

**Физика**  
**Электричество**

**פיזיקה**  
**חשמל**

**Указания**

**הוראות**

- א. משך הבחינה: שתיים.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:  
בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על שלוש שאלות בלבד.  
לכל שאלה –  $33\frac{1}{3}$  נקודות;  $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$  נקודות
- ג. חומר עזר מותר בשימוש:  
(1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.  
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).  
(3) מילון עברי-לועזי/לועזי-עברי.
- ד. הוראות מיוחדות:  
(1) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת. יש לציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרתם.  
(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה:  
רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.  
(3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, יש לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלתם.  
(4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.  
(5) כאשר אתם נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית  $g$ .  
(6) בחישובים יש להשתמש בערך  $10 \text{ m/s}^2$  לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).  
(7) יש לכתוב את תשובות בעט. אם תכתבו בעיפרון או תמחקו בטיפקס לא תוכלו לערער. מותר להשתמש בעיפרון לסרטטים וגרפים בלבד.
- א. Продолжительность экзамена: два часа.
- б. Строение вопросника и ключ к оценке:  
В этом вопроснике шесть вопросов, вы должны ответить только на три из них.  
За каждый вопрос –  $33\frac{1}{3}$  балла;  $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$  баллов
- в. Разрешенный вспомогательный материал:  
1. Калькулятор без графического дисплея. Нельзя пользоваться возможностями программирования, если они есть в калькуляторе.  
2. Формулы и данные (прилагаются).  
3. Двухязычный словарь.
- г. Особые указания:  
1. Ответьте только на три вопроса. Если вы ответите более чем на три вопроса, будут проверены только первые три ответа в вашей тетради. Четко отметьте номер выбранного вопроса и пункта.  
2. При решении вопросов, требующих вычислений, запишите следующие этапы:  
запись математических выражений в том виде, в котором они представлены в приложенном листе формул и данных, математическое преобразование и изменение искомого формулы в соответствии с задачей, подробная запись данных в полученном выражении, запись результатов вычислений посредством десятичной дроби с необходимым для задачи количеством цифр и в соответствующих единицах измерения.  
3. На вопросы, на которые требуется ответить словесно, отвечайте кратко и только по теме.  
4. Прямые линии на графиках следует чертить с помощью линейки.  
5. Когда от вас требуется представить величину с помощью данных вопроса, запишите математическое выражение, включающее данные вопроса или их часть; при необходимости можно также пользоваться основными константами из таблицы на листе формул и данных или значением ускорения свободного падения  $g$ .  
6. В своих вычислениях используйте значение  $10 \text{ m/s}^2$  как ускорение свободного падения (вблизи Земли).  
7. Пишите свои ответы ручкой. Запись ответов карандашом или использование типекса не позволят подать апелляцию. Карандаш можно использовать только для чертежей и графиков.

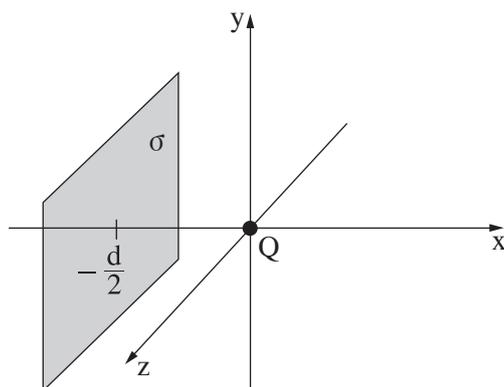
יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום "טייטה" בראש כל עמוד המשמש טייטה. כתיבת טייטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.  
Пишите только в экзаменационной тетради. Напишите слово «טייטה» в начале каждой страницы, отведенной вами под черновик. Выполнение любых черновых записей на листах, не относящихся к экзаменационной тетради, может привести к тому, что экзамен будет аннулирован!

## Вопросы

Ответьте на три из вопросов 1–6.

(За каждый вопрос –  $33\frac{1}{3}$  балла; количество баллов за каждый пункт вопроса указано в его конце).

1. Дана система, состоящая из точечного положительного заряда  $Q$  и очень большой горизонтальной пластины («бесконечная пластина»), равномерно заряженной положительно, с поверхностной плотностью заряда  $\sigma$ . Точечный заряд удерживают в состоянии покоя в начале координат, а пластина расположена в точке  $x = -\frac{d}{2}$  перпендикулярно оси  $x$  (данная пластина параллельна плоскости  $yz$ ). Эта система представлена на чертеже.



