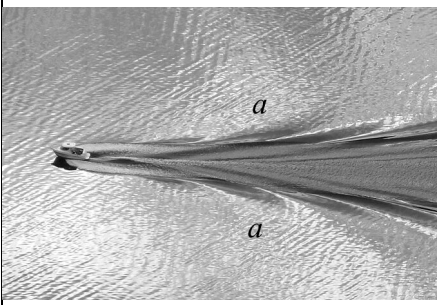
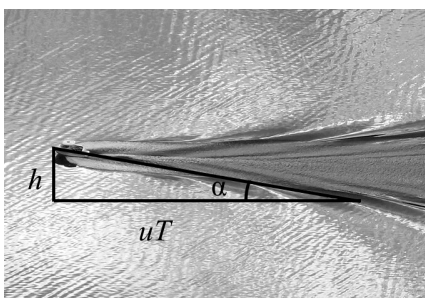
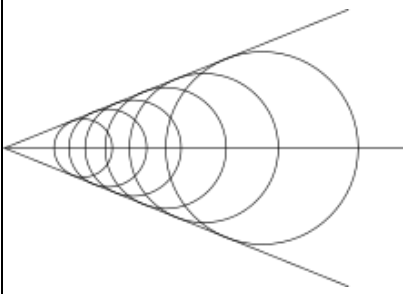


Олимпиада «Физтех.инженер» 2 марта 2024 года
Решения заданий заключительного тура. 9 класс.

Вариант 1

Задача 1

		
<p>Определим угол волнового клина: $\cos 2\alpha = 1 - \frac{b^2}{2a^2} \approx 0,76 \Rightarrow \alpha \approx 7,5^\circ$</p>	<p>2</p>	
<p>Строим модель, связывающую расстояние до берега, скорость и время прихода волны: $h = uT \operatorname{tg} \alpha \approx 7,1 \text{ м}$</p>	<p>2 + 1 (модель + число)</p>	
<p>А) Волны отстают от источника (судна), образуя клин.</p> 	<p>1</p>	
<p>Б) Волна — это распространение изменений свойств сред (часто периодических) в пространстве с течением времени.</p>	<p>2</p>	
<p>В) $v \sim \sqrt{g\lambda}$</p>	<p>2</p>	

Задача 2

А)	Определены средние радиусы слоев	1
	<p>Применяя закон Снеллиуса, последовательно рассчитаем углы преломления при переходе луча в i-й слой:</p> $\beta_i = \arcsin\left(\frac{n_{i-1} \sin \alpha_i}{n_i}\right),$ <p>где α_i — угол падения на границе $(i-1)$-го и i-го слоев, который измеряется с помощью транспортира между направлением луча в $(i-1)$-м слое и радиусом, проведенным в точку падения этого луча на границу с i-м слоем.</p> $n_i = \sqrt{2 - \left(\frac{r_i}{R}\right)^2}$ <p>Можно заметить, что на некотором шаге луч перестает приближаться к центру шарика и снова выходит во внешний слой. Очевидно, что угол преломления при этом равен углу падения. Применяя принцип обратимости лучей, можно сказать, что дальнейший ход луча будет описываться уже рассчитанной последовательностью углов падения и преломления, взятых в обратном порядке. Чтобы это применить на практике можно «отразить» луч относительно радиуса-биссектрисы центрального угла, опирающегося на самый близкий к центру отрезок луча (показан пунктиром).</p>	1

