

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ЦЕНТР ДОВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ

ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЭКЗАМЕН
для учащихся инженерных классов (11 класс) города Москвы

Методические рекомендации
по решению задач теоретической части предпрофессионального экзамена

ФИЗИКА

Автор:

Буркова Е.Г., старший преподаватель
физики кафедры «Основы физики» СУНЦ
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Москва 2018

Введение

Формирование жизненных и предпрофессиональных умений – первостепенная задача системы образования. Выпускник должен уметь применять знания в реальной жизни, ориентироваться в большом объеме информации и самостоятельно получать новые знания, разрабатывать реальные и необходимые проекты и презентовать инновационные идеи.

Проект «Инженерный класс в московской школе» ставит своей задачей предпрофессиональную подготовку будущего инженера. В рамках проекта обучающиеся образовательных учреждений общего среднего образования получают углубленные знания по учебным дисциплинам, на основе которых они смогут успешно обучаться в инженерном ВУЗе. Экскурсии на кафедры ВУЗов и на производственные предприятия дают возможность познакомиться с характером инженерной деятельности, производственная практика в рамках проекта позволяет включиться в деятельность предприятия или лаборатории, а выполнение проекта инженерно-технической направленности формирует умения, необходимые в дальнейшей работе. Все это вместе взятое осуществляет профессиональную навигацию обучающихся и ориентирует их на осознанный выбор будущей профессии.

По окончании обучения в рамках проекта «Инженерный класс в московской школе» предусмотрен предпрофессиональный экзамен. Предпрофессиональный экзамен – форма независимой итоговой оценки с участием представителей вузов, которая проводится по результатам освоения обучающимися предпрофессиональных профильных программ в инженерных классах. Включает в себя компьютерное тестирование и практическую работу по одной из трех моделей: защита долгосрочного проекта, разработка и защита мини-проекта, решение практических (производственных) задач. В настоящих методических указаниях рассматриваются вопросы подготовки обучающихся к теоретическому этапу предпрофессионального экзамена в форме компьютерного тестирования.

Материалы теоретической части предпрофессионального экзамена предназначаются для определения уровня освоения выпускниками инженерных классов знаний, умений, ключевых компетенций образовательных программ профильных предметов и элективных курсов. При разработке контрольно-измерительных материалов было учтено, что инженерный труд предусматривает работу с информацией, представленной в самых разных формах: вербально-текстовой, знаково-символьной, в частности, формульной и табличной, графической, символьно-графической. При этом современные средства отображения информации часто выдают результат как интеграцию указанных форм.

Другой особенностью контрольно-измерительных материалов является их метапредметный характер, также вытекающий из требований к будущей профессии инженера. В контрольно-измерительных материалах в рамках одного задания объединяются вопросы, относящиеся, в основном, к трем предметным областям: математике, физике и информатике. При этом задача с физико-техническим содержанием может потребовать высокой математической культуры, а задача,

относящаяся к проблемам обработки информации, опирается на хорошие естественнонаучные знания.

Структура экзаменационной работы теоретической части предпрофессионального экзамена

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 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).

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.

Для более подробного знакомства со структурой экзаменационной работы можно воспользоваться спецификацией и планом демонстрационного варианта работы.

№ задания	Индекс задания	Умения, проверяемые на основе нижеприведённого межпредметного содержания
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

Разберем задачи с физическим содержанием, в том числе и междисциплинарные.

Задача № 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.

Решение:

Успешное решение этой задачи требует умения правильно выполнять действия над векторами, а кроме того требуется знание физического понятия «перемещение» поэтому задача относится к двум дисциплинам (физике и математике).

Зададим радиус-векторы точек (О начало координат)

$$\overrightarrow{OB} = (\overline{2; 3; 1}),$$

$$\overrightarrow{OA} = (\overline{0; 4; -1}),$$

$$\overrightarrow{OC} = (\overline{-2; 5; 0}).$$

Тогда прыжки также задаются векторами

$$\vec{S}_1 = \overrightarrow{OB} - \overrightarrow{OA} = (\overline{2; -1; 0}),$$

$$\vec{S}_2 = \overrightarrow{OC} - \overrightarrow{OB} = (\overline{-4; 2; 1}).$$

Перемещение прыгуна

$$\vec{S} = 2\vec{S}_1 - \vec{S}_2 = (\overline{8; -4; -1}).$$

Отсюда модуль перемещения

$$S = \sqrt{64 + 16 + 1} = 9.$$

Ответ: 9.

