

1. Однажды летним утром молодой физик Василий поехал на своей машине из дома на пляж. Первый участок он проехал за 2 мин со скоростью 45 км/ч, а второй, в два раза длиннее первого, за 230 с. Ближе к пляжу Василий попал в пробку и третий участок преодолел со скоростью 2,5 м/с, затратив на него  $\frac{4}{5}$  всего времени своего пути от дома до пляжа.

- Определите расстояние, пройденное Василием на третьем участке.
- Найдите расстояние, которое проехал Василий от дома до пляжа.
- Вычислите среднюю скорость автомобиля Василия на всём пути от дома до пляжа.

2. У мальчика Паши есть два цилиндра **одинакового** объёма. Первый из них — сплошной и сделан из алюминия, второй — полый, стенки которого сделаны из латуни. Вес первого цилиндра в воздухе равен 5,4 Н. Второй цилиндр, будучи полностью погружённым в сосуд с керосином, давит на дно сосуда с силой 8,6 Н. Определите объём цилиндров и объём полости внутри второго цилиндра. Керосин в полость не затекает.

**В решении сделайте поясняющий рисунок и изобразите на нём все силы, действующие на второй цилиндр в сосуде с керосином.**

3. На поверхности воды плавает деревянная доска шириной 20 см и толщиной 5 см. Если на доску поставить груз массой 3 кг, то доска будет погружена в воду на 3,5 см. Если же к имеющемуся грузу добавить ещё один с массой 2 кг, доска будет погружена на 4 см.

- Чему равна длина этой доски?
- Какова плотность дерева, из которого сделана доска?

4. Ящик массой  $m = 50$  кг двигают равномерно по наклонной плоскости, прикладывая к нему силу  $F = 300$  Н, направленную вдоль этой плоскости (см. рис. 1). Известно, что за 1 мин груз, перемещаясь со скоростью 10 см/с, поднимается на высоту 1,5 м.

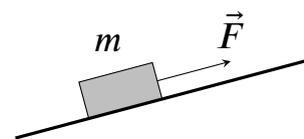


Рис. 1

- Вычислите работу силы  $F$  за 1 мин.
- Определите силу трения, действующую на груз во время его движения.

5. В цилиндрическом сосуде находятся две несмешивающиеся жидкости: вода и керосин. Давление жидкостей на дно (без учёта атмосферного) равно 3,66 кПа, а общая высота содержимого сосуда — 42 см. На каком расстоянии от дна сосуда находится граница раздела воды и керосина?

*Плотности: вода —  $1000$  кг/м<sup>3</sup>, керосин —  $800$  кг/м<sup>3</sup>,  
латунь —  $8500$  кг/м<sup>3</sup>, алюминий —  $2700$  кг/м<sup>3</sup>.*

*Ускорение свободного падения —  $10$  Н/кг.*

1. Однажды летним утром молодой физик Василий поехал на своей машине из дома на пляж. Первый участок он проехал за 2 мин со скоростью 45 км/ч, а второй, в два раза длиннее первого, за 230 с. Ближе к пляжу Василий попал в пробку и третий участок преодолел со скоростью 2,5 м/с, затратив на него 4/5 всего времени своего пути от дома до пляжа.

- а) Определите расстояние, пройденное Василием на третьем участке.
- б) Найдите расстояние, которое проехал Василий от дома до пляжа.
- в) Вычислите среднюю скорость автомобиля Василия на всём пути от дома до пляжа.

