



Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach
Prírodovedecká fakulta
Ústav fyzikálnych vied

JÁN DEGRO

Školské experimenty so solárnou súpravou

Environmentálne vzdelávanie vo vyučovaní fyziky



Práca je určená pre študentov učiteľstva v kombinácii s fyzikou a pre ďalšie vzdelávanie učiteľov fyziky a taktiež pre každého záujemcu o životné prostredie.

Obsah

Demonštračné experimenty:.....	3
D1. Vznik fotovoltaiického napätia.....	3
D2. Závislosť veľkosti fotovoltaiického napätia na intenzite osvetlenia solárneho článku	4
D3. Skladovanie solárnej energie	6
Laboratórne cvičenia	7

Titul: Školské experimenty so solárnou súpravou

Autor: doc. RNDr. Ján Degro, CSc.

Vydanie: Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika, Košice 2007

Učebný text bol spracovaný v rámci projektu KEGA č. 3/5272/07

Demonštračné experimenty:

1. *Demonštrujte vznik fotovoltaiického napätia pri osvetlení solárneho článku.*
2. *Demonštrujte závislosť veľkosti fotovoltaiického napätia na intenzite osvetlenia solárneho článku.*
3. *Demonštrujte skladovanie solárnej energie.*

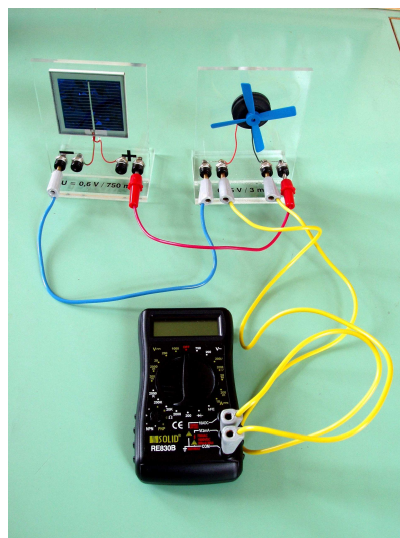
D1. Vznik fotovoltaiického napätia

Cieľ: Demonštrovať vznik fotovoltaiického napätia solárneho článku.

Pomôcky: solárna súprava, Slnko resp. svetelný zdroj ak je zamračené, voltmeter, vodiče, kryt na solárny panel.

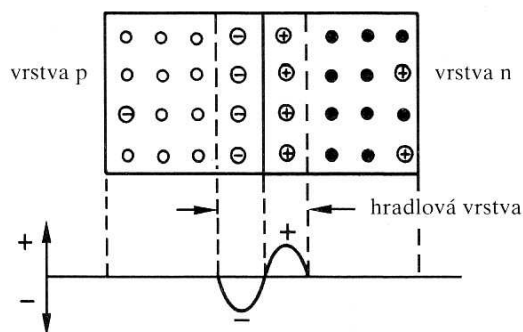
Realizácia: Solárna súprava pozostáva z dvoch solárnych panelov, dvoch motorčekov, zdroja svetla a kondenzátora 10F. Solárny panel položíme na miesto, kde svieti Slnko. Pokus realizujeme v dvoch krokoch:

- a) *Solárny panel je zakrytý:* Solárny panel zateníme krytom. Postupne k panelu pripojíme najprv motorček a potom voltmeter. Žiaci pozorujú, že motorček sa neotáča a voltmeter ukazuje nulu.
- b) *Solárny panel je odkrytý:* Kryt dáme dole zo solárneho panelu, dbáme na to, aby Slnko osvetľovalo panel. Postupne k panelu pripojíme najprv motorček a potom voltmeter. Pozorujeme, že solárny motorček sa roztočí a voltmeter ukáže nenulovú výchylku.



Fyzikálna interpretácia: Solárny článok je vlastne veľkoplošná polovodičová dióda. V našom prípade ide o článok na báze polykryštallického kremíka Si, ktorý dáva napätie cca. 0,2V až 1V. Polarita článku závisí od typu polovodiča. V našom prípade je spoločná kovová elektróda (spodná) kladný pól a vrchná elektróda záporný pól.

