



МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ

*олимпиады школьников
«ЛОМОНОСОВ»
по физике*

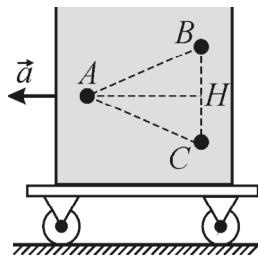
2015/2016 учебный год

Заключительный этап, 10-11 классы

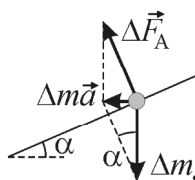
Вопрос 1, вариант 1

1.6.1. Дайте определение давления. Какие единицы измерения давления вы знаете?

Задача. На тележке, находящейся на горизонтальном столе, установлен сосуд в форме куба. Сосуд доверху заполнен жидкостью, внутри которой в точках A, B, C закреплены три датчика давления (см. рисунок). Треугольник ABC равнобедренный, основание BC вертикально и равно $2l = 0,5$ м, высота треугольника AH равна $h = 0,5$ м. Когда тележку начали двигать влево с постоянным ускорением, часть жидкости вылилась, а ее свободная поверхность спустя достаточно большое время приняла установившееся наклонное положение. Какой угол α образует при этом поверхность жидкости с горизонтом, если все датчики давления остаются полностью погруженными в жидкость, а их показания равны соответственно $p_A = 100,6$ кПа, $p_B = 101$ кПа и $p_C = 106$ кПа?



1.6.1. Решение. Разность давлений в точках B и C на одной вертикали на расстоянии $2l$ друг от друга равна $p_C - p_B = 2\rho gl$. Посередине между ними (в точке H), давление равно p_H , причем $p_C - p_H = \rho gl$. Точки A и H лежат на одной горизонтали, поэтому $p_H - p_A = \rho ah$, где a – модуль ускорения тележки. Решая записанную систему уравнений, находим, что $\frac{a}{g} = \frac{l}{h} \cdot \frac{p_B + p_C - 2p_A}{p_C - p_B}$. Рассмотрим малый



элемент жидкости массой Δm , находящийся вблизи ее свободной поверхности. Этот элемент движется с ускорением $\vec{a}$ под действием силы тяжести $\Delta m\vec{g}$ и архимедовой силы $\vec{\Delta F}_A$, которая перпендикулярна поверхности жидкости. Из рисунка видно, что искомый угол определяется соотношением $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{g}$. Поэтому $\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{h} \cdot \frac{p_B + p_C - 2p_A}{p_C - p_B}$.

Ответ: $\alpha = \arctg \left(\frac{l}{h} \cdot \frac{p_B + p_C - 2p_A}{p_C - p_B} \right) = \arctg 0,58 \approx 30^\circ$.

Критерии оценки

Теоретические вопросы (каждый вопрос оценивается максимально в 5 баллов)

1. Ответ по существу обеих частей вопроса полностью отсутствует – **0 баллов**.
2. Ответ является неполным (дан ответ только на одну часть вопроса) – **1 – 2 балла**.
3. Ответ является неполным (даны формально ответы на обе части вопроса, но отсутствуют или не полностью приведены необходимые пояснения) – **3 – 4 баллов**
4. Ответ является полным (содержит по обеим частям вопроса необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла) – **5 баллов**.

Задачи (каждая задача оценивается максимально в 25 баллов)

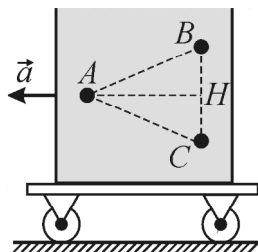
1. Задача вовсе не решалась – **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы – **5 – 14 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – **15 – 20 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **21-23 балла**.

5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **25 баллов**.

Вопрос 1, вариант 2

1.6.2. Сформулируйте закон Паскаля. Каков принцип действия гидравлического пресса?

Задача. На тележке, находящейся на горизонтальном столе, установлен сосуд в форме куба. Сосуд доверху заполнен жидкостью, внутри которой в точках A, B, C закреплены три датчика давления (см. рисунок). Треугольник ABC равнобедренный, основание BC вертикально и равно $2l = 0,5$ м, высота треугольника AH равна $h = 0,5$ м. Когда тележку начали плавно разгонять, двигая ее влево с постепенно увеличивающимся ускорением, свободная поверхность жидкости стала приобретать наклонное положение, а излишек жидкости — понемногу выливаться через правый край сосуда. При этом все датчики давления всё время оставались полностью погруженными в жидкость. Какая относительная доля n воды вылилась из сосуда к моменту, когда показания датчиков оказались равными соответственно $p_A = 100,6$ кПа, $p_B = 101$ кПа и $p_C = 106$ кПа?



