



és természetesen Genf legnevezetesebb látványosságát, a szökőkutat sem hagytuk ki, ami másodpercenként 500 liter vizet lövell a magasba. A Genfi-tó partján láthattuk *Rousseau és Erzsébet* királyné, Sissi szobrát. A királynő egy hajókirándulásra igyekezvén itt esett merénylet áldozatául.

Utolsó nap – rengeteg elfoglaltsága ellenére – látogatásával megtisztelte a csoportot *Rolf-Dieter Heuer* professzor úr, a CERN főigazgatója, aki szívesen és készségesen válaszolt kérdéseinkre.

A hazautazás során útba ejtettük a Mont Blanc-t, Európa legmagasabb hegycsúcsát. Verőfényes napsütés, magas hőmérséklet (és magas UV) fogadott bennünket, még a 3842 méter magas Aiguille du Midi tetején sem volt szükség kabátra. Fantasztikus kabinos túrát tettünk a 3462 méter magas, már olasz oldalon lévő Point Hellbronner tetejére, a gleccser felett, és még Chamonix nyüzsgő utcáscskáin is sétálhattunk egyet.

## FIZIKA A JÁNOS-HEGYEN

### Vetélkedő gimnazistáknak

Az utóbbi időben egyre gyakrabban hallunk arról a súlyos problémáról, hogy a természettudományok, elsősorban a fizika és a kémia, teljesen elvesztették népszerűségüket a diákok körében. Nehéznek, életidegennek, feleslegesnek tartják. Sok tanárkolléga dolgozik e helyzet változtatásán és szerencsére egyre több sikeres kezdeményezésről hallunk. Itthon és külföldön egyre többen próbálkoznak azzal, hogy a fizika egyes részeit alkalmanként az osztálytermen kívül, az iskolaudvaron, parkban, játszótéren vagy akár a természetben tanítsák. Saját tapasztalatom is azt mutatja, hogy csupán a rutintól, a megszokott formáktól való eltérés, az osztályterem falai közül való kimozdulás már érdekesebbé, izgalmasabbá teszi a fizika tantárgyat. Ha a kísérletezés, mérés és a hozzájuk kapcsolt problémamegoldás a gyakorlati élethez köthető, akkor az rögtön értelmet nyer. Ilyen céllal szervezetünk egy

Az út véget ért. Jelenleg úgy érzem magam, mint egy detektor. Egy héten keresztül tömény, hatalmas mennyiségű adat zúdult rám, most pedig itt az ideje a rendszerezésnek és a kiértékelésnek. Mit és milyen formában tudok diákjaim és érdeklődő kollégáim számára is érthető információt átadni ebből a hatalmas adathalmazból? Ez lesz a következő feladat.

### Köszönetnyilvánítás

Befejezésül köszönettel tartozunk az utazás és a program megszervezéséért Jarosievitz Beátának és Sükösd Csabának, CERN-i vendéglátóinknak, és természetesen az út szponzorainak: Jövőnk Nukleáris Energetikusáért Alapítvány, MTA Wigner Kutatóközpont, Ericsson Hungary, Eötvös Loránd Fizikai Társulat, CERN és DACHS Computing & Biosciences Hungary.

Gallai Ditta  
BME Két Tanítási Nyelvű Gimnáziuma

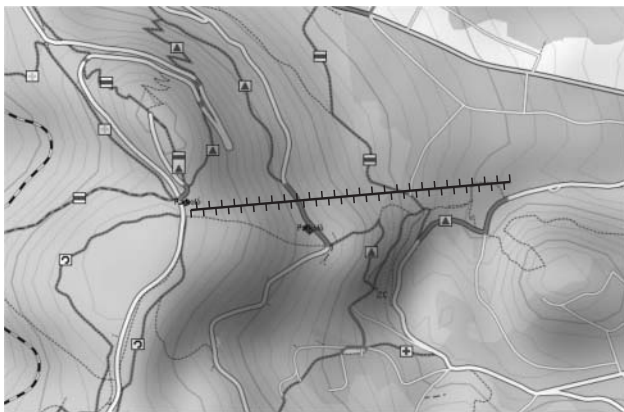
félnapos fizikavetélkedőt iskolánkban, a BME Két Tanítási Nyelvű Gimnáziumában. Az iskola egyes osztályaiból alakult négy fős csapatoknak a János-hegyi Libegőn és környékén kellett egyszerű eszközökkel és némi ötletességgel kísérleti feladatokat, méréseket, elemi számításokat elvégezniük. A fogadtatás abszolút pozitív volt. Nagy örömmre szolgált látni azt a lelkesedést, ahogy a diákok nekikezdték egy-egy új feladat megoldásának. Az egész délután érdemi munkával, ugyanakkor remek hangulatban telt. Még azok a tanulók is örömmel vettek részt a programban és próbáltak hozzájárulni csapatuk sikeréhez, akik az osztályteremben kevés érdeklődést mutatnak.

