Анаболизм
Автотрофное питание
Фотосинтез

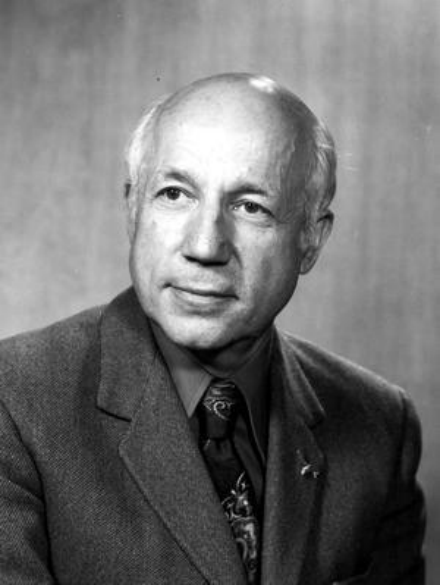
II стадия фотосинтеза - темновая

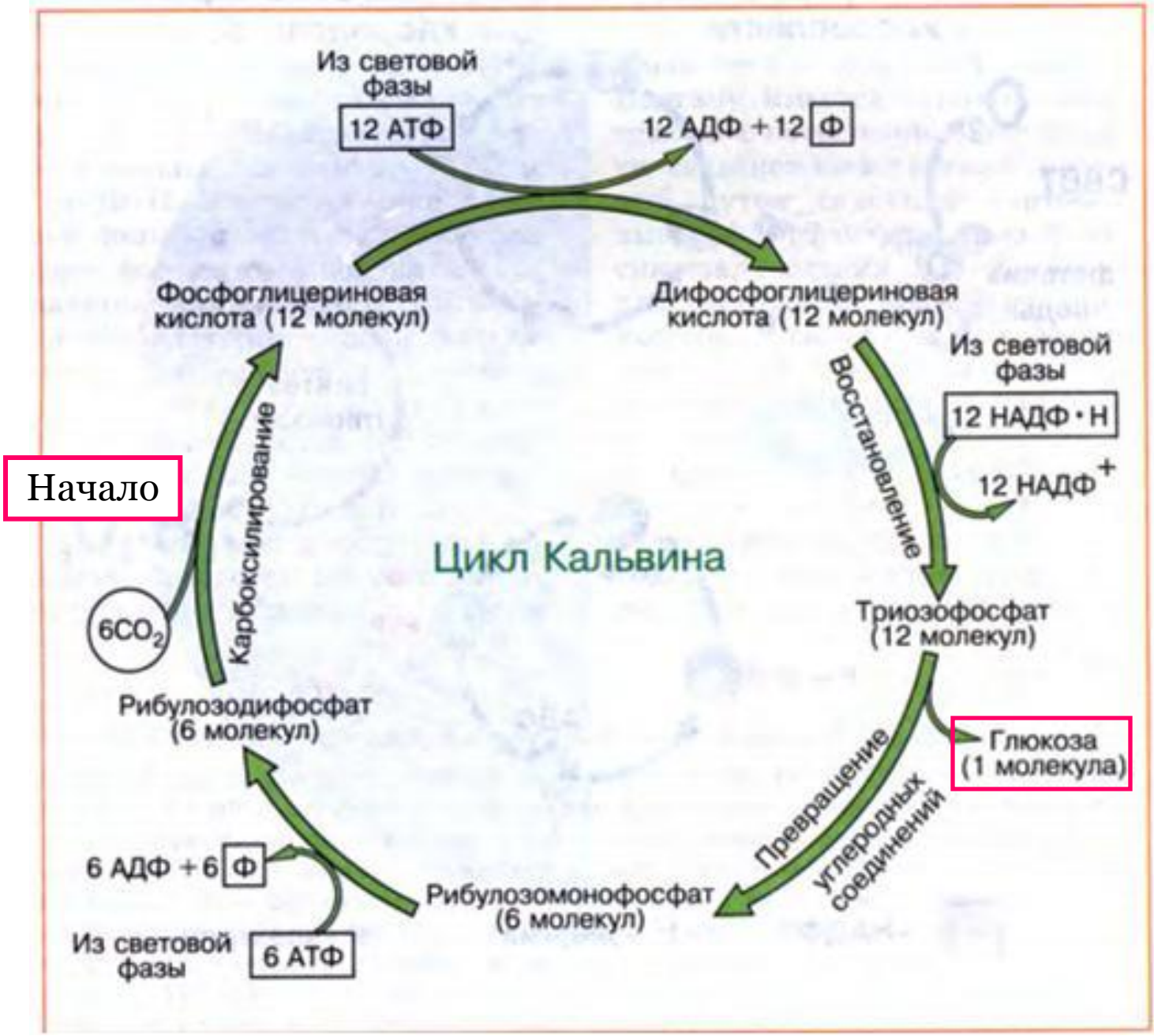
- **1.** Все реакции темновой стадии фотосинтеза не нуждаются в присутствии света.
- **2.** Они идут **в строме** хлоропласта в любое время суток**.**
- **3**. Это собственно синтез углеводов (глюкозы). Для него необходимы энергия АТФ и восстановительная способность НАДФ·2Н, благодаря которым энергия АТФ и НАДФ·2Н преобразуется в энергию химических связей молекулы глюкозы.

