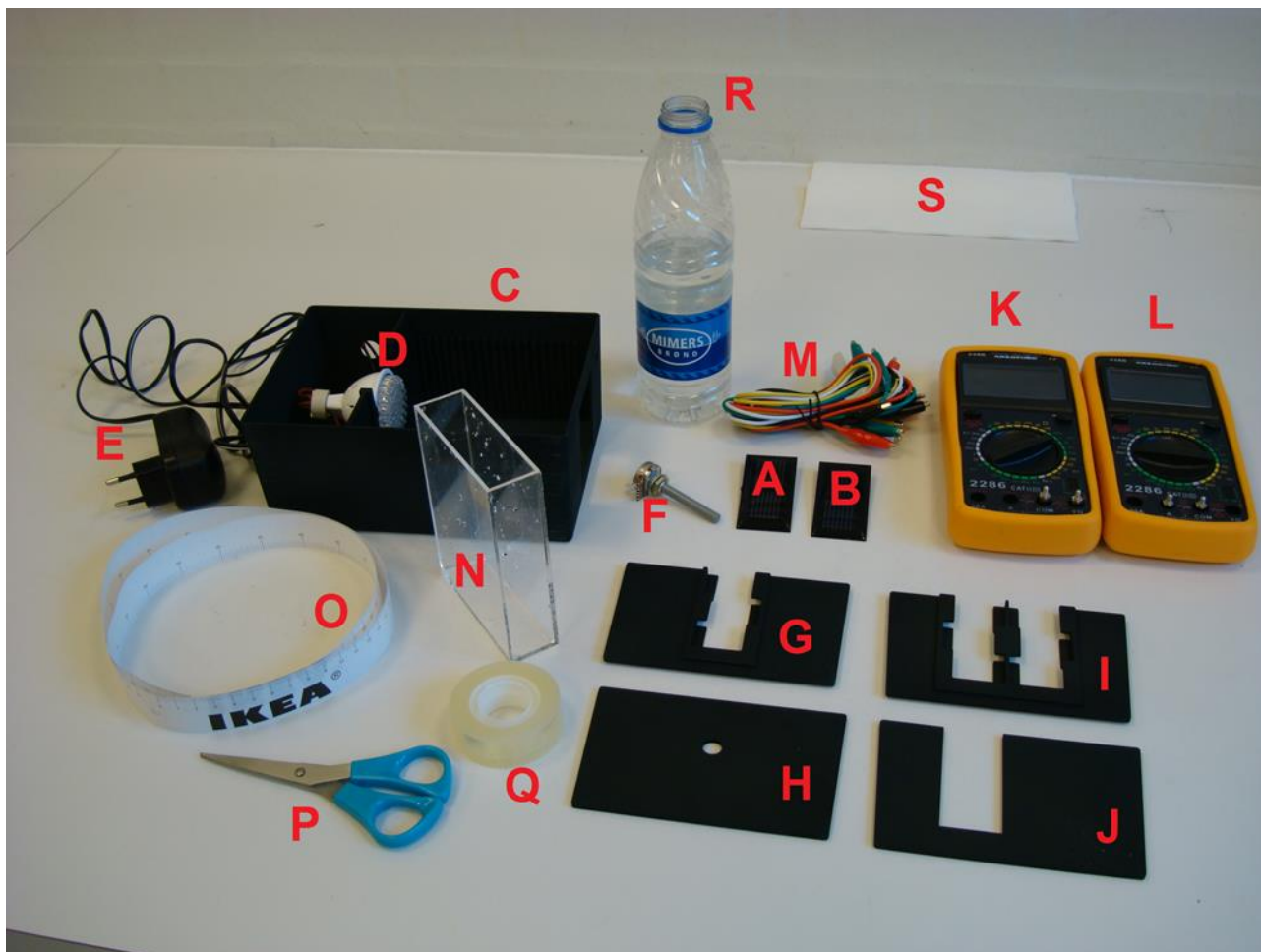


## 2.0 Úvod

Pomôcky pre experiment E2 na obr. 2.1.