1.6.2. Решение. Разность давлений в точках B и C на одной вертикали на расстоянии $2l$ друг от друга равна $p_C - p_B = 2\rho gl$. Посередине между ними (в точке H), давление равно p_H , причем $p_C - p_H = \rho gl$. Точки A и H лежат на одной горизонтали, поэтому $p_H - p_A = \rho ah$, где a — модуль ускорения тележки. Решая записанную систему уравнений, находим, что $\frac{a}{g} = \frac{l}{h} \cdot \frac{p_B + p_C - 2p_A}{p_C - p_B}$. Рассмотрим малый

элемент жидкости массой Δm , находящийся вблизи ее свободной поверхности. Этот элемент движется с ускорением $\vec{a}$ под действием силы тяжести $\Delta m\vec{g}$ и архимедовой силы $\vec{\Delta F}_A$, которая перпендикулярна поверхности жидкости. Из рисунка видно, что искомый угол определяется соотношением $\tan \alpha = \frac{a}{g}$. Поэтому $\tan \alpha = \frac{l}{h} \cdot \frac{p_B + p_C - 2p_A}{p_C - p_B}$. Пусть b — длина ребра куба. Тогда первоначальный объем жидкости равен b^3 . При движении с сосуда ускорением выльется жидкость объемом $\frac{b^3 \tan \alpha}{2}$, поэтому $n = \frac{\tan \alpha}{2}$. **Ответ:** $n = \frac{l}{h} \cdot \frac{p_B + p_C - 2p_A}{2(p_C - p_B)} = 0,29$.

Критерии оценки

Теоретические вопросы (каждый вопрос оценивается максимально в 5 баллов)

1. Ответ по существу обеих частей вопроса полностью отсутствует — **0 баллов**.
2. Ответ является неполным (дан ответ только на одну часть вопроса) — **1 – 2 балла**.
3. Ответ является неполным (даны формально ответы на обе части вопроса, но отсутствуют или не полностью приведены необходимые пояснения) — **3 – 4 баллов**
4. Ответ является полным (содержит по обеим частям вопроса необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла) — **5 баллов**.

Задачи (каждая задача оценивается максимально в 25 баллов)

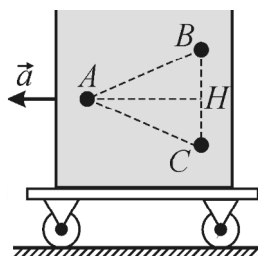
1. Задача вовсе не решалась — **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы — **5 – 14 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи — **15 – 20 баллов**.

4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **21-23 балла**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **25 баллов**.

Вопрос 1, вариант 3

1.6.3. Сформулируйте закон Архимеда. Каковы условия плавания тела?

Задача. На тележке, находящейся на горизонтальном столе, установлен сосуд в форме куба. Сосуд доверху заполнен жидкостью, внутри которой в точках A , B , C закреплены три датчика давления (см. рисунок). Треугольник ABC равнобедренный, основание BC вертикально и равно $2l = 0,5$ м, высота треугольника AH равна $h = 0,5$ м. Когда тележку начали двигать влево с постоянным ускорением, часть жидкости вылилась, а ее свободная поверхность спустя достаточно большое время приняла установившееся наклонное положение. Каково по модулю ускорение a тележки, если все датчики давления оставались полностью погруженными в жидкость, а их показания оказались равными соответственно $p_A = 100,6$ кПа, $p_B = 101$ кПа и $p_C = 106$ кПа? Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с².



1.6.3. Решение. Разность давлений в точках B и C на одной вертикали на расстоянии $2l$ друг от друга равна $p_C - p_B = 2\rho gl$. Посередине между ними (в точке H), давление равно p_H , причем $p_C - p_H = \rho gl$. Точки A и H лежат на одной горизонтали, поэтому $p_H - p_A = \rho ah$. Решая записанную систему уравнений, находим, что $\frac{a}{g} = \frac{l}{h} \cdot \frac{p_B + p_C - 2p_A}{p_C - p_B}$.

