

КАЧЕСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ

ЕГЭ

1

С1. Деревянный брусок плавает на поверхности воды в миске. Миска покоится на поверхности земли. Что произойдет с глубиной погружения бруска в воду, если миска будет стоять на полу лифта, который движется с ускорением, направленным вертикально вверх? Ответ поясните, используя физические закономерности.

Образец возможного решения

1. Сила Архимеда, которая поддерживает брусок на поверхности воды, равна по модулю весу вытесненной бруском воды.

2. Когда брусок, вода и миска покоятся относительно Земли, одна и та же сила Архимеда уравнивает силу тяжести как в случае плавающего бруска, так и в случае вытесненной им воды. Поэтому масса бруска и масса вытесненной им воды одинаковы.

3. Когда брусок, вода и миска покоятся относительно друг друга, но движутся с ускорением относительно Земли, одна и та же сила Архимеда вместе с силой тяжести сообщает одно и то же ускорение как плавающему бруску, так и воде в объеме, вытесненном бруском, что приводит к соотношению:

$$\vec{F}_A = m(\vec{a} - \vec{g}) = m_{\text{вытесн. воды}}(\vec{a} - \vec{g}),$$

откуда следует, что и при движении относительно Земли с ускорением $\vec{a} \neq \vec{g}$ масса бруска и масса вытесненной им воды одинаковы.

4. Поскольку масса бруска одна и та же, масса вытесненной им воды в обоих случаях одинакова. Вода практически несжимаема, поэтому плотность воды в обоих случаях одинакова. Значит, объем вытесненной воды не изменяется, глубина погружения бруска в лифте остается прежней.

2

Две одинаковые лодки двигались в озере параллельными курсами со скоростями v_1 и $v_2 > v_1$. В тот момент, когда лодки поравнялись, из первой лодки во вторую переложили рюкзак. Как при этом изменилась (увеличилась, уменьшилась, осталась без изменений) скорость второй лодки? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения. (Трением пренебречь).

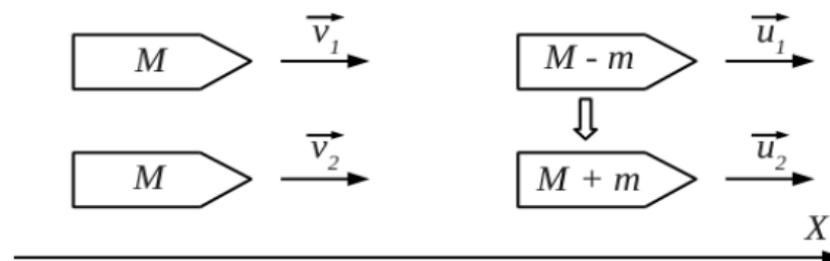
Так как трения нет, а сила тяжести, действующая на лодки, скомпенсирована силой Архимеда, то **импульс системы** из этих двух лодок **остаётся постоянным**. Пусть M – масса каждой лодки (они одинаковые), m – масса рюкзака. По **закону сохранения импульса** (для простоты запишем его в проекции на горизонтальную ось X): $M v_1 + M v_2 = (M - m) u_1 + (M + m) u_2$, где u_1 и

u_2 – скорости лодок после перекалывания рюкзака. Так как перекалывание производилось в момент, когда лодки поравнялись, и можно считать, что **рюкзаку** в таком случае **не придавалась дополнительная скорость**, то $u_1 = v_1$. Поясню подробнее: если со стороны человека, который производит перекалывание, нет силы, вызывающей ускорение у рюкзака, то и **нет силы, действующей на первую лодку** – следовательно, её скорость не изменится. Тогда, $M v_1 + M v_2 = (M - m) v_1 + (M + m) u_2 = M v_1 - m v_1 + (M + m) u_2$. Отсюда получаем выражение для

новой скорости второй лодки: $u_2 = \frac{M v_2 + m v_1}{M + m}$, которое надо проанализировать. По условию, $v_2 > v_1$, то есть

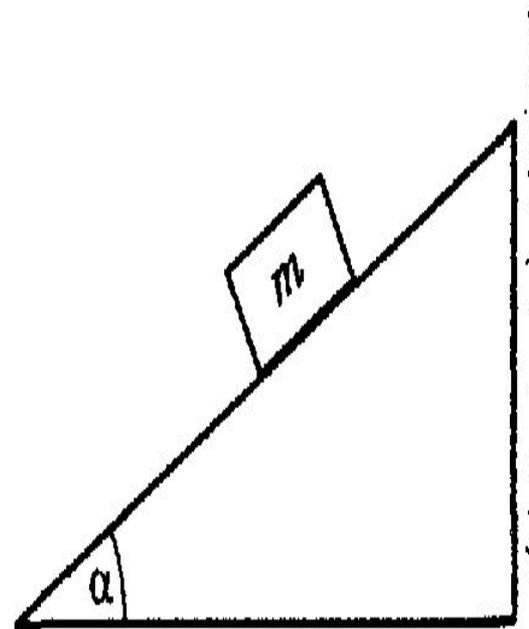
можно написать так: $v_1 = v_2 - \Delta v$, где $\Delta v > 0$. Значит, $u_2 = \frac{M v_2 + m(v_2 - \Delta v)}{M + m} = \frac{(M + m)v_2 - m \Delta v}{M + m} = v_2 - \frac{m \Delta v}{M + m}$.

Скорость второй лодки **уменьшится**.