Система находится в вакууме. Воздействием точечного заряда на поверхностную плотность заряда  $\sigma$  можно пренебречь на протяжении всего вопроса.

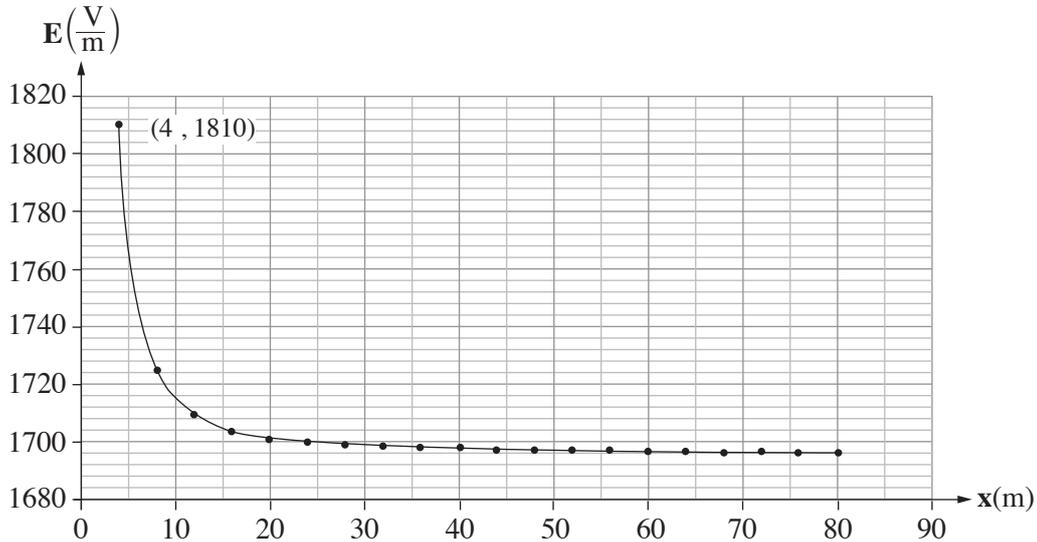
- ( $\times$ ) Выразите напряженность электрического поля,  $E(x)$ , на оси  $x$  для  $x > 0$ . Воспользуйтесь параметрами  $\sigma$ ,  $Q$  и основными константами. (6 баллов)

**Обратите внимание:** продолжение вопроса на следующей странице.

Ниже приведен график, описывающий напряженность электрического поля,  $E$ , в нескольких точках вдоль оси  $x$ , начиная с точки  $x = d$ .

Дано:  $d = 4\text{m}$ ,  $E(4) = 1810 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ .

### Напряженность электрического поля на оси $x$



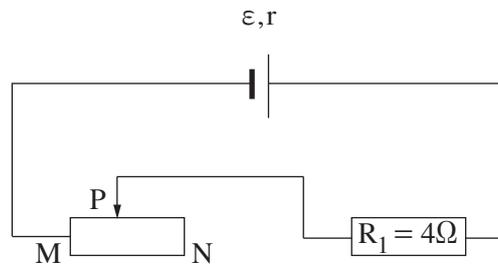
- (а) (1) С помощью графика вычислите поверхностную плотность заряда  $\sigma$ .  
 (2) Вычислите величину точечного заряда  $Q$ .  
 (9 баллов)

Выводят из состояния покоя положительно заряженную частицу из точки, расположенной на положительной части оси  $x$ . Частица движется вдоль оси  $x$  в положительном направлении.

