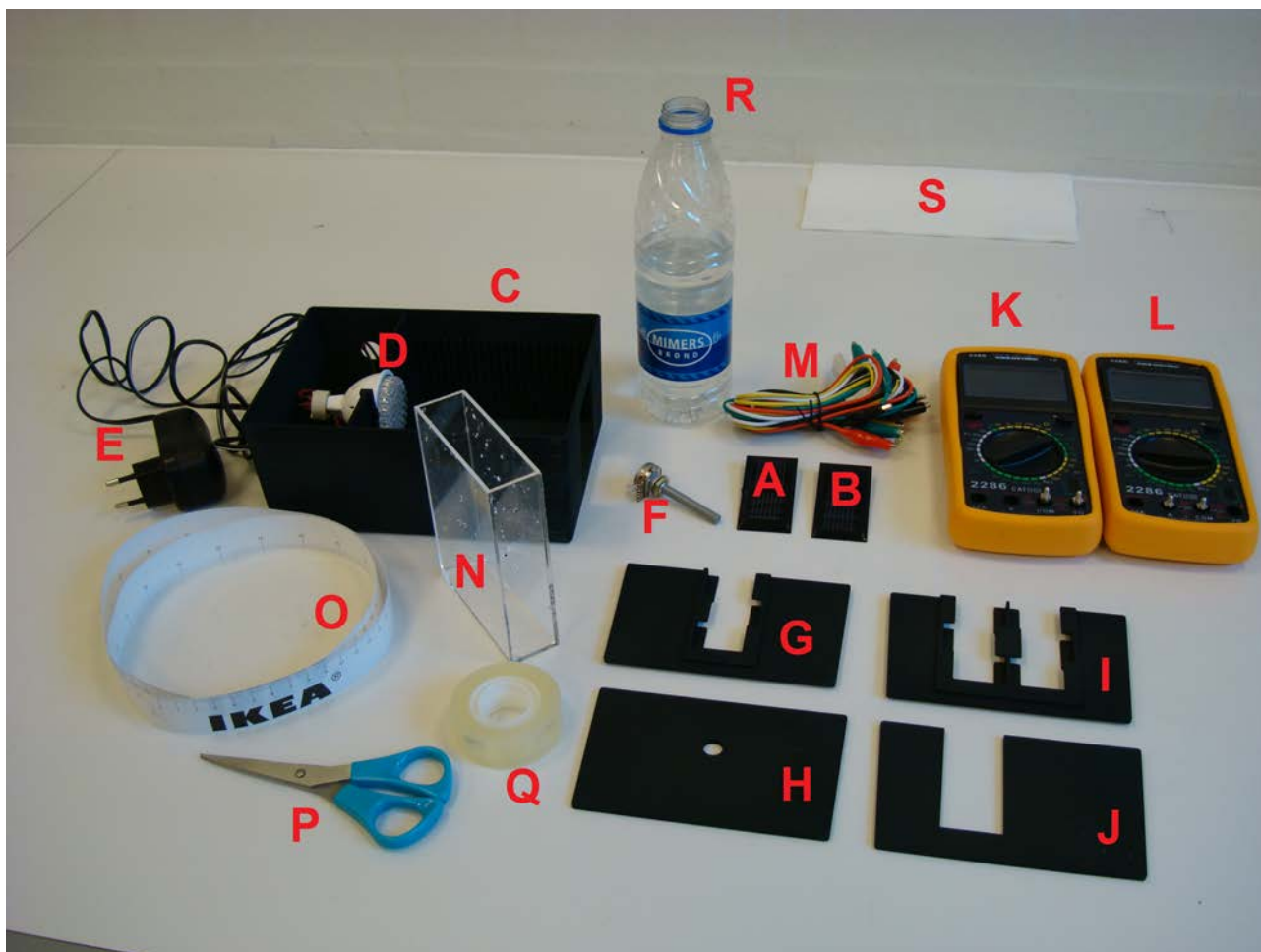


2.0 Bevezetés

Ebben a mérésben használt eszközök a 2.1 ábrán láthatóak.



2.1 ábra Az E2 mérésben használt eszközök.

Az eszközök listája (lásd: 2.1 ábra):

A: napelem

B: napelem

C: doboz rekeszekkel, melyekbe beilleszthető a fényforrás, a napelemek, stb.

