1. **Egy fogorvos kis tükre segítségével, melyet a megfigyelt fogtól 1 cm-re tart, 2-szeres nagyítású látszólagos képet hoz létre.**
   a) Milyen típusú a felhasznált tükör?
   b) Készítsen vázlatos rajzot a megvalósuló képalkotásról! (A rajznak nem kell méretarányosnak lennie.)
   c) Mekkora a tükör fókusztávolsága?
   (2006. február)

Megoldás:

Jelölések: $t = 1$ cm, $N = -2$

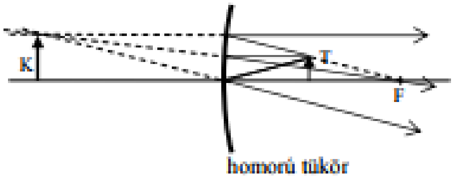
a) *A feladatban leírt képet létrehozó tükör azonosítása:*

2 pont

Nagyított (látszólagos) képet homorú tükörrel lehet létrehozni.

b) *Rajz készítése a képalkotásról a nevezetes fénysugarak felhasználásával*

2 pont
(bontható)



(A rajz helyes, ha legalább két nevezetes sugármenet alapján szerkesztett, egyenes állású, a tükör mögött megjelenő látszólagos képet ábrázol. Ha a rajz nem a látszólagos képet eredményező képalkotást ábrázolja, erre a részre nem adható pont.)

c) *A nagyítás felhasználása a kép- és tárgytávolság közötti arány megfogalmazására:*

1 pont

$$N = \frac{k}{t} \quad \Rightarrow \quad k = Nt$$

A képtávolság meghatározása:

2 pont
(bontható)

$k = -2\,t = -2$ cm
(Ha a képtávolságra a vizsgázó + 2 cm-t ad meg, akkor a képtávolság meghatározására nem adható pont.)

A leképezési törvény felírása, a fókusztávolság kiszámítása:

1+2+1 pont

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

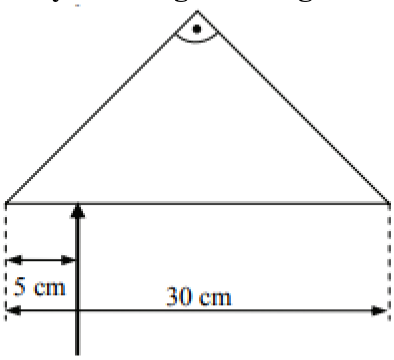
$$f = \frac{tk}{t+k} = \frac{1\text{ cm} \cdot (-2\text{ cm})}{1\text{ cm} + (-2\text{ cm})}$$

$f = 2$ cm

(Ha a jelölt rossz képtávolsággal számolt hibátlanul, a 4 pont megadható.)

Összesen **11 pont**

2. Derékszögű, egyenlő szárú háromszög alakú üveghasábba fényt bocsátunk az ábrán látható módon, az átfogó síkjára merőlegesen. A 30 cm hosszúságú átfogó szélétől 5 cm-re lép be a fény a hasábba. Mennyi ideig lesz a fény a hasábban, ha a fény sebessége az üvegben 200 000 km/s?



(2008. október)

Megoldás:

A fény útjának meghatározása az üvegprizmában:

Az átfogón való átjutás vizsgálata:

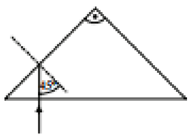
1 pont

(A fény irányváltoztatás nélkül megy tovább.)

A befogót elérő sugár beesési szögének megállapítása:

1 pont

A beesési szög a befogón 45°.
(Elég a beesési szög rajzon való jelölése.)



A törésmutató meghatározása:

$n = \frac{v_2}{v_1} = \frac{2}{3}$

1 pont

A kritikus szög (határszög) meghatározása:

$\sin \alpha_{krit} = n = \frac{2}{3} \Rightarrow \alpha_{krit} = 41{,}8°$

2 pont
(bontható)

(Ha a vizsgázó bármilyen helyes elméleti úton arra a következtetésre jut, hogy a befogókon létrejön a teljes visszaverődés, de nem számolja ki a kritikus szöget, a 2 pont megadható.)

