

Спецификация
экзаменационных материалов для проведения
теоретической части предпрофессионального экзамена для обучающихся
инженерных классов, выбравших медико-инженерное направление

1. Назначение экзаменационных материалов

Материалы теоретической части предпрофессионального экзамена предназначены для оценки уровня теоретической подготовки выпускников инженерных классов, выбравших медико-инженерное направление.

2. Условия проведения теоретической части экзаменационной работы

Теоретическая часть предпрофессионального экзамена проводится в форме компьютерного тестирования.

При проведении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения экзамена.

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 теоретической части экзаменационной работы

На выполнение теоретической части экзаменационной работы отводится **90 минут**. В процессе выполнения заданий предусмотрено **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 экзаменационной работы

Задания экзаменационной работы разработаны преподавателями организаций высшего образования, участвующих в проекте «Инженерный класс в московской школе».

Индивидуальный вариант участника формируется автоматизированно во время проведения теоретической части экзамена из базы проверочных заданий.

В работе используются задания:

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

Экзаменационная работа состоит из трёх частей. 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. Экзаменуемый 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 теоретической части экзамена 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 обучающегося 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 осуществляется по линейной форме. Линейный коэффициент перевода: 2.

Приложение 1 «Обобщенный план теоретической части предпрофессионального экзамена для обучающихся инженерных классов, выбравших медико-инженерное направление».

Приложение 2 «Демонстрационный вариант теоретической части предпрофессионального экзамена для обучающихся инженерных классов, выбравших медико-инженерное направление».

**Обобщенный план теоретической части предпрофессионального экзамена
для обучающихся инженерных классов,
выбравших медико-инженерное направление**

№	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 теоретической части
предпрофессионального экзамена для обучающихся инженерных классов,
выбравших медико-инженерное направление

Часть 1

Прочитайте текст и выполните задания к нему.

12 общепринятых отведений в электрокардиографии

Электрокардиография – клинико-физиологический метод регистрации биоэлектрических явлений сердца. При работе сердца возникает электрическое поле – суммарное поле от клеточных потенциалов всех возбуждённых клеток сердца. Его принято аппроксимировать полем точечного дипольного источника с вектором момента p_c (рис. 1). При этом между различными точками поверхности тела создаётся разность потенциалов, изменяющаяся в соответствии с колебаниями величины и направления этого вектора.

Электрокардиограмма (ЭКГ) – запись разности потенциалов между двумя электродами, расположенными на поверхности тела.

Электрокардиографическими отведениями называют системы наложения электродов для записи ЭКГ. В общеклинической практике обычно снимают 12 отведений: 6 отведений от конечностей (3 двухполюсных и 3 однополюсных), которые позволяют исследовать поле сердца в вертикальной (фронтальной) плоскости, и 6 грудных отведений для исследования поля сердца в горизонтальной плоскости.

Двухполюсные отведения от конечностей (рис. 1), вошедшие в историю и лексику электрокардиографии как **стандартные**, были предложены в 1913 г. В. Эйнтховеном. Они предполагают попарное подключение электродов R , L и F . Сигналы стандартных отведений формируются следующим образом:

$$I \text{ отведение:} \quad U_I = \varphi_L - \varphi_R,$$

$$II \text{ отведение:} \quad U_{II} = \varphi_F - \varphi_R,$$

$$III \text{ отведение:} \quad U_{III} = \varphi_F - \varphi_L,$$

где φ_R , φ_L , φ_F – потенциалы, измеряемые электродами R , L , F относительно нейтрального электрода (N), закреплённого на правой ноге.

Усиленные однополюсные отведения от конечностей ввёл в начале 40-х годов XX века Е. Гольдбергер. Положительным считается потенциал одного из конечностных электродов, отрицательным – усреднённый потенциал двух других электродов (так называемый объединённый электрод Гольдбергера):

$$\begin{aligned}
 aVR - \text{отведение от правой руки:} & \quad U_{aVR} = \varphi_R - (\varphi_L + \varphi_F)/2, \\
 aVL - \text{отведение от левой руки:} & \quad U_{aVL} = \varphi_L - (\varphi_R + \varphi_F)/2, \\
 aVF - \text{отведение от левой ноги:} & \quad U_{aVF} = \varphi_F - (\varphi_R + \varphi_L)/2.
 \end{aligned}$$

Потенциал объединённого электрода Гольдбергера практически не зависит от изменяющегося поля сердца.

