

A koronavírus szülte pandémia 2020 tavaszán az oktatást a tantermekből a digitális térbe kényszerítette. Tudjuk, és mára szinte közhellyé vált, hogy a digitális oktatás hatékonysága messze elmarad a tanteremtől, ugyanakkor e nem várt új helyzet olyan módszerek kidolgozására kényszerített bennünket, amelyeket érdemes lehet a mindennapi gyakorlatba áttemelni. A digitális oktatásban a hagyományos ismeretátadási és számonkérési formák nem vagy csak kis hatékonysággal használhatók. Belekényszerülve e helyzetbe gondolkodtam el azon, milyen kísérleteket, méréseket, modern pedagógiai kifejezéssel élve, projektfeladatokat tűzhetnék ki a diákok számára, amelyek elvégzésével a kötelező tananyag feldolgozható. Szerencsére az internet világában számtalan jó ötletre bukkanhatunk, köztük e folyóirat korábbi számaiban megjelent kísérleti leírásokra is. Továbbgondolási, ötletindítási szándékkal a következőkben röviden ismertetem az általam kidolgozott és videofelvételen rögzített kísérleteket.

A tanulói mérések elsődleges célja, hogy a diákok megismerjék a jelenségeket és értsék az azokat értelmező fizikai törvényeket. Otthon, önálló projektmunkában elvégzett feladatoknál észszerű kompromisszumot kell kötnünk. Nem a pontosság az elsődleges cél – bár törekedni kell rá –, hanem a feladat elvégzése, így a nagyságrendileg helyes eredmények már elfogadhatók. Értékeléskor nem a számszerűsíthető végeredményeket, hanem a feladat elvégzését, valamint annak során elsajátított ismereteket és kompetenciákat kell figyelembe vennünk.

A konyhai tűzhely melegítési teljesítményének mérése

A közönséges konyhai tűzhely melegítési teljesítményét könnyedén megbecsülhetjük. Ismert $m_{\text{víz}}$ tömegű vagy térfogatú vizet öntünk egy edénybe, megmérjük a víz hőmérsékletét, majd a vizet melegíteni kezdjük, és közben mérjük a víz forrásáig eltelt t időt, a mért adatok, valamint a víz $c_{\text{víz}}$ fajhője és T_2 forráspontjának ismeretében a melegítés P teljesítménye becsülhető [1]:



Bognár Gergely 2006-ban végzett az ELTE TTK fizikatanári szakán, illetve 2008-ban a PPKE BTK filozófia szakán. Jelenleg a győri Révai Mikós Gimnázium és Kollégium fizika-filozófia szakos tanára. Érdeklődési területe a fizika és a filozófia határterületei, és a fizika tanításának módszertana, amelyekkel kapcsolatban több publikációja jelent meg.

$$P = \frac{Q}{t}, \quad (1)$$

ahol

$$Q = c_{\text{víz}} m_{\text{víz}} (T_2 - T_1). \quad (2)$$

Fontos megjegyezni, hogy a mérés során a hasznos melegítési teljesítményt kapjuk meg egy adott lábassal és nem a tűzhely általános teljesítményét. A mérési eredmény ugyanazon tűzhely mellett és különböző körülmények esetén egészen eltérő lehet. A mérés pontosságát javíthatjuk, ha átlátszó fedő alatt végezzük a kísérletet, és ezzel minimalizáljuk a párolgást.

A feladat tetszés szerint tovább fejleszthető. Gáz-tűzhely esetén ugyanezt a gázlángot hosszabb ideig égetve a gázóra segítségével megmérhetjük a tűzhely fogyasztását, természetesen közben ügyelnünk kell arra, hogy más fogyasztók ne legyenek bekapcsolva. A hosszabb fogyasztási időből egyszerű aránnyal kiszámítható a rövidebb ideig tartó forralás közben elhasznált $m_{\text{gáz}}$ gázmennyiség. Ezek után a földgáz L égéshőjének ismeretében akár a melegítés hatásfoka is becsülhető.