A befogón való teljes visszaverődés megállapítása:

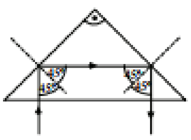
1 pont

A beesési szög nagyobb, mint a határszög, ezért teljes visszaverődés következik be.
(Az egy pont csak akkor adható meg, ha a jelölt utal arra, hogy a beesési szög nagyobb, mint a kritikus szög.)

A fény további útjának meghatározása:

1+1 pont

(Elég a rajzon történő ábrázolás.)



A fény teljes úthosszának meghatározása:

$s = (5 + 20 + 5)\ \text{cm} = 30\ \text{cm}$

2 pont
(bontható)

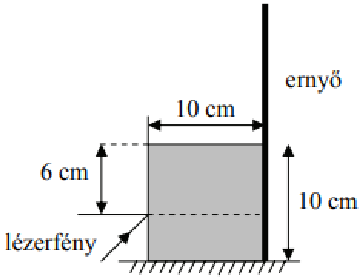
Az üveghasábban töltött idő meghatározása:

$t = \frac{s}{v_{üveg}} = \frac{0{,}3\ \text{m}}{2 \cdot 10^8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1{,}5 \cdot 10^{-9}\ \text{s}$

2 pont
(bontható)

Összesen **12 pont**

3. Függőleges falú, 10 cm széles üvegedényben 10 cm magasságig víz van. Az edény egyik oldalfalához egy ernyőt illesztünk, másik oldalfalán keresztül pedig egy lézersugárral bevilágítunk a vízbe. A lézersugár a vízfelszín alatt 6 cm-rel éri el az edényt. A lézerfény a rajz síkjában halad. A víz levegőre vonatkoztatott törésmutatója n = 1,5. (Az edény falának vastagsága elhanyagolható.)



a) Milyen magasan éri el a lézerfény az edény mögé helyezett ernyőt, ha a lézerfény beesési szöge 45°?
b) Elérheti-e a lézerfény az ernyőt a vízfelszín felett, ha másféle beesési szöget választunk és kikötjük, hogy a fény csak kétszer szenvedhet irányváltozást?
(2011. október)

Megoldás:

a) *A törési szög kiszámítása az első esetben:* ***3 pont***

$\sin\beta = \frac{\sin 45^\circ}{1{,}5} \Rightarrow \beta = 28{,}1^\circ$

(Összefüggés, rendezés, számítás.)

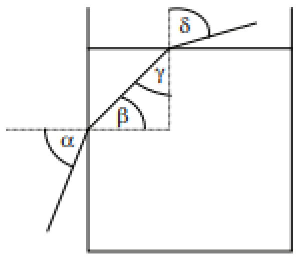
A fényfolt magasságának kiszámítása az ernyőn: ***2 pont***

$h_1 = 4\text{ cm} + 10\text{ cm}\cdot\tan\beta \approx 9{,}35\text{ cm}$

b) *A teljes visszaverődés felismerése:* ***2 pont***

(Szövegszerű megfogalmazás vagy egyértelmű rajz is elfogadható.)

Indoklás:



A törésmutatóból adódó határszög = 41,8° ***2 pont***

tehát $\beta \le 41{,}8^\circ$ ***2 pont***

Mivel β és γ pótszögek, ha $\beta \le 41{,}8^\circ \Rightarrow \gamma \ge 48{,}2^\circ$ ***2 pont***

A válasz megadása: ***1 pont***

A fény nem léphet ki a vízből, tehát nem érheti el a szóban forgó pontot.

