



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда»
«Техника и технологии»

7-8 классы

Отборочный этап
Вариант 1

2024-2025

БАЗОВАЯ ЧАСТЬ

Задача 1 (20 баллов)

Петя на листке в тетради отметил несколько точек, причём, любые три точки не лежат на одной прямой. Затем каждые две точки соединил отрезками и посчитал количество полученных отрезков. Оказалось, что количество отрезков в 9 раз больше числа точек. Сколько точек отметил Петя?

Ответ: 19.

Решение. Пусть Петя отметил на листке n точек. Тогда количество отрезков, соединяющих любые две точки равно $\frac{n(n-1)}{2}$. Отношение количества отрезков к количеству точек равно 9, то есть $\frac{n(n-1)}{2n} = 9$. Откуда $n = 19$.

Задача 2 (20 баллов)

Две бригады в фермерском хозяйстве копали картофель. Работая вместе, бригады выкопали картофель с поля за 5 часов. Если бы первая бригада работала в два раза медленнее, а вторая бригада – в два раза быстрее, то они выкопали бы картофель с такого же поля за 4 часа. За сколько часов выкопала бы картофель с такого же поля первая бригада, работая одна?

Ответ: 10.

Решение. Пусть x – производительность первой бригады; y – производительность второй бригады, а всю работу обозначим за 1. Согласно условию задачи, получаем систему:
$$\begin{cases} 5 \cdot (x + y) = 1, \\ 4 \cdot \left(\frac{x}{2} + 2y\right) = 1. \end{cases} \quad \text{Или} \quad \begin{cases} 5x + 5y = 1, \\ 2x + 8y = 1. \end{cases} \quad \text{Умножая первое уравнение на 8, а второе – на 5 и, вычитая из первого уравнения второе, получаем } 30x = 3, \text{ то есть } x = \frac{1}{10}.$$
 Таким образом, первая бригада выкопала бы картофель за 10 часов.

Задача 3 (20 баллов)

Два спортсмена стартовали одновременно и от стартовой линии побежали в одну сторону. Один из них пробегает полный круг по стадиону за минуту, а второй – за 40 секунд. Длина круга 480 метров. Через сколько секунд они опять окажутся вместе?

Ответ: 120 секунд

Решение:

Скорость первого:

$$v_1 = \frac{S}{t_1} = \frac{480}{60} = 8 \text{ м/с.} \quad (5 \text{ баллов})$$

Скорость второго:

$$v_2 = \frac{S}{t_2} = \frac{480}{40} = 12 \text{ м/с.} \quad (5 \text{ баллов})$$

Получаем, что второй от первого убегает со скоростью:

$$\Delta v = v_2 - v_1 = 12 - 8 = 4 \text{ м/с.} \quad (5 \text{ баллов})$$

Обгонит на круг и опять окажется рядом с первым через:

$$\Delta t = \frac{S}{\Delta v} = \frac{480}{4} = 120 \text{ с.} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задача 4 (20 баллов)

На полный обгон автомобилем колонны грузовиков потребовалось 30 секунд. Мотоциклист обгонял автомобиль 4 секунды. Какое время потребуется мотоциклисту на обгон колонны? Известно, что длина колонны в 12 раз больше длины автомобиля. Размерами мотоцикла можно пренебречь. Все двигаются с постоянными скоростями.

Ответ: 17,6 с

Решение:

По условию:

$$l_{\Gamma} = 12 \cdot l_a.$$

Получаем:

$$12 \cdot l_a + l_a = 13 \cdot l_a = (v_a - v_{\Gamma}) \cdot 30. \quad (4 \text{ балла})$$

Откуда:

$$(v_a - v_{\Gamma}) = \frac{13 \cdot l_a}{30}.$$

Для обгона автомобиля мотоциклом:

$$l_a = (v_M - v_a) \cdot 4. \quad (4 \text{ балла})$$

Откуда:

$$(v_M - v_a) = \frac{l_a}{4}.$$

Для обгона мотоциклом колонны грузовиком:

$$12 \cdot l_a = (v_M - v_{\Gamma}) \cdot t. \quad (4 \text{ балла})$$

Откуда:

$$(v_M - v_{\Gamma}) = \frac{12 \cdot l_a}{t}.$$

Получаем:

$$\frac{12 \cdot l_a}{t} = \frac{l_a}{4} + \frac{13 \cdot l_a}{30}. \quad (4 \text{ балла})$$

В результате:

$$t = \frac{12 \cdot 4 \cdot 30}{30 + 13 \cdot 4} \approx 17,6 \text{ с.} \quad (4 \text{ балла})$$

ПРОФИЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Направление «Авиационная и ракетно-космическая техника»

Пояснение к задаче. Из курса физики известно, что объём шара — это пространство, занимаемое шарообразной фигурой. В других словах, объём показывает, сколько вещества или материала помещается внутри этой фигуры.

Формула для вычисления объёма шара: $V = 4/3 * \pi * R^3$, где V — объём шара, R — радиус шара, π — математическая постоянная, равная 3,14.

Задача 5 (20 баллов)

Определить среднюю плотность Земли считая, что она имеет форму шара радиусом 6300 км, а её масса $6 \cdot 10^{24}$ кг.

Ответ: $\rho = 5,73 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Решение

Дано: $R = 6300 \text{ км} = 6,3 \cdot 10^6 \text{ м}$

$m = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$

Объём планеты:

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

Плотность:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{4}{3} \pi R^3};$$

$$\rho = \frac{6 \cdot 10^{24}}{\frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (6,3 \cdot 10^6)^3} = 5,73 \cdot 10^3$$

Направление «Информационная безопасность»

Задача 5 (20 баллов)

В информатике, а точнее в её сфере, связанной с шифрованием информации, нередко используют большие числа, длиной в сотни и тысячи знаков. Прикоснитесь к данной теме, найдя две последние цифры числа 625^{2025} .

Ответ: 25

Направление «Технологии материалов»

Задача 5 (20 баллов)

Во сколько раз отличаются радиусы двух шаров, изготовленных из одного материала, если известно, что их массы отличаются в 64 раза.

Ответ: в 4 раза

Решение:

Масса шара:

$$m = \rho V. \quad (6 \text{ баллов})$$

Плотности шаров одинаковые.

Объём шара:

$$V \sim R^3. \quad (6 \text{ баллов})$$

Следовательно, радиусы отличаются в $\sqrt[3]{64} = 4$ раза. (8 баллов)

Направление «Биотехнологии»

Задача 5 (20 баллов)

По таблице генетического кода определите, какими триплетами может быть закодирована на иРНК аминокислота глутамин

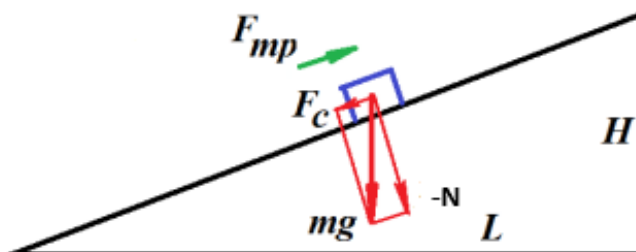
Генетический код (иРНК)					
Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	—	—	А
	Лей	Сер	—	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Глн	Арг	А
	Лей	Про	Глн	Арг	Г
А	Иле	Тре	Асн	Сер	У
	Иле	Тре	Асн	Сер	Ц
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г
Г	Вал	Ала	Асп	Гли	У
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц
	Вал	Ала	Глу	Гли	А
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г

Ответ: ЦАА и ЦАГ

Направление «Машиностроение»

Задача 5 (20 баллов)

Роботы-лошади, предназначенные для переноски грузов, начинают применяться в полевых условиях. Общая масса такого робота с грузом 1000 кг. Такой робот должен проходить всюду, в том числе и по обледеневшей дороге. Зная, что коэффициент трения стали по льду равен $\mu=0,02$, определите максимальную высоту H пологой горы с прямолинейной дорогой, на которую может забраться робот, если длина L этой горы вдоль горизонтальной линии равна 500 м.



Ответ: 10 м.

Решение: Робот будет скользить вниз благодаря составляющей его веса F_c . Из подобия треугольников горы и силового треугольника:

$F_c/N=H/L$ или $H= F_cL/N$. Чтобы он не скользил, сила трения должна быть больше или равна F_c . При этом $F_c=\mu N$. Подставим в последнее выражение первое и получим:
 $H=\mu NL/N=\mu L=0.02$

Направление «Техника и технологии наземного транспорта»

Пояснение к задаче

Из курса физики известно, что коэффициент полезного действия (КПД) – это величина, определяющая эффективность устройства или процесса, выраженная в процентах или в долях. Формула для расчета КПД:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{зат}}} \cdot 100\%,$$

где η — коэффициент полезного действия (%); $A_{\text{пол}}$ – полезная работа (Дж); $A_{\text{зат}}$ – затраченная работа (Дж).

В транспортной отрасли КПД используется для оценки эффективности двигателей и механизмов транспортных средств. Отношение мощности P_2 на ведомом валу передачи к мощности P_1 на ведущем валу называется *механическим коэффициентом полезного действия* (КПД):

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}.$$

Механический КПД характеризует механические потери в передаче. Для различных передач КПД находится в пределах от 0,25 до 0,98.

В многоступенчатых передачах (при последовательном соединении ступеней) общий КПД определяется как произведение КПД каждой ступени в отдельности.

Задача 5 (20 баллов)

Потери мощности в трансмиссии автомобиля составляют 10 кВт. При этом известно, что КПД трансмиссии составляет 0,85. Определите:

- 1) мощность двигателя автомобиля;
- 2) мощность, передаваемую на колеса автомобиля.

Ответ: мощность двигателя автомобиля – 66,7 кВт; мощность, передаваемая на колеса автомобиля – 56,7 кВт.

Решение

1. Используя пояснения к задачам, составим уравнение для определения КПД трансмиссии автомобиля:

$$\frac{N_{\text{тр}}}{N_{\text{дв}}} = \frac{N_{\text{дв}} - N_{\text{пот}}}{N_{\text{дв}}} = \eta_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{тр}}$ – мощность трансмиссии автомобиля; $N_{\text{дв}}$ – мощность двигателя автомобиля; $N_{\text{пот}}$ – потери мощности в трансмиссии; $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии.

2. Преобразуем уравнение (1) относительно величины $N_{\text{дв}}$:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{пот}}}{1 - \eta_{\text{тр}}}. \quad (2)$$

3. Подставим в уравнение (2) числовые значения входящих в него параметров из условий задачи:

$$N_{\text{дв}} = \frac{10}{1 - 0,85} = 66,7 \text{ (кВт)}. \quad (3)$$

4. Составим уравнение для определения мощности, передаваемой на колеса автомобиля:

$$N_{\text{кол}} = N_{\text{дв}} - N_{\text{пот}}, \quad (4)$$

где $N_{\text{кол}}$ – мощность, передаваемая на колеса автомобиля.

5. Подставим в уравнение (4) числовые значения входящих в него параметров из условия задачи и выражения (3):

$$N_{\text{к}} = 66,7 - 10.$$

Направление «Приборостроение»

Задача 5 (20 баллов)

Размерностью физической величины $\dim Q$ называют выражение в форме степенного многочлена, отражающее связь данной величины с основными величинами системы Си:

$$\dim Q = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} I^{\delta} \Theta^{\epsilon} N^{\zeta} J^{\eta},$$

где L, M, T, I, Θ , N, J – условные обозначения основных величин системы Си (таблица); $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta$ – целые или дробные, положительные или отрицательные вещественные числа (показатели размерности).

Таблица – Основные величины системы Си

Физическая величина		Единица	
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение
Длина	L	метр	м
Масса	M	килограмм	кг
Время	T	секунда	с
Сила электрического тока	I	ампер	A
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	K
Количество вещества	N	моль	моль
Сила света	J	кандела	кд

Пример 1: единица скорости образуется при помощи уравнения, определяющего скорость:

$$v = l/t$$

Тогда размерность скорости:

$$\dim v = (\dim l)/(\dim t) = LT^{-1}$$

Единица скорости:

$$[v] = [l]/[t] = (1 \text{ м})/(1 \text{ с}) = 1 \text{ м/с}$$

Пример 2: плотность есть отношение массы к объему:

$$\rho = m/V$$

Размерность объема:

$$\dim V = L^3$$

Тогда размерность плотности:

$$\dim \rho = (\dim m)/(\dim V) = L^{-3}M$$

Единица плотности:

$$[\rho] = [m]/[V] = (1 \text{ кг})/(1 \text{ м}^3) = 1 \text{ кг/м}^3$$

Какая физическая величина X имеет размерность $\dim X = LMT^{-2}$? Укажите ее единицу измерения [X].

Ответ: Размерность силы: $\dim F = LMT^{-2}$, единица силы: 1 Н

Решение:

Сила [Н].

Сила есть произведение массы на ускорение:

$$F = m \cdot a = m \cdot v/t = m \cdot l/t^2$$

Размерность силы:

$$\dim F = (\dim m) \times (\dim l)/(\dim t)^2 = LMT^{-2}$$

Единица силы:

$$[F] = [m][a] = [m][v]/[t] = [m][l]/[t]^2 = 1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2 = 1 \text{ Н}$$

Направление «Техника и технологии строительства»

Задача 5 (20 баллов)

Необходимо подготовить котлован длиной 15 м, шириной 12 м и глубиной 2,2 м под фундамент и цокольный этаж здания. Плотность грунта в рыхло-насыпанном состоянии составляет 1500 кг/м³. Грузоподъемность автомобиля КАМАЗ составляет 15 тонн. По сколько раз двум автомобилям КАМАЗ придется вывозить грунт со строительной площадки?

Ответ: 20.

Решение.

1. Нужно посчитать объем будущего котлована $15 \cdot 12 \cdot 2,2 = 396 \text{ м}^3$.
2. Рассчитать массу всего грунта образующегося при создании котлована $396 \cdot 1500 = 594000 \text{ кг} = 594 \text{ т}$.
3. Разделить массу всего грунта на грузоподъемность камаза и на количество КАМАЗов $594 \div 15 \div 2 = 19,8$, нужно округлить в большую сторону, 20 раз каждому КАМАЗу нужно будет вывозить грунт со строительной площадки.

Направление «Технологии кораблестроения и водного транспорта»

Задача 5 (20 баллов)

Судно-контейнеровоз село на мель без повреждения корпуса. Глубина мели в месте посадки T_1 - 8.5м. Осадка судна по ГВЛ (Грузовая ватерлиния) T - 9м. Площадь ГВЛ S -4200м². Плотность воды γ -1,025т/м³. Вес одного контейнера P_1 -25т. Сколько контейнеров n нужно снять с судна для самостоятельного снятия контейнеровоза с мели. Площадь ГВЛ в пределах осадки плюс минус 1м от ГВЛ считать неизменной.

Ответ: $n = 86$ контейнеров

Решение: $P = \gamma * S * \Delta T$

$$\Delta T = T_1 - T = 8.5 - 9 = -0.5 \text{ м}$$

$$P = 1.025 * 4200 * (-0.5) = -2152.5 \text{ т}$$

$$n = P/P_1 = 2152.5/25 = 86 \text{ контейнеров}$$

Направление «Химические технологии»

Пояснение к задаче

Производительность аппарата (процесса) – это отношение массы/объёма выработанного продукта или переработанного сырья к единице времени.

Π – производительность (кг/ч, т/сут, м³/сут, л/год).

Задача 5 (20 баллов)

На предприятии окрашивают рулонную сталь. Скорость окрашивания составляет 36 м/мин. Определите производительность линии в квадратных метрах в час, если средняя ширина стали составляет 1200 мм.

Ответ: 2592 м²/час

Решение.

1. Найдем сколько метров стали окрашивается за час.

$$\text{Для этого } 36 \text{ м} * 60 \text{ мин} = 2160 \text{ м/час.}$$

2. Определим производительность.

$$2160 \text{ м} * 1,2 \text{ м (1200 мм)} = 2592 \text{ м}^2/\text{час}$$

Направление «Экологическая безопасность»

Задача 5 (20 баллов)

Одним из методов оценки качества воды поверхностных вод является сапробиологический анализ. Прогрессирующее загрязнение водной среды уже в прошлом веке натолкнуло ученых на мысль сравнить растительный и животный мир загрязненных и не загрязненных водоемов, а также выявить роль гидробионтов в превращении разнообразных веществ, поступающих во внутренние и внешние водоемы с отходами человеческой деятельности.

Наиболее широко используется метод индикаторных организмов Пантле и Букка в модификации Сладчека. Данный метод учитывает относительную частоту встречаемости (обилие) гидробионтов и их индикаторную значимость (сапробную валентность). Индикаторную значимость и зону сапробности определяют для каждого вида по спискам сапробных организмов.