Az alábbiakban e vetélkedő feladatait ismertetem azzal a kifejezett céllal, hogy a cikket olvasók kedvet (esetleg ötleteket) kapjanak hasonló programok szervezéséhez.

Előkészítésként a diákoknak csak a kirándulást, versenyt, közös kísérletezést, a „jó bulit” hangsúlyoztuk, a konkrét feladatokat nem ismerték. A program önkéntes részvétel alapján (és némi jutalom ígéretével) a napi tanítás után, délután kettőkor indult a Libegő zugligeti állomásától és alkonyodott, mire ugyanide visszaérkeztünk.

## Térképismeret, távolságbecslés

Helyszín: a Libegő zugligeti állomása. Feladat: a szintvonalakat is feltüntető térkép (a szintvonalak 10 m szintkülönbséget jelölnek), valamint a szextánssal elvégzett mérés alapján becsüljétek meg a libegő hosszát! Jelöljétek be a térképen az északi irányt és adjátok meg a térkép léptékét! (Munkaidő 10 perc.)

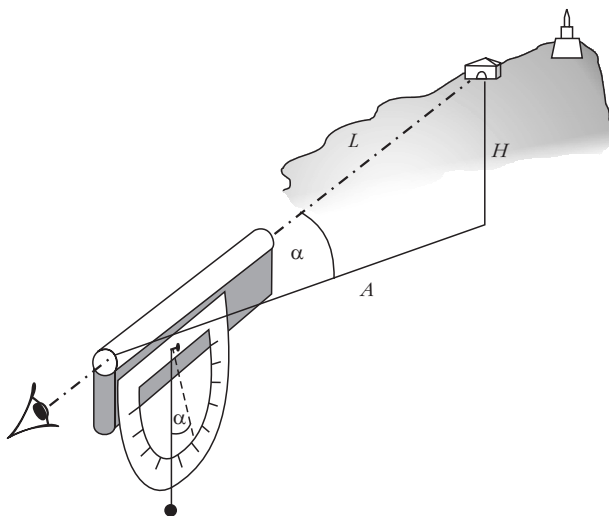


A térkép a szintvonalakkal. A Libegőt külön kiemeltük.

A feladat megoldásához a helyszínen minden csapat a túra helyszínét mutató turistatérképet, tájolót valamint egy háziilagosan készített, egyszerű szextánst kapott.

Megoldás: a lift egyenes nyomvonala a térképen 25 szintvonalat metsz, a szintkülönbség tehát a térkép alapján 250 m-nél több,  $H \approx 260$  m (a hivatalos érték 262 m).

A házi készítésű szextáns.



A szextánssal az *ábra* szerint mérhető a felső állomás  $\alpha$  látószöge ( $\alpha \approx 15^\circ$ ), így a berajzolt derékszögű háromszög alapjának és átfogójának hossza egyaránt meghatározható.

Az átfogó jó közelítéssel adja a pálya hosszát:

$$L \approx \frac{H}{\sin \alpha} = 1012 \text{ m.}$$

(A valódi hossz a drótkötél lógása miatt ennél több: 1040 m).

A háromszög alsó befogója a pálya térképre rajzolt vízszintes vetületét jelenti

$$A \approx \frac{H}{\tan \alpha} = 978 \text{ m,}$$

ami a térkép léptékeként is használható.

A térképek szokásos tájolása É-D irányú, de a kiosztott térképrészlet esetén ez nem így volt. A valós É-D irányt a tájoló segítségével lehetett meghatározni és berajzolni a térképre.

