

ФОТОСИНТЕЗ

ЖӘНЕ

ФОТОТРОФТЫ МИКРООРГАНИЗМДЕР



Фотосинтез (грекше, жарық+синтез) – фотосинтетикалық пигменттердің (өсімдіктерде хлорофил, прокариоттарда бактериохлорофилл мен бактериородопсин) қатысуымен жарық жағдайында көмірқышқыл газы мен судан органикалық заттардың түзілу процесі.

Фотофосфорлану – фотосинтез нәтижесінде жарық энергиясы арқылы АДФ пен бейорганикалық фосфаттан АТФ молекуласының түзілуі.

Жарықты энергия көзі ретінде пайдаланатын микроорганизмдер екі топқа бөлінеді:

Пурпурлы және жасыл бактериялар *Rhodospirillales* қатарына жатады. Олар донор ретінде судың сутегіні емес, басқа қосылыстарды (H_2S , H_2 немесе органикалық қосылыстар) пайдаланады. Сондықтан да фотосинтез бұл бактерияларда O_2 түзілуісіз жүреді және **аноксигенді** деп аталады. Бактерияларда бактериохлорофиллдер мен каротиноидтардың болуына байланысты түстері қызыл, сарғыш немесе жасыл болады.

Цианобактериялар донор ретінде судың сутегісін пайдаланады, ортаға оттегіні бөліп шығарғандықтан оксигенді фотосинтез тән. Бұл бактериялардың пигментті жүйесінде **а хлорофилі, каротиноидтар** мен **фикобилиндер** болады.

Бұл процесс фототрофты организмдердің клеткасында жарық энергиясының биохимиялық **энергияға (АТР)** және **тотықсызданған $NAD(P)H_2$** түзілуі мен соған қатысты **клетка компоненттерінің** синтезімен аяқталады.

Әртүрлі организмдерде фотосинтез жүйесінің ерекшеліктері

Қасиеттері	Эукариоттар	Цианобактериялар	Жасыл, пурпурлы бактериялар және гелиобактериялар
Фотосинтетикалық пигмент	Хлорофил а	Хлорофил а	Бактериохлорофил
Фотожүйе II	Бар	Бар	Жоқ
Фотосинтетикалық электрон доноры	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ S, H ₂ , S, органикалық заттар
O ₂ қатысы	Оксигенді	Оксигенді	Аноксигенді
Энергия түзу формасы	АТФ+НАДФН	АТФ+НАДФН	АТФ
Көміртегі көзі	CO ₂	CO ₂	Органикалық заттар және/немесе CO ₂

Оксигенді фотосинтез

Фотосинтез процесі цианобактериялардың клеткалары мен өсімдіктер, балдырлардың хлоропластарында болатын тұйық мембраналық көпіршіктер - **тилакоидтарда** жүреді.

Тилакоидтардың мембранасында **пигментті молекулалар (a, b хлорофилдер мен каротиноидтар), электрон тасмалдаушылар мен ферменттер** болады. Сонымен қатар жарықты жұту мен тарату қызметін атқаратын қосымша пигменттер – фикобилипротеиндермен бірге **антенна жүйесін** құрайды. **a** хлорофилінің аз бөлігінде ғана фотохимиялық реакциялық орталығы, яғни фотохимиялық тотығу-тотықсыздану реакциялары жүреді.

Ал қалған пигменттер немесе жарық жинаушы пигменттер жарықты ұстап қалады да хлорофилдің реакция орталығына береді. Реакция орталығы біріншілік электрон доноры мен біріншілік электрон акцепторынан тұрады. Бұлар тотығу-тотықсыздану жүйесін құрайды.

