



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Техника и технологии»

9-10 классы

Отборочный этап

2022-2023

Вариант 1

Задания, ответы и критерии оценивания

БАЗОВАЯ ЧАСТЬ

Задача 1 (20 баллов). Найдите наименьшее целое значение параметра a , при котором графики функций $f(x) = \frac{1}{x}$ и $g(x) = ax + 5$ пересекаются в двух различных точках.

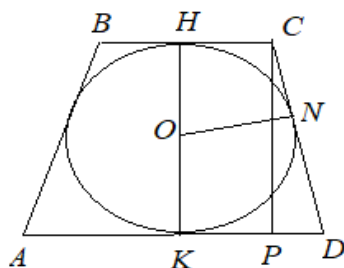
Ответ: -6 .

Решение. Приравнивая функции, получаем уравнение $ax^2 + 5x - 1 = 0$. При $a=0$ уравнение будет линейным и имеет единственное решение. При $a \neq 0$ уравнение является квадратным и имеет два различных решения, если дискриминант $D > 0$. Имеем $D = 25 + 4a > 0$ при $a \in \left(-\frac{25}{4}; 0\right) \cup (0; +\infty)$. Тогда наименьшее целое значение из этого множества -6 .

Задача 2 (20 баллов). В равнобедренную трапецию с длинами оснований 8 и 18 см вписана окружность. Найдите её радиус (в см).

Ответ: 6.

Решение. Дана равнобедренная трапеция $ABCD$, $AD=18$ см, $BC=8$ см.

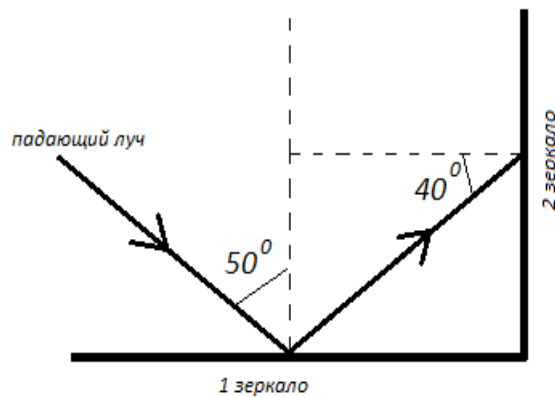


Высота HK трапеции является диаметром вписанной окружности. Имеем $KD=9$ см, $HC=4$ см. По свойству касательных, проведенных из одной точки к окружности $ND=KD=9$ см, $CN=CH=4$ см, тогда боковая сторона трапеции $CD=9+4=13$ см. В прямоугольном треугольнике CPD $PD=9-4=5$ см. По теореме Пифагора $CP=12$, тогда радиус окружности равен 6.

Задача 3 (20 баллов). На систему из двух взаимно перпендикулярных зеркал падает тонкий луч света. Угол падения на первое зеркало $- 50^\circ$. На сколько градусов необходимо повернуть второе зеркало, чтобы угол падения луча на него был равен 70° ?

Ответ: 30° .

Решение. Описываемая ситуация изображена на рисунке.



Получается, что угол падения луча на второе зеркало равен 40° . Следовательно, второе зеркало необходимо повернуть еще на 30° .

Задача 4 (20 баллов). Зависимость скорости автомобиля от пройденного пути при равноускоренном прямолинейном движении определяется выражением $v = \sqrt{s + 16}$. Определите его ускорение и начальную скорость. Все данные в единицах СИ.

Ответ: $a=0,5 \text{ м/с}^2$, $v_0=4 \text{ м/с}$.