**Obrázok 2.1** Pomôcky pre experiment E2.

Zoznam pomôcok (pozri obr. 2.1):

A: Solárny článok

B: Solárny článok

C: Škatuľa s priehradkami na vkladanie zdroja svetla, solárnych článkov atď.

D: LED-zdroj svetla v držiaku

E: Napájač pre zdroj svetla D

F: Rezistor s premenným odporom

G: Držiak na vloženie jednotlivého solárneho článku do škatule

H: Kruhová clona pre vloženie do škatule

I: Držiak pre vloženie dvojice solárnych článkov do škatule C

J: Tieniaca doštička do škatule C

K: Digitálny multimeter

L: Digitálny multimeter

M: Vodiče zakončené kroko–svorkami

N: Optická nádoba (veľká kyveta)

O: Dĺžkové meradlo

P: Nožnice

Q: Lepiaca páska

R: Voda do optickej nádoby N

S: Servítka pre vysušanie rozliatej vody

T: Plastický pohár na vodu z optickej nádoby N (nie je na obr. 2.1)

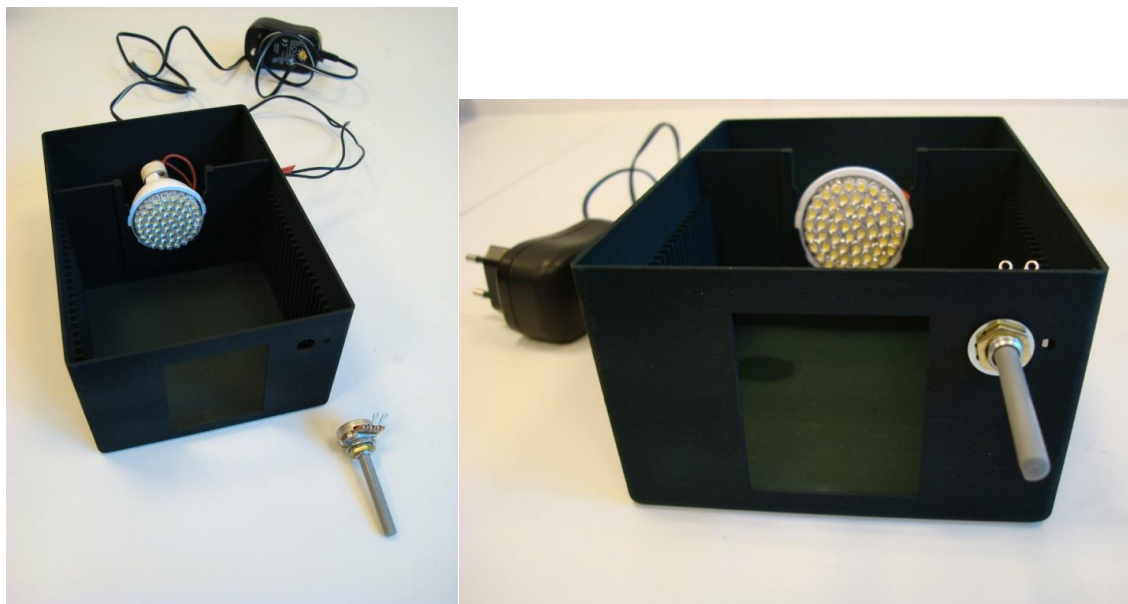
U: Plastická pipeta (nie je na obr. 2.1)

V: Viečko na škatuľu C (nie je na obr. 2.1)

## Tabuľka základných konštánt

Rýchlosť svetla vo vákuu	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Elementárny náboj	$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Boltzmannova konštanta	$k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

