Az I. kategória (szakközépiskolások) feladatai

1. feladat. *Egyenletesen növekvő gyorsulással mozgó test gyorsulása $t_0 = 0$ s-kor $a_0 = 2\ \mathrm{m/s^2}$, $t_1 = 1$ s-kor $a_1 = 3\ \mathrm{m/s^2}$. A sebessége $t_0 = 0$-kor $v_0 = 1$ m/s.*

a) Mekkora lesz a sebessége $t_2 = 10$ s-kor?

b) Határozzuk meg a mozgás $v - t$ függvényét, majd vázoljuk fel egy $v - t$ koordináta-rendszerben!

c) Becsüljük meg, hogy mekkora utat fut be a test a $0 < t < 10$ s-os intervallum első és az utolsó másodpercében!

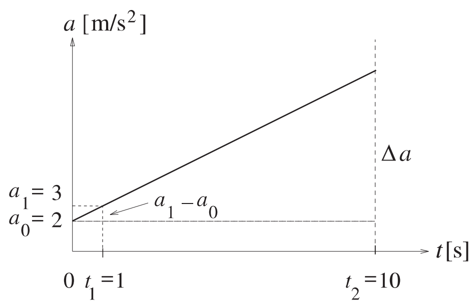
(Blészer Jenő)

Megoldás. A gyorsulás–idő diagram az *1. ábrán* látható. A test gyorsulása $t_2 = 10$ s-kor $a_2 = 12\ \mathrm{m/s^2}$. A sebességváltozást a grafikon alatti (trapéz alakú) terület nagysága adja meg: $\Delta v = 70$ m/s, és mivel a testnek kezdősebessége is volt, a t_2 idő alatt elért sebessége: 71 m/s.

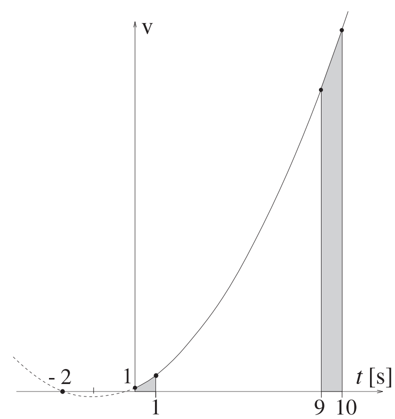
b) A fentihez hasonló számítás elvégezve (de t_2 helyére egy általános t időt írva) megkapjuk a mozgás $v - t$ függvényét. Ez (az SI rendszerben számolt mértékegységek elhagyásával)

$$v = 1 + 2t + \frac{1}{2}t^2 = \frac{1}{2}(t + 2)^2 - 1.$$

Ez a függvény egy transzformált normál-parabola (*2. ábra*).



1. ábra



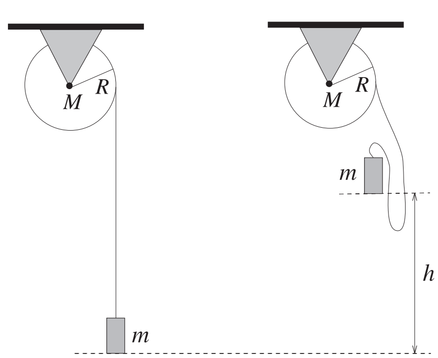
2. ábra

c) A $0 < t < 1$ s és a $9\ \mathrm{s} < t < 10$ s időközökben megtett utak a fenti $v - t$ grafikon megfelelő területeinek meghatározásával számíthatók. Mivel ilyen rövid időközökhöz tartozó értékek igen jó közelíthetők egyenes szakaszokkal, lényegében egy-egy trapéz területének meghatározására egyszerűsödik a feladat. Eszerint az első másodpercben közelítőleg 2,25 m, a tizedikben pedig kb. 65,25 m utat tesz meg a test.

Megjegyzés: A közelítés jogossága ellenőrizhető az integrálással kapott pontos értékkel való összehasonlítás útján. Ezzel a két útszakasz hossza: $s_1 = 2{,}17$ m, illetve $s_2 = 65{,}17$ m. A relatív hiba az első esetben kb. 4%, a másodiknál pedig 0,1%.