- (б) Определите, какое из высказываний 1–4, приведенных ниже, верно, и обоснуйте свой ответ. (6 баллов)
1. Когда частица находится на очень большом расстоянии от системы – ее движение приблизительно равноускоренное.
  2. Когда частица находится на очень большом расстоянии от системы – ее движение приблизительно равномерное.
  3. Когда частица находится на очень большом расстоянии от системы – ее скорость становится равной нулю.
  4. Невозможно определить тип движения частицы, не зная ее массы.
- (в) Вычислите  $V_{d, 2d}$ , разность потенциалов между точкой  $x = d$  и точкой  $x = 2d$  (обе точки расположены на оси  $x$ ). (7 баллов)
- (г) Если бы заряженная пластина находилась в точке  $x = \frac{d}{2}$ , разность потенциалов между точкой  $x = d$  и точкой  $x = 2d$  увеличилась бы, уменьшилась бы или не изменилась бы? Обоснуйте свой ответ. ( $5\frac{1}{3}$  балла)

2. На чертеже 1 изображена электрическая цепь, состоящая из батарейки, ЭДС которой  $\varepsilon$ , а внутреннее сопротивление  $r$ , резистора с постоянным сопротивлением  $R_1 = 4\Omega$ , переменного резистора  $MN$  с подвижным контактом (ползунком)  $P$  и идеальных проводников.

Дано, что сопротивление переменного резистора на единицу длины  $\lambda = 0.8 \frac{\Omega}{\text{см}}$ , а его общая длина  $\ell = 30 \text{ см}$ .



Чертеж 1

- (\*) Ниже приведено пять высказываний 1–5. Перенесите в экзаменационную тетрадь только верные высказывания. (6 баллов)

1. Значение напряжения на клеммах зависит от внутреннего сопротивления батарейки.
2. Значение напряжения на клеммах уменьшается при увеличении внешнего сопротивления цепи.
3. С увеличением силы тока в цепи увеличивается напряжение на клеммах.
4. Значение ЭДС не зависит от силы тока.
5.  $\frac{J}{C}$  – это единица, выражающая ЭДС.

Дано:

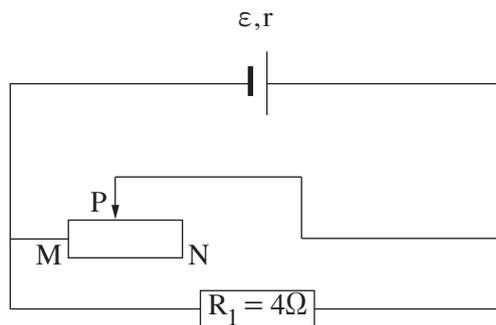
Когда сила тока в цепи  $I = 1.5 \text{ A}$ , напряжение на клеммах  $V = 18 \text{ V}$ .

Когда сила тока в цепи  $I = 2.5 \text{ A}$ , напряжение на клеммах  $V = 16 \text{ V}$ .

- (а) Вычислите ЭДС батарейки,  $\varepsilon$ , и ее внутреннее сопротивление,  $r$ . (8 баллов)
- (б) Вычислите расстояние подвижного контакта  $P$  от конца  $N$  переменного резистора, когда сила тока в цепи  $I = 1.5 \text{ A}$ . (7 баллов)

**Обратите внимание: продолжение вопроса на следующей странице.**

Разобрали цепь, изображенную на чертеже 1, и собрали из тех же компонентов другую цепь, изображенную на чертеже 2. Подвижный контакт Р расположен в точке, которую вы нашли в пункте (а).



Чертеж 2

Ответьте на вопросы пунктов (т)–(п) для цепи, показанной на чертеже 2.

(т) Напряжение на клеммах равно  $18V$ , больше этого значения или меньше этого значения?

Обоснуйте свой ответ. (7 баллов)

(п) (1) Можно ли в этой цепи измерить напряжение на клеммах, значение которого  $V = \varepsilon$  ?

Если да, объясните каким образом. Если нет, обоснуйте свой ответ.

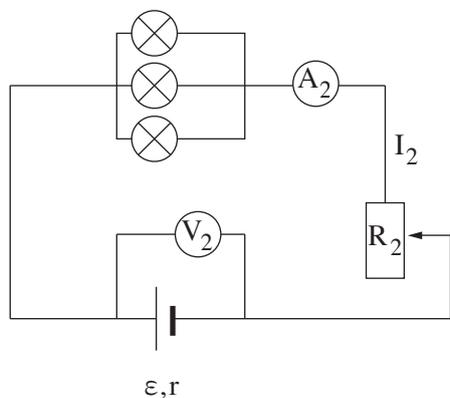
(2) Можно ли в этой цепи измерить напряжение на клеммах, значение которого  $V = 0$  ?

Если да, объясните каким образом. Если нет, обоснуйте свой ответ.

