

GULLIVER MATCHBOXAI – TÖRÉSTESZTEK VALÓSÁGOS ÉS JÁTÉKAUTÓKON

– Szakköri diákkísérlet

Stonawski Tamás
Báthori István Református Gimnázium
és Kollégium, Nagyecsed

A gyerekszobában a valóság kicsinyített modelljeit fedezhetjük fel: a mackó, a babaszoba, a kisautó, a kisvasút mind a valóságtól eltérő, apró méretűek. Amikor a gyermek egy játékautóval játszik, óriásnak érzi magát, akár Gulliver a mesebeli Liliputban, és könnyedén emelgeti játékautóit. Vajon, ha tényleg ilyen nagyra nőnénk, és valóságos autókkal játszanánk, akkor a valódi autók a játék során hasonlóan viselkednének-e, mint a modell-társaik (1. ábra)? Vajon könnyebbnek éreznénk-e a felemelt valódi gépkocsikat, mint a modell-autókat, és esetleg össze is tudnánk azokat roppantani?

Hogy a feltett kérdésekre válaszolhassunk, kiválasztottunk egy Volvo C70 típusú modellautót, és kikerestük a Volvo katalógusából (2. ábra) a gépkocsi gyári adatait. A játékautó szélességét, hosszúságát és lemezvastagságát tolmérővel, a tömegét digitális mérleggel (3. ábra) mértük meg (1. táblázat).

A lemezvastagságon kívül a geometriai arányok rendre megegyeztek: 1:43, ami elterjedt arány a kisautók körében. Ezt az arányt a gyártó is feltüntette az „alvázon” (4. ábra). Ettől az aránytól a visszapillantó tükör felfogatásánál tértek el a könnyebb önthetőség érdekében.

Az autók oldallemezeinek vastagságára vonatkozó arány viszont jóval eltér a 43-tól, 1-nél kisebb értéket vesz fel. Ha kiszámoljuk a $\lambda = 43$ -ra vonatkozó lemezvastagságot a kiskocsi esetére, akkor 0,02 mm-t kapunk, ami egy háztartási alufólia vastagságának felel meg. Tehát az óriásoknak nagyon óvatosan kellene emelgetni a személyautóinkat! Egy gyermek körülbe-

1. ábra. Ha óriások lennénk, vajon a valódi autók játék során hasonlóan viselkednének-e, mint a modell-társaik? [1].



1. táblázat

A valódi és a modellautó főbb adatainak összehasonlítása

	hosszúság (mm)	szélesség (mm)	lemez- vastagság (mm)	saját tömeg (g)
Volvo C70 gyári adatai	4580	1820	1	1651000
játékautó adatai	106,4	42,3	1,3	63
hasonlóság aránya (λ)	43	43	0,8	29,7 ³

lül 1–6 N erővel szorítja meg a kiskocsit, ami az óriás esetében λ^3 -szörös lenne: 79 507–477 042 N, ami megfelel annak, mintha egy tank menne keresztül a járművön (10. ábra).

Természetesen érthető, hogy a játékgyárak a használati igénybevételek miatt a geometriai arányoktól eltérő, jóval nagyobb lemezvastagságot választják.

2. ábra. Az a) ábrán egy valódi autó fényképe, a b) ábrán egy azonos gyártmányú modellautó fényképe látható.





3. ábra. A játékautó szélességét, hosszúságát és lemeztvastagságát tolómérővel, a tömegét digitális mérleggel mértük meg.

A megnövekedett lemeztvastagság is magyarázza a tömegek arányának λ^3 -tól való eltérését:

$$\lambda^3 = 43^3 > 29,7^3 = \frac{m_{\text{valódi}}}{m_{\text{játék}}}$$

A kiskocsi tömegét pusztán a geometriai arányok figyelembevételével 20,8 grammra várjuk, ami harmada a mért értéknek.

Ütközések és töréskeresztek

A valóságos autók ütközéseit rengeteg körülmény befolyásolja: a fékezés, a kerekek és a talaj közötti súrlódási együttható különbözősége (ami a gépjármű forgását, pörgését okozhatja), az ütközési sebesség, az autó gyártmánya, tömege, műszaki állapota, de az sem mellékes, hogy mivel ütközik.

