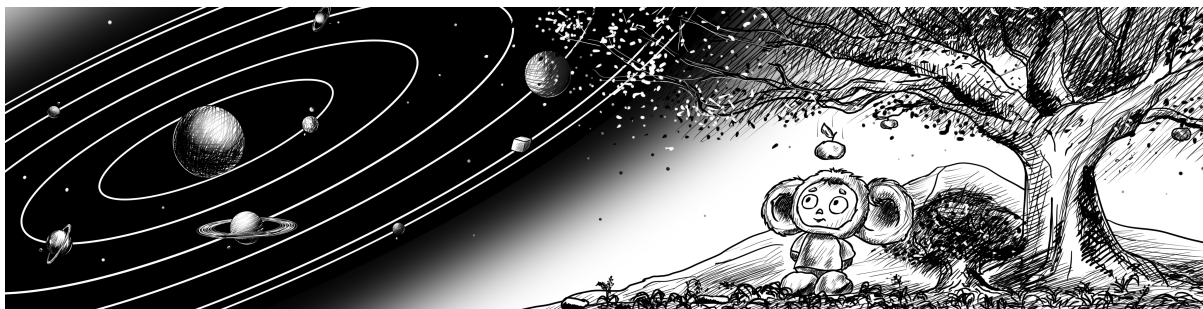
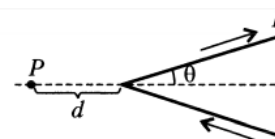




Данная подборка задач является **примером** того, что будет разбираться на смене. Здесь приведены 2–3 задачи из каждого семинара для того, чтобы вы смогли оценить уровень смены и темы, которые обсуждаются на ней. На самих семинарах будет разобрано гораздо больше задач.

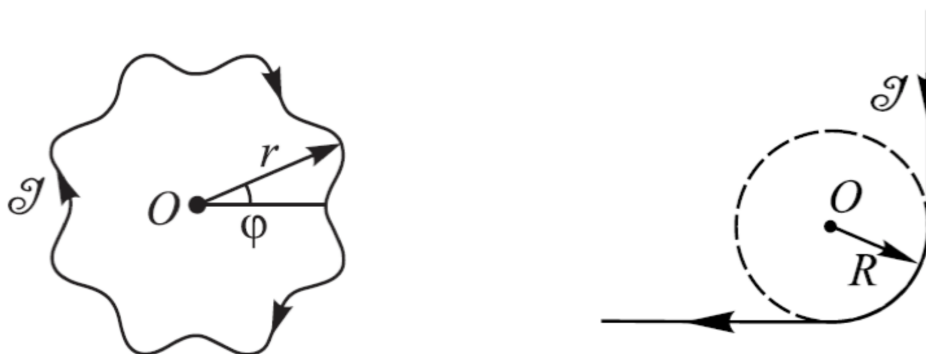
Семинар 1. Закон Био-Савара-Лапласа и теорема о циркуляции

1. В начале девятнадцатого столетия экспериментальные и теоретические исследования в физике были сфокусированы на изучении магнитного поля проводов, по которым текут электрические токи. Особенно интересен случай, когда постоянный ток I идет по очень длинному проводу, согнутому в форме буквы V с углом 2θ . Согласно вычислениям Ампера, величина B магнитного поля около точки P , находящейся вне V -образного провода, но на его оси симметрии и на расстоянии d от его вершины, пропорциональна $\tan(\theta/2)$. Для той же самой ситуации Био и Савар предположили, что магнитное поле в точке P могло бы быть пропорционально углу. Фактически, они попытались выбрать одно из этих двух предположений, измеряя период колебаний магнитной стрелки как функцию угла V -образного провода. Однако для диапазона выбранных значений θ предсказанные различия оказались слишком малыми, чтобы быть измеренными.

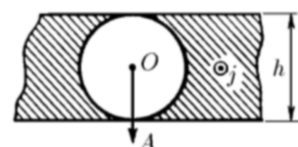


1. Какая формула могла бы быть правильной?
 2. Найдите коэффициент пропорциональности в этой правильной формуле и оцените наиболее вероятный эффект, появляющийся в другой формуле.
2. Найдите индукцию магнитного поля:
1. в центре кругового витка с током;
 2. в фокусе эллипса, большая и малая полуоси которого равны соответственно a и b , уравнение эллипса в полярной системе координат имеет вид $r(\varphi) = p/(1 + e \cos \varphi)$, где $p = b^2/a$ — фокальный параметр, а $e = \sqrt{a^2 - b^2}/a > 1$ — эксцентриситет;

3. поле прямолинейного тока на расстоянии b от него;
4. поле в центре правильного n -угольника, вписанного в окружность радиуса R ;
5. поле плоской спирали, сделанной из изолированного провода и состоящей из N плотно расположенных витков, по которым протекает ток I , радиусы внутреннего и внешнего витков равны соответственно a и b ;
6. поле в центре O «гофрированной окружности», уравнение которой в полярной системе координат имеет вид $1/r = 1/a + b \cos m\varphi$, где $a = 50$ см, m — целое число, b — постоянная. По проводнику, имеющему форму «гофрированной окружности», течет ток $I = 10$ А.
7. магнитное поле в центре части окружности радиуса R .

