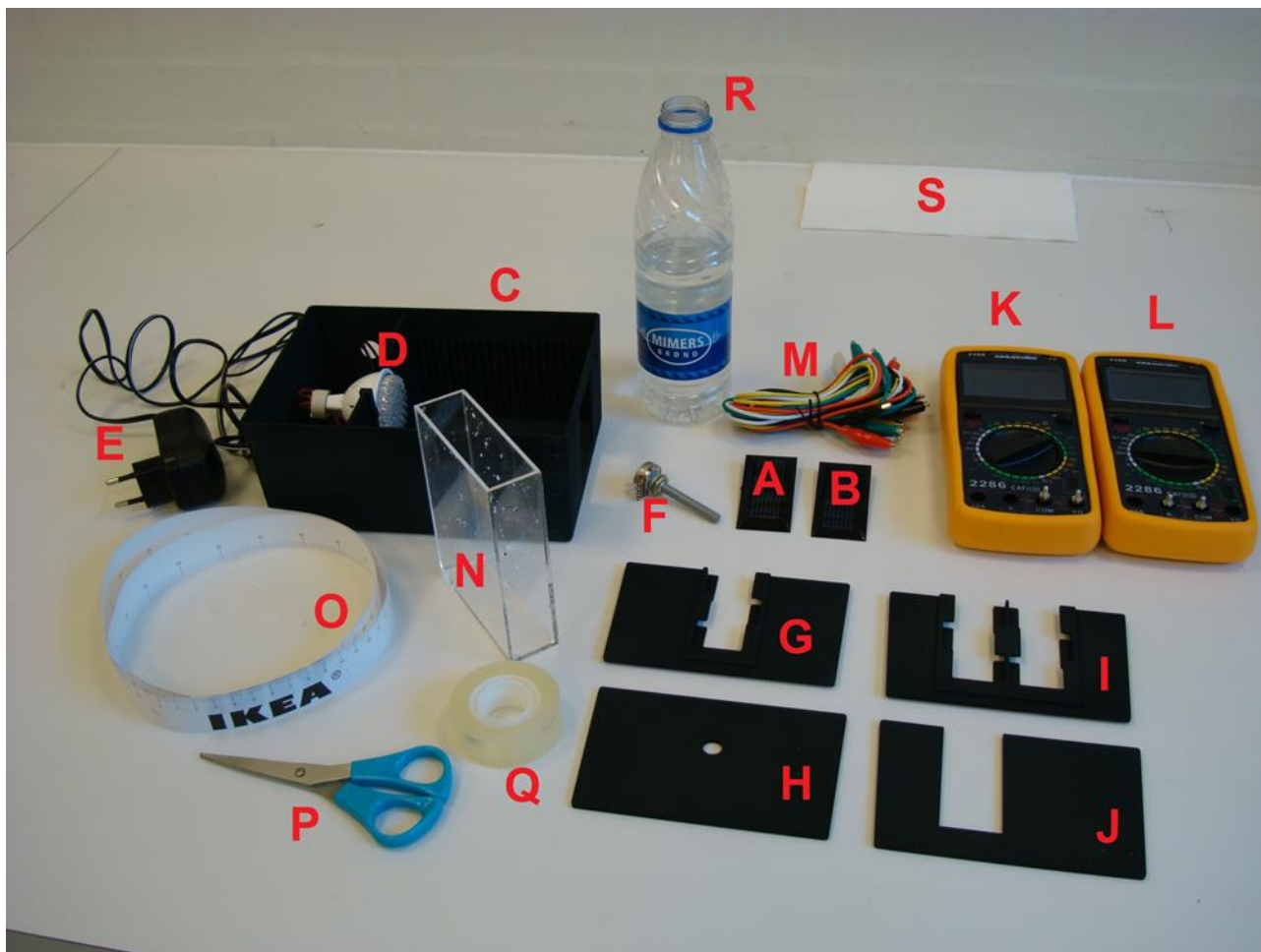


2.0 Úvod

Pomůcky pro tento experiment jsou zobrazeny na Obr. 2.1.