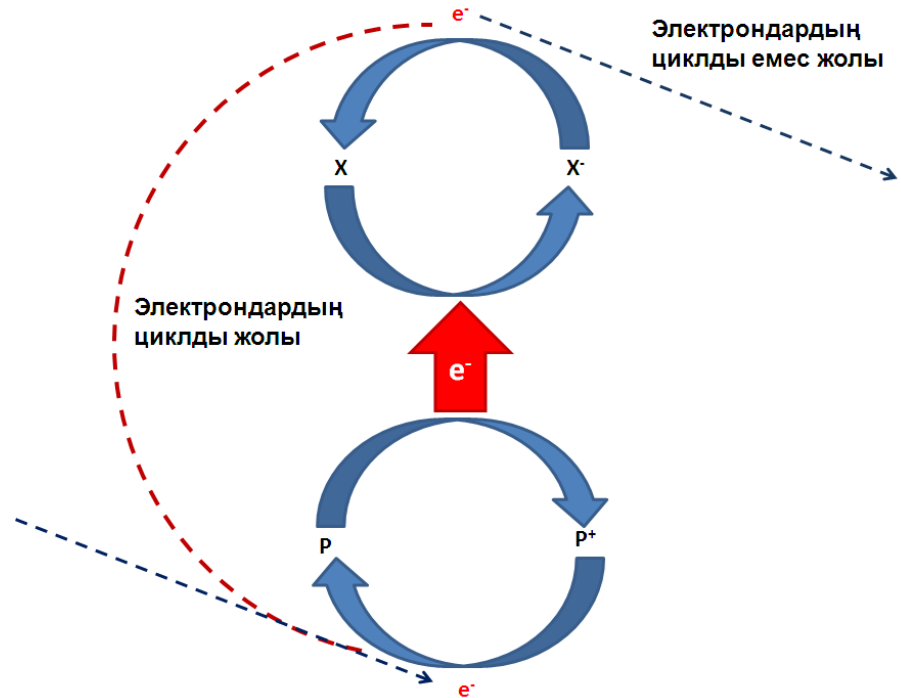
Жарық энергиясы әсерінен электрон тасымалы іске асып отырады:

Тотықсызданған донор + тотыққан акцептор → тотыққан донор + тотықсызданған акцептор

