



Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1

При определении скорости вновь построенного судна последнее выполняет пробег вдоль мерной линии в двух взаимно противоположных направлениях. При этом оказалось, что время пробега в одном направлении равно t_1 , а в противоположном – t_2 . Длина мерной линии равна S . Определите скорость судна, полагая, что в районе испытаний имеется неизвестное, но постоянное по величине течение, параллельное берегу.

Участнику на листе с ответами нужно нарисовать таблицу, приведенную ниже, и во вторую колонку вписать итоговый ответ. Решение и обоснование ответа дать ниже таблицы.

	Решение участника	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
Скорость судна		20	

Ответ: $\vartheta = \frac{S}{2} \cdot \frac{t_1 + t_2}{t_1 \cdot t_2}$

Решение:

$$S = (\vartheta + u)t_1;$$

$$S = (\vartheta - u)t_2;$$

$$S/t_1 = \vartheta + u;$$

$$S/t_2 = \vartheta - u;$$

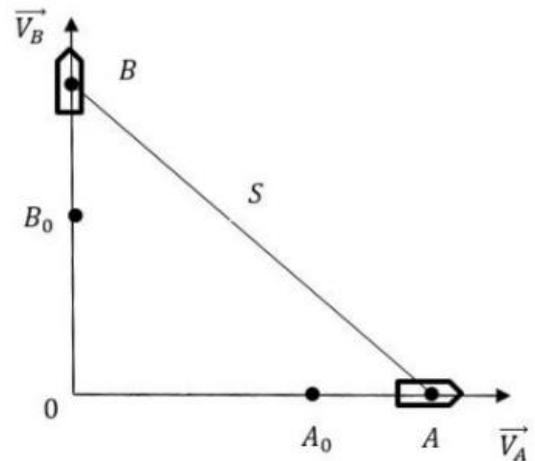
$$2 \cdot \vartheta = S \left(\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \right);$$

$$\vartheta = \frac{S}{2} \cdot \frac{t_1 + t_2}{t_1 \cdot t_2}.$$

Задача 2

Два судна А и В идут взаимно перпендикулярными курсами с постоянными скоростями, равными по величине 20 узлам (узел — единица скорости, равная одной морской миле в час). Определить закон изменения расстояния S между ними, если в начальный момент суда занимали положения A_0 и B_0 , причем $OA_0 = OB_0 = 3$ мили.

Участнику на листе с ответами нужно нарисовать таблицу, приведенную ниже, и во вторую колонку вписать итоговый ответ. Решение и обоснование ответа дать ниже таблицы.



	Решение участника	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
Закон изменения расстояния		20	

Ответ: $S = \sqrt{2} (3+20t)$, миль (t – в часах).

Решение:

Пусть $l_0 = OA_0 = OB_0 = 3$ мили;

$$S_1 = l_0 + \vartheta \cdot t;$$

$$S_2 = l_0 + \vartheta \cdot t;$$

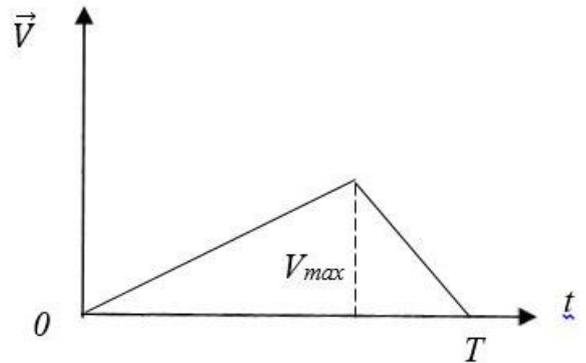
$$S_1 = S_2;$$

$$S = \sqrt{S_1^2 + S_2^2} = S_1 \sqrt{2} = \sqrt{2} (l_0 + \vartheta \cdot t) = \sqrt{2} (3 + 20t).$$

Задача 3

Скорость катера задана графически. Определить его максимальную скорость, если он прошел расстояние $s = 0,5$ мили за время $T = 2$ мин. Ответ дать в узлах (узел - единица скорости, равная одной морской миле в час).

Участнику на листе с ответами нужно нарисовать таблицу, приведенную ниже, и во вторую колонку вписать итоговый ответ. Решение и обоснование ответа дать ниже таблицы.