Исходя из этих данных для каждой произвольной гидробиологической пробы по всем видам, встретившимся в справочниках, можно вычислить средневзвешенный индекс сапробности, характеризующий степень загрязнения в точке измерения (табл. 1):

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N (s_i \cdot h_i)}{\sum_{i=1}^N (h_i)}$$

где N – число выбранных видов-индикаторов;
 h_i – относительная численность i -го вида (баллы),
 s_i – индивидуальный индекс сапробности i -го вида.

Таблица 1 – Перевод значений индекса сапробности в баллы качества воды

Класс качества воды	Характеристика воды	Индекс сапробности по Пантле и Буку
1	Очень чистая	< 1,00
2	Чистая	1,0–1,50
3	Умеренно загрязненная	1,51–2,50
4	Загрязненная	2,51–3,50
5	Грязная	3,51–4,00
6	Очень грязная	> 4,00

Оценить качество воды методом сапробности, используя следующие данные анализа воды водоема (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты исследования фитопланктонного сообщества

№	Вид	s_i	h_i , баллы
1	<i>Asterionella formosa</i>	1,4	3
2	<i>Fragilaria crotonensis</i>	1,4	1
3	<i>Gloeotrichia echinulata</i>	1,5	2
4	<i>Microcystis aeruginosa</i>	1,75	2
5	<i>Pediastrum duplex</i>	1,7	1

Ответ: $S = 1,53$. Вода умеренно загрязненная, класс качества 3.

Решение:

1. Находим $\Sigma(s_i \cdot h_i)$ и $\Sigma(h_i)$

№	Вид	$s_i \cdot h_i$
1	<i>Asterionella formosa</i>	4,2
2	<i>Fragilaria crotonensis</i>	1,4
3	<i>Gloeotrichia echinulata</i>	3
4	<i>Microcystis aeruginosa</i>	3,5
5	<i>Pediastrum duplex</i>	1,7
	Σ	13,8

$$\Sigma(h_i) = 9$$

$$2. S = 13,8/9 = 1,53$$

Вода умеренно загрязненная, класс качества 3

Критерии оценивания

20 баллов – весь расчет верен

10 баллов – допущены ошибки, но ход решения верен



БАЗОВАЯ ЧАСТЬ

Задача 1 (20 баллов)

Петя на листке в тетради отметил несколько точек, причём, любые три точки не лежат на одной прямой. Затем каждые две точки соединил отрезками и посчитал количество полученных отрезков. Оказалось, что количество отрезков в 7 раз больше числа точек. Сколько точек отметил Петя?

Ответ: 15.

Решение. Пусть Петя отметил на листке n точек. Тогда количество отрезков, соединяющих любые две точки равно $\frac{n(n-1)}{2}$. Отношение количества отрезков к количеству точек равно 7, то есть $\frac{n(n-1)}{2n} = 7$. Откуда $n = 15$.

Задача 2 (20 баллов)

Две бригады в фермерском хозяйстве копали картофель. Работая вместе, бригады выкопали картофель с поля за 6 часов. Если бы первая бригада работала в два раза медленнее, а вторая бригада – в три раза быстрее, то они выкопали бы картофель с такого же поля за 4 часа. За сколько часов выкопала бы картофель с такого же поля вторая бригада, работая одна?

Ответ: 15.

Решение. Пусть x – производительность первой бригады; y – производительность второй бригады, а всю работу обозначим за 1. Согласно условию задачи, получаем

систему: $\begin{cases} 6 \cdot (x + y) = 1, \\ 4 \cdot \left(\frac{x}{2} + 3y\right) = 1. \end{cases}$ Или $\begin{cases} 6x + 6y = 1, \\ 2x + 12y = 1. \end{cases}$ Умножая второе уравнение на 3, и

вычитая из второго уравнения первое, получаем $30y = 2$, то есть $y = \frac{1}{15}$. Таким образом, вторая бригада выкопала бы картофель за 15 часов.

Задача 3 (20 баллов)

Два спортсмена стартовали одновременно и от стартовой линии побежали в одну сторону. Один из них пробегает полный круг по стадиону за 40 секунд, а второй – за 50 секунд. Длина круга 400 метров. Через сколько секунд они опять окажутся вместе?

Ответ: 200 секунд

Решение:

Скорость первого:

$$v_1 = \frac{S}{t_1} = \frac{400}{40} = 10 \text{ м/с.} \quad (5 \text{ баллов})$$

Скорость второго:

$$v_2 = \frac{S}{t_2} = \frac{400}{50} = 8 \text{ м/с.} \quad (5 \text{ баллов})$$

Получаем, что первый от второго убегает со скоростью:

$$\Delta v = v_2 - v_1 = 10 - 8 = 2 \text{ м/с.} \quad (5 \text{ баллов})$$

Обгонит на круг и опять окажется рядом с первым через:

$$\Delta t = \frac{S}{\Delta v} = \frac{400}{2} = 200 \text{ с.} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задача 4 (20 баллов)

На полный обгон автомобилем колонны грузовиков потребовалось 24 секунды. Мотоциклист обгонял автомобиль 6 секунд. Какое время потребуется мотоциклисту на обгон колонны? Известно, что длина колонны в 8 раз больше длины автомобиля. Размерами мотоцикла можно пренебречь. Все двигаются с постоянными скоростями.

Ответ: 14,8 с

Решение:

По условию:

$$l_{\Gamma} = 8 \cdot l_a.$$

Получаем:

$$8 \cdot l_a + l_a = 9 \cdot l_a = (v_a - v_{\Gamma}) \cdot 24. \quad (4 \text{ балла})$$

Откуда:

$$(v_a - v_{\Gamma}) = \frac{9 \cdot l_a}{24}.$$

Для обгона автомобиля мотоциклом:

$$l_a = (v_m - v_a) \cdot 6. \quad (4 \text{ балла})$$

Откуда:

$$(v_m - v_a) = \frac{l_a}{6}.$$

Для обгона мотоциклом колонны грузовиком:

$$8 \cdot l_a = (v_m - v_{\Gamma}) \cdot t. \quad (4 \text{ балла})$$

Откуда:

$$(v_M - v_T) = \frac{8 \cdot l_a}{t}.$$

Получаем:

$$\frac{8 \cdot l_a}{t} = \frac{l_a}{6} + \frac{9 \cdot l_a}{24}. \quad (4 \text{ балла})$$

В результате:

$$t = \frac{8 \cdot 6 \cdot 24}{24 + 9 \cdot 6} \approx 14,8 \text{ с.} \quad (4 \text{ балла})$$

ПРОФИЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Направление «Авиационная и ракетно-космическая техника»

Пояснение к задаче

Из курса физики известно, что объём шара — это пространство, занимаемое шарообразной фигурой. В других словах, объём показывает, сколько вещества или материала помещается внутри этой фигуры.

Формула для вычисления объёма шара:

$V = 4/3 * \pi * R^3$, где V — объём шара, R — радиус шара, π — математическая постоянная, равная 3,14.

Задача 5

Определить среднюю плотность Венеры считая, что она имеет форму шара радиусом 6051,8 км, а её масса $4,87 \cdot 10^{24}$ кг.

Ответ: $\rho = 5,248 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$

Решение

Дано: $R = 6051,8 \text{ км} = 6,0518 \cdot 10^6 \text{ м}$
 $m = 4,87 \cdot 10^{24} \text{ кг}$

Объём планеты:

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

Плотность:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{4}{3} \pi R^3};$$
$$\rho = \frac{4,87 \cdot 10^{24}}{\frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (6,0518 \cdot 10^6)^3} = 5,248 \cdot 10^3$$

Направление «Информационная безопасность»

Задача 5 (20 баллов)

Некоторая охранная система генерирует пароли по следующему правилу: они состоят из четырех цифр, причем таким образом, что первая цифра равна сумме трех других. Сколько всего возможных паролей может сгенерировать система?

Ответ: 220

Направление «Технологии материалов»

Задача 5 (20 баллов)

Во сколько раз отличаются радиусы двух шаров, изготовленных из одного материала, если известно, что их массы отличаются в 3,375 раза.

Ответ: 1,5

Решение:

Масса шара:

$$m = \rho V. \quad (6 \text{ баллов})$$

Плотности шаров одинаковые.

Объём шара:

$$V \sim R^3. \quad (6 \text{ баллов})$$

Следовательно, радиусы отличаются в $\sqrt[3]{3,375} = 1,5$ раза. (8 баллов)

Направление «Биотехнологии»

Задача 5 (20 баллов)

Выберите верный вариант с правилом Чаргаффа:

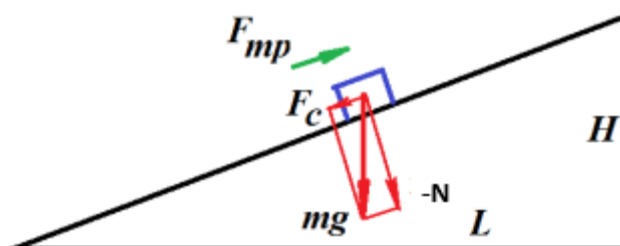
1. $A + T = G + C$
2. $(A + G) / (T + C) = 1$
3. $(A + T) \times (G + C) = 1$

Ответ: 2

Направление «Машиностроение»

Задача 5 (20 баллов)

Роботы-лошади, предназначенные для переноски грузов, начинают применяться в полевых условиях. Общая масса такого робота с грузом 1000 кг. Такой робот должен проходить всюду, в том числе и по обледеневшей дороге. Зная, что коэффициент трения стали по льду равен $\mu=0,02$, определите максимальную высоту H пологой горы с прямолинейной дорогой, на которую может забраться робот, если длина L этой горы вдоль горизонтальной линии равна 800 м.



Ответ: 16 м.

Решение: Робот будет скользить вниз благодаря составляющей его веса F_c . Из подобия треугольников горы и силового треугольника:

$F_c/N=H/L$ или $H= F_cL/N$. Чтобы он не скользил, сила трения должна быть больше или равна F_c . При этом $F_c=\mu N$. Подставим в последнее выражение первое и получим: $H=\mu NL/N=\mu L=0.02 \cdot 800=16$ м.

Направление «Техника и технологии наземного транспорта»

Пояснение к задаче

Из курса физики известно, что коэффициент полезного действия (КПД) – это величина, определяющая эффективность устройства или процесса, выраженная в процентах или в долях. Формула для расчета КПД:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{зат}}} \cdot 100\%,$$

где η — коэффициент полезного действия (%); $A_{\text{пол}}$ – полезная работа (Дж); $A_{\text{зат}}$ – затраченная работа (Дж).

В транспортной отрасли КПД используется для оценки эффективности двигателей и механизмов транспортных средств. Отношение мощности P_2 на ведомом валу передачи к мощности P_1 на ведущем валу называется *механическим коэффициентом полезного действия* (КПД):

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}.$$

Механический КПД характеризует механические потери в передаче. Для различных передач КПД находится в пределах от 0,25 до 0,98.

В многоступенчатых передачах (при последовательном соединении ступеней) общий КПД определяется как произведение КПД каждой ступени в отдельности.

Задача 5 (20 баллов)

Известно, что мощность потерь в трансмиссии автомобиля составляет 15 кВт, а мощность, передаваемая на колеса – 75 кВт. Определите КПД трансмиссии автомобиля.

Ответ: КПД трансмиссии автомобиля равен 0,83 (83 %).

Решение

1. Используя пояснения к задачам, составим уравнение для определения КПД трансмиссии автомобиля:

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{N_{\text{тр}}}{N_{\text{дв}}} = \frac{N_{\text{дв}} - N_{\text{пот}}}{N_{\text{дв}}}, \quad (1)$$

где $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии автомобиля; $N_{\text{тр}}$ – мощность на выходе из трансмиссии автомобиля; $N_{\text{дв}}$ – мощность двигателя; $N_{\text{пот}}$ – мощность потерь в трансмиссии автомобиля.

2. Используя исходные данные к задаче, составим уравнение для определения мощности двигателя:

$$N_{\text{дв}} = N_{\text{пот}} + N_{\text{кол}}, \quad (2)$$

где $N_{\text{кол}}$ – мощность, передаваемая на колеса автомобиля.

3. Подставим $N_{\text{дв}}$ из выражения (2) в выражение (1):

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{N_{\text{пот}} + N_{\text{кол}} - N_{\text{пот}}}{N_{\text{пот}} + N_{\text{кол}}} = \frac{N_{\text{кол}}}{N_{\text{пот}} + N_{\text{кол}}}. \quad (3)$$

4. Подставим в уравнение (3) числовые значения входящих в него параметров из условия задачи:

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{75}{15 + 75} = 0,83.$$

Направление «Приборостроение»

Задача 5 (20 баллов)

Размерностью физической величины $\dim Q$ называют выражение в форме степенного многочлена, отражающее связь данной величины с основными величинами системы Си:

$$\dim Q = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} I^{\delta} \Theta^{\varepsilon} N^{\zeta} J^{\eta},$$

где L, M, T, I, Θ, N, J – условные обозначения основных величин системы Си (таблица); $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta, \eta$ – целые или дробные, положительные или отрицательные вещественные числа (показатели размерности).

Таблица – Основные величины системы Си

Физическая величина		Единица	
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение
Длина	L	метр	м
Масса	M	килограмм	кг
Время	T	секунда	с
Сила электрического тока	I	ампер	А
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	К
Количество вещества	N	моль	моль
Сила света	J	кандела	кд

Пример 1: единица скорости образуется при помощи уравнения, определяющего скорость:

$$v = l/t$$

Тогда размерность скорости:

$$\dim v = (\dim l)/(\dim t) = LT^{-1}$$

Единица скорости:

$$[v] = [l]/[t] = (1 \text{ м})/(1 \text{ с}) = 1 \text{ м/с}$$

Пример 2: плотность есть отношение массы к объему:

$$\rho = m/V$$

Размерность объема:

$$\dim V = L^3$$

Тогда размерность плотности:

$$\dim \rho = (\dim m)/(\dim V) = L^{-3}M$$

Единица плотности:

$$[\rho] = [m]/[V] = (1 \text{ кг})/(1 \text{ м}^3) = 1 \text{ кг/м}^3$$

Какая физическая величина X имеет размерность $\dim X = L^{-1}MT^{-2}$? Укажите ее единицу измерения [X].

Ответ: Размерность давления: $\dim P = L^{-1}MT^{-2}$, единица давления: 1 Па

Решение:

Давление [Па].

Давление есть сила, действующая на единицу площади:

$$P = F/S$$

Размерность площади S:

$$\dim S = L^2$$

Размерность силы:

$$\dim F = \dim(m \cdot a) = \dim(m \cdot v/t) = \dim(m \cdot l/t^2) = LMT^{-2}$$

Размерность давления:

$$\dim P = (\dim F)/(\dim S) = L^{-1}MT^{-2}$$

Единица давления:

$$[P] = [F]/[S] = (1 \text{ Н})/(1 \text{ м}^2) = (1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2)/(1 \text{ м}^2) = 1 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с}^2) = 1 \text{ Па}$$

Направление «Техника и технологии строительства»

Задача 5 (20 баллов)

Морозостойкость тяжелого бетона – это его способность в водонасыщенном состоянии выдерживать многократное замораживание и оттаивание без внешних признаков разрушения, снижения прочности, изменения массы и других технических характеристик. Марка по морозостойкости равна количеству циклов (1 цикл состоит из 1 замораживания и 1 оттаивания), которое выдерживает бетон. Например, бетон с маркой по морозостойкости F₁₅₀ выдерживает 50 циклов.

Сколько лет, гарантированно, прослужит фундамент жилого дома, если марка бетона по морозостойкости, из которого он изготовлен составляет F₁₃₀₀, а в среднем за календарный год в этом климатическом регионе происходит 110 переходов через 0 °С (55 замораживаний воды, 55 оттаиваний воды).

Ответ: 5.

Решение.

Нужно общее количество циклов разделить на количество циклов в году $300/55=5,45$, так как нужно определить сколько лет ГАРАНТИРОВАННО прослужит фундамент, округлим в меньшую сторону, 5 лет.

Направление «Технологии кораблестроения и водного транспорта»

Задача 5 (20 баллов)

На глубине 50м затонуло судно водоизмещением P_с - 5000т. Принято решение поднять его со дна при помощи понтонов. Конструкция понтонов позволяет с помощью продувки сжатым воздухом вытеснить из них воду. Вес одного понтона P_п - 10т, объем - 200м³. Сколько понтонов n нужно задействовать для поднятия судна на воду если плотность воздуха на глубине воды 40м при температуре 5°С γ_в - 52кг/м³. Плотность воды γ-1,025т/м³

Ответ: 28 понтонов

Решение:

$$P = P_c + P_{п} * n + P_{в}$$

$$P_{в} = V_{п} * \gamma_{в} * n$$

$$P = V_{п} * \gamma$$

$$V_{п} = 200 * n$$

$$P_c + P_{п} * n + V_{п} * \gamma_{в} * n = 200 * n * \gamma$$

$$5000 + 10n + 200 \cdot 0.052 \cdot n = 200 \cdot n \cdot 1.025$$

$$5000 + 20.4n = 205n$$

$$n = 5000/184.6 = 27.08$$

Принимаем $n = 28$ понтонов

Направление «Химические технологии»

Пояснение к задаче

Производительность аппарата (процесса) – это отношение массы/объёма выработанного продукта или переработанного сырья к единице времени.