Оксигенді



Аноксигенді

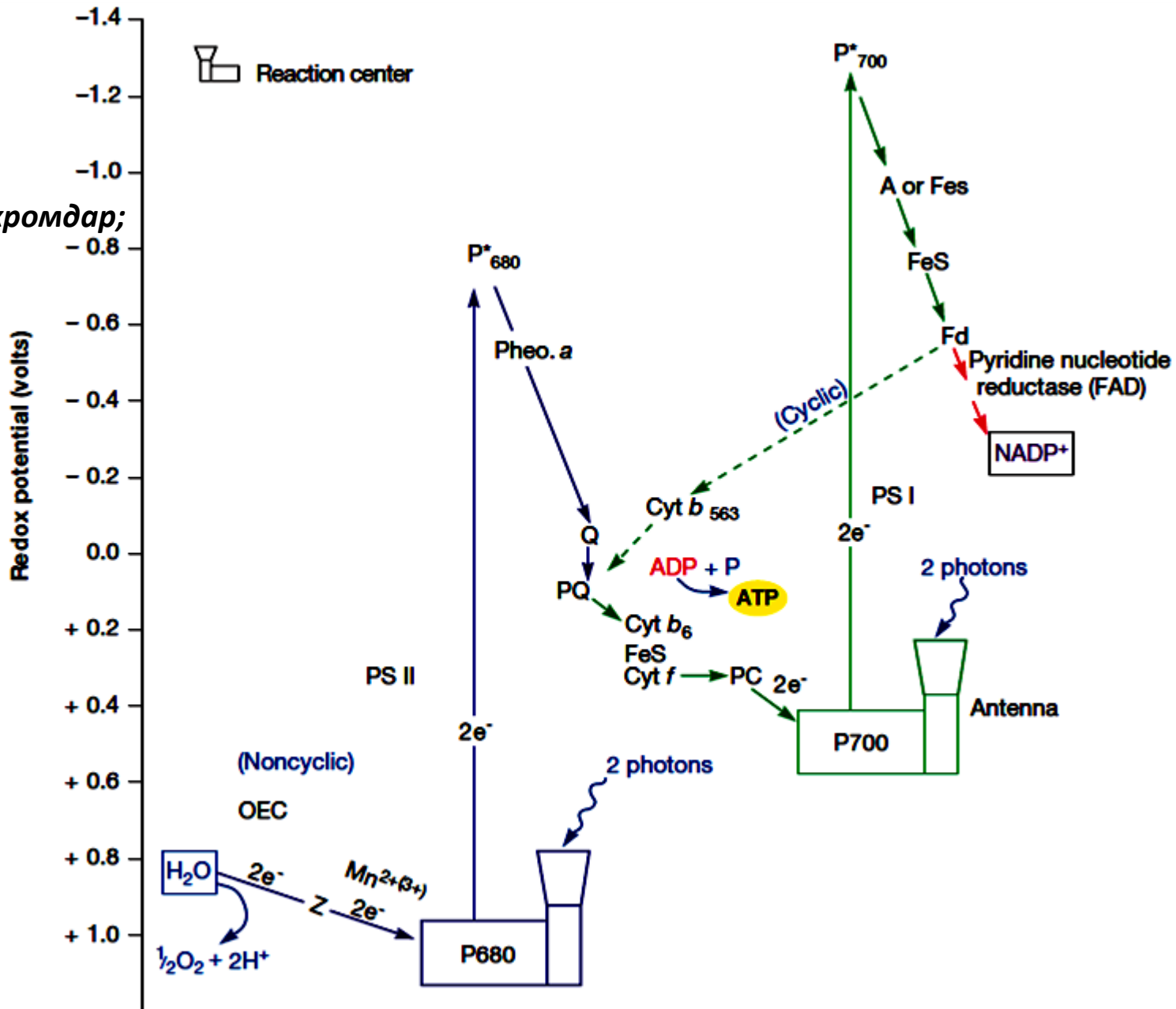


Фотореакция нәтижесінде донор бір электронды жоғалтқандықтан электронды дефект пайда болады, оның орнын толықтыру үшін **электрон тасымалының циклдық** немесе **циклдық емес** жолы арқылы келетін электрондар толықтырады.

Электрондардың циклды тасымалы мембрана зарядының өзгеруіне, циклды емес жолы NAD P тотықсыздануына алып келеді.

Екі пигментті жүйедегі екі фотореакция

- P 700** – Хл а;
- Fd** – ферродоксин;
- FeS** – протеиндер;
- Cyt b₆, b₅₆₃, f** - цитохромдар;
- PQ** - пластохинон;
- PC** - пластоцианин;
- Pheo. a** - феофитин;



