

**I. Tétel Compton hatás ...****(10 pont)**

Az X sugarak grafit próbán történő szórását tanulmányozó kísérlet során  $\lambda = 14,10$  pm hullámhosszú sugárzást használnak. Az X sugarak egy olyan fotonnalábból állnak, melyek a grafit próba atomjaihoz gyengén kötődő elektronokkal kölcsönhatásba kerülnek. A fény terjedési sebessége légüres térben  $c = 3,00 \cdot 10^8$  m/s, az elektron nyugalmi tömege  $m = 9,10 \cdot 10^{-31}$  kg, míg a Planck állandó  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Js.

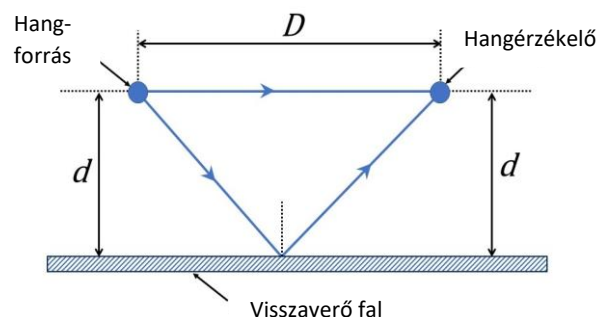
- a. A beeső fotonok különböző értékű, a beesési iránnyal alkotott  $\theta$  szög alatt szóródnak.
  - a.1. Vezessétek le a szóródó fotonok hullámhosszáinak matematikai kifejezését a  $(\lambda, \cos \theta, h, m, c)$  függvényében és határozzátok meg ennek maximális értékét, alátámasztva válaszotokat.
  - a.2. Vezessétek le a visszalökött (meglökött) elektronok szórási szögének matematikai kifejezését  $(\lambda, \cos \theta, h, m, c)$  függvényében és határozzátok meg ennek értékét  $\theta = 30^\circ$ -os szög esetén.
- b. A beeső fotonok  $\theta$  szórási szögének értékeit a VÁLASZLAP-on feltüntetett táblázat tartalmazza.
  - b.1. A VÁLASZLAP-on, egészítsétek ki a táblázatot és ábrázoljátok grafikusan a szóródó fotonok hullámhosszát a  $\theta$  függvényében.
  - b.2. Egy foton szórási szögének és a visszalökött elektron szórási szögének aránya 2:1. Számítsátok ki egy szóródó foton relatív frekvenciaváltozását, tudva, hogy ennek mozgásiránya  $\beta = 90^\circ$ -os szöget zár be a visszalökött elektron mozgásirányával.
- c. Vegyük a Compton hatásnak azt az esetét, amikor a fotonok szabad, a beeső fotonokkal ellentétes irányba mozgó szabad elektronokon szóródnak. Vezessétek le a  $\theta = 180^\circ$ -os szög alatt szóródó foton energiájának matematikai kifejezését  $(m, c, \varepsilon_f, E_e)$  függvényében és számítsátok ki ennek az energiának az értékét, ha a beeső foton energiája  $\varepsilon_f = 20,00$  keV, míg az elektron kezdeti energiája  $E_e = 20,00$  GeV.

Megjegyzés: Amennyiben hasznosnak találod, használhatod a következő megközelítést:

$$(1 - x)^n = 1 - nx, \text{ ha } |x| \ll 1.$$

**II. Tétel Hanghullámok ...****(10 pont)**

A síkhullámokat kibocsátó hangforrás  $d$  távolságra található a vízszintes síkban található visszaverő faltól. A hangforrástól  $D$  távolságra található, egy rögzítettnek tekintett hangérzékelő készülék, amelyik érzékeli a közvetlenül érkező hangot és a fal által visszavert hangot is. A hangérzékelő készülék és a hangforrás ugyanazon a vízszintes egyenesen találhatók. (lásd a II.1-es ábrát). Feltételezzük, hogy a jól rögzített hangforrás egy  $\ell$  hosszúságú, mindkét végén nyitott síp. A hang terjedési sebessége a levegőben  $c$ .



II.1. ábra

- a. A hangforrás által kibocsátott rezgések a 4-ed rendű felharmonikusnak felelnek meg, míg a hangérzékelőhöz érkező hullámok eredő

1. Mindhárom az 1, 2, és 3-as tételt külön lapra kell megoldani és ezeket titkosítani kell.
2. Egy tételen belül a követelményeket tetszőleges sorrendben lehet megoldani.
3. Munkaidő 3 óra a tételek kiosztásának pillanatától.
4. A diákok használhatnak nem programozható zsebszámológépet.
5. Minden tételt 1-től 10-ig osztályoznak. A végső pontszámot ezek összege jelenti.

amplitudója fele a maximális eredő amplitúdónak. *Határozzátok meg a  $D$  távolságot.* Elhanyagoljuk a hangelnyelést.

