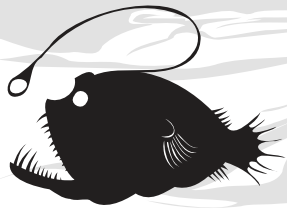


XVII. DÜRER VERSENY

F+ KATEGÓRIA



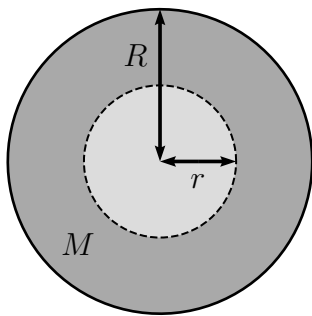
DÖNTŐ – 2024. 02. 09-11.

Figyelem! A teljes pontszám eléréséhez nem elegendő a megoldás számszerű közlése, a mérés lépéseit tartalmazó jegyzőkönyv és a végeredmény hibájára vonatkozó becslés is szükséges!

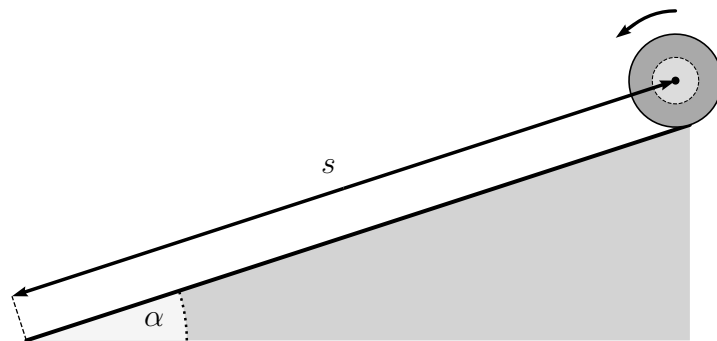
A mérés célja

A mérés során hengersizmetrikus, ismeretlen tömegeloszlású minta haladó- és forgómozgását tanulmányozzuk. Célunk a test belső felépítését jellemző paraméterek meghatározása annak darabokra bontása vagy más módosítása nélkül, lényegében *mechanikai feketedoboz*ként kezelve. Az alkalmazott módszer a test különböző szögű lejtőkön való tisztán gördülő mozgásának vizsgálata, ekkor a leérkezési idők mérése lehetőséget ad a belső szerkezet feltérképezésére.

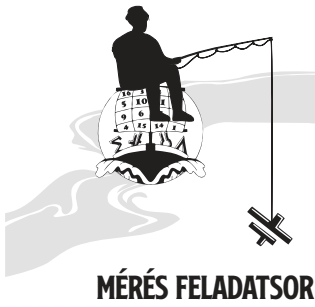
Elméleti bevezető



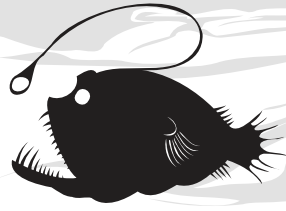
Tekintsünk a fentiek mentén egy R sugarú, h magasságú, M tömegű, hengersizmetrikus mintát, amelynek belsejében a hengerrel párhuzamosan r sugarú üreg helyezkedik el a *bal oldali ábrának* megfelelően. A test tömegeloszlása az r és R sugarak között homogénnek tekinthető. A minta alapjait elhanyagolható tömegű fedőlapok takarják, ezzel egy olyan mechanikai feketedobozt kialakítva, amelyben a belső szerkezetet egyetlen szabad paraméter, az r sugár jellemzi.



A vizsgált testet egy s hosszúságú, α hajlásszögű, kellően érdes lejtő tetején elengedve az tisztán gördülő mozgást végez, azaz a lejtővel érintkező pontjának relatív sebessége mindvégig zérus, ezt szemlélteti a *fenti ábra*. A mozgás teljes t idejének ismeretében visszakövetkeztethetünk a minta egyenletes a gyorsulására, amely az r és R geometriai paraméterek egyértelmű függvénye. Ha ezen felül mérjük az R külső sugarat is, akkor végső soron meghatározható a belső üreg ismeretlen r sugara, vagyis a minta felbontása nélkül információt szerezhetünk annak szerkezetéről, tömegeloszlásáról: ez a mérés célja.



MÉRÉS FELADATSOR



XVII. DÜRER
VERSENY

F+
KATEGÓRIA

DÖNTŐ – 2024. 02. 09–11.

Mérési eszközök

A mechanikai feketedobozként használt minta alapján véve egy közönséges *szigetelőszalag*, amelyet a jobb oldali *ábra* szemléltet. A hengeres test két alapját vékony kartonpapírok borítják, ezáltal a belső, szintén hengeres üreg sugara ismeretlen. A tekercs vázát alkotó papírhenger és a kartonlapok tömege elhanyagolhatónak vehető.

