Решения заданий
II этапа республиканской олимпиады по физике в 2018/2019 учебном году
10 класс

Задача 1. Опыт Кавендиша.

а) Из условия равновесия рычага сумма моментов сил притяжения маленьких шаров к большим равна моменту сил упругости нити:

$$2\frac{GMm}{r^2}\frac{l}{2} = f\alpha.$$

Период крутильных колебаний

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{f}} = 2\pi\sqrt{\frac{ml^2}{2f}}.$$

Отсюда $f = 2(\frac{\pi}{T})^2 ml^2.$

$$\frac{GMml}{r^2} = 2(\frac{\pi}{T})^2 ml^2\alpha.$$

Выражая отсюда угол α, получаем

$$\alpha = \frac{GM}{2lr^2}(\frac{T}{\pi})^2.$$

Массу шара выражаем через плотность и объем и получаем 158 кг. Подставляя численные данные, получаем α=0,004395 рад =0,252°.

б) $g = \frac{GM}{R^2} = \frac{G\rho\frac{4}{3}\pi R^3}{R^2} = G\rho\frac{4}{3}\pi R.$

Отсюда средняя плотность Земли

$$\rho = \frac{3g}{4\pi RG} = 5{,}51\cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

Задача 2. Плавление льда. Количество теплоты, которое необходимо для того, чтобы полностью растопить лед:

$$Q_0 = cm\left(t_0^0 - t_1^0\right) + \lambda m = 34{,}025 \text{ кДж}. \quad (1)$$

С учетом того, что ρ = 1,12·10^{-6} Ом·м = 1,12·10^{-6} Ом·м^2/м = {1 м = 10^3 мм} = 1,12 Ом·мм^2/м, найдем сопротивление нихромовой проволоки:

$$R = \rho\frac{l}{S} = \left\{S = \frac{\pi d^2}{4}\right\} = \frac{4\rho l}{\pi d^2} = 0{,}713 \text{ Ом}. \quad (2)$$

Сила тока, текущего по нихромовой проволоке:

$$I = \frac{U}{R} = 14{,}02 \text{ А}. \quad (3)$$

Значение джоулева тепла (с учетом (2) и (3)) равно:

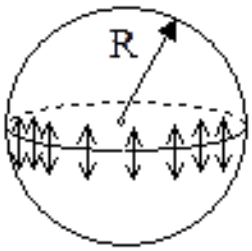
$$Q_1 = I^2Rt = 33{,}66 \text{ кДж}. \quad (4)$$

Сравнивая (4) и (1), приходим к выводу, что $Q_1 < Q_0$, поэтому ответ отрицательный.

Ответ: Не хватит.

Задача 3. Свойства жидкости и пара

а) Воспользуемся выводом давления Лапласа, предложенным на сайте http://site-to-you.ru/my1/my-144756.php



Рассечем мысленно сферическую каплю жидкости диаметральной плоскостью на два полушария. Из-за поверхностного натяжения оба полушария притягиваются с силой, равной

$$F = \sigma \cdot 2\pi R \qquad (1)$$

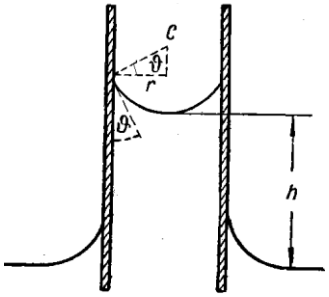
Эта сила прижимает друг к другу оба полушария по поверхности

$$S = \pi R^2. \qquad (2)$$

С учетом (1) и (2), указанная сила обусловливает дополнительное давление

$$\Delta p = \frac{F}{S} = \frac{2\sigma}{R}. \qquad (3)$$

Принято говорить, что давление Лапласа направлено к центру кривизны поверхности.



б) В случае смачивания капилляра в капилляре образуется вогнутая поверхность. Давление под ней меньше на величину Δp (см. (3)). Вследствие давления, вызванного кривизной поверхности, жидкость, заполняющая трубку, испытывает давление Δp, направленное вверх. Под действием этого давления жидкость поднимается по трубке до уровня h, и тогда возникает гидростатическое давление столба жидкости высотой h:

$$p_1 = \rho g h. \qquad (4)$$

Условием равновесия давлений Δp и p_1 будет, согласно (3) и (4), равенство

$$\frac{2\sigma}{R} = \rho g h. \qquad (5)$$

Отсюда, в соответствии с (5) и с рисунком,

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g R} = \frac{2\sigma \cos(\vartheta)}{\rho g r}. \qquad (6)$$

Если жидкость не смачивает стенки капилляра, то образуется выпуклая поверхность, и давление Лапласа направлено вниз. Формула (6) справедлива и в этом случае, но краевой угол больше 90° и $h < 0$.

