



# Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Техника и технологии»

11 класс

Отборочный этап

2022-2023

Вариант 1

Задания, ответы и критерии оценивания

## БАЗОВАЯ ЧАСТЬ

**Задача 1 (20 баллов).** Расстояние между посёлками  $A$  и  $B$  равно 15 км. Из  $A$  в  $B$  в 8 ч 30 мин утра со скоростью 4 км/ч отправился господин  $N$ . На следующий день в 10 часов утра он отправился в обратный путь и шёл со скоростью 5 км/ч. Каждый раз господин проходил мимо Дуба, стоящего у дороги, в одно и то же время. Сколько км от посёлка  $A$  до Дуба? Ответ запишите в км.

**Ответ:** 10.

**Решение.** Пусть  $x$  км – расстояние от посёлка  $A$  до Дуба, тогда  $15-x$  км – расстояние от Дуба до посёлка  $B$ . Приравнивая время, когда господин проходил мимо Дуба в ту и другую стороны, получаем уравнение  $8,5 + \frac{x}{4} = 10 + \frac{15-x}{5}$ . Получаем  $170 + 5x = 200 + 4(15 - x)$ , откуда  $x=10$ .

**Задача 2 (20 баллов).** Найдите наименьшее значение функции  $y = \frac{10}{\sqrt{4x+1} + \sqrt{x+2}}$  на отрезке  $[1; 2]$ .

**Ответ:** 2.

**Решение.** Функции  $y = \sqrt{4x+1}$  и  $y = \sqrt{x+2}$  являются возрастающими функциями. Тогда их сумма также является возрастающей функцией. Если положительную константу поделить на возрастающую функцию, то будем получать убывающую функцию. Таким образом, наименьшее значение данная функция на отрезке  $[1; 2]$  принимает при  $x=2$ , оно равно  $\frac{10}{\sqrt{8+1} + \sqrt{2+2}} = \frac{10}{5} = 2$ .

**Задача 3 (20 баллов).** Предмет располагается на расстоянии 20 см от тонкой собирающей линзы. После того, как предмет передвинули на 5 см к линзе, оказалось, что расстояние от линзы до изображения осталось прежним. Определите фокусное расстояние линзы в см.

**Ответ:** 17,1.

**Решение.** Ситуация, описанная в условии, возможна, если изображение сначала было действительным, а потом стало мнимым. Запишем формулу тонкой линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{20} + \frac{1}{f}$ ,  
 $\frac{1}{F} = \frac{1}{15} - \frac{1}{f}$ . Решая эту систему уравнений, получаем  $F=120/7 \approx 17,1$  см.

**Задача 4 (20 баллов).** Груз на пружине совершает колебания с частотой  $\vartheta = 5$  Гц. Какой станет частота колебаний, если пружину обрезать наполовину?

**Ответ:** 7,07 Гц.

**Решение.** Если отрезать половину пружины, то жёсткость оставшейся части будет в два раза больше жёсткости исходной пружины. Частота колебаний пружинного маятника:

$\vartheta = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ . Следовательно, частота должна вырасти в  $\sqrt{2}$  раз. Получаем  $\vartheta_k = 5\sqrt{2} = 7,07$  Гц.

## ПРОФИЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### Направление «Авиационная и ракетно-космическая техника»

**Задача 5 (20 баллов).** Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) с размахом крыльев  $L=20$  м набирает высоту, поднимаясь с постоянной скоростью  $v_0=250$  м/с, направленной под углом  $\alpha=30^\circ$  к горизонту. Магнитное поле Земли в области, в которой движется БПЛА, можно считать однородным. Вектор магнитной индукции поля по модулю равен  $B=0,2 \cdot 10^{-4}$  Тл, направлен практически горизонтально, причем векторы  $\vec{B}$  и  $\vec{v}$  лежат в одной вертикальной плоскости. Чему равна разность потенциалов между концами крыльев БПЛА?

