A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK

KÖZÉP-
ÉS EMELT SZINTŰ
ÉRETTSÉGIRE
KÉSZÜLŐKNEK



# FIZIKA

## munkafüzet

## *11-12. évfolyam*

9., VÁLTOZATLAN KIADÁS

MOZAIK KIADÓ – SZEGED, 2024

*Szerzők:*

**DR. HALÁSZ TIBOR**
*c. főiskolai tanár*

**DR. JURISITS JÓZSEF**
*gimnáziumi tanár, szaktanácsadó*

**DR. SZŰCS JÓZSEF**
*egyetemi adjunktus*

*Bírálók:*

**DR. KOTEK LÁSZLÓ**
*egyetemi adjunktus, közoktatási szakértő*

**DR. MOLNÁR MIKLÓS**
*egyetemi docens*

**PESTI GYULA**
*gimnáziumi tanár*

*Címlapfotó: Vadász Sándor • Ábrák: Szentirmai Péter*

KERETTANTERV:
MOZAIK Kerettantervrendszer 17/2004 (V. 20.) OM rendelet
OM Kerettanterv 17/2004 (V. 20.) OM rendelet

Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a mű bővített, illetve rövidített változata kiadásának jogát is. A kiadó írásbeli engedélye nélkül sem a teljes mű, sem annak része semmiféle formában (fotokópia, mikrofilm vagy más hordozó) nem sokszorosítható.

**ISBN 978 963 697 467 1**

**© MOZAIK KIADÓ – SZEGED, 2004**

# BEVEZETÉS

A természeti, technikai jelenségek megértésében, a szerszámok, eszközök, gépek, gyártási folyamatok célszerű használatában és az anyagok, testek, folyamatok tulajdonságainak felismerésében döntő szerepe van a véletlenszerű vagy szándékos **megfigyelések**nek. A tudatosan előidézett jelenségek megfigyelései: a **kísérletek** és **mérések** teszik lehetővé, hogy feltáruljanak a vizsgálat tárgyával kapcsolatos szabályszerűségek, törvények, lehetővé váljon ezek mennyiségekkel való megfogalmazása, a hipotézisek és az elméletek ellenőrzése. A világ megismerése tehát elképzelhetetlen kísérletek és mérések nélkül.

**A mérés összehasonlítás a mértékegységgel,** vagyis egy mennyiség mérőszámának meghatározása. A mérés tehát a legfontosabb kísérleti tevékenység, amely nélkülözhetetlen a fizikában és a természettudományokban, újabban pedig a korszerű társadalomtudományokban is.

A mérés sikeres elvégzésének elengedhetetlen feltétele a mérési feladat megértése, elméleti alapjának felidézése, az eljárás főbb lépéseinek logikai összekapcsolása. A mérési adatok minél pontosabb meghatározása figyelmet, ügyességet, elméleti tudást, gyakorlatot, jó mérési módszert és pontos mérőeszközöket kíván.

A kísérletek és mérések veszélyeket is jelenthetnek a kísérletezőre nézve, ezért a **balesetvédelmi szabályokat** meg kell ismerni, és be is kell tartani.

Ha ugyanazt a mennyiséget egymás után többször is megmérjük, az eredmények általában kisebb-nagyobb eltérést mutatnak, **mérési hibák** lépnek föl. Ez arra figyelmeztet, hogy egyetlen mérés eredményét sem hihetjük tökéletesen igaz értéknek.

A mérőeszköz vagy a mérési módszer hibájából adódó eltéréseket csökkenthetjük jó mérőeszköz, illetve jó mérési módszer alkalmazásával. A méréseknél azonban mindig fellépnek úgynevezett véletlen hibák is, amelyeket nem tudunk megszüntetni. Ha például egy adott lejtőn leguruló golyó mozgásának idejét stopperórával mérjük, nem tudjuk a stopper gombját pontosan az indulás és az érkezés pillanatában lenyomni. Többszöri mérésnél véletlenszerűen hol többet, hol kevesebbet mérünk a mozgás valóságos idejénél. Az ilyen véletlen jellegű hibák nagyságát csökkenthetjük, ha több mérést is végzünk ugyanarra a mennyiségre, és a középértéket (pl. a mérési eredmények számtani közepét) fogadjuk el, mint a pontos mérés legvalószínűbb értékét.

Ahhoz, hogy megítéljük a mérésünk pontosságát, hibaszámítást kell végezni. A hibaszámítás általában nagyon bonyolult feladat. Mi a legegyszerűbb (talán nem is elég pontos) módját választottuk a hibaszámításnak. Ezzel főként azt érhetjük el, hogy tudatosuljon bennünk, **a mérésnek mindig van hibája.**

Legyenek az egymást követő mérések eredményei: $x_1, x_2, ..., x_n$.

A **középérték** ($x_k$):

$$x_k = \frac{x_1 + x_2 + ... + x_n}{n}.$$

A középérték annál inkább tekinthető megbízható eredménynek, minél kevésbé térnek el tőle az egyes mérési eredmények. Ennek az eltérésnek a jellemzésére átlagoljuk az egyes mérési eredmények középértéktől való eltéréseinek nagyságát. Így kapjuk a mérés pontosságára jellemző átlagos hibát, vagy más néven az **abszolút hibát** ($\Delta x_k$):

$$\Delta x_k = \frac{|x_1 - x_k| + |x_2 - x_k| + ... + |x_n - x_k|}{n}.$$

A mérés pontosságát még szemléletesebben jellemzi az abszolút hibának a középértékhez viszonyított százalékos aránya, a **relatív hiba:**

$$\frac{100 \cdot \Delta x_k}{x_k} \%.$$

A **mérés eredményét** a következő módon szokás megadni:

$$x = x_k \pm \Delta x_k,$$

vagy

$$x = x_k \pm \frac{100 \cdot \Delta x_k}{x_k} \%.$$

Mérési feladatainknál rendszerint több fizikai mennyiséget is mérünk, és ezekből valamilyen összefüggés segítségével számítjuk a keresett fizikai mennyiséget. Ilyenkor az a legegyszerűbb, ha a fenti hibaszámítást a keresett mennyiségre számított különböző értékekkel végezzük el. A számolás pontosságát a mérések pontosságához igazítjuk.

Példa: Átlagsebesség ($v$) meghatározása út ($s$) és idő ($t$) mérése alapján.

| A mérés sorszáma | $s$ (cm) | $t$ (s) | $v = \frac{s}{t}\left(\frac{\text{cm}}{\text{s}}\right)$ | $\Delta v \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}}\right)$ |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 62 | 3,45 | 18,0 | 0,2 |
| 2. | 62 | 3,62 | 17,1 | 0,7 |
| 3. | 62 | 3,60 | 17,2 | 0,6 |
| 4. | 62 | 3,45 | 18,0 | 0,2 |
| 5. | 62 | 3,36 | 18,5 | 0,7 |

Az átlagsebesség középértéke:

$$v_k = \frac{18{,}0 + 17{,}1 + 17{,}2 + 18{,}0 + 18{,}5}{5} = 17{,}76 \approx 17{,}8 \ \frac{\text{cm}}{\text{s}}.$$

Az abszolút hiba:

$$\Delta v_k = \frac{0{,}2 + 0{,}7 + 0{,}6 + 0{,}2 + 0{,}7}{5} = 0{,}48 \approx 0{,}5 \ \frac{\text{cm}}{\text{s}}.$$

A relatív hiba:

$$\frac{100 \cdot \Delta v_k}{v_k} \% = \frac{100 \cdot 0{,}5 \ \frac{\text{cm}}{\text{s}}}{17{,}8 \ \frac{\text{cm}}{\text{s}}} \% = 2{,}8\%.$$

Az átlagsebesség:

$$v = (17{,}8 \pm 0{,}5) \ \frac{\text{cm}}{\text{s}} \quad (\text{vagy } v = 17{,}8 \ \frac{\text{cm}}{\text{s}} \pm 2{,}8\%).$$

Ha egy mennyiséget csak egyszer tudunk megmérni, vagy a többszöri mérés mindig azonos eredményt ad, akkor a mérés hibája nagymértékben függ a mérőeszköz pontosságától. Hosszúságméréskor például ilyen esetben a mérőszalag legkisebb beosztásának felét vehetjük abszolút hibának, mert csak az dönthető el megbízhatóan, hogy melyik beosztáshoz van közelebb a mérendő test végpontja.

A szövegben kék betűvel írt részek az emelt szintű érettségire készülőknek javasolt tananyagot jelölik meg.

# KÍSÉRLETEK ÉS MÉRÉSEK

## 1. A haladó mozgás vizsgálata Mikola-féle csővel és lejtővel

### 1. Ferde helyzetű Mikola-féle csőben mozgó buborék sebességének meghatározása

***A mérés elvi alapja:***

Tudjuk, hogy az egyenletesen mozgó testek sebességének mérőszáma megegyezik az általuk egységnyi idő alatt megtett út mérőszámával. Így a vizsgált test által megtett utak és az azok megtételéhez szükséges idő mérése alapján meghatározhatjuk a test sebességének nagyságát.



***Eszközök:*** Mikola-féle cső; metronóm vagy stopperóra; alátámasztó hasáb; kréta, mérőszalag.

***A mérés menete:***

A Mikola-féle cső egyik végét megemeljük, hogy a benne levő buborék szélső helyzetbe kerüljön, majd a csövet lefektetjük a vízszintes asztallapra.

A 0,5 másodpercre beállított metronóm beindítása után a cső másik vége alá tesszük a hasábot, majd a metronóm minden második kattanásakor, 8-10 másodpercen keresztül megjelöljük a mozgó buborék elejének vagy végének a pillanatnyi helyét a csövön vagy annak tartóján. (Minden „első" kattanáskor emeljük a kezünkben levő krétát, és a másodikra rajzoljuk meg a jelet. Az emelés és jelölés ütemét célszerű előre begyakorolni.)

Ezeknél milliméteres pontossággal lemérjük a krétanyomok közepének távolságát az első kiválasztott jeltől, és a mért 5 értéket beírjuk a táblázatba.

Az 5 adat számtani közepe ismeretében hibát számolunk, és megadjuk a buborék sebességét.

Elkészítjük a sebesség–idő grafikont.

***Mérési eredmények:***

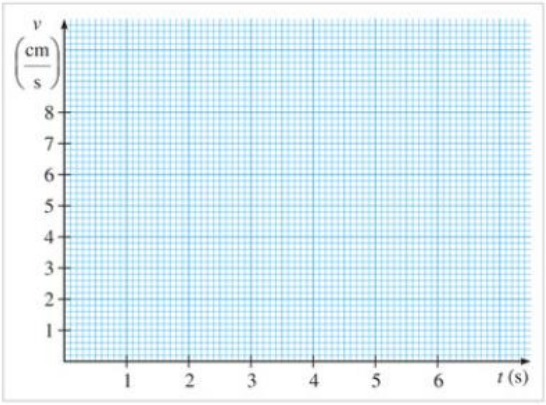
| **A mérés sorszáma** | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | Átlag |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Út: $s$ (cm)** | | | | | | — |
| **Idő: $t$ (s)** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | — |
| **Sebesség: $v\left(\frac{\text{cm}}{\text{s}}\right)$** | | | | | | |
| **Eltérés: $\Delta v\left(\frac{\text{cm}}{\text{s}}\right)$** | | | | | | |

$$v_k = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = \ldots\ldots$$

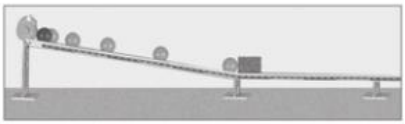
$$\Delta v_k = \frac{\Delta v_1 + \Delta v_2 + \Delta v_3 + \Delta v_4 + \Delta v_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = \ldots\ldots$$

$v = \ldots\ldots \frac{\text{cm}}{\text{s}} \pm \ldots\ldots\,\%.$

***A grafikon, a számolási és mérési eredmények elemzése:***




## 2. A lejtőn leguruló golyó által megtett út és az idő kapcsolatának vizsgálata



***A mérés elvi alapja:*** A lejtőn megkereshetők azok a pontok, ahonnan indítva a golyó egy, két, három időegység alatt ér a lejtő alsó végénél levő ütközőhöz. E pontoknak a lejtő aljától mért távolsága az egy, két, három időegység alatt megtett út hossza. Így az út és az idő kapcsolata elemezhető.

***Eszközök:*** Fémcsatornás lejtő vízszintes kifutóval (mindkettő kb. 1 m hosszú, és **V** vagy **U** metszetű); fémgolyó (átmérője kb. 1,5 cm); egy 14-15 cm magas alátámasztó test (ennek mozgatásával elérhető, hogy a lejtő felső vége kb. 15 cm magasan legyen a kifutó sín síkja felett. Ilyen esetben a vasgolyó – 0,5 másodperces időegységben mérve – kb. 10 cm, 40 cm, 90 cm utakat tesz meg egy, két, három időegység alatt); két darab **M** alakúra hajlított alátámasztó lemez a lejtő alsó vége és a kifutó alá (ezek egyikére támasztva illeszthető egymáshoz a lejtő és a kifutó); ütköző (pl. a csatornába élével illeszthető hasáb); metronóm vagy stopperóra; mérőszalag.

***A mérés menete:***

- Alátámasztjuk a lejtőt, hozzáillesztjük a két alátámasztó lemezre helyezett kifutót, és a lejtő aljához illesztjük az ütközőt. Megindítjuk a 0,5 másodpercre beállított metronómot.
- Többszöri próbálkozással megkeressük és megjelöljük a lejtőnek azokat a pontjait, ahonnan a golyó egy, kettő, három időegység múlva koppan az ütközőnek. Megmérjük e pontok és a lejtő alsó vége közötti távolságokat, a mérési eredményeket beírjuk a táblázatba. Letöröljük a jeleket, és még kétszer megismételjük a mérést.
- Kiszámítjuk az összetartozó adatok és az eltérések átlagát, illetve a relatív hibát. Megadjuk az eredményeket, és elemezzük azokat.
- Ábrázoljuk az utat az idő négyzetének függvényében!

***Mérési eredmények:*** A lejtőn leguruló golyó által megtett utak.

| Az egy időegység alatt megtett út | | | A két időegység alatt megtett út | | | A három időegység alatt megtett út | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $s_1$ | átlag | eltérés | $s_2$ | átlag | eltérés | $s_3$ | átlag | eltérés |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| abszolút hiba: $\Delta s_{1k}$ = | | | abszolút hiba: $\Delta s_{2k}$ = | | | abszolút hiba: $\Delta s_{3k}$ = | | |
| $s_1$ = ..... cm ± .....% | | | $s_2$ = ..... cm ± .....% | | | $s_3$ = ..... cm ± .....% | | |

***Megjegyzések és megállapítások:***

.....

.....

.....

.....

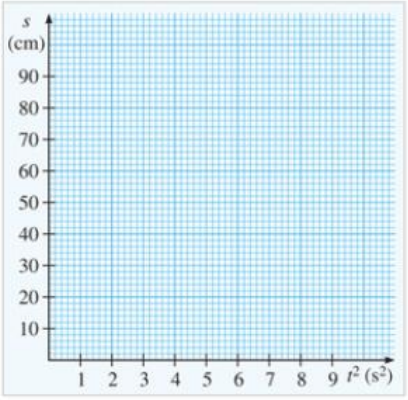
.....

.....

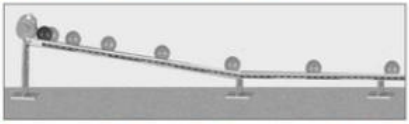
.....

.....

.....




## 3. A lejtőn leguruló golyó pillanatnyi sebessége és a közben eltelt idő kapcsolata



***A mérés elvi alapja:*** A pillanatnyi sebességen azt a sebességet értjük, amellyel a test egyenletesen mozogna tovább azt követően is, hogy megszűnt a hatás, amely gyorsította. Ilyen esetben a már egyenletesen mozgó test sebességének mérése alapján adhatjuk meg a test által a hatás megszűntéig elért pillanatnyi sebességet. A pillanatnyi sebességek összehasonlítása tehát a már egyenletesen mozgó test által egységnyi idő alatt megtett út mérésére vezethető vissza.

***Eszközök:*** Az előző kísérlet eszközei.

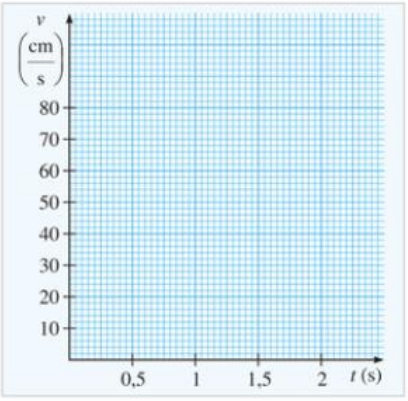
***A mérés menete:*** A lejtőhöz illesztett vízszintes kifutón oda helyezzük az ütközőt, ahova várhatóan a már rajta guruló golyó egy időegység alatt ér el. Elindítjuk a golyót a lejtő azon pontjaiból, ahonnan egy, két, három időegység (0,5 másodperc) alatt gurul le a lejtő aljáig. Megfigyeljük, hogy az ütközés koppanása és a metronóm kattanása egyszerre hallható-e. Ha nem, változtatunk az ütköző helyén, hogy a két hangot egyszerre halljuk. Igaz, hogy a golyó a vízszintes kifutón $v \cdot \cos\alpha$ sebességgel gurul tovább, de a $\cos\alpha$ állandósága miatt így is tudunk összefüggést találni a pillanatnyi sebességek között. Készítsünk sebesség–idő grafikont.

*Mérési eredmények:*

A golyó által a vízszintes kifutón egységnyi idő alatt megtett út.

| **A változó mozgás időtartama** | 1 időegység | 2 időegység | 3 időegység |
|---|---|---|---|
| **A vízszintes kifutón megtett út (három mérés) (cm)** | | | |
| | | | |
| | | | |
| **Az utak átlaga (cm)** | $s_{1k}$ = ..... | $s_{2k}$ = ..... | $s_{3k}$ = ..... |
| **Az egyes értékek eltérése az átlagtól (cm)** | | | |
| | | | |
| | | | |
| **Abszolút hiba (cm)** | $\Delta s_{1k}$ = ..... | $\Delta s_{2k}$ = ..... | $\Delta s_{3k}$ = ..... |
| **Relatív hiba** | | | |
| **Pillanatnyi sebesség** | $v_1$ = ..... $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$ ± .....% | $v_2$ = ..... $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$ ± .....% | $v_3$ = ..... $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$ ± .....% |

*Megjegyzések és megállapítások:*



# 2. A forgómozgás és a körmozgás kísérleti vizsgálata

## 1. A lemezjátszótányér szögsebességének meghatározása „csepegtetős” kísérlettel



***A mérés elvi alapja:*** Az egyenletes forgómozgást végző test szögsebessége változatlan. Ez a szögsebesség számértékileg egyenlő az egységnyi idő alatt bekövetkező szögelfordulással. Meghatározandó az egységnyinek tekintett egyenlő időközönként bekövetkező szögelfordulás nagysága.

***Eszközök:*** Lemezjátszó; lyukas közepű papírkorongok, amelyek mérete a lemezjátszó tányérjával egyenlő; festett víz; kis edény, amelyből a megfestett víz csöpöghet (pl. egy szűk kifolyónyílású pipetta, amelynek a felső nyílásába dugott papírgalacsinnal szabályozhatjuk a víz csöpögésének gyakoriságát); állvány; stopperóra; pohár; ceruza; szögmérő.

***A mérés menete:*** Az állványra erősítjük az üres csöpögtető edényt. A lemezjátszóra ráteszünk egy papírkorongot. Alacsony fordulatszámra állítjuk, és bekapcsoljuk a lemezjátszót. A csöpögtető edény alá tesszük a poharat, és az edényt feltöltjük vízzel. Beállítjuk a csöpögés ütemét (2-3 legyen másodpercenként). Megmérjük 20 csöppenés időtartamát, és ebből kiszámítjuk a két lecsöppenés közötti időtartamot. Az újra feltöltött edényt és az alatta levő poharat a papírkorong fölé (a széléhez közel) visszük. Elvesszük a csöpögés alól a poharat, így a vízcseppek a korongra esnek. Mielőtt egy második körbejárást kezdene a korong, a csöpögés alá tartjuk a poharat, majd az edénnyel együtt elhúzzuk a korong fölül. Kikapcsoljuk a lemezjátszót, levesszük róla a papírkorongot. A korong közepe és a vízcseppek helye által meghatározott „szögszárakat” megrajzoljuk. Megmérjük az egyenlő időközönkénti szögelfordulásokat, és beírjuk azokat a táblázatba. Kiszámítjuk a szögsebességeket.

***Mérési eredmények:*** A két csöppenés közötti időtartam, $\Delta t =$ ..... s.

| **Időtartam (s)** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Szögelfordulás ($\Delta\varphi$)** | | | | | | — |
| **Szögsebesség $\left(\frac{1}{s}\right)$** | | | | | | $\Delta\omega_k =$ ..... |

$$\omega_k = \frac{\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 + \omega_5}{5} = \frac{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad}{5} = \text{.....}$$

$$\Delta\omega_k = \frac{\Delta\omega_1 + \Delta\omega_2 + \Delta\omega_3 + \Delta\omega_4 + \Delta\omega_5}{5} = \frac{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad}{5} = \text{.....}$$

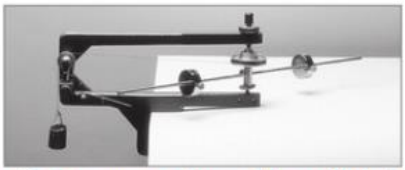
$$\omega = \text{.....}\frac{\text{fok}}{\text{s}} = \text{.....}\frac{\text{(rad)}}{\text{s}};\quad \omega = \text{.....}\ \text{s}^{-1} \pm \text{.....}\%$$

Hasonlítsuk össze a kapott eredményt a lemezjátszó beállított fordulatszáma alapján kiszámítottal!

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

## 2. A változó forgómozgás kísérleti vizsgálata



***A mérés elvi alapjai:*** A haladó mozgások vizsgálatánál láttuk, hogy az egyenletesen változó mozgást végző test által megtett út az idő négyzetével egyenesen arányos. Ha azt tapasztaljuk (analógiát feltételezve vagy a letekeredő zsineg sebességének és a kerületi sebességnek az egyenlőségét felhasználva), hogy a szögelfordulás ugyancsak az idő négyzetével egyenesen arányos, akkor az általunk vizsgált test pontjai is egyenletesen változó körmozgást végeznek.

***Eszközök:*** Jól csapágyazott függőleges tengelyen forgó merev test (lásd ábra); állócsiga; zsineg; különböző tömegű nehezékek, amelyekkel beállítható a test forgása úgy, hogy elengedés után önállóan éppen elinduljon, de ne forogjon túl gyorsan; stopperóra.

***A mérés menete:*** Egy függőleges tengelyen forgó test bármely kijelölt pontjának mozgását úgy vizsgálhatjuk meg, ha a test tengelyére rácsavart zsineget átvetjük egy vízszintes tengelyű csigán, és a zsineg másik végére nehezéket akasztunk. Forgassuk körbe a tengelyen levő testet, hogy a hozzá erősített zsineg 15-20-szor rátekeredjen a tengelyre. Válasszuk ki a forgatáshoz megfelelő nehezéket és fordítsuk el a testet egy jól megfigyelhető helyzetébe (pl. ha a test egy rúd, akkor annak a végét a tengelyt tartó szerkezet egy pontja mellé). Egyik kezünkkel tartsuk a testet ebben a helyzetében, a másik kezünkben tartsuk a stoppert indításra kész állapotban. A test elengedésének pillanatában indítsuk a stoppert, és a kívánt mértékű szögelfordulás pillanatában pedig állítsuk le. Végezzünk 5-5 mérést a 180°, a 4 · 180° és a 9 · 180° szögelfordulás időtartamának meghatározására. Írjuk be a mérési eredményeket a táblázatba!

***Mérési eredmények:***

| **A szögelfordulás** | 180° | 4 · 180° | 9 · 180° |
|---|---|---|---|
| **Az elfordulás időtartama (s)** | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| **Az időtartamok átlaga** | | | |
| **Eltérések az átlagidőtől (s)** | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| **Az eltérések átlaga (s)** | | | |
| **A relatív hiba** | | | |
| **Az időtartamok és hibájuk** | | | |

$$t_k = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = \ldots\ldots$$

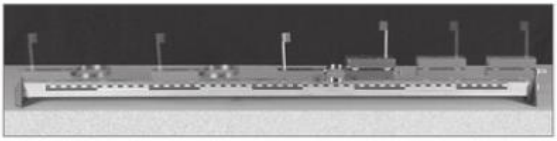
$$\Delta t_k = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = \ldots\ldots$$

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

# 3. Tömegmérés dinamikai módszerrel

## 1. Egy kiskocsi tömegének meghatározása dinamikai módszerrel



***A mérés elvi alapjai:*** Tudjuk, hogy két test mechanikai kölcsönhatásakor a testek tömege fordítottan arányos sebességváltozásaikkal: $m_1 : m_2 = \Delta v_2 : \Delta v_1$. A sebességarányok és az egyik test tömegének ismeretében a másik test tömege kiszámítható. Az elért pillanatnyi sebességek aránya egyenlő a már egyenletesen mozgó kocsik által egyenlő idő alatt megtett utak arányával. Így a tömegmérés visszavezethető a hosszúságarányok meghatározására.

***Eszközök:*** Két különböző tömegű kiskocsi, közéjük feszíthető rugóval; (az egyik kocsira erősítendő nehezék, ha a két kocsi egyenlő tömegű); két nagy tömegű ütköző; cérna a rugó összekötéséhez; gyufa a cérna elégetéséhez; mérőszalag.

***A mérés menete:*** Összenyomjuk és összekötjük a rugót. A két kocsit úgy helyezzük egymás mellé, hogy a közöttük levő összenyomott rugó érintse mindkettőt. Megjelöljük a két kocsi egymáshoz közelebb levő tengelyeinek helyét az asztalon, hogy azonos helyzetből tudjuk megismételni a kocsik szétlökését. Elhelyezzük az ütközőket (a becsült tömegek arányának megfelelő távolságra). Elégetjük a cérnát, és megfigyeljük a kocsik ütközőkhöz koppanásának pillanatát. Ha a kocsik nem egyszerre koppannak, célszerűen megváltoztatjuk az egyik ütköző helyét és megismételjük a szétlöketést. Ezt addig ismételjük, míg a két koppanást egyszerre halljuk. Lemérjük az ütközők távolságát a két kocsi feltételezett tömegközéppontjának szétlökés előtti helyétől, és kiszámítjuk ezek arányát.

***Mérési eredmények:***

$\Delta s_1 =$ ..... cm; $\Delta s_2 =$ ..... cm.

$$\frac{\Delta s_1}{\Delta s_2} = \text{.....}$$

$$m_2 = m_1 \frac{\Delta s_1}{\Delta s_2} = \text{.....} \text{ kg.}$$

## 2. Egy szabálytalan alakú test (pl. egy nagyméretű anyacsavar) sűrűségének meghatározása

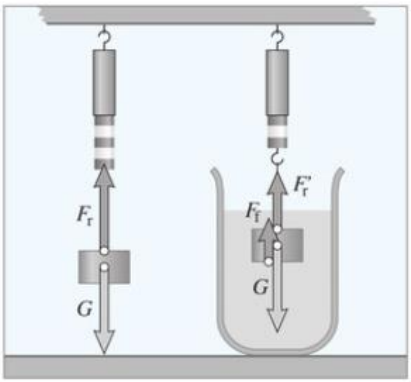
***A mérés elvi alapjai:*** Tudjuk, hogy egy test anyagának sűrűségét a test tömegének és térfogatának hányadosaként lehet kiszámítani. A tömegmérés kellő pontossággal végezhető el. A szabálytalan alakú test térfogatát Arkhimédész törvénye alapján lehet viszonylag jó pontossággal meghatározni. (A felhajtóerő egyenlő nagyságú a kiszorított folyadék súlyával.)

***Eszközök:*** A mérendő sűrűségű test; főzőpohár vízzel; kellő pontosságú rugós erőmérő; cérna.

***A mérés menete:*** Cérnát kötünk a testre, és ráakasztjuk a rugós erőmérőre. Megmérjük a test súlyát levegőben, majd megmérjük a súly és a felhajtóerő közötti különbséget, amikor a testet teljes mértékben vízbe süllyesztettük. E két mért erő közötti különbségből kiszámítjuk a felhajtóerőt, majd

a kiszorított víz tömegét (a víz sűrűségének ismeretében), a térfogatát, és így a test térfogatát is (amelyet érdemes $cm^3$-ben számolni). A levegőben mért súlyból meghatározzuk a test tömegét (célszerű grammban megadni). A két mennyiség ismeretében kiszámítjuk a test anyagának sűrűségét $\frac{g}{cm^3}$-ben.

Az erőmérő pontatlansága miatt nincs értelme többször elvégezni a mérést, mert gyakorlatilag mindig ugyanazt az értéket kapnánk. *Hiba azonban így is előfordul. Ezért abszolút hibának az erőmérő legkisebb beosztásának felét vehetjük, és ezzel számolunk relatív hibát. A sűrűség relatív hibájának a tömeg és a térfogat relatív hibájának összegét vegyük!*




***Mérési eredmények:***

$G =$ ..... N ± .....%; $\Rightarrow$ $m =$ ..... g ± .....%.

$G - F_f =$ ..... N ± .....%; $\Rightarrow$ $V =$ ..... $cm^3$ ± .....%.

$\rho =$ ..... $\frac{g}{cm^3}$ ± .....% = ..... $\frac{kg}{m^3}$ ± .....%.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

.....

.....

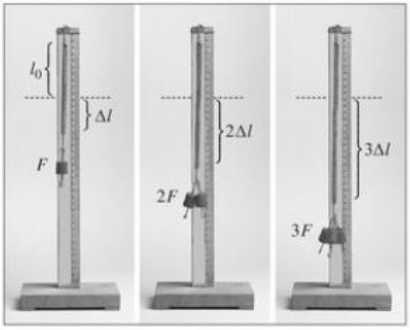
.....

# 4. Mérés és kísérlet rugós erőmérőkkel

## 1. Egy test súlyának meghatározása rugóból vagy gumiszálból készített (skálázott) erőmérő segítségével

***A feladat elvégzésének elvi alapja:*** Az erő mérése hatásai alapján lehetséges. Sztatikai erőméréskor egy rugalmas test (a rugalmasság határán belüli) alakváltozásának mértékéből következtetünk az alakváltozást okozó erőhatás nagyságára. A sztatikai erőmérésre jól használható – a mérendő erőtartománynak megfelelő rugóállandójú – csavarrugó vagy gumiszál. A rugókat 4-5 ismert nagyságú erőhatással „terhelve" kell ismeretlen erők mérésére előkészíteni, így skálát vagy erő–megnyúlás grafikont lehet hozzájuk készíteni.

***Eszközök:*** Hitelesítendő csavarrugó (vagy gumiszál); mérőszalag vagy vonalzó; Bunsen-állvány szorítókkal; akasztható súlysorozat; ismeretlen tömegű test; négyzetmilliméteres beosztású papírlapok.




***A mérés menete:*** Függesszük fel a Bunsen-állványon levő szorítóra a rugót, és mérjük meg ötször gondosan terheletlen állapotban a hosszát, majd az eredményeket írjuk be a táblázatba. (Célszerű a legfelső csavarmenet síkjától a legalsó síkjáig mérni. Gumiszálnál a kötések közötti távolságot mérjük.) Ezt követően ismert súlyú testet akasszunk a rugóra, és így is mérjük meg a hosszát. Vegyük le a rugóról a testet, majd újra akasszuk rá, és ismét mérjük meg a hosszát. Ezt is ötször ismételjük meg. Az előbb leírt feladatot 4-5 különböző, ismert súlyú testtel is végezzük el.
Milliméterpapírra készítsük el a skálát oly módon, hogy a megnyúlás mértékét mutató jel mellé írjuk oda a hozzá tartozó erő mérőszámát. (A rugó terheletlen állapotában mért hosszának megfelelő szakasz berajzolásával kezdjük). Készítsük el az erő–megnyúlás grafikont is!
Akasszuk fel a rugóra az ismeretlen súlyú testet, és a megfelelő módon mögé illesztett skáláról olvassuk le a megnyúlást.
Olvassuk le az erő–megnyúlás grafikonról a mért megnyúláshoz tartozó erőértéket!

***Mérési eredmények:***
A skála és a grafikon elkészítése.

Az ismert testek súlya:

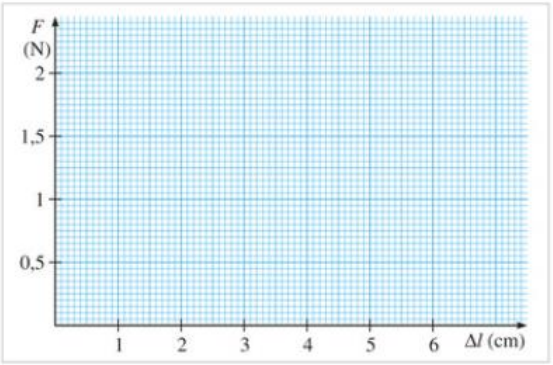
$G_1$ = .....

$G_2$ = .....

$G_3$ = .....

$G_4$ = .....

$G_5$ = .....



| A mérések sorszáma | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | Átlag | Erő |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Terheletlen hossz: $l_0$ (cm)** | | | | | | | — |
| **Terhelt hossz: $l_1$ (cm)** | | | | | | | — |
| $l_1 - l_0 = \Delta l_1$ (cm) | | | | | | | |
| $l_2$ (cm) | | | | | | | — |
| $l_2 - l_0 = \Delta l_2$ (cm) | | | | | | | |
| $l_3$ (cm) | | | | | | | — |
| $l_3 - l_0 = \Delta l_3$ (cm) | | | | | | | |
| $l_4$ (cm) | | | | | | | — |
| $l_4 - l_0 = \Delta l_4$ (cm) | | | | | | | |
| $l_5$ (cm) | | | | | | | — |
| $l_5 - l_0 = \Delta l_5$ (cm) | | | | | | | |
| **Ismeretlen testnél: $l$ (cm)** | | | | | | | — |
| $l - l_0 = \Delta l$ (cm) | | | | | | | |

Az ismeretlen tömegű test súlyának leolvasása a skáláról: $G_1$ = ..... N.

Az ismeretlen tömegű test súlyának meghatározása a grafikonról: $G_2$ = ..... N.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

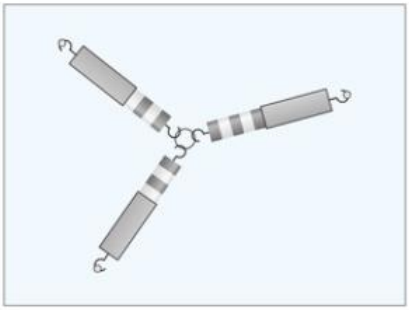
.....

.....

## 2. Anyagi pontnak tekinthető test egyensúlyának vizsgálata

***A vizsgálat alapelvei:*** Az erők együttes hatásának vizsgálatánál célszerű az erők eredőjének meghatározása. Ebben a kísérletben, az egyensúlyban levő anyagi pontot érő ugyanabban a síkban levő, egymást metsző hatásvonalú erők eredőjét határozzuk meg, így következtetéseket vonhatunk le az anyagi pont egyensúlyának feltételére vonatkozóan is.

***Eszközök:*** Három darab rugós erőmérő; kisméretű fémkarika, ami az anyagi pontot helyettesíti; rajztábla; rajzlap; rajzszegek; 4-5 gombostű; kalapács; mm-beosztású vonalzó.



***A mérés menete:*** A rajzlapot a rajzszegekkel a rajztáblára erősítjük. Három gombostűt tetszőlegesen, de nem szimmetrikus helyen beütünk a rajztáblába. (Célszerű őket az erőmérők hosszát figyelembe véve a rajzlap három különböző széle közelében beütni.) Mindhárom rugós erőmérő horgát beakasztjuk a fémkarikába, és a másik végükön levő „fület" egy-egy beszúrt gombostűre akasztjuk. Az így kifeszített erőmérők megmutatják az anyagi pontot érő három erő nagyságát és helyzetükkel az irányát is. Az egyes erőmérők mellé odaírjuk az általuk mért erők nagyságát. Megjelöljük a fémkarika középpontját a rajzlapon, és levesszük az erőmérőket a karikával együtt. Ceruzával megrajzoljuk az anyagi pont helye és a gombostűk által meghatározott három szakaszt. Ezekre rárajzoljuk a – célszerűen méretezett – erővektorokat. Páronként, paralelogramma-módszerrel megszerkesztjük a két-két erővektor három eredőjét, és meghatározzuk azok nagyságát. Ezeket az értékeket is a megfelelő eredővektor mellé írjuk a rajzlapra. Elemezzük a kapott értékeket!

***Mérési eredmények:*** A rajzlapon találhatók.

***Megállapítások:***

Három erő esetében az egyensúlyban levő anyagi pontot érő bármely két erő eredője .....

.....

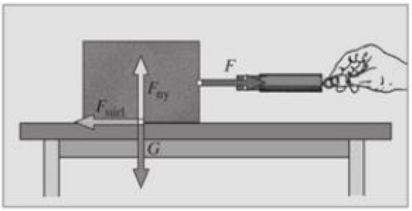
.....

Az egyensúlyi helyzetben levő anyagi pontot érő erők eredője .....

.....