**Ответ:** а) 3,5 км; б) 8 км; в) 4,57 м/с.

**Решение:** Длина первого участка равна

$$s_1 = v_1 t_1 = 45 \text{ км/ч} \cdot 2 \text{ мин} = 45 \text{ км/ч} \cdot \frac{1}{30} \text{ ч} = 1,5 \text{ км},$$

а длина второго, как сказано в условии, в два раза больше:  $s_2 = 2s_1 = 3 \text{ км}$ . Поскольку на третьем участке Василий затратил 4/5 всего времени движения  $t$ , суммарное время на первых двух участках равно  $t_1 + t_2 = \frac{1}{5} \cdot t$ . Откуда получим, что

$$\frac{1}{5} \cdot t = 120 \text{ с} + 230 \text{ с} = 350 \text{ с} \quad \Rightarrow \quad t = 5 \cdot 350 \text{ с} = 1750 \text{ с}, \quad t_3 = \frac{4}{5} \cdot t = 5 \cdot 350 \text{ с} = 1400 \text{ с}.$$

Расстояние, пройденное Василием на третьем участке, составило

$$s_3 = v_3 t_3 = 2,5 \text{ м/с} \cdot 1400 \text{ с} = 3500 \text{ м} = 3,5 \text{ км},$$

а общее расстояние от дома до пляжа —

$$s = s_1 + s_2 + s_3 = 1,5 \text{ км} + 3 \text{ км} + 3,5 \text{ км} = 8 \text{ км}.$$

Наконец, зная  $s$  и  $t$ , найдём среднюю скорость автомобиля на всём пути:

$$v_{\text{ср}} = \frac{s}{t} = \frac{8000 \text{ м}}{1750 \text{ с}} \approx 4,57 \text{ м/с}.$$

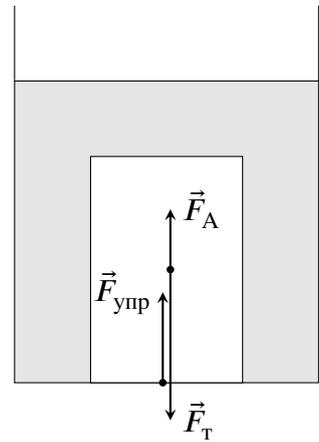
**Критерии:**

- (1.1) Верно найдена длина первого участка (1,5 км) . . . . . 0,5 балла
- (1.2) Верно найдена длина второго участка (3 км) . . . . . 0,5 балла
- (1.3) Верно найдено общее время движения (1750 с) . . . . . 1 балл
- (1.4) Верно найдено время движения на третьем участке (1400 с) . . . . . 0,5 балла
- (1.5) Верно найдена длина третьего участка (3,5 км) . . . . . 0,5 балла
- (1.6) Верно найдено расстояние от дома до пляжа (8 км) . . . . . 1 балл
- (1.7) Правильно вычислено значение средней скорости (4,57 м/с) . . . . . 1 балл

**Комментарии:**

- 1) В пунктах 1.1-1.7 значения могут быть приведены в иных разумных единицах измерения, например,  $t \approx 29,17 \text{ мин}$  или  $v_{\text{ср}} \approx 16,46 \text{ км/ч}$ .
- 2) При полном отсутствии физических формул и объяснений (если приведены только некие математические действия) решение оценивается в ноль баллов!
- 3) При полном отсутствии физических формул, но наличии в работе текстовых объяснений (“математическое решение”) решение оценивается максимум в 4 балла.
- 4) При полном отсутствии единиц измерения решение оценивается максимум в 4,5 балла.

2. У мальчика Паши есть два цилиндра **одинакового** объёма. Первый из них — сплошной и сделан из алюминия, второй — полый, стенки которого сделаны из латуни. Вес первого цилиндра в воздухе равен 5,4 Н. Второй цилиндр, будучи полностью погружённым в сосуд с керосином, давит на дно сосуда с силой 8,6 Н. Определите объём цилиндров и объём полости внутри второго цилиндра. Керосин в полость не затекает.



**В решении сделайте поясняющий рисунок и изобразите на нём все силы, действующие на второй цилиндр в сосуде с керосином.**

**Ответ:** 200 см<sup>3</sup>, 80 см<sup>3</sup>.

**Решение:** Пусть  $V$  — объём каждого цилиндра,  $P_1$  — вес алюминиевого цилиндра в воздухе, а  $P_2$  — вес латунного в керосине. Так как первый цилиндр сплошной,

$$P_1 = \rho_{\text{ал}} V g \quad \Rightarrow \quad V = \frac{P_1}{\rho_{\text{ал}} g} = \frac{5,4 \text{ Н}}{2700 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг}} = 0,0002 \text{ м}^3 = 200 \text{ см}^3.$$

