|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | |
|  | | |
|  | | |
| В цепи, схема ко­то­рой изоб­ра­же­на на ри­сун­ке, по оче­ре­ди за­мы­ка­ют ключи http://reshuege.ru/formula/96/96087b7f425706695efd1e69cd44bba5.png, вы­жи­дая каж­дый раз до­ста­точ­но дли­тель­ное время до окон­ча­ния про­цес­сов за­ряд­ки кон­ден­са­то­ров.    Какое ко­ли­че­ство теп­ло­ты вы­де­лит­ся в этой цепи после за­мы­ка­ния всех клю­чей? Па­ра­мет­ры цепи: http://reshuege.ru/formula/0f/0fae80833f989b65f824e203b7c33ce7.png, http://reshuege.ru/formula/44/44dc304ede5e59acd490dd0ea57fd82f.png, http://reshuege.ru/formula/90/90ae083efb1582335d818c8a273015da.png.  http://phys.reshuege.ru/get_file?id=7379  **Ре­ше­ние.**  Со­глас­но за­ко­ну со­хра­не­ния энер­гии, ра­бо­та ис­точ­ни­ка http://reshuege.ru/formula/cb/cb2671ca7afc44696839c33ba0983805.png при за­ряд­ке од­но­го кон­ден­са­то­ра ёмко­стью http://reshuege.ru/formula/0d/0d61f8370cad1d412f80b84d143e1257.png до на­пря­же­ния ис­точ­ни­ка http://reshuege.ru/formula/4c/4c614360da93c0a041b22e537de151eb.png рас­хо­ду­ет­ся на со­зда­ние в кон­ден­са­то­ре элек­тро­ста­ти­че­ско­го поля, об­ла­да­ю­ще­го энер­ги­ей, рав­ной http://reshuege.ru/formula/2c/2c3745bceae27885ab7ac84ce986253d.png, и на теп­ло­ту http://reshuege.ru/formula/f0/f09564c9ca56850d4cd6b3319e541aee.png, вы­де­ля­ю­щу­ю­ся по за­ко­ну Джо­у­ля-Ленца в ре­зи­сто­ре: http://reshuege.ru/formula/2c/2c0d27e0d64037b5a4f84184a7685580.png.  При пол­ной за­ряд­ке, со­глас­но фор­му­ле для связи за­ря­да и ёмко­сти кон­ден­са­то­ра, его заряд http://reshuege.ru/formula/ed/ed557dca0743c3bd1606222146889a65.png, от­ку­да по­лу­ча­ем http://reshuege.ru/formula/7b/7bb8951d411ebb6d1169f00a96666eb6.png.  Это вы­ра­же­ние го­дит­ся для про­цес­са за­ряд­ки лю­бо­го кон­ден­са­то­ра, ко­то­рая про­ис­хо­дит после за­мы­ка­ния оче­ред­но­го ключа, по­сколь­ку со­сто­я­ние уже за­ря­жен­ных кон­ден­са­то­ров при за­мы­ка­нии оче­ред­но­го ключа не из­ме­ня­ет­ся.    Таким об­ра­зом, пол­ное ко­ли­че­ство теп­ло­ты, вы­де­лив­шей­ся в этой цепи после за­мы­ка­ния всех клю­чей, будет равноhttp://reshuege.ru/formula/3e/3eab9407c88a804ce0290c9b6dd3fd81.png мДж.  Ответ: http://reshuege.ru/formula/3e/3eab9407c88a804ce0290c9b6dd3fd81.png мДж. | | |
| В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ К замкнут. Заряд конденсатора *q* = 2 мкКл, ЭДС батарейки  = 24 В, ее внутреннее сопротивление *r* = 5 Ом, сопротивление резистора *R* = 25 Ом. Найдите количество теплоты, которое выделяется на резисторе после размыкания ключа К в результате разряда конденсатора. Потерями на излучение пренебречь. |  | |
| Образец возможного решения  Количество теплоты, выделяющееся на резисторе после размыкания ключа .  Напряжение на конденсаторе равно падению напряжения на резисторе.  С учетом закона Ома для полной цепи *U* = *IR* = *R*/(*r* + *R*).  Комбинируя эти формулы, находим:  мкДж.  Критерии оценки выполнения задания  Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:  1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — *формула для энергии конденсатора, закон Ома для полной цепи*); | | |
