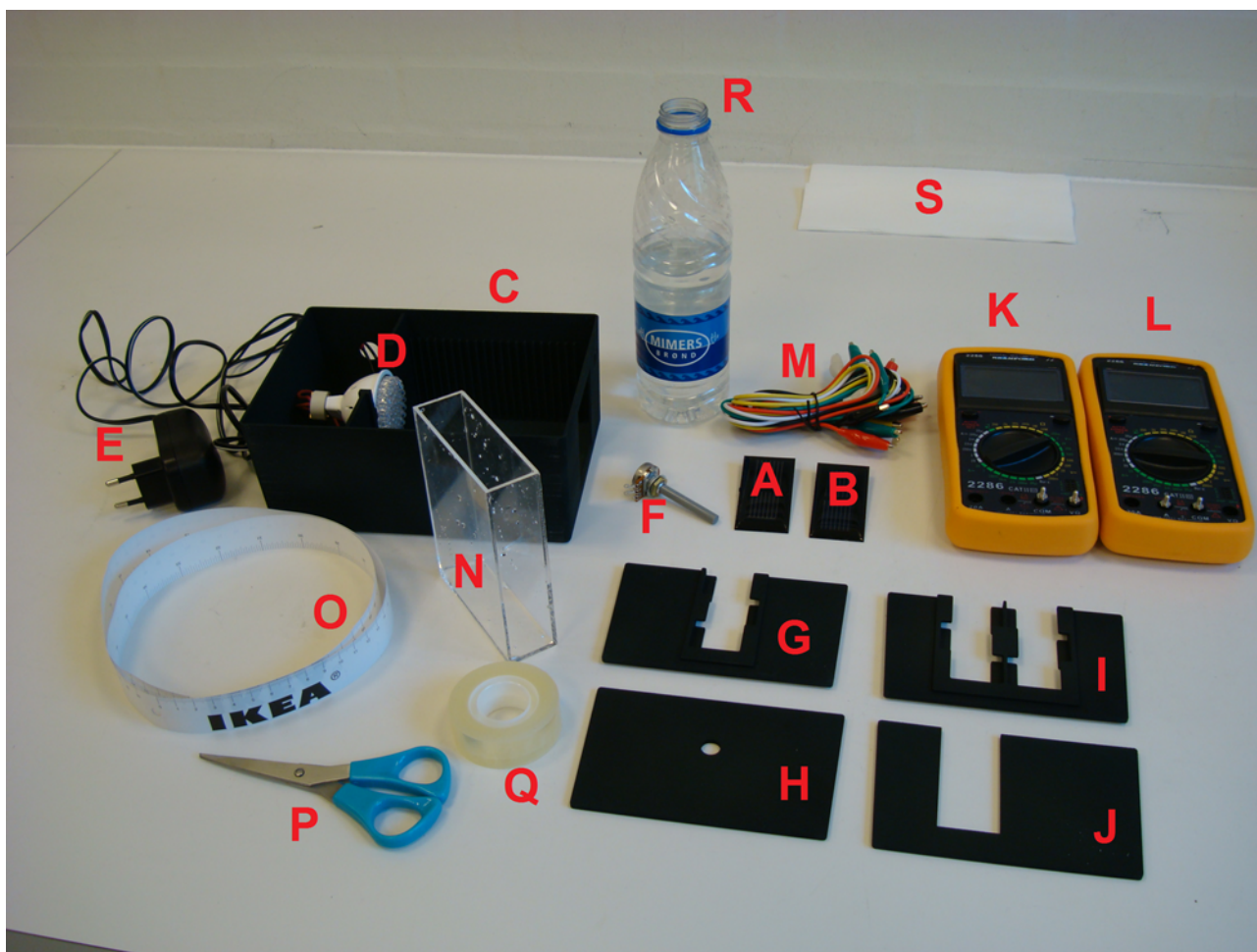


## 2.0 Inledning

Utrustning som används i detta experiment visas i Fig. 2.1.



