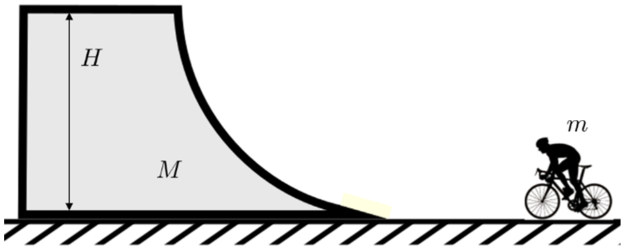
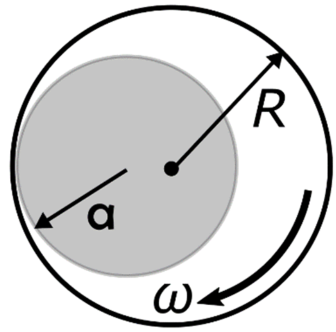
Время выполнения заданий — 240 минут.

Пишите разборчиво. В работе не должно быть никаких пометок, не относящихся к ответам на вопросы. Если Вы не знаете ответа, ставьте прочерк. Проверяться будет как сам ответ в бланке, так и черновики, по которым будет восстанавливаться логика получения результата.

Максимальное количество баллов — 100.



Задача 1. Велосипедист, не крутя педали, заезжает на горку, профиль которой представляет из себя четверть окружности. Если бы горка была закреплена на поверхности, он бы подпрыгнул вверх, поднявшись от поверхности Земли на удвоенную высоту горки. Однако горка может скользить по поверхности без трения. Какой высоты достигнет велосипедист, если его масса равна m, масса горки равна M, а высота горки равна H? Потерей энергии при трении между шинами велосипеда и поверхностью, а также кинетической энергией вращения колёс велосипеда пренебречь



Задача 2. Если жёсткое кольцо, насаженное на вертикальный стержень, быстро закрутить, то некоторое время оно практически не будет спускаться вниз вопреки действию силы тяжести. Пусть радиус стержня равен a, радиус кольца равен $R > a$, толщина кольца пренебрежимо мала. Кольцо, касаясь внутренней стороной поверхности стержня, вращается с проскальзыванием; центр кольца при этом движется по окружности радиуса $R - a$ с центром на оси стержня (см. Рисунок). Коэффициент трения между внутренней поверхностью кольца и поверхностью стержня равен μ. В данный момент кольцо вращается с некоторой угловой скоростью ω.

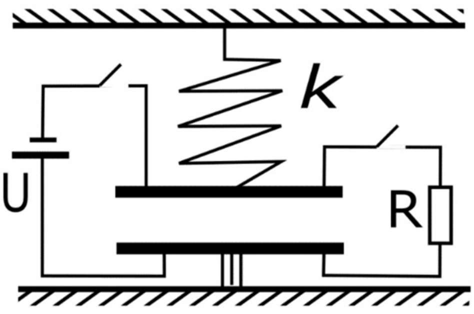
1. Сначала пренебрегите силой тяжести, действующей на кольцо, и найдите скорость его центра масс, силу реакции опоры и силу трения, действующие со стороны стержня на кольцо.
2. Пока сила тяжести мала по сравнению с силой трения, действие гравитации можно рассматривать как малую поправку, противодействие которой слабо отклоняет силу трения от горизонтального направления. Чему в этом пределе будет равна скорость оседания кольца вниз? Ускорение свободного падения принять равным g.

Задача 3. Воздушный шарик накачан гелием до объёма $V_0 = 3$ л. Для того, чтобы удерживать шарик у поверхности Земли, надо прикладывать силу F_0. Полагая, что атмосфера является изотермической и давление с высотой h падает по линейному закону $P = P_0 - P'h$, где $P_0 = 10^5$ Па – атмосферное давление у поверхности Земли, а константа $P' = 12$ Па/м, найдите высоту H, до которой поднимется шарик, если его отпустить.

1. Сначала решите задачу в предположении, что объём шарика не меняется при изменении внешнего давления. Численный ответ получите для $F_0 \ = \ 0.01$ Н.
2. Учтите теперь то, что при уменьшении внешнего давления P шарик увеличивается в размерах. Пусть расширение шарика определяется упрощённым законом $P_{in} - P = P_{\Delta}$, где P_{in} —давление внутри шарика, а константа $P_{\Delta} = 10^4$Па. Удерживающая сила равна $F_0 \ = \ 0.001$ Н.