в) Высота поднятия керосина должна быть не меньше h_0 = 10 см. Из (6) находим

$$r_0 \le \frac{2\sigma\cos\vartheta}{\rho g h} = \{\vartheta = 0\} = \frac{2\sigma}{\rho g h}. \qquad (7)$$

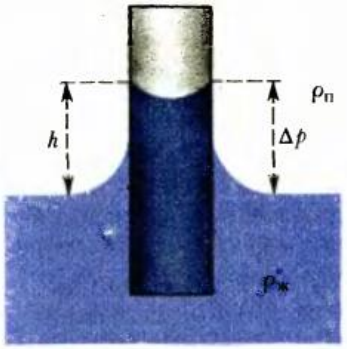
Тогда для диаметра пор получаем условие:

$$d_0 \le 2r_0 = \frac{4\sigma}{\rho g h}. \qquad (8)$$

Подстановка численных данных из условия дает $d_0 \le 1{,}6\cdot10^{-4}$ м.

г) Для вывода зависимости изменения давления насыщенного пара от радиуса кривизны поверхности жидкости, рассмотрим жидкость с капилляром в закрытом сосуде. В пространстве над жидкостью будет находиться насыщенный пар.

Давление на уровне поверхности жидкости одинаково как внутри капилляра, так и вне капилляра. Давление насыщенных паров на высоте h во всем сосуде также одинаково.



Обозначая через p_0 давление на высоте $h = 0$ (над не искривленной поверхностью жидкости вне капилляра) а через p_h давление насыщенных паров на высоте h, имеем ($\rho_П$ – плотность насыщенных паров):

$$p_h = p_0 - \rho_П g h. \qquad (9)$$

Высота поднятия жидкости в капилляре при полном смачивании, согласно (6) (R – радиус кривизны поверхности жидкости),

$$h = \frac{2\sigma}{\rho_ж g R}. \qquad (10)$$

Подставляя (10) в (9), получаем:

$$p_h = p_0 - \frac{\rho_П}{\rho_ж}\cdot\frac{2\sigma}{R}. \qquad (11)$$

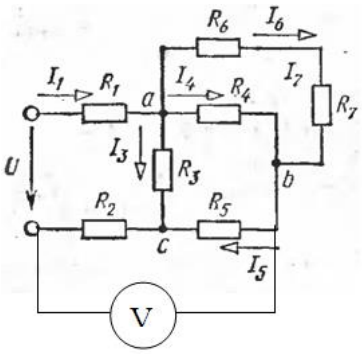
Это и есть искомая формула зависимости давления насыщенного пара над искривленной поверхностью жидкости от кривизны поверхности. Она верна не только для капилляров, но и для капель жидкости. Поэтому индекс «h» можно опустить:

$$p = p_0 - \frac{\rho_П}{\rho_ж}\cdot\frac{2\sigma}{R}. \qquad (12)$$

Рассмотрев аналогичный случай с не смачивающей жидкостью, получим для выпуклой поверхности

$$p = p_0 + \frac{\rho_П}{\rho_ж}\cdot\frac{2\sigma}{R}. \qquad (13)$$

Задача 4. . Электрические цепи.



а) Проведем эквивалентные преобразования, упрощая схему. $R_{67}=R_6+R_7=3$ Ом.

$$R_{467} = \frac{R_4 R_{67}}{R_4 + R_{67}} = 2Oì.$$

$R_{5467}=R_5+R_{467}=3$ Ом.

$$R_{35467}=\frac{R_3R_{5467}}{R_3+R_{5467}}=2Oì\ .$$

Общее сопротивление цепи

$R=R_1+R_2+R_{25467}=3$ Ом.

$I_1=I_2=U/R=$**40 А.**

$U_{ac}=I_1 R_{35467}=80$В.

$I_3=U_{ac}/R_3=$**13**$\frac{1}{3}$ А.

$I_5=U_{ac}/R_{5467}=$**26**$\frac{2}{3}$ А.

$U_{ab}=I_5 R_{467}=53\frac{1}{3}$ В.