Vrstvy P a N sú v tesnom kontakte, tak že ich mriežky naväzujú. Voľné nosiče difundujú v hraničnej oblasti. V dôsledku rekombinácie bude hraničná oblasť ochudobnená o voľné nosiče náboja. Odpor hraničnej vrstvy stúpe. V hraničnej vrstve ostávajú nehybné náboje. V N - vrstve kladné ióny a v P - vrstve záporné ióny. Tieto ióny tvoria priestorový náboj, vzniká



rozdiel potenciálov. Ten bráni ďalšej difúzii. Prechodová vrstva je oblasť s veľkým odporom – nazýva sa **hradlová vrstva**.

Vznik fotovoltaiického napätia v solárnom článku vysvetlíme vnútorným fotoelektrickým javom. Svetlo má duálny charakter, teda má povahu vlnenia a súčasne prúdu častíc. Pri tomto jave sa prejavuje časticový charakter svetla. Teda svetlo budeme považovať za prúd častíc fotónov – kvánt energie. Každý fotón nesie energiu: $E=h \cdot f$, kde h je Planckova konštanta a f je frekvencia žiarenia.

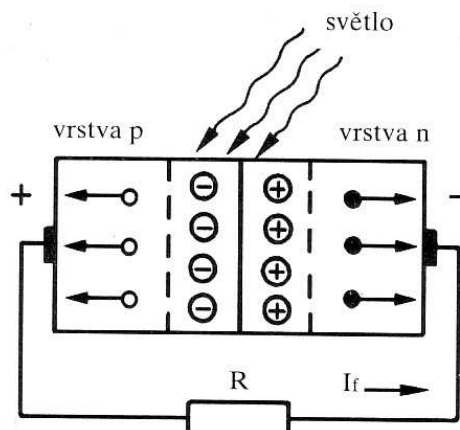
Pri dopade svetla na článok, fotón zaniká a svoju energiu odovzdá časticiam látky. Žiarenie vyvolá v hradlovej vrstve vznik párov elektrón – diera. Tieto sa v dôsledku existencie hradlového potenciálu PN prechodu pohybujú nasledovne:

- diery idú smerom k vrstve P a
- elektróny smerom k vrstve N.

Takto vzniká na koncoch polovodiča napätie. Keďže napätie vzniká vplyvom svetelného žiarenia, hovoríme o **fotovoltaiickom napätí**. Ak k článku pripojíme motorček, začne obvodom prechádzať elektrický prúd, motorček sa roztočí.

Poznámka: Solárne články možno zapájať ako batérie za sebou alebo vedľa seba. Musíme však dbať, aby ich VA charakteristiky boli identické, inak dochádza k stratám výkonu.

V solárnej súprave sú dva solárne články, aby bolo možné demonštrujúť sériové a paralelné zapojenie solárnych článkov.



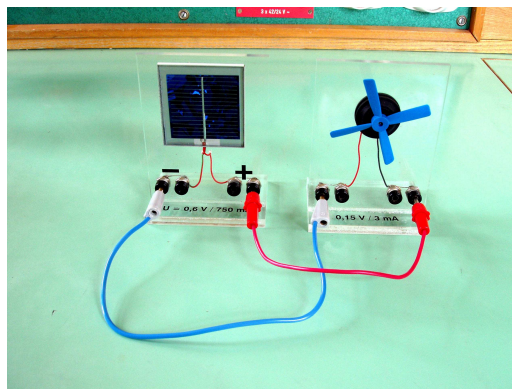
D2. Závislosť veľkosti fotovoltaiického napätia na intenzite osvetlenia solárneho článku

Cieľ: Demonštrovať závislosť veľkosti napätia na intenzite osvetlenia solárneho článku

Pomôcky: solárna súprava, voltmeter, zdroj svetla, zdroj napätia, vodiče

Realizácia: Pokus urobíme v troch krokoch:

- Zmena intenzity osvetlenia článku so zmenou vzdialenosti.* Solárny článok postavíme do určitej vzdialenosti od zdroja svetla tak, aby bola celá plocha článku rovnomerne osvetlená (závisí to od zdroja, ktorý máme k dispozícii). K článku pripojíme solárny motorček.