Összesen 14 pont

II. megoldás, „mechanikus számolás" a törési törvénnyel:

a) Mint az elözönél. (5 pont)

b) *A törési törvény felírása az első határfelületre:*

1 pont

$$\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{1{,}5}$$

A pótszögek viszonyának alkalmazása a második felület beesési szögének kiszámítására:

2 pont

$$\sin\gamma = \cos\beta = \sqrt{1-\frac{\sin^2\alpha}{1{,}5^2}}$$

A második törési szög szinuszának felírása és annak megmutatása, hogy egynél nagyobb érték adódik rá a törési törvényből:

1 + 2 pont

$$\sin\delta = 1{,}5\cdot\sin\gamma = \sqrt{1{,}5^2 - \sin^2\alpha} = \sqrt{2{,}25-\sin^2\alpha} > 1$$

Annak kimondása, hogy emiatt teljes visszaverődés következik be:

2 pont

A válasz megadása:

1 pont

A fény nem léphet ki a vízből, tehát nem érheti el a szóban forgó pontot.

Összesen 14 pont

4. Egy koncert vizuális effektjeihez színes fényeket használnak. A berendezés egy olyan fényforrást tartalmaz, amely zöld és vörös monokromatikus összetevőket tartalmazó fényt bocsát ki magából (a zöld és a vörös fényt együtt a szemünk sárgának látja). A vörös és a zöld fényt azután optikai rács segítségével választja ketté a berendezés. Az eszközzel mérést is végeztünk, az optikai rácson áthaladó fénynyaláb elhajlási képét a mellékelt ábra mutatja. A létrejött interferenciaképet a rácstól 1,8 m távolságra levő ernyőre vetítjük.

a) Milyen színű a direkt fénysugár? Válaszát indokolja!
b) A zöld fény hullámhossza ismert, λzöld = 532 nm. Mekkora az optikai rács rácsállandója?
c) Mekkora a vörös fény hullámhossza?
(2017. május)

Megoldás:

Adatok: $x_1 = 847$ mm, $x_2 = 249$ mm, $L = 1{,}8$ m, $\lambda_{zöld} = 532$ nm.

a) A direkt nyaláb színének megnevezése és indoklása:

2 pont
(bontható)

A direkt nyaláb sárga (1 pont), mivel a direkt nyalábban nem válnak szét a színek (1 pont).

b) A rácsállandó meghatározása a zöld fény adatainak segítségével:

5 pont
(bontható)

Mivel az elsőrendű maximumra a rácsvonalak közti távolsággal $d \cdot \sin\varphi = \lambda$ (1 pont) teljesül, ahol most
$\operatorname{tg}\varphi = \frac{x_1}{L} = \frac{847}{1800}$ (1 pont).

A rácsállandó tehát:

$$d = \frac{\lambda}{\sin\varphi} = 1250\ \text{nm} \quad (\text{képlet} + \text{számítás}, 1 + 2\ \text{pont}).$$

c) A vörös fény hullámhosszának meghatározása:

4 pont
(bontható)

A vörös fény első maximumára: $d \cdot \sin\varphi = \lambda$ (1 pont),

ahol most:

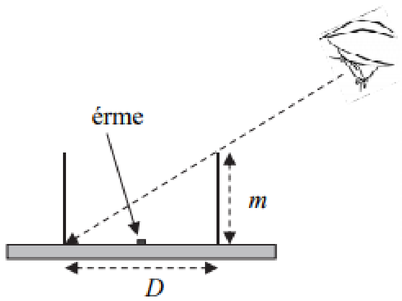
$\operatorname{tg}\varphi = \frac{x_1 + x_2}{L} = \frac{847+249}{1800}$ (1 pont),

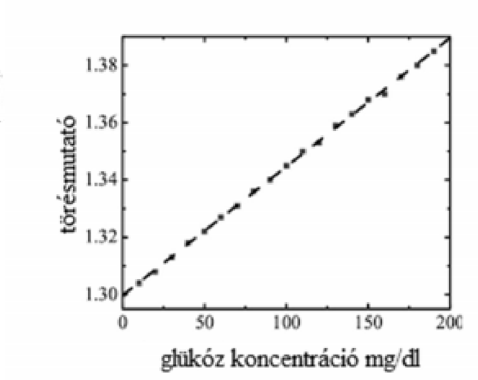
amiből $\lambda = 650$ nm (2 pont).