Az autógyártás első évtizedeiben az autóiipar vezetői



4. ábra. Az 1/43 arányt a gyártó is feltüntette az „alvázon”.

nem nagyon figyeltek fel a rengeteg halálos áldozatot is követelő közúti balesetekre. Az 1950-es években került sor az első töréskeresztre, amit a magyar származású *Barényi Béla* (1907–1997) végzett el. Az ő nevéhez fűződik a nem deformálódó utastér, a nyugalmi állapotban rejtett ablaktörlő és a biztonsági kormányoszlop feltalálása, de a gyűrődési zóna megfelelő kialakítása is [2].

A valóságos autók ütközése nem kizárólagosan rugalmatlan vagy rugalmas, az ütközési folyamatokban mindkét típusú ütközést felfedezhetjük.

A személygépkocsik lemeztvastagsága sem azonos, a karosszéria kiemelt helyein vastagabb és merevítőkkal van ellátva. A kiskocsi lemeztvastagsága sem egyenletes, az öntési eljárásnak megfelelően helyfüggő lehet.

Az összehasonlítható autók anyagai is különbözőek: a valódi autó hengerelt, mélyhúzott acéllemez-ből készül, míg a vizsgált játékautó anyaga spiáteröntvény (más néven zamak), cink-alumínium ötvözet, így azonos jellegű erőhatásokra akár teljesen eltérően reagálhatnak.

A valóságos és a modellautó ütközéseinek összehasonlítása céljából töréskeresztekre végeztünk a kiskocsikon (5. ábra), majd összehasonlítottuk a valódi autók töréskeresztjével.

A 6. ábrán egy személyautó 64,4 km/h-val történő frontális ütközését láthatjuk [3]. Ezt a sebességet az állandó nagyságú nehézségi erő által létrehozott gyorsítással is elérhetjük abban az esetben, ha 16,2 méter magasságból vastag betonra ejtjük az autót (egy képzeletbeli speciális ejtőcsőben, hogy forgás nélkül es-

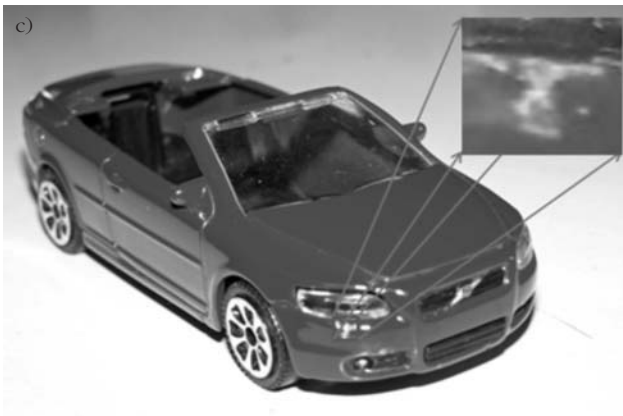
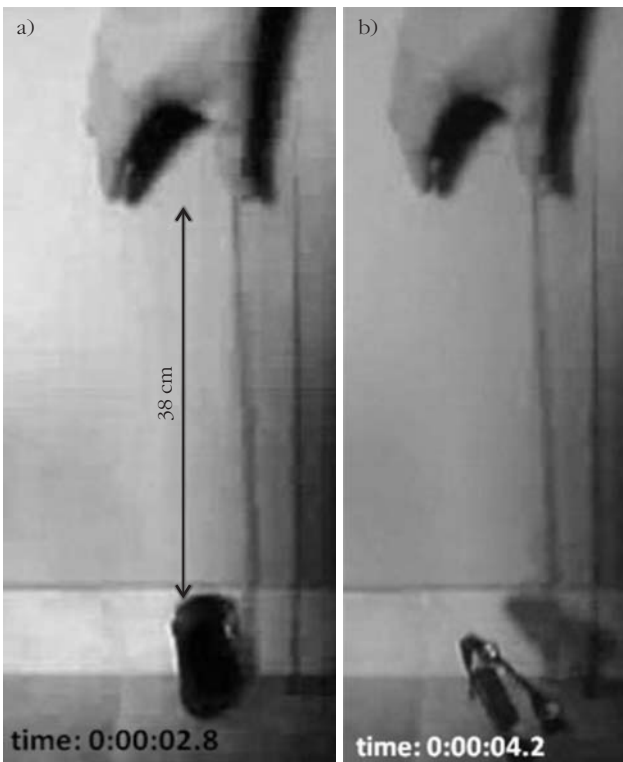
5. ábra. Valóságos és játékautók kísérleti ütköztetése.