$$Q_{\text{égés}} = L m_{\text{gáz}}. \quad (3)$$

Becslés a hatásfokra:

$$\eta = \frac{Q_{\text{melegítés}}}{Q_{\text{égés}}}. \quad (4)$$

Elektromos tűzhely esetén könnyebb dolgunk van, a műszaki leírás tartalmazza a főzőlap teljesítményét, és ennek segítségével a hatásfok már könnyen számítható:

$$\eta = \frac{P_{\text{melegítés}}}{P_{\text{főzőlap}}}. \quad (5)$$

Elektromos vízforraló hatásfokának mérése

Egy vízforraló hatásfokát könnyen megmérhetjük, lényegében az előbb bemutatott mérést ismételtük meg. Ismert mennyiségű és hőmérsékletű vizet töltünk a forralóba, bekapcsoljuk, és közben mérjük az időt, amíg a víz felforr (100 °C-os nem lesz) [2]. (1)-hez hasonlóan:

$$P_{\text{hasznos}} = \frac{Q}{t}. \quad (6)$$

ahol a Q hőmennyiséget a (2)-ben már megadtuk.

A vízfórralón megtalálható a hálózathoz felvett $P_{\text{gyári}}$ teljesítmény, a két teljesítmény aránya – (5) egyenlet analógiájára – megadja a hatásfokot:

$$\eta = \frac{P_{\text{hasznos}}}{P_{\text{gyári}}} \quad (7)$$

Borospohárból készített gyűjtőlencse

A borospoharak – gömbölyű formájuknak köszönhetően – vízzel töltve gyűjtőlencseként funkcionálnak. Természetesen e poharak nem tökéletesen gömb alakúak, ezért a hagyományos lencsékhez képest torz képet hoznak létre. A kép minőségét tovább rontja az üveg vastagsága, hiszen a víz mellett a pohár falában ki- és belépéskor is megtörik a fény. Mindezek ellenére, ha gömbölyded és nem szögletes formájú üvegeket használunk, a vízzel töltött borospoharak kiválóan alkalmasak arra, hogy segítségével a diákok a gyűjtőlencsét közelebből is megismerjék.

Középiskolában, ahol a lencsék f fókusz távolságát megadó összefüggés, az

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (8)$$

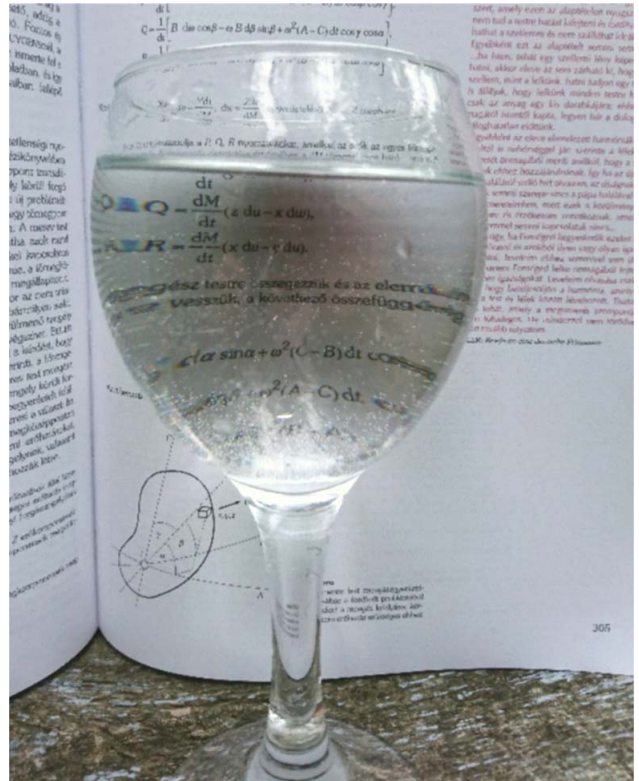
– n a törésmutató, R_1 és R_2 a lencse be- és kilépő oldalának (előjeles) görbületi sugara – a tananyag részét képezi, kitérhetünk arra, hogy a vízzel töltött gömbölyded üvegpohár miért viselkedik gyűjtőlencseként, alsóbb évfolyamokban elegendő a lencse képalkotását megvizsgálni.

