

Поволжская открытая олимпиада школьников
«Будущее медицины» 2017 г.
Эталоны ответов 2 этапа
11 класс

1X. При омылении жира и последующем подкислении было выделено три соединения X, Y, Z. Соединение X реагирует со свежесажженным гидроксидом меди (II) с образованием вещества ярко – синего цвета. Соединения Y и Z окрашивают лакмус в красный цвет. При обработке соединения Y избытком бромной воды получено дибромпроизводное, в молекуле которого содержится 36,2% брома. Соединение Z имеет неразветвленную цепь углеродных атомов, не присоединяет бром, а массовая доля атомов кислорода в нем составляет 36,3%. Установите формулы X, Y, Z. Напишите уравнения всех протекающих реакций. Приведите примеры двух возможных формул, отражающих состав жира.

(12 баллов)

Решение:	Баллы
Жир – полный сложный эфир, образованный глицерином и высшими карбоновыми кислотами (предельными и непредельными). Общая формула такого сложного эфира имеет вид:	1
$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{- O-C(O)-R}_1 \\ \\ \text{CH - O-C(O)-R}_1 \\ \\ \text{CH}_2\text{- O-C(O)-R}_2 \end{array}$	2
При щелочном гидролизе жира (омыление) образуются глицерин (X) и две соли жирных кислот (Y, Z). $\text{Жир} + 3 \text{NaOH} = \underset{\text{глицерин - X}}{\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3} + \underset{\text{Y}}{2\text{R}_1\text{COONa}} + \underset{\text{Z}}{\text{R}_2\text{COONa}}$	1
При подкислении продуктов омыления протекают реакции: $\text{R}_1\text{COONa} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{R}_1\text{COOH}$ $\text{R}_2\text{COONa} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{R}_2\text{COOH}$ Карбоновые кислоты окрашивают лакмус в красный цвет.	0,5
Глицерин как многоатомный спирт образует комплексное соединение синего цвета со свежесажженным гидроксидом меди (II). $2 \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HC}-\text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array} + \text{Cu(OH)}_2 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HC}-\text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array} \begin{array}{c} \text{O}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{HO}-\text{CH} \\ \\ \text{HO}-\text{CH}_2 \end{array} \text{Cu} + 2\text{H}_2\text{O}$	2

<p>Т.к. одна из кислот (Y) реагирует с избытком брома с образованием дибромопроизводного, то, вероятно, ее молекула содержит одну двойную связь. Общая формула ненасыщенных кислот с одной двойной связью $C_nH_{2n-1}COOH$.</p> $C_nH_{2n-1}COOH + Br_2 = Br_2C_nH_{2n-1}COOH$ $\omega(Br) = \frac{2A_r(Br)}{M_r(\nu - \nu a)}; \quad \omega(Br) = \frac{160}{160 + 12n + 2n - 1 + 45} = \frac{160}{14n + 204};$ $0,362 = \frac{160}{14n + 204};$ Решая равенство, определили $n = 17$. Формула непредельной кислоты $C_{17}H_{33}COOH$ – олеиновая кислота.	<p>0,5</p> <p>1</p> <p>1</p>
<p>Кислота Z – предельная с общей формулой $C_nH_{2n+1}COOH$.</p> $\omega(O) = \frac{2A_r(O)}{M_r(\nu - \nu a)}; \quad \omega(O) = \frac{32}{12n + 2n + 1 + 45} = \frac{32}{14n + 46};$ $0,363 = \frac{32}{14n + 46};$ Решая равенство, определили $n = 3$. Формула предельной кислоты C_3H_7COOH – масляная кислота.	<p>1</p> <p>1</p>
<p>Возможные формулы исходного жира:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} H_2C-O-C(=O)-C_{17}H_{33} \\ \\ CH-O-C(=O)-C_{17}H_{33} \\ \\ H_2C-O-C(=O)-C_3H_7 \end{array}$ </div> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} H_2C-O-C(=O)-C_{17}H_{33} \\ \\ CH-O-C(=O)-C_3H_7 \\ \\ H_2C-O-C(=O)-C_3H_7 \end{array}$ </div> </div>	<p>1</p>

2X. Смесь ацетальдегида и глюкозы массой 2,68 г растворили в воде и полученный раствор добавили к аммиачному раствору оксида серебра, приготовленному из 35,87 мл 34%-ного раствора нитрата серебра (плотность 1,4 г/мл). Выпавший при небольшом нагревании осадок отфильтровали и к нейтрализованному азотной кислотой фильтрату прибавили избыток раствора хлорида натрия. При этом образовался осадок массой 5,74 г. Рассчитайте массовые доли веществ в исходной смеси. Напишите необходимые уравнения реакций.

