

Спецификация конкурсных материалов для проведения *теоретического* этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «Инженерный класс» по направлению «Медико-инженерное»

1. Назначение конкурсных материалов

Материалы *теоретического* этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» (далее – Конкурс) предназначены для оценки уровня *теоретической* подготовки участников Конкурса.

2. Условия проведения теоретического этапа

Теоретический этап Конкурса проводится в *очной дистанционной форме*. При выполнении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения Конкурса. Участники могут дополнительно использовать листы для записей, письменные принадлежности, непрограммируемый калькулятор и Периодическую таблицу Д.И. Менделеева.

3. Продолжительность выполнения работы

На выполнение заданий *теоретического* этапа Конкурса отводится **90 минут**. В процессе выполнения заданий предусмотрены две автоматические паузы продолжительностью по 5 минут в соответствии с санитарно-эпидемиологическими требованиями к условиям и организации обучения в общеобразовательных организациях.

4. Содержание и структура работы

Задания *теоретического* этапа Конкурса разработаны преподавателями образовательных организаций высшего образования, участвующих в проекте «Инженерный класс в московской школе».

Индивидуальный вариант участника формируется автоматически во время проведения теоретического этапа Конкурса предпрофессиональных умений из базы конкурсных заданий.

Индивидуальный вариант участника включает 15 заданий, базирующихся на содержании *предметов: физики, химии, информатики*.

5. Система оценивания отдельных заданий и работы в целом

Задание считается выполненным, если ответ участника совпал с эталоном. Каждое задание повышенного уровня сложности оценивается в 5 и 4 балла. Каждое задание базового уровня сложности оценивается в 3 балла. Максимальный балл за выполнение всех заданий – 60 баллов. Для получения максимального балла за *теоретический* этап Конкурса необходимо дать верные ответы на все задания.

6. Приложения

1. Обобщённый план конкурсных материалов для проведения *теоретического* этапа Конкурса.
2. Демонстрационный вариант конкурсных заданий *теоретического* этапа Конкурса.

**Обобщённый план конкурсных материалов
для проведения *теоретического* этапа Конкурса**

№ задания	Уровень сложности	Уникальные кодификаторы Конкурса	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл
1	<i>Базовый</i>	<i>Физика 7.1.1</i>	Решать задачи из области квантовой физики: владеть понятием фотона, использовать формулу Планка, показывающую связь энергии фотона с его частотой. Оперировать понятиями «энергия» и «импульс фотона»	3
2	<i>Базовый</i>	<i>Физика 1.2</i>	Моделировать физические явления и процессы. Оперировать понятиями «материальная точка», «абсолютно твёрдое тело», «идеальная жидкость», «точечный источник», «гипотеза», «физический закон», «физическая теория». Формулировать границы применимости физических законов	3
3	<i>Базовый</i>	<i>Химия 1.5</i>	Решать задачи из области органической химии, в частности с использованием азотсодержащих веществ и биологически важных веществ	3
4	<i>Базовый</i>	<i>Химия 1.1; 1.2</i>	Решать задачи на основные химические понятия: атом, ядро атома, изотопы, электрон, электронная оболочка, химический элемент, атомные s-, p- и d-орбитали, электронная конфигурация атома и т. д.; состав и строение атома с использованием периодического закона и Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева; строение вещества	3
5	<i>Базовый</i>	<i>Химия 1.3</i>	Решать задачи из области органической химии, в частности на углеводороды	3
6	<i>Базовый</i>	<i>Информатика 2.1</i>	Решать алгоритмические задачи, связанные с анализом графов	3
7	<i>Базовый</i>	<i>Информатика 2.2</i>	Использовать графы и деревья при описании объектов и процессов	3
8	<i>Повышенный</i>	<i>Физика 3.1.6; 7.1.1</i>	<i>Решать задачи из области молекулярной физики и термодинамики: оперировать понятием абсолютной температуры как меры средней кинетической</i>	4