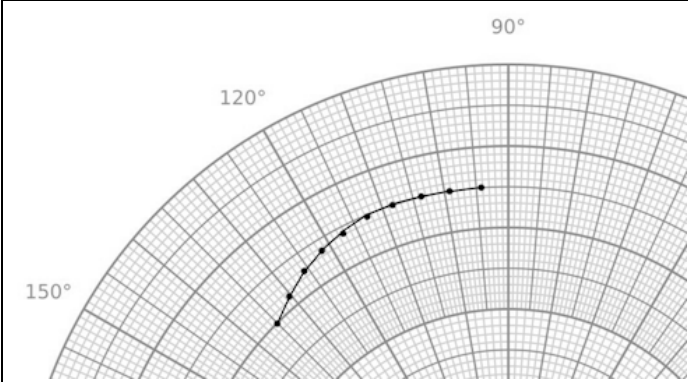
i	0	1	2	3	4	5	6
r_i/R	—	0,95	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45
n_i	1	1,048	1,13	1,199	1,256	1,303	1,341
BA	30	32	33	36,5	42,5	49,5	67,5
	28,5	29,5	31	34,5	40,6	47,6	64,7
EK	50	66	80				
	55,5	58	68				

Б)	<i>См. рис. на последней странице.</i>	
	Луч С пройдет через шарик, не преломившись.	1
	Два других луча пересекаются на расстоянии, меньшем $0,2 R$.	6
В)	Приемник излучения лучше расположить вблизи поверхности шарика, где пересекаются лучи.	1
Г)	Длина волны радиоизлучения должна быть много меньше толщины слоя. (За этот ответ начисляются призовые баллы. Сумма баллов не может превысить 10.)	3

Задача 3

	<p>При малой высоте полета пренебрежем отличием давления от атмосферного:</p> $-cmt_1 = (c_0t_2 + L + q)\Delta m \Rightarrow \Delta m = -\frac{cmt_1}{c_0t_2 + L + q} = 120 \text{ кг}$	3 (ф-ла)
	$h = \frac{\Delta m}{\rho S} = 2,6 \text{ мм}$	1 (число)
А)	Ледяные наросты нарушают аэродинамику, закрывают важные технологические отверстия, могут, оторвавшись, попасть в двигатель.	2
Б)	Обработка противообледенительной жидкостью, теплый воздух от двигателя под обшивкой, ультразвук,...	2
В)	Малое содержание водяных паров и, следовательно, низкая точка росы.	2

