

**Спецификация**  
**экзаменационных материалов для проведения**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ**  
**ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА**  
для выпускников, обучавшихся в рамках проекта  
«Инженерный класс в московской школе»

**1. Назначение экзаменационных материалов**

Материалы теоретической части предпрофессионального экзамена предназначаются для определения уровня освоения выпускниками инженерных классов знаний, умений, ключевых компетенций образовательных программ профильных предметов и элективных курсов.

**2. Условия проведения теоретической части экзаменационной работы**

Теоретическая часть предпрофессионального экзамена проводится в форме компьютерного тестирования.

При выполнении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения экзамена. Обучающиеся могут пользоваться непрограммируемым калькулятором, таблицей физических величин и периодической таблицей химических элементов Д.И. Менделеева.

**3. Время выполнения теоретической части экзаменационной работы**

На выполнение теоретической части экзаменационной работы отводится **90 минут**. В процессе выполнения заданий предусмотрено 2 автоматические паузы продолжительностью по 5 минут в соответствии с нормами СанПин через каждые 35 минут работы.

**4. Содержание и структура экзаменационной работы**

Задания экзаменационной работы разработаны специалистами высших учебных заведений, участвующих в проекте «Инженерный класс в московской школе», и направлены на проверку освоения базовых умений и практических навыков при решении межпредметных и метапредметных задач.

В работу включены расчетные задачи и межпредметные задания на анализ текстовой, знаковимвольной и графической информации, базирующиеся на элементах содержания курсов физики, информатики,

химии, биологии и математики базового, повышенного и высокого уровней сложности различной направленности.

Вариант экзаменационной работы, представляемый каждому обучающемуся, автоматически формируется из базы проверочных заданий в соответствии с планом экзаменационной работы и состоит из 23 заданий. Вариант состоит из двух частей. Часть 1 включает текст по естествознанию и 3 задания к нему. Она является обязательной для выполнения каждым экзаменуемым. Часть 2 включает 20 заданий, из которых экзаменуемый должен выбрать и выполнить только 8 заданий в соответствии с выбранным профилем подготовки. При выборе заданий можно ориентироваться на индексы, указанные в приложении 1 и в варианте рядом с номером задания. Индексы представляют собой коды из одной или нескольких букв, обозначающих дисциплины, содержанию которых соответствует данное задание (Б – биология, И – информатика, М – математика, Ф – физика, Х – химия).

#### **5. Система оценивания отдельных заданий и работы в целом**

За выполнение задания 1 выставляется 2 балла, если ответ обучающегося совпал с эталоном; 1 балл, если неверно указан 1 символ; или 0 баллов в других случаях. За верное выполнение каждого из заданий 2-3 – 1 балл. Выполнение каждого из заданий части 2 оценивается в 2 балла. Задание считается выполненным, если ответ обучающегося совпал с эталоном. Таким образом, за часть 1 экзаменуемый может получить максимально 4 балла, за часть 2 – 16 баллов. Максимальный балл за выполнение всей работы – 20 баллов, даже если технический балл, складываемый из баллов за отдельные задания, превышает 20.

В **Приложении 1** приведён план демонстрационного варианта экзаменационной работы. В **Приложении 2** приведён демонстрационный вариант работы.

**Приложение 1**  
**План демонстрационного варианта теоретической части**  
**экзаменационной работы**

<b>№ задания</b>	<b>Индекс задания</b>	<b>Умения, проверяемые на основе нижеприведённого межпредметного содержания</b>
1	текст	Использование явно заданной в тексте информации для анализа
2	текст	Использование неявно заданной в тексте информации для расчетов
3	текст	Анализ информации, заданной графически
4	МИ	Проведение логических рассуждений для нахождения характеристик событий
5	МФ	Использование знаково-символьных моделей при решении задач
6	МФ	Использование знаково-символьных моделей при решении задач
7	М	Проведение экстремальных оценок
8	Ф	Использование знаково-символьных моделей при решении задач
9	И	Преобразование модели из одной системы представления в другую
10	ИМ	Использование явно заданной информации для проведения расчетов
11	Ф	Проведение расчётов параметров кинематического устройства
12	ФМ	Анализ графической информации
13	МИ	Решение задач на индукционное представление информации
14	ФМ	Использование знаково-символьных моделей при решении задач
15	И	Использование явно заданной информации для проведения расчетов
16	ХМ	Использование знаково-символьных моделей при решении задач

