



Tömegmérés stopperrel és mérőszalaggal

1. Általános tudnivalók

Mérőhelyén egy játékpisztolyt, négy lövedéket, valamint egy jól csapágyazott, fatalpra erősített fémlamezt talál.

A lentebb közölt utasítások alapján végezzen olyan méréseket, amelyekből meg tudja határozni a lemez és a lövedék tömegét (mind a négy lövedék azonos tömegű)!

Az első két feladatrészhöz csak a stopperórát használhatja mérőeszközként (a mérőszalagot nem). Csak azok a megoldások kerülnek értékelésre, ahol az említett eszközkorlátozást betartotta.

A fémlemez a tengelyről nem vehető le.

A kísérlet elvégzéséhez a következő eszközök állnak a rendelkezésére:

- fémlemez tartólappal
- játékpisztoly
- 4 db lövedék
- 2 db ismert tömegű mágnes, melyek külső átmérője 36 mm.
- stopperóra
- mérőszalag

2. Feladatok

Az alábbi méréseket elvégezve határozza meg a fémlemez, valamint a lövedék tömegét!

1. **Mérőeszközként csak a stopperórát használva határozza meg a lemez hosszát!**
2. **Határozza meg a fémlemez tömegét! A mérés elvégzéséhez használja az ismert tömegű mágneseket is, és a stopperórát!**
3. **Végezzen mérést a pisztolyból kirepülő lövedék sebességének meghatározására!**
4. **A pisztolycső végét tartsa legalább 10 cm-re a lemeztől, majd lője rá a lövedéket a lemezre úgy, hogy a forgástengelytől a lehető legtávolabb tapadjon rá. Ezen kísérlet alapján állapítsa meg a lövedék tömegét!**
5. **Ha az előző feladatban leírt lövést közvetlen közlről végzi el, a mérési adatok lényegesen módosulnak. Adja meg ennek a magyarázatát!**

A feladat részét képezi, és az értékelésnél fontos szempont:

- a mérés egyes fázisainak pontos, részletes leírása,
- a mérési eredmények jegyzőkönyvben való rögzítése,
- áttekinthető, követhető számolás.
- A jegyzőkönyvben térjen ki az egyes mérési fázisok hibaforrásaira!



3. Megjegyzés

- a) Az egyes részfeladatokkal kapcsolatos leírásokat és számításokat a feladatlap megadott részén végezze el!
- b) $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ -tel számoljon!
- c) A mágnes tömegére a borítékon lévő sorszám alapján a táblázat ad felvilágosítást. Karikázza be a táblázatban a kísérlethez használt mágnes tömegét!

Sorszám	Tömeg (g)
1.	60,3
2.	61,9
3.	62,75
4.	61,7
5.	60,7
6.	61,35
7.	61,3
8.	60,6
9.	61,3
10.	61,4

Sorszám	Tömeg (g)
11.	62,3
12.	59,6
13.	60,1
14.	59,5
15.	60,1
16.	59,4
17.	59,45
18.	62,3
19.	61,6
20.	61,15

- d) A 3. oldalon lévő táblázatot töltsse ki!
- e) A versenyen zsebszámológép és bármilyen írásos segédeszköz (tankönyv, szakkönyv, példatár, kézírásos jegyzet) használható, de a külvilággal kommunikálni (pl. mobiltelefon, internet) tilos.
- f) A megoldásra rendelkezésre álló idő: **240 perc.**

JÓ MUNKÁT KÍVÁNUNK!

Mérési eredmények

Lemez hossza (stopperórával történő mérés alapján)	
Lemez tömege (stopperórával történő mérés alapján)	
Kilövési sebesség	
Lövedék tömege	



MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

1. A fémlemez hosszának meghatározása



2. A fémlemez tömegének meghatározása





3. A kilövési sebesség meghatározása

A pisztoly száma:





4. A lövedék tömegének meghatározása





5. Magyarázza meg, mi okozza a mérési adatok változását, ha a fémlemezre közvetlen közlelről lőjük rá a lövedéket!



Értékelés

Feladat	Pontszám
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Összesen:	



Jelölések

T_1	a lemez lengésideje
T_2	a lemez lengésideje, ha a mágneseket a lemez aljára helyezzük
l	a lemez hossza
M	a lemez tömege
m	a mágnes tömege
m_l	a lövedék tömege
v	kilövési sebesség
α	a lemez kitérésének szöge a lövedékkel való ütközés után
s	a lemez súlypontjának a forgástengelytől való távolsága
r	a körmágnes sugara

1. A fémlemez hosszának meghatározása

8 pont

A lengésidő mérésével a lemez hossza meghatározható.

$$T_1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{\Theta_{\text{lemez}}}{M \cdot g \cdot s}} \longrightarrow l = \frac{T_1^2}{4 \cdot \pi^2} \cdot g \cdot \frac{3}{2}$$

Értékelés:

Lengésidő mérése (helyes értékkel):	2 pont
Fizikai inga lengésidő képletének helyes használata	2 pont
A hossz kifejezése	1 pont
Mérési eredményekből a hossz meghatározása	2 pont
Hibaforrás	1 pont

2. A fémlemez tömegének meghatározása

10 pont

A lemez aljára helyezzük a mágneseket, és így is megmérjük a lengésidőt (T_2).