A feladat során a minta mellett rendelkezésre áll egy $s = 125$ cm hosszúságú *deszka*, egy *kartondoboz*, valamint egy *vonalzó* is. A deszkát a kartondobozokkal alátámasztva létrehozható egy változtatható hajlásszögű lejtő, amelyen a test gördülő mozgása vizsgálható. A leérkezési idő méréséhez a minden csapat számára kiadott digitális *stopperóra* használható. A nehézségi gyorsulás a következőkben minden esetben közelíthető úgy, mint $g = 9,81$ m/s².



Elméleti feladatok

1. feladat

(5 pont)

Tekintsük az elméleti bevezetőben meghatározott hengerszimmetrikus mintát, amelynek szimmetriatengelyére vonatkoztatott tehetetlenségi nyomatéka

$$\Theta = \lambda MR^2$$

alakban áll elő. Fejezzük ki a λ dimenziótlan paramétert az R és r sugarak segítségével! Határozzuk meg ennek az inverz relációját is, azaz állítsuk elő az r sugarat, mint λ és R függvénye!

2. feladat

(5 pont)

Számítsuk ki a minta gyorsulását, amennyiben az egy α hajlásszögű lejtőn tisztán gördülő mozgást végez! Adjuk meg az eredményt az előző feladatban bevezetett λ dimenziótlan paramétert felhasználva.

Mérési feladatok

3. feladat

(1 pont)

Mérjük meg a minta külső sugarát!



XVII. DÜRER VERSENY

F+ KATEGÓRIA

DÖNTŐ – 2024. 02. 09-11.

4. feladat

(12 pont)

A kartondobozzal alátámasztva a deszkát, hozzunk létre egy nem túl meredek lejtőt, és mérjük meg legfelső pontjának magasságát! A lejtő tetejéről engedjük el kezdősebesség nélkül a mintát, és mérjük meg a lejtő aljáig való leguruláshoz szükséges időt! Érdemes az időmérést többször is elvégezni, és a későbbiekben a mért értékek t átlagával számolni, de eközben fontos figyelni arra, hogy az egymást követő gurítások között a lejtő meredeksége ne változzon. Fontos továbbá, hogy az időt a lejtő teljes hosszában mérjük, és hogy a minta a gurulás során végig a lejtővel párhuzamosan haladjon.

A kartondoboz elcsúsztatásával változtassuk meg a lejtő meredekségét, és mérjük a guruláshoz szükséges időt a fent leírt módon legalább 10 különböző magasság esetén! Végig ügyeljünk arra, hogy a lejtő ne legyen túl meredek ahhoz, hogy a minta gurulás közben megcsússzon!

Ellenőrizzük grafikusán a mérési adatok alapján, hogy teljesül-e a 2. feladatban kapott összefüggés a minta gyorsulása és a lejtő hajlásszöge között! Keressünk a mért adatokból számolható olyan mennyiségeket, amelyekre milliméterpapíron ábrázolva egyenes illeszthető! Mennyire jó az illeszkedés?

Megjegyzés: Az illesztésnél figyeljünk arra, hogy az elmélet mit mond a nulla meredekségű lejtőn való gyorsulásról, és ennek megfelelő egyenest illesszünk!

5. feladat

(4 pont)

Gondoljuk végig és röviden diszkutáljuk, hogy milyen tényezők járulnak hozzá az adatok értékének mérési hibájához! Körülbelül mekkora mértékű bizonytalanságot eredményeznek ezek az ábrázolt mennyiségek értékében? Tüntessük fel ezt a bizonytalanságot a grafikonon!

6. feladat

(8 pont)

Határozzuk meg az ábrázolt adatpontokra illesztett egyenes meredekségét, és az elméleti feladatokban kapott összefüggések segítségével számoljuk ki λ és r értékét!

A legjobbnak vélt illesztés mellett illesszük meg azt a minimális és maximális meredekségű egyenest is, amelyek még éppen „híhetők”, azaz, amelyek még áthaladnak nagyjából az összes adatpont hibatartományán! Határozzuk meg ezek segítségével a meredekség bizonytalanságát, és számoljuk ki belőle λ és r értékének bizonytalanságát is!

A mérés elvégzésére és a jegyzőkönyv megírására 90 perc áll a csapatok rendelkezésére.

Sikeres versenyzést kívánnak:

a szervezők



XVII. DÜRER VERSENY

F+ KATEGÓRIA

DÖNTŐ – 2024. 02. 09–11.

Táblázat

A mérési feladatok során szükség lehet adatok és azokból számított egyéb mennyiségek lejegyzésére, ehhez nyújt segítséget az alábbi táblázat. Ennek használata természetesen nem kötelező, a döntést az adott csapatra bizzuk.
