

Место для баллов:

Код:

КАБИНЕТ № 1
ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ
(30 баллов)

Продолжительность выполнения задания – 1 час 30 минут (90 минут).

ЗАДАНИЕ 1
Фотосинтез. Цикл Кальвина
(20 баллов)

Подобно всем другим организмам зелёные растения используют в качестве источника энергии углеводы и другие органические вещества. Однако в отличие от большинства организмов растения являются автотрофами. Данный тип питания стал возможным благодаря уникальному процессу фотосинтеза, который не зря лежит в основе всей физиологии растений. Процесс фотосинтеза в растениях осуществляется в специализированных «компартаментах» клетки под названием (*заполните пропуски!*) хлоропласты *(0,1 балл)*.

Суть процесса сводится к тому, что на свету в зелёном растении из очень окисленных веществ – углекислого газа и воды *(0,2 балла)* – синтезируются органические вещества *(0,1 балл)*, а также в качестве побочного продукта реакции выделяется молекулярный кислород (O₂) *(0,1 балл)*. В ходе этого синтеза происходит преобразование энергии квантов света в видимой области спектра (*укажите диапазон в нм*) – 380 – 750(780) нм *(0,1 балл)* – в энергию химических связей органических веществ.

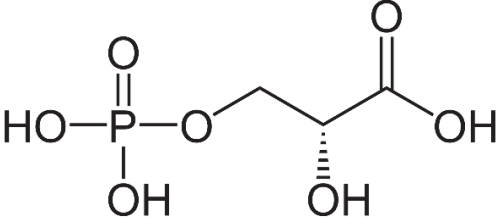
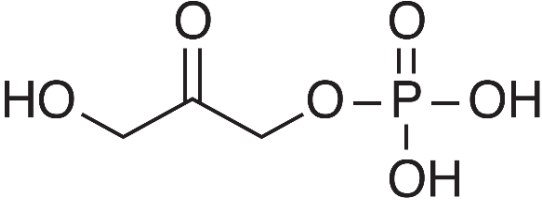
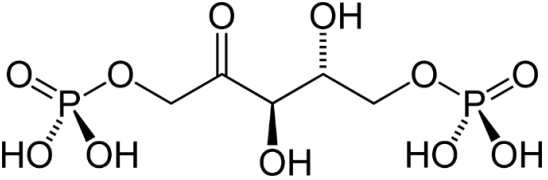
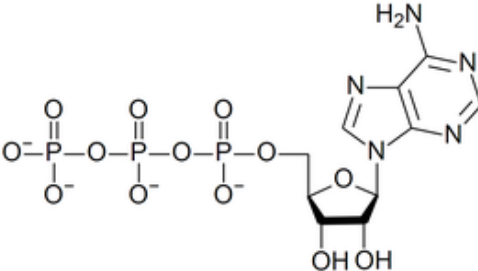
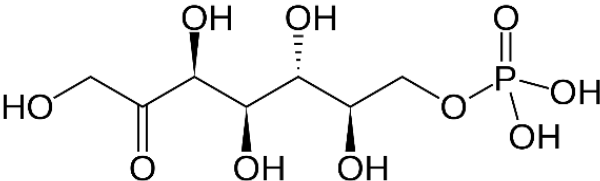
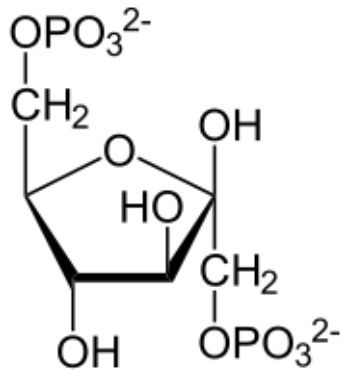
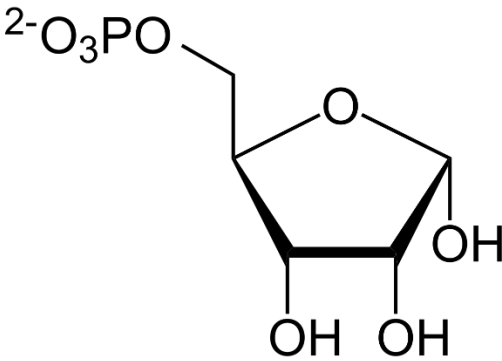
Синтезируемые в процессе фотосинтеза сахара почти сразу преобразуются в высокополимерное соединение – крахмал *(0,1 балл)*, накопленный в виде крахмальных зёрен *(0,1 балл)* в следующих органеллах – хлоропластах и лейкопластах *(0,2 балла)*; также часть сахаров перемещается по растению из листьев в другие органы.

