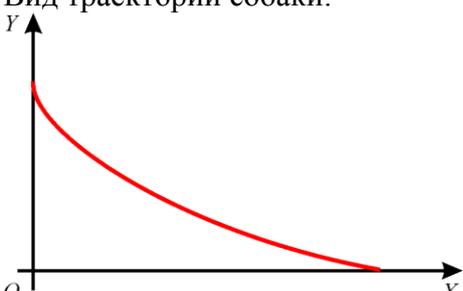


Задача 1

Город _____ Участник _____

№	ОТВЕТ	Максимальный балл	Оценка
1	Ускорение направлено к хозяину, против оси OY , и равно по модулю $a_0^{\text{соб}} = V_0^2 / l$.	1	
2	Модуль скорости собаки в точке A равен $V_A^{\text{соб}} = V_0 \cos \alpha = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$.	1	
	Ускорение собаки в точке A направлено вдоль оси OX и равно $\vec{a}_A^{\text{соб}} = \frac{V_0^2}{l\sqrt{2}} \cdot \vec{e}_x$.	2	
3	Уравнение траектории собаки в параметрической форме $x(\alpha) = l \cdot \left\{ \ln \left[\operatorname{ctg} \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right] - \cos \alpha \right\}$ и $y(\alpha) = l \cdot \sin \alpha$, или в явном виде $x(y) = l \cdot \ln \left(\frac{l + \sqrt{l^2 - y^2}}{y} \right) - \sqrt{l^2 - y^2}$.	5 (для параметрической формы: 3 за x и 2 за y)	
	Вид траектории собаки: 	1	
4	Закон движения собаки: $x(t) = V_0 t - l \cdot \operatorname{th} \left(\frac{V_0 t}{l} \right)$, $y(t) = l \cdot \operatorname{ch}^{-1} \left(\frac{V_0 t}{l} \right)$.	5 = 3 за x и 2 за y	
	Зависимость модуля скорости собаки от времени: $V^{\text{соб}}(t) = V_0 \cdot \operatorname{th} \left(\frac{V_0 t}{l} \right)$.	3	
5	Зависимость от времени горизонтальной компоненты силы взаимодействия собаки с землей: $F(t) = \frac{mV_0^2}{l} \cdot \operatorname{ch}^{-1} \left(\frac{V_0 t}{l} \right)$.	4	
6	Закон движения собаки спустя очень большое время (при $t \gg \frac{l}{V_0}$): $x(t) \approx V_0 t - l$, $y(t) \approx 0$.	2	
7	Минимальное расстояние между мухой и собакой через очень большое время: $r_{\min} = l \left[1 - \ln \left(1 + \left(e - \sqrt{e^2 - 1} \right)^2 \right) \right] \approx 0,964l$.	4 (если ошибка только в вычислении интеграла – 2)	
8	Модуль ускорения мухи в точке A равен $a_A^{\text{мух}} = \frac{V_0^2}{l}$.	2	
ВСЕГО		30	

Задача 2

Город _____ Участник _____

№	ОТВЕТ	Максимальный балл	Оценка
1.1.	$\begin{cases} I_1 = (\mathcal{E} - U) / R \\ \alpha I_2^2 = U + \mathcal{E} \\ 2\alpha I_3^2 = U \end{cases},$ $I_4 = I_0 f(1 - x)$ $I_2 + I_3 = I_1 + I_4$ <p>где $x \equiv \frac{U}{\mathcal{E}}$, а $f()$ – функциональная зависимость ВАХ диода. Засчитывается также любая эквивалентная система.</p>	1	
1.2.	$I_A = (0,267 \pm 0,005) \text{ А};$ менее точный ответ $I_A = (0,27 \pm 0,02) \text{ А},$ «грубый» ответ от 0,2 А до 0,3 А.	4 (3) (1)	
2.1.	$t_0 = \sqrt{\alpha C} \int_0^{q_0} \frac{dq}{\sqrt{q}} = 2\sqrt{\alpha C q_0}$	2	
2.2.	Указано, что $\tau = rC$	1	
2.3.	$t = rC \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) + 2\alpha C(I_0 - I)$	3	
2.4.	$t = \tau \ln\left(\frac{\sqrt{(t_0/\tau)^2 + 1} - 1}{\sqrt{(t_0/\tau\sqrt{n})^2 + 1} - 1}\right) + \sqrt{t_0^2 + \tau^2} - \sqrt{\frac{t_0^2}{n} + \tau^2}$ или $t \approx t_0 + \tau \ln\left(\frac{2n\tau}{e t_0}\right).$ Численный ответ: 25-26 мс (24-28 мс).	4 = 2 за формулу (в любом варианте) + 2 (1) за численный ответ	
3.1.	$I(q) = \sqrt{\frac{1}{\alpha C} \left\{ \frac{L}{2\alpha} + q - \left(\frac{L}{2\alpha} + q_0 \right) \cdot \exp\left(\frac{2\alpha}{L} (q - q_0) \right) \right\}}$	4	
3.2.	$\frac{Q_1}{E_0} \approx 10\%$, зачетный интервал от 9,5% до 10,5% (от 9% до 11%)	4 (2)	
3.3.	$\frac{Q'_1}{E_0} = 19\%$	3	
3.4.	$\frac{Q_2}{E_0} \approx 27\%$, зачетный интервал от 26% до 27,5% (от 25% до 29%)	4 (2)	
ВСЕГО		30	