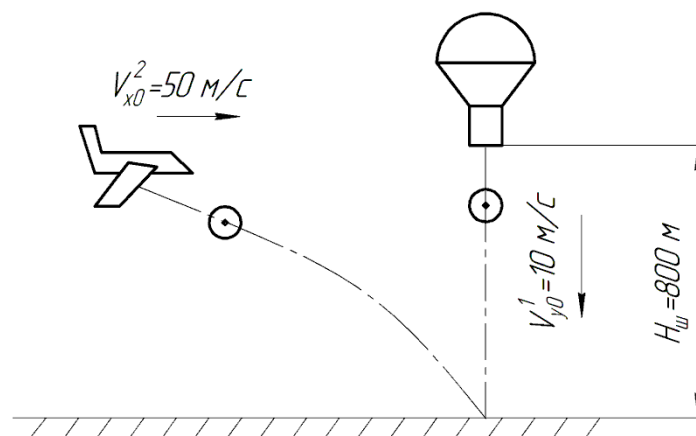
Решение. Связь скорости и пройденного пути носит следующий характер:

$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$. Отсюда получаем $v = \sqrt{2as + v_0^2}$. Сравнивая данное выражение с приведённым в условии, можно сделать вывод, что ускорение $a = 0,5 \text{ м/с}^2$ и начальная скорость $v_0 = 4 \text{ м/с}$.

ПРОФИЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Направление «Авиационная и ракетно-космическая техника»

Задача 5 (20 баллов). С воздушного шара, находящегося на высоте $H_{ш}=800 \text{ м}$, сбрасывается груз с начальной вертикальной скоростью $v_y=10 \text{ м/с}$, направленной вниз. Одновременно с горизонтально летящего с постоянной скоростью $v_x=50 \text{ м/с}$ беспилотного летательного аппарата (БПЛА) отсоединяется второй груз и совершает свободное падение без начальной вертикальной скорости. Определить на каком расстоянии до точки падения 2-го груза должно быть произведено его отсоединение от БПЛА, чтобы точка падения совпала с точкой падения 1-го груза, и он упал на $0,64 \text{ с}$ раньше 1-го груза. Сопротивлением воздуха пренебречь.



Решение:

1) уравнение движения 1-го груза по оси y :

$$|a_y^1| = g; |V_y^1| = gt + V_{y_0}^1; H_y^1 = g \frac{t^2}{2} + V_{y_0}^1 t.$$

2) определим время падения 1-го груза:

$$g \frac{t^2}{2} + V_y t - H_{uu} = 0; 9,8 \frac{t^2}{2} + 10t - 800 = 0; t_1 = 11,69 \text{ с.}$$

3) уравнение движения 2-го груза по оси x :

$$|a_x^2| = g; |V_x^2| = V_{x_0}^2; L_1 = V_{x_0}^2 t;$$

при $t=t_1 - 0,64 \text{ с}$ получаем $L_1 = 50 \cdot 11,05 = 552,5 \text{ м.}$

Ответ: 552,5 м

Направление «Биотехнологии»

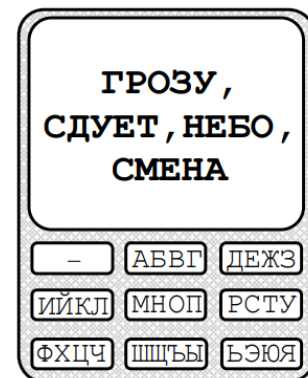
Задача 5 (20 баллов). Соотнесите вид/род микроорганизма-продуцента с продуктом микробиологического производства.

1) <i>Streptomyces spp.</i>	А) белок
2) <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Б) органические кислоты
3) <i>Lactobacillus spp.</i>	В) антибиотики

Ответ: 1В, 2А, 3Б

Направление «Информационная безопасность»

Задача 5 (20 баллов). Для шифрования SMS-сообщений использовался следующий способ. Первоначально каждый пробел в исходном сообщении заменялся некоторым трёхбуквенным словом. Затем полученная цепочка букв набиралась на клавиатуре с использованием интеллектуального ввода (по типу T9). При этом при вводе каждой буквы осуществлялось лишь однократное нажатие соответствующей клавиши (см. рисунок), а программа интеллектуального ввода выбирала слово из словаря по следующему принципу: 1-я буква слова выбиралась с 1-й нажатой клавиши, 2-я – со второй и т.д. Полученные таким образом осмысленные слова разделялись запятыми и передавались. Найдите исходное сообщение, соответствующее написанному на экране (см. рисунок).



