

Министерство науки и высшего образования 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

**Направления "Исследовательское", "Технологическое",
"Конструирование", "Программирование"**

Физика

Авторы: **Буркова Е.Г.**, ст.
преподаватель кафедры «Основы
физики» МГТУ им Н.Э. Баумана
Кравцов А.В., к.ф.-м.н.

Москва 2019

Содержание

1. Введение.....	3
2. Форма проведения и система оценивания теоретической части экзаменационной работы.....	3
3. Задания части 1 экзаменационного варианта.....	4
4. Задания части 2 экзаменационного варианта.....	7
Список литературы	11

1. Введение

В рамках проекта «Инженерный класс в московской школе» предполагается проведение предпрофессионального экзамена, результаты которого будут являться одной из оценок успешности реализации проекта в образовательном учреждении. Данные методические указания посвящены задачам физического содержания теоретической части предпрофессионального экзамена.

Задания теоретической части экзамена направлены на проверку освоения базовых умений и практических навыков при решении задач профильных дисциплин и элективных курсов.

В вариант теоретического экзамена включены расчетные задачи и межпредметные задания на анализ текстовой, знаковимвольной и графической информации, базирующиеся на элементах содержания курсов физики, информатики и математики базового, повышенного и высокого уровней сложности различной направленности. При разработке заданий, базирующихся на элементах содержания курса физики, предусматривалось, что изучение физики в инженерных классах проводилось на профильном уровне.

Вариант экзаменационной работы состоит из двух частей. Часть 1 включает текст по естествознанию физического содержания и три задания к нему. Из двенадцати заданий части 2 к предметной области "Физика" могут быть отнесены четыре задания под номерами 8, 11, 12, 14.

Учитывая специфику инженерных направлений, задания по физике предлагаются из механики, термодинамики (подробно рассматриваются процессы преобразования энергии) и электричества.

Уровень сложности заданий по физике соответствует уровню сложности заданий второй части варианта, предлагаемого на Едином государственном экзамене по физике.

2. Форма проведения и система оценивания 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.

На выполнение теоретической части экзаменационной работы отводится **90 минут**. В процессе выполнения заданий предусмотрено две автоматические паузы продолжительностью по 5 минут

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.

3. Задания части 1 экзаменационного варианта

Рассмотрим задания на анализ текстовой, знаковимвольной и графической информации, размещенных в 1 части варианта.

По итогам изучения курса физики на профильном уровне обучающийся имеет знакомство с режимами работы электрических цепей постоянного тока. В предлагаемом тексте обобщаются представления об электрических цепях.

Текстовый материал

Исследование зависимости полезной мощности тока от внешнего сопротивления

Если замкнуть источник постоянного тока с известной электродвижущей силой (ЭДС) – E и внутренним сопротивлением r на внешнее сопротивление R , то по цепи пойдёт ток I . Согласно закону Ома для замкнутой цепи, величина этого тока равна

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (1)$$

Количество тепла, выделяющегося в нагрузке за промежуток времени t , определяется законом Джоуля-Ленца

$$Q = I^2 R t \quad (2)$$

Соответственно, мощность, выделяемая на нагрузке, будет равна

$$P = I^2 R \quad (3)$$

Полная мощность источника равна

$$P_1 = I^2 (R + r) = EI \quad (4)$$

Потребитель может использовать лишь мощность, выделяющуюся на нагрузке, её называют *полезной мощностью*. Если напряжение на нагрузке U , то

$$P = IU \quad (5)$$

Учитывая выражение (1), полезную мощность можно записать в виде

$$P_1 = \frac{E^2 R}{(R + r)^2} \quad (6)$$

Проанализируем характер последней зависимости, учитывая постоянство величин E и r . Если $R = 0$, то $P = 0$. При этом ток в цепи достигает максимального значения, называемого *током короткого замыкания* $I_{к.з.} = E/r$.

