**Задание 1. (автор В.А. Емельянов).**

1. 1. пикнометр. 2. дозатор. 3. шпатель. 4. горелка. 5. плитка. 6. фильтр. 7. термостат. 8. центрифуга. 9. воронка. 10. тигель. 11. дефлегматор. 12. холодильник. 13. колбонагреватель. 14. шланг. 15. штатив. 16. пробирка. 17. промывалка. 18. стакан. 19. термометр. 20. бюретка. 21. муфель. 22. трубка. 23. пробка. 24. груша. 25. бюкс. 26. насос. 27. палочка. 28. чашка. 29. мензурка. 30. колба. 31. баня. 32. лодочка. 33. ареометр. 34. дистиллятор. 35. цилиндр. 36. спиртовка. 37. пипетка. 38. пест. 39. мешалка. 40. ершик. 41. кювета. 42. шкаф. 43. весы. 44. ступка.

2. Шпатель, воронка, тигель, стакан, трубка (как изолирующий материал для электропроводов, термопар, термоэлектродов и т.п.), чашка, лодочка, пест, ступка. Могут быть изготовлены из фарфора колба (как часть какого-то устройства, например, кофеварки, фильтра для воды, кальяна и т.п.) и палочки (для еды), но эти изделия не относятся к лабораторной посуде.

**Система оценивания:**

1. Каждое верное слово по 0,5 б.	0,5*44 = 22 б.
2. За каждую верную посуду из фарфора по 1 б., за колбу и палочку по 0 б., за неверную посуду – штраф 0,5 б.	1*9 = 9 б.
<b>Всего:</b>	<b>31 балл.</b>

**Задание 2. (авторы А.С. Романов, В.А. Емельянов).**

1. По определению, плотность равна отношению массы к объему, т.е.  $\rho_{\text{г}} = m_{\text{г}}/V_{\text{г}}$ ,  $\rho_{\text{ж}} = m_{\text{ж}}/V_{\text{ж}}$ . Тогда  $V_{\text{г}}/V_{\text{ж}} = m_{\text{г}}*\rho_{\text{ж}}/(m_{\text{ж}}*\rho_{\text{г}})$ . Поскольку мы хотим знать, во сколько раз изменяется объем той же массы вещества при переходе из газообразного в жидкое состояние,  $m_{\text{г}} = m_{\text{ж}}$ . Отсюда  $V_{\text{г}}/V_{\text{ж}} = \rho_{\text{ж}}/\rho_{\text{г}}$ .

а) Поскольку  $1 \text{ кг} = 1000 \text{ г}$ , а  $1 \text{ м}^3 = 1000 \text{ л}$ , значение плотности вещества, выраженное в  $\text{кг/м}^3$ , совпадает со значением, выраженным в  $\text{г/л}$ . Тогда  $V_{\text{г}}/V_{\text{ж}} = 610/6,01 = 101,5$ .

б)  $V_{\text{г}}/V_{\text{ж}} = 682/0,864 = 789$ .

Значение, полученное в условиях пункта «а», оказалось значительно меньше, поскольку давление в этих условиях существенно больше. Поскольку изменение давления слабо влияет на объем жидкости, но очень сильно влияет на объем газа (объем идеального газа обратно пропорционален давлению), объем газа перед сжижением при  $p = 8,5 \text{ атм.}$  примерно в 8,5 раз меньше, чем при  $p = 1 \text{ атм.}$  Отношение  $789/101,5 = 7,7$  оказалось несколько меньше, чем 8,5, поскольку температура в условиях «б» не  $20^\circ\text{C}$ , а заметно ниже (по условию, понизить температуру заметно ниже комнатной). Изменение температуры также более сильно влияет на объем газа, чем на объем жидкости (объем идеального газа прямо пропорционален температуре), поэтому с уменьшением температуры отношение  $V_{\text{г}}/V_{\text{ж}}$  сокращается (если давление остается постоянным). Итак, ключевым фактором большого различия величин сокращения объемов  $V_{\text{г}}/V_{\text{ж}}$  при таком изменении условий является то, что относительное изменение давления оказалось существенно больше, чем относительное изменение температуры, причем первый параметр оказывает большее влияние на эту величину, чем второй.