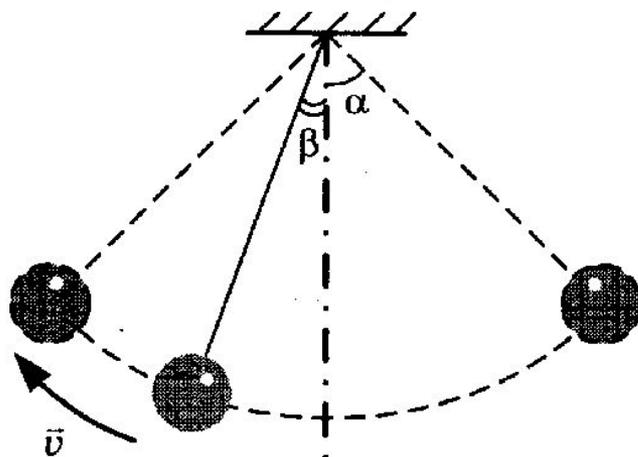


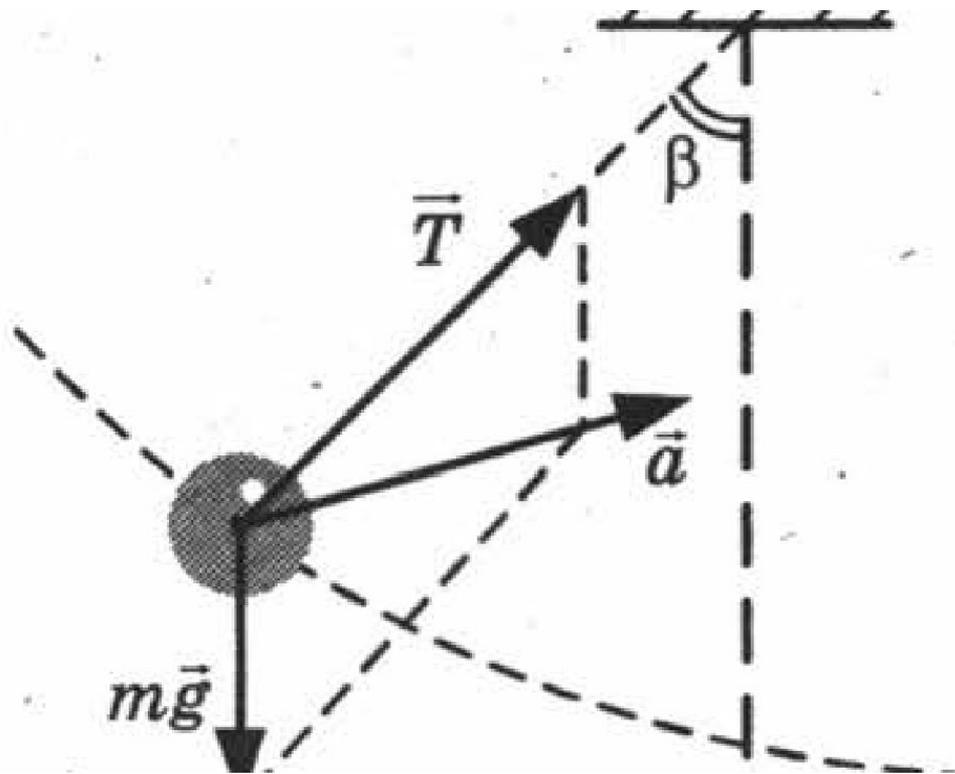
3

С1. Брусок массой m кладут на плоскость, наклоненную под углом α к горизонту, и отпускают с начальной скоростью, равной нулю. Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ . При каких α брусок будет съезжать по плоскости? Чему равна при этом сила трения бруска о плоскость?



Маленький шарик, подвешенный к потолку на легкой нерастяжимой нити, совершает колебания в вертикальной плоскости. Максимальное отклонение нити от вертикали составляет угол $\alpha = 60^\circ$. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к шарiku в тот момент, когда шарик движется влево-вверх, а нить образует угол $\beta = 30^\circ$ с вертикалью (см. рисунок). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шарика (по нити, перпендикулярно нити, внутрь траектории, наружу от траектории). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.





4

Летом в ясную погоду над полями и лесами к середине дня часто образуются кучевые облака, нижняя кромка которых находится на одинаковой высоте. Объясните, опираясь на известные вам законы и закономерности, физические процессы, которые приводят к этому.

•

1. Когда лучи Солнца нагревают за счет поглощения света влажную землю и воздух около нее, из земли и растений активно испаряется вода, и более легкий нагретый за счет теплопроводности воздух с парами воды из-за действия выталкивающей силы Архимеда поднимается вверх, образуя восходящие потоки.
2. В процессе подъема давление воздуха падает, а теплообмена с окружающими телами практически нет. Поэтому процесс изменения состояния влажного воздуха близок к адиабатному, и его температура падает, а относительная влажность растет.
3. На определенной высоте, в момент достижения «точки росы», пары воды становятся насыщенными и конденсируются в капли - образуется туман, то есть облака. Туман с восходящим потоком воздуха продолжает подниматься и охлаждаться, так что мы наблюдаем образование кучевых облаков с четкой нижней кромкой

5

В герметичную банку, сделанную из очень тонкой жести и снабженную наверху завинчивающейся крышкой, налили немного воды (заполнив малую часть банки) при комнатной температуре и поставили на газовую плиту, на огонь, не закрывая крышку. Через некоторое время, когда почти вся вода выкипела, банку сняли с огня, сразу же плотно завинтили крышку и облили банку холодной водой. Опишите физические явления, которые происходили на различных этапах этого опыта, а также предскажите и объясните его результат.

⦿ **Решение.**

1. После помещения банки на огонь вода в ней нагревалась через тонкую стенку банки от горячих продуктов горения газа. При этом с ростом температуры вода испарялась, и возрастало давление ее паров в банке, которые постепенно вытесняли из нее воздух. Когда вода закипела и почти вся испарилась, воздуха внутри банки практически не осталось. Давление насыщенных паров в банке при этом стало равно внешнему атмосферному давлению.
2. Когда банку сняли с огня, закрыли крышкой и охладили холодной водой почти до комнатной температуры, горячие пары воды внутри банки остыли и практически целиком сконденсировались на ее стенках, отдавая теплоту конденсации наружу, холодной воде, благодаря процессу теплопроводности через стенки.
3. В соответствии с уравнением Клапейрона-Менделеева давление пара в банке резко упало - во-первых, из-за уменьшения массы оставшегося в банке пара, и, во-вторых - из-за падения его температуры. Заметим, что резкое уменьшение давления в банке можно объяснить и так: при понижении температуры до комнатной пары конденсируются, оставаясь насыщенными, но их давление становится намного меньше давления насыщенных паров воды при температуре кипения (примерно в 40 раз).
4. Поскольку при комнатной температуре давление насыщенных паров воды составляет лишь малую долю от атмосферного давления (не более 3-4%), тонкая банка после поливания ее водой окажется под действием разности этого большого внешнего давления и низкого давления пара внутри. По этой причине на банку начнут действовать большие сдавливающие силы, которые будут стремиться сплющить банку. Как только эти силы превысят предельную величину, которую могут выдержать стенки банки, то она сплющится, резко уменьшившись в объеме.



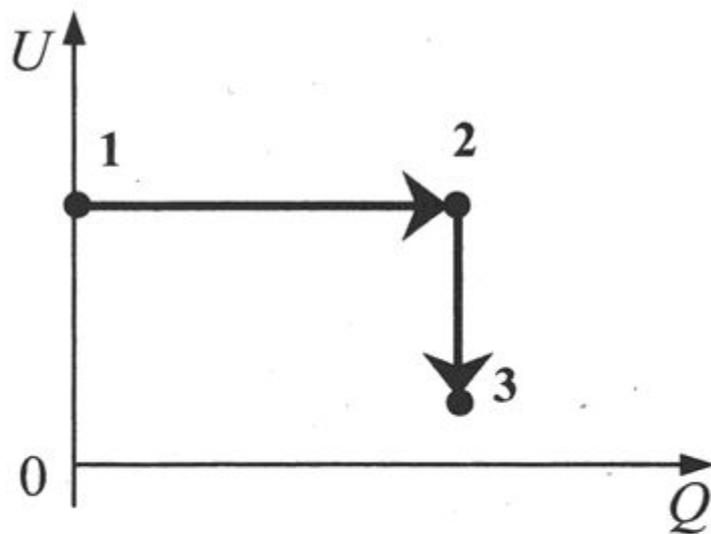
В кабинете физики проводились опыты с разреженным газом постоянной массы. По невнимательности ученик, отметив на графике начальное и конечное состояния газа (см. рисунок), не указал, какие две величины из трех (давление p , объем V , температура T) отложены по осям. В журнале осталась запись, согласно которой названные величины изменялись следующим образом: $p_1 > p_2$, $V_1 < V_2$, $T_1 < T_2$. Пользуясь этими данными, определите, какие величины были отложены на горизонтальной и вертикальной осях. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали.