Obrázek 2.1 Pomůcky použité v experimentální úloze E2.

Seznam pomůcek (viz Obr. 2.1):

A: Solární článek

B: Solární článek

C: Krabice s přípravou pro snadné uchycení světelného zdroje, solárních článků, atd.

D: LED zdroj světla uchycený v držáku

E: Zdroj energie pro zdroj světla D

F: Proměnný rezistor

G: Držák k upevnění jednoho solárního článku v krabici C

H: Kruhová clona k použití v krabici C

I: Držák k upevnění dvou solárních článků v krabici C

J: Stínítko k upevnění v krabici C

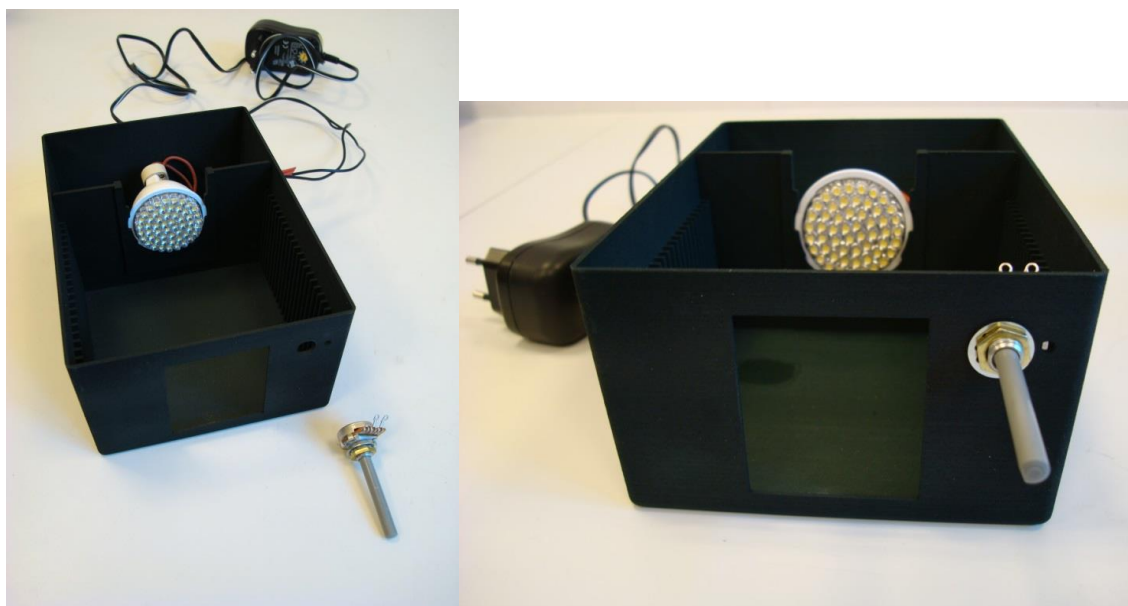
K: Digitální multimetr

- L:** Digitální multimetr
M: Vodiče s minikrokosvorkami
N: Optická nádoba (velká kyveta)
O: Papírová měřicí páska
P: Nůžky
Q: Lepicí páska
R: Voda k naplnění optické nádoby N
S: Papírový ubrousek k osušení přebytečné vody
T: Plastový kelímek na vodu z optické nádoby N (není na Obr. 2.1)
U: Plastová pipeta (není na Obr. 2.1)
V: Víčko na krabičku C (není na Obr. 2.1)

List s daty: tabulka základních fyzikálních konstant

Rychlost světla ve vakuu	$c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Elementární náboj	$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Boltzmannova konstanta	$k_B = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