# 5. Súrlódási erők kísérleti meghatározása

## 1. Egy fahasáb és az asztallap közötti csúszási súrlódási együttható meghatározása erőmérő segítségével




***A mérés alapelve:*** Ha egy szilárd test csúszik az alátámasztásként használt felületen, akkor a két test között súrlódási erő lép fel ($F_s$), amely egyenesen arányos a felületeket merőlegesen egymáshoz nyomó erővel ($F_{ny}$), és függ a felületek egyenetlenségének mértékétől is. A felületek egyenetlenségére jellemző csúszási súrlódási együttható ($\mu$) a súrlódási erő és a nyomóerő hányadosaként számítható ki: $\mu = \frac{F_s}{F_{ny}}$. Ha egy test csak a súlyával ($G = m \cdot g$) nyomja a vízszintes alátámasztást, akkor a nyomóerő egyenlő a test súlyával, ami rugós erőmérővel könnyen megmérhető. A csúszási súrlódási erő egyenlő nagyságú és ellentétes irányú a test egyenletes csúszását biztosító vízszintes erővel. Ez utóbbit rugós erőmérővel ugyancsak egyszerű megmérni.

***Eszközök:*** Érzékeny rugós erőmérő; fahasáb egy benne levő szemes csavarral, amelybe a rugós erőmérő akasztható.

***A mérés menete:*** A szemes csavarba akasztott erőmérővel megmérjük a hasáb súlyát. Ezt követően egyenletesen vontatjuk a vízszintes asztallapra helyezett hasábot, és közben leolvassuk az erőmérő által jelzett vontatóerőt, amely egyenlő nagyságú a csúszási súrlódási erővel. A leolvasott értéket beírjuk a táblázatba. Ezt a mérést az asztal különböző helyén és a hasáb különböző irányú vontatásával ötször végezzük el.

***Mérési eredmények:*** A hasáb súlya: $G = F_{ny} =$ ..... N ± ..... %.

| A mérés sorszáma | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | Átlag |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A súrlódási erő: $F_s$ (N) | | | | | | — |
| A súrlódási együttható | | | | | | |

$$\mu_k = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 + \mu_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = \text{.....}$$

$$\Delta\mu_k = \frac{\Delta\mu_1 + \Delta\mu_2 + \Delta\mu_3 + \Delta\mu_4 + \Delta\mu_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = \text{.....}$$

$\mu =$ ..... ± ..... %.

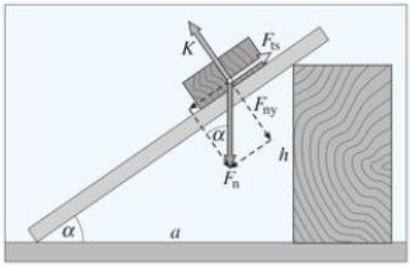
***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

## 2. Fahasáb és változtatható hajlásszögű síklap közötti tapadási súrlódási együttható ($\mu_0$) meghatározása lejtő segítségével

*A mérés elvi alapja:* Az $\alpha$ hajlásszögű lejtőre helyezett hasábot három erőhatás éri, amelyek jellemzői: a nehézségi erő, a lejtő síkjára merőleges kényszererő és a súrlódási erő. Ezek eredője határoz-

za meg a hasáb mozgásállapotát. Amíg a hasáb nyugalomban van, az első két erő eredője egyenlő nagyságú, de ellentétes irányú a tapadási súrlódási erővel. A tapadási súrlódási erő mindig akkora, mint az az erő, amelyik a testet mozgásba akarja hozni, tehát nulla és egy – az adott körülményektől függő – maximális erő között változhat. A tapadási súrlódási együttható kiszámításához a nyomóerőn kívül ezt a maximális erőt kell meghatározni.




A lejtőn levő testet érő nehézségi erő és a kényszererő eredője – és így a tapadási súrlódási erő is – függ a lejtő hajlásszögétől. Azt a hajlásszöget kell tehát meghatározni, amely esetében a hasáb még éppen nem mozdul meg. Mint tudjuk, a lejtőn levő testnél a tapadási súrlódási erő $F_{ts} = F_n \cdot \sin\alpha$, a kényszererő pedig, amivel a nyomóerő egyenlő nagyságú $F_{ny} = F_n \cdot \cos\alpha$.

Így: $\mu_0 = \frac{F_{ts\,max}}{F_{ny}} = \frac{F_n \cdot \sin\alpha}{F_n \cdot \cos\alpha} = \mathrm{tg}\alpha = \frac{h}{a}$, ahol $h$ a lejtő magasságának, $a$ pedig a lejtő alapjának a hossza. Ezzel a tapadási együttható mérését visszavezettük egy szög vagy két hosszúság mérésére.

***Eszközök:*** Állítható hajlásszögű lejtő, fahasáb, mérőszalag vagy mérőléc, szögmérő.

***A mérés menete:*** A lejtőt beállítjuk tetszőleges (de nem nagy) hajlásszögű helyzetbe. Rátesszük a hasábot, amely vagy nyugalomban marad, vagy elkezd csúszni. Ha csúszik, csökkentsük, ha nyugszik, növeljük a hajlásszöget addig, míg az újra rátett hasáb még éppen nyugalomba marad. Mérjük meg a lejtő hajlásszögét vagy magasságát és alapját, amelyekből a tapadási súrlódási együttható meghatározható. Ezt ismételjük meg ötször úgy, hogy a hasábot különböző helyekre tesszük!

***Mérési eredmények:***

| A mérés sorszáma | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | Átlag |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A lejtő hajlásszöge ($\alpha$) | | | | | | |
| A lejtő magassága ($h$) | | | | | | — |
| A lejtő alapja ($a$) | | | | | | — |
| $\mathrm{tg}\alpha$ | | | | | | |
| Eltérés az átlagtól | | | | | | |

$$\mathrm{tg}\alpha_k = \frac{\mathrm{tg}\alpha_1 + \mathrm{tg}\alpha_2 + \mathrm{tg}\alpha_3 + \mathrm{tg}\alpha_4 + \mathrm{tg}\alpha_5}{5} = \frac{\qquad}{5} = \ldots\ldots$$

$$\Delta\mathrm{tg}\alpha_k = \frac{\Delta\mathrm{tg}\alpha_1 + \Delta\mathrm{tg}\alpha_2 + \Delta\mathrm{tg}\alpha_3 + \Delta\mathrm{tg}\alpha_4 + \Delta\mathrm{tg}\alpha_5}{5} = \frac{\qquad}{5} = \ldots\ldots$$

$\mu_0 = \mathrm{tg}\alpha = \ldots\ldots \pm \ldots\ldots\%$.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

# 6. A gravitációs mező jellemzőinek kísérleti meghatározása

## 1. Nehézségi gyorsulás meghatározása fonálingával

***A mérés elvi alapja:*** Tudjuk, hogy a fonálinga lengésideje kis (szög)kitéréseknél ($\alpha_{max} \approx 5°$) egyenesen arányos hosszának négyzetgyökével és fordítva a nehézségi gyorsulás négyzetgyökével. Az arányossági tényező: $2\pi$. A $T$ és $l$ könnyen mérhető, így $g$ kiszámítható.

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l}{T^2};$$



***Eszközök:*** Bunsen-állvány szorítóval; fonal; ólomnehezék; mérőszalag; stopperóra.

***A mérés menete:*** Egy kb. 70-80 cm-es zsineg egyik végére ráerősítjük az ólomnehezéket, a másik végét hozzákötjük a Bunsen-állványon levő szorítóhoz. Megmérjük az inga hosszát (a kötésponttól a nehezék tömegközéppontjáig), és az eredményt feljegyezzük. Az így kapott fonalingát kis szögben kitérítjük, és úgy engedjük el, hogy az síklengést végezzen. Ötször mérjük meg az inga legalább 20 teljes lengésének időtartamát, és az eredményeket írjuk be a táblázatba! Ezek átlagából kiszámítjuk az inga lengésidejét, majd a nehézségi gyorsulást.

***Mérési eredmények:*** Az inga hossza: $l$ = ..... cm ± .....% = ..... m ± .....%.

A lengések száma: .....

| A mérés sorszáma | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | Átlag |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A 20 lengés időtartama (s) | | | | | | — |
| A lengésidő (s) | | | | | | — |
| $g$ számított értéke $\left(\frac{m}{s^2}\right)$ | | | | | | |
| Eltérés az átlagtól $\left(\frac{m}{s^2}\right)$ | | | | | | |

$$g_k = \frac{g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = .....$$

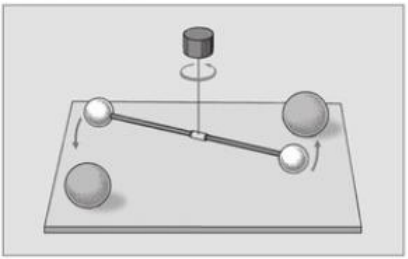
$$\Delta g_k = \frac{\Delta g_1 + \Delta g_2 + \Delta g_3 + \Delta g_4 + \Delta g_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = .....$$

$$g = ..... \frac{m}{s^2} \pm .....\%$$

***Megjegyzések és megállapítások:***
(Hasonlítsuk össze a mért értéket a szakirodalomból ismert értékkel!)

## 2. A gravitációs vonzás vizsgálatának elemzése a Cavendish-féle ingánál

Ismertessük a Cavendish-kísérletet a mellékelt ábrák felhasználásával!



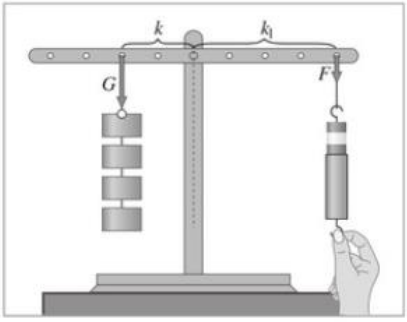


# 7. Merev test egyensúlyának kísérleti vizsgálata

## 1. Merev test egyensúlyának vizsgálata kétoldalú emelővel

***Eszközök:*** Tengelyezett, egyenlő karú kétoldalú emelő állvánnyal; az emelőre akasztható egyenlő tömegű nehezékek; rugós erőmérő; mérőszalag vagy mérőléc.

***A mérés menete:*** Megmérjük a kiválasztott egyenlő tömegű nehezékek súlyát. Az emelő egyik oldalának egy pontjára felakasztunk egymás alá pl. négy nehezéket. A másik oldal egy pontjára akasztott függőleges helyzetű erőmérővel vízszintes helyzetig húzzuk az emelőt. Így tartva a rendszert, leolvassuk és feljegyezzük az erőmérő által jelzett értéket. Megmérjük az emelő azon két pontjának a tengelytől mért távolságát, ahova a nehezékeket, illetve az erőmérőt akasztottuk. Feljegyezzük a táblázatba a mért értékeket. Ugyanezt a feladatsort elvégezzük, az erőmérőt az emelő négy másik pontjához kapcsolva is.




***Mérési eredmények:*** A nehezékek együttes súlya $G$ = ..... N.

***Megállapítás:*** .....

| $G$ (N) | $k$ (m) | $G \cdot k$ (N · m) | $F$ (N) | $k_1$ (m) | $F \cdot k_1$ (N · m) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

$$M_k = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = .....$$

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

Ellenőrizzük, hogy a tanultak alapján várt értékek a mért értékek hibahatárán belül vannak-e!

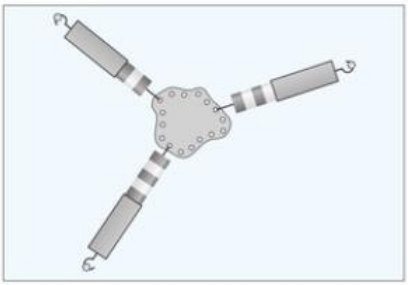
$$\Delta M_k = \frac{\Delta M_1 + \Delta M_2 + \Delta M_3 + \Delta M_4 + \Delta M_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = .....$$

$M$ = ..... N · m ± ..... %.

.....

.....

## 2. Merev test egyensúlyának vizsgálata rugós erőmérőkkel.



***A vizsgálat elvi alapjai:*** Tanultuk, és egy másik mérési feladatnál is megállapítottuk, hogy az anyagi pont egyensúlyának az a feltétele, hogy a rá ható erők eredője nulla legyen:

$$\sum_{i=1}^{n} \vec{F} = 0.$$

Most azt vizsgáljuk meg, hogy a kiterjedt merev testek egyensúlyának feltétele-e ez a kikötés. (Ez a vizsgálat nem zárja ki más feltétel létezését, pl. a forgási egyensúly feltételét.)

***Eszközök:*** Három darab rugós erőmérő; tetszőleges alakú vékony fém-, fa- vagy műanyag lemezből kivágott síkidom, amelynek széleihez közel 5-6 helyen kb. 0,5 cm átmérőjű lyuk található; rajztábla; rajzlap; rajzszegek; 4-5 gombostű; kalapács; mm-beosztású vonalzó.

***A mérés menete:*** A rajzlapot a rajzszegekkel a rajztáblára erősítjük. Három gombostűt tetszőlegesen, de nem szimmetrikus helyen beütjük a rajztáblába. (Célszerű őket az erőmérők és a síkidom méretét figyelembe véve a rajzlap három különböző széle közelében beütni.) Mindhárom rugós erőmérő horgát egyenként beakasztjuk a lemezen fúrt lyukak (vagy az azokba kötött cérnahurkok) valamelyikébe, és a másik végükön levő „fület" egy-egy beszúrt gombostűre akasztjuk. Megemelgetjük a merev testet, hogy az erőmérők hatása a súrlódástól függetlenül érvényesülhessen. Az így kifeszített erőmérők megmutatják a lemezt érő három erő nagyságát, és helyzetükkel az irányát is. Az egyes erőmérők mellé odaírjuk az általuk mért erők nagyságát. A lyukakban megjelöljük az erők támadáspontját a rajzlapon, és levesszük az erőmérőket a lemezzel együtt. Ceruzával megrajzoljuk a támadáspontok és a gombostűk helye által meghatározott három hatásvonalat. Ezekre közös metszéspontjukból indítva rárajzoljuk a – célszerűen méretezett – erővektorokat. Páronként paralelogramma-módszerrel megszerkesztjük a két-két erővektor három eredőjét, és meghatározzuk azok nagyságát. Ezeket az értékeket is a rajzlapra írjuk a megfelelő eredővektor mellé. Elemezzük a kapott értékeket!

***Mérési eredmények:*** A rajzlapon találhatók.

***Megjegyzések és megállapítások:*** Három erő esetében az egyensúlyban levő kiterjedt merev testet érő bármely két erő eredője .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

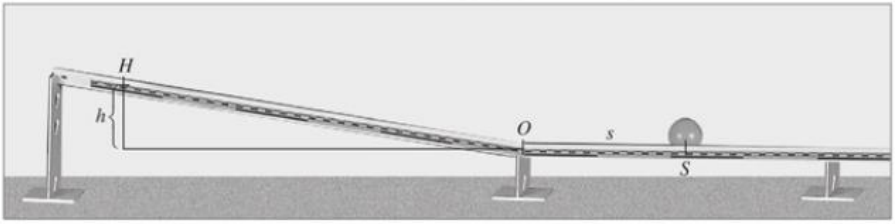
Az egyensúlyi állapotban levő kiterjedt merev testet érő erők eredője ....., ez a kiterjedt merev testek egyensúlyának egyik feltétele.

# 8. A mechanikai energiák kísérleti vizsgálata

## 1. A lejtőn leguruló golyó forgási energiájának meghatározása

***A mérés elvi alapjai:*** Az olyan rendszerekre, amelyeken belül csak a mechanikai energiák változnak vagy a többi energiaváltozás elhanyagolható, felírható a mechanikai energiák megmaradásának törvénye. Ha a lejtőn leguruló golyónál eltekinthetünk a súrlódástól és a közegellenállástól, teljesül ez a feltétel. Így igaz, hogy a golyó bármely két állapotában a helyzeti, a mozgási és a forgási energia összege egyenlő: $E_h + E_m + E_f = E'_h + E'_m + E'_f$. Ha kiindulási helyzetként a golyó elengedésének pillanatát választjuk, a helyzeti energia nullszintjét pedig a lejtő legalsó pontjában adjuk meg, akkor az egyenlet egyszerűbb alakban írható fel: $E_h = E'_m + E'_f$. A golyó helyzeti és mozgási energiája a test $m$ tömegének, az elmozdulás $h$ szintkülönbségének és $v$ sebességének ismeretében kiszámítható, ha ezeket meg tudjuk mérni, az egyenletből a forgási energia meghatározható.

***Eszközök:*** Fémcsatornás lejtő vízszintes kifutóval; golyó; karos mérleg; metronóm; mérőléc.




***A mérés menete:*** Megmérjük a test $m$ tömegét. A metronómon az időegységet 0,5 s-ra állítjuk. Az 1. téma 3. méréséhez hasonlóan megkeressük a lejtőn azt a $H$ pontot, ahonnan a golyó 3 időegység alatt az $O$ pontba érkezik, valamint azt az $S$ pontot, ahová a negyedik időegység alatt a vízszintes szakaszon jut. $H$ és $S$ ismeretében meghatározható a $HO = h$ szintkülönbség és az $OS = s$ út. Feltételezve, hogy a vízszintes szakaszon a golyó sebessége nem változik, azt állíthatjuk, hogy a golyó sebessége a lejtő alján és az $S$ pontban egyenlő, vagyis megegyezik az $s$ útból és a $t$ időegységből kiszámított $v$ sebességgel. A golyó forgási energiáját három mérés alapján számítjuk ki.

***Mérési eredmények:***

A golyó tömege: $m =$ ..... g = ..... kg; a szintkülönbség: $h =$ ..... cm = ..... m.

A helyzeti energia változása a golyó legurulása közben: $E_h = m \cdot g \cdot h =$ ..... J.

| **A vízszintes kifutón 0,5 s alatt a golyó megtett útja** | $s_1 =$ ..... m | $s_2 =$ ..... m | $s_3 =$ ..... m |
|---|---|---|---|
| **A golyó sebessége** | $v_1 =$ ..... $\frac{m}{s}$ | $v_2 =$ ..... $\frac{m}{s}$ | $v_3 =$ ..... $\frac{m}{s}$ |
| **A golyó mozgási energiája a lejtő alján** | $E'_{m_1} =$ ..... J | $E'_{m_2} =$ ..... J | $E'_{m_3} =$ ..... J |

$E'_{m\ átl.} =$ ..... J. A golyó forgási energiája: $E'_f = E_h - E'_{m\ átl.} =$ ..... J.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

## 2. A lejtőn leguruló golyó forgási energiájának meghatározása a golyó lefékezése közben végzett súrlódási munka, valamint a helyzeti energia csökkenéséből

***A mérés elvi alapja:*** Azonos az 1. feladatnál leírtakkal, de itt a mozgási energiát a golyó lefékezésénél végzett súrlódási munka alapján határozzuk meg.

***Eszközök:*** Az 1. feladat eszközei és egy „csúszópapucs" (a csúszópapucs pl. keménypapírból készített, a kifutóba illeszkedő derékszögű háromszög keresztmetszetű, egyik végén nyitott hasáb, amelyben vattából kialakított fészek van, hogy a belefutó golyó benne maradjon).

***A mérés menete:*** A csúszópapucsot a lejtő aljához helyezzük (nyitott szájával a lejtő felé). A lejtőn kijelölünk egy pontot (célszerű kb. három időegység alatt megtett távolságban), és onnan elengedve belefuttatjuk a golyót a csúszópapucsba. Megmérjük a golyóval együtt elcsúszó papucs által megtett utat. Az eredményt beírjuk a táblázatba. Még négyszer elvégezzük ezt a mérést. Rugós erőmérővel megmérjük a papucsnál (a benne levő golyóval együtt) a csúszási súrlódási erőt. Ezt is ötször olvassuk le. Kiszámítjuk a súrlódási munkát, ami a golyó legnagyobb mozgási energiájával egyenlő (célszerű a cosα-val korrigálni). Megmérjük a golyó indítási pontjánál a golyó szintkülönbségét a vízszintes kifutótól (mindkét esetben vagy a golyó tömegközéppontját vagy a felső pontját vegyük figyelembe). Megmérjük a golyó tömegét, kiszámítjuk a helyzeti energiát. Energiamérleget készítünk, és indokoljuk azt.

***Mérési eredmények:***

A golyó tömege: $m$ = ..... g = ..... kg ± .....%.

A szintkülönbség: $h$ = ..... cm = ..... m ± .....%.

A golyó helyzeti energiája a nullszinthez képest: $E_h = m \cdot g \cdot h$ = ..... J ± .....%.

| **A mérések sorszáma** | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | Átlag |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **A fékút (cm)** | | | | | | — |
| **A súrlódási erő (N)** | | | | | | — |
| **Súrlódási munka (J)** | | | | | | |
| **Eltérés az átlagtól (J)** | | | | | | |

$$W_k = \frac{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = .....$$

$$\Delta W_k = \frac{\Delta W_1 + \Delta W_2 + \Delta W_3 + \Delta W_4 + \Delta W_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = .....$$

A súrlódási munka: $W_{átl} = F_s \cdot s$ = ..... J ± .....%.

A golyó mozgási energiája a lejtő alján: $E'_m$ = ..... J ± .....%.

A golyó forgási energiája: $E'_f = E_h - E'_{m\ átl.}$ = ..... J ± .....%.
(A hiba legyen a két energia relatív hibájának összege.)

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

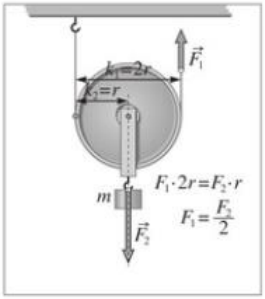
# 9. Energiaváltozások kísérleti vizsgálata

## 1. A hatásfok kiszámítása egy mozgócsigával felemelt test esetében

***A mérés elvi alapjai:*** A hatásfok a hasznos energiaváltozás és az összes energiaváltozás hányadosa. Ebben az esetben a helyzeti energia megváltozása a hasznos, a mozgócsigán végzett emelési munka pedig az összes energiaváltozás.

***Eszközök:*** Csiga, zsineg; a felemelendő merev test; mérleg a test tömegének megmérésére; rugós erőmérő; mérőléc; Bunsen-féle állvány szorítóval.

***A mérés menete:*** Az ábrán látható módon összeállítjuk a kísérleti eszközt. Az erőmérővel függőleges helyzetben tartjuk a zsineget úgy, hogy a test néhány cm-rel az asztal felett legyen. Megmérjük a test egy pontja és az asztal lapja közötti távolságot. Leolvassuk az erőmérőről a tartóerőt, és szép lassan, egyenletesen emeljük az erőmérőt addig, míg a csiga tengelye pl. 10 cm-rel magasabbra emelkedik. Közben megfigyeljük, hogy változik-e az erőmérő által mutatott erő emelés közben. Leolvassuk az erőmérő egy pontjának, pl. a horgának az emelkedését.




***Mérési eredmények:***

A test súlya: $G$ = ..... N. Az emelőerő nagysága: $F$ = ..... N.

A test emelkedése: $\Delta h_1$ = ..... cm = ..... m. $\Delta E_h$ = ..... J.

Az erőmérő emelkedése: $\Delta h_2$ = ..... cm = ..... m. $W$ = ..... J.

$$\eta = \frac{\Delta E_h}{W}$$

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

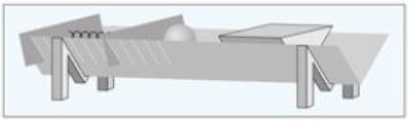
.....

.....

## 2. Összenyomott rugó rugalmas energiájának kísérleti összehasonlítása az általa ellökött golyó mozgási energiájával

***A mérés elvi alapja:*** A rugóállandó és az alakváltozás mértékének ismeretében kiszámítható a rugó rugalmas energiája. Mindkét adat könnyen mérhető. A golyó mozgási energiája egyenlő a (csúszópapucsba való futás utáni) fékezési munkával, ami a 8. téma 2. feladatában megismert módon meghatározható. Így a két energia összehasonlítható.

***Eszközök:*** Csavarrugó; kb. 1,5 cm átmérőjű vasgolyó; rugós erőmérő; mérőléc; csúszópapucs (lásd 8. téma 2. feladat); a lejtős kísérleteknél használt V keresztmetszetű kifutó, amelynek szárai az egyik végétől mérve centiméterenként 10-15 helyen félig be vannak fűrészelve, hogy lemezeket lehessen ezekbe a vágatokba helyezni, és a rugót két behelyezett lemez közé lehessen szorítani; az egyik lemez sima fém vagy műanyag lap, amelynek majd a összenyomott rugó a belső végével támaszkodik; a másik lemez közepéhez, a lemezre merőlegesen egy (a rugó hosszának kb. a felével egyenlő hosszúságú) vastag drót van erősítve, amely megakadályozza, hogy a két lemez közé feszített rugó felpúposodjon; két M alakú támaszték, amibe a kifutó rúd vízszintesen belehelyezhető.



***A mérés menete:*** Első lépésként meghatározzuk a rugó rugóállandóját (ehhez egy erőmérő közbeiktatásával megnyújtjuk a rugót, megmérjük a megnyúlást, leolvassuk az erőt, kiszámítjuk a rugóállandót). A két M alakú támasztékra helyezzük a V keresztmetszetű kifutót. A vastag dróttal ellátott lemezt a legkülső vágatba helyezzük, és a rugót ráhúzva a drótra, a pályára fektetjük azt a kifutót. Jelöljük meg a feszítetlen rugó belső végének a helyét. Nyomjuk össze a rugót egészen a vastag drót végéig, és az előtte levő vágatba helyezzük be a sima lemezt. Számoljuk meg és jegyezzük fel, hogy hány cm-rel nyomtuk össze a rugót. Helyezzük a belső lemez elé a golyót, és tőle kb. 20 cm-re a csúszópapucsot. Jelöljük meg a papucs bemeneti nyílásának a helyét. Húzzuk ki vízszintes irányban a sima lemezt, hogy a rugó ellökhesse a golyót. A golyó belefut a papucsba, és azzal együtt csúszás közben megáll. Mérjük meg a fékút hosszát és jegyezzük fel! Végezzük el a kísérletet még négyszer! Mérjük meg rugós erőmérővel ötször a papucs és a benne levő golyó egyenletes vontatásához szükséges erőt, ami a súrlódási erővel egyenlő!
Számítsuk ki a rugó rugalmas energiáját és a súrlódási munkát!

***Mérési eredmények:***
A rugó hosszának megváltozása az erőmérővel történő megnyújtás közben:

$\Delta l_1 =$ ..... cm = ..... m.

A rugót megnyújtó erőhatás nagysága: $F =$ ..... N.

A rugóállandó: $D =$ ..... $\frac{\text{N}}{\text{m}}$.

A lemezek közé helyezett rugó hosszának megváltozása: $\Delta l_2 =$ ..... cm = ..... m.

A rugalmas energia ebben az állapotban: $E_R = \frac{1}{2} D \cdot (\Delta l_2)^2 =$ ..... J.

A súrlódási munka kiszámításához szükséges adatok:

| **A mérések sorszáma** | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | Átlag |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fékút: $s$ (cm)** | | | | | | — |
| **Súrlódási erő: $F_s$ (N)** | | | | | | — |
| **Súrlódási munka (J)** | | | | | | |
| **Eltérés az átlagtól (J)** | | | | | | |

$$W_k = \frac{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = \ldots\ldots$$

$$\Delta W_k = \frac{\Delta W_1 + \Delta W_2 + \Delta W_3 + \Delta W_4 + \Delta W_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = \ldots\ldots$$

A súrlódási munka: $W = F_s \cdot s =$ ..... J ± .....%.

***Megjegyzések és megállapítások:*** Az $E_r$ és az $E_m$ eltérésének több oka van, ezek a következők:

.....

.....

# 10. A mechanikai rezgések vizsgálata

## 1. Másodpercinga készítése



***A mérés elvi alapja:*** A fonálinga lengésideje kis kitérések esetén – az általunk nem befolyásolható nehézségi gyorsuláson kívül – az inga hosszától függ. Ezért a hossz változtatásával elérhető, hogy a teljes lengésidő 2 másodperc legyen.

***Eszközök:*** Nem túl nagy térfogatú vas- vagy ólomnehezék, több mint egy méteres fonál; stopperóra; több mint 1 m magas (pl. Bunsen-féle) állvány szorítóval.

***A mérés menete:*** A kb. 120 cm hosszú zsinórra ráerősítjük az ingatestet. A zsinór másik végét könnyen oldhatóan rákötjük az állvány felső végére erősített szorítóra. Kis kitérésű síklengésbe hozzuk a fonálingát, és stopperrel megmérjük 10 teljes lengésének az időtartamát. Ha ez nem 20 másodperc (ami nagyon valószínű), akkor megmérjük az inga hosszát (a kötésponttól az ingatest tömegközéppontjáig) és feljegyezzük ezt az értéket. Az inga hosszát célszerű módon növeljük vagy csökkentjük a lengésidő eltérésének nagyságától függő mértékben. Ismét meglengetjük és megmérjük az inga 10 lengésének időtartamát. Ha ez sem 20 másodperc, akkor módszeresen változtatjuk az inga hosszát mindaddig, míg a 10 lengés ideje a 20 s ± 0,5 s időtartományba nem esik. Ezzel a hosszal háromszor megmérjük 50 teljes lengés időtartamát, és ezek átlagából kiszámítjuk az inga lengésidejét. Hibát számolunk. Mérésünk eredményét célszerű összehasonlítani a lengésidő képlete alapján számított másodpercinga-hosszal ($l_0$). Ha ez a hibahatáron belül van, akkor kellő pontosságúnak fogadjuk el a mérést.

***Mérési eredmények:***

| **A mérések sorszáma** | 1. | 2. | 3. | Átlag |
|---|---|---|---|---|
| **Az 50 lengés időtartama (s)** | | | | — |
| **Egy lengés időtartama (s)** | | | | |

$T_k = \dfrac{T_1 + T_2 + T_3}{3} = \dfrac{\qquad}{3} = \ldots\ldots\ldots$; $\Delta T_k = \dfrac{\Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3}{3} = \dfrac{\qquad}{3} = \ldots\ldots\ldots$

Az inga lengésideje: $T = \ldots\ldots\ldots$ s ± $\ldots\ldots\ldots$%.

A feltétel szerint megfelelőnek elfogadott inga hossza: $l = \ldots\ldots\ldots$ m ± $\ldots\ldots\ldots$%.

A másodpercinga számított hossza: $l_0 = \ldots\ldots\ldots$ m.

$$\frac{100 \cdot |l_0 - l|}{l} = \ldots\ldots\ldots\%.$$

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

## 2. Egy test tömegének meghatározása csavarrugón történő rezgése alapján



***A mérés elvi alapja:*** A csavarrugóra függesztett test rezgésideje a rugóállandótól és a rezgő test tömegétől függ. A rezgésidő és a rugóállandó ismeretében kiszámítható a rezgő test tömege:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \Rightarrow m = \frac{D \cdot T^2}{4\pi^2}.$$

***Eszközök:*** Csavarrugó, és az ismeretlen tömegű test; mérőléc és érzékeny erőmérő; Bunsen-féle állvány szorítóval; stopperóra.

***A mérés menete:*** Először meghatározzuk a rugó rugóállandóját. Ezután az állvány felső részén levő szorítóhoz erősítjük a csavarrugót, és ennek alsó végére akasztjuk az ismeretlen tömegű testet. Függőleges egyenes mentén nem túl nagy (a rugótól függően 2-4 cm-es) amplitúdójú rezgésbe hozzuk a testet, és ötször megmérjük 10 teljes rezgésének időtartamát. Kiszámítjuk a rezgő test rezgésidejét, majd a tömegét.

***Mérési eredmények:***

A rugó hosszának megváltozása: $\Delta l_1$= ..... cm = ..... m.

A rugót megnyújtó erőhatás nagysága: $F$ = ..... N.

A rugóállandó: $D$ = ..... $\frac{\text{N}}{\text{m}}$.

| A mérések sorszáma | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | Átlag |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **10*T* (s)** | | | | | | — |
| **A rezgésidő (s)** | | | | | | — |
| **A számított tömeg (kg)** | | | | | | |
| **Eltérés az átlagtól (s)** | | | | | | |

$$m_k = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = .....$$

$$\Delta m_k = \frac{\Delta m_1 + \Delta m_2 + \Delta m_3 + \Delta m_4 + \Delta m_5}{5} = \frac{\qquad\qquad}{5} = .....$$

$m$ = ..... kg ± .....%.

***Megjegyzések és megállapítások:***

A mérleggel meghatározott tömeg összehasonlítása a rezgés alapján kiszámítottal.

.....

.....

.....

.....

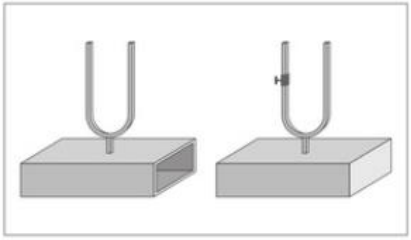
# 11. Kísérletek mechanikai hullámokkal

## 1. Rezonancia és lebegés bemutatása hangvillákkal

***A jelenség elvi alapja:***

*a)* A rezonancia feltétele az, hogy a kényszerítő rezgés rezgésszáma megegyezzen a kényszerített rezgő rendszer saját rezgésszámával.

*b)* Két kismértékben különböző rezgésszámú harmonikus rezgés összetevődése lebegést, lüktetést hozhat létre. Ez az amplitúdómaximumok szabályos ismétlődésével jár, amit a hanghullámoknál, csak kicsit tér el, jól lehet érzékelni. A lüktetés frekvenciája a két hangforrás rezgésszámának a különbsége.



***Eszközök:*** Két hangládára erősített egyenlő rezgésszámú hangvilla; gumikalapács vagy farúd, pl. kalapácsnyél és szigetelőszalag a farúd ütőfelületének betekeréséhez. A hangvilla egyik szárára csavarral vagy ragasztószalaggal ráerősíthető kis tömegű test a hangvilla elhangolásához.

***A kísérleti bemutatás menete:***

*a)* Gumikalapáccsal vagy a farúd betekert részével megütjük az egyik hangvillát. A két hangláda nyitott végét 1-2 cm távolságra szembehelyezzük egymással. Elvesszük az eredetileg nem rezgő hangvillát a másik elől, és megfogjuk az előbb megütött hangvilla két szárát, hogy ne rezegjen. Az eredetileg nem rezgő hangvilla hangja jól hallható lesz.

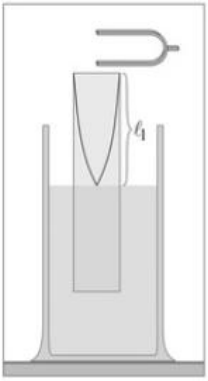
*b)* Az egyik hangvilla valamelyik szárának oldalára erősítjük a kis tömegű testet a felső végétől kb. 1-2 cm távolságra. Mindkét hangvillára ráütünk a gumikalapáccsal, és ismét szembehelyezzük a két hangláda nyitott végét. Az elhangoló test helyét változtatjuk, amíg a lüktető hang jól hallható lesz.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

## 2. A hang terjedési sebességének meghatározása levegőben rezonancia segítségével

***A mérés elvi alapjai:*** A hullámok terjedési sebessége kiszámítható a hullámhossz és a rezgésszám ismeretében ($c = \lambda \cdot f$). Az ismert rezgésszámú hullámforrás által keltett hullám hullámhosszát rezonancia segítségével megmérve a terjedési sebesség kiszámítható.




***Eszközök:*** Egy ismert (kb. 400-500 Hz) rezgésszámú hangvilla (hangláda nélkül); egy legalább 65 cm magas mérőhenger (vagy más edény); egy kb. 70-80 cm hosszú, 2-3 cm átmérőjű cső; tálca; mérőléc.

***A mérés menete:*** A tálcára helyezett mérőhengert megtöltjük vízzel, majd függőlegesen beleállítjuk a csövet. Felvesszük a hangvillát, az asztalhoz koppantjuk, majd a rezgő hangvillát közvetlenül a cső fölé tartjuk. A csövet a hangvillával együtt lassan emeljük, míg a hangvilla hangját a rezonancia miatt erősebben nem halljuk (ha kell újra rezgésbe hozzuk a hangvillát). Megkeressük és megmérjük a levegőoszlopnak azt a hosszát ($\ell_1$), amelynél rezonancia alakul ki, vagyis a hangot a legerősebben lehet hallani $\left(\ell_1 = \frac{\lambda}{4}\right)$. A mérést háromszor végezzük el, és az eredményeket jegyezzük be a táblázatba!

Ha elég magas a vizet tároló edényünk és elég hosszú a cső, akkor egy újabb rezonanciahely is megkereshető a cső további kiemelésével $\left(\ell_2 = \frac{3\lambda}{4}\right)$. Ezt a levegőoszlop-magasságot is háromszor keressük meg és jegyezzük fel! A levegőoszlopban a víz felületéről visszaverődő hang – rezonancia esetében – állóhullámot hoz létre, amelynél a cső nyitott végén duzzadóhely, vízzel lezárt végén pedig csomópont jön létre. Így az első rezonanciánál a levegőoszlop hossza a hullámhossz negyede, a másodiknál pedig a háromnegyede.

***Mérési eredmények:*** a frekvencia: $f =$ .....

| A mérések sorszáma | 1. | 2. | 3. | Átlag |
|---|---|---|---|---|
| A levegőoszlop hossza az első rezonanciánál $\ell_1$ (cm) | | | | — |
| A hullámhossz (m) | | | | — |
| A hang $c$ terjedési sebessége $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$ | | | | |

$c_k = \frac{c_1 + c_2 + c_3}{3} = \frac{\qquad}{3} =$ .....; $\Delta c_k = \frac{\Delta c_1 + \Delta c_2 + \Delta c_3}{3} = \frac{\qquad}{3} =$ .....

