



## Физика для школьников

Физика

Категория участников: школьники 7-11 классов

Блок теоретических заданий по **физике для школьников 7-11 классов** включает задачи разной сложности. Для повышения вероятности прохождения на очный тур Вам желательно решить задачи не только по физике, но и по химии, математике, биологии, чтобы набрать больше баллов.

### Задания

#### 1. Наночастицы серы

Прозрачная кубическая емкость с раствором тиосульфата натрия освещается через стенку коллимированным пучком белого света...

#### 2. Легированная наночастица

В полупроводники искусственно добавляют примеси, для того чтобы изменить их электрические и оптические свойства...

#### 3. Получение фуллеренов

Абляция графита с помощью лазерного облучения в атмосфере буферного газа была пионерской работой в получении фуллеренов...

#### 4. Сепарация наночастиц по размерам

В результате лазерного пиролиза моносилана образуется пучок летящих с различными скоростями наночастиц кремния размером от 3 до 7 нм...

#### 5. Плавучесть наночастиц для биомедицины

Молодой ученый Иван разрабатывает наночастицы для медицинских применений,

которые планирует вводить в организм человека с помощью уколов...

## **6. Нанопленка для солнечных элементов**

Солнечные элементы на основе кристаллического кремния в настоящее время составляют огромную долю всего рынка солнечных батарей...

## **7. Люминесценция квантовых точек**

Квантово-размерный эффект в полупроводниковых наночастицах состоит в том, что увеличивается ширина запрещенной зоны полупроводников...

## **8. Оптоакустические наноконтрасты**

Для диагностики различных заболеваний ученые используют метод оптоакустической томографии. Для того, чтобы усилить сигнал, применяются также контрастные средства...

## **9. Нанопонтон из графена - нанотрубка**

Закрытую углеродную нанотрубку (УНТ) можно рассматривать как лист графена, свернутый в цилиндр и закрытый с торцов «шапочками»...

## **10. Взрыв нанокластера**

Мощное ионизирующее лазерное излучение обладает способностью буквально «взрывать» частицы вещества, поэтому оно может быть использовано для получения наночастиц...

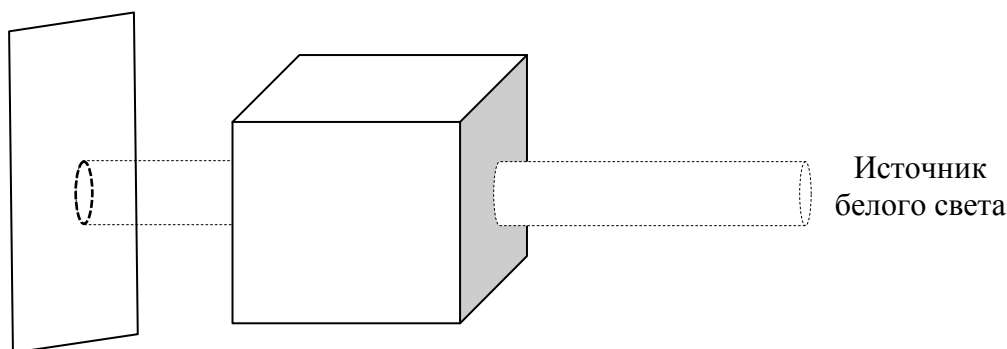


## Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 1. Наночастицы серы

Прозрачная кубическая емкость с раствором тиосульфата натрия освещается через стенку коллимированным пучком белого света. За емкостью на небольшом расстоянии располагается экран. В начальный момент времени ни емкость, ни пятно света на экране не окрашены ни в какой цвет. Затем в раствор добавляется немного серной кислоты, одним из результатов реакции которой с тиосульфатом натрия является формирование наночастиц серы с максимальными размерами порядка 100 нм.