	Решение участника	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
Максимальная скорость, узлов		15	

Ответ: 30 узлов.

Решение:

$$S = \frac{1}{2} \vartheta_{max} t;$$

$$\vartheta_{max} = \frac{2S}{t} = \frac{2 \cdot 0,5}{1/30} = 30 \text{ узлов.}$$

Задача 4

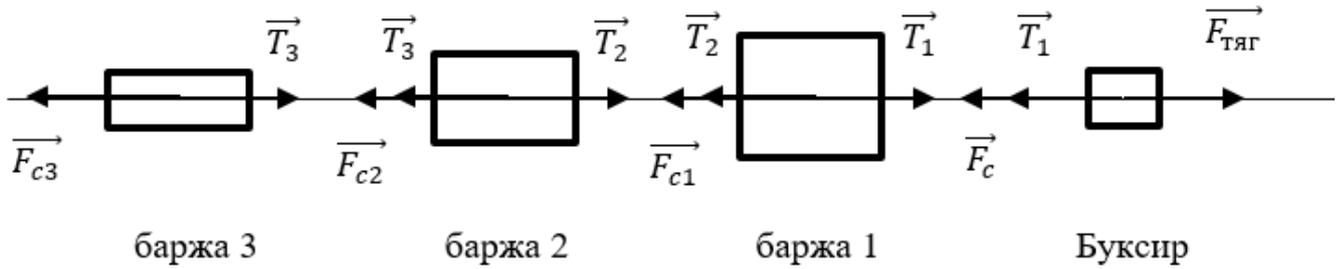
Буксир тянет три баржи различных размеров, следующие одна за другой. Сопротивление воды движению буксира равно 6 кН; сопротивление воды движению первой баржи — 60 кН, второй баржи — 40 кН и третьей — 20 кН. Имеющийся в распоряжении канат выдерживает безопасно растягивающую силу в 20 кН. Сколько канатов надо протянуть от буксира к первой барже, от первой ко второй и от второй к третьей, если движение — прямолинейное и равномерное? Найти силу тяги винта буксира.

Участнику на листе с ответами нужно нарисовать таблицу, приведенную ниже, и во вторую колонку вписать итоговый ответ. Решение и обоснование ответа дать ниже таблицы.

	Решение участника	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
Количество канатов к первой, второй и третьей баржам		30	
Сила тяги винта, кН			

Ответ: 126 кН, $N_1=6$ канатов, $N_2=3$ каната, $N_3=1$ канат.

Решение:



Баржа 3: $T_3 = F_{c3} = 20 \text{ кН}$; $N_3 = \frac{T_3}{T_0} = \frac{20 \text{ кН}}{20 \text{ кН}} = 1 \text{ канат}$;

Баржа 2: $T_2 = F_{c2} + T_3 = 40 \text{ кН} + 20 \text{ кН} = 60 \text{ кН}$; $N_2 = \frac{T_2}{T_0} = \frac{60 \text{ кН}}{20 \text{ кН}} = 3 \text{ каната}$;

Баржа 1: $T_1 = T_2 + F_{c1} = 60 \text{ кН} + 60 \text{ кН} = 120 \text{ кН}$; $N_1 = \frac{T_1}{T_0} = \frac{120 \text{ кН}}{20 \text{ кН}} = 6 \text{ канатов}$;

$F_{\text{тяг}} = F_c + T_1 = 6 \text{ кН} + 120 \text{ кН} = 126 \text{ кН}$.

Задача 5

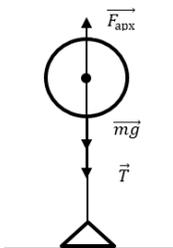
Подводный зонд массой 500 кг и объемом 0,7 м³ удерживается под водой с помощью троса, прикрепленного к якорю. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на зонд. Определите силу натяжения троса. Плотность воды 1030 кг/м³. Ускорение свободного падения 9,8 м/с².

Участнику на листе с ответами нужно нарисовать таблицу, приведенную ниже, и во вторую колонку вписать итоговый ответ. Решение и обоснование ответа дать ниже таблицы.

	Решение участника	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
Сила тяжести троса, Н		15	

Ответ: 2166 Н.

