

**Всероссийская олимпиада школьников**  
**II (муниципальный) этап**  
**Физика**  
**10 класс**

Общее время выполнения работы – **3 часа 50 минут**.

Максимальное количество баллов - **50**

При выполнении работы можно пользоваться непрограммируемым калькулятором.

**ЗАДАЧА № 1. (10 баллов)**

В лифте находится ведро с водой, в котором плавает мяч. Как изменится глубина погружения мяча, если лифт будет двигаться с ускорением  $a$ , направленным вверх? Вниз?

**РЕШЕНИЕ.**

При плавании мяча в воде в неподвижном лифте выполняется условие равновесия по закону Архимеда

$$mg = \rho_B g V_B, \quad (1)$$

где  $m$  - масса мяча,  $V_B$  - объем вытесненной воды,  $\rho_B$  - ее плотность.

Когда лифт движется с ускорением, вес тела, т.е. сила давления тела на воду, равен  $m(g \pm a)$ . Знак «плюс» соответствует ускорению, направленному вверх, знак «минус» - ускорению, направленному вниз.

Можно сказать, что просто происходит замена  $g$  на  $g \pm a$ .

Однако при ускоренном движении лифта вес вытесненной жидкости, а поэтому и сила Архимеда изменяется во столько же раз, во сколько раз изменяется вес любого тела! (2)

Значит, равновесие сохранится без изменения объема вытесненной воды  $V_B$ . Таким образом глубина погружения мяча не изменится.

**ОТВЕТ:** не изменится.

**Критерии оценивания задачи №1.**

|  |                |
|--|----------------|
| Записано выражение условия равновесия (1)          | <b>3 балла</b> |
| Установлено изменение веса вытесненной воды (2)    | <b>4 балла</b> |
| Сделан вывод о неизменности глубины погружения (3) | <b>3 балла</b> |
|  | <b>2 балла</b> |

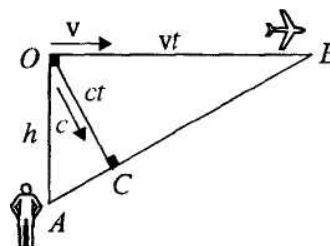
**Задача № 2. (10 баллов)**

Самолет летит горизонтально со сверхзвуковой скоростью  $v = 470$  м/с. Человек услышал звук от самолета через  $t = 21$  с после того, как самолет пролетел над ним. На какой высоте

летит самолет? ( значение высоты округлить с точностью до ста метров, скорость звука принять  $c=333$  м/с)

РЕШЕНИЕ.

Так как  $v > c$ , то фронт звуковой волны представляет собой коническую поверхность с вершиной в том месте, где в данный момент находится самолет. Скорость звука  $c$  характеризует скорость распространения фронта волны и направлена она всегда по нормали к фронту волны (см. рисунок).



В момент времени  $t$ , когда человек услышит звук, самолет пройдет расстояние  $vt$ , а фронт волны от точки, расположенной над человеком, пройдет расстояние  $ct$ . Из подобия прямоугольных треугольников  $BOC$  и  $AOC$  получим:

$$\frac{h}{ct} = \frac{vt}{\sqrt{(vt)^2 - (ct)^2}}.$$

А для высоты

$$h = \frac{ct}{\sqrt{1 - c^2/v^2}} = 9900 \text{ м}.$$

ОТВЕТ: 9900 м

Критерии оценивания задачи №2.

|  |         |
|--|---------|
| Выполнен рисунок распространения звуковой волны (1)                            | 4 балла |
| Установлены соотношения между пройденными путями самолёта и звуковой волны (2) | 3 балла |
| Найдено выражение и рассчитано значение высоты (3)                             | 3 балла |

### ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

На изначально покоящийся на гладком горизонтальном столе брусок массы  $m = 2$  кг, начали действовать постоянной горизонтальной силой  $F$ . В результате была получена зависимость мощности  $N$  от перемещения  $s$  бруска. Некоторые измерения могли оказаться не очень точными.

- В каких координатных осях экспериментальная зависимость мощности от перемещения линейна?
- Определите мощность силы в точке с координатой  $s = 10$  см (округление до сотой)
- Найдите значение силы  $F$  (округление до десятой).