2. feladat. *Vízszintes tengelyű, M tömegű, R sugarú henger súrlódásmentesen foroghat. A hengerpalástra tekert fonál másik végéhez egy m tömegű nehezéket erősítettünk. Kezdetben a fonál függőleges egyenest alkot, feszítetlen állapotban. A nehezéket erről a szintről h-val magasabbra emeljük, majd kezdősebesség nélkül elengedjük. Az elengedéstől szá- mítva mennyi idő múlva tesz meg a nehezék $2h$ utat? (A fonál nyújthatatlan, a kölcsönhatás pillanatszerű és abszolút rugalmatlan. Adatok: $M = 2$ kg, $R = 0{,}2$ m, $m = 3$ kg, $h = 1{,}2$ m.)*

(Holics László)



3. ábra

Megoldás. A nehezék sebessége „ütközéskor" $v=\sqrt{2gh}$. A fonál pillanatszerű erőlökése alatt a nehézségi erő elhanyagolható, vagyis a rendszernek a forgástengelyre vonatkoztatott perdülete megmarad:

$$mvR=muR+\frac{1}{2}mR^2\omega.$$

A fonál nyújthatatlansága (kényszerfeltétel) miatt $u=R\omega$. Ezekből az egyenletekből

$$u=\frac{2m}{2m+M}\sqrt{2gh}=3{,}64\ \mathrm{m/s}.$$

Innen kezdve a nehezék u kezdősebességgel, egyenletesen gyorsulva folytatja útját. A nehezék mozgásegyenlete:

$$mg-K=ma,$$

a henger forgásának egyenlete:

$$KR=\frac{1}{2}mR^2\beta,$$

ahol $\beta=a/R$. Ezekből a nehezék gyorsulása:

$$a=\frac{2m}{2m+M}\,g=7{,}36\ \mathrm{m/s^2}.$$

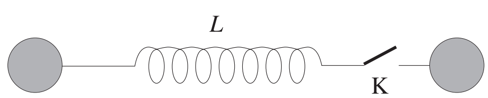
A mozgás első szakaszának megtételéhez szükséges idő: $t_1=\sqrt{2h/g}=0{,}495$ s. A mozgás második szakaszának idejét az úttörvényből kapjuk: $h=ut+\frac{1}{2}at^2$, ahonnan

$$t_2=\frac{-u+\sqrt{u^2+2ah}}{a}=0{,}261\ \mathrm{s}.$$

A $2h$ út megtételéhez szükséges idő $t=t_1+t_2=0{,}76$ s.

3. feladat. *Két, igen nagy távolságban elhelyezett R sugarú fémgömböt egy L induktivitású tekerccsel kötünk össze a 4. ábra szerint. Az egyik gömbnek töltést adunk. A kapcsoló zárása után mennyi idő múlva* csökken a töltés ezen a gömbön a felére? Mennyi idő múlva lesz újra annyi, mint kezdetben?

(Varga Zsuzsa)



4. ábra

Megoldás. Ha az első gömb töltése kezdetben Q, akkor a potenciálja

$$U_0=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}.$$

A másik gömb potenciálja kezdetben 0. Mivel a tekercs két vége között ily módon potenciálkülönbség van, a tekercsen áram kezd folyni, azaz a töltés átáramlik az egyik gömbről a másikra. Világos ebből, hogy a rendszer egy rezgőkör, amelyben a kondenzátort a fémgömbök képezik.

Megjegyzés. Egy ideális rezgőkörben csillapítatlan harmonikus rezgések jönnek létre, vagyis a töltés az egyik fegyverzetről teljes egészében átáramlik a másikra, majd maradéktalanul visszaáramlik az elsőre. A továbbiakban a rendszert ideális rezgőkörrel közelítjük, vagyis elhanyagoljuk az egy periódus alatti energiaveszteséget, noha részben a Joule-hő, részben a dipólantenna-sugárzás ténylegesen csökkenti a rendszer energiáját.

