

**Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova**  
**Agencia Națională pentru Curriculum și Evaluare**  
**OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI**  
CHIȘINĂU, 20 martie, 2022

**Proba teoretică ORF 2022,**

**clasa a 9**

**Problema 1**

(10,0 p)

Tunetul se aude la un interval  $t = (5,000 \pm 0,001)$  s după fulger, considerat sursă de lumină punctiformă. Viteza luminii este  $c = 299\,792\,458$  m/s (exact!), iar viteza sunetului în aer este  $v = (340,00 \pm 0,01)$  m/s, considerată constantă.

- a) Determinați care este distanța dintre observator și locul producerii descărcării electrice dacă considerați că lumina s-a propagat instantaneu.
- b) Obțineți expresia pentru distanța dintre observator și fulger ținând cont că viteza luminii este mare, dar totuși finită.
- c) Determinați eroarea absolută pentru distanța calculată conform cazului (a) apoi comparați-o cu eroarea de metodă cauzată de neglijarea duratei propagării semnalului luminos.
- d) Ecoul cauzat de reflexia sunetului de la o stâncă se aude la un interval de  $\tau = 10,0$  s după tunet. Locul producerii fulgerului este văzut de către observator sub unghiul  $\alpha = 30^\circ 0'$  față de direcția orizontală spre stâncă. Determinați înălțimea la care s-a produs fulgerul, și distanța de la observator până la stâncă dacă înălțimea stâncii este neglijată.

S-ar putea să aveți nevoie de formula de aproximare:  $(1 \pm x)^n \approx 1 \pm nx$ ,  $x \ll 1$ .

**Problema 2**

(10,0 p)

Un ceainic electric are elementul încălzitor confecționat dintr-un fir metalic cu rezistivitatea  $\rho = 1100$  n $\Omega$ m și aria secțiunii transversale  $S = 0,500$  mm<sup>2</sup>. Tensiunea de alimentare este  $U = 220$  V.

- a) Care este lungimea  $l$  a firului metalic dacă ceainicul are o putere electrică  $P = 2,200$  kW?
- b) În ceainic a fost încălzită apă cu masa  $m = 880$  g timp de  $\tau = 180$  s de la temperatura  $T_1 = 20,0$  °C până la fierbere  $T_2 = 100$  °C. Determinați randamentul ceainicului.
- c) Odată adusă până la punctul de fierbere apa din ceainic este vărsată aproape toată, iar cantitatea care rămâne  $m_1 = 40,0$  g este vaporizată complet foarte repede, chiar dacă ceainicul nu este conectat la sursa de tensiune. De ce? Argumentați. Considerând că elementul încălzitor are capacitatea calorică  $C = 1,80$  kJ/K, determinați ce temperatură minimă  $T_M$  trebuia să fi avut elementul încălzitor pentru a vaporiza complet apa rămasă.
- d) Apa care a fost vărsată din ceainic  $m_a = m - m_1$  a fost turnată imediat într-un calorimetru în care se află  $m_g = 50$  g de gheață aflată la temperatura  $T_g = -10,0$  °C. Determinați temperatura finală  $T$  stabilită în calorimetru. Pierderile de căldură și capacitatea calorică a calorimetrului se vor neglija.
- e) Construiți graficul temperaturii finale din calorimetru în dependență de masa gheții  $m_g$  din acesta cu temperatura inițială  $T_g = -10,0$  °C. Analizați cazurile când masa gheții  $m_g$  este foarte mică sau foarte mare.

Căldura specifică a apei  $c_a = 4,20 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$ , căldura specifică a gheții  $c_g = 2,10 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$ , căldura latentă de topire a gheții

$\lambda_T = 332$  J/g, căldura specifică de vaporizare a apei  $\lambda_V = 2,26$  kJ/g, temperatura de topire a gheții este  $T_0 = 0,00$  °C.