| В элек­три­че­ской схеме, по­ка­зан­ной на ри­сун­ке, ключ *К* за­мкнут. ЭДС ба­та­рей­ки http://reshuege.ru/formula/1f/1fc5a9e48bd9742f6017805f6b0c5313.png В, ёмкость кон­ден­са­то­ра http://reshuege.ru/formula/6a/6aec0d239876074e539721898354f7c2.png мкФ. От­но­ше­ние внут­рен­не­го со­про­тив­ле­ния ба­та­рей­ки к со­про­тив­ле­нию ре­зи­сто­ра http://reshuege.ru/formula/3d/3d164fc008d884dcb1d94f433f56912f.png. Най­ди­те ко­ли­че­ство теп­ло­ты, ко­то­рое вы­де­лит­ся на ре­зи­сто­ре после раз­мы­ка­ния ключа *К* в ре­зуль­та­те раз­ря­да кон­ден­са­то­ра. http://phys.reshuege.ru/get_file?id=8056  **Ре­ше­ние.**  Когда ключ за­мкнут, кон­ден­са­тор за­ря­жен, а через ре­зи­стор течет ток, ко­то­рый можно найти, при­ме­нив закон Ома для пол­ной цепи:    http://reshuege.ru/formula/74/74ee8159432fdcaed3db0522e92216c0.png    По­сколь­ку ре­зи­стор и кон­ден­са­тор под­клю­че­ны па­рал­лель­но, на­пря­же­ния на них сов­па­да­ют и равны    http://reshuege.ru/formula/c9/c99f77de97366ace1b7b4fb843e52f53.png    После раз­мы­ка­ния ключа, кон­ден­са­тор раз­ря­жа­ет­ся через со­про­тив­ле­ние, и вся на­коп­лен­ная в нем энер­гия элек­три­че­ско­го поля пе­ре­хо­дит в тепло. Таким об­ра­зом, ис­ко­мое ко­ли­че­ство теп­ло­ты равно    http://reshuege.ru/formula/e2/e2e3dc65c730a1b78a8056c6486c2eaf.png | | |
|  | | |
|  | | |
| В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна ε = 12 В; емкость конденсатора *С* = 2 мФ; индуктивность катушки *L* = 5 мГн, сопротивление лампы *R*Л = 5 Ом и сопротивление резистора *R* = 3 Ом. В начальный момент времени ключ К замкнут. Какая энергия выделится в лампе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь. Сопротивлением катушки и проводов пренебречь.   |  | | --- | | Возможное решение | | Пока ключ замкнут, через катушку *L* течет ток *I*, определяемый сопротивлением резистора: , конденсатор заряжен до напряжения: *U* = .  Энергия электромагнитного поля в катушке *L*: .  Энергия электромагнитного поля в конденсаторе .  После размыкания ключа начинаются затухающие электромагнитные колебания, и вся энергия, запасенная в конденсаторе и катушке, выделится в лампе и резисторе:  *Е* =  +  =  + = 0,184 Дж.  Согласно закону Джоуля–Ленца, выделяемая в резисторе мощность пропорциональна его сопротивлению. Следовательно, энергия 0,184 Дж распределится в лампе и резисторе пропорционально их сопротивлениям, и на лампу приходится *ЕЛ* = *Е =* 0,115 Дж.  Ответ: *ЕЛ* = 0,115 Дж. |  |  |  | | --- | --- | | Критерии оценки выполнения задания | Баллы | | Приведено полное решение, включающее следующие элементы:  I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае *– закон Ома, закон Джоуля-Ленца, закон сохранения и превращения энергии*); | 3 | | | |
| В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна  9 В; емкость конденсатора    10 мФ;  индуктивность катушки  20 мГн  и сопротивление резистора  3 Ом. В начальный момент времени ключ  К  замкнут. Какая энергия выделится в лампе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь. Сопротивлением катушки и проводов пренебречь. http://www.fipi.ru/os11/docs/BA1F39653304A5B041B656915DC36B38/questions/102618_28copy1_29/innerimg0.gif | | |