Плотность воздуха у поверхности Земли равна $\rho_0 = 1.2$ кг/м^3, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2 считать не меняющимся с высотой.

Задача 4. Одна пластина конденсатора жёстко закреплена, а другая ударживается пружиной жёсткости k. Площадь пластин равна S, расстояние между пластинами в состоянии равновесия и разряженности конденсатора равно d.



1. Опрелелите максимальный допустимый заряд на конденсаторе
2. Пусть заряд на конденсаторе равен Q. В некоторый момент его подсоединяют к резистору сопротивлением R и ждут, пока подвижная пластина конденсатора остановится. Чему будет равно тепло, выделившееся на резисторе?
3. Найдите зависимость напряжения на конденсаторе от заряда его пластин. Чему равно максимально возможное напряжение на коненсаторе?

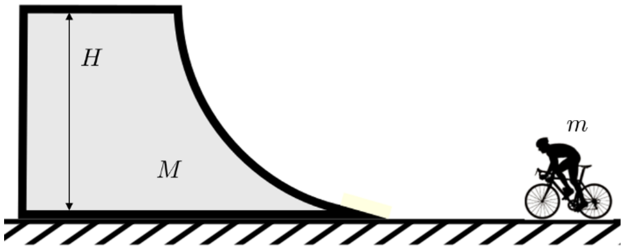
Диэлектрическая проницаемость вакуума $\varepsilon_0 = 8.9 \cdot 10^{-12}$Ф/м.

Задача 5. Если перевернуть стакан, до краёв наполненный водой, то она из него вытечет. Если же перевернуть открытый флакон с глазными каплями, то жидкость вытекать не будет. Оцените размер отверстия во флаконе, при котором вода будет из него вытекать. Поверхностное натяжение воды $\sigma = 7 \cdot 10^{-2}$Н/м.

10 класс. Решения.

Предложение оценки: каждая задача оценивается в 20 баллов, сумма баллов равна 100. Решение каждой задачи состоит из нескольких шагов, соответствующее разбиение по баллам приведено после решения каждой задачи.

Задача 1. Механика.



Условие (Вергелес Сергей Сергеевич) (20 баллов). Велосипедист, не крутя педали, заезжает на горку, профиль которой представляет из себя четверть окружности. Если бы горка была закреплена на поверхности, он бы подпрыгнул вверх, поднявшись от поверхности Земли на удвоенную высоту горки. Однако горка может скользить по поверхности без трения. Какой высоты достигнет велосипедист, если его масса равна m, масса горки равна M, а высота горки равна H? Потерей энергии при трении между шинами велосипеда и поверхностью, а также кинетической энергией вращения колёс велосипеда пренебречь.

Решение: Начальная скорость велосипедиста определяется законом сохранения энергии, записанном для случая закреплённой на поверхности горки:

$$\frac{\mathrm{m\,v^2}}{2} = 2\mathrm{mgH}.$$

Теперь перейдём к свободно скользящей по поверхности горки. Когда велосипедистом будет достигнута максимальная высота h, горизонтальная скорость u велосипедиста будет равна горизонтальной скорости горки, а вертикальная скорость велосипедиста будет равна нулю. Это так для двух возможных вариантов: и если велосипедист не достигнет верха горки, и если велосипедист сможет подпрыгнуть над горкой – потому что горка имеет в конце вертикальный профиль. Запишем законы сохранения импульса и энергии:

$$(\mathrm{m+M})\mathrm{u} = \mathrm{mv}, \qquad \mathrm{mgh} + \frac{(\mathrm{m+M})\,\mathrm{u}^2}{2} = \frac{\mathrm{m\,v^2}}{2} = 2\mathrm{mgH},$$

Откуда получим, что

$$\mathrm{h} = \frac{2\mathrm{M}}{\mathrm{m+M}}\mathrm{H}.$$

Разбалловка.