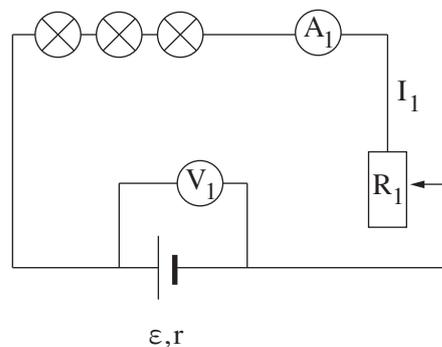
( $5\frac{1}{3}$  балла)

3. На чертежах изображены две электрических цепи, цепь 1 и цепь 2, состоящие из одинаковых компонентов:

источник напряжения, ЭДС которого  $\varepsilon$ , а внутреннее сопротивление  $r$ , три лампочки, на каждой из которых указано  $3V$  и  $2W$ , переменный резистор, идеальные проводники и идеальные измерительные приборы.



Цепь 2



Цепь 1

В каждой из двух этих цепей двигают ползунок переменного резистора – до тех пор, когда все лампочки будут гореть в полную силу, в соответствии с указанными на них данными. Это положение не изменяется во всех пунктах вопроса.

- (а) Вычислите  $I_1$ , показание амперметра в цепи 1, и  $I_2$ , показание амперметра в цепи 2.  
 (7 баллов)

Дано: в цепи 1 вольтметр показывает  $V_1 = 9\frac{1}{3}V$ , а в цепи 2 вольтметр показывает  $V_2 = 4V$ .

- (б) Вычислите  $R_1$ , сопротивление переменного резистора в цепи 1, и  $R_2$ , сопротивление переменного резистора в цепи 2. (7 баллов)
- (в) Определите, в какой из двух цепей, цепи 1 или цепи 2, мощность, затрачиваемая источником напряжения, больше, и вычислите, во сколько раз больше затрачиваемая мощность. (6 баллов)
- (г) Определите, в какой из двух цепей, цепи 1 или цепи 2, мощность, потерянная внутри источника напряжения, больше, и вычислите, во сколько раз больше потерянная мощность. (5 баллов)

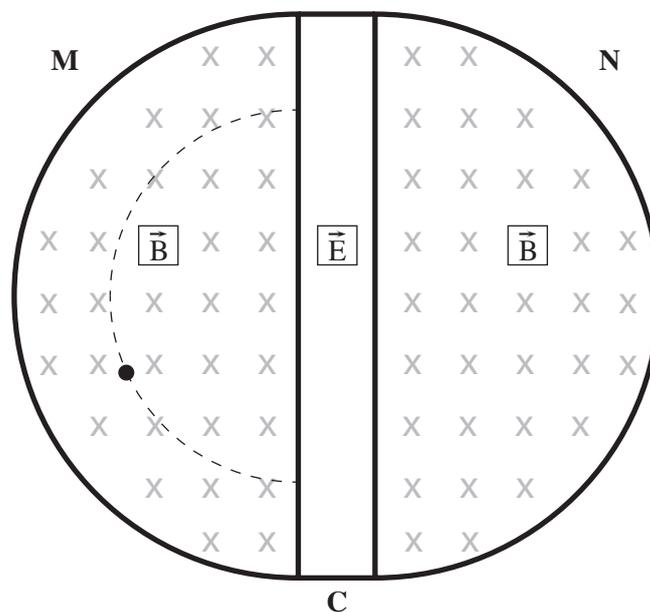
Коэффициент полезного действия цепи определен следующим образом: соотношение между эффективной мощностью всей цепи (лампочки и переменный резистор) и затрачиваемой мощностью источника напряжения.

Ученик утверждает, что общая мощность лампочек в цепи 1 равна общей мощности лампочек в цепи 2, и поэтому цепь, в которой мощность переменного резистора больше, является цепью с более высоким коэффициентом полезного действия.

- (д) Определите, верно или ошибочно данное утверждение. Обоснуйте свой ответ. (4 балла)
- (е) Определите, в какой из цепей, в цепи 1 или в цепи 2, коэффициент полезного действия выше. Обоснуйте свой ответ. ( $4\frac{1}{3}$  балла) /продолжение на странице 7/

4. На чертеже 1 изображена система для ускорения заряженных частиц под названием циклотрон. Система состоит из двух полуциркулов М и N, отделенных друг от друга прямоугольным участком С. В каждом из полуциркулов частицы движутся под воздействием постоянного магнитного поля  $\vec{B}$ .

