

Материалы для членов жюри (ключи, критерии оценивания)

Задача 1. (10 баллов) Омский **что-то** перерабатывающий завод осуществляет забор воды из реки Иртыш через трубу с входным диаметром 0,35м и выходным диаметром 0,25м. Подъем воды в трубе составляет 20 метров, при этом перекачивающие насосы создают избыточное давление 670кПа, а вода попадает в трубу со скоростью течения реки Иртыш, равной 1,5м/с. Считая воду несжимаемой жидкостью с плотностью 1000кг/м³, определите, с какой скоростью вода поступает на завод и за какое время заполнит бак объемом 10000 литров. При решении задачи считать $g=10$ м/с².

Решение:

Изменение полной энергии воды в трубе происходит за счет работы внешних сил (работа силы связанной с давлением на нижнем конце трубы положительная, на верхнем конце отрицательная).

$$F_1\Delta X_1 - F_2\Delta X_2 = P_1S_1\Delta X_1 - P_2S_2\Delta X_2 = P_1\Delta V_1 - P_2\Delta V_2 = \left(\frac{m_2v_2^2}{2} + m_2gh_2\right) - \left(\frac{m_1v_1^2}{2} + m_2gh_1\right)$$

где F - действующие на жидкость силы, P - давления в нижней и верхней части трубы, ΔX - перемещения жидкости в трубе, ΔV - объемы протекающей в нижней и верхней части трубы жидкости.

1 балл

Учтем также несжимаемость жидкости, что приводит к одинаковости масс и объемов втекающей и вытекающей жидкости.

$$\Delta V_1 = \Delta V_2; m_2 = m_1 \quad \text{1 балл}$$

Что приводит нас к уравнению Бернулли

$$P_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho gh_1 = P_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho gh_2. \quad \text{2 балла}$$

Выразим из данного уравнения скорость, с которой вода вытекает из верхнего конца трубы

$$v_2 = \sqrt{\frac{2}{\rho} \left((P_1 - P_2) - \rho g (h_2 - h_1) + \frac{\rho v_1^2}{2} \right)} =$$

$$\sqrt{\frac{2}{1000} \left((670000) - 1000 * 10 * 20 + \frac{10001,5^2}{2} \right)}. \quad \text{2 балла}$$

Учитывая, что $P_1 - P_2 = 670 \text{ кПа}$ и $h_2 - h_1 = 20 \text{ м}$, $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ и вычисляя получим

$$v_2 = 30,696 \text{ м/с}. \quad \text{1 балл}$$

Зная сечение выходной трубы, составим выражение для зависимости объема протекающей жидкости от времени

$$\Delta V_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} v_2 t$$

$$t = \frac{4 \Delta V_2}{v_2 \pi d_2^2} = 4 \frac{10}{30,696 * 3,14 * 0,25^2}. \quad \text{2 балла}$$

Выполняя расчет получим

$$t = 6,64 \text{ с}. \quad \text{1 балл}$$

Критерии оценивания:	баллов
сформулирован закон сохранения энергии в применении к движению жидкости	1
записано условие несжимаемости жидкости	1
получено уравнение Бернулли	2
<i>Если записано сразу уравнение Бернулли (на основании материала 8 класса)</i>	4
Получена формула расчета скорости вытекания воды	2
рассчитано значение скорости вытекания воды	1
получена взаимосвязь времени течения жидкости и объема	2
Рассчитано время заполнения бака	1
ИТОГО	10

Задача 2. (10 баллов) Неосторожный школьник неожиданно для себя, родителей и водителей выскочил на федеральную трассу Р 402 «Тюмень – Омск» перед бензовозом SCANIA массой 80 тонн и мощностью двигателя 550л.с. (одна лошадиная сила равна 735,5 ватта) движущимся со скоростью 90км/ч на расстоянии 50 от машины. Считая, что водитель среагировал через 0,5 секунды и смог остановить машину прямо перед замершим на трассе неосторожным школьником определите под каким углом к горизонту находилась поверхность бензина в цистерне во время торможения. При решении пренебречь краевыми эффектами и колебанием жидкости, принять $g=10 \text{ м/с}^2$.