Ответ: В СУЕТЕ ГОРОДОВ

Направление «Машиностроение»

Задача 5 (20 баллов). Рука робота равномерно поднимает с пола деталь массой 60 кг на высоту 50 см за 4 секунды. Определить мощность двигателя робота, потерями на трение пренебречь. Принять $g=10 \text{ м/с}^2$.

Решение: Работа, совершаемая против силы тяжести равна $A=mgh=60 \cdot 10 \cdot 0,5=300 \text{ Дж}$. Мощность равна $N=A/t=300/4=75 \text{ Вт}$.

Ответ: 75 Вт.

Направление «Приборостроение»

Задача 5 (20 баллов). Для контроля электрической проводки в квартире используются специальные защитные устройства, отключающие электроэнергию при перегрузки сети. Номиналы автоматических выключателей определяются током нагрузки. Для квартир чаще всего применяются автоматические выключатели на 8 А, 10 А, 16 А, 20 А, 25 А. Для группы розеток, предназначенных для питания бытовых электроприборов на кухне, необходимо подобрать защитный автоматический выключатель. Мощности приборов по паспортным данным составляют 2,0, 1,5 и 0,6 кВт. В квартире используется однофазная сеть переменного тока напряжением 220 вольт. Определите требуемый номинал автоматического выключателя.

Решение:

Общая мощность всех приборов, подключенных в работу одновременно, составит $2,0+1,5+0,6=4,1 \text{ кВт}=4100 \text{ Вт}$.

По формуле $P=UI$, тогда $I=4100/220=18,64 \text{ А}$.

Ближайший по номиналу автоматический выключатель имеет величину срабатывания 20 ампер. Автомат меньшего значения на 16 А будет постоянно отключаться от перегрузки.

Ответ: 20 А

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; P_f – сила сопротивления качению, P_{α} – сила сопротивления подъему.

При этом:

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

где G_A – вес автомобиля; 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; k – коэффициент обтекаемости автомобиля, берется из специальных таблиц; F_A – площадь поперечного сечения автомобиля; V_A – скорость движения автомобиля.

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.

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 15000 кг движется по горизонтальной асфальтированной дороге, находящейся в отличном состоянии. Известно, что сила тяги на ведущих колесах автомобиля равна 3000 Н. Определите, как движется автомобиль (равномерно, с ускорением или с замедлением). Силой сопротивления воздуха можно пренебречь.

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:

$$P_\phi = P_f = G_A f \cos \alpha, \quad (1)$$

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

Определяем вес автомобиля:

$$G_A = m_A \cdot g = 15\,000 \cdot 9,8 = 147\,000 \text{ Н} \quad (2)$$

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

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

$$P_{\varphi} = 147\,000 \cdot 0,015 = 2205 \text{ Н.} \quad (3)$$

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

$$P_A = 3000 \text{ Н,}$$

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

Ответ: автомобиль будет двигаться с ускорением.

Направление «Технологии кораблестроения и водного транспорта»

Задача 5 (20 баллов). Подводная лодка, представляющая собой цилиндр диаметром $d=10$ м, длиной $L=60$ м, идет в подводном положении в воде с удельным весом $\gamma_1=1,025$ т/м³. Определить, всплывет или погрузится лодка при расходе 117,75 т запасов и одновременном переходе в пресную воду с удельным весом $\gamma_2=1,00$ т/м³.

Решение: В начальный момент времени силы тяжести уравновешиваются силами поддержания.

$$D_1 = \gamma_1 V.$$

Объем лодки:

$$V = SL = \pi d^2 L / 4 = 3,14 \cdot 10^2 \cdot 60 / 4 = 4710 \text{ м}^3,$$

$$D_1 = 1,025 \cdot 4710 = 4827,75 \text{ т.}$$

После расхода 118 т масса лодки изменится:

$$D_2 = D_1 + P = 4827,75 - 117,75 = 4710 \text{ т.}$$

После перехода в пресную воду силы поддержания изменятся:

$$D_2^* = \gamma_2 V = 1,00 \cdot 4710 = 4710 \text{ т.}$$

Так как $D_2 = D_2^*$, то силы тяжести и поддержания вновь будут уравновешены, и следовательно ни погружаться, ни всплывать лодка не будет.