17	БХ	Проведение оценочных расчетов
18	ХМ	Проведение оценочных расчетов
19	ХМ	Использование знаково-символьных моделей при решении задач
20	БФ	Использование знаково-символьных моделей при решении задач
21	БФ	Проведение оценочных расчетов
22	БФ	Использование знаково-символьных моделей при решении задач
23	БФ	Использование знаково-символьных моделей при решении задач

**Приложение 2**  
**Демонстрационный вариант**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ**  
**ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА**

**Часть 1**

В настоящее время ученые всех стран все чаще и чаще говорят о развитии конвергентных технологий. Конвергентные технологии – это «большая четверка» технологий, в которую входят информационно-коммуникационные технологии, биотехнологии, нанотехнологии и когнитивные технологии.

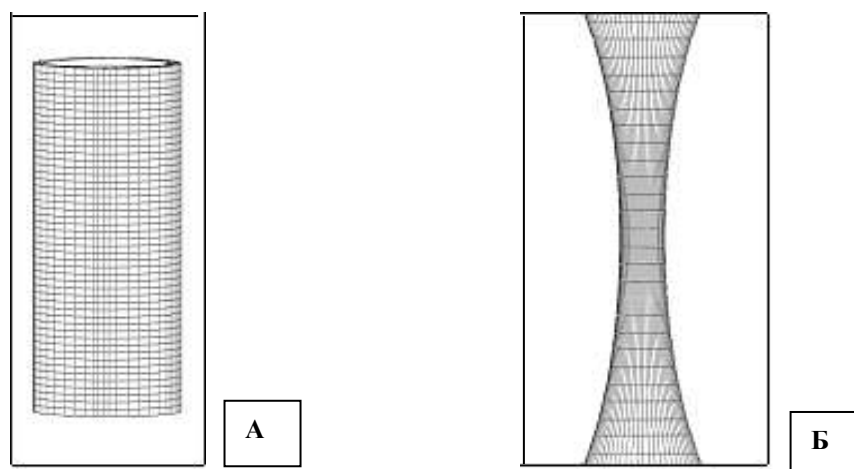
Слияние четырех указанных технологий должно привести к объединению глобальных направлений сегодняшней науки.

Один из элементов «большой четверки» – нанотехнологии – это новый подход к созданию материалов с заранее заданными свойствами, путем атомно-молекулярного конструирования. В рамках этого подхода различными методами создаются такие структуры как квантовые пленки (трехмерная структура, один из размеров которой лежит в пределах от одного до нескольких десятков нм), квантовые проволоки (два из трех размеров лежат в этом диапазоне) и квантовые точки (все три размера ограничены нанодиапазоном). В случае изготовления таких структур из полупроводниковых материалов, например, арсенида галлия (GaAs) или антимонида индия (InSb), такие размеры составляют от 20 нм до 150 нм и ограничивают движение носителей заряда в полупроводнике по этим направлениям, что является условием проявления квантовых эффектов. Именно такие эффекты и определяют свойства данных структур.

Одно из возможных направлений использования наноструктур – создание миниатюрных сверхчувствительных датчиков электромагнитных излучений. Задача создания такого датчика сводится к «подстраиванию» его энергетического спектра под нужный частотный диапазон в соответствии с формулой Планка  $E=h\cdot\nu$ .

С применением специальных методов возможно размещение в определенное место (на ось квантовой проволоки или в центр квантовой точки) атомов донорной примеси (например, кремния). Такой примесный центр (нейтральный донор  $D^0$ ) может захватывать электрон с образованием так называемого  $D^{(-)}$ -центра.

