

Качественные задания ФИЗИКА

- Что требуется: Решить качественную задачу из любого раздела, который есть в кодификаторе.
- Особенности

Качественная задача не имеет числового ответа. Ответ здесь может звучать как «больше», «меньше», «увеличится», «уменьшится», «вырастет», «упадет». В этих задачах, как правило, важен не столько результат, сколько сам ход решения. Например, в условии может быть схема электрической цепи, а затем в цепи происходит какое-то изменение (переключили ключ или заменили какой-нибудь элемент). В качестве решения надо указать, что изменится в системе или что произойдет с показаниями тех или иных измерительных приборов, которые содержатся в цепи.

Задание проверяет знание законов физики, умение их применить, а также логику переходов в построении решения. Насколько выпускник понимает то или иное явление. Нет ли логических ошибок в его рассуждениях. По статистике, эта задача имеет один из самых низких процентов решаемости за всю историю ЕГЭ по физике.

- Советы

Если на экзамене вы претендуете на максимальный балл, вам стоит обратить особое внимание на это задание. Существуют отдельные сборники по качественным задачам (например, «Качественные задачи по физике в средней школе», М.Е. Тульчинский). В зависимости от года издания, список рассматриваемых в этих сборниках тем может оказаться шире, чем требуется на ЕГЭ. Поэтому подберите соответствующие темы по кодификатору ЕГЭ и

Вариант 1

28

Каким образом зависит от температуры удельная теплота испарения жидкостей: увеличивается, остаётся неизменной или уменьшается с ростом температуры? Ответ поясните на основании известных явлений и закономерностей, касающихся поведения жидкостей и их паров в зависимости от температуры.

Возможное решение

1. В конденсированном состоянии вещества, например в жидкости, потенциальная энергия взаимодействия (притяжения) молекул отрицательна и по модулю превышает их кинетическую энергию.
2. С ростом температуры интенсивность теплового движения молекул усиливается. Возрастают их среднеквадратичная скорость и средняя кинетическая энергия, число молекул с энергиями, достаточными для покидания жидкости, увеличивается.
3. Поэтому молекулы легче преодолевают силы притяжения к жидкости и чаще покидают её, что приводит к росту концентрации молекул в паре, увеличению плотности пара и уменьшению различий в плотности жидкости и пара.
4. Таким образом, энергия, необходимая для перевода одной молекулы из жидкости в пар, с ростом температуры уменьшается, и соответственно уменьшается удельная теплота испарения жидкостей.

Ответ: удельная теплота испарения жидкостей уменьшается с ростом температуры

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>с ростом температуры удельная теплота испарения жидкостей уменьшается</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае: <i>указание на соотношение потенциальной и кинетической энергии молекул в жидкости, на характер изменения теплового движения молекул и их скоростей и энергий с ростом температуры, на уменьшение при этом различий в плотности жидкости и пара и облегчение перехода молекул из жидкости в пар</i>)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.)</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2

<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p>	1
<p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимые для полного верного объяснения.</p>	
<p>ИЛИ</p>	
<p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p>	
<p>ИЛИ</p>	
<p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p>	
<p>ИЛИ</p>	
<p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p style="text-align: right;">Максимальный балл</p>	3

Вариант 2

28

Каким образом зависит от температуры удельная теплота испарения жидкостей: увеличивается, остаётся неизменной или уменьшается при понижении температуры? Ответ поясните на основании известных явлений и закономерностей, касающихся поведения жидкостей и их паров в зависимости от температуры.

Возможное решение

1. В конденсированном состоянии вещества, например в жидкости, потенциальная энергия взаимодействия (притяжения) молекул отрицательна и по модулю превышает их кинетическую энергию.
2. При понижении температуры интенсивность теплового движения молекул уменьшается. Убывают их среднеквадратичная скорость и средняя кинетическая энергия, и число молекул с энергиями, достаточными для покидания жидкости, уменьшается.
3. Поэтому молекулы труднее преодолевают силы притяжения к жидкости и реже покидают её, что приводит к уменьшению концентрации молекул в паре, уменьшению плотности пара и увеличению различий в плотности жидкости и пара.
4. Таким образом, энергия, необходимая для перевода одной молекулы из жидкости в пар, с ростом температуры увеличивается, и соответственно увеличивается удельная теплота испарения жидкостей.

