Варианты
вступительных экзаменов по физике 2005
Новосибирский государственный университет

ответственный за выпуск Е.М. Балдин

25 сентября 2005 г.

Содержание

Введение

Все вопросы, связанные с поступлением в НГУ можно выяснить в приёмной комиссии НГУ по телефонам (3832) 34–35–90, (3832) 39–73–77 и электронной почте poly@admin.nsu.ru.

Дополнительную информацию можно получить в разделе «Абитуриент 2006» на сайте НГУ: www.nsu.ru.

Пособие распространяется под лицензией GNU FDL[1] версии 1.1 . Основные положения: вы можете распространять этот документ в любом виде при условии предоставления исходных текстов; вы можете распечатывать этот документ для себя; вы можете его модифицировать (или копировать часть информации) при условии *сохранения на результат текущей лицензии*; При печати больших тиражей (>100 экземпляров), а также для изменения текущей лицензии вам следует получить разрешение авторов. Для получения более подробной информации о лицензии следует обратиться к первоисточнику по адресу http://www.gnu.org .

Замечания, связанные с содержанием и оформлением данного пособия, просьба присылать Балдину Евгению Михайловичу по электронной почте E.M.Baldin@inp.nsk.su . Поэтому же адресу следует связаться для получения исходников. Этот текст, а так же аутентичные копии вариантов, которые давались абитуриентам на экзамене, можно скачать с домашней странички ответственного за выпуск: http://www.inp.nsk.su/~baldin из раздела «Варианты вступительных экзаменов».

Советы абитуриентам

Вступительный экзамен по физике длится четыре астрономических часа для Факультета Естественных Наук (ФЕН) и Геолого-Геофизического Факультета (ГГФ) и пять часов для Физического Факультета (ФФ). Для поддержания сил на экзамен лучше всего взять большую плитку шоколада — этим *сухим* пайком и ограничиться. Если вы не важно себя чувствуете, то попытайтесь решить эту проблему *до* начала испытаний. Если есть необходимость, то сходите к врачу — *со здоровьем не шутят.* Курить во время вступительного экзамена *не* разрешается.

Обязательно возьмите на экзамен одну или две запасные ручки. Нет более жалкого зрелища, чем испытуемый, который пытается расписать ручку. У вас должна *быть* линейка, и вы должны *уметь* ей пользоваться. Так как ваше решение будут проверять, то сделанные вами черте-

[1] GNU Free Documentation License.

жи должны быть *понятны.* А вот калькулятор только отвлекает. Единственный тип задания, где потребуется получение численного ответа — это «задача-оценка»[2]. Вычисление на калькуляторе не убережёт вас от ошибок, зато даёт ошибочную уверенность в правильности ваших действий — «машина не может ошибаться».

Перед экзаменом прорешайте с десяток вариантов[3] за предыдущие годы для оттачивания ваших навыков. Это *лучший* способ подготовки.

Помните, что *всё* что от вас требуется, это знание физики в объёме школьного курса. Поэтому, если вы чего-то не понимаете, то переберите в уме *все*[4] основные законы физики, которые изучали в школе.

Если не понимаете как решать задачу, то нарисуйте рисунок к ней, опираясь только на условие — возможно, станет понятнее.

Если что-то не понятно в условии, то после того как несколько раз перечитаете условие, задайте вопрос экзаменаторам. Объяснять условия задач — это часть их работы.

Не пользуйтесь шпаргалками — они не помогут.

Помните, что задача не считается решённой, если приводится лишь ответ без объяснений. Поэтому оформляйте решение максимально подробно, но меру знайте[5]. Объясняйте откуда у вас взялась та или иная буква.

За полтора часа до конца экзамена буквально *бросьте всё* и оформите те задачи, которые вы уже решили.

Обязательно проверьте все свои ответы. Полезно обвести их рамкой, чтобы выделить. Учтите, что черновики тоже проверяются.

ВНИМАНИЕ:

Задача не считается решённой, если приводится лишь ответ без объяснений.

ЖЕЛАЕМ УСПЕХА !

---

[2] Четвёртая задача в вариантах для ФФ.

[3] Потратьте на каждый вариант по 2–3 часа каждое воскресенье, начиная за 3 месяца до начала экзаменов.

[4] Законы Ньютона, Законы сохранения энергии и импульса, Уравнение Клапейрона-Менделеева, Закон Кулона, Закон Ома, Закон Ампера, Закон Фарадея — то есть, все *десять* основных законов (дайте мне знать, если вспомните больше).