Ответ: $a = g \left(\frac{l}{h} \cdot \frac{p_B + p_C - 2p_A}{p_C - p_B} \right) = 5,8 \text{ м/с}^2$.

Критерии оценки

Теоретические вопросы (каждый вопрос оценивается максимально в 5 баллов)

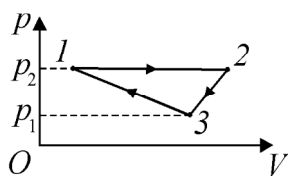
1. Ответ по существу обеих частей вопроса полностью отсутствует – **0 баллов**.
2. Ответ является неполным (дан ответ только на одну часть вопроса) – **1 – 2 балла**.
3. Ответ является неполным (даны формально ответы на обе части вопроса, но отсутствуют или не полностью приведены необходимые пояснения) – **3 – 4 баллов**
4. Ответ является полным (содержит по обеим частям вопроса необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла) – **5 баллов**.

Задачи (каждая задача оценивается максимально в 25 баллов)

1. Задача вовсе не решалась – **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы – **5 – 14 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – **15 – 20 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **21-23 балла**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **25 баллов**.

Вопрос 2, вариант 1

2.5.1. Что такое внутренняя энергия термодинамической системы? Какими способами можно изменить внутреннюю энергию системы?



Задача. Над некоторым количеством гелия совершают циклический процесс, pV -диаграмма которого показана на рисунке. Определите коэффициент полезного действия η цикла, если температура гелия при переходе из состояния 3 в состояние 1 монотонно падает, а отношение давлений $p_2 / p_1 = n = 2$.

2.5.1. Решение. При изобарном расширении на участке 1 – 2 гелий совершает положительную работу и его температура возрастает. На двух остальных участках газ совершает отрицательную работу и его температура падает. Поэтому гелий получает от нагревателя количество теплоты

$Q_{\text{н}} = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{5}{2} (p_2 V_2 - p_2 V_1)$, где ν – количество гелия, R – универсальная газовая постоянная, T_1 и T_2 – абсолютные температуры гелия в точках 1 и 2, V_1 и V_2 – объёмы гелия в точках 1 и 2. Работа гелия за цикл численно равна площади треугольника 123, т.е.

$A = \frac{1}{2} (V_2 - V_1) (p_2 - p_1)$. Учитывая, что по определению КПД цикла равен $\eta = \frac{A}{Q_{\text{н}}}$, находим, что

$\eta = \frac{1}{5} (1 - p_1 / p_2)$. **Ответ:** $\eta = \frac{n-1}{5n} \cdot 100\% = 10\%$.

Критерии оценки

Теоретические вопросы (каждый вопрос оценивается максимально в 5 баллов)

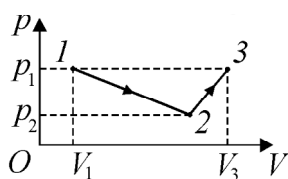
1. Ответ по существу обеих частей вопроса полностью отсутствует – **0 баллов**.
2. Ответ является неполным (дан ответ только на одну часть вопроса) – **1 – 2 балла**.
3. Ответ является неполным (даны формально ответы на обе части вопроса, но отсутствуют или не полностью приведены необходимые пояснения) – **3 – 4 баллов**
4. Ответ является полным (содержит по обеим частям вопроса необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла) – **5 баллов**.

Задачи (каждая задача оценивается максимально в 15 баллов)

1. Задача вовсе не решалась – **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы – **1 – 5 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – **6 – 10 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **11-14 баллов**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **15 баллов**.

Вопрос 2, вариант 2

2.5.2. Сформулируйте первый закон термодинамики. Чему равны теплоемкости одноатомного идеального газа при изохорном и изобарном процессах?



Задача. Давление некоторого количества идеального одноатомного газа медленно изменяют от величины $p_1 = 2 \cdot 10^5$ Па до $p_2 = 10^5$ Па, а затем вновь делают равным p_1 в соответствии с pV -диаграммой, показанной на рисунке. Определите количество теплоты, которым газ обменялся с другими телами, если в исходном состоянии 1 его объем был равен $V_1 = 10$ л, а в конечном состоянии 3 стал равным $V_3 = 20$ л.

