvábný papír natrháme na drobné kousky a umístíme je na podložku (stůl). Vhodným natěradlem třeme skleněnou nebo novodurovou tyč. Zeлектроvanou tyč ad kousky papíru.

VYSVĚTLENÍ:

Papírky budou přiskakovat k tyči. Zeлектроvaná tyč přitahuje kousky hedvábného papíru. To má za následek, že tyč buď přebytek elektronů (tyč je záporně nabitá) nebo nedostatek elektronů (tyč je kladně nabitá).

POZNÁMKY

Pokud nemáte skleněnou nebo novodurovou tyč, postačí nafukovací balónek
Z hedvábného papíru můžete vystříhat různé tvary rybičky, panáčky, apod.
Z papíru můžeme vystříhnout i hada, který bude zvedat hlavu jako kobra

20 POPELKA 1

POMŮCKY:

sůl
pepř
plastová lžička (balónek)
plastový talířek
natěradlo

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Sůl a pepř nasypeme na plastový talířek. Zelektrujeme plastovou lžičku a opatrně ji přiblížíme nad plastový talířek s pepřem a solí.

VYSVĚTLENÍ:

Elektrovaný balónek má kladný náboj a přitáhne k sobě lehoučké částice pepře snáze než částice soli.

POZNÁMKY

21 RUČNÍ VYSAVAČ

POMŮCKY:

plastová krabička s víčkem
zalamovací nožík

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Do dna krabičky uděláme na šířku minimálně čtyři půl centimetrové výřezy.

VYSVĚTLENÍ:

Při tření různých materiálů dnem krabičky vzniká elektrický náboj, který „vtáhne“ prachové částice dovnitř krabičky.

POZNÁMKY

22 OHÝBÁNÍ PROUDU VODY

POMŮCKY:

proud vody
nafouklý balónek
papírový kapesník nebo utěrka

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Balónek zelektrujeme třením papírové utěrky a přiložíme ho k mírnému proudu vody z kohoutku.

VYSVĚTLENÍ:

Díky elektrickému náboji vzniklému na balónku se proud vody vychýlí.

POZNÁMKY

23 POPELKA 2

POMŮCKY:

polystyrenové kuličky
brčko
plechovka
talířek
papírový kapesník

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Na talířek vysypeme polystyrenové kuličky. Úkolem je přenést kuličky do plechovky, aniž bychom se dotkli kuliček rukou.

VYSVĚTLENÍ:

K přenesení nám poslouží zeлектроvané brčko. Aby kuličky napadaly do plechovky, stačí se brčkem dotknout části plechovky.

POZNÁMKY

24 FLY MAGIC STICK

POMŮCKY:

hračka fly magic stick
proužky alobalu

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Připravíme si Fly magic stick a proužky alobalu. Proužek alobalu položíme přes magic stick a zapneme jej tlačítkem.

VYSVĚTLENÍ:

Fly magic stick je vlastně malý Van der Graffův generátor, takže se proužky alobalu nabijí stejným nábojem jako magic stick a odpuzují se navzájem.

POZNÁMKY

Metodická poznámka do výuky:

Není úplně vhodné rovnou před dětmi používat pojem elektrický náboj. Při úvodním experimentování je možné používat například slovní spojení „na tyči se NĚCO objevilo, to NĚCO není vidět, dá se přendat do plechovky, atd.“ Žáci totiž velmi často znají více či méně správné pojmy (statická ale i statistická elektřina, elektřina, apod.), avšak tyto pojmy jsou pro ně prázdné, a nedokážou si pod nimi představit žádný obsah. Tím, že použijete slovo NĚCO, umožníte žákům, aby si nejdříve vybudovali alespoň základní představu, a teprve potom tuto představu pojmenujete.

Můj mentor Milan Rojko pro to používal následující příměr: „Fyzika se často učí tak, že se vezme pytel, nalepí se na něj cedule s názvem, a pak se učitel snaží do tohoto pytle dětem sypat vědomosti. Nevšimne si ale, že ten pytel má dole díru, poznatky propadávají pryč, a dětem v hlavě zůstane jen ten prázdný pytel s cedulí. My se snažíme nejdříve naplnit ten pytel, a teprve potom na něj nalepit tu ceduli. Jsme přesvědčeni, že tímto způsobem těch poznatků a vědomostí dětem zůstane víc.“

Experimenty jsou čerpány z těchto zdrojů a literatury:

1. SVOBODA, Emanuel a Václav HOUDEK. Pokusy z fyziky na střední škole. Praha: Prometheus, 1997. ISBN 8071960071.
2. ROJKO, Milan. Pokusy z elektrostatiky v heuristické výuce fyziky I. Školská fyzika. 2012, (2), 35-43. dostupné zde:
<https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/21661/1/Rojko.pdf>
3. ROJKO, Milan. Pokusy z elektrostatiky v heuristické výuce fyziky II. Školská fyzika. 2012, (1), 32-38. dostupné zde:
https://sf.zcu.cz/data/2012/sf2012_02_5.pdf
4. Veletrh nápadů učitelů fyziky (vnuf.cz)
5. FyzWeb - Experimenty s Vernierem dle kapitol v učebnicích pro ZŠ