(10 баллов)

Решение:	Баллы
Аммиачный раствор оксида серебра готовят непосредственно перед реакцией, добавляя к раствору нитрата серебра избыток раствора	

гидроксида аммония: $\text{AgNO}_3 + \text{NH}_4\text{OH} = \text{AgOH} + \text{NH}_4\text{NO}_3$ $2\text{AgOH} \rightarrow \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	1 1
Рассчитаем количество вещества нитрата серебра взятого для реакции. $m_p(\text{AgNO}_3) = V \cdot \rho = 35,87 \text{ мл} \cdot 1,4 \text{ г/мл} = 50,218 \text{ г}.$ $m(\text{AgNO}_3) = m_p \cdot \omega = 50,218 \cdot 0,34 = 17,074 \text{ (г)}.$ $n(\text{AgNO}_3) = 17,074 \text{ г} : 170 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль}.$	1
$\text{CH}_3\text{C(O)H} + \text{Ag}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{C(O)OH} + 2\text{Ag}\downarrow$ $\text{O}_5\text{H}_{11}\text{C}_5\text{-C(O)H} + \text{Ag}_2\text{O} = \text{O}_5\text{H}_{11}\text{C}_5\text{-C(O)OH} + 2\text{Ag}\downarrow$ <p style="text-align: center;">глюкоза глюконовая кислота</p>	1 1
В фильтрате избыток гидроксида аммония нейтрализовали азотной кислотой. С NaCl реагирует избыток AgNO ₃ . $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} = \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$ $n(\text{AgCl}) = 5,74 \text{ г} : 143,5 \text{ г/моль} = 0,04 \text{ моль}.$ В реакцию (1) вступило $(0,1 - 0,04) = 0,06 \text{ моль AgNO}_3$. $n(\text{AgOH}) = n(\text{AgNO}_3) = 0,06 \text{ моль}.$ $n(\text{Ag}_2\text{O}) = \frac{1}{2} n(\text{AgOH}) = 0,03 \text{ моль}.$	1 1
Обозначим $n(\text{CH}_3\text{C(O)H}) = x \text{ моль}; \quad m(\text{CH}_3\text{C(O)H}) = 44x$ $n(\text{O}_5\text{H}_{11}\text{C}_5\text{-C(O)H}) = y \text{ моль}; \quad m(\text{O}_5\text{H}_{11}\text{C}_5\text{-C(O)H}) = 180y$ $n(\text{Ag}_2\text{O})_3 = x; \quad n(\text{Ag}_2\text{O})_4 = y.$	1
По уравнениям (3,4): $44x + 180y = 2,68$ $x + y = 0,03$ Решая систему уравнения определяем, что $n(\text{глюкозы}) = 0,01 \text{ моль}$ $n(\text{CH}_3\text{C(O)H}) = 0,02 \text{ моль}.$	1
$m(\text{глюкозы}) = 0,01 \text{ моль} \cdot 180 \text{ г/моль} = 1,8 \text{ г}$ $m(\text{CH}_3\text{C(O)H}) = 0,02 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 0,88 \text{ г}$ $\omega(\text{глюкозы}) = 1,8 \text{ г} : 2,68 \text{ г} = 0,6716 (67,16\%)$ $\omega(\text{CH}_3\text{C(O)H}) = 0,88 \text{ г} : 2,68 \text{ г} = 0,3284 (32,84\%).$	1

3X. Смесь бензойной кислоты и фенола обработали бромной водой до прекращения обесцвечивания, на что потребовалось 1,5 кг 3,2%-ного раствора брома. Затем 10%-ным раствором гидроксида натрия (плотность 1,11 г/мл), объем которого 180,2 мл. Рассчитайте состав исходной смеси (% по массе).