2.5.2. Решение. Согласно первому закону термодинамики искомое количество теплоты $\Delta Q = \Delta U + \Delta A$, где ΔU – изменение внутренней энергии, а ΔA – совершённая газом работа при переходе из состояния 1 в состояние 3. Поскольку $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1)$, где ν – количество газа, R – универсальная газовая постоянная, а T_1 и T_3 – абсолютные температуры газа в точках 1 и 3, то согласно уравнению Менделеева – Клапейрона $\Delta U = \frac{3}{2} p_1 (V_3 - V_1)$. Учитывая, что $\Delta A = \Delta A_{12} + \Delta A_{23}$, находим, что $\Delta A = \frac{1}{2} (p_1 + p_2) (V_2 - V_1) + \frac{1}{2} (p_1 + p_2) (V_3 - V_2) = \frac{1}{2} (p_1 + p_2) (V_3 - V_1)$. Окончательно получаем, что $\Delta Q = \left(2p_1 + \frac{p_2}{2} \right) (V_3 - V_1)$. **Ответ:** $\Delta Q = \left(2p_1 + \frac{p_2}{2} \right) (V_3 - V_1) = 4,5$ кДж.

Критерии оценки

Теоретические вопросы (каждый вопрос оценивается максимально в 5 баллов)

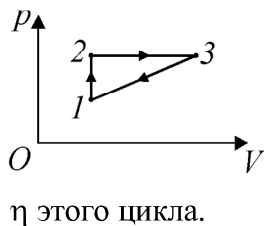
1. Ответ по существу обеих частей вопроса полностью отсутствует – **0 баллов**.
2. Ответ является неполным (дан ответ только на одну часть вопроса) – **1 – 2 балла**.
3. Ответ является неполным (даны формально ответы на обе части вопроса, но отсутствуют или не полностью приведены необходимые пояснения) – **3 – 4 баллов**
4. Ответ является полным (содержит по обеим частям вопроса необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла) – **5 баллов**.

Задачи (каждая задача оценивается максимально в 15 баллов)

1. Задача вовсе не решалась – **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы – **1 – 5 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – **6 – 10 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **11-14 баллов**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **15 баллов**.

Вопрос 2, вариант 3

2.5.3. Дайте определение коэффициента полезного действия (КПД) теплового двигателя. Чему равно максимальное значение КПД теплового двигателя?



Задача. На рисунке изображена pV -диаграмма циклического процесса, в ходе которого давление некоторого количества гелия изохорно увеличивают в $n = 2$ раза. Затем объём гелия изобарно увеличивают в $k = 3$ раза. После этого газ возвращают в исходное состояние, уменьшая его давление по линейному закону с уменьшением объёма. Определите коэффициент полезного действия η этого цикла.

2.5.3. Решение. При изохорном и изобарном изменениях состояния гелий получает от нагревателя количество теплоты $Q_n = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) + \frac{5}{2} \nu R(T_3 - T_2)$, где ν — количество гелия, R — универсальная газовая постоянная, T_1, T_2, T_3 — абсолютные температуры гелия в точках 1, 2 и 3. Поскольку согласно уравнению Менделеева – Клапейрона давление p_i , объём V_i и абсолютная температура T_i гелия в i -ой точке удовлетворяют соотношению $p_i V_i = \nu R T_i$, то $Q_n = \frac{5}{2} p_3 V_3 - p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1$, или, с учетом данных из условия задачи, $Q_n = \frac{p_1 V_1}{2} (5nk - 2n - 3)$. Работа гелия за цикл равна $A = \frac{1}{2} (p_2 - p_1)(V_3 - V_1) = \frac{p_1 V_1}{2} (n-1)(k-1)$. По определению КПД цикла $\eta = \frac{A}{Q_n}$. Следовательно, $\eta = \frac{(n-1)(k-1)}{5nk - 2n - 3}$. **Ответ:** $\eta = \frac{(n-1)(k-1)}{5nk - 2n - 3} \cdot 100\% \approx 8,7\%$.