2. В соответствии с уравнением Менделеева-Клапейрона для идеального газа  $pV = \nu RT$ , т.е.  $\nu = pV/RT$ . Так как  $\nu = m/M_r$ ,  $m = \rho V$ , получаем  $\rho V/M_r = pV/RT$  или  $M_r = \rho VRT/pV = \rho RT/p$ . У нас есть все необходимые для расчета данные при  $p = 8,5 \text{ атм.}$  и  $t = 20^\circ\text{C}$ :

$$M_r = \rho RT/p = 6,010 * 0,082 * 293 / 8,5 = 17,0 \text{ (г/л * л*атм/(моль*К) * К : атм = г/моль) или } 17 \text{ а.е.м.}$$

Теперь оценим температуру кипения газа **X** при  $p = 1 \text{ атм.}$ , когда его плотность составляет  $0,864 \text{ кг/м}^3$ :

$$T = \rho M_r / pR = 1 * 17 / (0,864 * 0,082) = 239,8 \text{ К или } 239,8 - 273,1 = -33,3^\circ\text{C.}$$

Критическая температура – температура, при которой исчезают различия в физических свойствах между жидкостью и ее насыщенным паром. Иначе говоря, критическая температура газа **X** – это температура, выше которой газ не может быть сжат до состояния жидкости, каким бы высоким ни было давление.

3. Количество газа **X** в объеме 1170 мл составляет  $\nu = 1,170 / 22,4 = 5,223 * 10^{-2}$  моль, масса  $m = 17 * 5,223 * 10^{-2} = 0,888 \text{ г}$ . Масса 1 мл воды равна 1 г, масса всего раствора  $m_{\text{р-ра}} = 1 + 0,888 = 1,888 \text{ г}$ . При плотности 0,85

г/см<sup>3</sup> объем раствора с такой массой будет равен  $V = m_{p-pa}/\rho_{p-pa} = 1,888/0,85 = 2,221$  мл. Молярная концентрация газа **X** в его насыщенном при н.у. водном растворе составит  $C = v/V = 5,223 \cdot 10^{-2}/(2,221 \cdot 10^{-3}) = 23,5$  моль/л.

**4.** Поскольку газ **B** получается электролизом воды, это могут быть либо кислород, либо водород. Если это кислород, то молекулой **X** с молекулярной массой 17 а.е.м. могла бы быть только частица HO, но это невозможно. Следовательно газ **B** – это водород, H<sub>2</sub>. Для газа **X** с одним атомом водорода в составе и молекулярной массой 17 а.е.м. снова получаем HO, с двумя – такой молекулы нет, с тремя – NH<sub>3</sub>, что очень хорошо согласуется с описанными в задаче физическими свойствами. Тогда газ **X** – аммиак, NH<sub>3</sub>, газ **A** – азот, N<sub>2</sub>. Уравнения реакций: **[1]** N<sub>2</sub> + 3H<sub>2</sub> = 2NH<sub>3</sub> (условия: t = 450-550°C, p = 250-350 атм., kt = γ-Fe или губчатое Fe, засчитывается просто Fe).

Собственное название процесса **[1]** – процесс Габера-Боша.

**[2]** 2H<sub>2</sub>O = 2H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> (условия электролиза: электролит NaOH или LiOH, либо H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

**5.** Единственный промышленный способ получения азота – перегонка жидкого воздуха. Лабораторные – взаимодействие растворов соли аммония и нитрита щелочного металла при нагревании или термолиз азидов щелочных металлов: NaNO<sub>2</sub> + NH<sub>4</sub>Cl  $\xrightarrow{t, ^\circ C}$  N<sub>2</sub>↑ + NaCl + 2H<sub>2</sub>O; 2NaN<sub>3</sub>  $\xrightarrow{t, ^\circ C}$  2Na + 3N<sub>2</sub>↑.