Zapneme zdroj svetla, motorček sa začne otáčať konštantnou rýchlosťou. Potom budeme posúvať zdroj svetla ďalej od článku. Motorček sa bude otáčať pomalšie, až pri veľkej vzdialenosti sa úplne zastaví.

- b) *Zmena intenzity osvetlenia článku so zmenou svietivosti zdroja.* Solárny článok postavíme do určitej vzdialenosti od zdroja svetla tak, aby bol článok rovnomerne osvetlený svetlom určitej intenzity. Môžeme použiť halogénovú žiarovku s regulovateľným zdrojom. K článku zapojíme solárny motorček. Na začiatku pokusu nastavíme maximálnu intenzitu osvetlenia. Solárny článok sa otáča pomerne rýchlo. Potom potenciometrom zdroja pomaly znižujeme napätie na žiarovke, klesá intenzita svetla. Motorček sa otáča stále pomalšie, až sa zastaví. Postupovať možno aj opačne tak, že budeme napätie zdroja postupne zvyšovať od nuly až po maximálne prípustnú hodnotu a sledovať pritom otáčky motorčeka.
- c) *Zmena intenzity osvetlenia článku so zmenou uhla dopadu svetla.* Pokus zostavíme ako v predchádzajúcom prípade. Na začiatku pokusu svetlo dopadá kolmo na článok. Motorček sa otáča pomerne rýchlo. Potupne otáčame solárnym článkom okolo zvislej osy a sledujeme otáčky motorčeka. Otáčky motorčeka klesajú.

Fyzikálna interpretácia: Každý zdroj elektromagnetického žiarenia vyžaruje do okolitého priestoru energiu. Účinok žiarenia vnímame až po dopade na plochu. Vyžarovanie energie v podobe svetla posudzujeme subjektívne na základe účinku na zrak, alebo používame vhodné meracie prístroje, napr. luxmeter.

Významnou fotometrickou veličinou z hľadiska praxe je osvetlenie E . Táto veličina charakterizuje účinky svetla pri jeho dopade na plochu telesa. Osvetlenie závisí na časti svetelného toku $\Delta \Phi$, ktorý dopadá na plochu ΔS . Osvetlenie je definované vzťahom: $E = \Delta \Phi / \Delta t$ (lx).

Pre osvetlenie platí rovnica:
$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2}$$

r – je vzdialenosť plochy od zdroja svetla, α - je uhol medzi svetelným lúčom a kolmicou dopadu, I – je svietivosť zdroja.

Z tohto vzťahu vyplýva, že plocha je najlepšie osvetlená:

- ak svietivosť zdroja I je veľká (lineárna závislosť),
- ak svetelné lúče dopadajú na plochu kolmo (cosinus uhla dopadu).
- ak osvetlená plocha je čo najbližšie k zdroju (kvadratická nepriama úmera).

Na základe tohto vzťahu možno vysvetliť rýchlosť otáčania sa solárneho motorčeka vo všetkých predchádzajúcich experimentoch.

Poznámka:

Tento pokus nie je vhodné robiť priamo na Slnku, aby sa mohla prejavíť svietivosť zdroja (napr. halogénová žiarovka).

Rýchlosť otáčania solárneho motorčeka je úmerná veľkosti napätia vzniknutého v článku.

K solárnemu článku možno pripojiť, v uvedených pokusoch, namiesto motorčeka voltmeter a sledovať závislosť veľkosti napätia naprázdno namiesto otáčok.

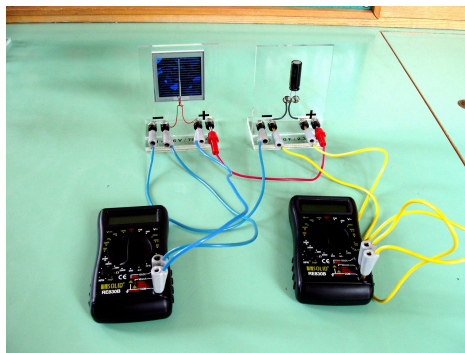
Ak pripojíme, v uvedených pokusoch, k motorčeku voltmeter, môžeme merať súčasne veľkosť napätia a rýchlosť otáčania motorčeka. V tomto prípade nemeríme elektromotorické napätie, ale svorkové napätie článku.

