**Megoldás.** *1. A mérés előkészítése.* Szükséges eszközök: mérőszalag, stopper, alumíniumhenger. A méréshez használt alumíniumhengert az iskolai szertárból szereztem be; alaplapja kör, látható felületi egyenetlenségek nem voltak rajta. A henger alapkörének sugara 1,5 cm, magassága 7 cm. A mérőszalag hossza másfél méter volt.

*2. A mérés menete.* A kiszemelt felületen egyenesen végigfektettem a mérőszalagot. A hengert az egyik kezemmel úgy gurítottam el, hogy lehetőleg mindvégig a mérőszalag mentén mozogjon. Ha elfordult a meglökéstől, újra elvégeztem a mérést. A másik kezemmel a stoppert kezeltem; akkor indítottam el, amikor a henger a mérőszalag kezdetéhez ért, majd a megállás pillanatában fejeztem be a mérést. Minden felületen 20 „érvényes" mérést végeztem (csak azokat értékeltem, amelyeknél a henger mindvégig a mérőszalag mellett gurult).

Három különböző felületen végeztem mérést: asztalterítőn, szobaszőnyegen és műanyag padlón. Nagyon sima felületen nem lehet elvégezni a mérést, mert nagyon piciny felületi egyenlőtlenség miatt a henger nem egyenletesen lassulva mozgott, néhol akár gyorsulva is gurulhatott.

*3. A mérés kiértékelése.* A henger – feltehetően – egyenletesen lassuló mozgást végez, így az út–idő kapcsolat:

$$s = v_0 t + \frac{a}{2}t^2,$$

ahol

$$a = -\frac{v_0}{t}, \qquad \text{így} \qquad s = -\frac{a}{t}t^2.$$

Tudjuk továbbá, hogy egy $\mu$ súrlódási együtthatóval jellemezhető, forgásmentesen csúszó test gyorsulása $a' = -\mu g$. Így a henger középpontjának mozgására fennáll

$$s = \frac{\mu g}{2}t^2,$$

és mivel $a = a'$, a gördülő henger tömegközéppontjának (negatív) gyorsulása:

$$-a = \mu g.$$

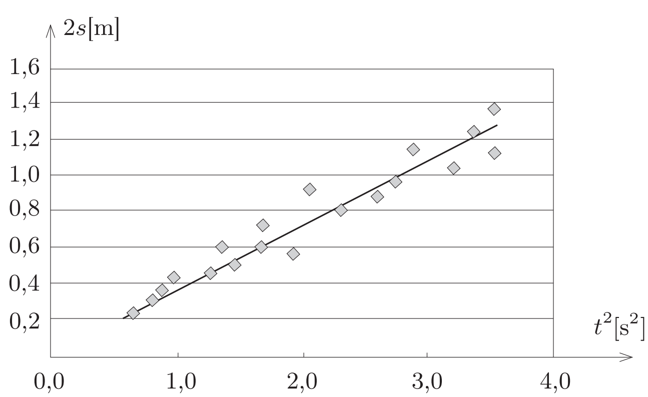
A mérési hibát úgy csökkenthetjük, hogy az összes mérési adatot (az $s$ és $t$ értékeket) olyan grafikonon ábrázoljuk, ahol az $y$ tengelyen a $2s$ értékeket, az $x$ tengelyen pedig a $t^2$ értékeket tüntetjük fel. Mivel az elméleti megfontolások szerint

$$2s = \mu g \cdot t^2,$$

az ábrázolt mennyiségek között lineáris kapcsolatot várunk. Ha egy olyan egyenest illesztünk a ponthalmazra, amely átmegy az origón (mivel $t = 0$ idő alatt $s = 0$ utat tesz meg a henger), az így kapott egyenes meredeksége megadja a $\mu g$ mennyiség értékét, amiből a súrlódási együttható kiszámolható.

Az időmérés pontossága (a reakcióidőnk miatt) kb. 0,2 s-ra becsülhető. A stopper még a századmásodperces adatot is megmutatja, de ilyen pontosan értelmetlen megadni a mért időt, hiszen annak nincs valóságos tartalma. Emiatt a mért időket tizedmásodpercre kerekítve adtam meg. A megtett utat centiméter pontossággal tudjuk meghatározni.

A mért, illetve számított adataimat táblázatokba foglaltam, majd a megfelelő grafikonokat elkészítettem.[1]




Hasonló módon kaptam meg a másik két felületen gördülő henger út-idő összefüggését és az abból számítható gyorsulásokat.

*4. Hibabecslés.* A mérési eredmény pontosságát az alábbi hibaforrások határozzák meg:

($i$) Az út hosszának mérésének pontatlansága kb. 1 cm, amely 34 cm-nyi átlagos útra vonatkoztatva 3%-nyi hibának felel meg.

($ii$) Az idő mérésének pontatlansága a legnagyobb hibaforrás, nagyságrendje $5-20\%$.

[1] Terjedelmi okokból a táblázatokat nem, a grafikonok közül pedig csak egyet, a szőnyegre vonatkozót mellékeljük. (A szerk.)

($iii$) A talaj egyenetlensége tipikus „szisztematikus hiba”, számszerű értékét (nagyságrendjét) nehéz lenne meghatározni.

($iv$) Statisztikai hiba. Az egyenes illesztése az egyes mérések relatív hibáját csökkenti (hiszen az összes adatot egyszerre veszi figyelembe), így a mérés relatív hibáját végül kb. 10% nagyságúnak becsülhetjük.

*5. Az eredmények összefoglalása.* A mérési eredményekből és a becsült hibákból a kérdéses „effektív súrlódási együtthatókra” ($g = 9{,}81$ m/s$^2$-es nehézségi gyorsulással számolva) végül a következőket kapjuk:

– asztalterítő: $\mu = 0{,}0073 \pm 0{,}0008$;
– szobaszőnyeg: $\mu = 0{,}038 \pm 0{,}004$;
– műanyag padló: $\mu = 0{,}010 \pm 0{,}001$.