

## 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  $\alpha$  — 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  $\mu$ . Какой ток нужно пропустить через перемычку, чтобы она сдвинулась с места?

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

**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.

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

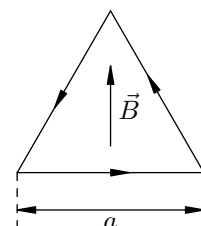
**ЗАДАЧА 4.** Жёсткое проволочное кольцо радиуса  $R$  находится в однородном магнитном поле  $B$ , перпендикулярном плоскости кольца. По кольцу течёт постоянный ток  $I$ . Найдите силу упругости, возникающую в проволоке. Магнитное взаимодействие различных участков проволоки не учитывать.

$$lIB = T$$

**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  $\sigma$  (этот параметр равен отношению силы, которая требуется для разрыва проволоки, к площади её поперечного сечения).

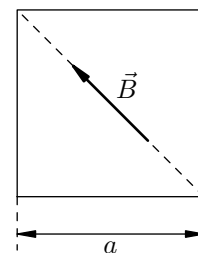
$$B_{\max} = \frac{I\sigma}{RS}$$

**ЗАДАЧА 6.** (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?



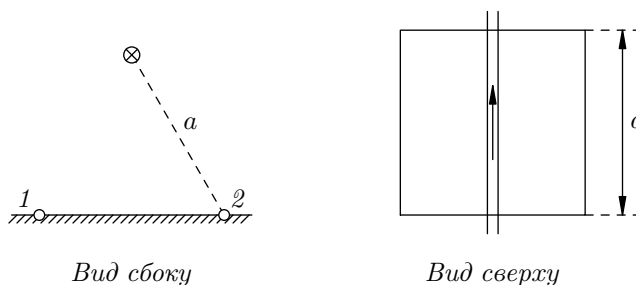
$$\frac{B^2 a^3}{6m\mu} = I$$

Задача 7. (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?



$$\frac{\mathcal{E} \wedge \mathcal{E}^v}{b m} = I$$

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 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  $\mu$  ( $\mu < 1/3$ ). Какой силы ток нужно пропустить по рамке, чтобы она начала скользить по столу, не отрываясь от него?

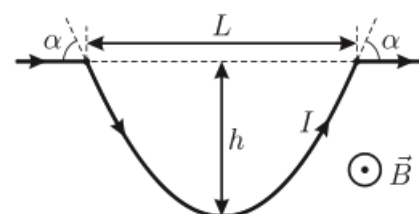


$$\frac{\mathcal{E}^v}{b m \mu} \leq I$$

Задача 9. (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.

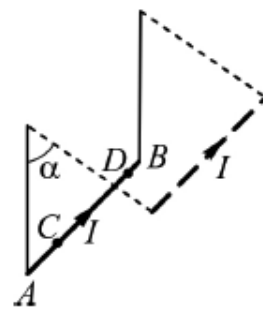
$$\frac{\mathcal{E} \wedge \mathcal{E}^v}{b M} \leq I$$

Задача 10. (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  $\alpha$  с горизонтом. Найдите силу  $T$  натяжения провода в его нижней точке. Размеры  $L$  и  $h$  известны.



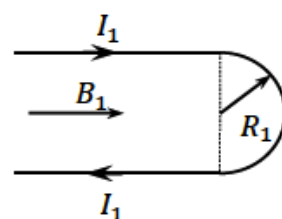
$$T \sin \alpha (T B I + b m) \frac{g}{I} + \nu B I = J$$

Задача 11. (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  $\beta$  отклонились подвески во втором опыте?

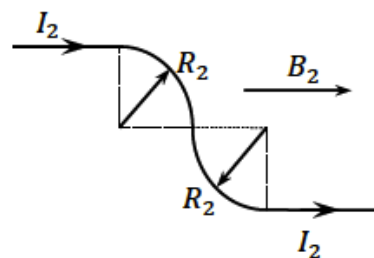


$$\vec{v} \times \vec{B} = \frac{v \times B}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \approx \vec{v} \times \vec{B} = g$$

Задача 12. (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.

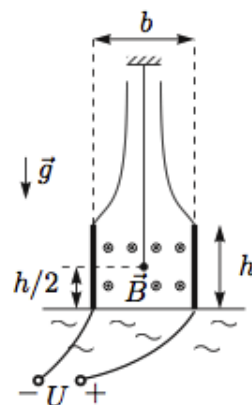


Б) Решите задачу в случае, когда провод состоит из двух параллельных участков, которые соединены двумя проводочными четвертями окружностей радиусом  $R_2 = 10$  см, как показано на нижнем рисунке. Ток в проводе  $I_2 = 30$  А, вектор индукции однородного магнитного поля  $B_2 = 1$  Тл направлен вдоль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



$$\text{A) } F_1 = 2B_1 I_1 R_1; \text{ B) } F_2 = 2B_2 I_2 R_2; \text{ H } 9 = 2B_2 I_2 R_2$$

Задача 13. (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  $\rho_0$  и удельным сопротивлением  $\lambda$ . 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.



$$T(U) = \begin{cases} \rho g V, & \text{если } U \leq \rho_0 g \lambda b / B, \\ \frac{\rho_0 g \lambda b}{B} U + \lambda V \rho_0 g - \rho V g, & \text{если } U > \rho_0 g \lambda b / B. \end{cases}$$