[5] Для объяснения выведенных уравнений достаточно ссылок на основные законы.

Варианты вступительных экзаменов

В 1966 году были сформулированы основные принципы экзамена по физике на ФФ НГУ: экзамен не должен выходить за рамки школьной программы; в каждом варианте обязательно должна быть одна несложная (утешительная) задача; задачи располагаются по нарастающей трудности; задачи оцениваются в баллах; время — по часу на задачу; задачи в вариантах — не модификации одной и той же идеи, а разные.

В 1972 году задач стало 5 — появилась задача-демонстрация. Абитуриент должен найти объяснение наблюдаемого им явления.

В 1976 году одной из пяти задач стала задача-оценка, где требовалось оценить порядок[6] физической величины, построив простейшую модель, самостоятельно выбрав необходимые параметры и задав их численное значение.

И в случае с задачей-демонстрацией, и в случае с задачей-оценкой экзаменационная комиссия очень опасалась нововведений, поскольку такие задачи в школе не встречаются. Но опасения оказались напрасны. Задачи хорошо работали на отбор людей, нацеленных на физику.

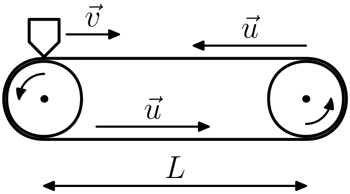
Из трёх расчётных задач первая, по-прежнему, не сложная, вторая средней трудности, а третья требует некоторой смекалки и умения разобраться в физике явления. Довольно скоро выяснилось, что сложные задачи, которые выделяют явно очень сильных и хорошо подготовленных абитуриентов, перестали работать на отбор. Те, кто их решал, блестяще справлялись со всем задачами, а остальные даже не брались за сложную. Так что чересчур сложные задачи перестали использоваться.

Вариант для ФЕН содержит четыре стандартные задачи из разных областей школьной физики, причём уровень сложности не обязательно возрастает с номером задачи.

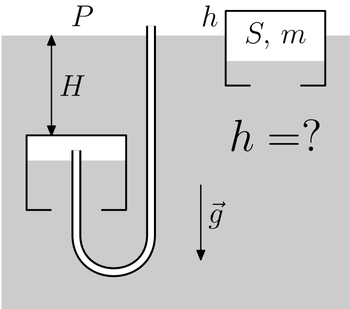
Вариант для ГГФ содержит три задачи и три теоретических вопроса на одну тему из школьной физики. Традиционно вариант ГГФ был проще варианта ФЕН, но в связи с увеличением конкурса на ГГФ и с уже традиционно плохими результатами экзамена по физике для ФЕН ситуация меняется.

[6] Получить не абсолютно точный ответ, как в расчётных задачах, а сделать приблизительную оценку.

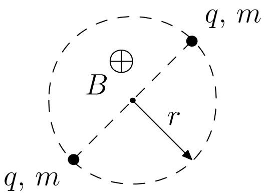
Вариант ФФ-54



Задача №1 Кусок мела движется с постоянной скоростью v, касаясь верхней части ленты транспортёра. При какой наименьшей встречной скорости ленты u след мела на ней окажется замкнутым? Расстояние между осями шкивов транспортёра L, а радиусы шкивов R.



Задача №2 Цилиндрический сосуд массы m и внутренним сечением S с отверстием в дне находится под водой на глубине H. По шлангу в сосуд медленно накачивают воздух до тех пор, пока он не начнёт всплывать. При всплытии воздух из сосуда не выходит и его температура не меняется. На какую высоту h будет выступать сосуд из воды, если атмосферное давление равно P?



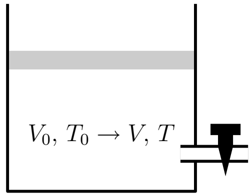
Задача №3 Частицы с равными массами m и зарядами q движутся по окружности радиуса r в магнитном поле с индукцией B. Найдите скорость частиц v. При каком наименьшем значении B возможно такое движение?

Задача №4 Автомобиль, движущийся с большой скоростью по шоссе, въезжает на обледеневший скользкий участок протяжённостью 20 м. Оцените насколько изменится скорость автомобиля к концу этого участка.