7

На дно высокой мензурки, наполненной водой, бросили достаточно много крупных кристаллов хромпика, после чего мензурку накрыли крышечкой и оставили спокойно стоять на столе в течение длительного времени. Кристаллы хромпика растворяются в воде очень медленно, а плотность получающегося при этом ярко-оранжевого раствора больше плотности чистой воды. Опишите, что будет происходить с кристаллами и с жидкостью в мензурке с течением времени.

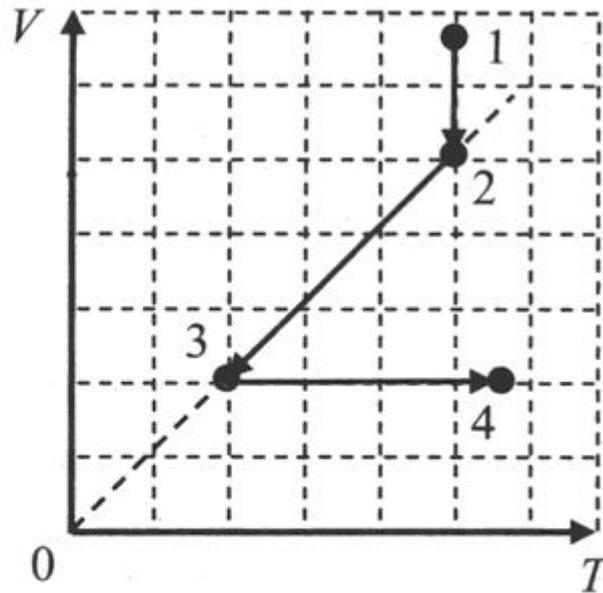
Кристаллы будут медленно растворяться, вследствие чего их размеры будут уменьшаться. У дна мензурки образуется ярко-оранжевый насыщенный раствор хромпика. Так как плотность этого раствора больше плотности воды, то он будет смешиваться с водой только вследствие процесса диффузии, который протекает очень медленно. Из-за диффузии раствор будет проникать в верхние слои воды, которые будут постепенно окрашиваться, а чистая вода, наоборот, будет проникать вниз, способствуя дальнейшему растворению кристаллов. В результате вода в мензурке постепенно будет окрашиваться в оранжевый цвет, граница окраски будет постепенно подниматься всё выше и выше, постепенно расплываясь. Через некоторое время вся вода в мензурке окажется окрашенной: нижние слои сильнее, верхние - слабее. Затем из-за продолжающихся процессов растворения кристаллов и диффузии интенсивность окраски выровняется по всей высоте мензурки, и вся мензурка окажется заполненной равномерно окрашенным насыщенным раствором хромпика

В цилиндре, закрытом подвижным поршнем, находится идеальный газ. На рисунке показана диаграмма, иллюстрирующая изменение внутренней энергии U газа и передаваемое ему количество теплоты Q .



Опишите изменение объема газа при его переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Свой ответ обоснуйте, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

На V - T -диаграмме показано, как изменялись объём и температура некоторого постоянного количества разреженного газа при его переходе из начального состояния 1 в состояние 4. Как изменялось давление газа p на каждом из трёх участков 1–2, 2–3, 3–4: увеличивалось, уменьшалось или же оставалось неизменным? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.



10

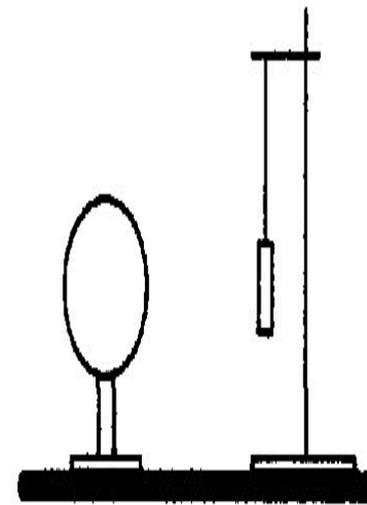
В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают выдвигать из сосуда. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

- 1) Ответ: масса жидкости в сосуде будет уменьшаться.
- 2) Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным.
- 3) При выдвигании поршня происходит изотермическое расширение пара, давление и плотность насыщенного пара в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить испарение жидкости. Значит, масса жидкости в сосуде будет уменьшаться.

С1. Цветок в горшке стоит на подоконнике. Цветок полили водой и накрыли стеклянной банкой. Когда показалось солнце, на внутренней поверхности банки появилась роса. Почему? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали.

Тёплый насыщенный водяной пар внутри банки, соприкасаясь с более холодной стенкой банки, частично конденсируется — выпадает роса.

С1. Легкая трубочка из тонкой алюминиевой фольги подвешена к штативу на тонкой шелковой нити. Что произойдет с трубочкой, когда вблизи нее окажется отрицательно заряженный шар? Трубочка не заряжена, длина нити не позволяет трубочке коснуться шара.

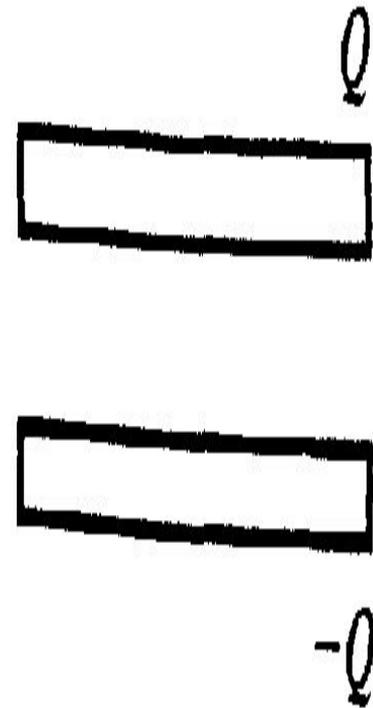


13

С1. Около небольшой металлической пластины, укрепленной на изолирующей подставке, подвесили на шелковой нити легкую металлическую незаряженную гильзу. Когда пластину подсоединили к клемме высоковольтного выпрямителя, подав на нее положительный заряд, гильза пришла в движение. Опишите движение гильзы и объясните его.