Solární článek přeměňuje část elektromagnetické energie dopadajícího světla na energii elektrickou separací nábojů uvnitř solárního článku. Takto lze generovat elektrický proud. Cílem experimentu E2 je zkoumání solárních článků s pomůckami, které vám byly poskytnuty. Mezi tyto pomůcky patří krabička s držáky na světelný zdroj a solární články spolu s různými destičkami a víčkem. Namontujte proměnný rezistor do krabičky, viz Obr. 2.2. Jeden ze tří vývodů na rezistoru byl odstraněn, jelikož v úloze použijete jen zbývající dva vývody. Dále jste dostali vodiče s minikrokosvorkami a dva solární články (označené sériovým číslem a písmenem A nebo B) s vývody na zadní straně. Oba solární články jsou si podobné, ale jejich parametry se mohou mírně lišit. Dva multimetry byly opatřeny vývody k použití jako ampérmetr, resp. voltmetr, viz Obr. 2.3. Nakonec použijete v experimenty optickou nádobu a pitnou vodu z plastové láhve.



Obrázek 2.2 (a) Krabíčka se zdrojem světla a rezistorem. **(b)** Rezistor namontovaný v krabíčce. Všimněte si, že kolík rezistoru pasuje do otvoru napravo od otvoru.



Obrázek 2.3 Multimetry opatřené vývody k použití jako ampérmetr (**vlevo**), resp. voltmetr (**right**). Přístroj se zapíná stisknutím tlačítka „POWER“ v levém horním rohu. Přístroj se sám automaticky vypne po jisté době nečinnosti. Lze s ním měřit stejnosměrný proud a napětí (=), jakožto i střídavý proud a napětí (~). Vnitřní odpor voltmetru je 10 MΩ bez ohledu na měřicí rozsah. Napětí na ampérmetru je 200 mV při maximálním proudu v daném rozsahu, nezávisle na měřicím rozsahu. Pokud dojde k přetečení rozsahu, na displeji se objeví „1“ a musíte zvolit vyšší měřicí rozsah. Nedotýkejte se tlačítka „HOLD“ v pravém horním rohu, ledaže byste chtěli zmrazit měření.

POZOR: *Nepoužívejte multimetr jako ohmmetr pro měření na solárních článcích, měřicí proud by je mohl poškodit. Při změně rozsahu na multimetrech, otáčejte, prosím, s přepínačem opatrně. Snadno se rozbijí nebo zůstane mezi dvěma rozsahy. Ověřte, zda je při měření malé číslo pod desetinnou čárkou. Pokud není přepínač v přesné poloze, multimetr nebude měřit, i když může nějaké číslice ukazovat.*

Upozornění: Neměňte napětí na zdroji napětí. Musí být 12 V během celého experimentu. (Zdroj napětí pro zdroj světla zapojte do zásuvky (230 V ~) na svém stole.

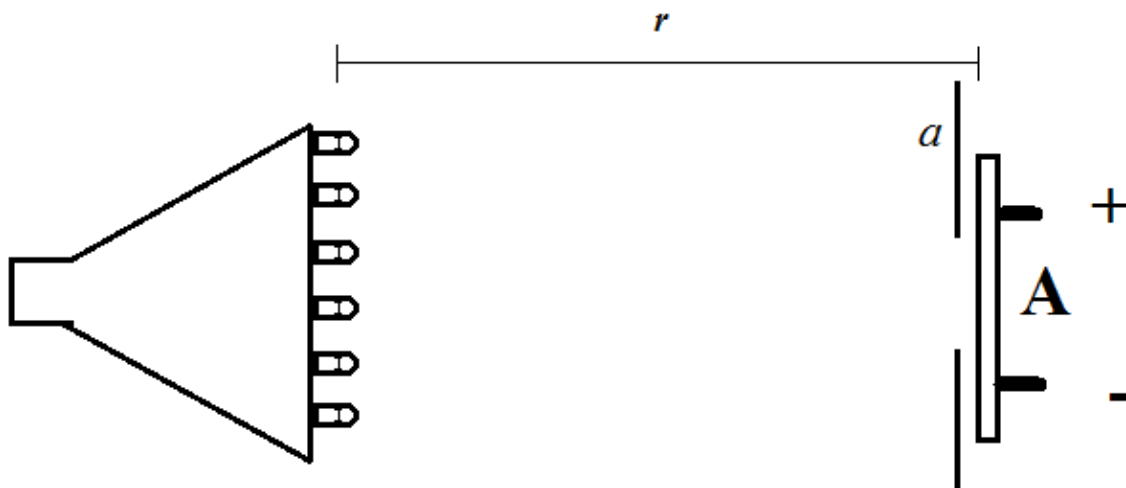
Upozornění: Neuvažujte chyby měření, pokud k tomu nejste výslovně vyzváni.