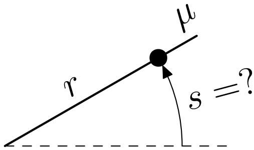
Задача №5 Одна сторона стекла полированная, а другая матовая (исцарапанная). Если стекло прижать матовой стороной к надписи на листе бумаги, то она хорошо видна. Если стекло отодвинуть, то надписи не видно. Объясните демонстрируемое явление.

Вариант ФФ-55

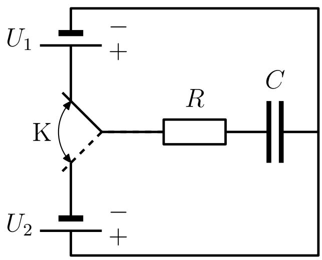
Задача №1 В цилиндре в объёме V_0 под поршнем при температуре T_0 находится газ, часть которого выпустили. Температура оставшегося газа стала T, а его объём V. Какая доля от начального количества газа вышла из цилиндра, если трение между поршнем и цилиндром отсутствует?



Задача №2 Бусинка надета на спицу на расстоянии r от левого конца. Спицу начинают вращать вокруг этого конца так, что скорость бусинки растёт пропорционально времени ($v = at$). Найдите длину дуги s, которую бусинка опишет при повороте спицы прежде, чем начнёт с неё соскальзывать. Сила тяжести отсутствует, коэффициент трения между бусинкой и спицей равен μ.



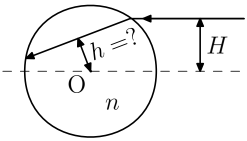
Задача №3 Последовательно соединённые резистор сопротивления R и конденсатор большой ёмкости C через ключ К поочерёдно подключаются на короткое время τ к источникам напряжения U_1 и U_2, полярность которых указана на рисунке. Исходно конденсатор не заряжен. Найдите тепло, выделившееся за первый период (2τ), и за период после большого числа переключений, когда заряд на конденсаторе практически не меняется. Чему равен этот заряд?



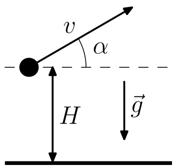
Задача №4 Оцените, насколько изменяется из-за дыхания сила давления на горизонтальную опору спокойно лежащего человека.

Задача №5 Одна сторона стекла полированная, а другая матовая (исцарапанная). Если стекло прижать матовой стороной к надписи на листе бумаги, то она хорошо видна. Если стекло отодвинуть, то надписи не видно. Объясните демонстрируемое явление.

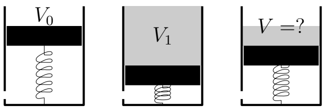
Вариант ФЕН-53



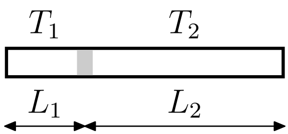
Задача №1 На стеклянный шар с показателем преломления n падает луч света, идущий выше центра на расстоянии H. На каком расстоянии h от центра шара пройдёт луч после преломления?



Задача №2 Тело, исходно покоящееся на земле, стали тянуть с постоянной по величине и направлению силой. На высоте H оно приобрело скорость v, направленную под углом α к горизонтали. Найдите ускорение тела. Сопротивлением воздуха пренебречь.



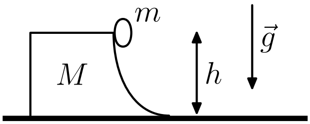
Задача №3 В вертикальной трубе поршень удерживается упругой пружиной. Свободный объём над поршнем равен V_0. Если в трубу сверху налить объём воды V_1, то она доходит до края трубы. Какой объём воды V нужно налить, чтобы свободный объём над водой тоже был равен V? Трение между поршнем и трубой отсутствует. Внизу в трубе имеется отверстие, через которое свободно проходит воздух.



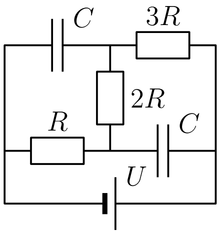
Задача №4 В закрытой с концов горизонтальной трубке столбик жидкости находится на расстояниях L_1 от одного конца и L_2 от другого при температуре воздуха в трубке слева T_1, а справа T_2. Насколько сместится столбик жидкости, когда температуры сравняются?

