



Московская предпрофессиональная олимпиада школьников
Научно-технологическое направление, 2019
10 – 11 классы
Индивидуальная часть

Задача 1. В колбу налили 100 грамм четыреххлористого углерода (CCl_4), а затем такую же массу воды. Известно, что данные жидкости не смешиваются друг с другом.

Колбу поставили на медленный огонь. Известно, что температура кипения CCl_4 существенно ниже температуры кипения воды при атмосферном давлении (см. таблицу в приложении). Известно, что в несмешивающихся жидкостях кипение начинается на границе раздела.

Определить температуру, при которой начнется кипение. Сколько воды останется в колбе, когда выкипит весь CCl_4 ?

В приложении даны таблицы давления насыщенных паров воды и CCl_4 в зависимости от температуры и таблица Менделеева.

Возможное решение

Жидкость начинает кипеть, когда давление насыщенного пара превышает внешнее – в данном случае атмосферное. Однако, поскольку в этой задаче мы имеем дело с двумя несмешивающимися жидкостями, кипение начнется раньше, чем будет достигнута наименьшая из двух температур кипения жидкостей по отдельности, т.к. на границе раздела будут образовываться пузырьки, давление в которых, по закону Дальтона, складывается из парциальных давлений двух насыщенных паров: $P(T) = P_1(T) + P_2(T)$. Где $P_1(T)$ – давление CCl_4 , а $P_2(T)$ – давление водяного пара.

Обратившись к таблице, определим ту температуру, при которой сумма давлений будет равна атмосферному. В данном случае она оказывается приблизительно равна $67^\circ C$.

Таблица давления насыщенного пара четыреххлористого углерода от температуры (CCl_4)								Таблица давления насыщенного водяного пара от температуры (H_2O)							
T, °C	P, атм.	T, °C	P, атм.	T, °C	P, атм.	T, °C	P, атм.	T, °C	P, атм.	T, °C	P, атм.	T, °C	P, атм.		
1	0,044	26	0,156	51	0,423	76	0,974	1	0,006	26	0,033	51	0,128	76	0,397
2	0,046	27	0,163	52	0,439	77	1,004	2	0,007	27	0,035	52	0,135	77	0,414
3	0,049	28	0,170	53	0,455	78	1,035	3	0,007	28	0,037	53	0,141	78	0,431
4	0,051	29	0,178	54	0,471	79	1,066	4	0,008	29	0,040	54	0,148	79	0,449
5	0,054	30	0,185	55	0,488	80	1,099	5	0,009	30	0,042	55	0,156	80	0,468
6	0,057	31	0,193	56	0,506	81	1,132	6	0,009	31	0,044	56	0,163	81	0,487
7	0,060	32	0,202	57	0,524	82	1,166	7	0,010	32	0,047	57	0,171	82	0,507
8	0,063	33	0,210	58	0,542	83	1,200	8	0,011	33	0,050	58	0,179	83	0,528
9	0,067	34	0,219	59	0,561	84	1,236	9	0,011	34	0,053	59	0,188	84	0,549
10	0,070	35	0,228	60	0,581	85	1,272	10	0,012	35	0,056	60	0,197	85	0,571
11	0,074	36	0,238	61	0,601	86	1,309	11	0,013	36	0,059	61	0,206	86	0,594
12	0,077	37	0,248	62	0,621	87	1,347	12	0,014	37	0,062	62	0,216	87	0,617
13	0,081	38	0,258	63	0,643	88	1,386	13	0,015	38	0,065	63	0,226	88	0,642
14	0,086	39	0,268	64	0,664	89	1,426	14	0,016	39	0,069	64	0,236	89	0,667
15	0,090	40	0,279	65	0,687	90	1,466	15	0,017	40	0,073	65	0,247	90	0,693
16	0,094	41	0,290	66	0,710	91	1,508	16	0,018	41	0,077	66	0,258	91	0,719
17	0,099	42	0,302	67	0,733	92	1,550	17	0,019	42	0,081	67	0,270	92	0,747
18	0,104	43	0,314	68	0,757	93	1,593	18	0,020	43	0,085	68	0,282	93	0,775
19	0,109	44	0,326	69	0,782	94	1,637	19	0,022	44	0,090	69	0,295	94	0,805
20	0,114	45	0,339	70	0,807	95	1,682	20	0,023	45	0,095	70	0,308	95	0,835
21	0,119	46	0,352	71	0,833	96	1,728	21	0,025	46	0,100	71	0,321	96	0,866
22	0,125	47	0,365	72	0,860	97	1,775	22	0,026	47	0,105	72	0,336	97	0,898
23	0,130	48	0,379	73	0,887	98	1,823	23	0,028	48	0,110	73	0,350	98	0,932
24	0,137	49	0,393	74	0,915	99	1,872	24	0,029	49	0,116	74	0,365	99	0,966
25	0,143	50	0,408	75	0,944	100	1,922	25	0,031	50	0,122	75	0,381	100	1,001

Для того, чтобы определить сколько останется воды, когда выкипит весь четыреххлористый углерод, посчитаем в каком соотношении по массе они будут испаряться.