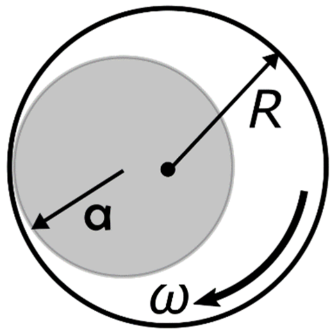
Записан закон сохранения энергии для неподвижной горки	3 балла

Записано условие равенства горизонтальных скоростей велосипедиста и подвижной горки в момент достижения им наивысшей точки	5 балла
Записан закон сохранения импульса	4 балла
Записан закон сохранения энергии	4 балла
Получен окончательный ответ, оба случая (не достижения высшей точки горки и отрыва от неё) сведены к одному ответу	4 балла

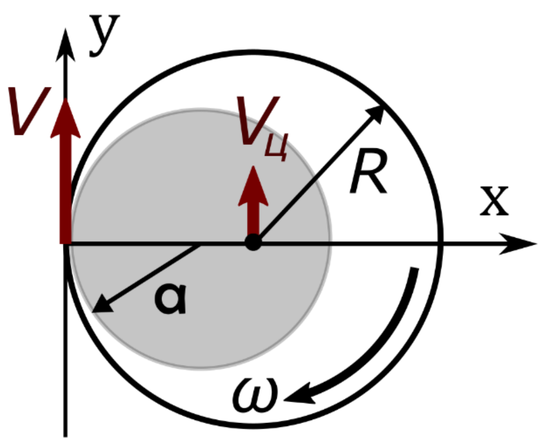
Задача 2. Механика.

Условие (Вергелес Сергей Сергеевич) (20 баллов). Если жёсткое кольцо, насаженное на вертикальный стержень, быстро закрутить, то некоторое время оно практически не будет спускаться вниз вопреки действию силы тяжести. Пусть радиус стержня равен a, радиус кольца равен $R > a$, толщина кольца пренебрежимо мала. Кольцо, касаясь внутренней стороной поверхности стержня, вращается с проскальзыванием; центр кольца при этом движется по окружности радиуса $R - a$ с центром на оси стержня (см. Рисунок). Коэффициент трения между внутренней поверхностью кольца и поверхностью стержня равен μ. В данный момент кольцо вращается с некоторой угловой скоростью ω.

1. Сначала пренебрегите силой тяжести, действующей на кольцо, и найдите скорость его центра масс, силу реакции опоры и силу трения, действующие со стороны стержня на кольцо.
2. Пока сила тяжести мала по сравнению с силой трения, действие гравитации можно рассматривать как малую поправку. Чему в этом пределе будет равна скорость оседания кольца вниз? Ускорение свободного падения принять равным g.



Решение: Выберем систему координат так, чтобы точка касания и центр кольца лежали на оси Ox, начало оси поместим в точку касания, ось направим к центру кольца. Направление вращения кольца выберем по часовой стрелки при $\omega > 0$. В точке касания скорость элемента кольца равна некоторой величине v, которая пропорциональна угловой скорости вращения,



$$v = \alpha \cdot \omega R,$$

Пока силой тяжести можно пренебречь, коэффициент α не зависит от угловой скорости вращения, а может зависеть только от соотношения радиусов кольца и стержня R/a и коэффициента трения μ. Центр кольца движется со скоростью

$$V_{ц} = \mathrm{v} - \omega R = \omega R(\alpha - 1)$$

по окружности радиуса $R - a$ с центром на оси стержня. Нормальная сила реакция опоры (стержня) N является центростремительной силой, поддерживающей это круговое движение:

$$\mathrm{N} = \mathrm{m}\frac{\mathrm{V}_{ц}^2}{R - a} = \mathrm{m}\frac{\omega^2 R^2 (1 - \alpha)^2}{R - a}$$

где m – масса кольца. Сила трения имеет только y-компоненту, равную $\mathrm{F}_{тр} = -\mu\mathrm{N}$. Её действие приводит к снижению со временем угловой скорости вращения. Вместе со скоростью вращения падают полный импульс кольца p и его полная кинетическая энергия E. Последняя складывается из поступательного движения центра масс кольца и его вращения как целого.

$$\mathrm{p} = \mathrm{mV}_{ц} = \mathrm{m}\omega R(\alpha - 1), \qquad \frac{\mathrm{dp}}{\mathrm{dt}} = \mathrm{F}_{тр},$$

$$\mathrm{E} = \frac{\mathrm{mV}_{ц}{}^2}{2} + \frac{\mathrm{m}\,\omega^2 R^2}{2} = \frac{\mathrm{m}\,\omega^2 R^2}{2}(2 - 2\alpha + \alpha^2), \qquad \frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{dt}} = -\mathrm{F}_{тр}\mathrm{v}.$$