## „Libegő-fizika”

Helyszín: a lift (hogyan az utazás hosszú 12 perce se teljen tétlenül). Feladat: legalább két módszerrel határozzátok meg az ülőlift sebességét, valamint szállítási kapacitását! Számítással becsüljétek meg a hajtómotor maximális hasznos teljesítményét! Utazás közben figyeljétek meg, hogy a székeket szállító drótkötél a pályát tartó oszlopok csigakerekre hol alulról, hol felülről fekszik fel. Magyarázzátok meg, mitől függ a drótkötél vezetése! Munkaidő: indulás előtt 5 perc felkészülés, az utazás teljes időtartama, a kiszállás után 10 perc a befejezésre.

Megoldás:

### Sebességmérés

A mozgó lift sebességének meghatározására több módszer is kínálkozik:

I. Az 1. feladatból ismert a pálya hossza. A teljes menetidőt ( $T = 12$  perc) megmérve, az átlagsebesség egyszerűen számolható:

$$v = \frac{L}{T} = \frac{1040}{12 \cdot 60} \approx 1,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

II. Megméri két szék távolságát ( $d \approx 20$  m) és azt az időtartamot, ami a szembe jövő kötél két egymást követő szék elhaladása közt eltelik ( $\tau \approx 7,8$  s). Ezekből az adatokból a szembe menő székek relatív sebessége – ami a haladási sebesség kétszerese – számolható. Tehát a kérdéses sebesség:

$$v = \frac{d}{2\tau} = \frac{20}{2 \cdot 7,8} = 1,28 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(Két mozgó szék távolságának megmérése nem triviális. Történhet például a következőképpen: a csapat tagjai két egymást követő széken utaznak és menet közben egy zsineget feszítenek ki a két szék között. A zsineget csomóval megjelölik a két szék távolságát, majd a liftből kiszállva megméri a kérdéses hosszát.)

III. Az indító állomáson megméri, mennyi idő telik el két egymás utáni szék elhaladása között ( $t = 15,4$  s). Ha ismert a két szék távolsága, akkor a sebesség könnyen számítható:  $v = 1,29$  m/s.

(A különböző módszerrel meghatározott sebességértékek eltérése mérési hibából adódik.)

#### A lift kapacitása

A drótkötélpálya teljes hossza  $2L \approx 2080$  m, ezen 20 méterenként vannak rögzítve a székek, tehát összesen 104 szék. A 12 percnyi menetidő alatt 52 szék, azaz 104 ember juthat fel a völgyből a hegyre. Ez óránként 520 embert jelent.

#### A lift hasznos teljesítménye

Tegyük fel, hogy hegymenetben a kihasználtság 100%, azaz minden székben két ember ül. A felső állomáson átlagosan  $t = 16$  másodpercenként kiszáll két utas, miközben az alsó állomáson beszáll két másik. A lift így 16 másodpercenként juttat fel két embert a  $H = 262$  m magas hegyre. Az ezzel járó emelési munka, ha egy embert 75 kg tömegűnek tekintünk:

$$W = m g H \approx 2 \cdot 75 \cdot 10 \cdot 262 = 393 \text{ kJ.}$$

A lift hasznos teljesítménye:

$$P = \frac{W}{t} \approx 24,6 \text{ kW.}$$

## Tíz perces adatgyűjtés a Libegőről és az Erzsébet-kilátóról

Helyszín: a Libegő felső állomása. Feladat: szerezzetek minél több információt a Libegőről és a kilátóról (a műszaki adatokra koncentrálva), majd írjatok rövid összefoglalót a témáról! (A feladat megoldásához bármilyen segédeszköz megengedett, munkaidő 10 perc.)

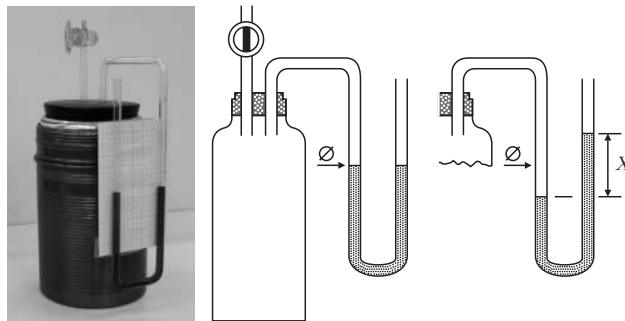
A feladatnak nincs közvetlen kapcsolata a fizikával. Azért került be a feladatok közé, hogy ezáltal is bővítsük az iskola külföldi diákjainak országismeretét. A feladat a diákok helyzetfelismerő képességét, leleményességét és kommunikációs képességét teszi próbára.