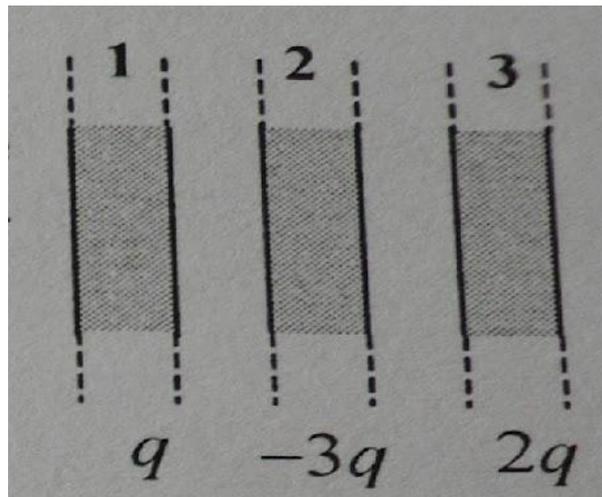


С1. Две одинаковые металлические пластины заряжены противоположными зарядами $Q > 0$ и $-Q$. Пластины установлены параллельно друг другу, площадь каждой пластины равна S , расстояние между пластинами и их толщина много меньше их длины и ширины. Чему равен заряд на нижней стороне нижней пластины?



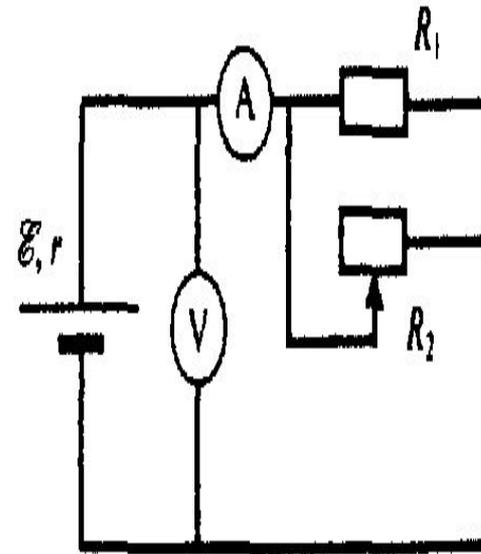
15

На трех металлических пластинках большой площади располагаются заряды. Какой заряд находится на левой плоскости первой пластины?



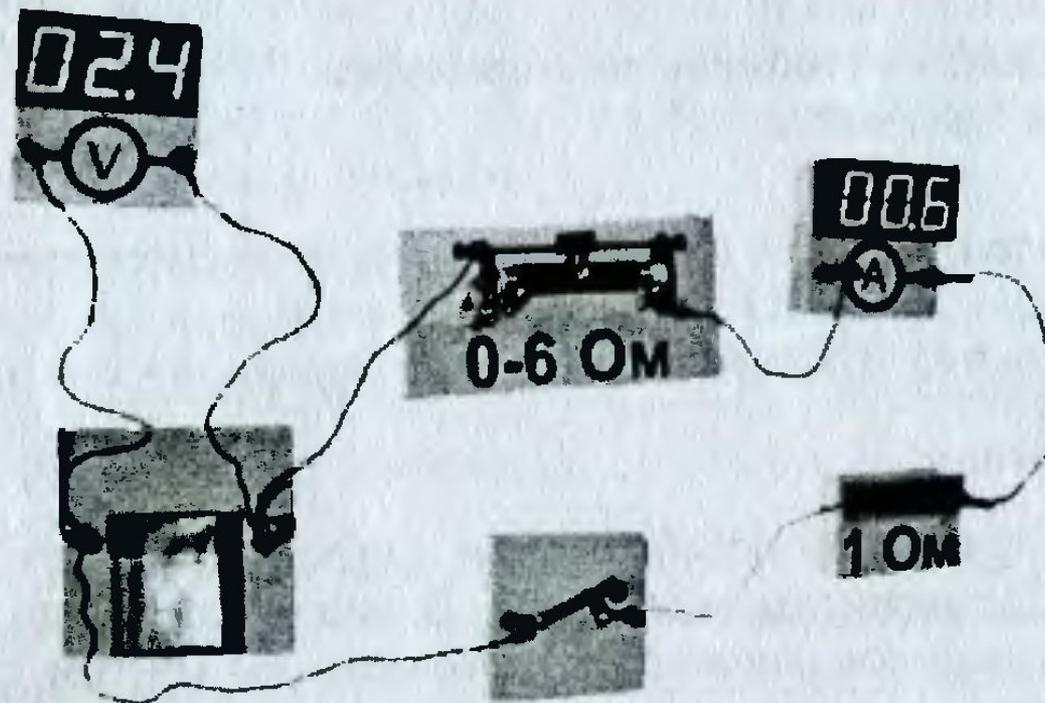
16

С1. На рисунке показана принципиальная схема электрической цепи, состоящей из источника тока с отличным от нуля внутренним сопротивлением, резистора, реостата и измерительных приборов — идеального амперметра и идеального вольтметра.



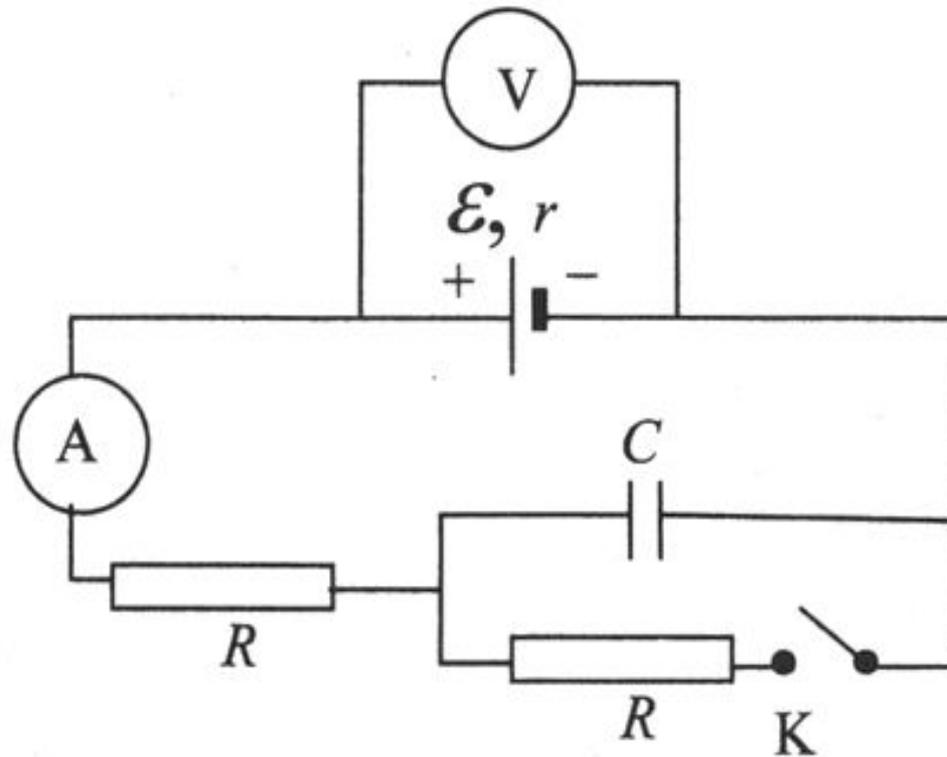
Используя законы постоянного тока, проанализируйте эту схему и выясните, как будут изменяться показания приборов при перемещении движка реостата *вправо*.