Из уравнения Менделеева-Клапейрона

$$P = NkT \rightarrow N \sim P \rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{0,733}{0,270} \approx 2,71.$$

Следовательно, на каждую молекулу воды приходится примерно 2,71 молекула CCl_4 . Но молекулярная масса CCl_4 существенно больше, чем у воды:

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{12 + 4 \cdot 35,5}{2 \cdot 1 + 16} = \frac{154}{18} \approx 8,56.$$

Тогда отношение масс испарившихся жидкостей примет вид

$$\frac{\Delta m_1}{\Delta m_2} = \frac{\mu_1 v_1}{\mu_2 v_2} = \frac{\mu_1 N_1}{\mu_2 N_2} \approx 23,23 \rightarrow \Delta m_2 = \Delta m_1 / 23,23 \approx 100 / 23,23 \approx 4,3(\text{г})$$

Масса оставшейся воды $m_2 - \Delta m_2 \approx 100 - 4,3 \approx 95,7(\text{г})$.

Критерии оценки

1. Давление насыщенного пара равно атмосферному (+1 балл).
2. Применен закон Дальтона (+3 балла).
3. Определена температура кипения по таблице (+1 балл).
4. Записано уравнение Менделеева-Клапейрона (+1 балл).
5. Найдено отношение давлений при закипании (+1 балл).
6. Найдено отношение молярных масс (+1 балл).
7. Найдено отношение масс (+1 балл).
8. Получен ответ (+1 балл).

Задача 2. Короткий полипептид закодирован в ДНК следующей последовательностью нуклеотидов:

ТАЦ ААА ЦТГ ГЦА

Каждый триплет (последовательность из трех нуклеотидов) кодирует определенную аминокислоту по правилам, указанным в таблице. Определите, с какой вероятностью мутация одного из нуклеотидов данной последовательности не приведет к изменению синтезированного полипептида.

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У (А)	Ц (Г)	А (Т)	Г (Ц)	
У (А)	Фен	Сер	Тир	Цис	У (А)
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц (Г)
	Лей	Сер	-	-	А (Т)
	Лей	Сер	-	Три	Г (Ц)
Ц (Г)	Лей	Про	Гис	Арг	У (А)
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц (Г)
	Лей	Про	Глн	Арг	А (Т)
	Лей	Про	Глн	Арг	Г (Ц)
А (Т)	Иле	Тре	Аси	Сер	У (А)
	Иле	Тре	Аси	Сер	Ц (Г)
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А (Т)
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г (Ц)
Г (Ц)	Вал	Ала	Асп	Гли	У (А)
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц (Г)
	Вал	Ала	Глу	Гли	А (Т)
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г (Ц)

Возможное решение

Поскольку одну аминокислоту может кодировать несколько триплетов (вырожденность отображения в таблице генетического кода), необходимо найти такие одиночные замены нуклеотидов, которые не приведут к изменению синтезированного полипептида.

Последовательность ТАЦ при транскрипции на иРНК задает старт-кодон АУГ, единственный триплет, кодирующий метионин (Met). Значит в первом триплете любая замена просто не даст данному полипептиду даже начать транслироваться с иРНК.

Анализируя далее, можно заметить, что во втором триплете только **одна** замена в последнем нуклеотиде не меняет исходную аминокислоту (УУУ на УУЦ).

В третьем триплете также аминокислота инвариантна относительно **одной** замены в последнем нуклеотиде, а в четвертом триплете таких замен целых **три**.

Итого получается всего замен $1+1+3 = 5$, которые не приведут к изменениям в полипептиде.

Всего же замен $12 \times 3 = 36$ (1 нуклеотид может замениться только на 3 других).

Итого получаем вероятность благоприятной мутации $5/36 \times 100 \% \approx 13,9 \%$.

Критерии оценки

1. Продемонстрировано умение читать таблицу генетического кода (+1 балл).
2. Найдено количество инвариантных замен нуклеотидов (+ 4 балла).
3. Найдено общее число возможных мутаций (+4 балла).
4. Получен ответ (+1 балл).