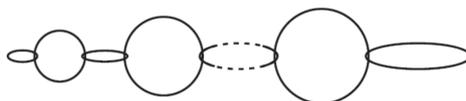




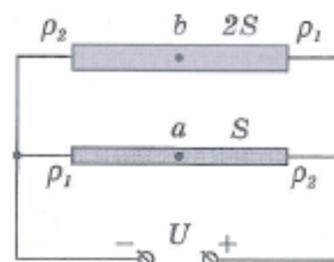
Данная подборка задач является **примером** того, что будет разбираться на смене. Здесь приведены 2–3 задачи из каждого семинара для того, чтобы вы смогли оценить уровень смены и темы, которые обсуждаются на ней. На самих семинарах будет разобрано гораздо больше задач.

## Занятие 1. Основные понятия в электрических цепях

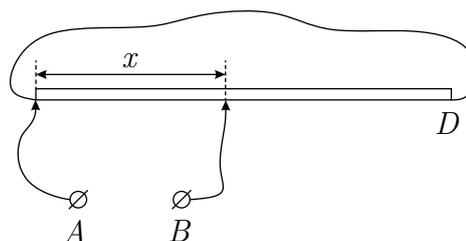
1. Из серебряной проволоки массой  $m = 3,91$  г изготовили кольца разного диаметра, которые соединили в цепочку, как показано на рисунке. Электрическое сопротивление между концами такой цепочки  $R = 1,00 \cdot 10^{-2}$  Ом. Вычислите длину цепочки, считая, что плотность и удельное сопротивление серебра известны. Диаметр поперечного сечения проволоки много меньше диаметра самого маленького колечка. Цепочка натянута. Контактным сопротивлением можно пренебречь.



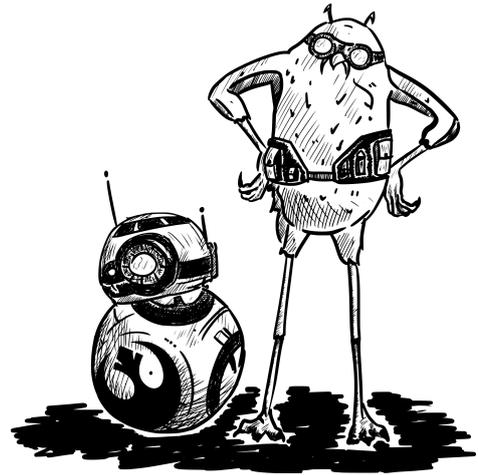
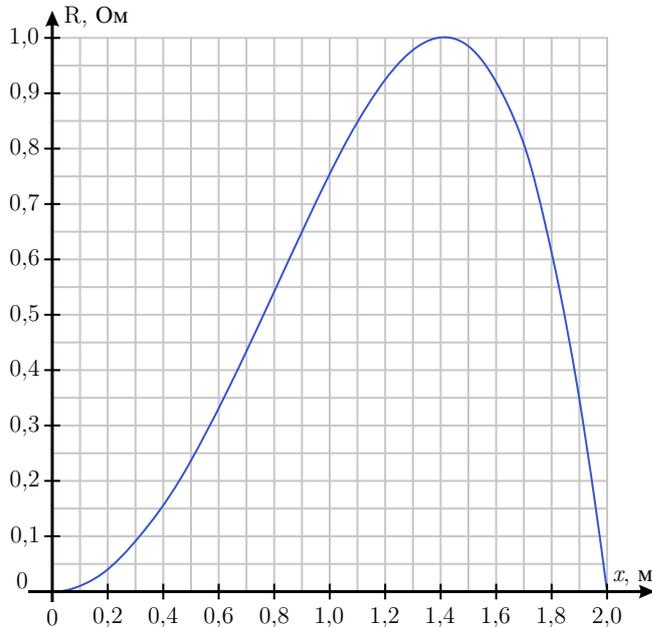
2. Из сплава, удельное сопротивление которого линейно изменяется с расстоянием от значения  $\rho_1$  до  $\rho_2$ , изготовлены два проводника одинаковой длины. Площадь поперечного сечения одного из них в два раза больше, чем другого. Проводники соединили параллельно и подключили к идеальному источнику с напряжением  $U$ , как показано на рисунке. Определите разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_b$  между серединами проводников.



Концы неоднородного цилиндрического провода  $CD$  некоторой длины  $L$  постоянного сечения  $S = 0,25$  мм<sup>2</sup> соединили перемычкой. Затем сняли зависимость сопротивления  $R$  между выводами  $AB$  от расстояния подвижного контакта до неподвижного контакта  $C$ . Сопротивление проводящих проводов и контактное сопротивление пренебрежимо малы.