(10 баллов)

Решение:	Баллы
$C_6H_5COOH + Br_2 \rightarrow$ не идет	1
$C_6H_5OH + 3 Br_2 = C_6H_2Br_3OH\downarrow + 3 HBr$	1
$m(Br_2) = 1500 \cdot 0,032 = 48 \text{ г}$ $n(Br_2) = 48 \text{ г} : 160 \text{ г/моль} = 0,3 \text{ моль}$ $n(C_6H_5OH) = 1/3 n(Br_2) = 0,1 \text{ моль}$ $n(C_6H_2Br_3OH) = n(C_6H_5OH) = 0,1 \text{ моль}$ $m(C_6H_5OH) = 0,1 \text{ моль} \cdot 94 \text{ г/моль} = 9,4 \text{ г}$	2
После реакции с бромной водой в реакционной смеси присутствуют три вещества, которые реагируют с гидроксидом натрия. $C_6H_5COOH + NaOH = C_6H_5COONa + H_2O$ $C_6H_2Br_3OH + NaOH = C_6H_2Br_3ONa + H_2O$ $HBr + NaOH = NaBr + H_2O$	1 1 1
Рассчитаем количество NaOH пошедшее на нейтрализацию раствора: $m_p(NaOH) = V \cdot \rho = 180,2 \text{ мл} \cdot 1,11 \text{ г/мл} = 200 \text{ г}$ $m(NaOH) = m_p \cdot \omega = 200 \cdot 0,1 = 20 \text{ г}$ $n(NaOH) = 20 \text{ г} : 40 \text{ г/моль} = 0,5 \text{ моль}$ $n(HBr) = n(Br_2) = 0,3 \text{ моль}; \quad n(NaOH)_4 = 0,3 \text{ моль}$ $n(NaOH)_3 = 0,1 \text{ моль}$ $n(NaOH)_2 = 0,5 - 0,3 - 0,1 = 0,1 \text{ (моль)}$ $n(C_6H_5COOH) = n(NaOH) = 0,1 \text{ моль}$ $m(C_6H_5COOH) = 0,1 \text{ моль} \cdot 122 \text{ г/моль} = 12,2 \text{ г}$	2
$m(\text{исходной смеси}) = m(C_6H_5OH) + m(C_6H_5COOH) = 9,4 \text{ г} + 12,2 \text{ г} = 21,6 \text{ г.}$ $\omega(C_6H_5OH) = 9,4 \text{ г} : 21,6 \text{ г} = 0,4352 \text{ (43,52\%)}$ $\omega(CH_3C(O)H) = 12,2 \text{ г} : 21,6 \text{ г} = 0,5648 \text{ (56,48\%)}$.	1

4X. К раствору гидрофосфата натрия объемом 350 см³ с молярной концентрацией соли 0,250 моль/дм³ добавили олеум с массовой долей оксида серы (VI) 5%. В результате реакции массовые доли кислых солей ортофосфорной кислоты в полученном растворе сравнялись. Вычислите массу добавленного олеума.

(10 баллов)

Решение:	Баллы
Олеум – раствор SO ₃ в безводной серной кислоте.	1
При добавлении олеума к раствору гидрофосфата натрия идут	

реакции:	1
$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$	2
$2 \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2 \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$	1
$n(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = V_p (\text{Na}_2\text{HPO}_4) \cdot C (\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0,35\text{см}^3 \cdot 0,25\text{моль/см}^3 = 0,0875 \text{ моль}$	
Пусть в реакцию (2) вступило $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = x$ моль Тогда $n(\text{NaH}_2\text{SO}_4) = 2x$ моль; Прореагировало $n(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 2x$ моль. Осталось $n(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = (0,0875 - 2x)$ моль В конечном растворе массы кислых солей равны. Т.е. $m(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = (0,0875 - 2x)\text{моль} \cdot 142 \text{ г/моль};$ $m(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 2x \text{ моль} \cdot 120 \text{ г/моль}.$ $(0,0875 - 2x) \cdot 142 = 2x \cdot 120$	1
Решая равенство находим, что $x = 0,0237$. $n(\text{H}_2\text{SO}_4)_2 = 0,0237$ моль	1
Пусть $m(\text{олеума}) = y$ г. Тогда в олеуме: $m(\text{SO}_3) = y \cdot 0,05$ (г) $n(\text{SO}_3) = (y \cdot 0,05) \text{ г} : 80 \text{ г/моль} = 0,000625y$ моль $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = (y \cdot 0,95) \text{ г}$ $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = (0,95 y) \text{ г} : 98 \text{ г/моль} = 0,00969 y$ моль	2
$n(\text{H}_2\text{SO}_4)_1 = n(\text{SO}_3) = 0,00625y$ моль Общее количество вещества $\text{H}_2\text{SO}_4 = 0,000625y + 0,00969y$. Т.е. $0,000625y + 0,00969y = 0,0237; 0,010315y = 0,0237$ $y = 2,29 \text{ г}$ Масса добавленного олеума = 2,29 г.	1

5X. Два стакана одинаковой массы, в одном из которых находится 100 г раствора соляной кислоты с массовой долей HCl 10,95%, а в другом – 100 г раствора сульфата меди с массовой долей соли 16%, поместили на две чашки весов. К соляной кислоте добавили 20 г карбоната кальция. Пренебрегая растворимостью оксида углерода (IV), рассчитайте какую массу железа нужно добавить во второй стакан, чтобы весы уравнились.