Az üvegpohárhoz, mint lencséhez közel helyezett tárgyról egyenes állású nagyított képeket láthatunk, pontosan úgy, mint egy nagyítóként használt gyűjtőlencse esetén (1. ábra). Ha a tárgyat kicsit távolítjuk – a fókusz és a kétszeres fókusz közé helyezzük –, fordított nagyított képet kapunk, míg a kétszeres fókuszon kívüli tárgyról fordított kicsinyített kép jelenik meg. Jól megfigyelhető, hogy a vízzel töltött borospohár gyűjtőlencseként viselkedik [3].

„Diavetítés” borospohárral

A vízzel teli borospohár gyűjtőlencseként alkalmas arra, hogy segítségével képet vetítsünk a falra. A kísérlethez teljes sötétségre van szükség, ezért este sötétedés után, esetleg pincében vagy ablak nélküli szobában érdemes a kísérletet elvégezni. A teljes sötétségre azért van szükség, mert a víz jelentős mennyiségű fényt nyel el, így a keletkezett kép meglehetősen halvány, ráadásul a fent említett okok miatt enyhén torz is. A kísérleti elrendezés a klasszikus diavetítést követi.

Egy égő gyertya és a fehér fal közé helyezzük a vízzel teli borospoharat, majd a gyertya és a fal kö-



1. ábra. Gyűjtőlencse borospohárból.

zött addig mozgassuk, amíg a falon meg nem jelenik a gyertya nagyított, fordított képe! A vízzel töltött pohár fókusz távolsága – erőteljes görbültsége miatt – nagyon kicsi, ezért a poharat a gyertya közelében elhelyezve kell a képet keresnünk. A másik, kicsinyített kép, amely a falhoz közeli pohár esetén jönne létre, sajnos nehezen megfigyelhető a pohár torzító hatása miatt. Fontos, hogy a pohár gömbölyű, vízzel teli része és a gyertya lángja egy magasságban legyen [4].

A kísérlet tovább bővíthető, ha a gyerekek lemérik a k kép (pohár–fal) és a t tárgy (pohár–gyertya) távolságokat, majd az

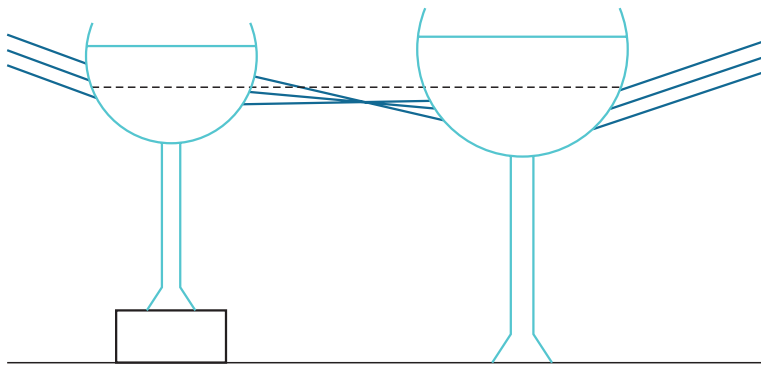
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{k} + \frac{1}{t} \quad (9)$$

leképezési törvény segítségével becslést adnak a pohár f fókusz távolságára:

$$f = \frac{1}{\frac{1}{k} + \frac{1}{t}} \quad (10)$$

Kepler-féle távcső készítése borospoharokból

Ismeretes, hogy két különböző fókusz távolságú gyűjtőlencse segítségével Kepler-féle távcső készíthető. A nagyobb fókusz távolságú lencsét (az objektívet) helyezzük előre, míg a kisebb fókuszút (az okulárt) hátra úgy, hogy a lencsék közötti távolság a két lencse fókusz tá-



2. ábra. Kepler-féle távcső készítése borospoharakkból.