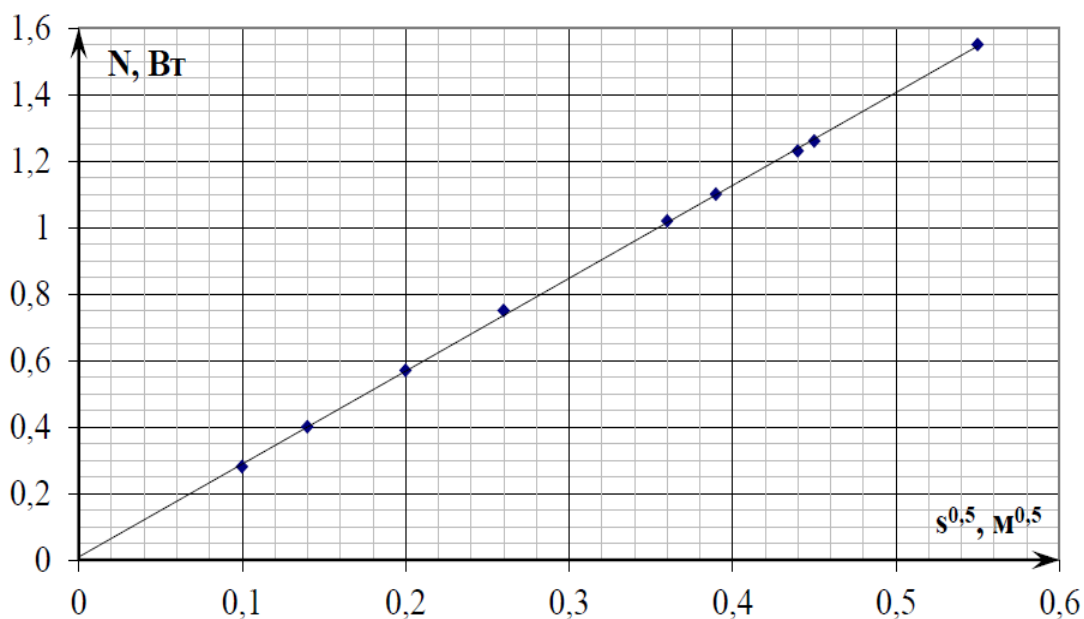
|          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $N$ , Вт | 0,28 | 0,40 | 0,57 | 0,75 | 1,02 | 1,10 | 1,23 | 1,26 | 1,50 |
| $s$ , см | 1,0  | 2,0  | 4,0  | 7,0  | 13   | 15   | 19   | 20   | 30   |

РЕШЕНИЕ.

Так  $N=Fv$  и работа силы  $A = Fs = \frac{mv^2}{2}$ , (1)

откуда  $N = \sqrt{\frac{2F^3 s}{m}}$ , (2)

зависимость линейна в осях  $N$  и  $\sqrt{s}$  (3)



Методом линейной интерполяции в интервале значений пути от 7 см до 13 см определяем мощность для  $s=10$  см, что составляет 0,89 Вт. (4)

Вычисляя коэффициент углового наклона графика

$$k = \frac{\Delta N}{\sqrt{\Delta s}} = \sqrt{\frac{2F^3}{m}} \approx 2,8 \text{ Вт/м}^{1/2} \quad (5)$$

определяем значение силы  $F = \sqrt[3]{\frac{k^2 m}{2}} \approx 2 \text{ Н}$  (6)

ОТВЕТ: 0,89 Вт и 2 Н

Критерии оценивания задачи №3.

|   |         |
|---|---------|
| Записаны выражения для мощности и работы (1) и (2)          | 1 балла |
| Построен график в требуемых осях                            | 3 балла |
| Произведена интерполяция и получено значение мощности (4)   | 3 балла |
| По угловому коэффициенту верно рассчитано значение силы (5) | 3 балла |

#### ЗАДАЧА 4. (10 баллов)

Коэффициент полезного действия (к.п.д.) аккумулятора при подключении первого сопротивления равен 60%. Если подключить другое, к.п.д. аккумулятора станет равным 80%. Каков будет к.п.д. аккумулятора, если оба сопротивления соединить с аккумулятором: 1) последовательно? 2) параллельно?

РЕШЕНИЕ .