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova  
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare  
**OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI**  
CHIȘINĂU, 20 martie, 2022

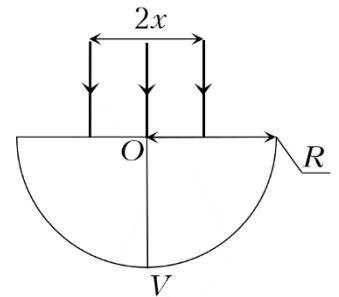
**Proba teoretică ORF 2022,**

**clasa a 9**

**Problema 3**

(10,0 p)

Pe suprafața plană a unei semisfere de rază  $R$  din sticlă cu indicele de refracție  $n$  cade perpendicular un flux de lumină de raze paralele, cu diametrul  $2x$ , astfel încât centrul fluxului de lumină coincide cu axa de simetrie a semisferei  $OV$  (vezi desenul). Indicele de refracție a aerului este  $n_{\text{aer}} = 1$ . Cerințe:



- Construiți mersul unei raze din fluxul de lumină, care se află cel mai departe de axa de simetrie  $OV$  prin semisferă. Indicați raza emergentă (care părăsește semisfera prin refracție de la suprafața sferică).
  - Obțineți forma explicită a funcției  $f(x, R, n) = \sin \delta$ , unde prin  $\delta$  s-a notat unghiul pe care îl formează raza emergentă cu dreapta  $OV$ . Ați putea avea nevoie de relația  $\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \sin \beta \cos \alpha$ .
  - Utilizând condiția când raza semisferei  $R$  este mult mai mare decât raza fluxului de lumină  $x$  ( $R \gg x$ ), obțineți în formă aproximativă  $f(x, R, n)$ , păstrând doar termenii proporționali cu  $x$  la puterea întâi.
  - Exprimați distanța  $D$  de la vârful  $V$  până la punctul de intersecție a razei emergente cu dreapta  $OV$ . Ați putea utiliza  $\tan \alpha \approx \sin \alpha$ , pentru  $\sin \alpha \ll 1$ . Păstrați doar termenii proporționali cu  $x$ .
  - Stabiliți relația dintre distanța focală a acestei semisfere și distanța  $D$  găsită la pasul precedent.
- La distanța  $b$  ( $b < R/(n - 1)$ ) de la vârful  $V$  al semisferei este plasat un ecran perpendicular la dreapta  $OV$ .
- Exprimați diametrul  $d$  (prin  $R, x, b$  și  $n$ ) al petei luminoase pe acest ecran.
  - Dacă  $x = 5,0 \text{ mm}$ ,  $b = 10,0 \text{ cm}$ ,  $n = 1,5$  iar  $R = 0,25 \text{ m}$ , atunci  $d = ?$

S-ar putea să aveți nevoie de formula de aproximare:  $(1 \pm x)^n \approx 1 \pm nx$ ,  $x \ll 1$ .

probleme propuse de Bîzgan Sergiu, dr.hab. Macovei Mihai,  
Institutul de Fizică Aplicată

**Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova**  
**Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare**  
**OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI**  
CHIȘINĂU, 20 martie, 2022

**Proba teoretică ORF 2022,**

**clasa a 9**

**Задача 1**

**(10,0 б)**

Интервал между молнией и громом равен  $t = (5,000 \pm 0,001)$  с, молния считается точечным источником света.

Скорость света равна  $c = 299\,792\,458$  м/с (точно!), а скорость звука в воздухе  $v = (340,00 \pm 0,01)$  м/с считается постоянной.

- a) Определите расстояние между наблюдателем и место электрического разряда, если учесть, что свет распространился мгновенно.
- b) Получите выражение для расстояния между наблюдателем и молнией, учитывая, что скорость света высока, но все же конечна.
- c) Определите абсолютную погрешность расчета расстояния в соответствии со случаем (a) и затем сравните ее с погрешностью метода, вызванной пренебрежением длительностью распространения светового сигнала.
- d) Эхо, вызванное отражением звука от скалы, слышно через некоторое время  $\tau = 10,0$  с после грома. Место молнии видно наблюдателю под углом  $\alpha = 30^\circ 0'$  от горизонтальной направления к скале. Определить высоту, на которой произошла молния, и расстояние от наблюдателя до скалы, если пренебречь высотой скалы.

Вам может понадобиться формула для приближенных вычислений:  $(1 \pm x)^n \approx 1 \pm nx$ ,  $x \ll 1$ .

**Задача 2**

**(10,0 б)**

Электрический чайник имеет нагревательный элемент из металлической проволоки с удельным сопротивлением  $\rho = 1100$  нОм·м и площадью поперечного сечения  $S = 0,500$  мм<sup>2</sup>. Напряжение источника питания  $U = 220$  В.