A tömeg és a tömegeloszlás változása miatt megváltozik a tehetetlenségi nyomaték, és a súlypont is eltolódik az előző helyzethez képest d távolságra.

$$\Theta' = \Theta_{\text{lemez}} + \Theta_{\text{mágnes}} = \frac{1}{3} \cdot M \cdot l^2 + m \cdot (l - r)^2$$

$$M \cdot d = m \cdot \left(\frac{1}{2} - r - d\right) \longrightarrow d = \frac{m \cdot (l - 2 \cdot r)}{2 \cdot (M + m)}$$

$$s' = \frac{1}{2} + d = \frac{1}{2} \cdot \frac{M + 2 \cdot m}{M + m} - \frac{m}{M + m} \cdot r$$



$$T_2 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{\Theta_{\text{lemez}} + \Theta_{\text{magnes}}}{(M + m) \cdot g \cdot s'}} \longrightarrow M = \frac{2 \cdot m \left[\frac{T_2^2 \cdot g}{4 \cdot \pi^2} \cdot (1-r) - (1-r)^2 \right]}{\frac{2}{3} \cdot l^2 - \frac{T_2^2 \cdot g}{4 \cdot \pi^2} \cdot l}$$

Értékelés:

A lemez aljára helyezzük a mágneseket, és így is megmérjük a lengésidejt (T_2).	1 pont
Tehetetlenségi nyomaték felírása	1 pont
Súlypont kifejezése	2 pont
Tömeg kifejezése a lengésidej képletéből	2 pont
Lengésidej helyes meghatározása	1 pont
Tömeg számítással történő meghatározása	2 pont
Hibaforrás	1 pont

3. A kilövési sebesség meghatározása

4 pont

Erre több lehetőség is van. Pl. egy vízszintes hajítást megvalósítva a kilövés magasságát és távolságát kell meghatározni.

Ha x (lövés távolsága) és y (kezdeti magasság) ismert, akkor

$$v = \frac{x}{\sqrt{\frac{2 \cdot y}{g}}}$$

Értékelés:

Mérési elv leírása	2 pont
Sebesség meghatározása	2 pont

4. A lövedék tömegének meghatározása

12 pont

Ehhez a következő kísérletet kell elvégezni:

- A lemezre rá kell löni a lövedéket.
- A rugalmatlan ütközést követően meg kell mérni a lemez kilendülésének a szögét.

A perdülettétel és a munkatétel felhasználásával a lövedék tömege meghatározható.

Perdülettétel

$$M \cdot \Delta t = \Delta N$$

$$\downarrow$$

$$m_1 \cdot (v - l \cdot \omega_k) \cdot l = \frac{1}{3} \cdot M \cdot l^2 \cdot \omega_k$$



ω_k az a közös szögsebesség, amellyel a lövedék rátapadása után a lemez elkezd a lengést.

$$\omega_k^2 = \frac{m_1^2 \cdot v^2}{\frac{1}{9} \cdot (M \cdot l)^2 + (m_1 \cdot l)^2 + \frac{2}{3} \cdot m_1 \cdot M \cdot l^2} \quad (1.)$$

Munkatétel

ω_k^2 a munkatételből is kifejezhető:

$$\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot M \cdot l^2 + m_1 \cdot l^2 \right) \cdot \omega_k^2 = \left(M \cdot g \cdot \frac{l}{2} + m_1 \cdot g \cdot l \right) \cdot (1 - \cos \alpha) \quad (2.)$$

Az 1. és a 2. egyenlet felhasználásával a lövedék tömege meghatározható.

Értékelés:

Mérési elv	1 pont
Perdülettel helyes felírása	3 pont
Munkatétel helyes felírása	2 pont
Szögmérés	2 pont
Tömeg kiszámítása	3 pont
Hibaforrás	1 pont

5. **Magyarázza meg, mi okozza a mérési adatok lényeges módosulását, ha a fémlemezre közvetlen közelről lőjük rá a lövedéket!** **6 pont**

Értékelés:

Tapasztalat : A kitérés jóval nagyobb.	2 pont
Magyarázat : Az ütközéskor a rugó még össze van nyomva. A lövedék kisebb mozgási energiájú állapotában következik be a rugalmatlan ütközés miatti energia veszteség, majd a folyamat már rugalmasan zajlik tovább.	4 pont