## A liftállomás és a János-hegyi Erzsébet-kilátó szintkülönbségének meghatározása a barometrikus nyomáscsökkenést mérő házi készítésű eszközzel

Helyszín: a lift felső állomásától a kilátótoronyig.

Bevezetésként megmutattuk a magunkkal hozott egyszerű barométert, ismertettük működését és a mérés alapelvét. Ezután – minthogy csak egyetlen mérőeszköz állt rendelkezésre – közös mérés következett.

A liftállomáson a termoszon lévő csap elzárásával indítottuk a mérést és az eszközzel felgyalogoltunk a János-hegy csúcsán lévő kilátóhoz. A magasság növekedtével a légköri nyomás csökken, a palackban lévő



Az egyszerű termoszos barométer.

nyomás azonban változatlan, ezért a termoszal közlekedő manométerágban a vízszint lassan süllyed, míg a nyitott ágban emelkedik. A közös mérés végeredménye szerint a folyadékszintek különbsége a hegytetőn 95 mm volt.

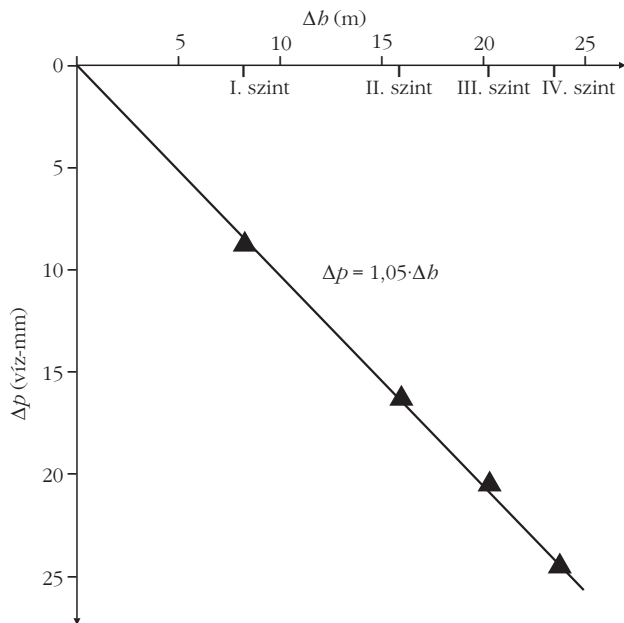
Az Erzsébet-kilátónál következett a feladat második része: a nyomásmérő kalibrálása, kihasználva, hogy a torony szintjeinek magassága ismert.

Az Erzsébet-kilátó aljában a csap kinyitásával nulláztuk az eszközt, majd a csapot elzárva elindultunk a kilátótoronyba. A torony 4 különböző szintjén leolvastuk a vízszintkülönbséget és feljegyeztük a szintek magasságát, amit a toronyban lévő egyik információs tábla megadott. Ezután következett a csapatfeladat.

Feladat: a rendelkezésre álló négyzethálós lapon készítsétek el a vízszintkülönbség–magasságkülönbség kalibrációs grafikont! Feltételezve, hogy a légnyomás magasságfüggését a liftállomás és a kilátó közt a kalibrációs grafikonnak megfelelő függvény írja le, határozzátok meg a liftállomás és a hegytető szintkülönbségét! (Munkaidő a kalibráló mérés és grafikon elkészítésére 15 perc.)

Az Erzsébet-kilátó. A barométer kalibrációjához használt négy szint kökerítései könnyen észrevehetőek.





Az Erzsébet-kilátón felvett kalibrációs grafikon.

Megoldás: az Erzsébet-kilátó földszintjén nullázott barométerrel a négy ismert magasságú szinten elvégzett nyomásmérés vízszintkülönbségét a *táblázat*, illetve az ennek alapján elkészített kalibrációs grafikon mutatja. Mérésünk szerint a kalibrációs grafikon egyenes. Feltételezve, hogy a függvény képe a Libegő-állomás és a kilátó közti nagyobb szintkülönbség esetén sem változik, a kalibrációs grafikon meredeksége alapján kiszámítható a mért  $x$  vízszintkülönbséghez tartozó magasságkülönbség. (A tényleges szintkülönbség 96 m.)

