

**Спецификация
конкурсных материалов для проведения
теоретического этапа Конкурса предпрофессиональных умений
«Предпрофессиональная мастерская инженерного и
информационно-технологического профилей» в номинации
«Инженерный класс» по медико-инженерному направлению**

1. Назначение конкурсных материалов

Материалы теоретического этапа Конкурса предпрофессиональных умений «Предпрофессиональная мастерская инженерного и информационно-технологического профилей» (далее – Конкурс предпрофессиональных умений) предназначены для оценки уровня теоретической подготовки участников конкурса в номинации «Инженерный класс» по медико-инженерному направлению.

2. Условия проведения теоретического этапа Конкурса предпрофессиональных умений

Теоретический этап Конкурса предпрофессиональных умений проводится в форме компьютерного тестирования.

При проведении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения теоретического этапа Конкурса предпрофессиональных умений.

При выполнении работы используются:

- Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева;
- таблица физических величин.

Во время выполнения работы разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

3. Продолжительность выполнения теоретического этапа Конкурса предпрофессиональных умений

На выполнение заданий теоретического этапа Конкурса предпрофессиональных умений 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 теоретического этапа Конкурса предпрофессиональных умений

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

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

В работе используются задания:

- с выбором одного или двух ответов из нескольких предложенных;
- с кратким ответом.

Индивидуальный вариант участника включает три части. Часть 1 – инвариантная: включает текст и три задания, которые позволяют проверить умение работать с явно заданной информацией. Части 2 и 3 – вариативные: содержат по шесть заданий, из которых участнику необходимо выбрать не более четырёх в каждой части. Выбор более четырёх заданий в частях 2 и 3 не допускается.

Задания части 2 позволяют проверить фундаментальные знания по профильным предметам и универсальные умения. Задания части 3 проверяют специальные знания и умения решать задачи по анатомии человека, физиологическим процессам, а также основным принципам работы медицинского оборудования.

Задание считается выбранным, если на него дан ответ. Участник может изменить свой выбор в процессе выполнения работы путём удаления ответа к одному заданию и сохранения ответа к другому заданию.

Для получения максимального балла на теоретическом этапе Конкурса предпрофессиональных умений необходимо правильно выполнить 11 из 15 заданий: три задания части 1, четыре задания части 2, четыре задания части 3.

5. Система оценивания отдельных частей и работы в целом

Задание считается выполненным, если ответ участника совпал с эталоном. Максимальный балл за выполнение заданий:

- часть 1 – 4 балла;
- часть 2 – 8 баллов;
- часть 3 – 8 баллов.

Первичный максимальный балл за выполнение всей работы – 20 баллов.

Перевод из первичных баллов в тестовый балл осуществляется по линейной форме. Линейный коэффициент перевода: 2.

Приложение 1 «Обобщённый план конкурсных заданий теоретического этапа Конкурса предпрофессиональных умений в номинации «Инженерный класс» по медико-инженерному направлению».

Приложение 2 «Демонстрационный вариант конкурсных заданий теоретического этапа Конкурса предпрофессиональных умений в номинации «Инженерный класс» по медико-инженерному направлению».

**Обобщённый план конкурсных заданий теоретического этапа Конкурса
предпрофессиональных умений в номинации «Инженерный класс»
по медико-инженерному направлению**