(8 баллов)

Решение:	Баллы
В первом стакане:	
$2 \text{HCl} + \text{CaCO}_3 = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$	1
$m(\text{HCl}) = 100 \cdot 0,1095 = 10,95 \text{ (г)}$	
$n(\text{HCl}) = 10,95 \text{ г} : 36,5 \text{ г/моль} = 0,3 \text{ моль}$	1
$n(\text{CaCO}_3) = 20\text{г} : 100 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль}$	

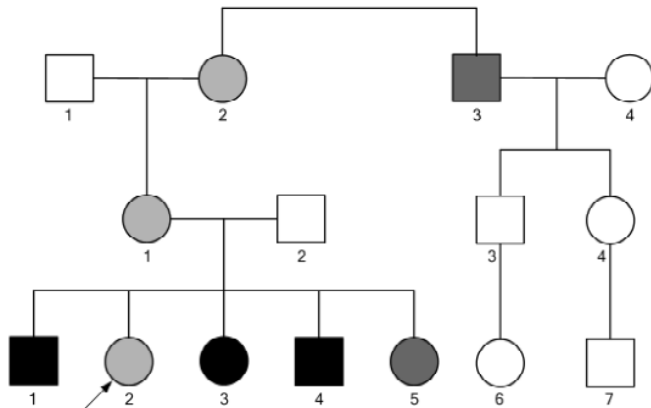
$n(\text{HCl}) : n(\text{CaCO}_3) = 0,3 : 0,2 = 1,5 : 1$; HCl – в недостатке. По уравнению (1) $n(\text{CaCO}_3) = \frac{1}{2} n(\text{HCl}) = 0,15$ моль	1
$n(\text{CaCO}_3)_{\text{изб}} = (0,2 - 0,15) = 0,05$ (моль) $n(\text{CO}_2)_1 = \frac{1}{2} n(\text{HCl}) = 0,15$ моль, который реагирует с избытком CaCO_3 . $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ По уравнению (2) $n(\text{CO}_2)_2 = n(\text{CaCO}_3)_{\text{изб}} = 0,05$ моль Из раствора выделится $n(\text{CO}_2) = 0,15 - 0,05 = 0,1$ моль $m(\text{CO}_2) = 0,1 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 4,4$ г Масса первого стакана после реакций: $100 + 20 - 4,4 = 115,6$ (г) Масса первого стакана увеличилась на 15,6 г.	1 1 1
Во втором стакане: При добавлении Fe к раствору CuSO_4 идет реакция: $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$ Так как в этой реакции не выделяется газ, то для сохранения равновесия во второй стакан следует добавить железо массой, равной изменению массы в первом стакане, т.е. 15,6 г.	1 1

6Б. Известно, что в процессе эволюции РНК появилась раньше, чем ДНК. Выскажите ваши предложения, в силу каких причин именно молекулы ДНК, а не РНК выполняют функцию хранения и передачи генетической информации у большинства живых существ?
(10 баллов)

Решение:	
Молекула ДНК отличается от РНК присутствием дезоксирибозы. В дезоксирибозе во втором положении отсутствует гидроксильная группа. Это значительно понижает уровень полярных взаимодействий с окружающими ионами и молекулами других веществ, что приводит к дополнительной устойчивости молекулы ДНК, в отличие от РНК к гидролитическому расщеплению в слабощелочных водных растворах. Именно такие растворы были в древних водоемах и сохранились в современных клетках.	4 балла
Дополнительный запас прочности связан со способностью ДНК укладываться в двойную спираль. В каждой паре комплементарных нуклеотидов двух полинуклеотидных цепей ДНК между азотистыми основаниями устанавливаются многочисленные двойные (между А и Т) или тройные (Г и Ц) водородные связи, которые придают молекуле ДНК дополнительную прочность структуры	4 балла
Наличие двух комплементарных цепей обеспечивает процессы репликации и репарации (исправления ошибок, возникающих в	2 балла

любой из этих двух цепочек) ДНК.