Записанные так импульс и энергия зависят от времени только через угловую скорость вращения ω. Распишем теперь уравнения на эти величины:

$$\mathrm{m}R(\alpha - 1)\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{dt}} = -\mu\mathrm{m}\frac{\omega^2 R^2(\alpha - 1)^2}{R - a}$$

$$\mathrm{m}\,\omega R^2(2 - 2\alpha + \alpha^2)\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{dt}} = -\mu\mathrm{m}\frac{\omega^3 R^3 (\alpha - 1)^2 \alpha}{R - a}$$

Для того, чтобы эти уравнения были совместны, надо, чтобы неизвестный коэффициент α удовлетворял уравнению

$$(2 - 2\alpha + \alpha^2) = (\alpha - 1)\alpha, \qquad \text{т.е.} \qquad \alpha = 2.$$

Это может показаться удивительным, но точка кольца на поверхности касания со стержнем движется в ту же сторону, что и центр его тяжести, так что всё кольцо вращается относительно точки на нём, диаметрально противоположной точке касания! Таким образом, сила трения

$$\mathrm{F}_{тр} = -\mathrm{m}\frac{\omega^2 R^2}{R - a}$$

Пока сила трения остаётся большой по сравнению с силой тяжести, $\mathrm{F}_{тр} \gg \mathrm{mg}$, скорость оседания кольца $\mathrm{V}_{вниз}$ мала по сравнению со скоростью его вращения $\omega\mathrm{R}$. Сила трения слабо отклоняется от горизонтального направления вверх, так что её вертикальная компонента полностью компенсирует силу тяжести:

$$\frac{\mathrm{V}_{вниз}}{\mathrm{V}} = \frac{\mathrm{mg}}{\mathrm{F}_{тр}}, \qquad \mathrm{V}_{вниз} = \frac{2\mathrm{g}(\mathrm{R} - \mathrm{a})}{\mu\omega\mathrm{R}}.$$

Разбалловка.

Написана связь между силой реакции опоры и скоростью движения центра масс	3 балла
Написана связь между ускорением центра масс и силой трения	3 балла
Написана связь между скоростью убывания кинетической энергии кольца и силой трения (или – между убыванием момента количества движения и силой трения)	3 балла
Установлена скорость движения центра масс	4 балла
Написана связь между скоростью движения центра масс и скоростью движения точки касания	2 балла
При найденной силе трения и скорости движения точки касания (может быть, найденных неверно) верно установлена связь между компонентами силы трения и компонентами скорости; получен ответ для скорости оседания кольца (вопрос 2)	5 баллов

Задача 3. Термодинамика.

Условие (Вергелес Сергей Сергеевич) (20 баллов). Воздушный шарик накачан гелием до объёма $V_0 = 3$ л. Для того, чтобы удерживать шарик, надо прикладывать силу F_0. Полагая, что атмосфера является изотермической и давление с высотой h падает по линейному закону $P = P_0 - P'h$, где $P_0 = 10^5 \text{Па}$ – атмосферное давление у поверхности Земли, а константа $P' = 12\ \text{Па/м}$, найдите высоту H, до которой поднимется шарик если его отпустить.

1. Сначала решите задачу в предположении, что объём шарика не меняется при изменении внешнего давления. Численный ответ получите для $F_0 = 0.01$ Н.
2. Учтите теперь то, что при уменьшении внешнего давления P шарик увеличивается в размерах. Пусть расширение шарика определяется упрощённым законом $P_{in} - P = P_\Delta$, где P_{in} —давление внутри шарика, а константа $P_\Delta = 10^4 \text{Па}$. Удерживающая сила равна $F_0 = 0.001$ Н.

Плотность воздуха у поверхности Земли равна $\rho_0 = 1.2\ \text{кг/м}^3$, ускорение свободного падения $g = 10\ \text{м/с}^2$ считать не меняющимся с высотой.

Решение. Сила, действующая на шарик, равна разности его веса и силы Архимеда,

$$F = -(m + M_{He})g + \rho V g \qquad (1)$$

где $\rho = (P/P_0)\rho_0$ – плотность изотермического воздуха на высоте h, а V – текущий объём шарика, M_{He} – масса гелия в шарике, m – масса его оболочки.