	I. szint	II. szint	III. szint	IV. szint
$\Delta b$ (m)	8,15	15,96	20,15	23,5
$\Delta p$ (mm)	8,5	16,5	20,8	24,8

Megjegyzés: a légnyomás magasságfüggése csak kis magasságkülönbségek esetén adódik lineárisnak. Nagy magasságkülönbségek esetén a közismerten exponenciális barometrikus magasságfüggvényt kapnánk. Az általunk mért egyenes az exponenciális függvény meredekségét jelzi az János-hegy magasságában.

A légnyomás magasságfüggésének kérdéskörére a fizikaórán érdemes visszatérni, hiszen a verseny szűkre szabott időkerete nem teszi lehetővé a részletesebb magyarázatot.

## Csoki a toronyban (számítási feladat)

Helyszín: az Erzsébet-kilátó előtti terasz. Feladat: számoljatok utána, hogy megéri-e csapatotoknak felmászni az Erzsébet-kilátó tetejébe egy Sportszeletét! (A csokipapíron fel van tüntetve a Sportszelet energiaértéke. Fontos tudni, hogy az emberi szervezet a táplálékkal bevitt energiának csak csekély hányadát, körülbelül 5%-át tudja hasznos munkavégzésre fordítani. Munkaidő 10 perc.)

Megoldás: 3 Sportszelet energiaértéke 1780 kJ. Ez az érték az emberi szervezet hatásfokát figyelembe véve  $1780 \cdot 0,05 = 89$  kJ emelési munkavégzést fedez. A kilátótorony  $h = 23,5$  m magasságát számításba véve, ez  $89000:235 = 378$  kg tömeg felemelését jelenti. A csapatnak akkor éri meg felmászni a toronyba, ha a csapatot alkotó diákok összesített testtömege nem haladja meg ezt az értéket.

## Mérleghinta

Helyszín: a közelben található erdei gyerekjátszótér. Feladat: a játszótéri mérleghinta és mérőszalag segítségével határozzátok meg (lehetőleg minél pontosabban) fizikatanárotok súlyát! Becsüljétek meg a mérés hibáját! (A tanár passzívan részt vesz a mérésben, azaz némán követi az utasításokat. Munkaidő 15 perc.)

Megoldás: a mérés lényege a hinta kiegyensúlyozása. Ez sokféle módon történhet (Például az egyik oldalra felül a tanár, a másikra egy vagy két diák, akiknek súlya ismert.) Ezután a hintán ülő személyek tengelytől mért távolságát kell mérőszalaggal lemérni, és a forgatónyomatékokkal számolni.

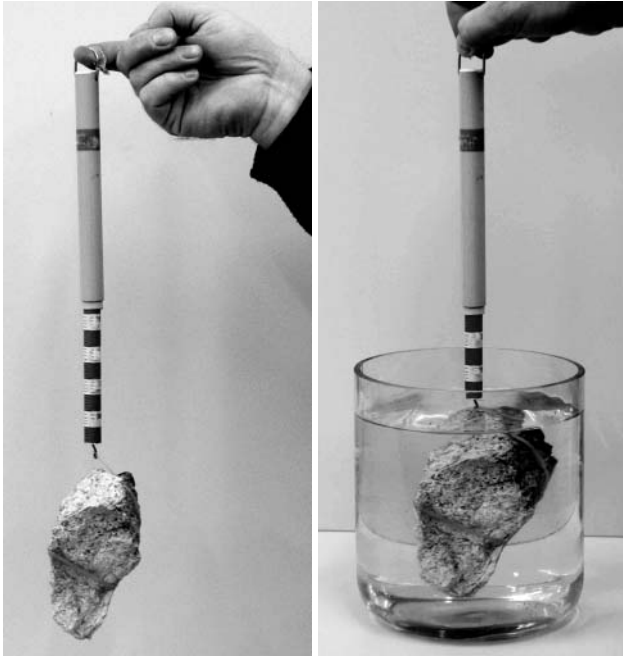
A mérés hibáját a távolságmérés hibája és a tengelysúrlódás hatása adja. A mérleghintán helyet foglaló személy – mivel tenyérnyi felületen ül – súlyerejének támadáspontja csak körülbelül 10 cm-es pontossággal becsülhető. A mért eredményt szintén befolyásolja, hogy a személyek mennyire dőlnek előre/hátra a hintán. A tengelysúrlódás hatása jó esetben (precíz csapágyazás) nem jelentős. Mindezt figyelembe véve a tanár testtömege 10-15% pontossággal volt meghatározható.