**Figure 2.1** Utrustning som används i experiment E2.

**Utrustningslista** (se Fig. 2.1):

**A, B:** Två solceller

**C:** Svart plastlåda med slitsar för montering av ljuskälla, solceller, etc.

**D:** LED-ljuskälla i hållare

**E:** Strömadapter för ljuskälla D

**F:** Variabel resistor

**G:** Hållare för montering av en enda solcell i låda C

**H:** Plastskiva med cirkulär öppning för användning i låda C

**I:** Hållare för montering av två solceller i låda C

**J:** Avskärmningsskiva för användning i låda C

**K, L:** Två digitala multimetrar

**M:** Kablar med mini-krokodilklämmor

**N:** Transparent plastbehållare (kyvett)

**O:** Måttband

**P:** Sax

**Q:** Tejp

**R:** Vatten att fylla kyvett N med

**S:** Pappersservett att torka upp överflödigt vatten med

**T:** Plastmugg för vatten från kyvett N (syns ej i Fig. 2.1)

**U:** Plastpipett (syns ej i Fig. 2.1)

**V:** Lock till låda C (syns ej i Fig. 2.1)

## Tabell med grundläggande konstanter

|                     |                                                |
|---------------------|------------------------------------------------|
| Ljusfarten          | $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$       |
| Elementarladdningen | $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$          |
| Boltzmanns constant | $k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ |

En solcell förvandlar delar av den elektromagnetiska energin i det inkommande ljuset till elektrisk energi, genom att separera laddningar inuti solcellen. På detta vis kan en elektrisk ström genereras. Experiment E2 går ut på att undersöka solceller med hjälp av den tillhandahållna utrustningen. Denna består av en låda med hållare för ljuskällor och solceller, tillsammans med diverse skivor och ett lock. Den variabla resistorn är tänkt att monteras i lådan, se Fig. 2.2. En av resistorns tre anslutningar har avlägsnats, eftersom bara de två övriga kommer att användas. Det finns också kablar med mini-krokodilklämmor samt två solceller (märkta med ett serienummer och bokstaven A eller B) med anslutningar på baksidan. De två solcellerna är likartade men kan skilja sig åt något. De två multimetrarna har utrustats med anslutningar för användning som ampèremeter resp. voltmeter, se Fig. 2.3. Slutligen behövs i experimentet en stor kyvett, tillsammans med lite dricksvatten från flaskan.



**Figur 2.2 (a)** Låda med ljuskälla och resistor för montering. **(b)** Resistorn monterad i lådan. Notera den lilla klacken i resistorns fäste, som passar in i motsvarande urborrade hål till höger om infästningshålet i lådan.



**Figur 2.3** Multimetrar utrustade med anslutningar för användning som ampèremeter (**vänster**) respektive voltmeter (**höger**). Instrumentet slås på genom att trycka på “POWER” i övre vänstra hörnet. Instrumentet slås automatiskt av när det inte använts på en stund. Det kan mäta såväl likström och likspänning (=) som växelström och växelspänning (~). Den inre resistansen i voltmetern är 10 M $\Omega$  oavsett mätområde. Potentialskillnaden över ampèremetern är 200 mV vid fullt utslag, oavsett mätområde. Vid överträde av mätområdet visas “1”, som indikation för byte till ett högre mätområde. “HOLD”-knappen (övre högra hörnet) skall inte tryckas in om man inte vill frysa ett mätvärde.

**VARNING:** *Använd inte multimetern som en ohmmeter på solcellerna, eftersom mätströmmen kan skada dem. Vrid försiktigt vid byte av mätområde på multimetrarna, för att undvika att vredet blir instabilt eller skadas. Kontrollera vid alla avläsningar att det syns en liten siffra under decimalpunkten – om vredet inte är i exakt rätt läge sker ingen mätning, även om siffror visas på displayen.*

**OBS:** Ändra inte strömkällans spänning; den måste vara 12 V genom hela experimentet. (Strömkällan ska anslutas till uttaget (230 V ~) vid ditt bord.)