1. В какой цвет окрасится емкость для наблюдателя, смотрящего на нее перпендикулярно направлению распространения пучка? **(4 балла)**
2. Какого цвета окажется пятно на экране в начальный момент после добавления серной кислоты и спустя продолжительное время? **(4 балла)**

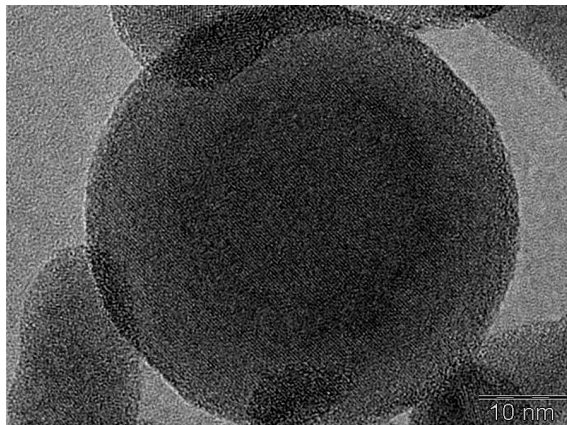


**Всего – 8 баллов**



**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Задача 2. Легированная наночастица**

В полупроводники искусственно добавляют примеси, для того чтобы изменить их электрические и оптические свойства. В частности полупроводниковые транзисторы, которые сейчас достигли размеров в десятки нанометров, имеют области с разным типом примесей.



*На рисунке приведено изображение сферической полупроводниковой наночастицы, полученное в просвечивающем электронном микроскопе.  
Эта частица содержит атомы примеси.*

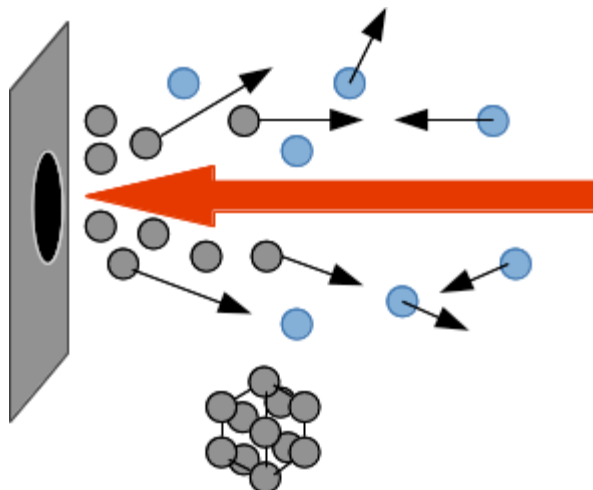
1. Рассчитайте количество примесных атомов в такой частице, если известно, что их концентрация в частице равна  $n = 10^{20} \text{ см}^{-3}$ . **(4 балла)**
2. Какова будет концентрация примеси, если всего 10 атомов содержатся в частице диаметром 10 нм? **(4 балла)**
3. К чему приводит внедрение примесных атомов в полупроводники? Как это сказывается на электрических свойствах полупроводников? **(2 балла)**

**Всего – 10 баллов**



## Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Задача 3. Получение фуллеренов

Абляция графита с помощью лазерного облучения в атмосфере буферного газа была пионерской работой в получении фуллеренов. В качестве источника испарения вещества применяется импульсный неодимовый лазер.



После воздействия лазерного импульса продукты абляции начинают распространяться в так называемую буферную среду, окружающую мишень и находящуюся в жидкой или газовой фазе. В результате взаимодействия продуктов абляции (атомов и брызг графита) с атомами или молекулами буферной среды происходит торможение первых с последующей агломерацией в наночастицы. Подбор состава, температуры, вязкости и иных термодинамических параметров буферной среды, а также длительности, энергии и параметров фокусировки лазерных импульсов позволяет контролировать изготовление наночастиц с требуемыми размерами в диапазоне от единиц до сотен нанометров. Абляция углерода происходит в среде гелия или аргона. Рассмотрите случай упругого соударения атомов углерода и атомов буферных сред гелия и аргона. Скорость вылета атомов углерода примите равной  $v = 3000$  м/с, скорость атомов буферного газа рассчитайте, полагая, что эксперимент проводится при комнатной температуре.

1. Во сколько раз меняется скорость атомов углерода после соударения в среде гелия и в среде аргона, когда атомы летят навстречу друг другу? **(5 баллов)**
2. Во сколько раз меняется скорость атомов углерода после соударения в среде гелия и в среде аргона, когда соударяющиеся атомы летят в одном направлении? **(5 баллов)**