$c =$ ..... $\frac{\text{m}}{\text{s}} \pm$ .....%.

| A mérések sorszáma | 1. | 2. | 3. | Átlag |
|---|---|---|---|---|
| A levegőoszlop hossza a második rezonanciánál $\ell_2$ (cm) | | | | — |
| A hullámhossz (m) | | | | — |
| A hang $c$ terjedési sebessége $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$ | | | | |

$c_k = \frac{c_1 + c_2 + c_3}{3} = \frac{\qquad}{3} =$ .....; $\Delta c_k = \frac{\Delta c_1 + \Delta c_2 + \Delta c_3}{3} = \frac{\qquad}{3} =$ .....

$c =$ ..... $\frac{\text{m}}{\text{s}} \pm$ .....%.

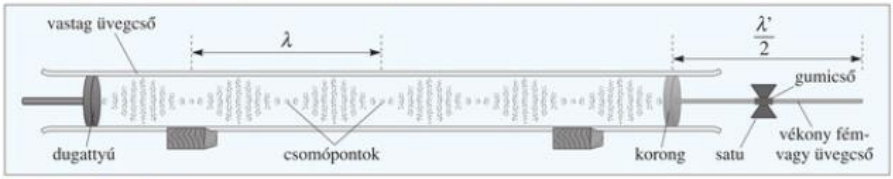
## 3. Hullámhossz és terjedési sebesség meghatározása Kundt-féle csővel

***A mérés elvi alapjai:*** Állóhullám gázoszlopban is létrehozható, ha a megfelelő feltételeknek eleget tevő longitudinális hullámok szembetalálkoznak. Az állóhullám és a hangforrás rezgésszáma természetesen itt is egyenlő attól függetlenül, hogy ugyanaz a hangforrás önmagában és a különböző gázokban különböző hullámhosszúságú állóhullámokat hoz létre.

***Eszközök:*** Egy 3-4 cm átmérőjű, 120-150 cm hosszú üvegcső és két félhenger alakban kivágott fahasáb a cső alátámasztására; aprószemcsés parafa reszelék; egy kb. 1,5 méter hosszú és 10-12 mm átmérőjű erős falú üveg- vagy fémcső, ami a hangforrás lesz; asztalhoz erősíthető satu és hosszában felhasított 4-5 cm hosszú gumicsődarab a vékony cső közepének rögzítéséhez; két keménypapírból kivágott korong, amelyek éppen belefférnek a nagy átmérőjű üvegcsőbe (ezek egyikének középpontját a hosszú vékony cső, a másikat hasonló módon egy 15-20 cm hosszú pálca végére erősítjük); egy nagyméretű, középen hosszában kettévágott parafa dugó, amelynek két felét szimmetriatengelyükben félhengeresen kimélyítettük, hogy nagy felületen érintkezzenek a közéjük szorított vékony csővel (ezek helyett hangforrás lehet egy hanggenerátor is); mérőszalag.

***A mérés menete:*** Parafa reszeléket szórunk a vastag üvegcsőbe, és azt úgy rázogatjuk, hogy a cső hosszában végig, lehetőleg egyenletesen helyezkedjen el. A kísérleti eszközöket az ábrának megfelelően állítsuk össze. A félbevágott parafa dugó mindkét darabját megnedvesítjük, és a satuba fogott csövet azokkal erősen közrefogva végighúzzuk a cső szabad felén. Ha mindezt jól hajtottuk végre, a cső hosszirányú rezgésbe jön, és éles hangot hallat. Többször végighúzva a dugót a csövön – ha szerencsénk van – a parafa reszelék részecskéi ugrálni kezdenek, és az állóhullám csomópontjainak és duzzadóhelyeinek megfelelően helyezkednek el. Ha elsőre nem jön létre szépen felismerhető „porábra", változtassuk a két koronggal bezárt levegőoszlop hosszát a rövid pálcán levő korong helyének 1-2 cm-es változtatásával. Valószínű, hogy erre a lépésre többször is szükség lesz. Mérjük meg két, minél távolabbi csomópont távolságát három különböző esetben, és esetenként számítsuk ki az állóhullám hullámhosszát. Ezek átlagából határozzuk meg a mérésünk alapján legvalószínűbb hullámhosszt ($\lambda$).

Ha kikeressük a függvénytáblázatból a hang terjedési sebességét az adott hőmérsékletű levegőben, kiszámítható a hullám rezgésszáma, amely egyenlő a hangforrásként használt csövön keletkezett állóhullám rezgésszámával is. Mivel a vékony cső középpontjában csomópont, a két végén duzzadóhely volt, a csőben keletkezett állóhullám hullámhossza ($\lambda'$) a cső hosszának kétszerese. Ismerve a vékony csőben keltett hullám rezgésszámát és hullámhosszát, kiszámítható a vékony cső anyagában, pl. üvegben vagy rézben haladó hullám terjedési sebessége. Hasonlítsuk össze az így kapott sebességértéket a függvénytáblázatban megtalálható ún. irodalmi értékkel.




***Mérési eredmények:***

| A félhullámhossz száma | Ezek hossza | A hullámhossz | Átlag | Eltérés |
|---|---|---|---|---|
| $x_1$ = ..... db | ..... cm | $\lambda_1$ = ..... m | $\lambda_k$ = ..... m | $\Delta\lambda_1$ = ..... m |
| $x_2$ = ..... db | ..... cm | $\lambda_2$ = ..... m | | $\Delta\lambda_2$ = ..... m |
| $x_3$ = ..... db | ..... cm | $\lambda_3$ = ..... m | | $\Delta\lambda_3$ = ..... m |

$\lambda_k = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}{3} = \frac{\qquad}{3} =$ .....; $\Delta\lambda_k = \frac{\Delta\lambda_1 + \Delta\lambda_2 + \Delta\lambda_3}{3} = \frac{\qquad}{3} =$ .....

A hanghullám hullámhossza a levegőben: $\lambda$ = ..... m ± .....%.

A hang terjedési sebessége ..... °C-os levegőben: $c$ = ..... $\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

A hullám rezgésszáma: $f_1 = f_2 = f = \frac{c}{\lambda_1}$ = ..... $s^{-1}$. A vékony cső hossza: $l$ = ..... m.

A vékony csövön kialakult hullám hullámhossza: $\lambda' = 2 \cdot \ell$ = ..... m.

Terjedési sebesség a vékony csövön: ..... $c' = \lambda' \cdot f$ = ..... $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ± .....%.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

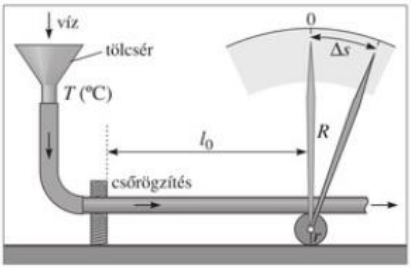
# 12. Szilárd testek és folyadékok hőtágulásának mérése

## 1. A lineáris (hosszanti) hőtágulás vizsgálata

***A mérés elvi alapja:*** A testek hőmérséklet-változás hatására megváltoztatják lineáris méretüket. A hosszváltozást az

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T$$

összefüggéssel számíthatjuk ki, ahol $\alpha$ a testek lineáris hőtágulási együtthatója, $l_0$ a huzal vagy cső eredeti hosszmérete, $\Delta l$ a hosszméret változása, $\Delta T$ pedig a hőmérséklet-változás.




***Eszközök:*** Az ábrán látható kísérleti összeállítás szerint: egy vagy több kb. 1 méteres fémcső; gumicső; tölcsér; Bunsen-álvány befogóval; görgős mutató skálatartó állvánnyal (vagy indikátoróra); mérőszalag; vonalzó; hőmérők; dugó (esetleg hőmérővel).

***A mérés menete:***

- Állítsuk össze az ábrán látható kísérleti elrendezést!
- Helyezzük a görgős mutatót a cső bal oldali végétől bizonyos távolságra! Mérjük meg mérőszalaggal a távolságot mm pontossággal! Ez lesz a vizsgálandó csőrész eredeti $l_0$ hossza.
- A görgőt úgy állítsuk be, hogy a mutatója a skála 0 osztásrészénél legyen! Célszerű előre kiszámítani, hogy egy-egy – az $R$ sugarú köríven elhelyezkedő – $\Delta s$ osztásrészhez mekkora $\Delta l$ hosszváltozás tarozik ( $\Delta l = \Delta s \cdot \frac{r}{R}$, ahol $r$ a görgő sugara, $R$ pedig a mutató hossza). Így a skála osztásrészeihez könnyen hozzárendelhetjük a hosszváltozást.
  (A görgős mutatót magunk is elkészíthetjük úgy, hogy pl. egy $r = 0{,}5$ cm átmérőjű ceruza (görgő) végébe gombostűvel $R = 20$ cm hosszú szívószálat (mutató) szúrunk.)
- Melegítsünk hőálló edényben vizet 40-50 °C hőmérsékletre, majd tölcsér segítségével töltsük meg a végen bedugaszolt csőbe! Kis időt várjunk, amíg beáll a cső és a víz közötti termikus egyensúly, majd olvassuk le a tölcséren keresztül a vízbe helyezett hőmérőn a hőmérsékletet, egy másik hőmérőn pedig a szobahőmérsékletet. Közvetlenül a hőmérsékletek leolvasásakor olvassuk le a görgős mutató állását is, majd határozzuk meg ebből $\Delta l$ értékét!
- A leolvasások után töltsünk a fémcsőbe szobahőmérsékletű vizet, és hagyjuk benne egy kis ideig, hogy a cső ismét szobahőmérsékletű legyen.
- Ezután változtassuk meg a görgős mutatónak a rögzített csőhossztól való távolságát, és ismételjük meg a mérést!
- A mérést végezzük el legalább három-négy különböző $l_0$ értékkel!

***Feladatok:***

- Mérési eredményeinket foglaljuk táblázatba!
- A mérési adatokból számítsuk ki a cső anyagának lineáris hőtágulási együtthatóját, és helyettesítsük be a mérési adatokat a hőtágulás összefüggéséből nyert $\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta T}$ törtkifejezésbe!
- Végezzünk hibaszámítást!

*Mérési eredmények:*

| A mérés sorszáma | Eredeti hossz $l_0$ (mm) | Hosszváltozás $\Delta l = \Delta s \cdot \frac{r}{R}$ | A cső hőmérséklete $T_{víz}$ (°C) | A környezet hőmérséklete $T_k$ (°C) | A hőmérséklet változása $\Delta T = T_{víz} - T_k$ (°C) | Hőtágulási tényező $\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta T} \left(\frac{1}{°C}\right)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | |
| 2. | | | | | | |
| 3. | | | | | | |
| 4. | | | | | | |
| 5. | | | | | | |

*Hibaszámítás:*

A hőtágulási tényező középértéke: $\alpha_k = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + ... + \alpha_n}{n} = .....$

A mérés közepes abszolút hibája: $|\Delta\alpha|_{közép} = \frac{|\Delta\alpha_1| + |\Delta\alpha_2| + ... + |\Delta\alpha_n|}{n} = .....$

A mérés relatív hibája: $H_{rel} = \frac{|\Delta\alpha|_{közép}}{\alpha_k} \cdot 100\% = .....\%.$

A mért hőtágulási tényező legvalószínűbb értéke: $\alpha = \alpha_k \pm H_{rel} \cdot 100\%.$

$$\alpha = ..... \frac{1}{°C} \pm .....\%.$$

Ha időnk és lehetőségünk engedi, többféle anyagú fémcsővel végezzünk mérést!

*Megjegyzések és megállapítások:* .....

.....

.....

## 2. A folyadékok térfogati hőtágulásának vizsgálata

*A mérés elvi alapja:*

Köbös (térfogati) hőtágulásnál:

$$\Delta V = \beta \cdot V_0 \cdot \Delta T,$$

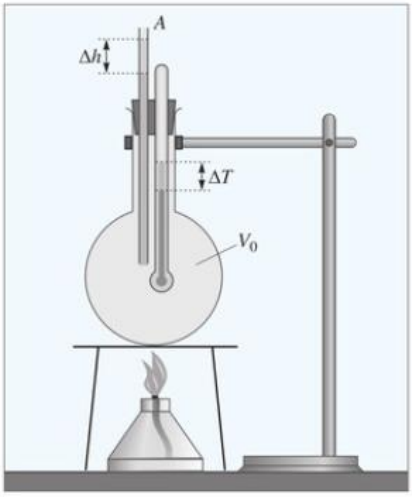
ahol $\beta$ a folyadék térfogati hőtágulási együtthatója, $V_0$ a kezdeti térfogat, $\Delta V$ a térfogat változása, $\Delta T$ pedig a hőmérséklet-változás nagysága.

*Eszközök:* Kb. 500 ml térfogatú üveglombik; 30-40 cm hosszúságú és 0,5-1 cm belső átmérőjű üvegcső; két furattal ellátott gumidugó; Bunsen-állvány befogókkal; melegítő állvány azbeszthálóval; melegítő (gázláng vagy rezsó); mérőszalag; tolómérő; mérőhenger; víz; denaturált szesz (alkohol); filctoll.

*A mérés menete:*

- Állítsuk össze az ábrán látható kísérleti elrendezést!
- Töltsük meg vízzel a lombikot, majd mérjük meg mérőhengerrel a víz térfogatát! Ez lesz a folyadék kezdeti $V_0$ térfogata.

– Töltsük meg ismét vízzel a lombikot, majd dugaszoljuk le a gumidugóval! (Ügyeljünk arra, hogy ne maradjon levegő a lombikban!) Helyezzük be a dugó furatain keresztül a hőmérőt és az üvegcsövet. (Előzőleg mérjük meg a cső keresztmetszetét. Ezt vagy úgy tehetjük meg, hogy tolómérővel megmérjük a belső átmérőjét, és abból számolunk, vagy pedig víz felhasználásával mérőhengerrel megmérjük a cső belső térfogatát, mérőszalaggal a cső $L$ hosszát. Ekkor a cső keresztmetszetét az $A_{cső} = \frac{V_{cső}}{L}$ hányados adja.)




A dugó beljebb tolásával elérhetjük, hogy a csőben a kezdő vízszint a lombikon kívülre kerüljön.

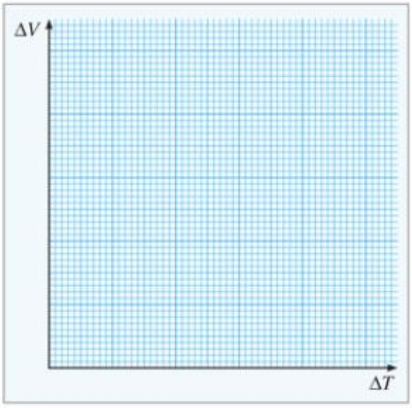
– Mérjük meg a víz kezdeti hőmérsékletét (ez szobahőmérséklet legyen!), és filctollal jelöljük meg a vízszint kezdeti állását a csőben. Ezután megkezdjük a folyadék lassú melegítését. Olvassuk le 5-7 °C-onként a hőmérsékletet, és jelöljük meg a csőben a folyadékszint állását! A melegítést 60-70 °C-ig végezzük. Végezzünk 8-10 leolvasást!
– Ha időnk engedi, akkor a melegítés befejeztével hűtsük a folyadékot pl. vízfürdővel, és ismét olvassuk le a melegítéskor leolvasott hőmérsékleteken a folyadékszint állását! Az eltérő állásokhoz tartozó $\Delta h$ értékeknek vegyük a számtani közepét!
– Foglaljuk táblázatba mérési eredményeinket!

***Mérési eredmények:*** A víz kezdeti térfogata: $V_0$ = ..... $cm^3$ ± ..... %.

A cső keresztmetszete: $A$ = ..... $cm^2$ ± ..... %.

| A mérés sorszáma | A folyadék hőmérséklete $T$ (°C) | A hőmérséklet változása $\Delta T$ (°C) | A folyadékszint emelkedése $\Delta h$ (mm) | A folyadék térfogatváltozása $\Delta V = A\Delta h$ ($cm^3$) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | |
| 2. | | | | |
| 3. | | | | |
| 4. | | | | |
| 5. | | | | |
| 6. | | | | |
| 7. | | | | |
| 8. | | | | |
| 9. | | | | |
| 10. | | | | |

***Feladatok:***




- Ábrázoljuk a milliméter beosztású papírlapon az összetartozó értékpárokat a $\Delta V$–$\Delta T$ grafikonon! A mérési pontokon keresztül fektessünk vonalzó segítségével olyan egyenest, amely a lehető legkevésbé tér el a mérési pontoktól! (Az erősen kiugró pontoktól tekintsünk el, mivel ezek valamilyen leolvasási hibából származhatnak.)
- A grafikonról határozzuk meg az egyenes $a = \dfrac{\Delta V}{\Delta T}$ meredekségét!
- A lombikban levő víz kezdeti $V_0$ térfogatának ismeretében a $\beta = \dfrac{a}{V_0}$ képletből meghatározhatjuk a folyadék kezdeti hőmérséklethez tartozó térfogati hőtágulási együtthatóját.

$a =$ ..... $\dfrac{\text{cm}^3}{^\circ\text{C}}$

$\beta_{\text{víz}} =$ ..... $\dfrac{1}{^\circ\text{C}}$

- Hasonlítsuk össze a mért értéket a függvénytáblázatban található értékkel. Keressük az eltérés okát!
- Számítsuk ki a szakirodalmi értéktől való eltérés százalékos hibáját!

$$H = \frac{|\beta_{\text{mért}} - \beta_{\text{ir.}}|}{\beta_{\text{ir.}}} \cdot 100\% = \text{.....}\%$$

- Ha időnk lehetővé teszi, ismételjük meg a mérést alkohollal is!

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

.....

.....

# 13. A gázok állapotváltozásának vizsgálata

## 1. A Boyle–Mariotte-törvény igazolása Melde-csővel

***A mérés elvi alapja:*** Az állandó tömegű gázok állandó hőmérsékleten történő állapotváltozásakor a gáz nyomásának és térfogatának szorzata állandó (Boyle–Mariotte-törvény):

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2.$$

***Eszközök:*** Kb. 50 cm hosszú, egyik végén zárt, 2-3 mm belső átmérőjű üvegcső; néhány köbcentiméternyi higany; gázláng; fémfogó vagy nem gyúlékony ruhadarab; barométer; mérőszalag. (A mérést tálca felett végezzük, hogy a higanyszennyezést elkerüljük! A higany gőzei károsak az egészségre!)

***A mérés menete:***

- Készítsünk ún. Melde-csövet! Melegítsük fel a gázlángban az üvegcsövünket annyira, hogy a melegítést követően a cső nyitott végét függőlegesen a higanyba merítve a lehűlés során a csőben kb. 6-10 cm hosszú higanyoszlop „szívódjon fel". A cső végét célszerű már a szobahőmérsékletre való lehűlés előtt a higanyból kiemelni, hogy a higanyoszlop egy kissé beljebb húzódhasson a csőbe, így megelőzhetjük a higany elszóródását.
- Az elkészített Melde-csővel végezzük el a következő kísérletet! Először a cső – nyitott végével lefelé néző – függőleges állásában mérjük meg a csőbe zárt levegőoszlop $L_1$ hosszát! Ezután fektessük a csövet vízszintes állásba, és ismét mérjük meg a levegőoszlop $L_2$ hosszát. Végül a cső függőleges – nyitott végével felfelé néző – állásában mérjük a levegőoszlop $L_3$ hosszát!
- Mérjük meg mm pontossággal a csőben levő higanyoszlop $H$ hosszát!

***Feladatok:***

- Számítsuk ki mindhárom csőállásban a bezárt levegő nyomását! Olvassuk le a barométerről a külső levegő $p_k$ nyomását Hgmm egységekben! Ekkor a bezárt levegő nyomása első esetben $p_1 = p_k - H$ (Hgmm), vízszintes állásban $p_2 = p_k$, harmadik esetben pedig $p_3 = p_k + H$ (Hgmm).
- Foglaljuk táblázatba mérési eredményeinket!
- Képezzük az összetartozó nyomások és hosszak $p_i \cdot L_i$ szorzatát!
- Hasonlítsuk össze a kapott szorzatokat! Értékeljük az eredményt!

***Mérési eredmények:***

| A Melde-cső állása | A higanyoszlop hossza $H$ (mm) | Külső légnyomás $p_k$ (Hgmm) | A levegőoszlop hossza $L_i$ (mm) | A levegő nyomása $p_i$ (Hgmm) | $p_i \cdot L_i$ (Hgmm · mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| függőleges (1) | | | | | |
| vízszintes (2) | | | | | |
| függőleges (3) | | | | | |

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

.....

## 2. A levegő hőtágulásának vizsgálata állandó nyomáson

***A mérés elvi alapja:*** Az állandó tömegű gázok állandó nyomáson történő melegítésekor a gázok – 0 °C hőmérséklethez tartozó – hőtágulási együtthatója a gáz minőségétől alig függő, közel állandó érték:

$$\beta \approx \frac{1}{273}\,\frac{1}{°C}.$$

Így a gáz hőmérséklettől függő térfogata a következő alakban írható fel:

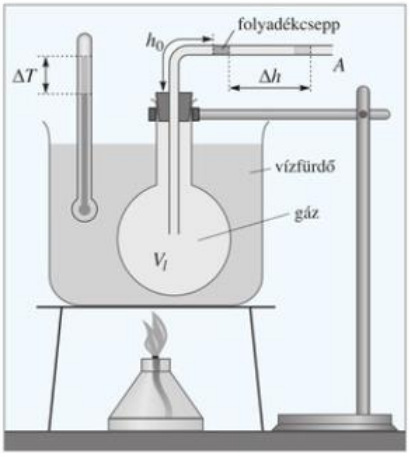
$$V_T = V_0(1 + \beta T),$$

ahol $V_T$ a $T$ hőmérséklethez, $V_0$ pedig a 0 °C-hoz tartozó térfogat, $T$ a °C-ban mért hőmérséklet, $\beta$ pedig a hőtágulási együttható.

***Eszközök:*** Kb. 250 $cm^3$-es (0,25 l űrtartalmú) lombik; derékszögben meghajlított vékony, 40-50 cm hosszú, kb. 0,5 cm belső átmérőjű üvegcső; nagyobb hőálló üvegedény; furattal ellátott gumidugó, hőmérő; melegítő állvány; rezsó vagy gázláng; mérőszalag; filctoll; festett folyadék; Bunsen-állvány fogóval.

***A mérés menete:***

- A 12.2 méréshez hasonlóan mérjük meg a lombik térfogatát és a meghajlított üvegcső keresztmetszetét!
- Állítsuk össze az ábra szerinti kísérleti elrendezést! (Előzőleg a folyadékcseppet felszívással vagy más módon juttathatjuk a meghajlított cső vízszintes szakaszának elejére.)
- Helyezzük először a levegőt tartalmazó lombikot olvadó jég-víz keverékbe!
- Jelöljük meg az üvegcső vízszintes szárában a folyadékcsepp állását, és határozzuk meg a bezárt gáz $V_0$ kezdeti térfogatát!
- Lassan melegítsük a vízfürdőt, és mérjük folyamatosan a víz hőmérsékletét, 5-7 °C-onként jelöljük be a folyadékcsepp állását a csőben, és jegyezzük fel a víz hőmérsékletét!
- Számítsuk ki a $\Delta V = = \Delta h \cdot A$ képlettel a térfogatváltozást !
- A vizet 50-60 °C-ig melegítsük! Végezzünk legalább 8-10 leolvasást!




***Mérési eredmények:***

A lombik térfogata: $V_l$ = ..... $cm^3$ ± ..... %.

A cső keresztmetszete: $A$ = ..... $cm^2$ ± ..... %.

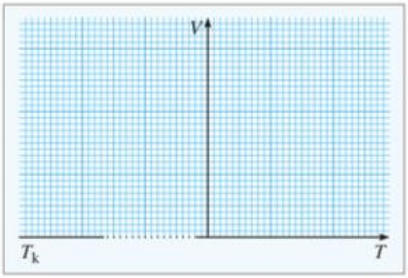
A csőbe zárt levegőoszlop kezdeti hossza: $h_0$ = ..... cm ± ..... %.

A csőbe zárt levegő térfogata: $V_{cső} = h_0 \cdot A$ ..... $cm^3$ ± ..... %.

A bezárt levegő kezdeti térfogata: $V_0$ = ..... $cm^3$ ± ..... %.

| A mérés sorszáma | A levegő hőmérséklete $T$ (°C) | A hőmérséklet változása $\Delta T$ (°C) | A folyadékcsepp elmozdulása $\Delta h$ (mm) | A levegő térfogatváltozása $\Delta V = A\Delta h$ (cm$^3$) | A levegő térfogata $T$ °C-on $V = V_0 + \Delta V$ (cm$^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| 3. | | | | | |
| 4. | | | | | |
| 5. | | | | | |
| 6. | | | | | |
| 7. | | | | | |
| 8. | | | | | |
| 9. | | | | | |
| 10. | | | | | |

***Feladatok:***




- Ábrázoljuk az összetartozó értékpárokat milliméter beosztású $V$–$T$ grafikonon!
- Vonalzó segítségével fektessünk egyenest a mérési pontokon keresztül úgy, hogy annak távolsága a pontoktól a lehető legkisebb legyen!
- Határozzuk meg a meghúzott egyenes meredekségét $m = \frac{\Delta V}{\Delta T}$!
- Számítsuk ki a $\beta = \frac{m}{V_0}$ képlettel a hőtágulási tényező értékét! $\beta =$ ..... $\frac{1}{°C}$.
- Számítsuk ki, hogy a kapott eredmény hány százalékkal tér el az ideális gázokra vonatkozó $\beta = \frac{1}{273}\frac{1}{°C}$, és a levegőre mint valódi gázra vonatkozó $3{,}675 \cdot 10^{-3}\ \frac{1}{°C}$ irodalmi értéktől!

  Az ideális gázokra vonatkozó értéktől való eltérés hibája: $H_i =$ .....%.

  A levegőre mint valódi gázra vonatkozó értéktől való eltérés hibája: $H_v =$ .....%.
- Hol metszené a grafikon egyenese a $T$ hőmérsékleti tengelyt? Használjuk a $T_k = -\frac{V_0}{m}$ összefüggést! Hasonlítsuk össze az ideális gáznak megfelelő $T_k = -273$ °C = 0 K irodalmi értékkel!

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

# 14. A testek fajhőjének mérése

## 1. A szilárd test fajhőjének mérése

***A mérés elvi alapja:*** Két, a külső környezettől elszigetelt test termikus kölcsönhatásakor a leadott és a felvett hőmennyiségek egyenlők. Így ha ismerjük a kölcsönható testek tömegét, kezdeti és közös hőmérsékletüket, valamint az egyik test fajhőjét, akkor meghatározhatjuk a másik ismeretlen fajhőjét:

$$Q_{\text{le}} = Q_{\text{fel}},$$

$$c_1 \cdot m_1 \cdot (T_1 - T_k) = c_2 \cdot m_2 \cdot (T_k - T_2).$$

$$c_1 = \frac{c_2 \cdot m_2 (T_k - T_2)}{m_1 \cdot (T_1 - T_k)}.$$

***Eszközök:*** Kb. 300 ml-es főzőpohár; mérleg; víz; 100-150 g tömegű kampós vashenger; termosz; melegítő (rezsó vagy gázláng); Bunsen-állvány; fonal; hőmérők.

***A mérés menete:***

- Öntsünk a termoszba kb. a vassal azonos vagy kisebb tömegű szobahőmérsékletű vizet (amennyi a termoszba helyezett vashengert ellepi). Mérjük meg a víz $T_2$ hőmérsékletét és $m_2$ tömegét.
- Mérjük meg a vashenger $m_1$ tömegét, majd a Bunsen-állványról lógassuk fonállal a főzőpohárban levő vízfürdőbe. Melegítsük a vizet 60-70 °C hőmérsékletre.
- Mérjük meg pontosan a meleg víz hőmérsékletét, majd óvatosan helyezzük a vashengert a vízfürdőből a termoszba. (Vigyázat, a termosz belső fala üvegből van és törékeny!) Zárjuk le a termoszt, és várjuk meg a hőmérsékletek kiegyenlítődését.
- Ezután mérjük meg a közös hőmérsékletet. (Célszerű olyan termoszt alkalmazni, melynek fedele átfúrt, és ezen keresztül mérhetünk vékony hőmérővel hőmérsékletet.)

***Feladatok:***

- Számítsuk ki a fenti összefüggés alapján a vas fajhőjét! A víz fajhőjét $c_2 = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ értékkel vegyük ismertnek!
- Ismételjük meg a mérést a hideg víz tömegének és/vagy a vízfürdő hőmérsékletének változtatásával, esetleg egy nagyobb vagy kisebb tömegű, de azonos anyagú vashengerrel!
- Ha több mérést is végeztünk (legalább hármat), akkor végezzük el a hibaszámítást!

***Mérési eredmények:***

| A mérés sorszáma | A vas tömege $m_1$ (g) | A vízfürdő hőmérséklete $T_1$ (°C) | A hideg víz tömege $m_2$ (g) | A hideg víz hőmérséklete $T_2$ (°C) | Közös hőmérséklet $T_k$ (°C) | A vas fajhője $c_1 \left( \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | |
| 2. | | | | | | |
| 3. | | | | | | |

*Hibaszámítás:*

A fajhő középértéke: $c_k = \frac{c_1 + c_2 + \ldots + c_n}{n} = \ldots\ldots\ldots$

A mérés közepes abszolút hibája: $\Delta c = \frac{|\Delta c_1| + |\Delta c_2| + \ldots + |\Delta c_n|}{n} = \ldots\ldots\ldots$

A mérés relatív hibája: $H = \frac{\Delta c}{c_k} \cdot 100\% = \ldots\ldots\ldots\%.$

$c_{vas}$ = ..... $\frac{J}{kg \cdot °C}$ ± .....%.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

## 2. A folyadék fajhőjének mérése

***A mérés elvi alapja:*** *Az 1. részben ismertetett módszerrel folyadék fajhőjét is megmérhetjük. Ekkor a szilárd test fajhőjét vesszük ismertnek (vagy már előzőleg megmértük), és a termoszban levő szobahőmérsékletű folyadék fajhője az ismeretlen. Ekkor a $c_2$ fajhőt kell kifejezni:*

$$c_2 = \frac{c_1 \cdot m_1 \cdot (T_1 - T_k)}{m_2 \cdot (T_k - T_2)}.$$

***A mérés menete:***

- *Megegyezik az 1. részben leírtakkal, csak víz helyett ismeretlen fajhőjű folyadékot kell venni (pl. glicerint).*
- *Végezzünk több mérést a folyadék tömegének vagy a vízfürdő hőmérsékletének változtatásával!*

***Feladatok:***

- Számítsuk ki a fenti összefüggés alapján a folyadék fajhőjét! (A vas fajhőjének $c_1$ értékét már megmértük.)
- Ismételjük meg a mérést a folyadék tömegének, és/vagy a vízfürdő hőmérsékletének változtatásával!
- Ha több (legalább 3) mérést is végeztünk, akkor végezzünk hibaszámítást!

***Mérési eredmények:***

| A mérés sorszáma | A vas tömege $m_1$ (g) | A vízfürdő hőmérséklete $T_1$ (°C) | A folyadék tömege $m_2$ (g) | A folyadék hőmérséklete $T_2$ (°C) | Közös hőmérséklet $T_k$ (°C) | A folyadék fajhője $c_2\left(\frac{J}{kg \cdot °C}\right)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | |
| 2. | | | | | | |
| 3. | | | | | | |

***Hibaszámítás:***

A fajhő középértéke: $c_k = \frac{c_1 + c_2 + \ldots + c_n}{n} =$ .....

A mérés közepes abszolút hibája: $\Delta c = \frac{|\Delta c_1| + |\Delta c_2| + \ldots + |\Delta c_n|}{n} =$ .....

A mérés relatív hibája: $H = \frac{\Delta c}{c_k} \cdot 100\% =$ .....%.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

# 15. A jég olvadáshőjének és a víz forráshőjének becslése

***Eszközök:*** Vízmelegítő (mikrohullámú készülék); főzőpohár; jégkockák; hőmérő; mérleg.

## 1. A jég olvadáshőjének becslése

***A becslés elvi alapja:*** Víz-jég keverék melegítésével könnyen következtethetünk a jég olvadáshőjére. Vegyünk $M$ tömegű – 0 °C hőmérsékletű – víz-jég keveréket, és ugyanekkora $M$ tömegű 0 °C hőmérsékletű vizet. Mindkét rendszerrel annyi azonos $Q$ hőt közöljünk, hogy a víz-jég keverékben a jég teljesen elolvadjon. Az így keletkező $M$ tömegű langyos vizek hőmérséklete $T_1$, illetve $T_2$ lesz, ahol $T_2 > T_1$ (A jeget nem tartalmazó víz jobban felmelegszik.) Ekkor a következő egyenleteket írhatjuk fel:

$$Q_1 = c_v \cdot M \cdot (T_1 - 0\ °C) + m_j \cdot L_0, \qquad (1)$$

$$Q_2 = c_v \cdot M \cdot (T_2 - 0\ °C). \qquad (2)$$

Ha azonos ideig, azonos körülmények között, változatlan teljesítménnyel melegítjük mindkét rendszert, akkor $Q_1 \approx Q_2$, így a fenti egyenletek jobb oldalait egyenlővé téve kifejezhetjük a jég $L_0$ olvadáshőjét:

$$L_0 = \frac{M}{m_j} \cdot c_v \cdot (T_2 - T_1). \qquad (3)$$

A fenti összefüggéssel a jég-víz keverék $\frac{M}{m_j}$ tömegarányának ismeretében, a $T_1$, $T_2$ hőmérsékletek mérésével jó számszerű becslést kaphatunk a víz olvadáshőjének számértékére.

***A mérés menete:***

- Készítsünk jégkockák segítségével kb. 0,5 liter térfogatú, 0 °C hőmérsékletű jég-víz keveréket!
- Vegyünk két egyforma, kb. 2 dl űrtartalmú üvegpoharat, és mindkettőt töltsük meg színültig a jég-víz keverék 0 °C hőmérsékletű vizével! Az egyik (1) vízzel telt poharat helyezzük tálcára, és tegyünk a vízbe kb. 4-5 jégkockát! Ekkor mindkét pohár – (1) és (2) – tartalma azonos $M$ tömegű lesz. A jég tömege ($m_j$) megegyezik a tálcán felfogott, kifolyt víz tömegével.
- Ezután mindkét teli poharat helyezzük a mikrohullámú melegítőbe, és azokat kis teljesítményen (kiolvasztó üzemmódban) addig melegítsük, míg a jég a pohárban el nem olvad (kb. 3-4 percig)! A melegítés végeztével kis idő múlva mérjük meg mindkét pohárban a víz $T_1$ és $T_2$ hőmérsékletét!
- Mérőhenger segítségével határozzuk meg a teli pohár víz $V$, és a kifolyt víz $\Delta V$ térfogatát! Képezzük a térfogatok $\frac{V}{\Delta V}$ arányát, amely megegyezik $\frac{M}{m_j}$ tömegaránnyal. A jó becslés érdekében célszerű a vízbe tett jégkockák mennyiségét úgy megválasztani, hogy a térfogatarány közelítőleg 8-10 legyen.

***Feladatok:***

- A (3) összefüggés alapján számítással becsüljük meg a jég olvadáshőjének értékét!
- Hasonlítsuk össze a kapott eredményt a függvénytáblázatban található irodalmi értékkel!
- Számítsuk ki a százalékos eltérés nagyságát!
- Keressük a hiba lehetséges okait! Nagyobb (nagyságrendbeli) eltérés esetén végezzük el a mérést újra, és ellenőrizzük, hogy hol követtünk el hibát!
- Nagy hiba esetén (> 50%) vizsgáljuk meg, miként kellene a mérést módosítani, hogy jobb eredményt kapjunk! Végezzük el a módosított mérést!

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

## 2. A víz forráshőjének becslése

Az olvadáshő becsléséhez hasonlóan forráshőbecslést is végezhetünk mikrohullámú készülékkel történő melegítéssel.
Ha az adott $M$ tömegű vizet $t$ idő alatt forraljuk fel, akkor a víz által felvett hőmennyiség:

$$Q = c_v \cdot M \cdot \Delta T.$$

Ha pedig azonos teljesítménnyel még további $t$ ideig folytatjuk a forralást, akkor az elforralt víz tömege:

$$m = \frac{Q}{L_f}.$$

Így a víz forráshője:

$$L_f = \frac{M}{m} \cdot c_v \cdot \Delta T.$$

***Feladatok:***

- A fenti mérési elv alapján tervezzük meg a mérést, és számítással becsüljük meg a víz forráshőjét!
- Tervezzünk táblázatot a mérési adatok rendszerezésére!
- Foglaljuk össze a becslés eredményét!

$L_f$ = ..... $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$ (becsléssel).

$L_f$ = ..... $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$ (irodalmi érték).

A becslés százalékos hibája: $H = \frac{|L_{\text{becslés}} - L_{\text{irod.}}|}{L_{\text{irod.}}} \cdot 100\% =$ .....%.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

## 3. A jég olvadáshőjének és a víz forráshőjének mérése kaloriméterrel

Pontosabb eredményeket kaphatunk, ha keveréses módszerrel kaloriméterben víz-jég vagy gőz-víz termikus egyensúlyát vizsgáljuk. Ha időnk engedi, tervezzük meg és végezzük el a mérést! A kapott eredményeket hasonlítsuk össze az 1. és 2. mérés eredményeivel!

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

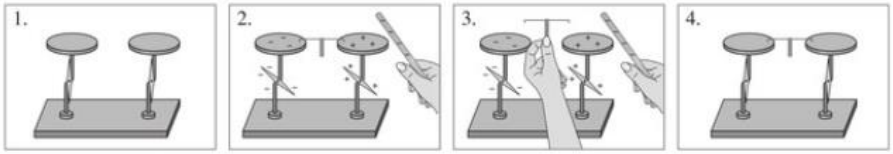
.....

.....

# 16. Elektroszkópos megfigyelések értelmezése

## 1. Elektroszkópos kísérleteket szemléltető ábra elemzése

***Feladat:*** Figyeljük meg, majd értelmezzük az ábra egymást követő részein látható fizikai jelenségeket!




***Az ábra értelmezése:*** .....

.....

