

## 10 класс

**Задача 1. Термодинамический черный ящик**

Внутри выданной вам бутылки находится герметичный пакет, частично заполненный воздухом. Ваша задача – определить количество воздуха (в молях) в пакете, не вскрывая бутылку. Откручивать крышку и вырывать трубочки тоже запрещено!

Из крышки бутылки выходят две трубки: длинная идет от самого дна бутылки, а короткая от самого верха. Считайте, что давление воздуха внутри пакета всегда равно давлению среды, окружающей пакет. Атмосферное давление считайте равным  $P_0 = (100 \pm 1)$  кПа. Подробно опишите, как вы проводили эксперимент. Какие действия предприняли для повышения точности?

**ВНИМАНИЕ.**

1. На первой странице чистовика укажите номер выданной вам бутылки.
2. Если вы повредите пакет, находящийся внутри бутылки, то не сможете сделать работу. Замена оборудования не производится.

*Оборудование.* Бутылка с запаянным пакетом внутри, мультиметр с термопарой, шприц, скотч, ножницы, миллиметровка А5, пробирка, стакан с водой, горячая вода (по требованию), поднос, салфетки для поддержания порядка на рабочем месте.

**Задача 2. Термоэлектронная эмиссия**

При сильном нагреве металла некоторые электроны приобретают достаточную энергию для того, чтобы из него вылететь. Этот процесс называется термоэлектронной эмиссией. Количество вылетевших электронов в единицу времени зависит от температуры металла:

$$n = A \exp^{-W/(kT)},$$

где  $A$  — константа,  $W$  — энергия, которую нужно сообщить электрону, чтобы перенести его из металла в вакуум (работа выхода),  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К — постоянная Больцмана.

Определите значение работы выхода для материала, из которого изготовлена спираль лампочки с красными выводами. Ответ выразите в электронвольтах.

**Примечание.**

1. Выданные вам мультиметры можно использовать только в качестве вольтметров или омметров.
2. Сопротивление нити лампочки линейно зависит от температуры:

$$R = R_0(1 + \alpha(T - T_0)), \text{ где } \alpha = (4,5 \pm 0,1) \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}.$$

3. Внутри колбы лампочки находятся две независимые спирали. Выводы одной спирали красного цвета, а к другой припаян один чёрный провод. Используйте красную спираль в качестве излучающего электрода, подавая на неё напряжение в диапазоне от 7,0 до 9,0 В.
4. Считайте, что внутри лампочки находится вакуум.
5. Считайте, что в случае поддержания постоянной разности потенциалов между излучающим электродом и принимающим доля электронов, вылетевших с излучающего электрода и долетевших до принимающего, не зависит от температуры излучающего электрода. Под потенциалом излучающего электрода понимается среднее значение его потенциала.
6. Для исключения влияния внешних полей следует обернуть лампочку фольгой и соединить фольгу с минусом источника.
7. 1 электронвольт (эВ) =  $1,60 \cdot 10^{-19}$  Дж.
8. На источнике тока установите ручку выбора диапазона напряжений в положение «0–15V» (крайнее правое положение). Когда ручка в этом положении, вы можете регулировать выходное напряжение в указанном диапазоне ручками «грубо» и «плавно». Не стоит пользоваться индикаторами встроеными в источник.

*Оборудование.* Лампа с двумя нитями накала, регулируемый источник тока, батарейка 9 В, резистор сопротивлением  $r = 4,7$  Ом ( $\pm 5\%$ ), два резистора сопротивлением  $R = 1$  кОм ( $\pm 1\%$ ), два мультиметра, кусочек фольги, макетная плата, соединительные провода.