Грудные отведения разработал Ф. Вильсон в 1946 г. Они позволяют исследовать поле сердца в горизонтальной плоскости. Для этого на грудную клетку накладываются 6 активных электродов (рис. 2). Роль отрицательного электрода выполняет объединённый электрод Вильсона, который образуется путём соединения сигналов от трёх конечностных электродов. Сигналы грудных отведений формируются следующим образом:

$$V_i \text{ отведения:} \quad U_{Vi} = \varphi_{Ci} - (\varphi_R + \varphi_L + \varphi_F)/3,$$

где $i = 1 \dots 6$ – номер грудного электрода C . При этом потенциал объединённого электрода Вильсона $((\varphi_R + \varphi_L + \varphi_F)/3)$ близок к нулю.

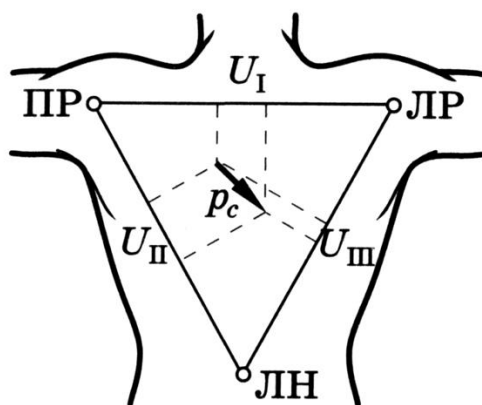


Рис. 1. Позиции размещения конечностных электродов:

ПР – правая рука (электрод R),
 ЛР – левая рука (электрод L),
 ЛН – левая нога (электрод F).

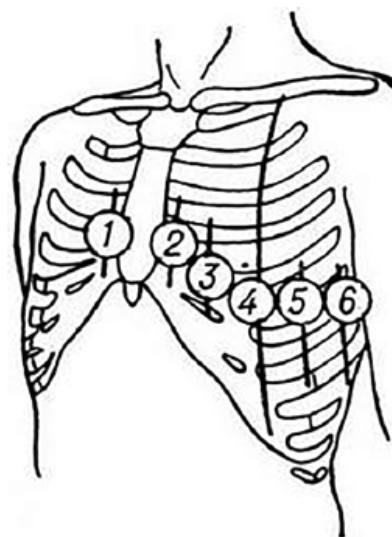


Рис. 2. Позиции размещения грудных электродов ($C_1 \div C_6$).

Итак, в качестве обязательного минимума принято снимать 12 отведений ЭКГ. Электрическую работу левого желудочка отражают отведения I , aVL , aVF и V_{4-6} . О состоянии биоэлектрической активности правого желудочка информируют отведения II , III , aVF и V_{1-2} . Как правило, этого достаточно для оценки биоэлектрической активности практически всего миокарда.

Задания

1. Установите соответствие между сигналами отведений и способом их расчёта. Для каждого элемента первого столбца подберите один элемент второго столбца.

Сигналы отведений

- А) I отведение
- Б) отведение V_2
- В) отведение от левой руки

Способы расчёта

- 1) $\varphi_L - \varphi_R$
- 2) $\varphi_L - (\varphi_R + \varphi_F)/2$
- 3) $\varphi_F - \varphi_L$
- 4) $\varphi_{C1} - (\varphi_R + \varphi_L + \varphi_F)/3$
- 5) $\varphi_F - (\varphi_R + \varphi_L)/2$
- 6) $\varphi_{C2} - (\varphi_R + \varphi_L + \varphi_F)/3$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

	А	Б	В
Ответ:			

2. Какие из перечисленных ниже видов отведений являются двухполюсными? Укажите номер правильного ответа.

- 1) стандартные
- 2) усиленные
- 3) грудные
- 4) объединённые

3. На рисунке представлен фрагмент записи электрокардиограммы второго стандартного отведения. Определите частоту сердечных сокращений, если скорость движения ленты миллиметровой бумаги при записи ЭКГ была равна 25 мм/с.



Ответ округлите до целого значения числа ударов сердца в минуту.

Часть 2

4. Одним из путей приспособления животных к жёстким условиям холодной зимы может быть минимизация энергозатрат путём экономии энергии за счёт снижения уровня метаболизма и, как следствие, температуры тела. Крайней формой такой экономии является зимняя спячка грызунов и зимний сон медведей.

На графике ниже представлена динамика массы тела у бурундуков и сусликов в период зимовки.

