

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
14 martie 2026

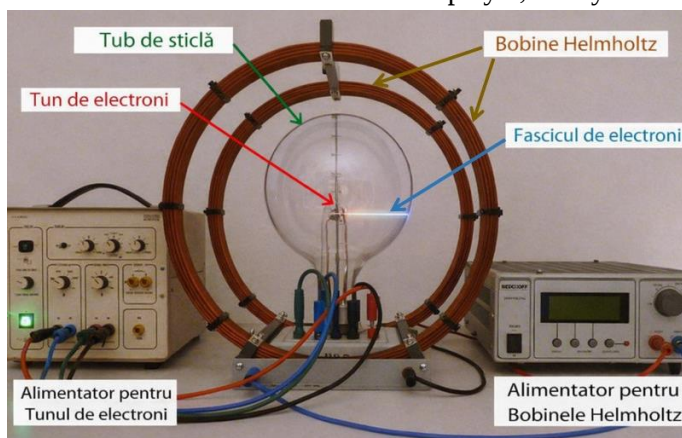
pagina 1 din 5

I. Tétel Az elektron fajlagos töltésének a meghatározása.

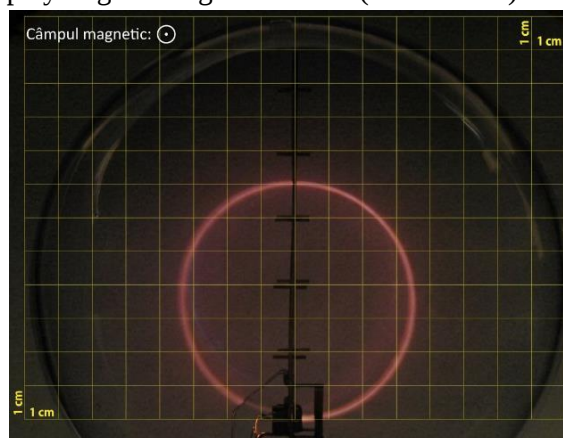
Az elektron fajlagos töltése az elemi elektromos töltés és az elektron tömege közötti arányt jelenti és a nagysága: $e/m = 1,758 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$. A fajlagos töltés kísérleti meghatározását először 1897-ben J. J. Thomson végezte el katódcsöves kísérletekkel.

A mozgásban lévő elektronok (U_a potenciálkülönbséggel gyorsítva) állandó mágneses térben egy körpályán mozognak, ha a sebességük merőleges a mágneses erővonalakra.

A homogén mágneses térben lévő elektronok mozgásának a tanulmányozására egy fonalas (szálszerű) elektroncsövet használnak. A csövet egy pár, nagy, azonos, kör alakú tekercsbe helyezik, amelyek koaxiálisan (azonos tengelyen) vannak elhelyezve és egymástól a sugaraikkal megegyező távolságra vannak. Mindkét tekercsen azonos irányú és erősségű áram halad át. Ennek az összeállításnak a fő célja az, hogy a tekercsek középponti részében egy majdnem állandó mágneses teret hozzanak létre. Ezt Helmholtz-tekercseknek hívják. A kísérleti berendezés az 1. ábrán látható. A katódcső belsejében az elektronágyú egy vékony elektronsugarat állít elő. Az 1. ábrán, a mágneses tér hiányában az elektronsugár nincs eltérítve. Ha a tekercseken áram halad át, az elektronok mozgásának az iránya merőleges lesz a Helmholtz-tekercsek által keltett mágneses tér erővonalainak az irányára, mint a 2. ábra mutatja. Az elektronok pályájának a láthatóvá tételéhez a légritkított csőbe egy kis mennyiségű neemesgázt tesznek. Az elektronok által ezek gerjesztődnek, világítani fognak, és így láthatóvá válnak az elektronok kör alakú pályái, amelyeknek a pályasugarai megmérhetők. (lásd 2. ábra).



1. ábra Az elektron fajlagos töltésének a meghatározására szolgáló kísérleti berendezés



2. ábra Helmholtz-tekercsek által létrehozott mágneses mezőben keringő kör alakú elektronnyaláb

a. Határozzátok meg egy N menetszámú és R átlagos sugarú vékony tekercsből álló Helmholtz-tekercs mágneses indukciójának a kifejezését a tekercs szimmetriatengelyén lévő pontban, amely x távolságra van a tekercs középpontjától, ha rajta I erősségű áram halad át. **Pontosítsátok** a kapott eredményt, határozzátok meg a mágneses indukció kifejezését a tekercs középpontjában.

b. Határozzátok meg a mágneses indukció kifejezését a két azonos, párhuzamosan elhelyezett, egymástól R távolságra lévő Helmholtz-tekercs szimmetriatengelyén, a tekercsek középpontjában, ha rajtuk I erősségű áram halad át.