**Решение.** Сила, действующая на электроны проводимости со стороны магнитного поля за счет коллективного движения вместе с БПЛА, в установившемся режиме уравнивается силой, действующей со стороны электрического поля, возникшего из-за разделения зарядов. Поэтому напряженность этого электрического поля определяется из равенства:

$$eE = evB \sin \alpha,$$

откуда

$$E = vB \sin \alpha.$$

Соответственно разность потенциалов между концами крыльев равна:

$$U = EL = vBL \sin \alpha = 0,05 \text{ В.}$$

**Ответ:** 0,05 В

### Направление «Биотехнологии»

**Задача 5 (20 баллов).** Сопоставьте химическую реакцию с видом микроорганизма, вызывающего характерный вид брожения. Ответ представьте в виде: 1Г,2А...

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 1) $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH(OH)COOH + Q$                       | А) <i>Bacterium aceti</i>          |
| 2) $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2 + Q$                   | Б) <i>Clostridium pasteurianum</i> |
| 3) $CH_3CH_2OH + O_2 = CH_3COOH + H_2O + Q$                             | В) <i>Lactobacillus bulgaricus</i> |
| 4) $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_3H_7COOH + 2H_2\uparrow + 2CO_2\uparrow$ | Г) <i>Saccharomyces cerevisiae</i> |

**Ответ:** 1В, 2Г, 3А, 4Б

## Направление «Информационная безопасность»

**Задача 5 (20 баллов).** Говорилось, что в древней Спарте использовался способ шифрования, построенный на геометрии. Шифрование производится следующим образом:

1. Вводится сообщение для шифрования
2. Вычисляется его длина  $k$
3. Вводится “ключ”  $m$  – количество строк матрицы Скитала
4. Вычисляется количество столбцов  $n = \left\lfloor \frac{k-1}{m} \right\rfloor + 1$ , где  $\lfloor \dots \rfloor$  – операция взятия целой части от числа
5. Определяется новое положение буквы сообщения, как  $j = m \times (i \bmod n) + \left\lfloor \frac{i}{n} \right\rfloor$ , где  $i$  – текущее положение буквы в исходном сообщении.

Вам дан шифротекст, параметры формулы шифрования. Найдите исходный текст.

Шифротекст: ШРУТЗМ ОИ Д ЛАМЙФБЕВОНН

$m = 3$

$n = 8$

Ответ: ШИФР БУДЕТ ВЗЛОМАН

## Направление «Машиностроение»

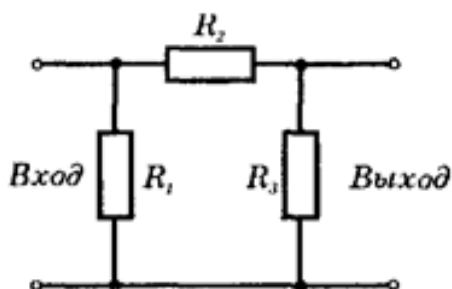
**Задача 5 (20 баллов).** Лазерный луч станка для лазерной резки металла мощностью  $W=200$  Вт полностью отражается от неподвижного кусочка фольги массой  $m=0,01$  г. Определить скорость, которую приобретет фольга, если длительность лазерного импульса составляет  $t=0,3$  с.

**Решение:** Энергия импульса света равна  $E=m_c c^2=Wt$ . Масса света, эквивалентная данной энергии равна  $m_c=(W \cdot t)/c^2$ . Закон сохранения импульса для системы фольга-свет имеет вид  $mV=2m_c$ . Тогда искомая скорость фольги равна  $V=(2Wt)/m_c=(2 \cdot 200 \cdot 0,3)/0,00001 \cdot 300000000=0,04$  м/с.

Ответ: 0,04 м/с.

## Направление «Приборостроение»

**Задача 5 (20 баллов).** Если на вход электрической цепи подано напряжение  $U_1 = 100$  В, то напряжение на выходе  $U_3 = 40$  В. При этом через резистор  $R_2$  идет ток 1 А. Если на выход цепи подать напряжение  $U'_3 = 60$  В, то напряжение на входе будет  $U'_1 = 15$  В. Определить сопротивления  $R_1, R_2, R_3$



## Решение:

Резисторы  $R_2$ ,  $R_3$  при подаче напряжения на вход цепи соединены между собой последовательно, а с резистором  $R_1$  параллельно. Поэтому  $I_2 = U_1 / (R_2 + R_3)$ ,  $U_3 = I_2 R_3$ ,  $R_3 = U_3 / I_2 = 40 \text{ Ом}$ .  $R_2 = (U_1 - U_3) / I_2 = 60 \text{ Ом}$ .