Еще один пример междисциплинарного задания, которое предполагает знание учащимися свойств различных функций и понимание уравнений движения материальных точек.

Задача № 6 МФ. При изучении характера движения тел на экспериментальной установке студент получил зависимости координаты от времени для двух частиц, движущихся вдоль оси Ox 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?

Решение:

$x_1(t)$ монотонно убывает, $x_2(t)$, наоборот, монотонно возрастает. Следовательно, уравнение $x_1(t) = x_2(t)$ имеет единственное решение, его надо просто угадать. Логично предположить, что решение целое и не очень большое. Путем перебора находим $t = 5$.

Ответ: 5.

В физических задачах часто требуется знание физики на углубленном уровне, хотя само решение является достаточно коротким. Например, в следующей задаче необходимо знать, что полное ускорение тела складывается из нормального и тангенциального.

Задача № 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.

Решение:

Сила, действующая на автомобиль, равна сумме нормальной и тангенциальной составляющих. Тогда, по теореме Пифагора:

$$F_\tau = \sqrt{F^2 - F_n^2}.$$

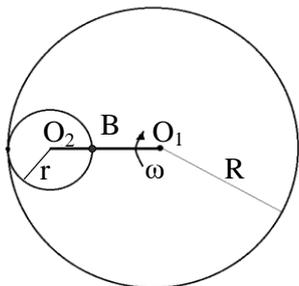
Отсюда тангенциальное ускорение

$$a_\tau = \sqrt{\left(\frac{F}{m}\right)^2 - \left(\frac{v^2}{r}\right)^2} = 20,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Ответ: 20,4 м/с².

Задания с физическим содержанием очевидным образом включены в задачи по проведению расчетов параметров кинематического устройства. Простейшей задачей, интегрально объединяющей физические и математические знания и умения, может быть задача о вращении кривошипа.

Задача № 11Ф. Кривошип O_1O_2 , вращаясь с постоянной угловой скоростью $\omega = 6$ рад/с, катит шестерню радиуса $r = 0,1$ м по неподвижной шестерне радиуса $R = 0,4$ м без проскальзывания. Чему равна (по величине) скорость точки В подвижной шестерни?



Решение:

Физической основой такого рода механизмов является кинематика вращательного движения твердых тел.

Скорость точки O_2

$$v_{O_2} = \omega(R - r).$$

Угловая скорость относительно мгновенного центра вращения (точки M)

$$\omega_M = \frac{v_B}{2r} = \frac{v_{O_2}}{r}.$$

Отсюда

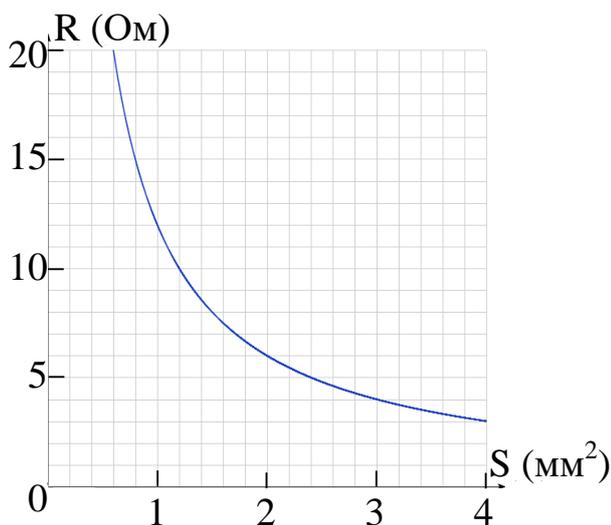
$$v_B = 2v_{O_2} = 2\omega(R - r) = 3,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Вместо мгновенного центра вращения можно воспользоваться законом сложения скоростей, выбрав в качестве подвижной системы отсчета центр шестерни.

Ответ: 3,6 м/с.

Анализ графической информации в заданиях с физическим содержанием чаще всего встречается в задачах из раздела "Электродинамика".

Примером задания, в котором необходим анализ графической информации, может быть следующее.



Задача № 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 $\rho = 4 \frac{\text{Ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}}$?

Решение:

Сопротивление провода

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Отсюда

$$l = \frac{RS}{\rho}$$

По графику находим, что при $S = 1 \text{ мм}^2$, $R = 12 \text{ Ом}$. Подставляя эти значения в формулу, получаем ответ.