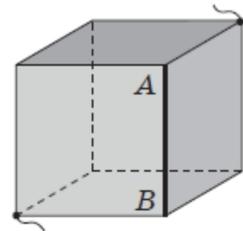


1. Определите длину провода  $L$ .
2. Определите общее сопротивление стержня  $R_0$  между концами стержня без перемычки.
3. Чему равны удельные сопротивления  $\rho_0$ ,  $\rho_1$  и  $\rho_2$  провода в точках с координатами  $x_0 = 0$  м,  $x_1 = 0,9$  м и  $x_2 = 1,7$  м соответственно?

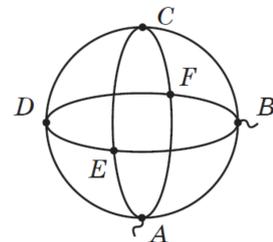


## Занятие 2. Симметрия в электрических цепях

3. Полый куб собран из тонких однородных листов жести. К его противоположным вершинам припаяны контакты, как показано на рисунке. Сопротивление куба между этими контактами оказалось равным  $R = 7$  Ом. Определите силу тока, пересекающего ребро  $AB$ , если контакты подключены к идеальному источнику с напряжением  $U = 42$  В.



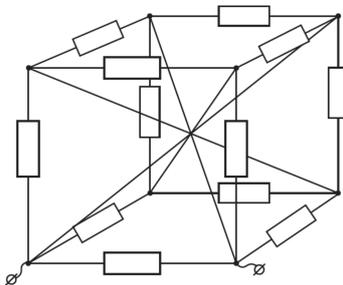
4. Из трёх проволок, каждая из которых имеет сопротивление  $R = 96$  Ом, сделали три кольца и соединили их так, что длина участка между любыми двумя ближайшими узлами одинакова (см. рис.). Чему равно сопротивление  $R_{AB}$  участка цепи между узлами  $A$  и  $B$ ?



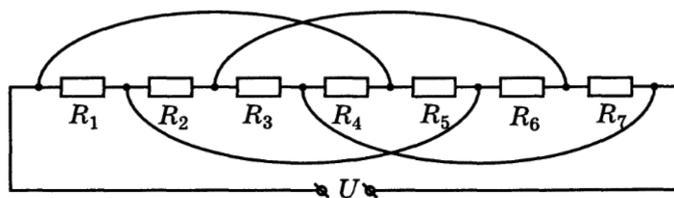
5.  $N$  точек соединены друг с другом одинаковыми проводниками с сопротивлением  $R$ . Определите эквивалентное сопротивление схемы между двумя точками.

## Занятие 3. Перемычки

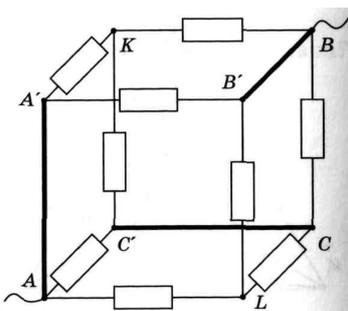
6. Определите эквивалентные сопротивления участков цепей, содержащих резисторы и перемычки с пренебрежимо малым сопротивлением (см. рис.).



7. Электрическая цепь составлена из семи последовательно соединённых резисторов  $R_1 = 1 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 2 \text{ кОм}$ ,  $R_3 = 3 \text{ кОм}$ ,  $R_4 = 4 \text{ кОм}$ ,  $R_5 = 5 \text{ кОм}$ ,  $R_6 = 6 \text{ кОм}$ ,  $R_7 = 7 \text{ кОм}$  и четырёх перемычек (см. рис.). Цепь подключается к источнику с напряжением  $U = 53,2 \text{ В}$ . Укажите резисторы, силы токов через которые минимальны и максимальны, и определите значения этих сил токов.

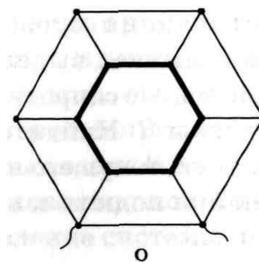


8. Куб собран из одинаковых резисторов с сопротивлением  $R$ . Три резистора заменены на идеальные перемычки (на рисунке выделены толстыми линиями).