Резисторы  $R_2$  и  $R_1$  при подаче напряжения на вход цепи соединены между собой последовательно, а с резистором  $R_3$  параллельно.  $I'_2 = U'_3 / (R_1 + R_2)$ ,  $U'_1 = I'_2 R_1 = U'_3 R_1 / (R_1 + R_2)$ , тогда  $R_1 = R_2 U'_1 / (U'_3 - U'_1) = 20 \text{ Ом}$

**Ответ:**  $R_1 = 20 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 60 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 40 \text{ Ом}$ .

## 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  $P_\varphi$  – сила дорожного сопротивления;  $P_f$  – сила сопротивления качению;  $P_\alpha$  – 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);  $\alpha$  – 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, 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	Грунтовая дорога в хорошем состоянии	0,023
4	Мокрая грунтовая дорога	0,1
5	Сыпучий песок	0,2
6	Хорошо укатанный снег	0,029

**Задача 5 (20 баллов).** Грузенный грузовой автомобиль массой 10000 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.

**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;  $P_{\varphi}$  – сила дорожного сопротивления;  $P_f$  – сила сопротивления качению;  $P_{\alpha}$  – сила сопротивления подъему. Поскольку автомобиль движется на подъем, то берется знак «+».

2, Сила сопротивления качению определяется из выражения:

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

где  $P_f$  – сила сопротивления качению;  $G_A$  – вес автомобиля;  $f$  – коэффициент сопротивления качению (определяем из таблицы 1);  $\alpha$  – угол подъема дороги.

3. Сила сопротивления подъему определяется из выражения:

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

где  $P_{\alpha}$  – сила сопротивления подъему;  $G_A$  – вес автомобиля;  $\alpha$  – угол подъема дороги.

4. Определим вес автомобиля:

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

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

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

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

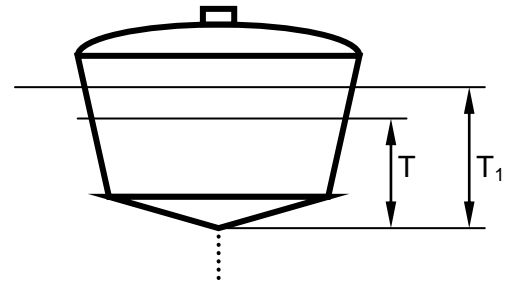
6. Подставим в выражение (5) численные значения входящих в него параметров. Учтем, что по данным таблицы 1 значение  $f = 0,015$ ,  $\cos 80 = 0,99$ ,  $\sin 80 = 0,14$ .

$$P_A = 10\,000 \cdot 9,8(0,015 \cdot 0,99 + 0,14) = 15\,180 \text{ Н}. \quad (6)$$

**Ответ:** сила тяги на колесах равна 15180 Н.

## Направление «Технологии кораблестроения и водного транспорта»

**Задача 5 (20 баллов).** С затонувшего корабля выпущен сигнальный буй, плавающий с осадкой  $T_1$ . Если бы буй плавал без соединительного троса, то его осадка  $T$  была бы на 10 см меньше. Определить, на какой глубине затонул корабль, если средний диаметр буя в пределах осадок  $T$  и  $T_1$  равен  $d=1,0$  м, удельный вес воды  $\gamma = 1,02$  т/м<sup>3</sup>, а вес одного погонного метра соединительного троса составляет 0,8 кг.