## Miből van a Tündér-szikla?

Helyszín: a János-hegyről Zugligetbe vezető turistaút mellett található Tündér-szikla. Feladat: a rendelkezésre álló rugós erőmérő és egy vízzel töltött játékvödör segítségével végezzetek méréseket és határozzátok meg a Tündér-szikla anyagának vízhez viszonyított relatív sűrűségét! (A méréshez a szikla aljában található kisebb kőzetdarabokat használjátok, amelyek korábban letöredtek a tömbről! A víz sűrűsége  $1 \text{ g/cm}^3$ , a kődarab dinamóméterre történő felerősítéséhez vékony drót áll rendelkezésre.)

kőzet	sűrűség ( $\text{g/cm}^3$ )
andezit	2,8–3,2
bazalt	2,5–2,8
dolomit	2,1–2,5
édesvízi mészkő	1,4–2,3

A kapott eredményt a fenti *táblázat* kőzeteinek sűrűségadataival összehasonlítva állapítsátok meg milyen kőzet a Tündér-szikla anyaga! (Munkaidő 15 perc.)



Kő súlyának és térfogatának mérése rugós erőmérő és vizes edény segítségével.

Megoldás: a kiválasztott követ a rugós erőmérőre akasztjuk és leolvassuk a rugó megnyúlását ( $X_1$ ). Ezután a rugóra akasztott követ a vizes edénybe merítjük, úgy hogy a víz ellepje a követ, és ismét leolvassuk a rugó megnyúlását ( $X_2$ ). A mért megnyúlások segítségével a kő sűrűsége meghatározható.

Az első mérés szerint:

$$DX_1 = \rho_{k\ddot{o}} Vg,$$

ahol  $D$  a rugóállandó,  $V$  a kő térfogata,  $\rho_{k\ddot{o}}$  a sűrűsége. A második mérés szerint:

$$DX_2 = \rho_{k\ddot{o}} Vg - \rho_{v\ddot{i}z} Vg = (\rho_{k\ddot{o}} - \rho_{v\ddot{i}z}) Vg.$$

A két egyenlet alapján a kő sűrűsége meghatározható:

$$\rho_{k\ddot{o}} = \frac{X_1}{X_1 - X_2} \rho_{v\ddot{i}z}.$$

A kőzet sűrűsége  $2,4 \text{ kg/dm}^3$ , anyaga a Budai-hegységre jellemző *dolomit*.

## Vizes rakéta

Helyszín: a Libegő alsó állomásánál lévő parkoló.

A vetélkedő utolsó, és egyben leglátványosabb kísérlete, műanyag üdítő palackból készített rakéta kilövése volt. A csapatok elsődleges feladata a (két-szer megismételt) kísérlet megfigyelése volt, ezután kapták meg az elméleti kérdéseket, amelyekre rövid írásbeli válaszokat kellett adni.

A kísérlet: rakétaként 2 literes, vastag falú üdítő PET-palack szolgált. A műanyagpalack 6-7 atmoszféra túlnyomást is elvisel, tömege viszont csupán  $m = 40 \text{ g}$ .

Az üres palackba nagyjából 0,5 liter vizet öntöttünk, majd erősen ledugaszoltuk. A dugóba egy körülbelül 25 cm hosszú fémcső illeszkedett és a cső kiálló végére nyomásálló, 2 m hosszú locsolócső csatlakozott. A locsolócső másik végét kerékpárszelep zárta le. A dugón átvezetett cső a palack szájával lefelé fordított helyzetében a vízszint fölé nyúlt be.

Az így előkészített rakétát szájával lefelé fordítva a masszív „kilövőállványba” helyeztük, majd egy vállalkozó szellemű diák autópumpával levegőt pumpált a palackba. A pumpán lévő nyomásmérő mutatta miként nő a palackban a levegő nyomása. A szoros dugó körülbelül 5,3 bar túlnyomásig kitartott, majd ott engedett. A bezárt levegő nyomása kilökte a dugót és a palackban lévő vizet, aminek következtében a palack a magasba emelkedett.