Решение:



$F_{\text{арх}} = mg + T$;

$T = F_{\text{арх}} - mg$;

$T = \rho_B Vg - mg$;

$T = 9,8 (1030 \cdot 0,7 - 500) = 221 \cdot 9,8 = 2165,8 \approx 2166 \text{ Н}$.



Задача 1

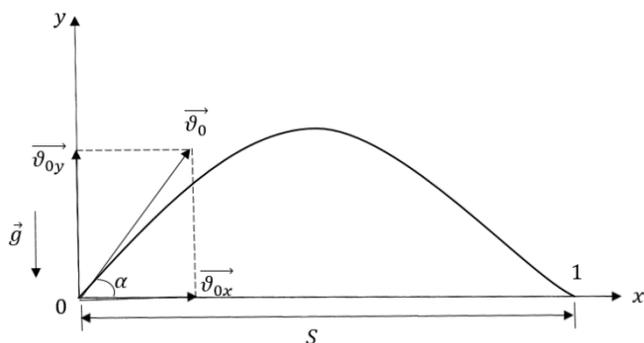
Брандспойт имеет расход воды q м³/с. Площадь отверстия брандспойта равна σ м². Под каким углом α следует направить струю, чтобы она падала на расстоянии s метров?
Указание: считать, что капли воды летят независимо друг от друга с ускорением свободного падения. Начальную скорость определить исходя из расхода.

Участнику на листе с ответами нужно нарисовать таблицу, приведенную ниже, и во вторую колонку вписать итоговый ответ. Решение и обоснование ответа дать ниже таблицы.

	Решение участника	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
Угол направления струи		20	

Ответ: $\alpha = \arcsin\left(\frac{1}{2} \frac{s \sigma^2 g}{q^2}\right)$.

Решение:



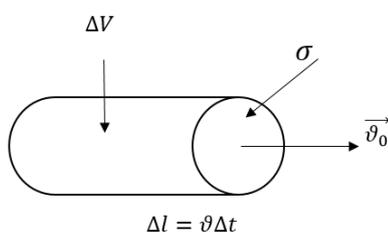
$$x = v_{0x}t; \quad x_1 = s;$$

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}; \quad y_1 = 0;$$

$$0 = t_1\left(v_{0y} - \frac{gt_1}{2}\right);$$

$$t_1 = \frac{2v_{0y}}{g};$$

$$s = x_1 = v_{0x}t_1 = \frac{2v_{0x}v_{0y}}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g};$$



$$q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\sigma \Delta l}{\Delta t} = \sigma v_0;$$

$$v_0 = \frac{q}{\sigma};$$

$$s = \frac{q^2}{\sigma^2} \cdot \frac{\sin 2\alpha}{g}$$

$$\sin 2\alpha = \frac{s \sigma^2 g}{q^2};$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{1}{2} \frac{s \sigma^2 g}{q^2}\right);$$

Задача 2

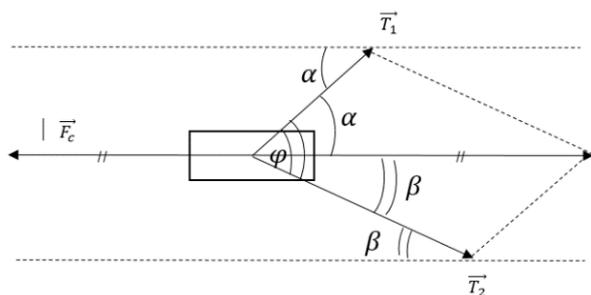
Два тягача, идущих по берегам прямого канала с постоянной скоростью, тянут баржу при помощи двух канатов. Силы натяжения канатов равны 80 кН и 96 кН; угол между ними равен 60°. Найти сопротивление воды F_c , испытываемое баржей при ее движении, и углы, которые должны составлять канаты с берегами канала, если баржа движется параллельно берегам.

Участнику на листе с ответами нужно нарисовать таблицу, приведенную ниже, и во вторую колонку вписать итоговый ответ. Решение и обоснование ответа дать ниже таблицы.

	Решение участника	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
Соппротивление воды, Н.		20	
Углы, которые должны составлять канаты с берегами канала, град.			

Ответ: $F_c = 153 \text{ Н}$, $\alpha = 33^\circ$, $\beta = 27^\circ$.