Ответ: ни погружаться, ни всплывать лодка не будет

Направление «Технологии материалов»

Задача 5 (20 баллов). Конструкционные материалы – материалы, из которых изготавливаются различные конструкции, воспринимающие силовую нагрузку. Перед вами два строительных материала: бетон и древесина хвойных пород. Какой из материалов будет обладать более высокими конструктивными свойствами? Необходимо

определить относительную плотность материала и коэффициент конструктивного качества. Предел прочности у бетона равен 44 МПа, средняя плотность 2300 кг/м³. У древесины – соответственно 49 МПа и 0,47 г/см³. Плотность воды $\rho=1000$ кг/м³

Решение:

1) Найдем относительную плотность материалов: $d_{\text{бетона}}=d_m/d_{H_2O} = 2300/1000=2,3$
 $d_{\text{древесины}}=0,47/1=0,47$

2) Коэффициент конструктивного качества рассчитывают по формуле:

$$K.K.K. = \frac{\bar{R}(\text{МПа})}{d}$$

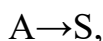
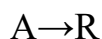
$K.K.K._{\text{бетона}}=44/2,3=19,13$ МПа

$K.K.K._{\text{древесины}}=49/0,47=104,25$ МПа

Ответ: относительная плотность $d_{\text{бетона}}$ 2,3, $d_{\text{древесины}}$ 0,47, $K.K.K._{\text{бетона}}=19,13$ МПа, $K.K.K._{\text{древесины}}=104,25$ МПа. У древесины хвойных пород больше $K.K.K.$ бетона, следовательно, она обладает более высокими конструктивными свойствами.

Направление «Химические технологии»

Задача 5 (20 баллов). В химическом реакторе в изотермических условиях протекает химический процесс, включающий две параллельные реакции вида



который характеризуется следующими значениями констант скоростей: для первой реакции $k_1=10^{-3}\text{с}^{-1}$, для второй реакции $k_2=10^{-2}\text{с}^{-1}$. Начальное количество реагента А составляет 2 моль/л. Продукты реакции в начальный момент в системе отсутствуют. Определить скорость химической реакции по реагентам А и S в момент времени, когда концентрация продуктов R и S составила 0,005 и 0,05 моль/л, соответственно.

Решение:

В соответствии с законом действующих масс скорость расходования реагента А в двух параллельно протекающих процессах выражается уравнением

$$w_A = k_1 \cdot c_A + k_2 \cdot c_A = (k_1 + k_2) \cdot c_A.$$

Скорость накопления вещества S выражается уравнением

$$w_S = k_2 \cdot c_A.$$

Текущую концентрацию вещества А можно определить из балансового уравнения

$$c_A = c_{A,0} - |\Delta c_A|,$$

где $|\Delta c_A|$ – общий расход реагента А (количество реагента А, пошедшее на два параллельных процесса), $c_{A,0}$ – исходное количество реагента А.

Величину $|\Delta c_A|$ можно выразить через сумму расходов на каждую из двух параллельных реакций:

$$|\Delta c_A| = |\Delta c_{A \rightarrow R}| + |\Delta c_{A \rightarrow S}|.$$

В свою очередь, используя следствие из закона эквивалентов для каждого из двух параллельных процессов и учитывая нулевую концентрацию продуктов R и S в системе в начальный момент времени, можно определить величины $|\Delta c_{A \rightarrow R}|$ и $|\Delta c_{A \rightarrow S}|$:

$$\frac{|\Delta c_{A \rightarrow R}|}{1} = \frac{c_R}{1}; \quad \frac{|\Delta c_{A \rightarrow S}|}{1} = \frac{c_S}{1}.$$

Тогда

$$c_A = c_{A,0} - (|\Delta c_{A \rightarrow R}| + |\Delta c_{A \rightarrow S}|) = c_{A,0} - (c_R + c_S) = 2 - (0,005 + 0,05) = 1,945 \text{ моль/л.}$$

Откуда скорости реакций по компонентам A и S равны:

$$w_A = (k_1 + k_2) \cdot c_A = (0,001 + 0,01) \cdot 1,945 = 0,0214 \text{ моль/(л·с)},$$

$$w_S = k_2 \cdot c_A = 0,01 \cdot 1,945 = 0,01945 \text{ моль/(л·с)}.$$

Ответ: скорость по компоненту A равна 0,0214 моль/(л·с), скорость по компоненту S равна 0,01945 моль/(л·с).