Feladatok:

1. Milyen fizikai törvény használható fel a rakétakísérlet értelmezésére? Magyarázzátok meg a palack levegőbe emelkedését!

2. A rakétánk vízzel és levegővel működik.

a) Működne-e a rakéta víz nélkül, csak a bepumpált levegővel? Miért?

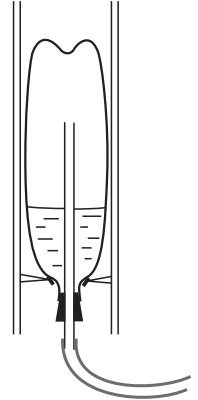
b) Működne-e a rakéta, ha majdnem teletöltenénk vízzel és úgy pumpálnánk bele levegőt? Miért?

3. A rakéta pályáját illusztráló rajzon három helyzetet jelöltünk meg (a maximális emelkedési magasságot, illetve a maximális emelkedési magasság felét a pálya felszálló és leszálló ágán). Rajzoljátok be a rakétára ható erőket (vektorokat) mindhárom pontban!

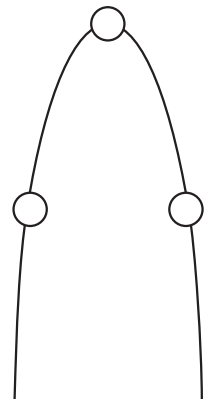
4. Mitől függ a palack emelkedési magassága?

5. Tegyük fel, hogy a maximális emelkedési magasság 20 m volt. A rakétának legalább mekkora kezdősebességgel kellett indulnia? Ehhez képest vajon mekkora sebességgel ért földet? Miért?

Munkaidő 15 perc.

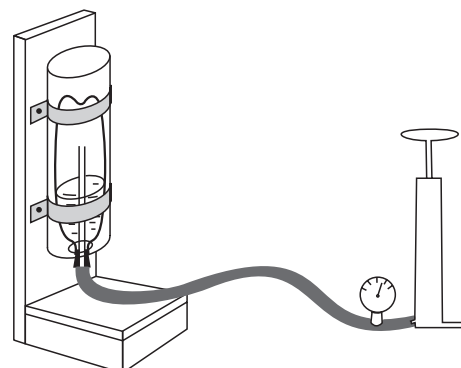


A vizes rakéta.



A rakéta pályája.

A rakéta a kilövőálláson.



Megoldás:

1. A rakétakísérlet az impulzus-megmaradás törvényével értelmezhető. Az impulzus-megmaradás tétele szerint, ha a nagy tömegű víz lefelé lökődik, akkor a lényegesen könnyebb palacknak nagy sebességgel fel kell repülnie.

2. a) Működne, de alig emelkedne fel. A palack emeléséhez szükséges a kiáramló víz tömege.

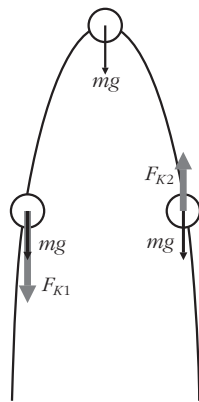
b) Nem. Túl nagy lenne a kezdeti össztömeg, illetve túl kicsi a bezárt levegő mennyisége ahhoz, hogy a vizet kellő sebességgel kinyomja a palackból.

3. Lásd az *ábrát!*  $F_{K1}$  és  $F_{K2}$  a sebességtől négyzetesen függő közelegellenállási erő.

4. A palack emelkedési magasságát a teljes vízmennyiség kilökődésekor értendő kezdősebesség, az üres palack tömege és a légellenállás hatása szabja meg. A kezdősebesség a palackba töltött víz és levegő mennyiségi arányától és a bepumpált levegő maximális nyomásától függ. A maximális nyomást a palackot lezáró dugó sűrűlény szabja meg.

5. Ha a légellenállástól eltekintünk, akkor 20 m-es emelkedéshez

$$v_0 = \sqrt{2hg} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



A pálya az erőkkal.

kezdősebesség kellene. A légellenállás miatt azonban ennél jóval nagyobb kezdősebesség szükséges. Mivel felfelé menetben a lassulás abszolút értéke nagyobb (mind a gravitáció, mind a légellenállás lassítja), mint lefelé jövet a gyorsulás (a gravitáció gyorsítja, de a légellenállás ellene dolgozik), ezért földet éréskor kisebb a sebesség, mint kilövéskor.