6. *ábra.* Frontális ütközés 64,4 km/h-val. A felvételen látható a karosszéria első részének deformációja, de ugyanakkor a rugalmas visszalökődés is.

7. *ábra.* Az ejtési kísérletet egy szobában végeztük el, ahol kerámia-járólapra ejtettük a kiskocsit a vonalzóval előre bejelölt 38 centiméteres magasságból. a) *ábra:* pillanatkép a földet érés pillanatában. b) *ábra:* az ütközés után a kiskocsi majdnem 2 másodpercig pörgött a levegőben. c) *ábra:* a kísérlet után az öntvényanyagban deformációt nem tapasztaltunk, csak a jobb első lámpa alatt sérült meg a festékréteg.



sen, frontálisan ütközzön és a visszapattanás után ne végezzen tranzienst mozgásokat):

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow h = \frac{v^2}{2g} = \frac{\left(\frac{18 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot \frac{20 \text{ m}}{\text{s}^2}} = 16,2 \text{ m} = s'$$

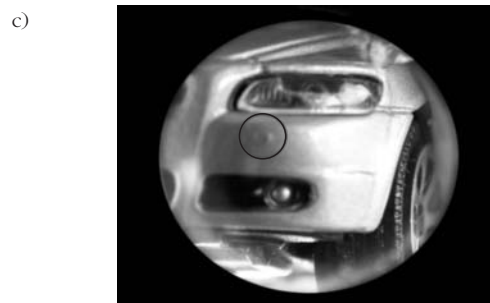
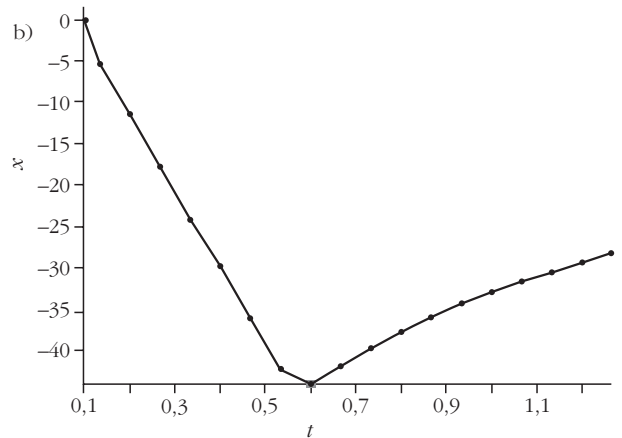
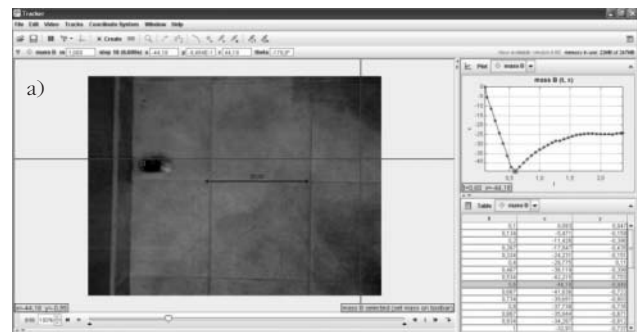
Ha a kiskocsival is szeretnénk hasonló ütközési kísérleteket végezni, az ejtési magasság:

$$s = \frac{s'}{\lambda} = \frac{16,2 \text{ m}}{43} = 0,38 \text{ m} = 38 \text{ cm}.$$

Ejtési kísérletek 38 cm magasságból

Az ejtési kísérletet egy szobában végeztük el, ahol kerámia-járólapra ejtettük a kiskocsit, a vonalzóval előre bejelölt 38 centiméteres magasságból. A kísérle-

8. *ábra.* a) *ábra:* a mozgás elemzése a video-analizáló programmal. b) *ábra:* a szoftver segítségével meg tudtuk határozni a kiskocsi sebességét az ütközés pillanatában. c) *ábra:* deformációt nem tapasztaltunk, csak a festékréteg sérült meg a bal alsó lámpa alatt.