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда»
«Техника и технологии»

9-10 классы

Отборочный этап
Вариант 2

2022-2023

Задания, ответы и критерии оценивания

БАЗОВАЯ ЧАСТЬ

Задача 1 (20 баллов). Найдите наименьшее целое значение параметра a , при котором графики функций $f(x) = \frac{2}{x}$ и $g(x) = ax + 6$ пересекаются в двух различных точках.

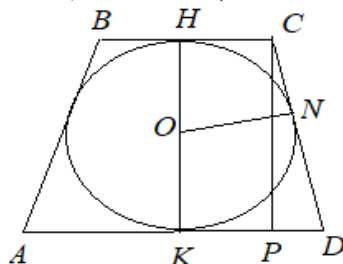
Ответ: -4 .

Решение. Приравнивая функции, получаем уравнение $ax^2 + 6x - 2 = 0$. При $a=0$ уравнение будет линейным и имеет единственное решение. При $a \neq 0$ уравнение является квадратным и имеет два различных решения, если дискриминант $D > 0$. Имеем $D = 36 + 8a > 0$ при $a \in (-4,5; 0) \cup (0; +\infty)$. Тогда наименьшее целое значение из этого множества -4 .

Задача 2 (20 баллов). В равнобедренную трапецию с длинами оснований 2 и 18 см вписана окружность. Найдите её радиус (в см).

Ответ: 3.

Решение. Дана равнобедренная трапеция $ABCD$, $AD=18$ см, $BC=2$ см.

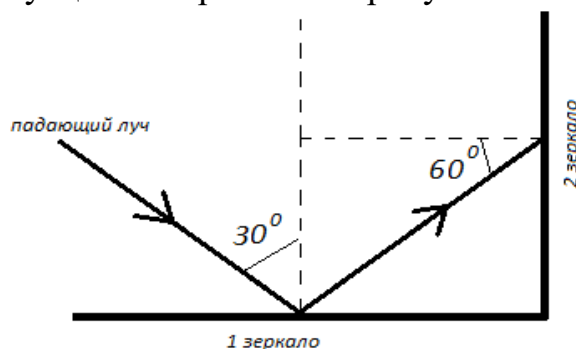


Высота HK трапеции является диаметром вписанной окружности. Имеем $KD=9$ см, $HC=1$ см. По свойству касательных, проведенных из одной точки к окружности $ND=KD=9$ см, $CN=CH=1$ см, тогда боковая сторона трапеции $CD=9+1=10$ см. В прямоугольном треугольнике CPD $PD=9-1=8$ см. По теореме Пифагора $CP=6$, тогда радиус окружности равен 3.

Задача 3 (20 баллов). На систему из двух взаимно перпендикулярных зеркал падает тонкий луч света. Угол падения на первое зеркало – 30° . На сколько градусов необходимо повернуть второе зеркало, чтобы угол падения луча на него был равен 70° ?

Ответ: 10° .

Решение. Описываемая ситуация изображена на рисунке.



Получается, что угол падения луча на второе зеркало равен 60° . Следовательно, второе зеркало необходимо повернуть еще на 10° .

Задача 4 (20 баллов). Зависимость скорости автомобиля от пройденного пути при равноускоренном прямолинейном движении определяется выражением $v = \sqrt{8s + 9}$. Определите его ускорение и начальную скорость. Все данные в единицах СИ.

Ответ: $a=4 \text{ м/с}^2$, $v_0=3 \text{ м/с}$.