Направление магнитного поля «внутри листа», и оно перпендикулярно направлению движения частиц. На прямоугольном участке С нет магнитного поля, но существует электрическое поле  $\vec{E}$ , величина напряженности которого постоянна. Направление электрического поля параллельно направлению движения частиц внутри прямоугольного участка С, причем оно изменяется на противоположное каждый раз, когда частицы завершают полуцикл. Таким образом электрическое поле ускоряет частицы при каждом их переходе между полуциркулами М и N. На чертеже показана частица и часть траектории ее движения.



Чертеж 1

(а) (1) Объясните, почему движение частиц в двух полуциркулах является круговым (приблизительно) и почему радиус их вращения увеличивается.

(2) Определите направление движения протона в описанном магнитном поле: в направлении часовой стрелки или против часовой стрелки.

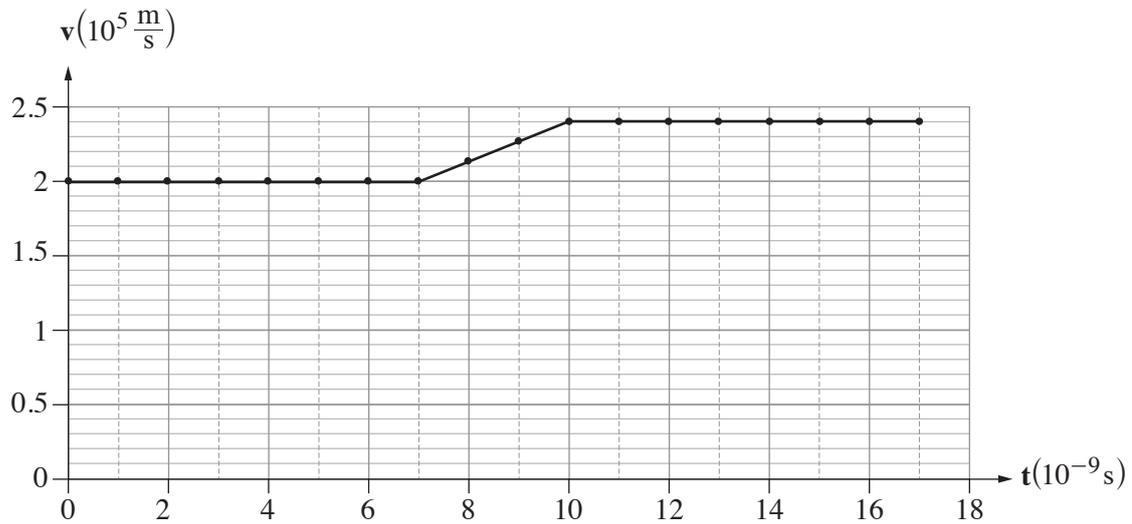
(8 баллов)

(б) Докажите, что время движения протона в полуциркуле М равно времени его движения в полуциркуле N. (6 баллов).

**Обратите внимание: продолжение вопроса на следующей странице.**

В одном из опытов в описанной выше системе для ускорения частиц исследователи измерили скорость протона как функцию времени, с момента его входа в полукруг  $M$ , через его движение на участке электрического поля  $C$  и заканчивая его выходом из полукруга  $N$ . На основании данных измерений исследователи построили график, описывающий величину скорости протона как функцию времени, как показано на чертеже 2 (обратите внимание на единицы измерения на обеих осях).

### Величина скорости протона как функция времени



Чертеж 2

Дано: масса протона  $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$  kg .

(а) С помощью графика вычислите величину индукции магнитного поля  $\vec{B}$ . (6 баллов)

(б) С помощью графика вычислите величину напряженности электрического поля  $\vec{E}$ .

