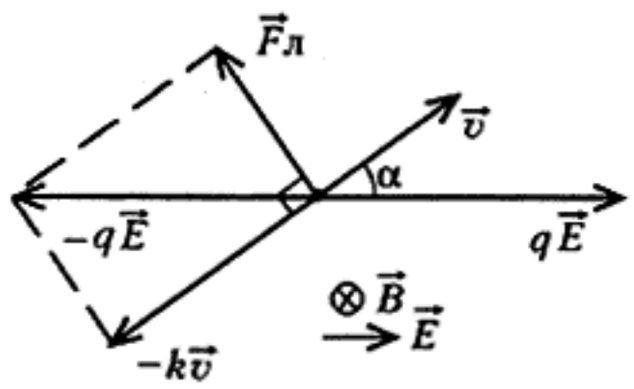
ратура увеличилась на 2 градуса, а к концу четвертой — еще на 5 градусов. Сколько было в калориметре воды и сколько льда?

При попытке решать эту задачу как обычно — вначале расплавился лед, потом начала нагреваться вода и т.д. — мы сталкиваемся с противоречием: все должно быть наоборот, т.е. именно за первую минуту нагрев должен получиться меньше, чем за последующие, а никак не больше! Попробуем придумать объяснение этому странному факту. Можно предположить, что дело в плохом перемешивании воды — там, где находится термометр, температура уже поднялась, а там, где понемногу плавится лед, температура осталась равной нулю. При этом можно грубо оценить количество воды: за первую минуту вода получила 3000 Дж тепла и нагрелась на 2 градуса, что соответствует массе воды примерно 0,36 кг. Какую часть этой массы составляет лед? Если попробовать оценить его массу по разнице теплоемкостей за первую и последующие минуты, мы получим примерно 0,1 — 0,15 от массы воды, но это слишком много — для плавления 50 г льда нужно почти 20 кДж тепла, а наш нагреватель такой энергии за 3—4 минуты не даст. Вывод: количество воды мы оценили слишком грубо, но лучшей оценки не видно. Лед явно не растаял весь, его масса больше 20—30 г, перемешивание воды в сосуде плохое — этим можно объяснить снижение скорости нагрева по мере того как понемногу подогревается масса воды, полученная при таянии льда.

А.Теплов

Ф1604. *Частица с зарядом q влетает в область взаимно перпендикулярных однородных электрического и магнитного полей $\vec{E}$ и $\vec{B}$. В этой области на частицу действует также сила вязкого трения $\vec{F} = -k\vec{v}$ (k — заданная положительная величина, $\vec{v}$ — мгновенная скорость частицы). Найдите скорость установившегося движения частицы.*

Направим магнитное поле за чертеж, а электрическое — вправо (см. рисунок). При движении заряда с уста-



новившейся скоростью $\vec{v}$ сумма действующих на него сил равна нулю:

$$q\vec{E} + \vec{F}_л - k\vec{v} = 0,$$

где $\vec{F}_л$ — сила Лоренца ($F_л = qvB$).
Из рисунка очевидны как величина установившейся скорости, так и угол α между векторами $\vec{v}$ и $\vec{E}$:

$$v = \frac{qE}{\sqrt{q^2B^2 + k^2}}, \quad \mathrm{tg}\,\alpha = \frac{qB}{k}.$$

М.Бакунов, С.Бирагов

Ф1605. *Заряженный конденсатор емкостью C подключают к последовательно соединенным батарейке напряжением U_0 и резистору сопротивлением R. С момента подключения в резисторе выделилось количество теплоты Q. Найдите по этим данным начальное напряжение конденсатора.*

Обозначим начальное напряжение конденсатора U. Условно «плюс» этого напряжения будем считать подключенным к «плюсу» батарейки, а если мы получим отрицательную величину этого напряжения, это будет означать просто другую полярность, уравнения переписывать нам не придется. Ясно, что конечным напряжением конденсатора будет напряжение батарейки, заряд, который протек через батарейку, точнее — который батарейка «протолкнула» по цепи, составит $C(U_0 - U)$, а работа батарейки окажется равной $C(U_0 - U)U_0$. Теперь можно записать баланс энергий:

$$\frac{CU^2}{2} + C(U_0 - U)U_0 = \frac{CU_0^2}{2} + Q.$$

Это уравнение легко решить относительно величины U:

$$U = U_0 \pm \sqrt{2Q/C}.$$

А.Теплов

Ф1606. *Проводящая квадратная рамка, сделанная из тонкой проволоки с очень высоким удельным сопротивлением, симметрично охватывает длинный соленоид радиусом R (рис.1). Однородное магнитное поле внутри соленоида возрастает со временем по линейному закону B = αt. Пренебрегая магнитным полем вне соленоида и собственным магнитным полем рамки, найдите показания вольтметра, подключенного проводами к симметричным точкам 1 и 2. Что покажет вольтметр, если его присоединить к точке 1 и ближайшему к ней углу рамки?*

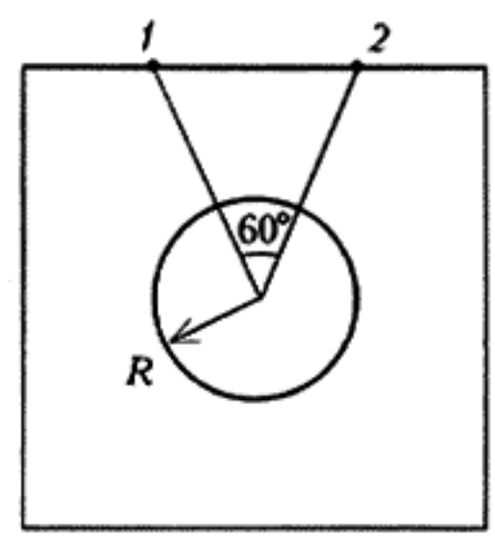


Рис.1

По закону Фарадея в рамке возникает электродвижущая сила, равная

$$\mathcal{E} = \Phi' = \alpha\pi R^2.$$

Индукционный ток I (рис.2), который идет по часовой стрелке, находим из закона Ома:

$$I = \frac{\alpha\pi R^2}{r},$$

где r — сопротивление рамки. Будем считать, что сопротивление вольтметра во много раз превышает сопротивление провода, из которого сделан квадрат (упоминание о высоком удельном сопротивлении провода в условии задачи необходимо для того, чтобы

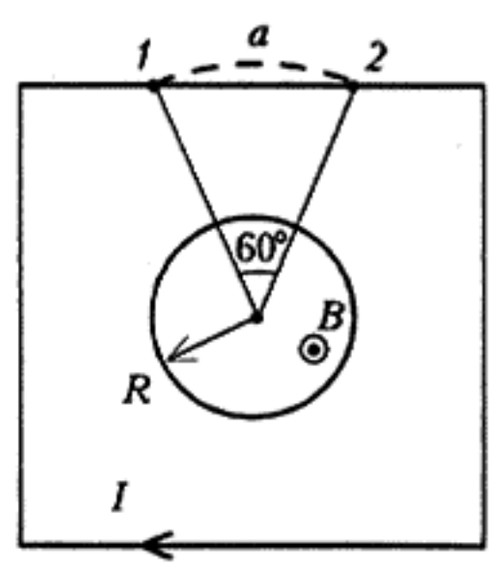


Рис. 2