*Megjegyzés:* a vizesrakéta-kísérletet érdemes videóra venni. A felvétel segítségével (utólag az iskolában) méréseket is végezhetünk. A videót kockánként vetítve (a felvételi sebesség ismeretében) mérhető a víz kiömlési ideje, az emelkedés és a visszaesés időtartama, becsülhető a rakéta emelkedési magassága (ezt a parallaxishiba nehezíti). Az idő és az egymást követő kockákon mérhető elmozdulásból meghatározható a rakéta maximális sebessége is.

#### Irodalom

1. Öveges J.: *Kísérletezzünk és gondolkozzunk*. Móra Kiadó, 2011.
2. Budó Á.: *Kísérleti fizika*. Tankönyvkiadó, 1970.
3. *Fizikatanítás tartalmasan és érdekesen*. ELTE, Fizika Doktori Iskola, 2010.
4. <http://www.ikispal.hu/fizikustabor.htm>
5. <http://tlc.howstuffworks.com/family/fun-physics-activities-for-kids.htm>
6. <http://www.northwestu.edu/photo/#/outdoor-physics-experiment>
7. <http://www.iopblog.org/outdoor-physics-grounds-learning-conference>
8. [http://www.outlab.ie/forums/documents/the\\_outdoor\\_physics\\_project\\_as\\_curriculum\\_development\\_for\\_students\\_oleg\\_popov\\_532.pdf](http://www.outlab.ie/forums/documents/the_outdoor_physics_project_as_curriculum_development_for_students_oleg_popov_532.pdf)
9. [http://www.science-on-stage.de/media/materialien/pos\\_gesamt/Apell\\_outdoor\\_physics\\_full\\_text.pdf](http://www.science-on-stage.de/media/materialien/pos_gesamt/Apell_outdoor_physics_full_text.pdf)

## EGY TOVÁBBFEJLESZTETT HULLÁMKÁD

Piláth Károly  
ELTE Trefort Ágoston Gyakorlóiskola

A győri Fizikatanári Ankéton mutattam be egy olyan hullámkádat, amelyben egy hagyományos hullámkádat házasítottam össze a modern multimédiás lehetőségekkel. Az alábbi cikkben számolnék be a berendezés elkészítésének részleteiről és felhasználásának lehetőségeiről.

Tanítási gyakorlatomban azt tapasztaltam, hogy a tanulók nagyon szeretik, és általában meg is értik a hagyományos hullámkádakkal bemutatott kísérleteket, de a vetített képek láthatósága egy egész osztály számára általában már nem megfelelő. Azt gondoltam, hogy ezen könnyen segíthetek, ha a vetítőernyő képét egy webkamera és egy projektor segítségével nagy méretben kivetítem. Az ötlet azonban nem váltotta be a hozzá fűzött reményeim, ezért terveztem egy olyan hullámkádat, amely házilagosan is könnyen elkészíthető és a fizikaórákon is kényelmesebben használható, mint egy hagyományos hullámkád. Külön előnye, hogy e házilagos eszköz előállítási költsége csak töredéke a profi berendezések árának.

A kád egy víztiszta műanyagból készült, A4-es méretű lapok tárolására használható irattartó tálca. A berendezés váza egy téglalap alapú műanyag felmosóvödör, amelynek olyan a mérete, hogy az irattartó lefedje a tetejét. A vetítőernyő egy, a vödör aljára helyezett A4 méretű fehér írógéppapír. A berendezés vázlatos rajza az *1. ábrán* látható.

Az átvilágítást egy 220 V, 5 W teljesítményű LED-es spotlámpával oldottam meg (*2. ábra*). A hullámkelétről a számítógéphez csatlakoztatható hangszórókból kivezetett levegő nyomáshullámai gondoskodnak. A hangszórókat egy hanggenerátor-program segítségével vezéreljük. A kivetítés a felmosóvödörbe szerelt, a vetítőernyőt néző webkamera segítségével történik. Így stroboszkópra sincs szükség, mert a webkamera mintavételezésének a hanggenerátorhoz történő szinkronizálásával mindig a megfelelő pillanatban készíthető felvétel. Külön előny, hogy a webkamera képe egy erre a célra írt programmal tovább elemezhető, így az interferenciahelyek intenzitáseloszlása is megrajzolható.