

A gépkocsi gyors fékezésekor a benne elhelyezett rögzítetlen tárgyak – a tehetetlenség elve szerint – egy ideig még a gépkocsi sebességével mozognak, például az üres ülésre helyezett alma fékezéskor előre gurul. A nagy sebességgel frontálisan ütköző gépkocsiban a nem rögzített utasok is továbbmozognak, megtartva gépkocsi korábbi sebességét, majd az autó belső részeivel ütközve lassulnak le. A balesetek súlyosságát a testet érő erők eredőjének nagysága határozza meg. Mivel a test tömege lassulás közben nem változik, a rá ható eredő erő nagyságát a lassulás (negatív gyorsulása) határozza meg.

$$|a| = \frac{|\Delta v|}{\Delta t}. \quad (1)$$

A test gyorsulásának abszolút értéke (1) szerint úgy csökkenthető, hogy a sebességváltozás abszolút értékét csökkentjük, vagy az ütközési időt növeljük [1]. A gépkocsik tervezésénél napjainkban ezeket a tényezőket a következőképpen veszik figyelembe:

1. Az utasok tehetetlenségéből adódó, a kocsiszekrény elemeihez képesti mozgásból származó sérülések a biztonsági övvel és a légzsákokkal elkerülhetők, enyhíthetők.

2. Az ütközés ideje az autók deformációs zónáinak megfelelő kialakításával lényegesen megnövelhető.

Szakköri munkában, 10-11. osztályos tanulókkal, e problémakörrel kapcsolatosan alkalmaztuk a fizikaórán tanultakat. Az interneten található autós cégek ütközési kísérleteiről készült filmeket tanulmányoz-

va, bizonyos szempontokat figyelembe véve, modelleztük a filmekben látottakat. A tanulók csoportokban dolgoztak. Sok ötlet született, amelyekből a legjobbakat meg is valósították, együtt készítették el az ütközési kísérletek modelljeit. A kísérletek filmre vettük, (30 f/s, 120 f/s), amelyeket videóanalízissel is kielemeztünk. Tapasztalatom szerint, ha kísérletekkel és számításokkal igazolunk bizonyos állításokat, az könnyebben beépül a tanulók komplex tudásába, és a későbbi gépkocsivezetés-kultúráját is jó irányba tereli. Igen sok baleset elkerülhető lehetne a megfelelő vezetéstechnika elsajátításával, illetve a helytelenül választott manőverek következményeinek pontosabb ismeretével. A tanulókat nagyon érdekelte az autóvezetés, így sokkal nyitottabbak és befogadóbbak voltak.

A szakköri munka alkalmával külön foglalkoztunk a biztonsági övvel, illetve a légzsákkal és a deformációs zónákkal is.

A biztonsági öv

A gépkocsik ütközéséből származó súlyos testi sérülések elkerülése érdekében az utasokat biztonságosan rögzíteni kell a kocsiszekrényhez azért, hogy az erőteljes lassítás közben is megtartsák nyugalmi állapotukat a zárt kocsiszekrényhez képest.

Az utasok rögzítésének ötlete már az 1930-as években felvetődött (több mint 40 évvel az autó feltalálása után) a balesetek csökkentése céljából, de a kétpontos rögzítés nem volt eléggé hatékony, mert az ütközések során előrelendülő testre hirtelen ostorcsapásként ható nagy erő súlyosan roncsolta az emberi testet.

Az utakon a személyautók rohamosan növekedő mennyisége növelte a balesetek számát, így az autópárt egyre inkább terhelte a felelősség a balesetek kimenetelét illetően. A svéd Volvo cég 1958-ben benyújtotta a hárompontos biztonsági öv nyílt szabadalmát, az első hárompontos övvel szerelt PV 544-es autó 1959. augusztus 13-án hagyta el a gyárat (1. ábra). Ez a találmány az ütközés során fellépő erőket az emberi test legellenállóbb részeire (a medence és a bordázat) koncentrálja. A biztonsági öv nagy szakítószilárdságú anyagból készül, de nem rugalmas, (hiszen az erőhatás megszűnte után visszalöné az utast az ülésbe) hanem nagy igénybevétel esetén maradandóan nyúlik meg, ezzel a kölcsönhatási idő növekszik. Ez a megfelelő biztonságot nyújtó öv mégis igen lassan terjedt el világszerte. Az utasok idegenkedtek tőle, egyrészt úgy érezték, hogy szabadságukban korlátozza őket, másrészt nem voltak tisztában a balesetek közben fellépő igen nagy erőhatásokkal sem. Először Ausztráliában (1971-ben), később több országban is kötelezővé tették a biztonsági öv használatát az

1. ábra. Nils Bohlin, a hárompontos biztonsági öv kifejlesztője.





2. ábra. A félbevágott flakonhoz gumival és szigetelőszalaggal rögzítettük a tojást.

első üléseken. Magyarországon erre 1976-ban került sor, azonban ennek ellenére a felmérések szerint csak a vezetők 77%-a csatolja be a biztonsági övet [2]. A biztonsági övek tehát még mindig kell a reklám.