Коэффициент полезного действия аккумулятора зависит от его внутреннего сопротивления  $r$  и сопротивления внешней цепи  $R$ .

$$\eta = \frac{P_{\text{полезн}}}{P_{\text{полн}}} = \frac{IU}{I\varepsilon} = \frac{I^2 R}{I^2(R+r)} = \frac{R}{R+r}$$

Если при подключении сопротивления  $R_1$  к.п.д. источника был равен  $\eta_1$ , а при подключении сопротивления  $R_2$  – равен  $\eta_2$ , то

$$\eta_1 = \frac{R_1}{R_1+r} \quad \text{и} \quad \eta_2 = \frac{R_2}{R_2+r} . \quad (1)$$

Если сопротивление  $R_1$  и  $R_2$  соединить последовательно ( $R = R_1 + R_2$ ), то аккумулятор будет работать с к.п.д.

$$\eta_3 = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + r} . \quad (2)$$

При параллельном включении сопротивлений  $\left( R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right)$  к.п.д. аккумулятора равен:

$$\eta_4 = \frac{R_1 R_2}{R_1 R_2 + R_1 r + R_2 r} . \quad (3)$$

Выразив из уравнений  $R_1$  и  $R_2$  ( $\eta_1 = 0,6$ ;  $\eta_2 = 0,8$ ), получим

$$R_1 = \frac{\eta_1 r}{1 - \eta_1} = \frac{3r}{2} , \quad R_2 = \frac{\eta_2 r}{1 - \eta_2} = 4r \quad (4)$$

Тогда

$$\eta_3 = \frac{11r/2}{13r/2} = 0,846 . \quad (5)$$

$$\eta_4 = \frac{R_1 R_2}{R_1 R_2 + R_1 r + R_2 r} = \frac{12r^2}{23r^2} = 0,52 . \quad (6)$$

ОТВЕТ: 0.85 и 0,52

Критерии оценивания задачи №4.

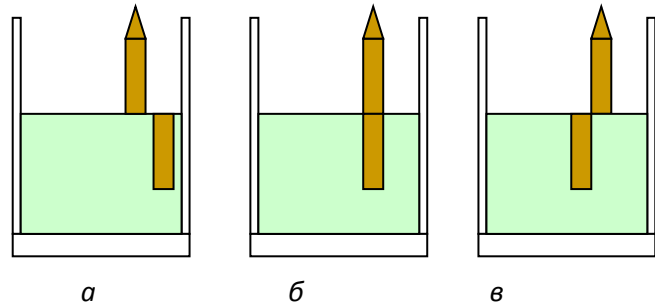
|   |                |
|---|----------------|
| Записаны выражения к.п.д. (1)   | <b>2 балла</b> |
| Записаны выражения для к.п.д. последовательного и параллельного подключения (2) и (3) | <b>2 балла</b> |
| Найдены величины $R_1$ и $R_2$ (4)  | <b>3 балла</b> |

Получены выражения и вычислены значения для к.п.д. (5) и (6)

**3 балла**

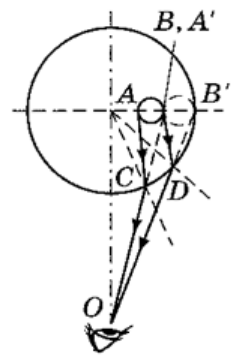
**ЗАДАЧА 5. (10 баллов)**

Построением показать (см.рис.), какой вид (*а*, *б* или *в*) имеет карандаш, погруженный в цилиндрический стакан с водой.



**РЕШЕНИЕ.**

Положение карандаша и его изображения в вертикальной проекции на дно сосуда показано на рисунке 4 соответственно сплошной и штриховой линиями. Проведя прямые  $OA'$  и  $OB'$  ( $O$  - положение глаза наблюдателя), найдем точки  $C$  и  $D$  преломления лучей, исходящих от крайних левой и правой точек карандаша.



**ОТВЕТ:** *в*.

**Критерии оценивания задачи №5.**

|  |                |
|--|----------------|
| Построение рисунка с преломлением лучей на границе | <b>3 балла</b> |
| Построение перпендикуляров к границе раздела сред  | <b>2 балла</b> |
| Показано схождение лучей в точку наблюдения        | <b>3 балла</b> |
| Построение изображения карандаша                   | <b>2 балла</b> |