(Amennyiben a vizsgázó a kis szögekre vonatkozó $\sin\varphi \approx \operatorname{tg}\varphi$ közelítést használja, a megoldás elfogadandó.)

Összesen: 11 pont

5. **Egy asztalon egy üres, m = 20 cm magas, D = 40 cm hosszú, átlátszatlan anyagból készült kád áll. Ennek aljára, pontosan középre, kicsiny pénzérmét helyezünk el. A kádtól kicsit távolabb helyezkedünk el úgy, hogy az üres kád aljának távolabbi végét még éppen látjuk a kádfal pereme fölött, de a kádban lévő érmét már nem. Ezután egy segítőnk lassan cukrozott vizet tölt a kádba, és amikor a folyadékszint eléri a 17,57 cm-es magasságot, megpillantjuk az érmét. Mekkora a cukoroldat törésmutatója? Az alábbi grafikon segítségével állapítsa meg a cukoroldat koncentrációját! (Feltehetjük, hogy a cukoroldat felülete végig sima, nem hullámzik.)**

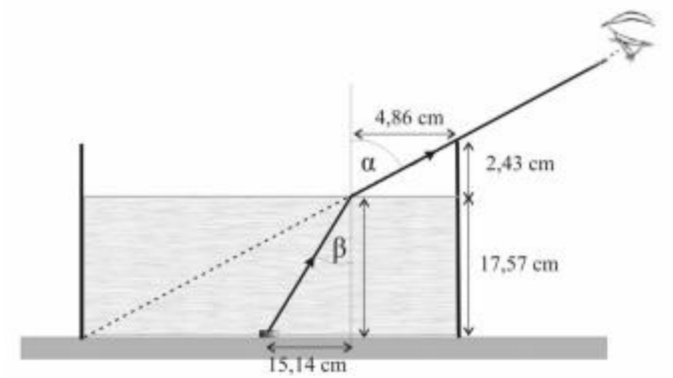




(2017. május id.)

Megoldás:

$m = 20$ cm, $D = 40$ cm, $h = 17{,}57$ cm



A jelenség értelmezése ábrával (vagy más módon):

3 pont

A megfelelő távolságok kijelölése és ebből a beesési, valamint a törési szög kiszámítása:

1+1+1 pont

$\alpha = \text{arctg } 2 = 64{,}44°$, $\beta = \text{arctg } 0{,}8617 = 40{,}76°$

A cukoroldat törésmutatójának meghatározása a Snellius–Descartes-törvény alapján:

1+1 pont

$n = \dfrac{\sin 64{,}43°}{\sin 40{,}67°} = 1{,}37$ (egyenlet felírása 1 pont, számítás 1 pont.)

A cukoroldat koncentrációjának meghatározása a diagram alapján:

2 pont

kb. 150 mg/dl

(140 mg/dl és 175 mg/dl érték között minden érték elfogadható.)

Összesen: 10 pont

6. **Egy optikai gyűjtőlencse fókusztávolsága levegőben mérve 12 cm. Egy „retro színes üveghal” képét vetítjük vele egy ernyőre, a nagyítás 3-szoros. A kísérletet megismételjük a víz alatt, ahol ugyanennek a lencsének a fókusztávolsága 44 cm-re növekszik.**

(Kép forrása: vatera.hu)

a) Milyen távol helyeztük el a halat a lencsétől, amikor a levegőben valósítjuk meg a kísérletet?
b) A lencsétől milyen távol kell tenni az ernyőt az a) esetben?
c) Létrehozhatunk-e a halról víz alatt is valódi képet egy ernyőn ugyanezzel a lencsével, változatlan tárgytávolság mellett?
(2019. május)

Megoldás:

Adatok: $f = 12$ cm, $f^* = 44$ cm, $N = 3$.

a) *A leképezési törvény felírása:*

1 pont

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

A nagyítás felírása:

1 pont

$$N=\frac{k}{t}=3.$$

Behelyettesítés a leképezési törvénybe és a tárgytávolság meghatározása:

4 pont (bontható)

$\Rightarrow \frac{1}{k}=\frac{1}{3t}$ (1 pont), azaz $\Rightarrow \frac{4}{3\cdot t}=\frac{1}{f}$ (2 pont), amiből $t = 16$ cm (1 pont).

b) *A képtávolság meghatározása:*

2 pont (bontható)

A leképezési törvény vagy a nagyítás alkalmazásával, pl.