Tanítványaimmal szakköri munka kapcsán vetődött fel, hogyan tudnánk bemutatni, milyen hasznos biztonságtechnikai szempontból, ha egy hirtelen lefékeződő dobozban rögzítve van a benne lévő test.

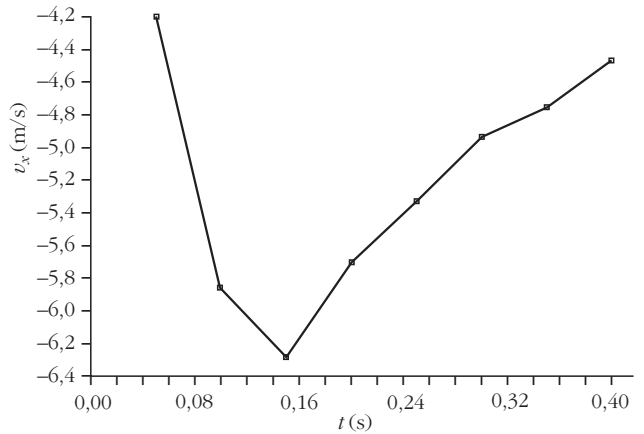
Egy 2 literes flakont félbevágtunk, majd egy tojást helyeztünk bele. A flakont leejtettük 1,5 méter magasságból, a tojás a földet érés pillanatában összetört. Második kísérletünkben a tojást postás gumi segítségével rögzítettük a flakonhoz úgy, hogy ne érjen a flakon oldalához (2. ábra). Az ejtési kísérletet azonos magasságból elvégeztük, a tojás nem tört össze, nem találtunk rajta sérülésnyomokat.

A kísérleteket filmre vettük, és egy mozgáselemző program segítségével kiemeztük [3].

A következőkben nagyobb igénybevételnek tettük ki a padra helyezett rendszert. Ezt úgy értük el, hogy seprűnyéllel oldalról nagy erővel megütöttük a flakont. A tojás a kölcsönhatások során nem sérült meg. (A valóságos ütközéseknél a lassulási szakaszban ébrednek az utasokat érő kritikus erők, a seprűnyéllel megütött flakonnál viszont a gyorsuló szakaszban ébredtek a tojást érő nagyobb erők.) A kölcsönhatást kiemeztük videóanalizátor program segítségével.

A 3. ábrán jól elkülöníthető a gyorsulási (0–0,15 s) és az utána következő lassulási szakasz. A seprűnyéllel való ütközés a gyorsulási szakasz végéig, 0,15 másodpercig tartott, e szakaszban a tojás gyorsulása közelítőleg a nehézségi gyorsulás kétszerese volt. A tojás a kölcsönhatás során nem sérült meg.

A flakonba rögzített tojást csak 5,1 méteres magasságból leejtve sikerült megrepeszteni. Ekkor a földet érés sebessége 28 km/h volt, ami kissé eltér a (2) alap-



3. ábra. A seprűnyéllel megütött flakonba erősített tojás x irányú sebesség-idő grafikonja.

ján kiszámított értéktől a légellenállás, a forgás és a mérési pontatlanságok miatt.

$$v = \sqrt{2gh} = 36 \frac{\text{km}}{\text{h}}. \quad (2)$$

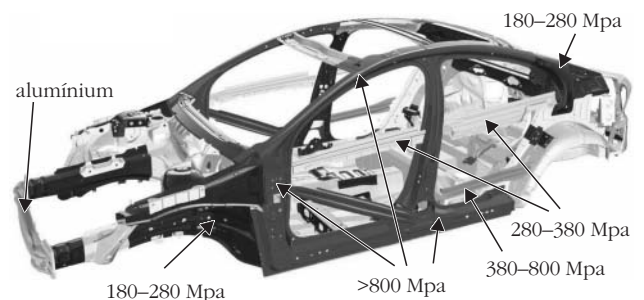
A kísérletet végző tanulók is megdöbbenve tapasztalták, hogy a sérülékeny tojás ilyen nagy igénybevételeket is el tud viselni sérülés nélkül, ha rugalmasan rögzítjük az eldobott flakonhoz.

A különbség a modell és a valóság között a rögzítés anyagában mutatkozott, hiszen a tojást egy kis erőhatásokra is rugalmasan reagáló gumival rögzítettük, a valóságos biztonsági övek pedig nagyobb erőhatásokra maradáno megnyúlást szenvednek. A rögzítés következményében viszont megegyeztek, hiszen a hirtelen fékezés után nem csapódtak a hordozó szekrény falának.

A deformációs zóna és a légzsák

Az ütközés során az utasra ható eredő erő lényegesen csökkenthető az ütközési idő meghosszabbításával. Ezt a gyakorlatban a deformálható ütközési zóna (4. ábra) és a zárt kocsiszekrényben elhelyezett, illetve külső légzsákok segíthetik (5. ábra). A vezetők néha igen bosszúsak az autó könnyen deformálható részei miatt, hiszen kisebb erőhatásoknál is nagy anyagi kár keletkezik a karosszériában. (Igazából egy olyan gépkocsiról álmodnak, amelyik kis sebességeknél teljesen merev, nagy sebességeknél pedig jól deformálható testként

4. ábra. A Volvo S60-as különböző anyagminőségű részei. Míg elől könnyen gyűrődő zónát találunk, az utascellát extra erős acél védi.