Решение. Связь скорости и пройденного пути носит следующий характер:

$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$. Отсюда получаем $v = \sqrt{2as + v_0^2}$. Сравнивая данное выражение с приведённым в условии, можно сделать вывод, что ускорение $a = 4 \text{ м/с}^2$ и начальная скорость $v_0 = 3 \text{ м/с}$.

ПРОФИЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Направление «Авиационная и ракетно-космическая техника»

Задача 5 (20 баллов). Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) летит по прямой горизонтально со скоростью $v_0=720 \text{ км/ч}$. Чтобы сделать разворот в горизонтальной плоскости, ему необходимо увеличить скорость. Какой будет эта скорость v_0 , и под каким углом α к вертикали БПЛА должен наклонить плоскость крыльев, чтобы разворот произошел по окружности радиусом $R=8 \text{ км}$. Подъемная сила направлена перпендикулярно плоскости крыльев и пропорциональна квадрату скорости БПЛА (коэффициент пропорциональности в обоих случаях считать одинаковым). Ответ определите в м/с и округлите до целых.

Решение:

Движение БПЛА по прямой с постоянной скоростью v_0 описывается уравнением

$$mg = kv_0^2$$

а движение БПЛА по окружности – уравнениями (рисунок 1):

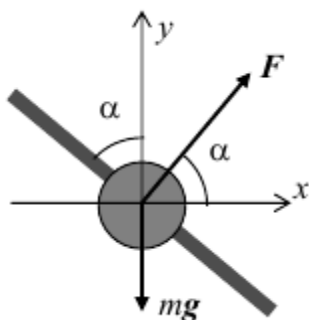


Рисунок 1

$$x: F \cos \alpha = \frac{mV^2}{R};$$

$$y: F \sin \alpha = mg.$$

$$F = kV^2$$

Решая все полученные выше уравнения, находим

$$\cos \alpha = \frac{V_0^2}{gR} = 0,5 \Rightarrow \alpha = 60^\circ;$$

$$v = \frac{v_0}{\sqrt{\sin \alpha}} = 215 \text{ м/с}$$

Ответ: 215

Направление «Биотехнологии»

Задача 5 (20 баллов). Соотнесите группу микроорганизма по отношению к температуре роста с температурным диапазоном роста

- | | |
|---------------|--------------------|
| 1) психрофилы | А) от 10 до 45°C |
| 2) мезофилы | Б) от 40 до 70°C |
| 3) термофилы | В) от +10 до -20°C |

Ответ: 1В, 2А, 3Б

Направление «Информационная безопасность»

Задача 5 (20 баллов). Известно, что в требуем слове существует 5-ть позиций, каждую позицию возможно получить с помощью заданной формулы. Решите данные примеры и сопоставьте полученные значения с индексами букв в алфавите.

Позиция 1 — $3^3 \log_{27}(14)$

Позиция 2: — $2 * \cos^2 840' - \tan(45) + 8 * \sin 7 * \sin 420' * \cos 7 \cos 420'$

Позиция 3: — $(\log_2 4 + 2 * \log_2 2) * \sqrt{16}$

Позиция 4: — $16^{3/12} - 72^0$

Позиция 5: — $\sum_{N < 6} X$

Ответ: МАТАН

Направление «Машиностроение»

Задача 5 (20 баллов). Рука робота равномерно поднимает с пола деталь массой 60 кг на высоту 40 см за 2 секунды. Определить мощность двигателя робота, потерями на трение пренебречь. Принять $g=10 \text{ м/с}^2$.

Решение: Работа, совершаемая против силы тяжести равна $A=mgh=60 \cdot 10 \cdot 0,4=240 \text{ Дж}$.
Мощность равна $N=A/t=240/2=120 \text{ Вт}$.

Ответ: 120 Вт.