**Решение:**

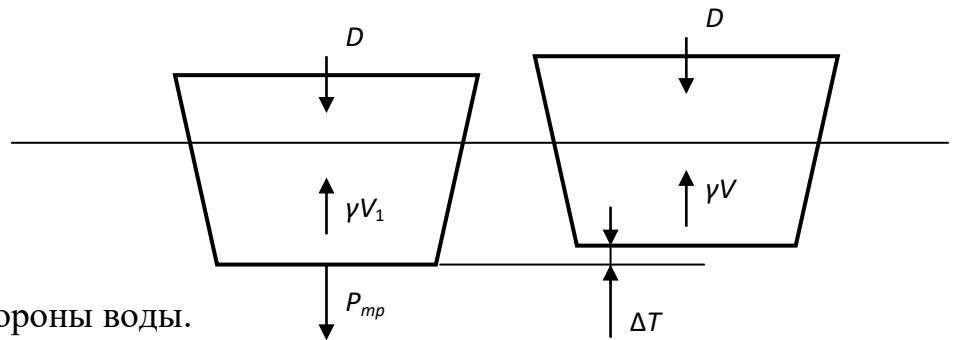
Из первого рисунка видно, что:

$$D + P_{тр} = \gamma V_1,$$

где  $D$  – сила тяжести буя,

$P_{тр}$  – вес троса

$\gamma V$  – выталкивающая сила со стороны воды.



Из второго рисунка:

$$D = \gamma V.$$

Тогда:

$$\gamma V + P_{тр} = \gamma V_1,$$

$$P_{тр} = \gamma V_1 - \gamma V = \gamma(V_1 - V) = \gamma \Delta V = \gamma \Delta T S = \gamma \Delta T \pi d^2 / 4 = 1,02 \cdot 0,1 \cdot 3,14 \cdot 1,0^2 / 4 = 0,08 \text{ т} = 80 \text{ кг}.$$

$$P_{тр} = \rho h,$$

$$h = P_{тр} / \rho h = 80 / 0,8 = 100 \text{ м}.$$

**Ответ:** 100 м

## Направление «Технологии материалов»

**Задача 5 (20 баллов).** Пределом прочности при сжатии материала называют напряжение, соответствующее сжимающей нагрузке, при которой происходит разрушение материала. Для испытания образцов материала на сжатие применяют гидравлические прессы. Во время испытательных работ строительный материал подвергся сжатию. Манометр прессы составил 11 МПа. Площадь поперечного сечения поршня прессы равна 600 см<sup>2</sup>. Рассчитайте значение предела прочности, если известно, что строительный материал имел форму куба с ребром 200 мм. Определите материал по пределу прочности при сжатии используя таблицу.

Материал	Предел прочности при сжатии, кгс/см <sup>2</sup>
Низкоуглеродистая сталь	3000
Бетон М150	130-165
Сосна	300-650

**Решение:**

1. Разрушающая нагрузка:  $F = P \cdot S = 110 \text{ кгс/см}^2 \cdot 600 \text{ см}^2 = 66000 \text{ кгс}$ .

2. Предел прочности при сжатии куба из бетона:  $R_{сж} = F/S = 66000 / 20 \cdot 20 = 165 \text{ кгс/см}^2$

**Ответ:** 165 кгс/см<sup>2</sup>

**Направление «Химические технологии»**

**Задача 5 (20 баллов).** Математическая модель изотермического реактора с мешалкой (реактора идеального смешения), работающего в проточном режиме, имеет вид

$$\frac{V}{v} = \bar{\tau} = \frac{c_{J,0} - c_{J,f}}{w_{r,J}}$$

где  $V$  - объем реактора идеального смешения, м<sup>3</sup>;  $v$  - объёмный расход реакционной смеси, проходящей через проточный реактор, м<sup>3</sup>/с;  $\bar{\tau}$  - среднее время пребывания элементарного объёма (порции) реакционной смеси в пределах реактора;  $c_{J,0}$  – концентрация реагента  $J$  на входе в реактор;  $c_{J,f}$  – концентрация реагента  $J$  на выходе из реактора;  $w_{r,J}$  – скорость реакции по компоненту  $J$  в зависимости от текущей концентрации компонента  $J$ .

