

Сила Ампера

Если прямолинейный проводник длиной l , по которому протекает ток I , находится в однородном магнитном поле B , то на проводник со стороны поля действует *сила Ампера*

$$F = BIl \sin \alpha,$$

где α — угол между направлениями тока и поля.

ЗАДАЧА 1. Выведите формулу для силы Ампера, пользуясь выражением для силы Лоренца и формулой $I = envS$ (см. формулу (5) из листка «[Постоянный ток](#)»).

ЗАДАЧА 2. На горизонтальных рельсах, расположенных в вертикальном однородном магнитном поле B , покоится металлическая перемычка перпендикулярно рельсам. Расстояние между рельсами l , масса перемычки m , коэффициент трения между рельсами и перемычкой равен μ . Какой ток нужно пропустить через перемычку, чтобы она сдвинулась с места?

$$\frac{IlB}{\mu mg} = I$$

ЗАДАЧА 3. Горизонтальный проводник длиной l и массой m , подвешенный за концы на двух проводах, расположен в вертикальном однородном магнитном поле B . По проводнику течёт постоянный ток I . Найдите угол отклонения проводов от вертикали.

$$\left(\frac{mg}{IlB}\right) \sin \alpha = \nu$$

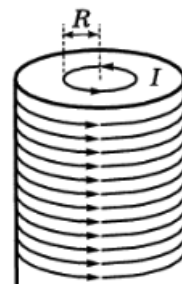
ЗАДАЧА 4. Жёсткое проволочное кольцо радиуса R находится в однородном магнитном поле B , перпендикулярном плоскости кольца. По кольцу течёт постоянный ток I . Найдите силу упругости, возникающую в проволоке. Магнитное взаимодействие различных участков проволоки не учитывать.

$$rIR = L$$

ЗАДАЧА 5. («*Покори Воробьёвы горы!*», 2017, 10–11) Из медной проволоки с площадью сечения S сделано кольцо радиусом R , по которому течет ток I . Кольцо помещается в однородное магнитное поле так, что его ось совпадает с направлением линий магнитной индукции. Найдите максимальное значение индукции B магнитного поля, при которой кольцо не разорвется, если прочность меди на разрыв равна σ (этот параметр равен отношению силы, которая требуется для разрыва проволоки, к площади её поперечного сечения).

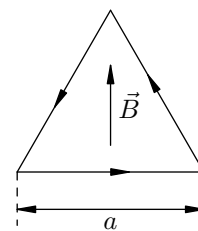
$$B_{\max} = \frac{\sigma R}{IS}$$

ЗАДАЧА 6. (*Всеросс., 1995, финал, 10*) Внутри длинного соленоида вдали от его торцов магнитное поле однородно и его индукция равна B . Один из торцов соленоида закрывают картонным диском, на котором соосно закрепляют небольшой круговой виток из проволоки так, что центр витка совпадает с осью соленоида (рис.). Найдите силу натяжения проволоки витка, если его радиус равен R , а сила тока протекающего по нему равна I .



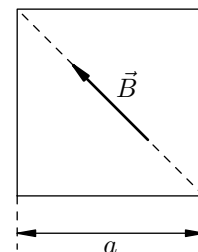
$$T = \frac{1}{2} BIR$$

Задача 7. (МФТИ, 1999) На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит проводящая жёсткая тонкая рамка из однородного куска проволоки в виде равностороннего треугольника со стороной, равной a . Рамка находится в однородном горизонтальном магнитном поле, линии индукции которого перпендикулярны одной из сторон рамки (см. рисунок). Масса рамки m , величина индукции B . Какой силы ток нужно пропустить по рамке (против часовой стрелки), чтобы она начала приподниматься относительно одной из вершин треугольника?



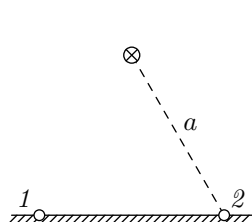
$$\frac{g^v \varepsilon}{b \omega \eta} = I$$

Задача 8. (МФТИ, 1999) На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит проводящая жёсткая тонкая квадратная рамка из однородного куска проволоки со стороной, равной a . Рамка находится в однородном горизонтальном магнитном поле, линии индукции которого параллельны одной из диагоналей квадрата рамки (см. рисунок). Масса рамки m , величина индукции B . Какой силы ток нужно пропустить по рамке, чтобы она начала приподниматься относительно одной из вершин квадрата?

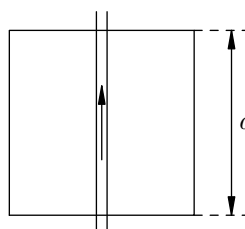


$$\frac{\varepsilon \wedge g^v}{b \omega \eta} = I$$

Задача 9. (МФТИ, 1999) На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит проводящая жёсткая тонкая квадратная рамка из однородного куска проволоки со стороной, равной a . Рамка находится в магнитном поле длинного горизонтального провода с током, расположенного симметрично над рамкой (см. рисунок). Масса рамки m , индукция магнитного поля у боковых сторон рамки 1 и 2 равна B . Коэффициент трения скольжения рамки о поверхность стола равен μ ($\mu < 1/3$). Какой силы ток нужно пропустить по рамке, чтобы она начала скользить по столу, не отрываясь от него?