Upozornění: Všechny naměřené a vypočtené hodnoty musí být uvedeny v jednotkách SI.

Upozornění: Během veškerých měření proudu a napětí v tomto experimentu se předpokládá, že LEDkový zdroj světla svítí.

2.1 Závislost proudu v solárním článku na vzdálenosti od zdroje světla

V tomto úkolu budete měřit proud I , který vytváří solární článek, když je zapojen v obvodu s ampérmetrem a budete určovat, jak proud závisí na vzdálenosti r od zdroje světla. Zdrojem světla je vnitřek každé jednotlivé diody a proto je třeba měřit r tak, jak je ukázáno na Obr. 2.4.



Obrázek 2.4 Pohled shora na uspořádání v úkolu 2.1. Všimněte si clony a těsně před solárním článkem A. Vzdálenost je měřena od vnitřku diody po povrch solárního článku.

Neměňte v tomto úkolu rozsah na ampérmetru: vnitřní odpor ampérmetru závisí na daném rozsahu a ovlivňuje proud, který je dodáván solárním článkem.

Zapište sériová čísla světelného zdroje a solárního článku A do vašeho listu odpovědí. Upevněte zdroj světla do držáku ve tvaru U (zdroj světla půjde zastrčit velice natěsno, buďte proto trpěliví při upevňování). Upevněte solární článek A do držáku k upevnění jednoho článku a umístěte ho společně s kruhovou clonou těsně před solární článek. Proud I může být jako funkce vzdálenosti r od zdroje světla, pokud r není příliš malé, aproximován jako

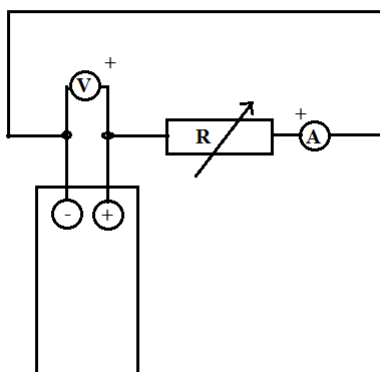
$$I(r) = \frac{I_a}{1 + \frac{r^2}{a^2}}$$

kde I_a a a jsou konstanty.

2.1a	Naměřte I jako funkci r a sestavte tabulku vašeho měření.	1,0
2.1b	Určete hodnoty I_a a a použitím vhodné grafické metody.	1,0

2.2 Charakteristika solárního článku

Odstraňte kruhovou clonu. Upevněte proměnný rezistor do krabice, jak je ukázáno na Obr. 2.2. Umístěte zdroj světla do přihrádky číslo 0, nejdále od proměnného rezistoru. Upevněte solární článek A do držáku k upevnění jednoho článku *bez kruhové clony* do přihrádky číslo 10. Sestavte obvod podle Obr. 2.5, abyste mohli měřit charakteristiku solárního článku, tj. napětí U na svorkách solárního článku jako funkce proudu I v obvodu sestávajícího ze solárního článku, rezistoru a ampérmetru.



