

A KRÁTERKÉPZŐDÉS TANULMÁNYOZÁSA

STUDYING CRATER FORMATION

Pető Mária

Református Kollégium Sepsiszentgyörgy, Románia

ÖSSZEFOGLALÁS

Hogyan keletkeznek a becsapódási kráterek a Földön, a Marson vagy a Holdon? Milyen feltételek határozzák meg a kráter mélységét és formáját?

A projekt témája a kráterképződés tanulmányozása különböző összetételű és szerkezetű anyagok esetén, különböző becsapódási feltételek mellett. A feladatnak része a kísérlet elméleti megalapozása, a mérés megtervezése, a mérések elvégzése, az adatfeldolgozás illetve a következtetések megfogalmazása.

A projektek bemutatása az osztályban vagy diákköri konferencián, a szabadban történik.

ABSTRACT

How can we explain the birth of craters on the Moon, Earth or Mars? What are the conditions that determine the depth and the shape of the crater? These are some of the questions that students try to answer while completing their task.

The topic is developed during the completing of a project work. Students study crater formation in case of materials with different structure and composition and different conditions during collision and impact. Establishing the theory, planning the measuring and the actual measuring, as well as processing the results and drawing conclusions are all part of the task.

The projects are presented in the classroom or outdoor, on Students' Conference.

KULCSSZAVAK/KEYWORDS

kráter, becsapódás, projekt

crater, impact, project

BEVEZETÉS

A középiskolás fizika tananyag önmagában nem elég vonzó a diákok számára, a sok elmélet és számolást igénylő feladat megoldása nem tartozik a kedvenc elfoglaltságok közé. Mivel Romániában egyetemi felvételre nem szükséges a fizika (vagy csak nagyon ritka esetben), érettségi vizsgára is egyre kevesebben választják, tehát egyre kevesebben tanulják ezt a tárgyat. Éppen ezért az évek során próbáltam olyan feladatokat, kísérleteket kidolgozni és javasolni a diákjaimnak, amelyek segítségével az érdeklődésük felébreszthető a természettudományok iránt és szívesen kezdik el figyelni a környezetükben végbemenő fizikai jelenségeket, és kezdik el keresni a magyarázatokat mindennapi kérdésekre.

A IX-es mechanika tananyagának része a mozgások (szabadesés, hajítások), a mechanikai munka, az energia és az impulzus törvényeinek a tanulmányozása. Ezeknek a megértését, rögzítését és összegzését megkönnyítendő kapják a diákok a fenti projekt jellegű feladatot. A II. félév kezdetén a bevezető órákon szoktunk beszélni azokról a „nagy kérdésekről”, amelyek megválaszolhatók, legalábbis részben, a mechanika törvényeinek a segítségével. Ilyenkor kerül sor a földrajzból már ismert földrengésekkel, égitestek mozgásával, ár-ápany jelenségekkel, meteorit becsapódásokkal, stb. kapcsolatos kérdések megfogalmazására vagy magyarázatok keresésére. Például:

- Hogyan keletkeznek a becsapódási kráterek a föld felszínén, a Marson vagy a Holdon?
- Milyen feltételek határozzák meg a kráter mélységét és formáját?
- Lehet-e vagy hogyan lehet modellezni a kráterképződést?
- Hogyan írható le a fizika törvényeinek a segítségével folyamat?

Ilyen és ehhez hasonló kérdésekre próbálnak felelni a tanulók a projekt elkészítése során.

A projekt előkészítésére az osztályban egy teljes órát szánunk és közösen beszéljük meg, hogy miként lehet körüljárni az adott témát. Hogyan kell megfogalmazni a kérdéseket, hol lehet támpontokat keresni a jelenségek elméleti leírásához, mit kell mérni és ahhoz milyen eszközök szükségesek, miként kell mérni és hogyan kell az adatokat rögzíteni, hogyan lehet összegezni a megfigyeléseket, észrevéteket, hogyan kell megfogalmazni a következtetéseket és ezt miként kell bemutatni. A munkacsoportok (4 diák van egy csoportban) megalakítása a diákokra van bízva, egy hét áll a rendelkezésükre, hogy kialakítsák a csapatokat és a csoporton belül leosszák a feladatokat egymás között. A projekt tulajdonképpen március 1-én indul és április végéig (esetleg május közepéig, a vakációtól függően) kell elkészülni a munkával. Ez idő alatt folyamatosan konzultálunk és az órai tananyag megfelelő részeit, a tanult törvények gyakorlati alkalmazásait külön is megbeszéljük. A projektet májusban mutatják be a csoportok az osztályban és/vagy diákköri konferencián. Minden csoport maga választja meg, hogy milyen formában dolgozza fel a témát és mutatja be az eredményeit. Ez lehet tudományos dolgozat, poszter, kiállítás, „műalkotás”, számítógépes szimuláció, stb.