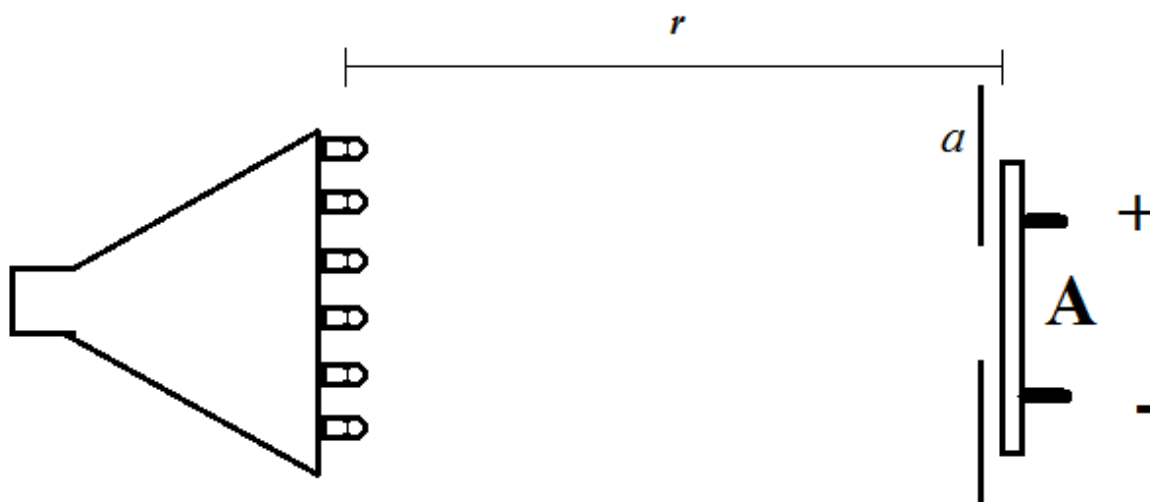
**OBS:** Feluppskattningar behövs bara när så anges.

**OBS:** Alla mätta och beräknade värden måste anges i SI-enheter.

**OBS:** Vid alla ström- och spänningsmätningar i detta experiment, ska LED-ljuskällan vara påslagen.

## 2.1 Hur solcellens strömstyrka beror på avståndet till ljuskällan

I denna uppgift ska strömstyrkan  $I$  som solcellen ger mätas med en amperemeter för att bestämma hur strömstyrkan beror på avståndet  $r$  till ljuskällan. Ljuset kommer *inifrån* varje diod och därför mäts  $r$  som i fig. 2.4.



**Figur 2.4** Uppställningen för uppgift 2.1 sedd ovanifrån. Notera plastskivan med cirkulärt hål  $a$  omedelbart framför solcellen A. Avståndet mäts inifrån dioderna till ytan på solcellen.

Byt inte mätområde på amperemetern, eftersom inre resistansen då ändras, vilket kan påverka mätningen.

Anteckna både ljuskällans och solcell A:s serienummer på svarsbladet. Montera ljuskällan i sin U-formade hållare och placera den i lådan (ljuskällan passar precis i hållaren, så montera den försiktigt). Montera sedan solcell A i hållaren för en enda solcell och placera denna med plastskivan med den cirkulära öppningen omedelbart framför solcellen. Strömstyrkan  $I$  som funktion av avståndet  $r$  till ljuskällan, givet att  $r$  inte är för litet, beskrivs rätt väl av

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

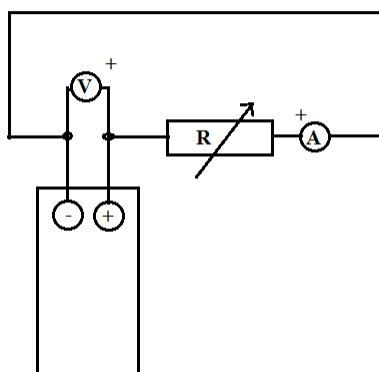
där  $I_a$  och  $a$  är konstanter.

|      |                                                                        |     |
|------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.1a | Mät $I$ som funktion av $r$ , och redovisa dina mätvärden i en tabell. | 1,0 |
| 2.1b | Bestäm $I_a$ och $a$ med hjälp av lämplig grafisk metod.               | 1,0 |



## 2.2 Solcellens karaktäristik

Ta nu bort plastskivan med den cirkulära öppningen. Montera sedan den variabla resistorn i lådan enligt fig. 2.2. Placera ljuskällan i slits nr 0, så långt bort som möjligt från resistorn. Montera solcellen A i hållaren för en enda solcell i slits nr 10. Koppla sedan enligt fig. 2.5 för att kunna mäta samhörande värden på spänningen  $U$  och strömstyrkan  $I$ , dvs. den s.k. karaktärstiken.