Решение: Найдем расстояние которое проедет машина до того как начнется процесс торможения

$$L = vt_{reaction} = 90/3,6 * 0,5 = 12,5\text{м} \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

и оставшийся тормозной путь

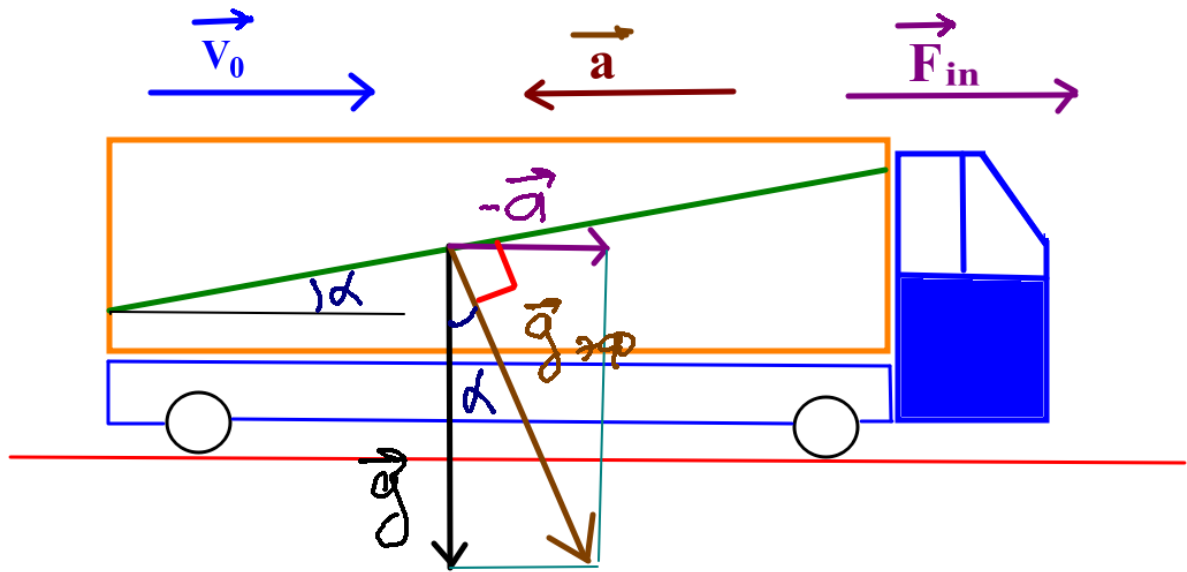
$$L_{ost} = L_{obshee} - L = L_{obshee} - vt_{reaction} = 50 - 90/3,6 * 0,5 = 37,5\text{м}$$

(1 балл)

Рассчитаем модуль ускорения с которым двигался автомобиль и укажем его направление.

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2L_{ost}} = \frac{(90/3,6)^2 - 0^2}{2 * 37,5} = 8,333 \text{ м/с}^2 \quad \mathbf{2 \text{ балла}}$$

Поскольку система отсчета связанная с грузовиком не инерциальная, то в ней на все тела (в том числе и на бензин) дополнительно действует сила инерции направленная противоположно ускорению и равная по модулю ma (указано наличие силы инерции и ее направление). **2 балла**



Таким образом во время торможения жидкость находится в гравитационном поле с эффективным ускорением свободного падения $g_{\text{эф}}$ представляющего собой векторную сумму ускорения свободного падения и ускорения сообщаемого силой инерции (указано, что наличие силы инерции эквивалентно наличию горизонтального гравитационного поля) **2 балла**

Поверхность жидкости располагается перпендикулярно эффективному ускорению свободного падения. **1 балл**