Задача 4

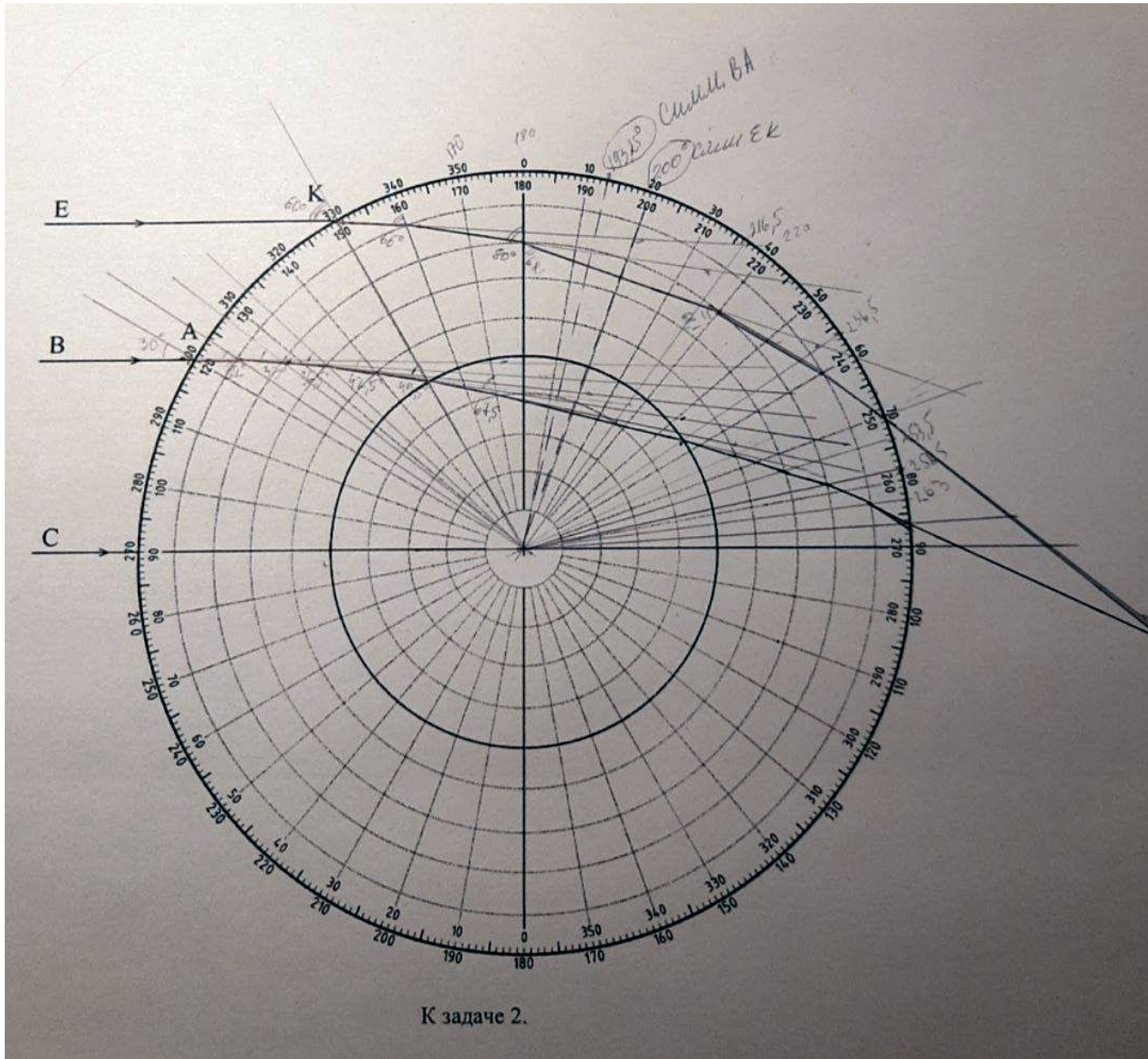
		
<p>Построим по точкам траекторию самолета, выбрав следующий масштаб расстояния до радара: одна большая клетка = 1 км.</p>		
<p>За время $\Delta t = 1/n = 10 \text{ с}$</p>		1 (период вращения сканирующего луча)
<p>самолет переместится на расстояние $\Delta l = R\Delta\varphi = 8,0 \text{ км} \cdot 50 \cdot \pi/180^\circ = 0,7 \text{ км}$. Тогда</p> $v = \frac{\Delta l}{\Delta t} = 70 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 250 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$		5
<p>Самолет поворачивает направо. В конце участка он движется по окружности с центром в радаре.</p>		3
<p>Информация о высоте полета отсутствует.</p>		1

Задача 5

А)	Потери на преодоление гидравлического сопротивления механизмов насосов и задвижек (запорной арматуры).	1
	Потери на преодоление вязкого трения в жидкости.	1
Б)	Дополнительные затраты связаны с изменением гравитационной потенциальной энергии жидкости при перекачке. В резервуаре плотность топлива ниже плотности земной коры, что приводит к уменьшению напряженности гравитации (ускорение свободного падения). Это увеличивает потенциальную энергию жидкости с учетом знака (и уменьшает потенциальную энергию по модулю) при перекачке в гравитационном поле на одной и той же высоте при перемещении от завода к верхней точке резервуара (вдоль земной поверхности постоянного радиуса).	1
	Это также можно трактовать как подъем жидкости на некоторую воображаемую высоту в однородном гравитационном поле. Введем понятие отрицательной массы для моделирования полости с пониженной плотностью (следствие принципа суперпозиции). Теперь у нас есть два сплошных шара (Земной шар с положительной плотностью и шар резервуара с отрицательной плотностью), которые «накладываются» друг на друга, а потенциальные энергии взаимодействия жидкости с ними в верхней точке поверхности резервуара алгебраически вычитаются, как и напряженности.	1
	Тогда изменение потенциальной энергии единицы массы жидкости (изменение потенциала) $dU = 4\pi G(\rho_1 - \rho_2)r^2 / 3 \approx 0,0005$ Дж/кг, а дополнительные потери энергии за год вычисляются через массовый расход и время $Q_m t \cdot dU \approx 777 \text{ т} \cdot dU \approx 390$ Дж.	4 + 2 (ф-лы + число)