volságának összege legyen (2. ábra). A lencsékbe az okuláron keresztül nézve nagyított fordított állású képet kapunk. Ezt az optikai összeállítást két különböző méretű (fókusz távolságú), vízzel töltött borospohárral is megvalósíthatjuk. A nagyobb fókusz távolságú (nagyobb átmérőjű) poharat tesszük előre, a kisebb fókusz távolságú (kisebb átmérőjű) poharat pedig a szemünk közelébe, ügyelve arra, hogy a poharak azonos magasságban legyenek. A poharakon keresztül egy távoli objektumra tekintve (például kinézve az ablakon) nagyított fordított állású képet láthatunk, pontosan ugyanúgy, mint a Kepler-féle távcsőnél. A kép természetesen nem tökéletes, a széleinél kifejezetten homályos, de a jelenség lényege megfigyelhető [5].

Ha hagyományos gyűjtőlencsék is a gyerekek rendelkezésére állnak (például: nagyítók, olvasószemüvegből kiszertelt lencsék stb.), akkor azokból is ké-

3. ábra. A kanál, mint domború tükör.



szíthetnek Kepler-féle távcsövet, és a keletkezett képet összehasonlíthatják a poharakból készült összeállítással.

Mikroszkóp borospoharakkól

Két különböző méretű, vízzel töltött borospohárból mikroszkópmodellt is készíthetünk. Lényegében a Kepler-féle távcsőmodellünket kell megfordítanunk, azaz a tárgyhoz közeli lencse legyen a kisebb fókuszú, és a két „lencsét”, poharat kicsit messzebb helyezni egymástól, majd a tárgyak és a poharak helyzetét addig változtatjuk, míg fordított állású, nagyított képet nem kapunk. Tárgyként apróbetűs papírlapot célszerű használni, mert a fordított, nagyított képünk a tökéletlen lencsék miatt torz lesz, de a betűk még eltorzulva is könnyen felismerhetők. Az iménti kísérlethez hasonlóan, ha a gyerekeknek gyűjtőlencsék is a rendelkezésükre állnak, akkor azokkal is megvalósíthatják a modellt, esetleg az egyik poharat gyűjtőlencsére cserélhetik.

A kanál, mint domború és homorú tükör

Az egyszerű kanál domború és homorú tükörként is használható. Fontos, hogy gömbcikkelyhez hasonló és ne különleges formájú kanalat válasszunk, valamint a felszínük fényes és tükröző legyen.

A kanál domború felét szemünk elé fordítva – a távolságtól függetlenül – kicsinyített egyenes állású képet látunk benne, pontosan úgy, mint a domború tükörnél (3. ábra). Ha megfordítjuk a kanalat és ujjunkat a kanál előtt mozgatjuk, a homorú tükörre jellemző képalkotást figyelhetjük meg. Közvetlenül a kanál közelében egyenes állású képet láthatunk. Ujjunkat kicsit távolítva – a fókuszpont környékén – ujjunk „képe” teljesen betölti a kanalat, ezt követően a kép megfordul. A kétszeres fókuszig nagyított fordított képet láthatunk, utána kicsinyített és fordítottat [6]. A kanál természetesen nem tökéletes gömbcikkely, ezért a benne látható kép torz, érdemes azt is megfigyelni, hogy a függőlegesen és vízszintesen tartott kanál másképpen torzítja a képet. Ügyes és érdeklődő diákok akár meg is magyarázhatják az iménti jelenséget.

Hivatkozott videók

1. Tűzhely hatásfokának mérése: https://www.youtube.com/watch?v=-Ajn4WPS_68
2. Vízfóraló hatásfokának mérése: <https://www.youtube.com/watch?v=c805vive1Qc>
3. Borospohárból készített gyűjtőlencse: <https://www.youtube.com/watch?v=y03ofLzAn9U&t=15s>
4. Diavetítés borospohárral: <https://www.youtube.com/watch?v=QR0ZQqohB28&t=56s>
5. Kepler-féle távcső poharakkól: <https://www.youtube.com/watch?v=886MQfaHnZU>
6. Kanál, mint domború és homorú tükör: <https://www.youtube.com/watch?v=QLDjSZNHGQk>