**Figur 2.5** Kopplingsschema för att mäta upp solcellens karaktäristik i uppgift 2.2.

|      |                                                             |     |
|------|-------------------------------------------------------------|-----|
| 2.2a | Redovisa i en tabell de samhörande värdena på $U$ och $I$ . | 0,6 |
| 2.2b | Rita ett diagram som visar $U$ som funktion av $I$ .        | 0,8 |

## 2.3 Teoretisk karaktäristik för en solcell

En solcells ström som funktion av spänningen kan beskrivas med följande uttryck

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

där parametrarna  $I_{\max}$ ,  $I_0$  och  $\eta$  är konstanta för en given belysning. Temperaturen kan antas vara  $T = 300$  K. Konstanterna  $e$  och  $k_B$  är elementarladdningen respektive Boltzmanns konstant.

|      |                                                           |     |
|------|-----------------------------------------------------------|-----|
| 2.3a | Använd diagrammet från 2.2b för att bestämma $I_{\max}$ . | 0,4 |
|------|-----------------------------------------------------------|-----|

Parametern  $\eta$  ligger inom intervallet 1 till 4. För visa värden på spänningen  $U$ , kan uttrycket ovan approximeras med

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

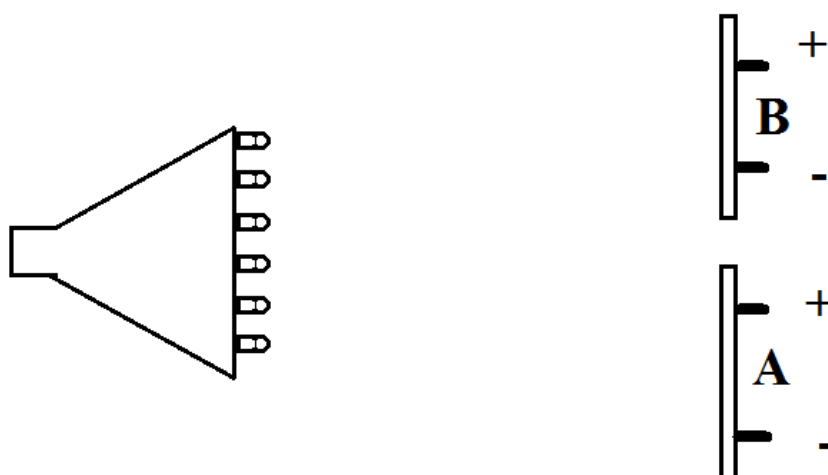
|      |                                                                                                                                             |     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.3b | Uppskatta för vilka värden på spänningen $U$ som approximationen ovan är giltig. Bestäm grafiskt värdena på $I_0$ och $\eta$ för solcellen. | 1,2 |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## 2.4 Maximal effekt från en solcell

|      |                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.4a | Den maximala effekt en solcell kan leverera till en yttre krets betecknas $P_{\max}$ . Bestäm $P_{\max}$ för solcellen, medelst några få lämpliga mätningar. (Du kan använda några av dina tidigare mätningar från uppgift 2.2.) | 0,5 |
| 2.4b | Uppskatta också den optimala resistansen $R_{\text{opt}}$ , dvs. den resistans för vilken solcellen levererar maximal effekt till resistorn. Redovisa resultatet med felgräns, samt förklara din metod med lämpliga beräkningar. | 0,5 |

## 2.5 Jämförelse av de två solcellerna

Montera båda solcellerna (A och B) i hållaren för två solceller, och placera denna i slits nummer 15, se fig. 2.6.