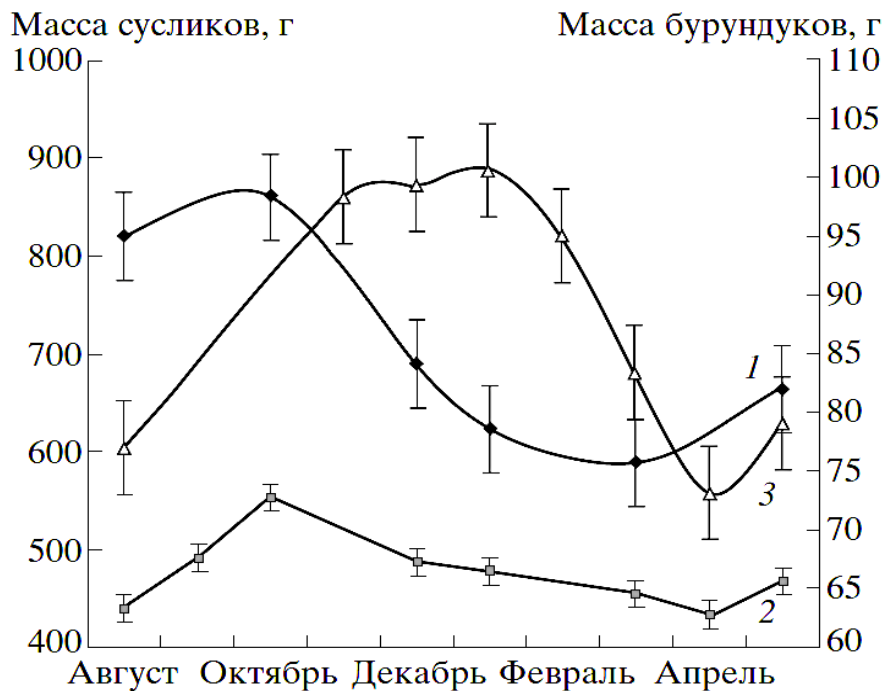


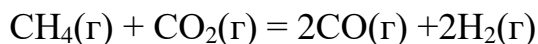
Рис. Динамика массы тела у бурундуков и сусликов в период зимовки (1 – взрослые суслики; 2 – молодые суслики; 3 – бурундуки).

Определите, какой максимальной массы тела могут достигать бурундуки за период зимовки?

- 1) (100 ± 10) г
- 2) (870 ± 5) г
- 3) (100 ± 5) г
- 4) (870 ± 40) г

5. Сколько миллилитров воды нужно добавить к 35 мл раствора NaCl с концентрацией 2 моль/литр, чтобы образовался физиологический раствор с концентрацией NaCl 9 г/литр? $M_{(\text{NaCl})} = 58,5$ г/моль.

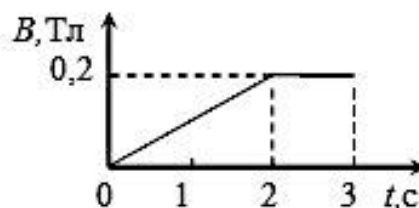
6. Рассчитайте количество углекислого газа, необходимого для получения 13,4 л водорода (н. у.) при конверсии метана по реакции:



Выход продуктов реакции 50 %.

В ответе укажите количество вещества в молях, округлив до десятых.

7. Проводящая плоская рамка сопротивлением 20 Ом, состоящая из 100 витков и имеющая форму квадрата со стороной 10 см, находится в однородном магнитном поле с магнитной индукцией B . Линии магнитной индукции перпендикулярны плоскости рамки. На рисунке показан график изменения модуля магнитной индукции от времени. Какое количество теплоты выделится в рамке за три секунды? Самоиндукцией пренебречь.



Ответ выразите в миллиджоулях.

8. Ядро ${}^{238}_{92}\text{U}$ претерпело 8 α -распадов и 6 β -распадов. Ядро с каким массовым числом образовалось в результате указанных распадов?

9. Какой компонент, входящий в состав клеточной мембраны, придаёт ей жёсткость?

- 1) гликолипиды
- 2) фосфолипиды
- 3) холестерол
- 4) интегральные белки

Часть 3

10. При компрессии кости обычно ломаются, если они подвергаются воздействию давления выше 170 МПа. Определите, с какой максимальной высоты при соблюдении этого условия может спрыгнуть человек массой $m = 70$ кг на прямую ногу босиком без перелома лодыжки. Торможение при таком типе приземления происходит за счёт сдавливания подушечек на подошвах наших ног, а основная нагрузка приходится на большую берцовую кость. В области лодыжки радиус большой берцовой кости $r = 1$ см. Считать, что торможение до полной остановки происходит с постоянным ускорением за 5 мс. Ответ приведите в сантиметрах и округлите до целых.