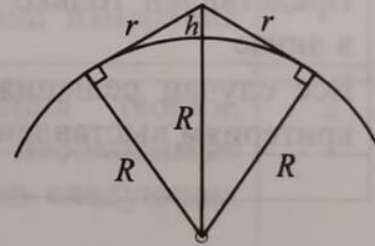
Ответ: удельная теплота испарения жидкостей увеличивается при понижении температуры

28

Капитан парусного корабля в открытом море не обнаружил в пределах видимости (до горизонта) ни одного клочка земли. Тогда он послал юнгу оглядеться с самого верха грот-мачты, который находился над уровнем моря в 4 раза выше, чем капитанский мостик. Во сколько раз при этом увеличилась площадь поверхности моря, которую можно было обозревать? Считайте, что радиус Земли гораздо больше высоты мачты.

Возможное решение

1. Согласно закону прямолинейного распространения света в однородной среде горизонтальный луч от точки на пределе видимости (на горизонте) попадает к наблюдателю на корабле под небольшим углом к горизонтали, поскольку поверхность моря не плоская, а имеет сферическую форму. С ростом высоты наблюдателя над уровнем моря расстояние до видимого горизонта увеличивается.
2. Обозначим через R радиус Земли, и пусть r – расстояние от наблюдателя до горизонта, а h – высота наблюдателя над уровнем моря. Построим ход лучей от горизонта до наблюдателя (см. рисунок).
3. По теореме Пифагора для прямоугольного треугольника с вершинами в центре Земли, на горизонте и у наблюдателя имеем $R^2 + r^2 = (R + h)^2$.
4. Отсюда с учётом того, что $h \ll r \ll R$, получаем $r^2 = (R + h)^2 - R^2 \approx 2Rh$, то есть $r \approx \sqrt{2Rh}$, и площадь поверхности моря, которую можно было обозревать, $S \approx \pi r^2$, при увеличении высоты h в 4 раза возросла также в 4 раза



Ответ: возросла в 4 раза

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>при подъёме наблюдателя над поверхностью моря расстояние до видимого горизонта увеличивается</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае: <i>указание на закон прямолинейного распространения света в однородной среде и использование геометрических соотношений для фигурирующих в решении размеров с учётом их относительных величин</i>)	3

<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.). И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
Максимальный балл	3

Вариант 4

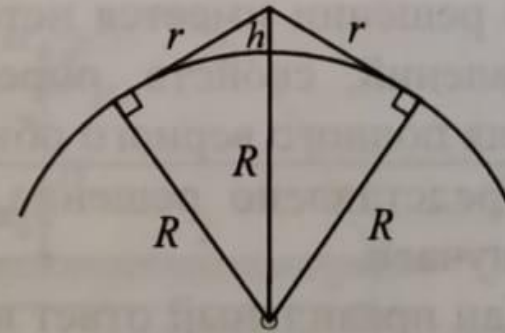
28

Капитан парусного корабля в открытом море не обнаружил в пределах видимости (до горизонта) ни одного клочка земли. Тогда он послал юнгу оглядеться с самого верха грот-мачты, который находился над уровнем моря в 4 раза выше, чем капитанский мостик. Во сколько раз при этом увеличилось расстояние до крайней точки поверхности моря, которую ещё можно было видеть?

Возможное решение

1. Согласно закону прямолинейного распространения света в однородной среде горизонтальный луч от точки на пределе видимости (на горизонте) попадает к наблюдателю на корабле под небольшим углом к горизонтали, поскольку поверхность моря не плоская, а имеет сферическую форму. С ростом высоты наблюдателя над уровнем моря расстояние до видимого горизонта увеличивается.

2. Обозначим через R радиус Земли, и пусть r – расстояние от наблюдателя до горизонта, а h – высота наблюдателя над уровнем моря.



Построим ход лучей от горизонта до наблюдателя (см. рисунок).

3. По теореме Пифагора для прямоугольного треугольника с вершинами в центре Земли, на горизонте и у наблюдателя имеем $R^2 + r^2 = (R + h)^2$.

4. Отсюда с учётом того, что $h \ll r \ll R$, получаем $r^2 = (R + h)^2 - R^2 \approx 2Rh$, то есть $r \approx \sqrt{2Rh}$, и расстояние до крайней точки поверхности моря, которую ещё можно было видеть, при увеличении высоты h в 4 раза возросло в 2 раза.