- a) Какова длина  $l$  проволоки, если чайник имеет электрическую мощность  $P = 2,200$  кВт?
- b) В чайнике воду с массой равной  $m = 880$  г, нагревали в течение времени  $\tau = 180$  с от температуры  $T_1 = 20,0$  °С до кипения  $T_2 = 100$  °С. Определите эффективность чайника.
- c) Как только вода доведена до кипения, выливается почти вся вода, а оставшееся количество  $m_1 = 40,0$  г, очень быстро полностью испаряется, даже если чайник не подключен к источнику питания. Почему? Аргументируйте. Учитывая то, что нагревательный элемент имеет теплоемкость  $C = 1,80$  кДж/К, определите, какая минимальная температура  $T_M$  должен был иметь нагревательный элемент, чтобы полностью испарить оставшуюся воду.
- d) Воду, которую вылили из чайника  $m_B = m - m_1$ , сразу же налили в калориметр, в котором находится лед с массой  $m_L = 50$  г и температурой  $T_L = -10,0$  °С. Определите конечную температуру  $T$ , установленную в калориметре. Потерями теплоты и теплоемкость калориметра можно пренебречь.
- e) Постройте график конечной температуры калориметра в зависимости от массы льда  $m_L$  в нем с начальной температурой  $T_L = -10,0$  °С. Изучаете случай, когда масса льда очень мала или очень велика.

Удельная теплоемкость воды  $c_B = 4,20 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$ , удельная теплоемкость льда  $c_L = 2,10 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$ , удельная теплота

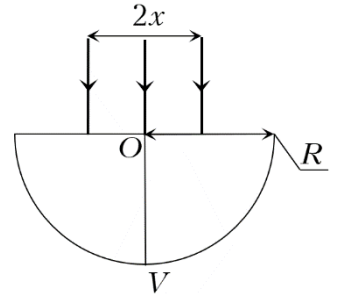
таяния льда  $\lambda_{\text{пл}} = 332$  Дж/г, удельная теплота парообразования воды  $\lambda_{\text{п}} = 2,26$  кДж/г, температура плавления льда  $T_0 = 0,00$  °С.

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova  
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare  
**OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI**  
CHIȘINĂU, 20 martie, 2022

**Proba teoretică ORF 2022,**  
**Задача 3**

**clasa a 9**  
**(10,0 б)**

На плоскую поверхность стеклянной полусферы радиусом  $R$  и показателем преломления  $n$  падает перпендикулярно пучок света из параллельных лучей, диаметром  $2x$ . Центр светового пучка совпадает с осью симметрии  $OV$  полусферы (см. рисунок).



Показатель преломления воздуха равен  $n_{\text{воз}} = 1$ . Требования:

- Постройте ход луча из пучка света, наиболее удаленного от оси симметрии  $OV$  через полусферу. Укажите выходящий луч (который покидает полусферу при прохождении через сферическую поверхность).
- Получите явный вид функции  $f(x, R, n) = \sin \delta$ , где через  $\delta$  отмечен угол, образованный выходящим лучом и прямой  $OV$ . Вам могут понадобиться отношения  $\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \sin \beta \cos \alpha$ .
- Используя условие, когда радиус полусферы  $R$  намного больше радиуса светового пучка  $x$  ( $R \gg x$ ), получите приближенную форму  $f(x, R, n)$ , сохраняя только члены пропорциональные первой степени  $x$ .
- Выразите расстояние  $D$  от точки  $V$  до точки пересечения выходящего луча с прямой  $OV$ . Вы можете использовать  $\tan \alpha \approx \sin \alpha$ , для  $\sin \alpha \ll 1$ . Сохраните только члены пропорциональные первой степени  $x$ .
- Определите отношение между фокусным расстоянием этой полусферы и расстоянием  $D$ , найденное на предыдущем шаге.

На расстоянии  $b$  ( $b < R/(n - 1)$ ) от края  $V$  полусферы перпендикулярно прямой  $OV$  размещен экран.

- Выразите диаметр  $d$  (через  $R, x, b$  и  $n$ ) светового пятна на этом экране.
- Если  $x = 5,0$  мм,  $b = 10,0$  см,  $n = 1,5$  а также  $R = 0,25$  м, тогда  $d = ?$

Вам может понадобиться формула для приближенных вычислений:  $(1 \pm x)^n \approx 1 \pm nx$ ,  $x \ll 1$ .

probleme propuse de Bîzgan Sergiu, dr.hab. Macovei Mihai,  
Institutul de Fizică Aplicată