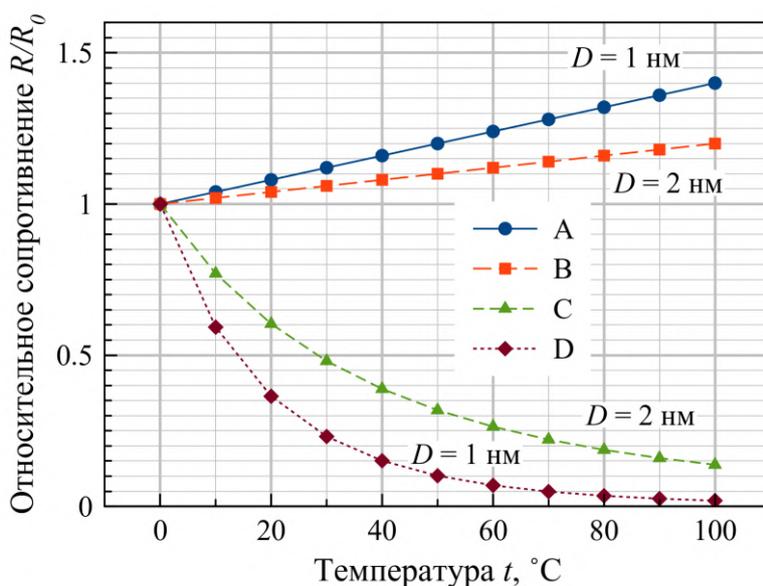




**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»  
 для школьников 10 – 11 классов (заключительный этап)  
 Физика. Вариант IV**

**Задача 1. Углеродные нанотрубки (5 баллов)**

В зависимости от конфигурации атомов углерода, нанотрубки могут обладать металлическим или полупроводниковым типом проводимости. Они характеризуются разными температурными зависимостями сопротивления. На рисунке представлены зависимости относительного сопротивления от температуры для четырех нанотрубок (две диаметром  $D = 1$  нм и две диаметром  $D = 2$  нм).



1. Для каждой зависимости А, В, С и D определите тип проводимости. **(1 балл)**
2. Для нанотрубки диаметром  $D = 2$  нм с металлическим типом проводимости рассчитайте температурный коэффициент сопротивления  $\alpha$ . **(2 балла)**
3. Какие нанотрубки (какой тип проводимости и диаметр) следует взять, чтобы построить на их основе максимально чувствительный детектор изменения температуры в области низких и высоких температур? Ответ подкрепите численными оценками. **(2 балла)**

### Задача 2. Ионное травление (5 баллов)

Известно, что ускоренные ионы ксенона способны выбивать атомы с определённого участка на поверхности обрабатываемого материала. Такой метод наноструктурирования поверхности называется травлением ионным пучком.

1. Определите кинетическую энергию (в Дж) и скорость (в м/с) ионов  $\text{Xe}^+$ , ускоренных разностью потенциалов  $U = 2.3$  кВ. Масса иона ксенона  $m = 131$  а.е.м.  
 $1 \text{ а.е.м.} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$  **(2 балла)**
2. Определите кинетическую энергию теплового движения (в Дж) и скорость (в м/с) ионов  $\text{Xe}^+$  при температуре  $T = 298$  К. **(2 балла)**
3. Для чего ионы ксенона необходимо ускорять электрическим полем? Дайте аргументированный ответ, сравнив скорости ионов  $\text{Xe}^+$  из вопросов 1 и 2. **(1 балл)**

### Задача 3. Лазерное плавление (5 баллов)

Сфокусированное импульсное лазерное излучение может быть использовано для локального плавления тонких металлических пленок.

1. При какой минимальной средней мощности  $P$  импульсного лазера с частотой следования импульсов  $f = 100$  кГц будет достигаться режим полного плавления единичным импульсом для алюминиевой пленки толщиной  $h = 200$  нм при диаметре облучаемой области  $D = 200$  мкм? Коэффициент отражения  $R = 0.8$ . Потерями энергии на нагрев окружающей пленки, подложки и воздуха пренебречь. **(4 балла)**
2. Как изменится объем расплавленной области по сравнению с объемом той же части пленки до облучения? **(1 балл)**

Плотность алюминия  $\rho = 2.7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ , удельная теплота плавления  $\lambda = 390 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ , удельная теплоемкость  $c = 897 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ , температура плавления  $T_{\text{пл}} = 660$  °С. Начальная температура пленки: 25 °С.

### Задача 4. Кто быстрее? (10 баллов)

С небольшой горы с постоянным углом наклона  $\alpha$  на лыжах съезжают взрослый и ребенок. Кто из них быстрее достигнет основания горы при одновременном старте с нулевой начальной скоростью и одинаковом коэффициенте трения между лыжами и снегом? При решении рассмотреть следующие случаи:

- 1) силой сопротивления воздуха можно пренебречь; **(2 балла)**
- 2) считать, что сила сопротивления воздуха зависит только от скорости (прямо пропорционально); **(4 балла)**
- 3) считать, что сила сопротивления воздуха зависит как от скорости, так и от площади поперечного сечения лыжника (прямо пропорционально). **(4 балла)**

Ответы поясните.