Критерии оценки

Теоретические вопросы (каждый вопрос оценивается максимально в 5 баллов)

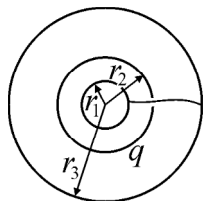
1. Ответ по существу обеих частей вопроса полностью отсутствует — **0 баллов**.
2. Ответ является неполным (дан ответ только на одну часть вопроса) — **1 – 2 балла**.
3. Ответ является неполным (даны формально ответы на обе части вопроса, но отсутствуют или не полностью приведены необходимые пояснения) — **3 – 4 баллов**
4. Ответ является полным (содержит по обеим частям вопроса необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла) — **5 баллов**.

Задачи (каждая задача оценивается максимально в 15 баллов)

1. Задача вовсе не решалась — **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы — **1 – 5 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи — **6 – 10 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности — **11-14 баллов**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ — **15 баллов**.

Вопрос 3, вариант 1

3.8.1. Сформулируйте закон Кулона. Чему равна напряженность электростатического поля точечного заряда?



Задача. Три тонкие проводящие концентричные сферы первоначально не заряжены, а первая и третья сферы соединены между собой тонким изолированным проводом, проходящим через малое отверстие во второй сфере. Радиусы сфер $r_1 = R$, $r_2 = 2R$, $r_3 = 4R$. Какой заряд q_1 будет наведен на сфере радиуса r_1 , если сообщить средней сфере заряд $q = 6$ нКл? Ответ выразите в нанокуллонах, округлив до десятых.

3.8.1. Решение. В исходном состоянии потенциалы всех сфер равны нулю, т.к. на них нет электрических зарядов. После сообщения второй сфере заряда q должно произойти перераспределение зарядов между первой и третьей сферами. Пусть заряд первой сферы установится равным q_1 . Тогда на третью сферу перетечет заряд $-q_1$. Пренебрегая зарядом на тонком проводе и влиянием малого отверстия во второй сфере, можно утверждать, что модуль напряжённости электростатического поля в пространстве между первой и второй сферами

$$E_{1-2}(r) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \text{ в пространстве между второй и третьей сферами } - E_{2-3}(r) = \frac{q_1 + q}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

Следовательно, разность потенциалов между первой и второй сферами будет равна

$$\varphi_{1-2}(r_1) - \varphi_{1-2}(r_2) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right), \text{ а между второй и третьей должна стать равной}$$

$$\varphi_{2-3}(r_2) - \varphi_{2-3}(r_3) = \frac{q_1 + q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} \right).$$

Ток в проводнике, соединяющем первую и третью сферы, прекратится, когда разность потенциалов между ними станет равной нулю, т.е.

$$\varphi_{1-2}(r_1) - \varphi_{1-2}(r_2) + \varphi_{2-3}(r_2) - \varphi_{2-3}(r_3) = 0. \text{ Из этого равенства находим, что } q_1 = -q \frac{r_1(r_3 - r_2)}{r_2(r_3 - r_1)}.$$

Ответ: $q_1 = -q \frac{r_1(r_3 - r_2)}{r_2(r_3 - r_1)} = -\frac{q}{3} = -2$ нКл.

Критерии оценки

Теоретические вопросы (каждый вопрос оценивается максимально в 5 баллов)

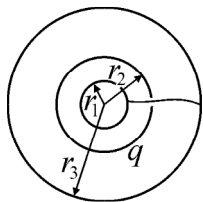
1. Ответ по существу обеих частей вопроса полностью отсутствует – **0 баллов**.
2. Ответ является неполным (дан ответ только на одну часть вопроса) – **1 – 2 балла**.
3. Ответ является неполным (даны формально ответы на обе части вопроса, но отсутствуют или не полностью приведены необходимые пояснения) – **3 – 4 баллов**
4. Ответ является полным (содержит по обоим частям вопроса необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла) – **5 баллов**.

Задачи (каждая задача оценивается максимально в 25 баллов)

1. Задача вовсе не решалась – **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы – **5 – 14 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – **15 – 20 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **21-23 балла**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **25 баллов**.

Вопрос 3, вариант 2

3.8.2. Как определяется потенциал электростатического поля? Чему равен потенциал поля точечного заряда?



Задача. Три тонкие проводящие концентричные сферы первоначально не заряжены, а первая и третья сферы соединены между собой тонким изолированным проводом, проходящим через малое отверстие во второй сфере. Радиусы сфер $r_1 = R$, $r_2 = 2R$, $r_3 = 4R$. Какой заряд q сообщили средней сфере, если заряд, наведенный на сфере радиуса r_1 , оказался равным $q_1 = 3$ нКл? Ответ выразите в нанокюлонах, округлив до десятых.