			<i>энергии теплового движения частиц газа. Решать задачи из области квантовой физики: владеть понятием фотона, использовать формулу Планка, показывающую связь энергии фотона с его частотой. Оперировать понятиями «энергия» и «импульс фотона». Решать задачи на равновесное тепловое излучение (излучение абсолютно чёрного тела), закон смещения Вина, гипотезу М. Планка о квантах</i>	
9	<i>Повышенный</i>	<i>Физика 5.3.1</i>	Решать задачи на механические волны, условия их распространения. Оперировать понятиями периода, скорости распространения и длины волны, а также решать задачи на них. Решать задачи на поперечные и продольные волны	5
10	<i>Повышенный</i>	<i>Физика 4.4.5; 6.3; 6.4</i>	Решать задачи на электродинамику: силу Лоренца, её модуль и направление; движение заряженной частицы в однородном магнитном поле; работу силы Лоренца. Решать задачи на энергию и импульс свободной частицы; связь массы с энергией и импульсом свободной частицы; энергию покоя свободной частицы	5
11	<i>Повышенный</i>	<i>Физика 7.3.2</i>	Решать задачи из области квантовой физики: открытие радиоактивности; альфа-распад; электронный и позитронный бета-распад; гамма-излучение; закон радиоактивного распада	5
12	<i>Повышенный</i>	<i>Химия 2.2.4</i>	Решать задачи с высокомолекулярными соединениями, полимерами, пластмассами, волокнами, каучуками. Решать задачи на реакции полимеризации и поликонденсации	5
13	<i>Повышенный</i>	<i>Химия 1.2.7</i>	Решать задачи на поиск степени окисления и валентности химических элементов в простых и сложных веществах	5
14	<i>Повышенный</i>	<i>Химия 1.3.7; 1.3.8</i>	Решать задачи с использованием химических реакций. Оперировать понятиями «окислитель» и «восстановитель». Решать задачи с использованием окислительно-	5

			восстановительных реакций. Владеть понятием электролиза: электролиза водных растворов кислот, солей и щелочей (на инертных электродах)	
15	<i>Повышенный</i>	<i>Информатика 1.2</i>	Решать задачи с использованием элементов комбинаторики, принципов включения и исключения	5
Сумма баллов:				60

Демонстрационный вариант конкурсных заданий *теоретического* этапа Конкурса**Пример состава задания теоретического этапа Конкурса****Задание 1.** (3 балла)

Сетчатка глаза начинает реагировать на монохроматическое излучение при попадании на неё светового потока мощностью $1,98 \cdot 10^{-17}$ Вт. Известно, что при этом каждую секунду на сетчатку попадает $n = 60$ фотонов. Какую длину волны регистрирует глаз? Постоянную Планка считать равной $6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Ответ выразите в нанометрах и округлите до целых.

Ответ. 600**Задание 2.** (3 балла)

Найдите максимальный объём левого желудочка у бегуна, если известно, что минутный объём кровообращения равен 9 л/мин, частота сердечных сокращений – 2 Гц, а фракция выброса равна 60%. Выразите ответ в кубических сантиметрах и округлите до целых.

Ответ. 125**Задание 3.** (3 балла)

По описанию ниже определите, о каком веществе идёт речь.

Реагирует с сильными кислотами, а также с азотистой кислотой. Способен вступать в реакции с металлами, основными оксидами, основаниями и солями более слабых кислот. Со спиртами вступает в реакцию этерификации, образуя сложные эфиры. В результате реакции поликонденсации может образовывать полимеры.

1. диметиламин
2. валин
3. анилин
4. нитробензол

Ответ. 2**Задание 4.** (3 балла)

Приведены символы химических элементов. С использованием Периодической системы определите, какой из двух элементов обладает большим «орбитальным» атомным радиусом, и укажите сокращённую электронную формулу этого элемента. В ответе укажите порядковый номер выбранного элемента (столбец 1) и подберите соответствующую позицию с его электронной формулой (столбец 2).

1. Химический элемент ${}_z\text{Э}$

- А) ${}_3\text{Li}$, ${}_{11}\text{Na}$
- Б) ${}_{19}\text{K}$, ${}_{29}\text{Cu}$
- В) ${}_5\text{B}$, ${}_6\text{C}$

2. Электронная формула

- 1) $[\] 3s^1$
- 2) $[\] 4s^1$
- 3) $[\] 3d^{10}4s^1$
- 4) $[\] 2s^22p^1$

Заполните таблицу, записав выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ.