.....

.....

.....

## 2. Elektroszkópos kísérletek végrehajtása és elemzése

***Eszközök:*** Elektroszkóp vagy elektrométer; üvegrúd; száraz papír; ebonitrúd; szőrme.

Végezzük el az alábbi kísérleteket, és értelmezzük a tapasztalatatokat!

***Kísérletek:***

1. Feltöltetlen elektroszkóphoz közelítsünk papírral megdörzsölt üvegrudat vagy szőrmével megdörzsölt ebonitrudat! Az elektroszkóp lemezei mindegyik esetben szétágaznak.
2. Érintsünk papírral megdörzsölt üvegrudat az elektroszkóp gömbjéhez! Az elektroszkóp lemezei szétágaznak.
   Ezután a feltöltött elektroszkóphoz papírral megdörzsölt üvegrudat közelítve a lemezek nagyobb töltést mutatnak, szőrmével megdörzsölt ebonitrudat közelítve viszont kisebb töltést mutatnak.
3. Vigyünk dörzsöléssel feltöltött testet az elektroszkóp gömbjének közelébe úgy, hogy a lemezek szétágazzanak, és ebben a helyzetben érintsük meg ujjunkkal az elektroszkóp gömbjét. A lemezek összeesnek.
   Ha most előbb ujjunkkal, majd az elektromos töltésű testtel is eltávolodunk az elektroszkóptól, a lemezek ismét szétágaznak.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

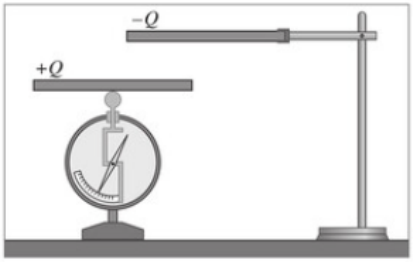
.....

.....

.....

# 17. A kondenzátor kapacitását befolyásoló tényezők vizsgálata

***Eszközök:*** Tányéros elektrométer; Bunsen-állványon befogott fémlemez; szigetelőlap (üveglap); üvegrúd és száraz papír (vagy ebonitrúd és szőrme).




***A kísérlet menete:*** A tányéros elektrométerre annyi töltést viszünk, hogy mutatója kitérjen. A Bunsen-állványba befogott vízszintes helyzetű fémlemezt az elektrométer tányérja fölé toljuk, és a befogott fémlemezt földeljük (például kezünkkel megérintjük). Az elektrométer skáláján leolvasható a kondenzátor feszültsége.

Ha nem érintjük meg az elektrométer tányérját, akkor annak töltése állandó, a $Q = C \cdot U$ összefüggés szerint a kondenzátor $C$ kapacitása és $U$ feszültsége fordított arányban áll. A feszültség változásának jellegéből (növekedés vagy csökkenés) ezért a kapacitás változásának jellegére (csökkenés vagy növekedés) tudunk következtetni.

*a)* Toljuk a Bunsen-állványon befogott fémlapot fokozatosan a tányéros elektrométer fölé úgy, hogy a lemezek szembenálló $A$ felülete növekedjen!

Tapasztalat: $A$ növelésekor $U$ ....., tehát $C$ .....

*b)* Az adott helyen (vagyis $A$ ne változzon) úgy süllyesszük a Bunsen-állványon befogott fémlemezt, hogy a kondenzátor lemezei közötti $d$ távolság csökkenjen!

Tapasztalat: $d$ csökkentésekor $U$ ....., tehát $C$ .....

*c)* A lemezek adott helyzetében (tehát $A$ és $d$ állandó) toljunk a két lemez közé üveglapot, majd más (elektromosan nem feltöltött) szigetelőlapot!

Tapasztalat: A lemezek közé helyezett szigetelő hatására $U$ ....., tehát $C$ .....,

és $C$ változásának mértéke függ/nem függ a szigetelő anyagi minőségétől.

***Feladat:***

*a)* Foglaljuk össze, hogy a kísérleti megfigyelések szerint mi és hogyan befolyásolja a kondenzátor kapacitását!

.....

.....

.....

*b)* Milyen összefüggés fejezi ki pontosan a kondenzátor kapacitásának függését a vizsgált tényezőktől?

.....

.....

.....

# 18. Az egyszerű áramkör jellemzése

## 1. A grafit fajlagos ellenállásának meghatározása

***A mérés elvi alapja:*** A vezető ellenállására vonatkozó $R = \rho \frac{l}{A}$ összefüggésből kifejezhető a $\rho$ fajlagos ellenállás: $\rho = \frac{R \cdot A}{l}$.

Itt $R$ a vezető ellenállását, $A$ a keresztmetszetét, $l$ pedig a hosszát jelenti.
Az $R$ ellenállást meghatározhatjuk a vezetőre kapcsolt $U$ feszültség és az $I$ áramerősség hányadosaként: $R = \frac{U}{I}$.

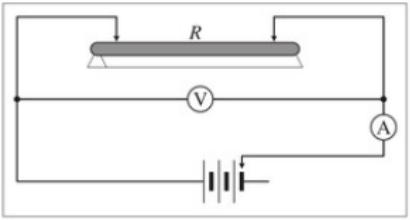
Az $A$ keresztmetszet a vezető $d$ átmérőjéből számítható:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}.$$

***Eszközök:*** Feszültségforrás 1,5 V–6 V közötti egyenfeszültséggel (sorba kapcsolható rúdelemek); ceruza, melynek grafitszála körül kb. $\frac{2}{3}$ résznyi fát lehasítottunk; tolómérő; vonalzó; egyenfeszültségű voltmérő; egyenáramú ampermérő; szerelőtábla; vezetékek krokodilcsipesszel.

***A mérés menete:***

- Tolómérővel megmérjük a ceruzabél $d$ átmérőjét, és ezt beírjuk mm mértékegységben a táblázatba.
- Összeállítjuk a következő kapcsolást, ahol a ceruzabelet krokodilcsipeszek felhasználásával befogjuk az áramkörbe.
- Megmérjük és beírjuk a táblázatba a ceruzabél befogási pontjai közötti hosszát ($l$).




| A mérés sorszáma | $d$ (mm) | $A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$ ($mm^2$) | $l$ (m) | $U$ (V) | $I$ (A) | $R = \frac{U}{I}$ ($\Omega$) | $\rho = \frac{R \cdot A}{l}$ $\left(\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}\right)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | |
| 4. | | | | | | | |
| 5. | | | | | | | |

– Kapcsoljunk a ceruzabél befogott darabjára 1,5 V–6 V közötti feszültséget, és az ábra szerint mérjük az $U$ feszültség és $I$ áramerősség összetartozó értékeit. Írjuk ezeket a táblázatba!
– A mért adatokból számítsuk ki az $A$ keresztmetszet, majd az $R$ ellenállás, végül a $\rho$ fajlagos ellenállás értékét, és írjuk ezeket is a táblázatba!
– A méréseket és számításokat végezzük el hasonló módon még legalább kétszer! (Változtathatunk az áramkörbe kapcsolt vezető hosszán és az alkalmazott feszültségen is.)
– Legalább három mérés eredményének felhasználásával végezzünk hibaszámítást!

A fajlagos ellenállás középértéke: $\rho_k = \dfrac{\rho_1 + \rho_2 + \ldots + \rho_n}{n} = \ldots\ldots$

A mérés abszolút hibája: $\Delta\rho = \dfrac{|\Delta\rho_1| + |\Delta\rho_2| + \ldots + |\Delta\rho_n|}{n} = \ldots\ldots$

A mérés relatív hibája: $H = \dfrac{\Delta\rho}{\rho_k} \cdot 100\% = \ldots\ldots\%$.

A fajlagos ellenállás: $\rho = \ldots\ldots \dfrac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}} \pm \ldots\ldots\%$.

Hasonlítsuk össze a grafit mért fajlagos ellenállását a grafit és a fémek táblázatban szereplő fajlagos ellenállásával!

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## 2. Az elektromos vízmelegítő hatásfokának és a kaloriméter hőkapacitásának meghatározása

***A mérések elvi alapja:*** Ha fűtőspirált tartalmazó kaloriméterben elektromos árammal vizet melegítünk, az elektromos munka a víz és a kaloriméter energiaváltozására fordítódik. Az elektromos munka meghatározható a

$$W_{el} = U \cdot I \cdot t$$

összefüggéssel, ahol $U$ a feszültséget, $I$ az áramerősséget, $t$ pedig a melegítés idejét jelenti.
A víz energiaváltozását a

$$\Delta E_v = c_v \cdot m_v \cdot \Delta T$$

összefüggéssel számíthatjuk ki, ahol $c_v$ a víz fajhője, $m_v$ a víz tömege, $\Delta T = (T_2 - T_1)$ a hőmérsékletváltozás.
A melegítés hatásfoka:

$$\eta = \frac{\Delta E_v}{W_{el}}.$$

A kaloriméter $\Delta E_k$ energiaváltozásának meghatározása:

$$\Delta E_k = W - \Delta E_v.$$

A kaloriméter hőkapacitása:

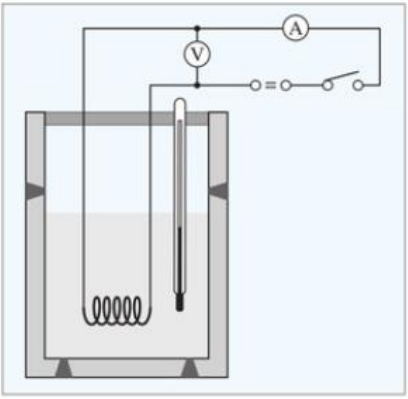
$$C = \frac{\Delta E_k}{\Delta T}.$$

***Eszközök:*** Kaloriméter fűtőspirállal; stopperóra; hőmérő; mérleg vagy mérőhenger; feszültségforrás; voltmérő; ampermérő; vezetékek; kapcsoló.

***A mérés menete:***

*A)* AZ ELEKTROMOS VÍZMELEGÍTŐ HATÁSFOKÁNAK MÉRÉSE

- Állítsuk össze a következő áramkört!
- Az áramkör zárása előtt a kaloriméterbe ismert tömegű vizet öntünk (amivel a kaloriméter edényét kb. félig megtöltjük). Beírjuk a táblázatba a víz tömegét.
- A fűtőspirál vízbe merítése után zárjuk a kapcsolót kb. 10 °C-os melegedés idejére. Megmérjük a melegítés idejét, a kezdeti és végső hőmérsékletet, a feszültséget és az áramerősséget. A mért és számított értékekkel kitöltjük a táblázat első sorát.
- Más ellenállású fűtőspirállal, illetve feszültséggel hasonlóképpen még legalább kétszer hajtsuk végre a mérést!
- Végezzünk hibaszámítást!




| A mérés sorszáma | $m_v$ (kg) | $U$ (V) | $I$ (A) | $t$ (s) | $W = U \cdot I \cdot t$ (J) | $T_1$ (K) | $T_2$ (K) | $\Delta T = T_2 - T_1$ (K) | $\Delta E_v = c_v \cdot m_v \cdot \Delta T$ (J) | $\eta = \frac{\Delta E_v}{W}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | | |
| 4. | | | | | | | | | | |
| 5. | | | | | | | | | | |

A hatásfok középértéke: $\eta_k = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \ldots + \eta_n}{n} =$ .....

A mérés abszolút hibája: $\Delta\eta = \frac{|\Delta\eta_1| + |\Delta\eta_2| + \ldots + |\Delta\eta_n|}{n} =$ .....

A mérés relatív hibája: $H = \frac{\Delta\eta}{\eta_k} \cdot 100\% =$ .....%.

A hatásfok: $\eta =$ ..... ± .....%.

*b)* KALORIMÉTER HŐKAPACITÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA

– Az eddigi mérések előző táblázatban szereplő értékeit másoljuk át az alábbi táblázatba, és egészítsük ki a hiányzó oszlopok kitöltésével!
– A hőkapacitásra kapott különböző értékek felhasználásával végezzünk hibaszámítást!

| A mérés sorszáma | $W$ (J) | $\Delta E_v$ (J) | $\Delta T$ (K) | $\Delta E_k = W - \Delta E_v$ (J) | $C = \frac{\Delta E_k}{\Delta T}\left(\frac{J}{K}\right)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| 3. | | | | | |
| 4. | | | | | |
| 5. | | | | | |

A hőkapacitás középértéke: $C_k = \frac{C_1 + C_2 + \ldots + C_n}{n} = \ldots\ldots$

A mérés abszolút hibája: $\Delta C = \frac{|\Delta C_1| + |\Delta C_2| + \ldots + |\Delta C_n|}{n} = \ldots\ldots$

A mérés relatív hibája: $H = \frac{\Delta C}{C_k} \cdot 100\% = \ldots\ldots\%$.

A kaloriméter hőkapacitása: $C = \ldots\ldots \frac{J}{K} \pm \ldots\ldots\%$.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

# 19. Fogyasztók és áramforrások kapcsolása az egyenáramú áramkörben

## 1. Ellenállásmérés ismert ellenállás és feszültség- vagy árammérő felhasználásával

### A) Ellenállásmérés ismert ellenállás és feszültségmérő felhasználásával

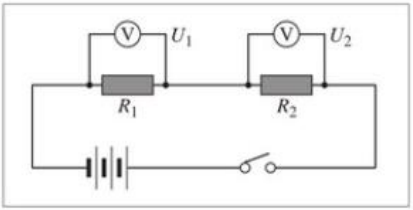
***A mérés elvi alapja:*** Fogyasztók soros kapcsolásánál a feszültségek aránya megegyezik az ellenállások arányával.

***Eszközök:*** Feszültségforrás 1,5 V–6 V közötti egyenfeszültséggel (sorba kapcsolható rúdelemek); ismeretlen ellenállású vezető (például 700 menetes tekercs); ismert ellenállású vezető (lehetőleg azonos nagyságrendű ellenállással); egyenfeszültségű voltmérő; szerelőtábla; vezetékek, kapcsoló.

***A mérés menete:***

– Áramkört létesítünk, amelyben sorosan kapcsoljuk az $R_1$ ismert és az $R_2$ ismeretlen ellenállást. Az áramkör zárása után megmérjük az ismert ellenálláson az $U_1$ és az ismeretlen ellenálláson az $U_2$ feszültséget. A mért értékek közötti kapcsolat:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{U_2}{U_1}.$$




– Az ismert és mért értékeket beírjuk a táblázat első sorába, és kiszámítjuk az ismeretlen $R_2$ ellenállás értékét.
– Végezzük el a méréseket még kétszer ugyanazon ismeretlen ellenállással úgy, hogy más ismert ellenállást vagy más feszültségű áramforrást alkalmazunk!
– Határozzuk meg a három mérésből kapott végeredmények átlagát!

| A mérés sorszáma | $R_1$ (Ω) | $U_1$ (V) | $U_2$ (V) | $R_2 = \frac{U_2 \cdot R_1}{U_1}$ (Ω) | $R_{2\,\text{átlag}}$ (Ω) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| 3. | | | | | |

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

### B) Ellenállásmérés ismert ellenállás és árammérő felhasználásával

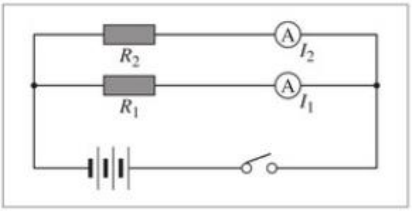
***A mérés elvi alapja:*** Fogyasztók párhuzamos kapcsolásakor az áramerősségek és az ellenállások fordított arányban állnak.

***Eszközök:*** Feszültségforrás 1,5 V–6 V közötti egyenfeszültséggel (sorba kapcsolható rúdelemek); ismeretlen ellenállású vezető (például 700 menetes tekercs); ismert ellenállású vezető (lehetőleg azonos nagyságrendű ellenállással); egyenfeszültségű árammérő; szerelőtábla; vezetékek, kapcsoló.

***A mérés menete:***

– Áramkört létesítünk, amelyben párhuzamosan kapcsoljuk az $R_1$ ismert és az $R_2$ ismeretlen ellenállást. Az áramkör zárása után megmérjük az ismert ellenálláson átfolyó $I_1$ és az ismeretlen ellenálláson átfolyó $I_2$ áram erősségét. A mért értékek közötti kapcsolat:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{I_1}{I_2}.$$




– Az ismert és mért értékeket beírjuk a táblázat első sorába, és kiszámítjuk az ismeretlen $R_2$ ellenállás értékét.
– Végezzük el a méréseket még kétszer ugyanazon ismeretlen ellenállással úgy, hogy más ismert ellenállást vagy más feszültségű áramforrást alkalmazunk!
– Határozzuk meg a három mérésből kapott végeredmények átlagát!

| A mérés sorszáma | $R_1$ (Ω) | $I_1$ (A) | $I_2$ (A) | $R_2 = \frac{I_1 \cdot R_1}{I_2}$ (Ω) | $R_{2\,\text{átlag}}$ (Ω) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| 3. | | | | | |

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

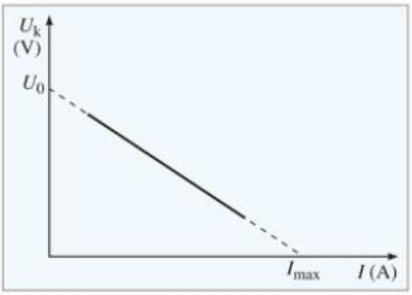
## 2. Telep üresjárási feszültségének és belső ellenállásának meghatározása

### A) Kapocsfeszültség- és áramerősség-mérés alapján

***A mérés elvi alapja:*** Az $U_k$ kapocsfeszültség, az $U_0$ üresjárási feszültség (elektromotoros erő), az $I$ áramerősség és az $R_b$ belső ellenállás közötti kapcsolat:

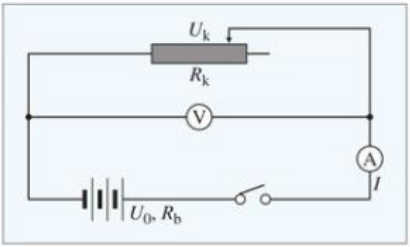
$$U_k = U_0 - I \cdot R_b.$$

Állandó üresjárási feszültség és belső ellenállás mellett az $U_k(I)$ függvény képe egyenes szakasz. Az egyenes tengelyekkel alkotott metszéspontjaiból leolvashatók a keresett mennyiségek:
$I = 0$ esetben $U_k = U_0$.
$U_k = 0$ esetben $U_0 = I_{max} \cdot R_b$.



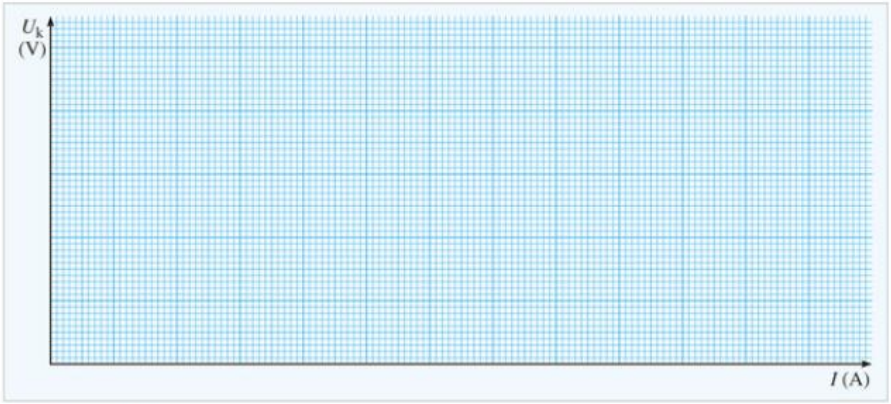

***Eszközök:*** 6 V-os vagy 4,5 V-os telep (célszerű nem teljesen új telepeket használni); legfeljebb 100 ohmos változtatható huzalellenállás (nem kell ismert értékűnek lennie); egyenfeszültségű voltmérő és ampermérő; vezeték; kapcsoló; szerelőtábla.

*A mérés menete:*




- Állítsuk össze a kapcsolási rajz szerinti áramkört!
- Az $R_k$ ellenállás értékét csökkentve 5-10 esetben olvassuk le, és foglaljuk táblázatba a voltmérő és az ampermérő által jelzett értékeket! (A kapcsolót mindig csak rövid ideig, a műszerek leolvasásának idejére zárjuk, mert a telep terhelése megváltoztatja a keresett mennyiségeket!)
- Milliméterpapíron $U_k$–$I$ koordináta-rendszerben ábrázoljuk az összetartozó értékpárokat, és rajzoljuk meg a kapott pontokra legjobban illeszkedő egyenest!
- Olvassuk le az egyenes koordinátatengelyekkel alkotott metszéspontjaihoz tartozó értékeket, és számítsuk ki $U_0$ és $R_b$ értékét.

| $U_k$ (V) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $I$ (A) | | | | | | | | | | |




A grafikon alapján:

$U_0$ = ..... V

$R_b = \frac{U_0}{I_{max}}$ = ..... Ω

*Megjegyzés:* A kiszámított $R_b$ érték a telep és az ampermérő együttes belső ellenállása. Hogyan kaphatjuk meg ebből a telep belső ellenállását?

.....

.....

.....

.....

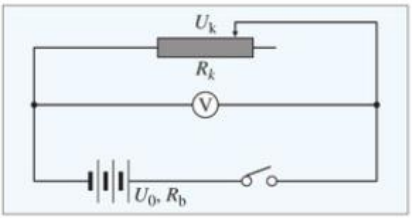
### b) Ismert külső ellenállások és voltmérő felhasználásával

***A mérés elvi alapja:***

$$\frac{U_0}{R_k + R_b} = \frac{U_k}{R_k}.$$

Ha megmérjük két különböző ismert $R_k$ értékhez az $U_k$ értékeket, és az összetartozó értékpárokat behelyettesítjük a fenti összefüggésbe, akkor egyenletrendszert kapunk, amelyből $U_0$ és $R_b$ meghatározható.

***Eszközök:*** 6 V-os vagy 4,5 V-os telep (célszerű nem teljesen új telepeket használni); 3 db ismert ellenállású, egyforma ellenálláshuzal (pl. 25 ohmos); egyenfeszültségű voltmérő; vezeték; kapcsoló; szerelőtábla.
Az egyforma ellenálláshuzalok helyett használhatunk 10–100 ohm között változtatható huzalellenállást is, melynek értékét skáláról le tudjuk olvasni.




***A mérés menete:***

- Állítsunk össze az ábra szerint olyan kapcsolást, amelyben az $R_k$ ellenállás 4-5-féle különböző ismert értéke mellett mérjük a kapocsfeszültséget!
  Ha 3 egyforma huzalellenállást használunk, akkor a külső ellenállásokat a következő módon állíthatjuk be: 3 sorosan kapcsolt huzal, 2 sorosan kapcsolt huzal, 1 huzal, 2 párhuzamosan kapcsolt huzal, 3 párhuzamosan kapcsolt huzal. Mindegyik esetben ismerjük a külső ellenállás értékét. (25 ohmos huzalok esetén: 75 ohm, 50 ohm, 25 ohm, 21,5 ohm, 8,3 ohm. Más változtatható ellenállás esetén tetszőleges 10–100 ohm közötti ellenállásértékeket is beállíthatunk.)
- A kapcsolót mindig csak a műszer leolvasásának rövid idejére zárjuk!
- Foglaljuk táblázatba az $R_k$ külső ellenállás ismert és az $U_k$ kapocsfeszültség mért értékeit!
- Ezután két kiválasztott méréshez tartozó $R_k$ és $U_k$ értékek felhasználásával írjunk fel egyenletrendszert, és számítsuk ki $R_b$ és $U_0$ értékét!
- Végezzük el ezt még legalább kétszer más mérések párosításával, és határozzuk meg ezekből az egyenletrendszerekből is $R_b$ és $U_0$ értékét! (Például: $R_{b1}$ és $U_{01}$ adódhat az 1. és 3. mérésből, $R_{b2}$ és $U_{02}$ a 2. és 4. mérésből, $R_{b3}$ és $U_{03}$ a 3. és 5. mérésből.)
- Számítsuk ki $R_b$ és $U_0$ középértékét, és végezzünk hibaszámítást!

| A mérés sorszáma | $R_k$ (Ω) | $U_k$ (V) | $R_b$ (Ω) (egyenletrendszerből) | $U_0$ (V) (egyenletrendszerből) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | |
| 2. | | | | |
| 3. | | | | |
| 4. | | | | |
| 5. | | | | |

A belső ellenállás középértéke: $R_b = \frac{R_{b1} + R_{b2} + \ldots + R_{bn}}{n} = \ldots\ldots$

A mérés abszolút hibája: $\Delta R_b = \frac{|\Delta R_{b1}| + |\Delta R_{b2}| + \ldots + |\Delta R_{bn}|}{n} = \ldots\ldots$

A mérés relatív hibája: $H = \frac{\Delta R_b}{R_b} \cdot 100\% = \ldots\ldots\%$.

A belső ellenállás: $R_b = \ldots\ldots\ \Omega \pm \ldots\ldots\%$.

Az üresjárási feszültség középértéke: $U_0 = \frac{U_{01} + U_{02} + \ldots + U_{0n}}{n} = \ldots\ldots$

A mérés abszolút hibája: $\Delta U_0 = \frac{|\Delta U_{01}| + |\Delta U_{02}| + \ldots + |\Delta U_{0n}|}{n} = \ldots\ldots$

A mérés relatív hibája: $H = \frac{\Delta U_0}{U_0} \cdot 100\% = \ldots\ldots\%$.

Az üresjárási feszültség: $U_0 = \ldots\ldots\ \text{V} \pm \ldots\ldots\%$.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

.....

c) Ismert külső ellenállások és ampermérő felhasználásával

***Feladat:*** Az $U_0 = I \cdot (R_k + R_b)$ összefüggés felhasználásával határozzuk meg úgy a telep üresjárási feszültségét és belső ellenállását, hogy két ismert külső ellenállásértékekhez tartozó áramerősségértékeket mérünk, majd megoldjuk a kapott egyenletrendszert!

.....

.....

.....

.....

.....

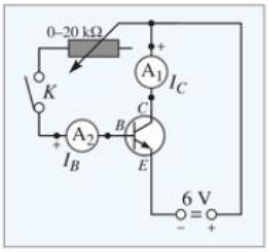
.....

.....

# 20. A tranzisztor karakterisztikájának felvétele, az áramerősítési tényező mérése

***A mérés elvi alapja:*** Ha a tranzisztoron a bázis-emitter diódarészre nyitó irányú feszültséget adunk, a vékony bázison át a kollektor-bázis dióda határrétegébe is töltéshordozók jutnak, ezáltal a tranzisztor a kollektor és emitter között is vezetővé válik.
A bázisáram ($I_B$) kis változtatása a kollektoráram ($I_C$) lényegesen nagyobb változását eredményezi: ez a tranzisztor áramerősítése.
A tranzisztor áramerősítési tényezőjét a két áram változásának aránya adja:

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}.$$




***Eszközök:*** 4,5–6 V-os telep; npn-tranzisztor; 20 kΩ-os változtatható ellenállás; két egyenáramú ampermérő; kapcsoló; vezeték; szerelőtábla.

***A mérés menete:***

- Állítsuk össze a kapcsolási rajz szerinti áramkört! (Ügyeljünk az áramforrás és a műszerek polaritására!) A $K$ kapcsoló kezdetben nyitott, a változtatható ellenállás pedig maximális (20 kΩ) értéken áll. Az $A_1$ ampermérő méréshatára kb. 100 mA, az $A_2$ ampermérő méréshatára kb. 5 mA.
- Zárjuk a kapcsolót, majd csökkentsük a változtatható ellenállás értékét 1 kΩ-ig kb. 10 lépésben, és közben írjuk be a táblázatba az $A_2$ műszer által mért $I_B$ bázisáram és az $A_1$ műszer által mért $I_C$ kollektoráram összetartozó értékeit!
- Számítsuk ki néhány esetben, és foglaljuk táblázatba a bázisáram változását ($\Delta I_B$), a hozzá tartozó kollektoráram változását ($\Delta I_C$) és a kettőből adódó erősítési tényezőt ($\beta$).
  Vegyük az erősítési tényezők átlagát!

***Mérési eredmények:***

$U_{CE}$ = ..... V

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_B$ (mA) | | | | | | | | | | |
| $I_C$ (mA) | | | | | | | | | | |
| $\Delta I_B$ (mA) | | | | | | | | | | |
| $\Delta I_C$ (mA) | | | | | | | | | | |
| $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$ | | | | | | | | | | |

Az áramerősítési tényező középértéke:

$$\beta_k = \frac{\beta_1 + \beta_2 + ... + \beta_n}{n} = .....$$

Készítsünk grafikont az $I_C$ kollektoráramnak az $I_B$ bázisáramtól való függéséről!

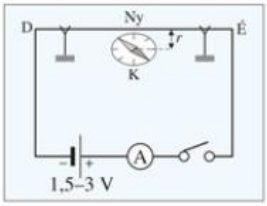



***Feladat:*** A karakterisztika alapján állapítsuk meg, hogy biztosítható-e a bázisáram változásának torzításmentes felerősítése! (Ha például a bázisáram változása az időnek szinuszos függvénye, akkor a kollektoráram változása is ilyen legyen.)

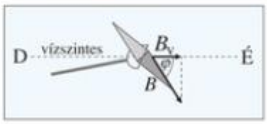
# 21. A Föld mágneses indukciójának meghatározása

***A mérés elvi alapja:*** *I* áramerősségű egyenes áramvezető *r* távolságban $B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot r \cdot \pi}$ indukciójú mágneses mezőt hoz létre, ahol $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\mathrm{V \cdot s}}{\mathrm{A \cdot m}}$. A mágneses indukció vektora a vezető körül, a vezetőre merőleges síkban rajzolt kör érintőjének irányába esik.

A szuperpozíció elve szerint a földi mágneses mező jelenlétében az egyenes áramvezető környezetében elhelyezett iránytű igyekszik a két mágneses mező indukciójának eredője irányába beállni. Ha egy észak–dél irányú vízszintes vezető alatt helyezzük el az iránytűt, és azt az áramvezető mágneses hatásával sikerül az észak–dél iránytól 45°-kal eltéríteni, akkor az áramvezetőtől származó mágneses indukció megegyezik a Föld mágneses indukciójának vízszintes összetevőjével.




Vízszintes tengelyű, észak–dél irányú függőleges síkban mozgó iránytűvel azt is meghatározhatjuk, hogy a földi mágneses indukció a vízszinteshez képest milyen $\varphi$ inklinációs szöggel hajlik lefelé. A Föld mágneses indukcióvektorának nagyságát ($B$) a mágneses indukció vízszintes összetevőjéből ($B_v$) és az inklináció szögéből meghatározhatjuk:




$$B = \frac{B_v}{\cos\varphi}.$$

***Eszközök:*** 1,5–3 V-os telep; egyenáramú ampermérő; vezeték; kapcsoló; szerelőtábla (vagy a vezeték vízszintes rögzítésére alkalmas állvány); kis iránytű; szögmérő. Vastartalmú (ferromágneses) anyag ne legyen a közelben!

***A mérés menete:***

- Úgy állítsuk össze az áramkört, hogy egy kb. 20 cm hosszú réz vezetődarab vízszintesen, észak–déli irányban helyezkedjen el (párhuzamosan az alatta levő iránytűvel)!
- Készüljünk fel arra, hogy az áramkör zárása után az iránytűt a skála elforgatása nélkül, függőlegesen a vezetőtől 2-3 cm közelségbe tudjuk vinni, és az iránytű és a vezető közti távolságot, valamint az áramerősséget minél gyorsabban és pontosabban le tudjuk olvasni!
  (Az áramkör zárásakor lényegében rövidre zárjuk az áramforrást, ami annak lemerülését eredményezheti.)
- Zárjuk a kapcsolót, majd az előbb jelzett módon mozgassuk el az iránytűt addig, amíg a mágnestű eredeti állásából 45°-kal elfordul, vagyis északkeleti vagy északnyugati irányt jelez. Ekkor mérjük meg az iránytű és a vezető *r* távolságát és a vezetőn folyó *I* áramerősséget! (Az áramkör zárása ne tartson 10-15 másodpercnél tovább.)
- Írjuk táblázatba a mért adatokat, és számítsuk ki a vezető által létrehozott mágneses indukciót!
- Végezzük el a mérést még legalább kétféle módon! (Egyszer elvégezhetjük ellentétes áramirány mellett, egyszer pedig úgy is, hogy a vezető, az iránytű alatt helyezkedjen el az iránytű kezdeti helyzetével párhuzamosan.)
- Mindegyik mérés eredményeit írjuk táblázatba, majd számítsuk ki a földi mágneses indukció vízszintes összetevőjére kapott értékek átlagát!
- Vízszintes tengely körül forgó iránytű és szögmérő segítségével mérjük meg az inklináció szögét, és számítsuk ki a földi mágneses indukcióvektor nagyságát!

| A mérés sorszáma | $r$ (m) | $I$ (A) | $B_v = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot r \cdot \pi}$ (T) |
|---|---|---|---|
| 1. | | | |
| 2. | | | |
| 3. | | | |
| 4. | | | |
| 5. | | | |

A mágneses indukció vízszintes összetevőjének középértéke: $B_v = \frac{B_1 + B_2 + ... + B_n}{n} =$ ..... T.

Az inklináció szöge: $\varphi =$ .....

A Föld mágneses indukcióvektorának nagysága: $B = \frac{B_v}{\cos\varphi} =$ ..... T.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

.....

.....

# 22. A transzformátor vizsgálata

***A mérés elvi alapja:*** A transzformátor a nyugalmi indukció elve alapján működik. A primer oldalra kapcsolt váltakozó feszültség hatására a szekunder tekercsen is váltakozó feszültség keletkezik.

*A)* A FESZÜLTSÉGEK ARÁNYA

Terheletlen transzformátornál (nyitott szekunder kör esetén) az $U_p$ primer feszültség és az $U_{sz}$ szekunder feszültség aránya megegyezik az $N_p$ primer menetszám és az $N_{sz}$ szekunder menetszám arányával:

$$\frac{U_p}{U_{sz}} = \frac{N_p}{N_{sz}}.$$

Ha a transzformátort izzólámpával terheljük, a szekunder oldalon mérhető feszültség kissé csökken.

*B)* AZ ÁRAMERŐSSÉGEK ARÁNYA

Terhelt transzformátor esetén az $I_{sz}$ szekunder áram és az $I_p$ primer áram aránya közelítően:

$$\frac{I_{sz}}{I_p} = \frac{N_p}{N_{sz}}.$$

*C)* A TRANSZFORMÁTOR HATÁSFOKA

A primer oldalon felvett $P_p$ teljesítmény megegyezik a szekunder oldalon leadott $P_{sz}$ teljesítmény, valamint a transzformátornál fellépő $P_r$ rézveszteség és $P_v$ vasveszteség összegével:

$$P_p = P_{sz} + P_r + P_v.$$

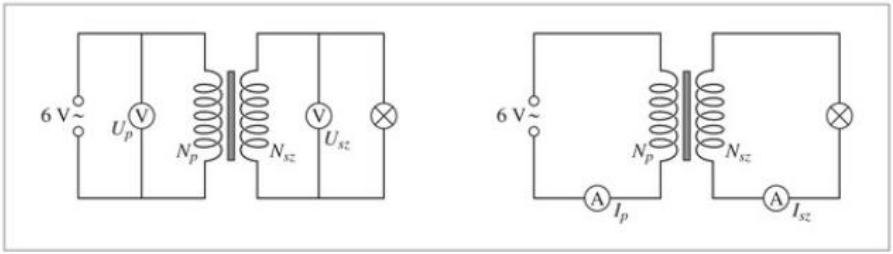
A transzformátor hatásfoka:

$$\eta = \frac{P_{sz}}{P_p}.$$

Terhelésnél a primer fázisszög is 90°-nak vehető, így a hatásfok:

$$\eta = \frac{U_{sz} \cdot I_{sz}}{U_p \cdot I_p}.$$

***Eszközök:*** 6 V-os váltakozó feszültségű áramforrás; transzformátor 1 : 1 és 1 : 2 menetszám arányokkal; 14 V-os karácsonyfaizzó; váltakozó feszültségű voltmérő; váltakozó áramú ampermérő; vezetékek; kapcsoló; szerelőtábla.



***A mérés menete:***

- Mérjük meg az effektív feszültséget és az effektív áramerősséget az előbbi áramkörök szerint úgy, hogy először $N_p = N_{sz}$! A mérést egyetlen volt–amper-mérővel is végezhetjük, amelyet egymás után kapcsolunk az áramkörök megfelelő helyeire. Vigyázzunk a műszer feszültség- ill. árammméréshez történő átállítására! A mért értékeket írjuk a táblázatba!
- Ismételjük meg az előbbi méréseket a menetszámok 1 : 2 aránya esetén!
- Végezzük el a méréseket a transzformátor 2 : 1 áttétele mellett!
- Elvégezhetjük a méréseket más menetszámarányokra is. Vigyázzunk azonban arra, hogy az izzóra jutó feszültség ne haladja meg az üzemi feszültséget!
- A mérési adatok alapján töltsük ki a táblázat többi oszlopát is!

| A mérés sorszáma | $N_p$ | $N_{sz}$ | $\frac{N_p}{N_{sz}}$ | $U_p$ (V) | $U_{sz}$ (V) | $\frac{U_p}{U_{sz}}$ | $I_p$ (A) | $I_{sz}$ (A) | $\frac{I_{sz}}{I_p}$ | $U_p \cdot I_p$ (W) | $U_{sz} \cdot I_{sz}$ (W) | $\eta = \frac{U_{sz} \cdot I_{sz}}{U_p \cdot I_p}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | | | | |
| 4. | | | | | | | | | | | | |
| 5. | | | | | | | | | | | | |

***Feladatok:***

*a)* Ellenőrizzük a feszültségek arányára vonatkozó összefüggés teljesülését!