P – производительность (кг/ч, т/сут, м³/сут, л/год).

Задача 5 (20 баллов)

На предприятии окрашивают сталь. Скорость окрашивания составляет 18 м/мин. Определите производительность линии в квадратных метрах в час, если средняя ширина стали составляет 1100 мм.

Ответ: 1188 м²/час

Решение.

1. Найдем сколько метров стали окрашивается за час.
Для этого $18 \text{ м} \cdot 60 \text{ мин} = 1080 \text{ м/час}$.
2. Определим производительность.
 $1080 \text{ м} \cdot 1,1 \text{ м (1100 мм)} = 1188 \text{ м}^2/\text{час}$

Направление «Экологическая безопасность»

Задача 5 (20 баллов)

Согласно Федеральному закону от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» негативное воздействие предприятий на окружающую среду, которое они оказывают в ходе своей хозяйственной деятельности, является платным.

Один из видов платежей, которые взимаются с предприятия за загрязнение окружающей среды, – это сбросы сточных вод в водные объекты.

Расчет платы за сбросы загрязняющих веществ производится в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 31.05.2023 № 881 «Об утверждении Правил исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и отдельного положения акта Правительства Российской Федерации».

Для объектов загрязнения окружающей среды в случае, когда масса загрязняющих веществ не превышает нормативы допустимых сбросов плата рассчитывается по формуле:

$$M_i \leq \text{НДС}, P_i = M_i \cdot C_i \cdot K_{\text{от}} \cdot K_{\text{ин}},$$

где M_i - фактическая масса сброса i -го загрязняющего вещества (т),

НДС_i – норматив допустимого сброса i -го загрязняющего вещества (т),

C_i – норматив платы за выброс 1 т i -го загрязняющего вещества, руб,

$K_{\text{от}}$ – дополнительный коэффициент к ставкам платы в отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, равный 2,0 для особо охраняемых территорий, в остальных случаях равен 1,0;

$K_{\text{ин}}$ – коэффициент индексации платы за негативное воздействие на окружающую среду (в 2024 г равен 1,32).

Рассчитать общую плату за сбросы загрязняющих веществ от предприятия за текущий год, фактические массы сбросов представлены в таблице. Территория не относится к особо охраняемым.

Наименование загрязняющего вещества	Фактическая масса сброса загрязняющего вещества (т)	Норматив допустимого сброса (т)	Норматив платы за сброс 1 т загрязняющего вещества (руб/т)
Нитрат-анион	0,8	2,5	14,9
СПАВ	0,2	0,5	1192,3
Взвешенные	2,4	3,0	977,2

Ответ: ориентировочно 3426,2712 руб.

Решение.

1. Плата за сбросы нитрат-анионов

$$P_1 = 0,8 \cdot 14,9 \cdot 1 \cdot 1,32 = 15,7344 \text{ руб.}$$

2. Плата за сбросы СПАВ

$$P_2 = 0,2 \cdot 1192,3 \cdot 1 \cdot 1,32 = 314,7672 \text{ руб.}$$

3. Плата за сбросы взвешенных веществ

$$P_3 = 2,4 \cdot 977,2 \cdot 1 \cdot 1,32 = 3095,7696 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{общ}} = 3426,2712 \text{ руб.}$$

Критерии оценивания

20 баллов – весь расчет верен

10 баллов – допущены ошибки, но ход решения верен



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Техника и технологии»

9-10 классы

Отборочный этап
Вариант 1

2024-2025

БАЗОВАЯ ЧАСТЬ

Задача 1 (20 баллов)

В течение 2023 и 2024 годов количество заболевших корью уменьшалось ежегодно на один и тот же процент в сравнении с количеством заболевших предыдущего года. За 2023 год количество заболевших сократилось более чем вдвое по сравнению с 2022 годом, а в 2024 году количество заболевших уменьшилось в 7,2 раза по сравнению с 2022 годом. На сколько процентов ежегодно уменьшалось количество заболевших корью?

Ответ: $83\frac{1}{3}$.

Решение. Пусть на $p\%$ уменьшалось количество заболевших в 2023 и 2024 годах. Введём коэффициент $k = 1 - \frac{p}{100}$. Пусть количество заболевших корью в 2022 году равно S . Тогда количество заболевших в течение 2023 года равно $S \cdot k$, по условию задачи $S \cdot k \leq \frac{S}{2}$. За два года получаем количество заболевших $S \cdot k^2$, следовательно, за

второй год заболело $Sk - Sk^2$ и оно равно $\frac{S}{7,2}$. Итак, получена система
$$\begin{cases} k \leq \frac{1}{2}, \\ k - k^2 = \frac{1}{7,2}. \end{cases}$$

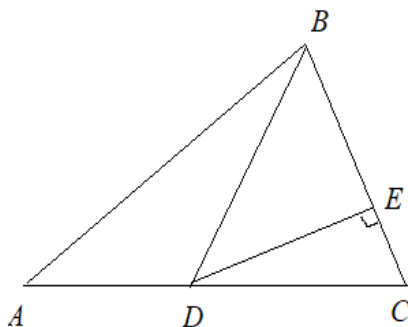
Решим второе уравнение: $k^2 - k + \frac{5}{36} = 0$. Его корни $\frac{1}{6}$ и $\frac{5}{6}$, причём, второй корень не удовлетворяет первому неравенству системы. В итоге получаем $1 - \frac{p}{100} = \frac{1}{6}$, откуда $p = 83\frac{1}{3}$.

Задача 2 (20 баллов)

На стороне AC треугольника ABC выбрана точка D так, что $AD:DC=3:5$. Длина перпендикуляра, опущенного из точки D на сторону BC , равна 10. Найдите сторону BC , если площадь треугольника ABC равна 64.

Ответ: 8.

Решение. Обозначим E – основание перпендикуляра из точки D на сторону BC .



Площадь треугольника BCD равна $\frac{5}{8}$ от площади треугольника ABC , так как $AD:DC=3:5$. Имеем $S_{BCD} = \frac{5}{8} \cdot 64 = 40$. С другой стороны, $S_{BCD} = \frac{1}{2} \cdot DE \cdot BC$. Получаем $\frac{1}{2} \cdot 10 \cdot BC = 40$, следовательно, $BC=8$.

Задача 3 (20 баллов)

Поезд трогается с места и равноускорено проходит мимо неподвижного пассажира. Первый вагон прошел мимо него за время $t_1 = 8$ с, а последний за время $t_2 = 2$ с. За какое время мимо пассажира прошел весь поезд, если изначально пассажир стоял у головы поезда?

Ответ: 17 секунд

Решение:

Пусть L – длина одного вагона, тогда для первого вагона получаем:

$$L = \frac{at_1^2}{2} = \frac{a}{2} \cdot 64. \quad (5 \text{ баллов})$$

Для последнего вагона получаем:

$$L = \frac{at^2}{2} - \frac{a(t-t_2)^2}{2} = \frac{a}{2}(4t - 4). \quad (5 \text{ баллов})$$

Получаем:

$$\frac{a}{2} \cdot 64 = \frac{a}{2}(4t - 4). \quad (5 \text{ баллов})$$

$$t = 17 \text{ с.} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задача 4 (20 баллов)

Тело роняют над массивной плитой на высоте $H=1,5$ м от неё. Плита движется вертикально вверх со скоростью $u=0,5$ м/с. Определите время между двумя последовательными ударами тела о плиту. Удары абсолютно упругие. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с².

Ответ: 1,1 секунды

Решение:

Расстояние от тела до плиты:

$$H = \frac{gt^2}{2} + ut, \quad (4 \text{ балла})$$

$$5t^2 + 0,5t - 1,5 = 0.$$

Следовательно, до удара прошло $t = 0,5$ с. (4 балла)

Скорость тела перед ударом:

$$v = gt = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ м/с.} \quad (4 \text{ балла})$$

Относительно плиты скорость тела:

$$v_{\text{отн}} = v + u = 5,5 \text{ м/с.} \quad (4 \text{ балла})$$

Время между двумя последовательными ударами:

$$\Delta t = \frac{2v_{\text{отн}}}{g} = \frac{2 \cdot 5,5}{10} = 1,1 \text{ с.} \quad (4 \text{ балла})$$

ПРОФИЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Направление «Авиационная и ракетно-космическая техника»

Задача 5 (20 баллов)

Реактивный самолет пролетает с постоянной скоростью $v = 900$ км/ч путь $S = 1800$ км, затрачивая при этом горючее массой $m = 4$ т. Мощность двигателя $N = 5900$ кВт; коэффициент полезного действия $\eta = 23\%$. Какова теплотворная способность Q горючего, применяемого самолетом?

Ответ: $Q = 46$ МДж/кг

Решение

Дано:

$$v = 900 \text{ км/ч} = 250 \text{ м/с}$$

$$S = 1800 \text{ км} = 1,8 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$m = 4 \text{ т} = 4 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$N = 5900 \text{ кВт} = 5,9 \cdot 10^6 \text{ Вт}$$

$$\eta = 23\%.$$

.....

$$Q = ?$$

Полезная теплота, выделяемая при горении топлива:

$$q = \eta Q m$$

Мощность двигателя:

$$N = F \cdot v$$

Где F – сила совершающая работу (сила тяги)

$$F = \frac{N}{v}$$

Работа, совершаемая силой тяги

$$A = \frac{N}{v} \cdot S ; \quad A = \eta Q m$$

$$\frac{N}{v} \cdot S = \eta Q m$$

Теплотворная способность топлива

$$Q = \frac{N \cdot S}{v \cdot \eta \cdot m}$$

$$Q = \frac{5,9 \cdot 10^6 \cdot 1,8 \cdot 10^6}{0,23 \cdot 250 \cdot 4 \cdot 10^3} = 46 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Направление «Биотехнологии»

Задача 5 (20 баллов)

Соотнесите вид микроорганизма и основной продукт метаболизма. Ответ представьте в виде: 1Г, 2А...

Saccharomyces cerevisiae

А) молочная кислота

Lactococcus lactis

Б) пропионовая кислота

Clostridium pasteurianum

В) спирт

Propionibacterium freudenreichii

Г) масляная кислота

Ответ: 1В, 2А, 3Г, 4Б

Направление «Информационная безопасность»

Задача 5 (20 баллов)

В информатике, а точнее в её сфере, связанной с шифрованием информации, нередко используют большие числа, длиной в сотни и тысячи знаков. Прикоснитесь к данной теме, найдя две последние цифры числа 27^{960} .

Ответ: 01

Направление «Машиностроение»

Задача 5 (20 баллов)

Легкая пружина с жесткостью $k=20$ Н/м и длины $L=1$ м стоит вертикально на столе. С высоты $H=1,1$ м на нее падает шарик массы $m=1$ кг. Какую максимальную скорость будет иметь шарик при своем движении вниз? ($g=10$ м/с²).

Ответ: 2,65 м/с.

Решение. При условии $mg - kx = 0$, где x – сжатие пружины, ускорение обратится в ноль, а скорость достигнет максимальной величины. Отсюда деформация пружины $x = mg/k$. Механическая энергия системы шарик-пружина сохраняется, значит: $mgH = mg(L - x) + mv^2/2 + kx^2$. Подставляя сюда $x = mg/k$, получим:

$$v = \sqrt{2g(H - L) + mg^2/k} = \sqrt{2 \cdot 10(1,1 - 1) + 1 \cdot 100/20} = 2,65 \text{ м/с.}$$

Направление «Техника и технологии наземного транспорта»

Пояснение к задаче

Из теории автомобиля известно:

1. Сила дорожного сопротивления, которую преодолевает автомобиль при движении, определяется по формуле:

$$P_{\varphi} = P_f + P_{\alpha}, \quad (1)$$

где P_{φ} – сила дорожного сопротивления, Н; P_f – сила сопротивления качению, Н; P_{α} – сила сопротивления подъему, Н.

При этом:

$$P_f = G_A f \cos \alpha, \quad (2)$$

где G_A – вес автомобиля, Н; f – коэффициент сопротивления качению, зависит от типа и состояния дороги, в общем случае берется из специальных таблиц (фрагмент представлен в таблице 1); α – угол подъема дороги.

$$P_{\alpha} = \pm G_A \sin \alpha, \quad (3)$$

Знак «+» берется в том случае, когда автомобиль движется на подъем, знак «-» – при движении автомобиля на спуске.

2. Сила сопротивления воздуха определяется из выражения:

$$P_w = k \cdot F_A \cdot V_A^2, \quad (4)$$

где P_w – сила сопротивления воздуха, Н; k – коэффициент обтекаемости автомобиля, $\frac{H \cdot c^2}{M^4}$, берется из специальных таблиц; F_A – площадь поперечного сечения автомобиля, M^2 ;

V_A – скорость движения автомобиля, м/с.

3. Условия движения автомобиля:

– равномерное движение $P_A = P_{\varphi} + P_w$;

– движение с ускорением $P_A > P_{\varphi} + P_w$;

– движение с замедлением (без буксования) $P_A < P_{\varphi} + P_w$,

где P_A – сила тяги на колесах автомобиля, Н.

Таблица 1

Средние значения коэффициента сопротивления качению

№ п/п	Виды покрытия дороги	Коэффициент, f
1	Асфальт	0,015
2	Мокрая грунтовая дорога	0,1
3	Сыпучий песок	0,2
4	Хорошо укатанный снег	0,029
5	Лед ровный	0,025

Задача 5 (20 баллов)

Грузовой автомобиль массой 18 000 кг движется по горизонтальной асфальтированной дороге, находящейся в отличном состоянии. Известно, что сила тяги на ведущих колесах автомобиля равна 2800 Н. Определите, как движется автомобиль (равномерно, с ускорением или с замедлением). Силой сопротивления воздуха можно пренебречь.

Ответ: автомобиль будет двигаться с ускорением.

Решение:

1. Из пояснений к задачам понятно, что в данном случае (движение автомобиля осуществляется по горизонтальному участку дороги, а его сопротивлением воздухом можно пренебречь) сила дорожного сопротивления будет определяться выражением:

$$P_{\varphi} = P_f = G_A f \cos \alpha, \quad (1)$$

где P_{φ} – сила дорожного сопротивления, Н; P_f – сила сопротивления качению, Н; G_A – вес автомобиля, Н; f – коэффициент сопротивления качению; α – угол подъема дороги. Так как дорога горизонтальная, то $\alpha = 0$.

Определяем вес автомобиля:

$$G_A = m_A \cdot g = 18\,000 \cdot 9,8 = 176\,400 \text{ Н}, \quad (2)$$

где m_A – масса автомобиля, кг; g – ускорение свободного падения, м/с².

3. Подставляем величину G_A из выражения (2) в выражение (1). Значение коэффициента сопротивления качению выбираем из таблицы 1. Имеем $f = 0,015$.

$$P_{\varphi} = 176\,400 \cdot 0,015 = 2646 \text{ Н}. \quad (3)$$

4. Используем условия движения автомобиля из пояснений к задачам. В нашем случае:

$$P_A = 2800 \text{ Н},$$

то есть $P_A > P_{\varphi}$, следовательно, автомобиль будет двигаться с ускорением.

Направление «Приборостроение»

Задача 5 (20 баллов)

Размерностью физической величины $\dim Q$ называют выражение в форме степенного многочлена, отражающее связь данной величины с основными величинами системы Си:

$$\dim Q = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} I^{\delta} \Theta^{\varepsilon} N^{\zeta} J^{\eta},$$

где L, M, T, I, Θ , N, J – условные обозначения основных величин системы Си (таблица); $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta, \eta$ – целые или дробные, положительные или отрицательные вещественные числа (показатели размерности).

Таблица – Основные величины системы Си

Физическая величина		Единица	
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение
Длина	L	метр	м
Масса	M	килограмм	кг
Время	T	секунда	с
Сила электрического тока	I	ампер	A
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	K
Количество вещества	N	моль	моль
Сила света	J	кандела	кд

Пример 1: единица скорости образуется при помощи уравнения, определяющего скорость:

$$v = l/t$$

Тогда размерность скорости:

$$\dim v = (\dim l)/(\dim t) = LT^{-1}$$

Единица скорости:

$$[v] = [l]/[t] = (1 \text{ м})/(1 \text{ с}) = 1 \text{ м/с}$$

Пример 2: плотность есть отношение массы к объему:

$$\rho = m/V$$

Размерность объема:

$$\dim V = L^3$$

Тогда размерность плотности:

$$\dim \rho = (\dim m)/(\dim V) = L^{-3}M$$

Единица плотности:

$$[\rho] = [m]/[V] = (1 \text{ кг})/(1 \text{ м}^3) = 1 \text{ кг/м}^3$$

Выведите размерность и единицу давления.