D: LED-fényforrás foglalatban

E: tápegység a D fényforráshoz

F: változtatható ellenállás

G: foglalat egyetlen napelemnek a C dobozba való rögzítéséhez

H: kör alakú nyílás, amely a C dobozba rögzíthető

I: foglalat két napelemnek a C dobozba való rögzítéséhez

J: árnyékoló lemez, amely a C dobozba rögzíthető

K: digitális multiméter

- L:** digitális multiméter
- M:** vezetékek mini krokodilcsipesszel
- N:** átlátszó műanyagdedény (nagy küvetta)
- O:** mérőszalag
- P:** olló
- Q:** ragasztószalag
- R:** víz, amit az N műanyagdedénybe lehet tölteni
- S:** papírtörölő, amivel az esetleg kifröccsent víz feltörölhető
- T:** műanyagdedény amibe az N küvettaból kiönthető a víz (nincs rajta a 2.1 ábrán)
- U:** műanyagpipetta (nincs rajta a 2.1 ábrán)
- V:** a C doboz árnyékoló fedele (nincs rajta a 2.1 ábrán)

Adatlap: univerzális állandók táblázata

Fénysebesség vákuumban	$c = 2,998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
elemi töltés	$e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Boltzmann állandó	$k_B = 1,381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

A napelem a rá eső fény elektromágneses energiájának egy részét a belsejében levő töltések szétválasztásával elektromos energiává alakítja, és így elektromos áram állítható elő. Az E2 kísérleti feladat célja a napelemek vizsgálata a mellékelt eszközök felhasználásával. Az eszközök között található egy fedéllel ellátott rekeszes doboz, melyekbe beilleszthető a fényforrás, a napelemek, valamint különböző, kivágott lemezek. A változtatható ellenállást fel kell szerelni a dobozra, ahogy az a 2.2. ábrán látható. A változtatható ellenállás három kivezetése közül az egyiket eltávolítottuk, mert csak a maradék kettőre lesz szükséged. Rendelkezésedre állnak még krokodilcsipeszekben végződő vezetékek is, továbbá két napelem (a sorozatszámukkal, valamint A és B betűkkel ellátva) a hátsó felükön a kivezetésekkel. A két napelem hasonló, de kicsit különbözhetnek. A két multiméterre megfelelő kivezetések vannak szerelve, így az egyik ampermérőként, a másik voltmérőként használható (lásd a 2.3. ábrát!). Végül a kísérletben szükség lesz egy átlátszó műanyagdedényre, valamint egy palacknyi vízre.



2.2. ábra (a) Doboz a fényforrással és a felszerelendő változtatható ellenállással. **(b)** A dobozra felszerelt változtatható ellenállás. Ügyelj rá, hogy a változtatható ellenálláson található kis tű illeszkedjen a nagyobb lyuktól jobbra található kis lyukba!



2.3. ábra A kivezetésekkel ellátott, árammérésre **(bal)** és feszültségmérésre **(jobb)** alkalmas multiméterek. A készülékek a bal felső sarokban található “POWER” gomb megnyomásával kapcsolhatók be. A használaton kívüli multiméterek bizonyos idő után automatikusan kikapcsolnak. Egyenáram és egyenfeszültség mérésére (=), valamint váltakozó áram és váltakozó feszültség mérésére (~) is alkalmasak. A voltmérő belső ellenállása a méréshatártól függetlenül 10 M Ω . Az ampermérőn eső feszültség az adott méréshatáron mérhető legnagyobb áramerősség esetén 200 mV, függetlenül a méréshatár megválasztásától. Túlcsordulás esetén a kijelzőn “1” olvasható, ekkor nagyobb méréshatárt kell választanod. A “HOLD” gombot (jobb felső sarok) ne nyomd meg, hacsak nem akarod az éppen mért értéket kimerevíteni.