*b)* Ellenőrizzük az áramerősségek arányára vonatkozó összefüggés teljesülését!

*c)* A hatásfokra vonatkozóan végezzünk hibaszámítást!

A hatásfok középértéke: $\eta_k = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \ldots + \eta_n}{n} = \ldots\ldots$

A mérés abszolút hibája: $\Delta\eta = \frac{|\Delta\eta_1| + |\Delta\eta_2| + \ldots + |\Delta\eta_n|}{n} = \ldots\ldots$

A mérés relatív hibája: $H = \frac{\Delta\eta}{\eta_k} \cdot 100\% = \ldots\ldots\%$.

A hatásfok: $\eta = \ldots\ldots \pm \ldots\ldots\%$.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

.....

.....

# 23. Váltakozó feszültség, váltakozó áram

## 1. Az effektív feszültség és áramerősség kapcsolata, az ohmos ellenállás meghatározása

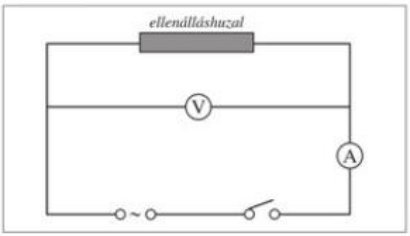
***A mérés elvi alapja:*** Váltakozó áramú áramkörben is érvényes Ohm törvénye: egy vezetőn folyó váltakozó áram effektív értéke egyenesen arányos a vezetőre kapcsolt váltakozó feszültség effektív értékével, a két mennyiség hányadosa állandó.
Ha olyan vezető huzalt vizsgálunk, ahol az önindukció szerepe elhanyagolható, akkor az effektív feszültség és az effektív áramerősség hányadosa a vezető ohmos ellenállását adja, ami megegyezik a vezető egyenáramú ellenállásával:

$$\frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}} = R.$$

***Eszközök:*** 6–12V-os, 50 Hz-es váltakozó feszültségű áramforrás, amelynek feszültsége folyamatosan vagy 1-2 voltonként növelhető; ellenálláshuzal (25-100 Ω körüli értékkel); **váltakozó áramú** voltmérő és ampermérő; vezetékek; kapcsoló; szerelőtábla.

***A mérés menete:***

– Állítsuk össze az alábbi áramkört!
– Növeljük a váltakozó feszültséget kb. 1-2 voltonként, és legalább 5 esetben olvassuk le a vezetőn levő effektív feszültség és az effektív áramerősség összetartozó értékét! (A kapcsolót csak a műszerek leolvasásának idejére zárjuk, hogy ne melegedjen az ellenálláshuzal!)
– Írjuk a mért feszültség és áramerősség értékét a táblázatba!




| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{\text{eff}}$ (V) | | | | | | | | | | |
| $I_{\text{eff}}$ (A) | | | | | | | | | | |

– Ábrázoljuk az effektív áramerősségnek az effektív feszültségtől való függését! Rajzoljunk az origón át a kapott pontokra legjobban illeszkedő egyenest!
– Az egyenes valamely pontjához tartozó értékek felhasználásával számítsuk ki a huzal ohmos ellenállását!

$$R = \frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}} = \ldots\ldots\ldots\

*Megjegyzések és megállapítások:* .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## 2. A kondenzátor kapacitásának meghatározása

***A mérés elvi alapja:*** A jó szigetelésű kondenzátor (amelynek szigetelésén nem haladnak át töltéshordozók) csak kapacitív ellenállással rendelkezik. Ha ilyen kondenzátorra váltakozó feszültséget kapcsolunk, az effektív feszültség és az effektív áramerősség hányadosából megkapjuk a kapacitív ellenállás értékét:

$$\frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}} = X_C.$$

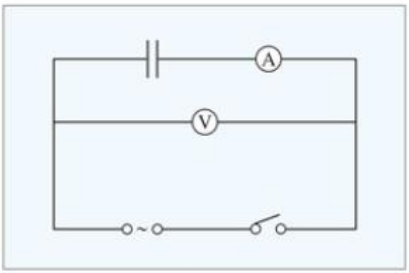
Ezt felhasználva a váltakozó feszültség frekvenciájának ismeretében kiszámítható a kondenzátor kapacitása:

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C}.$$

***Eszközök:*** 12–24 V-os, 50 Hz-es váltakozó feszültségű áramforrás, amelyről többféle feszültségérték is biztosítható; kondenzátor (lehetőleg $\mu$F, 100 nF nagyságrendű kapacitással, de nem elektrolitkondenzátor); váltakozó áramú voltmérő és ampermérő; vezetékek; kapcsoló; szerelőtábla.

***A mérés menete:***

- Állítsuk össze az alábbi áramkört!
- Zárjuk az áramkört, majd írjuk a feszültség és az áramerősség műszerekről leolvasott effektív értékét a táblázat első sorába!
- Számítsuk ki és írjuk be a táblázatba az első sor hiányzó adatait!
- Változtassunk az alkalmazott feszültségek nagyságán, és ismételjük meg a méréseket és számításokat hasonló módon még legalább kétszer!
- Legalább három mérés eredményének felhasználásával végezzünk hibaszámítást!



| A mérés sorszáma | $U_{\text{eff}}$ (V) | $I_{\text{eff}}$ (A) | $X_C = \frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}}$ (Ω) | $C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C}$ (F) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | |
| 2. | | | | |
| 3. | | | | |
| 4. | | | | |
| 5. | | | | |

A kapacitás középértéke: $C_k = \frac{C_1 + C_2 + \ldots + C_n}{n} = \ldots\ldots\ldots$

A mérés abszolút hibája: $\Delta C = \frac{|\Delta C_1| + |\Delta C_2| + \ldots + |\Delta C_n|}{n} = \ldots\ldots\ldots$

A mérés relatív hibája: $H = \frac{\Delta C}{C_k} \cdot 100\% = \ldots\ldots\ldots\%$.

A kapacitás: $c = \ldots\ldots\ldots$ F ± $\ldots\ldots\ldots\%$.

Ellenőrizzük, hogy a számítással meghatározott kapacitás hány %-kal tér el a kondenzátoron feltüntetett névleges kapacitásértéktől!
Mi indokolja az ohmos és a kapacitív ellenállás mérésénél alkalmazott kapcsolás eltérését?

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

## 3. A tekercs induktivitásának meghatározása

***A mérés elvi alapja:*** A tekercsnek ohmos és induktív ellenállása is van. Mivel mindkét ellenállás ugyanazt az áramot akadályozza, a tekercsben sorosan kapcsolódónak tekinthetjük őket.
Ha a tekercsre váltakozó feszültséget kapcsolunk, az effektív feszültség és az effektív áramerősség hányadosa a tekercs eredő impedanciáját adja:

$$\frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}} = Z.$$

A tekercsre kapcsolt egyenfeszültség és áramerősség hányadosa megadja a tekercs ohmos ellenállását:

$$\frac{U}{I} = R.$$

Az eredő impedanciából és az ohmos ellenállásból számolható az induktív ellenállás, abból pedig a frekvencia ismeretében a tekercs induktivitása:

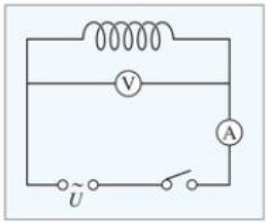
$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

$$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f}.$$

***Eszközök:*** 700–1200 menetes légmagos tekercs; 6–12 V-os, 50 Hz-es váltakozó feszültségű és 1,5–6 V-os egyenfeszültségű áramforrás; egyen- és váltakozó áramú voltmérő és ampermérő; vezetékek; kapcsoló; szerelőtábla.

***A mérés menete:***

- Állítsuk össze az alábbi áramkört!
- Először alkalmazzunk váltakozó áramú mérőműszereket és 6–12 V közötti, 50 Hz frekvenciájú váltakozó feszültséget! Írjuk a váltakozó feszültség és áram effektív értékét a táblázatba!
- Végezzük el az előbbi mérést 1,5–6 V közötti egyenfeszültség és egyenáramú műszerek alkalmazásával! Írjuk a mért feszültség- és áramerősség-értéket a táblázatba!
- Számítsuk ki a táblázat első sorából hiányzó mennyiségeket!
- Változtassunk az alkalmazott feszültségek nagyságán, és ismételjük meg a méréseket és számításokat hasonló módon még legalább kétszer!
- Legalább három mérés eredményének felhasználásával végezzünk hibaszámítást!




| A mérés sorszáma | $U_{eff}$ (V) | $I_{eff}$ (A) | $Z = \frac{U_{eff}}{I_{eff}}$ (Ω) | $U$ (V) | $I$ (A) | $R = \frac{U}{I}$ (Ω) | $X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$ (Ω) | $L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f}$ (H) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | |
| 4. | | | | | | | | |
| 5. | | | | | | | | |

Az induktivitás középértéke: $L_k = \frac{L_1 + L_2 + ... + L_n}{n} =$ .....

A mérés abszolút hibája: $\Delta L = \frac{|\Delta L_1| + |\Delta L_2| + ... + |\Delta L_n|}{n} =$ .....

A mérés relatív hibája: $H = \frac{\Delta L}{L_k} \cdot 100\% =$ .....%.

Az induktivitás: $L =$ ..... H ± .....%.

***Feladat:*** Határozzuk meg hasonló módon zárt vasmagos tekercs induktivitását!

| A mérés sorszáma | $U_{\text{eff}}$ (V) | $I_{\text{eff}}$ (A) | $Z = \frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}}$ (Ω) | $U$ (V) | $I$ (A) | $R = \frac{U}{I}$ (Ω) | $X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$ (Ω) | $L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f}$ (H) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | |
| 4. | | | | | | | | |
| 5. | | | | | | | | |

Az induktivitás középértéke: $L_k = \frac{L_1 + L_2 + \ldots + L_n}{n} = \ldots\ldots\ldots$

A mérés abszolút hibája: $\Delta L = \frac{|\Delta L_1| + |\Delta L_2| + \ldots + |\Delta L_n|}{n} = \ldots\ldots\ldots$

A mérés relatív hibája: $H = \frac{\Delta L}{L_k} \cdot 100\% = \ldots\ldots\ldots\%$.

Az induktivitás: $L = \ldots\ldots\ldots$ H ± $\ldots\ldots\ldots\%$.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

.....

.....

# 24. A rezgőkör rezgésidejét befolyásoló tényezők vizsgálata

***A mérés elvi alapja:*** A kondenzátorból és tekercsből álló áramkört elektromos rezgőkörnek nevezzük. A rezgőkörben létrejövő szabad rezgések periódusidejét a Thomson-formula adja meg:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C},$$

ahol $L$ a tekercs induktivitása, $C$ pedig a kondenzátor kapacitása.
Eszerint a periódusidő egyenesen arányos
- a tekercs induktivitásának négyzetgyökével és
- a kondenzátor kapacitásának négyzetgyökével.

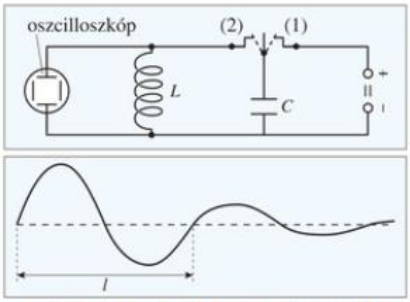
Az arányosságok vizsgálatához felhasználhatjuk, hogy a tekercs induktivitását megadja a következő összefüggés:

$$L = \frac{\mu_r \cdot \mu_0 \cdot N^2 \cdot A}{l},$$

ahol $\mu_r$ a tekercsben levő anyag relatív permeabilitása, $\mu_0$ a légüres tér permeabilitása, $N$ a menetszám, $A$ a tekercs keresztmetszete, $l$ pedig a hossza.
A kapacitás változása létrehozható és követhető úgy, hogy a kondenzátorral párhuzamosan vagy sorosan kapcsolunk még egy ugyanolyan kondenzátort. Párhuzamos kapcsolásnál kétszeresére, soros kapcsolásnál felére változik a kapacitás.

***Eszközök:*** Két egyforma kondenzátor; tekercs, amelynek a menetszám felénél is van kivezetése; két egyforma tekercs; oszcilloszkóp; mm-skála (ha az oszcilloszkópon nincsen ilyen); váltókapcsoló; 6 V-os telep; vezeték; szerelőtábla.

***A mérés menete:*** Állítsuk össze az alábbi áramkört! Az ábra kapcsolási rajza szerint a váltókapcsoló átbillentésével feltölthetjük, majd tekercsen át kisüthetjük a kondenzátort. A feszültséget az oszcilloszkóp vertikális eltérítő bemenetére kapcsoljuk. A horizontális eltérítő frekvenciájának megfelelő megválasztásával elérhető, hogy az oszcilloszkóp képernyőjén minden feltöltést követő kisütésnél 1-2 kezdeti periódus képe jelenjen meg rövid ideig. Ha a jelet automatikus helyett trigger üzemmódban indítjuk, akkor a periódust mindig a képernyő ugyanazon helyén láthatjuk, és a hosszát a képernyőn levő vagy az ideiglenesen odaragasztott mm-skálán jól leolvashatjuk. A feltöltési-kisütési folyamat többszöri megismétlésével törekedjünk a periódus hosszának minél pontosabb leolvasására! A képernyőn a periódus mm-ben mért hossza ($l$) arányos a periódusidővel ($T$).




***a) L állandó***

Változatlan tekercs mellett végezzünk összehasonlító méréseket!

- 1. mérésként figyeljük meg hogyan változik a rezgésidő, ha a kapacitást kétszeresére növeljük! Kapcsoljuk az egyik kondenzátort a rezgőkörbe ($C_1$ kapacitás), majd mérjük meg és írjuk a táblázatba a rezgés egy periódusának képernyőn megjelenő hosszát ($l_1$)!
  Ezután kapcsoljuk a két egyforma kondenzátort párhuzamosan ($C_2 = 2 \cdot C_1$)! Mérjük meg, és írjuk a táblázatba a periódusidő képernyőn látható hosszát ($l_2$)!

  Hasonlítsuk össze az $\frac{l_2}{l_1}$ és a $\sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$ arányt!

– 2. mérésként töltsük ki a táblázat második sorát, amikor $C_1$ nem változik, $C_2$ viszont a rezgőkörbe sorosan kapcsolt két kondenzátor eredő kapacitása $\left(C_2 = \frac{1}{2}C_1\right)$!

Hasonlítsuk össze most is az $\frac{l_2}{l_1}$ és a $\sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$ arányt!

– 3. mérés is végezhető további kondenzátor felhasználásával.

| A mérés sorszáma | $\frac{C_2}{C_1}$ | $\sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$ | $l_1$ (mm) | $l_2$ (mm) | $\frac{l_2}{l_1}\left(=\frac{T_2}{T_1}\right)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| 3. | | | | | |

***b) C állandó***

Változatlan kondenzátor mellett végezzük a méréseket. A gondolatmenet hasonló az előzőhöz, csak most a tekercs induktivitását változtatjuk követhető módon, és az alábbi táblázatot töltjük ki.

– 1. mérésként a tekercs változatlan hossza és keresztmetszete mellett megduplázhatjuk a menetszámot, ekkor $L_2 = 4 \cdot L_1$.
– 2. mérésnél a két egyforma tekercs soros kapcsolásával és szoros illesztésével a menetszám és a hossz is kétszeresére növekszik, így $L_2 = 2 \cdot L_1$.
– Végezhetünk 3. mérést is az induktivitás egyéb változtatásával.

| A mérés sorszáma | $\frac{L_2}{L_1}$ | $\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$ | $l_1$ (mm) | $l_2$ (mm) | $\frac{l_2}{l_1}\left(=\frac{T_2}{T_1}\right)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| 3. | | | | | |

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

.....

.....

# 25. A fény hullámtermészete

## 1. A törésmutató meghatározása gombostű módszerrel

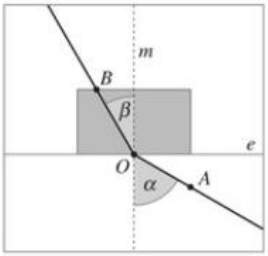
***A mérés elvi alapja:*** A törési törvény szerint

$$n_{2,1} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta},$$

ahol $\alpha$ a beesési szög, $\beta$ a törési szög, $n_{2,1}$ pedig a második közeg elsőre vonatkoztatott törésmutatója. Ha a levegőből üvegbe lépő fény útját követjük, akkor az üveg levegőre vonatkoztatott törésmutatóját kapjuk, amely – a mérési pontosságunk mellett – az üveg abszolút törésmutatójának is tekinthető. A fénysugár útját egymást takaró gombostűk segítségével állapítjuk meg.

***Eszközök:*** Rajztábla; rajzlap; derékszögű vonalzó (vagy egyenes vonalzó és körző); szögmérő; gombostűk; vastagabb planparalel üveghasáb vagy plexihasáb (például az optikai pad trapéz alakú prizmája); zsebszámológép.

***A mérés menete:***




- A rajztáblára erősített rajzlap közepén rajzoljunk a rajztábla rövidebb oldalával párhuzamos $e$ egyenest! Ez lesz a két közeg határa.
- Jelöljük be ezen (kb. a lapnak a közepén) az $O$ pontot, és rajzoljuk meg az $O$ pontban az $e$-re merőleges $m$ egyenest. Ez lesz a beesési merőleges.
- Helyezzük az üveghasábot úgy a rajzlapra, hogy párhuzamos lapjainak egyike (célszerűen a nagyobb) illeszkedjen az $e$ egyenesre!
- Ezután szúrjunk gombostűt az $e$ és $m$ egyenes metszéspontjába ($O$), és még egyet kb. a rajznak megfelelő $A$ pontba!
- Nézzünk fél szemmel az $A$ pont felől az $O$ pont irányába, majd szúrjunk egy harmadik gombostűt közvetlenül az üveghasáb túlsó párhuzamos oldala mellé ($B$ pont) úgy, hogy a három gombostűt egy egyenesben lássuk (takarják egymást)!
- Az üveghasáb eltávolítása után hosszabbítsuk meg az $OA$ és $OB$ szakaszokat, és mérjük meg szögmérővel az $\alpha$ beesési szöget, valamint a $\beta$ törési szöget, és írjuk ezek értékét a táblázat első sorába!
- Számítsuk ki a szögek szinuszának hányadosaként az üveg törésmutatóját!
- Végezzük el az eddig leírt mérést az $A$ pont (és ezáltal az $\alpha$ beesési szög) változtatásával még legalább kétszer, majd számítsunk átlagos törésmutatót, és végezzünk hibaszámítást!

***Megjegyzések:***

- Itt valójában a $B$ pontból (az üveg határáról) induló és az üvegben az $O$ pont felé tartó fénysugár útját követjük, amely törés után a levegőben az $A$ ponton halad át. Mivel azonban a fénysugarak útja megfordítható, a levegő $A$ pontjából az $O$ pontba a rajz szerinti $\alpha$ beesési szöggel érkező fénysugárnak az útja a $B$ pont irányába vezetne, vagyis $\beta$ lenne az üvegben a törési szög. Így az üveg törésmutatójának meghatározásakor $\alpha$ tekinthető beesési, $\beta$ pedig törési szögnek.
- Üveghasáb helyett párhuzamos, vékony falú átlátszó edénybe (küvettába) öntött folyadék törésmutatóját is meghatározhatjuk ezzel a módszerrel.

| A vizsgált anyag | A mérés sorszáma | $\alpha$ (fok) | $\beta$ (fok) | $n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ |
|---|---|---|---|---|
| | 1. | | | |
| | 2. | | | |
| | 3. | | | |
| | 4. | | | |
| | 5. | | | |

A törésmutató középértéke: $n_k = \frac{n_1 + n_2 + \ldots + n_i}{i} =$ .....

A mérés abszolút hibája: $\Delta n = \frac{|\Delta n_1| + |\Delta n_2| + \ldots + |\Delta n_i|}{i} =$ .....

A mérés relatív hibája: $H = \frac{\Delta n}{n_k} \cdot 100\% =$ .....%.

A törésmutató: $n =$ ..... ± .....%.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

.....

## 2. A fény hullámhosszának mérése optikai ráccsal

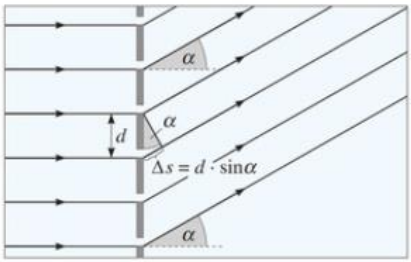
***A mérés elvi alapja:*** A $d$ rácsállandójú optikai rácson áthaladó $\lambda$ hullámhosszúságú fényhullámok elhajlás után olyan $\alpha$ irányokban erősítik egymást, amelyekre teljesül a következő összefüggés:

$$d \cdot \sin\alpha = k \cdot \lambda, \text{ ahol } k = 0, 1, 2, \ldots$$

Ha $k = 0$, nulladrendű erősítésről beszélünk. Ez lényegében elhajlásmentes iránynak, a kép közepének felel meg.

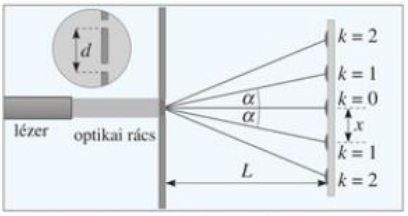
A $k = 1$ esetben elsőrendű erősítés jön létre. Ez a nulladrendű erősítési helyre vonatkozóan szimmetrikus két erősítési helyet jelent a rács után elhelyezkedő ernyőn.

A $k = 2$ értéknek megfelelő másodrendű erősítéshez is két erősítési hely tartozik és így tovább...



Az optikai rácshoz a $d$ rácsállandót rendszerint megadják. Egy kiválasztott $k$ értékhez az $\alpha$ irányszöget a megfelelő derékszögű háromszögből meghatározhatjuk. Ezekből az adatokból a $\lambda$ hullámhossz már kiszámítható.

Lézerfénnyel az ábra szerint 1-2 m távolságban elhelyezett ernyő felhasználásával lehet a mérést végezni.




Ha izzólámpát alkalmazunk lézerfényforrás helyett, akkor minden erősítési rendnél létrejön a fény színképe úgy, hogy nagyobb $\lambda$ értékhez nagyobb $\alpha$ irányszög tartozik. Ilyenkor színszűrővel lehet valamelyik színt kiválasztani, aminek következtében lecsökken a fényerő, és az erősítési helyek csak sötétített teremben észlelhetők.

A továbbiakban nem lézerfénnyel történő, de sötétítés nélkül is megvalósítható mérési módszert ismertetünk. A mérés elve annyiban tér el az előzőektől, hogy az erősítés nem csak az ernyőn, hanem szemünkben is létrejöhet. Szemünk az optikai rács mögül gyengébb fény esetén is érzékeli az $\alpha$ erősítési irányokat.

***Eszközök:*** Optikai rács tartóban; egyenesszálú izzólámpa (például autóstoplámpa); áramforrás az izzóhoz; színszűrő; rögzíthető mm-skála; mérőszalag.

***A mérés menete:***

– Tegyünk a függőleges szálú izzólámpa elé színszűrőt, mögé pedig vízszintes helyzetű skálát úgy, hogy ennek közepe az izzólámpával essen egybe. Az optikai rácsot az izzótól kb. 50 cm távolságra helyezzük el.

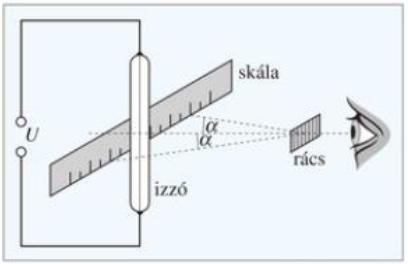
– Jelöljük meg, és olvassuk le, hogy a skála melyik pontja irányában látjuk az első erősítési helyet! Írjuk a táblázatba az $a$ távolság értékét!

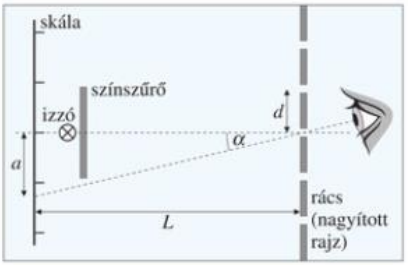
– Mérjük meg, és írjuk a táblázatba a skála és az optikai rács közötti $L$ távolság értékét!

– Kis $\alpha$ szög esetén $\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha = \frac{a}{L}$. *Ezt felhasználva számítsuk ki az adott színnek megfelelő hullámhosszat:*

$$\lambda = d \cdot \frac{a}{L}.$$

– Hajtsuk végre a mérést még legalább kétszer más-más $L$ távolság mellett, majd végezzünk hibaszámítást!




| A színszűrő üveg színe | $d$ (nm) | A mérés sorszáma | $a$ (mm) | $L$ (mm) | $\lambda = d \cdot \frac{a}{L}$ (nm) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1. | | | |
| | | 2. | | | |
| | | 3. | | | |

A hullámhossz középértéke: $\lambda_k = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \ldots + \lambda_n}{n} =$ .....

A mérés abszolút hibája: $\Delta\lambda = \frac{|\Delta\lambda_1| + |\Delta\lambda_2| + \ldots + |\Delta\lambda_n|}{n} =$ .....

A mérés relatív hibája: $H = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_k} \cdot 100\% =$ .....%.

A hullámhossz: $\lambda =$ ..... nm ± .....%.

***Feladat:*** Határozzuk meg más színre is a fény hullámhosszát!

| **A színszűrő üveg színe** | ***d* (nm)** | **A mérés sorszáma** | ***a* (mm)** | ***L* (mm)** | $\lambda = d \cdot \frac{a}{L}$ **(nm)** |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1. | | | |
| | | 2. | | | |
| | | 3. | | | |

A hullámhossz középértéke: $\lambda_k = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \ldots + \lambda_n}{n} =$ .....

A mérés abszolút hibája: $\Delta\lambda = \frac{|\Delta\lambda_1| + |\Delta\lambda_2| + \ldots + |\Delta\lambda_n|}{n} =$ .....

A mérés relatív hibája: $H = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_k} \cdot 100\% =$ .....%.

A hullámhossz: $\lambda =$ ..... nm ± .....%.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

.....

.....

# 26. A gyűjtőlencse fókusztávolságának mérése

***A mérés elvi alapja:*** A gyűjtőlencse a fókuszpontján kívül elhelyezett tárgyról valódi, ernyőn felfogható képet hoz létre. A lencse fókusztávolsága ($f$), a tárgytávolság ($t$) és a képtávolság ($k$) között fennálló távolságtörvényből a fókusztávolság kifejezhető:

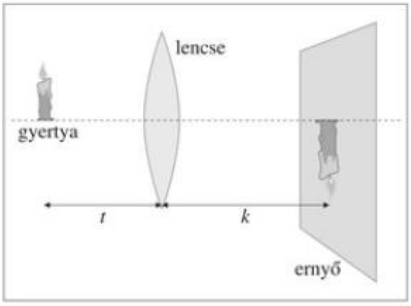
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k}.$$

$$f = \frac{t \cdot k}{t + k}.$$

***Eszközök:*** Optikai padon befogható optikai lencse; különböző helyeken rögzíthető gyertya; ernyő; mérőszalag.

***A mérés menete:***

- A világító gyertyát leképezzük a lencse másik oldalán elhelyezkedő ernyőn. Megkeressük az ernyőnek azt a helyzetét, amelynél a legélesebb képet kapjuk.
- Lemérjük és táblázatba foglaljuk a tárgytávolság és képtávolság értékét, majd ezekből kiszámítjuk a fókusztávolságot.
- A mérést más-más tárgytávolsággal még legalább kétszer elvégezzük, és mindegyik mérésből számítjuk a fókusztávolságot.
- A kapott fókusztávolság-értékekkel átlagszámítást és hibaszámítást végzünk.




| A mérés sorszáma | $t$ (cm) | $k$ (cm) | $f = \frac{t \cdot k}{t + k}$ (cm) |
|---|---|---|---|
| 1. | | | |
| 2. | | | |
| 3. | | | |

A fókusztávolság középértéke: $f_k = \frac{f_1 + f_2 + \ldots + f_n}{n} =$ .....

A mérés abszolút hibája: $\Delta f = \frac{|\Delta f_1| + |\Delta f_2| + \ldots + |\Delta f_n|}{n} =$ .....

A mérés relatív hibája: $H = \frac{\Delta f}{f_k} \cdot 100\% =$ .....%.

A fókusztávolság: $f =$ ..... cm ± .....%.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

# 27. A fényelektromos jelenség kísérleti vizsgálata

***Elméleti ismeretek:*** Ha a fémeket megfelelően nagy frekvenciájú fénnyel világítjuk meg, akkor a megvilágítás hatására elektronok lépnek ki belőlük. A jelenséget a fény fotonelméletével értelmezhetjük. A fényelektromos-egyenlet:

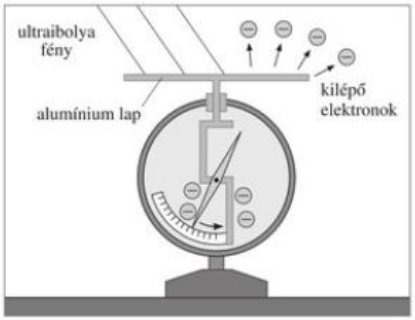
$$h \cdot f = W_{ki} + \frac{1}{2} m \cdot v_{max}^2,$$

ahol $h$ a Planck-állandó, $f$ a fény frekvenciája. Az egyenlet bal oldalán a foton $h \cdot f$ energiája, a jobb oldalon pedig a fémre jellemző $W_{ki}$ kilépési munkának és a fémből kilépő, maximális sebességű elektron mozgási energiájának összege szerepel.

## 1. A fényelektromos jelenség vizsgálata elektroszkóppal

***Eszközök:*** Lehetőleg skálával és mutatóval ellátott érzékeny elektroszkóp; az elektroszkóp fémrúdjához erősíthető cinklemez; dörzspapír; UV-fényt kibocsátó „kvarclámpa"; Bunsen-állvány befogóval; stopperóra; ebonitrúd; amalgámozott bőrdarab (vagy dörzsgép, esetleg Van de Graaff-generátor). Vigyázat, az UV-fény szemgyulladást okozhat!

***A mérés menete:***




- Állítsuk össze az ábrán látható kísérleti elrendezést. A fémlapról dörzspapírral távolítsuk el az oxidréteget.
- Töltsük fel az elektroszkópot negatív elektromossággal úgy, hogy a mutató lehetőleg maximális kitérést mutasson.
- Adott $t_0$ ideig – stopperórával mért 3-4 percig – figyeljük a mutató állásának változását. Ha az elektroszkóp skálával is rendelkezik, jegyezzük fel, hogy ez idő alatt hány skálarésszel mozdult el a mutató ($\Delta s_0$).
  Ezt tekinthetjük az elektroszkóp „háttérkisülésének", amely a környező ionokat is tartalmazó levegő (mint háttér) elektromos vezetéséből származik.
  A mérést ismételjük meg többször is, majd vegyük a skálarészek csökkenésének számtani átlagát: $\Delta s_{0k}$!
- Újra töltsük fel negatív elektromossággal az elektroszkópot, majd a Bunsen-állványra erősített UV-lámpával közvetlen közelről világítsuk meg az elektroszkóp fémrúdjára szerelt cinklemezt ugyancsak $t_0$ ideig. Olvassuk le a mutató $\Delta s$ elmozdulását!
- Lehetőség szerint most is végezzük el többször a mérést, és számítsuk ki a $\Delta s_k$ számtani átlagot!
- Ha időnk engedi, a mérést úgy is végezzük el, hogy változtatjuk a megvilágító lámpa és a fémlap közötti távolságot!

***Feladat:***

- Foglaljuk táblázatba mérési eredményeinket!
- Adjunk magyarázatot a tapasztaltakra!
- Vizsgáljuk meg, hogy mi történik, ha a megvilágító UV-lámpa és a fémlap közé üveglapot helyezünk! Értelmezzük a jelenséget!

– Számszerű mérés nélkül úgy is végezzük el a kísérletet, hogy az elektroszkópot pozitív elektromossággal töltöttük fel! Mit tapasztalunk? Értelmezzük a jelenséget!
– Mi történik akkor, ha változtatjuk a megvilágító fényforrás és a fémlap távolságát? Értelmezzük a jelenséget!

***Mérési eredmények:***

| A mérés sorszáma | A mutató elmozdulása megvilágítás nélkül $\Delta s_0$ (sr.) | Átlagos elmozdulás $\Delta s_{0k}$ (sr.) | Megfigyelési idő $t_0$ (perc) | A mutató elmozdulása megvilágítással $\Delta s$ (sr.) | Átlagos elmozdulás $\Delta s_k$ (sr.) | Az átlagos elmozdulások különbsége $\Delta s_k - \Delta s_{0k}$ (sr.) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | |
| 2. | | | | | | |
| 3. | | | | | | |

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

.....

.....

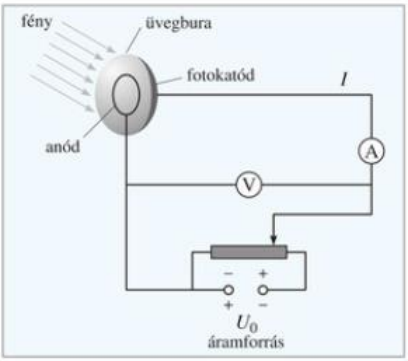
.....

## 2. A fényelektromos jelenség vizsgálata fotocellával

***Eszközök:*** Fényforrás; színszűrő; vákuumfotocella; egyenfeszültségű áramforrás; tolóellenállás; érzékeny ampermérő; nagy ellenállású voltmérő; krokodilcsipesszel és banándugóval ellátott vezetékek.

***A mérés menete:***

– Állítsuk össze fotocellával az ábrán látható kapcsolást! A katód és az anód közé kössük be a nagy ellenállású voltmérőt!
– Színszűrő alkalmazásával egyszínű (monokromatikus) fénnyel világítsuk meg a fotokatódot és mérjük az áramerősséget! Figyeljük meg az áramerősség változását, ha növeljük a gyorsító tér feszültségét!
– Az áramforrás polaritásának felcserélésével hozzunk létre a katódból kilépő elektronok számára ellenteret! A feszültségszabályozó finom állításával fokozatosan növeljük az ellentér feszültségét, olvassuk le az egyes $U$ fe-

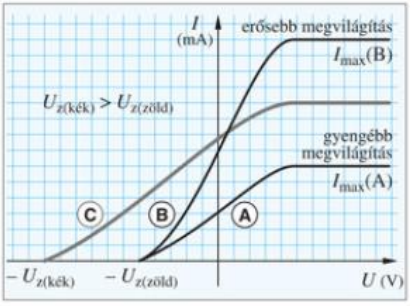


szültségértékekhez tartozó $I_f$ fotoáramerősség-értékeket! Keressük meg a fotoáram megszűnéséhez vezető $U_z$ zárófeszültség értékét!

– Ha időnk és lehetőségünk engedi, változtassuk a megvilágító fény erősségét és színét (hullámhosszát)!

***Feladatok:***

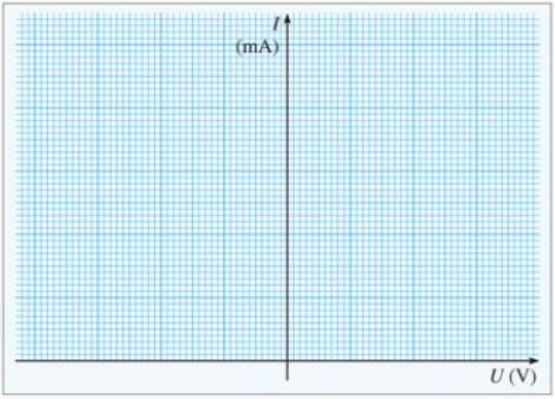
– Foglaljuk táblázatba a mérési eredményeinket!
– Vegyük fel a fotocella *I–U* áramerősség-feszültség grafikonját!
– Ha változtattuk a megvilágító fény erősségét és színét (frekvenciáját), akkor vegyük fel az *I–U* grafikonokat egy koordináta-rendszerben!
– Értelmezzük a grafikonokról leolvasott eredményeket!
– Ha pontosan ismerjük a megvilágító fény hullámhosszát (vagy frekvenciáját), akkor a mért eredményekből becsüljük meg a fotokatód anyagának kilépési munkáját! A függvénytáblázat felhasználásával következtessünk a katód anyagára!




***Mérési eredmények:***

| $U$ (V) | + | + | + | + | 0 | – | – | – | – | – |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $I$ (mA) | | | | | | | | | | |

***Megjegyzések és megállapítások:***

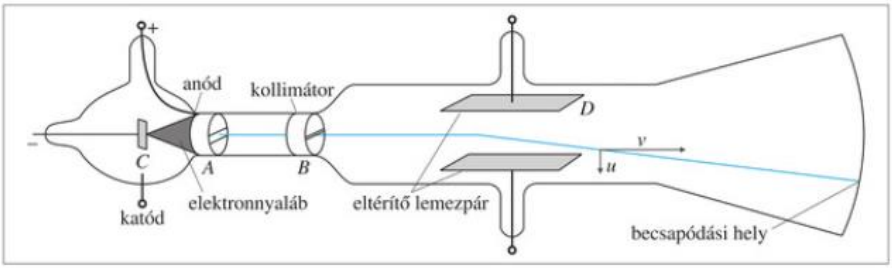


# 28. Az elektronnyaláb eltérülése katódsugárcsőben. A Millikan-kísérlet vizsgálata

## 1. Az elektronnyaláb eltérülése Thomson-féle katódsugárcsőben

***Elméleti ismeretek:*** A feltöltött síkkondenzátor párhuzamos lemezei között homogén elektromos mező alakul ki. A térerősség $E = \frac{U}{s}$, ahol $U$ a lemezekre kapcsolt feszültség, $s$ a lemezek távolsága. A lemezek közé, az erővonalakra merőleges irányban érkező elektronok a homogén mezőben eltérülnek, pályájuk a vízszintes hajításhoz hasonlóan parabolapálya. Az elektronok lemezekkel párhuzamos sebességkomponense nem változik, a térerősség irányú sebességkomponens időben egyenletesen nő vagy csökken. Az elektronok gyorsulása a kondenzátorlemezek között $a = \frac{E \cdot e}{m_e}$.