	А	Б	В
Порядковый номер химического элемента	11	19	5
Электронная формула	1	2	4

Задание 5. (3 балла)

Нефть является сырьём для получения разнообразных продуктов, имеющих большое практическое значение. Выберите продукт, полученный не из нефти.

- 1. дёготь
- 2. мазут
- 3. керосин
- 4. лигроин

Ответ. 1

Задание 6. (3 балла)

Две последовательности ДНК были порождены независимо друг от друга по некоторому алгоритму с равной вероятностью порождения нуклеотидов. Для фрагментов X и Y этих последовательностей часть нуклеотидов неизвестна, а символ «*» обозначает любой произвольный символ из алфавита {A,G,C,T}.

X: ATGATTCC***

Y: T***GATAC

Определите наибольшую длину последовательности подряд идущих нуклеотидов, совпадающих для фрагментов X и Y.

Ответ. 7

Задание 7. (3 балла)

Биологическая последовательность может переходить из одного состояния в другое. Известна закономерность переходов, представленная в виде матрицы смежности. Символ «*» соответствует возможному переходу из одного состояния в другое. Определите, сколько существует возможных переходов для количества состояний $n = 1000$.

	0	1	2	3	4	...	998	999	1000
0		*	*	*	*	...	*	*	*
1			*	*	*	...	*	*	*
2				*	*	...	*	*	*
3					*	...	*	*	*
4						...	*	*	*
...
998						...		*	*
999						...			*
1000						...			

Ответ. 500500

Задание 8. (4 балла)

В медицине для диагностики ряда заболеваний получил распространение метод, называемый термографией. Он основан на регистрации отличия теплового излучения здоровых и больных органов, обусловленного различием их температур. Сейчас этот метод используется для обнаружения пассажиров с повышенной температурой, например, в аэропортах. Считая, что сигнал на датчике тепловизора пропорционален интенсивности теплового излучения, испускаемого поверхностью тела человека, определите, на сколько процентов должен отличаться сигнал от людей, имеющих температуры 35 °С и 38 °С. Ответ округлите до целых.

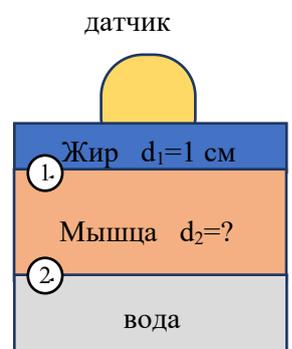
Ответ. 4

Задание 9. (5 баллов)

При проведении ультразвуковых исследований (УЗИ) акустический импульс посылается датчиком в исследуемый объект, где есть отражающие границы. Импульс частично отражается от таких границ, частично проходит дальше. Доля отражённой энергии равна:

$$K_{\text{отр}} = \frac{(z_1 - z_2)^2}{(z_1 + z_2)^2},$$

где z_1 и z_2 – это акустические сопротивления тканей по разные стороны границы. $z = \rho * c$, где ρ – плотность ткани, а c – скорость звука в ней. Отражённая часть импульса возвращается обратно в датчик и регистрируется как эхо-сигнал. По времени прихода эхо-сигнала определяется глубина, а по величине эхосигнала можно определить $K_{\text{отр}}$ соответствующей границы. Определите толщину мышцы, если толщина жировой ткани 1 см, а время прихода эхо-сигнала от второй границы 60 мкс. Скорость звука в жире $c_1 = 1350$ м/с, скорость звука в мышце $c_2 = 1620$ м/с. Определите, во сколько раз энергия эхо-сигнала от второй границы



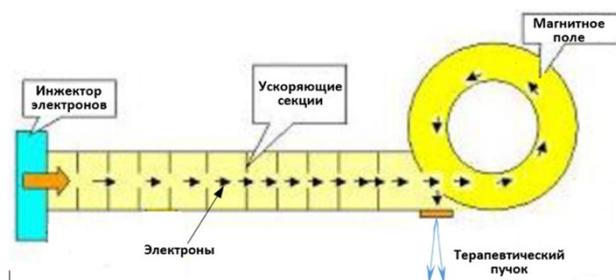
будет меньше начальной энергии импульса, если скорость звука в третьей ткани $c_3 = 1480$ м/с, а плотность $\rho_3 = 1,00$ г/см³. Плотности $\rho_1 = 0,95$ г/см³, $\rho_2 = 1,05$ г/см³. Поглощением ультразвука в тканях пренебречь. В качестве ответа заполните таблицу: толщину представьте в сантиметрах и округлите до десятых, а отношение энергий импульсов округлите до десятков.