VIGYÁZAT! *Ne használd a multimétert ohmmérő üzemmódban a napelemekre kapcsolva, mert a mérőáram tönkretelheti a napelemeket. Méréshatár változtatásánál óvatosan tekerd a tárcsát, mert lötyöghet vagy eltörhet. Mindig nézd meg, hogy van-e egy apró szám a tizedespont alatt mérés közben – ha a tárcsa nincs teljesen a helyén, a multiméter nem mér, annak ellenére, hogy a kijelzőn számok láthatók.*

Figyelem! Ne változtasd a tápegység feszültségét! A kísérlet alatt végig 12 V-nak kell lennie. (A fényforrás tápegységét az asztalodon lévő konnektorba (230 V ~) kell csatlakoztatni.)

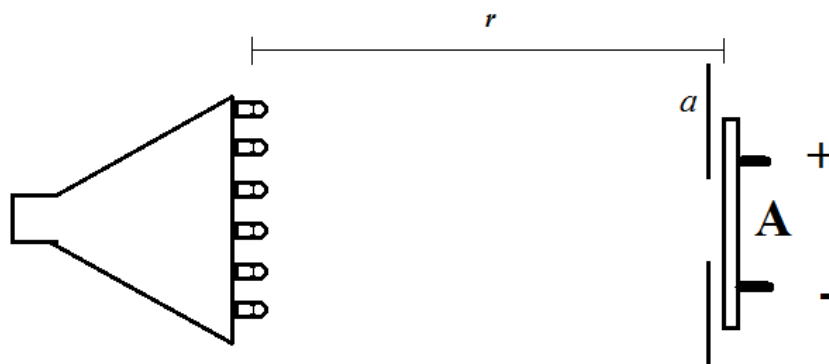
Figyelem! Hibaszámítást csak akkor kell végezned, ahol azt külön kérjük.

Figyelem! Minden mért és számolt értéket (prefixumokkal ellátott) SI-egységekben kell megadni.

Figyelem! Ebben a kísérletben minden áram- és feszültségmérés alatt legyen bekapcsolva a LED-lámpa.

2.1 A napelem áramának függése a fényforrástól mért távolságtól

Ebben a részfeladatban az ampermérővel áramkörbe kötött napelem által keltett I áramerősséget kell mérned a fényforrástól mért r távolság függvényében. A fény a különálló LEDek belsejében keletkezik, ezért az r távolság a 2.4. ábrán látható módon mérendő.



2.4. ábra. A 2.1. részfeladatbeli összeállítás felülnézeti rajza. Vedd észre, hogy a kör alakú a nyílás közvetlenül a napelem előtt helyezkedik el! A távolság a LEDek belsejétől a napelem felszínéig mérendő.

Ebben a kísérletben ne változtasd az ampermérő méréshatárát: az ampermérő belső ellenállása függ a méréshatártól és így befolyásolja a napelemből nyerhető áram erősségét.

Írd le a fényforráson és az A jelű napelemben található sorozatszámot a válaszlapon! Szereld fel a fényforrást az U-alakú tartólemezre (foglatra). (A fényforrásnak szorosan kell illeszkednie a tartóba, ezért a szerelésnél légy türelmes!) Szereld be az A jelű napelemet az egyszeres foglatba, majd helyezd közvetlenül elé a kör alakú nyílást! Ha a napelem fényforrástól mért r távolsága nem túl kicsiny, az I áramerősség r -től való függése közelíthető a következő kifejezéssel:

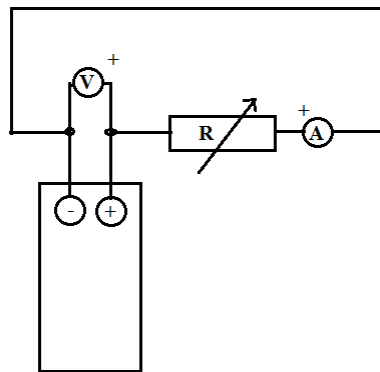
$$I(r) = \frac{I_a}{1 + \frac{r^2}{a^2}}$$

ahol I_a és a konstansok.

2.1a	Mérd meg az I áramot r függvényében és a mérési adataidat foglald táblázatba!	1,0
2.1b	Határozd meg I_a és a értékét alkalmas grafikus módszer segítségével!	1,0

2.2 A napelem karakterisztikája

Távolítsd el a kör alakú nyílást! A 2.2. ábrán látható módon szereld fel a változtatható ellenállást a dobozra! Helyezd a fényforrást a 0 sorszámú rekeszbe, azaz a lehető legtávolabb a változtatható ellenállástól! Helyezd az A jelű napelemet az egyszeres foglalat segítségével a 10-es számú rekeszbe a *kör alakú nyílás nélkül!* Állítsd össze a 2.5. ábrán látható áramkört, amely lehetővé teszi a napelem karakterisztikájának mérését az áramkörben, ami a napelemből, változtatható ellenállásból és ampermérőből áll. (A karakterisztika a napelem U kapocsfeszültségének az I áramerősségtől való függése.)