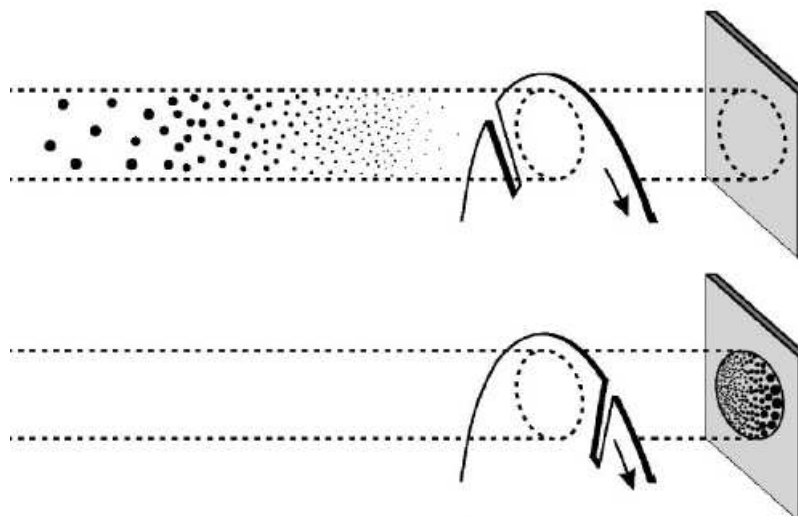
**Всего – 10 баллов**



## Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 4. Сепарация наночастиц по размерам

В результате лазерного пиролиза моносилана образуется пучок летящих с различными скоростями наночастиц кремния размером от 3 до 7 нм. Для сепарации по размерам на пути пучка установлен вращающийся диск с прорезью (см. рис.). Оценить, с какой угловой скоростью должен вращаться диск, чтобы эффективно разделять наночастицы по размерам на приемной подложке, если известно, что скорость наночастиц падает в  $e$  раз с ростом их размера на 10 нм и составляет 1700 м/с для наиболее мелких из них? Длина пучка в момент подлета первых частиц к диску составляет 13 см, диаметр пучка – 7 мм, диаметр диска – 13,7 см, ширина прорези – 1 мм.



Всего – 10 баллов



**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Задача 5. Плавучесть наночастиц для биомедицины**

Молодой ученый Иван разрабатывает наночастицы для медицинских применений, которые планирует вводить в организм человека с помощью уколов.

1. Каким образом можно использовать подобные наночастицы? **(2 балла)**

Иван сделал наночастицы, которые не оседали и не всплывали в воде, т.к. в противном случае они могли закупоривать сосуды. Сначала он взял пористую наночастицу кремния размером  $R = 300$  нм и покрыл ее поверхность монослоем гидрофобных молекул так, чтобы внутрь частицы вода не поступала (воздух – белый цвет на рисунке). Однако, оказалось, что такая частица всплывает на поверхность, поэтому после этого Иван окислил внешнюю поверхность частицы, превратив кремний (коричневый цвет на рисунке) в диоксид кремния (желтый цвет на рисунке), тем самым часть поверхности снова стала гидрофильной и вода частично проникла в поры наночастицы (голубой цвет на рисунке).

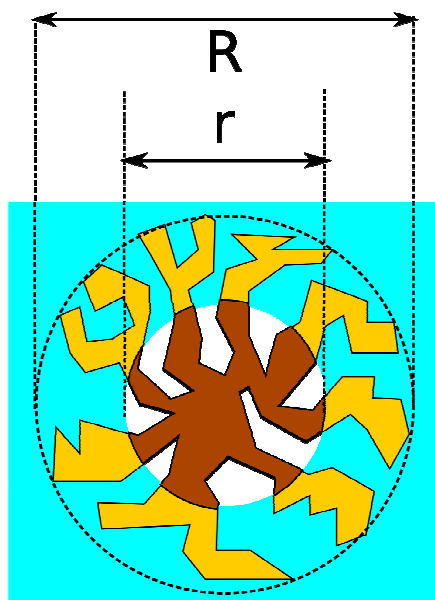


Рис. 1. Схематическое изображение наночастицы.

2. Найдите внутренний “гидрофобный” радиус наночастицы,  $r$ . Пористость частицы (по объему) считать равной 70%. Изменением объема частицы при окислении пренебречь. **(8 баллов)**

**Всего – 10 баллов**



**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Задача 6. Нанопленка для солнечных элементов**



Солнечные элементы на основе кристаллического кремния в настоящее время составляют огромную долю всего рынка солнечных батарей. Чтобы повысить эффективность существующих технологий и снизить их себестоимость, продолжается поиск в этой области.