С одной стороны, энергетический спектр наноструктуры с  $D^{(-)}$ -центром, определяется ее геометрическими размерами и положением атома донорной примеси в наноструктуре. С другой стороны, он зависит от величины внешнего магнитного поля, и именно это позволяет управлять энергетическим спектром  $D^{(-)}$ -центра, то есть фактически создать «искусственный атом». Учеными были исследованы энергетические спектры квантовых проволок, а также микросужений на основе InSb с  $D^{(-)}$ -центрами.



Схематическое изображение квантовой проволоки (А) и микросужения (Б)

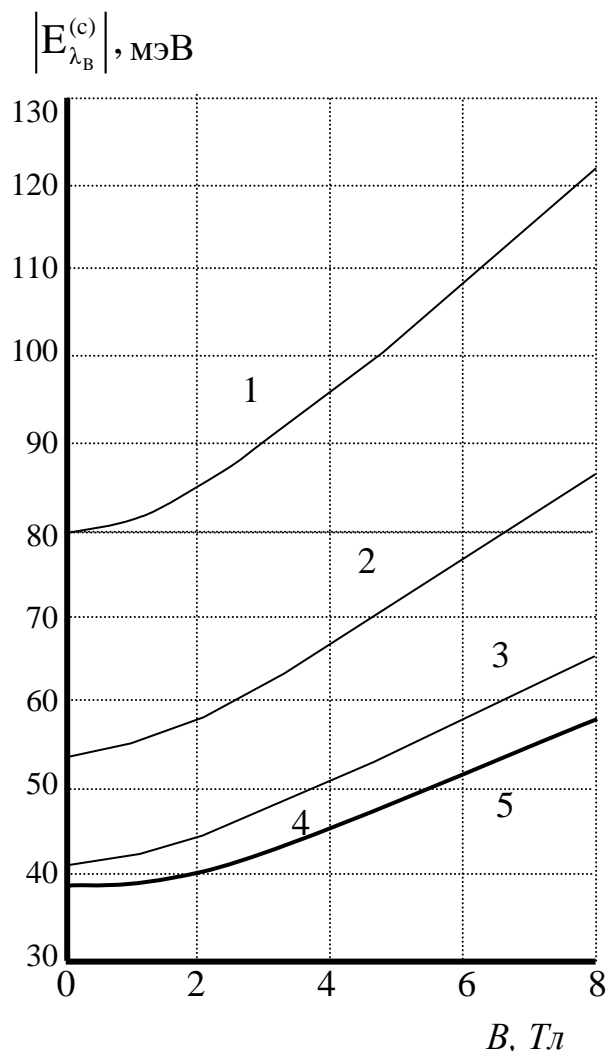
На рисунке представлена геометрия квантовой проволоки (А) и микросужения (Б). Характерной величиной для микросужения является его длина  $L$  – величина безразмерная. Чем больше длина микросужения, тем меньше оно отличается от квантовой проволоки.

На графике представлены зависимости энергии связи электрона в  $D^{(-)}$ -центре с нейтральным донором (энергия связи – это энергия,

которую необходимо сообщить электрону, чтобы «оторвать» его от примесного центра) от величины внешнего магнитного поля.

Зависимость энергии связи электрона  $|E_{\lambda_B}^{(c)}|$ , мэВ, локализованного на  $D^0$  – центре, расположенного на оси квантовой проволоки (кривая 5), и в микросужении (кривые 1, 2, 3, 4), от величины магнитной индукции  $B$  при:

- 1 –  $L = 5$ ;
- 2 –  $L = 10$ ;
- 3 –  $L = 15$ ;
- 4 –  $L = 25$ ;
- 5 –  $L \rightarrow \infty$



### ЗАДАНИЯ

1

Установите соответствие между понятиями

А) Квантовая проволока	1) искусственный атом с управляемыми энергетическими уровнями
Б) $D^{(-)}$ - центр	2) система, состоящая из нейтрального атома и электрона
В) нейтральный донор	3) наноструктура, ограниченная в двух направлениях до нанометровых масштабов

	<p>4) отрицательный ион в полупроводниковой квантовой проволоке</p> <p>5) нанообъект, излучающий кванты света</p> <p>6) структура, слабо удерживающая электрон на внешнем энергетическом уровне</p>
--	---

Ответ:

А	Б	В

2

К какому диапазону волн окажутся чувствительными датчики на основе квантовых сужений с наибольшим отличием от квантовой проволоки?