Ответ:

Размерность давления: $L^{-1}MT^{-2}$

Единица давления: 1 Па

Решение:

Давление есть сила, действующая на единицу площади:

$$P = F/S$$

Размерность площади S:

$$\dim S = L^2$$

Размерность силы:

$$\dim F = \dim(m \cdot a) = \dim(m \cdot v/t) = \dim(m \cdot l/t^2) = LMT^{-2}$$

Размерность давления:

$$\dim P = (\dim F)/(\dim S) = L^{-1}MT^{-2}$$

Единица давления:

$$[P] = [F]/[S] = (1 \text{ Н})/(1 \text{ м}^2) = (1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2)/(1 \text{ м}^2) = 1 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с}^2) = 1 \text{ Па}$$

Направление «Технологии кораблестроения и водного транспорта»

Задача 5 (20 баллов)

Корабль идя со скоростью $v = 15$ узлов (1 узел = 1 миля /ч = 1852 м/ч) начинает экстренное торможение работой винтов на задний ход и до полной остановки проходит = 10 мин. Определить ускорение a и путь S торможения

Ответ: $a = -0,013 \text{ м/с}^2$, $S = 1,254 \text{ мили}$

Решение:

$$a = v / t = \frac{0-15 \cdot 1852}{3600 \cdot 10 \cdot 60} = -0,013 \text{ м/с}^2$$

$$S = vt - \frac{at^2}{2} = 7,72 \cdot 600 - 0,013 \cdot 600 \cdot 600 / 2 = 2292 \text{ м} = 1,24 \text{ мили}$$

Направление «Технологии материалов»

Задача 5 (20 баллов)

Какая из перечисленных солей имеет минимальную молярную массу, запишите ее значение: поваренная соль NaCl, каустическая соль NaOH, бертолетова соль KClO₃? Определите массу раствора, которая может быть получена при растворении 0,5 моль выбранного вещества в 300 г дистиллированной воды?

Ответ: каустическая соль, 40 г/моль, 320 г

Решение:

1) Рассчитаем молярную массу солей: $M(\text{NaCl}) = 23 + 35,5 = 58,5$ г/моль

$M(\text{NaOH}) = 23 + 16 + 1 = 40$ г/моль

$M(\text{KClO}_3) = 39 + 35,5 + 16 \cdot 3 = 122,5$ г/моль

2) Определим массу соли $m = M \cdot n = 40 \cdot 0,5 = 20$ г

3) Определим массу раствора $m_{\text{р-ра}} = m_{\text{вв}} + m_{\text{р-ля}} = 20 + 300 \text{ г} = 320$ г

Направление «Химические технологии»

Задача 5 (20 баллов)

Производительность муфельной печи по производству оксида цинка 1,12 тонн/час. Через какое время система из 12 бункеров, в которые поступает оксид цинка будет заполнена, если известно, что он имеет цилиндрическую форму. Высота бункера 120 м, диаметр 3 м. Насыпная плотность оксида цинка 560 кг/м³. Печь непрерывного действия.

Ответ: 20347,2 часов

Решение.

1. Найдем объем бункера

$$V_{\text{общ.}} = \pi d^2 \cdot h = 3,14 \cdot 9 \cdot 120 = 3391,2 \text{ м}^3$$

2. Найдем общий объем бункеров $3391,2 \cdot 12 = 40694,4 \text{ м}^3$

3. Определим каков объем 1,12 тонны (1120 кг) оксида цинка $1120 / 560 = 2 \text{ м}^3$

Таким образом, каждый час бункеры заполняются на 2 м^3 .

4. Определим временной промежуток $40694 / 2 = 20347,2$ часов

Направление «Техника и технологии строительства»

Задача 5 (20 баллов)

На строительной площадке нужно забетонировать 12 колонн, размеры колонн 40х40х300 см. Объем автобетоносмесителя 6 м³, подача бетонной смеси осуществляется через бетононасос, для запуска и промывки бетононасоса понадобится дополнительно 200 л бетонной смеси. Какое количество рейсов нужно совершить автобетоносмесителю для того, чтобы забетонировать все колонны?

Ответ: 1 рейс.

Решение. Приведем все значения к единым единицам измерения размер колонны 0,4х0,4х3м, объем смеси для запуска и промывки насоса 0,2 м³.

1. Определим объем колонны $0,4 \cdot 0,4 \cdot 3 = 0,48 \text{ м}^3$.
2. Общее количество бетонной смеси для колонн $0,48 \cdot 12 = 5,76 \text{ м}^3$.
3. Объем бетонной смеси на колонны, запуск и промывку насоса $5,76 + 0,2 = 5,96 \text{ м}^3$.
4. Требуемое количество рейсов $5,96 / 6 = 0,99$, округляем в большую сторону, требуется 1 рейс.

Направление «Экологическая безопасность»

Задача 5 (20 баллов)

Нефтебазы, на которых хранятся и перерабатывается нефть и нефтепродукты, относятся к опасным производственным объектам. Если резервуар, где находятся нефтепродукты получает сильные повреждения, то может происходить разлитие нефтепродуктов в грунт, и есть опасность возникновения пожара, при котором в атмосферный воздух выбрасываются загрязняющие вещества (продукты горения нефти и нефтепродуктов).

Экологический ущерб от загрязнения окружающей среды (т.е. вред, нанесенный окружающей среде, выраженный в денежном эквиваленте) при выбросах загрязняющих веществ в атмосферу при горении нефтепродуктов рассчитывается следующим образом

$$У = 100 \cdot \sum_{i=1}^n C_i \cdot M_i \cdot K_{от} \cdot K_{ин},$$

где 100 – штрафной коэффициент за сверхлимитный выброс,

C_i – норматив платы за выброс 1 тонны i -го загрязняющего вещества, руб.;

M_i – фактическая масса выброса i -го загрязняющего вещества (т);

$K_{от}$ – дополнительный коэффициент к ставкам платы в отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, равный 2,0 для особо охраняемых территорий, в остальных случаях равен 1,0;

$K_{ин}$ – коэффициент индексации платы за негативное воздействие на окружающую среду, который устанавливается ежегодно законом о бюджете Российской Федерации (в 2024 г равен 1,32).

Оценить экологический ущерб (руб) за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при горении бензина в резервуаре, получившем сильные разрушения. Территория не относится к особо охраняемым.

Наименование загрязняющего вещества	Фактическая масса выброса загрязняющего вещества (т)	Норматив платы за выброс 1 т загрязняющего вещества (руб/т)
Азота диоксид	32,5	138,8
Азота оксид	8,9	93,5
Серы диоксид	2,3	45,4
Углерода оксид	1104,4	1,6
Формальдегид	2,1	1823,6

Ответ: ориентировочно 1457830,44 руб.

Решение.

1. Находим $C_i \cdot M_i$ для каждого вещества

Или можно $C_i \cdot M_i \cdot K_{от} \cdot K_{ин}$

Наименование	$C_i \cdot M_i$	$C_i \cdot M_i \cdot K_{от} \cdot K_{ин}$
Азота диоксид	$32,5 \cdot 138,8 = 4511$	$32,5 \cdot 138,8 \cdot 1 \cdot 1,32 = 5954,52$
Азота оксид	$8,9 \cdot 93,5 = 832,15$	$8,9 \cdot 93,5 \cdot 1 \cdot 1,32 = 1098,438$
Серы диоксид	$2,3 \cdot 45,4 = 104,42$	$2,3 \cdot 45,4 \cdot 1 \cdot 1,32 = 137,8344$
Углерода оксид	$1104,4 \cdot 1,6 = 1767,04$	$1104,4 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1,32 = 2332,493$
Формальдегид	$2,1 \cdot 1823,6 = 3829,56$	$2,1 \cdot 1823,6 \cdot 1 \cdot 1,32 = 5055,019$
Σ	11044,17	14578,3044

2. $У = 100 \cdot 11044,17 \cdot 1 \cdot 1,32 = 1457830,44$ руб.

или $У = 100 \cdot 14578,3044 = 1457830,44$ руб.

Критерии оценивания

20 баллов – весь расчет верен

10 баллов – допущены ошибки, но ход решения верен.



БАЗОВАЯ ЧАСТЬ

Задача 1 (20 баллов)

В течение 2023 и 2024 годов количество заболевших корью уменьшалось ежегодно на один и тот же процент в сравнении с количеством заболевших предыдущего года. За 2023 год количество заболевших сократилось более чем вдвое по сравнению с 2022 годом, а в 2024 году количество заболевших уменьшилось в 4,5 раза по сравнению с 2022 годом. На сколько процентов ежегодно уменьшалось количество заболевших корью?

Ответ: $66\frac{2}{3}$.

Решение. Пусть на $p\%$ уменьшалось количество заболевших в 2023 и 2024 годах. Введём коэффициент $k = 1 - \frac{p}{100}$. Пусть количество заболевших корью в 2022 году равно S . Тогда количество заболевших в течение 2023 года равно $S \cdot k$, по условию задачи $S \cdot k \leq \frac{S}{2}$. За два года получаем количество заболевших $S \cdot k^2$, следовательно, за

второй год заболело $Sk - Sk^2$ и оно равно $\frac{S}{4,5}$. Итак, получена система
$$\begin{cases} k \leq \frac{1}{2}, \\ k - k^2 = \frac{1}{4,5}. \end{cases}$$

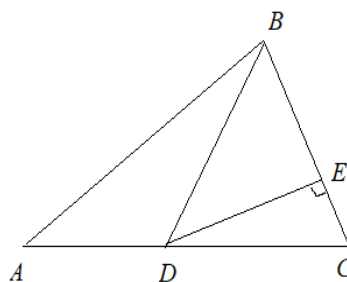
Решим второе уравнение: $k^2 - k + \frac{2}{9} = 0$. Его корни $\frac{1}{3}$ и $\frac{2}{3}$, причём, второй корень не удовлетворяет первому неравенству системы. В итоге получаем $1 - \frac{p}{100} = \frac{1}{3}$, откуда $p = 66\frac{2}{3}$.

Задача 2 (20 баллов)

На стороне AC треугольника ABC выбрана точка D так, что $AD:DC=2:3$. Длина перпендикуляра, опущенного из точки D на сторону BC , равна 9. Найдите сторону BC , если площадь треугольника ABC равна 30.

Ответ: 4.

Решение. Обозначим E – основание перпендикуляра из точки D на сторону BC .



Площадь треугольника BCD равна $\frac{3}{5}$ от площади треугольника ABC , так как $AD:DC=2:3$. Имеем $S_{BCD} = \frac{3}{5} \cdot 30 = 18$. С другой стороны, $S_{BCD} = \frac{1}{2} \cdot DE \cdot BC$. Получаем $\frac{1}{2} \cdot 9 \cdot BC = 18$, следовательно, $BC=4$.

Задача 3 (20 баллов)

Поезд трогается с места и равноускорено проходит мимо неподвижного пассажира. Первый вагон прошел мимо него за время $t_1 = 6$ с, а последний за время $t_2 = 2$ с. За какое время мимо пассажира прошел весь поезд, если изначально пассажир стоял у головы поезда?

Ответ: 10 секунд

Решение:

Пусть L – длина одного вагона, тогда для первого вагона получаем:

$$L = \frac{at_1^2}{2} = \frac{a}{2} \cdot 36. \quad (5 \text{ баллов})$$

Для последнего вагона получаем:

$$L = \frac{at^2}{2} - \frac{a(t-t_2)^2}{2} = \frac{a}{2}(4t - 4). \quad (5 \text{ баллов})$$

Получаем:

$$\frac{a}{2} \cdot 36 = \frac{a}{2}(4t - 4). \quad (5 \text{ баллов})$$

$$t = 10 \text{ с.} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задача 4 (20 баллов)

Тело роняют над массивной плитой на высоте $H=4$ м от неё. Плита движется вертикально вверх со скоростью $u=1$ м/с. Определите время между двумя последовательными ударами тела о плиту. Удары абсолютно упругие. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с².

Ответ: 1,8 секунды

Решение:

Расстояние от тела до плиты:

$$H = \frac{gt^2}{2} + ut, \quad (4 \text{ балла})$$

$$5t^2 + 1 \cdot t - 4 = 0.$$

Следовательно, до удара прошло $t = 0,8$ с. (4 балла)

Скорость тела перед ударом:

$$v = gt = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ м/с.} \quad (4 \text{ балла})$$

Относительно плиты скорость тела:

$$v_{\text{отн}} = v + u = 9 \text{ м/с.} \quad (4 \text{ балла})$$

Время между двумя последовательными ударами:

$$\Delta t = \frac{2v_{\text{отн}}}{g} = \frac{2 \cdot 9}{10} = 1,8 \text{ с.} \quad (4 \text{ балла})$$

ПРОФИЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Направление «Авиационная и ракетно-космическая техника»

Задача 5 (20 баллов)

Железнодорожная платформа движется по инерции со скоростью $v_0 = 3$ км/ч. На платформе укреплено пусковое устройство для запуска противотанковых ракет. Масса платформы с устройством $M = 10$ т.

Запуск ракеты массой $m = 10$ кг произведен в сторону движения платформы под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту.

Определить скорость ракеты (относительно Земли), если после выстрела скорость платформы уменьшилась в $n = 2$ раза.

Ответ: $v = 834,7$ м/с

Решение

Дано:

$$v_0 = 3 \text{ км/ч} = 0,833 \text{ м/с}$$

$$M = 10 \text{ т} = 10^4 \text{ кг}$$

$$m = 10 \text{ кг}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$v_1 = \frac{v_0}{n}$$

$$n = 2$$

.....

$$v = ?$$

Закон сохранения импульса:

$$(m + M) v_0 = mv \cos \alpha + \frac{Mv_0}{n}$$

$$\text{или } mv \cos \alpha = mv_0 + Mv_0 - \frac{Mv_0}{2}$$

$$mv \cos \alpha = mv_0 + \frac{Mv_0}{2}$$

$$v = \frac{(m + \frac{1}{2}M)v_0}{m \cos \alpha}$$

$$v = \frac{(10 + 0,5 \cdot 10^4) \cdot 0,833}{10 \cdot \cos 60^\circ} = 834,7$$

Направление «Биотехнологии»

Задача 5 (20 баллов)

Генная инженерия позволяет в лаборатории синтезировать белки, идентичные по составу природным белкам. Биосинтез белка – это процесс создания сложных органических веществ в ходе биохимических реакций. Последовательность аминокислот в каждом белке определяется последовательностью нуклеотидов в гене —

участке ДНК, кодирующем определенный белок. Определите молекулярную массу гена, если в одной его цепи запрограммирован белок с молекулярной массой 1600. В решении задачи помогут следующие данные: средняя молекулярная масса одной аминокислоты – 100; молекулярная масса одного нуклеотида 345.

Ответ: 33120

Решение:

1. Подсчитаем количество аминокислот в белке: $1600 : 100 = 16$ аминокислот
2. Подсчитаем количество нуклеотидов в одной цепи гена: $16 \cdot 3 = 48$ нуклеотидов
3. Найдем молекулярную массу одной цепи гена: $48 \cdot 345 = 16560$
4. Найдем молекулярную массу двух цепей: $16560 \cdot 2 = 33120$

Направление «Информационная безопасность»

Задача 5 (20 баллов)

Некоторая охранная система генерирует пароли по следующему правилу: они состоят из четырех цифр, причем таким образом, что первая цифра равна сумме трех других. Какое количество попыток понадобится для перебора всех возможных паролей, если известна первая цифра?

Ответ: 55

Направление «Машиностроение»

Задача 5 (20 баллов)

Легкая пружина с жесткостью $k=20$ Н/м и длины $L=1$ м стоит вертикально на столе. С высоты $H=1,1$ м на нее падает шарик массы $m=2$ кг. Какую максимальную скорость будет иметь шарик при своем движении вниз? ($g=10$ м/с²).

Ответ: 3,46 м/с.

Решение. При условии $mg - kx = 0$, где x – сжатие пружины, ускорение обратится в ноль, а скорость достигнет максимальной величины. Отсюда деформация пружины $x = mg/k$. Механическая энергия системы шарик-пружина сохраняется, значит: $mgH = mg(L - x) + mv^2/2 + kx^2$. Подставляя сюда $x = mg/k$, получим:

$$v = \sqrt{2g(H - L) + mg^2/k} = \sqrt{2 \cdot 10(1,1 - 1) + 2 \cdot 100/20} = 3,46 \text{ м/с.}$$

Направление «Техника и технологии наземного транспорта»

Пояснение к задаче

Из теории автомобиля известно:

1. Сила дорожного сопротивления, которую преодолевает автомобиль при движении, определяется по формуле:

$$P_\phi = P_f + P_\alpha, \quad (1)$$

где P_ϕ – сила дорожного сопротивления, Н; P_f – сила сопротивления качению, Н; P_α – сила сопротивления подъему, Н.