Solárny článok transformuje elektromagnetickú energiu dopadajúceho svetla na elektrickú energiu formou prerozdelenia častíc v článku. Tak vzniká elektrický prúd. Experiment E2 smeruje k skúmaniu solárneho článku s použitím daného zariadenia. Zostava pozostáva zo škatule s držiakmi zdroja svetla, solárnych článkov, rôznych doštičiek a viečka. Premenný rezistor sa namontuje na škatuľu podľa obr. 2.2. Jedna z troch svoriek rezistora je odstránená, nakoľko funkčné sú iba dve. Máte vodiče s kroko–svorkami a dve solárne články označené sériovým číslom a písmenami A a B s vývodmi na zadnej strane. Obidva články sú podobné ale trochu sa líšia. Dva multimetre majú voľné iba dve svorky podľa použitia ako voltmeter alebo ampérmeter, obr. 2.3. V experimente sa použije optická nádoba s pitnou vodou z priloženej fľaše.



**Obrázok 2.2** (a) Škatuľa so svetelným zdrojom a rezistorom k namontovaniu. (b) Rezistor namontovaný na škatuľu. Všimnite si, že malý kolík na rezistore pasuje do dierky napravo od osky rezistora.



**Obrázok 2.3** Multimetre s voľnými svorkami na použitie ako ampérmetr (vľavo) a voltmetr (vpravo). Prístroj sa zapne stlačením “POWER” v ľavom hornom rohu. Prístroj sa vypne automaticky po určitom čase nečinnosti. Môže merať jednosmerný prúd a napätie (=) alebo striedavý prúd a napätie (~). Vnútorňý odpor voltmetra je 10 M $\Omega$  pre všetky rozsahy. Napätie na svorkách ampérmetra je 200 mV pri plnom rozsahu displeja bez ohľadu na rozsah merania. Pri prekročení rozsahu sa na displeji objaví “1” a v tom prípade treba prepnúť rozsah. Tlačidlo “HOLD” (vpravo hore) netreba stláčať, iba ak by ste chceli podržať nameranú hodnotu.

**UPOZORNENIE:** *Nepoužívajte multimeter ako ohm-meter na meranie solárnych článkov, meracím prúdom by sa mohli zničiť. Keď meníte rozsah multimetrom, otáčajte volič opatrne, aby sa nepoškodil. Skontrolujte, či pri meraní svieti číslo rozsahu pod desatinnou bodkou na displeji, pri nedokonalom prepnutí číslo nesvieti a prístroj nemeria keď sa zobrazujú na displeji číslice.*

**Pozn. 1:** *Neprepínajte nastavenie napätia na napájači. Napätie 12 V musí byť zachované počas celého merania. (Napájač pre zdroj svetla sa pripája do zásuvky 230 V ~ na vašom stole).*

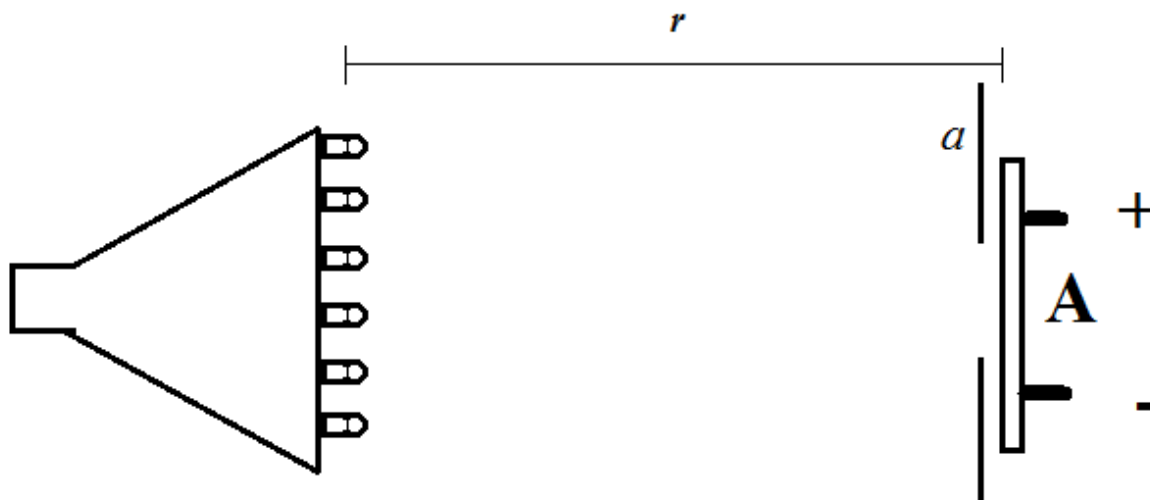
**Pozn. 2:** *Odhad nepresnosti sa očakáva iba tam, kde je to napísané v texte.*