Можно разделить фотосинтез на 4 стадии (*указать*), отличающиеся по своей природе, значению и сущности процессов, происходящих на каждой

стадии: 1. физическая; 2. фотохимическая; 3. реакции транспорта электронов (ЭТЦ); 4. темновые реакции поглощения и восстановления CO₂ (0,4 балла).

Подробнее рассмотрим реакции поглощения и восстановления CO₂. Используя химические формулы или названия молекул (таблица 1) и названия ферментов (таблица 2) вам предлагается заполнить подробную схему цикла Кальвина, представленную на рисунке 1. За каждое правильно расставленное вещество из таблиц 1 и 2 можно получить по 0,5 и 0,25 балла, соответственно.

Таблица 1 – Химические формулы или названия молекул, участвующих в реакциях цикла Кальвина (для зелёных квадратов схемы)

1. 3-фосфоглицериновая кислота 	2. Фосфодиоксиацетон 
3. Рибулозо-1,5-бисфосфат 	4. АТФ 
5. Седогептулозо-7-фосфат 	6. Рибулозо-5-фосфат
	7. АДФ
	8. НАДФН
9. Фруктозо-1,6-бисфосфат 	10. Рибозо-5-фосфат 

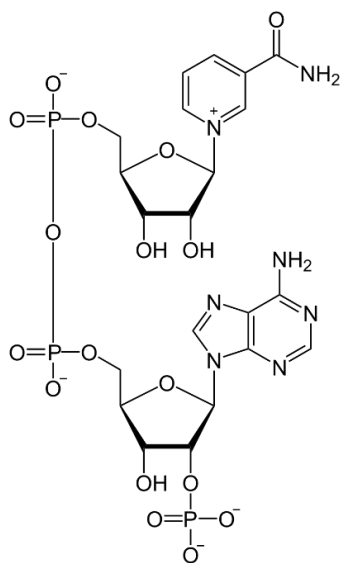
11. 1,3-бисфосфоглицериновая кислота	17. НАДФ ⁺ 
12. Седогептулозо-1,7-бисфосфат	
13. Фруктозо-6-фосфат +	
14. Ксилулозо-5-фосфат	
15. 3-фосфоглицериновый альдегид (ФГА)	
16. Эритрозо-4-фосфат	

Таблица 2 – Ферменты, необходимые для протекания реакций цикла Кальвина (для синих кругов схемы)

А – Транскетолаза
Б – Рибулозо-5-фосфатэпимераза
В – Седогептулозо-1,7-бисфосфатфосфатаза
Г – Рибозо-5-фосфатизомераза
Д – Рибулозо-1,5-бисфосфаткарбоксилаза/оксигеназа
Е – Триозофосфатизомераза
Ж – Альдолаза
З – Фруктозо-1,6-бисфосфатфосфатаза
И – НАДФ-глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназа
К – Рибулозо-5-фосфаткиназа
Л – Фосфоглицераткиназа