Mekkora lesz a „helyettesítő kondenzátor" kapacitása? (Figyelembe kell venni, hogy most az eredő töltés nem nulla.) A következő gondolatmenettel juthatunk célhoz: mondjuk azt, hogy a Q töltés az első gömbön $Q/2$ és $Q/2$ töltések, a második gömbön a 0 töltés $Q/2$ és $-Q/2$ töltések alakjában van jelen. A két gömb $Q/2$ töltéseitől származó potenciálok különbsége 0, míg a $Q/2$ és $-Q/2$ (egyik és másik gömb) töltésektől származó potenciálok különbsége $U_{\max}=U_0$. Eszerint a helyettesítő kondenzátor töltése $Q/2$, feszültsége pedig U_0, tehát a kapacitása:

$$C=\frac{Q/2}{U_0}=2\pi\varepsilon_0 R.$$

Rezgőkörünk periódusideje eszerint:

$$T=2\pi\sqrt{LC}=2\pi\sqrt{2\pi\varepsilon_0 LR}.$$

Ennyi idő múlva lesz az első gömbön ismét a kezdeti töltés.

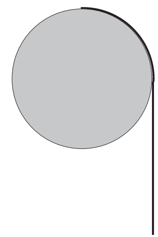
Amikor az első gömb töltése $Q/2$, akkor a másodiké is annyi, tehát a potenciálkülönbség a tekercsen 0, az eltelt idő eszerint a negyed periódus:

$$t=\frac{T}{4}=\frac{\pi}{2}\sqrt{2\pi\varepsilon_0 LR}.$$

A II. kategória feladatai

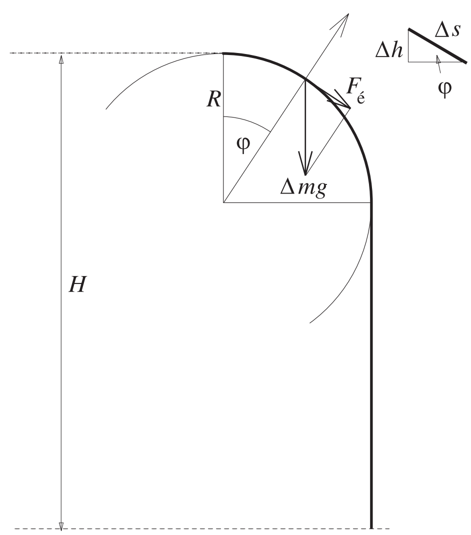
1. feladat. *Egy ℓ hosszúságú, homogén anyageloszlású kötél vége R sugarú henger tetejére van kikötve. A kötelet hirtelen elengedjük. Mekkora gyorsulással indul meg a kötél? Súrlódás nincs, a henger rögzítve van. Adjuk meg a kezdeti gyorsulás nagyságát, ha a kötél hossza $R\pi/4$, $R\pi/2$, $2R$.*

(Varga Zsuzsa)



5. ábra

Megoldás. A kötelet a nehézségi erő és a súrlódásmentes felület által kifejtett kényszererő gyorsítja. A nyújthatatlan kötél minden darabkájának a kötél ottani érintője irányába mutató és azonos nagyságú tangenciális gyorsulása van. A kezdeti pillanatban ugyanis a sebesség még nulla, így centripetális gyorsulással nem kell számolnunk.



6. ábra

Osszuk fel a kötelet kicsiny Δs hosszú darabokra, és a függőleges irány és a köteldarabkához húzott sugár közti szög legyen φ (*6. ábra*)! Mivel a kényszererő merőleges a kényszerfelületre, a köteldarabkára ható eredő külső erő – érintő irányú lévén – a nehézségi erő érintőirányú vetületével azonos. (A köteldarabkákra a szomszédok által kifejtett erő is hat, a belső erők azonban az összegezés során kiesnek.) A Δs hosszúságú köteldarabkára ható nehézségi erő érintőirányú komponensének nagysága:

$$\Delta F = \Delta m\, g \sin\varphi = \frac{M}{\ell}\Delta s\, \sin\varphi,$$

ahol M a kötél tömege. A *6. ábráról* leolvasható, hogy

$$\Delta s\, \sin\varphi = \Delta h,$$

tehát

$$\Delta F = \frac{M}{\ell}\, g\Delta h.$$

Az egész kötélre ható külső erő érintőirányú komponenseinek összege:

$$F_é = \sum \Delta F = \frac{M}{\ell}\, g \sum \Delta h = \frac{M}{\ell}\, gH,$$

ahol H a kötél függőleges vetületének hossza.

A kötél kezdőpillanatbeli gyorsulása tehát: $a = F/M = Hg/\ell$.