*Частотный диапазон электромагнитных излучений*

Варианты ответов:

- 1) инфракрасному
- 2) видимому
- 3) ультрафиолетовому
- 4) радиоволны

ОТВЕТ: \_\_\_\_\_

3

Какую кинетическую энергию будет иметь электрон, «вырванный» из  $D^{(-)}$  - центра на квантовой проволоке в магнитном поле с индукцией 2 Тл при поглощении фотона с частотой 22 ТГц? Ответ дайте в мэВ.



ОТВЕТ: \_\_\_\_\_мЭВ

## Часть 2

**4 МИ** На соревнованиях беговых роботов было представлено некоторое количество механизмов. Роботов выпускали соревноваться попарно. Каждая пара выбирала собственную трассу для соревнования. В протоколе фиксировались разности времен финиша победителя и побежденного в каждом из забегов. Всего в протоколе была сделана 21 запись. Известно, что в ходе забегов каждый робот соревновался с каждым ровно один раз. Определите число представленных на соревнованиях механизмов.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**5 МФ**

Студент написал программу, в которой исполнитель **Прыгун** может совершать прыжки двух типов. Так, стартовав из точки А (0;4;-1) прыжком первого типа, **Прыгун** попадает в точку В (2;3;-1), а из точки В прыжком второго типа попадает в точку С (-2;5;0). Найдите модуль перемещения **Прыгуна**, последовательно совершившего два прыжка первого типа и прыжок, противоположный прыжку второго типа.

Ответ: \_\_\_\_\_

**6 МФ**

При изучении характера движения тел на экспериментальной установке студент получил зависимости координаты от времени для двух частиц, движущихся вдоль оси Ох в заданной системе отсчета, и записал их в таблицу:

	Закон изменения координаты (величины приведены в единицах СИ)
Первая частица	$x_1 = 4 \cdot 0.3^{t-5}$
Вторая частица	$x_2 = \sqrt{3t+1}$

В какой момент времени можно прогнозировать встречу частиц в данной системе отсчета?

Ответ: \_\_\_\_\_ с

**7 М**

В логистике затраты на доставку некоторого оборудования складываются из затрат на транспорт и хранение, которые соответственно определяются факторами  $a$  и  $b$ . Эти факторы могут принимать любые неотрицательные значения. Какие наименьшие затраты можно заложить на доставку оборудования по полученному заказу, если зависимость этих затрат задается формулой  $a^2 + 2b^2 - 3a + 7$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ с

**8Ф**

Гоночный болид массой 620 кг едет по участку трассы с радиусом 100 м. В момент времени, когда скорость болида 50 м/с, сумма сил, действующих на него, равна 20 кН. Каков в этот момент модуль тангенциальной составляющей ускорения автомобиля?

Ответ округлите до десятых.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

**9И**

Играя в интерактивный квест, команда должна была открыть сейф с цифровым кодовым замком. Найдя подсказки, команда выяснила, что кодом является наименьшее четырёхзначное шестнадцатеричное число, двоичная запись которого содержит ровно 9 нулей. Команда справилась с заданием. Какой код она подобрала? В ответе запишите шестнадцатеричное число (основание системы счисления указывать не нужно).