(7 баллов)

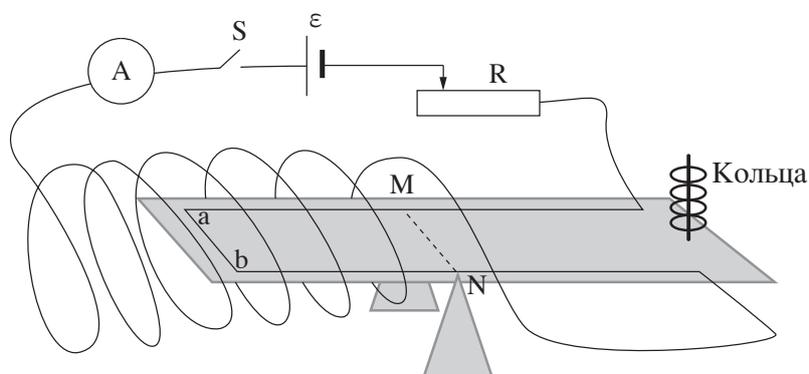
(в)  $F_1$  – это величина центростремительной силы, которая действовала на протон в момент его входа в полукруг  $M$ .

$F_2$  – это величина центростремительной силы, которая действовала на протон в момент его следующего входа в полукруг  $M$ .

Определите,  $F_1$  больше, чем  $F_2$ , меньше его или равна ему. Обоснуйте свой ответ.

( $6\frac{1}{3}$  балла)

5. Дана система для измерения массы малых тел (токовые весы). Система состоит из индукционной катушки, длина которой  $L$ , а число витков обмотки  $N$ , изолированной прямоугольной пластины, вдоль трех сторон которой прикреплен проводник, идеального источника напряжения  $\varepsilon$ , переменного резистора  $R$ , выключателя  $S$ , идеального амперметра, идеальных проводников и нескольких одинаковых колец, сделанных из изолирующего материала. С помощью системы хотят измерить массу кольца,  $m_0$ . Внутри катушки помещают часть пластины, вдоль сторон которой прикреплен проводник, в положении горизонтального равновесия. Концы проводников, прилегающие к пластине, присоединяют к катушке последовательно. Пластина может свободно двигаться вокруг оси  $MN$ , проходящей через ее центр, как показано на чертеже.



В начальном положении выключатель  $S$  разомкнут, в системе не течет ток, и пластина находится в положении горизонтального равновесия.

Замыкают выключатель, и на участок проводника, расположенный поперек пластины, длина которого  $\ell_{ab}$  (смотрите чертеж), действует сила  $F_B$ , которая приводит к тому, что пластина выходит из состояния горизонтального равновесия. Одно кольцо помещают на край пластины, который находится вне катушки, и с помощью переменного резистора изменяют силу тока в цепи до тех пор, когда сила магнитного поля уравновесит силу, с которой кольцо действует на пластину, и пластина вернется в положение горизонтального равновесия.

- (\*) Определите, каково направление магнитного поля, которое создается в катушке после замыкания выключателя – слева направо или справа налево. (4 балла)

**Обратите внимание: продолжение вопроса на следующей странице.**

Повторяют измерения несколько раз, и каждый раз помещают дополнительное кольцо на пластину и изменяют силу тока до возвращения пластины в горизонтальное положение.

Записывают силу тока и квадрат силы тока.

Результаты опыта приведены в таблице.

Число колец К	I(A)	I <sup>2</sup> (A <sup>2</sup> )
1	4.0	16.0
2	5.0	25.0
3	6.5	42.3
4	7.5	56.3
5	8.5	72.3

- (א) Выразите величину магнитной силы  $F_B$ , действующей на участок проводника  $ab$ , как функцию силы тока  $I$  (воспользуйтесь параметрами  $\mu_0$ ,  $\ell_{ab}$ ,  $L$ ,  $N$ ,  $I$ ). (6 баллов)
- (ב) Выразите квадрат силы тока ( $I^2$ ) как функцию числа колец ( $K$ ), которые поместили на пластину. (6 баллов)
- (ג) Согласно результатам, приведенным в таблице:
- (1) Начертите диаграмму распределения (точки в системе координат) квадрата силы тока ( $I^2$ ) как функции количества колец ( $K$ ).
  - (2) Дополните диаграмму распределения наиболее подходящей для нее прямой (линией направления [קו המגמה]).
- (7 баллов)

Дано:  $\ell_{ab} = 2.8 \text{ cm}$ ,  $L = 25 \text{ cm}$ ,  $N = 2500$ .