Сначала считаем, что шарик не изменяет своего объёма в процессе поднятия, так что $V = V_0$. Когда шарик находился у поверхности Земли, уравнение (1) сводится к

$$F_0 = -(m + M_{He})g + \rho_0 V_0 g, \qquad (2)$$

Снова возвратимся к (1), записав его для максимальной высоты H, которая определяется условием равенства нулю действующей на него полной силы F:

$$H_s = \frac{P_0 F_0}{P' \rho_0 V_0 g} = 2300 \text{ м}. \qquad (3)$$

Теперь учтём то, что шарик расширяется, поскольку на высоте давление атмосферы падает. Поскольку атмосфера предполагается изотермической, объём шарика V и давление внутри него P_{in} связаны соотношением

$$P_{in} V = P_{in,0} V_0 = \text{const}, \qquad V = V_0 + \Delta V.$$

Воспользовавшись тем, что разность давлений снаружи шарика и внутри него постоянна, $P = P_{in} - P_\Delta$, получаем, что

$$PV = (P_{in} - P_\Delta)V = P_{in,0}V_0 - P_\Delta V_0 - P_\Delta(V - V_0) = P_0 V_0 - P_\Delta \Delta V.$$

Поэтому силу (1), действующую на шарик, можно выразить через приращение объёма ΔV:

$$F = -(m + M_{He})g + \frac{\rho_0 PV}{P_0} g = F_0 - \frac{\rho_0 P_\Delta \Delta V}{P_0} g.$$

Шарик прекратит подниматься, когда действующая на него сила будет равна нулю, $F = 0$, то есть когда его объём возрастёт на

$$\Delta V = \frac{F_0 P_0}{\rho_0 P_\Delta g} = 0.8 \text{ л.} \quad \left(\text{Отметим что} \quad \frac{\Delta V}{V_0} = \frac{P'}{P_\Delta} H_s, \quad \text{где теперь } H_s = 230 \text{ м}\right)$$

Теперь надо изменение объёма связать с изменением давления, которое в свою очередь даст высоту. Изменения внутреннего давления и объёма связаны между собой соотношениями

$$(V_0 + \Delta V)\,\Delta P_{in} + P_{in,0}\,\Delta V = 0, \qquad \Delta P = \Delta P_{in} = -\frac{\Delta V}{V_0 + \Delta V}\,(P_0 + P_\Delta) \qquad (4)$$

$$\left(\text{или} \qquad V = \frac{(P_0 + P_\Delta)V_0}{P_0 + P_\Delta - P'H}, \qquad \text{или} \qquad P = \frac{P_\Delta (m + M_{He})}{\frac{\mu_\text{в}}{\mu_\text{He}} M_{He} - (m + M_{He})}\right).$$

где $\mu_\text{в}$ и μ_He – молярные массы воздуха и гелия. Таким образом, получаем, что высота

$$H = \frac{\Delta P}{P'} = \frac{\Delta V}{V_0 + \Delta V}\,\frac{P_0 - P_\Delta}{P'} = \left(\frac{P_0}{P_\Delta} + 1\right)\frac{H_s}{1 + \frac{P' H_s}{P_\Delta}} = \frac{(P_0 + P_\Delta)P_0 F_0}{P'(P_0 F_0 + P_\Delta \rho_0 V_0 g)} =$$

$$= 2000 \text{ м} \qquad . \qquad (5)$$

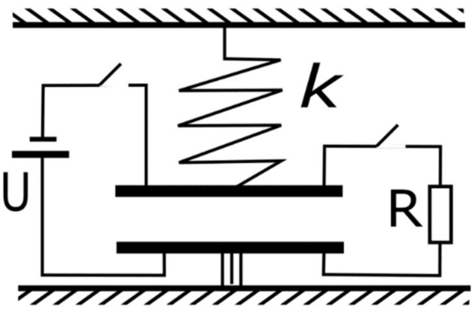
Полученный нами ответ (5) показывает, что расширение шарика значительно повышает высоту H (в нашем случае с 230 м до 2000 м). Для обычных шариков она оказывается равной нескольким десяткам километров, при этом латексный шарик увеличивает свой объём в 10 и более раз (а резиновый это сделать не может и лопается).

Разбалловка.