$N=\frac{k}{16\text{ cm}}=3 \rightarrow k=48$ cm (behelyettesítés + számítás, 1 + 1 pont).

c) *A víz alatti leképezés lehetőségének vizsgálata:*

3 pont (bontható)

Gyűjtőlencsével valódi képet akkor hozhatunk létre, ha a tárgytávolság nagyobb, mint a fókusztávolság (1 pont), ebben az esetben azonban a korábban meghatározott tárgytávolság kisebb (1 pont), mint a víz alatti fókusztávolság, azaz valódi kép nem jöhet létre (1 pont).

Összesen: 11 pont

7. Egy ember egy nagy síktükörben nézi a saját tükörképét, miközben 0,5 m/s állandó sebességgel sétál a tükör felé.

a) Mekkora sebességgel közeledik az ember a tükörképéhez? Válaszát indokolja!

Egy másik ember egy gépkocsi vezetőülésén ül. A kocsi az út mellett áll a menetirány szerinti jobb oldalon az úttal párhuzamosan, az ember pedig a bal oldali visszapillantó tükörben figyeli, amint hátulról az úton egy busz közeleg. A busz 72 km/h nagyságú állandó sebességgel halad az úton. A visszapillantó tükör egy f = -2 m fókusztávolságú, enyhén domború tükör.

b) Mekkora a busz képének képtávolsága, amikor 30 m, 20 m, illetve 10 m távolságban van az álló kocsi visszapillantó tükrétől? Állandó-e a busz képének sebessége? Válaszát indokolja!

(2019. október)

Megoldás: (10 pont)

Adatok: $v_1 = 0{,}5$ m/s, $t_1 = 30$ m, $t_2 = 20$ m, $t_3 = 10$ m, $v_2 = 72$ km/h, $f = -2$ m.

a) *Az ember és a tükörképe relatív sebességének meghatározása:*

3 pont (bontható)

Mivel síktükör esetén $\underline{k = t}$ (1 pont), ugyanez igaz az időegység alatti megváltozásra is, tehát az ember és tükörképének relatív sebessége:

$$v = \frac{\Delta t + \Delta k}{\Delta T} = \frac{2 \cdot \Delta t}{\Delta T} = 2 \cdot v_1 = 1\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$ (képlet + számítás, 1 + 1 pont)

b) *A keresett képtávolságok meghatározása:*

4 pont (bontható)

$$\frac{1}{k} + \frac{1}{t} = \frac{1}{f} \Rightarrow k = \frac{f \cdot t}{t - f}$$ (képlet + rendezés, 1 + 1 pont),

amiből $k_1 = -1{,}875$ m, $k_2 = -1{,}818$ m, $k_3 = -1{,}667$ m

(3 helyesen kiszámolt érték 2 pont, 2 helyesen kiszámolt érték 1 pont.)

A sebességre vonatkozó kérdés megválaszolása és indoklása:

3 pont (bontható)

Mivel $t_2 - t_1 = -10$ m és $k_2 - k_1 = 0{,}057$ m,

illetve $t_3 - t_2 = -10$ m és $k_3 - k_2 = 0{,}152$ m, ezért:

A busz mozgása egyenletes, sebessége állandó, ugyanannyi idő alatt közelíti meg a tükröt 30 méterről 20 méterre, mint 20 méterről 10 méterre (1 pont). A látszólagos kép távolsága a tükörtől e két útszakasz megtétele során eltérő mértékben változik (1 pont). Tehát a kép sebessége nem állandó (1 pont).

Összesen: 10 pont

8. **Egy üvegrúd törésmutatója 1,36. Legfeljebb mekkora θ szög alatt léphet be a fénysugár a rúd zárólapjának közepén, hogy az üvegrúd oldalfalának ütközve azon teljes visszaverődést szenvedjen?**

(2020. május II.)