Лабораторные способы получения аммиака – взаимодействие солей аммония и гидроксидов щелочных или щелочноземельных металлов либо CaO: NH<sub>4</sub>Cl<sub>водн.</sub> + NaOH<sub>конц.</sub>  $\xrightarrow{t, ^\circ C}$  NaCl + NH<sub>3</sub>↑ + H<sub>2</sub>O;

(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> тв. + CaO тв.  $\xrightarrow{t, ^\circ C}$  CaSO<sub>4</sub> + 2NH<sub>3</sub>↑ + 2H<sub>2</sub>O.

**6.** Завод мощностью 1650 тонн в день будет производить 1650/24 = 68,75 тонн аммиака в час. Количество аммиака  $68,75 \cdot 10^6/17 = 4,044 \cdot 10^6$  моль. Количество воды, которое понадобится на такую массу аммиака, равно  $4,044 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 18/2 = 109,19 \cdot 10^6$  грамм в час. Рассчитаем количество потребляемого электричества на электролиз такой массы воды:  $109,19 \cdot 1000 \cdot 8 = 873520$  кВт·ч в час. Далее, несложно получить стоимость использования такой технологии на данном заводе:  $873520 \cdot 3,52 = 3,075$  млн. руб. в час.

Теплота образования аммиака по реакции **[1]** составляет 46 кДж/моль. При образовании  $4,044 \cdot 10^6$  моль аммиака выделяется  $4,044 \cdot 10^6 \cdot 46 = 186 \cdot 10^6$  кДж или  $186 \cdot 10^3$  МДж тепла, что соответствует  $186 \cdot 10^3/3,6 = 51,7 \cdot 10^3$  кВт·ч. Можно было бы компенсировать  $51,7 \cdot 10^3/873520 = 0,059$  или около 6% от затрат на электроэнергию.

**7.** Основным компонентом природного газа является метан, CH<sub>4</sub> (газ **C**). При паровой конверсии метана протекают две конкурирующие реакции: **[3]** CH<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O  $\xrightarrow{t, Ni}$  CO + 3H<sub>2</sub>; **[4]** CH<sub>4</sub> + 2H<sub>2</sub>O  $\xrightarrow{t, Ni}$  CO<sub>2</sub> + 4H<sub>2</sub>.

Поскольку далее газ **E** поглощается раствором K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, то **D** = CO, угарный газ, окись углерода, оксид углерода(II); **E** = CO<sub>2</sub>, углекислый газ, двуокись углерода, оксид углерода(IV). Воздух содержит кислород, который взаимодействует с образовавшимся в реакциях **[3]**, **[4]** водородом, нагревая газовую смесь до 1100°C: **[5]** 2H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> = 2H<sub>2</sub>O. Реакция сдвига **[6]** представляет собой паровую конверсию угарного газа: **[6]**

CO + H<sub>2</sub>O  $\xrightarrow{t, Ni}$  CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>. На стадии повторного удаления CO (итоговая концентрация снижается до 10<sup>-4</sup>

%) идет реакция метанирования **[7]** CO + 3H<sub>2</sub>  $\xrightarrow{t, Ni}$  CH<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O. Отметим, что эта реакция обратна реакции **[3]**. Заключительной стадией очистки газовой смеси является её пропускание через раствор углекислого калия: **[8]** CO<sub>2</sub> + K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O = 2KHCO<sub>3</sub>. При этом в итоговой смеси имеется около 75 % H<sub>2</sub> и 25 % N<sub>2</sub> (реально 74,3 % H<sub>2</sub>, 24,7 % N<sub>2</sub>, 0,8 % CH<sub>4</sub>, 0,3 % Ar и 10<sup>-4</sup> % CO), такое соотношение H<sub>2</sub> к N<sub>2</sub> (3 к 1) и является оптимальным для реакции **[1]**.

**8.** Метан получают из природного газа, а он всегда содержит примесь соединений серы. Их необходимо удалить (процесс десульфирования), так как соединения серы отравляют никелевый катализатор (образуя сульфид никеля), используемый в реакциях **3**, **4**, **6**, **7**. Аналогично примесь CO отравляет железный катализатор (образуются карбонилы, а затем оксид и карбид железа), на котором идет реакция получения аммиака. Английская аббревиатура WGSР – первые буквы названия «реакция водно-газового сдвига» на английском языке – «water gas shift reaction».