A bemutatott anyag kell tartalmazza az alábbiakat:

Alap követelmények:

1. A feladat megfogalmazása.
2. A mérés elméleti alapjai (milyen fizika törvények írják le a vizsgált jelenségeket, folyamatokat, hogyan kell alkalmazni ezeket a törvényeket a folyamat leírásában) és a kísérleti módszer kidolgozása.
3. A mérés leírása, adatgyűjtés, adatfeldolgozás.
4. A kísérlet megfigyelései, következtetései, értékelése.
5. A projekt összegzése.

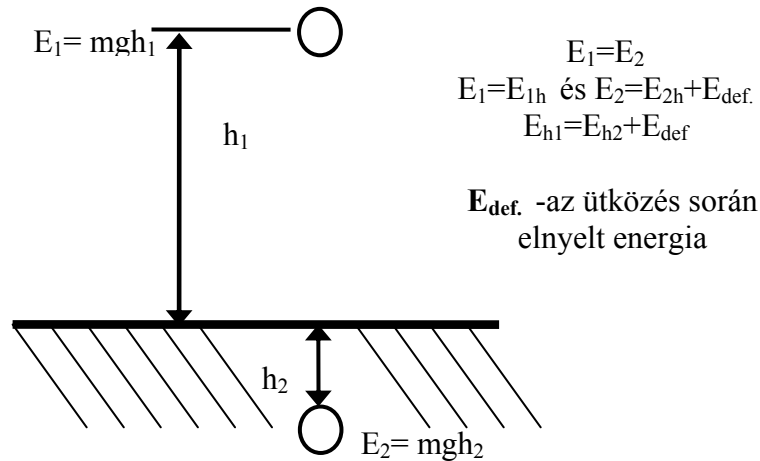
A témán belül emelt szintű követelménynek számít a kráterek modellezése és a becsapódási folyamat számítógépes szimulációjának az elkészítése.

A KÍSÉRLET ELMÉLETI ALAPJAI

Az órán tanult anyagból az alábbiakat lehet használni a mérés elméleti alapjainak a kidolgozásához:

- Szabadesés és ferdehajítás.
- Energia- és impulzusváltózási törvények, munkavégzés, energia- és impulzusmegmaradás.
- Ütközések.

Az m -tömegű test szabadon esik h_1 magasságból. A test mozgására alkalmazzuk az energia-megmaradás törvényét, mert a rendszer zárt, nincs veszteség.



1. ábra Szabadesés

$E_1 \rightarrow$ a golyó kezdeti, gravitációs energiája

$E_2 \rightarrow$ az ütközés pillanata előtti energia

Ha a golyó becsapódik a közet felszínébe, akkor az ütközés utáni energiát munkavégzésre, alakváltozásra használja.

Mivel a sebesség vízszintes irányú vetülete nem változik az ütközés során, ezért csak a függőleges irányú vetületet tanulmányozzuk.

Ha mérhető az ütközés időtartama t , akkor az ütközés során a golyó által a földre (homok) felületére gyakorolt közepes kölcsönhatási erő az impulzusváltozás törvénye alapján:

$$F_k = \frac{\Delta p}{t} \text{ vagy } F_k = \frac{(mv_2 - mv_1)}{t} \quad (1)$$

Ennek a függőleges irányú vetülete:

$$F_y = \frac{(2mv_y)}{t} = \frac{2mv \cos \alpha}{t} \quad (2)$$

ahol α - a becsapódási szög. Ha a golyó esésvonala függőleges, akkor $v_y = v$.