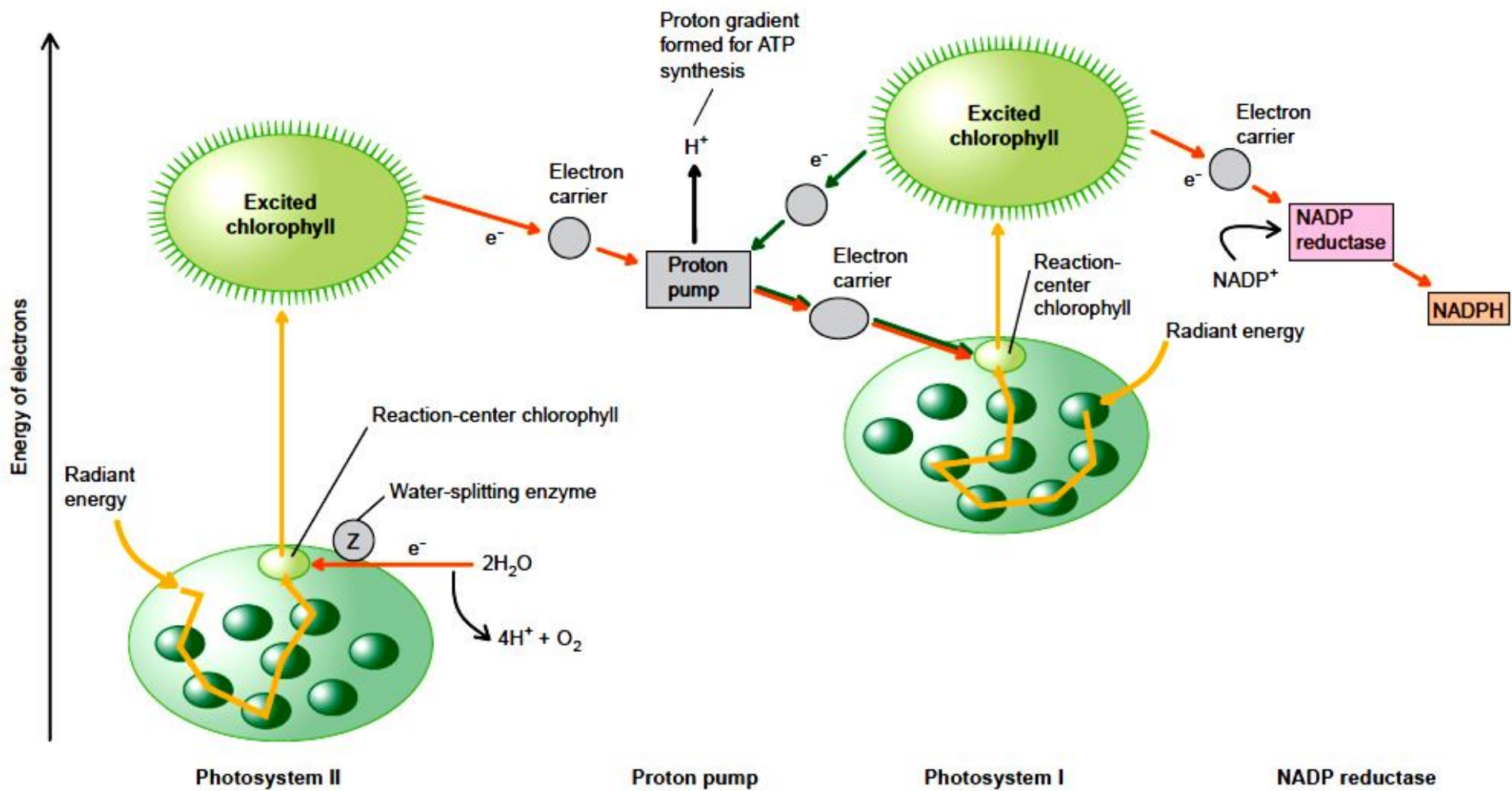
Оксигенді фотосинтез барысында екі пигментті жүйе жұмыс жасайды. Ұзын толқынды жарықта ($\lambda < 730$ нм) қозатын жүйе фотожүйе I, ал қысқа толқында ($\lambda < 700$ нм) фотожүйе II деп аталады. I фотожүйенің активті реакциялы орталығында Хл a_1 (P 700) электронның біріншілік доноры қызметін атқарады. Ал электрон донорын FeS белок («Х») атқарады. Ол өз кезегінде электрондарды ферродоксинге өткізеді, тотықсызданған ферродоксиннен тотықсызданған күш NADPқа беріледі.

Сонымен қатар электрондардың циклды тасымалы жолы бар, мұнда электрондар «Х» тан пластихионға, цитохромға және пластоцианинге, сосын кері реакция орталығындағы a_1 хлорофилге өтеді.

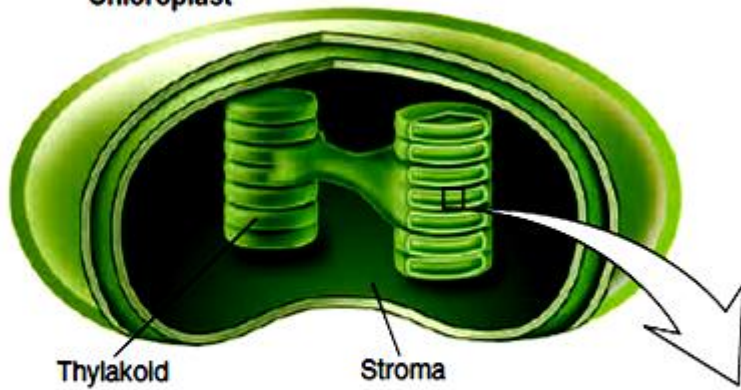
II фотожүйесі екінші реакцияда электрондардың біріншілік доноры болып табылатын Хл a_{II} (P 680)-дан тұрады. Энергия алғаннан соң бұл хлорофил қозған күйге көшеді. Босап шыққан электрон пластохионға барады да семихионға дейін тотықсызданады. II фотожүйе электронының донорын су атқарады.