С1. На фотографии изображена электрическая цепь, состоящая из батареи, резистора, реостата, ключа, цифровых вольтметра, подключенного к батарее, и амперметра.



Составьте принципиальную электрическую схему этой цепи, и, используя законы постоянного тока, объясните, как изменится (увеличится или уменьшится) сила тока в цепи и напряжение на батарее при перемещении движка реостата в крайнее правое положение.

На рисунке показана электрическая цепь, содержащая источник тока (с внутренним сопротивлением), два резистора, конденсатор, ключ K , а также амперметр и идеальный вольтметр. Как изменятся показания амперметра и вольтметра в результате замыкания ключа K ? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.



- 1) Показания амперметра станут отличными от нуля, а показания вольтметра уменьшатся.
 - 2) До замыкания ключа амперметр и вольтметр показывают, соответственно, нулевой ток и ЭДС источника.
 - 3) Замыкание ключа вызовет появление тока в цепи, поэтому показания вольтметра уменьшатся на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника. По закону Ома для полной цепи $U = \mathcal{E} - Ir$.
-

Намагниченный стальной стержень начинает свободное падение с нулевой начальной скоростью из положения, изображенного на рис. 1. Пролетая сквозь закрепленное проволочное кольцо, стержень создает в нем электрический ток, сила которого изменяется со временем так, как показано на рис. 2. Почему в моменты времени t_1 и t_2 ток в кольце имеет различные направления? Ответ поясните, указав, какие физические явления, закономерности и законы вы использовали для объяснения. Влиянием тока в кольце на движение магнита пренебречь.

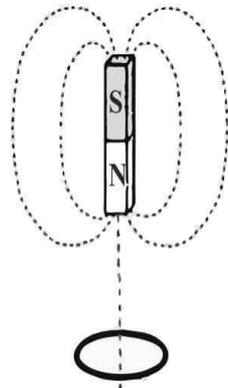


Рис. 1

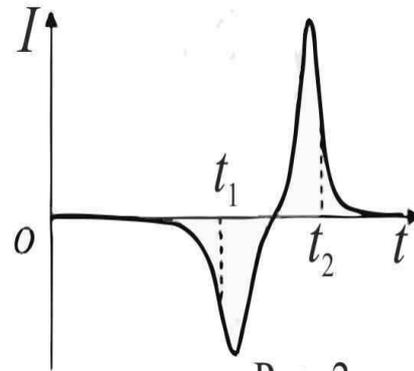


Рис. 2

1) При движении магнита сквозь кольцо наблюдается явление электромагнитной индукции - в

кольце возникает электрический ток, вызванный ЭДС индукции. По закону электромагнитной индукции

знак ЭДС (плюс или минус) зависит от знака изменения магнитного потока $\Delta\Phi$, пронизывающего плоскость кольца. Изменение знака ЭДС приводит к изменению

направления тока.

2). В момент времени t_1 магнит приближается к кольцу, и магнитный поток увеличивается,

$\Delta\Phi > 0$, следовательно, $\varepsilon_i < 0$. В момент t_2 магнит удаляется, и магнитный поток уменьшается,

$\Delta\Phi < 0$, следовательно, $\varepsilon_i > 0$. Поэтому ток имеет различное направление.

20

Рамка, помещенная в узкую щель между полюсами магнита так, как показано на рис. 1, в момент времени $t = 0$ *начинает свободно падать с нулевой начальной скоростью* между полюсами магнита. При этом в ней возникает электрический ток, сила которого изменяется с течением времени так, как показано на рис. 2.

Почему в течение промежутка времени АВ и

CD ток в рамке имеет различное направление? Ответ поясните, указав, какие физические явления,

закономерности и законы вы использовали для объяснения. Влиянием тока в рамке на ее движение пренебречь.

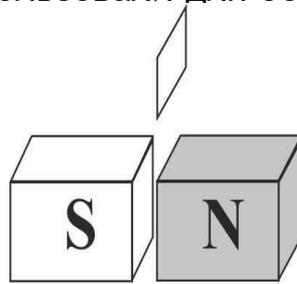


Рис. 1

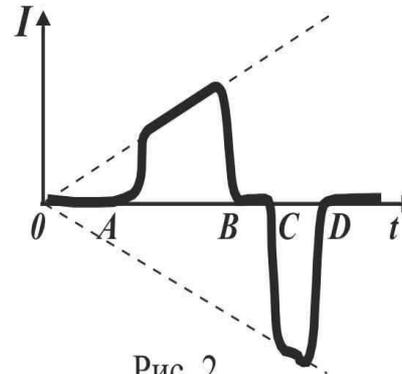


Рис. 2

1). При движении рамки сквозь полюса магнита наблюдается явление электромагнитной

индукции - в рамке возникает электрический ток, вызванный ЭДС индукции. По закону

электромагнитной индукции

знак ЭДС (плюс или минус) зависит от знака

изменения магнитного потока $\Delta\Phi$, пронизывающего плоскость рамки. Изменение знака ЭДС

приводит к изменению направления тока.

2). В промежутке времени *AB* магнитный поток через рамку увеличивается, так как рамка

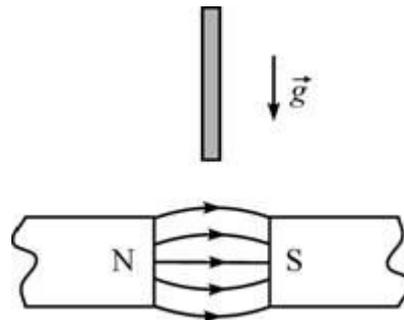
входит в магнитное поле, $\Delta\Phi > 0$, следовательно, $\varepsilon_i < 0$. В промежутке времени *CD* магнитный

поток уменьшается, так как рамка выходит из магнитного поля, $\Delta\Phi < 0$, следовательно, $\varepsilon_i > 0$.