Для простой реакции вида  $2A \rightarrow R$  определить необходимый объём реактора идеального смешения для превращения реагента на 80%, если начальная концентрация реагента  $A$  составляет 2 кмоль/м<sup>3</sup>, константа скорости химической реакции равна 0,05 м<sup>3</sup>/(кмоль·с), объёмный расход реакционной смеси составляет 60 л/мин.

**Решение:**

Израсходованное количество реагента  $A$  на единицу реакционного объёма по условию задачи

$$|\Delta c_A| = 0,8 \cdot c_{A,0} = 0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ моль/л.}$$

Концентрация реагента  $A$  на выходе из реактора определяется по уравнению

$$c_{A,f} = c_{A,0} - |\Delta c_A| = 2 - 1,6 = 0,4 \text{ моль/л.}$$

Для реакции второго порядка в соответствии с законом действующих масс скорость реакции определяется по уравнению

$$w_A = k \cdot c_A^2.$$

Объем реактора можно определить, подставив выражение для скорости реакции в уравнение математической модели реактора:

$$V = \frac{v \cdot (c_{A,0} - c_{A,f})}{w_A} = \frac{v \cdot (c_{A,0} - c_{A,f})}{k \cdot c_{A,f}^2} = \frac{60 \cdot (2 - 0,4)}{0,05 \cdot 60 \cdot 0,4^2} = 200 \text{ л.}$$

**Ответ:** объем реактора равен 200 л.





Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда»  
«Техника и технологии»

11 класс

Отборочный этап  
Вариант 2

2022-2023

Задания, ответы и критерии оценивания

БАЗОВАЯ ЧАСТЬ

**Задача 1 (20 баллов).** Расстояние между посёлками  $A$  и  $B$  равно 16 км. Из  $A$  в  $B$  в 9 ч утра со скоростью 5 км/ч отправился господин  $N$ . На следующий день в 10 часов утра он отправился в обратный путь и шёл со скоростью 6 км/ч. Каждый раз господин проходил мимо Дуба, стоящего у дороги, в одно и то же время. Сколько км от посёлка  $B$  до Дуба? Ответ запишите в км.

**Ответ:** 6.

**Решение.** Пусть  $x$  км – расстояние от посёлка  $A$  до Дуба, тогда  $16-x$  км – расстояние от Дуба до посёлка  $B$ . Приравнявая время, когда господин проходил мимо Дуба в ту и другую стороны, получаем уравнение  $9 + \frac{x}{5} = 10 + \frac{16-x}{6}$ . Получаем  $270 + 6x = 300 + 5(16 - x)$ , откуда  $x=10$ . Тогда расстояние от посёлка  $B$  до Дуба равно  $16-10=6$  км.

**Задача 2 (20 баллов).** Найдите наименьшее значение функции  $y = \frac{20}{\sqrt{2x+3}+\sqrt{x+1}}$  на отрезке  $[1; 3]$ .

**Ответ:** 4.

**Решение.** Функции  $y = \sqrt{2x+3}$  и  $y = \sqrt{x+1}$  являются возрастающими функциями. Тогда их сумма также является возрастающей функцией. Если положительную константу поделить на возрастающую функцию, то будем получать убывающую функцию. Таким образом, наименьшее значение данная функция на отрезке  $[1; 3]$  принимает при  $x=3$ , оно равно  $\frac{20}{\sqrt{6+3}+\sqrt{3+1}} = \frac{20}{5} = 4$ .

**Задача 3 (20 баллов).** Предмет располагается на расстоянии 40 см от тонкой собирающей линзы. После того, как предмет передвинули на 15 см к линзе, оказалось, что расстояние от линзы до изображения осталось прежним. Определите фокусное расстояние линзы.

**Ответ:** 30,8 см.

**Решение.** Ситуация, описанная в условии, возможна, если изображение сначала было действительным, а потом стало мнимым. Запишем формулу тонкой линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{40} + \frac{1}{f}$ ,

$\frac{1}{F} = \frac{1}{25} - \frac{1}{f}$ . Решая эту систему уравнений, получаем

$F=400/13 \approx 30,8$  см.

**Задача 4 (20 баллов).** Груз на пружине совершает колебания с частотой  $\nu = 15$  Гц. Какой станет частота колебаний, если исходную пружину обрезать, оставив только одну четверть?