№	Тип задания	Предмет	Проверяемые умения
Часть 1			
1	КО	Текст	Работать с информацией, представленной в тексте, решать задачи
2	ВО		
3	КО		
Часть 2			
4	ВО	Математика	Систематизировать и проводить анализ статистических данных (в том числе представленных графически)
5	КО	Химия	Решать задачи (растворы: массовая доля, молярная концентрация)
6	КО	Химия	Решать задачи (энергетические характеристики химических реакций)
7	КО	Физика	Решать задачи (электричество и магнетизм, в том числе с использованием графической информации)
8	КО	Физика	Решать задачи (радиоактивность; период полураспада)
9	ВО	Биология	Анализировать исходные данные (строение и функционирование клетки)
Часть 3			
10	КО	Анатомия, физика	Решать задачи (механическая прочность опорно-двигательной системы человека)
11	КО	Физиология, физика	Решать задачи (теплообмен в организме человека)
12	КО	Физиология, физика	Решать задачи (давление крови в сердечно-сосудистой системе человека)
13	ВО	Оборудование для медицинской диагностики	Решать задачи (ультразвуковая визуализация)
14	КО	Оборудование для медицинской диагностики	Решать задачи (рентгеновские технологии)
15	КО	Оборудование для медицинской терапии	Решать задачи (термическое нагревание тканей (гипертермия))

* ВО – задание с выбором ответа, КО – задание с кратким ответом.

**Демонстрационный вариант
конкурсных заданий теоретического этапа Конкурса
предпрофессиональных умений в номинации «Инженерный класс»
по медико-инженерному направлению
Часть 1**

***Прочитайте текст и, используя представленную информацию,
выполните задания 1–3.***

Бионическое протезирование

В конце XX и начале XXI века развитие микроэлектроники, материаловедения, медицины, нейрофизиологии создало условия для появления устройств, максимально приближенных по своим функциям к человеческим конечностям. Более того, нынешние технологии позволяют разрабатывать аналоги таких сложных органов, как ухо и глаз, что было недостижимо в предыдущие эпохи. Современный бионический протез конечностей представляет собой электронно-механическое устройство, приводимое в движение мышечными или нервными импульсами. Его каркас, который изготавливается из пластика и лёгких металлических сплавов на основе титана и алюминия, обеспечивает протезу жёсткость и защищает электронную начинку от повреждения. Каркас имеет гильзу, с помощью которой устройство надевается на остаток конечности.

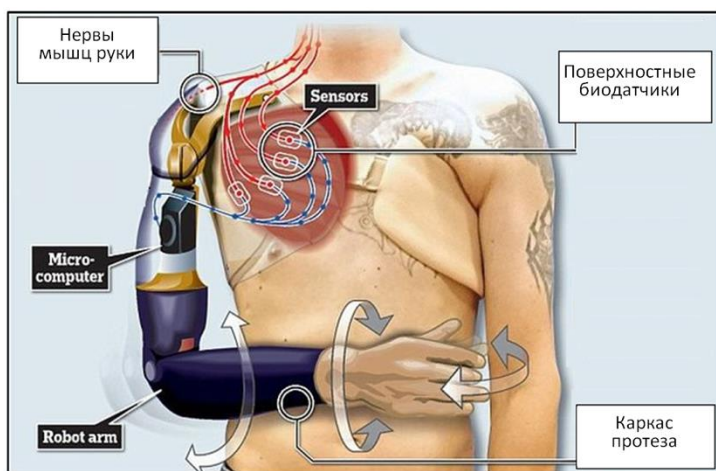
Механическая конструкция бионического протеза имеет встроенные серводвигатели, шарниры и тяги, которые обеспечивают устройству подвижность. В искусственных ногах применяются также гидравлические, пружинные или пневматические амортизаторы, смягчающие и распределяющие ударную нагрузку при передвижении. Для повышения эстетических качеств протезов они покрываются силиконовой оболочкой, имитирующей кожу.

Для управления протезом в нём предусмотрены датчики биопотенциалов и микропроцессорный блок, обрабатывающий сигналы с датчиков и контролирующий работу двигателей. В серийных миоэлектрических моделях датчики подсоединяются к остаткам мышц культи и фиксируют изменения биопотенциалов при сокращениях этих оставшихся мышц. Информация с датчиков передаётся в микропроцессор, и программа управления включает нужные сервомоторы. Но часто случалось так, что мышцы были повреждены слишком сильно, из-за чего программа не могла правильно интерпретировать мышечный потенциал, и движения протеза оказывались ошибочными. Значительная доля пациентов просто отказывалась от протеза ввиду его некорректной работы. Именно поэтому многие специалисты давно уже пытаются переключить своё внимание с мышечной на нервную систему.