Задача 6

	По металлу тепло передается быстрее. Нагревается до температуры плавления область радиусом $\frac{d}{2} + \sqrt{\chi t}$.	2 (размер нагретой области)
	Плавится непосредственно под электродами, где протекает ток.	
	$I^2 \frac{2l}{\sigma \left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} \tau = \lambda \rho \frac{\pi d^2}{4} 2l + c \rho \pi \left(\frac{d}{2} + \sqrt{\chi t}\right)^2 2l (T - T_0)$	2 (ф-ла)
	$I = \sqrt{\left(\lambda \rho \frac{\pi d^2}{4} + c \rho \pi \left(\frac{d}{2} + \sqrt{\chi t}\right)^2 (T - T_0)\right) \frac{\sigma \left(\frac{\pi d^2}{4}\right)}{\tau}} \approx 740 \text{ A}$	1 (число)
А)	Чтобы электроды не нагревались до температуры плавления и не прилипали к металлу. Действительно, при увеличении сечения электрода ток и тепло распределяются по большему объему материала. Поэтому они вызывают значительно меньший нагрев.	1
Б)	При включении тока воздух, прилегающий к «горячей» точке, резко нагревается. Происходит мини-взрыв. Ударная волна распыляет расплавленные кусочки металла, разлет которых мы воспринимаем как искры.	4



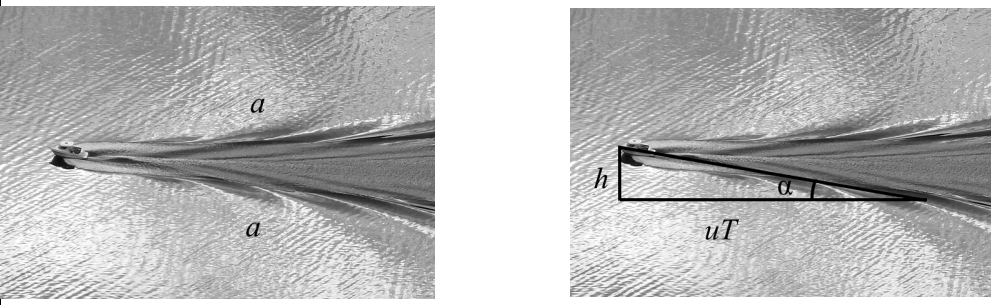
К задаче 2.

Олимпиада «Физтех.инженер» 2 марта 2024 года

Решения заданий заключительного тура. 9 класс.

Вариант 2

Задача 1

		
	<p>Определим угол волнового клина:</p> $\cos 2\alpha = 1 - \frac{b^2}{2a^2} \approx 0,76 \Rightarrow \alpha \approx 7,5^\circ$	2
	<p>Строим модель, связывающую расстояние до берега, скорость и время прихода волны:</p> $u = \frac{h}{T \operatorname{tg} \alpha} \approx 3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	2 + 1 (модель + число)
А)	<p>Согласно формуле, длинные волны имеют бóльшую фазовую скорость, поэтому они обгоняют остальные и формируют границу.</p>	1
Б)	<p>Длина волны — это пространственный период волны, т. е. минимальное расстояние между точками вдоль направления распространения, где изменения свойств среды в данный момент происходят по одинаковому закону (например, расстояние между максимумами). Очень часто длиной волны в узком смысле называют расстояние между поверхностями равных фаз монохроматической волны. Применимо для гармонических волн, а также волн негармонической формы в средах без дисперсии.</p>	2
В)	<p>Любое случайное поднятие уровня воды испытывает при обдувании потоком воздуха подъемную силу так же, как это происходит с крылом.</p>	2