При этом:

$$P_f = G_A f \cos \alpha, \quad (2)$$

где G_A – вес автомобиля, Н; f – коэффициент сопротивления качению, зависит от типа и состояния дороги, в общем случае берется из специальных таблиц (фрагмент представлен в таблице 1); α – угол подъема дороги.

$$P_\alpha = \pm G_A \sin \alpha, \quad (3)$$

Знак «+» берется в том случае, когда автомобиль движется на подъем, знак «-» – при движении автомобиля на спуске.

2. Сила сопротивления воздуха определяется из выражения:

$$P_w = k \cdot F_A \cdot V_A^2, \quad (4)$$

где P_w – сила сопротивления воздуха, Н; k – коэффициент обтекаемости автомобиля, $\frac{H \cdot c^2}{M^4}$, берется из специальных таблиц; F_A – площадь поперечного сечения автомобиля, M^2 ;

V_A – скорость движения автомобиля, м/с.

3. Условия движения автомобиля:

– равномерное движение $P_A = P_\phi + P_w$;

– движение с ускорением $P_A > P_\phi + P_w$;

– движение с замедлением (без буксования) $P_A < P_\phi + P_w$,

где P_A – сила тяги на колесах автомобиля, Н.

Таблица 1

Средние значения коэффициента сопротивления качению

№ п/п	Виды покрытия дороги	Коэффициент, f
1	Асфальт	0,015
2	Мокрая грунтовая дорога	0,1
3	Сыпучий песок	0,2
4	Хорошо укатанный снег	0,029
5	Лед ровный	0,025

Задача 5 (20 баллов)

Определить тип покрытия горизонтальной дороги, по которой равномерно движется грузовой автомобиль массой 12 500 кг. Известно, что сила тяги на его ведущих колесах равна 1800 Н. Силой сопротивления воздуха можно пренебречь.

Ответ: автомобиль движется по асфальту.

Решение:

1. Из пояснений к задачам имеем условие равномерного движения автомобиля:

$$P_A = P_\phi + P_w, \quad (1)$$

где P_A – сила тяги на колесах автомобиля, Н; P_ϕ – сила дорожного сопротивления, Н;

P_w – сила сопротивления воздуху, Н.

2. В данном случае (горизонтальный участок дороги, сопротивлением воздуха можно пренебречь), имеем:

$$P_\phi = P_f = G_A f \cos \alpha, \quad (2)$$

где P_ϕ – сила дорожного сопротивления, Н; P_f – сила сопротивления качению, Н; G_A – вес автомобиля, Н; f – коэффициент сопротивления качению; α – угол подъема дороги.

3. Подставляем выражением (2) в (1). Получаем:

$$P_A = G_A f \cos \alpha. \quad (3)$$

4. Видоизменяем выражение (3) относительно искомой величины f , и учтем, что поскольку автомобиль движется по горизонтальному участку дороги, то $\alpha = 0$.

$$f = \frac{P_A}{G_A \cos \alpha} = \frac{P_A}{G_A}. \quad (4)$$

5. Определяем вес автомобиля:

$$G_A = m_A \cdot g = 12\,500 \cdot 9,8 = 122\,500 \text{ Н}, \quad (5)$$

где m_A – масса автомобиля, кг; g – ускорение свободного падения, м/с².

6. Подставляем из условий задачи в выражение (4) числовые значения величин:

$$f = \frac{1800}{122\,500} = 0,015. \quad (6)$$

7. В справочной таблице 1 по величине f находим тип соответствующего покрытия дороги. Имеем $f = 0,015$ – асфальт.

Направление «Приборостроение»

Задача 5 (20 баллов)

Размерностью физической величины $\dim Q$ называют выражение в форме степенного многочлена, отражающее связь данной величины с основными величинами системы Си:

$$\dim Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\delta \Theta^\varepsilon N^\zeta J^\eta,$$

где L, M, T, I, Θ, N, J – условные обозначения основных величин системы Си (таблица); $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta, \eta$ – целые или дробные, положительные или отрицательные вещественные числа (показатели размерности).

Таблица – Основные величины системы Си

Физическая величина		Единица	
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение
Длина	L	метр	м
Масса	M	килограмм	кг
Время	T	секунда	с
Сила электрического тока	I	ампер	A
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	K
Количество вещества	N	моль	моль
Сила света	J	кандела	кд

Ответ:

Размерность мощности: $L^2 M T^{-3}$

Единица мощности: 1 Вт

Пример 1: единица скорости образуется при помощи уравнения, определяющего скорость:

$$v = l/t$$

Тогда размерность скорости:

$$\dim v = (\dim l)/(\dim t) = LT^{-1}$$

Единица скорости:

$$[v] = [l]/[t] = (1 \text{ м})/(1 \text{ с}) = 1 \text{ м/с}$$

Пример 2: плотность есть отношение массы к объему:

$$\rho = m/V$$

Размерность объема:

$$\dim V = L^3$$

Тогда размерность плотности:

$$\dim \rho = (\dim m)/(\dim V) = L^{-3}M$$

Единица плотности:

$$[\rho] = [m]/[V] = (1 \text{ кг})/(1 \text{ м}^3) = 1 \text{ кг/м}^3$$

Выведите размерность и единицу мощности.

Решение:

Мощность есть работа силы, совершаемая в единицу времени:

$$W = A/t$$

Работа есть произведение силы на перемещение:

$$A = F \cdot l$$

Тогда мощность можно представить как произведение силы на скорость:

$$W = F \cdot l/t = F \cdot v$$

Размерность силы:

$$\dim F = \dim(m \cdot a) = \dim(m \cdot v/t) = \dim(m \cdot l/t^2) = LMT^{-2}$$

Размерность мощности:

$$\dim W = (\dim F) \times (\dim v) = LMT^{-2} \times LT^{-1} = L^2MT^{-3}$$

Единица мощности:

$$[W] = [F][V] = (1 \text{ Н}) \times (1 \text{ м/с}) = (1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2) \times (1 \text{ м/с}) = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^3 = 1 \text{ Вт}$$

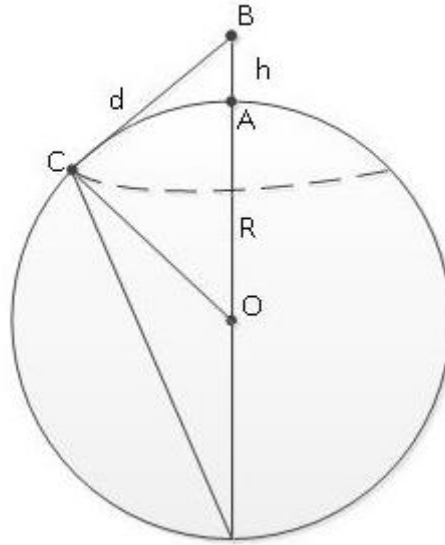
Направление «Технологии кораблестроения и водного транспорта»

Задача 5 (20 баллов)

На какой высоте h над уровнем моря надо находиться, чтобы на расстоянии $d = 3$ мили (1миля = 1,852 км) от корабля заметить морской вражеский дрон. (Высотой надводной части дрона пренебречь) Радиус земли $R = 6378$ км

Ответ: $h = 2,4$ м

Решение:



$$d = \sqrt{(R + h)^2 - R^2}$$

$$(R+h)^2 - R^2 = d^2$$

$$h = \sqrt{d^2 + R^2} - R = \sqrt{((3 * 1.852)^2 + 6378^2)} - 6378 = 6378.0024 \text{ км} = 2,4 \text{ м}$$

Направление «Технологии материалов»

Задача 5 (20 баллов)

Какое из перечисленных веществ имеет максимальную молярную массу, запишите ее значение: пищевая сода NaHCO_3 , железный купорос FeSO_4 или поташ K_2CO_3 ? Определите массу раствора, которая может быть получена при растворении 2 моль выбранного вещества в 600 г воды дистиллированной?

Ответ: железный купорос, 152 г/моль, 904 г

Решение:

1) Рассчитаем молярную массу солей: $M(\text{NaHCO}_3) = 23 + 1 + 12 + 16 * 3 = 84$ г/моль

$M(\text{FeSO}_4) = 56 + 32 + 16 * 4 = 152$ г/моль

$M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 39 * 2 + 12 + 16 * 3 = 138$ г/моль

Железный купорос имеет наибольшую молярную массу.

2) Определим массу соли: $m = M * n = 152 * 2 = 304$ г

3) Определим массу раствора $m_{\text{р-ра}} = m_{\text{вв}} + m_{\text{р-ля}} = 304 + 600 \text{ г} = 904$ г

Направление «Химические технологии»

Задача 5 (20 баллов)

Бункер объемом 150 м^3 можно заполнять только на 75 % от общего объема. Через какое время необходимо будет произвести выгрузку готового продукта из бункера, если известно, что производительность реактора перед ним составляет 15 кг/ч? Продукт сухой и его насыпная плотность составляет 115 кг/м^3 .

Ответ: 862,5 часов.

Решение.

1. Найдем полезный объем бункера $150 * 0,75 = 112,5 \text{ м}^3$
2. Определим сколько килограммов продукта может вместить бункер. В 1 м^3 115 кг продукта, соответственно в $112,5 \text{ м}^3$
 $112,5 * 115 = 12937,5 \text{ кг}$
3. Определим временной промежуток $12937,5 / 15 = \mathbf{862,5 \text{ часов.}}$

Направление «Техника и технологии строительства»

Задача 5 (20 баллов)

Прочность бетонного образца при испытании на сжатие на гидравлическом прессе составила 54 МПа (предельное давление, которое он выдерживает), размеры образца $15 \times 15 \times 15 \text{ см}$. Какая сила (в кН) была приложена для разрушения такого образца?

Ответ: 1215 кН.

Решение

1. Определим площадь, на которую оказывалось давление $15 * 15 = 225 \text{ см}^2$, переведем в СИ $0,0225 \text{ м}^2$.
2. Переведем МПа в Па 54 000 000 Па .
3. Определим силу необходимую для разрушения образца $54 \text{ 000 000} * 0,0225 = 1215 \text{ кН}$.

Направление «Экологическая безопасность»

Задача 5 (20 баллов)

Согласно Федеральному закону от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» негативное воздействие предприятий на окружающую среду, которое они оказывают в ходе своей хозяйственной деятельности, является платным.

Один из видов платежей, которые взимаются с предприятия за загрязнение окружающей среды, – это выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными источниками.

Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу производится в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 31.05.2023 № 881 «Об утверждении Правил исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и отдельного положения акта Правительства Российской Федерации».

Для стационарных источников загрязнения при наличии нормативов допустимых выбросов и временно согласованных выбросов плата рассчитывается по формулам:

$$1) M_i \leq \text{НДВ}, P_i = M_i \cdot C_i \cdot K_{\text{от}} \cdot K_{\text{ин}},$$

$$2) \text{НДВ} < M_i \leq \text{ВСВ}, P_i = \text{НДВ}_i \cdot C_i \cdot K_{\text{от}} \cdot K_{\text{ин}} + 25 \cdot (M_i - \text{НДВ}_i) \cdot C_i \cdot K_{\text{от}} \cdot K_{\text{ин}},$$

$$3) M_i > \text{ВСВ}, P_i = \text{НДВ}_i \cdot C_i \cdot K_{\text{от}} \cdot K_{\text{ин}} + 25 \cdot (\text{ВСВ}_i - \text{НДВ}_i) \cdot C_i \cdot K_{\text{от}} \cdot K_{\text{ин}} + 100 \cdot (M_i - \text{ВСВ}_i) \cdot C_i \cdot K_{\text{от}} \cdot K_{\text{ин}},$$

где M_i - фактическая масса выброса i -го загрязняющего вещества (т),

НДВ_i - норматив допустимого выброса i -го загрязняющего вещества (т),

ВСВ_i - временно согласованный выброс i -го загрязняющего вещества (т),

C_i - норматив платы за сброс 1 т i -го загрязняющего вещества, руб,

$K_{\text{от}}$ - дополнительный коэффициент к ставкам платы в отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, равный 2,0 для особо охраняемых территорий, в остальных случаях равен 1,0;

$K_{\text{ин}}$ - коэффициент индексации платы за негативное воздействие на окружающую среду (в 2024 г равен 1,32).

Рассчитать общую плату за выбросы загрязняющих веществ на территории предприятия за текущий год, фактические массы сбросов представлены в таблице. Территория не относится к особо охраняемым.

Наименование загрязняющего вещества	Фактическая масса выброса загрязняющего вещества (т)	Норматив допустимого выброса (т)	Временно-согласованный выброс (т)	Норматив платы за выброс 1 т загрязняющего вещества (руб/т)
Углерода оксид	3,4	2,5	3,0	138,8
Азота оксид	2,7	3,0	3,5	93,5
Серы диоксид	1,4	1,0	1,5	45,4

Ответ: ориентировочно 11069,322 руб.

Решение.

1. Плата за выбросы оксида углерода

$M > \text{ВСВ}$, значит

$$P_1 = 2,5 \cdot 138,8 \cdot 1 \cdot 1,32 + 25 \cdot (3 - 2,5) \cdot 138,8 \cdot 1 \cdot 1,32 + 100 \cdot (3,4 - 3) \cdot 138,8 \cdot 1 \cdot 1,32 = 10076,88 \text{ руб.}$$

2. Плата за выбросы оксида азота

$M < \text{НДВ}$, значит

$$P_2 = 2,7 \cdot 93,5 \cdot 1 \cdot 1,32 = 333,234 \text{ руб.}$$

3. Плата за выбросы оксида серы

$\text{НДВ} < M < \text{ВСВ}$, значит

$$P_3 = 1 \cdot 45,4 \cdot 1 \cdot 1,32 + 25 \cdot (1,4 - 1) \cdot 45,4 \cdot 1 \cdot 1,32 = 659,208 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{общ}} = 11069,322 \text{ руб.}$$

Критерии оценивания

20 баллов – весь расчет верен

10 баллов – допущены ошибки, но ход решения верен.



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда»
«Техника и технологии»

11 класс

Отборочный этап
Вариант 1

2024-2025

БАЗОВАЯ ЧАСТЬ

Задача 1 (20 баллов)

В течение 2023 и 2024 годов количество заболевших корью уменьшалось ежегодно на один и тот же процент в сравнении с количеством заболевших предыдущего года. За 2023 год количество заболевших сократилось более чем вдвое по сравнению с 2022 годом, а в 2024 году количество заболевших уменьшилось в 7,2 раза по сравнению с 2022 годом. На сколько процентов ежегодно уменьшалось количество заболевших корью?

Ответ: $83\frac{1}{3}$.

Решение. Пусть на $p\%$ уменьшалось количество заболевших в 2023 и 2024 годах. Введём коэффициент $k = 1 - \frac{p}{100}$. Пусть количество заболевших корью в 2022 году равно S . Тогда количество заболевших в течение 2023 года равно $S \cdot k$, по условию задачи $S \cdot k \leq \frac{S}{2}$. За два года получаем количество заболевших $S \cdot k^2$, следовательно, за

второй год заболело $Sk - Sk^2$ и оно равно $\frac{S}{7,2}$. Итак, получена система
$$\begin{cases} k \leq \frac{1}{2}, \\ k - k^2 = \frac{1}{7,2}. \end{cases}$$

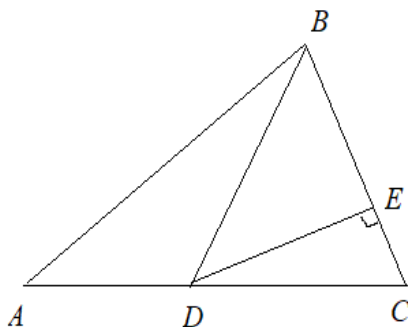
Решим второе уравнение: $k^2 - k + \frac{5}{36} = 0$. Его корни $\frac{1}{6}$ и $\frac{5}{6}$, причём, второй корень не удовлетворяет первому неравенству системы. В итоге получаем $1 - \frac{p}{100} = \frac{1}{6}$, откуда $p = 83\frac{1}{3}$.

Задача 2 (20 баллов)

На стороне AC треугольника ABC выбрана точка D так, что $AD:DC=3:5$. Длина перпендикуляра, опущенного из точки D на сторону BC , равна 10. Найдите сторону BC , если площадь треугольника ABC равна 64.

Ответ: 8.

Решение. Обозначим E – основание перпендикуляра из точки D на сторону BC .