II стадия фотосинтеза - темновая

- Первичным соединением, связывающим CO_2 является пятиуглеродный сахар – рибулозо-1,5-дифосфат, в результате чего образуется шестиуглеродное промежуточное короткоживущее соединение, которое вследствие гидролиза распадается на две трехуглеродные молекулы фосфоглицериновой кислоты. В этой реакции для связывания одной молекулы CO_2 затрачивается три молекулы АТФ и две молекулы НАДФ·Н.
- Группа ферментов катализирует ступенчатое образование из двух молекул фосфоглицериновой кислоты одной молекулы шестиуглеродного сахара — фруктозо-6-фосфата, который далее превращается в глюкозу.
- Поскольку глюкоза — шестиуглеродный сахар, то на ее синтез суммарно тратится шесть молекул CO_2. При этом на синтез одной молекулы глюкозы требуется энергия 18 молекул АТФ и 12 молекул НАДФ·2Н.
- Фиксация CO_2 носит циклический характер, так как часть промежуточных углеводов претерпевает процесс конденсации и перестроек до рибулозо-1,5-дифосфата — первичного акцептора CO_2, что обеспечивает непрерывную работу цикла. Впервые этот процесс подробно изучил американский биохимик Мэлвин Кальвин, лауреат Нобелевской премии (1961 г.), в честь которого цикл и получил название ***цикла Кальвина.*** У большинства растений первоначальное превращение углерода идет через трехуглеродные соединения, потому этот путь фиксации CO_2 называется ***C_3-путь фотосинтеза***.

Рис. 184. Схема первичной фиксации CO_2




Из световой фазы
12 АТФ
12 АДФ + 12 Ф
Фосфоглицериновая кислота (12 молекул)
Дифосфоглицериновая кислота (12 молекул)
Из световой фазы
12 НАДФ • Н
12 НАДФ+
Восстановление
Начало
Карбоксилирование
Цикл Кальвина
6CO2
Триозофосфат (12 молекул)
Рибулозодифосфат (6 молекул)
Глюкоза (1 молекула)
Превращение углеродных соединений
6 АДФ + 6 Ф
Рибулозомонофосфат (6 молекул)
Из световой фазы
6 АТФ

Этапы цикла Кальвина

- **1.1.** Карбоксилирование (рибулозодифосфат + CO_2 → фосфоглицериновая кислота);
- **1.2.** Фосфорилирование (фосфоглицериновая кислота → дифосфоглицериновая кислота; 12 АТФ);

- **2.** Восстановление (дифосфоглицериновая кислота → фосфоглицериновый альдегид (триозофосфат) → а) на образование гексозы; б) 3 этап; в) синтез АМК, спиртов, карбоновых кислот и пр.; 12 НАДФ·Н);

- **3.** Превращение углеродных соединений (фосфоглицериновый альдегид (триозофосфат) → рибулозо-1,5-дифосфат; 6 АТФ).

Другие пути восстановления CO_2 до углеводов

- При низких концентрациях CO_2 в атмосфере у растений жарких, засушливых и засоленных мест обитания (кукуруза, сорго, сахарный тростник, просо, амарант, лебеда, баклажан и др.) наблюдается ***C_4-путь*** ассимиляции углерода при фотосинтезе. C_4-растения экономно расходуют CO_2, фотосинтез идет даже при слабо открытых устьицах. Первичным акцептором CO_2 является фосфоенолпируват.

- ***CAM-путь*** (crassula acid metabolism) осуществляют толстянки, каланхоэ, очитки, молочаи, некоторые кактусы. Фиксация CO_2 происходит ночью при открытых устьицах, он запасается в виде органических кислот. Акцептором CO_2, как и при C_4-пути, является фосфоенолпируват, при этом образуется яблочная кислота, подкисляющая вакуолярный сок.

- **Домашнее задание § 12 до хемосинтеза**