1. Mindegyik, 1, 2, illetve 3-as tételt, külön, titkosított lapra kell kidolgozni.
2. Egy feladaton belül a diák a kéréseket bármilyen sorrendben megoldhatja.
3. A verseny időtartama 3 óra a tételek kiosztásának pillanatától számítva.
4. A diákok használhatnak nem programozható zsebszámológépet.
5. Minden feladatot 0-tól 30-ig pontoznak. A végső pontszám ezeknek az összege lesz. A maximális pontszám 100 pont, amelyből 10 pont hivatalból van.

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
14 martie 2026

pagina 2 din 5

c. Bizonyítsátok be, hogy a mágneses indukció megközelítőleg állandó a tekercsek szimmetriatengelyén, a Helmholtz-tekercsek középpontjának a közelében.

d. Határozzátok meg az elektron fajlagos töltésének (e/m) matematikai kifejezését az (U_a) potenciálkülönbségnek, amellyel az elektronokat gyorsítják az elektronágyúban, egy tekercs (N) menetszámának, egy tekercs (R) átlagos sugarának, a tekercsen áthaladó (I) áramerősségnek és az elektronnyaláb körpályájának (r) sugarának a függvényében.

e. Az elektron fajlagos töltésének a meghatározására végzett kísérletben $N = 124$ menetből álló és $R = 14,9$ cm átlagos sugarú Helmholtz-tekercseket használtak. A mérések eredményeit az alábbi táblázatba vezették be:

Sorsz.	Az elektronok gyorsító feszültsége U_a (V)	A tekercsen áthaladó elektromos áramerősség I (A)	Az elektronpálya sugara r (cm)	Az elektron fajlagos töltése $\frac{e}{m} \left(\frac{C}{kg} \right)$	Középérték $\left(\frac{e}{m} \right)_{\text{mediu}}$	Relatív hiba ε (%)	Közepes relatív hiba $\varepsilon_{\text{mediu}}$ (%)
1	125	1,00	5,0				
2	150	1,50	3,7				
3	150	1,75	3,2				
4	200	2,50	2,6				
5	250	2,00	3,5				

Számoljátok ki az elektron fajlagos töltését az öt kísérleti mérésre, az elektron fajlagos töltésének a középértékét, a relatív hiba középértékét, és **írjátok le** az eredményt: $e/m = (e/m)_{\text{mediu}} \pm \varepsilon_{\text{mediu}}$ formában. **Fogalmazatok meg** minimum három hibaforrást.

Útmutatás:

i. Egy vezető ($\Delta \vec{\ell}$), hosszúságú része, az elektromos árammal megegyezően irányított, tőle $\vec{r}$, távolságra keltett

mágneses indukciót a Biot-Savart törvény adja meg: $\Delta \vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I \Delta \vec{\ell} \times \vec{r}}{r^3}$, ahol a légyeres tér (levegő) abszolút mágneses permeabilitása $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$.

ii. Használhatjátok: $(1 \pm x)^n = 1 \pm nx$, ha $|x| \ll 1$, ahol n valós szám.

- Mindegyik, 1, 2, illetve 3-as tételt, külön, titkosított lapra kell kidolgozni.
- Egy feladaton belül a diák a kéréseket bármilyen sorrendben megoldhatja.
- A verseny időtartama 3 óra a tételek kiosztásának pillanatától számítva.
- A diákok használhatnak nem programozható zsebszámológépet.
- Minden feladatot 0-tól 30-ig pontoznak. A végső pontszám ezeknek az összege lesz. A maximális pontszám 100 pont, amelyből 10 pont hivatalból van.

Olimpiada de Fizică

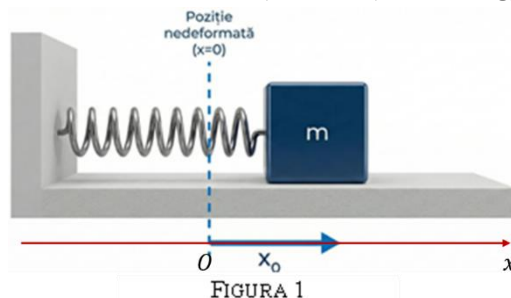
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

14 martie 2026

pagina 3 din 5

II Tétel: Tömegek és rugók

A. Egy $m = 0,1$ kg tömegű, elhanyagolható kiterjedésű testet egy $k = 50$ N/m rugalmassági állandójú rugó egyik végéhez rögzítik. A rugó másik vége egy rögzített falhoz van kötve. (FIGURA1). A test egy durva, vízszintes felületen van. Feltételezzük, hogy a csúszós-úrlódási együttható, μ_k , és a tapadósúrlódási együttható, μ_s , is állandóak és azonosak, $\mu_k = \mu_s = \mu = 0,25$. A testet kezdetben a rugó nyújtatlan hosszához képest (amelyre $x = 0$) elmozdítjuk az $x_0 = 0,1$ m távolságra, majd elengedjük nyugalmi állapotából. Elhanyagoljuk a légellenállást és a gravitációs gyorsulást $g = 10$ m/s²-nek tekintjük.