Вариант ГГФ-53

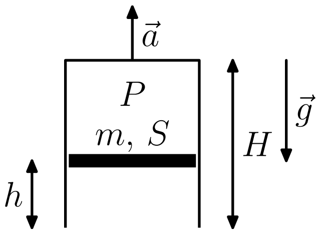
Задача №1 Маленькое тело массы m соскальзывает вниз по поверхности незакреплённого тела массы M. Форма поверхности соскальзывания представляет из себя вогнутый спуск высоты h, который плавно переходит в соприкосновение с горизонтальной плоскостью. Найдите скорость движения маленького тела на горизонтальной плоскости. Трения нет. Ускорение свободного падения $\vec{g}$.



Задача №2 В приведённой схеме напряжение на батарее равно U, сопротивления резисторов R, $2R$ и $3R$, а ёмкости конденсаторов одинаковы и равны C. Найдите заряды верхнего и нижнего конденсатора и суммарную выделяющуюся на резисторах мощность.



Задача №3 В закрытом сверху вертикальном цилиндре высоты H и сечения S давление газа над тонким поршнем массы m исходно равно P. Поршень находится на высоте h над нижним открытым концом цилиндра. Цилиндр начинают поднимать с плавно увеличивающимся ускорением. При каком значении ускорения a поршень выпадет из цилиндра? Трения нет, атмосферное давление и температура неизменны.



Задача №4 а) Дайте определение фокуса и фокусного расстояния линзы.

б) Что такое диоптрия? Каково фокусное расстояние линз очков с оптической силой +5 диоптрий? Собирающие это линзы или рассеивающие?

в) Какое изображение называется действительным, а какое мнимым?

Разбор задач

В этом разделе произведён разбор задач. Прежде чем обратиться к этому разделу потратьте на решение варианта *как минимум* 2 часа. Чтобы научиться решать задачи необходимо эти задачи *решать*.

Если у вас есть интересующиеся друзья, то устройте совместное решение. Соревновательная компонента очень важна. Вступительные варианты не являются олимпиадными. Цель вступительных экзаменов отобрать тех, кто в освоил школьную программу в достаточном для обучения в НГУ объёме.

В этом разделе представлены решения задач в том виде, в каком это представляется наиболее понятным для преподавателя. Большинство формул пронумеровано, чтобы на них можно было сослаться при разборе. Все дополнительные величины описаны. Решения достаточно подробны и понятны. Обязательно в конце решения, если это возможно, приведены ответы.

Вариант ФФ-54

Решение задачи №1 Время соприкосновения мела с транспортёром равно $t = L/v$. За единицу времени мел рисует полосу длиной $v + u$. Общая длина ленты $2 \times (L + \pi R)$, следовательно:

$$2 \times (L + \pi R) = L\frac{v+u}{v} \Rightarrow u = v \times \left(1 + 2\pi\frac{R}{L}\right). \qquad (1)$$

Ответ: $u = v(1 + 2\pi R/L)$.

Решение задачи №2 Так как сосуд всплывает, то масса вытесненной воды в начале равна массе сосуда, следовательно, объём воздуха в начале равен:

$$V_1 = \frac{m}{\rho}, \qquad (2)$$

где m — массы сосуда, а ρ — плотность воды. Давление в сосуде перед началом всплытия равно:

$$P_1 = P + \rho g\left(H + \frac{V_1}{S}\right). \qquad (3)$$

Объём воздуха в сосуде после всплытия равен:

$$V_2 = V_1 + hS, \tag{4}$$

а давление:

$$P_2 = P + \frac{\rho g V_1}{S}. \tag{5}$$

Получилось четыре уравнения и пять неизвестных. Дополним систему пятым уравнением — уравнением состояния идеального газа в случае изотермического процесса:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2, \tag{6}$$

и разрешим её:

$$h = \frac{mgH}{PS + mg}. \tag{7}$$

Ответ: $h = mgH/(PS + mg)$.

Решение задачи №3 Запишем второй закон Ньютона:

$$\frac{mv^2}{r} = qBv - \frac{kq^2}{4r^2}. \tag{8}$$

Разрешив квадратное уравнение (8) относительно v, получим:

$$v = \frac{qBr}{2m} \pm \sqrt{\left(\frac{qBr}{2m}\right)^2 - \frac{kq^2}{4mr}}. \tag{9}$$

Минимальное возможное значение B_{min} отвечает обращению в нуль подкоренного выражения, следовательно:

$$B_{min} = \sqrt{\frac{km}{r^3}}. \tag{10}$$

Ответ: $B_{min} = \sqrt{km/r^3}$.