**9.** Без учета водяного пара составы смесей будут такими. После паровой конверсии метана в смеси будут находиться CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> (смесь **1**). После добавления воздуха и сгорания части водорода, сопровождающегося удалением всего кислорода (активного воздуха), в смеси будут находиться CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> (смесь **2**). В результате повторной паровой конверсии метан окончательно удаляется и смесь **3** состоит из CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>. Указано, что далее не удаётся полностью избавиться от CO, поэтому качественный состав смеси **4** аналогичен составу смеси **3**. Далее практически весь CO переводят в метан, поэтому в смеси **5** присутствуют CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>. На заключительной стадии происходит удаление CO<sub>2</sub>, поэтому итоговая газовая смесь **6** состоит из H<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>, а также примеси CH<sub>4</sub>, образовавшегося в ходе реакции **[7]**.

10. Пусть исходно имеется  $a$  моль  $N_2$  и  $3a$  моль  $H_2$ . Предположим, что в ходе реакции [1] прореагировало  $x$  моль  $N_2$ ,  $3x$  моль  $H_2$  и образовалось  $2x$  моль  $NH_3$ . Суммарное количество газов в равновесной смеси равняется  $n(N_2) + n(H_2) + n(NH_3) = (a-x) + (3a-3x) + 2x = 4a - 2x$ . Запишем выражения для мольных долей газов и подставим их в уравнение для константы равновесия  $K_\chi$ :

$$\chi(NH_3) = \frac{2x}{4a-2x}; \chi(N_2) = \frac{a-x}{4a-2x}; \chi(H_2) = \frac{3a-3x}{4a-2x}. K_\chi = \frac{\chi(NH_3)^2}{\chi(H_2)^3 \chi(N_2)} = \frac{\left(\frac{2x}{4a-2x}\right)^2}{\left(\frac{3a-3x}{4a-2x}\right)^3 \left(\frac{a-x}{4a-2x}\right)} = \frac{(2x)^2(4a-2x)^2}{27(a-x)^4} = 1.$$

$$K_\chi = \frac{(2x)^2(4a-2x)^2}{27(a-x)^4} = 1 \Rightarrow \frac{2x(4a-2x)}{\sqrt{27}(a-x)^2} = 1. \quad \frac{2x(4a-2x)}{\sqrt{27}(a-x)^2} = 1$$

Последнее выражение является квадратным уравнением с параметром  $a$ . Запишем его в стандартном виде и найдем его корни:  $\frac{2x(4a-2x)}{\sqrt{27}(a-x)^2} = 1 \Rightarrow x^2 - 2ax + 0,565a^2 = 0$ .  $x_1 = 0,34a$ ;  $x_2 = 1,66a$ .

Корень  $x_2$  не имеет физического смысла, так как тогда  $n(N_2) = a - x_2 < 0$ . Тогда количество вещества аммиака равняется  $0,68a$ . Найдем выход  $NH_3$  в % от теоретического:  $\eta(NH_3) = \frac{n_{пр}}{n_{теор}} = \frac{0,68a}{2a} = 0,34 = 34 \%$ .

Заметим, что выход аммиака не зависит от начальных количеств исходных реагентов. Поэтому задачу можно было решать проще, положив  $a = 1$ .