Ha $\ell = R\pi/4$, akkor $H = R\left(1-\sqrt{2}/2\right)$ és

$$a = \frac{4-2\sqrt{2}}{\pi} g \approx 3{,}7\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$$

Ha $\ell = R\pi/2$, akkor $H = R$ és

$$a = \frac{2}{\pi} g \approx 6{,}2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$$

Ha $\ell = 2R$, akkor $H = R\,(3-\pi/2)$ és

$$a = \frac{3-\pi/2}{2}\, g \approx 7{,}0\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$$

2. feladat. *Könnyen mozgó dugattyúval elzárt hengerben* $m = 180$ g *tömegű, héliumból és hidrogénből álló gázkeverékkel állandó nyomáson* $Q = 156$ kJ *hőt közlünk. Ennek hatására a gázkeverék* 56 kJ *munkát végzett. Hány* g *hidrogén volt a hengerben? Mekkora a gázkeverék hőmérsékletváltozása?*

(Holics László)

Megoldás. Jelöljük a hidrogéngáz tömegét m_1-gyel, a héliumgáz tömegét pedig m_2-vel ($m_1 + m_2 = 180$ g). Az I. főtételből a belső energia megváltozása:

$$\Delta E = Q + W = Q - W_{\text{gáz}} = 156\ \mathrm{kJ} - 56\ \mathrm{kJ} = 100\ \mathrm{kJ}.$$

A gáz állandó (külső) nyomáson tágul, a folyamat tehát izobár, így

$$p\Delta V = (N_1 + N_2)\, k\Delta T,$$

továbbá

$$\Delta E = \left(\frac{f_1}{2}N_1 + \frac{f_2}{2}N_2\right) k\Delta T,$$

ahol $f_{1,2}$ és $N_{1,2}$ a szabadsági fokok számát, illetve a molekulák számát jelöli. A fenti két egyenletből

$$\Delta E = \left(\frac{f_1}{2}N_1 + \frac{f_2}{2}N_2\right) \frac{p\Delta V}{N_1+N_2} = \left(\frac{f_1}{2}N_1 + \frac{f_2}{2}N_2\right) \frac{W_{\text{gáz}}}{N_1+N_2},$$

majd ebből

$$\frac{2\Delta E}{W_{\text{gáz}}} = \frac{f_1 N_1 + f_2 N_2}{N_1+N_2}, \quad \text{azaz} \quad \frac{200}{56} = \frac{5N_1 + 3N_2}{N_1+N_2}$$

következik. Innen a molekulák számának arányára $N_1/N_2 = 0{,}4$, a tömegarányra pedig (a móltömegek figyelembe vételével)

$$\frac{m_1}{m_2} = 0{,}4\cdot\frac{M_1}{M_2} = 0{,}4\cdot\frac{2}{4} = 0{,}2$$

adódik. Mivel $m = m_1 + m_2 = 180$ g, a hidrogéngáz tömege $m_1 = m/6 = 30$ g.

A hőmérsékletváltozás az állapotegyenletből számítható:

$$p\Delta V = W_{\text{gáz}} = (N_1+N_2)\, R\Delta T = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right) R\Delta T,$$

ahonnan

$$\Delta T = \frac{W_{\text{gáz}}\cdot M_1 M_2}{R\,(m_1 M_2 + m_2 M_1)} = 128\ \mathrm{K}.$$

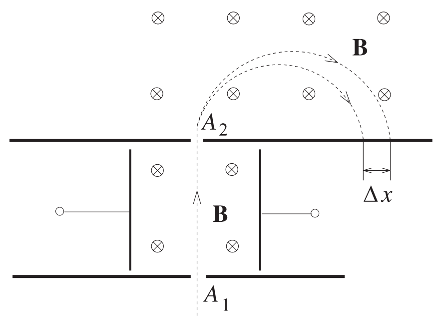
3. feladat. *Tömegspektrográf* A_1 *résén különböző sebességgel kirepülő* Cl^- *ionok először egymásra merőleges elektromos és mágneses mezőn, majd az* A_2 *rés után csak mágneses mezőn haladnak át. A* $^{35}\mathrm{Cl}$ *és* $^{37}\mathrm{Cl}$ *izotópok egymástól* $\Delta x = 4$ cm *távolságban csapódnak a fotólemezbe. A mágneses mező indukciója* $B = 0{,}02$ T.