Ответ: \_\_\_\_\_

**10ИМ**

В кибернетике используется понятие информационной энтропии,

$$H = - \sum_i p_i \log_2 p_i,$$

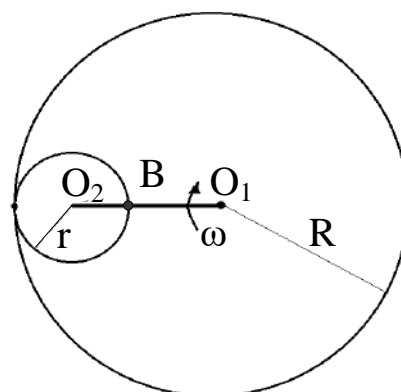
которая определяется формулой

где  $H$  – информационная энтропия,  $p_i$  – вероятность каждого из возможных исходов.

В корзине лежат 36 клубков шерсти, из них 9 красных, 18 синих и 9 зеленых. Какова информационная энтропия сообщения о том, что случайно выбран 1 клубок?

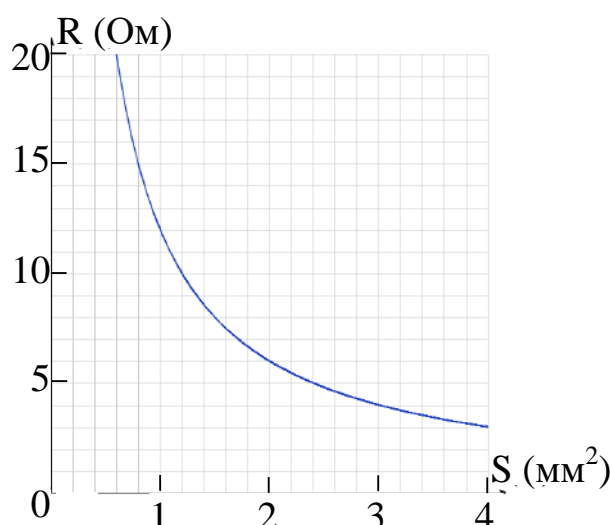
Ответ: \_\_\_\_\_

**11Ф** Кривошип  $O_1O_2$ , вращаясь с постоянной угловой скоростью  $\omega = 6 \text{ рад/с}$ , катит шестерню радиуса  $r = 0,1 \text{ м}$  по неподвижной шестерне радиуса  $R = 0,4 \text{ м}$  без проскальзывания. Чему равна (по величине) скорость точки В подвижной шестерни?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

**12ФМ** На рисунке приведен график зависимости сопротивления  $R$  электрического провода от площади его поперечного сечения  $S$ . Чему равна длина  $L$  этого провода, если его удельное сопротивление  $\rho = 4 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ м

**13МИ**

Поток из 100 студентов сдавал экзамены. 88 студентов сдали английский язык, 71 студент сдали немецкий язык, 11 студентов не сдали ни одного экзамена. Какое количество студентов сдало экзамены и по английскому, и по немецкому языкам?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**14 ФМ**

Работая по проекту повышения КПД тепловых двигателей, студент предложил виртуальную модель, в которой в качестве рабочего тела используется гелий, совершающий замкнутый цикл. Цикл состоит из изотермического сжатия в 3 раза, изобарического расширения и изохорического охлаждения до начального состояния. Для расчета

работы газа при сжатии студент записал функцию  $p = \frac{k}{V}$  и воспользовался формулой Ньютона-Лейбница. Какое значение он получил при верном расчете? Первоначальные параметры 1 г гелия составляли 3 л и 0,2 МПа. Укажите значение работы газа при изотермическом сжатии с точностью до одного джоуля

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж

**15И**

Прибор регистрирует количество людей, прошедших через рамку металлоискателя путем добавления этого количества к величине, хранящейся в памяти сумматора. Каждый час (в момент времени  $nm$  часов 00 минут 01 секунда) число из сумматора выводится на печать. За 1 января 2017 года распечатка содержит следующий набор данных:

20512	20612	20662	20692	20699	20753	20756	20759
20766	20777	20777	20781	20789	20790	20811	20812
20819	20821	20832	20835	20842	20849	20853	20891

Сколько человек зарегистрировал прибор за период с 7 утра до 7 вечера 1 января 2017 года?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**16  
ХМ**