D3. Skladovanie solárnej energie

Cieľ: Demonštrujete skladovania energie zo solárneho článku.

Pomôcky: solárna súprava, Slnko resp. iný zdroj svetla, 2 voltmetre, kondenzátor 10F, zdroj napätia, vodiče.

Realizácia: Skladovanie solárnej energie demonštrujeme pokusom Nabíjanie a vybíjanie kondenzátora. Pokus realizujeme v dvoch krokoch.



- a) *Nabíjanie kondenzátora:* Najprv spojíme solárny článok s jedným voltmetrom a kondenzátor s druhým voltmetrom. Prvý kondenzátor ukazuje nízke napätie spôsobené denným svetlom, druhý nulu. Zasvietime halogénovým zdrojom svetla na solárny článok. Prvý voltmeter ukáže napätie cca 0,6V. Potom spojíme solárny článok s kondenzátorom, kladný pól článku na kladný pól kondenzátora a záporný pól spojíme so záporným. **Pozor na polaritu!** Pozorujeme, ako napätie na druhom voltmetri rastie. Kondenzátor sa nabije na napätie solárneho článku.
- b) *Vybíjanie kondenzátora:* Odpojíme od kondenzátora solárny článok a zapojíme namiesto neho solárny motorček. Sledujeme otáčanie motorčeka a napätie na voltmetri. Motorček sa otáča. Po určitej dobe napätie na voltmetri začne pomaly klesať a tomu odpovedá aj pokles otáčok motorčeka. Vyskúšajte si, ako dlho sa bude točiť motorček.

Fyzikálna interpretácia: Kondenzátor kapacity 10 F je štandardný kondenzátor. Jeho kapacita je veľmi veľká. Je to elektrolytický kondenzátor. Elektródy sú z aktívnej uhlíkovej vlákniny. Kondenzátor neobsahuje žiadne toxické materiály ako kadmium či ortuť. Je však na malé napätia do 2,3V. Práve preto je vhodný pre akumuláciu energie zo slnečných článkov.

Úplné nabitie kondenzátora bude prebiehať „pomerne dlhú“ dobu. Kondenzátor má kapacitu 10F a ochranný odpor 10 Ohmov. Tieto hodnoty dávajú časovú konštantu 100 sekúnd. Pri nabíjaní kondenzátora dochádza k premene energie svetla na energiu elektrickú, a tá sa mení na energiu chemickú.

Pri vybíjaní kondenzátora sa mení naakumulovaná chemická energia na energiu elektrickú, motorček sa otáča. Spočiatku sa točí veľmi rýchlo. No po čase sa napätie znižuje, až sa motorček zastaví.

Poznámka: Pokiaľ budeme solárny článok nabíjať zo solárneho článku, nehrozí jeho prebitie (prepálenie). Nebude prekročený jeho nabíjací prúd. Pozor si musíme dať iba na polaritu kondenzátora a solárneho článku.

Pri rýchlonabíjaní kondenzátora zo zdroja, batérie, či akumulátora **nesmieme prekročiť 2,3V!** Nemusíme mať obavy o veľkosť skratového prúdu, lebo ten je obmedzený zabudovaným odporom R.

Laboratórne cvičenia

Úlohy:

- Zmerajte veľkosť fotovoltaiického napätia naprázdno solárneho článku.
- Zmerajte závislosť napätia solárneho článku na vzdialenosti solárneho panela od zdroja svetla.
- Zmerajte závislosť napätia solárneho článku na intenzite svetelného zdroja.
- Zmerajte závislosť napätia solárneho článku na uhle dopadu svetla.
- Zmerajte VA- charakteristiku solárneho článku pre niekoľko hodnôt osvetlenia solárneho panela.