В опытных энцефалографических биопротезах сенсоры закрепляются на коже головы или вживляются под неё, снимая электрические потенциалы

мозга. Однако энцефалографические сигналы очень слабые и их расшифровка в нелабораторных условиях при отсутствии полноценной электромагнитной экранировки пока не слишком надёжна.

Несколько другим путём пошла группа британских исследователей. Они выделили двигательные нервы, которые ранее вели от спинного мозга к ампутированной конечности, и связали их с нетронутыми грудными мышцами. После этого поверх кожи над этими мышцами были закреплены специальные сенсоры, считывающие мышечную активность. Это позволило людям с ампутированными конечностями приводить протез в движение, просто думая о том или ином действии. У большинства испытуемых не возникало



проблем с вращением запястья, сгибанием и разгибанием руки, перемещением её в пространстве и так далее.

Чтобы отдать протезу приказ, нужно мысленно представить движение фантомной руки. Точность считывания таких мысленных команд позволяет, например, сжать

вместе два отдельных пальца, что является огромным шагом вперёд по сравнению с предыдущим поколением протезов. Пока что исследователям приходится прибегать к хирургическому вмешательству для перенаправления нервов внутри плеча пациентов, но они уверены, что в будущем у них получится создать протез, не требующий инвазивных операций.

В существующих миоэлектрических и энцефалографических протезах из-за опосредованности и «зашумленности» передаваемого сигнала наблюдается небольшая, но ощутимая задержка в их работе. Это ограничивает использование протезов в тех случаях, когда важна скорость реакции – например, при управлении транспортом. Для решения этой проблемы предлагается имплантировать датчики непосредственно в двигательные центры коры головного мозга.

Имеющиеся серийные и опытные модели рук и ног работают всё ещё недостаточно свободно и точно из-за ограниченных возможностей сервоприводов. Расширить возможности механической конструкции разработчики стремятся за счёт технологии искусственных мышц – синтетических волокон, сокращающихся при подаче электрического сигнала. Например, исследователи Массачусетского технологического института предложили использовать для изготовления таких волокон дешёвый и доступный нейлон. Исследования показали, что волокна из нейлона сопоставимы по прочности и эластичности с биологическими мышцами, а по силе сокращений даже превосходят их.

Ещё одна возможность, которой в ближайшем будущем будут обладать

бионические протезы, это передача в мозг ощущений, свойственных человеческой руке. В некоторых моделях уже предусмотрены датчики обратной связи, обеспечивающие пациентам возможность испытывать тактильные ощущения.

При очевидном прогрессе в бионическом протезировании, наблюдаемом в последние 20 лет, создание искусственных органов и конечностей находится пока ещё в самом начале долгого и трудного пути.

- 1** Установите соответствие между проблемами бионического протезирования и способами их решения: к каждому элементу первого столбца подберите соответствующий элемент из второго столбца.

ПРОБЛЕМЫ БИОНИЧЕСКОГО ПРОТЕЗИРОВАНИЯ		СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ	
А) недостаточная механическая точность		1) вживление электродов в мозг	
Б) отсутствие обратной связи		2) использование сигналов от нервной системы	
В) задержка реакции на команды мозга		3) разработка синтетических аналогов мышечных волокон	
Г) ошибки при интерпретации сигналов от поврежденных мышц		4) применение датчиков для передачи тактильных ощущений	
		5) использование микрокомпьютерного управления	

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:	А	Б	В	Г

- 2** Из какого металла изготавливают каркас бионических протезов?

