



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...

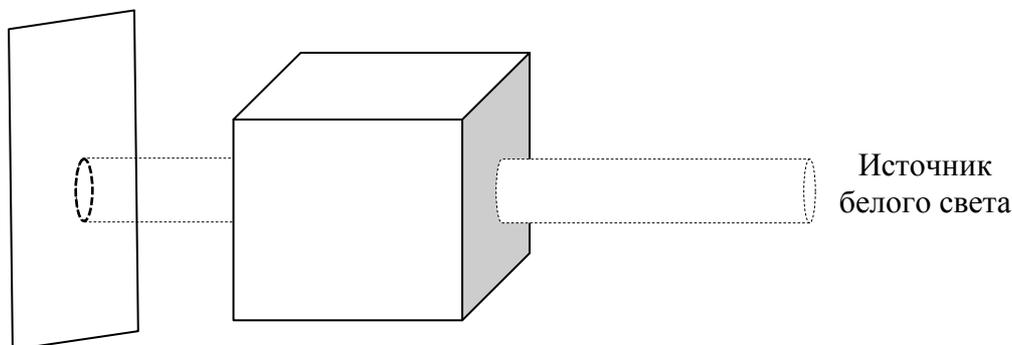


Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

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)**

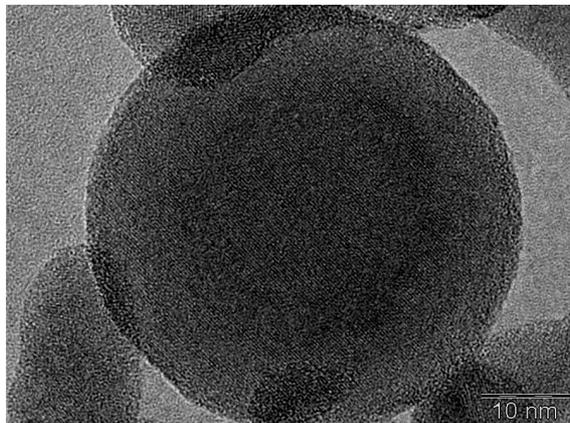


Всего – 8 баллов



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.*

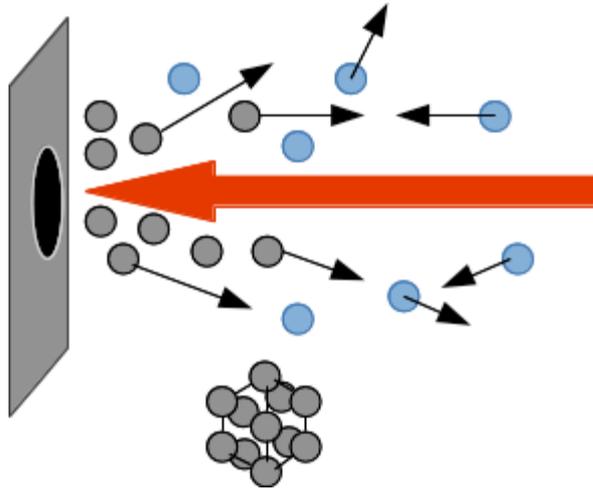
1. Рассчитайте количество примесных атомов в такой частице, если известно, что их концентрация в частице равна $n = 10^{20} \text{ см}^{-3}$. **(4 балла)**
2. Какова будет концентрация примеси, если всего 10 атомов содержатся в частице диаметром 10 нм? **(4 балла)**
3. К чему приводит внедрение примесных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