**Pozn. 3:** *Všetky merané a vypočítané hodnoty musia byť v jednotkách sústavy SI.*

**Pozn. 4:** *Pri všetkých meraniach prúdov a napätí v tomto experimente musí byť zapnutý zdroj svetla.*

## 2.1 Závislosť prúdu solárneho článku od vzdialenosti zdroja svetla

V tomto experimente budete merať prúd  $I$  vytvorený článkom v obvode s ampérmetrom a určíte závislosť tohto prúdu od vzdialenosti  $r$  zdroja svetla. Svetlo sa produkuje vo vnútri jednotlivých svetelných diód, a preto treba vzdialenosť  $r$  merať podľa obr. 2.4.



**Obrázok 2.4** Pohľad zhora na usporiadanie zariadenia v úlohe 2.1. Všimnite si, že clona  $a$  je umiestnená tesne pri solárnom článku A.

Vzdialenosť sa meria od vnútrajška svetelných diód po povrch solárneho článku.

Nemeňte merací rozsah počas merania: vnútorný odpor ampérmetra sa so zmenou rozsahu mení a ovplyvní meraný prúd solárneho článku. Sériové číslo zdroja svetla a solárneho článku A uveďte do odpovedového hárku. Upevnite zdroj svetla do držiaka tvaru U (zdroj svetla je tesne prispôsobený držiaku takže buďte trpezlivý pri zostavovaní). Solárny článok A upevnite do držiaka jednotlivého článku a spolu s kruhovou clonou tesne pri povrchu článku ho umiestnite do škatule. Prúd  $I$  ako funkciu vzdialenosti  $r$  zdroja svetla (ak nie je vzdialenosť  $r$  príliš malá) možno vyjadriť približným vzťahom

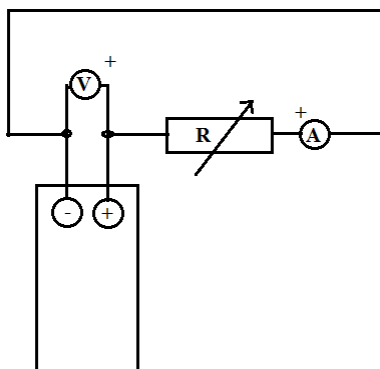
$$I(r) = \frac{I_a}{1 + \frac{r^2}{a^2}}$$

kde  $I_a$  a  $a$  sú konštanty.

2.1a	Zmerajte $I$ ako funkciu $r$ a vaše merania zapíšte do tabuľky.	1.0
2.1b	Určte hodnoty $I_a$ a $a$ s použitím vhodnej grafickej metódy.	1.0

## 2.2 Charakteristika solárneho článku

Vyberte clonu zo škatule. Namontujte rezistor ku škatuli, obr. 2.2. Zdroj svetla umiestnite na pozíciu 0, najvzdialenejšiu od rezistora. Článok A v držiaku pre jednotlivý článok umiestnite bez kruhovej clony do pozície 10. Zostavte obvod podľa obr. 2.5. na meranie charakteristiky solárneho článku, tzn. napätia  $U$  na svorkách článku ako funkciu prúdu  $I$  v obvode pozostávajúcom z článku, rezistora a ampérmetra.