В одном эксперименте исследуется пропускание тонких отслоенных плёнок кристаллического кремния разной толщины. Монохроматический пучок света с длиной волны  $\lambda = 900$  нм падает нормально на кремниевые плёнки. Толщина первой  $d_1 = 62.5$  нм, второй  $d_2 = 1000.0$  нм. Показатель преломления света на длине волны  $\lambda = 900$  нм равен  $n = 3.6$ . Коэффициент отражения  $R = 30\%$ . Коэффициент поглощения  $\alpha = 306$  см<sup>-1</sup>.

1. Оцените долю поглощенного света в каждой плёнке. **(8 баллов)**
2. Найдите отношение интенсивности света, прошедшего через первую плёнку, к интенсивности света, прошедшего через вторую. **(2 балла)**

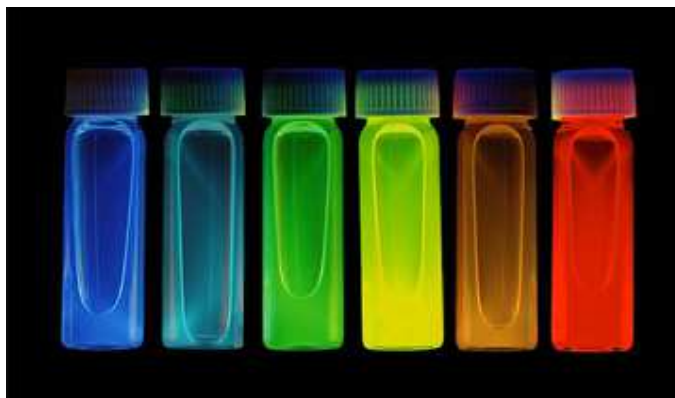
**Всего – 10 баллов**





**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Задача 7. Люминесценция квантовых точек**

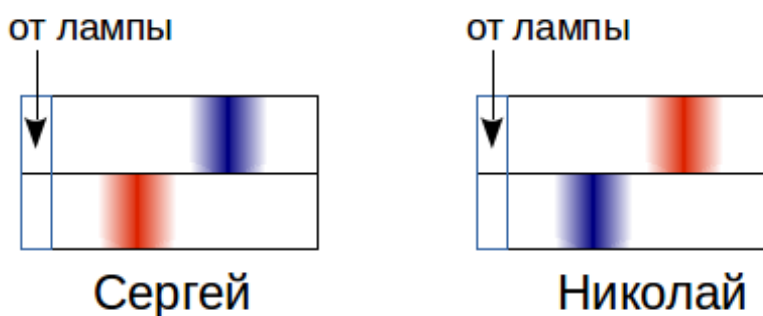
Квантово-размерный эффект в полупроводниковых наночастицах состоит в том, что увеличивается ширина запрещенной зоны полупроводников. Этот эффект проявляется в голубом смещении максимума спектра фото-люминесценции.



*Рис. 1. Фотолюминесценция квантовых точек*

Два юных экспериментатора, Сергей и Николай решили самостоятельно пронаблюдать голубое смещение фотолюминесценции полупроводниковых квантовых точек. Для этого они воспользовались двумя одинаковыми спектрофотометрами. Сергей использовал призму в спектрофотометре, а Николай дифракционную решетку. Результаты они регистрировали на фотопластинку. Выполняя юстировку оптической системы без призмы и решетки, оба получили засветку от лампы в левой части фотопластинки.

Каждый из них для исследования взял растворы с квантовыми точками диаметром 5 и 10 нм. Встретившись, они решили обсудить результаты. Сергей и Николай получили засветку своих фотопластинок, как показано на рисунке ниже.



*Рис. 2. Результаты экспериментов Сергея и Николая*

1. В какой последовательности исследовали квантовые точки экспериментаторы? **(3 балла)**
2. Кому удалось обнаружить квантово-размерный эффект? **(3 балла)**
3. Какова должна быть минимальная разрешающая способность спектрофотометра, чтобы различить линии 630 нм и 480 нм? Чей спектрофотометр предпочтительней? Объясните, чем. **(4 балла)**

**Всего – 10 баллов**



**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Задача 8. Оптоакустические наноконтрасты**

Для диагностики различных заболеваний ученые используют метод оптоакустической томографии.