Изобразим силы, действующие на второй цилиндр в керосине: силу тяжести, силу Архимеда и силу упругости (силу реакции), действующую со стороны дна сосуда (см. рис.). Найдём значение силы Архимеда:

$$F_A = \rho_{\text{к}} g V = 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 0,0002 \text{ м}^3 = 1,6 \text{ Н}.$$

Поскольку  $P_2 = m_2 g - F_A$ , где  $m_2$  — масса латунных стенок,

$$m_2 g = P_2 + F_A = 8,6 \text{ Н} + 1,6 \text{ Н} = 10,2 \text{ Н} \quad \Rightarrow \quad m_2 = \frac{10,2 \text{ Н}}{10 \text{ Н/кг}} = 1,02 \text{ кг}.$$

Определим теперь объём стенок  $V_{\text{ст}}$  второго цилиндра и объём полости  $V_{\text{пол}}$  внутри него:

$$V_{\text{ст}} = \frac{m}{\rho_{\text{л}}} = \frac{1020 \text{ г}}{8,5 \text{ г/см}^3} = 120 \text{ см}^3,$$

$$V_{\text{пол}} = V - V_{\text{ст}} = 200 \text{ см}^3 - 120 \text{ см}^3 = 80 \text{ см}^3.$$

**Критерии:**

- (2.1) Верно изображены все силы, действующие на второй цилиндр в керосине . . . 0,5 балла
- (2.2) Верно найден объём цилиндров (200 см<sup>3</sup>) . . . . . 0,5 балла
- (2.3) Записана формула для веса в керосине  $P_2 = m_2 g - F_A$  . . . . . 1 балл
- (2.4) Правильно найдена масса второго цилиндра (1,02 кг) . . . . . 1 балл
- (2.5) Правильно найден объём стенок второго цилиндра (120 см<sup>3</sup>) . . . . . 1 балл
- (2.6) Правильно найден объём полости внутри второго цилиндра (80 см<sup>3</sup>) . . . . . 1 балл

**Комментарии:**

- 1) При полном отсутствии физических формул и объяснений (если приведены только некие математические действия) решение оценивается в ноль баллов!
- 2) При полном отсутствии физических формул, но наличии в работе текстовых объяснений (“математическое решение”) решение оценивается максимум в 4 балла.
- 3) При полном отсутствии единиц измерения решение оценивается максимум в 4,5 балла.

3. На поверхности воды плавает деревянная доска шириной 20 см и толщиной 5 см. Если на доску поставить груз массой 3 кг, то доска будет погружена в воду на 3,5 см. Если же к имеющемуся грузу добавить ещё один с массой 2 кг, доска будет погружена на 4 см.

- а) Чему равна длина этой доски?
- б) Какова плотность дерева, из которого сделана доска?

**Ответ:** а) 2 м; б) 550 кг/м<sup>3</sup>.

**Решение:** Пусть  $\rho$  — плотность дерева, а  $M$ ,  $b$ ,  $h$  и  $L$  — масса, ширина, высота и длина доски соответственно. В первом случае, когда на доске стоит груз массой  $m_1 = 3$  кг, она погружена на  $0,7h = 3,5$  см. Запишем условие плавания:

$$(M + m_1)g = \rho_{\text{в}}g Lb \cdot 0,7h.$$

Во втором случае на доску дополнительно ставят груз массой  $m_2 = 2$  кг, в результате чего она плавает, погружаясь на  $0,8h = 4$  см. Снова запишем условие плавания:

$$(M + m_1 + m_2)g = \rho_{\text{в}}g Lb \cdot 0,8h.$$

Вычитая данные равенства друг из друга, получим

$$m_2g = \rho_{\text{в}}g Lb \cdot 0,1h \quad \Rightarrow \quad L = \frac{m_2}{\rho_{\text{в}}b \cdot 0,1h} = \frac{2 \text{ кг}}{1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,2 \text{ м} \cdot 0,005 \text{ м}} = 2 \text{ м}.$$