**Obrázok 2.5** Schéma obvodu na meranie charakteristiky solárneho článku v úlohe 2.2.

2.2a	Urobte tabuľku s nameranými hodnotami $U$ a $I$ .	0.6
2.2b	Zostrojte graf závislosti napätia $U$ od prúdu $I$ .	0.8

## 2.3 Teoretická charakteristika solárneho článku

Pre solárny článok v tomto experimente možno vyjadriť prúd vyjadriť ako funkciu napätia

$$I = I_{\max} - I_0 \left( \exp\left(\frac{eU}{\eta k_B T}\right) - 1 \right)$$

kde parametre  $I_{\max}$ ,  $I_0$  a  $\eta$  sú pri danom osvetlení konštanty. Teplotu uvažujeme  $T = 300$  K. Základné konštanty  $e$  a  $k_B$  sú elementárny náboj a Boltzmannova konštanta.

2.3a	Použite graf z úlohy 2.2b na určenie $I_{\max}$ .	0.4
------	---	-----

Parameter  $\eta$  možno predpokladať v intervale od 1 do 4. Pre určité hodnoty napätia  $U$  možno závislosť vyjadriť zjednodušeným vzťahom

$$I \approx I_{\max} - I_0 \exp\left(\frac{eU}{\eta k_B T}\right)$$

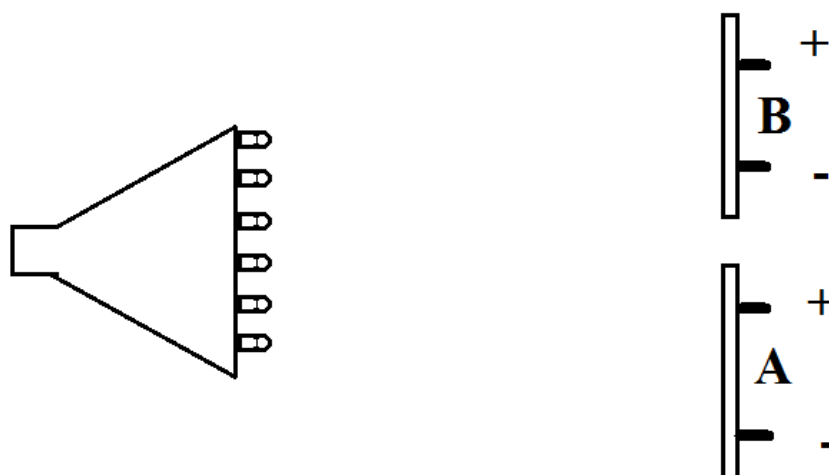
2.3b	Odhadnite rozsah napätia $U$ , pre ktorý možno použiť ako dobrý zjednodušený vzťah. Graficky určte hodnoty $I_0$ a $\eta$ pre váš solárny článok.	1.2
------	---	-----

## 2.4 Maximálny výkon solárneho článku

2.4a	Maximálny výkon, ktorý článok dodáva do vonkajšieho obvodu označíme $P_{\max}$ . Určte $P_{\max}$ pre váš článok pomocou niekoľkých jednoduchých meraní (môžete využiť výsledky meraní z úlohy 2.2)	0.5
2.4b	Odhadnite optimálny odpor záťaže $R_{\text{opt}}$ , tzn. celkový odpor vonkajšieho obvodu, pri ktorom článok dodáva maximálny výkon do záťaže s odporom $R_{\text{opt}}$ . Uveďte váš výsledok spolu s nepresnosťou a dokumentuje váš postup vzorovým výpočtom.	0.5

## 2.5 Porovnanie solárnych článkov

Články A a B upevnite do držiaka pre dvojicu článkov a vložte do pozície 15, obr. 2.6.