3.8.2. Решение. В исходном состоянии потенциалы всех сфер равны нулю, т.к. на них нет электрических зарядов. После сообщения второй сфере заряда q должно произойти перераспределение зарядов между первой и третьей сферами. Пусть заряд первой сферы установится равным q_1 . Тогда на третью сферу перетечет заряд $-q_1$. Пренебрегая зарядом на тонком проводе и влиянием малого отверстия во второй сфере, можно утверждать, что модуль напряжённости электростатического поля в пространстве между первой и второй сферами

$$E_{1-2}(r) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \text{ в пространстве между второй и третьей сферами } - E_{2-3}(r) = \frac{q_1 + q}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

Следовательно, разность потенциалов между первой и второй сферами будет равна

$$\varphi_{1-2}(r_1) - \varphi_{1-2}(r_2) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right), \text{ а между второй и третьей должна стать равной}$$

$$\varphi_{2-3}(r_2) - \varphi_{2-3}(r_3) = \frac{q_1 + q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} \right).$$

Ток в проводнике, соединяющем первую и третью сферы, прекратится, когда разность потенциалов между ними станет равной нулю, т.е.

$$\varphi_{1-2}(r_1) - \varphi_{1-2}(r_2) + \varphi_{2-3}(r_2) - \varphi_{2-3}(r_3) = 0. \text{ Из этого равенства находим, что } q = -q_1 \frac{r_2(r_3 - r_1)}{r_1(r_3 - r_2)}.$$

Ответ: $q = -q_1 \frac{r_2(r_3 - r_1)}{r_1(r_3 - r_2)} = -3q_1 = -9$ нКл.

Критерии оценки

Теоретические вопросы (каждый вопрос оценивается максимально в 5 баллов)

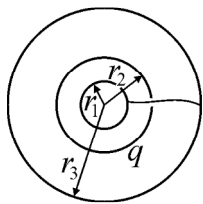
1. Ответ по существу обеих частей вопроса полностью отсутствует – **0 баллов**.
2. Ответ является неполным (дан ответ только на одну часть вопроса) – **1 – 2 балла**.
3. Ответ является неполным (даны формально ответы на обе части вопроса, но отсутствуют или не полностью приведены необходимые пояснения) – **3 – 4 баллов**
4. Ответ является полным (содержит по обеим частям вопроса необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла) – **5 баллов**.

Задачи (каждая задача оценивается максимально в 25 баллов)

1. Задача вовсе не решалась – **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы – **5 – 14 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – **15 – 20 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **21-23 балла**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **25 баллов**.

Вопрос 3, вариант 3

3.8.3. Дайте определение емкости. Чему равна емкость плоского конденсатора?



Задача. Три тонкие проводящие концентрические сферы первоначально не заряжены, а первая и третья сферы соединены между собой тонким изолированным проводом, проходящим через малое отверстие во второй сфере. Радиусы первой и второй сфер $r_1 = R$, $r_2 = 2R$, а радиус третьей сферы r_3 неизвестен. Средней сфере сообщили заряд $q = 9$ нКл, вследствие чего заряд, наведенный на сфере радиуса r_1 , оказался равным $q_1 = -3$ нКл. Чему равен радиус третьей сферы? Ответ выразите через R .

3.8.3. Решение. В исходном состоянии потенциалы всех сфер равны нулю, т.к. на них нет электрических зарядов. После сообщения второй сфере заряда q должно произойти перераспределение зарядов между первой и третьей сферами. Пусть заряд первой сферы установится равным q_1 . Тогда на третью сферу перетечет заряд $-q_1$. Пренебрегая зарядом на тонком проводе и влиянием малого отверстия во второй сфере, можно утверждать, что модуль напряжённости электростатического поля в пространстве между первой и второй сферами

$$E_{1-2}(r) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \text{ в пространстве между второй и третьей сферами } - E_{2-3}(r) = \frac{q_1 + q}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

Следовательно, разность потенциалов между первой и второй сферами будет равна

$$\varphi_{1-2}(r_1) - \varphi_{1-2}(r_2) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right), \text{ а между второй и третьей должна стать равной}$$

$$\varphi_{2-3}(r_2) - \varphi_{2-3}(r_3) = \frac{q_1 + q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} \right).$$