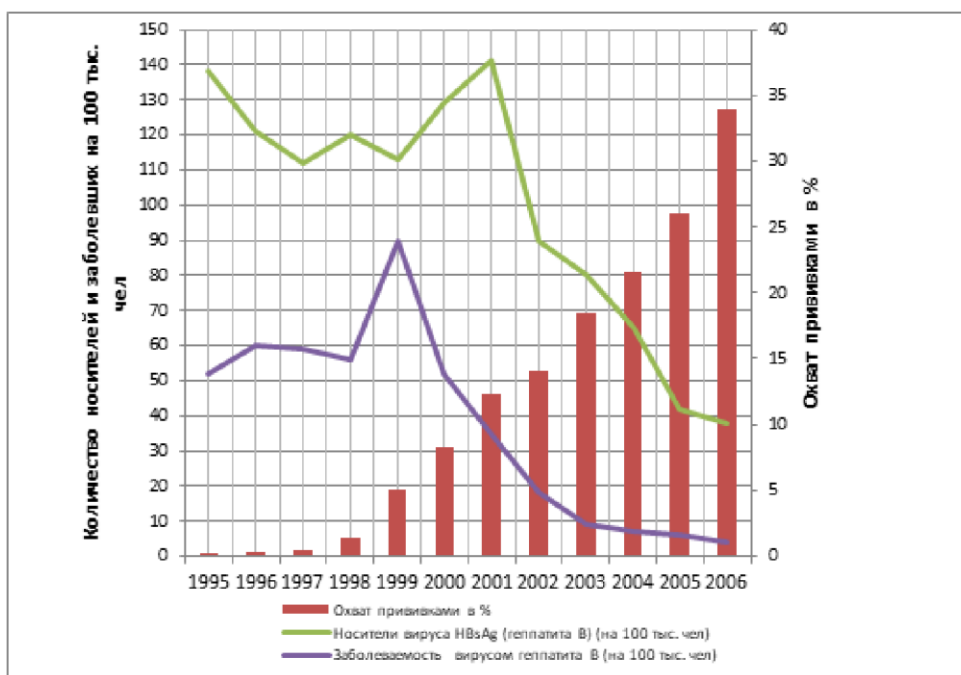
- 1) Сталь
- 2) Вольфрам
- 3) Силикон
- 4) Титан

- 3** Укажите время передачи информации от головного мозга по нервному волокну на расстояние 1 м, если половину пути нервный импульс проходит по миелинизированному нервному волокну со скоростью 100 м/с, а половину – по немиелинизированному со скоростью 5 м/с. Ответ выразите в миллисекундах.

Ответ: _____.

Часть 2

- 4 На графике представлена информация о заболеваемости острым гепатитом В, носительстве вируса HBsAg и об охвате населения прививками против HB по Свердловской области.



Определите количество носителей вируса HBsAg в 2002 году, учитывая, что население Свердловской области составляло 4,5 млн человек.

- 1) 9000
- 2) 4050
- 3) 10850
- 4) 4950

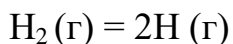
- 5 Для приготовления 2,8 л раствора KCl с концентрацией 15 г/дм³ использовали концентрированный раствор хлорида калия с концентрацией 52 г/дм³.

Определите израсходованное количество дистиллированной воды (в литрах).
Ответ округлите до сотых.

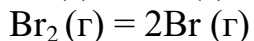
Ответ: _____.

6

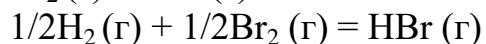
Рассчитайте энергию химической связи в молекуле HBr (энтальпию), если энтальпия образования молекулы HBr и энтальпии атомизации молекул H_2 и Br_2 известны. Ответ приведите в кДж/моль и запишите с точностью до десятых.



$$\Delta H_{\text{ат}} = +436,0 \text{ кДж/моль}$$



$$\Delta H_{\text{ат}} = +223,6 \text{ кДж/моль}$$

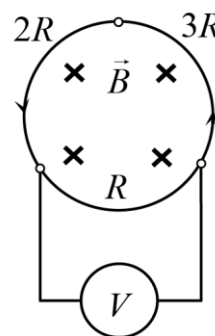


$$\Delta H_{\text{обр}} = -36,0 \text{ кДж/моль}$$

Ответ: _____.