Mivel a sebesség vízszintes irányú vetülete (v_t) nem változik az ütközés során, ezért csak a függőleges irányú vetületet (v_y) tanulmányozzuk.

$$F_y \cdot t = 2mv \cos \alpha \quad (3)$$

Ez, az ütközési alatti erőlkést határozza meg, amely véges értékű a folyamat során. Tehát a test és a talaj közötti ütközés leírásakor feltételezhetjük, hogy:

- Az ütközési erők mellett a többi erő hatása elhanyagolható.
- Az ütközés ideje alatt a testek mozdulatlanoknak tekinthetők.
- Az ütközési erők munkáját a mozgásienergia veszteség határozza meg.

A valódi ütközések esetén mindig van (mozgási) energiaveszteség, amely elsősorban alakváltozási hő formájában használódik el/szabadul fel:

Ha az ütközési folyamatra felírjuk a rendszer mozgási energiáit (E_m) ütközés előtt és után, akkor azt kapjuk, hogy:

$$E_{m1kezdeti} + E_{m2kezdeti} = E_{m1végső} + E_{m2végső} + \Delta E_{def} \quad (3)$$

Ha $E_{m2kezdeti} = 0$ (nyugalomban van), akkor

$$E_{m1kezdeti} = E_{m1végső} + E_{m2végső} + \Delta E_{def} \quad (4)$$

Ez alapján lehet vizsgálni az ütközés utáni mozgási energiákat, illetve azt hogy miként alakul át az ütközési energia hővé, és a súrlódási mechanikai munka miként fékezi le a golyót ($\Delta E_{mgolyó} = L$) és hogyan lesz ebből alakváltozási energia.

Annak jellemzésére, hogy az ütközés milyen mértékben tekinthető rugalmatlannak vagy rugalmasnak, használjuk az ütközési együtthatót (másképp Newton-ütközési együttható). Mivel a tervezett mérés során az ütközés nem lesz ideális, az ütközési állandó meghatározó szerepet kap az energiaveszteség meghatározásában. A k értéke határozza meg az energiaveszteséget és a kráter átmérőjét.

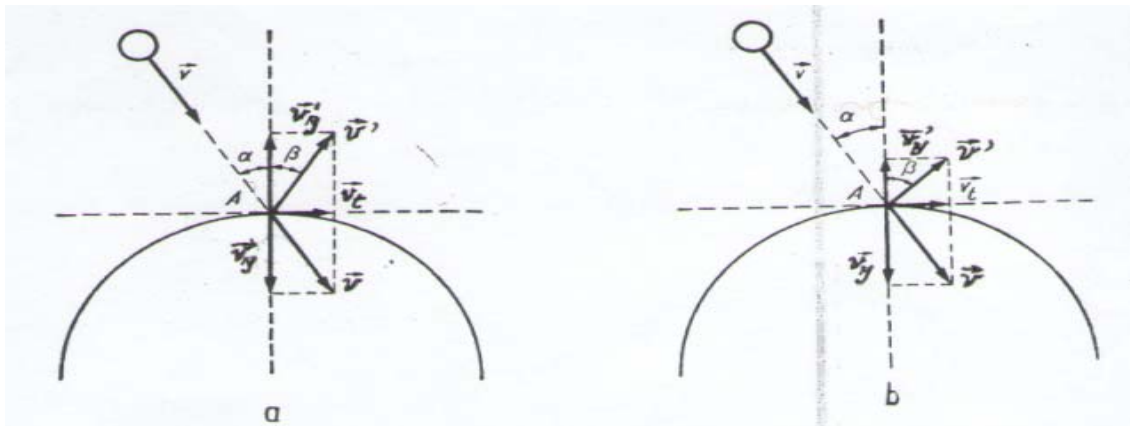
$$k = - \frac{(v'_{1y} - v'_{2y})}{(v_{1y} - v_{2y})} \quad (5)$$

Ez az állandó minden valódi ütközés esetén $0 < |k| < 1$. A mérésünk esetén: $v_2 = 0$

Ahol: v_y - az ütközés előtti sebesség felületre merőleges (függőleges) összetevője.

v'_y - az ütközés utáni sebesség felületre merőleges (függőleges) összetevője

Ferde irányú ütközés esetén:



2. ábra a). rugalmas ferde ütközés

b). rugalmatlan ferde ütközés

Rugalmas ütközés esetén $\alpha = \beta$, rugalmatlan ütközés esetén pedig: $\beta > \alpha$.