Ответ: возросло в 2 раза

Каким образом возникают газовый разряд и свечение в стеклянных трубках с достаточно разреженными газами при подаче на электроды в трубках высокого напряжения? Какие частицы (ионы или электроны) играют основную роль в обеспечении ионизации газа? Оцените, во сколько раз отличаются кинетические энергии электронов и ионов атомарного водорода (протонов) после их ускорения в электрическом поле. Ответ поясните на основании известных законов механики и электродинамики.

Возможное решение

1. Для того чтобы в газе при наличии электрического поля существовал разряд, то есть шёл электрический ток, необходимо наличие в нём заряженных частиц – ионов и электронов.
2. Заряженные частицы, ускоряясь в электрическом поле и сталкиваясь с нейтральными атомами газа, могут вызывать либо их ионизацию (отрыв электрона), либо их возбуждение, при котором электрон переходит на более высокий энергетический уровень. Это возможно в том случае, если за время ускорения заряженных частиц они приобретают достаточную для осуществления указанных процессов кинетическую энергию.
3. При обратных переходах в основное состояние возбуждённые атомы излучают кванты света, в результате чего газоразрядные трубки светятся.
4. Если в какой-то момент атом газа (например, водорода) в трубке был ионизирован и возникла пара «протон + электрон» с одинаковыми разноимёнными зарядами, равными по модулю e , и сильно отличающимися массами m , то в электрическом поле с напряжённостью E , существующем в трубке при подаче на электроды высокого напряжения U , эти частицы ускоряются. Приобретённая ими кинетическая энергия W_k за время t при этом равна работе сил $F = eE$ электрического поля на пути $s = \frac{at^2}{2}$, который проходят частицы, двигаясь с ускорением $a = \frac{F}{m}$:

$$W_k = eU = eE \cdot s = \frac{(eE)^2 t^2}{2m} \sim \frac{1}{m}$$
 то есть лёгкие частицы (электроны) ускоряются быстрее и приобретают большую кинетическую энергию, чем тяжёлые ионы.
5. Поэтому ионизация и возбуждение атомов в газовом разряде осуществляются в основном за счёт их столкновений с электронами, то есть «электронного удара», причём кинетическая энергия ускоренных электронов превышает кинетическую энергию протонов (в случае атомарного водорода) в $\frac{W_{ке}}{W_{кп}} = \frac{m_p}{m_e} \approx 1840$ раз.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: лёгкие электроны ускоряются быстрее и приобретают гораздо большую кинетическую энергию, чем тяжёлые ионы, что и обеспечивает главную роль электронов в осуществлении газового разряда) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае: указание на причину возникновения электрического тока, способ ионизации и возбуждения излучения атомов в газовом разряде, на связь изменения кинетической энергии частиц с работой ускоряющих их сил электрического поля, а также на зависимость ускорения и пройденного пути от массы частиц)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.). И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2

<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимые для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

Вариант 6

28

Каким образом возникают газовый разряд и свечение в стеклянных трубках с достаточно разреженными газами при подаче на электроды в трубках высокого напряжения? Какие частицы (ионы или электроны) играют основную роль в обеспечении ионизации газа? Оцените, во сколько раз отличаются кинетические энергии электронов и ионов гелия после их ускорения в электрическом поле (считайте, что при ионизации атом гелия теряет один электрон). Ответ поясните на основании известных законов механики и электродинамики.

Возможное решение

1. Для того чтобы в газе при наличии электрического поля существовал разряд, то есть шёл электрический ток, необходимо наличие в нём заряженных частиц – ионов и электронов.
2. Заряженные частицы, ускоряясь в электрическом поле и сталкиваясь с нейтральными атомами газа, могут вызывать либо их ионизацию (отрыв электрона), либо их возбуждение, при котором электрон переходит на более высокий энергетический уровень. Это возможно в том случае, если за время ускорения заряженных частиц они приобретают достаточную для осуществления указанных процессов кинетическую энергию.
3. При обратных переходах в основное состояние возбуждённые атомы излучают кванты света, в результате чего газоразрядные трубки светятся.
4. Если в какой-то момент атом газа (например, гелия) в трубке был ионизирован и возникла пара «ион+электрон» с одинаковыми разноимёнными зарядами, равными по модулю e , и сильно отличающимися массами m , то в электрическом поле с напряжённостью E , существующем в трубке при подаче на электроды высокого напряжения U , эти частицы ускоряются. Приобретённая ими кинетическая энергия W_k за время t при этом равна работе сил $F = eE$ электрического поля на пути $s = \frac{at^2}{2}$, который проходят частицы, двигаясь с ускорением $a = \frac{F}{m}$:
$$W_k = eU = eE \cdot s = \frac{(eE)^2 t^2}{2m} \sim \frac{1}{m},$$
 то есть лёгкие частицы (электроны) ускоряются быстрее и приобретают большую кинетическую энергию, чем тяжёлые ионы.
5. Поэтому ионизация и возбуждение атомов в газовом разряде осуществляются в основном за счёт их столкновений с электронами, то есть «электронного удара», причём кинетическая энергия ускоренных электронов превышает кинетическую энергию ионов гелия
$$\text{в } \frac{W_{ke}}{W_{kHe}} = \frac{m_{He}}{m_e} \approx 7350 \text{ раз.}$$