Решение задачи №4 Предельная скорость автомобиля определяется соотношением $\mu mg = F$, где F сила сопротивления воздуха. При исчезновении трения автомобиль тормозится воздухом с ускорением $a = \mu g$, следовательно, уменьшение скорости равно

$$\Delta v = \frac{aL}{v} = \frac{\mu g L}{v} \simeq \frac{0.5 \times 9.8\,\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \times 20\,\text{м}}{50\,\frac{\text{м}}{\text{с}}} \simeq 2\,\frac{\text{м}}{\text{с}}. \tag{11}$$

Решение задачи №5 Когда бумага прижата вплотную, то рассеяние света от «точки» надписи происходит на малом участке матовой поверхности, примыкающей к точке. Тогда лучи, идущие в направление наблюдателя от разных точек, не совпадают и детали надписи видны чётко. Когда лист бумаги отодвинут, то на любой малый участок матовой поверхности одновременно попадают лучи от разных точек надписи и в направление наблюдателя будут совместно идти лучи света от всех точек надписи. Поэтому надпись полностью «размажется».

Вариант ФФ-55

Решение задачи №1 Пусть P — давление под подвижным поршнем, тогда запишем уравнения состояния идеального газа:

$$\begin{cases} PV_0 = \nu_0 RT_0 \\ PV = \nu RT \end{cases} \tag{12}$$

где ν_0 и ν — число молей газа в начале и в конце соответственно, следовательно:

$$\frac{\Delta\nu}{\nu_0} = \frac{\nu_0 - \nu}{\nu_0} = 1 - \frac{\nu}{\nu_0} = 1 - \frac{VT_0}{V_0T}. \tag{13}$$

Ответ: $1 - VT_0/V_0T$.

Решение задачи №2 Запишем закон Ньютона по направлению движения бусинки и вдоль спицы для момента времени, когда бусинка начинает соскальзывать:

$$\begin{cases} N = ma \\ \frac{mv^2}{r} = \mu N \end{cases} \Rightarrow \frac{m(at)^2}{r} = \mu ma \Rightarrow t^2 = \frac{\mu r}{a}, \tag{14}$$

где N — реакция опоры со стороны спицы, а t — время от начала движения спицы, следовательно, длина дуги равна:

$$s = \frac{at^2}{2} = \frac{\mu r}{2}. \tag{15}$$

Ответ: $\mu r/2$.

Решение задачи №3 Так как τ мало, то за один цикл напряжение конденсаторе не меняется, поэтому за первый период энерговыделение на сопротивлении равно:

$$Q_1 = \left(\frac{U_1^2}{R} + \frac{U_2^2}{R}\right) \times \tau \tag{16}$$

Через большое время напряжение на конденсаторе U устанавливается такое, что ток зарядки равен току разрядки, т. е.:

$$I = \frac{U_1 - U}{R} = \frac{U + U_2}{R} \Rightarrow I = \frac{U_1 + U_2}{2R} \Rightarrow Q_2 = \frac{(U_1 + U_2)^2}{2R} \times \tau, \tag{17}$$

где Q_2 — энерговыделение за период после большого числа переключений. Из (17) получаем и заряд на конденсаторе:

$$q = CU = C\frac{U_1 - U_2}{2}. \tag{18}$$

Ответ: $Q_1 = (U_1^2/R + U_2^2/R)\tau$, $Q_2 = (U_1 + U_2)^2\tau/2R$, $q = C(U_1 - U_2)/2$.

Решение задачи №4 При вдохе и выдохе перемещается масса m равная $3 \div 5$ кг на расстояние $\ell \simeq 2$ см, примерно за $\delta t \simeq 1$ с. Следовательно, при вдохе человек давит на поверхность с силой порядка:

$$\Delta F = ma \simeq \frac{2m\ell}{t^2} \simeq 10\,\text{г}. \tag{19}$$

Решение задачи №5 Когда бумага прижата вплотную, то рассеяние света от «точки» надписи происходит на малом участке матовой поверхности, примыкающей к точке. Тогда лучи, идущие в направление наблюдателя от разных точек, не совпадают и детали надписи видны чётко. Когда лист бумаги отодвинут, то на любой малый участок матовой поверхности одновременно попадают лучи от разных точек надписи и в направление наблюдателя будут совместно идти лучи света от всех точек надписи. Поэтому надпись полностью «размажется».