Obrázek 2.5 Elektrické schéma obvodu pro měření charakteristiky v úkolu 2.2.

2.2a	Sestavte tabulku příslušných měření U a I .	0,6
2.2b	Nakreslete závislost napětí jako funkci proudu.	0,8

2.3 Teoretická charakteristika solárního článku

Závislost proudu jako funkce napětí solárních článků v tomto experimentu je dána následujícím vztahem

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

kde parametry $I_{\max}$, I_0 a η jsou konstanty při daném osvětlení. Teplotu budeme považovat za rovnou $T = 300$ K. Základní konstanty e a k_B jsou elementární náboj a Boltzmannova konstanta.

2.3a	Použijte graf z úkolu 2.2b pro určení $I_{\max}$.	0,4
------	--	-----

Předpokládáme, že parametr η leží v intervalu od 1 do 4. Pro určité hodnoty napětí U může být vztah aproximován jako

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

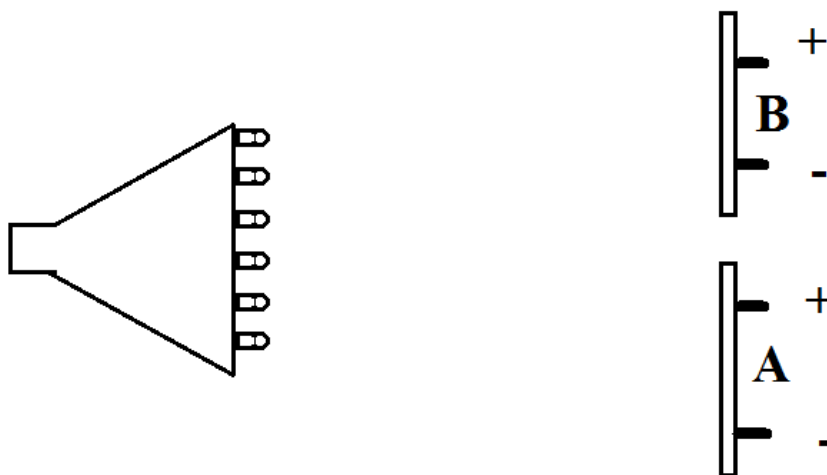
2.3b	Odhadněte možný rozsah hodnot U , pro který je výše uvedená aproximace dobrá. Graficky určete hodnoty I_0 a η vašeho solárního článku.	1,2
------	---	-----

2.4 Maximální výkon solárního článku

2.4a	Maximální výkon, který může solární článek dodat připojenému obvodu, označme $P_{\max}$. Určete $P_{\max}$ vašeho solárního článku pomocí několika málo vhodných měření. (Můžete použít některé svoje výsledky z měření v úkolu 2.2).	0,5
2.4b	Odhadněte optimální zatížení R_{opt} , tj. celkový připojený vnější odpor, při kterém solární článek dodává svůj maximální výkon rezistoru R_{opt} . Doplňte svůj výsledek o chybu a запиšte vhodné výpočty použité ve vaší metodě.	0,5

2.5 Porovnávání solárních článků

Upevněte oba solární články (A i B) do držáku k upevnění dvou solárních článků do přihrádky číslo 15, viz Obr. 2.6.