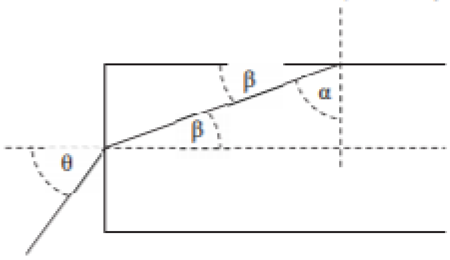
Megoldás: (9 pont)

Adatok: n = 1,36.

Az üveg–levegő határfelület határszögének értelmezése és meghatározása:

4 pont (bontható)

A beesési szög egyértelmű megadása (szóban vagy rajzon), amelyre a határszöget megadjuk (a mellékelt rajzon α) (2 pont).



A határszög meghatározása:

$\sin\alpha = \frac{1}{n} \Rightarrow \alpha = 47{,}3°$

(képlet + számítás, 1 + 1 pont).

A kiszámított határszöghöz tartozó beesései szög meghatározása:

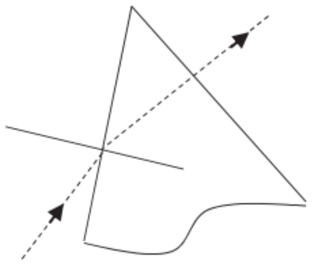
5 pont (bontható)

Mivel a zárólapon való áthaladáshoz tartozó törési szög $\beta = 90° - \alpha$ (2 pont),

$\frac{\sin\Theta}{\sin\beta} = n \Rightarrow \sin\Theta = \sin\beta \cdot n \Rightarrow \Theta = 67{,}3°$ (képlet + rendezés + számítás, 1 + 1 + 1 pont).

Összesen: 9 pont

9. Egy 35º törőszögű üvegprizma oldalára érkező monokromatikus, 750 nm hullámhosszúságú fénysugár a prizma másik határoló oldalfelületét irányváltoztatás nélkül hagyja el.



a) Mekkora a fénysugár beesési szöge, ha az üveg levegőre vonatkoztatott törésmutatója 3/2?
b) Mekkora a fénysugár eltérülésének szöge?
c) Mekkora lesz a fény terjedési sebessége, hullámhossza és frekvenciája a prizmában?
(2020. október)

Megoldás: (11 pont)

Adatok: $\lambda = 750$ nm, $\gamma = 35°$, $n = 3/2$.

a) *A geometriai viszonyok helyes értelmezése és a törési szög meghatározása:*

3 pont (bontható)

Mivel a megtört fénysugár merőlegesen (1 pont) halad át a prizma szemközti felületén (vagy másképp: nulla beesési, illetve törési szöggel), az első felületen a törési szög megegyezik a prizma törőszögével (1 pont), tehát $\beta = 35°$ (1 pont).
(Megfelelő ábra is teljes értékű megoldás, amennyiben az egyenlő szögek egyértelműen be vannak jelölve.)

A beesési szög meghatározása a törési törvény segítségével:

2 pont (bontható)

$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{3}{2}\sin\beta = 0{,}86 \Rightarrow \alpha = 59{,}4° \approx 60°$ (képlet + számítás, 1 + 1 pont).

b) *A fénysugár eltérülésének meghatározása:*

2 pont (bontható)

$\Delta\varphi = \alpha - \beta = 25°$. (Az eltérülési szög helyes értelmezése képletben vagy rajzon 1 pont, a számszerű érték 1 pont.)

c) *A fénysugár üvegben mérhető tulajdonságainak meghatározása:*

4 pont (bontható)

$c_{\text{üveg}} = \frac{c}{n} = 2\cdot 10^8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (1 pont).

$f_{\text{üveg}} = f_{\text{levegő}}$ (1 pont).

$\lambda_{\text{üveg}} = \frac{\lambda_{\text{levegő}}}{n} = 500$ nm (2 pont).

Összesen: 11 pont