Ответ: 3 м

В качестве примеров междисциплинарных заданий рассмотрим несколько задач по физике с биологическим содержанием. Основная сложность заключается в том, чтобы увидеть в биологических процессах физические законы в соответствии с которыми функционирует живая система.

Задача № 20БФ В вену больного, находящегося под капельницей, поступает препарат плотностью 1 г/см^3 . Давление в вене на 18 мм рт. ст. выше атмосферного. При какой высоте остаточного столба в трубке прекратится поступление лекарства? Ответ округлите до сотых.

Решение:

Препарат поступает в вену, пока его гидростатическое давление превышает давление ртутного столба высотой 18 мм:

$$\rho g h = \rho_{\text{рт}} g h_{\text{рт}}$$

Отсюда

$$h = \frac{\rho_{\text{рт}}}{\rho} h_{\text{рт}} = 0,24 \text{ м}$$

Ответ: 0,24 м.

Задача № 21БФ. Площадь поверхности клетки приблизительно равна $5 \cdot 10^{-10}$ м². Удельная емкость мембраны (емкость единицы ее поверхности) составляет 10^{-2} Ф/м². При этом межклеточный потенциал равен 70 мВ. Определите количество одновалентных ионов на поверхности мембраны. Ответ дайте в миллионах штук, округлив их число до десятых.

Решение:

Емкость клетки C находим через ее удельную емкость c и площадь поверхности

$$C = cS.$$

С другой стороны, по определению,

$$C = \frac{q}{\varphi} = \frac{Ne}{\varphi}.$$

Отсюда искомое количество одновалентных ионов

$$N = \frac{cS\varphi}{e} = 2,2 \text{ млн}$$

Ответ: 2,2 млн

Задача № 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 м³/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.

Решение:

По уравнению Менделеева–Клапейрона, для выдыхаемого воздуха имеем,

$$f_e p_e V = \frac{m_e}{\mu} RT_e,$$

где f_e – влажность выдыхаемого воздуха. Отсюда масса выдыхаемого воздуха

$$m_e = \frac{\mu f_e p_e V}{RT_e} = \frac{\mu f_e \rho_{Hg} g h_e V}{RT_e}.$$

Здесь $\rho_{Hg} g h_e$ – гидростатическое давление столба ртути высотой 17,4 мм. Аналогично масса вдыхаемого воздуха

$$m_i = \frac{\mu f_i \rho_{Hg} g h_i V}{RT_i}.$$

Отсюда искомая масса

$$\Delta m = \frac{\mu V \rho_{Hg} g}{R} \left(\frac{f_e h_e}{T_e} - \frac{f_i h_i}{T_i} \right) = 0,3 \text{ кг.}$$

Ответ: 0,3 кг.

Задача № 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, $V = 60$ мл = $6 \cdot 10^{-5}$ м³, плотность крови $\rho = 1,05 \cdot 10^3$ кг/м³, $v = 0,5$ м/с. Ответ округлите до десятых.

Решение:

По теореме о механической энергии искомая работа

$$A = \frac{mv^2}{2} - A_p.$$

Масса крови

$$m = \rho V,$$

работа сил давления

$$A_p = -pV.$$

Окончательно

$$A = \left(p + \frac{\rho V^2}{2} \right) V = 0,8 \text{ Дж.}$$

Ответ: 0,8 Дж.

Для подготовки к выполнению заданий по рассмотренной тематике могут быть рекомендованы следующие пособия:

1. Белолипецкий С.Н., Еркович О.С., Казаковцева В.А., Цвечинская Т.С. Задачник по физике. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.
2. Г.Я. Мякишев, А.З. Сиянков, Б.А. Слободсков. Физика. Электродинамика. 10 – 11 кл. Профильный уровень: учеб. для общеобразоват. учреждений. 12-е изд., стереотип. - М.: Дрофа, 2012. – 476 с. ISBN 978-5-358-05129-4.
3. Г.Я. Мякишев, А.З. Сиянков, Б.А. Слободсков. Физика. Электродинамика. 10 – 11 кл. Профильный уровень: учеб. для общеобразоват. учреждений. 14-е изд., стереотип. - М.: Дрофа, 2014. – 476 с. ISBN 978-5-358-05129-4.
4. Г.Я. Мякишев, А.З. Сиянков. Физика. Оптика. Квантовая физика. 11 кл. - М.: Дрофа, 2014. – 480 с.
5. Грачев А.В., Погожев В.А., Салецкий А.М., Боков П.Ю. Физика, 11 кл. - М.: «Вентана-Граф», 2012 г. – 464 с.