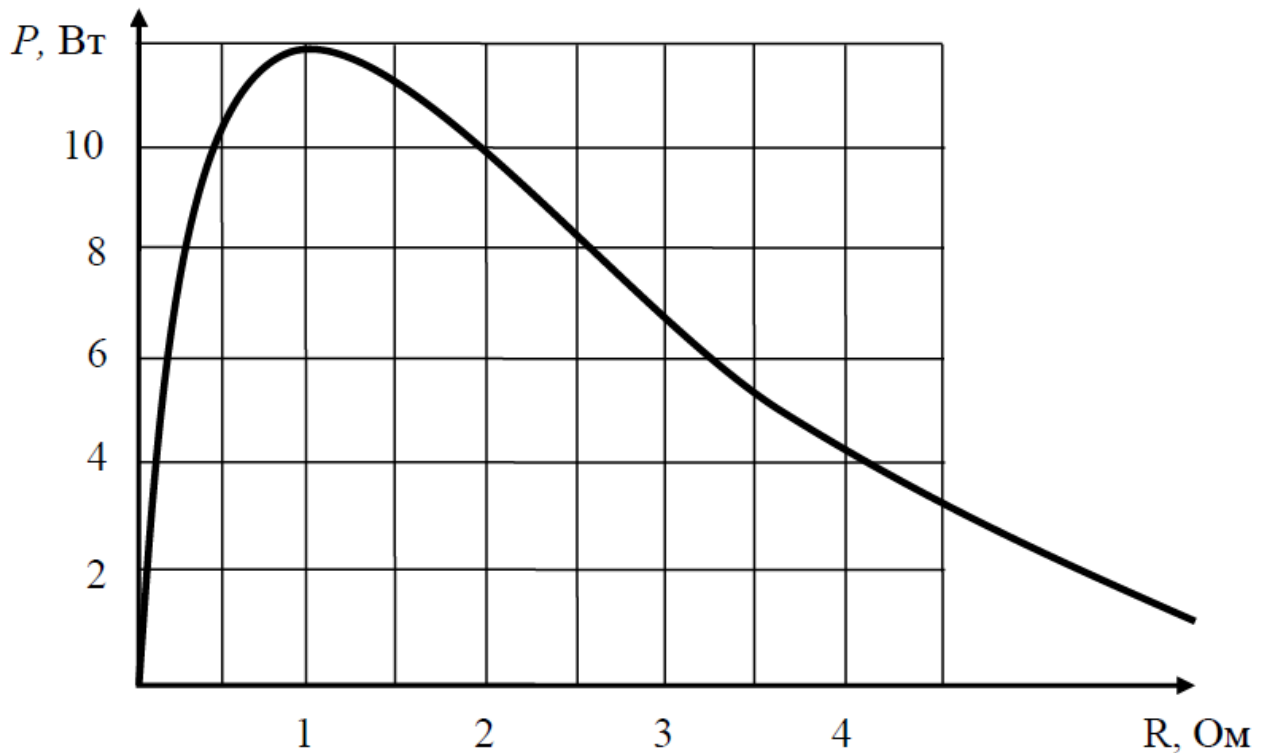
При увеличении нагрузочного сопротивления полезная мощность растёт и при некотором $R = R_0$ достигает максимального значения P_{max} . Определим величину R_0 . Для этого исследуем на экстремум функцию (6). Приравняем нулю первую производную от P по R

$$\frac{(R + r)^2 - 2(R + r)R}{(R + r)^4} = 0,$$

откуда $R = R_0 = r$. Таким образом, при равенстве внешнего и внутреннего сопротивлений полезная мощность максимальна и равна

$$P_{max} = \frac{E^2}{4r}. \quad (7)$$

На рисунке показана зависимость полезной мощности P от сопротивления нагрузки R для некоторой электрической цепи.



С дальнейшим ростом R ($R \rightarrow \infty$) полезная мощность стремится к нулю. Коэффициент полезного действия (КПД) источника тока η есть отношение полезной мощности ко всей мощности, выделяемой в цепи

$$\eta = \frac{P}{P_1} = \frac{U}{E} = \frac{R}{R + r}. \quad (8)$$

При токе короткого замыкания КПД равен нулю и приближается к единице при $R \rightarrow \infty$. Последний случай, казалось бы, очень выигрышный, на практике мало пригоден по той причине, что величина полезной мощности при этом, согласно (6), стремится к нулю. Поэтому в реальных цепях η существенно меньше единицы.