Определим теперь массу доски

$$M = \rho_{\text{в}}Lb \cdot 0,7h - m_1 = 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 2 \text{ м} \cdot 0,2 \text{ м} \cdot 0,035 \text{ м} - 3 \text{ кг} = 11 \text{ кг},$$

а зная её, и плотность дерева

$$\rho = \frac{M}{Lbh} = \frac{11 \text{ кг}}{2 \text{ м} \cdot 0,2 \text{ м} \cdot 0,05 \text{ м}} = 550 \text{ кг/м}^3.$$

**Критерии:**

- (3.1) Правильно записано условие плавания в первом случае . . . . . 1 балл
- (3.2) Правильно записано условие плавания во втором случае . . . . . 1 балл
- (3.3) Верно найдена длина доски (2 м) . . . . . 1,5 балла
- (3.4) Верно найдена масса доски (11 кг) . . . . . 1 балл
- (3.5) Верно найдена плотность дерева (550 кг/м<sup>3</sup>) . . . . . 0,5 балла

**Комментарии:**

- 1) В пунктах 3.1 и 3.2 формулы общего вида (например,  $F_{\text{Т}} = F_{\text{А}}$ ) не оцениваются.
- 2) Если баллы за пункт 3.5 поставлены, баллы за пункт 3.4 ставятся автоматически.
- 3) При полном отсутствии физических формул и объяснений (если приведены только некие математические действия) решение оценивается в ноль баллов!
- 4) При полном отсутствии физических формул, но наличии в работе текстовых объяснений (“математическое решение”) решение оценивается максимум в 4 балла.
- 5) При полном отсутствии единиц измерения решение оценивается максимум в 4,5 балла.

4. Ящик массой  $m = 50$  кг двигают равномерно по наклонной плоскости, прикладывая к нему силу  $F = 300$  Н, направленную вдоль этой плоскости (см. рис. 1). Известно, что за 1 мин груз, перемещаясь со скоростью  $10$  см/с, поднимается на высоту  $1,5$  м.

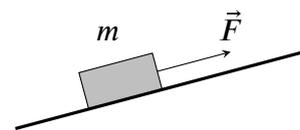


Рис. 1

- а) Вычислите работу силы  $F$  за 1 мин.
- б) Определите силу трения, действующую на груз во время его движения.

**Ответ:** а) 1800 Дж; б) 175 Н.

**Решение:** Расстояние, на которое переместится ящик вдоль наклонной плоскости за  $t = 1$  мин, равно

$$s = vt = 0,1 \text{ м/с} \cdot 60 \text{ с} = 6 \text{ м.}$$

Вычислим работу силы  $F$  за это время:

$$A = Fs = 300 \text{ Н} \cdot 6 \text{ м} = 1800 \text{ Дж.}$$

Полезная работа по подъёму ящика на высоту  $h = 1,5$  м равна

$$A_{\text{пол}} = mgh = 50 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 1,5 \text{ м} = 750 \text{ Дж.}$$

Разность между  $A$  и  $A_{\text{пол}}$  равна работе против силы трения  $A_{\text{тр}} = F_{\text{тр}}s$ . Отсюда

$$F_{\text{тр}}s = A - A_{\text{пол}} = 1800 \text{ Дж} - 750 \text{ Дж} = 1050 \text{ Дж} \quad \Rightarrow \quad F_{\text{тр}} = \frac{A - A_{\text{пол}}}{s} = \frac{1050 \text{ Дж}}{6 \text{ м}} = 175 \text{ Н.}$$

**Критерии:**

- (4.1) Верно найдено значение  $s = 6$  м . . . . . 0,5 балла
- (4.2) Верно найдено значение работы силы  $F$  (1800 Дж) . . . . . 1 балл
- (4.3) Записана формула  $A_{\text{пол}} = mgh$  . . . . . 0,5 балла
- (4.4) Записано выражение для работы против силы трения  $A_{\text{тр}} = F_{\text{тр}}s$  . . . . . 1 балл
- (4.5) Записано, что  $A = A_{\text{пол}} + A_{\text{тр}}$ , или аналогичная формула . . . . . 1 балл
- (4.6) Найдено верное значение  $F_{\text{тр}}$  (175 Н) . . . . . 1 балл