Ha az ütközés, az m -tömegű test és talaj között, tökéletesen függőleges irányú sebességgel történik akkor, $v_y = v$ és $\alpha = \beta = 0$.

A KÍSÉRLET LEÍRÁSA

A meteorit krátereket az űrből érkező kőzettörmelék darabok hozzák létre, amelyek az atmoszférán keresztül nagy sebességgel csapódnak a földfelszínbe. A nagy súrlódás

következtében a meteoritok tömegük nagy részét elvesztik, de még egy ököl nagyságú meteorit is nagy rombolást tud véghezvinni.

A kráterek kialakulásának tanulmányozásához minden csoport szabadeséssel és ferde hajítással létrehozott becsapódást kellett megfigyeljen és mérjen. A méréseket legalább 3 különböző magasságból szabadon eső golyóval vagy labdával lehetett végezni. A magasságokat a diákok határozzák meg a választott golyó és a becsapódási anyag függvényében.

A ferde irányú becsapódás esetén külön feladat a becsapódási szög meghatározása illetve az ütközés előtti sebességé. Ajánlott becsapódási szögek $\alpha = (30^\circ - 60^\circ)$.

Minden esetben a keletkezett kráter lefényképezése, a mélység és az átmérő meghatározása kötelező feladat volt a diákok számára. A kráter térfogatának a mérésére többféle módszert használhattak, ezt a csoport választotta ki. A legpontosabb mérési eredményt nyilván akkor sikerült elérni, ha a kráterről lenyomat készült vagy sikerült úgy mérni, hogy közben ne sérüljön meg a kráter fala vagy ne omoljon be.

Szemelvények a Blényesi Balázs, Erdélyi Örs (IX. A- 1. csoport) dolgozatából:

„Kísérleti eszközök:

- 3 különböző tömegű, de azonos térfogatú labda illetve golyó. A háromféle labda nehézségi sorrendben: fehér (üreges műanyag, tömege 2,8 g), piros (tömör műanyag, tömege 6,85 g), üveggolyó (üveg, tömege 19,6 g). Mivel a mérés nagyon tetszett többféle golyóval, labdával dolgoztunk, de a mérési adatokat az előbbi három esetben dolgoztuk fel.
- Különbféle szerkezetű és szemcsézettségű homok, liszt, homok és agyagos föld keveréke. Azért szükséges többféle anyag használata, mert általános érvényességű következtetéseket csak nagyszámú mérés és sokféle anyags minta esetén lehet megfogalmazni.
- Mérőeszközök: kronométer, mérőszalag, tolómérce, vonalzó, mérőhenger, mérleg.



3. ábra. A golyók és a mérőeszközök

A mérés:

a). Három különböző magasságból (1, 1,5 és 2 m) szabadon eső golyók különböző anyagokba.

b). Két különböző, tetszőlegesen választott α - szög alatti ferde becsapódás mindhárom anyagba. Az általunk használt két mérési szög a $45^\circ (\pm 5^\circ)$ és a $25^\circ (\pm 5^\circ)$ volt. Mind a 3 labdával elvégeztük a kísérletet mind a kétféle homokos, köves talajon. Egy külön állványt készítettünk erre a célra.”



4. ábra Kísérleti állvány, Blényesi Balázs, Erdélyi Örs IX. A

A krátertérfigatok mérésére két különböző módszert használtunk az amúgy is sok hibalehetőség lecsökkentésére. Az általunk használt két mérésfajta a viaszos és a pillanatragasztós mérés. Először megolvasztottuk a viaszt és óvatosan belecseppentettük a kráterbe. Aztán, később rájöttünk, hogy ez a módszer nem feltétlenül a legpontosabb, mivel a viasz viszonylag nagy súlya miatt deformálhatja a krátert.

A második módszerrel pontosan fel tudtuk használni a keletkezett kráter lenyomatát. A kráter felszínére pillanatragasztót cseppentettünk, azt az anyag felszívta és a kráter mentén pontosan összeragadt. Ennek megmértük a szélességét és a mélységét.

A durva, tömör összetételű homok esetén nem volt megfigyelhető eredménye a becsapódásnak, mivel a golyók túl könnyűek voltak, nem hagytak maguk után megfigyelhető nyomot, csak elgurultak a felszínen, így mérést sem tudtunk végezni

Mérési adatok:

A golyók által létrehozott kráterek átmérői és mélységei finom szemcsészetű homokban.