a. **Határozzátok meg** hányszor megy át a test a rugó nyújtatlan hosszának megfelelő pozíció előtt végleg megállna.

b. **Határozzátok meg** a test által megtett teljes utat a megállásig.

c. A testnek egy teljes rezgését, a maximális x_0 megnyúlástól kiindulva, négy részre osztjuk, az alábbi időbeni sorrendet követve:

t_1 : az idő, amely alatt a test a maximális megnyúlástól a rugó nyújtatlan állapotába kerül.

t_2 : az idő, amely alatt a test a rugó nyújtatlan állapotából a maximális összenyomás állapotába kerül.

t_3 : az idő, amely alatt a test a rugó maximális összenyomás állapotából a nyújtatlan állapotba kerül.

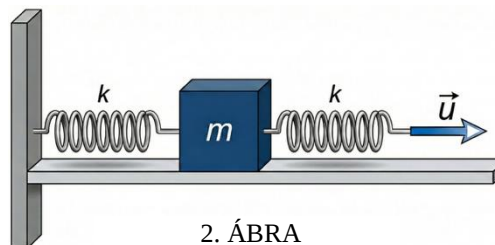
t_4 : az idő, amely alatt a test a rugó nyújtatlan állaptából a maximális megnyúlásba kerül.

Legyenek a fenti időintervallumokon megtett utak hosszai: d_1, d_2, d_3 , illetve d_4 . Hasonlóan, legyenek T_1 és T_2 az első és a második teljes rezgés megtételéhez szükséges idők az x_0 ponttól kiindulva. **Hasonlítsátok össze** az időket és a fenti távolságokat, beszúrva a megfelelő jeleket ($<$; $>$; $=$) mindegyik rubrikába a mennyiségek közé (a munkalapra átmásolva). **Igazold a válaszaidat!**

t_1	t_2	t_2	t_3	t_1	t_3
d_1	d_2	d_2	d_4	T_1	T_2

d. **Számoljátok ki** a test mozgásának teljes időtartamát a megállásig és **ábrázoljátok grafikusán** a test x koordinátáját az idő függvényében.

B. Egy m tömegű test egy vízszintes felületen két azonos, k rugalmassági állandójú rugó közé van kapcsolva. Az első rugó bal vége egy függőleges falhoz van rögzítve, miközben a második rugó jobb oldali végét állandó u sebességgel jobbra húzzák (2. ÁBRA). A kezdeti időpillanatban, $t = 0$, a rendszer nyugalomban van, és a rugók nyújtatlanok. A rugók ideálisak és elhanyagoljuk a súrlódást a vízszintes felülettel és a levegővel.



2. ÁBRA

Határozzátok meg azt az időpillanatot, amikor a test sebessége először lesz egyenlő az u sebességgel és a test által megtett utat a kiindulási helyzetétől ezalatt az idő alatt.

Pontosítás: Tanulmányozhatod a mozgást a mozgó egyensúlyi helyzethez kötött vonatkoztatási rendszerben (amelyik $u/2$ sebességgel mozog a nyugalomban lévő vonatkoztatási rendszerhez képest).

- Mindegyik, 1, 2, illetve 3-as tételt, külön, titkosított lapra kell kidolgozni.
- Egy feladaton belül a diák a kéréseket bármilyen sorrendben megoldhatja.
- A verseny időtartama 3 óra a tételek kiosztásának pillanatától számítva.
- A diákok használhatnak nem programozható zsebszámológépet.
- Minden feladatot 0-tól 30-ig pontoznak. A végső pontszám ezeknek az összege lesz. A maximális pontszám 100 pont, amelyből 10 pont hivatalból van.

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
14 martie 2026

pagina 4 din 5

III. Tétel Hanghullámok

Legyen egy állandó S keresztmetszetű, mindkét végén nyitott és az Ox tengely mentén elhelyezett vízszintes cső. A cső bal végéhez ($x = 0$) egy hangszórót szerelnek, amelynek a membránja harmonikus rezgőmozgást végez az alábbi kitéréssel:

$$r(0, t) = A \cos \omega t,$$

ahol, az A amplitudó nagyon kicsi (lineáris intervallum). A cső belsejében egy hanghullám terjed. Kis rezgésekre, az **akusztikus nyomás** $p(x, t)$, azaz a levegő nyomásának a változása az egyensúlyi nyomáshoz (légnomás) képest, és a kitérés közötti összefüggés:

$$p(x, t) = -B \frac{dr(x, t)}{dx},$$

ahol: B a levegő összenyomhatósági (adiabatikus) modulusza, $r(x, t)$ az x pontban a környezet részecskéinek a kitérése t időpillanatban, és a $\frac{dr(x, t)}{dx}$ egy adott t pillanatban a kitérés térbeli változását jelenti.