Направление «Приборостроение»

Задача 5 (20 баллов). Источник тока, выдающий напряжение U , обладающий собственным внутренним сопротивлением r , соединен последовательно с амперметром и сопротивлением. Если взять сопротивление из медной проволоки длиной $l=100 \text{ м}$ и поперечным сечением $S=2 \text{ мм}^2$, то амперметр показывает ток $I_1=1,43 \text{ А}$. Если же взять сопротивление из алюминиевой проволоки длиной $l=57,3 \text{ м}$ и поперечным сечением

$S=1 \text{ мм}^2$, то амперметр показывает ток $I_2=1 \text{ А}$. Сопротивление амперметра $R_A=0,05 \text{ Ом}$. Найти напряжение U источника.

Решение:

$$I=U/(r+R_A+R)$$

$$R=\rho l/S$$

$I_1=U/(r+R_A+ \rho_1 l_1/S_1)$, ток протекающий по цепи, если сопротивление из медной проволоки.

$I_2=U/(r+R_A+ \rho_2 l_2/S_2)$, ток протекающий по цепи, если сопротивление из медной проволоки.

$r=(I_1 (R_A+ \rho_2 l_2/S_2) - I_2 (R_A+ \rho_1 l_1/S_1))/(I_1-I_2)= 0,5 \text{ Ом}$, внутреннее сопротивление источника ЭДС

$$U= I_1 (r+R_A+ \rho_2 l_2/S_2)=2 \text{ В}.$$

Ответ: 2 В

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; P_f – сила сопротивления качению; P_α – сила сопротивления подъему.

При этом:

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

где G_A – вес автомобиля; 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; k – коэффициент обтекаемости автомобиля, берется из специальных таблиц; F_A – площадь поперечного сечения автомобиля; V_A – скорость движения автомобиля.

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.

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 10000 кг. Известно, что сила тяги на его ведущих колесах равна 2500 Н. Силой сопротивления воздуха можно пренебречь.

Решение:

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

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

где P_A – сила тяги на колесах автомобиля; P_φ – сила дорожного сопротивления; P_w – сила сопротивления воздуха.

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

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

где P_φ – сила дорожного сопротивления; P_f – сила сопротивления качению; G_A – вес автомобиля; 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:

$$G_A = m_A \cdot g = 10\,000 \cdot 9,8 = 98\,000 \text{ Н} \quad (5)$$

где m_A – масса автомобиля; g – ускорение свободного падения.

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

$$f = \frac{2500}{98\,000} = 0,025. \quad (6)$$

7. В справочной таблице 1 по величине f находим тип соответствующего покрытия дороги. Имеем $f = 0,025$ – ровный лед.

Ответ: автомобиль движется по ровному льду.

Направление «Технологии кораблестроения и водного транспорта»

Задача 5 (20 баллов). Подводная лодка, представляющая собой цилиндр диаметром $d=10$ м, длиной $L=60$ м, идет в подводном положении в воде с удельным весом $\gamma=1,025$ т/м³. Определить, всплывет или погрузится лодка при расходовании 118 т запасов и одновременном переходе в пресную воду с удельным весом $\gamma_2=1,00$ т/м³.

Решение: В начальный момент времени силы тяжести уравновешиваются силами поддержания.

$$D_1 = \gamma_1 V.$$

Объем лодки:

$$V = SL = \pi d^2 L / 4 = 3,14 \cdot 10^2 \cdot 60 / 4 = 4710 \text{ м}^3,$$

$$D_1 = 1,025 \cdot 4710 = 4827,75 \text{ т.}$$

После расходования 118 т масса лодки изменится:

$$D_2 = D_1 + P = 4827,75 - 117,75 = 4710 \text{ т.}$$

После перехода в пресную воду силы поддержания изменятся:

$$D_2^* = \gamma_2 V = 1,00 \cdot 4710 = 4710 \text{ т.}$$

Так как $D_2 = D_2^*$, то силы тяжести и поддержания вновь будут уравновешены, и следовательно ни погружаться, ни всплывать лодка не будет.

Ответ: ни погружаться, ни всплывать лодка не будет

Направление «Технологии материалов»

Задача 5 (20 баллов). Конструкционные материалы — материалы, из которых изготавливаются различные конструкции, воспринимающие силовую нагрузку. Конструкционный пластик имеет предел прочности 50 МПа и среднюю плотность 1,2 г/см³. Предел прочности алюминиевого конструкционного материала равен 90 МПа, а средняя плотность 2712 кг/см³. Какой из строительных материалов предпочтительнее использовать? Необходимо определить относительную плотность материала и коэффициент конструктивного качества.