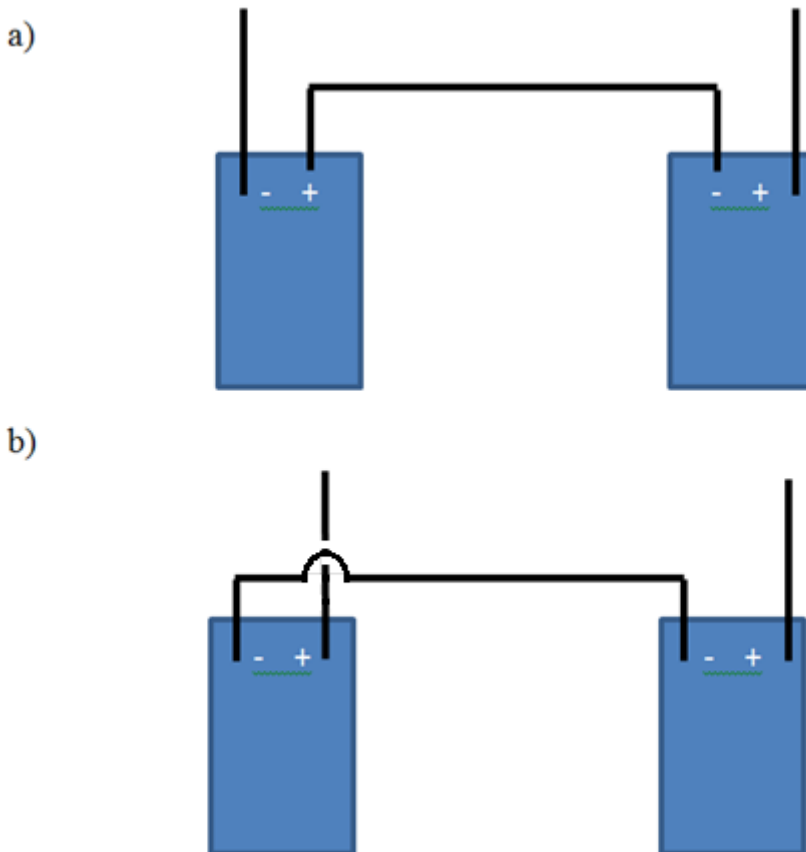
**Obrázok 2.6** Pohľad zhora na zostavu so zdrojom svetla a dvojicou článkov v úlohe 2.5.

2.5a	Pre dané osvetlenie merajte: - Maximálne napätie $U_A$ , ktoré možno namerať na článku A. - Maximálny prúd $I_A$ ktorý možno namerať pre článok A. To isté urobte s článkom B.	0.5
2.5b	Nakreslite schému elektrického zapojenia vašich obvodov znázorňujúce prepojenie solárnych článkov s meracích prístrojov.	0.3



## 2.6 Spojenie solárnych článkov

Dva solárne články zapojte do série podľa obr. 2.7. Sú aj dve možnosti ich paralelného prepojenia, ktoré ale nie sú na obrázku nakreslené.