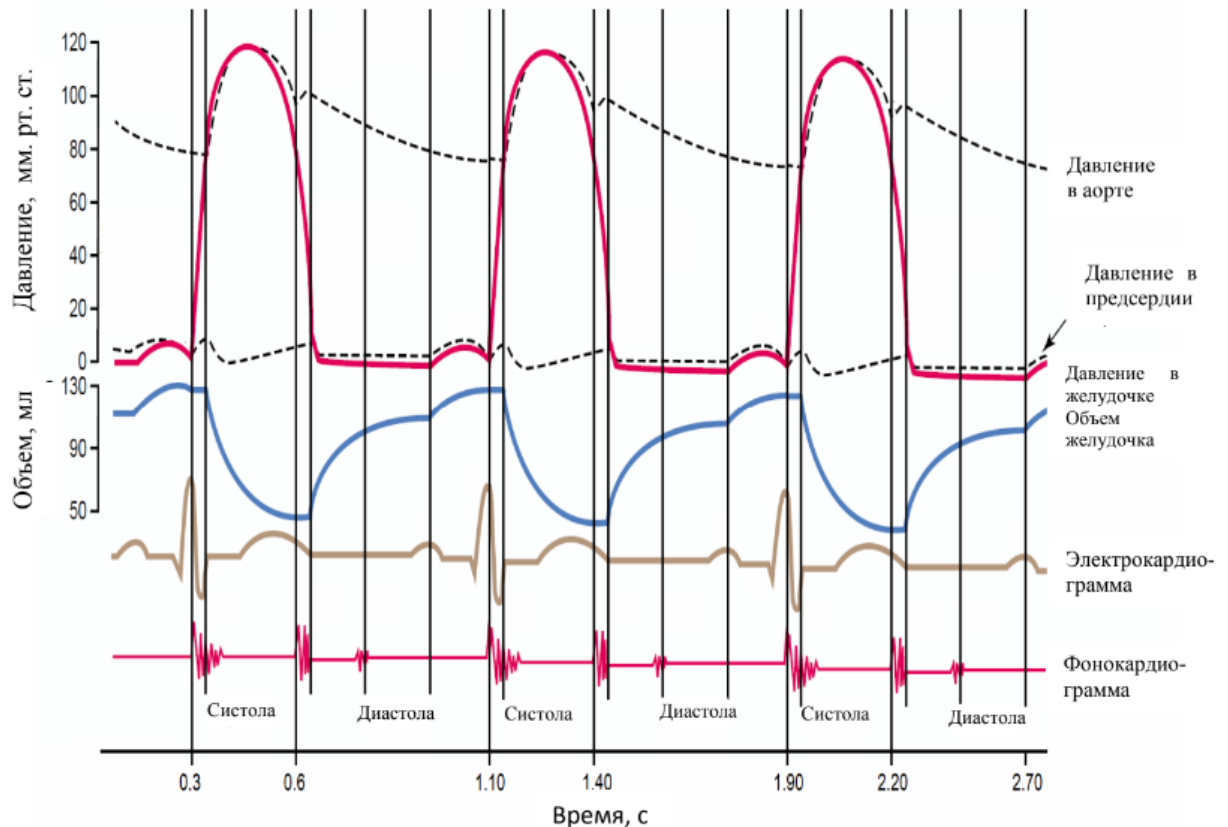
Из рисунка видно, что $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{g}$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{a}{g} \right) = 39.806^\circ \text{C.}$$

1 балл

Критерии оценивания:	баллов
получено расстояние до начала торможения автомобиля	1
получен оставшийся тормозной путь	1
получен модуль ускорения при торможении и его направление	2
указано наличие силы инерции и ее направление	2
указано, что наличие силы инерции эквивалентно наличию горизонтального гравитационного поля	2
поверхность жидкости располагается перпендикулярно эффективному ускорению свободного падения	1
получен угол наклона поверхности жидкости	1
ИТОГО	10

Задача 3. (10 баллов). После выполнения нормативов ГТО школьник прошел медицинское обследование работы сердца и получил на руки следующие результаты (приведены на рисунке).



По представленным результатам определите какой длины следует взять математический маятник для того, что бы его частота совпала с частотой сердечного ритма школьника. При решении принять $g=10 \text{ м/с}^2$.

Решение: На основе анализа графика определен период колебаний $T=0,8\text{с}$. **4 балла**

Записано выражение для периода колебаний математического маятника и выражена его длина

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}; l = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 g \quad \text{3 балла}$$

ФИЗИКА
10 КЛАСС

Вычислена длина маятника $l = 0.1623\text{м}$.

3 балла

Критерии оценивания:	баллов
На основе анализа графика определен период колебаний	4
Записано выражение для периода колебаний математического маятника и выражена его длина	3
Вычислена длина маятника	3
ИТОГО	10

Задача 4. (10 баллов) Для проведения физических опытов учитель физики приобрел в интернет магазине устройство в виде сферического проводника радиусом 20 см, установленного на деревянной ножке. Внутри сферы на тонкой проводящей спице, изолированной от корпуса сферы, закреплен металлический шар. Данный шар посредством держащей его спицы имеет контакт на нижней части деревянной ножки. Сообщая ему заряд, учитель измеряет его потенциал. Когда устройство стоит на деревянном столе, измеренный потенциал составлял 9 В. Когда устройство ставят на стол со стальной массивной столешницей, измеренный потенциал оказался другим. Учитывая что внутренний шар имеет радиус вдвое меньше внешней сферы и закреплен таким образом, что его центр совпадает с центром сферы, рассчитайте потенциал, появившийся у сферы, если по сути внутренний шар оказался заземлен за счет контакта с металлическим столом.