Первое задание предусматривает использование для анализа явно заданной в тексте информации. Оно сформулировано следующим образом.

Установите соответствие между понятиями и их определениями. Для каждого элемента первого столбца укажите один элемент второго столбца.

А) Полезная мощность	1) тепло, выделяющееся на сопротивлении за промежуток времени 2) ток в цепи при сопротивлении нагрузки, равном нулю 3) мощность, которая выделяется на нагрузке 4) мощность, выделяемая внутри источника 5) отношение полезной мощности ко всей мощности, выделяемой в цепи 6) замыкание нагрузки накоротко
Б) Ток короткого замыкания	
В) КПД источника тока	

В тексте явно указано, что:

- мощность, выделяющуюся на нагрузке, называют *полезной мощностью*;
- если $R = 0$, то $P = 0$. При этом ток в цепи достигает максимального значения, называемого *током короткого замыкания*;
- коэффициент полезного действия (КПД) источника тока есть отношение полезной мощности ко всей мощности, выделяемой в цепи.

Из сказанного ясно, что ответами на вопрос будут следующие комбинации: А-3, Б-2, В-5.

Характерной ошибкой экзаменуемых является выбор варианта ответа А-1.

Задание 2 в соответствии со спецификацией предусматривает "использование неявно заданной в тексте информации для расчетов".

Чему равно отношение внешнего сопротивления к внутреннему при максимальной внешней мощности? Укажите номер верного ответа.

- 1) 3
- 2) 2
- 3) 1

4) $\frac{1}{2}$

Непосредственно в тексте не вычисляется отношение внешнего сопротивления к внутреннему при максимальной внешней мощности. Однако в тексте есть указание, что "при равенстве внешнего и внутреннего сопротивлений полезная мощность максимальна", откуда следует, что правильный ответ расположен под номером 3.

Возможной ошибкой экзаменуемого является выбор в качестве правильного ответов под номерами 2 и 4.

Задание 3 в соответствии со спецификацией предусматривает "анализ информации, заданной графически". В тексте дан график зависимости полезной мощности от сопротивления нагрузки. Требуется найти ЭДС источника.

В тексте приведено выражение (7) для расчета максимальной мощности:

$$P_{max} = \frac{E^2}{4r}.$$

По графику определяем значение максимальной полезной мощности и учитываем, что максимальная мощность достигается при равенстве внутреннего сопротивления сопротивлению нагрузки. Получаем

$$E = \sqrt{4P_{max}r} = \sqrt{4 \cdot 12 \cdot 1} \approx 6,9 \text{ В}$$

В этом задании экзаменуемые иногда допускают арифметические ошибки.

4. Задания части 2 экзаменационного варианта

Задание 8 предусматривает использование знаково-символьных моделей при решении задач. Большинство задач физического содержания как раз удовлетворяет этому требованию. Учитывая высокую значимость для будущего инженера умения решать механические задачи, предложено следующее задание.

Метеорологическая ракета, запущенная вертикально, достигла максимальной высоты 10 км. Во время работы двигателей ускорение ракеты 40 м/с^2 . Сколько времени ракета находилась в состоянии невесомости на этапе подъема? Сопротивлением среды пренебречь. Принять ускорение свободного падения равным 10 м/с^2 .

Возможное решение.

Примем за начало отсчета поверхность Земли и будем считать положительным направление вверх. За время работы двигателей τ_d ракета приобрела скорость, направленную вверх и равную $V = a\tau_d$, где a – ускорение ракеты. Высота, на которой отключились двигатели, определяется как

$$h = \frac{a\tau_d^2}{2}.$$

Дальнейший полет ракеты осуществляется под действием силы тяжести. В это время она находится в состоянии невесомости. Параметры движения ракеты связаны уравнением

$$H_m = \frac{a\tau_d^2}{2} + a\tau\tau_d - \frac{g\tau^2}{2},$$

где τ – время ее движения в состоянии невесомости на этапе подъема, а H_m – максимальная высота подъема.