2.5. ábra. A 2.2. részfeladat karakterisztika-mérésében használt kapcsolás rajza

2.2a	Mérd meg és foglald táblázatba az összetartozó U és I értékeket!	0,6
2.2b	Ábrázold grafikonon a feszültséget az áramerősség függvényében!	0,8

2.3 A napelem elméleti karakterisztikája

Ebben a kísérletben a napelem áramának erősségét a feszültség függvényében a következő egyenlet adja meg:

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

ahol az I_{\max} , I_0 és η paraméterek adott megvilágításnál állandók. A hőmérsékletet vegyük $T = 300$ K-nek! Az e és k_B univerzális állandók pedig az elemi töltés és a Boltzmann-állandó.

2.3a	A 2.2b részfeladat grafikonjának segítségével határozd meg I_{\max} értékét!	0,4
------	--	-----

Feltehetjük, hogy az η paraméter értéke 1 és 4 közé esik. Bizonyos U potenciálkülönbségek esetén a fenti formula a következőképpen közelíthető:

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

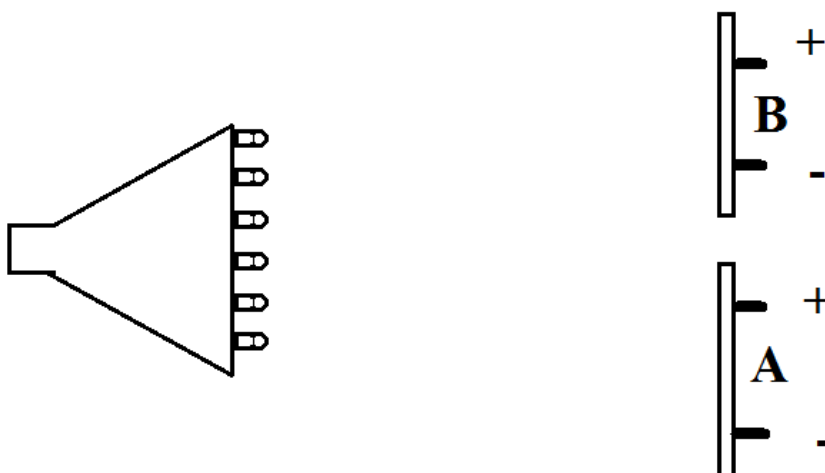
2.3b	Becsüld meg azt az U feszültségtartományt, melyre a fenti formula jó közelítést ad! Határozd meg grafikusán a napelemedre vonatkozó I_0 és η paraméterek értékét!	1,2
------	---	-----

2.4 A napelem maximális teljesítménye

2.4a	Jelölje P_{\max} azt a maximális teljesítményt, amelyet a napelem egy külső fogyasztó számára szolgáltathat. Néhány alkalmas mérés segítségével határozd meg a napelemed esetén P_{\max} értékét! (Felhasználhatod a korábbi 2.2 mérésed eredményeit.)	0,5
2.4b	Becsüld meg az optimális R_{opt} terhelő ellenállást, azaz annak a külső ellenállásnak az értékét, amelyen a napelem a legnagyobb teljesítményt adja le! Eredményedet hibahatárokkal add meg, és módszeredet alkalmas számolásokkal mutasd be!	0,5

2.5 A napelemek összehasonlítása

A dupla foglalat segítségével mindkét napelemet (A-t és B-t) rögzítsd a fekete doboz 15-ös rekeszében, ahogy a 2.6 ábra mutatja.