Поэтому ток имеет разное направление

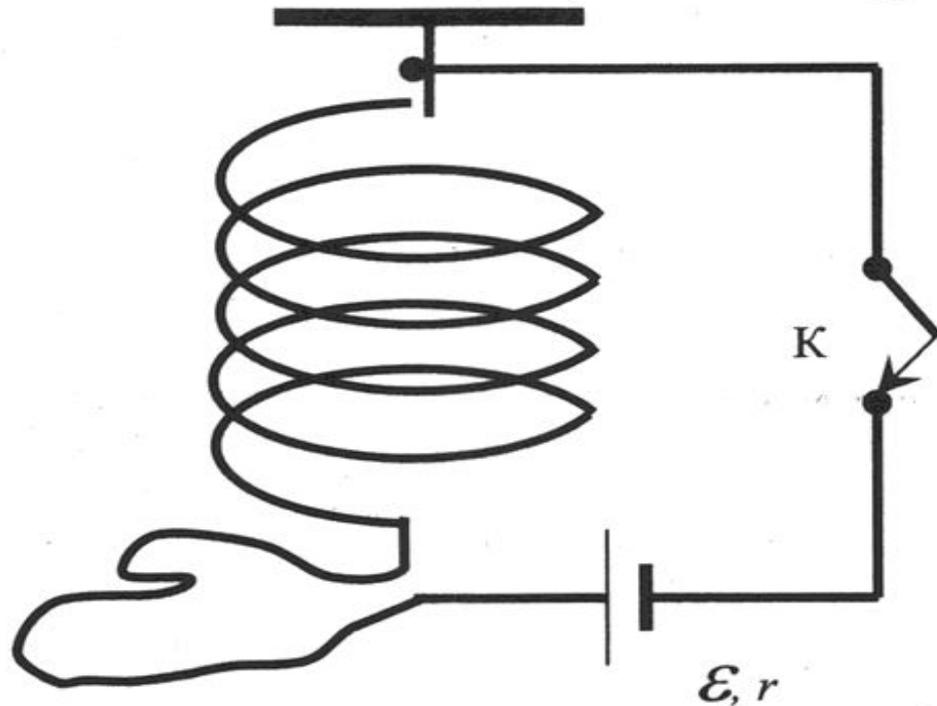
21

В зазоре между полюсами электромагнита создано сильное магнитное поле, линии индукции которого практически горизонтальны. Над зазором на некоторой высоте удерживают длинную плоскую медную пластинку, параллельную вертикальным поверхностям полюсов (см. рис.). Затем пластинку отпускают без начальной скорости, и она падает, проходя через зазор между полюсами, не касаясь их. Опишите, опираясь на физические законы, как и почему будет изменяться скорость пластинки во время ее падения.



1. Сначала пластинка начинает падать под действием силы тяжести с ускорением свободного падения, при этом ее скорость увеличивается.
2. Как только нижний край пластинки достигает области между полюсами магнита, в которой существует сильное магнитное поле, магнитный поток через пластинку начинает возрастать, и в ней по закону электромагнитной индукции Фарадея появляются вихревые индукционные токи («токи Фуко»). Эти токи взаимодействуют по закону Ампера с магнитным полем магнита, и, в соответствии с правилом Ленца, появляется сила, тормозящая падение пластинки. Поэтому скорость пластинки начинает уменьшаться.
3. Когда тормозящая сила сравнивается с силой тяжести, то ускорение пластинки становится равным нулю, и пластинка далее падает в зазоре электромагнита с постоянной скоростью.
4. Когда верхний край пластинки достигает верхнего края зазора электромагнита, магнитный поток через пластинку начинает падать, и тормозящая сила уменьшается. При этом в соответствии со вторым законом Ньютона скорость пластинки возрастает, и после ее выхода из магнитного поля продолжается падение с ускорением свободного падения.

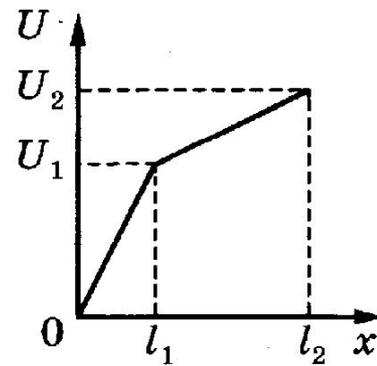
Мягкая пружина из нескольких крупных витков провода подвешена к потолку. Верхний конец пружины под-



ключается к источнику тока через ключ К, а нижний – с помощью достаточно длинного мягкого провода (см. рисунок). Как изменится длина пружины через достаточно большое время после замыкания ключа К? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.

- 1) Пружина сожмется, её длина уменьшится.
- 2) До замыкания ключа пружина находится в состоянии равновесия, в котором упругие силы, действующие на каждый виток пружины со стороны соседних витков, уравновешивают силу тяжести, действующую на виток.
- 3) При замыкании ключа K по цепи пойдет ток. В соседних витках пружины токи потекут сонаправлено. Проводники с сонаправленными токами притягиваются друг к другу. В результате будет достигнуто новое состояние равновесия (пружина станет короче), в котором упругие силы, действующие на каждый виток пружины со стороны соседних витков, будут уравновешивать силу тяжести и силу Ампера, действующие на виток.

Нихромовый проводник длиной $l = l_2$ включен в цепь постоянного тока. К нему подключают вольтметр таким образом, что одна из клемм вольтметра все время подключена к началу проводника, а вторая может перемещаться вдоль проводника. На рисунке приведена зависимость показаний вольтметра U от расстояния x до начала проводника. Как зависит от x площадь поперечного сечения проводника? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали.



Возможное решение

По проводнику течет постоянный ток, поэтому по закону Ома для участка цепи $U = IR$.

Сопротивление любой части проводника R определяется соотношением $R = \rho \frac{x}{S}$,

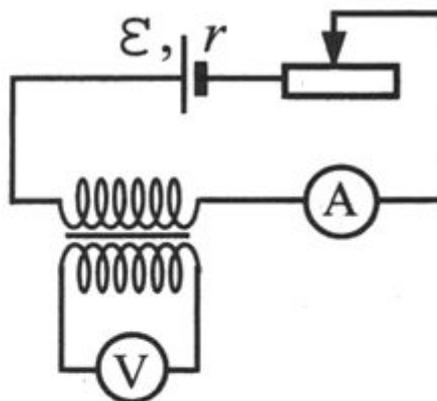
где x — длина той части проводника, на которой определяется напряжение; ρ — удельное сопротивление проводника; S — площадь поперечного сечения этой части проводника.

ПРИ x ОТ 0 ДО l_1 ? НАПРЯЖЕНИЕ ПРОПОРЦИОНАЛЬНО ДЛИНЕ, ЗНАЧИТ ПЛОЩАДЬ ПОСТОЯННА

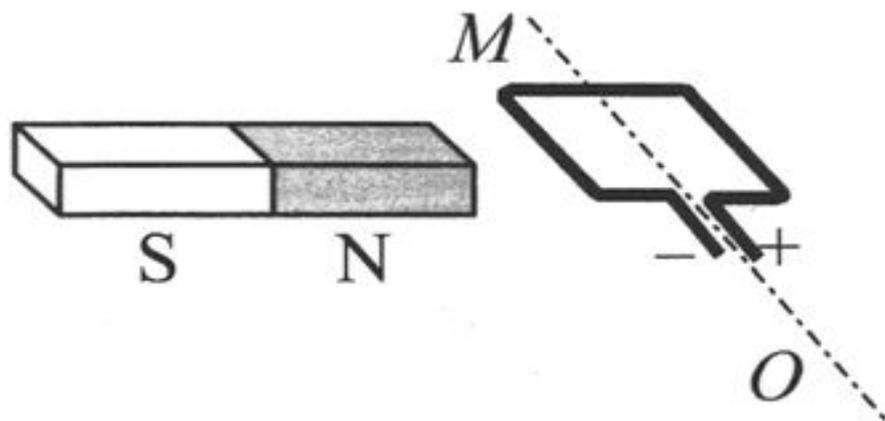
при $0 < x < l_1$ напряжение пропорционально длине участка, значит, площадь поперечного сечения проводника постоянна.