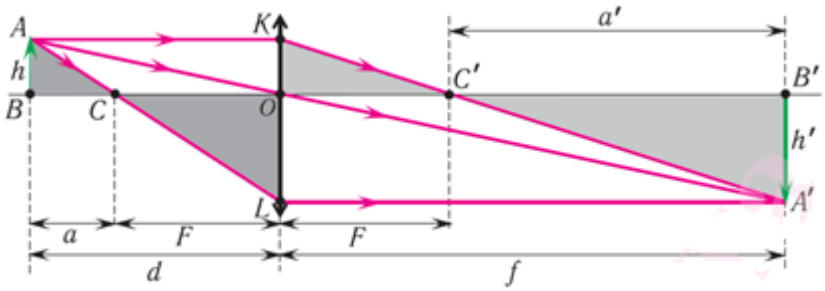
$I_4=U_{ab}/R_4=$ **8,89 А.**

$I_6=I_7=U_{ab}/R_{67}=$**17,78 А.**

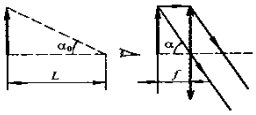
б) $U_V=I_5R_5+I_2R_2=$**46,67 В.**

Задача 5 Линзы.

а) Воспользуемся выводом из учебного пособия для 11 класса:

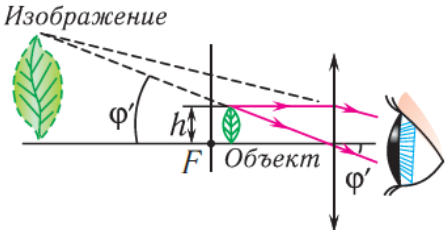


Из подобия треугольников ΔABO и ΔA’B’O следует, что линейное увеличение тонкой линзы $\boxed{\Gamma=\frac{h'}{h}=\frac{f}{d}.}$



б) Как видно из рисунка tgφ’ = tgα = h/F. tgφ = tgα_0 = h/L. → Видимое увеличение лупы **N = L/F**.

в) Воспользуемся рисунком из учебного пособия.



Т.к. глаз находится вплотную к лупе, то f совпадает с расстоянием от глаза, равным расстоянию наилучшего зрения L.

Изображение мнимое. Формула тонкой линзы для этого случая

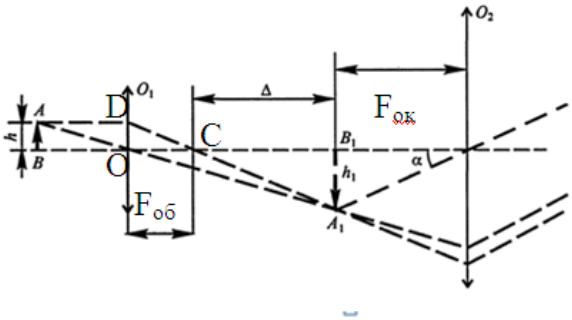
$$\frac{1}{d}-\frac{1}{f}=\frac{1}{F}.$$

Отсюда $d=\frac{f\cdot F}{f+F}=\frac{L\cdot F}{L+F}$.

$$tg\varphi'=\frac{h}{d}=h\frac{L+F}{L\cdot F}.$$

$$N = \frac{tg\varphi'}{tg\varphi} = h\frac{L+F}{L\cdot F}\frac{L}{h} = \frac{L+F}{F} = 1+\frac{L}{F}.$$

г) Из рисунка $tg\varphi' = tg\alpha = \frac{h_1}{F_{îê}}$.



Из подобия треугольников ΔODC и ΔB_1A_1C: $\frac{h_1}{h} = \frac{\Delta}{F_{îá}}$.

$$h_1 = \frac{h\cdot\Delta}{F_{îá}}.$$

Увеличение микроскопа

$$N = \frac{tg\varphi'}{tg\varphi} = \frac{h_1}{F_{îê}} : \frac{h}{L} = \frac{h\cdot\Delta\cdot L}{F_{îá}F_{îê}h} = \frac{\Delta\cdot L}{F_{îá}F_{îê}}.$$

Задача 6. Эксперимент. Увеличение лупы.

а) Получить на экране изображение источника. Для нескольких значений расстояния от линзы до предмета измерить расстояния от линзы до изображения. Справедливость формулы тонкой линзы проверяется тем, что при изменении d и f величина $\frac{1}{d}+\frac{1}{f}$ не изменяется. Она равна оптической силе линзы и обратному значению фокусного расстояния.

Можно также измерить фокусное расстояние, получив на экране изображение удаленных предметов.