7Б. В данной генетической задаче на родословную:



- 1) определите и объясните тип наследования заболевания;
- 2) объясните, с чем связана разная интенсивность окрашивания символов на родословной.
- 3) определите степень проявления признака и вероятность рождения больных дочерей, в браке пробанда (указан стрелочкой) с мужчиной, таким же по генотипу, как ее отец.

(11 баллов)

Решение:	
При анализе родословной, можно предположить, что наследование признака осуществляется по митохондриальному типу, т.к. у больных женщин и здоровых мужчин (слева) - дети больны, а у больного мужчины и здоровой женщины (справа) – дети здоровы.	3 балла
Разной интенсивностью окрашивания обозначены больные с различной степенью проявления заболевания.	2 балла
В данной родословной вероятность рождения больных дочерей – 100%, т.к. наследование признака митохондриальное, и мать обладает этим признаком.	3 балла
Степень проявления признака будет неодинаковой, в связи с разной степенью экспрессии (выраженности). Степень течения заболевания будет зависеть от изначального количества и распределения по клеткам унаследованных дефектных митохондрий, от возможных мутаций, от функционирования систем самого организма и факторов внешней среды.	3 балла

8Б. Ежемесячно в женском организме происходит созревание фолликула и овуляция. Объясните, почему с началом беременности не происходит созревание новой яйцеклетки? При каких условиях в женском организме созревает новый овоцит?

(14 баллов)

Решение:	
Фолликул – структурный компонент яичника, состоящий из яйцеклетки, окруженной слоем фолликулярных клеток. В фолликуле содержится овоцит 1 порядка – незрелая яйцеклетка, из которой в ходе мейоза образуется зрелая яйцеклетка. Овуляция – выход овоцита из яичника в маточную трубу в результате разрыва зрелого яичника под воздействием гормонов передней доли гипофиза, в частности, лютеинизирующего гормона (ЛГ).	4 балла
Остаток фолликула, внутри которого созрел овоцит 1 порядка - после овуляции превращается во временную железу внутренней секреции (желтое тело), вырабатывающую гормон прогестерон. Под воздействием прогестерона слизистая оболочка матки подготавливается к возможной беременности и имплантации оплодотворенной яйцеклетки, а также происходит «торможение» созревания очередной яйцеклетки, защищающее зародыш от возможного «соперничества». Со временем эту функцию берет на себя сформировавшаяся позднее плацента.	5 баллов
Если оплодотворения не произошло и, беременность не наступила, то через 12-14 дней «желтое тело» уменьшается в размерах и затем перестает функционировать. Постепенно прекращается продуцирование им прогестерона, тормозящим появление новой яйцеклетки, что ведет к началу менструации. Под воздействием фолликулостимулирующего гормона передней доли гипофиза происходит стимуляция для образования новых половых клеток.	5 баллов

9Б. Объясните явление пограничного эффекта. Почему вредители в большей степени сконцентрированы в краевой полосе агроценозов? Почему численность насекомых-вредителей сельскохозяйственных культур значительно выше на небольших полях? Какие меры можно порекомендовать для сокращения степени повреждения сельскохозяйственных культур насекомыми-фитофагами, учитывая особенности их распространения?
(15 баллов)

Решение:	
Пограничная зона занимает промежуточное положение между соседними биоценозами и отличается от них температурным режимом, влажностью, освещенностью. В ней как бы переплетаются типичные условия граничащих сообществ, происходит взаимопроникновение. В результате в переходной зоне произрастают растения, характерные для обоих биогеоценозов. Обилие растительности привлекает сюда и разнообразных животных, типичных для граничащих между собой сообществ. Такое явление носит название пограничного	4 балла

эффекта, суть которого в том, что переходная зона, как правило, более богата жизнью, чем каждое из смежных сообществ.	
На краях полей проявляется действие пограничного эффекта. В переходной полосе (на границе между биоценозами и агроценозами) произрастают растения, характерные для обоих сообществ. Их видовое разнообразие привлекает сюда насекомых-фитофагов. Конкуренция с сорняками, обилие которых наблюдается именно по краям полей, ослабляет культурные растения и снижает уровень защитных реакций, поэтому они менее устойчивы к действию вредителей.	4 балла
Миграция вредителей происходит с малой скоростью направленного перемещения от краев полей к центру, поэтому на маленьких полях они быстрее занимают территорию и они многочисленнее, чем на больших полях.	3 балла
Для сокращения степени повреждения сельскохозяйственных культур рекомендуется: 1) увеличение площади полей;	2 балла
2) своевременное уменьшение численности насекомых-фитофагов в первую очередь на границах агроценозов.	2 балла