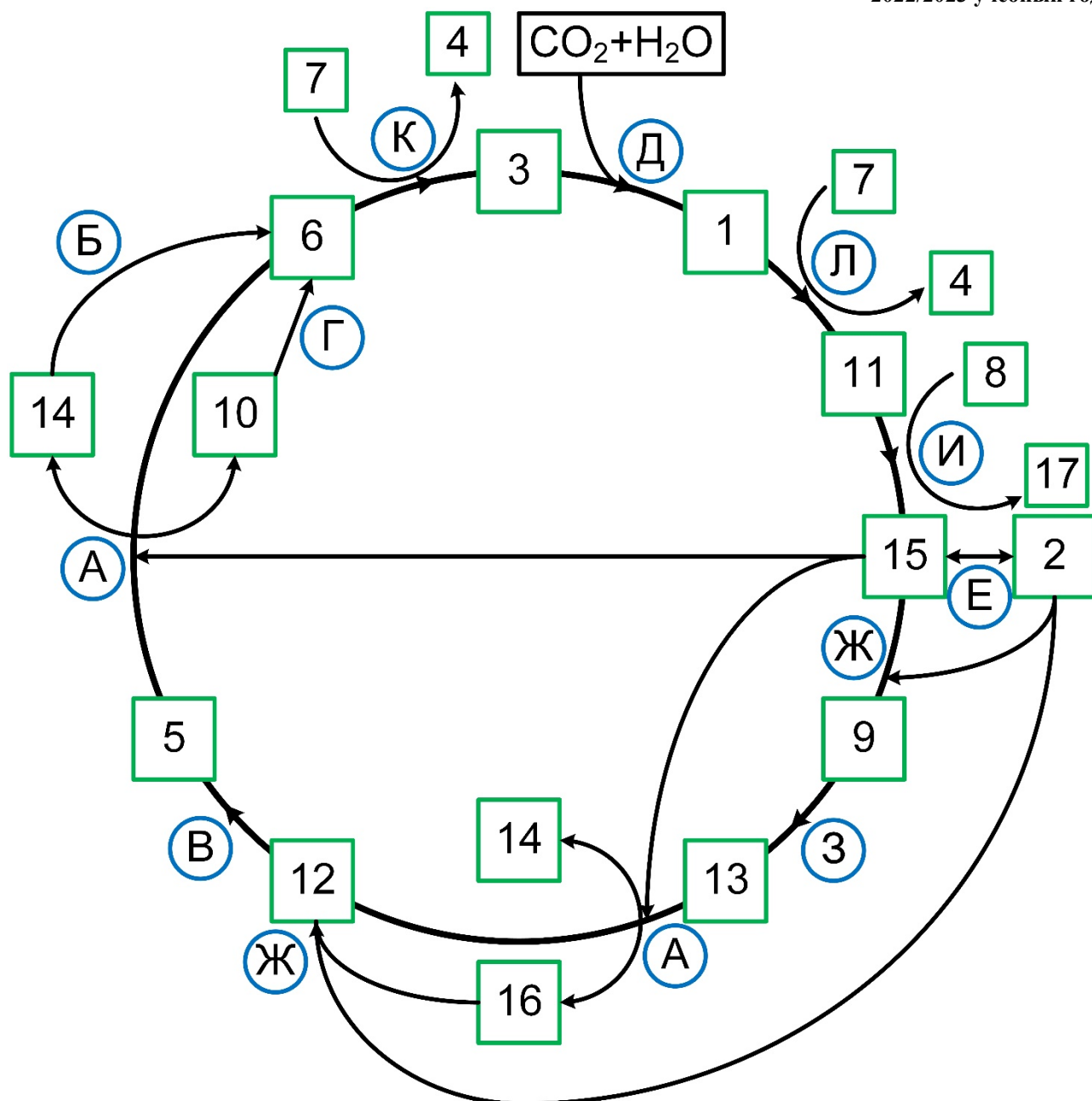


Рисунок 1 – Схема цикла Кальвина (13,25 балла)

*(При заполнении схемы указывать только соответствующую
веществу цифру или букву)*

Реакции цикла Кальвина, представленные на схеме, можно разделить на три стадии (фазы), а именно (0,75 балла: по 0,25 балла за стадию):