Раствор Рингера-Локка – многокомпонентный физиологический раствор, который врачи назначают к применению при дегидратации различного происхождения, при острых массивных кровопотерях, шоке, обширных ожогах. Стандартный раствор Рингера-Локка содержит  
9 г NaCl,  
0,2г KCl,  
0,2 г CaCl<sub>2</sub>,  
0,2 г NaHCO<sub>3</sub>  
и 1 г глюкозы в 1 л бидистиллированной воды. Рассчитайте суммарную молярную концентрацию частиц (молекул и ионов) в этом растворе (моль/л). Запишите число с точностью до тысячных

Ответ: \_\_\_\_\_ моль/л

**17БХ**

стр. 13 из 15

Пирожное «Картошка» содержит 6,6 г белков, 21 г жиров и 59,7 г углеводов. Калорийность белков и углеводов составляет 4,11 ккал/г, а калорийность жиров – 9,29 ккал/г. Рассчитайте, какое расстояние нужно пройти человеку массой 60 кг для сжигания полученных от такого пирожного калорий, если при среднем темпе ходьбы на каждые 5 км им расходуется 210 ккал. Запишите число с точностью до целых

Ответ: \_\_\_\_\_ км

**18ХМ**

Радиоактивный изотоп йода  $^{131}\text{I}$  используется в медицине для лечения и диагностики, в частности при исследовании функции щитовидной железы. Рассчитайте время (в сутках), за которое из организма выведется около 97% введенного изотопа, если его период полувыведения составляет 8 суток.

Ответ: \_\_\_\_\_ суток

**19ХМ**

Для сохранения анатомических препаратов используется формалин (водометанольный раствор формальдегида). Технический формалин содержит 37% по массе муравьиного альдегида и имеет плотность 1,1 г/мл. Рассчитайте объем формальдегида (н. у.), который необходим для получения 1 л формалина. Запишите число с точностью до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ л .

**20БФ**

В вену больного, находящегося под капельницей, поступает препарат плотностью 1 г/см<sup>3</sup>. Давление в вене на 18 мм рт. ст. выше атмосферного. При какой высоте остаточного столба в трубке прекратится поступление лекарства? Ответ округлите до сотых.

**21БФ**

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

Площадь поверхности клетки приблизительно равна  $5 \cdot 10^{-10}$  м<sup>2</sup>. Удельная емкость мембраны (емкость единицы ее поверхности) составляет  $10^{-2}$  Ф/м<sup>2</sup>. При этом межклеточный потенциал равен 70 мВ. Определите количество одновалентных ионов на поверхности мембраны. Ответ дайте в миллионах штук, округлив их число до десятых.

Ответ: \_\_\_\_\_ млн

**22БФ**

Выдыхаемый воздух имеет относительную влажность 98% и температуру 36°C. Приняв, что вдыхаемый воздух имеет относительную влажность 60% и температуру 20°C, найдите массу  $m$  воды, испаряемой организмом человека в сутки с выдыхаемым воздухом. Ответ округлите до тысячных. Объем обмениваемого воздуха считайте равным 9,4 м<sup>3</sup>/сутки. Давление насыщенного пара при 20°C равно 17,4 мм рт. ст., при 36°C - 44,2 мм рт. ст. Ответ округлите до десятых.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

**23БФ**

Работа, совершаемая сердцем, затрачивается на преодоление сил давления и сообщение крови кинетической энергии. Рассчитайте работу, совершаемую при однократном сокращении левого желудочка. Примите давление  $P = 13$  кПа,  $V_y = 60$  мл =  $6 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>, плотность крови  $\rho = 1,05 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>,  $v = 0,5$  м/с. Ответ округлите до десятых.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

**Ответы**

1	3 2 6	2
2	1	1
3	60	1
4	7	2
5	9	2
6	5	2
7	4,75	2
8	20,4	2
9	1007	2
10	1,5	2
11	3,6	2
12	3	2
13	70	2
14	-659	2
15	76	2
16	0,329	2
17	11	2
18	40	2
19	304	2
20	0,24	2
21	2,2	2
22	0,3	2
23	0,8	2