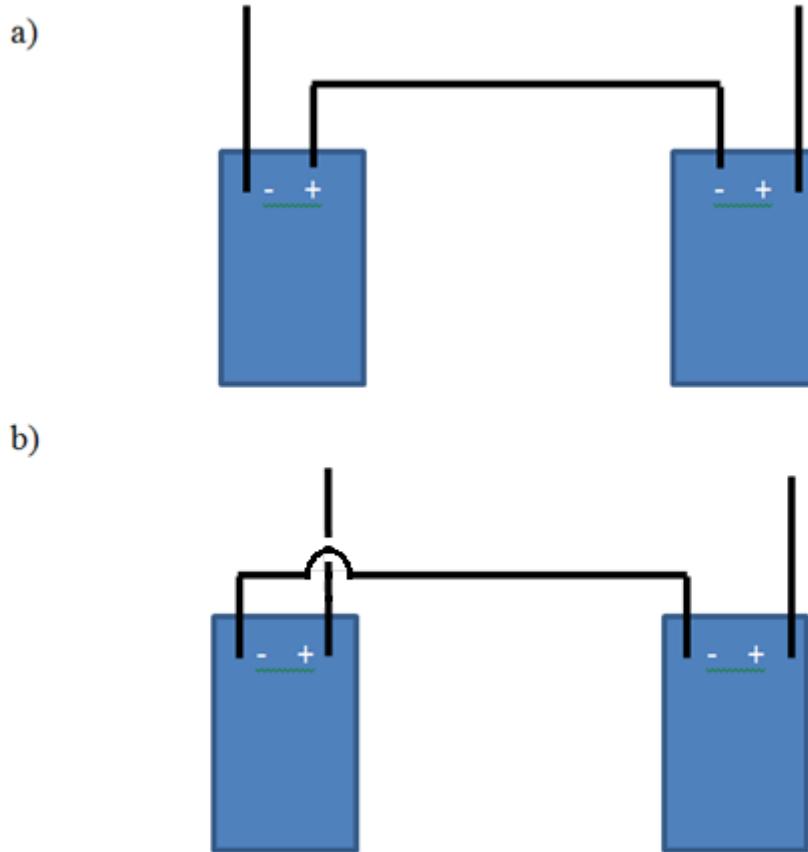


2.6 ábra A fényforrás és a napelemek felülnézetből, a 2.5 kérdéshez.

2.5a	Adott megvilágítás esetén mérd meg: - az A napelemben mérhető legnagyobb U_A potenciálkülönbséget; - az A napelemben mérhető legnagyobb I_A áramerősséget! Ugyanezeket a méréseket végezd el a B napelemben is!	0,5
2.5b	Rajzold le a mérésekben használt kapcsolási rajzokat, melyeken a napelemek és a mérőműszerek bekötése is látható!	0,3

2.6 Összekapcsolt napelemek

A két napelemet kétféle módon lehet sorba kapcsolni, ahogy az a 2.7 ábrán látható. A két napelem párhuzamos kapcsolására is két lehetőség van. (Ezt nem mutatja az ábra.)