Решение: Когда шар был не заземлен, его потенциал и потенциал сферы были одинаковые (поле внутри сферы отсутствует, следовательно, все пространство внутри сферы является эквипотенциальной поверхностью).

1 балл

Величина потенциала внутри сферы $\varphi_1 = k \frac{Q}{R}$

$$\text{отсюда } Q = \frac{\varphi_1 R}{k} = 2 \cdot 10^{-10} \text{Кл} = 0,2 \text{нКл}$$

1 балл

В следствие заземления шар получит от массивной столешницы такой заряд, что его потенциал обратится в нуль:

$$k \frac{q}{r} + k \frac{Q}{R} = 0$$

2 балла

$$\text{Откуда } q = \frac{-Q}{R} r = -0,1 \text{ нКл}$$

1 балл

Тогда согласно принципу суперпозиции $\varphi = k \frac{Q+q}{R} = k \frac{Q}{R} \left(1 - \frac{r}{R}\right)$

3 балла

$$\varphi = k \frac{Q+q}{R} = k \frac{Q}{R} \left(1 - \frac{r}{R}\right) = 4,5 \text{ В}$$

2 балла

Ответ: 4,5 В

Критерии оценивания:	баллов
указано, что пространство внутри сферы – эквипотенциальная поверхность	1
получен заряд сферы	1
записано выражение для потенциала внутреннего шара	2
получен заряд шара	1
получено выражение потенциала сферы после заземления шара	3
рассчитан потенциал сферы после заземления шара	1
ИТОГО	10

Задача 5. Пролетая над ночным городом на высоте 150 км, спутник делает его фотографии. Разрешающая способность матрицы фотоаппарата (наименьшее расстояние между изображениями двух точек, когда изображения не сливаются), равна 0,005 мм. Фокусное расстояние объектива 7 см. Определите минимальное расстояние между уличными фонарями, при котором их изображение будет раздельным. Каким должно быть установлено время экспозиции в фотоаппарате, при котором размытие изображения из-за движения спутника не будет превышать $a=50$ мкм. Считать радиус Земли 6400 км.

Решение: Пусть f – расстояние от линзы фотоаппарата до фонарей, тогда $f=150$ км; искомое расстояние между фонарями L ;

l – разрешающая способность, $l = 0,005$ мм;

F – фокусное расстояние, $F = 7$ см;

Δt – время экспозиции

Увеличение $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{L}{l}$

Согласно формулы тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$. В силу того, что $f \gg F$

получаем $\frac{1}{F} = \frac{1}{d}$, **1 балл**

тогда $\Gamma = \frac{f}{F} = \frac{L}{l}$, откуда $L = \frac{f}{F} l$ **2 балла**

$L = \frac{150 \cdot 10^3}{0.07} 0.005 \cdot 10^{-3} = 10.7 \text{ м}$ **1 балл**

За время экспозиции спутник переместится на расстояние $\Delta L = v \Delta t$, так что размытие контуров изображения Δl будет равно смещению изображения на матрице камеры, что с учетом формулы увеличения составит $\frac{v \Delta t}{\Gamma} \leq a$ **2 балла**

где $v = \sqrt{gR}$ – первая космическая скорость. **1 балл**

Тогда $\Delta t = \frac{af}{vF} = \frac{af}{\sqrt{gRF}}$ **2 балла**

$\Delta t = \frac{50 \cdot 10^{-6} \cdot 150 \cdot 10^3}{\sqrt{10 \cdot 6400 \cdot 10^3 \cdot 0.07}} = 0.013 \text{ с} = 13 \text{ мс}$ **1 балл**

Критерии оценивания:	баллов
на основании уравнения тонкой линзы получено равенство фокусного расстояния и расстояния от линзы до изображения	1
получено выражение расстояния между фонарями	2
рассчитано расстояние между фонарями	1
определено условие для оптимального времени экспозиции через смещение изображения Δl	2
показано, что смещение объекта связано с 1 космической скоростью	1
получено выражение для оптимального времени экспозиции	2
получено численное значение времени экспозиции	1
ИТОГО	10