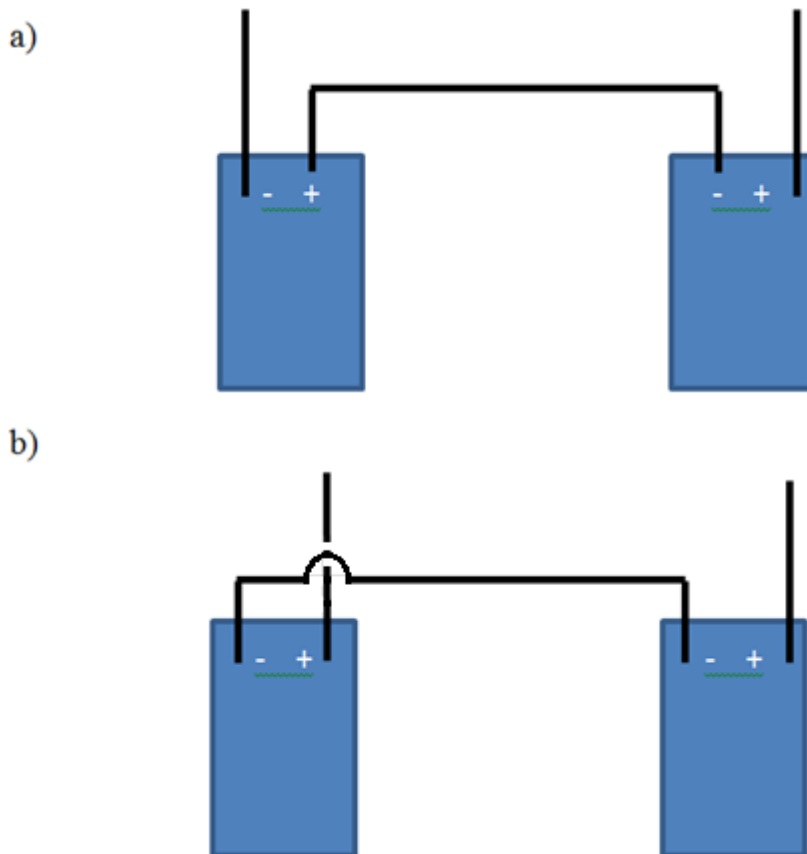


**Figur 2.6** Ljuskällan och solcellerna i uppgift 2.5, sedda uppifrån.

|      |                                                                                                                                                                                                  |     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.5a | Mät, för den givna belysningen:<br>- Den maximala spänningen $U_A$ som kan mätas över solcell A.<br>- Den maximala strömmen $I_A$ som kan mätas genom solcell A.<br>Gör samma sak med solcell B. | 0,5 |
| 2.5b | Redovisa kopplingsscheman. Dessa ska visa inkopplingen av solceller och multimetrar för dina kretsar.                                                                                            | 0,3 |

## 2.6 Hopkoppling av solcellerna

De två solcellerna kan seriekopplas på två olika sätt, se fig. 2.7. Det finns också två sätt att parallellkoppla dem (visas inte i figuren).