Ток в проводнике, соединяющем первую и третью сферы, прекратится, когда разность потенциалов между ними станет равной нулю, т.е.

$$\varphi_{1-2}(r_1) - \varphi_{1-2}(r_2) + \varphi_{2-3}(r_2) - \varphi_{2-3}(r_3) = 0. \text{ Из этого равенства находим, что } r_3 = \frac{r_1 r_2 (q + q_1)}{r_1 q + r_2 q_1}.$$

Ответ: $r_3 = \frac{r_1 r_2 (q + q_1)}{r_1 q + r_2 q_1} = 4R.$

Критерии оценки

Теоретические вопросы (каждый вопрос оценивается максимально в 5 баллов)

1. Ответ по существу обеих частей вопроса полностью отсутствует – **0 баллов**.
2. Ответ является неполным (дан ответ только на одну часть вопроса) – **1 – 2 балла**.
3. Ответ является неполным (даны формально ответы на обе части вопроса, но отсутствуют или не полностью приведены необходимые пояснения) – **3 – 4 баллов**
4. Ответ является полным (содержит по обеим частям вопроса необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла) – **5 баллов**.

Задачи (каждая задача оценивается максимально в 25 баллов)

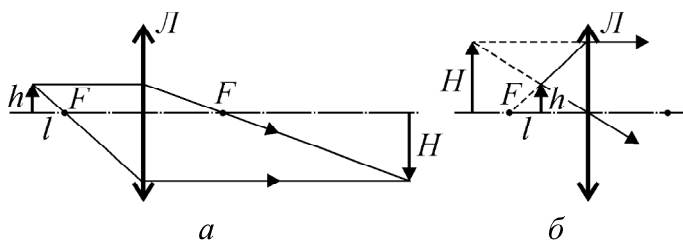
1. Задача вовсе не решалась – **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы – **5 – 14 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – **15 – 20 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **21-23 балла**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **25 баллов**.

Вопрос 4, вариант 1

4.7.1. Сформулируйте законы отражения света. Приведите пример построения изображения предмета в плоском зеркале.

Задача. На расстоянии $l = 20$ см от фокуса тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 50$ см расположена горящая свеча. Через некоторое время высота свечи уменьшилась на $\Delta h = 2$ см. Определите произошедшее при этом изменение ΔH высоты изображения свечи.

4.7.1. Решение. На рисунке показаны два возможных случая расположения свечи высотой h относительно линзы L . В первом случае изображение свечи является действительным (рис. а), а во втором – мнимым (рис. б). Однако, в обоих случаях отношение размера свечи h к размеру её изображения H равно l/F . Поэтому в обоих случаях при уменьшении размера свечи на Δh размер её изображения уменьшится на $\Delta H = F \cdot \Delta h / l = 5$ см. **Ответ:** $\Delta H = F \cdot \Delta h / l = 5$ см.



Критерии оценки

Теоретические вопросы (каждый вопрос оценивается максимально в 5 баллов)

1. Ответ по существу обеих частей вопроса полностью отсутствует – **0 баллов**.
2. Ответ является неполным (дан ответ только на одну часть вопроса) – **1 – 2 балла**.
3. Ответ является неполным (даны формально ответы на обе части вопроса, но отсутствуют или не полностью приведены необходимые пояснения) – **3 – 4 баллов**
4. Ответ является полным (содержит по обеим частям вопроса необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла) – **5 баллов**.

Задачи (каждая задача оценивается максимально в 15 баллов)

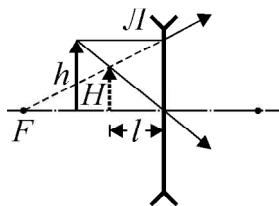
1. Задача вовсе не решалась – **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы – **1 – 5 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – **6 – 10 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **11-14 баллов**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **15 баллов**.

Вопрос 4, вариант 2

4.7.2. Сформулируйте законы преломления света. Дайте определения абсолютного и относительного показателей преломления.

Задача. Перед тонкой рассеивающей линзой с фокусным расстоянием, модуль которого $F = 40$ см, расположена горящая свеча так, что её изображение находится на расстоянии $l = 10$ см от линзы. Через некоторое время высота свечи уменьшилась на $\Delta h = 2$ см. Определите произошедшее при этом изменение ΔH высоты изображения свечи.