9. ábra. PzKpfw IV közepes harckocsi [5].

tet egy 120 frame/s időbeli felbontású kamerával vet-tük fel. Az ütközés után az autó többször megpördült, és majdnem annyi időt töltött a levegőben, mint a zuhanáskor. A kísérlet után az öntvényanyagban de-formációt nem tapasztaltunk, csak a jobb első lámpa alatt sérült meg a festékréteg (7. ábra).

Ütközési kísérletek vízszintes talajon

A töréstesztet vízszintes mozgásnál is elvégeztük. Nagy sebességgel nekilöktük a kiskocsit a kerámia-lapnak, amiről videofelvételt is készítettünk, majd a mozgást kielemeztük egy ingyenes video-analizáló programmal [4]. A szoftver segítségével meg tudtuk határozni a kiskocsi sebességét az ütközés pillanatá-ban. Ez a sebesség 75 cm/s volt, ami a valóságos autónál 116,1 km/h-nak felel meg. Ismét megvizsgál-tuk a kiskocsit, méreteiben nem változott, deformá-ciót nem tapasztaltunk, csak a festékréteg sérült meg a bal alsó lámpa alatt (8. ábra).

Konklúziók

Ahogy a kísérletek is mutatták, a játékautók nem roncsolódnak össze még nagyobb sebességű ütkö-zések során sem. A valódi autók pedig már kisebb sebességű ütközések esetén is hajlamosak a defor-mációkra.

Bár a vizsgált kiskocsi és a valóságos autó mozgá-sát geometriai hasonlóságuk miatt (ugyanabban az aerodinamikai közegben) jól le lehet írni, a komplex mechanikai rendszerek ütközéseinek leírásá-hoz már nem bizonyult elegendőnek. Nem véletlen, hogy az autóipar, költséget nem kímélve, valóságos méretű autókkal végzi el az ütközési kísérleteit.

Óriás lett a matchboxom!

De mi történne, ha egy reggelen nem csak Gulliver nőne óriássá, hanem modellautóink is? Vajon ez a monstium milyen paraméterekkel rendelkezne? Ho-gyan nézhetne ki egy olyan gépjármű, aminek nem-

2. táblázat

A harckocsi és a modellautó adatainak összehasonlítása

	hosszúság (mm)	szélesség (mm)	lemez- vastagság (mm)	saját tömeg (g)
PzKpfw IV közepes harckocsi	7010	2880	80	22000000
játékautó adatai	106,4	42,3	1,3	63
hasonlóság aránya (λ)	66	68	62	70,4 ³

csak a méretei, hanem lemezzvastagsága is követné a modellautóink geometriai arányait? Számítsuk ki a lemezzvastagságot:

$$\lambda \cdot 1,3 \text{ mm} = 43 \cdot 1,3 \text{ mm} = 55,9 \text{ mm}.$$

Számítsuk ki a tömeget:

$$\lambda^3 \cdot 63 \text{ g} \approx 5 \text{ t}.$$

Ezek az adatok nagyon közelítik egy harckocsi adatait (9. ábra):

- Hosszúság: 7,01 m
- Szélesség: 2,88 m
- Magasság: 2,68 m
- Súly: 22 t
- Legénység: 5 fő
- Fegyverzet: 1 db 75 mm-es KwK L/24-es harckocsi-ágyú; 2 db 7,92 mm-es MG 34-es géppuska
- Motor: Maybach HL 108, 12 hengeres; 300 LE
- Sebesség: 40 km/h (úton)
- Hatótávolság: 200 km
- Páncélzat: 10–30 mm, a homlok 80 mm

Vessük össze a kiskocsi adatait a harckocsi „gyári” adataival (2. táblázat)!

A geometriai hasonlósági arány szinte minden vizs-gált paraméternél megegyezik, így az óriássá nőtt kisautó ütközései is sokkal jobban közelítenék a harc-kocsik ütközéseit. Persze a tankok egymással való ütközéseinek az utasok biztonsága nem kiemelten fontos tényező, a harckocsik szinte egyetlen nem de-formálódó „utastérből” állnak.

10. ábra. Ha a valóságban találkozna egy „felnagyított” modellautó és egy valódi személyautó, az megfelel egy tank és egy személyko-si végzetes találkozásának [6].



Ha tehát a valóságban találkozik egy „felnagyított” modellautó és egy valódi személyautó, az megfelel egy tank és egy személykocsi végzetes találkozásának (10. ábra).



