

## A lendületmegmaradás törvénye



A tömeg-fogalom kialakításánál, illetve a lendületmegmaradás törvényének megfogalmazása során kiválóan használható laboratóriumunk légpárnás pályája.

A képen látható mérési összeállításban különböző tömegű és kezdősebességű kiskocsik (szánkók) jó közelítéssel tökéletesen rugalmasnak, illetve rugalmatlannak tekinthető ütközéseit vizsgálhatjuk. A kölcsönhatás előtti, illetve a kölcsönhatás utáni sebességek mérését két fotokapu, és egy elektronikus időmérő egység segítségével oldjuk meg. Az időmérő milliszekundumos pontossággal regisztrálja azt az időtartamot, ameddig a kiskocsikra rögzített zászló kitakarja a fotokapuk infravörös fénynyalábjának útját. A zászló  $d$  szélességének és a fotokapu alatt történő áthaladás  $\Delta t$  idejének ismeretében a sebesség kiszámítható:

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

Az időmérő egység *Collision* (Ütközés) üzemmódjában rögzíti, és memóriájában tárolja az egyes kapukon történő első, illetve második áthaladás idejét, így a tárolt adatok előhívásával az ütközés előtti, illetve az ütközés utáni sebességek is meghatározhatók. A szánkók tömege nehezekek hozzáadásával változtatható, az ütközés jellegét a cserélhető ütközők segítségével választhatjuk meg.

Az alábbi táblázat  $d = 0,026$  m szélességű zászlók használatával nyert eredményeket tartalmaz, a következő elrendezésekben végrehajtott ütközések esetében:

- egyenlő tömegű kocsik rugalmatlan ütközése, az egyik koci kezdetben nyugalomban volt.
- kisebb és nagyobb tömegű kocsik rugalmatlan ütközése, a kisebb tömegű koci kezdetben nyugalomban volt.
- kisebb és nagyobb tömegű kocsik rugalmatlan ütközése, a nagyobb tömegű koci kezdetben nyugalomban volt.
- egyenlő tömegű kocsik rugalmatlan ütközése, a két koci kezdetben szemben haladt egymással.
- kisebb és nagyobb tömegű kocsik rugalmatlan ütközése, a két koci kezdetben szemben haladt egymással.



- egyenlő tömegű, kezdetben nyugalomban lévő kiskocsikat a közöttük lévő deformált rugó (gumiszalagos ütköző) szétlökte.
- különböző tömegű, kezdetben nyugalomban lévő kiskocsikat a közöttük lévő deformált rugó (gumiszalagos ütköző) szétlökte.
- egyenlő tömegű kocsik rugalmas ütközése, az egyik kocsi kezdetben nyugalomban volt.
- kisebb és nagyobb tömegű kocsik rugalmas ütközése, a kisebb tömegű kocsi kezdetben nyugalomban volt.
- egyenlő tömegű kocsik rugalmas ütközése, a két kocsi kezdetben szemben haladt egymással.

Ütközés típusa	$m_A$ (kg)	$m_B$ (kg)	$\Delta t_{A,e}$ (s)	$\Delta t_{A,u}$ (s)	$\Delta t_{B,e}$ (s)	$\Delta t_{B,u}$ (s)	$v_{A,e}$ (m/s)	$v_{A,u}$ (m/s)	$v_{B,e}$ (m/s)	$v_{B,u}$ (m/s)
rugalmatlan	0,2	0,2	0,093	0,187	-	0,187	0,279	0,139	0	0,139
rugalmatlan	0,4	0,2	0,104	0,151	-	0,151	0,25	0,172	0	0,172
rugalmatlan	0,2	0,4	0,073	0,213	-	0,213	0,356	0,122	0	0,122
rugalmatlan	0,2	0,2	0,072	0,812	0,088	0,812	0,361	0,032	-0,295	0,032
rugalmatlan	0,4	0,2	0,076	0,184	0,104	0,184	0,341	0,141	-0,25	0,141
rugalmas	0,2	0,2	-	0,166	-	0,166	0	-0,156	0	0,156
rugalmas	0,4	0,2	-	0,277	-	0,109	0	-0,093	0	0,238
rugalmas	0,2	0,2	0,073	0	-	0,073	0,356	0	0	0,356
rugalmas	0,4	0,2	0,094	0,245	-	0,067	0,276	0,106	0	0,388
rugalmas	0,2	0,2	0,088	0,098	0,088	0,097	0,295	-0,266	-0,295	0,268

A mérési eredmények kiértékelését tanórai körülmények között leggyorsabban egy Excel táblázat felvételével oldhatjuk meg, de hasznos lehet egy tanulói munkalap összeállítása is, melyet a tanulók otthon töltenek ki. Későbbi felhasználásra gondolva érdemes a lendület megmaradása mellett arra is rámutatni, hogy a rugalmas ütközésekben az  $m \cdot \vec{v}$  szorzatok összege mellett még az  $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$  szorzat is megmarad.