7

Три проводника из разных материалов сопротивлениями R , $2R$, $3R$ в виде дуг одинаковой длины и одинаковых радиусов образуют кольцо площадью 600 см^2 (см. рис.). Оно помещено во внешнее магнитное поле, модуль индукции которого изменяется с постоянной скоростью $0,1 \text{ Тл/с}$. Линии магнитной индукции поля перпендикулярны плоскости кольца. Определите показания вольтметра, подключённого к концам проводника сопротивлением R . Запишите ответ в единицах СИ.



Ответ: _____.

8

В результате разгерметизации хранилища радионуклидов облучилось несколько человек. Дозиметр человека, находившегося на расстоянии 1 м от точечного источника γ -излучения десять минут, показал, что он получил дозу $D = 0,8 \text{ Гр}$. Смертельной при однократном облучении является доза 6 Гр . В этом же помещении ещё 1 человек находился на расстояниях $0,5 \text{ м}$ в течение 30 минут, 2 человека – 2 часа на расстояниях $1,5 \text{ м}$ и 5 человек – весь 6 -часовой рабочий день на расстоянии 2 м от источника. Сколько человек получило смертельную дозу облучения?

Ответ: _____.

9

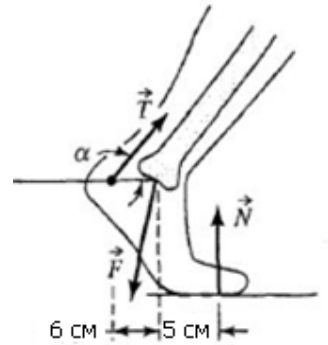
Эндоплазматический ретикулум, или эндоплазматическая сеть (ЭПС), — внутриклеточный органоид эукариотической клетки, представляющий собой разветвлённую систему из окружённых мембраной уплощённых полостей, пузырьков и канальцев. Эндоплазматическую сеть подразделяют на гладкую (агранулярную) и шероховатую (гранулярную). Из представленных вариантов выберите функцию, которую **не выполняет** гладкая ЭПС.

- 1) синтез холестерина;
- 2) синтез и транспорт белков внутри клетки;
- 3) синтез гликогена;
- 4) накопление ионов кальция.

Часть 3

10

Действие стопы во время приседания человека является примером работы рычага 2-го рода. При равновесии сила мышцы приложена к ахиллову сухожилию, сила реакции действует со стороны большеберцовой кости, а вертикальная сила реакции опоры приложена со стороны пола (см. рис.). При приседании на двух ногах человека массой $M = 80$ кг его голень наклонилась под углом $\alpha = 40^\circ$ к поверхности. Найдите величину напряжения T ахиллова сухожилия. Выразите её в Ньютонах и округлите до целых. Ускорение свободного падения примите равным $9,8 \text{ м/с}^2$.



Ответ: _____.

11

В течение суток человеку для нормальной жизнедеятельности требуется в среднем 2500 ккал энергии, которая освобождается при окислении пищи. Рассчитайте, на сколько градусов увеличилась бы температура организма такого человека, если бы полностью был исключён теплообмен с окружающей средой. Считайте, что вся поступившая энергия расходуется на увеличение температуры водной среды организма, масса которой 50 кг. 1 ккал эквивалентна 4,2 кДж. Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг К) .

Ответ: _____.