1. Карбоксилирование

2. Восстановление

3. Регенерации рибулозо-1,5-бисфосфата

Растения обитают в различных климатических условиях и научились максимально эффективно подстраивать свой метаболизм фиксации углерода. Основным способом фиксации CO_2 растениями является C_3 -цикл (цикл Кальвина), который получил своё название благодаря образованию трехуглеродного соединения – 3-фосфоглицерата (ФГК) (0,1 балл). C_4 -фотосинтез, или цикл Хэтча-Слэка, – характерный для высших растений путь связывания углерода, первым продуктом которого является четырехуглеродная щавелевоуксусная кислота (ЩУК) (0,1 балл). Одно из основных отличий этого механизма фотосинтеза от C_3 заключается в том, что фиксация углекислого газа и его использование разделены в пространстве (0,1 балл). У C_4 -растений, так же, как и у C_3 -растений, для фиксации одной молекулы CO_2 используются АТФ и НАДФН, но для регенерации акцептора углерода в цикле Хэтча-Слэка, то есть для превращения пирувата в фосфоенолпируват ФЕП (0,1 балл), требуются дополнительно (укажите количество) 2 (две) (0,1 балл) молекулы АТФ. При фотосинтезе типа САМ происходит разделение ассимиляции CO_2 и цикла Кальвина во времени (0,1 балл).

На рисунке 2 изображены самые разнообразные растения с различными типами фотосинтеза. Внимательно изучите предложенные растения и основываясь на знаниях об особенностях их морфологии и физиологии, а также местах произрастания данных растений заполните таблицу 3, соотнеся растения с типом фотосинтеза, который для них характерен. В таблицу вносите только буквы (А, Б, В и т.д.) без указания родовых названий.

Таблица 3 – Пути связывания углекислоты и их представители
(4 балла: по 0,2 за растение)

Тип фотосинтеза	Представители
C_3	Г, Д, М, П, Т, Ф Пшеница, подсолнечник, горох, рябина, дуб, форзиция
C_4	А, Е, Л, Н, О, Р Сахарный тростник, кукуруза, сорго, амарант, лебеда, росичка
САМ	Б, В, Ж, З, И, К, С, У Толстянка, фаленопсис, дендробиум, бромелия, агава, ваниль, ананас, мамиллярия



Рисунок 2 – Растения с различными типами фотосинтеза

ЗАДАНИЕ 2

Решение задач по теме «Фотосинтез» (10 баллов)

2.1 Сколько углекислого газа (г) было поглощено растениями в процессе фотосинтеза, если известно, что ими было синтезировано 1,98 кг глюкозы? (2,25 балла)

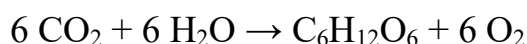
Решение:

1. Находим количество (моль) синтезированной глюкозы.

$$M(C_6H_{12}O_6) = 12 \times 6 + 1 \times 12 + 16 \times 6 = 180 \text{ г/моль}$$

$$n(C_6H_{12}O_6) = m : M = 1980 \text{ г} : 180 \text{ г/моль} = 11 \text{ моль}$$

2. Общее уравнение фотосинтеза:



Для синтеза 1 моль глюкозы необходимо 6 моль CO_2 .

Значит, для образования 11 моль глюкозы нужно $11 \times 6 = 66$ моль CO_2 .

3. Определяем массу поглощенного CO_2 :

$$M(CO_2) = 12 + 16 \times 2 = 44 \text{ г/моль}$$

$$m(CO_2) = n \times M = 66 \text{ моль} \times 44 \text{ г/моль} = 2904 \text{ г}$$

Ответ: растения поглотили 2904 г углекислого газа.