**Ответ:** 30 Гц.

**Решение.** Если отрезать три четверти пружины, то жёсткость оставшейся части будет в четыре раза больше жёсткости исходной пружины. Частота колебаний пружинного маятника  $\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ . Следовательно, частота должна вырасти в 2 раза. Получаем  $\nu_k = 15 \cdot 2 = 30$  Гц.

## ПРОФИЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### Направление «Авиационная и ракетно-космическая техника»

**Задача 5 (20 баллов).** Принимая, что атмосфера на Луне отсутствует, определите скорость падения ракеты на ее поверхность с высоты  $h = 200$  км. Скорость ракеты по отношению к Луне равна нулю.

**Решение.** Так как высота, на которой находится ракета, примерно, в 10 раз меньше радиуса Луны, то можно считать, что ускорение, с которым движется ракета, равно ускорению свободного падения на поверхности Луны. Работа силы тяготения

$$A = G \frac{mM_{\text{л}}}{r^2} \cdot h$$

будет равна кинетической энергии падающей ракеты на поверхности Луны, т. е.

$$G \frac{mM_{\text{л}}}{r^2} \cdot h = \frac{m v^2}{2},$$

тогда

$$v = \sqrt{\frac{2GM_{\text{л}}}{r}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 7,33 \cdot 10^{22}}{(1,74 \cdot 10^6)^2}} = 1,80 \text{ м/с}.$$

**Ответ:** 1,8

### Направление «Биотехнологии»

**Задача 5 (20 баллов).** Сопоставьте тип брожения с протекающей при этом химической реакцией.

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| 1) $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH(OH)COOH + 52 \text{ ккал}$         | а) Спиртовое брожение     |
| 2) $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2 + 56 \text{ ккал}$     | б) Маслянокислое брожение |
| 3) $CH_3CH_2OH + O_2 = CH_3COOH + H_2O + Q$                             | в) Молочнокислое брожение |
| 4) $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_3H_7COOH + 2H_2\uparrow + 2CO_2\uparrow$ | г) Уксуснокислое брожение |

**Ответ:** 1в, 2а, 3г, 4б

## Направление «Информационная безопасность»

**Задача 5 (20 баллов).** Исходное сообщение было зашифровано и отправлена как таблица, но удалось найти записи с описанием формулы шифрования, для удобства чтения, на места пробелов были добавлены символы (\*), найдите исходный текст.

Правило:  $X \rightarrow X + 3$

22	9	15	21	9
23	*	5	24	8
9	23	*	18	4
14	8	9	18	*

**Ответ:** СЕКРЕТ БУДЕТ НАЙДЕН

## Направление «Машиностроение»

**Задача 5 (20 баллов).** Лазерный луч станка для лазерной резки металла мощностью  $W=300$  Вт полностью отражается от неподвижного кусочка фольги массой  $m=0,05$  г. Определить скорость, которую приобретет фольга, если длительность лазерного импульса составляет  $t=0,2$  с.

**Решение:** Энергия импульса света равна  $E=m_c c^2=Wt$ . Масса света, эквивалентная данной энергии равна  $m_c=(W \cdot t)/c^2$ . Закон сохранения импульса для системы фольга-свет имеет вид  $mV=2m_c c$ . Тогда искомая скорость фольги равна  $V=(2Wt)/m_c=(2 \cdot 300 \cdot 0,2)/0,00005 \cdot 3000000000=0,008$  м/с.

**Ответ:** 0,008 м/с.

## Направление «Приборостроение»

**Задача 5 (20 баллов).** Два источника тока с ЭДС, равными 6 В и 4 В, соединены последовательно. Внутренние сопротивления элементов соответственно 1 Ом и 0,5 Ом. Источники тока подключены к пяти параллельно соединенным электролампам с внутренним сопротивлением по 20 Ом каждая. Сопротивление подводящих проводов 2,5 Ом. Чему равны сила тока в каждой электролампе и КПД батареи элементов?