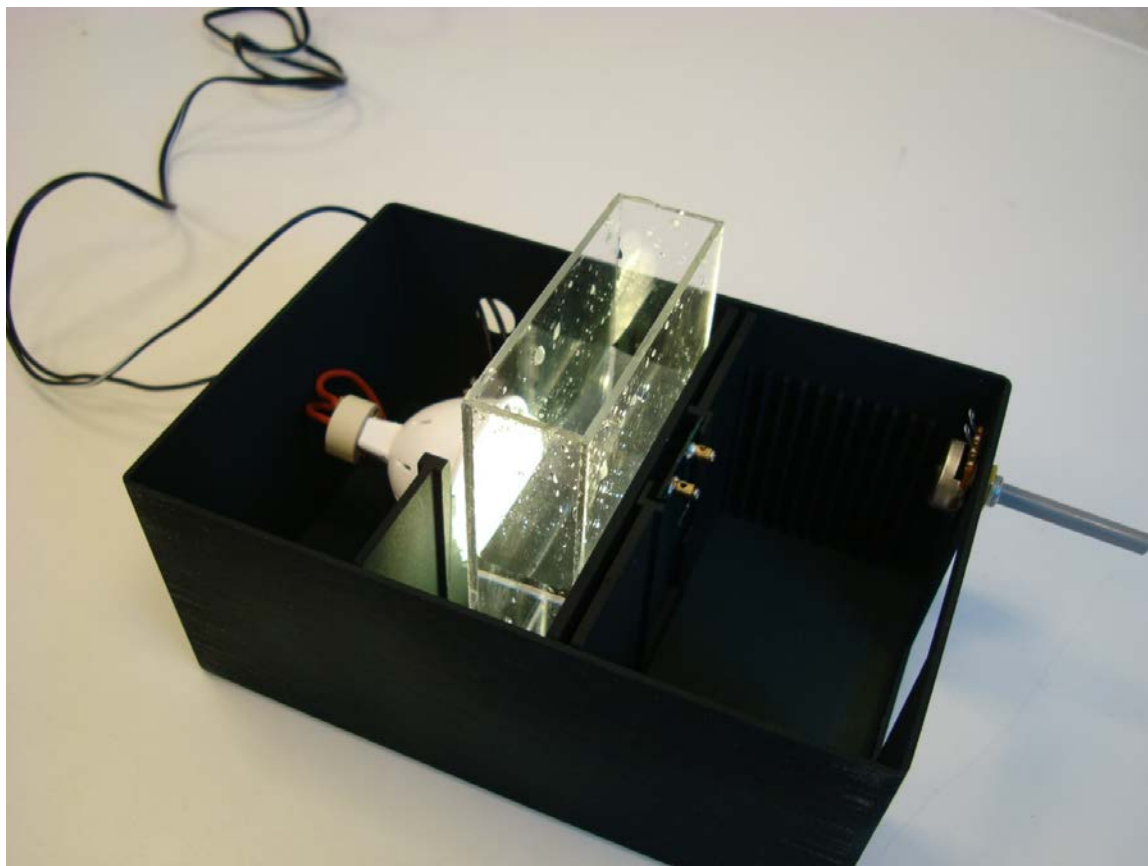


2.7 ábra A két napelem soros kapcsolásának kétféle módja, a 2.6 kérdéshez. A két lehetséges párhuzamos kapcsolás nem látható.

2.6	A (2.1 ábrán J jelű) árnyékoló lemezzel takard le az egyik napelemet, és határozd meg, hogy a négy kapcsolás közül melyikben tudja leadni a rendszer a lehető legnagyobb teljesítményt egy külső ellenálláson! Útmutatás: Minden egyes konfigurációban a maximális teljesítmény jól becsülhető a mért maximális feszültségből és maximális áramerősségből számolva. Rajzold le az elrendezés kapcsolási rajzát!	1,0
-----	---	-----

2.7 A műanyagedény (nagy küvetta) hatása a napelem áramára

Helyezd a fényforrást a dobozba, és tedd az A napelemet az egyszeres foglalat segítségével a fényforrástól körülbelül 50 mm-re! A kör alakú nyílást helyezd közvetlenül a napelem elé! Ezután tedd az üres műanyagedényt közvetlenül a kör alakú nyílás elé, a 2.8 ábrán látható módon!



2.8 ábra A 2.7 kérdéshez használt kísérleti elrendezés.

2.7a	Mérd meg a napelem I áramát, ezúttal a műanyagedényben levő vízszint h magasságának a függvényében! (Lásd: 2.8 ábra!) Mérési eredményeidet foglald táblázatba, és készíts grafikont!	1,0
2.7b	Csak vázlatosan, ábrákkal és szimbólumokkal magyarázd meg, hogy miért úgy néz ki a grafikon, ahogy kinéz!	1,0

Rögzítsd a dobozba a fényforrást és az egyszeres foglalat segítségével az A napelemet úgy, hogy a köztük levő távolság maximális legyen! Tedd a kör alakú nyílást közvetlenül a napelem elé!

2.7c	Ebben az összeállításban a következőket végezd el: - Mérd meg a fényforrás és a napelem közötti r_1 távolságot és az I_1 áramerősséget! - Tedd az üres műanyagedényt közvetlenül a kör alakú nyílás elé, és mérd meg így az I_2 áramerősséget! - Tölts fel csaknem színültig az edényt vízzel, és mérd meg így is az I_3 áramerősséget!	0,6
2.7d	A 2.7c mérés eredményeinek felhasználásával határozd meg a víz n_w törésmutatóját! Ehhez további mérések is szükséged lehet. Módszeredet alkalmas ábrákkal és egyenletekkel magyarázd!	1,6