

После выравнивания температур объемы порций газа снова сравниваются. Для нахождения нового расстояния  $h$  между поршнями воспользуемся законом сохранения энергии. Поскольку система теплоизолирована, ее полная энергия должна оставаться неизменной. После нагревания нижней порции газа суммарная потенциальная энергия поршней будет

$$Mg \cdot 2H + Mg \cdot 3H = 5MgH,$$

а полная энергия —

$$5MgH + 1,5vRT + 1,5 \cdot 2vR \cdot 2T = 5MgH + 1,5MgH + 1,5 \cdot 4MgH = 12,5MgH.$$

После выравнивания температур полная энергия составит

$$Mgh + 2Mgh + 1,5 \cdot 3vRT_1 = 7,5Mgh.$$

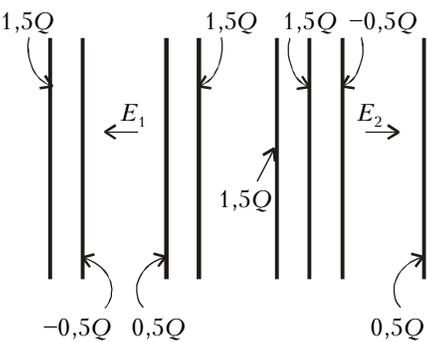
В соответствии с законом сохранения энергии найдем

$$h = \frac{5H}{3}.$$

З.Рафаилов

**Ф1708.** Плоский конденсатор емкостью  $C$  составлен из двух больших проводящих пластин, каждая из которых сделана двухслойной — из соединенных друг с другом листов тонкой фольги. Пластины несут одноименные заряды  $Q$  и  $2Q$ . Наружный слой фольги пластины с большим зарядом аккуратно отсоединяют, относят в сторону параллельно другим пластинам и приносят на другое место — третьим слоем снаружи к пластине с зарядом  $Q$ . При этом не допускают электрического контакта с этой пластиной — оставляют очень узкий зазор. Какую работу необходимо при этом совершить? Все действия мы производим издалека, стараясь не влиять на распределение зарядов пластин.

Поле снаружи от конденсатора при таком выборе зарядов пластин ненулевое (в отличие от случая равенства нулю полного заряда пластин конденсатора), однако при любой перестановке пластин меняется только поле внутри, а наружное поле не изменяется. На наружных сторонах



двух обкладок конденсатора (см. рисунок) собираются одинаковые по знаку и величине заряды — каждый из них равен половине полного заряда конденсатора (у «правильно» заряженного конденсатора эта полусумма равна нулю) — в нашем случае это  $1,5Q$ . На внутренних сторонах обкладок получаем заряды  $-0,5Q$  и  $0,5Q$ . Поле внутри определяется именно последними зарядами — поля наружных зарядов в этой области скомпенсированы. Энергию поля, сосредоточенного между пластинами, можно вычислить по обычной формуле:

$$W_1 = \frac{(Q/2)^2}{2C} = \frac{Q^2}{8C}.$$

После отсоединения наружной части обкладки с зарядом  $2Q$  заряды внешней пластины на ней остались, и мы их перенесли на другую сторону. Теперь заряды пластин получившегося конденсатора равны  $2,5Q$  и  $0,5Q$ . Поле между обкладками изменило направление (для расчета энергии это не важно) и увеличилось в 2 раза. Энергия поля, сосредоточенного между пластинами, возросла при этом в 4 раза и составляет теперь

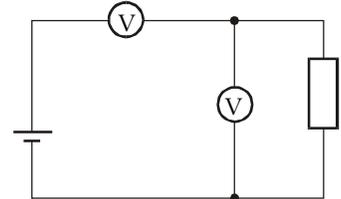
$$W_2 = \frac{Q^2}{2C}.$$

Поле снаружи не изменилось, следовательно, наша работа пошла на увеличение энергии поля между обкладками. Тогда необходимая для переноса работа равна

$$A = W_2 - W_1 = \frac{Q^2}{2C} - \frac{Q^2}{8C} = \frac{3Q^2}{8C}.$$

З.Рафаилов

**Ф1709.** Два одинаковых вольтметра соединены последовательно и подключены к батарейке (см. рисунок). Параллельно одному из вольтметров подключен резистор, при этом показания вольтметров составляют  $1,4$  В и  $3,1$  В. Отключим теперь один из вольтметров. Что будет показывать оставшийся прибор? Напряжение батарейки можно считать неизменным.



Если отключить верхний вольтметр, показания нижнего упадут до нуля.

Рассмотрим теперь второй случай — отключение правого вольтметра. Нам нужно найти отношение сопротивлений резистора и вольтметра (из условия ясно, что вольтметры вовсе не идеальные). Это легко сделать так: в исходной схеме один из вольтметров показывает  $3,1$  В, а другой — только  $1,4$  В. Это значит, что ток через верхний вольтметр больше тока нижнего в  $3,1/1,4$  раз, и разностный ток течет через резистор. Легко видеть, что отношение этого тока к току параллельно включенного вольтметра составит  $(3,1 - 1,4)/1,4 = 17/14$ . Ясно, что это отношение определяется обратным отношением сопротивлений, поэтому сопротивление вольтметра больше сопротивления резистора в  $17/14$  раз. Напряжение батарейки, равное  $(3,1 + 1,4)$  В =  $4,5$  В, можно считать неизменным — нагрузки высокоомные и влияние внутреннего сопротивления несущественно. Тогда напряжение вольтметра в оставшейся последовательной схеме составит

$$4,5 \frac{17}{14 + 17} \text{ В} \approx 2,47 \text{ В}.$$

Р.Схемов

**Ф1710.** В приведенной на рисунке схеме использованы одинаковые вольтметры. Сопротивления двух резисторов одинаковы и равны каждому по  $R$ , двух других — по  $3R$ . Показания приборов составляют  $2$  мА,  $3$  В и  $0,5$  В. Най-