| В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна  4,5 В; емкость конденсатора  2 мФ;  индуктивность катушки   20 мГн  и сопротивление лампы  5 Ом. В начальный момент времени ключ  К  замкнут. Какая энергия выделится в лампе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь. Сопротивлением катушки и проводов пренебречь. http://www.fipi.ru/os11/docs/BA1F39653304A5B041B656915DC36B38/questions/102622_28copy1_29/innerimg0.gif | | |
|  | | |
|  | | |
| С1. На рисунке показана электрическая цепь, содержащая источник тока (с отличным от нуля внутренним сопротивлением), два резистора, конденсатор, ключ К, а также амперметр и идеальный вольтметр. Как изменятся показания амперметра и вольтметра в результате замыкания ключа К? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.  +  V  A    K  *C*   * C2     *R*  *R*  −  *ε*, *r*   |  |  | | --- | --- | | Образец возможного решения | | | 1) Показания амперметра станут отличными от нуля, а показания вольтметра уменьшатся.  2) До замыкания ключа амперметр и вольтметр показывают, соответственно, равный нулю ток и ЭДС источника.  3) Замыкание ключа вызовет появление тока в цепи, поэтому показания вольтметра уменьшатся на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника. По закону Ома для полной цепи . | | | Критерии оценки выполнения задания | Баллы | | Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – п. 1) и полное верное объяснение (в данном случае – пп. 2–3) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – *конденсатор, как разрыв в цепи постоянного тока, закон Ома для замкнутой цепи и закон Ома для участка цепи*). | 3 | | | |
|  | | |
|  | | |
| В цепи, изображённой на рисунке, ЭДС батареи равна 100 В, сопротивления резисторов   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | |  |  | | --- | --- | | *R* | 1 | | = | 10Ом | |    и   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | |  |  | | --- | --- | | *R* | 2 | | = | 6Ом | |   , а ёмкости конденсаторов   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | |  |  | | --- | --- | | *C* | 1 | | = | 60мкФ | |    и   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | |  |  | | --- | --- | | *C* | 2 | | = | 100мкФ | |   . undefined  В начальном состоянии ключ К разомкнут, а конденсаторы не заряжены. Через некоторое время после замыкания ключа в системе установится равновесие. Какое количество теплоты выделится в цепи к моменту установления равновесия?  **Ре­ше­ние.**  1. После уста­нов­ле­ния рав­но­ве­сия ток через ре­зи­сто­ры пре­кра­тит­ся, кон­ден­са­тор http://reshuege.ru/formula/4f/4fa71d007c094ac3c858919aec515277.png будет за­ря­жен до на­пря­же­ния, рав­но­го ЭДС ба­та­реи, а http://reshuege.ru/formula/f0/f0350e5818b058dbcfd95f155e417f6a.png — раз­ря­жен (его пла­сти­ны со­еди­не­ны между собой через ре­зи­сто­ры, http://reshuege.ru/formula/89/8914ed19d458910e8188ea9e2b1ede69.png):    http://reshuege.ru/formula/dd/ddbbd113d10371c1afe529d1ec0de62c.png    При этом через ба­та­рею пройдёт заряд http://reshuege.ru/formula/53/53327dd4f7005bdf9632ff3a793a3766.png    2. Ра­бо­та сто­рон­них сил ис­точ­ни­ка тока про­пор­ци­о­наль­на за­ря­ду, про­шед­ше­му через него:    http://reshuege.ru/formula/5b/5be1d5fe3269560893f3bb2354442878.png    3. Под­став­ляя зна­че­ния фи­зи­че­ских ве­ли­чин, по­лу­чим http://reshuege.ru/formula/9a/9ade3ef4668f645a0df45b26ed47cbc6.png    Ответ: http://reshuege.ru/formula/aa/aa1cac6325579abbd6cade243ff1883b.png | | |