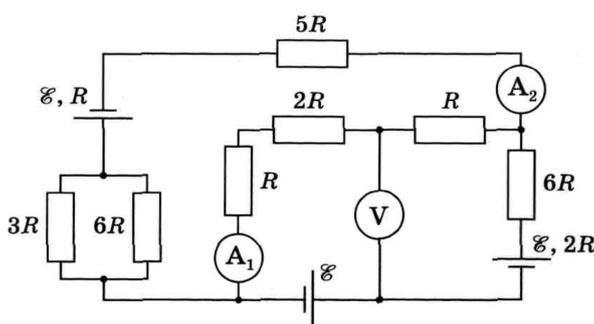
1. Найдите эквивалентное сопротивление получившейся системы между контактами  $A$  и  $B$ .
2. Какие резисторы из оставшихся можно убрать, чтобы эквивалентное сопротивление системы не изменилось?
3. Если известно, что сила тока через большинство резисторов в цепи равна  $I = 2 \text{ А}$ , определите силу тока, входящего в систему в узле  $A$ .
4. В какой из ветвей сила тока максимальна и чему она равна?
5. Определите силу тока, текущего через идеальную перемычку  $AA'$ , и его направление.

9. Определите сопротивления проволочных сеток, изображённых на рисунке. Проводники, выделенные толстыми линиями, имеют пренебрежимо малые сопротивления. Сопротивления остальных ветвей сетки равны  $R$ . Найдите отношение максимальной и минимальной силы тока, текущего на участках (ветви и перемычки), для каждой цепи при подключении их к источнику.

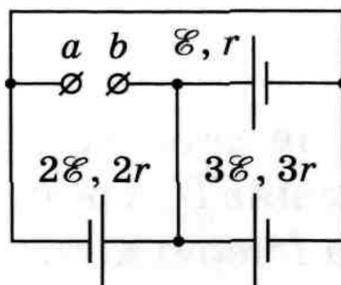


## Занятие 4. Разветвлённые цепи I

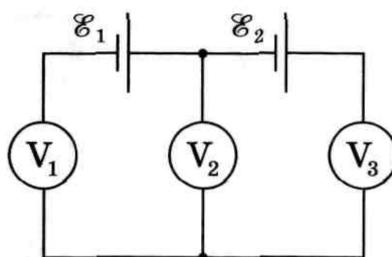
10. Определите показания идеальных амперметров и вольтметра в цепи, схема которой изображена на рисунке.



11. Определите разность потенциалов между точками  $a$  и  $b$  в цепи, схема которой изображена на рисунке. Указанные на схеме величины ЭДС источников и их внутренних сопротивлений считайте известными.

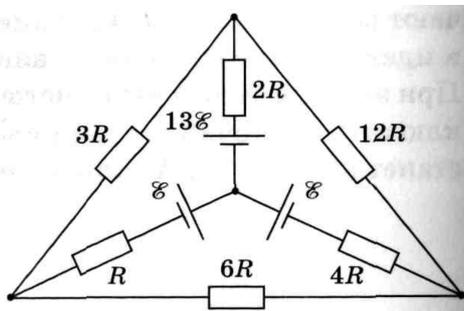


12. Электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке, собрана из двух разных идеальных источников и трёх одинаковых вольтметров. ЭДС правого источника известна и равна  $\mathcal{E}_2 = 10$  В, правый вольтметр показывает напряжение  $U_3 = 12$  В. Найдите показания остальных вольтметров и ЭДС левого источника.

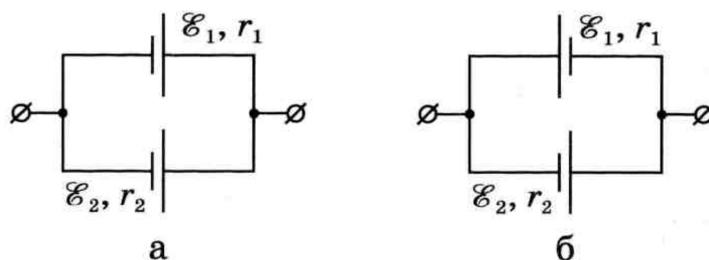


## Занятие 5. Разветвлённые цепи II

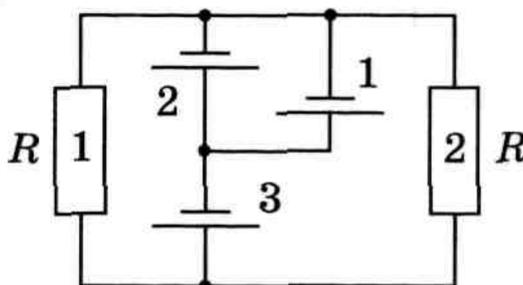
13. Электрическая цепь состоит из трёх идеальных батареек с известными ЭДС и шести резисторов с известными сопротивлениями (см. рис.). Определите силу тока через резистор сопротивлением  $6R$ .