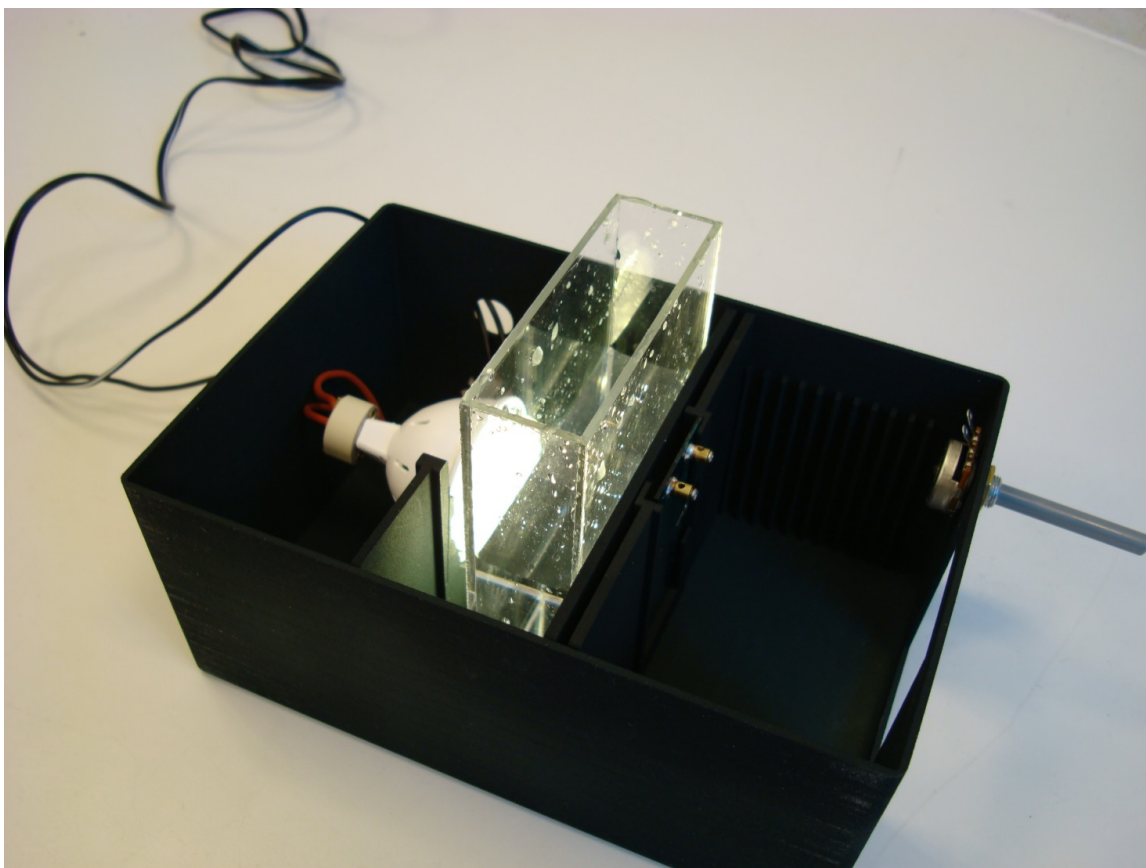
**Figur 2.7** Två sätt att seriekoppla solcellerna i uppgift 2.6. De två sätten att parallellkoppla solcellerna visas inte.

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.6 | Bestäm vilken av de fyra hopkopplingarna av de två solcellerna som levererar den största effekten i den yttre kretsen när en av solcellerna är täckt med avskärmningsskivan (J i fig. 2.1). Ledtråd: Du kan uppskatta maximala effekten i varje kopplingsvariant ganska väl genom att beräkna den från den maximala spänningen och den maximala strömstyrkan.<br>Redovisa motsvarande kopplingsschema. | 1,0 |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## 2.7 Inverkan av kyvett på strömmen från en solcell

Montera ljuskällan i lådan och placera solcell A i hållaren för en enda solcell med den cirkulära öppningen omedelbart framför. Avståndet mellan ljuskällan och solcellen ska vara ungefär 50 mm. Placera den tomma kyvetten omedelbart framför den cirkulära öppningen enligt figur fig. 2.8.





**Figur 2.8** Experimentell uppställning i uppgift 2.7.

|      |                                                                                                                                   |     |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.7a | Mät strömmen $I$ , nu som funktion av vattnets höjd i behållaren, $h$ , se fig. 2.8. Gör en mätvärdestabell och rita ett diagram. | 1,0 |
| 2.7b | Förklara med enbart figurer och symboler varför diagrammet ser ut som det gör.                                                    | 1,0 |

Montera ljuskällan i lådan och placera solcell A i hållaren för en enda solcell så att avståndet mellan solcellen och ljuskällan blir så stort som möjligt. Placera den cirkulära öppningen omedelbart framför solcellen.

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.7c | Gör följande med denna uppställning:<br>- Mät avståndet $r_1$ mellan ljuskällan och solcellen samt strömmen $I_1$ .<br>- Placera den tomma kyvetten omedelbart framför den cirkulära öppningen och mät strömmen $I_2$ .<br>- Fyll kyvetten nästan helt och hållet med vatten, och mät strömmen $I_3$ . | 0,6 |
| 2.7d | Använd dina mätningar från 2.7c för att bestämma ett värde på brytningsindex för vatten, $n_w$ . Förklara din metod med lämpliga figurer och ekvationer. Du får också göra ytterligare mätningar.                                                                                                      | 1,6 |