5. ábra. A temérdek, utasokat védő légszák mellett a Volvo kifejlesztette a gyalogosokat óvó külső légszákot is.

viselkedne.) Az ütközések az esetek nagy többségében 1 másodpercen belül megtörténnék (0,05–0,3 s), ez pedig igen nagy gyorsulást okoz a gépkocsiban ülő utasokon. A gyorsuló rendszerben mozgó emberi test működését meglehetősen befolyásolja a rendszer gyorsulása. Tartósan 10 g gyorsulást csak kiképzett űrhajósok képesek kibírni anélkül, hogy eszméletüket veszítenék. Rövidebb idő alatt azonban nagyobb gyorsulás is elviselhető, de mivel ezek az erők a belső szervekre is hatnak, könnyen súlyos belső sérüléseket okozhatnak.

A frontális ütközések időbeli csökkentésének modellezését a következőképpen valósítottuk meg a szakción: tojást ejtettünk azonos magasságból lisztbe, félig felfújt nylonzacskóra, lazán összegyűrt alufóliába, merev asztallapra (6. ábra). Az ejtési kísérleteket filmre vettük 30 f/s és 120 f/s beállításokkal [4]. A kísérletsorozatot ugyanazzal a tojással végeztük. A lisztbe érkező tojás a teljes megállásig a leghosszabb ütközési időt mutatta (0,15 s), a legrövidebb ütközési idő az asztalra

6. ábra. Ugyanazon tojással elvégzett kísérletsorozat (balról-jobbra). A tojást lisztbe, felfújt nylonzacskóba, lazán összegyűrt alufóliába és asztalra ejtettünk. A tojás csak az asztalra ejtés után repedt meg.



ejtésnél volt (0,06 s). Az ütközési időket a 120 f/s értékkel felvett képekhez rendelt idők alapján videóanalízissel határoztuk meg. Az alufóliába és a felfújt zacskóra esett tojás esetében az ütköző zónákat tartalmazó flakon az ütközési idők alatt intenzív mozgást végzett, amiből arra következtettünk, hogy a tojás mozgási energiájának egy része folyamatosan alakult át és nyelődött el. A félig felfújt zacskóról a tojás erősen felpattan. A visszapattanást a valódi légszákok esetében úgy küszöbölik ki, hogy a légszák maximális felfújódása után azonnal leenged, így védve az utasokat az újbóli erőhatástól, ráadásul szabad levegővételt is biztosít az ütközés utáni pillanatokban.

A kísérletsorozat érdekessége volt, hogy az ütközések mindegyike nagy hanggal járt, ezért a diákok azt gondolták, hogy mind a négy esetben eltört a tojás, csak a közelebbi vizsgálatok győzték meg az ütközések kimeneteléről őket. A valóságos ütközések szemtanúi is hatalmas csattanásról, szokatlan hangjelenségekről számolnak be az ütközéskor tapasztaltak felidézésénél.

Következtetések összefoglalása

A kísérletben részt vevő diákok igen aktívan működtek együtt, csapatmunkában fedezték fel az autózás és a fizika kapcsolatát. Mérlegeltek a modellalkotásnál, milyen szempontok alapján érdemes a modellkísérleteket elemezni, a kísérlet végén általános következtetéseket vontak le. Saját maguk jutottak el a felismeréshez, hogy mennyire fontos a biztonsági öv használata. A kísérletek előtt és után is képzeletbeli autósárlást játszottunk a diákokkal, amelyből kiderült, hogy a kísérletsorozat végén más szempontok alapján döntöttek a vásárlásnál (sokkal inkább a biztonsági felszereléseket keresték az autók leírásánál). A fiatalok egyes felmérések szerint ritkábban kapcsolják be a biztonsági öveket, ezért is indult meg Európában a divatos, trendi övek gyártása. Megfigyeléseim szerint a tanulóhoz illeszkedő gyakorlatból kiemelt, célratörő kísérletezés és az ehhez kapcsolódó kutatómunka pozitív hatással volt a tanulók természettudományos gondolkodására, továbbtanulási szándékára és a hétköznapi életben a biztonságtechnika fegyelmezett alkalmazására.

Köszönetemet fejezem ki témavezetőmnek, *Jubász András*nak.

Irodalom

1. <http://arago.elte.hu/files/Fizika-korulottunk-14.pdf>
2. http://autovezetes.network.hu/blog/kozlekedes_klub_hirei/a-biztonsagi-ov-fel-evszazada-tortenelem
3. <http://www.opensourcephysics.org/items/detail.cfm?ID=7365>
4. <http://www.youtube.com/watch?v=t2B3bUUob9k&feature=youtu.be>