Записано условие равенства нулю полной силы, действующий на не изменяющий свой объём шарик; получен ответ (вопрос 1)	6 баллов
Записано условие равенства нулю полной силы, действующей на изменяющий свой объём шарик	3 балла
Найдена зависимость плотности воздуха от высоты	2 балла
Найдена величина изменения объёма шарика в наивысшей точке через F_0	3 балла
Найдена связь между изменением объёма шарика и высотой	3 балла
Получен окончательный ответ (вопрос 2)	3 балла

Задача 4. Электростатика

Задача 4 (Вергелес Сергей Сергеевич) (20 баллов). Одна пластина конденсатора жёстко закреплена, а другая ударживается пружиной жёсткости k. Площадь пластин равна S, расстояние между пластинами в состоянии равновесия и разряженности конденсатора равно d.



1. Опрелелите максимальный допустимый заряд на конденсаторе
2. Пусть заряд на конденсаторе равен Q. В некоторый момент его подсоединяют к резистору сопротивлением R и ждут, пока подвижная пластина конденсатора остановится. Чему будет равно тепло, выделившееся на резисторе?
3. Найдите зависимость напряжения на конденсаторе от заряда его пластин. Чему равно максимально возможное напряжение на коненсаторе?

Диэлектрическая проницаемость вакуума $\varepsilon_0 = 8.9 \cdot 10^{-12} \text{Ф/м}$.

Решение. Обозначим через x текущее отклонение пружины, так что расстояние между пластинами равно $d - x$. Пусть текущий заряд конденсатора равен Q. Электрическая сила (сила Кулона), действующая на подвижную пластину со стороны неподвижной, равна

$$F = \frac{Q^2}{2\varepsilon_0 S}.$$

Поэтому величина смещения подвижной пластины равна

$$x = \frac{F}{k} = \frac{Q^2}{2\varepsilon_0 S k}.$$

Максимальное смещение не может превышать исходного расстояния между пластинами d, поэтому максимально возможный заряд

$$Q_{\max} = \sqrt{2d\varepsilon_0 Sk}.$$

Тепло, которое выделится на резисторе, если замкнуть правый ключ, равно сумме запасённых энергий: энергии электрического поля между пластинами конденсатора и упругой энергии растяжения пружины:

$$E_{tot} = E_E + E_k = \frac{Q^2}{2C} + \frac{kx^2}{2} = \frac{Q^2}{2\varepsilon_0 S}(d-x) + \frac{kx^2}{2} = \frac{Q^2}{\varepsilon_0 S}\frac{d}{2} - \left(\frac{Q^2}{\varepsilon_0 S}\right)^2 \frac{1}{8k},$$

поскольку текущая ёмкость конденсатора $C = \varepsilon_0 S/(d-x)$.

Напряжение на обкладках конденсатора определяет работу, которую нужно совершить, чтобы увеличить запасённую энергию в системе на величину ΔE_{tot}, изменив при этом заряд на обкладках конденсатора на ΔQ:

$$U = \frac{\Delta E_{tot}}{\Delta Q} = \frac{Qd}{\varepsilon_0 S} - \frac{Q^3}{2(\varepsilon_0 S)^2 k}.$$

Этот же ответ, разумеется, можно получить и непосредственно, вычисляя разность потенциалов между пластинами. Поле между пластинами равно $E = Q/\varepsilon_0 S$, поэтому

$$U = (d-x)E.$$

Таким образом, напряжение сначала возрастает с ростом заряда, а затем падает до нуля при достижении максимально возможного заряда. Максимум напряжения равен

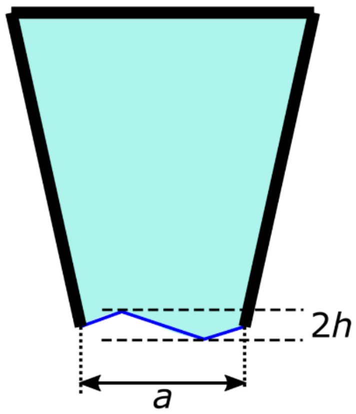
$$U_{\max} = \sqrt{\frac{8\,k\,d^3}{27\,\varepsilon_0\,S}}, \qquad \text{достигается при} \quad Q^* = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0\,Skd}{3}}.$$

Разбалловка.