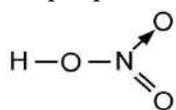
Ответим на последний вопрос о количестве циклов для достижения степени превращения более 99 % при расчете на исходные азот и аммиак. Пусть в первом цикле участвует  $a$  моль  $N_2$ , тогда после первого цикла его останется  $a - 0,34a = 0,66a$ . Во втором цикле будет участвовать  $0,66a = b$  моль  $N_2$  и его останется  $0,66a - 0,34b = 0,66a - 0,66 \cdot 0,34a = 0,4356a$ . В третьем цикле будет участвовать  $0,4356a = c$  моль  $N_2$  и его останется  $0,4356a - 0,4356 \cdot 0,34a = 0,2875a$ . Или  $(0,66a - 0,66 \cdot 0,34a) - (0,66a - 0,66 \cdot 0,34a) \cdot 0,34$ , или  $((a - 0,34a) - (a - 0,34a) \cdot 0,34) - ((a - 0,34a) - (a - 0,34a) \cdot 0,34) \cdot 0,34 = (a - 0,34a) \cdot ((1-0,34) - (1-0,34) \cdot 0,34) = (a - 0,34a) \cdot (1-0,34) \cdot (1-0,34) = a \cdot (1-0,34)^3$  моль  $N_2$ . Таким образом, после  $n$ -го цикла останется  $a(0,66)^n$  моль азота. 99 %-му превращению соответствует  $0,01a$  моль азота, тогда для ответа на вопрос необходимо решить уравнение  $a(0,66)^n = 0,01a$ , или  $100(0,66)^n = 1$  или  $(0,66)^n = 0,01$ . Прологарифмировав это выражение, получаем  $\lg 0,66 = -2$ , т.е.  $n = -2/\lg 0,66 = 2/0,18 = 11,08$ . Тогда для достижения 99 %-го превращения необходимо более 11-ти циклов реакции [1], то есть  $n \geq 12$ . Ответ 11 тоже считается верным.

### Система оценивания:

1. Расчет отношений объемов по 1 б., указание на влияние давления 2 б., анализ влияния температуры 2 б. (меньше отношение 1 б., меньше влияние 1 б.).	$1 \cdot 2 + 2 + 2 = 6$ б.
2. Расчет молярной массы 2 б., температуры кипения 2 б. (верные ответы без расчета 0 б.), смысл понятия «критическая температура» 1 б.	$2 \cdot 2 + 1 = 5$ б.
3. Расчет молярной концентрации 3 б.	3 б.
4. Названия и формулы веществ X, A и B по 0,5 б., уравнения реакций по 1 б., условия по 0,5 б. за каждое (просто указание $t$ , $p$ , $kt$ и электролит или ошибки в составе катализатора и электролита, ошибки в цифрах больше чем на $\pm 50$ атм. и $\pm 50^\circ C$ по 0,25 б.). Габер и Бош по 0,5 б.	$(0,5+0,5) \cdot 3 + 1 \cdot 2 + 0,5 \cdot (4+2) = 8$ б.
5. Способы получения по 1 б.	$1 \cdot 3 = 3$ б.
6. Расчет стоимости электроэнергии и доли по 3 б.	$3 \cdot 2 = 6$ б.
7. Названия и формулы веществ C-E по 0,5 б., уравнения реакций по 1 б.	$(0,5+0,5) \cdot 3 + 1 \cdot 6 = 9$ б.
8. Отравление катализатора по 1 б. (без указания, какого именно по 0,5 б.), аббревиатура по 0,5 б. за слово.	$1 \cdot 2 + 0,5 \cdot 4 = 4$ б.
9. За состав на каждой из стадий по 0,5 б., одна ошибка 0,25 б., две ошибки 0 б.	$0,5 \cdot 6 = 3$ б.
7. Расчет выхода и числа циклов по 3 б.	$3 \cdot 2 = 6$ б.
<b>Всего:</b>	<b>53 балла</b>

### Задание 3. (автор А.С. Чубаров).

1. Возможность получения кислоты из воздуха, сильные окислительные свойства и применение для синтеза нитропроизводных однозначно указывает на то, что элемент X – это азот, а кислота  $HNO_3$  – азотная.



Один из вариантов структурной формулы приведен слева (другой вариант – сопряженные полуторные связи O-N-O).

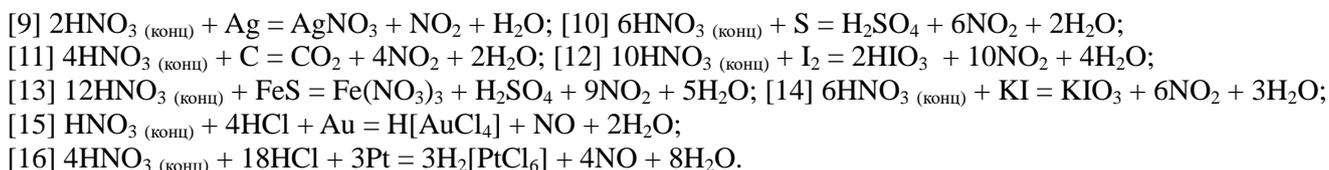
Степень окисления азота в азотной кислоте +5, валентность IV. При диссоциации азотной кислоты в воде образуется нитрат ион, его геометрия треугольная ( $СЧ=3$ ).