Задача 2

А)	Определены средние радиусы слоев	1
	<p>Применяя закон Снеллиуса, последовательно рассчитаем углы преломления при переходе луча в i-й слой:</p> $\beta_i = \arcsin\left(\frac{n_{i-1} \sin \alpha_i}{n_i}\right),$ <p>где α_i — угол падения на границе $(i-1)$-го и i-го слоев, который измеряется с помощью транспортира между направлением луча в $(i-1)$-м слое и радиусом, проведенным в точку падения этого луча на границу с i-м слоем.</p> $n_i = \sqrt{2 - \left(\frac{r_i}{R}\right)^2}$ <p>Можно заметить, что на некотором шаге луч перестает приближаться к центру шарика и снова выходит во внешний слой. Очевидно, что угол преломления при этом равен углу падения. Применяя принцип обратимости лучей, можно сказать, что дальнейший ход луча будет описываться уже рассчитанной последовательностью углов падения и преломления, взятых в обратном порядке. Чтобы это применить на практике можно «отразить» луч относительно радиуса-биссектрисы центрального угла, опирающегося на самый близкий к центру отрезок луча (показан пунктиром).</p>	1

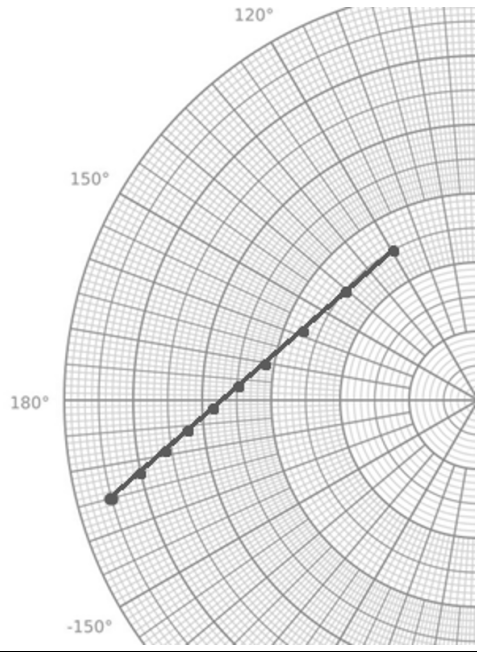
i	0	1	2	3	4	5
r_i/R	—	0,95	0,85	0,75	0,65	0,55
n_i	1	1,048	1,13	1,199	1,256	1,303
EA	α_i , град	40	41	41,5	45,5	69
	β_i , град	38	37,5	38,5	43	65

Б)	См. рис. на последней странице.	
	Луч С пройдет через шарик, не преломившись.	1
В)	Угол падения луча В на шарик такой же, как и у луча EA, поэтому его ход можно построить, симметрично «отразив» ход луча EA относительно луча С. Лучи пересекаются вблизи поверхности шарика.	6
	Приемник излучения лучше расположить вблизи поверхности шарика, где пересекаются лучи.	1

Задача 3

	<p>Масса наростшего льда: $\Delta m = \rho Sh = 63 \text{ кг}$. При малой высоте полета пренебрежем отличием давления от атмосферного:</p> $-cmt_1 = (c_0 t_2 + L + q) \Delta m \Rightarrow m = -\frac{(c_0 t_2 + L + q) \Delta m}{ct_1} = 1,7 \text{ т}.$	3 + 1 (ф-ла + число)
А)	Обледенение верхней поверхности крыльев нарушает аэродинамику (поток может отрываться раньше), что может привести к резкому уменьшению подъемной силы. Обледенение приемников воздушного давления приводит к невозможности определить скорость, поскольку трубка оказывается закрытой для набегающего потока.	2
Б)	Десублимация будет в первую очередь происходить там, где набегающий воздух резко расширяется, сильно охлаждаясь: кромки крыльев, выступающие части.	2
В)	Изначально теплые (растопить отложения), вязкие (чтобы не стекали и чтобы их не сильно сдувало потоком), с низкой температурой замерзания (чтобы оставались жидкими на высоте).	2