- b. Feltételezzük, hogy a hanghullámok frekvenciája  $\nu = 80$  Hz, a levegő sűrűsége  $\rho_0 = 1,3$  kg/m<sup>3</sup>, a hanghullámok terjedési sebessége levegőben  $c = 320$  m/s, az eredő amplitúdó  $A' = 1,0 \cdot 10^{-5}$  m és a hallhatósági határ intenzitása  $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>.

**b.1.** Felhasználva a fenti paramétereket, *vezessétek le a hangintenzitás matematikai összefüggését és számítsátok ki ennek értékét.*

**b.2.** *Számítsátok ki a hangosságot.*

- c. Eltávolítjuk a visszaverő falat. Feltételezzük, hogy a hangforrás  $\nu_0 = 100$  Hz frekvenciájú hangokat bocsát ki, valamint, hogy a hanghullám terjedési sebessége levegőben  $c = 320$  m/s.

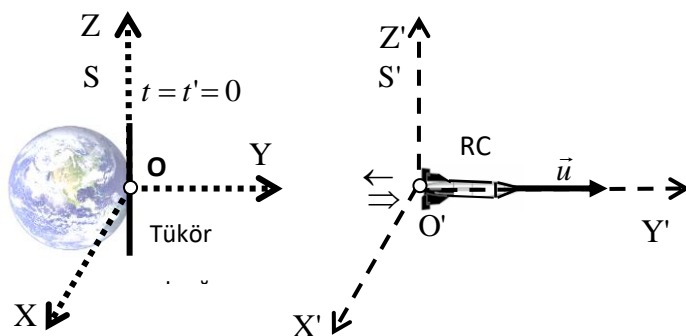
**c.1.** Ha a hangforrás  $\omega$  körfrekvenciájú és  $A_0 = 32$  mm amplitudójú harmonikus rezgőmozgást végez, az őt, a hangérzékelővel összekötő egyenes mentén, akkor az érzékelt hang frekvenciasávja  $\Delta\nu = 100$  Hz. *Vezessétek le az  $\omega$  körfrekvencia matematikai kifejezését és számítsátok ki ennek értékét.*

**c.2.** A hangforrás nyugalomban található és a hangérzékelőt ezzel érintkezésbe hozzuk. Ezután a hangforrást egyenes vonal mentén, állandó  $a = 8,0$  m/s<sup>2</sup> gyorsulással távolítjuk a hangérzékelőtől. *Vezessétek le a hangérzékelő által felfogott hang frekvenciájának matematikai kifejezését a mozgás kezdetétől mért  $t = 20$  s múlva és számítsátok ki ennek értékét.*

### III. Tétel *Kozmikus űrhajóról kibocsátott fényjel*

(10 pont)

A Föld felszínéről indított kozmikus űrhajó állandó  $\vec{u}$ , sebességgel távolodik a bolygónktól, a Föld felszínén rögzített tükör felszínére húzott merőleges mentén, amint a III. 1 ábrán látható. Kezdeti pillanatban az S és S', a Földhöz, illetve az űrhajóhoz kötött tehetetlenségi vonatkoztatási rendszerek O és O' origója egybeesnek, valamint a két vonatkoztatási rendszerben, egymással szemben álló két megfigyelő órája szinkronban van és  $t = t' = 0$  értéket jeleznek.



III.1 ábra

Az űrhajó repülése közben az S' rendszer O' origójából az űrhajóban található óra által jelzett  $t'_1$  időpillanatban  $\nu'_0$  frekvenciájú monokromatikus fényt bocsátanak ki a rögzített S

rendszer O origójában található síktükör felé. Az S rögzített rendszerben található, O földi megfigyelő az űrhajótól érkező jelet észlelve feljegyzi saját órája által jelzett  $t = t_0$  értéket. Később, a visszavert fényjelet észleli az O' űrhajóban lévő megfigyelő és feljegyzi a saját órája által jelzett  $t'_2$  értéket. A következő jelöléseket használjuk:

- a fényjel kibocsátásának pillanatától a visszaverődés pillanatáig a Földön (S rendszer) eltelt időintervallumot  $(\Delta t)_{\text{dus}}$ -al jelöljük, míg az űrhajón (S' rendszerben) eltelt időintervallumot, melyet az itt található óra jelez  $(\Delta t')_{\text{dus}}$ -al jelöljük;

1. Mindhárom az 1, 2, és 3-as tételt külön lapra kell megoldani és ezeket titkosítani kell.
2. Egy tételen belül a követelményeket tetszőleges sorrendben lehet megoldani.
3. Munkaidő 3 óra a tételek kiosztásának pillanatától.
4. A diákok használhatnak nem programozható zsebszámológépet.
5. Minden tételt 1-től 10-ig osztályoznak. A végső pontszámot ezek összege jelenti.