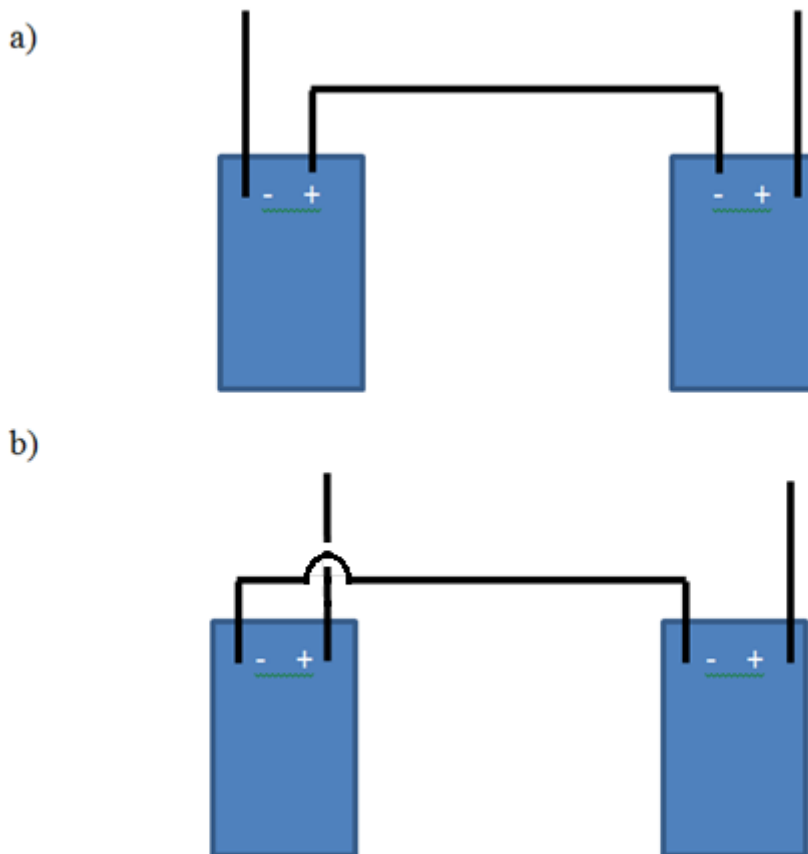


Obrázek 2.6 Pohled shora na zdroj světla a solární články v úkolu 2.5.

2.5a	Naměřte pro dané osvětlení: - Maximální naětí U_A , které může být naměřeno na solárním článku A. - Maximální proud I_A , který může být naměřen na solárním článku A. Proveďte stejné měření i pro solární článek B.	0,5
2.5b	Nakreslete schémata elektrických obvodů, která ukazují zapojení solárních článků a měřicích přístrojů.	0,3

2.6 Spojování solárních článků

Dva solární články mohou být zapojeny sériově dvěma různými způsoby, jak je ukázáno na Obr. 2.7. Existují rovněž dva různé způsoby, jak mohou být zapojeny paralelně (není na obrázku).