Вид сбоку



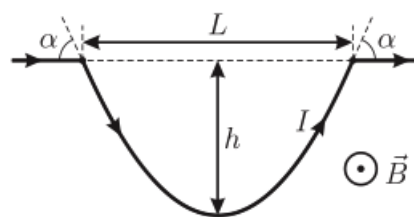
Вид сверху

$$\frac{g^v}{b \omega \eta} \leq I$$

Задача 10. (МФТИ, 1999) На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит проводящая жёсткая тонкая квадратная рамка со стороной, равной a . Рамка находится в магнитном поле длинного горизонтального провода с током, расположенного симметрично над рамкой (см. рисунок предыдущей задачи). Масса рамки M , индукция магнитного поля у боковых сторон рамки 1 и 2 равна B . Коэффициент трения скольжения рамки о стол таков, что при некоторой величине тока, пропущенного через рамку, она начинает приподниматься (без скольжения) относительно одной из своих сторон. Найти величину этого тока.

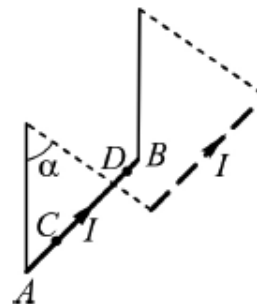
$$\frac{\varepsilon \wedge g^v}{b M} \leq I$$

Задача 11. (МОШ, 2008, 11) Участок гибкого провода массой m подвешен так, что его концы закреплены на одинаковой высоте (см. рисунок). Провод находится в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией B , и по нему течёт ток I . Силы, действующие на провод в точках подвеса, образуют углы α с горизонтом. Найдите силу T натяжения провода в его нижней точке. Размеры L и h известны.



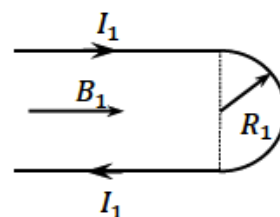
$$T \cos \alpha = \frac{1}{2}(mg + \chi BI) + \chi BI \sin \alpha$$

Задача 12. (МОШ, 2010, 11) Тяжёлый металлический стержень AB подвешен в горизонтальном положении на двух лёгких вертикальных проводах в лаборатории, где в некотором объёме создано однородное магнитное поле, линии индукции которого вертикальны. Участок CD стержня всё время находится в магнитном поле, а провода-подвески — вне поля. В первом опыте на стержень подали напряжение, и в нём очень быстро возник ток силой I . Максимальный угол, на который подвески стержня отклонились от вертикали, был при этом равен $\alpha = 60^\circ$. Во втором опыте силу тока через стержень плавно увеличивали от нуля до того же значения I . На какой угол β отклонились подвески во втором опыте?

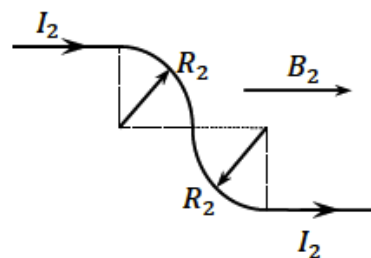


$$\beta = \arcsin\left(\frac{\chi BI}{mg}\right)$$

Задача 13. (МОШ, 2016, 11) А) Проводник с током I_1 , состоящий из двух параллельных участков, соединённых проводочной полуокружностью радиусом R_1 , помещён в однородное магнитное поле индукцией B_1 , направленное вдоль параллельных участков провода (верхний рисунок). Определите модуль силы, с которой магнитное поле действует на этот провод с током.

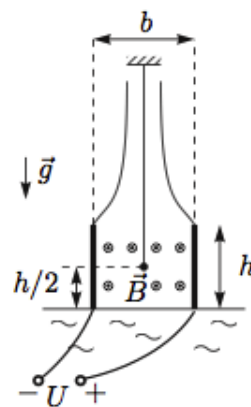


Б) Решите задачу в случае, когда провод состоит из двух параллельных участков, которые соединены двумя проводочными четвертями окружностей радиусом $R_2 = 10$ см, как показано на нижнем рисунке. Ток в проводе $I_2 = 30$ А, вектор индукции однородного магнитного поля $B_2 = 1$ Тл направлен вдоль параллельных участков провода.



$$\text{A) } F_1 = 2B_1 I_1 R_1; \text{ B) } F_2 = 2B_2 I_2 R_2 = 6 \text{ Н}$$

Задача 14. (Всеросс., 2016, финал, 11) Магнитогидродинамический (МГД) насос представляет собой плоский конденсатор с размерами пластин $h \times a$ и расстоянием между ними b ($h \gg b$, $a \gg b$). С боковых торцов конденсатор ограничен непроводящими стенками. К пластинам конденсатора подключён идеальный источник с напряжением U (полярность указана на рисунке). Между пластинами конденсатора создано однородное магнитное поле с индукцией B , вектор которой горизонтален и параллелен проводящим пластинам. Нижними краями конденсатор касается поверхности слабопроводящей жидкости с плотностью ρ_0 и удельным сопротивлением λ . Сверху к конденсатору герметично присоединён непроводящий кожух. Посередине конденсатора на высоте $h/2$ на тонкой нити подвешен небольшой непроводящий шарик, имеющий объём V и плотность $\rho > \rho_0$. Определите зависимость силы $T(U)$ натяжения нити от напряжения на источнике. Постройте качественный график этой зависимости, указав на нём характерные точки. Сверху кожух и поверхность проводящей жидкости сообщаются с атмосферой.



$$\left. \begin{array}{l} \text{если } U < \frac{\rho_0 g \lambda b}{B} \\ \text{если } U \geq \frac{\rho_0 g \lambda b}{B} \end{array} \right\} T(U) = \left. \begin{array}{l} U \frac{\rho V}{\lambda B} + \lambda g \rho V - \rho V \\ \rho g V \end{array} \right\}$$