Площадь треугольника BCD равна $\frac{5}{8}$ от площади треугольника ABC , так как $AD:DC=3:5$. Имеем $S_{BCD} = \frac{5}{8} \cdot 64 = 40$. С другой стороны, $S_{BCD} = \frac{1}{2} \cdot DE \cdot BC$. Получаем $\frac{1}{2} \cdot 10 \cdot BC = 40$, следовательно, $BC=8$.

Задача 3 (20 баллов)

Поезд трогается с места и равноускорено проходит мимо неподвижного пассажира. Первый вагон прошел мимо него за время $t_1 = 8$ с, а последний за время $t_2 = 2$ с. За какое время мимо пассажира прошел весь поезд, если изначально пассажир стоял у головы поезда?

Ответ: 17 секунд

Решение:

Пусть L – длина одного вагона, тогда для первого вагона получаем:

$$L = \frac{at_1^2}{2} = \frac{a}{2} \cdot 64. \quad (5 \text{ баллов})$$

Для последнего вагона получаем:

$$L = \frac{at^2}{2} - \frac{a(t-t_2)^2}{2} = \frac{a}{2}(4t - 4). \quad (5 \text{ баллов})$$

Получаем:

$$\frac{a}{2} \cdot 64 = \frac{a}{2}(4t - 4). \quad (5 \text{ баллов})$$

$$t = 17 \text{ с.} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задача 4 (20 баллов)

Тело роняют над массивной плитой на высоте $H=1,5$ м от неё. Плита движется вертикально вверх со скоростью $u=0,5$ м/с. Определите время между двумя последовательными ударами тела о плиту. Удары абсолютно упругие. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с².

Ответ: 1,1 секунды

Решение:

Расстояние от тела до плиты:

$$H = \frac{gt^2}{2} + ut, \quad (4 \text{ балла})$$

$$5t^2 + 0,5t - 1,5 = 0.$$

Следовательно, до удара прошло $t = 0,5$ с. (4 балла)

Скорость тела перед ударом:

$$v = gt = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ м/с}. \quad (4 \text{ балла})$$

Относительно плиты скорость тела:

$$v_{\text{отн}} = v + u = 5,5 \text{ м/с}. \quad (4 \text{ балла})$$

Время между двумя последовательными ударами:

$$\Delta t = \frac{2v_{\text{отн}}}{g} = \frac{2 \cdot 5,5}{10} = 1,1 \text{ с}. \quad (4 \text{ балла})$$

ПРОФИЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Направление «Авиационная и ракетно-космическая техника»

Задача 5 (20 баллов)

Определить массу и среднюю плотность вещества Луны, если ускорение свободного падения на её поверхности $g_L = 1,63 \text{ м/с}^2$; радиус Луны $R_L = 1,73 \cdot 10^6 \text{ м}$.

Ответ 1: $M_L = 7,3 \cdot 10^{22} \text{ кг}$

Ответ 2: $\rho_L = 3,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$

Решение

Дано:

$$R_L = 1,73 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$g_L = 1,63 \text{ м/с}^2$$

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2$ – гравитационная постоянная.

Сила тяжести, действующая на тело массой m

$$m g_L = G \frac{M_L m}{R_L^2};$$

Масса Луны

$$M_L = \frac{g_L R_L^2}{G}; \quad M_L = \frac{1,63 \cdot 1,73^2 \cdot 10^{12}}{6,67 \cdot 10^{-11}} = 7,3 \cdot 10^{22}$$

$$\rho_L = \frac{M_L}{\frac{4}{3} \pi G R_L^3}; \quad \rho_L = \frac{3 \cdot 1,63}{4 \cdot 3,14 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,73 \cdot 10^6} = 3,3 \cdot 10^3$$

Направление «Биотехнологии»

Задача 5 (20 баллов)

Укажите последовательность биотехнологического процесса получения ферментных препаратов поверхностным способом:

- 1) Выделение из культуры очищенных препаратов ферментов
- 2) Выращивание культуры-продуцента
- 3) Приготовление питательной среды и посевного материала
- 4) Получение товарной формы

Ответ: 3, 2, 1, 4

Направление «Информационная безопасность»

Задача 5 (20 баллов)

В информатике, а точнее в её сфере, связанной с шифрованием информации, нередко используют большие числа, длиной в сотни и тысячи знаков. Прикоснитесь к данной теме, найдя три последние цифры числа 343^{2967} .

Ответ: 007

Направление «Машиностроение»

Задача 5 (20 баллов)

Некоторая сила F приложена к ящику массой $M=100$ кг под углом $\alpha=30^\circ$ к горизонту, под действием которой он равномерно и прямолинейно движется по горизонтальной плоскости с коэффициентом трения $k=0,3$. Найти значение этой силы.

Ответ: 294 Н.

Решение.

Уравнение равновесия будет иметь вид: $k(Mg-F\sin\alpha)=F\cos\alpha$. Откуда находим

$$F=kMg/\cos\alpha+k\sin\alpha=0,3\cdot 100\cdot 10/0,87+0,3\cdot 0,5=294 \text{ Н.}$$

Направление «Техника и технологии наземного транспорта»

Пояснение к задаче

Из теории автомобиля известно:

1. Сила дорожного сопротивления, которую преодолевает автомобиль при движении, определяется по формуле:

$$P_\varphi = P_f + P_\alpha, \quad (1)$$

где P_φ – сила дорожного сопротивления, Н; P_f – сила сопротивления качению, Н;

P_α – сила сопротивления подъему, Н.

При этом:

$$P_f = G_A f \cos \alpha, \quad (2)$$

где G_A – вес автомобиля, Н; f – коэффициент сопротивления качению, зависит от типа и состояния дороги, в общем случае берется из специальных таблиц (фрагмент представлен в таблице 1); α – угол подъема дороги.

$$P_\alpha = \pm G_A \sin \alpha, \quad (3)$$

Знак «+» берется в том случае, когда автомобиль движется на подъем, знак «-» – при движении автомобиля на спуске.

2. Сила сопротивления воздуха определяется из выражения:

$$P_w = k \cdot F_A \cdot V_A^2, \quad (4)$$

где P_w – сила сопротивления воздуха, Н; k – коэффициент обтекаемости автомобиля, $\frac{H \cdot c^2}{M^4}$, берется из специальных таблиц; F_A – площадь поперечного сечения автомобиля, M^2 ;

V_A – скорость движения автомобиля, м/с.

3. Условия движения автомобиля:

– равномерное движение $P_A = P_\varphi + P_w$;

– движение с ускорением $P_A > P_\varphi + P_w$;

– движение с замедлением (без буксования) $P_A < P_\varphi + P_w$,

где P_A – сила тяги на колесах автомобиля, Н.

Таблица 1

Средние значения коэффициента сопротивления качению

№ п/п	Виды покрытия дороги	Коэффициент, f
1	Асфальтовая дорога в отличном состоянии	0,015
2	Гравийная дорога в хорошем состоянии	0,022
3	Гравийная дорога в плохом состоянии	0,028
4	Грунтовая дорога в хорошем состоянии	0,023
5	Мокрая грунтовая дорога	0,1
6	Хорошо укатанный снег	0,029

Задача 5 (20 баллов)

Груженный грузовой автомобиль массой 12 500 кг движется по асфальтированной дороге на подъем (с углом наклона 8 градусов).

Определите, какая сила тяги должна быть на колесах автомобиля, чтобы его движение было равномерным. Силой сопротивления воздуха можно пренебречь.

Ответ: сила тяги на колесах равна 18 969 Н.

Решение:

1. Из пояснений к задачам видно, что условие равномерного движения автомобиля в данном случае (силой сопротивления воздуха можно пренебречь) будет определяться из выражения:

$$P_A = P_\varphi = P_f + P_\alpha, \quad (1)$$

где P_A – сила тяги на колесах автомобиля, Н; P_ϕ – сила дорожного сопротивления, Н; P_f – сила сопротивления качению, Н; P_α – сила сопротивления подъему, Н. Поскольку автомобиль движется на подъем, то берется знак «+».

2. Сила сопротивления качению из пояснений к задаче определяется из выражения:

$$P_f = G_A f \cos \alpha, \quad (2)$$

где P_f – сила сопротивления качению, Н; G_A – вес автомобиля, Н; f – коэффициент сопротивления качению (определяем из таблицы 1); α – угол подъема дороги.

3. Сила сопротивления подъему из пояснений к задаче определяется из выражения:

$$P_\alpha = G_A \sin \alpha, \quad (3)$$

где P_α – сила сопротивления подъему, Н; G_A – вес автомобиля, Н; α – угол подъема дороги.

4. Определим вес автомобиля:

$$G_A = m_A \cdot g, \quad (4)$$

где m_A – масса автомобиля, кг; g – ускорение свободного падения, м/с².

5. Подставим в выражение (1) выражения (2), (3) и (4) и преобразуем его

$$P_A = G_A f \cos \alpha + G_A \sin \alpha = m_A g f \cos \alpha + m_A g \sin \alpha = m_A g (f \cos \alpha + \sin \alpha). \quad (5)$$

6. Подставим в выражение (5) из условий задачи числовые значения входящих в него параметров. Учтем, что по данным таблицы 1 значение $f = 0,015$, $\cos 8^\circ = 0,99$, $\sin 8^\circ = 0,14$.

$$P_A = 12\,500 \cdot 9,8(0,015 \cdot 0,99 + 0,14) = 18\,969 \text{ Н}. \quad (6)$$

Направление «Приборостроение»

Задача 5 (20 баллов)

Размерностью физической величины $\dim Q$ называют выражение в форме степенного многочлена, отражающее связь данной величины с основными величинами системы Си:

$$\dim Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\delta \Theta^\varepsilon N^\zeta J^\eta,$$

где L, M, T, I, Θ, N, J – условные обозначения основных величин системы Си (таблица);

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta, \eta$ – целые или дробные, положительные или отрицательные вещественные числа (показатели размерности).

Таблица – Основные величины системы Си

Физическая величина		Единица	
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение
Длина	L	метр	м
Масса	M	килограмм	кг
Время	T	секунда	с
Сила электрического тока	I	ампер	А
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	К
Количество вещества	N	моль	моль
Сила света	J	кандела	кд

Например, единица силы образуется при помощи уравнения:

$$F = m \cdot a = m \cdot v/t = m \cdot l/t^2$$

Тогда размерность силы:

$$\dim F = (\dim m) \times (\dim l) / (\dim t)^2 = LMT^{-2}$$

Единица силы:

$$[F] = [m][a] = [m][v]/[t] = [m][l]/[t]^2 = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2 = 1 \text{ Н}$$

Вывести размерность и единицу электрического напряжения.

Ответ: размерность напряжения: $L^2MT^{-3}I^{-1}$, единица напряжения: 1 В

Решение:

Напряжение есть отношение мощности к силе электрического тока:

$$U = P/I$$

Мощность есть произведение силы на скорость:

$$P = F \cdot v$$

Размерность силы (из примера):

$$\dim F = \dim(m \cdot a) = \dim(m \cdot v/t) = \dim(m \cdot l/t^2) = LMT^{-2}$$

Тогда размерность мощности:

$$\dim P = (\dim F) \times (\dim v) = LMT^{-2} \times LT^{-1} = L^2MT^{-3}$$

И размерность напряжения:

$$\dim U = (\dim P) / (\dim I) = L^2MT^{-3}I^{-1}$$

Единица напряжения:

$$\begin{aligned} [U] &= [P]/[I] = [F] \times [v]/[I] = (1 \text{ Н}) \times (1 \text{ м}/\text{с}) / (1 \text{ А}) = \\ &= (1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2) \times (1 \text{ м}/\text{с}) / (1 \text{ А}) = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / (\text{с}^3 \cdot \text{А}) = 1 \text{ В} \end{aligned}$$

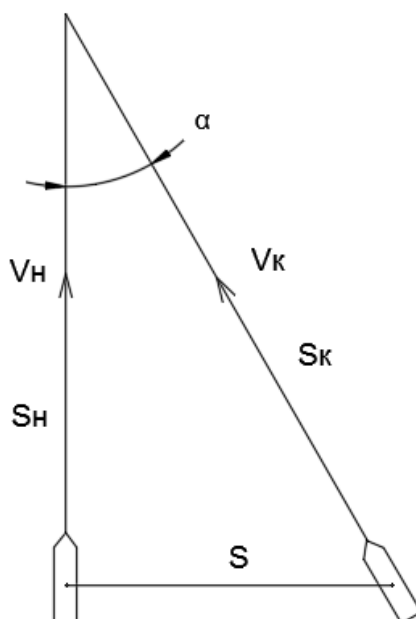
Направление «Технологии кораблестроения и водного транспорта»

Задача 5 (20 баллов)

Во время патрулирования границы быстроходным катером было обнаружено судно-нарушитель на расстоянии S - 5миль (1миля = 1,852км). Судно-нарушитель пытается уйти от катера в направлении под углом 90° к прямой расстояния до катера. Скорость судна-нарушителя v_n - 20узлов (1узел = миля в час), скорость катера v_k - 40узлов. Под каким углом α к направлению судна нужно направить катер, чтобы гарантированно догнать судно-нарушитель и какое время t для этого понадобится?

Ответ: $\alpha = 60^\circ$, $t = 5 / (0.87 * 40) = 0,14\text{ч}$

Решение:



$$S_K = v_K * t, S_H = v_H * t$$

$$S_K = S / \sin \alpha, S_H = S / \operatorname{tg} \alpha$$

$$S / \operatorname{tg} \alpha = v_H * t$$

$$t = S / (\operatorname{tg} \alpha * v_H) S / \sin \alpha = v_K * t$$

$$t = S / (\sin \alpha * v_K)$$

$$S / (\sin \alpha * v_K) = S / (\operatorname{tg} \alpha * v_H)$$

$$5 / (\sin \alpha * 40) = 5 / (\operatorname{tg} \alpha * 20)$$

$$2 \sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha / \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = 0.5$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$t = 5 / (0.87 * 40) = 0,14 \text{ ч}$$

Направление «Химические технологии»

Задача 5 (20 баллов)

На установке каталитического крекинга переработали 1 тонну керосина. При этом газ крекинга составлял 20 % от сырья. Состав газовой смеси следующий:

Газ крекинга	Объемные доли, %
H ₂	10
CH ₄	26
C ₂ H ₆	11
C ₃ H ₈	4,5
C ₂ H ₄	27
C ₃ H ₆	13
C ₄ H ₈	8,5

Определите массу метана.

Ответ: 30,37 кг

Решение

1. Найдем среднюю молярную массу смеси

$$M_{\text{cp}} = M(\text{H}_2) \cdot w(\text{H}_2) + M(\text{CH}_4) \cdot w(\text{CH}_4) + M(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot w(\text{C}_2\text{H}_6) + M(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot w(\text{C}_3\text{H}_8) + \\ M(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot w(\text{C}_2\text{H}_4) + M(\text{C}_3\text{H}_6) \cdot w(\text{C}_3\text{H}_6) + M(\text{C}_4\text{H}_8) \cdot w(\text{C}_4\text{H}_8) = \\ 2 \cdot 0,1 + 16 \cdot 0,26 + 30 \cdot 0,11 + 44 \cdot 0,045 + 28 \cdot 0,27 + 42 \cdot 0,13 + 56 \cdot 0,085 = 0,2 + 4,16 + 3,3 + 1, \\ 98 + 7,56 + 5,46 + 4,76 = 27,42 \text{ кг/кмоль}$$

2. Условное число молей смеси $n = 1000 \text{ кг} \cdot 0,2 / 27,42 = 7,3 \text{ кмоль}$

3. Масса метана в смеси $m(\text{CH}_4) = 7,3 \text{ кмоль} \cdot 16 \text{ кг/кмоль} \cdot 0,26 = 30,37 \text{ кг}$

Направление «Технологии материалов»

Задача 5 (20 баллов)

В промышленности извлечение железа производится из железных руд. Дан образец руды. Известно, что масса входящего в данный образец руды магнитного железняка Fe_3O_4 160 кг, титанистого железняка FeTiO_3 50 кг. Другими примесными веществами можно пренебречь. Сколько килограмм железа и титана можно извлечь из такой руды?