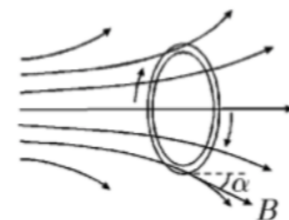


3. В бесконечной пластине толщины h вырезали цилиндрическую полость радиуса $h/2$, ось которой параллельна поверхностям пластины. Во всем объёме пластины, за исключением полости, течёт ток, направленный вдоль оси полости. Найдите распределение индукции магнитного поля вдоль прямой OA , которая проходит через ось полости и перпендикулярна поверхностям пластины. Плотность тока j .

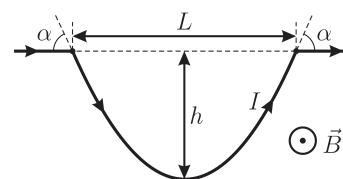


Семинар 2. Сила Ампера

4. Кольцо радиуса R , по которому циркулирует ток I , поместили в неоднородное аксиально-симметричное поле. Ось кольца совпадает с осью симметрии магнитного поля. Индукция магнитного поля B , действующего на ток, направлена под углом α к оси симметрии поля. Масса кольца m . Определите ускорение кольца.



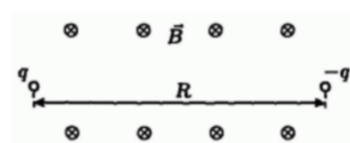
5. Участок гибкого провода массой m подвешен так, что его концы закреплены на одинаковой высоте (см. рис.). Провод находится в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией B , и по нему течёт ток I . Силы, действующие на провод в точках подвеса, образуют угол α с горизонтом. Найдите силу T натяжения провода в его нижней точке. Размеры L и h известны.



Семинар 3. Сила Лоренца

6. Частица массой m и зарядом q влетает со скоростью V в однородное магнитное поле с индукцией B перпендикулярно линиям индукции. На частицу при движении действует сила сопротивления среды, пропорциональная скорости $F = -\beta V$. Найдите перемещение частицы до ее остановки, а также путь, пройденный частицей.

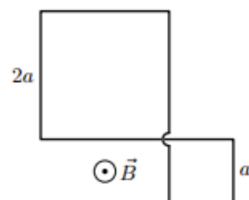
7. Две частицы с одинаковыми массами m и зарядами q и $-q$ начинают с нулевыми начальными скоростями двигаться в однородном магнитном поле B , перпендикулярном соединяющему их отрезку длины R .



1. Найдите минимальное значение индукции магнитного поля B_0 (критическое поле), при котором частицы не столкнутся друг с другом.
2. На каком расстоянии r друг от друга они окажутся при наибольшем сближении, если $B > B_0$?
3. Найдите скорости частиц и расстояние между ними в момент наибольшего сближения при критическом значении магнитного поля. Как в этом случае будут двигаться частицы после их наибольшего сближения. Нарисуйте качественный график траектории частиц.

Семинар 4. Закон электромагнитной индукции I

8. Плоский контур выполнен из одного куска проволоки и имеет вид двух квадратов «с перехлестом» (см. рисунок). Стороны квадратов равны a и $2a$. Контур находится в однородном магнитном поле, линии которого перпендикулярны плоскости контура. Индукция магнитного поля возрастает со временем t по закону $B = \beta t$, где β — заданная константа. Найдите силу индукционного тока в контуре. Сопротивление единицы длины провода равно ρ .



9. Три одинаковых проводящих кольца радиуса r спаяны между собой в точках a, b, c, d, e и f и помещены в изменяющееся во времени вертикальное однородное магнитное поле с индукцией $B = B_0 + kt$, причем плоскость вертикального кольца перпендикулярна плоскостям двух других колец. Сопротивление колец на единицу длины ρ . Найдите силы токов и их направление в каждом из участков колец, если угол между вектором $\vec{B}$ и плоскостями наклонных колец α .

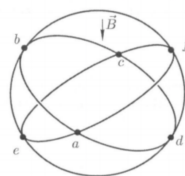


Рис. 11. Вид в перспективе

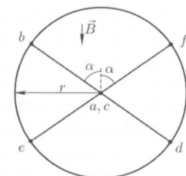
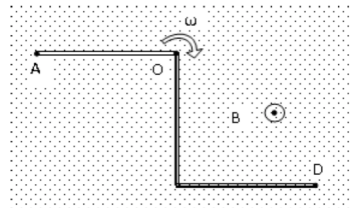


Рис. 12. Вид в направлении точек a и c

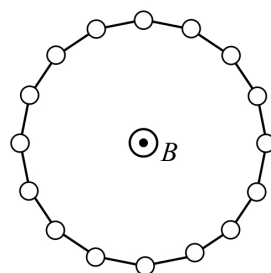
10. Квадратная проволоочная рамка с диаметров проволоки d находится вблизи длинного прямого провода с током I . При выключении тока рамка приобретает импульс p . Какой импульс получила бы рамка, если бы начальный ток в проводе был $3I$, а диаметр проволоки рамки $2d$? Самоиндукцией рамки пренебречь.