Tanulmányozzuk a katódsugárcső működési elvét annak vázlatos rajza alapján!




***Kérdések:***

*a)* Hogyan változik meg az elektronnyaláb kondenzátorlemezek közötti eltérülésének mértéke, ha a kondenzátorra nagyobb egyenfeszültséget kapcsolunk? Hogyan észleljük ezt a katódsugárcső ernyőjén?

.....

.....

*b)* Mi történik akkor, ha túl nagy feszültséget kapcsolunk az eltérítő kondenzátor-lemezpárra? Mit látunk ekkor az ernyőn?

.....

.....

*c)* Hogyan érhetjük el a gyorsítófeszültség változtatásával, hogy az ernyőn a folt újból megjelenjen?

.....

.....

*d)* Mutassuk meg, hogy a kondenzátorlemezek közé – az elektromos erővonalakra merőleges irányban – érkező elektronoknak a szerzett $u$ sebességkomponense egyenesen arányos a kondenzátorlemezek közötti $U$ feszültséggel, és fordítottan arányos az elektronok $v$ kezdősebességével!

.....

.....

*e)* Milyen mozgást végezne az ernyőn az elektronnyaláb foltja, ha az eltérítő lemezpárra hálózati feszültséget kapcsolnánk? Mit látnánk ebből az ernyőn?

.....

.....

*f)* Hogyan mozogna a katódsugár foltja az ernyőn, ha két olyan eltérítő lemezpárt használnánk, melyek $E$ elektromos térerősségei egymásra merőlegesek, és mindkét lemezpárra váltakozó feszültségeket kapcsolnánk, melyek fáziseltérése 90°? Mit látnánk ekkor az ernyőn?

.....

.....

*g)* Ha rendelkezésünkre áll demonstrációs oszcilloszkóp, végezzük el a fenti kísérleteket, és ellenőrizzük következtetéseinket!

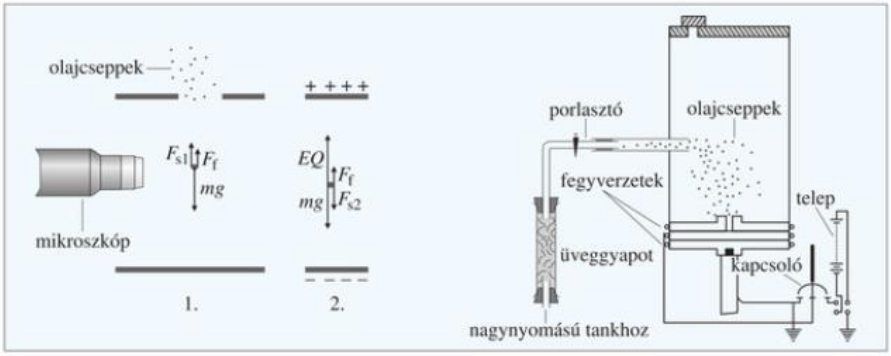
## 2. A Millikan-kísérlet vizsgálata

Az alábbi ábrákon a Millikan-kísérlet eredeti összeállításának vázlatos rajza és a kísérlet elvi rajza látható.

***Elméleti ismeretek:*** Millikan a kísérlet során először a beporlasztott olajcseppek elektromos tér nélküli egyenletes süllyedését figyelte meg mikroszkóppal. Ekkor az erők egyensúlyára felírhatjuk a következő egyenletet:

$$F_{s_1} + F_f - mg = 0,$$

ahol $F_{s_1} = 6 \cdot \eta \cdot r \cdot v_1$ a levegő közegellenállásából származó, a sebességgel egyenesen arányos Stokes-féle súrlódási erő ($\eta$ a súrlódó levegőre jellemző ismert állandó, a viszkozitás); $F_f$ a levegő

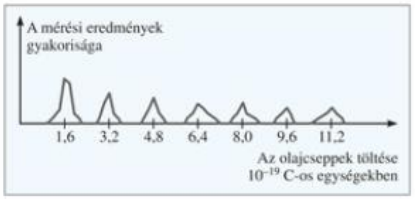


cseppre ható felhajtóereje, amely Arkhimédész törvénye szerint $F_f = \frac{4\pi}{3} r^3 \cdot \rho_{lev} \cdot g$; az $mg$ pedig a cseppre ható nehézségi erő $\frac{4\pi}{3} r^3 \cdot \rho_0 \cdot g$. Az erők kifejezéseit az egyensúlyi egyenletbe helyettesítve a csepp sugarára az $r = \sqrt{\frac{9 \cdot \eta \cdot v_1}{2 \cdot g(\rho_0 - \rho_{lev})}}$ összefüggést kapjuk. Ha mikroszkóppal a látómezőben megfigyeljük a csepp mozgását, a nagyítást ismerve kiszámíthatjuk a $v_1$ sebességet.

Ezután a kondezátorra akkora $U$ feszültséget kapcsolunk, hogy a cseppek állandó $v_2$ sebességgel felfelé mozogjanak. Ekkor az erők új egyensúlyi egyenlete:

$$E \cdot Q + F_f - mg - F_{s_2} = 0.$$

Ebből a csepp $Q$ töltése már kifejezhető.




***Feladatok:***

Tanulmányozzuk a kísérleti összeállítás vázlatos rajzát, és állapítsuk meg az egyes eszközök rendeltetését a kísérletben!

*a)* Fejezzük ki a második egyensúlyi egyenletből az olajcsepp $Q$ töltését!

*b)* Az olajcsepp $r$ sugarának kifejezését a fenti egyenletbe helyettesítve alkossuk meg a mérhető $Q$ kifejezését!

*c)* Milyen adatokra van még szükség ahhoz, hogy $Q$ értékét megkaphassuk?

.....

.....

*d)* Mivel lenne egyenlő a cseppre ható elektromos erő, ha a tér bekapcsolásakor a csepp éppen lebegne?

.....

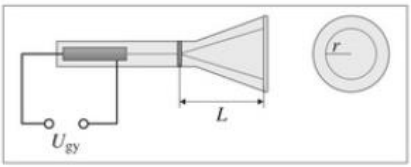
.....

*e)* Értelmezzük az olajcseppek töltésére kapott értékek gyakoriságának eloszlását!

.....

.....

# 29. Az elektron hullámtermészetének kísérleti vizsgálata




***Elméleti ismeretek:*** De Broglie anyaghullám-hipotézisét az elektronok hullámtermészetének kísérleti kimutatásával igazolták 1927–28-ban. G. P. Thomson olyan katódsugárcsöves kísérletet tervezett, ahol a katódsugárcsőbe az elektronok útjába vékony grafitkristályt épített. A grafitrácson áthaladt elektronnyaláb a katódsugárcső ernyőjén kör alakú interferenciagyűrűket rajzolt ki. A gyűrűk $r$ sugara a hullámok rácson való elhajlásának megfelelően kifejezhető a $d$ rácsállandó és az elektronhullám $\lambda$ hullámhossza alapján:

$$\lambda = d \cdot \sin\alpha, \text{ ahol } \sin\alpha \approx \frac{r}{L}.$$

Az $r$ sugár mérésével az $L$ rács–ernyő-távolság ismeretében a hullámhossz kiszámítható.
Az $U$ feszültséggel felgyorsított elektronokból álló elektronnyalábban az elektronok $I = mv$ impulzusa a feszültséggel kifejezhető:

$$I = m \cdot v = \sqrt{2U \cdot m \cdot e}.$$

Így igazolható az elektron $\lambda$ hullámhossza és $I$ impulzusa közötti – a de Broglie-összefüggésnek megfelelő – fordított arányosság, mely szerint:

$$h = \lambda \cdot I.$$

***Eszközök:*** Elektrondiffrakciós készülék (lásd fotó); mérőszalag; vonalzó.

***A készülék működésének vizsgálata:***



- Kapcsoljuk be készülékünket, és közepes fényerő mellett szemléljük a kialakult interferenciagyűrűket! Közelítsünk mágnesrúd különböző pólusaival a készülék katódsugárcsöve felé! Magyarázzuk meg a jelenséget!
- Változtassuk a katódsugárcső gyorsítófeszültségét, figyeljük meg, hogyan változnak az interferenciagyűrűk sugarai! Ellenőrizzük, hogy a tapasztalt változás összhangban van-e a de Broglie-hullámhosszal!
- Figyeljük meg az interferenciakép elmosódottságát kis és nagy feszültségek mellett! Keressünk magyarázatot a tapasztaltakra!

***A vizsgálat megállapításai:*** .....

.....

.....

***Mérés a diffrakciós készülékkel***

A készülékbe épített grafitkristály $d = 0{,}213$ nm nagyságú rácsállandójának és $L = 175$ mm nagyságú rács–ernyő-távolságának ismeretében könnyen megvalósítható mérést végezhetünk az elektronok de Broglie-hullámhossza és -impulzusa közötti fordított arányosság igazolására. (Egyedileg $L$ ettől eltérhet, a készülék adatai között ellenőrizzük.)

*A mérés menete:*

- A könnyebb számolás érdekében állítsuk be a készülék gyorsítófeszültség-értékeit kerek 5 kV, 6 kV, ..., 10 kV értékekre! Minden feszültségértéknél mérjük meg a belső interferenciagyűrű átmérőjét! (Az ernyőn látható külső gyűrű nem az elektronhullámok másodrendű erősítésének képe, hanem egy másik – a grafitkristály rácspontjain másként átfektetett ún. „hálózati síkrendszernek" megfelelő – rácsállandójának megfelelő elsőrendű képe. Így ezzel a méréskor nem foglalkozunk.)
- A fenti képletekkel számítsuk ki az elektronok $I$ impulzusát és $\lambda$ hullámhosszát!
- Képezzük a számított mennyiségek szorzatát! Vessük össze az elméletileg várható $h$ értékkel!
- Végezzünk hibaszámítást!

*Mérési eredmények:*

| A mérés sorszáma | A gyűrű sugara (mm) | Számított $\lambda$ hullámhossz ($10^{-11}$ m) | $U$ gyorsító-feszültség (V) | Számított impulzus $\left(10^{-23} \cdot \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$ | $h = \lambda \cdot I$ ($10^{-34} \cdot \text{J} \cdot \text{s}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| 3. | | | | | |
| 4. | | | | | |
| 5. | | | | | |

*Hibaszámítás:*

A $h$ konstans középértéke: $h_k = \frac{h_1 + h_2 + \ldots + h_n}{n} = \ldots\ldots$

A mérés közepes abszolút hibája: $|\Delta h|_{\text{közép}} = \frac{|\Delta h_1| + |\Delta h_2| + \ldots + |\Delta h_n|}{n} = \ldots\ldots$

A mérés relatív hibája: $H_{\text{rel}} = \frac{|\Delta h|_{\text{közép}}}{h_k} \cdot 100\% = \ldots\ldots\%$.

$h = \ldots\ldots$ Js $\pm \ldots\ldots\%$.

A $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Js irodalmi értéktől való százalékos eltérés: $H = \frac{|h_k - h|}{h} \cdot 100\% = \ldots\ldots\%$.

*Megjegyzések és megállapítások:* .....

.....

.....

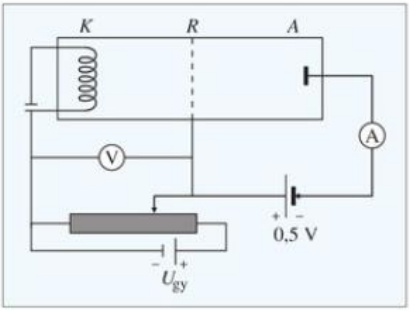
.....

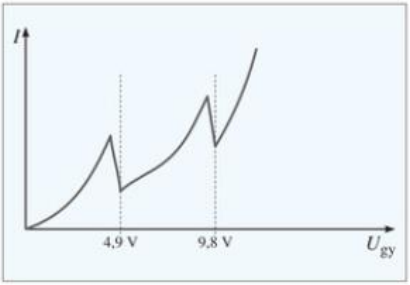
.....

# 30. A Franck–Hertz-kísérlet elemzése

***Elméleti ismeret:*** A J. Franck és G. Hertz által elvégzett Franck–Hertz-kísérlet az atomi energianívók létezését közvetlenül igazolta. A kísérletben a légritkított gázzal (vagy gőzzel) töltött elektroncsőben az elektronok és atomok ütközése valósul meg.

Az ábrán látható kísérleti összeállítás lehetővé teszi, hogy az elektronok és az atomok közötti rugalmatlan ütközések kimutathatóak legyenek. A mérések azt igazolták, hogy az atomok csak meghatározott energiát képesek az ütköző elektronoktól átvenni. Ekkor az ütközések rugalmatlannak bizonyulnak, az elektronok az atomokat gerjesztik. Ha az ütköző elektronok energiája nem egyezik meg az atomi energiaszintek különbségével, akkor az atomok nem vehetnek át energiát. Ilyenkor az elektronok és az atomok ütközései rugalmasnak tekinthetők.




***Feladatok:***

*a)* Tanulmányozzuk a Franck–Hertz-kísérlet összeállításának elvi rajzát! Vegyük észre, hogy a katód és a rács közötti változtatható feszültségű gyorsítótér után egy –0,5 V (fix) feszültségű fékezőtér következik. Mi a fékezőtér szerepe?

.....

.....

.....

*b)* Tanulmányozzuk a higanygőzt tartalmazó Franck–Hertz-cső áramerősség–feszültség karakterisztikáját! Értelmezzük a 4,9 V gyorsítófeszültségnél történő áramerősség-visszaesést!

.....

.....

.....

*c)* Értelmezzük a 9,8 V feszültségnél bekövetkező újabb áramerősség-visszaesést! Ekkor a cső mely részében valósul meg a higanyatomok gerjesztése?

.....

.....

.....

*d)* Miért kisebb mértékű a második esetben az áramerősség visszaesése, mint az első esetben?

.....

.....

.....

*e)* A gyorsítófeszültség mekkora értékénél jön létre az elektroncsőben a higanyatomok gerjesztése három (négy) különböző helyen? Milyen mértékű lesz ekkor az áramerősség újabb visszaesése?

.....

.....

.....

*f)* A kísérlet során az áramerősség-visszaeséskor a csőből gyenge ultraibolya fény sugárzását észlelték. Mekkora lehetett a sugárzás hullámhossza?

.....

.....

.....

*g)* Vázoljuk fel, hogy milyen lenne a Franck–Hertz-cső áramerősség–feszültség karakterisztikája, ha a csövet atomos állapotú hidrogéngázzal töltenénk meg! Tüntessük fel az első három áramerősség-visszaeséshez tartozó feszültségértéket! Vegyük figyelembe, hogy a hidrogénatom energiája alapállapotban –2,18 aJ!

.....

.....

.....

*h)* Fogalmazzuk meg röviden a kísérlet tudománytörténeti jelentőségét!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

# 31. A magfúzió és a radioaktív bomlás modellezése

## 1. A fúziós energiafelszabadulás értelmezése a cseppmodell alapján

***Elméleti ismeret:*** A magerők a folyadékcseppet összetartó kohéziós erőkhöz hasonlóan rövid hatótávolságúak. Ezért az elég sok (húsznál több) nukleont tartalmazó atommagok folyadékcseppel jól modellezhetők. A cseppmodell alapján értelmezhetjük a magfúziós energiafelszabadulást: a magok egyesülésekor a felszínükön levő – ezáltal gyengébben kötött – nukleonok száma csökken, a belső – erősebben kötött – nukleonok száma növekszik. A létrejött nagyobb tömegszámú mag kötése erősebb lesz, így a fúzió energianyereséggel jár.

***Modellezés higanycseppekkel:***

– Helyezzünk Petri-csészébe 2-3 higanycseppet, majd hurkapálca segítségével tereljük azokat egymás közelébe, hogy felszínük érintkezzen! Figyeljük meg a cseppek egyesülését! Milyen jelenség utal arra, hogy energia szabadult fel?

.....

– Végezzünk számszerű becslést a felszabadult energia nagyságrendjére! Hasonlítsuk ezt össze a cseppek elpárolgásához szükséges energia nagyságával! (A higany felületi feszültsége $\alpha = 0{,}048 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{m}^2}$, forráshője pedig $285 \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}$.)

.....

.....

***A magfúzió modellezése korongokkal:***

Végezzük el az atommagok modellezését korongokkal két dimenzióban: adott számú (pl. 7-7) korongból rakjunk ki egy-egy atommagot! Számoljuk meg a külső és belső „nukleonok" számát! Végezzük el a 7-7 nukleonból álló „atommagok" fúzióját, ekkor ismét számláljuk meg a belső és külső „nukleonokat"! Állapítsuk meg a változást! A belső nukleonok kötési energiáját vegyük $E_b$-nek, a külsőkét pedig $\frac{E_b}{2}$-vel közelítsük, és határozzuk meg a fúzió energianyereségét!

.....

.....

Megfelelő számú (legalább 20-20) összetapadó golyóval a modellezést három dimenzióban is elvégezhetjük!

## 2. A radioaktív bomlás számítógépes szimulációja

***Elméleti ismeret:*** Az atommagok radioaktív bomlása véletlenszerű jelenség. Ha adott $N$ számú radioaktív atommag közül $\Delta t$ idő alatt $\Delta N$ számú bomlik el, akkor az $A = -\frac{\Delta N}{\Delta t}$ aktivitás (bomlási sebesség) egyenesen arányos $N$-nel:

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda \cdot N,$$

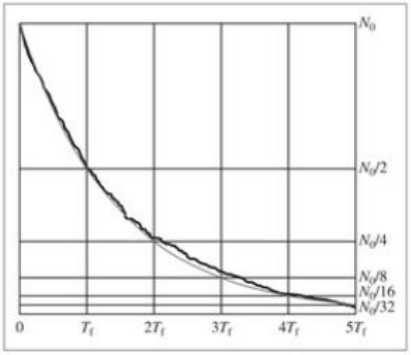
ahol a $\lambda$ arányossági szorzó a bomlási állandó, amely megadja, hogy egy adott atommag időegység alatt mekkora valószínűséggel bomlik el. A fenti egyenletből matematikailag levezethető a bomló atommagok számának időben exponenciális csökkenése:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}, \text{ vagy } N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{fel}}}.$$

***A számítógépes szimuláció leírása:*** Az atommagok véletlenszerű bomlására számítógépes program készíthető. A programban megadható a kezdeti atommagok $N_0$ száma, a $T_{fel}$ felezési idő és a bomlás szimulációjának ideje ($t < 5T_{fel}$). A bomlás szimulációjának lefutási idejét, a sebességet késleltetési idő beállításával változtathatjuk. A program futtatásakor felezési időközönként megjelenik az el nem bomlott atommagok $N$ száma, az $N$–$t$ grafikonon való ábrázolása, továbbá egy piros színű képpontokból álló animációs téglalap, melyben a véletlenszerűen bomló atommagokat szimuláló piros pontok elbomláskor kifehérednek. Az $N$–$t$ grafikonon a program feltünteti a $t = 5T_f$ időintervallumra az elméleti exponenciális görbét is, így az atommagok $N$ számának időben történő véletlenszerű ingadozása jól látható. (A program a Mozaik Kiadó honlapján érhető el a www.mozaik.info.hu címen.)

***Feladatok:***

- Futtassuk a programot különböző kezdeti $N_0$ értékkel és különböző felezési idővel. Figyeljük meg a bomlások véletlenszerűségét!
- Hasonlítsuk össze a számítógép által kirajzolt görbét az elméleti görbével! Mit tapasztalunk? Milyen értékek esetén kapunk „jó görbét" (amely az elméleti görbétől kevésbé tér el)?
- A *bomlas* program futtatásával tanulmányozzuk az anyaelem és leányelem bomlását, a radioaktív egyensúly kialakulását!




***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

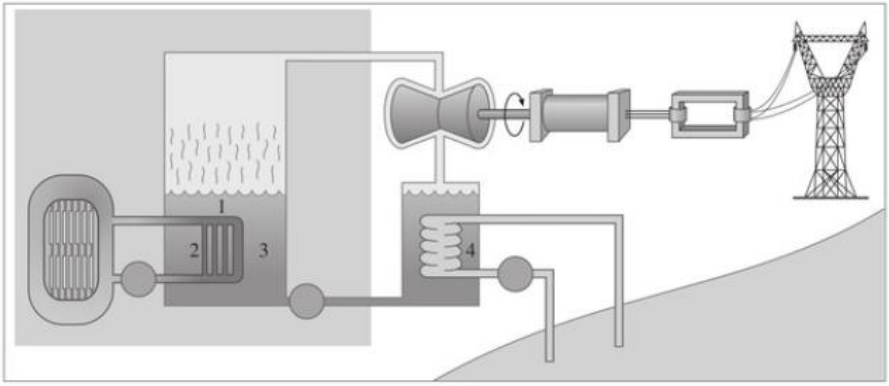
.....

.....

# 32. A Paksi Atomerőmű működése. Mérések Geiger–Müller-csővel

## 1. A Paksi Atomerőmű elvi felépítése

Hazánk egyetlen atomerőműve Pakson található. Az atomerőmű 4 reaktorblokkja reaktoronként 1370 MW hő- és 440–460 MW villamos teljesítmény leadására képes. A nyomott vizes termikus reaktorok moderátor- és hűtőközege közönséges desztillált víz (nem nehézvíz). Az atomerőmű elvi felépítését az ábra mutatja. Tanulmányozzuk a blokksémát!



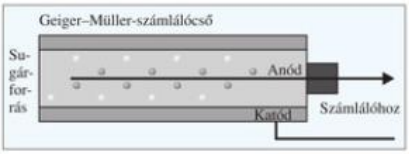

***Feladatok:***

- Keressük meg az ábrán a három fő technológiai kört (primer, szekunder és tercier kör)! Nevezzük meg az egyes körökben lejátszódó legfontosabb fizikai folyamatokat!
- Adjuk meg a következő energiaátalakulások helyét, és nevezzük meg azok sorszámát a blokksémán: atomenergia → termikus energia: ..... (.....); termikus energia → mozgási energia: ..... (.....); mozgási energia → villamos energia: ..... (.....); villamos energia → villamos energia: ..... (.....).
- Nevezzük meg a sorszámokkal jelölt berendezések nevét és szerepét!

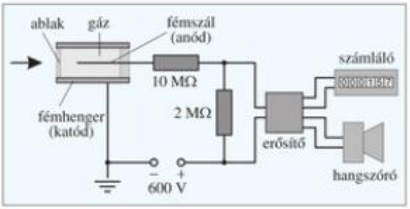
1. ..... .....
2. ..... .....
3. ..... .....
4. ..... .....

## 2. Egyszerű mérések Geiger–Müller-csővel

***Elméleti ismeretek:*** A radioaktív sugárzások detektálásának egyik gyakori eszköze a Geiger–Müller-számlálócső (röviden G–M-cső). Az eszköz fémből vagy üvegből készült, gázzal töltött cső, melynek egyik elektródája a cső hossztengelye

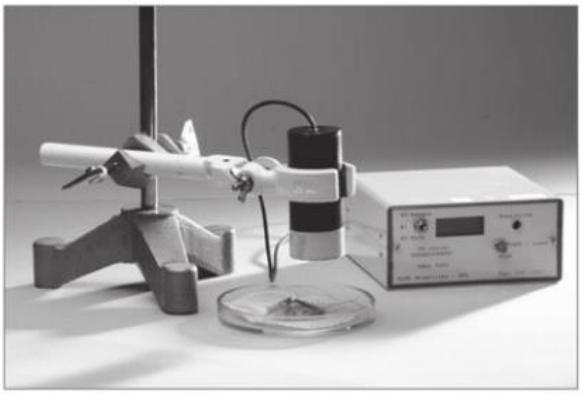


mentén futó vékony fémszál, a másik pedig maga a cső fala. A csőben a radioaktív részecskék hatására ionok keletkeznek. Az ionok az elektródákra kapcsolt gyorsítófeszültség révén áramimpulzusokat hoznak létre. Az impulzusok – ún. beütések – megszámlálhatók vagy hangjellé alakíthatók. Így azok számából következtetni lehet a G–M-cső környezetében levő radioaktív sugárzás intenzitására. (A G–M-cső kapcsolási rajza az ábrán látható.)




***A mérés menete:***

- Végezzünk háttérsugárzás-mérést a rendelkezésünkre álló G–M-csővel! A készülék lehet hordozható félvezetős kivitelű, vagy tápegységgel és mérőfejes megoldással helyhez kötött (lásd fotó). Adott ideig (pl. 1 percig) működtessük a készüléket, és számláljuk meg (vagy számlálóról olvassuk le) a beütések számát!
- A beütések száma arányos a háttérben (környezetben) levő sugárzás, főleg a gamma-sugárzás intenzitásával. (Mivel az alfa-sugárzás hatótávolsága nagyon kicsi, ezért a G–M-cső csak a béta- és gamma-részecskék becsapódását jelzi.)
- Ismételjük meg a mérést legalább 4-5 alkalommal! Figyeljük meg a beütések ingadozását, amely a bomlások véletlenszerűségéből adódik!
- Vegyünk könnyen hozzáférhető, radioaktív sugárzó anyagot (pl. kis tálcába helyezett kálium tartalmú műtrágyát vagy gázvilágításra használt tóriumtartalmú ún. gázharisnyát stb.)! Helyezzük az anyag közelébe a mérőeszközt (mérőfejet), és ismét rögzítsük a beütések számát 1 perc időtartamra! Most is végezzünk 4-5 mérést, és átlagoljunk!
- A kapott átlagból vonjuk ki a háttérátlagot! Az így kapott érték jelzi a radioaktív anyag környezetében megnőtt sugárzás intenzitásának a háttérhez viszonyított értékét.
- Ismételjük meg a mérést a sugárzó anyagtól távolabb is! Mit tapasztalunk?
- Ha lehetőségünk van rá, akkor a sugárzó anyagtól különböző távolságokban hajtsuk végre a mérést! Következtessünk arra, hogyan függ a sugárzás intenzitása a távolságtól! A kapott összefüggésre keressünk magyarázatot!
- Mérési eredményünket foglaljuk táblázatba!
- Végezzünk hibaszámítást!





# 33. A Nap felszíni hőmérsékletének becslése

***Elméleti ismeretek:*** A hőmérsékleti sugárzásra vonatkozó Stefan–Boltzmann-törvény szerint a fekete test egységnyi felületének $P_s$ sugárzási teljesítménye az abszolút hőmérséklet negyedik hatványával arányos:

$$P_s = \sigma \cdot T^4, \text{ ahol } \sigma = 5{,}76 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \text{ a Stefan–Boltzmann-állandó.}$$

A Nap sugárzás szempontjából fekete testnek tekinthető, így ha ismerjük felszínének $P_s$ sugárzási teljesítményét, akkor a felszín hőmérséklete a törvényből kiszámítható:

$$T = \sqrt[4]{\frac{P_s}{\sigma}}.$$

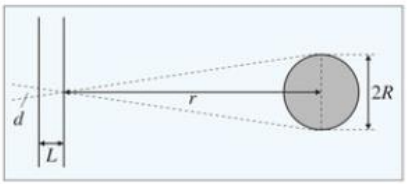
A napfelszín $P_s$ értéke a $P_N$ napállandóból becsülhető meg, ahol $P_N$ a Földre érkező napsugárzás teljesítménye felületegységre vonatkoztatva. Ennek irodalmi értéke $P_N = 1370 \frac{W}{m^2}$. (Ebből a Föld felszínére a sugárzás légkörben történő elnyelődése és visszaverődése miatt csupán 600–700 $\frac{W}{m^2}$ jut.) A Nap felszínéről kiinduló, gömbszimmetrikusan terjedő felületegységre jutó sugárzási energia a Nap középpontjától mért távolság négyzetével fordított arányban csökken, így a Naptól $r$ távolságban mért $P_N$ napállandó és a napfelszín $P_s$ sugárzási teljesítménye között az alábbi összefüggés írható fel:

$$P_s = P_N \cdot \left(\frac{r}{R}\right)^2,$$

ahol $r \approx 150\,000\,000$ km a Nap–Föld-távolság, $R \approx 700\,000$ km pedig a gömb alakúnak vett Nap (geometriai) sugara.

***A mérés menete:***

– Egyszerű kísérlettel megbecsülhetjük az $r$ Nap–Föld-távolság és a Nap $R$ geometriai sugarának $\frac{r}{R}$ arányát! (Lásd Fizika 11. tk. 162.3. feladatát!)
Fúrjunk kartonlapra tűhegynyi lyukat, és képezzük le segítségével a Napot egy kb. $L = 1$ m-re lévő másik kartonlapra.



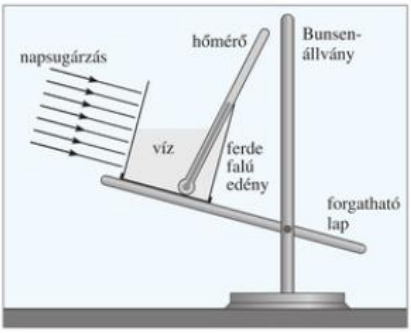

Megfelelő beállítással elérhető, hogy a kép kör alakú legyen. Mérjük meg a kép $d$ átmérőjét és a lyuk–ernyő $L$ távolságát! Az ábrán látható hasonló háromszögekből megkaphatjuk a Nap–Föld $r$ távolságának és a Nap $R$ sugarának arányát:

$$\frac{r}{R} = \frac{2L}{d}.$$

Hasonlítsuk össze a kapott értéket az irodalmi értékkel (ez kereken 215)! Ha az arányra ettől jelentősen eltérő értéket kapunk, akkor ellenőrizzük mérésünket és számításunkat!

– A $P_N = 1370 \frac{W}{m^2}$ irodalmi értéket felhasználva a fenti összefüggés alapján megkaphatjuk a Nap felszíni hőmérsékletét. Hasonlítsuk össze a kapott eredményt az irodalmi értékkel ($\approx 5800$ K)!

– Ha lehetőség van rá, akkor napsütéses időben végezzük el a Földre érkező napsugárzás teljesítményének egyszerű becslését. Fémből készült, fekete falú, hasáb alakú edényben ismert tömegű vizet melegítsünk adott ideig erős napsütésben. A víz kezdeti hőmérséklete egyezzen meg az árnyékos környezet hőmérsékletével. Mérjük meg a víz hőmérsékletének változását! Az edény napsugárzásra merőleges keresztmetszetének mérésével megbecsülhetjük a napsugárzás felületegységre jutó teljesítményét, amelyből következtethetünk a napállandó értékére.




***Mérési eredmények:***

A Nap–Föld távolság a kísérlet alapján: $r =$ ..... km.

A Nap sugárzási teljesítménye: $P_s =$ ..... $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$.

A Nap felszíni hőmérséklete: $T =$ ..... K.

***Megjegyzések és megállapítások:*** .....

.....

.....

.....

.....

# PRÓBAÉRETTSÉGI FELADATSOROK

# I. Mechanika

## Középszintű feladatok (A rendelkezésre álló idő 120 perc.)

### I. rész (Az elérhető pontszám: 45.)

Az alábbi kérdésekre adott válaszlehetőségek közül pontosan egy helyes. Karikázza be ennek a válasznak a betűjelét! (Ha szükséges, számolásokkal ellenőrizze az eredményt.)

**1.** Egy 3 m magasról leeső labdát a visszapattanás után 1 m magasan kapunk el. Mennyi volt közben a labda elmozdulása? (2 pont)

*a)* 2 m. *b)* 4 m. *c)* 1 m. *d)* 3 m.

**2.** A vonat $72\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel halad. Az egyik kocsijának folyosóján egy utas a menetirányban, $2\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebességgel halad. Mennyi az utas sebessége a földhöz viszonyítva? (2 pont)

*a)* $72\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$. *b)* $18\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$. *c)* $20\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$. *d)* $22\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

**3.** Egy $3\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességű folyóban egy csónak a partra merőlegesen $4\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel halad. Mekkora a csónak a part egy pontjához viszonyított sebessége? (3 pont)

*a)* $4\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$. *b)* $7\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$. *c)* $3\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$. *d)* $5\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

**4.** Az alábbi sebességek közül melyiknek legnagyobb a nagysága? (2 pont)

*a)* $9\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$. *b)* $120\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$. *c)* $36\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$. *d)* $-11\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

**5.** Egy test sebessége $v_1 = -4\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$-ról $v_2 = 3\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$-re változik. Mennyi a sebességváltozás? (2 pont)

*a)* $7\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$. *b)* $1\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$. *c)* $-1\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$. *d)* $3{,}6\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

**6.** Egy autó útjának első félidejében $90\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$, második félidejében $50\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel haladt. Mennyi volt az átlagsebessége? (2 pont)

*a)* Nem lehet válaszolni a kérdésre, mert ismeretlen az autózás időtartama.

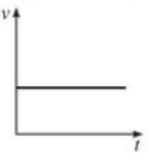
*b)* Csak azt tudjuk, hogy $50\ \frac{\text{km}}{\text{h}} < v_{\text{átl.}} < 90\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

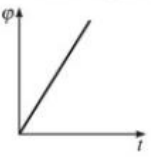
*c)* $70\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

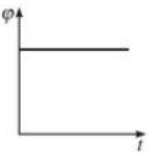
**7.** Egy traktor első kerekének 30 cm, a hátsónak 60 cm a sugara. A kerekek a traktor haladása közben csúszás és túlpörgés nélkül forognak. Jelölje meg a kerekek legkülső pontjára vonatkozó állítások közül a helyeset! (2 pont)

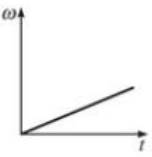
*a)* Szögsebességük egyenlő.
*b)* Kerületi sebességük egyenlő.
*c)* Centripetális gyorsulásuk egyenlő.
*d)* Keringési idejük egyenlő.

**8.** Melyik grafikon készült változó körmozgásra? (2 pont)

*a)* 


*b)* 


*c)* 


*d)* 


**9.** Az egyenes vonalú egyenletes mozgást végző vasúti kocsiban miért látjuk függőlegesen esni az elejtett testet? (3 pont)

*a)* Mert az egyenletesen mozgó vonat inerciarendszernek tekinthető.
*b)* Mert a szabadon eső test pályája mindig függőleges egyenesnek látszik.
*c)* Mert a szabadon eső test kezdősebessége mindig nulla és gyorsulása mindig függőlegesen lefelé irányul.

**10.** Az 1 kg tömegű testet 20 N nagyságú erőhatással függőlegesen emelik. Mekkora a test gyorsulása? (2 pont)

*a)* $2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. *b)* $10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. *c)* $a = 0$.

**11.** Egy testet a vízszintes síkban levő $F$ nagyságú erőhatás a Földön $a$ gyorsulással mozgatja. Mekkora lenne ennek a testnek a gyorsulása ugyanekkora vízszintes erőhatás következtében a Holdon? (2 pont)

*a)* $\frac{a}{6}$. *b)* $6 \cdot a$. *c)* $1 \cdot a$. *d)* $4 \cdot a$.

**12.** Két, jégen álló gyerek közül az egyik meglöki a másikat, de természetesen ő is mozgásba jön. Mi vagy ki által kifejtett erőhatás okozta az ő elmozdulását? (2 pont)

*a)* Önmaga. *c)* A másik gyerek.
*b)* A jég. *d)* A jég és a másik gyerek együttesen.

**13.** Mi tekinthető zárt rendszernek a következők közül? (2 pont)

*a)* A vízen száguldó motorcsónak.
*b)* Két, rugóval szétlökött légpárnás szánkó.
*c)* A mozgó vonat utolsó kocsija.
*d)* Egy kiskocsi a rugóval történő ellökése közben.

**14.** Három egyenlő tömegű test közül az első térfogata kétszerese, a második térfogata ötszöröse a harmadik test térfogatának. Jelölje meg a sűrűségeikre vonatkozó helyes állítást! (3 pont)

*a)* $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$. *b)* $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$. *c)* $\rho_3 > \rho_1 > \rho_2$. *d)* $\rho_2 < \rho_3 < \rho_1$.

**15.** Két egyenlő nagyságú erőhatás ugyanannyi ideig gyorsít egy $m$ és egy $2 \cdot m$ tömegű testet. A $2 \cdot m$ tömegű test lendületváltozása a másik test lendületváltozásának: (3 pont)

*a)* fele; *c)* egyenlő vele;
*b)* kétszerese; *d)* akárhányszorosa lehet.

**16.** Mi a különbség egy nyugvó test súlya és a testet érő nehézségi erő között? (2 pont)

*a)* Nincs különbség. *b)* Más az irányuk. *c)* Más testre hatnak. *d)* Más a nagyságuk.

**17.** Egy golyó vízszintes asztalon egyenletes mozgással gurul. Végez-e valami munkát ebben a folyamatban? (2 pont)

*a)* Igen, az asztal. *c)* Igen, mert van elmozdulás.
*b)* Nem. *d)* Igen, mert van erőhatás.

**18.** Vízszintes területen szántó ekét egy traktor változatlan teljesítménnyel húz. A föld azonban nem mindenütt egyformán kemény. Mi lesz ennek a következménye? (3 pont)

*a)* Semmi, mert a traktor elég erős ahhoz, hogy az ekét egyenletesen húzza.
*b)* A traktor és az eke hol gyorsabban, hol lassabban halad.
*c)* Az eke hol vékonyabb, hol vastagabb földréteget fordít át.
*d)* Az eke kisebb vagy nagyobb darabokra tördeli a földet.