2.2 За 40 минут побег с площадью листовой поверхности 200 см^2 поглощает 32 мг CO_2 . Определите интенсивность фотосинтеза (массу CO_2 , которая поглощается 1 м^2 листовой поверхности за 1 час). (2,25 балла)

Решение:

1. Определяем массу CO_2 , поглощённую листовой поверхностью за 1 минуту.

За 40 минут поглощается 32 мг CO_2 .

За 1 минуту – x мг CO_2

$$x = 32 : 40 = 0,8 \text{ (мг } CO_2)$$

2. Определяем массу CO_2 , поглощённую 1 м^2 листовой поверхности за 1 минуту:

$$200 \text{ см}^2 = 0,02 \text{ м}^2$$

$0,02 \text{ м}^2$ листовой поверхности поглощает 0,8 мг CO_2

1 м^2 – x мг CO_2 ;

$$x = 0,8 : 0,02 = 40 \text{ (мг } CO_2 \text{ за 1 минуту)}$$

3. Определяем массу CO_2 поглощённого 1 м^2 за 40 минут $x 60 \text{ мин} = 2400 \text{ мг } CO_2$

Ответ: Интенсивность фотосинтеза составляет 2400 мг CO_2 за 1 час.

2.3 Известно, что воздух состоит из смеси газов. На часть CO_2 приходится 0,3 % воздуха по объёму. Какой объём воздуха необходим для синтеза 480 г глюкозы (при условии полного поглощения углекислого газа растением во время фотосинтеза) если масса 1 л воздуха составляет 1,2 г? (**2,25 балла**)

Решение:

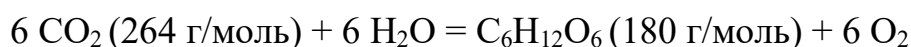
1. Определяем массу CO_2 в 1 л воздуха:

$$1,2 \text{ г} - 100\%$$

$$x \text{ г} - 0,3\%$$

$$x = (1,2 \text{ г} \times 0,3 \%) : 100\% = 0,0036 \text{ г}$$

2. Из суммарного уравнения реакции фотосинтеза определяем массу CO_2 для образования 480 г глюкозы:



$$264 \text{ г CO}_2 \text{ образует } 180 \text{ г C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

$$X \text{ г CO}_2 - 480 \text{ г C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

$$X = (264 \times 480) : 180 = 704 \text{ г CO}_2$$

3. Определяем объём воздуха, в котором содержится 704 г CO_2

$$1 \text{ л воздуха} - 0,0036 \text{ г}$$

$$X \text{ л} - 704 \text{ г}$$

$$X = 704 \times 1 : 0,0036 = 195\,555,55 \text{ л воздуха.}$$

Ответ: необходимо 195 555,55 л воздуха.

2.4 В составе крахмала полученного из клубней картофеля (*Solanum tuberosum*) массовая доля амилозы составила 24%, амилопектина – 76%. Растение образовало 610 г крахмала. Сколько остатков глюкозы вошло в состав амилопектина? В расчётах используйте две цифры после запятой, без округления. N_A (число Авогадро) = $6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹. (**3,25 балла**)

Решение:

Состав полисахаридов, образованных остатками глюкозы, выражается формулой $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$, где n – количество мономерных звеньев, т. е. остатков глюкозы.

$$M \text{ остатка глюкозы } (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = 12 \times 6 + 1 \times 10 + 16 \times 5 = 162 \text{ г/моль}$$

$$\text{Рассчитываем массу амилопектина: } 610 \text{ г} \times 0,76 = 463,6 \text{ г}$$

Находим количество остатков глюкозы (моль) в составе амилопектина:

$$n = m : M = 463,6 \text{ г} : 162 \text{ г/моль} = 2,86 \text{ моль}$$

Находим количество остатков глюкозы (штук) в составе амилопектина:

$$N = n \times N_A \text{ (число Авогадро)} = 2,86 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 17,21 \cdot 10^{23} \text{ остатков глюкозы}$$

Ответ: в состав амилопектина вошло $17,21 \cdot 10^{23}$ остатков глюкозы.