**Комментарии:**

- 1) Величина  $s$  (пункт 4.1) может быть найдена не явно, а вычисляться при нахождении значения  $A$ .
- 2) Формулы для  $A_{\text{пол}}$  и/или  $A_{\text{тр}}$  (пункты 4.3 и 4.4), могут быть сразу написаны внутри уравнения из пункта 4.5.
- 3) Если в ответе на вопрос а) указана какая-то иная величина, пункт 4.2 оценивается максимум в 0,5 балла.
- 4) При полном отсутствии физических формул и объяснений (если приведены только некие математические действия) решение оценивается в ноль баллов!
- 5) При полном отсутствии физических формул, но наличии в работе текстовых объяснений (“математическое решение”) решение оценивается максимум в 4 балла.
- 6) При полном отсутствии единиц измерения решение оценивается максимум в 4,5 балла.

5. В цилиндрическом сосуде находятся две несмешивающиеся жидкости: вода и керосин. Давление жидкостей на дно (без учёта атмосферного) равно 3,66 кПа, а общая высота содержимого сосуда — 42 см. На каком расстоянии от дна сосуда находится граница раздела воды и керосина?

**Ответ:** 15 см.

**Решение:** Пусть  $h_k$  — высота слоя керосина, а  $h_b$  — высота слоя воды. Так как плотность керосина меньше плотности воды, слой воды будет находиться снизу, а следовательно, расстояние от дна сосуда до границы жидкостей равно  $h_b$ . Тогда

$$h_k + h_b = 0,42 \text{ м,}$$

$$\rho_k g h_k + \rho_b g h_b = 3660 \text{ Па.}$$

Выражая из первого равенства  $h_k$  и подставляя во второе, получим

$$\rho_k g (0,42 \text{ м} - h_b) + \rho_b g h_b = 3660 \text{ Па} \quad \Rightarrow \quad (\rho_b - \rho_k) g h_b = 3660 \text{ Па} - \rho_k g \cdot 0,42 \text{ м} \quad \Rightarrow$$

$$h_b = \frac{3660 \text{ Па} - \rho_k g \cdot 0,42 \text{ м}}{(\rho_b - \rho_k) g} = \frac{3660 \text{ Па} - 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 0,42 \text{ м}}{200 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг}} = 0,15 \text{ м.}$$

**Критерии:**

- (5.1) Указано, что в сосуде снизу находится слой воды . . . . . 0,5 балла
- (5.2) Записано, что  $h_b + h_k = 42 \text{ см}$  . . . . . 1 балл
- (5.3) Указано, что сумма давлений слоёв воды и керосина равна 3,66 кПа . . . . . 0,5 балла
- (5.4) Записано уравнение  $\rho_k g h_k + \rho_b g h_b = 3660 \text{ Па}$  . . . . . 1 балл
- (5.5) Верно найдено значение  $h_b = 15 \text{ см}$  или  $h_k = 27 \text{ см}$  . . . . . 1 балл
- (5.6) Найдено именно значение  $h_b$  и явно указано, что  $h_b$  — искомое расстояние . . . . . 1 балл

**Комментарии:**

- 1) Указание в пункте 5.1 может быть сделано как словами, так и с помощью рисунка.
- 2) Формула, требуемая в пункте 5.2, может быть сразу написана внутри уравнения из пункта 5.4.
- 3) Если поставлены баллы за пункт 5.4, баллы за пункт 5.3 ставятся автоматически.
- 4) При полном отсутствии физических формул и объяснений (если приведены только некие математические действия) решение оценивается в ноль баллов!
- 5) При полном отсутствии физических формул, но наличии в работе текстовых объяснений (“математическое решение”) решение оценивается максимум в 4 балла.
- 6) При полном отсутствии единиц измерения решение оценивается максимум в 4,5 балла.