| **C 4 № 5211.** http://phys.reshuege.ru/get_file?id=8257В цепи, изоб­ражённой на ри­сун­ке, ЭДС ба­та­реи равна 100 В, со­про­тив­ле­ния ре­зи­сто­ров http://reshuege.ru/formula/1d/1df971f7ffa1faf4252043d22e64e4b4.png Ом и http://reshuege.ru/formula/0f/0f1bc082a3dd66ed3801b710b0a8eca5.png Ом, а ёмко­сти кон­ден­са­то­ров http://reshuege.ru/formula/34/347842b07de65f4677ad6ebf79d53b00.png мкФ и http://reshuege.ru/formula/e2/e2ba0d22917eda12f6e359bd1f1fb793.png мкФ. В на­чаль­ном со­сто­я­нии ключ *К* разо­мкнут, а кон­ден­са­то­ры не за­ря­же­ны. Через не­ко­то­рое время после за­мы­ка­ния ключа в си­сте­ме уста­но­вит­ся рав­но­ве­сие. Какую ра­бо­ту со­вер­шат сто­рон­ние силы к мо­мен­ту уста­нов­ле­ния рав­но­ве­сия?  **Ре­ше­ние.**  1. После уста­нов­ле­ния рав­но­ве­сия ток через ре­зи­сто­ры пре­кра­тит­ся, кон­ден­са­тор http://reshuege.ru/formula/4f/4fa71d007c094ac3c858919aec515277.png будет за­ря­жен до на­пря­же­ния, рав­но­го ЭДС ба­та­реи, а http://reshuege.ru/formula/f0/f0350e5818b058dbcfd95f155e417f6a.png — раз­ря­жен (его пла­сти­ны со­еди­не­ны между собой через ре­зи­сто­ры, http://reshuege.ru/formula/89/8914ed19d458910e8188ea9e2b1ede69.png):    http://reshuege.ru/formula/dd/ddbbd113d10371c1afe529d1ec0de62c.png    При этом через ба­та­рею пройдёт заряд http://reshuege.ru/formula/53/53327dd4f7005bdf9632ff3a793a3766.png    2. Ра­бо­та сто­рон­них сил ис­точ­ни­ка тока про­пор­ци­о­наль­на за­ря­ду, про­шед­ше­му через него:    http://reshuege.ru/formula/5b/5be1d5fe3269560893f3bb2354442878.png    3. Под­став­ляя зна­че­ния фи­зи­че­ских ве­ли­чин, по­лу­чим http://reshuege.ru/formula/a8/a875f9150bb0e196673520e371d96045.png    Ответ: http://reshuege.ru/formula/9b/9b1d304d4a0eec86a3975548f9f4bb58.png | | |
|  | | |
| Чему равна энергия конденсатора емкости С, подключенного по электрической схеме, представленной на рисунке? Величины ε, R и r считать известными.  . | |  |
| ***Возможное решение***  Использование связи между энергией, запасенной в конденсаторе, его емкостью и напряжением на нем для расчета энергии конденсатора: .  Указание на то, что напряжение на конденсаторе равно напряжению на резисторе 2R, поскольку ток по резисторам 4R и 5R в установившемся режиме в цепи не течет, и разность потенциалов на них равна нулю.  Применение закона Ома для участка цепи для вычисления напряжения на резисторе 2R: U = I⋅2R.  Применение закона Ома. Ток через резистор рассчитывается по закону Ома для замкнутой цепи, содержащей источник и резисторы сопротивлением R, 2R, 3R: .  Объединение трех уравнений для расчета энергии, запасенной в конденсаторе и правильные алгебраические преобразования с получением ответа, использующего известные из условия задачи величины: | | |