**19.** Egy énekesnő 5 oktávon tud énekelni. Mit jelent ez? (2 pont)
Az általa kiénekelt legmagasabb hang:

*a)* rezgésszáma 5-szöröse a legmélyebbnek;
*b)* hangerőssége a legmagasabbnak akár az 5-szöröse is lehet.;
*c)* rezgésszáma a legmélyebbnek $2^5$-szerese.
*d)* Öt felhang tette széppé a hangszínét.

**20.** A téves választ jelölje meg! (2 pont)
A harmonikus rezgőmozgást arról ismerhetjük fel, hogy

*a)* a kitérés–idő függvénye szinuszgörbe.
*b)* a rezgésidő állandó.
*c)* a kitéréssel egyenesen arányos nagyságú, de azzal ellentétes irányú erőhatás hozza létre.

## II. rész (Az elérhető pontszám: 45.)

Oldja meg a következő feladatokat! Megállapításait – a feladattól függően – számítással vagy szövegesen indokolja! A 3. *A)* és a 3. *B)* feladatok közül csak az egyiket kell megoldania.

**1.** Egy álló helyzetből induló 600 kg tömegű autó 15 másodperc alatt gyorsult fel 108 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességre.

*a)* Mekkora volt az autó gyorsulása? (3 pont)
*b)* Milyen hosszú úton gyorsult fel az autó? (5 pont)
*c)* Mekkora volt a gyorsítóerő? (3 pont)
*d)* Mennyi lett a gépkocsi energiája? (4 pont)

**2.** Egy követ 5 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ kezdősebességgel függőlegesen lefelé hajítunk.

*a)* Mennyi idő múlva lesz kétszeres a mozgási energiája? (6 pont)
*b)* Mekkora utat tesz meg közben a kő? (3 pont)
*c)* Mennyi a kő tömege, ha a gravitációs mező átlagos teljesítménye 59,5 W? (6 pont)

**3.** *A)* A $D = 20$ $\frac{\text{N}}{\text{m}}$ rugóállandójú rugóra egy $M = 0{,}3$ kg tömegű testet függesztünk. Ehhez a testhez vékony cérnával $m = 0{,}1$ kg-os másik testet erősítünk úgy, hogy az a nagyobb test alatt lóg. $\left( g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$

*a)* Mekkora és milyen irányú gyorsulással indulnak el a testek, ha a közöttük levő cérnaszálat elvágják? (5 pont)
*b)* Mekkora lesz a rugó legkisebb megnyúlása a cérna elvágása után? (10 pont)

**3.** *B)* *a)* A vízen úszó deszkalapra egy vasdarabot helyezünk. A deszka ekkor úszik a vízen. Másodszor a vasdarabot a deszka aljához kötjük úgy, hogy a vasdarab teljesen elmerül a vízben. Különbözik-e a deszka vízbe merülésének mélysége a két esetben? Miért? (8 pont)
*b)* A kézben tartott hangvilla hangerőssége kicsi, a hangja alig hallatszik. Feltűnően erősebb hangot hallunk, ha a hangvilla kezünkben tartott szárát pl. az asztalhoz szorítjuk. Mi ennek az oka? Mikor rezeg tovább a hangvilla a két eset közül? Miért? (7 pont)

## Emelt szintű feladatok (A rendelkezésre álló idő 240 perc.)

### I. rész

Az alábbi kérdésekre adott válaszok közül minden esetben pontosan egy helyes. Minden kérdés helyes megválaszolásáért 1-1 pont jár, tehát itt összesen 20 pont szerezhető.

**1.** Egy autó kilométerórája a garázsban reggel 18 200 km-t, este 18 750 km-t mutat. Mekkora az autó egész napi elmozdulása?
*a)* 18 750 km. *b)* 550 km. *c)* 0 km. *d)* 18 200 km.

**2.** Két, minden szempontból egyforma hajónak azonos motorműködéssel ugyanakkora távolságra kell elmennie és visszajönnie. Az egyik azonban folyóban, a másik állóvízben közlekedik. Azonos-e a két hajó teljes menetideje az oda-vissza úton? A helyes választ jelölje meg.
*a)* Igen, mert amennyit segít a víz lefelé, annyit akadályoz fölfelé.
*b)* Nem, mert a folyó hosszabb ideig akadályozza a hajót, mint segíti.
*c)* Igen, hiszen a motorok egyformán dolgoznak.

**3.** Egy autó a város szélén 86 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ nagyságú sebességét 50 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$-ra 20 másodperc alatt csökkenti le. Mennyi az autó átlagos gyorsulása?
*a)* 10 $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. *b)* 0,5 $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. *c)* 36 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. *d)* –0,5 $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

**4.** A kerék egyik pontja 20-szor jár körbe 1 perc alatt. Mennyi a kerék fordulatszáma?
*a)* 20. *b)* 20 $\frac{1}{\text{min}}$. *c)* 0,05 $\frac{1}{\text{min}}$.
*d)* Nem lehet tudni, mert a pont távolsága a tengelytől ismeretlen.

**5.** Két kiskocsit rugóval szétlöketnek. Akkor koppannak egyszerre, ha a 0,2 kg tömegű kocsitól az ütköző fele olyan távol van, mint a másiktól. Mekkora a másik kocsi tömege?
*a)* 0,4 kg. *c)* Nem lehet megmondani.
*b)* 0,2 kg. *d)* 0,1 kg.

**6.** Három egyenlő térfogatú test közül az elsőnek kétszer, a másodiknak ötször nagyobb a tömege, mint a harmadiknak. A sűrűségükre vonatkozó állítások közül melyik a helyes?
*a)* $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$. *b)* $\rho_3 < \rho_1 < \rho_2$. *c)* $\rho_2 < \rho_3 < \rho_1$. *d)* $\rho_3 > \rho_1 > \rho_2$.

**7.** Hasonlítsa össze az 5. feladatban szereplő kiskocsik lendületét!
*a)* Egyenlő. *c)* A másiknak nagyobb.
*b)* A 0,2 kg tömegűnek nagyobb. *d)* Egyenlő, de előjelük ellentétes.

**8.** Három egyenlő magasságú, de különböző alapterületű ($A_1 < A_2 < A_3$) alumíniumhasáb áll a vízszintes asztallapon. Válassza ki az alattuk levő nyomásra vonatkozó helyes választ!
*a)* $p_1 < p_2 < p_3$. *b)* $p_1 = p_2 = p_3$. *c)* $p_3 > p_2 > p_1$. *d)* $p_3 < p_1 < p_2$.

**9.** Milyen hatás teszi lehetővé az ember járását?
*a)* A csúszási súrlódás. *c)* A tapadási súrlódás.
*b)* Az izomerő. *d)* A gravitációs hatás.

**10.** Egy test tömegére és súlyára vonatkozó alábbi állítások közül melyik a helyes?
*a)* Egyenlő.
*b)* A súly 9,81-szerese a tömegnek.
*c)* A tömeg kb. 10-szerese a súlynak.
*d)* A kg-ban mért tömeg mérőszáma kb. tizedrésze a N-ban mért súly mérőszámának.

**11.** Mi a súlytalanság?
*a)* Hatásmentes állapot.
*b)* Olyan állapot, amikor csak a gravitációs hatás érvényesül.
*c)* Olyan állapot, amikor a testet érő erők eredője nulla.

**12.** Mikor van egy erőhatásnak egy rögzített tengelyen levő testre forgásállapot-változtató képessége?
*a)* Mindig.
*b)* Ha az erő hatásvonala nem megy át a tengelyen.
*c)* Soha, hiszen a testet tengelyre rögzítették.
*d)* Ha az erő hatásvonala nem párhuzamos a tengellyel és nem is megy át azon.

**13.** Hogyan lehet a legkisebb erővel egyenletesen mozgatni a mozgócsigát és a tengelyéhez erősített testet?
*a)* A test súlyával egyenlő erővel.
*b)* Ha a kötél két szára párhuzamos.
*c)* A kötél minden helyzetében egyenlő a húzóerő, tehát nincs értelme legkisebb erőről beszélni.

**14.** Milyen előjelű a gravitációs erő által végzett munka a feldobott test emelkedése és süllyedése közben?
*a)* Mindig pozitív.
*b)* Mindig negatív.
*c)* Emelkedéskor negatív, süllyedéskor pozitív.
*d)* Emelkedéskor pozitív, süllyedéskor negatív.

**15.** Válassza ki a rugóval szétlökött $m$ és $2m$ tömegű test mozgási energiájára vonatkozó állítások közül a helyeset!
*a)* Egyenlő.
*b)* A $2m$ tömegűé kétszer akkora.
*c)* Az $m$ tömegűé kétszer akkora.
*d)* A szétlökés erősségétől függ.

**16.** Mit tudunk a lejtőn (súrlódás nélkül) felgörgetett és a függőlegesen a lejtő magasságába felemelt hordón végzett munkáról? A helyes választ jelölje meg!
*a)* A felgörgetettnél kisebb.
*b)* A felemeltnél kisebb.
*c)* Egyenlő.
*d)* A felgörgetettnél nagyobb, mert ott hosszabb az út.

**17.** Mit mutat egy félnapi működés után az Egyenlítő mentén az az ingaóra, amelyik nálunk pontosan járt?
*a)* Több mint 12 órát.
*b)* Pontosan 12 órát.
*c)* Kevesebb mint 12 órát.
*d)* Attól függ, hogy az Egyenlítő mely részén működik.

**18.** A földihez viszonyítva hosszabb vagy rövidebb lenne a másodpercinga a Holdon, ha ott a nehézségi gyorsulás hatodrésze a földinek?
*a)* Az inga tömegétől függ.
*b)* Változatlan hosszúságú lenne, hiszen másodpercinga.
*c)* Hosszabb lenne, mert ott kisebb a $g$.
*d)* Rövidebb lenne, mert ott kisebb a $g$.

**19.** Miért jön létre állóhullám?
*a)* A hullámok visszaverődése miatt.
*b)* A hullámok törése miatt.
*c)* A egymással szemben haladó azonos frekvenciájú és amplitúdójú hullámok interferenciája miatt.

**20.** A gyár mellett elhaladó gyorsvonatban ülve halljuk a gyári sziréna hangját. Milyen meglepő jelenséget tapasztalunk?
*a)* A sziréna hangja közeledéskor erősödik.
*b)* Amikor elhaladunk a gyár mellett, megváltozik a sziréna hangszíne.
*c)* A sziréna hangja távolodáskor gyengül.
*d)* Amikor elhaladunk a gyár mellett, megváltozik a sziréna hangmagassága.

## II. rész

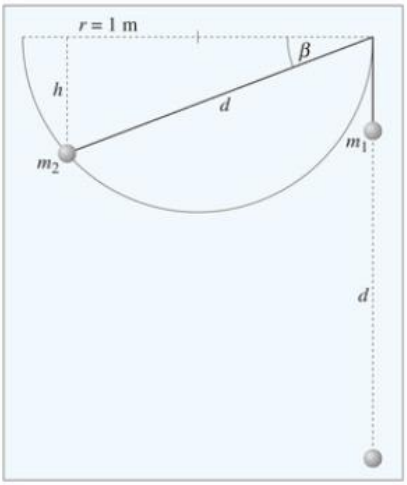
(Oldja meg a következő 4 feladatot! Az ezekkel megszerezhető összes pont: 55.)

**1.** Az egyenletes körmozgást végző test sebessége $2\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$, szögsebessége $15\ \text{s}^{-1}$.
*a)* Hány fordulatot tesz meg a test egy másodperc alatt? (5 pont)
*b)* Mekkora a test tömege, ha a körmozgás fenntartásához szükséges erőhatás nagysága 15 N? (5 pont)
*c)* Mekkora a test mozgási energiája? (2 pont)

**2.** Az állandó keresztmetszetű, homogén tömegeloszlású 10 kg tömegű rúd alsó vége a talaj $A$ pontjában levő vízszintes tengelyhez van kapcsolva a faltól $a = 3$ m távolságra. A felső vége a függőleges teljesen sima falhoz $B$ pontban támaszkodik, amelynek a földtől mért távolsága $h = 4$ m. Mekkorák a kényszererők? (12 pont)

**3.** Egy 15°-os hajlásszögű lejtőn egy testet állandó sebességgel húzunk először felfelé, azután lefelé, mindkét esetben mozgás irányú erővel. A testet felfelé kétszer akkora erővel kell húzni, mint lefelé.
*a)* Mekkora a súrlódási együttható? (10 pont)
*b)* Mekkora hajlásszögű legyen ez a lejtő, hogy a ráhelyezett test egyenletesen csússzon rajta? (5 pont)

**4.** Az 1 m sugarú, félgömb alakú tartály peremén egy zsineget vetettek át. A zsineg kívül hosszan lelógó végére $m_1 = 1$ kg tömegű, a belső oldalára átlógó végére pedig egy $m_2 = 2$ kg tömegű testet erősítettek. A súrlódás elhanyagolható.
*a)* Ha a 2 kg tömegű testet a tartály zsineggel érintkező pereméig felhúzva engedték szabadon, akkor melyik az a legtávolabbi hely, ameddig eljut a tartályban? (9 pont)
*b)* A tartály belsejében hol van egyensúlyban a 2 kg tömegű test? (9 pont)



### III. rész

Az alábbi három téma közül válasszon ki egyet, és fejtse ki másfél-két oldal terjedelemben összefüggő ismertetés formájában. Ügyeljen a szabatos, világos fogalmazásra, a logikus gondolatmenetre, a helyesírásra, mivel az értékelésbe ez is beleszámít. Mondanivalóját nem kell feltétlenül a megadott szempontok sorrendjében kifejteni. Elérhető pontszám: 25 (20 tartalmi, 5 nyelvi pont).

1. Ismertesse a sebességfogalom megalkotásának logikai lépéseit, és felsorolásszerűen kapcsolja össze azokat a szögsebességnél alkalmazott hasonló lépésekkel.

2. Írja le egy függőlegesen feldobott test mozgását, a testet érő erőviszonyokat és a testen végzett munkát, összekapcsolva azt a test energiaváltozásaival, a feldobástól a földet érésig. Legalább egy állítását számolással is igazolja!

3. Jellemezze az állóhullámot mint jelenséget, értelmezze jellemző mennyiségeit, ismertesse létrejöttének feltételeit, és hasonlítsa össze az állóhullámokat a haladó hullámokkal!

# II. Hőtan, elektromosságtan

## Középszintű feladatok (A rendelkezésre álló idő 120 perc.)

### I. rész (Az elérhető pontszám: 45.)

Az alábbi kérdésekre adott válaszlehetőségek közül pontosan egy helyes. Karikázza ennek a válasznak a betűjelét (ha szükséges, számítással ellenőrizze a helyesnek vélt eredményt)!

1. Egy 100 m kezdeti hosszúságú fémhuzal hőmérséklete 25 °C-kal növekszik. A hosszúnövekedésre melyik adat elfogadható? (2 pont)
   *a)* 25 m. *b)* 25 cm. *c)* 2,5 cm. *d)* 2,5 mm.

2. A petróleummal teli 20 literes kannát télen a szabadból fűtött helyiségbe viszi. A nyitott fedelű kannából a padlózatra a folyadék kifolyik. Mekkora lehet a kifolyt petróleum térfogata, ha a külső környezet hőmérséklete –10 °C, a helyiségben a hőmérséklet 20 °C? (2 pont)
   *a)* 6 l. *b)* 6 dl. *c)* 0,6 dl. *d)* 6 ml.

3. Egy biztonsági szeleppel elzárt gáztartályban 17 °C-os hőmérsékleten a gáz nyomása $p_0$. A szelep 10%-os túlnyomást enged csak meg, ekkor kinyit, és a felesleges gázt kiengedi. A tartályt tűző napon hagyják, ahol a gáz hőmérséklete 57 °C-ra emelkedik. Mekkora nyomásértéket mutathat a tartály nyomásmérője, ha a gáz hőmérséklete árnyékban ismét 17 °C-ra csökken? (3 pont)
   *a)* $0{,}97p_0$. *b)* $p_0$. *c)* $0{,}85p_0$. *d)* $0{,}9p_0$.

4. Adott mennyiségű gázt először állandó térfogaton melegítünk, ekkor nyomása 10%-kal növekszik. A melegítést állandó nyomáson folytatva a térfogat 20%-kal nő meg. Mennyivel emelkedett a gáz hőmérséklete, ha a kezdeti hőmérséklet 27 °C volt? (2 pont)
   *a)* 8,64 °C-kal. *b)* 90 °C-kal. *c)* 96 °C-kal. *d)* 8,1 °C-kal.

**5.** Azonos, 5 mol anyagmennyiségű oxigén- és héliumgázt azonos térfogatú tartályokba zárunk. A gázok hőmérséklete megegyezik. Mit mondhatunk a gázok nyomásáról és tömegéről? (2 pont)

*a)* A gázok nyomása azonos, a tömegek aránya nyolc.
*b)* A gázok nyomása és tömege is azonos.
*c)* A nyomások és tömegek aránya egyaránt nyolc.
*d)* A nyomások aránya nyolc, a tömegek pedig azonosak.

**6.** Az alábbiak közül melyik állítás igaz a gázok izotermikus állapotváltozására? (2 pont)

*a)* Mivel a gáz hőmérséklete állandó, ezért nincs hőcsere a gáz és környezete között.
*b)* A gázok táguláskor hőt vesznek fel, összenyomáskor hőt adnak le.
*c)* Táguláskor a gázok a munkavégzést a belső energiájukból fedezik.
*d)* A gázok összenyomásakor a külső munkavégzés a belső energiát növeli.

**7.** Melyik állapotváltozásokra igaz az állítás: a gázok által felvett vagy leadott hő nagysága nagyobb a munkavégzés nagyságánál? (2 pont)

*a)* Izoterm állapotváltozásra.
*b)* Mindegyikre.
*c)* Izobár állapotváltozásra.
*d)* Adiabatikus állapotváltozásra.

**8.** Egy kaloriméterben lévő 1 kg tömegű olvadó jégre 1 grammnyi forró, 100 °C hőmérsékletű gőzt engedünk. A hőmérsékleti egyensúly beállta után mit találunk a kaloriméterben? (3 pont)

*a)* 100 °C hőmérsékletű vizet és gőzt.
*b)* 100 °C hőmérsékletű forró vizet.
*c)* Langyos vizet.
*d)* 0 °C hőmérsékletű vizet és jeget.

**9.** Melyik állítás hibás? (2 pont)

*a)* A villámhárító eltaszítja az elektromos töltésű felhőket.
*b)* A villámhárító elősegíti az elektromos töltésű felhőknek a villámhárítón át történő kisülését.
*c)* A villámhárítónál szerepet játszik az elektromos megosztás.
*d)* A villámhárítónál szerepet játszik a csúcshatás.

**10.** Az elektromos mezőre vonatkozó megállapítások közül válassza ki a hibásat! (3 pont)

*a)* Az elektromos térerősség iránya megegyezik a mező adott pontjába helyezett protonra ható erő irányával.
*b)* Az elektromos térerősség nagysága megegyezik a mező adott pontjába helyezett egységnyi töltésre ható erő nagyságával.
*c)* Az elektromos mező ugyanazon pontjában egyenlő nagyságú erőt fejt ki a protonra és az elektronra.
*d)* A mező két adott pontja között ugyanúgy felgyorsítja a protont, mint az elektront.

**11.** Ki készítette az első tartós áramot szolgáltató áramforrást? (1 pont)

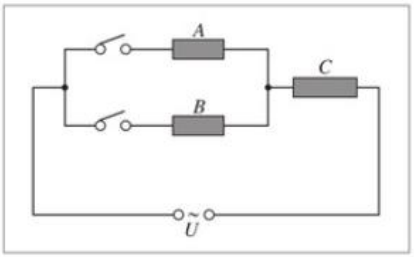
*a)* Ampere.
*b)* Ohm.
*c)* Volta.
*d)* Watt.

**12.** Egy áramkörben az áramforrás feszültsége 6 V, a fogyasztó ellenállása 3 kΩ. Mennyi az áramerősség? (1 pont)

*a)* 2 A.
*b)* 500 A.
*c)* 2 mA.
*d)* 18 A.

**13.** Jelölje meg a hibás megállapítást! (3 pont)
Ugyanazon anyagú vezetőnél 4-szer nagyobb ellenállást kapunk, ha
*a)* a hosszát négyszeresre növeljük.
*b)* az átmérőjét négyszer kisebbre választjuk.
*c)* a keresztmetszetét $\frac{1}{4}$-részére csökkentjük.
*d)* a hosszát kétszer nagyobbra, a keresztmetszetet pedig 2-szer kisebbre választjuk.

**14.** A kapcsolási rajzon *A* és *B* a lakás fogyasztóit, *C* pedig az olvadó biztosítékot szemlélteti. Melyik állítás téves? (3 pont)
*a)* Ha mindkét kapcsoló zárt, *A* és *B* közül a kisebb ellenálláson nagyobb az áramerősség.
*b)* Ha mindkét kapcsoló zárt, *A* és *B* közül a nagyobb ellenálláson kisebb a teljesítmény.
*c)* *C*-n mindig nagyobb az áramerősség, mint *A*-n vagy *B*-n.
*d)* Az eredő ellenállás akkor a legkisebb, ha mindegyik kapcsolót zárjuk.




**15.** Válassza ki a félvezetőkre vonatkozó állítások közül a helyeset! (2 pont)
*a)* A félvezető kristályok csak szennyezés hatására válnak vezetővé.
*b)* A dióda csak akkor vezet, ha p rétegéhez az áramforrás negatív, n rétegéhez az áramforrás pozitív pólusa kapcsolódik.
*c)* A fotoellenállás és a fotocella ugyanazt jelenti.
*d)* A félvezető eszközök felfedezése elsősorban azért jelentett forradalmi változást az elektrotechnikában, mert a korábban használt alkatrészeket több nagyságrenddel kisebbekkel lehetett helyettesíteni.

**16.** Melyik a helyes állítás az alábbiak közül? (3 pont)
Ha a földi Egyenlítő felett egy vezetőn keletről nyugat felé folyik az elektromos áram, akkor a Föld mágneses mezője által a vezetőre kifejtett erő iránya
*a)* lefelé mutat; *b)* felfelé mutat; *c)* észak felé mutat; *d)* dél felé mutat.

**17.** Jelölje meg azt a megállapítást, amelyik nem a Lenz-törvény megnyilvánulására mond példát! (2 pont)
*a)* A mágneses mező általában forgatónyomatékot fejt ki a benne elhelyezkedő, árammal átjárt tekercsre.
*b)* Áramkörben levő vasmagos tekercsen az áramkör zárása után csak bizonyos késéssel alakul ki a végső áramerősség.
*c)* A zárt alumíniumkarika és a tőle távolodó mágnes vonzzák egymást.

**18.** Jelölje meg a hibás megállapítást! (2 pont)
*a)* A dinamót nevezhetjük elektromos generátornak is.
*b)* Az elektromos generátort nem mindig nevezhetjük dinamónak.
*c)* A dinamó váltakozó áramot állít elő.
*d)* A dinamó feltalálója Jedlik Ányos.

**19.** Egy elhanyagolható veszteségű transzformátor 150 menetes primer tekercsére 24 V effektív értékű váltakozó feszültséget kapcsolva a szekunder tekercsről 12 V; 6 W feliratú izzót üzemeltetünk. Válassza ki a hibás állítást! (3 pont)

*a)* A szekunder tekercs áramerőssége 0,5 A.
*b)* A primer tekercs áramerőssége 0,25 A.
*c)* A primer körben a felvett teljesítmény 6 W.
*d)* A szekunder tekercs menetszáma 300.

**20.** Melyik a hibás állítás? (2 pont)
A lakásokban alkalmazott védőérintkezős dugaszolóaljzatok (konnektorok) 3 csatlakozási pontjára vonatkozóan a következő effektív feszültségek jellemzőek:

*a)* a fázis és a nulla között 230 V.
*b)* a fázis és a védőérintkező között 230 V.
*c)* a nulla és a védőérintkező között 230 V.
*d)* a fázis és a vízcsap között 230 V.

## II. rész (Az elérhető pontszám: 45.)

Oldja meg a következő feladatokat! Megállapításait – a feladattól függően – számítással vagy szövegesen indokolja. A 3/A és a 3/B feladatok közül az egyiket kell választania.

**1.** Adott mennyiségű –5 °C hőmérsékletű jeget egyenletesen melegítünk. A melegítés első percében a jég hőmérséklete –1 °C-ra emelkedik. A jég fajhője 2,1 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, olvadáshője 335 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. A víz fajhője 4,2 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$. (15 pont)

*a)* A jég hány százaléka olvad meg újabb egy perces melegítés után?
*b)* Ezt követően mennyi idő múlva olvad meg a teljes jégmennyiség, ha a melegítést tovább folytatjuk?
*c)* Kezdettől számítva milyen hosszú ideig kell a melegítést végezni, hogy a jégből 20 °C hőmérsékletű víz keletkezzen?

**2.** Egy 230 V feszültségről üzemelő elektromos melegítőbe két párhuzamosan kapcsolt ellenálláshuzalt építettek be. Az egyik fűtőszál teljesítménye 800 W, a másiké 500 W. (15 pont)

*a)* Mekkora áramot vesz fel a melegítő?
*b)* Mekkora lesz az áramfelvétel, ha a két ellenálláshuzal közepe összeér, és ott zárlat keletkezik?

**3.** *A)* Egy hengeres edényben könnyen mozgó dugattyúval lezárt adott mennyiségű gázt melegítünk egyszer a dugattyú rögzített állásában, máskor pedig a dugattyú szabad, egyenletes mozgása mellett. (15 pont)

*a)* Mit mondhatunk a hőmérséklet-emelkedésekről a két melegítési módnál, ha mindkét esetben azonos a gázzal közölt hő?
*b)* Mit mondhatunk a közölt hőmennyiségek viszonyáról, ha azonos hőmérséklet-változást akarunk elérni a kétféle módon történő melegítés során?
*c)* Hogy függ ez össze a gázok kétféle fajhőjével? Részletesen indokolja állításait!

**3.** *B)* Egy 10 $\text{cm}^2$ keresztmetszetű, lapos magnetométer-tekerccsel a földi mágneses mező mágneses indukcióját szeretnénk megmérni. (15 pont)

*a)* A mérőkeret meneteinek síkja az észak–déli vagy a kelet–nyugati iránnyal legyen párhuzamos?
*b)* Mekkora maximális forgatónyomatékot fejt ki a mérőtekercsre a $2 \cdot 10^{-5}$ T mágneses indukciójú mező, ha a tekercsnek 40 menete van és 0,1 A erősségű áramot vezetünk át rajta?
*c)* Mennyi lehet itt a legnagyobb mágneses fluxus, amit a földi mágneses mező a mérőtekercsen létrehoz? A mérőtekercs milyen helyzetében lesz ennyi a mágneses fluxus?

## Emelt szintű feladatok (A rendelkezésre álló idő 240 perc.)

### I. rész

(Minden kérdés helyes megválaszolásáért 1-1 pont jár, tehát itt összesen 20 pont szerezhető.)

**1.** Egy fémhuzal hossza 25 °C hőmérséklet-emelkedés mellett 10 cm-rel növekszik. Mennyivel nő meg egy másik fémhuzal hossza 20 °C hőmérséklet-emelkedésnél, ha annak eredeti hossza az előzőének háromszorosa és lineáris hőtágulási együtthatója pedig az előzőének fele?

*a)* 12 cm. *b)* 10 cm. *c)* 20 cm. *d)* 30 cm.

**2.** Mennyi folyadékot kell önteni egy 20 liter űrtartalmú fémből készült edénybe ahhoz, hogy az edény oldalán megjelölt folyadékszint ne változzon meg a hőtágulás során? (Az edény anyagának lineáris hőtágulási együtthatója $1{,}6 \cdot 10^{-5}\ \frac{1}{°C}$, a folyadék köbös hőtágulási tényezője pedig $4{,}8 \cdot 10^{-4}\ \frac{1}{°C}$.)

*a)* 6 l. *b)* 0,2 dl. *c)* 2 l. *d)* $\frac{2}{3}$ l.

**3.** Egy biztonsági szeleppel elzárt tartályban levő gáz nyomása 500 kPa, hőmérséklete pedig 20 °C. Ha a tartályban levő gáz hőmérséklete 80 °C-ra emelkedik, akkor a biztonsági szelepen keresztül a bezárt gáz 10 %-a eltávozik. Mekkora nyomásnál nyit ki a biztonsági szelep?

*a)* 602,4 kPa. *b)* 542 kPa. *c)* 600 kPa. *d)* 520 kPa.

**4.** Adott mennyiségű 300 K hőmérsékletű ideális gáz térfogatát izotermikus módon felére csökkentjük, majd izochor melegítéssel a gáz hőmérsékletét 150 °C-kal növeljük. Hányszorosára növekszik a gáz nyomása?

*a)* Másfélszeresére. *b)* Kétszeresére. *c)* Háromszorosára. *d)* Négyszeresére.

**5.** Az $m$ tömegű gáz hőmérséklete másfélszeresére, térfogata $\frac{4}{3}$-ra nő meg. Mekkora tömegű gázt kell kiengedni, hogy a tartályban a nyomás változatlan legyen?

*a)* $\frac{2m}{3}$. *b)* $\frac{3m}{4}$. *c)* $\frac{8m}{9}$. *d)* $\frac{m}{9}$.

**6.** Adott mennyiségű gáz nyomását és térfogatát kétféle módon kétszerezhetjük meg: egyszer izochor melegítéssel a gáz hőmérsékletét duplázzuk meg, majd izobár módon melegítjük a gázt a kívánt mértékben. Másszor pedig először izobár melegítéssel a térfogatát duplázzuk meg, ezt követően pedig izochor melegítéssel növeljük a gáz nyomását kétszeresére. Mekkora az első és a második esetben a gáz által végzett térfogati munkák aránya?

*a)* $\frac{1}{2}$. *b)* 2. *c)* 1. *d)* 3.

**7.** A gázok adiabatikus állapotváltozásaira vonatkozó állítások közül melyik hamis?

*a)* A gázok és környezetük között nincs hőcsere.
*b)* A gázok tágulási munkáját a belső energiájuk csökkenése fedezi.
*c)* Mivel nincs hőcsere, ezért a gázok hőmérséklete nem változik.
*d)* A külső munkavégzés a belső energia növelésére fordítódik.

**8.** Válassza ki, hogy egy folyadékától elzárt telített gőz az alábbi állapotváltozások hatására melyik esetben marad biztosan továbbra is telített!

*a)* Ha izotermikusan tágítjuk.
*b)* Ha adiabatikusan tágítjuk.
*c)* Ha izochor módon melegítjük.
*d)* Ha izotermikusan összenyomjuk.

**9.** A $Q$ és $4Q$ pontszerű töltések egymástól $l$ távolságra helyezkednek el. Hol található az összekötő szakaszukon az a pont, ahol a térerősség zérus?

*a)* A $Q$ töltéstől $\frac{l}{5}$ távolságra.
*b)* A $Q$ töltéstől $\frac{l}{4}$ távolságra.
*c)* A $Q$ töltéstől $\frac{l}{3}$ távolságra.
*d)* Nincs ilyen pont az összekötő szakaszon.

**10.** $Q$ és $4Q$ pontszerű töltések egymástól $l$ távolságra helyezkednek el. Hol található az összekötő szakaszukon az a pont, ahol zérus a potenciál?

*a)* A $Q$ töltéstől $\frac{l}{5}$ távolságra.
*b)* A $Q$ töltéstől $\frac{l}{4}$ távolságra.
*c)* A $Q$ töltéstől $\frac{l}{3}$ távolságra.
*d)* Nincs ilyen pont az összekötő szakaszon.

**11.** Egy kondenzátorra állandó feszültségű feszültségforrást kapcsolunk, majd a kondenzátor lemezeit távolítjuk egymástól. Melyik a hibás állítás?

*a)* A kondenzátor kapacitása csökken.
*b)* A kondenzátor töltése csökken.
*c)* A kondenzátor energiája csökken.
*d)* A teljes rendszer energiája csökken.

**12.** Egy elektromos mező két adott pontja között egyszer egy protont, egyszer pedig egy He-atommagot gyorsít fel. Melyik a helyes állítás?
A proton sebessége a He-atommagéhoz viszonyítva

*a)* kétszer nagyobb lesz.
*b)* $\sqrt{2}$-ször nagyobb lesz.
*c)* kisebb lesz.
*d)* egyenlő lesz.

**13.** 48 V feszültségű áramforrásra sorosan kapcsolunk egy 24 V; 12 W és egy 24 V; 36 W feliratú izzólámpát. Mi történik?

*a)* Mindegyik megfelelően világít.
*b)* Mindegyik gyengébben világít.
*c)* A 12 W-os kiég.
*d)* A 36 W-os kiég.

**14.** A 4,5 V feliratú zseblámpatelepekhez 3,5 V; 0,2 A feliratú zseblámpaizzókat terveznek. A zseblámpatelepnek mekkora belső ellenállásával számolnak?

*a)* 17,5 Ω. *b)* 22,5 Ω. *c)* 40 Ω. *d)* 5 Ω.

**15.** Válassza ki az árammal átjárt, hosszú, egyenes tekercsre vonatkozó állítások közül a hibásat!

*a)* Az indukcióvonalak a tekercs belsejében a tekercs déli pólusától az északi felé irányulnak, majd a tekercsen kívül önmagukban záródnak.
*b)* A tekercsből kilépő teljes fluxus nem befolyásolható a tekercs hosszirányú összenyomásával.
*c)* A tekercsben a mágneses indukció nem függ a tekercs keresztmetszetétől.
*d)* A tekercs belsejébe helyezett mérőkeretre akkor hat maximális forgatónyomaték, ha a keret síkja párhuzamos a tekercs hossztengelyével.

**16.** Katódsugárcső képernyőjéhez elölről nézve jobbról egy mágnesrúd déli pólusával közelítünk. Milyen irányba mozdul el a képernyőn a kép?

*a)* Lefelé. *b)* Felfelé. *c)* Jobbra. *d)* Balra.

**17.** Válassza ki a hibás állítást!

*a)* Nyugvó töltések által keltett elektromos mező egy zárt görbe mentén körbehaladó töltésen sohasem végez munkát.

*b)* Változó mágneses mezőt körülvevő zárt görbe mentén az indukált elektromos mező mindig végez munkát a körbehaladó töltésen.

*c)* A változó fluxust körülvevő vezetőben indukált feszültség függ a vezető ellenállásától.

*d)* A változó fluxust körülvevő vezetőben indukált áram függ a vezető ellenállásától is.

**18.** Egy 0,1 H induktivitású tekercsben 20 mV állandó önindukciós feszültség jön létre. Mennyi a másodpercenkénti áramerősség-változás?

*a)* $0{,}05\ \frac{A}{s}$. *b)* $0{,}2\ \frac{A}{s}$. *c)* $20\ \frac{A}{s}$. *d)* $200\ \frac{A}{s}$.

**19.** Melyik megállapítás hibás?

Faraday fedezte fel

*a)* az elektrolízis törvényeit.

*b)* a fémek külső elektromos mezővel szembeni árnyékoló hatását.

*c)* azt a jelenséget, hogy változó mágneses mező körül elektromos mező jön létre.

*d)* azt a jelenséget, hogy változó elektromos mező körül mágneses mező jön létre.

**20.** Az elektromágneses hullámokra vonatkozó állítások közül melyiket nem fogadja el?

*a)* Az infravörös fény felhasználható sötétben történő filmfelvételhez.

*b)* Az ablaküveg mögötti napozás nem eredményez barnulást.

*c)* A radarnál a mikrohullámok egyenes vonalú terjedését és visszaverődését hasznosítják.

*d)* Minél kisebb a rádióhullámok hullámhossza, annál gyengébb a biológiai hatásuk.

## II. rész

(Oldja meg a következő 4 feladatot. A négy feladat megoldásával összesen 55 pont szerezhető.)

**1.** Egyik végén zárt, vízszintes helyzetű, 2 $dm^2$ keresztmetszetű hengerben súrlódásmentesen mozgó dugattyú zár el 5 $dm^3$ térfogatú, 27 °C hőmérsékletű, kétatomos ideális gázt. A dugattyú mozgását egy kezdetben erőmentes 10 $\frac{N}{cm}$ rugóállandójú rugó akadályozza, melynek egyik vége a dugattyúhoz, a másik pedig egy külső fix ponthoz van erősítve. A gázt addig melegítjük, amíg a dugattyú elmozdulásának nagysága 10 cm lesz. A külső légnyomás 100 kPa.