На "невесомом" участке подъема для скорости движения выполняется условие

$$0 = V - g\tau.$$

Время движения с работающими двигателями определяется как

$$\tau_d = \tau \frac{g}{a},$$

следовательно,

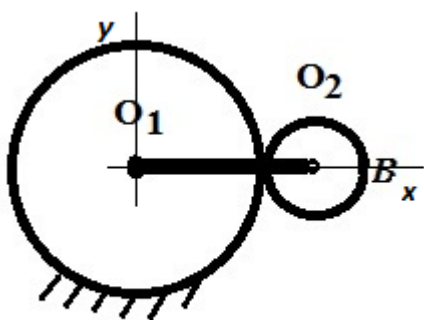
$$H_m = \frac{g^2\tau^2}{2a} + \frac{g\tau^2}{2} = \frac{g\tau^2}{2} \left(\frac{g}{a} + 1 \right).$$

Время полета в невесомости

$$\tau = \sqrt{\frac{2H_m}{g \left(\frac{g}{a} + 1 \right)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^4}{10 \cdot \left(\frac{10}{40} + 1 \right)}} = 40 \text{ с.}$$

Характерной ошибкой при решении этого задания является утверждение, что при работе двигателей ускорение ракеты равно $g - a$.

В задании 11 требуется произвести кинематический расчет механизма.



У простой планетарной передачи одно колесо радиусом $R = 0,25$ м закреплено, другое колесо радиусом $r = 0,1$ м катится без проскальзывания по внешней поверхности первого. Центры колес соединены стержнем (водилом) O_1O_2 . Водило вращается с постоянной угловой скоростью $\omega = 3$ рад/с. Чему равен модуль скорости точки В подвижного колеса относительно центра неподвижного колеса?

Возможное решение.

Пусть водило вращается против часовой стрелки. Будем считать это направление положительным направлением вращения. Мысленно сообщим неподвижной плоскости вращение по часовой стрелке с угловой скоростью, равной ω . Тогда водило мы будем видеть неподвижным, а угловая скорость ω' любого из колес в соответствии с правилом сложения скоростей будет определяться как

$$\omega'_i = \omega_i - \omega$$

Через ω_i в этом выражении обозначена угловая скорость колеса относительно неподвижной плоскости. Для наших колес

$$\omega'_1 = 0 - \omega$$

$$\omega'_2 = \omega_2 - \omega$$

Учитывая, что качение происходит без проскальзывания, получим

$$\frac{\omega'_1}{\omega'_2} = \frac{r}{R} = \frac{-\omega}{\omega_2 - \omega}$$

Откуда

$$\omega_2 = \frac{R + r}{r} \omega$$

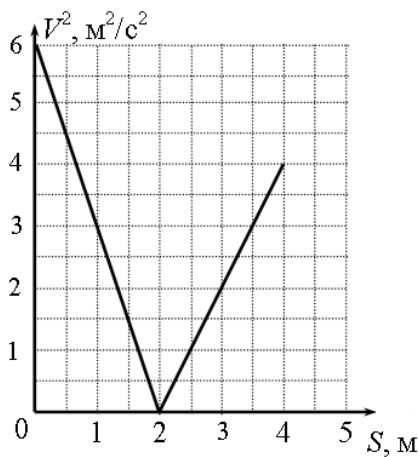
Скорость точки В складывается из скорости центра колеса и линейной скорости точки в движении по окружности вокруг центра O_2 :

$$V_B = \omega(R + r) + \omega_2 r = \omega(R + r) + \frac{R + r}{r} \omega r = 2\omega(R + r) = 2,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Из ошибочных утверждений чаще всего встречается утверждение, что скорость точки В определяется только угловой скоростью водила, т.е.

$$V_B = \omega(R + r).$$

В задании 12 требуется провести анализ графической информации.