|  | | |
|  | | |
| **C 4 № 4109.** В цепи, схема ко­то­рой изоб­ра­же­на на ри­сун­ке, вна­ча­ле за­мы­ка­ют ключ К1, а затем, спу­стя дли­тель­ное время, ключ К2. Какой заряд и в каком на­прав­ле­нии про­течёт после этого через ключ К2, если R1 = 2 Ом, R2 = 3 Ом, C1 = 1 мкФ, С2 = 2 мкФ, http://reshuege.ru/formula/f8/f8b1c5a729a09649c275fca88976d8dd.png = 10 В? Ис­точ­ник счи­тай­те иде­аль­ным.http://phys.reshuege.ru/get_file?id=6797  **Ре­ше­ние.**  После за­мы­ка­ния ключа K1 в цепи вна­ча­ле пой­дет ток через ре­зи­сто­ры и кон­ден­са­то­ры, ко­то­рые через не­ко­то­рое время за­ря­дят­ся, и ток через них пре­кра­тит­ся. При этом за­ря­ды обоих кон­ден­са­то­ров, со­глас­но за­ко­ну со­хра­не­ния элек­три­че­ско­го за­ря­да, будут оди­на­ко­вы, и за­ря­ды на об­клад­ках, при­со­еди­нен­ных к ключу K2, будут иметь про­ти­во­по­лож­ные знаки, так что сум­мар­ный заряд на этих об­клад­ках равен нулю.  После за­мы­ка­ния ключа K2 про­изой­дет пе­ре­рас­пре­де­ле­ние за­ря­дов: на кон­ден­са­то­рах уста­но­вят­ся на­пря­же­ния, рав­ные па­де­ни­ям на­пря­же­ния на со­от­вет­ству­ю­щих ре­зи­сто­рах, и сум­мар­ный заряд на об­клад­ках, при­со­еди­нен­ных к ключу K2, уже не будет равен нулю. Из­бы­точ­ный или до­ста­ю­щий заряд про­те­чет через ключ K2.  Со­глас­но за­ко­ну Ома для пол­ной цепи ток через ре­зи­сто­ры равен http://reshuege.ru/formula/0f/0ff374e6bcdc7c272bf6fbf5c90d6923.png а па­де­ния на­пря­же­ния на ре­зи­сто­рах, со­глас­но за­ко­ну Ома для участ­ка цепи, равны со­от­вет­ствен­но http://reshuege.ru/formula/d8/d863d7fbe4411b83727178fb2d8e9ece.png и http://reshuege.ru/formula/bd/bd15d6b12d3f7e6ab6dfa94638902dc5.png при­чем в со­от­вет­ствии с по­ляр­но­стью ис­точ­ни­ка тока верх­ние концы ре­зи­сто­ров на ри­сун­ке имеют более вы­со­кий по­тен­ци­ал, чем ниж­ние.  За­ря­ды на об­клад­ках кон­ден­са­то­ров, за­ря­жен­ных до этих на­пря­же­ния, в со­от­вет­ствии с фор­му­лой для связи за­ря­да и на­пря­же­ния на кон­ден­са­то­ре будут равны http://reshuege.ru/formula/5d/5d0a6be441ca960049efbf9ef98460e4.png (ниж­няя об­клад­ка кон­ден­са­то­ра http://reshuege.ru/formula/4f/4fa71d007c094ac3c858919aec515277.png) и http://reshuege.ru/formula/2c/2c3cdc8923ee8203869694fb3f8bf1a8.png (верх­няя об­клад­ка кон­ден­са­то­ра http://reshuege.ru/formula/f0/f0350e5818b058dbcfd95f155e417f6a.png).  Таким об­ра­зом, при http://reshuege.ru/formula/d7/d7c5c34b62a874b85d1b16c0cab02681.png через ключ K2 в на­прав­ле­нии спра­ва на­ле­во про­те­чет заряд http://reshuege.ru/formula/0b/0b12c6a92e56fe31fb9535dc95256434.png При http://reshuege.ru/formula/1e/1ed4787ba99768396265f2bdec159bba.png зна­че­ние http://reshuege.ru/formula/1f/1fbffa55d324d429428e7ab63e6d3fec.png и заряд про­те­чет через ключ K2 в на­прав­ле­нии слева на­пра­во. В дан­ной за­да­че http://reshuege.ru/formula/c6/c643e49a84ca41b1ee087622b39b98b1.png и http://reshuege.ru/formula/9b/9bba983ba97df75c35dc57799618ddcf.png    Ответ: http://reshuege.ru/formula/9b/9bba983ba97df75c35dc57799618ddcf.png | | |