

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА
Олимпиада по физика, Областен кръг, 20 март 2010 г.
Решения на темата за 10 – 12. клас

ЗАДАЧА 1.

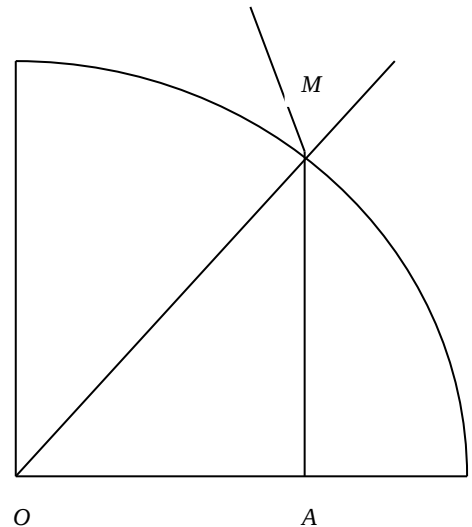
а) Нека разгледаме траекторията на светлинен лъч идващ от плоското дъно на полусферата (нарисувана е само половината от нея). За да се пречупи този лъч и напусне сферичната повърхност, ъгълът на падане $\angle AMO$ трябва да е по-малък от граничният ъгъл на пълно вътрешно отражение, определен от $\sin(\varphi') = 1/n$ [1 т.].

С нарастване на разстоянието от центъра на плоската повърхност (OA), нараства и ъгълът на падане.

Граничният ъгъл се достига при

$$OA/OM = \sin(\varphi') = 1/n = 1/\sqrt{2} \text{ [0,5 т.].}$$

Или $\angle AMO = 45^\circ$ [0,5 т.]. Тъй като $OM = R$, то максималният радиус на видимост ще бъде $r = R/\sqrt{2}$ [1 т.], а съответната област – кръг с радиус r и площ $\pi \cdot r^2 = \pi \cdot R^2/2$ [0,5 т.]. „Невидимата“ област се простира от r до R и има същата площ - $\pi \cdot R^2/2$ [0,5 т.].



б) Образът ще бъде прав и недействителен. За разлика от случая на плоска разделителна повърхност, когато образът е приближен до нас, в този случай той ще се намира на същото разстояние, както и обекта [1 т.]. За да определим линейното увеличение, сравняваме дължините на обекта OA и неговия образ OB (с

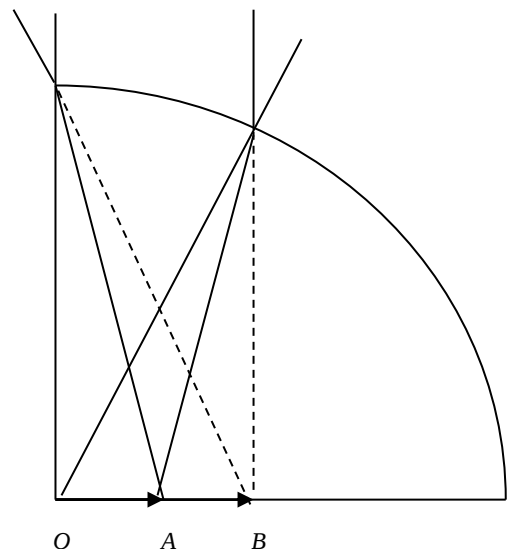
пунктир е означено продължението на пречупеният лъч до образа). Ако с φ_1 и φ_2 означим ъглите на падане и пречупване, то от законът на Снелиус имаме $\sin(\varphi_2)/\sin(\varphi_1) = n$ [1 т.],

Възможни са различни построения, но ако използваме лъчите, които минават през оста на полусферата, ще имаме

$$a \quad OA = R \cdot \tan(\varphi_1) \text{ и } OB = R \cdot \tan(\varphi_2)$$

$$\frac{OB}{OA} = \frac{\tan(\varphi_2)}{\tan(\varphi_1)} = \frac{\sin(\varphi_2) \cos(\varphi_1)}{\cos(\varphi_2) \sin(\varphi_1)}$$

При малки ъгли φ може да използваме приближението $\cos(\varphi) \approx 1$, откъдето получаваме $OB/OA \approx n$ [1 т.].