*a)* Mennyivel nő meg a gáz nyomása? (2 pont)

*b)* Hány °C-kal növekedett a a gáz hőmérséklete? (3 pont)

*c)* Mekkora a gáz munkavégzése? (4 pont)

*d)* Mennyi hőt közöltünk a gázzal? (5 pont)

2. Egy kaloriméterrel végzett kísérlet során a kaloriméterbe helyezett, adott tömegű vizet a kaloriméterbe épített elektromos fűtőszállal melegítjük. A fűtőszál teljesítménye 84 W. Azt tapasztaljuk, hogy ekkor a víz hőmérséklete percenként 4 °C-kal növekszik. (A víz fajhője 4,2 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, a jég olvadáshője 335 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.)
   *a)* Mekkora tömegű víz van a kaloriméterben? (3 pont)
   *b)* Ha a 20 °C hőmérsékletű vízbe 10 g tömegű olvadó jégkockát dobunk, ami elolvad, akkor mennyi idő múlva lesz a kaloriméterben található víz hőmérséklete 30 °C? (4 pont)
   *c)* A melegítést tovább folytatva mennyi időre van szükség, hogy a víz hőmérséklete 40 °C legyen? (3 pont)

3. 18 V üresjárási feszültségű, ismeretlen belső ellenállású telepre 20 ohmos potenciométert kapcsolunk. Ha a potenciométer egyik végpontja és a csúszka közé 6 V; 0,3 A feliratú izzóval csatlakozunk, akkor a csúszka középállásában az izzó éppen az üzemi feszültségén világít.
   *a)* Mennyi a telep belső ellenállása? (9 pont)
   *b)* Milyen hatásfokkal működteti a telep az izzót? (5 pont)

4. Rezgőkör kondenzátorának kapacitása 470 nF, tekercsének induktivitása 40 mH. A kondenzátort, amelyet kapcsoló választ el a tekercstől, 100 V feszültségre töltünk fel, majd zárjuk a kapcsolót.
   *a)* Mennyi a kondenzátor kapacitív ellenállása? (5 pont)
   *b)* Mennyi a legnagyobb áramerősség? (4 pont)
   *c)* A kapcsoló zárásától számítva mennyi idő múlva csökken a feszültség a felére? (4 pont)
   *d)* Mekkora lesz ekkor a pillanatnyi áramerősség? (4 pont)

## III. rész

Az alábbi három téma közül válasszon ki egyet, és fejtse ki másfél-két oldal terjedelemben összefüggő ismertetés formájában. Ügyeljen a szabatos, világos fogalmazásra, a logikus gondolatmenetre, a helyesírásra, mivel az értékelésbe ez is beszámít! Mondanivalóját nem kell feltétlenül a megadott szempontok sorrendjében kifejteni. Elérhető pontszám: 25 (20 tartalmi, 5 nyelvi pont).

1. Ismertesse a víz három halmazállapotának legfontosabb jellemzőit! Sorolja fel az egyes vízhalmazállapotok előfordulását a természetben! Ismertesse, hogy a víz halmazállapot-változásai milyen hatással lehetnek környezetünk időjárására!

2. Mutassa be az elektrosztatikus mező jellemzési módjait, szemléltetési lehetőségét! Térjen ki a pontszerű töltés által létrehozott és a homogén elektromos mező sajátosságaira! Hasonlítsa össze az elektromos töltések és a változó mágneses mező által keltett elektromos mezőket! Térjen ki a téma történeti és gyakorlati vonatkozásaira!

3. Ismertesse az elektromos ellenállás fogalmát, befolyásoló tényezőit! Hasonlítsa össze az egyenáramú és váltakozó áramú ellenállásokat! Utaljon a téma történeti és gyakorlati vonatkozásaira is!

# III. Optika, modern fizika, atom- és magfizika, csillagászat

## Középszintű feladatok (A rendelkezésre álló idő 120 perc.)

### I. rész (Az elérhető pontszám: 45.)

Az alábbi kérdésekre adott válaszlehetőségek közül pontosan egy helyes. Karikázza be ennek a válasznak a betűjelét (ha szükséges, számítással ellenőrizze a helyesnek vélt eredményt)!

**1.** A fény az 1. közegben kisebb sebességgel halad, mint a 2. közegben. Válassza ki, melyik állítás igaz! (2 pont)
*a)* $n_{2,1} > 1$.
*b)* Az 1. közegből a 2. közegbe lépő fénynél a beesési szög nagyobb, mint a törési szög.
*c)* Az 1. közegből induló fénynél bekövetkezhet a teljes visszaverődés.
*d)* Az 1. közegből a 2. közegbe lépő fény hullámhossza csökken.

**2.** Egy átlátszó, 25 cm vastag anyagrétegen a határfelületre merőlegesen beeső fénysugár 1 ns alatt halad át. Válassza ki, mekkora a közeg abszolút törésmutatója! (3 pont)
*a)* 1,5. *b)* 1,2. *c)* 0,8. *d)* 1,3.

**3.** Hány dioptriás az a lencse, amely az optikai tengelyen, a lencse középpontjától 20 cm-re levő pontszerű fényforrás sugarait párhuzamos nyalábbá töri meg? (2 pont)
*a)* 20. *b)* 10. *c)* 2. *d)* 5.

**4.** Válassza ki a rövidlátó szemre vonatkozó helyes megállapítást! (2 pont)
*a)* A távoli tárgyakat a retinára képezi le.
*b)* A távoli tárgypontról a retina mögötti pont felé gyűjti a fénysugarakat.
*c)* A szem hibája szórólencsével javítható.

**5.** Egy fotocella katódját először zöld színű fénnyel világítjuk meg, majd a megvilágítást kisebb intenzitású kék színű fénnyel is elvégezzük. Jelölje meg, hogyan változik meg a fotocella áramerősség–feszültség grafikonja! (2 pont)
*a)* A zárófeszültség értéke és a maximális áramerősség értéke kisebb lesz.
*b)* A zárófeszültség értéke nem változik, a maximális áramerősség értéke pedig csökken.
*c)* A zárófeszültség értéke nagyobb lesz, a maximális áramerősség értéke pedig csökken.
*d)* A zárófeszültség és a maximális áramerősség értéke egyaránt növekszik.

**6.** A fotocella katódjának kilépési munkája a megvilágító monokromatikus fény fotonjai energiájának 40%-a. Mekkora lesz a kilépő elektronok maximális mozgási energiája, ha a kilépési munka értéke 0,32 aJ? (3 pont)
*a)* 0,128 aJ. *b)* 0,48 aJ. *c)* 0,8 aJ. *d)* 0,53 aJ.

**7.** Ha a fotocella megvilágítására 600 nm hullámhosszúságú fényt használunk, akkor a kilépő elektronok maximális mozgási energiája a kiléptető fotonok energiájának negyede lesz. Válassza ki az alábbi hullámhosszértékek közül a fotocella határhullámhosszát! (3 pont)
*a)* 800 nm. *b)* 450 nm. *c)* 600 nm. *d)* 1200 nm.

**8.** Mennyi idő alatt bocsát ki mólnyi mennyiségű fotont egy 6,4 mW teljesítményű lézer, ha fényével legfeljebb 0,32 aJ kilépési munkájú fémeknél lehet fotoeffektust kiváltani? (2 pont)
*a)* Kb. 1 év alatt. *b)* Kb. 1 hónap alatt. *c)* Kb. 1 nap alatt. *d)* Kb. 1 óra alatt.

**9.** Az alábbi jelenségek közül melyik bizonyítja, hogy a fotonok lendülettel is rendelkeznek? (2 pont)
*a)* A fényelektromos jelenség.
*b)* A napsugárzás fénynyomása.
*c)* A fényelhajlás optikai rácson.
*d)* A fényinterferencia szappanbuborékon.

**10.** Hogyan változik meg az elektronnyaláb de Broglie-hullámhossza, ha egy elektronnyaláb gyorsítófeszültségét 100-szorosára növeljük? (2 pont)
*a)* Százszorosára nő.
*b)* Tízszeresére nő.
*c)* Tizedére csökken.
*d)* Századára csökken.

**11.** Melyik atommodellben jelenik meg az az elképzelés, hogy az atom központi része egy pozitív töltésű ún. atommag? (2 pont)
*a)* Bohr-modell.
*b)* Thomson-modell.
*c)* Rutherford-modell.
*d)* Hullámmodell.

**12.** Milyen módon nem lehet a gázatomokat gerjeszteni? (2 pont)
*a)* A gáz izotermikus összenyomásával.
*b)* A gáz hevítésével.
*c)* Az atomok elektronokkal történő ütköztetésével.
*d)* Ultraibolya fénnyel való megvilágítással.

**13.** Miért nem nyelik el az alapállapotban levő hidrogénatomok a látható fényt? Válassza ki a helyes indoklást! (2 pont)
*a)* Mert a látható fény fotonjainak energiája túlságosan nagy az atomok gerjesztéséhez.
*b)* Mert a látható fény fotonjainak energiája kevés az atomok gerjesztéséhez.
*c)* Mert a látható fény hullámhossza nem elég nagy az atomok gerjesztéséhez.

**14.** A Bohr-modellre vonatkozó állítások közül válassza ki a hamisat! (2 pont)
*a)* A modell segítségével értelmezni lehet a hidrogénatom színképét.
*b)* A modell meg tudja magyarázni a hidrogénmolekulák keletkezését.
*c)* A modellel értelmezhető, hogy az elektronok keringés közben miért nem esnek az atommagba.

**15.** Hány vonzó jellegű nukleáris párkölcsönhatás, és hány taszító elektromos párkölcsönhatás jön létre a $^{4}_{2}He$ atommag nukleonjai között? Jelölje meg a helyes választ! (2 pont)
*a)* Négy vonzó, kettő taszító.
*b)* Kettő vonzó, kettő taszító.
*c)* Hat vonzó, kettő taszító.
*d)* Hat vonzó, egy taszító.

**16.** A $^{206}Pb$ atommag tömeghiánya 3,18-szor akkora, mint a $^{58}Fe$ atommagé. Hány százalékkal nagyobb a vasatommagban az egy nukleonra jutó kötési energia, mint az ólomatommagban? Válassza ki a helyes értéket! (3 pont)
*a)* 0%-kal. *b)* 11,7%-kal. *c)* 55%-kal. *d)* 18%-kal.

**17.** A radioaktív bomlási sorban három egymást követő alfa-bomlást három egymás utáni béta-bomlás követ, így a $^{214}_{84}$Po izotóphoz jutunk. Mi volt a kiindulási atommag? Jelölje meg a helyes választ! (2 pont)

*a)* $^{226}_{88}$Ra rádiumatommag.
*b)* $^{222}_{86}$Rn radonatommag.
*c)* $^{230}_{90}$Th tóriummag.
*d)* $^{234}_{90}$Th tóriummag.

**18.** Egy uránatommag hasadásakor átlagosan 32 pJ energia szabadul fel. Naponként hány mol uránatommag hasad fel a Paksi Atomerőmű 1 reaktorában, ha annak a hasadásból származó termikus teljesítménye 1375 MW? Jelölje meg a legmegfelelőbb eredményt! (3 pont)

*a)* 0,6 mol. *b)* 62 mol. *c)* 620 mol. *d)* 6,2 mol.

**19.** Mekkora lehet egy Mars év, ha a bolygó Naptól való távolsága 228 millió km (1,52-szor akkora, mint a Nap–Föld-távolság)? Jelölje meg a helyes eredményt! (3 pont)

*a)* 0,66 év. *b)* 0,53 év. *c)* 1,88 év. *d)* 1,52 év.

**20.** A Nap–Föld-távolság 150 millió km. Jelölje meg, mennyi idő alatt ér a fény a Napról a Földre! (2 pont)

*a)* 1 percnél rövidebb idő alatt.
*b)* 6-10 percnyi idő alatt.
*c)* Több mint 10 perc alatt.

## II. rész (elérhető pontszám: 45)

Oldja meg a következő feladatokat! Megállapításait – a feladattól függően – szövegesen, rajzzal vagy számítással indokolja is meg! A 3. *A)* és a 3. *B)* feladatok közül csak az egyiket kell megoldania.

**1.** Egy optikai lencsével a gyertyaláng háromszoros nagyítású képét szeretnénk kivetíteni a gyertyától 80 cm-re levő ernyőre. (14 pont)

*a)* Hová helyezzük a lencsét? (5 pont)
*b)* Hány dioptriás lencsét használjunk? (5 pont)
*c)* Vázoljuk a képalkotást nevezetes sugarak segítségével! (4 pont)

**2.** Egy fotocella katódját 500 nm hullámhosszúságú lézerfénnyel világítjuk meg. A katód kilépési munkája 0,24 aJ. (16 pont)

*a)* Mekkora a katódból kilépő elektronok mozgási energiája? (6 pont)
*b)* Mekkora feszültségű ellentérrel szüntethető meg a fotocella áramkörében a fotoáram? (5 pont)
*c)* Mennyi töltés halmozódik fel a kondenzátoron, ha az áramkörben az áramforrást egy 5 $\mu$F kapacitású kondenzátorral helyettesítjük? (5 pont)

**3.** *A)* A fehér falon gömbtükörrel kell egy gyertya különböző képeit előállítania. (15 pont)

*a)* Milyen tükröt használ? (3 pont)
*b)* Tegyük fel, hogy előállított egy éles képet. Ezután a tükröt kissé távolabb helyezve a faltól, merre kell a gyertyát elmozdítania, hogy ismét éles képet kapjon? (6 pont)
*c)* Hogyan tudná ezekkel az eszközökkel megbecsülni, hogy hol van a tükör fókuszpontja? (6 pont)

**3.** *B)* Az atommagokból magfúzióval és maghasadással nyerhetünk atomenergiát. (15 pont)
*a)* Mikor jár energianyereséggel a magfúzió és mikor a maghasadás? (6 pont)
*b)* Milyen atommagokból nem tudunk egyik módon sem energiát kinyerni? (4 pont)
*c)* Soroljon fel példákat a magenergia-felszabadítás mindkét módjának mesterséges megvalósítására! (5 pont)

## Emelt szintű feladatok (A rendelkezésre álló idő 240 perc.)

### I. rész

(Minden kérdés megválaszolásáért összesen 1-1 pont jár, tehát itt összesen 20 pont szerezhető.)

**1.** Válassza ki, melyik állítás igaz!
A látható fény hullámhossza az atomok méretéhez viszonyítva
*a)* nagyobb;
*b)* kisebb;
*c)* közel egyenlő;
*d)* kisebb és nagyobb is lehet.

**2.** Jelölje meg, hogy a következő fizikusok közül kinek a nevéhez nem kapcsolható a fény hullámjelenségeinek kutatása!
*a)* Huygens. *b)* Newton. *c)* Fresnel. *d)* Fraunhofer.

**3.** Jelölje meg, hogy az alábbi állítások közül melyik hamis!
*a)* A rácsszínképnél középről kifelé haladva egyre nagyobb hullámhosszú fények következnek.
*b)* Ha a fény haladási irányára merőleges helyzetű optikai rácsot a rácsvonal mint tengely körül kissé elfordítjuk, a színkép kiszélesedik.
*c)* A prizma azt a színt téríti el jobban az eredeti iránytól, amelynek a prizma anyagában kisebb a sebessége.
*d)* Középről kifelé haladva a folytonos színkép színei ugyanolyan sorrendben következnek a rács és a prizma színképében.

**4.** Válassza ki a hamis állítást!
*a)* Egyszerű nagyítóval a fókusztávolságon belüli tárgyat nagyítjuk.
*b)* A fényképezőgépnél a film a lencse egyszeres és kétszeres fókusztávolsága között helyezkedik el.
*c)* A mikroszkóp kicsinyített képet hoz létre.
*d)* A távcső kicsinyített képet hoz létre.

**5.** Válassza ki a képalkotásra vonatkozó helyes állítást!
Ha a kép nagyobb, mint a tárgy, akkor
*a)* a képet homorú és domború tükör is előállíthatta;
*b)* a kép csak fordított állású lehet;
*c)* a tárgy csak a kétszeres fókusztávolságon belül helyezkedhet el;
*d)* az ilyen képet előállító lencsével a rövidlátó szem hibája javítható.

**6.** Egy optikai lencse $t = 10$ cm tárgytávolság esetén $N = -0{,}8$ nagyítású képet állít elő. Válassza ki, hogy ekkor a következő adatok, illetve állítások közül melyik a hibás!
*a)* $f = -40$ cm.
*b)* $D = -2{,}5$.
*c)* A lencse homorú.
*d)* A kép fordított állású.

**7.** Válassza ki, hogy a testek hőmérsékleti sugárzására vonatkozó állítások közül melyik hibás!
*a)* A testek bármely $T = 0$ K hőmérsékleten elektromágneses sugárzást bocsátanak ki.
*b)* A testek sugárzása a $0 < \lambda < \infty$ végtelen széles hullámhossztartományban történik.
*c)* A hőmérséklet emelkedésével növekszik a maximális sugárzási intenzitáshoz tartozó hullámhossz értéke.
*d)* A testek sugárzási összteljesítménye a hőmérséklet emelkedésével növekszik.

**8.** Válassza ki, hogy a klasszikus fizika alábbi problémái közül melyik vezetett el a speciális relativitáselmélet megszületéséhez!
*a)* A fényelektromos jelenség értelmezésének nehézségei.
*b)* A hőmérsékleti sugárzás elméleti értelmezésének problémája.
*c)* A fényhullámok vákuumban való terjedésének problémája.
*d)* Az elektronok fajlagos töltésének sebességtől való függése.

**9.** Egy fotocella katódját 600 nm hullámhoszúságú fénnyel megvilágítva a fotoáram zárófeszültsége $U_z$, 400 nm hullámhosszú fénnyel megvilágítva $2U_z$. Válassza ki, milyen hullámhossztartományba eső megvilágításnál biztos, hogy nem működik a fotocella!
*a)* $\lambda > 600$ nm. *b)* $\lambda > 800$ nm. *c)* $\lambda > 1000$ nm. *d)* $\lambda > 1200$ nm.

**10.** A fotocellát egyszer 600 nm, máskor pedig 400 nm hullámhosszúságú monokromatikus lézerfénnyel világítjuk meg. A katódot ért fény teljesítménye és az elektronok kilépésének hatásfoka mindkét esetben ugyanakkora. Válassza ki, hogy az alábbi állítások közül melyik igaz!
*a)* A fotoáramok maximális értékei megegyeznek, a zárófeszültség a második esetben nagyobb.
*b)* A fotoáramok maximális értékei és a zárófeszültségek is megegyeznek.
*c)* A fotoáram maximális értéke az első esetben, a zárófeszültség pedig a második esetben lesz nagyobb.
*d)* A fotoáram maximális értéke a második esetben, a zárófeszültség pedig az első esetben lesz nagyobb.

**11.** A röntgensugárzás és a szabad elektronok kölcsönhatásakor a röntgensugarak hullámhossza megnövekszik (Compton-effektus). Válassza ki, hogy a jelenség magyarázatára vonatkozó állítások közül melyik hamis!
*a)* A röntgenfotonok energiát adnak át a meglökött elektronoknak.
*b)* A röntgenfotonok impulzust adnak át a meglökött elektronoknak.
*c)* A fotonok és az elektronok ütközésére érvényes az energia- és az impulzusmegmaradás.
*d)* Az elektronok elnyelik a centrálisan ütköző fotonokat.

**12.** Katódsugárzás útjába helyezett grafitkristályon hullám interferencia jön létre (lásd az elektrondiffrakciós készüléket). Hogyan változik meg a fluoreszkáló ernyőn látható interferenciakép, ha az elektronok gyorsítófeszültségét növeljük? Jelölje meg a helyes választ!
*a)* Az interferenciakép élesebb lesz, az interferenciagyűrűk mérete megnő.
*b)* Az interferenciakép élesedik, a gyűrűk mérete csökken.
*c)* Az interferenciakép halványabb lesz, a gyűrűk mérete változatlan.
*d)* Nem történik változás az interferenciaképben.

**13.** Jelölje meg, hogy az alábbi jelenségek közül melyik nem értelmezhető a Bohr-féle atommodell segítségével!

*a)* Az azonos atomok kovalens kémiai kötése.
*b)* A hidrogénatom vonalas kibocsátási színképe.
*c)* A Franck–Hertz-kísérlet.
*d)* A hidrogénatom vonalas elnyelési színképe.

**14.** Hány színképvonal megjelenése várható az atom spektrumában, és ebből hány látható, ha az $E_1 = -2{,}18$ aJ energiájú alapállapotban levő hidrogénatomot $\frac{8}{9}E_1$ energiával gerjesztjük?

*a)* Csak egy, és ez látható.
*b)* Összesen három, ezek közül egy látható.
*c)* Három, és egyik sem látható.
*d)* Egy, és ez nem látható.

**15.** Válassza ki, hogy melyik állítás veszíti érvényét a kvantummechanikai atommodellnél!

*a)* Az elektronok a mag körül csak meghatározott sugarú pályákon keringhetnek.
*b)* Az energiaszintek közötti elektronátmenetek vezetnek fotonkibocsátáshoz.
*c)* Az atomok vonalas színképe az atomi energiaszintekkel kapcsolatos.
*d)* Az atomban levő elektronok energiája csak meghatározott értéket vehet fel.

**16.** Válassza ki, hogy a természetes radioaktív sugárzásokra vonatkozó állítások közül melyik hamis!

*a)* Mindegyik sugárzás az atommagokból indul ki.
*b)* Az atommag radioaktív sugárzás kibocsátásakor más elem atommagjává alakul.
*c)* A sugárzásfajták közül csak egynek nincs elektromos töltése.
*d)* Csak egy sugárzásfajta mutat elektromágneses hullámtulajdonságot.

**17.** Az atommag belső szerkezetére vonatkozó állítások közül válassza ki a hamisat!

*a)* A nukleonok között a töltéstől független erős kölcsönhatás működik.
*b)* Elektromos kölcsönhatás csak pozitív töltésű nukleonok között lép fel.
*c)* A magot alkotó minden nukleonpár között van erős kölcsönhatás.
*d)* A nehéz atommagokban több neutron található, mint proton.

**18.** Jelölje meg, hogy egy energiatermelő atomreaktorra (pl. egy paksi reaktorra) vonatkozó állítások közül melyik igaz!

*a)* A reaktorban felszabadult magenergia kb. 90%-a elektromos energiává alakul át.
*b)* A hasadáskor keletkező neutronokat mesterséges izotópok gyártására használják fel.
*c)* A hasadáskor keletkező radioaktív izotópok teljes egészében a reaktorban maradnak.
*d)* A radioaktív hasadványok hőtermelése is hozzájárul a reaktor hőteljesítményéhez.

**19.** Magyarország lakosságának évi átlagos sugárterhelése $2{,}8\,\frac{\text{mSv}}{\text{fő}\cdot\text{év}}$. Válassza ki, hogy az évenként az emberek testében elnyelt sugárzási energiával mekkora tömegű jeget lehetne megolvasztani (10 millió lakossal és 50 kg átlagos testtömeggel számolhatunk)!

*a)* Kb. 4 kg.
*b)* Kb. 4 t.
*c)* Kb. 40 t.
*d)* Kb. 400 kg.

**20.** A legközelebbi csillag, a Proxima Centauri 4,3 fényév távolságra van Földünktől. A napsugarak 8 perc alatt jutnak el a Naptól a Földre. Válassza ki, hogy a csillagról hányszor kevesebb energia érkezik másodpercenként a Földre, mint a Napról, ha a csillag sugárzási teljesítménye 0,01 %-a a Napénak !

*a)* Kb. 69 milliószor.
*b)* Kb. 100 ezerszer.
*c)* Kb. 800 billiószor.
*d)* Kb. 2,80 milliárdszor.

## II. rész

(Oldja meg a következő négy feladatot! A négy feladat megoldásával összesen 55 pont szerezhető.)

1. Egy 3,5 cm × 2,3 cm méretű diaképet egy 105 cm × 46 cm nagyságú ernyőre szeretnénk kivetíteni a lehetséges legnagyobb nagyításban.
   *a)* A diaképtől milyen távolságra kell elhelyeznünk a 10 dioptriás lencsét? (7 pont)
   *b)* Milyen messze legyen a lencsétől az ernyő? (3 pont)
   *c)* Vázoljuk szerkesztéssel is a leképezést! (4 pont)

2. Egy fotocella katódját 5 mW teljesítményű, 400 nm hullámhosszúságú lézerfénnyel világítjuk meg. A fotoáram zárófeszültsége 1,5 V, maximális áramerőssége 0,4 mA.
   *a)* Mekkora a katód kilépési munkája? (5 pont)
   *b)* Hány fotonbecsapódásra jut egy elektronkilépés? (6 pont)
   *c)* Mekkora a megvilágító UV-fény hullámhossza, ha az áram zárófeszültsége 2,5 V? (4 pont)

3. Egy béta-sugárzó $^{24}$Na izotópból készült radioaktív preparátum aktivitása 5 kBq.
   *a)* Mekkora az izotóp felezési ideje, ha aktivitása 1 óra alatt 4,5%-kal csökken? (6 pont)
   *b)* Mennyi idő alatt csökken az aktivitás értéke 1 kBq-re? (5 pont)

4. A Paksi Atomerőmű egy reaktorának hőteljesítménye 1375 MW, villamos teljesítménye 460 MW, üzemanyagtöltete 42 t tömegű dúsított urán.
   *a)* Mekkora hőteljesítmény jut egy 4 g tömegű üzemanyag-kapszulára? (5 pont)
   *b)* Hány kWh villamos energia nyerhető a kapszulából, ha azt átlagosan 3 évig (3 × 330 napig) használják a reaktor aktív zónájában? (5 pont)
   *c)* Mekkora a reaktor üzemanyagtöltetének tömeg–energia egyenértékűségéből adódó éves tömegcsökkenése? (5 pont)

## III. rész

Az alábbi három téma közül válasszon ki egyet, és fejtse ki másfél-két oldal terjedelemben összefüggő ismertetés formájában. Ügyeljen a szabatos fogalmazásra, a logikus gondolatmenetre, a helyesírásra, mivel ez is beszámít az értékelésbe! Mondanivalóját nem kell feltétlenül a megadott szempontok sorrendjében kifejtenie! Az elérhető pontszám: 25 (20 tartalmi + 5 nyelvi pont).

1. Adjon áttekintést a fény hullámtermészetét igazoló jelenségekről! Térjen ki az egyes jelenségek kísérleti vizsgálatának módjára, törvényszerűségeire, a hullámtermészet feltárásának fontosabb történeti vonatkozásaira! Mondjon példákat az egyes jelenségek gyakorlati előfordulására, alkalmazására!

2. Ismertesse a modern fizika születésének körülményeit! Mutassa be a klasszikus fizika azon problémáit, melyek az új fizikai elméletek megszületését kiváltották! Röviden vázolja az új elméletek lényegét! Mutasson rá azok gyakorlati alkalmazásaira, kísérleti megerősítésükre!

3. Milyen módon szabadul fel atomenergia a mai atomerőművekben? Vegye sorra az atomerőműben lejátszódó energiaátalakulási folyamatokat! Mutassa be az atomerőmű és a hagyományos hőerőművek közötti azonosságokat és különbségeket! Taglalja a nukleáris energiatermelés előnyeit és hátrányait! Miben látja az energiatermelés biztató jövőjét?

# MEGOLDÁSOK

# I. Mechanika

## Középszintű feladatok

### I. Tesztfeladatok

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a)* | *d)* | *d)* | *d)* | *a)* | *c)* | *b)* | *d)* | *a)* | *b)* | *c)* | *c)* | *b)* | *c)* | *c)* | *c)* | *b)* | *b)* | *c)* | *b)* |

### II. Számításos feladatok

**1.** *a)* $a = 2\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. *b)* $s = 225$ m. *c)* $F = 1200$ N. *d)* $E_{\text{m}} = 270\,000$ J.

**2.** *a)* $t = 0{,}21$ s. *b)* $s = 1{,}25$ m. *c)* $m = 1$ kg.

**3.** *A) a)* Az $m$ tömegű test szabadon esik, tehát $a = g$, az $M$ pedig $-3{,}33\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ gyorsulással indul felfelé.

*b)* 0,1 m.

*B) a)* Igen, kijjebb jön a vízből akkora térfogattal, amekkora a vízbe merült vasdarab térfogata, hiszen arra is hat felhajtóerő.

*b)* A hangvilla kis felületű, és így kevés levegőt hoz rezgésbe, ami szétterjedve a térben kis hangerősséget hoz létre. Az asztalhoz szorítva az asztal is rezgésbe jön, és sok levegőt hoz rezgésbe, ami szétterjedve nagyobb hangerősséget hoz létre (igaz csak rövidebb ideig).

## Emelt szintű feladatok

### I. Tesztfeladatok

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *c)* | *b)* | *d)* | *b)* | *d)* | *b)* | *d)* | *b)* | *c)* | *d)* | *b)* | *d)* | *b)* | *c)* | *c)* | *c)* | *c)* | *d)* | *c)* | *d)* |

### II. Számításos feladatok

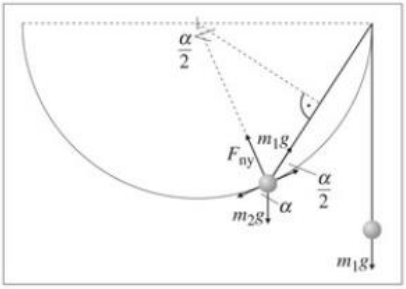
**1.** *a)* $n = 2{,}39\ \text{s}^{-1}$. *b)* $m = 0{,}5$ kg. *c)* $E_{\text{m}} = 1$ J.

**2.** $F_A = 37{,}5$ N; $F_B = 106{,}8$ N.

**3.** $(m \cdot g \cdot \sin\alpha + \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos\alpha) : (\mu \cdot m \cdot g \cdot \cos\alpha - m \cdot g \cdot \sin\alpha) = 2 \Rightarrow \mu = 3\text{tg}\alpha = 0{,}804$.
$\text{tg}\alpha_0 = 0{,}804 \Rightarrow \alpha_0 = 38{,}8°$.

**4.** *a)* $m_2 \cdot g \cdot h = m_1 \cdot g \cdot d$, de $h = d \cdot \sin\beta$ és $m_2/m_1 = 2 \Rightarrow 2 \cdot d \cdot \sin\beta = d \Rightarrow \beta = 30°$.

*b)* Most a félgömb középpontját az $m_2$ tömegű testtel összekötő egyenes és a vízszintes által bezárt szög legyen $\alpha$. Mivel a két erő érintő irányába eső komponense egyenlő (és ellentétes irányú) $m_2 \cdot g \cdot \cos\alpha = m_1 \cdot g \cdot \cos(\alpha/2) \Rightarrow \alpha = 65°4'$.




# II. Hőtan, elektromosságtan

## Középszintű feladatok

### I. Tesztfeladatok

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *c)* | *b)* | *a)* | *c)* | *a)* | *b)* | *c)* | *d)* | *a)* | *d)* | *c)* | *c)* | *b)* | *c)* | *d)* | *a)* | *a)* | *c)* | *d)* | *c)* |

### II. Számításos feladatok

**1.** *a)* 1,9 %. *b)* $t = 39{,}13$ min. *c)* $t_{összes} = 51{,}13$ min.

**2.** *a)* 5,65 A.

*b)* Változatlan marad az áramerősség, mert azonos potenciálú pontok összekötése nem változtat az áramokon. (Részletes ellenállás-számításokkal is kihozható ugyanez az eredmény.)

**3.** *A)* Ha a gázt állandó nyomáson melegítjük, akkor a közölt hő egy része tágulási munkára fordítódik, a maradék rész pedig a belső energiát növeli. Ha viszont a melegítés állandó térfogaton történik, akkor – mivel nincs térfogati munkavégzés – a közölt hő teljes egészében a belső energia növelésére fordítódik. Az ideális gázok belső energiájának megváltozása arányos a hőmérséklet-változással, ezért azonos hőközlés mellett izochor esetben lesz nagyobb a hőmérséklet-változás. Azonos $\Delta T$ eléréséhez pedig az izobár állapotváltozásnál kell több hőt közölni, vagyis az állandó nyomású fajhő nagyobb az állandó térfogatúnál.

*B) a)* Az észak–déli iránnyal. *b)* $8 \cdot 10^{-7}$ N · m.

*c)* $2 \cdot 10^{-8}$ Wb, ha a földi mágneses indukció merőleges a tekercs meneteinek síkjára.

## Emelt szintű feladatok

### I. Tesztfeladatok

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a)* | *c)* | *b)* | *c)* | *d)* | *b)* | *c)* | *d)* | *c)* | *d)* | *d)* | *b)* | *c)* | *d)* | *b)* | *a)* | *c)* | *b)* | *d)* | *d)* |

### II. Számításos feladatok

**1.** *a)* $\Delta p = 5$ kPa. *b)* $\Delta T = 141$ °C. *c)* $W = 205$ J. *d)* $Q = 792{,}5$ J.

**2.** *a)* $m = 0{,}3$ kg. *b)* $t_1 = 204{,}8$ s. *c)* $t_2 = 155$ s.

**3.** *a)* $R_b = 3{,}33\ \Omega$. *b)* $\eta = 0{,}11$.

**4.** *a)* $X_C = 292\ \Omega$. *b)* $I_{max} = 0{,}34$ A. *c)* $t = 1{,}43 \cdot 10^{-8}$ s. *d)* $I = 0{,}29$ A.

# III. Optika, modern fizika, atom- és magfizika, csillagászat

## Középszintű feladatok

### I. Tesztfeladatok

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *c)* | *b)* | *d)* | *c)* | *c)* | *b)* | *a)* | *a)* | *b)* | *c)* | *c)* | *a)* | *b)* | *b)* | *d)* | *b)* | *a)* | *d)* | *c)* | *b)* |

### II. Számításos feladatok

**1.** *a)* $t = 20$ cm. *b)* $D = 6{,}7$.

**2.** *a)* $W_m = 0{,}16$ aJ. *b)* $U_z = 1$ V. *c)* $Q = 5\ \mu$C.

**3.** *A) a)* Homorú tükörrel.
*b)* Tükör felé kell a gyertyát elmozdítani.
*c)* Ha pl. a falhoz helyezett gyertyáról a falon állítunk elő a tükörrel éles képet, akkor a tükör és a fal közötti távolság a fókusztávolság kétszerese.
*B) a)* Könnyű atommagoknál fúzióval, nehéz atommagoknál pedig maghasadással szabadítható fel energia.
*b)* A vas és vas körüli atommagokból nem szabadítható fel magenergia sem fúzóval, sem pedig hasítással.
*c)* Maghasadás atombombával vagy atomreaktorokban valósítható meg. Fúziós energiafelszabadítás pedig fúziós hidrogénbombánál jön létre.

## Emelt szintű feladatok

### I. Tesztfeladatok

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a)* | *b)* | *d)* | *c)* | *c)* | *d)* | *c)* | *c)* | *d)* | *c)* | *d)* | *b)* | *a)* | *b)* | *a)* | *b)* | *c)* | *d)* | *a)* | *c)* |

### II. Számításos feladatok

**1.** *a)* $t = 10{,}5$ cm. *b)* $k = 2{,}1$ m.

**2.** *a)* $W_{ki} = 0{,}257$ aJ. *b)* Minden negyedik fotonra jut egy elektronkilépés. *c)* $\lambda = 302{,}6$ nm.

**3.** *a)* $T = 15$ óra. *b)* $t = 34{,}8$ óra.

**4.** *a)* $P_{hő} = 129{,}42$ W. *b)* $W = 1029$ kWh. *c)* $\Delta m = 0{,}435$ kg.

# TARTALOM

BEVEZETÉS ..... 3

KÍSÉRLETEK ÉS MÉRÉSEK

1. A haladó mozgás vizsgálata Mikola-féle csővel és lejtővel ..... 5
2. A forgómozgás és a körmozgás kísérleti vizsgálata ..... 9
3. Tömegmérés dinamikai módszerrel ..... 11
4. Mérés és kísérlet rugós erőmérőkkel ..... 13
5. Súrlódási erők kísérleti meghatározása ..... 16
6. A gravitációs mező jellemzőinek kísérleti meghatározása ..... 18
7. Merev test egyensúlyának kísérleti vizsgálata ..... 20
8. A mechanikai energiák kísérleti vizsgálata ..... 22
9. Energiaváltozások kísérleti vizsgálata ..... 24
10. A mechanikai rezgések vizsgálata ..... 26
11. Kísérletek mechanikai hullámokkal ..... 28
12. Szilárd testek és folyadékok hőtágulásának mérése ..... 31
13. A gázok állapotváltozásának vizsgálata ..... 35
14. A testek fajhőjének mérése ..... 38
15. A jég olvadáshőjének és a víz forráshőjének becslése ..... 40
16. Elektroszkópos megfigyelések értelmezése ..... 42
17. A kondenzátor kapacitását befolyásoló tényezők vizsgálata ..... 43
18. Az egyszerű áramkör jellemzése ..... 44
19. Fogyasztók és áramforrások kapcsolása az egyenáramú áramkörben ..... 48
20. A tranzisztor karakterisztikájának felvétele, az áramerősítési tényező mérése ..... 53
21. A Föld mágneses indukciójának meghatározása ..... 55
22. A transzformátor vizsgálata ..... 57
23. Váltakozó feszültség, váltakozó áram ..... 59
24. A rezgőkör rezgésidejét befolyásoló tényezők vizsgálata ..... 64
25. A fény hullámtermészete ..... 66
26. A gyűjtőlencse fókusztávolságának mérése ..... 70
27. A fényelektromos jelenség kísérleti vizsgálata ..... 71
28. Az elektronnyaláb eltérülése katódsugárcsőben. A Millikan-kísérlet vizsgálata ..... 74
29. Az elektron hullámtermészetének kísérleti vizsgálata ..... 77
30. A Franck–Hertz-kísérlet elemzése ..... 79
31. A magfúzió és a radioaktív bomlás modellezése ..... 81
32. A Paksi Atomerőmű működése. Mérések Geiger–Müller-csővel ..... 83
33. A Nap felszíni hőmérsékletének becslése ..... 85

PRÓBAÉRETTSÉGI FELADATSOROK

I. Mechanika ..... 87
II. Hőtan, elektromosságtan ..... 93
III. Optika, modern fizika, atom- és magfizika, csillagászat ..... 101

MEGOLDÁSOK

I. Mechanika ..... 108
II. Hőtan, elektromosságtan ..... 109
III. Optika, modern fizika, atom- és magfizika, csillagászat ..... 110



Kiadja a Mozaik Kiadó, Szeged • Tel.: (62) 470-101, (62) 554-660
E-mail: kiado@mozaik.info.hu • Honlap: www.mozaik.info.hu • Felelős kiadó: Török Zoltán
Felelős szerkesztő: Tóth Katalin • Műszaki szerkesztő: Kovács Attila
Készült a Dürer Nyomda Kft.-ben, Gyulán • Felelős vezető: Aggod István
Terjedelem: 10,01 (A/5) ív • 2024. január • Tömeg: 192 g • Raktári szám: MS-2827