Уравнения реакций: [1]  $4HNO_3 = 2H_2O + 4NO_2 + O_2$ ; [2]  $2HNO_3 + CuO = Cu(NO_3)_2 + H_2O$ ;

[3]  $HNO_3 + NaOH = NaNO_3 + H_2O$ ; [4]  $2HNO_3 + Na_2CO_3 = 2NaNO_3 + H_2O + CO_2$ ;

[5]  $NaNO_3 + Na_2O \xrightarrow{t, ^\circ C} Na_3NO_4$ ; [6]  $Na_3NO_4 + H_2O = 2NaOH + NaNO_3$ ;

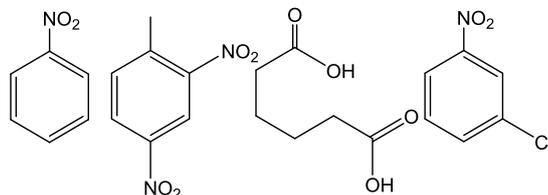
[7]  $4HNO_3 (конц) + Zn = Zn(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$ ; [8]  $4HNO_3 (конц) + Cu = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$ ;



Смесь концентрированной азотной и соляной кислот называется «царская водка». Смесь концентрированной азотной и серной кислот получила название «меланж» или «кислотный меланж». Эта смесь является «нитрующей смесью» и используется в органическом синтезе для проведения реакций нитрования алифатических и ароматических соединений, а также получения нитроэфиров.

2. Основная отрасль, где нашла своё применение азотная кислота – это производство азотных и комбинированных удобрений. Структурные формулы 4 типов веществ, приведенных в задании:

Принимаются любые структурные изомеры динитротолуола и нитрохлорбензола. Стоит отметить, что помимо перечисленных веществ азотная кислота применяется для получения нитроглицерина, тринитротолуола и других продуктов нитрования.



*Нитробензол* – получение анилина и азокрасителей. *Динитротолуол* – прекурсор синтеза толуидинов, хлорнитротолуолов и т.д. *Адибиновая кислота* – производство полигексаметиленадипинамида (нейлон), пищевая добавка в производстве безалкогольных напитков. *Нитрохлорбензол* – получение нитроанилина и красителей, получение полупродуктов фармацевтической промышленности.

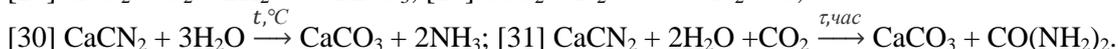
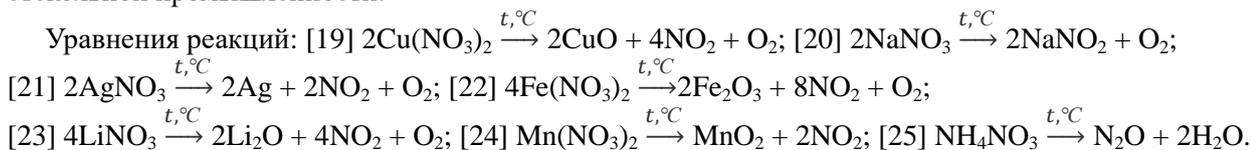
3. Для расчета массы вещества А посчитаем количество вещества нитрата натрия:

$$v(\text{NaNO}_3) = 1,5/85 = 0,01765 \text{ моль. } m(\text{HNO}_3) = 0,01765 \times 63 \times 0,7 = 0,778 \text{ г.}$$

4. Так как азотная кислота образует с водой азеотропную смесь, то обычной перегонкой водного раствора получить кислоту выше 68,4% невозможно. Для получения более концентрированной кислоты необходимо проводить получение не из водного раствора. Классическим вариантом является перегонка твердой соли с избытком серной концентрированной кислоты: [17]  $\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{NaHSO}_4 (\text{можно } \text{Na}_2\text{SO}_4) + \text{HNO}_3$ .