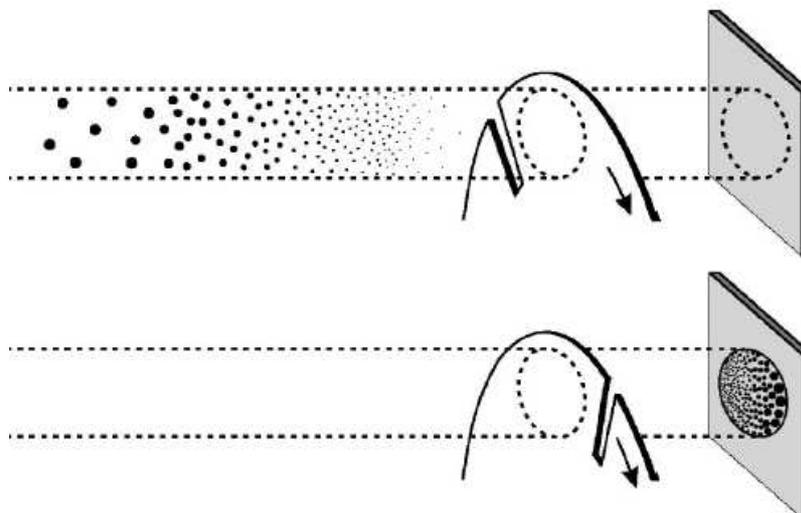
Всего – 10 баллов



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).

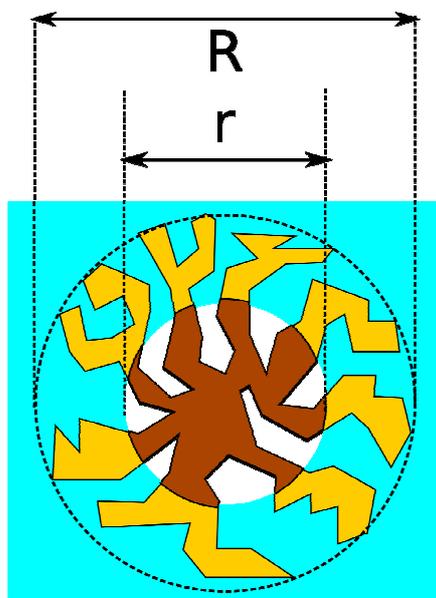


Рис. 1. Схематическое изображение наночастицы.

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⁻¹.

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.

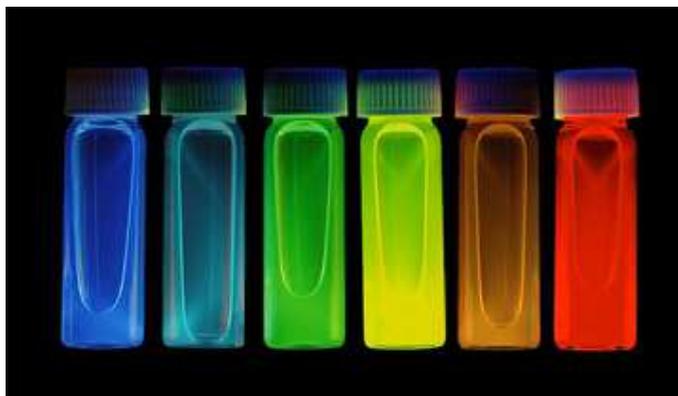


Рис. 1. Фотолюминесценция квантовых точек

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.

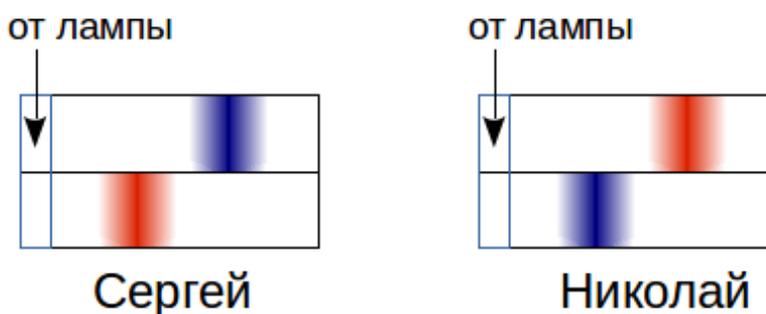


Рис. 2. Результаты экспериментов Сергея и Николая

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 β , 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.

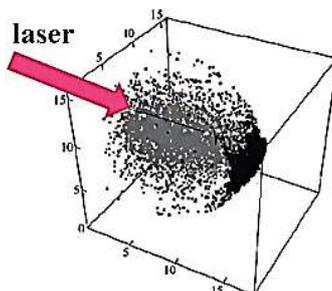
б) Понтоном называют пустой баллон, который легче воды. Понтоны часто используют для сооружения мостов через реки. в) Механический карандаш и его грифели

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 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