**Решение:**

Пять ламп соединены параллельно следовательно их общее сопротивление:

$$R_{л}=R/5.$$

Полное сопротивление схемы:

$$R_{пр}+r_{вн1}+r_{вн2}+ R_{л},$$

Ток текущий в цепи:

$$I=(E_1+E_2)/(R_{пр}+r_{вн1}+r_{вн2}+ R_{л})=1,25 \text{ А.}$$

Напряжение на лампах:

$$U_{л}=I \cdot R_{л}=5 \text{ В.}$$

Ток в лампе:

$$I_{л}= U_{л}/ R=0,25 \text{ А.}$$

Мощность, выделяемая в лампах:

$$P_{\text{л}}=I^2(R_{\text{л}})=6,25\text{Вт}$$

Полная мощность цепи:

$$P=I\cdot(E_1+E_2)=12,5\text{ Вт.}$$

КПД равен отношению полезной мощности выделяемой на лампах к полной мощности цепи.

$$\eta=P_{\text{л}}/P=0,5\text{ или }50\%$$

**Ответ:** 1,25 А и 50%

## 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  $P_{\varphi}$  – сила дорожного сопротивления;  $P_f$  – сила сопротивления качению;  $P_{\alpha}$  – 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);  $\alpha$  – 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.

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	Грунтовая дорога в хорошем состоянии	0,023
4	Мокрая грунтовая дорога	0,1
5	Сыпучий песок	0,2
6	Хорошо укатанный снег	0,029

**Задача 5 (20 баллов).** Грузенный 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 хорошем состоянии.

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

**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:

$$P_{A1} = P_{\varphi1} = P_{f1}, \quad (1)$$

где  $P_{A1}$  – сила тяги на колесах автомобиля при движении по грунту;  $P_{\varphi1}$  – сила дорожного сопротивления на грунте;  $P_{f1}$  – сила сопротивления качению на грунте.

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

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

где  $P_{f1}$  – сила сопротивления качению при движении по грунтовой дороге;  $G_A$  – вес автомобиля;  $f_1$  – коэффициент сопротивления качению грунтовой дороги (определяем из таблицы 1);  $\alpha$  – 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;  $g$  – ускорение свободного падения.

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 в выражение (4) численные 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:

$$P_{\varphi2} = P_{f2} = G_A f_2 \cos \alpha, \quad (6)$$

где  $P_{\varphi 2}$  – сила дорожного сопротивления при движении автомобиля по гравийному участку дороги;  $P_{f_2}$  – сила сопротивления качению при движении автомобиля по гравийному участку дороги;  $G_A$  – вес автомобиля;  $f_2$  – коэффициент сопротивления качению гравийной дороги (определяем из таблицы 1);  $\alpha$  – 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  $f_2 = 0,022$ .

$$P_{\varphi 2} = G_A f_2 = m_A \cdot g \cdot f_2 = 15\,000 \cdot 9,8 \cdot 0,022 = 3234 \text{ Н.} \quad (7)$$

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:

$$P_{A1} > P_{\varphi 2} \quad (8)$$

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

**Ответ:** автомобиль на гравийном участке дороги будет двигаться с ускорением.

### Направление «Технологии кораблестроения и водного транспорта»

**Задача 5 (20 баллов).** На судно принято 10 контейнеров, при этом он не получил ни крена, ни дифферента. Вес одного контейнера 15 т. Осадка судна до приема груза составляла  $T = 4,5$  м, а площадь ватерлинии  $S = 1\,470 \text{ м}^2$ . Какова новая осадка судна? При решении задачи судно в пределах изменения осадки считать прямостенным. Удельный вес воды  $\gamma = 1,025 \text{ т/м}^3$ .

#### **Решение**

Общий вес контейнеров:

$$P = n p = 10 \cdot 15,0 = 150 \text{ т,}$$

Условие плавания:

$$P = \gamma V = \gamma \Delta T S,$$

где  $\gamma V$  – выталкивающая сила со стороны воды.