14. Два источника тока с ЭДС  $\mathcal{E}_1$  и  $\mathcal{E}_2$  ( $\mathcal{E}_1 > \mathcal{E}_2$ ) и внутренними сопротивлениями  $r_1$  и  $r_2$  включены в цепь последовательно так, что друг с другом они соединены: а) одноимёнными; б) разноимёнными клеммами (см. рис.). Найдите силу тока  $I$  в цепи. Каковы будут показания  $U$  идеального вольтметра, подключённого к клеммам одного из источников?

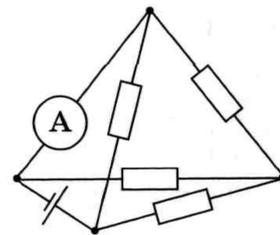


15. Электрическая цепь, схема которой представлена на рисунке, состоит из трёх идеальных батареек и двух одинаковых резисторов. Напряжения на батарейках равны  $U_1 = U_2 = 2$  В,  $U_3 = 6$  в. Сопротивления резисторов равны  $R = 4$  Ом. Определите силу тока через каждый из элементов схемы.

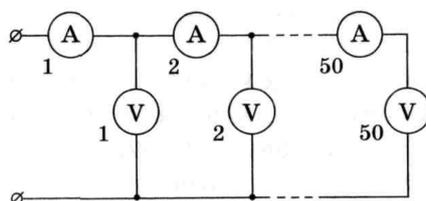


## Занятие 6. Бесконечные цепи и электроизмерительные приборы

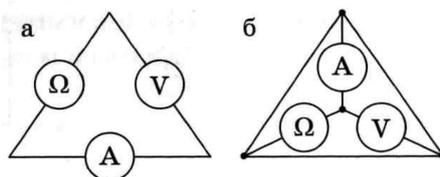
16. Электрическая цепь в форме тетраэдра, схема которой изображена на рисунке, содержит четыре одинаковых резистора, идеальный источник постоянного напряжения и идеальный амперметр, который показывает силу тока  $I = 2$  А. Если заменить амперметр идеальным вольтметром, он покажет напряжение  $U = 12$  В. Определите напряжение  $U_0$  источника и сопротивление  $R$  одного резистора.



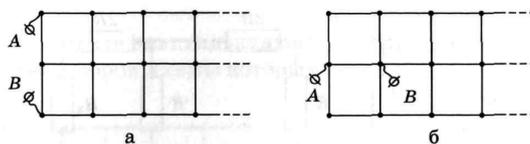
17. Цепь состоит из 50-ти разных амперметров и 50-ти одинаковых вольтметров (см. рисунок). Показания первого вольтметра  $U_1 = 9,6$  В, первого амперметра  $I_1 = 9,5$  мА, второго амперметра  $I_2 = 9,2$  мА. Определите по этим данным сумму показаний всех вольтметров.



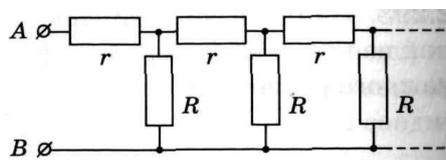
18. Соединённые треугольником приборы (см. рис. а) показывают значения  $R_1 = 1100$  Ом,  $U_1 = 1,0$  В,  $I_1 = 1,0$  мА. Если их соединить звездой (см. рис. б), то амперметр покажет  $I_2 = 2,0$  мА. Что покажут вольтметр и омметр? Определите внутреннее сопротивление  $r$  и напряжение  $U$  источника омметра.



19. Определите сопротивление бесконечной цепи между точками  $A$  и  $B$  (см. рис.), если сопротивление каждого звена равно  $R$ .

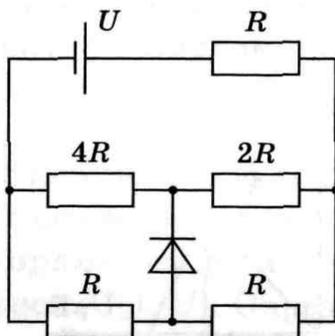


20. Бесконечная цепочка (см. рис.) состоит из одинаковых повторяющихся звеньев. Выразите её сопротивление через сопротивления резисторов  $r$  и  $R$ . При каком отношении  $r/R$  сопротивление цепочки изменится вдвое, если её укоротить до 2018 звеньев.