a) Mekkora sebességgel haladnak át a Cl *izotópok az* A_2 *résen?*

b) Milyen nagyságú és irányú elektromos térerősség van az A_1 *és* A_2 *rés között?*

(Jurisits József)

Megoldás. *a)* A *7. ábrán* látható, hogy a klorid-ionok egyenes pályán haladnak az ionforrástól az A_1 és az A_2 réseken keresztül. Ez (az ionforrásból általában különböző sebességgel induló) ionok közül csak azok számára lehetséges, amelyek jól meghatározott sebességgel rendelkeznek. A többi ion a mágneses térbe jutva eltérül az egyenes iránytól. A keresztezett elektrosztatikai és mágneses tér ezek szerint „sebességszűrőként” szerepel, az A_2 rés után tehát már csak egyetlen sebességgel kell számolnunk.



7. ábra

Az A_2 rés után már tisztán mágneses mező van, amelynek indukciójára merőlegesen lépnek be az ionok. Itt egyenletes körmozgással haladnak a becsapódásig. A mágneses Lorentz-erő adja a centripetális eredő erőt. A mozgásegyenlet:

$$Bev = \frac{mv^2}{r},$$

amelyből a két izotóp pályasugara:

$$r_1 = \frac{m_1 v}{Be}, \quad \text{illetve} \quad r_2 = \frac{m_2 v}{Be}.$$

Felhasználva, hogy

$$\Delta x = 2\left(r_2 - r_1\right) = \frac{2v}{Be}\left(m_2 - m_1\right) = \frac{2v}{Be}\Delta m,$$

a kérdéses sebesség:

$$v = \frac{Be\Delta x}{2\Delta m} = 1{,}9 \cdot 10^4 \ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

b) A sebességszűrő csak azokat a részecskéket nem téríti el, amelyekre az elektromos és a mágneses erők ellentétes irányúak és egyenlő abszolút értékűek: $eE = Bev$, ebből az elektromos érerősség nagysága:

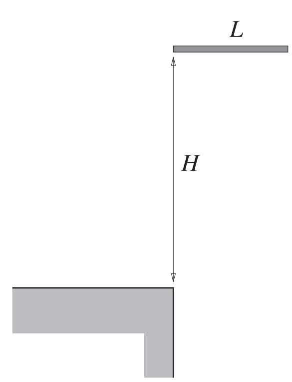
$$E = Bv = 380 \ \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}.$$

Az elektromos mező homogén, és a térerősség-vektora balról jobbra mutat.

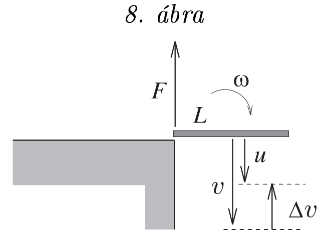
A III. kategória feladatai

1. feladat. *Az L hosszúságú vékony pálca az asztal lapja felett H magasságból vízszintes helyzetben szabadon esik, és az egyik vége éppen az asztal sarkával ütközik. Az ütközés abszolút rugalmas és pillanatszerű. Az ütközéstől számítva mennyi idő alatt tesz meg a pálca egy teljes fordulatot? Hol lesz ekkor a pálca középpontja? ($H = 80$ cm, $L = 40$ cm, és számoljunk $g = 10$ m/s-mal!)*

(Holics László)



8. ábra



9. ábra

Megoldás. Az asztallal való „pillanatszerű” (valójában „nagyon rövid” Δt ideig tartó) kölcsönhatás során csak függőleges erők hatnak (*9. ábra*). Az impulzustétel:

$$F\Delta t = \Delta(mv) = m(v-u). \tag{1}$$

Itt F az asztal által függőlegesen felfele kifejtett (Δt kicsinysége miatt igen nagy) erőt jelöli, amely mellett a pálcára ható nehézségi erő elhanyagolható; $v = \sqrt{2gH} \approx 4$ m/s a pálca tömegközéppontjának ütközés előtti, u pedig az ütközés utáni sebessége.