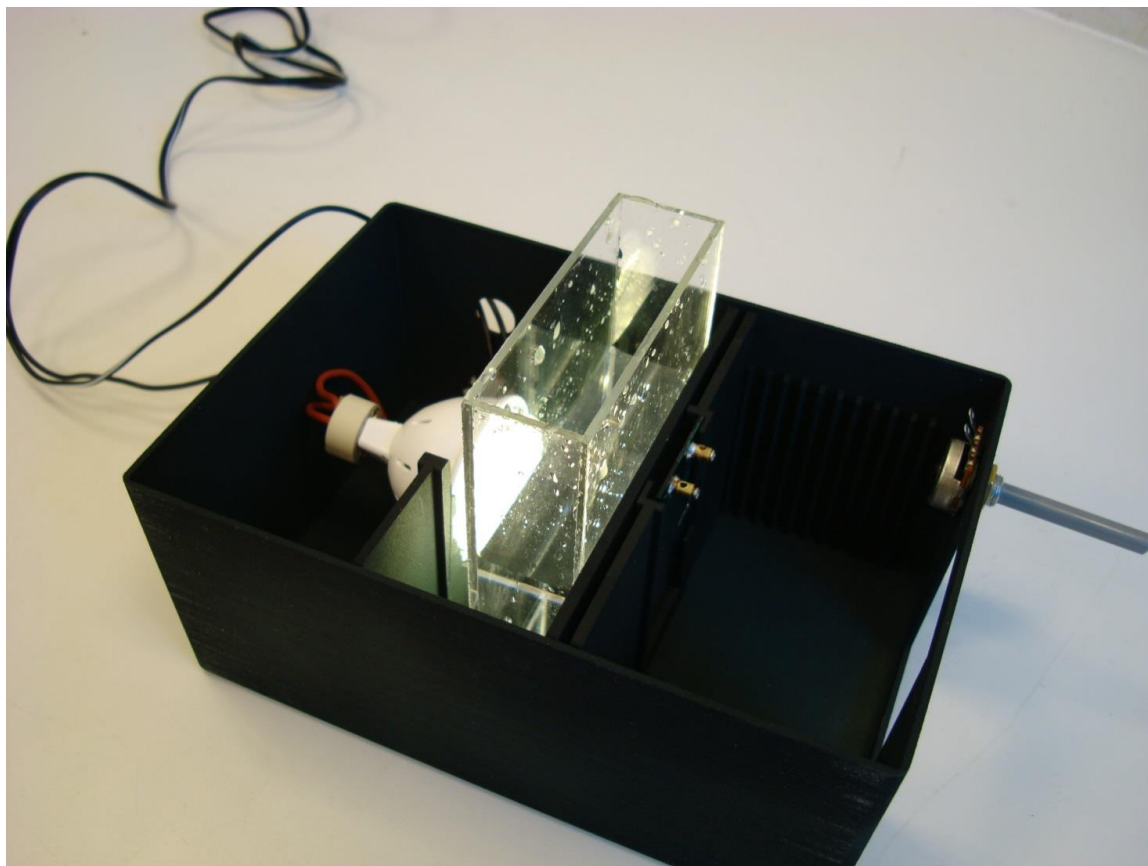
**Obrázok 2.7** Dve možnosti sériového prepojenia článkov v úlohe 2.6. Dve možnosti paralelného prepojenia v obrázku nie sú ukazané.

2.6	Určte, v ktorom zo štyroch zapojení dvojice článkov dostaneme maximálny možný výkon vo vonkajšom obvode, ak jeden z článkov zatienime tieniacou platničkou (J v obr. 2.1). Pomôcka: Môžete odhadnúť maximum výkonu celkom dobre na základe výpočtu z maximálneho napätia a maximálneho prúdu nameraného pri každom zapojení článkov. Nakreslite príslušnú elektrickú schému.	1.0
-----	---	-----

## 2.7 Vplyv optickej nádoby (veľkej kyvety) na prúd solárneho článku

Vložte do škatule zdroj svetla a článok A upevnite do držiaka pre jednotlivý článok a tesne pred nej umiestnite kruhovú clonu tak, aby bola medzi zdrojom svetla a solárnym článkom vzdialenosť približne 50 mm. Tesne za kruhovú clonu vložte optickú nádobu, obr. 2.8.





**Obrázok 2.8** Experimentálne usporiadanie pre úlohu 2.7.

2.7a	Zmerajte prúd $I$ teraz ako funkciu výšky $h$ vody v nádobe, obr. 2.8. Zostavte tabuľku nameraných hodnôt a zostrojte graf.	1.0
2.7b	Pomocou jednoduchých nákresov a symbolov vysvetlite, prečo graf vyzerá práve tak ako vám vyšiel.	1.0

Vložte zdroj svetla do škatule spolu s článkom A v jednoduchom držiaku tak, aby bola ich vzdialenosť maximálna. Pred solárny článok umiestnite kruhovú clonu.

2.7c	Pre toto usporiadanie urobte nasledujúce: - Zmerajte vzdialenosť $r_1$ medzi zdrojom svetla a solárnym článkom a prúd $I_1$ . - Umiestnite prázdnu nádobu tesne pred kruhovú clonu a zmerajte prúd $I_2$ . - Naplňte nádobu vodou takmer až po vrch a zmerajte prúd $I_3$ .	0.6
2.7d	Použite merania z 2.7c na určenie indexu lomu vody $n_w$ . Vašu metódu doložte vhodnými nákresmi a rovnicami. Môžete priložiť ďalšie dodatočné merania.	1.6