Задача 3

Город _____ Участник _____

№	ОТВЕТ	Максимальный балл	Оценка
1.1.	Плотность потока теплоты, идущего наружу из недр планеты-океана, $q_0 = \sigma T_1^4 \approx 0,35 \text{ Вт/м}^2$; Допустимый диапазон (0,34 ÷ 0,36) Вт/м ² .	3 = (2 за формулу) + (1 за значение)	
1.2.	Толщина ледяного покрова на полюсе $H_1 = \frac{A}{\sigma T_1^4} (T_{in} - T_1) \left(1 - \frac{\beta}{2} (T_{in} + T_1) \right) \approx 2250 \text{ м,}$ здесь $A = 5,40 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, $\beta = (1/465) \text{ К}^{-1}$. Допустимый диапазон (2200 ÷ 2300) м.	3 = (2 за формулу) + (1 за значение)	
1.3.	Толщина ледяного покрова на экваторе в зоне максимальной температуры $H_2 = \frac{A}{\sigma T_1^4} (T_{in} - T_2) \left(1 - \frac{\beta}{2} (T_{in} + T_2) \right) \approx 1600 \text{ м,}$ здесь $A = 5,40 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, $\beta = (1/465) \text{ К}^{-1}$. Допустимый диапазон (1550 ÷ 1650) м.	2 = (1 за формулу) + (1 за значение)	
1.4.	Температура фотосферы звезды $T_S = \sqrt[4]{\frac{r_0^2}{R_X^2} (T_2^4 - T_1^4)} \approx 3100 \text{ К.}$ Допустимый диапазон (3000 ÷ 3200) К.	3 = (2 за формулу) + (1 за значение)	
1.5.	Зависимость максимальной дневной температуры поверхности планеты от широты: $T(\theta) = \sqrt[4]{T_1^4 + (T_2^4 - T_1^4) \cos \theta}$	2	
1.6.	$\lambda_X \approx 929 \text{ нм}$. Допустимый диапазон (928 ÷ 930).	1	
2.1.	Время подъема воды в полынье до нового равновесного уровня $\tau \approx \sqrt{\frac{2\rho H_2}{\rho_0 g}} \approx 54 \text{ с,}$ где $H_2 = \frac{A}{\sigma T_1^4} (T_{in} - T_2) \left(1 - \frac{\beta}{2} (T_{in} + T_2) \right) \approx 1600 \text{ м.}$ Допустимый диапазон (50 ÷ 60) (40 ÷ 70)*	3 = (1 за формулу) + (2 (1) за значение)	
2.2.	Толщина слоя льда в полынье сразу после смерзания ледяного слоя на ее поверхности $h_0 = \frac{Lp_3}{\rho_l g} \approx 4,5 \text{ м,}$ где $p_3 = 610 \text{ Па}$ – давление в тройной точке воды. Допустимый диапазон (4,3 ÷ 4,6) (4 ÷ 5)*	5 = (3 за формулу) + (2 (1) за значение)	
2.3.	Глубина кратера $h_c \approx 160 \text{ м}$. Допустимый диапазон (150 ÷ 170)	2	
3.1.	Толщина слоя льда возрастет в два раза по сравнению с начальной толщиной h_0 за время $t_1 \approx \frac{3\lambda\rho}{2q_0 H_2} h_0^2 \approx 1,66 \cdot 10^7 \text{ с} \approx 192 \text{ земных дня.}$ Допустимый диапазон (190 ÷ 195) (180 ÷ 200)*	5 = (3 за формулу) + (2 (1) за значение)	

3.2.	<p>Возраст полыньи, толщина льда в которой $h = 100$ м, равен</p> $t_2 \approx \frac{\lambda \rho}{q_0 H_2} \left(\frac{h^2}{2} - \frac{h_0^2}{2} \right) \approx 2,7 \cdot 10^9 \text{ с} \approx 87 \text{ земных лет.}$ <p>Допустимый диапазон (85 ÷ 95) (80 ÷ 100)*</p>	<p>4 = (2 за формулу) + (2 (1) за значение)</p>	
3.3.	<p>Возраст полыньи, нижняя кромка льда в которой сравнялась с нижней кромкой окружающего льда, может быть грубо оценен как</p> $t_3 \approx \frac{\lambda \rho H_2}{q_0} \ln \left(\frac{H_2}{H_2 - H_0} \right) \approx 3,2 \cdot 10^{12} \text{ с}$ <p>≈ 102 тысячи земных лет.</p> <p>Допустимый диапазон (100 ÷ 105) (95 ÷ 110) Более точный ответ:</p> $t_3 = \frac{\lambda \rho}{q_0} \left[H_2 \cdot \ln \left(\frac{H_2 - h_0}{H_2 - H(t)} \right) - H(t) + h_0 \right]$ <p>≈ 62 тыс. земных лет.</p> <p>Допустимый диапазон (60 ÷ 65).</p>	<p>7 = 4 за формулу + 3 за численное значение 100 ÷ 105</p> <p>5 = (3 за формулу) + (2 за значение 95 ÷ 110),</p> <p>более точный ответ приносит также 7 = 4 + 3</p>	
ВСЕГО		40	

* Второму диапазону соответствует оценка в скобках за численное значение.