Ismertnek tekintjük a hang sebességét levegőben, állandó hőmérsékleten $c = 340$ m/s.

Megjegyzés:

1. Az alábbi kifejezésekben, az x -re vonatkozó deriváltat úgy számoljuk, hogy az időt, t , állandónak tekintjük.
2. A k hullámszám egy fizikai mennyiség, amely a hullám fázisának a térbeli változást jellemzi, és a $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ kifejezéssel határozzuk meg.
3. Folyadékok esetében az összenyomhatósági modulusz (B) hasonló szerepet játszik, mint a Young modulusz a szilárd testekben.

a) Bizonyítsátok be, hogy a nyomások amplitúdói és a környezet részecskéinek a rezgési sebességei közötti összefüggés:

$$p_{\max} = \rho c u_{\max}.$$

b) A hangintenzitás úgy határozható meg, mint a hullám által az egységnyi felületen, egységnyi idő alatt szállított energia. Bizonyítsátok be, hogy a pillanatnyi hangintenzitás a következő formában írható fel: $I(x, t) = p(x, t) \cdot u(x, t)$ és **határozzátok meg** a progresszív hullám intenzitásának időbeli átlagának kifejezését a ρ , c , v és A függvényében.

c) Mindkét végén nyitott cső esetében, minden időpillanatban, a határfeltétel: $p(0, t) = p(L, t) = 0$. **Bizonyítsátok be**, hogy sztacionárius esetben (ha a beeső hullám és a visszavert hullám egymásra tevődnek) az eredő hullám kitérése $r(x, t) = R_0 \cos kx \cos \omega t$ formában írható fel és határozzátok meg a cső sajátfrekvenciáit. Elhanyagoljuk a levegőben a hullám elnyelődését. Az $L = 1$ m hosszú cső esetében számoljátok ki három orsóponttal rendelkező elmozdulás frekvenciájának a moduluszát.

d) Bizonyítsátok be, hogy sztacionárius esetben a nyomásnak csomópontjai vannak ott, ahol az elmozdulásnak orsópontjai (duzzadópontjai) vannak és fordítva.

-
1. Mindegyik, 1, 2, illetve 3-as tételt, külön, titkosított lapra kell kidolgozni.
 2. Egy feladaton belül a diák a kéréseket bármilyen sorrendben megoldhatja.
 3. A verseny időtartama 3 óra a tételek kiosztásának pillanatától számítva.
 4. A diákok használhatnak nem programozható zsebszámológépet.
 5. Minden feladatot 0-tól 30-ig pontoznak. A végső pontszám ezeknek az összege lesz. A maximális pontszám 100 pont, amelyből 10 pont hivatalból van.



Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
14 martie 2026

pagina 5 din 5

e) Határoljatok el egy S keresztmetszetű és Δx hosszúságú henger formájú részt a cső levegőjéből, amelyben a hullám energiája $w \Delta V$. **Bizonyítsátok be**, hogy az S felületen Δt idő alatt szállított energia az $I = w \cdot c$ kifejezéssel írható le, ahol w az energia teljes térfogati sűrűsége és a környezetben az egységnyi térfogatban felhalmozott energiát jelenti ($w = \frac{\Delta E}{\Delta V}$). **Határozzátok meg** a mozgási energia és a rugalmas helyzeti energia térfogati sűrűségének a kifejezését a ρ , $u(x, t)$, illetve a ρ , c és $p(x, t)$ függvényében.

Subiectele au fost propuse de
Prof. dr. Costin DOBROTĂ, CN Dimitrie Cantemir, Onești, Bacău
Prof.dr. Adrian BODNĂRESCU, CN Eudoxiu Hurmuzachi, Rădăuți, Suceava
Prof. Sorin TROCARU, Liceul Teoretic Aurel Vlaicu, Breaza, Prahova
Prof. Constantin GAVRILĂ, CN Sfântul Sava, București - coordonator

-
1. Mindegyik, 1, 2, illetve 3-as tételt, külön, titkosított lapra kell kidolgozni.
 2. Egy feladaton belül a diák a kéréseket bármilyen sorrendben megoldhatja.
 3. A verseny időtartama 3 óra a tételek kiosztásának pillanatától számítva.
 4. A diákok használhatnak nem programozható zsebszámológépet.
 5. Minden feladatot 0-tól 30-ig pontoznak. A végső pontszám ezeknek az összege lesz. A maximális pontszám 100 pont, amelyből 10 pont hivatalból van.