В дымящей азотной кислоте образуется ион нитрония  $\text{NO}_2^+$ : [18]  $2\text{HNO}_3 = \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^+$ .

5. Тривиальное название солей азотной кислоты – селитры. Они используются как удобрения; для получения взрывчатых веществ, дымного пороха, горючих смесей, пиротехнических изделий. Нитрат калия может использовать как консервант для антибактериального действия, как окислитель в металлургии, в стекольной промышленности.



Основные недостатки процессов получения азотной кислоты с использованием электрической дуги:

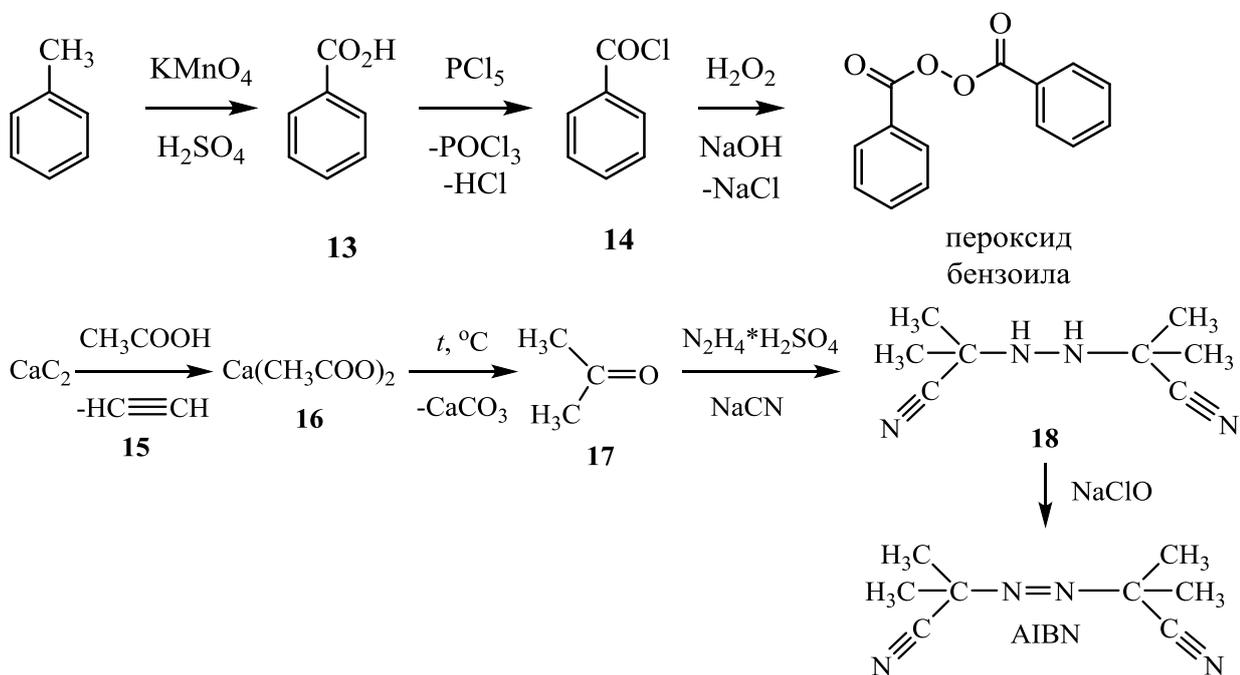
1) низкий выход и КПД процессов; 2) чрезвычайно высокие затраты электроэнергии; 3) несовершенство конструкции дуговых печей. Можно указать любые два.

7.  $\text{HNO}_3 = \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$ . Степень диссоциации составляет 93% или 0,93. то  $C_{\text{H}^+} = 0,1 \times 0,93 = 0,093 \text{ М}$ .  
 $\text{pH} = -\lg 0,093 = 1,03$ .