1. táblázat Kráter átmérők, Blényesi Balázs, Erdélyi Örs, IX. A

d (mm)	Piros	Fehér	Üveg
100 cm	25,72	27,9	30,16
150 cm	21,38	22,68	26,88
200 cm	28,3	29,78	31,58

2. táblázat Kráter mélységek, Blényesi Balázs, Erdélyi Örs, IX. A

h (cm)	Piros	Fehér	Üveg
100	4,32	6,82	7,16
150	3,02	4,82	5,48
200	9,52	10,02	11,38

Egy másik csoport (Papp Csengele, Vargyasi Brigitta és Mátyás Ágota, IX. G) sokféle és különleges anyagot használt a becsapódás tanulmányozására: cukor, fűrészpor, vízzel vegyített könnyű állagú gipszpor, homok és agyag.

A gipsszel könnyen lehetett modellezni a keletkezett krátereket és a méréseket nagyon pontosan el tudták végezni a lágy gipszformákba csapódó vasgolyókkal. Ezeket pedig összehasonlították a Holdtérképeken található ismert kráterekkel.



5. ábra A mi krátereink, Mátyás Ágota, Papp Csengele, Vargyasi Brigitta IX.G

A MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

- A kráter térfogata, mérete a labdák és golyók tömegétől, súlyától függően változott. A becsapódó test méretéből adódó különbség nagyon szembeűnő volt minden típusú becsapódási felület és anyag esetén.
- A kisebb esési magasságnál ($h \leq 1\text{m}$) a kráter alakja nagyon hasonlított egy kúpéhoz, a nagyobb magasságoknál ($h \geq 2\text{m}$) a kráter egyre jobban elterebélyesedett, egyre nagyobb lett az átmérője és a mélysége egyre kevésbé mutat arányosságot az esési, becsapódási magassággal.
- A kísérlet során a többféle becsapódási felület szerepét betöltő anyagban minden esetben különböző formájú kráterek jönnek létre, azonos esési magasságnál és becsapódási szögnél. A gipsz és a ragasztós kráterminták segítségével lehet, tanulmányozni a földrajzból ismert felszíni krátereket illetve a modelljeinket össze lehet azokkal hasonlítani.
- A mérési adatok és az elmélet alapján kiszámolt krátermélység és szélesség összehasonlítása illetve a megfelelő adatok egyezése - a mérési hibahatáron belül igazolják a felhasznált törvények érvényességét, megmutatják azok „működését” a gyakorlatban.

ÖSSZEFOGLALÁS

A leírt projekt elkészítését nagyon szeretik a diákok és minden alkalommal jobbnál – jobb ötleteik vannak az eredmények bemutatására vagy a mérések kivitelezésére vonatkozóan. Nagyon sikeres a módszer amiatt is, hogy nem csak a fizika tananyagot mélyíti el, hanem segít a földrajz, anyagtudományok megértésében is, valamint nagyon jól felhasználható csillagászati asztrofizikai témák bevezetésére és tanítására a XI-XII. osztályokban. A csoportmunka és a projekt elkészítése újfajta jártasságokat, készségeket alakít ki a diákokban, új munkamódszereket sajátítanak el, megtanulnak pontosan dolgozni, mérni, megtapasztalják a felfedezés, és az egyéni kutatómunkával szerzett tudás örömét.

IRODALOMJEGYZÉK

1. L.Panaiotu, L. Georgescu, M. Rusu, D. Borsan: Fizika, Kísérleti tankönyv, Pedagogia kiadó, Bukarest, 1980.
2. Gh. Cristea, I.Ardelean: Elwemente fundamentale de fizica, Dacia kiadó, Kolozsvár, 1980.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Blényesi Balázs, Erdélyi Örs, IX. A és Mátyás Ágota, Papp Csengele, Vargyasi Brigitta, IX. G osztályos tanulóknak a cikkben felhasznált képekért, mérési adatokért, ötletekért.

SZERZŐ

Pető Mária, fizikatanár, Református Kollégium Sepsiszentgyörgy,
rkollegium@yahoo.com, rkollegium@gmail.com