Шайбе массой 100 г сообщили начальную скорость, направленную вверх вдоль наклонной плоскости. По зависимости квадрата скорости от пути (размер клеточек соответствует единицам СИ) найдите равнодействующую силу, действующую на шайбу при ее движении вниз.

Возможное решение.

При движении вниз скорость нарастает, поэтому необходимо рассмотреть участок графика $2 < S < 4$ м. Зависимость скорости от пути определяется выражением

$$S = S_0 + \frac{V^2}{2a}.$$

Тогда

$$F = ma = \frac{mV^2}{2(S - S_0)} = \frac{0,1 \cdot 4}{2 \cdot 2} = 0,1 \text{ Н.}$$

Наиболее частой ошибкой экзаменуемого является, как ни странно, трактовка исходного графика как графика зависимости скорости от времени.

Задание 14 предусматривает использование знаково-символьных моделей при решении задач. Как выше уже упоминалось, большинство задач физического содержания как раз удовлетворяет этому требованию.

В электрическом чайнике мощностью 1 кВт кипит вода. С какой скоростью из его носика вырывается струя пара, если площадь отверстия носика $S = 5 \text{ см}^2$, удельная теплота испарения воды $r = 2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$, нормальное атмосферное давление $p_0 = 10^5 \text{ Па}$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$?

Возможное решение.

Количество теплоты, необходимое для испарения воды массой m , равно $Q = rm$. Мощность может быть определена как

$$N = \frac{dQ}{dt} = r \frac{dm}{dt}.$$

Из уравнения Клапейрона – Менделеева найдем

$$m = \frac{\mu p V}{RT},$$

скорость испарения будет

$$\frac{dm}{dt} = \frac{\mu p}{RT} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{\mu p S}{RT} v,$$

где v - искомая скорость струи пара.

Из полученных выражений имеем

$$v = \frac{NRT}{r\mu S} \approx 1,5 \text{ м/с.}$$

Характерной ошибкой является вывод неправильного соотношения между испаряемой массой жидкости и скоростью формирования объема пара. Экзаменуемые или вообще не вычисляют производную от массы по времени, или считают, что изменяется давление. Это приводит к тупиковой ситуации в решении.

Список литературы

1. Грачев А. В., Погожев В. А., Салецкий А. М., Боков П. Ю. Физика, 10 кл. - М.: "Вентана-Граф", 2018 г.
2. Грачев А. В., Погожев В. А., Салецкий А. М., Боков П. Ю. Физика, 11 кл. - М.: "Вентана-Граф", 2018 г.
3. Г.Я. Мякишев и др. Физика. Механика. 10 кл. - М.: Дрофа, 2013. – 512 с.
4. Г.Я. Мякишев, А.З. Сиянков. Физика. Молекулярная физика. Термодинамика. 10 кл. - М.: Дрофа, 2013. – 352 с.
5. Г.Я. Мякишев, А.З. Сиянков. Физика. Электродинамика. 10 – 11 кл. - М.: Дрофа, 2013. – 480 с.
6. Г.Я. Мякишев, А.З. Сиянков. Физика. Колебания и волны. 11 кл. - М.: Дрофа, 2014. – 288 с.
7. Г.Я. Мякишев, А.З. Сиянков. Физика. Оптика. Квантовая физика. 11 кл. - М.: Дрофа, 2014. – 480 с.
8. Физика. Учебное пособие для 10 класса школ и классов с углубленным изучением физики/ Ю.И. Дик, О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов и др.; Под ред. А.А. Пинского. М.: «Дрофа», 2007.
9. Бутиков Е. И., Кондратьев А. С. Физика. Т.т. 1 – 3. – М. – С-П.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.
10. Белолипецкий С.Н., Еркович О.С., Казаковцева В.А., Цвечинская Т.С. Задачник по физике. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.
11. Зильберман А.Р. Школьные физические олимпиады. – М.: Изд. МЦНМО, 2009.