Записано выражение для ёмкости конденсатора в зависимости от его геометрических характеристик	1
Найден допустимый максимальный заряд на конденсаторе	4
Найдено выделившееся тепло на резисторе	8
Найдена зависимость напряжения на резисторе от заряда	5
Найдено максимально возможное напряжение на конденсаторе	2

Задача 5. Задача-оценка.

Условие (Парфеньев Владимир Михайлович) (20 баллов). Если перевернуть стакан, до краёв наполненный водой, то она из него вытечет. Если же перевернуть открытый флакон с глазными каплями, то жидкость вытекать не будет. Оцените размер отверстия во флаконе, при котором вода будет из него вытекать. Поверхностное натяжение воды $\sigma = 7 \cdot 10^{-2}$Н/м.



Решение. Поскольку флакон имеет только одно отверстие, то вытекание воды из флакона может происходить только следующим образом: Поверхность воды в области отверстия начинает изгибаться так, что полное количество жидкости не изменяется. Часть поверхности уходит вниз, приводя к образованию капли; другая же часть поверхности уходит вверх, что приведёт к образованию пузырька. Когда капля отделится от поверхности, тогда пузырёк полностью уйдёт в жидкость и начнёт всплывать, двигаясь ко дну флакона.

Для оценки, возможен ли такой сценарий, достаточно рассмотреть начальную стадию зарождения пары капля-пузырёк. На начальной стадии поверхность жидкости является слабо искривлённой, так что её амплитуда искривления h мала по сравнению с размером отверстия a, $h \ll a$. При искривлением поверхности связано изменение энергии жидкости, которое состоит из двух вкладов. Первый вклад ΔE_g есть изменение потенциальной энергии в поле силы тяжести. Смотря на рисунок, можно сделать вывод, что элемент жидкости объёмом порядка $a^2 h$ переместился вниз на высоту порядка h, так что

$$\Delta E_g \sim -\rho g \cdot a^2 h \cdot h = -\rho g a^2 h^2.$$

Второй вклад ΔE_σсвязан с увеличением поверхностной энергии вследствие увеличения площади поверхности воды при искривлении поверхности. Для того, чтобы оценить величину изменения поверхности, приблизим поверхность ломаной линией, как это показано на рисунке. Теперь оценка свелась к тому, что нам нужно вычислить отличие гипотенузы l прямоугольного треугольника от его длинной стороны a, если короткая сторона равна h:

$$l - a = \sqrt{a^2 + h^2} - a \approx \frac{h^2}{2a}.$$

Поэтому изменение поверхностной энергии оценивается как

$$\Delta E_\sigma \sim \sigma (l - a) a \sim \sigma h^2$$

Для того, чтобы процесс образования пары капля-пузырик был энергетически разрешён, надо, чтобы изменение энергии системы на начальном этапе было отрицательным,

$$\Delta E_g + \Delta E_\sigma \sim -\rho g a^2 h^2 + \sigma h^2 < 0,$$

то есть когда

$$\rho g a^2 > \sigma, \qquad a > \sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}} \sim 2.5 \text{ мм}. \qquad (1)$$

Задача может быть решена также методом размерности. К физике рассматриваемого процесса образования капли-пузырёк имеют отношение поверхностное натяжение жидкости, её массовая плотность и ускорение свободного падения. Размерности этих величин суть

$$[\sigma] = \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2} = \frac{\text{г}}{\text{с}^2}, \qquad [\rho] = \frac{\text{г}}{\text{см}^3}, \qquad [g] = \frac{\text{см}}{\text{с}^2}$$

Из этих величин надо собрать величину размерности длины. Исключение граммов требует выбора комбинации σ/ρ, а исключение времени требует деления выписанной комбинации на g. В результате снова приходим к ответу (1).

Разбалловка.

Задача решена методом размерности (дано обоснование выбора играющих роль физических параметров)	20 баллов
Записано выражение для лапласовского давления	4 балла
Записано выражения для гравитационной силы, действующей на зарождающуюся каплю	4 балла
Записано выражения для силы, действующей на зарождающуюся каплю со стороны поверхностного натяжения	4 балла
Записано выражения для энергии поверхностного натяжения искривлённой поверхности	4 балла
Записано выражения для гравитационной энергии зарождающейся капли	4 балла
Из сравнения сил (энергий) получен окончательный ответ	20 баллов