При $l_1 < x < l_2$ напряжение также линейно зависит от длины участка; значит, площадь поперечного сечения проводника на этом участке тоже постоянна. Однако показания вольтметра на этом участке проводника увеличиваются медленнее, чем на первом, поэтому площадь поперечного сечения проводника на втором участке больше, чем на первом.

На рисунке приведена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен посередине и неподвижен. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата влево. ЭДС самоиндукции пренебречь по сравнению с \mathcal{E} .

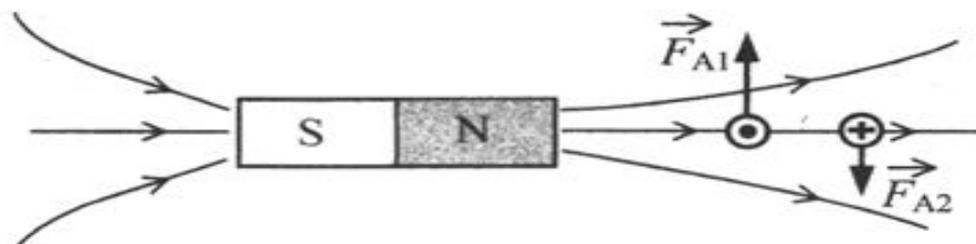


Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рисунок). Полярность подключения источника тока к выводам



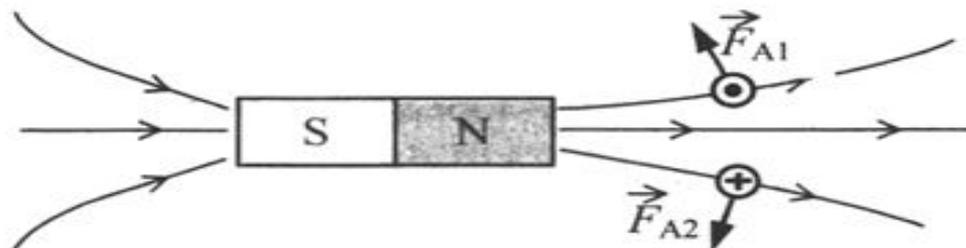
рамки указаны на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси MO , если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению со стороны воздуха.

1) Ответ: Рамка повернется по часовой стрелке и встанет перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» окажется внизу.



2) Рассмотрим сечение рамки плоскостью рисунка в условии задачи.

В исходном положении в левом звене рамки ток направлен к нам, а в правом – от нас.



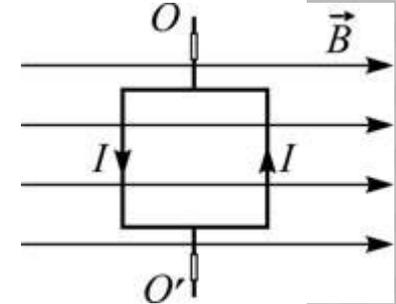
На левое звено рамки действует сила Ампера \vec{F}_{A1} , направленная вверх, а на правое звено – сила Ампера \vec{F}_{A2} , направленная вниз. Эти силы разворачивают рамку на неподвижной оси MO по часовой стрелке (см. рисунок).

3) Рамка устанавливается перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» оказывается внизу. При этом силы Ампера \vec{F}_{A1} и \vec{F}_{A2} обеспечивают равновесие рамки на оси MO (см. рисунок).



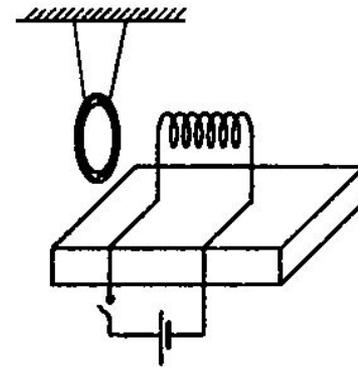
25

Медная прямоугольная рамка, по которой протекает постоянный электрический ток силой может вращаться вокруг вертикальной оси закрепленной в подшипниках. При вращении рамки на нее со стороны подшипников действуют силы вязкого трения. Опираясь на законы электродинамики и механики, опишите и объясните движение этой рамки после включения однородного магнитного поля (см. рисунок).



Решение: В однородном магнитном поле на правую и левую стороны рамки начнут действовать равные по модулю, но противоположно направленные силы Ампера. Сила, действующая на правую сторону рамки, будет направлена перпендикулярно плоскости рисунка "от нас"; сила, действующая на левую сторону рамки, будет направлена перпендикулярно плоскости рисунка "на нас". На верхнюю и нижнюю стороны рамки магнитные силы действовать не будут. Силы, действующие на правую и левую стороны рамки, будут поворачивать рамку, стремясь установить ее плоскость перпендикулярно линиям индукции магнитного поля. Поворачиваясь под действием этих сил, рамка будет разгоняться, и поэтому, повернувшись на угол 90° , она будет обладать некоторой скоростью. По этой причине рамка не остановится, а по инерции продолжит вращаться в том же направлении. Но теперь силы Ампера будут замедлять вращение рамки и она, в конце концов, остановится и под действием сил Ампера начнет вращаться в обратном направлении. Таким образом, возникнут колебания рамки. Из-за действия сил вязкого трения эти колебания будут постепенно затухать. В итоге, когда они окончательно затухнут, рамка окажется в положении устойчивого равновесия, при котором плоскость рамки будет перпендикулярна вектору .

С1. Замкнутое медное кольцо подвешено на длинных нитях вблизи катушки индуктивности, закреплённой на столе и подключённой к источнику постоянного тока (см. рисунок). Первоначально электрическая цепь катушки разомкнута. Как будет двигаться кольцо при замыкании цепи? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали.



Кольцо отталкивается от катушки, затем возвращается в исходное положение и в дальнейшем остаётся неподвижным.