Решение:



$$\varphi = \alpha + \beta;$$

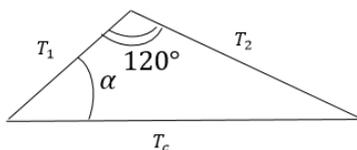
$$\vec{F}_c + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = 0;$$

По теореме косинусов:

$$F_c = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 - 2T_1T_2 \cos(180^\circ - \varphi)} =$$

$$= \sqrt{80^2 + 96^2 - 2 \cdot 80 \cdot 96 \cdot \cos(120^\circ)} =$$

$$= \sqrt{80^2 + 96^2 + 80 \cdot 96} = 152,6 \text{ кН} \approx 153 \text{ кН}.$$



По теореме синусов:

$$\frac{T_2}{\sin \alpha} = \frac{F_c}{\sin 120^\circ};$$

$$\sin \alpha = \frac{T_2 \sin 120^\circ}{F_c};$$

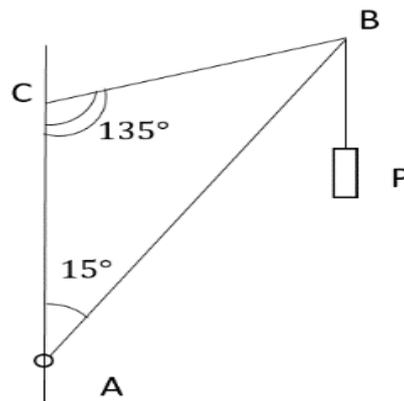
$$\sin \alpha = 0,544; \alpha = 33^\circ.$$

$$\beta = \varphi - \alpha = 27^\circ.$$

Задача 3

Мачтовый кран состоит из стрелы АВ, прикрепленной шарниром А к мачте, и цепи СВ. К концу В стрелы подвешен груз $P = 2 \text{ кН}$; углы $\text{ВАС} = 15^\circ$, $\text{АСВ} = 135^\circ$. Определить силу натяжения цепи СВ и силу, действующую в стреле АВ.

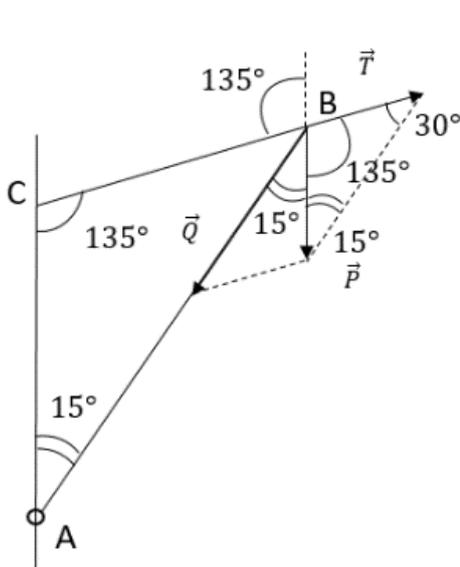
Участнику на листе с ответами нужно нарисовать таблицу, приведенную ниже, и во вторую колонку вписать итоговый ответ. Решение и обоснование ответа дать ниже таблицы.



	Решение участника	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
Сила натяжения цепи СВ, кН.		15	
Сила, действующую в стреле АВ, кН.			

Ответ: $T=1035 \text{ кН}$, $Q=2828 \text{ кН}$.

Решение:



$$\vec{P} = \vec{Q} + \vec{T};$$

По теореме синусов:

$$\frac{P}{\sin 30^\circ} = \frac{T}{\sin 15^\circ};$$

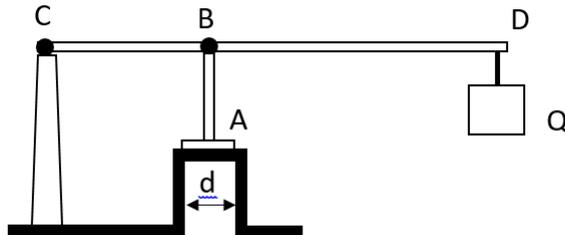
$$T = \frac{P \sin 15^\circ}{\sin 30^\circ} = 4 \sin 15^\circ = 1035 \text{ кН};$$

$$\frac{Q}{\sin 135^\circ} = \frac{P}{\sin 30^\circ};$$

$$Q = \frac{P \sin 135^\circ}{\sin 30^\circ} = 4 \sin 135^\circ = 2828 \text{ кН}.$$