28. Алюминиевое кольцо, надетое на катушку электромагнита, через которую пропускают переменный ток постоянной амплитуды, спокойно висит в воздухе (см. рис. 68). Однако если ток резко включить, то кольцо весьма эффектно подпрыгнет. Почему кольцо ведёт себя по-разному в этих двух случаях? Ответ объясните, указав, какие физические законы вы использовали.

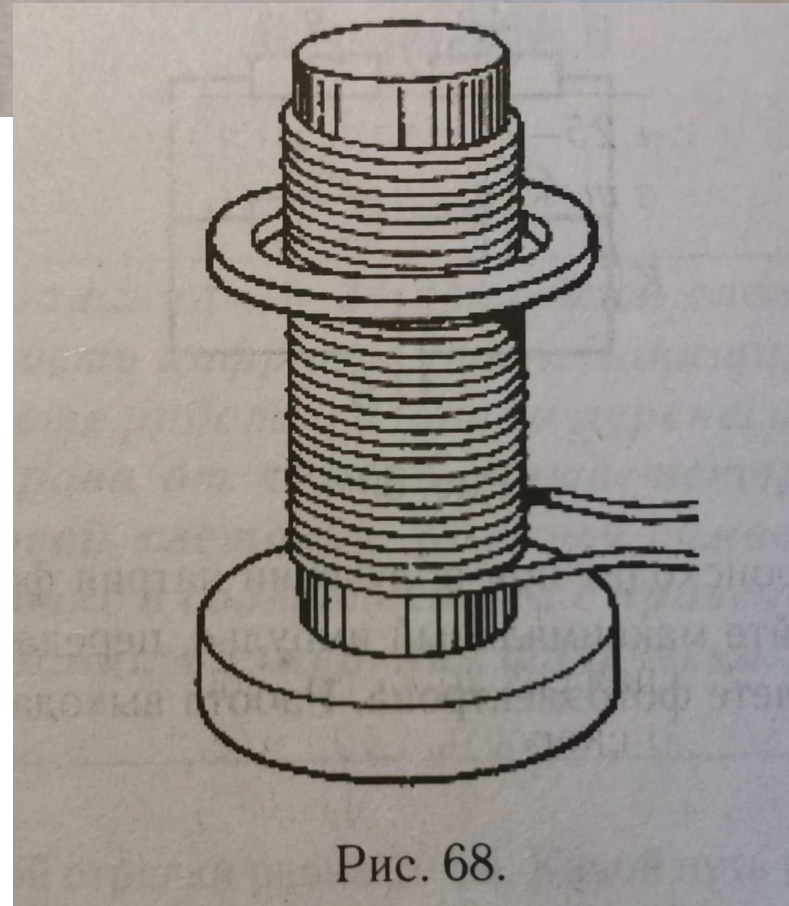


Рис. 68.

Переменный ток в катушке создаёт переменное магнитное поле. Это поле возбуждает в кольце электрический ток, магнитное поле которого направлено противоположно магнитному полю катушки. Кольцо отталкивается от катушки и парит на такой высоте, на которой его сила отталкивания уравнивает силу тяжести. Когда ток включают, резкий скачок тока в катушке возбуждает в кольце большой ток и соответственно большее магнитное поле. Из-за взаимодействия полей кольцо подпрыгивает.