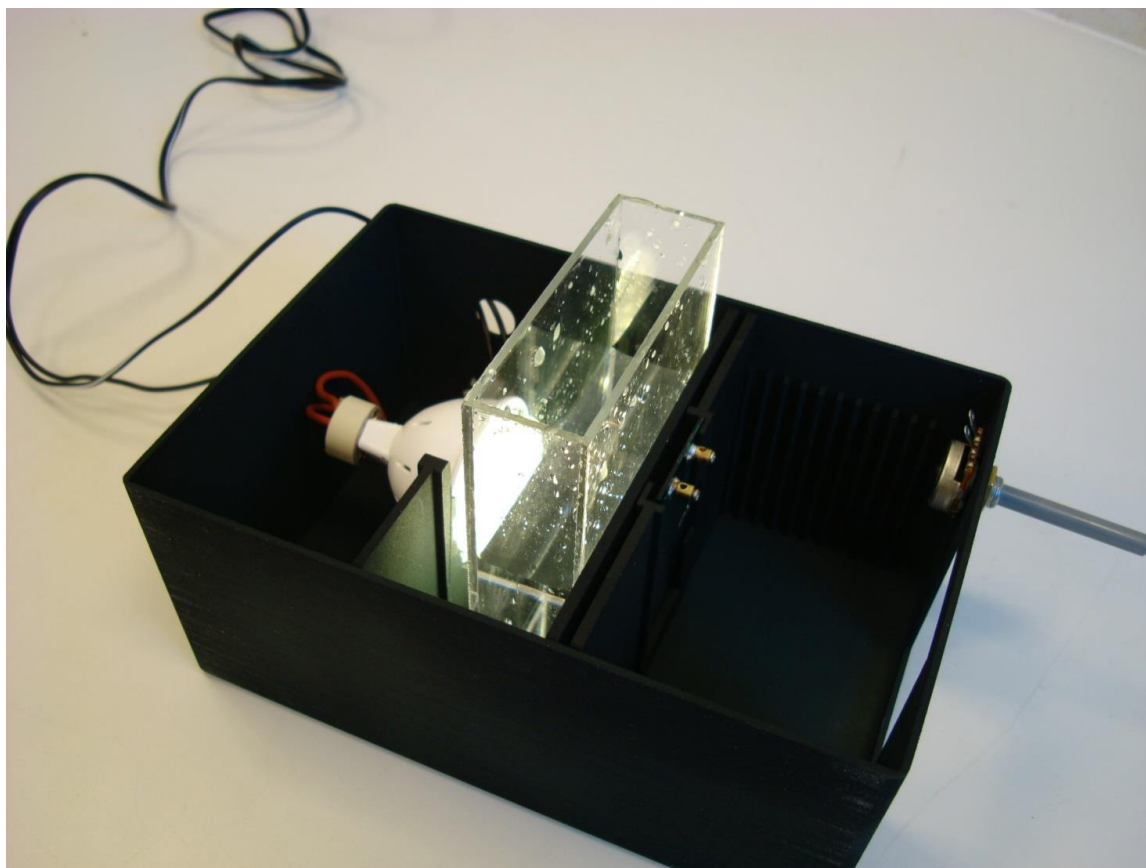


Obrázek 2.7 Dva způsoby sériového zapojení solárních článků v úkolu 2.6. Dva způsoby paralelního zapojení nejsou zobrazeny.

2.6a	Určete, které ze čtyř zapojení dvou solárních článků dává největší výkon připojenému obvodu, pokud zakryjeme jeden ze solárních článků stínítkem (J na Obr. 2.1). Nápověda: Můžete odhadnout maximální výkon poměrně dobře tak, že ho vypočtete z maximálního napětí a maximálního proudu naměřeného v každém ze zapojení. Nakreslete příslušné elektrické schéma.	1,0
------	--	-----

2.7 Vliv optické nádoby (velké kyvety) na proud solárního článku

Upevněte zdroj světla do krabičky a vložte solární článek A do držáku k upevnění jednoho článku společně s kruhovou clonou co nejvíce dopředu tak, aby bylo zhruba 50 mm mezi solárním článkem a zdrojem světla. Umístěte prázdnou optickou nádobu před kruhovou clonu, jak je ukázáno na Obr. 2.8.



Obrázek 2.8 Experimentální uspořádání pro úkol 2.7.

2.7a	Naměřte proud I , nyní jako funkci výšky h vody v nádobě, viz Obr. 2.8. Sestavte tabulku měření a nakreslete graf.	1,0
2.7b	Pouze pomocí náčrtků a symbolů vysvětlete, proč graf vypadá tak jak vypadá.	1,0

Upevněte zdroj světla do krabičky a umístěte solární článek A do držáku k upevnění jednoho článku tak, aby vzdálenost mezi solárním článkem a zdrojem světla byla maximální. Umístěte kruhovou clonu těsně před solární článek.

2.7c	Pro toto uspořádání proveďte následující: - Naměřte vzdálenost r_1 mezi zdrojem světla a solárním článkem a proud I_1 . - Umístěte prázdnou nádobu těsně před kruhovou clonu a naměřte proud I_2 . - Naplňte nádobu vodou až po okraj a naměřte proud I_3 .	0,6
2.7d	Použijte vaše měření z úkolu 2.7c k nalezení hodnoty indexu lomu vody n_w . Popište svoji metodu pomocí náčrtků a rovnic. Můžete provést dodatečná měření.	1,6