- a fenyjel visszaverődésének pillanatától az űrhajóban való érzékelésének pillanatáig eltelt időintervallumot a Földhöz kötött rendszerben (S rendszer)  $(\Delta t)_{\text{retur}}$ -al jelöljük, míg az űrhajóban található óra által jelzett értéket (S' rendszer)  $(\Delta t')_{\text{retur}}$ -al jelöljük.

- a fenyjelnek az űrhajóból történő kibocsátásának pillanatától, ennek a visszaverődés utáni, szintén az űrhajóban történő érzékelésének pillanatáig, a Földhöz kötött rendszerben (S rendszer) eltelt időintervallumot  $(\Delta t)_{\text{dus-intors}}$ -al, míg az űrhajóban található óra által jelzett értéket (S' rendszer)  $(\Delta t')_{\text{dus-intors}}$ -al jelöljük;

Ismertek a következő értékek:  $t_0$  – a fenyjelnek a Földön található tükörről történő visszaverődésének pillanata a Földhöz kötött vonatkoztatási rendszerben, az űrhajó  $u$  sebessége, a fénysebesség légüres térben  $c$ , a fenyjel  $\nu'_0$  frekvenciája az űrhajóhoz kötött vonatkoztatási rendszerben. (S' rendszer).

a. *Határozzátok meg*,  $t_0$  és  $\beta = \frac{u}{c}$  függvényében a feladatban bemutatott jelöléseket használva, az S és S' tehetetlenségi vonatkoztatási rendszerekben a következő események térbeli és időbeli koordinátáit:

- E esemény – a fenyjel visszaverődése a síktükörről;

- E<sub>1</sub> esemény – a fenyjel kibocsátása az űrhajóból (az S' rendszer O' origója);

- E<sub>2</sub> esemény – az űrhajóban, az S' rendszerben található O' megfigyelő által, a fenyjelnek a Földön, az O origóban található tükörről történő visszaverődés utáni érzékelése.

b. *Állapítsátok meg* a  $t'_1$ ,  $t'_2$  és  $t_0$  közötti összefüggést;

c. Felhasználva  $t_0$  és  $\beta = \frac{u}{c}$ , számítsátok ki  $\left(\frac{\Delta t}{\Delta t'}\right)_{\text{dus}}$ ,  $\left(\frac{\Delta t}{\Delta t'}\right)_{\text{retur}}$  és  $\left(\frac{\Delta t}{\Delta t'}\right)_{\text{dus-intors}}$  és hasonlítsátok össze

mindegyik jelenségnek, a két vonatkoztatási rendszerben mért időtartamát. *Vizsgáljátok* az  $u \ll c$  határesetet.

d. Tudva, hogy az űrhajóról kibocsátott jel frekvenciája  $\nu'_0$ , az űrhajóban található O' megfigyelő számára, *határozzátok meg* a visszaverődés után az O tükörről visszatérő jel frekvenciáját, melyet az O' érzékel és melyet szintén az O' mér. Feltételezzük, hogy a tükörön a beesés merőleges és visszaverődéskor nem történik frekvencia módosulás.

*A tételeket javasolták:*

**Prof. Dr. Gabriel FLORIAN**, Colegiul Național „Carol I”, Craiova

**Prof. Dr. Luciu ALEXANDRESCU**, Colegiul Național „Dr. Ioan Meșotă”, Brașov

**Prof. Dr. Mihail SANDU**, Liceul Tehnologic de Turism, Călimănești

**Prof. Sorin TROCARU**, Liceul Teoretic „Aurel Vlaicu”, Breaza

*Fordító tanár:*

**Prof. FALUVÉGI Ervin Zoltán**, I.S.J. Sălaj

1. Mindhárom az 1, 2, és 3-as tételt külön lapra kell megoldani és ezeket titkosítani kell.
2. Egy tételen belül a követelményeket tetszőleges sorrendben lehet megoldani.
3. Munkaidő 3 óra a tételek kiosztásának pillanatától.
4. A diákok használhatnak nem programozható zsebszámológépet.
5. Minden tételt 1-től 10-ig osztályoznak. A végső pontszámot ezek összege jelenti.