A perdülettétel a pálca tömegközéppontjára felírva:

$$F\,\frac{L}{2}\Delta t = \Theta\,\Delta\omega = \Theta\,\omega. \tag{2}$$

(ω a pálca szögsebessége az ütközés után, $\Theta = \frac{1}{12}mL^2$.)

Az ütközés tökéletesen rugalmas, így alkalmazható a mechanikai energia megmaradásának tétele is:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mu^2 + \frac{1}{2}\Theta\omega^2. \tag{3}$$

Az (1)–(3) egyenletrendszer megoldása

$$u = \frac{1}{2}v = \frac{\sqrt{2gH}}{2} \approx 2 \text{ m/s}, \tag{4}$$

illetve

$$\omega = \frac{3v}{L} = \frac{3\sqrt{2gH}}{L} \approx 30 \text{ s}^{-1}. \tag{5}$$

Egy teljes fordulat ideje (5) szerint

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi L}{3\sqrt{2gH}} = 0{,}21 \text{ s},$$

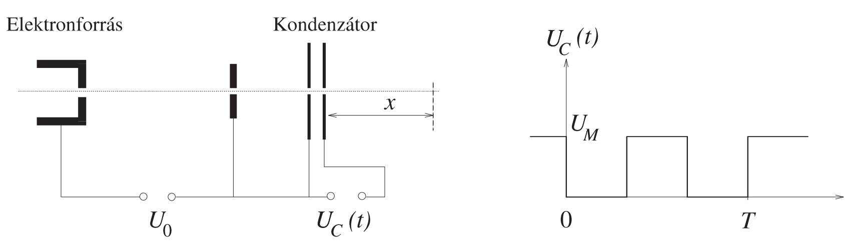
ennyi idő alatt a tömegközéppont

$$\Delta y = uT + \frac{1}{2}gT^2 = \frac{\pi}{3}\cdot L\left(1 + \frac{\pi}{3}\cdot\frac{L}{H}\right) = 0{,}63 \text{ m}$$

utat tesz meg. (Érdekes, hogy Δy nem függ g számszerű értékétől.)

2. feladat. Azonos a II. kategória 2. feladatával.

3. feladat. *Egy katódsugárcsőben a katódból elhanyagolható kezdősebességgel kilépő elektronok* $U_0 = 182$ V *feszültségen gyorsulnak, majd egy keskeny, lyukas kondenzátoron haladnak keresztül, amelyre a 10. ábrán látható nagyfrekvenciás négyszögrezgés alakú feszültség van kapcsolva, amelynek csúcsfeszültsége* $U_\mathrm{M} = 102{,}4$ V*, és periódusideje* $T = 5\cdot 10^{-9}$ s.



10. ábra

Ha a négyszögrezgés nincs bekapcsolva, akkor a kondenzátoron áthaladó elektronnyaláb állandó áramerőssége $I = 1$ μA. Ábrázoljuk áramerősség – idő grafikonon az áramerősség időbeli változását a cső azon helyein, amelyek a kondenzátortól $x_1 = 10$ cm, $x_2 = 20$ cm, $x_3 = 15$ cm távolságra vannak, ha a négyszögrezgés be van kapcsolva!

(A négyszögrezgés polaritása olyan, hogy $U_C(t) > 0$ esetén a kondenzátoron áthaladó elektronok sebessége növekszik. A kondenzátor olyan keskeny, hogy az elektronok elhanyagolható idő alatt áthaladnak rajta.)

(Szegedi Ervin)

Megoldás. A négyszögrezgés periódusideje $T = 5$ ns. A négyszögrezgés első félperiódusában az elektronok

$$v_1 = \sqrt{2\frac{e}{m}U_0} = 8 \cdot 10^6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

sebességgel indulnak a kondenzátortól, míg a második félperiódusban

$$v_2 = \sqrt{2\frac{e}{m}\left(U_0 + U_\mathrm{M}\right)} = 10 \cdot 10^6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

az elektronok sebessége.

A kondenzátor utáni térrészben „lassú” és „gyors” töltéscsomagok haladnak. A lassúak

$$\ell_1 = v_1\frac{T}{2} = 2\ \mathrm{cm}$$

hosszúságúak, a gyorsak

$$\ell_2 = v_2\frac{T}{2} = 2{,}5\ \mathrm{cm}$$

hosszúságúak. (Mindkét típusú töltéscsomag mozgása egyenletesnek tekinthető, hiszen az elektronok közötti kölcsönhatás a megadott kicsiny áramerősség mellett jó közelítéssel elhanyagolható.)