28. На рисунке 152 изображены две изолированные друг от друга электрические цепи. Первая содержит последовательно соединённые источник тока, реостат, катушку индуктивности и амперметр, а вторая — проводочный моток, к концам которого присоединён гальванометр, изображённый на рисунке справа. Катушка и моток надеты на железный сердечник. Как будут изменяться показания приборов, если катушку, присоединённую к источнику тока, плавно перемещая вверх, снять с сердечника? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

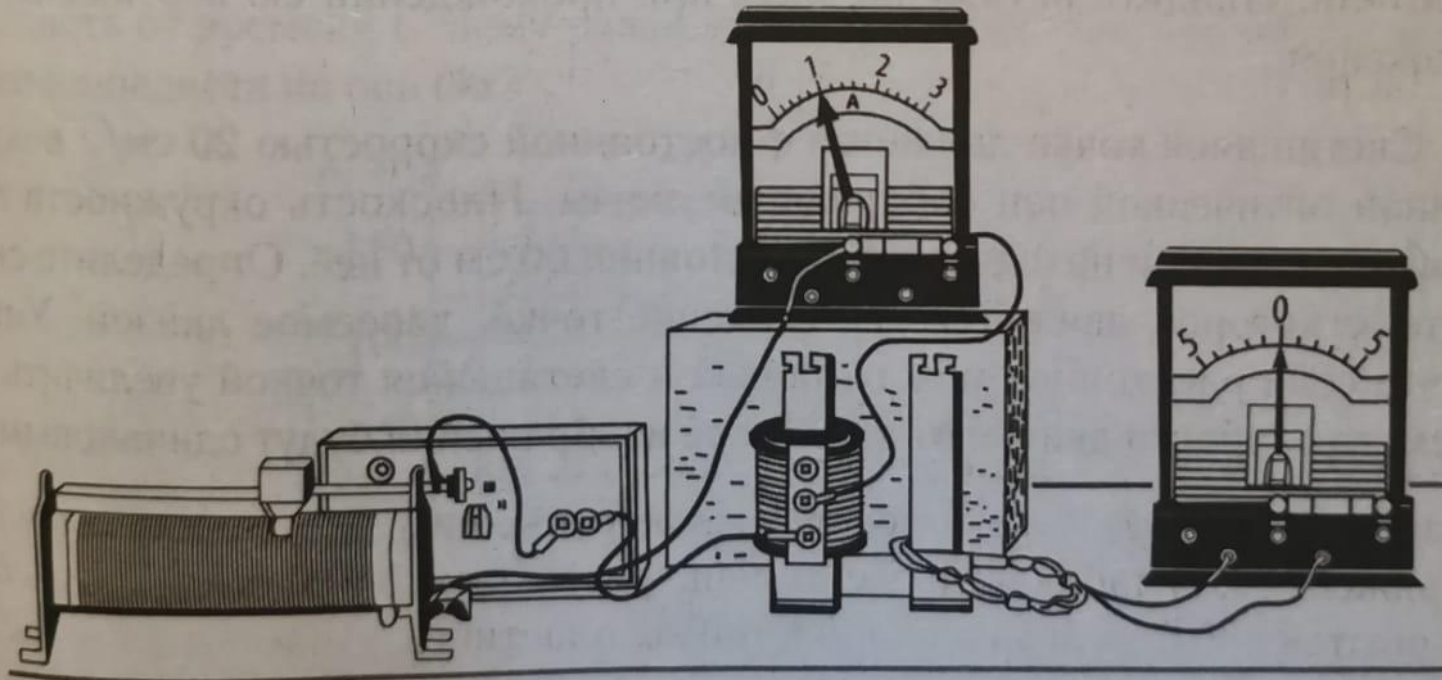


Рис. 152.

1. Во время перемещения катушки индуктивности вверх и снятия её с сердечника показания амперметра будут оставаться неизменными, а гальванометр будет регистрировать ток в цепи второй катушки.

2. При медленном перемещении катушки вверх её индуктивность будет уменьшаться, что вызовет уменьшение потока вектора магнитной индукции через железный сердечник и небольшую ЭДС индукции $\mathcal{E}_{\text{инд}}$ в цепи этой катушки, $\mathcal{E}_{\text{инд}} \ll \mathcal{E}$, которой можно пренебречь.

3. Сила тока через амперметр не изменится, поскольку в соответствии с законом Ома для замкнутой цепи она определяется выражением $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$, где R — сопротивление подключённой части реостата. Уменьшение потока вектора магнитной индукции через поперечное сечение сердечника вызывает изменение потока вектора индукции магнитного поля в проволочном мотке, соединённом с гальванометром. В соответствии с законом индукции Фарадея $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, что вызывает ток через гальванометр.