11. В соответствии с законом Стефана-Больцмана мощность излучения и поглощения тепла телом человека можно рассчитать по формуле: $P = \sigma \cdot S \cdot e \cdot T^4$, где σ – постоянная Больцмана, равная $5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴), S – площадь поверхности тела, e – поглощательная способность поверхности тела, T – абсолютная температура. Оцените, сколько килокалорий надо получить с пищей (1 ккал соответствует 4,184 кДж), чтобы скомпенсировать потери на излучение в течение двухчасовой прогулки на свежем воздухе при температуре поверхности тела 36 °С и температуре окружающей среды 10 °С. Площадь поверхности тела человека примите равной 2 м², а поглощательную способность – 0,9. Ответ округлите до целых значений килокалорий.

12. Атеросклероз представляет собой заболевание, при котором на внутренней оболочке стенки сосуда откладываются вещества (в основном, липиды), циркулирующие в крови. В результате в артериальной стенке постепенно формируется атероматозная бляшка, которая частично перекрывает просвет сосуда. Определите, на сколько давление в области расположения бляшки отличается от давления на здоровом участке лёгочной артерии, если отношение площадей просвета в этих областях составляет 1:2. Принять скорость кровотока на здоровом участке лёгочной артерии равной 40 см/с, плотность крови – 1,05 г/см³. Ответ выразите в паскалях и округлите до целых.

13. При проведении клинических ультразвуковых (УЗ) исследований датчик, находящийся на поверхности тела, посылает УЗ волну внутрь тела пациента. Волна частично отражается от акустических границ и возвращается обратно к датчику, частично проходит дальше. Доля энергии отражённой волны (коэффициент отражения) рассчитывается по формуле $K_{\text{отр}} = (Z_1 - Z_2)^2 / (Z_1 + Z_2)^2$, где Z_1 и Z_2 – акустические сопротивления среды до и после

границы. Акустическое сопротивление равно произведению плотности среды на скорость звука ($Z = \rho v$). Определите, какая доля энергии УЗ волны пройдёт в тело пациента, если между датчиком и кожей будет небольшой слой воздуха. Плотность воздуха $0,0012 \text{ г/см}^3$, кожи – $1,3 \text{ г/см}^3$. Скорость звука в воздухе 340 м/с , в биотканях 1540 м/с . Считать, что акустические свойства поверхности датчика полностью совпадают со свойствами кожи.

Варианты ответов:

- 1) более 99 %
- 2) примерно 50 %
- 3) около 1 %
- 4) меньше 0,0001 %

14. Источником излучения в рентгенодиагностических аппаратах является рентгеновская трубка. Она представляет собой вакуумированную стеклянную колбу, внутри которой расположены катод и анод. Поток электронов, испускаемых катодом трубки, ускоряется напряжением $U = 100 \text{ кВ}$, приложенным между анодом и катодом. При попадании в анод электроны тормозятся и теряют всю свою энергию. В результате возникает тормозное рентгеновское излучение. Определите скорость электронов на входе в анод. Масса электрона $m_e = 0,91 \cdot 10^{-30} \text{ кг}$, заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$. Ответ выразите в долях от скорости света и округлите до сотых.

15. Для лечения варикозных вен применяется закупоривание больных вен с помощью лазера. Для этого излучение лазера подаётся внутрь вены через световод. Лазер нагревает сферическую область крови, а та, в свою очередь, венозную стенку. В венозной стенке происходит коагуляция белков, которые и перекрывают просвет сосуда. Определите энергию лазерного импульса, необходимую для нагревания крови внутри сферической области до $70 \text{ }^\circ\text{C}$, считая что кровь нагревается равномерно по всему объёму. Диаметр вены $d = 6 \text{ мм}$. Теплоёмкость крови $C = 3,98 \text{ Дж/(г}\cdot^\circ\text{C)}$. Температура тела в области расположения вены $30 \text{ }^\circ\text{C}$, а плотность крови $1,06 \text{ г/см}^3$. Теплообменом вены с окружающими тканями пренебречь. Ответ укажите в джоулях и округлите до целых значений.



Ответы

№ задания	Ответ	Баллы
Часть 1		
1	1 6 2	2
2	1	1
3	70	1
Итого		4
Часть 2		
4	3	2
5	420	2
6	0,6	2
7	1	2
8	206	2
9	3	2
Итого		8 (за 4 задания)
Часть 3		
10	74	2
11	475	2
12	252	2
13	4	2
14	0,55	2
15	19	2
Итого		8 (за 4 задания)
Максимальный первичный балл		20