A gyors töltéscsomagok utolérhetik a lassúakat, ezért egy adott pillanatban egy adott helyen lehetséges, hogy a kétféle töltéscsomag egyszerre van jelen, előfordulhat, hogy csak az egyik van ott, és az is lehetséges, hogy éppen egyik féle sincs jelen!

A kétféle töltéscsomagban azonos számú elektron halad. A kondenzátor bal oldali lemezéhez egyenlő ($T/2$) idők alatt egyenlő számú elektron érkezik, ezek vagy felgyorsulnak (ekkor a csomag térbeli kiterjedése megnyúlik), vagy változatlan sebességgel és hosszban haladnak tovább. A kétféle töltéscsomagban haladó elektronok száma:

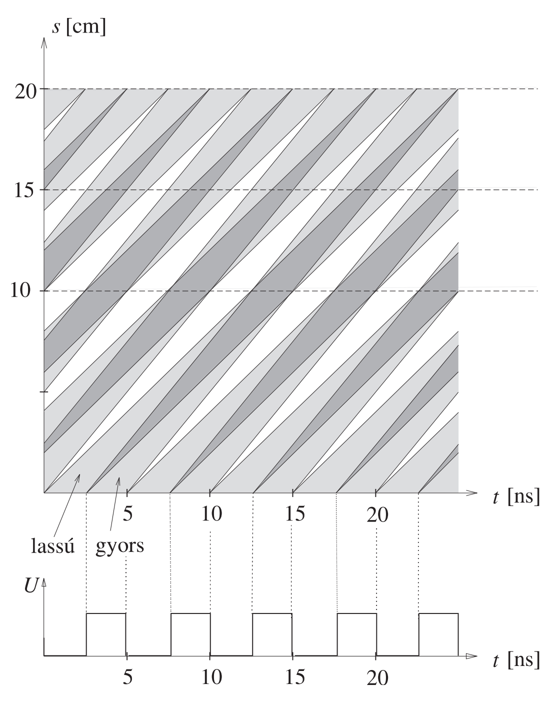
$$N = \frac{\Delta Q}{e} = \frac{I_0}{e} \cdot \frac{T}{2} = 1{,}56 \cdot 10^4.$$

A tér egy adott pontján mindkét sebességű töltéscsomag azonos

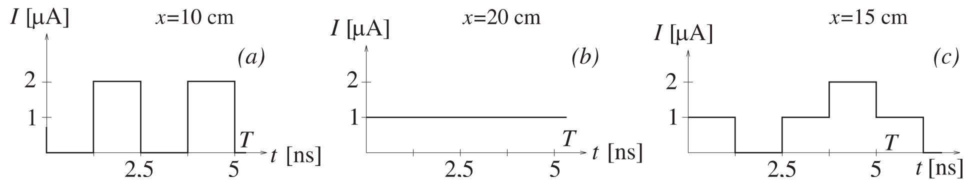
$$\tau = T/2 = 2{,}5\ \mathrm{ns}$$

idő alatt halad keresztül. Ha a tér valamely pontjában csak az egyikféle töltéscsomag van jelen, akkor ott $I_1 = 1\ \mu$A az áramerősség. Ha mindkétféle töltéscsomag jelen van, akkor az áramerősség $I_2 = 2\ \mu$A. Az utolérések jól áttekinthetők az elemi számításokkal is felrajzolható $x - t$ grafikonon (*11. ábra*).

Az út–idő grafikon alapján a kérdezett helyek áramerősség - idő grafikonjai is megkaphatók (*12. ábra*). Látható, hogy $x_1 = 10$ cm-nél éppen „egymásracsúszott” a két töltéscsomag, $x_2 = 20$ cm-nél a csomagok időbeli eltolódása T, tehát az áramerősség ugyanolyan, mint közvetlenül a kondenzátor után, végül $x_3 = 15$ cm-nél a csomagok időbeli eltolódása $T/4$.