Получаем:

$$\Delta T = 0,10 \text{ м,}$$

Окончательно:

$$T_1 = 4,5 + 0,10 = 4,6 \text{ м.}$$

**Ответ:** 4,6 м

## Направление «Технологии материалов»

**Задача 5 (20 баллов).** Пределом прочности при сжатии материала называют напряжение, соответствующее сжимающей нагрузке, при которой происходит разрушение материала. Для испытания образцов материала на сжатие применяют гидравлические прессы. Во время испытательных работ строительный материал подвергся сжатию. Предел прочности строительного материала составил  $235 \text{ кгс/см}^2$  при средней плотности  $2,3 \text{ т/м}^3$ . Истинную плотность бетона принять равной  $2,6 \text{ г/см}^3$ . Какой предел прочности будет иметь тот же материал, имеющий среднюю плотность  $1850 \text{ кг/м}^3$ , если учесть, что при снижении плотности материала на каждые 10% прочность его снижается в среднем на  $26 \text{ кгс/см}^2$ .

**Решение:**

1. Коэффициент плотности материала при средней плотности  $2,3 \text{ т/м}^3$  составляет  $k_{пл} = \rho_m / \rho \cdot 100 = 2,3 / 2,6 = 88\%$

2. при средней плотности  $1900 \text{ кг/м}^3$   $k_{пл} = \rho_m / \rho \cdot 100 = 1850 / 2600 \cdot 100\% = 71\%$

3. Снижение плотности:  $88 - 71 = 17\%$

4. Снижение прочности:  $26 \cdot 1,7 = 36,4 \text{ кгс/см}^2$

Прочность материала при средней плотности  $1850 \text{ кг/м}^3$

$235 - 36,4 = 198,6 \text{ кгс/см}^2$ .

**Ответ:**  $198,6 \text{ кгс/см}^2$

## Направление «Химические технологии»

**Задача 5 (20 баллов).** Математическая модель изотермического реактора с мешалкой (реактора идеального смешения), работающего в проточном режиме, имеет вид

$$\frac{V}{\nu} = \bar{\tau} = \frac{c_{J,0} - c_{J,f}}{w_{r,J}},$$

где  $V$  - объем реактора идеального смешения,  $\text{м}^3$ ;  $\nu$  - объемный расход реакционной смеси, проходящей через проточный реактор,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\bar{\tau}$  - среднее время пребывания элементарного объема (бесконечно маленькой порции) реакционной смеси в пределах реактора;  $c_{J,0}$  - концентрация реагента  $J$  на входе в реактор;  $c_{J,f}$  - концентрация реагента  $J$  на выходе из реактора;  $w_{r,J}$  - скорость реакции по компоненту  $J$  в зависимости от текущей концентрации компонента  $J$ .

Для простой реакции вида  $2A \rightarrow R$  определить необходимый объем реактора идеального смешения для превращения реагента на 90 %, если начальная концентрация реагента  $A$

составляет  $2 \text{ кмоль/м}^3$ , константа скорости химической реакции равна  $0,1125 \text{ м}^3/(\text{кмоль} \cdot \text{с})$ , объёмный расход реакционной смеси составляет  $15 \text{ л/мин}$ .

**Решение:**

Израсходованное количество реагента А на единицу реакционного объёма по условию задачи

$$|\Delta c_A| = 0,9 \cdot c_{A,0} = 0,9 \cdot 2 = 1,8 \text{ моль/л.}$$

Концентрация реагента А на выходе из реактора определяется по уравнению

$$c_{A,f} = c_{A,0} - |\Delta c_A| = 2 - 1,8 = 0,2 \text{ моль/л.}$$

Для реакции второго порядка в соответствии с законом действующих масс скорость реакции определяется по уравнению

$$w_A = k \cdot c_A^2.$$

Объём реактора можно определить, подставив выражение для скорости реакции в уравнение математической модели реактора:

$$V = \frac{v \cdot (c_{A,0} - c_{A,f})}{w_A} = \frac{v \cdot (c_{A,0} - c_{A,f})}{k \cdot c_{A,f}^2} = \frac{15 \cdot (2 - 0,2)}{0,1125 \cdot 60 \cdot 0,2^2} = 100 \text{ л.}$$

**Ответ:** объём реактора равен  $100 \text{ л}$ .