Задача 4 (15 баллов)

Предохранительный клапан А судового парового котла соединен стержнем АВ с однородным рычагом CD длиной 50 см и массой 1 кг, который может вращаться вокруг неподвижной оси С; диаметр клапана d = 6 см, плечо ВС= 7 см. Какой груз Q нужно подвесить к концу D рычага для того, чтобы клапан сам открывался при давлении в котле, равном 11 атм (следует считать 1 атм=10 Н/см²)?

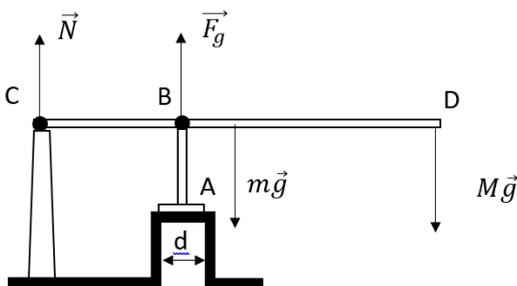


Участнику на листе с ответами нужно нарисовать таблицу, приведенную ниже, и во вторую колонку вписать итоговый ответ. Решение и обоснование ответа дать ниже таблицы.

	Решение участника	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
Масса груза, кг.		15	

Ответ: 43 кг.

Решение:



Уравнение моментов относительно точки С:

$$F_D \cdot CB = mg \frac{CD}{2} + Mg \cdot CD;$$

$$F_D = p \cdot S = p \frac{\pi d^2}{4} = 3,14 \cdot 11 \cdot 10^5 \frac{36 \cdot 10^{-4}}{4} = 3108,6 \text{ Н} \approx 3109 \text{ Н};$$

$$M = \frac{F_D \cdot CB - mg \frac{CD}{2}}{g \cdot CD} = \frac{3109 \cdot 7 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 0,5}{10 \cdot 0,5} = 43,03 \approx 43 \text{ кг}.$$

Задача 5

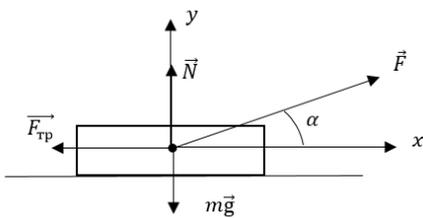
Морской контейнер массой m стоит на шероховатой горизонтальной палубе с коэффициентом трения μ . Определить, под каким углом α надо приложить силу F , чтобы сдвинуть контейнер при минимальном значении этой силы. Найти величину этой минимальной силы F_{\min} .

Участнику на листе с ответами нужно нарисовать таблицу, приведенную ниже, и во вторую колонку вписать итоговый ответ. Решение и обоснование ответа дать ниже таблицы.

	Решение участника	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
Угол приложения силы		30	
Величина минимальной силы			

Ответ: $\alpha = \arctg \mu$, $F_{\min} = \frac{\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}}$.

Решение:



$$\vec{F} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} = 0;$$

$$Ox: F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = 0;$$

$$Oy: F \sin \alpha + N - mg = 0;$$

$$F \cos \alpha - \mu N = 0;$$

$$N = mg - F \sin \alpha;$$

$$F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = 0;$$

$$F = \frac{\mu mg}{(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)};$$

F минимальна, когда $F' = 0$.

$$\left(\frac{\mu mg}{(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)} \right)' = 0;$$

$$\frac{-\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)^2} = 0;$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \mu; \quad \alpha = \arctg \mu;$$

\vec{F} минимальна, если эта сила действует под углом $\alpha_0 = \arctg \mu$.

$$F_{\min} = \frac{\mu mg}{(\cos \alpha_0 + \mu \sin \alpha_0)};$$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \mu; \quad \operatorname{tg}^2 \alpha_0 + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha_0} = \mu^2 + 1;$$

$$\cos \alpha_0 = \frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}};$$

$$\sin \alpha_0 = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha_0} = \frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}};$$

$$F_{\min} = \frac{\mu mg \sqrt{1+\mu^2}}{1+\mu^2} = \frac{\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}}.$$