Ответ: масса железа 134,3 кг, титана 15,8 кг

Решение:

- 1) Количество вещества магнетита и ильменита составляют:

$$n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = m(\text{Fe}_3\text{O}_4) / M(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 160000 \text{ г} / 232 \text{ г/моль} = 689,7 \text{ моль}$$

$$n(\text{FeTiO}_3) = m(\text{FeTiO}_3) / M(\text{FeTiO}_3) = 50000 \text{ г} / 152 \text{ г/моль} = 328,9 \text{ моль}$$

- 2) Из формулы веществ следует:

$$n_1(\text{Fe}) = 3n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 3 \cdot 689,7 = 2069,1 \text{ моль}$$

$$n_2(\text{Fe}) = n(\text{FeTiO}_3) = 1 \cdot 328,9 = 328,9 \text{ моль}$$

- 3) Общее количество вещества железа, которое можно получить из данного образца руды, составляет: $n(\text{Fe}) = n_1(\text{Fe}) + n_2(\text{Fe}) = 2069,1 + 328,9 = 2398 \text{ моль}$

- 4) Находим массу железа: $m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) = 2398 \cdot 56 = 134288 \text{ г} = 134,3 \text{ кг}$

- 5) Из формулы ильменита следует: $n(\text{Ti}) = n(\text{FeTiO}_3) = 328,9 \text{ моль}$

- 6) Определяем массу титана, который можно получить из данного образца руды:

$$m(\text{Ti}) = n(\text{Ti}) \cdot M(\text{Ti}) = 328,9 \cdot 48 = 15787,2 = 15,8 \text{ кг}$$

Направление «Техника и технологии строительства»

Задача 5 (20 баллов)

При создании тяжелого бетона очень важно, чтобы отношение количества воды к количеству цемента (В/Ц) не изменялось, так как от этого зависит прочность будущего бетона. На завод, производящий бетонную смесь, привезли мокрый песок, с влажностью 10% по массе. Как инженеру с помощью изменения количества песка и воды в составе, произвести бетонную смесь, используя мокрый песок, но сохранив В/Ц? (Ответ укажите: количество песка в кг, количество воды в кг.)

Состав бетонной смеси на 1 м³:

Цемент 350 кг

Щебень 1100 кг

Песок 950 кг

Вода 175 кг

Добавка-пластификатор 5 кг.

Ответ: Песок 1210 кг; Вода 65 кг.

Решение

1. Определим количество воды в песке $1100 \cdot 0,1 = 110$ кг.
2. Увеличим количество песка в составе, $1100 + 110 = 1210$ кг.
3. Уменьшим количество воды на количество воды, которая содержится в песке $175 - 110 = 65$ кг.

Направление «Экологическая безопасность»

Задача 5 (20 баллов)

Для оценки качества атмосферного воздуха используют индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) – комплексный индекс, учитывающий несколько примесей. Величина ИЗА рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций.

Если значение $ИЗА \leq 5$, уровень загрязнения атмосферного воздуха считается низким, если $5 < ИЗА \leq 7$ – повышенным, если $7 < ИЗА < 14$ – высоким, если $ИЗА \geq 14$ – очень высоким.

$$ИЗА = \sum_{i=1}^5 \left(\frac{C_i}{ПДК_i} \right)^{K_i}$$

где C_i – среднегодовая концентрация i -го вещества, мг/м³;

$ПДК_i$ – среднесуточная предельно допустимая концентрация i -го вещества;

K_i – безразмерная константа приведения степени вредности i -го вещества к вредности сернистого газа. Значения K_i равны 0,85; 1,0; 1,3; 1,5 соответственно для 4-, 3-, 2- и 1-го классов опасности вещества.

При расчете ИЗА выбирают пять веществ, дающих наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха.

Рассчитайте индекс загрязнения атмосферы и указать уровень загрязнения воздуха, используя следующие результаты анализа качества атмосферного воздуха.

Примечание. Полученные значения $(\frac{C_i}{ПДК_i})^{K_i}$ округлите до сотых.

№	Название загрязняющего вещества	ПДК _{сс} , мг/м ³	Класс опасности	Среднегодовая концентрация загрязняющего вещества в воздухе, мг/м ³
1	Двуокись серы	0,05	2	0,009
2	Двуокись азота	0,04	2	0,06
3	Окись азота	0,06	3	0,04
4	Бензо(α)пирен	0,000001	1	0,000002
5	Сероуглерод	0,005	2	0,005
6	Аммиак	0,04	4	0,009
7	Сажа	0,05	3	0,04

Ответ: Индекс загрязнения атмосферы - ориентировочно 6,99. Повышенный уровень загрязнения.

Решение.

1. Находим $(\frac{C_i}{ПДК_i})^{K_i}$ для каждого вещества

№	Название загрязняющего вещества	K _i	$(C_i/ПДК_i)^{K_i}$	
1	Двуокись серы	1,3	$(0,009/0,05)^{1,3}$	=0,11
2	Двуокись азота	1,3	$(0,06/0,04)^{1,3}$	= 1,69
3	Окись азота	1,0	$(0,04/0,06)^{1,0}$	= 0,67
4	Бензо(α)пирен	1,5	$(0,000002/0,000001)^{1,5}$	= 2,83
5	Сероуглерод	1,3	$(0,005/0,005)^{1,3}$	= 1
6	Аммиак	0,85	$(0,009/0,04)^{0,85}$	=0,28
7	Сажа	1,0	$(0,04/0,05)^{1,0}$	= 0,8

2. Выбираем пять веществ с наибольшими значениями $(C_i/ПДК_i)^{K_i}$

Двуокись азота – 1,69

Окись азота – 0,67

Бензо(α)пирен – 2,83

Сероуглерод – 1

Сажа – 0,8

3. Рассчитаем индекс загрязнения атмосферы и оценим качество воздуха

ИЗА = 1,69+0,67+2,83+1+0,8 = 6,99

Класс качества – повышенный уровень загрязнения

Критерии оценивания

20 баллов – весь расчет верен и указан класс качества воздуха

10 баллов – расчеты п. 1 верны, но неправильно выбраны 5 приоритетных загрязнителей.



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда»
«Техника и технологии»

11 класс

Отборочный этап
Вариант 2

2024-2025

БАЗОВАЯ ЧАСТЬ

Задача 1 (20 баллов)

В течение 2023 и 2024 годов количество заболевших корью уменьшалось ежегодно на один и тот же процент в сравнении с количеством заболевших предыдущего года. За 2023 год количество заболевших сократилось более чем вдвое по сравнению с 2022 годом, а в 2024 году количество заболевших уменьшилось в 4,5 раза по сравнению с 2022 годом. На сколько процентов ежегодно уменьшалось количество заболевших корью?

Ответ: $66\frac{2}{3}$.

Решение. Пусть на $p\%$ уменьшалось количество заболевших в 2023 и 2024 годах. Введём коэффициент $k = 1 - \frac{p}{100}$. Пусть количество заболевших корью в 2022 году равно S . Тогда количество заболевших в течение 2023 года равно $S \cdot k$, по условию задачи $S \cdot k \leq \frac{S}{2}$. За два года получаем количество заболевших $S \cdot k^2$, следовательно, за

второй год заболело $Sk - Sk^2$ и оно равно $\frac{S}{4,5}$. Итак, получена система
$$\begin{cases} k \leq \frac{1}{2}, \\ k - k^2 = \frac{1}{4,5}. \end{cases}$$

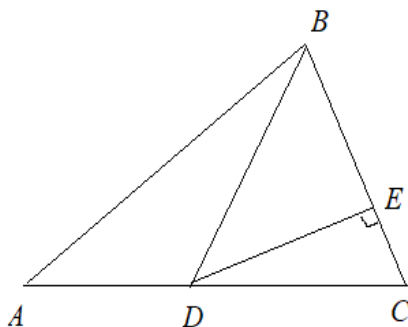
Решим второе уравнение: $k^2 - k + \frac{2}{9} = 0$. Его корни $\frac{1}{3}$ и $\frac{2}{3}$, причём, второй корень не удовлетворяет первому неравенству системы. В итоге получаем $1 - \frac{p}{100} = \frac{1}{3}$, откуда $p = 66\frac{2}{3}$.

Задача 2 (20 баллов)

На стороне AC треугольника ABC выбрана точка D так, что $AD:DC=2:3$. Длина перпендикуляра, опущенного из точки D на сторону BC , равна 9. Найдите сторону BC , если площадь треугольника ABC равна 30.

Ответ: 4.

Решение. Обозначим E – основание перпендикуляра из точки D на сторону BC .



Площадь треугольника BCD равна $\frac{3}{5}$ от площади треугольника ABC , так как $AD:DC=2:3$. Имеем $S_{BCD} = \frac{3}{5} \cdot 30 = 18$. С другой стороны, $S_{BCD} = \frac{1}{2} \cdot DE \cdot BC$. Получаем $\frac{1}{2} \cdot 9 \cdot BC = 18$, следовательно, $BC=4$.

Задача 3 (20 баллов)

Поезд трогается с места и равноускорено проходит мимо неподвижного пассажира. Первый вагон прошел мимо него за время $t_1 = 6$ с, а последний за время $t_2 = 2$ с. За какое время мимо пассажира прошел весь поезд, если изначально пассажир стоял у головы поезда?

Ответ: 10 секунд

Решение:

Пусть L – длина одного вагона, тогда для первого вагона получаем:

$$L = \frac{at_1^2}{2} = \frac{a}{2} \cdot 36. \quad (5 \text{ баллов})$$

Для последнего вагона получаем:

$$L = \frac{at^2}{2} - \frac{a(t-t_2)^2}{2} = \frac{a}{2} (4t - 4). \quad (5 \text{ баллов})$$

Получаем:

$$\frac{a}{2} \cdot 36 = \frac{a}{2} (4t - 4). \quad (5 \text{ баллов})$$

$$t = 10 \text{ с.} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задача 4 (20 баллов)

Тело роняют над массивной плитой на высоте $H=4$ м от неё. Плита движется вертикально вверх со скоростью $u=1$ м/с. Определите время между двумя последовательными ударами тела о плиту. Удары абсолютно упругие. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с².

Ответ: 1,8 секунды

Решение:

Расстояние от тела до плиты:

$$H = \frac{gt^2}{2} + ut, \quad (4 \text{ балла})$$

$$5t^2 + 1 \cdot t - 4 = 0.$$

Следовательно, до удара прошло $t = 0,8$ с. (4 балла)

Скорость тела перед ударом:

$$v = gt = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ м/с.} \quad (4 \text{ балла})$$

Относительно плиты скорость тела:

$$v_{\text{отн}} = v + u = 9 \text{ м/с.} \quad (4 \text{ балла})$$

Время между двумя последовательными ударами:

$$\Delta t = \frac{2v_{\text{отн}}}{g} = \frac{2 \cdot 9}{10} = 1,8 \text{ с.} \quad (4 \text{ балла})$$

ПРОФИЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Направление «Авиационная и ракетно-космическая техника»

Задача 5 (20 баллов)

Определить ускорение свободного падения на высоте $H = 600$ км над поверхностью Земли и на высоте $h = 10$ км.

Ответ 1: 8,19 м/с²

Ответ 2: 9,78 м/с²

Решение

Дано:

$H = 600$ км

$h = 10$ км

$R = 6370$ км

.....

$g_1 = ?$ (на $H = 600$ км)

$g_2 = ?$ (на $h = 10$ км)

Ускорение свободного падения $g_r = \frac{F}{m}$, где F – сила тяготения, действующая на тело на расстоянии r от центра Земли.

$$g_r = \frac{F}{m} = \frac{G \frac{Mm}{r^2}}{m} = G \frac{M}{r^2} \quad (1)$$

Ускорение свободного падения у поверхности Земли:

$$g_0 = \frac{GM}{R^2}$$

R – радиус Земли.

$$G = \frac{g_0 R^2}{M}$$

Подставим в (1) и получим:

$$g_r = g_0 \frac{R^2}{r^2}$$

тогда

$$g_1 = \frac{R^2}{(R+H)^2}$$

$$g_1 = 9,81 \frac{(6370 \cdot 10^3)^2}{(6370 \cdot 10^3 + 600 \cdot 10^3)^2} = 8,19$$

$$g_2 = 9,81 \frac{(6370 \cdot 10^3)^2}{(6370 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3)^2} = 9,78$$

Направление «Биотехнологии»

Задача 5 (20 баллов)

Участок молекулы белка состоит из следующих аминокислот: серин – цистеин – аланин – глицин – лейцин – пролин. Какова масса участка одной цепи гена, кодирующей данный белок, если масса одного нуклеотида равна 350?

Ответ: 6300

Решение: Каждая аминокислота кодируется кодоном иРНК, состоящим из трех нуклеотидов. Участок молекулы белка из 6 аминокислот кодируется 18 нуклеотидами: $6 \times 3 = 18$. Если масса одного нуклеотида равна 350 атомных единиц массы, то молекулярная масса 18 нуклеотидов равна: $350 \times 18 = 6300$.

Направление «Информационная безопасность»

Задача 5 (20 баллов)

Некоторая охранная система генерирует пароли по следующему правилу: они состоят из четырех цифр, причем таким образом, что первая цифра равна сумме трех других. При введении неправильного пароля система уходит в режим блокировки на 1 минуту. Можно ли успеть перебрать все подходящие пароли за 1 час, если известна одна из цифр? В ответе запишите слова ДА или НЕТ, а также максимальное время подбора паролей через пробел, например: «ДА 40» или «НЕТ 80».

Ответ: ДА 54

Направление «Машиностроение»

Задача 5 (20 баллов)

Некоторая сила F приложена к ящику массой $M=200$ кг под углом $\alpha=30^\circ$ к горизонту, под действием которой он равномерно и прямолинейно движется по горизонтальной плоскости с коэффициентом трения $k=0,3$. Найти значение этой силы.

Ответ: 588 Н.

Решение.

Уравнение равновесия будет иметь вид: $k(Mg-F\sin\alpha)=F\cos\alpha$. Откуда находим

$$F=kMg/\cos\alpha+k\sin\alpha=0,3\cdot 200\cdot 10/0,87+0,3\cdot 0,5=588 \text{ Н.}$$

Направление «Техника и технологии наземного транспорта»

Пояснение к задаче

Из теории автомобиля известно:

1. Сила дорожного сопротивления, которую преодолевает автомобиль при движении, определяется по формуле:

$$P_{\varphi} = P_f + P_{\alpha}, \quad (1)$$

где P_{φ} – сила дорожного сопротивления, Н; P_f – сила сопротивления качению, Н; P_{α} – сила сопротивления подъему, Н.

При этом:

$$P_f = G_A f \cos \alpha, \quad (2)$$

где G_A – вес автомобиля, Н; f – коэффициент сопротивления качению, зависит от типа и состояния дороги, в общем случае берется из специальных таблиц (фрагмент представлен в таблице 1); α – угол подъема дороги.

$$P_{\alpha} = \pm G_A \sin \alpha, \quad (3)$$

Знак «+» берется в том случае, когда автомобиль движется на подъем, знак «-» – при движении автомобиля на спуске.

2. Сила сопротивления воздуха определяется из выражения:

$$P_w = k \cdot F_A \cdot V_A^2, \quad (4)$$

где P_w – сила сопротивления воздуха, Н; k – коэффициент обтекаемости автомобиля, $\frac{\text{Н}\cdot\text{с}^2}{\text{м}^4}$, берется из специальных таблиц; F_A – площадь поперечного сечения автомобиля, м^2 ;

V_A – скорость движения автомобиля, м/с.

3. Условия движения автомобиля:

– равномерное движение $P_A = P_{\varphi} + P_w$;

– движение с ускорением $P_A > P_{\varphi} + P_w$;

– движение с замедлением (без буксования) $P_A < P_{\varphi} + P_w$,

где P_A – сила тяги на колесах автомобиля, Н.

Таблица 1

Средние значения коэффициента сопротивления качению

№ п/п	Виды покрытия дороги	Коэффициент, f
1	Асфальтовая дорога в отличном состоянии	0,015
2	Гравийная дорога в хорошем состоянии	0,022
3	Гравийная дорога в плохом состоянии	0,028
4	Грунтовая дорога в хорошем состоянии	0,023
5	Мокрая грунтовая дорога	0,1
6	Хорошо укатанный снег	0,029

Задача 5 (20 баллов)

Груженный грузовой автомобиль массой 15 000 кг движется равномерно по горизонтальному участку грунтовой дороги в отличном состоянии. Затем, не меняя режима работы двигателя, он выезжает на горизонтальный участок гравийной дороги в плохом состоянии.

Как будет двигаться автомобиль (равномерно, ускоренно или замедленно) на участке гравийной дороги? Силой сопротивления воздуха можно пренебречь.

Ответ: автомобиль на гравийном участке дороги будет двигаться с замедлением.

Решение:

1. Из пояснений к задачам видно, что условие равномерного движения автомобиля по грунтовой дороге в данном случае (горизонтальный участок дороги, силой сопротивления воздуха можно пренебречь) будет определяться из выражения:

$$P_{A1} = P_{\varphi 1} = P_{f1}, \quad (1)$$

где P_{A1} – сила тяги на колесах автомобиля при движении по грунту, Н; $P_{\varphi 1}$ – сила дорожного сопротивления на грунте, Н; P_{f1} – сила сопротивления качению на грунте, Н.