- (ד) Согласно величине углового коэффициента графика, вычислите массу кольца,  $m_0$ . (5 баллов)

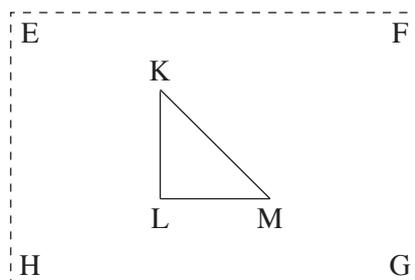
Переворачивают полюса источника напряжения.

- (ה) Можно ли использовать систему в этом положении, чтобы измерить массу малых тел? Обоснуйте свой ответ. ( $5\frac{1}{3}$  балла)

**Индукция**

6. Дан проводник KLM, в форме прямоугольного равнобедренного треугольника, как показано на чертеже 1. Проводник находится в однородном магнитном поле, которое существует на прямоугольном участке EFGH. Индукция данного магнитного поля изменяется с течением времени, а его направление перпендикулярно плоскости треугольника KLM.

Дано: сопротивление проводника  $R = 1.2\Omega$ . Площадь треугольника, образованного проводником  $S_{KLM} = 100\text{cm}^2$ .



**Чертеж 1**

График на чертеже 2 описывает индукцию магнитного поля как функцию времени (обратите внимание на единицы измерения).



**Чертеж 2**

Дано, что в промежутке времени  $0 < t < 5\text{ms}$  через проводник течет наведенный электрический ток, направление которого от L к M.

- (а) Каково направление наведенного магнитного поля внутри треугольника в этот промежуток времени – «внутри плоскости листа» или «наружу из плоскости листа»? (4 балла)
- (б) Каково направление однородного магнитного поля в этот промежуток времени? Обоснуйте свой ответ. (6 баллов)
- (в) Вычислите силу наведенного тока в проводнике в каждый из трех промежутков времени, указанных в пунктах (1)–(3). Положительное направление тока: от L к M. (8 баллов)
  - (1) Промежуток времени  $0 < t < 5\text{ms}$
  - (2) Промежуток времени  $5\text{ms} < t < 15\text{ms}$
  - (3) Промежуток времени  $15\text{ms} < t < 30\text{ms}$
- (г) Вычислите электрическую мощность в проводнике в момент времени  $t = 20\text{ms}$ . (6 баллов)

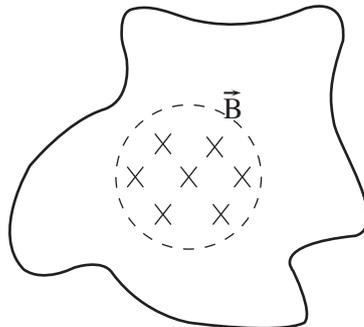
**Обратите внимание: продолжение вопроса на следующей странице.**

*/продолжение на странице 12/*

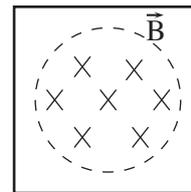
В другом случае в той же системе существует однородное и постоянное во времени магнитное поле, направление которого «из плоскости треугольника» и перпендикулярно ей. Проводник движется вправо с постоянной скоростью и выходит из участка, на котором действует магнитное поле.

- (ה) Рассмотрите промежуток времени с момента, когда проводник начинает выходить из поля и до его полного выхода из поля, и определите, является ли сила наведенного тока постоянной или изменяется. Обоснуйте свой ответ. (5 баллов)

В другой системе дан участок в форме окружности, на котором действует однородное магнитное поле, индукция которого изменяется как функция времени. Один раз около этого участка обматывают проводник, который имеет форму квадрата (чертеж 3н), а другой раз – проводник, который имеет площадь, большую площади этого квадрата (чертеж 3а).



Чертеж א



Чертеж ב

Чертеж 3

- (ו) Утверждение: наведенная ЭДС в проводнике, изображенном на чертеже 3б, больше, чем наведенная ЭДС в проводнике, изображенном на чертеже 3а, так как ограниченная им площадь больше.

Определите, верно или ошибочно это утверждение. Обоснуйте свой ответ.

(4  $\frac{1}{3}$  балла)

**Желаем успеха!**

Авторские права принадлежат Государству Израиль.  
Копировать или публиковать можно только  
с разрешения Министерства просвещения.

**בהצלחה!**

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.  
אין להעתיק או לפרסם  
אלא ברשות משרד החינוך.