б) При единичном увеличении d = f. Тогда $\frac{1}{d}+\frac{1}{d}=\frac{1}{F}$,

$\frac{2}{d}=\frac{1}{F}$, d = 2F.

Установив предмет на удвоенном фокусном расстоянии, измеряют расстояние до экрана с изображением. Оно тоже получается 2F. Измеряют размеры предмета и изображения, если позволяет оборудование.

в) Видимое увеличение лупы определяют по выведенной в задаче 5 формуле N = L/F. Если на лупе указано увеличение, то сравнивают и делают вывод.

Критерии оценки выполнения заданий
II этапа республиканской олимпиады
по физике в 2018/2019 учебном году

Примечания:

1. Указанные в таблице баллы носят скорее рекомендательный, а не обязательный характер для членов жюри.

2. За оригинальное решение задачи (менее трудоемкое, чем предложенное составителем и при этом корректное) могут быть добавлены баллы. Баллы не снижаются за корректное решение задачи способом, отличным от предложенного составителем.

З	**Критерии оценки**	**Максимум за задачу**
1	**а)** Условие равновесия рычага – 2 балла. Период крутильных колебаний – 2 балла Формула для угла закручивания – 2 балла Масса шара – 2 балла Правильный ответ для угла закручивания – 2 балла. **б)** Получена формула для ускорения свободного падения через плотность – 2 балла. Правильно посчитана плотность 1 балл.	**13 баллов**
2	Количество теплоты, необходимое для того, чтобы растопить лед – 2 балла. Сопротивление проволоки – 2 балла. Джоулево тепло – 2 балла. Правильный вывод – 1 балл	**7 баллов**
3	**а)** найдена сила поверхностного натяжения, прижимающая одну половину капли к другой – 2 балла. Найдено лапласово давление – 2 балла. (Если учащийся вывел правильную формулу, рассматривая не половину капли, а элемент поверхности, либо формула выведена через работу сил поверхностного натяжения при сжатии капли, как это делается в вузовских учебниках, то это также можно оценить на 4 балла.) **б)** Лапласово давление компенсирует гидростатическое (ф. (5)) – 2 балла. Радиус кривизны правильно выражен через радиус капилляра и краевой угол – 2 балла. Получена правильная формула – 1 балл. (Можно поставить 1 балл, если учащийся вспомнил формулу, сославшись на пройденный материал.) Рассмотрен случай не смачивания – 1 балл. (Если учащийся нашел высоту поднятия и опускания, например, через силу поверхностного натяжения, то можно	**21 балл**

	оценить на 6 баллов.) **в)** Получена формула (8) – 2 балла. Правильный ответ – 1 балл. **г)** Формула (9) – 4 балла Формула (10), использованная в данном пункте, – 1 балл Получена формула (12) – 2 балла Рассмотрен случай выпуклой поверхности – 1 балл.	
4	**а)** Правильно найдено полное сопротивление цепи – 3 балла. За каждый правильно найденный ток (от I_1 до I_6) по 1 баллу – всего максимум 6 баллов. (Если токи найдены другим корректным способом, например, с помощью правил Кирхгофа, то можно оценить пункт на те же 9 баллов.) **б)** Правильная формула для нахождения напряжения 2 балла. Правильный результат 1 балл.	**12 баллов**
5	**а)** 2 балла **б)** Выражен tgφ 1 – балл Выражен tgφ' – 2 балла Получена правильная формула для увеличения 1 балл **в)** Изображение находится на расстоянии L от линзы – 1 балл Найдено расстояние предмета от лупы – 3 балла. Найден tgφ' – 1 балл Получена правильная формула для увеличения – 1 балл **г)** Найден tgφ' – 1 балл Найдена связь между h_1 и h – 3 балла Найдено увеличение микроскопа – 2 балла	**18 баллов**
6	**а)** Определено фокусное расстояние через формулу тонкой линзы и измеренные f и d. – 1 балл. Определена оптическая сила линзы – 1 балл. Рассмотрено несколько разных расстояний d и показано, что сумма обратных расстояний не меняется – 2 балла. Фокусное расстояние определено с помощью получения изображения уделенных предметов 1 балл. **б)** Показано, что d = 2F – 2 балла. Проверено на опыте, что при d = 2F и f = 2F = d (и по возможности измерены размеры предмета и изображения и показано, что они одинаковы) – 1 балл. **в)** Найдено видимое увеличение лупы по формуле N=L/F (и произведено сравнение с указанным на лупе, если оно указано) – 1 балл.	**9 баллов**
Σ		**80 баллов**