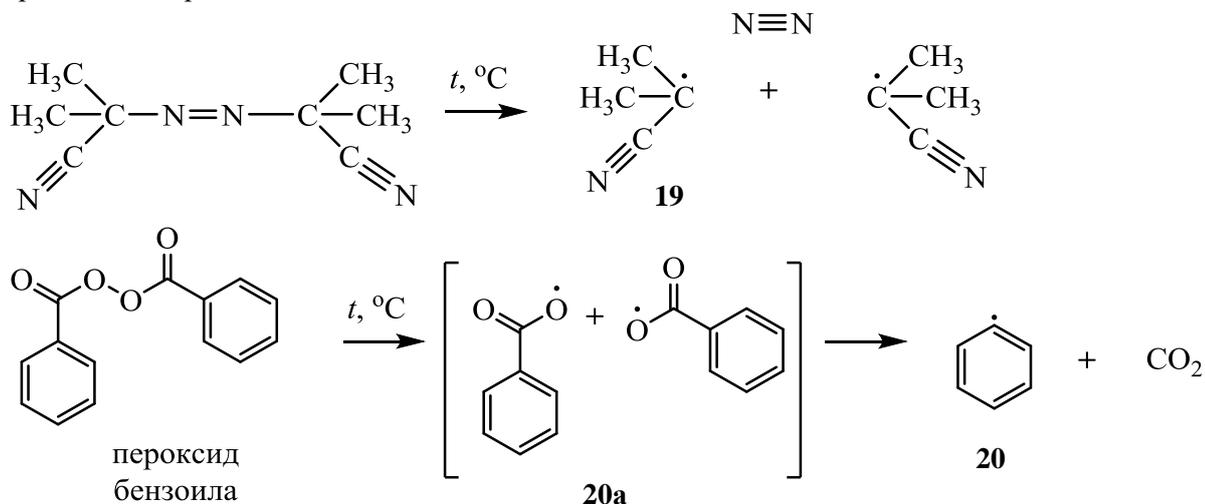
### Система оценивания:

1. Элемент X, молекулярная и структурная формула А, валентность и степени окисления азота в А, геометрия нитрат-иона, названия царская водка и меланж, применение нитрующей смеси по 0,5 б., уравнения реакций [1-16] по 1 б.	$0,5 \cdot 9 + 1 \cdot 16 = 20,5 \text{ б.}$
2. Производство удобрений, структурные формулы 4 вещ-в, их применение по 0,5 б.	$0,5 + (0,5 + 0,5) \cdot 4 = 4,5 \text{ б.}$
3. Расчет массы азотной кислоты 2 б.	2 б.
4. Азеотропная смесь для 68% азотной кислоты, ион нитрония по 0,5 б., уравнения реакций [17-18] по 1 б.	$0,5 \cdot 2 + 1 \cdot 2 = 4 \text{ б.}$
5. Селитры, два применения солей азотной кислоты по 0,5 б, уравнения реакций [19-25] по 1 б.	$0,5 \cdot 3 + 1 \cdot 7 = 8,5 \text{ б.}$

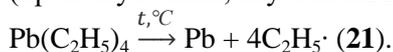




9. Реакции термического разложения AIBN, пероксида бензоила и тетраэтилсвинца с указанием строения органических радикалов:



В ходе реакции термического разложения пероксида бензоила образуются два радикала: карбоксильный (промежуточный, неустойчивый, **20a**) и фенильный (конечный продукт, **20**).



**Система оценивания:**

1. Молекулярные (или структурные) формулы хлорпроизводных 1-4 по 1 б.	1*4б = 4 б.
2. Уравнение реакции 1 1 б., 2 внешних условия по 0,5 б.	1+0,5*2 = 2 б.
3. Уравнения реакций 2, 3 по 1 б.	1*2 = 2 б.
4. Структурные формулы соединений 5-8 по 1 б., названия по 0,5 б., формулы и названия пространственных изомеров по 0,5 б.	(1+0,5)*4 = 6 б. (0,5+0,5)*4 = 4 б.
5-9. Структурные формулы соединений 9-18 и радикалов 19-21, 20a по 1 б.	1*14 б = 14 б.
<b>Всего:</b>	<b>32 балла.</b>