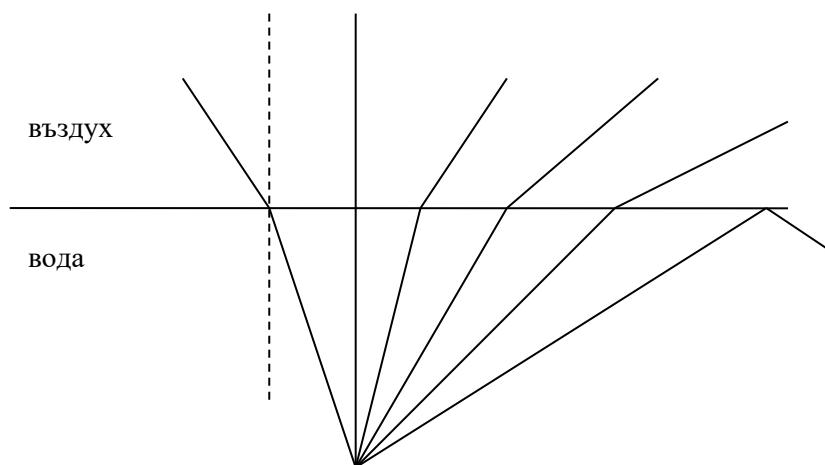
в) При нормалната дисперсия (каквато е при стъклото) показателя на пречупване намалява с увеличаване на дължината на вълната [1 т.]. Тъй като синият цвят е с по-малка дължина от червения [1 т.], то показателят на пречупване n в синята област ще бъде по-голям и съответно синята буква ще изглежда по-голяма [1 т.].

ЗАДАЧА 2.

а) От броя линии на сантиметър определяме константата на дифракционната решетка $d = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 2 \text{ }\mu\text{m}$ [1 т.]. От формулата за дифракционна решетка $d \cdot \sin(\theta) = m \cdot \lambda$ [1 т.] може да определим положението на дифракционните максимуми $\sin(\theta) = m \cdot \lambda / d$ [1 т.], а техният брой се определя от условието $-1 < \sin(\theta) < 1$ [0,5 т.], т.е. $-1 < m \cdot \lambda / d < 1$ [0,5 т.] или $|m| < d / \lambda = 2 / 0,6 = 10 / 3 = 3,33 \dots$ [0,5 т.]. Тъй като m е цяло число, то възможните му стойности са $-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3$ – общо 7 на брой [0,5 т.].

б) Във водата се променя дължината на вълната на светлината $\lambda_1 = \lambda / n = 600,3 / 4 = 450 \text{ nm}$ [1 т.]. Тогава ще имаме $|m| < d / \lambda_1 = 2 / 0,45 = 4,44 \dots$ [0,5 т.], Откъдето намираме, че са възможни 9 максимума (от $m = -4$ до $m = +4$) [0,5 т.]

в) Както и в предишното подусловие, във водата ще се наблюдават 9 максимума [0,5 т.]. Но дали те ще преминат във въздуха зависи от ъгъла на падане спрямо разделителната повърхност вода – въздух. Тъй като ъгълът, под който падат лъчите, съвпада с ъгълът под който се отразяват от решетката, то за да преминат лъчите във въздуха е необходимо $\sin(\theta) < 1/n$ [1 т.], или $m \cdot \lambda_1 / d < 1/n = 3/4$ [0,5 т.]; т.е. $|m| < 3 \cdot d / (4 \cdot \lambda_1) = 6 / 1,8 = 10 / 3$ [0,5 т.] – както и в подусловие (а) във въздуха ще се наблюдават 7 на брой максимума [0,5 т.] (които съвпадат по ъглово разпределение с максимумите, които биха се получили ако имаше отражение от дифракционната решетка във въздух).



ЗАДАЧА 3.

а) Тъй като тялото (автомобилът) се намира в равновесие с околната среда [1 т.], мощността намираме от закона на Стефан (след като сме превърнали температурата му в Келвини): $P = \sigma \cdot S \cdot T^4$ [1 т.] или $P = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 24 \cdot 300^4 = 11022,5 \text{ W}$ [1 т.].

б) Тъй като лъчението се намира в равновесие, излъчваната мощност ще е равна на погълнатата такава [1 т.], т.е. равновесното лъчение от подусловие (а) плюс абсорбираната слънчева енергия [1 т.] $P_1 = S_1 \cdot I_{\text{слънце}} = 6,920 = 5520 \text{ W}$ [1 т.]. Така че общата мощност на топлинно излъчване ще бъде $P' = P + P_1 = 16542,5 \text{ W}$ [1 т.].

в) Температурата, до която ще се нагрее автомобила, намираме от закона на Стефан: $P' = \sigma \cdot S \cdot T_1^4$ или $T_1 = (P' / \sigma \cdot S)^{1/4} = 332 \text{ K}$ [1 т.] или $t = 59^\circ \text{ C}$ [1 т.].

г) Дължината на вълната, съответстваща на максимума на спектъра, определяме от закона на Вин $\lambda_m \cdot T_1 = b$ [0,5 т.] или $\lambda_m = b / T_1 = 8,7 \text{ }\mu\text{m}$ [0,5 т.].