Решение:

$$1) \text{ найдем относительную плотность материалов: } d_{\text{пластик}} = d_m / d_{H_2O} = 1200 / 1000 = 1,2$$

$$d_{\text{алюминия}} = d_m / d_{H_2O} = 2712 / 1000 = 2,7$$

$$ККК_{\text{пластика}} = 50 / 1,2 = 41,67 \text{ МПа}$$

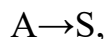
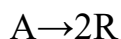
$$ККК_{\text{алюминия}} = 90 / 2,7 = 33,33 \text{ МПа}$$

Ответ: $d_{\text{пластика}} 1,2$, $d_{\text{алюминия}} 2,7$, $ККК_{\text{пластика}} 41,67$ МПа

$ККК_{\text{алюминия}} 33,33$ МПа. В качестве конструкционного материала предпочтительнее использовать конструкционный пластик, т.к. $ККК_{\text{пластика}}$ выше.

Направление «Химические технологии»

Задача 5 (20 баллов). В химическом реакторе в изотермических условиях протекает химический процесс, включающий две параллельные реакции вида



который характеризуется следующими значениями констант скоростей: для первой реакции $k_1=0,01\text{с}^{-1}$, для второй реакции $k_2=0,02\text{с}^{-1}$. Начальное количество реагента А составляет 5 моль/л. Продукты реакции в начальный момент в системе отсутствуют. Определить скорость химической реакции по реагентам А и S в момент времени, когда концентрация продуктов R и S составила 0,95 и 0,91 моль/л, соответственно.

Решение:

В соответствии с законом действующих масс скорость расходования реагента А в двух параллельно протекающих процессах выражается уравнением

$$w_A = k_1 \cdot c_A + k_2 \cdot c_A = (k_1 + k_2) \cdot c_A.$$

Скорость накопления вещества S выражается уравнением

$$w_S = k_2 \cdot c_A.$$

Текущую концентрацию вещества А можно определить из балансового уравнения

$$c_A = c_{A,0} - |\Delta c_A|,$$

где $|\Delta c_A|$ – общий расход реагента А (количество реагента А, пошедшее на два параллельных процесса), $c_{A,0}$ – исходное количество реагента А.

Величину $|\Delta c_A|$ можно выразить через сумму расходов на каждую из двух параллельных реакций:

$$|\Delta c_A| = |\Delta c_{A \rightarrow R}| + |\Delta c_{A \rightarrow S}|.$$

В свою очередь, используя следствие из закона эквивалентов для каждого из двух параллельных процессов и учитывая нулевую концентрацию продуктов R и S в системе в начальный момент времени, можно определить величины $|\Delta c_{A \rightarrow R}|$ и $|\Delta c_{A \rightarrow S}|$:

$$\frac{|\Delta c_{A \rightarrow R}|}{1} = \frac{c_R}{2}; \quad \frac{|\Delta c_{A \rightarrow S}|}{1} = \frac{c_S}{1}.$$

Тогда

$$c_A = c_{A,0} - (|\Delta c_{A \rightarrow R}| + |\Delta c_{A \rightarrow S}|) = c_{A,0} - \left(\frac{c_R}{2} + c_S\right) = 5 - \left(\frac{0,95}{2} + 0,91\right) = 1,385 \text{ моль/л.}$$

Откуда скорости реакций по компонентам А и S равны:

$$w_A = (k_1 + k_2) \cdot c_A = (0,01+0,02) \cdot 1,385 = 0,04155 \text{ моль/(л·с)},$$

$$w_S = k_2 \cdot c_A = 0,02 \cdot 1,385 = 0,0277 \text{ моль/(л·с)}.$$

Ответ: скорость по компоненту А (скорость расходования А) равна 0,04155 моль/(л·с), скорость по компоненту S (скорость накопления S) равна 0,0277 моль/(л·с).