1. В чем заключается суть этого метода? **(2 балла)**

Для того, чтобы усилить сигнал, применяются также контрастные средства, как правило, это вещества с сильным поглощением (красители). Недавно корейские ученые обнаружили, что конъюгация красителей с наночастицами приводит к увеличению оптоакустического сигнала. Они поместили молекулы красителя (одинаковое количество) в поры наночастиц кремния и диоксида кремния размером 200 нм. Пористость наночастиц  $P = 30\%$ .

2. В каком случае оптоакустический сигнал будет больше? Во сколько раз? **(8 баллов)**  
 Поры наночастиц заполнены водой.

Справочные данные:

Вещество	Коэффициент теплового расширения $\beta$ , $K^{-1}$	Удельная теплоемкость $C$ , Дж/(г·К)
Кремний Si	$2.6 \cdot 10^{-6}$	0.7
Диоксид кремния $SiO_2$	$5.6 \cdot 10^{-7}$	1.0

**Всего – 10 баллов**



**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Задача 9. Нанопонтон из графена – нанотрубка**

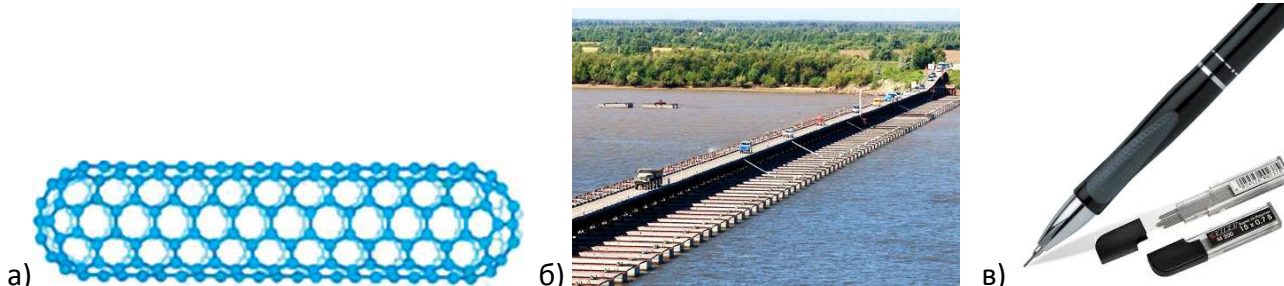


Рис. 1. а) Закрытую углеродную нанотрубку (УНТ) можно рассматривать как лист графена, свернутый в цилиндр и закрытый с торцов «шапочками». Расстояние между соседними атомами углерода в УНТ составляет 0,14 нм.

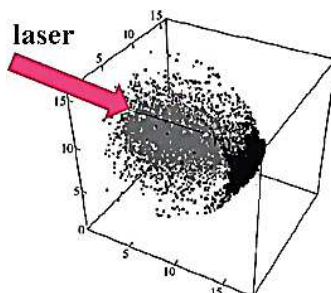
б) Понтоном называют пустой баллон, который легче воды. Понтоны часто используют для сооружения мостов через реки. в) Механический карандаш и его грифели

1. Оцените, начиная с какого диаметра  $d$  (в нанометрах) длинную пустую закрытую УНТ (Рис. 1а) можно считать нанопонтоном (Рис. 1б). **(6 баллов)**
2. Объясните, почему открытая УНТ с диаметром больше  $d$  тоже может быть нанопонтоном. **(2 балла)**
3. Можно ли построить уменьшенную работающую копию переправы, если вместо понтонов использовать отрезки грифеля для механического карандаша, содержащего графит (плотность  $2260 \text{ кг/м}^3$ ) (рис. 1в)? Ответ подтвердите **экспериментально** и поясните. **(2 балла)**

**Всего – 10 баллов**



**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Задача 10. Взрыв нанокластера**



Мощное ионизирующее лазерное излучение обладает способностью буквально «взрывать» частицы вещества, поэтому оно может быть использовано для получения наночастиц.

1. Поясните, почему ионизация может разрушать частицы. **(2 балла)**
2. Оцените минимальный размер нанокластеров, получающихся после фотоионизации нанокластера серебра диаметром 6 нм, если при действии лазерного импульса этот нанокластер теряет 160 электронов. Считайте, что происходит распад на одинаковые фрагменты, все кластеры находятся в жидкой фазе, поверхностное натяжение серебра составляет 1 Н/м. **(10 баллов)**

**Всего – 12 баллов**