11. ábra



12. ábra

A fizika I. kategória végeredménye

1. **Fábián Viktor** (Budapest, Trefort Á. Kéttannyelvű Műszaki Szki., 11. évf.), tanára: Fülöp László;
2. **Hoffer János Pál** (Kecskemét, Kandó K. Szki., 12. évf.), tanára: Jusztin Zsuzsanna;
3. **Ács Donát** (Budapest, Trefort Á. Kéttannyelvű Műszaki Szki., 11. évf.), tanára: Fülöp László;

4. *Kiss Ferenc* (Budapest, Puskás T. Távközlési Technikum, 11. évf.), tanára: Beregszászi Zoltán; **5.** *Sipos Barnabás* (Budapest, Trefort Á. Kéttannyelvű Műszaki Szki., 11. évf.), tanára: Fülöp László; **6.** *Orosz Gyula* (Budapest, Puskás T. Távközlési Technikum, 12. évf.), tanára: Alapiné Ecseri Éva; **7.** *Mendli Bálint* (Budapest, Puskás T. Távközlési Technikum, 11. évf.), tanára: Beregszászi Zoltán; **8.** *Détári Gábor* (Vác, Boronkay Gy. Műszaki Középisk. és Gimn., 12. évf.), tanára: Arany Tóth László; **9.** *Szökő Márton* (Budapest, Trefort Á. Kéttannyelvű Műszaki Szki., 11. évf.), tanára: Fülöp László; **10.** *Juhász Gábor* (Vác, Boronkay Gy. Műszaki Középisk. és Gimn., 11. évf.), tanára: Csomó József.

A fizika II. kategória végeredménye

1. **Pozsgay Balázs** (Pécs, Magyar-német Nyelvű Iskolaközp. 11. évf.), tanárai: Kotek László, Baumgärtner Annamária;
2. **Siroki László** (Debrecen, Fazekas M. Gimn., 11. évf.), tanárai: Adorján László, Szegedi Ervin, Kopcsa József;
3. **Béky Bence** (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn., 11. évf.), tanára: Horváth Gábor;

4. *Varjú Péter* (Szeged, Radnóti M. Kís. Gimn., 12. évf.), tanára: Dudás Zoltánné; **5.** *Vizer Tibor* (Kecskemét, Piarista Iskola, 12. évf.), tanárai: Szőke-Tóth Zsolt, Sebestyén László; **6.** *Nagy Márton* (Budapest, Piarista Gimn., 11. évf.), tanárai: Urbán János, Futó Béla; **7.** *Hamar Gergő* (Dombóvár, Illyés Gy. Gimn., 11. évf.), tanárai: Freller Miklós, Kotek László; **8.** *Gerencsér Balázs* (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn., 11. évf.), tanára: Horváth Gábor; **9.** *Pápai Tivadar* (Barcs, Dráva Völgye Középisk., 12. évf.), tanára: Horváth Ferenc; **10.** *Zalán Péter* (Budapest, Fasori Evangélikus Gimn. 12. évf.), tanára: Mecseki Attila.

A fizika III. kategória végeredménye

1. **Horváth György** (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn., 12. évf.), tanárai: Takács Lajos, Horváth Gábor;
2. **Nagy Ádám** (Budapest, Szent István Gimn., 12. évf.), tanára: Moór Ágnes;
3. **Geresdi Attila** (Pécs, Árpád Fejedelem Gimn., 11. évf.), tanárai: Porkoláb Tamás, Györpál Eleméréné;

4. *Schmidt András* (Budapest, Szent István Gimn., 12. évf.), tanára: Moór Ágnes; **5.** *Horváth Ákos* (Budapest, Berzsenyi D. Gimn., 12. évf.), tanára: Gyenes Gábor; **6.** *Ábel Dániel* (Budapest, Németh László Gimn., 11. évf.), tanárai: Dégen Csaba, Zsigri Ferenc; **7.** *Dombai Péter* (Szekszárd, Garay J. Gimn. 12. évf.), tanára: Jurisits József; **8.** *Ágas Attila* (Keszthely, Vajda J. Gimn., 11. évf.), tanára: Farkas László; **9.** *Rénes Sándor* (Szolnok, Verseghy F. Gimn., 12. évf.), tanára: Szécsiné Festő Hegedűs Margit; **10.** *Nagy Dávid* (Kecskemét, Bányai Júlia Gimn., 12. évf.).