

**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА**  
**НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА**

**1 април 2022 г.**

**Решения на темата за II състезателна група (8. клас)**

**Задача 1. Локация и движение**

**А.** По моментите на изпускане на импулс  $t_1$  и на приемане на отразен импулс  $t_2$  се намира разстоянието между станцията и автомобила в момента на отразяване на сигнала

$$r = \frac{1}{2}c(t_2 - t_1), \quad [0,5 \text{ т.}]$$

където  $c$  е скоростта на светлината. Тогава моментът на отражение на импулса е

$$t = \frac{1}{2}(t_1 + t_2). \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Следващият импулс се изпуска в момента  $t'_1 = t_1 + T_1$  [0,5 т.] и се приема в момента  $t'_2 = t_2 + T_2$  [0,5 т.]. Разстоянието между ракетата и базата в момента на отражение на този импулс е

$$r' = \frac{1}{2}c(t'_2 - t'_1), \quad [0,5 \text{ т.}]$$

като момента на отразяване на този сигнал е

$$t' = \frac{1}{2}(t'_1 + t'_2). \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Тогава имаме

$$\Delta r = r' - r = \frac{1}{2}c(T_2 - T_1), \quad \Delta t = t' - t = \frac{1}{2}(T_1 + T_2), \quad [1 \text{ т.}]$$

при което за скоростта се получава израза

$$v = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{T_2 - T_1}{T_1 + T_2}c. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

**Б) а)** Ракетите се движат с еднаква скорост

$$v = \frac{T_2 - T_1}{T_1 + T_2}c \quad [0,5 \text{ т.}]$$

спрямо базата и разстоянието  $l$  между тях е постоянно. Да разгледаме два последователни импулса. Нека първият импулс е излъчен в момента  $\tau_1$  и в момента  $\tau$  той достига втората изстреляна ракета. Част от светлинния импулс се отразява от нея и попада в локаторната станция в момента  $\tau_2$ , а останалата част достига в момента  $\tau'$  първата изстреляна ракета. След отразяването си от нея той среща втората ракета в момента  $\tau''$ , когато в нея попада следващият импулс, изпуснат от локаторната станция. След това първият изпуснат импулс, отразен от първата изстреляна ракета, и вторият импулс, отразен от втората изстреляна ракета, едновременно попадат в локаторната станция в момента  $\tau_2 + T_2$  [1 т.]. Така можем да запишем

$$\tau = \frac{1}{2}(\tau_1 + \tau_2), \quad \tau' = \frac{1}{2}(\tau_1 + \tau_2 + T_2), \quad \tau'' = \frac{1}{2}(\tau_1 + T_1 + \tau_2 + T_2). \quad [1 \text{ т.}]$$

От тези равенства следва, че времето за изминаване на разстоянието между ракетите по посока на движението им е

$$\tau' - \tau = T_2 / 2, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

а в посока, обратна на движението –

$$\tau'' - \tau' = T_1 / 2. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

б) За определяне на разстоянието  $l$  между ракетите ще използваме равенствата

$$c \frac{T_2}{2} = l + v \frac{T_2}{2}, \quad (\text{по посока на движението}) \quad [0,5 \text{ т.}]$$

$$c \frac{T_1}{2} = l - v \frac{T_2}{2}, \quad (\text{в посока, противоположна на движението}) \quad [0,5 \text{ т.}]$$

от които след заместване на израза за  $v$  получаваме

$$l = \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2} c. \quad [1 \text{ т.}]$$

## Задача 2. Движение на система от тела

а) На тялото 1 действат постоянни сили  $T$  и  $G = m_1 g$ . То се движи равноускорително без начална скорост с ускорение  $a_1$  вертикално надолу спрямо тялото 2 [0,5 т.]. Двете тела се движат като едно цяло надясно равноускорително без начална скорост с ускорение  $a_2$  [0,5 т.]. За време  $t$  тялото 1 изминава вертикално надолу разстояние

$$s_1 = \frac{a_1 t^2}{2}, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

а тялото 2 хоризонтално надясно разстояние

$$s_2 = \frac{a_2 t^2}{2}. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Като отчетем, че  $s_1 = 2s_2$  [0,5 т.], намираме  $a_1 = 2a_2$  [0,5 т.].

б) Уравнението на движение на двете тела надясно като едно цяло е

$$(m_1 + m_2)a_2 = 2T, \quad [1 \text{ т.}]$$

докато уравнението за вертикалното движение на тялото 1 надолу е

$$m_1 a_1 = m_1 g - T. \quad [1 \text{ т.}]$$

Като изключим  $a_1$  и  $a_2$  за силата на опън намираме

$$T = \frac{m_1 + m_2}{5m_1 + m_2} m_1 g = 1,05 \text{ N} \approx 1,1 \text{ N}. \quad (2 \text{ т.})$$

в) От уравнението на движение на тялото 1 намираме

$$a_1 = \frac{4m_1}{5m_1 + m_2} g. \quad [1 \text{ т.}]$$

Като отчетем, че

$$h = \frac{a_1 t_1^2}{2}, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

намираме

$$t_1 = \sqrt{\frac{(5m_1 + m_2)h}{2m_1 g}} \approx 1 \text{ s.} \quad [1,5 \text{ т.}]$$

### Задача 3. Плаващи кубчета лед

В първия случай изместената вода от потопената част на кубчето лед има маса  $m_1$ , равна на масата на леда (кубчето лед плава) [1 т.]. След разтапянето на леда ще се получи вода с маса  $m_1$  [1 т.]. Следователно, нивото на водата след разтапянето на леда няма да се промени [1 т.].

Във втория случай изместената вода от потопената част на кубчето лед със замръзнало в него дървено топче има маса  $m_2 = m_0 + m$ , където  $m_0$  е масата на леда, а  $m$  - масата на дървеното топче [1 т.]. След разтопяването на леда ще се получи вода с маса  $m_0$  [0,5 т.], а дървеното топче ще плава. То ще измества вода с маса  $m$  [0,5 т.]. Следователно, нивото на водата няма да се промени [1 т.]

В третия случай изместената вода от потопената част на кубчето лед със замръзнало в него желязно топче има маса  $m_3 = \mu_0 + \mu$ , където  $\mu_0$  е масата на леда, а  $\mu$  – масата на желязното топче [1 т.]. След разтопяването на леда ще се получи вода с маса  $\mu_0$  [1 т.], а желязното топче ще потъне. То ще измества вода с маса, по-малка от  $\mu$ , тъй като плътността на водата е по-малка от плътността на желязото [1 т.]. Следователно, нивото на водата ще се понижи [1 т.].