Задача 4

		
<p>Построим по точкам траекторию самолета, выбрав следующий масштаб расстояния до радара: одна большая клетка = 1 км.</p>		
За время $\Delta t = 1/n = 10 \text{ с}$		1 (период вращения сканирующего луча)
<p>самолет переместится на расстояние $\Delta l = R\Delta\phi = 5,0 \text{ км} \cdot 20 \cdot \pi/180^\circ = 1,74 \text{ км}$. Тогда</p> $v = \frac{\Delta l}{\Delta t} = 174 \text{ м/с} = 625 \text{ км/ч}.$		5

Самолет движется прямолинейно. В конце участка он движется по хорде окружности с центром в радаре.	3
Информация о высоте полета отсутствует.	1

Задача 5

А)	Над резервуаром ускорение свободного падения увеличивается из-за локального возрастания плотности.	1
	Поэтому, согласно формуле периода колебаний математического маятника, надо увеличить длину его подвеса.	1
Б)	В резервуаре плотность выше, чем в окружающей жидкости, что приводит к увеличению напряженности (ускорение свободного падения) и к изменению потенциальной энергии жидкости в гравитационном поле на одной и той же высоте в верхней точке резервуара (при перетекании жидкости вдоль поверхности постоянного уровня).	1
	Это приводит к накоплению и подъему жидкости на некоторую высоту в однородном гравитационном поле, для компенсации дополнительной потенциальной энергии из-за аномалии. Введем понятие фиктивной массы для моделирования емкости с повышенной плотностью (следствие принципа суперпозиции). Теперь у нас есть два сплошных шара (вода с положительной плотностью ρ_2 и шар резервуара с положительной избыточной плотностью $\rho_1 - \rho_2$), которые «накладываются» друг на друга, а потенциальные энергии взаимодействия жидкости с ними на верхней точке поверхности резервуара алгебраически складываются, как и напряженности.	1
	Тогда изменение потенциальной энергии единицы массы жидкости (изменение потенциала) $dU = 4\pi G(\rho_1 - \rho_2)r^2 / 3 \approx 0,0005$ Дж/кг, а дополнительные подъем массы воды в единице объема (фактически речь о плотности) найдем из равенства $\rho_2 gh = \rho_2 dU$ или $h = 4\pi G(\rho_1 - \rho_2)r^2 / 3g \approx 0,05$ мм.	4 + 2 (ф-лы + число)

Задача 6

	По металлу тепло передается быстрее. Нагревается до температуры плавления область радиусом $\frac{d}{2} + \sqrt{\chi t}$.	2 (размер нагретой области)
	Плавится непосредственно под электродами, где протекает ток.	
	$I^2 \frac{2l}{\sigma \left(\frac{\pi d^2}{4} \right)} \tau = \lambda \rho \frac{\pi d^2}{4} 2l + c \rho \pi \left(\frac{d}{2} + \sqrt{\chi t} \right)^2 2l (T - T_0)$	2 (ф-ла)
	$I = \sqrt{\left(\lambda \rho \frac{\pi d^2}{4} + c \rho \pi \left(\frac{d}{2} + \sqrt{\chi t} \right)^2 (T - T_0) \right) \frac{\sigma \left(\frac{\pi d^2}{4} \right)}{\tau}} \approx 350 \text{ A}$	1 (число)

А)	Чтобы электроды не нагревались до температуры плавления и не прилипали к металлу их делают коническими. Действительно, при увеличении сечения электрода ток и тепло распределяются по большему объему материала. Поэтому они вызывают значительно меньший нагрев.	1
Б)	Электрическая дуга горячая. Нагретый до высокой температуры газ является хорошим проводником электричества, когда тепловой энергии его частиц достаточно, чтобы ионизировать нейтральные атомы, создавая электрон-ионные пары.	4