Тонкая линза L даёт чёткое действительное изображение предмета AB на экране \mathcal{E} (см. рис. 1). Что произойдёт с изображением предмета на экране, если верхнюю половину линзы закрыть куском чёрного картона K (см. рис. 2)? Постройте изображение предмета в обоих случаях. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

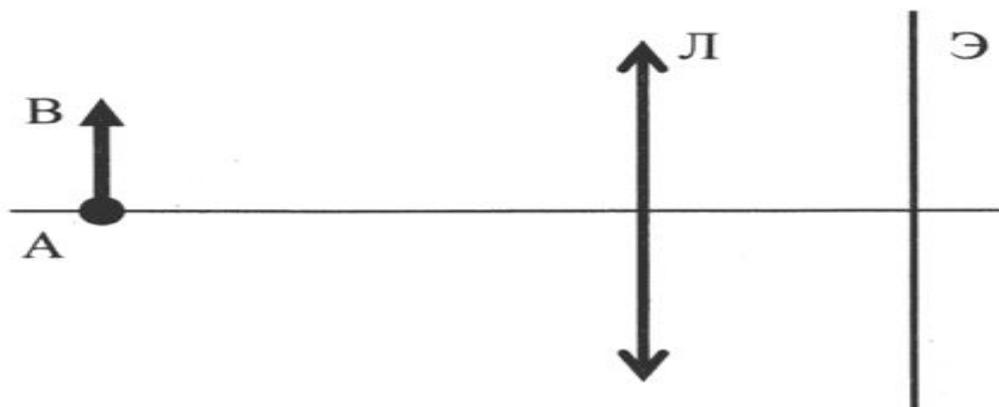
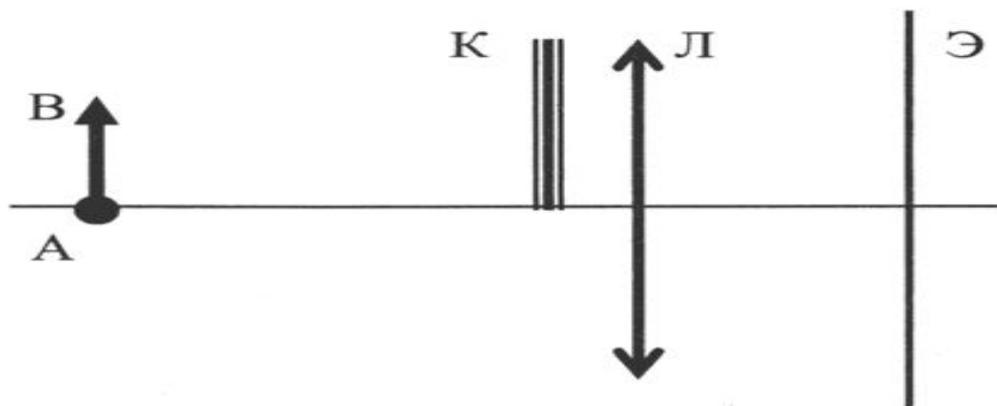


Рис. 1



С1. Если кольцо диаметром 3—4 см, согнутое из тонкой проволоки, окунуть в раствор мыла или стирального порошка, то, вынув его из раствора, можно обнаружить радужную пленку, затягивающую отверстие кольца. Если держать кольцо так, чтобы его плоскость была вертикальна, и рассматривать пленку в отраженном свете на темном фоне, то в верхней части пленки через некоторое время будет видно растущее темное пятно, окольцованное разноцветными полосами. Как чередуется цвет полос в направлении от темного пятна к нижней части кольца? Ответ поясните, используя физические закономерности.

Образец возможного решения

1. Окраска пленки обусловлена интерференцией света, отраженного от передней и задней поверхностей пленки.

2. Темное пятно на пленке появляется, когда из-за стекания мыльного раствора вниз толщина пленки становится слишком малой и не наблюдается интерференционный максимум ни для одной из длин волн в видимом диапазоне.

3. По направлению от темного пятна к нижней части кольца толщина пленки постепенно увеличивается, поэтому условие наблюдения первого интерференционного максимума ($\lambda \sim d$, где λ — длина волны света, d — толщина пленки) при переходе от темного пятна к нижней части кольца выполняется сначала для света с наименьшей длиной волны (фиолетового), а затем по очереди для света всех цветов радуги, заканчивая светом с наибольшей длиной волны (красным). Затем наблюдаются максимумы следующих порядков.

4. В результате под темным пятном пленка окрашена в фиолетовый цвет, затем в синий и т.д. до красного. Затем чередование цветов повторяется, но цвета начинают смешиваться, т.к. возможно наложение друг на друга максимумов разных порядков для разных длин волн.

При изучении давления света проведены два опыта с одним и тем же лазером. В первом опыте свет лазера направляется на пластинку, покрытую сажей, а во втором — на зеркальную пластинку такой же площади. В обоих опытах пластинки находятся на одинаковом расстоянии от лазера и свет падает перпендикулярно поверхности пластинок.

Как изменится сила давления света на пластинку во втором опыте по сравнению с первым? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

Сила давления света во втором опыте больше, чем в первом.

В обоих опытах происходит поглощение световой волны. Этот процесс можно рассматривать как поглощение за время t большого числа $N \gg 1$ квантов света — фотонов. Каждый фотон при поглощении передает пластинке импульс $p_\phi = \frac{h\nu}{c}$, поэтому пластинка по-

лучает импульс, равный сумме импульсов поглощенных фотонов: $p_\Sigma = Np_\phi = N \frac{h\nu}{c}$.

В результате поглощения света пластинкой, покрытой сажой, она приобретает за время t импульс p_Σ в направлении распространения света от лазера. В соответствии с законом изменения импульса тела в инерциальной системе отсчета скорость изменения импульса тела равна силе, действующей на него со стороны других тел или полей:

$$F_1 = \frac{p_\Sigma}{t} = \frac{N}{t} \cdot \frac{h\nu}{c}.$$

В результате отражения света от зеркальной пластины отраженный квант имеет импульс, противоположный по знаку импульсу кванта падающей волны: $p'_\phi = -p_\phi$, поэтому отраженная волна имеет импульс $p'_\Sigma = -N'p_\phi = -N' \frac{h\nu}{c}$. В итоге за время t импульс волны под действием зеркальной пластинки изменился. Это изменение

$$\Delta p_\Sigma = (-p'_\Sigma) - p_\Sigma = -(N + N') p_\phi.$$

Импульс системы световая волна + зеркальная пластинка сохраняется:

$\Delta(p_\Sigma + p_{пл}) = 0$, поэтому $\Delta p_{пл} = -\Delta p_\Sigma$. Но изменение импульса тела в инерциальной системе отсчета происходит только под действием других тел или полей и характеризуется силой

$$F_2 = \frac{p_{пл}}{t} = \frac{N + N'}{t} \cdot \frac{h\nu}{c}.$$

Для хорошего зеркала $N \approx N'$, поэтому $F_2 \approx 2F_1$.

Сравнивая выражения для силы F_1 , действующей на пластинку, покрытую сажей, и силы F_2 , действующей на зеркало, приходим к выводу, что $F_1 < F_2$.

На площадку падает зелёный свет от лазера. Лазер заменяют на другой, который генерирует красный свет. Мощность излучения, падающего на площадку, в обоих случаях одна и та же. Как меняется в результате такой замены число фотонов, падающих на площадку в единицу времени? Укажите закономерности, которые Вы использовали при обосновании своего ответа.