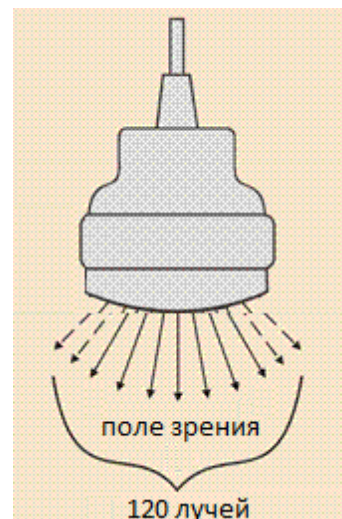
12

По четырём венам, радиус каждой из которых $r = 2$ мм, кровь течёт со скоростями $u_1 = 19 \text{ см/с}$, $u_2 = 13 \text{ см/с}$, $u_3 = 15 \text{ см/с}$, $u_4 = 17 \text{ см/с}$. Сливаясь, эти четыре вены образуют одну большую вену с радиусом $R = 8$ мм. Найдите скорость кровотока U в большой вене. Ответ выразите в см/с и округлите до целых.

Ответ: _____.

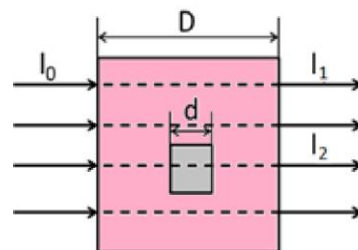
При получении медицинских ультразвуковых (УЗ) изображений используется принцип эхолокации. Датчик (см. рис.), находящийся на коже, посылает внутрь тела пациента вдоль луча короткий (длительностью ~ 1 мкс) УЗ-импульс. Импульс частично отражается от акустических границ и возвращается обратно к датчику, частично проходит дальше. Расстояние до отражающей границы определяется по времени прихода эхо-импульса. Датчик ждёт, пока последний УЗ-импульс вернётся от самой дальней возможной границы поля зрения, а затем меняет направление луча и испускает следующий импульс. И так повторяется 120 раз, пока луч не пройдёт всю ширину поля зрения. Затем полученное УЗ-изображение выводится на монитор. Оцените максимально возможное число изображений, которое УЗ-сканер может построить за 1 секунду (частоту кадров), если известно, что скорость распространения УЗ-импульсов в теле человека 1540 м/с, а глубина поля зрения 15 см.

- 1) более 100
- 2) около 40
- 3) примерно 25
- 4) меньше 10



14

При получении рентгеновского изображения луч из рентгеновской трубки проходит сквозь тело человека и регистрируется детектором. Часть излучения при этом поглощается, и до детектора доходит только некоторая доля интенсивности исходного луча. Если просканировать лучом весь исследуемый объект, то получится определённое распределение интенсивностей, которое и является проекционным рентгеновским изображением. Оно указывает расположение тканей с высоким и низким внутренним поглощением. При прохождении через однородный объект, например мышцу, интенсивность излучения изменяется по закону $I_1 = I_0 e^{-\mu D}$, где μ – коэффициент ослабления мышечной ткани, а D – толщина мышцы (см. рис.). Рассчитайте, во сколько раз отличаются интенсивности I_1 и I_2 , если считать, что розовым цветом изображена мышечная ткань с $\mu_m = 1 \text{ см}^{-1}$, а серым цветом – костная ткань с $\mu_k = 3 \text{ см}^{-1}$. Толщина кости $d = 1 \text{ см}$. Ответ округлите до целого значения.



Ответ: _____.

15

Для терапевтического СВЧ-нагрева биологических тканей к поверхности организма человека подводится СВЧ-энергия с мощностью, которая изменяется с глубиной z по закону: $P(z) = P_0 \exp(-2\alpha z)$. Определите, на какой глубине мощность терапевтического СВЧ-сигнала уменьшится до 5 Вт, если первичная мощность СВЧ-сигнала равна $P_0 = 10 \text{ Вт}$, коэффициент ослабления СВЧ-волны в биоткани $\alpha = 3 \text{ м}^{-1}$.

Ответ выразите в сантиметрах и округлите до целых значений. Явлениями отражения и преломления электромагнитных волн пренебречь.

Ответ: _____.

ОТВЕТЫ

<i>Задание</i>	<i>Ответ</i>
1	3412
2	4
3	105
4	2
5	1,99
6	365,8
7	0,001
8	6
9	2
10	519
11	50
12	4
13	2
14	7
15	12