2. Сила сопротивления качению при движении по грунтовой дороге из пояснений к задаче определяется из выражения:

$$P_{f1} = G_A f_1 \cos \alpha, \quad (2)$$

где P_{f1} – сила сопротивления качению при движении по грунтовой дороге, Н; G_A – вес автомобиля, Н; f_1 – коэффициент сопротивления качению грунтовой дороги (определяем из таблицы 1); α – угол подъема дороги, при этом учтем, что автомобиль движется по горизонтальному участку дороги, то есть $\alpha=0$.

3. Определим вес автомобиля:

$$G_A = m_A \cdot g, \quad (3)$$

где m_A – масса автомобиля, кг; g – ускорение свободного падения, м/с².

4. Подставим выражения (2) и (3) в выражение (1) и найдем силу тяги на колесах автомобиля при его движении по грунтовой дороге.

$$P_{A1} = G_A f_1 \cos \alpha = m_A \cdot g \cdot f_1 \quad (4)$$

5. Подставим из условий задачи в выражение (4) числовые значения входящих в него величин. Учтем, что $f_1 = 0,023$.

$$P_{A1} = 15\,000 \cdot 9,8 \cdot 0,023 = 3381 \text{ Н}. \quad (5)$$

6. Найдем силу дорожного сопротивления при движении автомобиля по гравийному участку дороги:

$$P_{\varphi 2} = P_{f2} = G_A f_2 \cos \alpha, \quad (6)$$

где $P_{\varphi 2}$ – сила дорожного сопротивления при движении автомобиля по гравийному участку дороги, Н; P_{f2} – сила сопротивления качению при движении автомобиля по гравийному участку дороги, Н; G_A – вес автомобиля, Н; f_2 – коэффициент сопротивления качению гравийной дороги (определяем из таблицы 1); α – угол подъема дороги, при этом учтем, что автомобиль движется по горизонтальному участку дороги, то есть $\alpha=0$.

7. Подставим в выражение (6) численные значения входящих в него параметров. Учтем, что $f_2 = 0,028$.

$$P_{\phi 2} = G_A f_2 = m_A \cdot g \cdot f_2 = 15\,000 \cdot 9,8 \cdot 0,028 = 4116 \text{ Н.} \quad (7)$$

8. Из условий задачи известно, что при переходе на гравийный участок дороги, режим работы двигателя не изменился, то есть сила тяги на колесах осталась равной P_{A1} . Таким образом, при движении автомобиля на гравийном участке дороги имеем:

$$P_{A1} < P_{\phi 2} \quad (8)$$

Значит, автомобиль на гравийном участке дороги будет двигаться с замедлением.

Направление «Приборостроение»

Задача 5 (20 баллов)

Размерностью физической величины $\dim Q$ называют выражение в форме степенного многочлена, отражающее связь данной величины с основными величинами системы Си:

$$\dim Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\delta \Theta^\epsilon N^\zeta J^\eta,$$

где L, M, T, I, Θ, N, J – условные обозначения основных величин системы Си (таблица);

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta$ – целые или дробные, положительные или отрицательные вещественные числа (показатели размерности).

Таблица – Основные величины системы Си

Физическая величина		Единица	
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение
Длина	L	метр	м
Масса	M	килограмм	кг
Время	T	секунда	с
Сила электрического тока	I	ампер	А
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	К
Количество вещества	N	моль	моль
Сила света	J	кандела	кд

Например, единица силы образуется при помощи уравнения:

$$F = m \cdot a = m \cdot v/t = m \cdot l/t^2$$

Тогда размерность силы:

$$\dim F = (\dim m) \times (\dim l) / (\dim t)^2 = LMT^{-2}$$

Единица силы:

$$[F] = [m][a] = [m][v]/[t] = [m][l]/[t]^2 = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2 = 1 \text{ Н}$$

Вывести размерность и единицу электрического сопротивления.

Ответ: размерность сопротивления: $L^2MT^{-3}I^{-2}$, единица сопротивления: 1 Ом

Решение:

Сопротивление есть отношение напряжения к силе электрического тока:

$$R = U/I$$

Напряжение, в свою очередь, есть отношение мощности к силе электрического тока:

$$U = P/I$$

Тогда сопротивление есть отношение мощности к квадрату силы электрического тока:

$$R = P/I^2$$

Мощность есть произведение силы на скорость:

$$P = F \cdot v$$

Размерность силы (из примера):

$$\dim F = \dim(m \cdot a) = \dim(m \cdot v/t) = \dim(m \cdot l/t^2) = LMT^{-2}$$

Тогда размерность мощности:

$$\dim P = (\dim F) \times (\dim v) = LMT^{-2} \times LT^{-1} = L^2MT^{-3}$$

И размерность сопротивления:

$$\dim U = (\dim P)/(\dim I)^2 = L^2MT^{-3}I^{-2}$$

Единица сопротивления:

$$\begin{aligned} [U] &= [P]/[I]^2 = [F] \times [v]/[I]^2 = (1 \text{ Н}) \times (1 \text{ м/с}) / (1 \text{ А})^2 = \\ &= (1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2) \times (1 \text{ м/с}) / (1 \text{ А})^2 = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / (\text{с}^3 \cdot \text{А}^2) = 1 \text{ Ом} \end{aligned}$$

Направление «Технологии кораблестроения и водного транспорта»

Задача 5 (20 баллов)

Для всплытия подводной лодки с глубины $h = 20\text{м}$ необходимо продуть главные балластные цистерны объемом $V = 30\text{м}^3$ сжатым воздухом.

Объем одного баллона с сжатым воздухом $v_6 = 400\text{л}$, давление воздуха в баллонах $P = 20\text{мПа}$, температура воздуха в баллонах 20°C , температура воздуха после вытеснения воды 3°C . Атмосферное давление принять $P_A = 101\text{кПа}$, ускорение свободного падения $g = 9,81\text{м/с}^2$, плотность воды $\rho = 1,025\text{т/м}^3$. Сколько n баллонов понадобится, чтобы полностью вытеснить воду из главных балластных цистерн.

Ответ: 2 баллона

Решение: Для решения этой задачи применим уравнение Менделеева-Клайперна $PV = \frac{m}{M} RT$, где m – масса газа, M – молярная масса газа, R – универсальная газовая постоянная, T – температура газа (K°). Из которой видно, что

$$\frac{PV}{T} = const, \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (1)$$

$$P_1 = P = 20\text{мПа}$$

$$V_1 = (nv_6) = n \cdot 400\text{л} = n \cdot 0,4\text{м}^3$$

$$T_1 = 273 + 20 = 293^\circ\text{K}$$

$$P_2 = P_A + \rho h g = 101 \cdot 10^3 + 20 \cdot 1.025 \cdot 9.81 \cdot 10^3 = 302 \text{ кПа}$$

$$V_2 = V + V_1 = 30 + n \cdot 0.4$$

$$T_2 = 273 + 3 = 276^\circ\text{K}$$

подставляем все эти значения в формулу 1

$$\frac{20n \cdot 0.4}{293} = \frac{0.302(30 + n \cdot 0.4)}{276}$$

$$2172n = 2654$$

$$n = 1.22$$

Так-как одного баллона не хватает чтобы гарантированно вытеснить всю воду, принимаем с запасом 2 баллона.

Направление «Химические технологии»

Задача 5 (20 баллов)

На установке каталитического крекинга переработали 1 тонну керосина. При этом газ крекинга составлял 15 % от сырья. Состав газовой смеси следующий:

Газ крекинга	Объемные доли, %
H ₂	7
CH ₄	21
C ₂ H ₆	17
C ₃ H ₈	5,5
C ₂ H ₄	29
C ₃ H ₆	11
C ₄ H ₈	9,5

Определите массу метана.

Ответ: 17,47 кг

Решение

1. Найдем среднюю молярную массу смеси

$$\begin{aligned} M_{\text{ср}} &= M(\text{H}_2) \cdot w(\text{H}_2) + M(\text{CH}_4) \cdot w(\text{CH}_4) + M(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot w(\text{C}_2\text{H}_6) + M(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot w(\text{C}_3\text{H}_8) + \\ &M(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot w(\text{C}_2\text{H}_4) + M(\text{C}_3\text{H}_6) \cdot w(\text{C}_3\text{H}_6) + M(\text{C}_4\text{H}_8) \cdot w(\text{C}_4\text{H}_8) = \\ &2 \cdot 0,07 + 16 \cdot 0,21 + 30 \cdot 0,17 + 44 \cdot 0,055 + 28 \cdot 0,29 + 42 \cdot 0,11 + 56 \cdot 0,095 = 0,14 + 3,36 + 5,1 + 2, \\ &42 + 8,12 + 4,62 + 5,32 = 29,08 \text{ кг/кмоль} \end{aligned}$$

2. Условное число молей смеси $n = 1000 \text{ кг} \cdot 0,15 / 29,08 = 5,2 \text{ кмоль}$

3. Масса метана в смеси $m(\text{CH}_4) = 5,2 \text{ кмоль} \cdot 16 \text{ кг/кмоль} \cdot 0,21 = 17,47 \text{ кг}$

Направление «Технологии материалов»

Задача 5 (20 баллов)

В промышленности извлечение железа производится из железных руд. Дан образец руды. Известно, что масса входящего в руду магнетитного железняка Fe_3O_4 155 кг, титанистого железняка FeTiO_3 55 кг. Другими примесными веществами можно пренебречь. Сколько килограмм железа и титана можно извлечь из такой руды?

Ответ: масса железа 132,5 кг, титана 17,4 кг

Решение:

1) Количество вещества магнетита и ильменита составляют:

$$n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = m(\text{Fe}_3\text{O}_4)/M(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 155000\text{г}/232\text{г/моль} = 668,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{FeTiO}_3) = m(\text{FeTiO}_3)/M(\text{FeTiO}_3) = 55000\text{г}/152\text{г/моль} = 361,8 \text{ моль}$$

2) Из формулы веществ следует:

$$n_1(\text{Fe}) = 3n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 3 \cdot 668,1 = 2004,3 \text{ моль}$$

$$n_2(\text{Fe}) = n(\text{FeTiO}_3) = 1 \cdot 361,8 = 361,8 \text{ моль}$$

3) Общее количество вещества железа, которое можно получить из данного образца руды, составляет:

$$n(\text{Fe}) = n_1(\text{Fe}) + n_2(\text{Fe}) = 2004,3 + 361,8 = 2366,1 \text{ моль}$$

4) Находим массу железа:

$$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) = 2366,1 \cdot 56 = 132501,6 \text{ г} = 132,5 \text{ кг}$$

5) Из формулы ильменита следует:

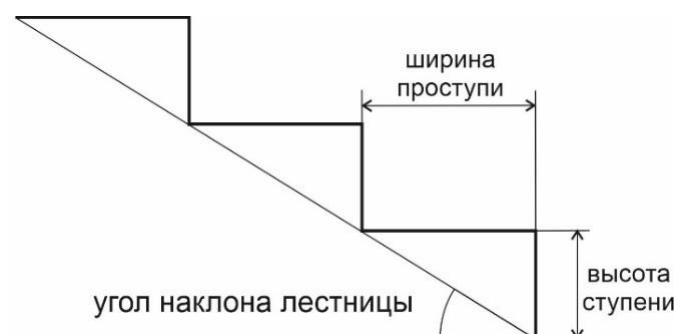
$$n(\text{Ti}) = n(\text{FeTiO}_3) = 361,8 \text{ моль}$$

6) Определяем массу титана, который можно получить из данного образца руды:

$$m(\text{Ti}) = n(\text{Ti}) \cdot M(\text{Ti}) = 361,8 \cdot 48 = 17366,4 = 17,4 \text{ кг}$$

Направление «Техника и технологии строительства»

Задача 5 (20 баллов)



Сколько ступеней будет у лестницы и какой ширины должны быть проступи, если угол наклона лестницы составляет 40° , высота всей лестницы 3 м, а высота ступеней 250 мм? (Ответ укажите в мм с округлением до десятых долей мм)

Ответ: 12 ступеней, ширина проступи 297,6 мм

Решение

1. Приведем все единицы к СИ: высота всей лестницы 3 м, высота ступеней 0,250 м.
2. Определим, сколько ступеней войдет по высоте $3/0,250=12$ шт.
3. Определим длину ступени, учитывая правило подобия треугольников (всей лестницы и одной ступени) $0,25/\text{tg}40^\circ=0,2976$ м или 297,6 мм.

Направление «Экологическая безопасность»

Задача 5 (20 баллов)

Для оценки качества воды в водных объектах используют индекс загрязнения воды (ИЗВ), который рассчитывается как сумма приведённых к ПДК фактических значений 6 основных показателей качества воды:

$$\text{ИЗВ} = \left[\sum_{i=1}^6 \left(\frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right) \right] / 6$$

где C_i – концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/л;

ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/л.

При расчётах обязательно включать БПК₅ и O₂. Остальные четыре показателя берут исходя из условия, что они вносят наибольший вклад в загрязнение.

При расчете ИЗВ для составляющих $C_i/\text{ПДК}_i$ по неоднозначно нормируемым компонентам (БПК₅ и O₂) применяется ряд следующих правил:

1) для биологического потребления кислорода БПК₅ устанавливаются специальные значения нормативов, зависящие от самого значения БПК₅:

<u>Показатель БПК₅ (мгO₂/л)</u>	<u>Значение норматива (ПДК)</u>
Менее 3	3
От 3 до 15	2
Свыше 15	1

2) концентрация растворенного кислорода нормируется с точностью до наоборот: его содержание в пробе не должно быть ниже 4 мг/дм³, поэтому для каждого диапазона концентраций компонента устанавливаются специальные значения слагаемых $C_i/\text{ПДК}_i$:

<u>Концентрация (мгO₂/л)</u>	<u>Значение слагаемого $C_i / \text{ПДК}_i$</u>
Более или равно 6	6
Менее 6 до 5	12
Менее 5 до 4	20
Менее 4 до 3	30

Менее 3 до 2	40
Менее 2 до 1	50
Менее 1	60

Классификация качества поверхностных вод по значению ИЗВ производится согласно таблице.

Таблица – Классификация качества поверхностных вод по ИЗВ

Величина ИЗВ	Описание класса	Класс чистоты воды
Менее или равно 0,2	Очень чистая вода	I
Более 0,2 до 1,0	Чистая	II
Более 1,0 до 2,0	Умеренно-загрязнённая	III
Более 2,0 до 4,0	Загрязнённая	IV
Более 4,0 до 6,0	Грязная	V
Более 6,0 до 10,0	Очень грязная	VI
Более 10,0	Чрезвычайно грязная	VII

Рассчитайте индекс загрязнения воды и указать класс качества воды, используя следующие результаты анализа качества воды в водном объекте.

Примечание. Полученные значения ($\frac{C_i}{ПДК_i}$) округлите до сотых.

№	Название загрязняющего вещества, мг/л	ПДК, мг/м ³	Концентрация загрязняющего вещества в воде, мг/м ³
1	O ₂	–	11,5
2	БПК ₅	–	5,4
3	Кальций фосфат	3,5	6,03
4	Сульфат ион (SO ₄ ²⁻)	500,0	56,3
5	Фенолы	0,001	0,002
6	Нефтепродукты	0,1	0,085
7	Железо общее	0,3	0,55
8	Акриламид	0,0001	0,0001

Ответ: Индекс загрязнения воды – ориентировочно 2,54. Класс качества IV.

Решение.

1. Находим ($\frac{C_i}{ПДК_i}$) для каждого вещества

№	Название загрязняющего вещества, мг/л	C _i /ПДК _i	
1	O ₂	Т.к. C _{O₂} =11,5 (больше 6), выбираем C/ПДК = 6	6,0
2	БПК ₅	Т.к. C _{БПК₅} =5,4, выбираем ПДК = 2 5,4/2	2,7
3	Кальций фосфат	6,03/3,5	1,72
4	Сульфат ион (SO ₄ ²⁻)	56,3/500,0	0,11

5	Фенолы	0,002/0,001	2,0
6	Нефтепродукты	0,085/0,1	0,85
7	Железо общее	0,55/0,3	1,83
8	Акриламид	0,0001/0,0001	1

2. Выбираем четыре вещества с наибольшими значениями $C_i/ПДК_i$

Кальций фосфат – 1,72

Фенолы – 2,0

Железо общее – 1,83

Акриламид – 1

Учитываем

O_2 – 6,0

БПК₅ – 2,7

3. Рассчитаем индекс загрязнения воды и оценим качество воды

$$ИЗВ = (1,72+2,0+1,83+1+6,0+2,7)/6 = 2,54$$

Вода загрязненная, класс качества IV

Критерии оценивания

20 баллов – весь расчет верен и указан класс качества воды

10 баллов – расчеты п. 1 верны, но неправильно выбраны приоритетные загрязнители или не включены O_2 и БПК₅, или составляющие для O_2 и БПК₅ рассчитаны не верно.