Ответ.

Толщина мышцы, см	3,7
Отношение энергий импульсов	220

Задание 10. (5 баллов)

В линейных медицинских ускорителях для селекции заряженных частиц по энергии применяется магнитное поле. Рассчитайте необходимую величину индукции магнитного поля, чтобы повернуть пучок электронов с энергией 20 МэВ ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж). Диаметр поворотного кольца – 15 см. Масса электрона – $9 \cdot 10^{-31}$ кг (в энергетических единицах массу покоя электрона считать равной $m_e c^2 = 0,5$ МэВ). Скорость света – $3 \cdot 10^8$ м/с. Результат выразите в мТл и округлите до десятых.



Ответ. 22,5

Задание 11. (5 баллов)

Для обнаружения опухолей в ядерной медицине используют радиофармпрепараты (РФП), в состав которых входят радиоактивные изотопы. При внутривенном введении они разносятся с кровотоком по всему организму, избирательно накапливаясь в опухолевых тканях. Пациенту ввели некоторый объем РФП на основе изотопа Технеций-99m общей активностью $A_0 = 1$ МБк, а через $t = 30$ мин у него взяли 1 см^3 крови и измерили её активность. Какова будет активность пробы крови, если предположить, что в течение этого времени отсутствует биологическое выведение РФП из кровотока? Период полураспада радиоактивного изотопа Технеций-99m $T_{1/2} = 6$ ч, а общий объем крови пациента $V = 6$ л. Ответ запишите в Бк и округлите до целых.

Ответ. 157

Задание 12. (5 баллов)

Какое количество этилена в м³ (н. у.) потребуется для получения 10 м^3 вспененного полистирола (пенопласта) плотностью 25 кг/м^3 ? Полистирол получают реакцией полимеризации стирола в присутствии катализатора (без выделения побочных продуктов). Стирол получают дегидрированием промежуточного продукта этилбензола, получаемого взаимодействием бензола с этиленом в присутствии катализатора. За один цикл в стирол превращается 40% этилбензола (реакция обратимая). Ответ округлите до десятых.

Ответ. 134,6

Задание 13. (5 баллов)

Укажите степени окисления атомов углерода в соединениях:

А) CaC_2 ; Б) $\text{Fe}(\text{CO})_5$; В) $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$; Г) CH_4 ; Д) CH_2O

В качестве ответа заполните таблицу.

Ответ.

	А	Б	В	Г	Д
Степень окисления атома углерода	-1	+2	+4	-4	0

Задание 14. (5 баллов)

На электролиз раствора хлорида меди(II) (инертные электроды) затратили 1000 Кл электричества.

А) Определите, на сколько грамм увеличилась масса одного из электродов при выходе по току 95%.

Б) Укажите, какой газ выделится преимущественно на другом электроде. В ответе укажите для данного газа порядковый номер элемента в таблице Д.И. Менделеева.

В) Рассчитайте объём данного газа (л, н. у.), если его выход по току составляет 90%.

В качестве ответа заполните таблицу, указав значения в пунктах А и В с точностью до десятых.

Ответ.

А	Б	В
0,3	17	0,1

Задание 15. (5 баллов)

В геноме вируса нуклеотиды С, G, А и Т встречаются с вероятностью соответственно 40%, 30%, 20%, 10%. При допущении, что появление нуклеотидов в различных участках этого генома есть независимые события, определите, чему равна вероятность того, что фрагмент ДНК длиной 6 содержит 2 нуклеотида С или G и 4 нуклеотида А или Т. Ответ запишите в процентах с округлением по правилам математики.

Ответ. 6