A modellautók mért adatainak a valóságos autók paramétereivel való összehasonlítása és kiértékelése mindenképpen hasznosak lehetnek a fizikaoktatásban és a gépjárművezetésben is. A 11. osztályos tanulók többsége a jogosítvány megszerzése előtt áll (a vizsgált osztályban a tanulók 30%-a KRESZ-tanfolyamra járt), ezért a tanulók motiváltsága igen kedvező a gépjárművekkel kapcsolatos problémák megoldásában. A kísérletek során könnyen lehetett mozgósítani a közepes képességű diákokat is, a felhasznált digitális környezet szintén motiváló erőként hatott a diákokra. Az autóvezetés és a fizika kapcsolatát maguk a tanulók fedezték fel, és az előbbieken kívül sokkal több összefüggést is észrevettek a munka so-

rán (a gépkocsi tömege és fogyasztása közötti kapcsolat, miért nem lehet 100 km/h a tankok sebessége... stb.). A tanulók többsége már rutinszerűen alkalmazta a kinematika és a dinamika összefüggéseit, a grafikonelemzés is sikeres volt, a hasonlóságot, mint matematikai fogalmat már korábbról ismerték, a tömegekre alkalmazott arányosság pedig átvezette őket a fizika tantárgy témakörébe. A kísérletben részt vevő tanulók remélhetőleg körültekintő gépjárművezetők lesznek, és a fizika sem csak az utakon jut majd az eszükbe.

Irodalom

1. <http://autosguides.com/wp-content/uploads/2010/05/2009-Volvo-C70.jpg>
2. <http://www.decens.hu/barenyi-bela-es-a-gyrdesi-zona.html>
3. <http://www.youtube.com/watch?v=14oUIV89SGg>
4. <http://www.opensourcephysics.org/items/detail.cfm?ID=7365>
5. http://www.masodikvh.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=894&Itemid=380
6. http://www.indavideo.hu/video/T-72_toresteszt

KÍSÉRLETEZZÜNK OTTHON!

Härtlein Károly
BME Fizikai Intézet

5. Hanginterferencia bemutatása

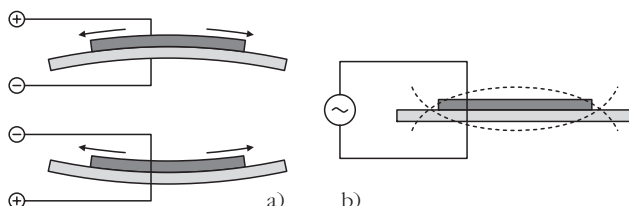
Két hullámforrásból érkező hang interferenciáját érdemes bemutatni fizikaórán, mert segítségével a jelenséget leíró bonyolult képletet meggyőző módon lehet igazolni. Hangtani bemutatónk hullámforrásául választunk két azonos típusú piezo zümmer (1. ábra). Ez a

kis elektronikai alkatrész jellemzően 3–20 V feszültségű egyenárammal működik, áramfelvétele 5–25 mA, tipikusan 2,5–4,5 kHz frekvenciájú, 75–95 dB erősségű hangot bocsát ki [1]. Én az eszközt két darab TAT-BPC3215W-1 típusú piezo zümmerből építettem meg, de megépíthető bármely hasonló, saját meghajtó áramkörrel rendelkező zümmerből.

1. ábra. Egy tipikus piezo zümmer.



2. ábra. A piezolapka alakváltozása egyenáram esetén (a) és rezgése váltóáram alkalmazásakor (b).



A piezo zümmer működése

Eszközünk lelke egy piezolapka. A piezolapka feszültség hatására megváltoztatja alakját a 2.a ábrán látható módon. Váltakozó feszültség hatására pedig rezgésbe jön, a rezgés frekvenciája megegyezik a váltakozó feszültség frekvenciájával (2.b ábra).

A zümmerben a piezo lapkát egy meghajtó áramkör hozza rezgésbe, a rezgést jó hatásfokkal egy rezonáns üreg alakítja hanghullámmá, amely a házon lévő furaton keresztül jut ki a térbe (3. ábra).

Az interferenciához szükséges koherens – azonos frekvenciájú, és állandó fázishelyzetű zümmer még változtatással sem lehet találni, hiszen technikai adatai szerint a 4000 Hz-es névleges frekvenciától $\pm 12,5\%$ -os

3. ábra. A piezo zümmer felépítése.