Семинар 5. Закон электромагнитной индукции II

11. В однородном магнитном поле в плоскости, перпендикулярной вектору магнитной индукции 200 мТл , вращается с угловой скоростью 1 рад/с относительно оси, проходящей через точку O , изогнутый проводящий стержень, состоящий из трёх одинаковых звеньев, соединённых под прямым углом. Длина каждого звена 60 см . Определите разность потенциалов между точками A и O , а также между точками A и D . Ответ дать в мВ, округлив до десятых. В случае положительной разности потенциалов ответ следует ввести со знаком «+», в случае отрицательной — со знаком «-».



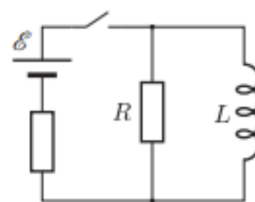
12. На гладкой горизонтальной плоскости лежат N маленьких одинаково заряженных шариков равной массы (см. рисунок). Суммарный заряд шариков Q , суммарная масса M . Шарики связаны друг с другом непроводящей легкой нерастяжимой нитью, образуя кольцо. Длина нити между двумя соседними шариками равна l . Система находится в вертикальном магнитном поле B , причем суммарный поток магнитной индукции, пронизывающий кольцо, равен Φ_0 . Изначально все шарики покоятся. В некоторый момент магнитное поле выключают. Найдите изменение ΔF силы натяжения нити после выключения поля.



Семинар 6. Индуктивность. RL-цепочки

13. Найдите индуктивность соленоида длины l , с числом витков N , радиусом r . Считайте, что длина соленоида много больше остальных его геометрических размеров.

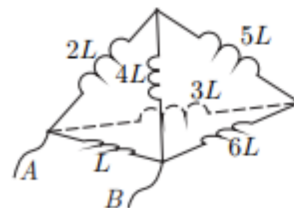
14. В схеме на рисунке параметры всех элементов заданы. В начальном состоянии, когда ключ был разомкнут, ток в цепи, содержащей индуктивность L , отсутствовал. Ключ замыкают на некоторое время, а затем снова размыкают. Известно, что за время, пока ключ был замкнут, через индуктивность протек заряд q_0 . За все время после размыкания ключа в схеме выделилось количество теплоты Q_0 . Предполагая идеальными все элементы цепи, определите:



1. Силу тока I_0 , протекающего через индуктивность непосредственно перед размыканием ключа.
2. заряд q_1 , протекший через резистор R за время, пока ключ был замкнут.
3. заряд q_2 , протекший через резистор R после того, как ключ был разомкнут.
4. работу A , совершенную источником постоянного тока в течение всего процесса.
5. количество теплоты Q , выделившееся в схеме, пока ключ был замкнут.

Занятие 7. RL-цепочки. Энергия магнитного поля

15. Шесть идеальных катушек индуктивности соединили в электрическую цепь так, что катушки образовали ребра тетраэдра (см. рис). К вершинам A и B подсоединили последовательно соединенные резистор сопротивлением $R = 100$ Ом, батарейку с ЭДС 4,6 В, миллиамперметр и ключ. Индуктивность катушки $K = 1$ мГн. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



1. Вычислите силу тока I_{60} , протекающего через миллиамперметр спустя 1 минуту после замыкания ключа.
 2. Вычислите силу тока, протекающего через каждую из катушек в тот момент, когда сила тока, протекающего через миллиамперметр, равна $I_A = 23$ мА.
16. По длинному соленоиду, имеющему n [витков/см], течет ток I . Найти давление L , действующее на боковую поверхность соленоида. Магнитная проницаемость среды $\mu = 1$.

Семинар 8. Электродвигатели

17. При включении электродвигателя стеклоподъемника одной двери автомобиля стекло поднимается из нижнего в верхнее положение за время t_1 . Если включить одновременно два стеклоподъемника, то стекла поднимутся за время t_2 ($t_2 > t_1$).

1. За какое время t_3 поднимутся три стекла автомобиля при одновременной работе трёх стеклоподъемников?
2. За какое время t_4 поднимутся все четыре стекла автомобиля при одновременной работе всех четырёх стеклоподъемников?

Примечание. Считайте, что сила, необходимая для подъёма стекла, не зависит от скорости подъёма, а сила тяги F мотора стеклоподъемника пропорциональна силе тока, идущего через него.

18. Лебедка приводится в движение электродвигателем с независимым возбуждением, питающимся от батареи с ЭДС 300 В. Без груза конец троса с крюком поднимается со скоростью $v_1 = 4$ м/с, с грузом массой 10 кг со скоростью $v_2 = 1$ м/с. Определите, с какой скоростью будет двигаться груз и какова должна быть его масса, чтобы лебедка развивала максимальную мощность. Массой троса с крюком пренебречь.