Вариант ФЕН-53

Решение задачи №1 Проведите линию (радиус) из точки О в точку пересечения луча с шаром и опустите из точки пересечения на главную оптическую ось перпендикуляр. Пусть β — угол между радиусом и продолжением пути луча, а α — угол между радиусом и главной оптической осью, тогда:

$$\sin\alpha = n\sin\beta. \tag{20}$$

Пусть R — радиус шара, тогда:

$$\begin{cases} \sin\alpha = \frac{H}{R} \\ \sin\beta = \frac{h}{R} \end{cases} \Rightarrow h = \frac{H}{n}. \tag{21}$$

Ответ: $h = H/n$.

Решение задачи №2 Поскольку суммарная сила, действующая на тело, $\vec{T} + m\vec{g}$ неизменна по величине и направлению, то и ускорение $\vec{a}$ неизменно по величине и направлению. При нулевой начальной скорости тело движется по прямой под углом α к горизонтали, тогда в момент времени t, когда тело поднялось на высоту H:

$$\begin{cases} v = at \\ \frac{H}{\sin\alpha} = \frac{at^2}{2} \end{cases} \Rightarrow a = \frac{v^2\sin\alpha}{2H}. \tag{22}$$

Ответ: $a = v^2\sin\alpha/2H$.

Решение задачи №3 Пусть ρ — плотность воды, k — жёсткость пружины, а S — сечение поршня, следовательно можно записать условие равновесия для второго и третьего случая:

$$\begin{cases} \rho g V_1 = k\frac{V_1 - V_0}{S} \\ \rho g V = k\frac{2V - V_0}{S} \end{cases} \Rightarrow \frac{V}{V_1} = \frac{2V - V_0}{V_1 - V_0} \Rightarrow V = \frac{V_1 V_0}{V_1 + V_0}. \tag{23}$$

Ответ: $V = V_1V_0/(V_1 + V_0)$.

Решение задачи №4 Пусть T — температура газа, а x — искомое смещение вправо, когда температуры в правой выровнялись, тогда из уравнения состояния идеального газа получаем:

$$\begin{cases} L_1T_1 = (L_1 + x)T \\ L_2T_2 = (L_2 - x)T \end{cases} \Rightarrow \frac{L_1T_1}{L_2T_2} = \frac{L_1 + x}{L_2 + x} \Rightarrow x = L_1L_2\frac{T_1 - T_2}{L_1T_1 + L_2T_2} \tag{24}$$

Ответ: $x = L_1 L_2(T_1 - T_2)/(L_1 T_1 + L_2 T_2)$.

Вариант ГГФ-53

Решение задачи №1 Запишем закон сохранения энергии и закон сохранения импульса:

$$\begin{cases} mgR = \frac{Mu^2}{2} + \frac{mv^2}{2} \\ Mu = mv \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v = \sqrt{\frac{2gRM}{M+m}} \\ u = \frac{m}{M}\sqrt{\frac{2gRM}{M+m}} \end{cases} \tag{25}$$

где v — скорость тела массы m, а u — M.

Ответ: $v = \sqrt{2gRM/(M+m)}$.

Решение задачи №2 Так как ток постоянный, то ток через сопротивления равен

$$I = \frac{U}{6R}, \tag{26}$$

а напряжение на конденсаторах:

$$\begin{cases} U_1 = I(R + 2R) = \frac{U}{2} \\ U_2 = I(2R + 3R) = \frac{5U}{6} \end{cases} \tag{27}$$

где U_1 и U_2 напряжение на верхнем и нижнем конденсаторе, соответственно, следовательно, заряды на конденсаторах равны:

$$\begin{cases} q_1 = CU_1 = \frac{CU}{2} \\ q_2 = CU_2 = \frac{5CU}{6} \end{cases} \tag{28}$$

Мощность, которая выделяется на сопротивлениях, равна:

$$N = I^2 \times 6R = \frac{U^2}{6R}. \tag{29}$$

Ответ: $q_1 == CU/2$, $q_2 = 5CU/6$, $N = U^2/6R$.

Решение задачи №3 Пусть P_0 — атмосферное давление, тогда:

$$P_0 S = PS + mg. \tag{30}$$

Пусть P_1 — давление в сосуде, когда выпадает поршень, следовательно:

$$P_1 H = P(H-h). \tag{31}$$

Запишем второй закон Ньютона для поршня в момент, когда он выпадает:

$$ma = (P_0 - P_1)S - mg \Rightarrow a = \frac{PSh}{mH}. \tag{32}$$

Ответ: $a = PSh/mH$.