4.7.2. Решение. На рисунке показано построение изображения свечи в рассеивающей линзе. Из рисунка видно, что отношение размера свечи h к размеру ее изображения H равно $\frac{h}{H} = \frac{F}{F-l}$. Поэтому при уменьшении размера свечи на Δh размер ее изображения уменьшится на $\Delta H = \frac{F-l}{F} \Delta h = 1,5$ см.



Ответ: $\Delta H = \frac{F-l}{F} \Delta h = 1,5$ см.

Критерии оценки

Теоретические вопросы (каждый вопрос оценивается максимально в 5 баллов)

1. Ответ по существу обеих частей вопроса полностью отсутствует – **0 баллов**.
2. Ответ является неполным (дан ответ только на одну часть вопроса) – **1 – 2 балла**.
3. Ответ является неполным (даны формально ответы на обе части вопроса, но отсутствуют или не полностью приведены необходимые пояснения) – **3 – 4 баллов**
4. Ответ является полным (содержит по обеим частям вопроса необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла) – **5 баллов**.

Задачи (каждая задача оценивается максимально в 15 баллов)

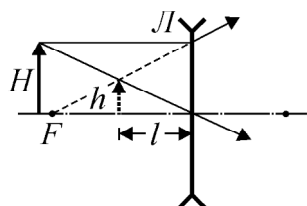
1. Задача вовсе не решалась – **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы – **1 – 5 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – **6 – 10 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **11-14 баллов**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **15 баллов**.

Вопрос 4, вариант 3

4.7.3. Дайте определение светового луча. Сформулируйте закон прямолинейного распространения света.

Задача. Перед тонкой рассеивающей линзой с оптической силой $D = -2$ дптр расположена горящая свеча. Размер изображения свечи за некоторое время уменьшился на $\Delta h = 0,5$ см. Определите, на каком расстоянии l от линзы находилось изображение свечи, если размер свечи за это же время уменьшился на $\Delta H = 2$ см.

4.7.3. Решение. На рисунке показано построение изображения свечи в рассеивающей линзе, где $F = 1/|D|$ – модуль фокусного расстояния линзы. Из рисунка видно, что отношение размера свечи H к размеру ее изображения h равно $\frac{H}{h} = \frac{F}{F-l}$. Поэтому при уменьшении размера свечи на ΔH размер ее изображения уменьшится на $\Delta h = \frac{F-l}{F} \Delta H$. Отсюда



$$l = F \left(1 - \frac{\Delta h}{\Delta H} \right) = \frac{1}{|D|} \left(1 - \frac{\Delta h}{\Delta H} \right) = 37,5 \text{ см.} \quad \text{Ответ: } l = \frac{1}{|D|} \left(1 - \frac{\Delta h}{\Delta H} \right) = 37,5 \text{ см.}$$

Критерии оценки

Теоретические вопросы (каждый вопрос оценивается максимально в 5 баллов)

1. Ответ по существу обеих частей вопроса полностью отсутствует – **0 баллов**.
2. Ответ является неполным (дан ответ только на одну часть вопроса) – **1 – 2 балла**.
3. Ответ является неполным (даны формально ответы на обе части вопроса, но отсутствуют или не полностью приведены необходимые пояснения) – **3 – 4 баллов**
4. Ответ является полным (содержит по обеим частям вопроса необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла) – **5 баллов**.

Задачи (каждая задача оценивается максимально в 15 баллов)

1. Задача вовсе не решалась – **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы – **1 – 5 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – **6 – 10 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **11-14 баллов**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **15 баллов**.



2015/2016 учебный год
КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ И ПРИЗЁРОВ¹

олимпиады школьников

«ЛОМОНОСОВ»

по физике

10-11 классы

ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП

ПОБЕДИТЕЛЬ:

нет победителей.

ПРИЗЁР:

*От **40** баллов до **100** баллов включительно.*

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

ПОБЕДИТЕЛЬ (диплом I степени):

*От **90** баллов включительно и выше.*

ПРИЗЁР (диплом II степени):

*От **84** баллов до **89** баллов включительно.*

ПРИЗЁР (диплом III степени):

*От **79** баллов до **83** баллов включительно.*

¹ Утверждены на заседании жюри олимпиады школьников «Ломоносов» по физике