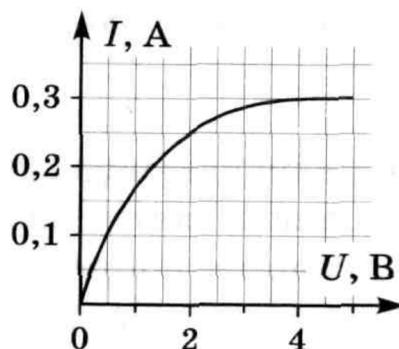
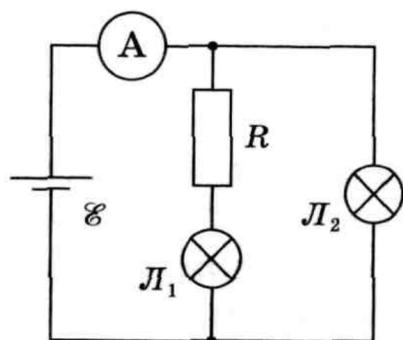


## Занятие 7. Нелинейные элементы

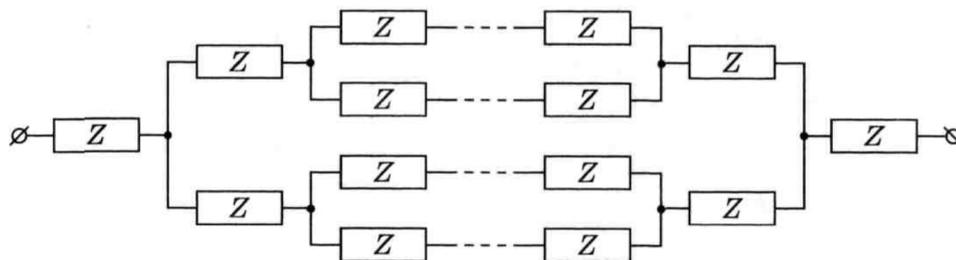
21. Найдите напряжение на диоде в цепи, схема которой представлена на рисунке. Определите величину силы тока, идущего через диод. Напряжение идеального источника  $U$  и сопротивление  $R$  известны.



22. Две одинаковые лампочки включены в электрическую цепь с амперметром, источником с ЭДС  $\mathcal{E} = 4$  В и резистором с сопротивлением  $R = 8$  Ом. Схема цепи и вольтамперные характеристики лампочек приведены на рисунке. Определите, чему равно напряжение на лампочке  $\mathcal{L}_1$  и каковы показания амперметра. Источник и амперметр можно считать идеальными.

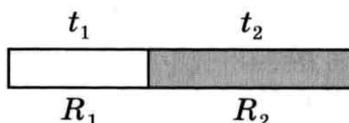


23. Нелинейный элемент  $Z$  имеет вольтамперную характеристику  $I = \alpha U^2$ , где  $\alpha = 0,07$  А/В<sup>2</sup>. Найдите вольтамперную характеристику схемы (см. рис.), составленной из бесконечного числа нелинейных элементов  $Z$ .



## Занятие 8. Работа и мощность тока

24. Два проводника разной длины, но одинакового диаметра изготовлены из меди. Их сопротивления и температуры (в градусах Цельсия) соответственно равны:  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ . Проводники прижимают друг к другу плоскими гранями (см. рис.). Каким окажется сопротивление составного проводника после того, как температура обеих его частей станет одинаковой? Обмен теплотой с окружающей средой отсутствует. *Примечание.* Сопротивление проводника при температуре  $t$  равно:  $R = R_0(1 + \alpha(t - t_0))$ , где  $R_0$  — сопротивление проводника при  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ ,  $\alpha$  — температурный коэффициент сопротивления.



25. Дачный домик отапливается с помощью электрических батарей. При температуре батарей  $t_{B1} = 40^\circ\text{C}$  и температуре наружного воздуха  $t_1 = -10^\circ\text{C}$  в домике устанавливается температура  $t = 20^\circ\text{C}$ . Во сколько раз нужно увеличить силу тока в батареях, чтобы в комнате поддерживалась прежняя температура и в холодные дни при наружной температуре  $t_2 = -25^\circ\text{C}$ ? Какова при этом будет температура батарей  $t_{B2}$ ? Можно считать, что электрическое сопротивление батарей не зависит от температуры.

26. В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, сопротивления резисторов  $R$  и напряжение  $U_0$  идеального источника известны. При каком сопротивлении резистора  $R_x$  на нём будет выделяться максимальная мощность, и какое напряжение  $U$  в этом случае будет показывать идеальный вольтметр?