A következő két táblázat egy lehetséges megoldást mutat a mérési eredmények kiértékelésére.

A. A kiskocsik ütközés előtti, illetve ütközés utáni lendületei, és a megfelelő lendület-összegek:

$m_A \cdot v_{A,e}$	$m_B \cdot v_{B,e}$	$m_A \cdot v_{A,u}$	$m_B \cdot v_{B,u}$	$\Sigma I_e$	$\Sigma I_u$
0,056	0,000	0,028	0,028	0,056	0,056
0,100	0,000	0,069	0,034	0,100	0,103
0,071	0,000	0,024	0,049	0,071	0,073
0,072	-0,059	0,006	0,006	0,013	0,013
0,136	-0,050	0,056	0,028	0,086	0,085
0,000	0,000	-0,031	0,031	0,000	0,000
0,000	0,000	-0,037	0,048	0,000	0,010
0,071	0,000	0,000	0,071	0,071	0,071
0,110	0,000	0,042	0,078	0,110	0,120
0,059	-0,059	-0,053	0,054	0,000	0,000

B. A kiskocsik ütközés előtti, illetve ütközés utáni mozgási energiái, és a megfelelő energia-összegek:

$0,5 \cdot m_A \cdot v_{A,e}^2$	$0,5 \cdot m_B \cdot v_{B,e}^2$	$0,5 \cdot m_A \cdot v_{A,u}^2$	$0,5 \cdot m_B \cdot v_{B,u}^2$	$\Sigma E_{mozg,e}$	$\Sigma E_{mozg,u}$
0,008	0,000	0,002	0,002	0,008	0,004
0,013	0,000	0,006	0,003	0,013	0,009
0,013	0,000	0,001	0,003	0,013	0,004
0,013	0,009	0,000	0,000	0,022	0,000
0,023	0,006	0,004	0,002	0,030	0,006
0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,005
0,000	0,000	0,002	0,006	0,000	0,007
0,013	0,000	0,000	0,013	0,013	0,013
0,015	0,000	0,002	0,015	0,015	0,017
0,009	0,009	0,007	0,007	0,017	0,014

### Megjegyzések:

- A mérés sikeréhez feltétlenül szükséges a sín vízszintezése. Először vízszintező (libella) segítségével ellenőrizzük a sín vízszintes helyzetét, majd a légbefúvót bekapcsolva helyezzünk a sín közepére egy kocsit (szánkót), és addig állítgassuk a szintezőcsavarokat, míg a kocsit nyugalomban marad a sínen.
- A sebességvektor irányával kapcsolatosan kössünk olyan konvenciót, hogy pl. az *A* fotokapu felől a *B* felé mutató sebesség legyen pozitív előjelű.
- A kiskocsik tömege 180 g, az ütközőké 10 g, a nehezekeké 50 g. A kocsikat mindig egyenletesen kell terhelni, azaz mindkét végükre ütközőt kell tenni, illetve a nehezekeket is a kocsit két oldalán lévő csapokra párosával kell felcsúsztatni.
- Ügyelni kell arra, hogy az *A* fotokapun kell elsőnek áthaladnia egy szánkónak, mert ez a kapu indítja a mérőberendezést.
- A kiskocsik kezdősebességét legegyszerűbben kézzel történő meglökéssel biztosíthatjuk. Nem kell nagy lökést adni, elegendő finoman elcsúsztatni a szánkókat! A túl erős lökések a csúszás és az ütközés instabilitását, a kocsik billegését okozhatják. Lehetőség van a sín végére szerelhető elektromágneses indítóberendezés használatára is. Ennek működési elve, hogy míg a mágnes aktiválva van (amihez egy 8 V-os tápegység biztosítja az áramot egy kapcsolódobozon keresztül), magához húzza a kiskocsit, és eközben egy gumiszál



deformált állapotba hoz. Az elektromágnes áramkörét megszakítva a gumiszalag visszanyeri deformálatlan állapotát, és „kilövi” a kocsit.

- A mérés megkezdése előtt érdemes a tanulókkal tisztázni az időmérés mechanizmusát, és különböző szélességű zászlókkal végzett kísérletekkel bemutatni, hogy keskenyebb zászló esetében pontosabb a sebességmérés. Itt lehetőségünk nyílik a pillanatnyi sebesség és az átlagsebesség fogalmának közelebb hozására is.