Екі пигментті жүйе бір-бірімен электрон-транспортты тізбек арқылы байланысқан және ол пластохион арқылы іске асырылады.

Олай болса, фотореакция NADP тотықсыздануы мен мембранада зарядтардың түзуіне негіз болады. Жарық реакциясы тилакоидтың ішінде оң зарядтың түзуін қамтамасыз ете отырып, «протонды насос» қызметін атқарады, нәтижесінде мембрана энергияны протонды потенциал формасында жинақтайды, ол өз кезегінде ATP синтезіне жұмсалады.



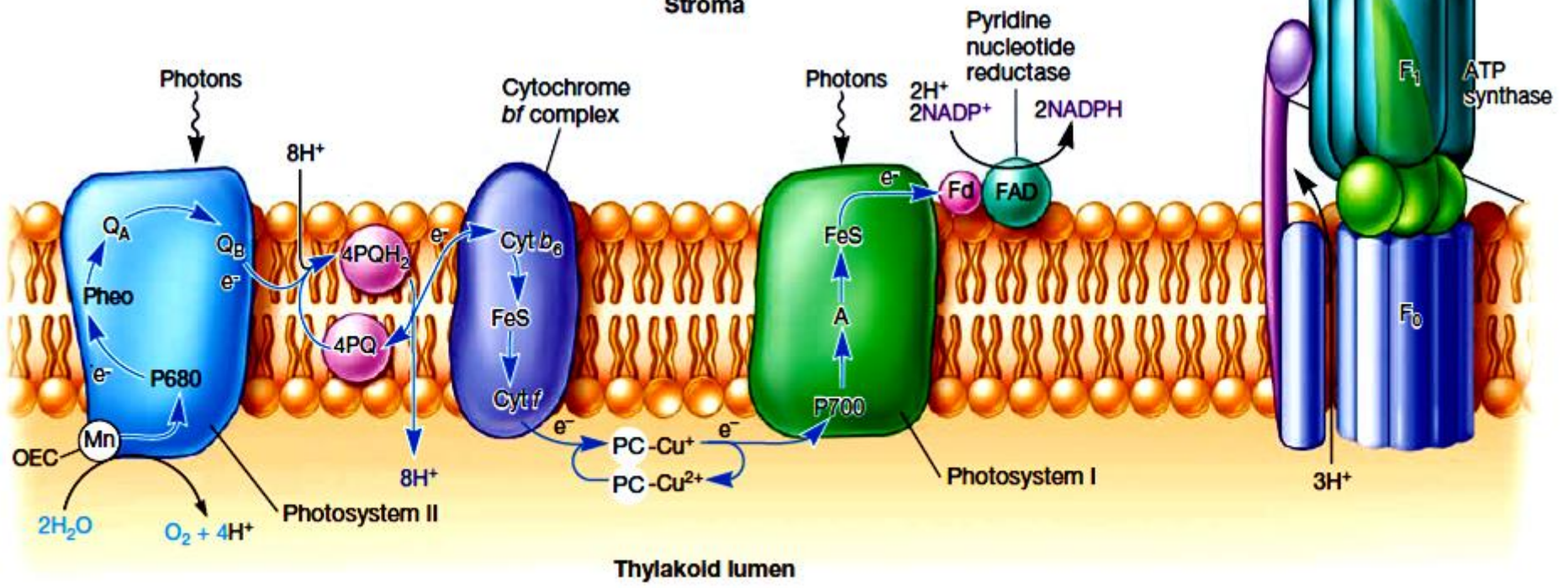
Chloroplast



Thylakoid

Stroma

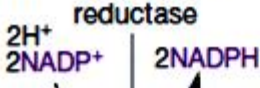
Stroma



Photosystem II

Cytochrome *bf* complex

Photons



Pyridine nucleotide reductase

Fd FAD

Photosystem I



ATP Synthase

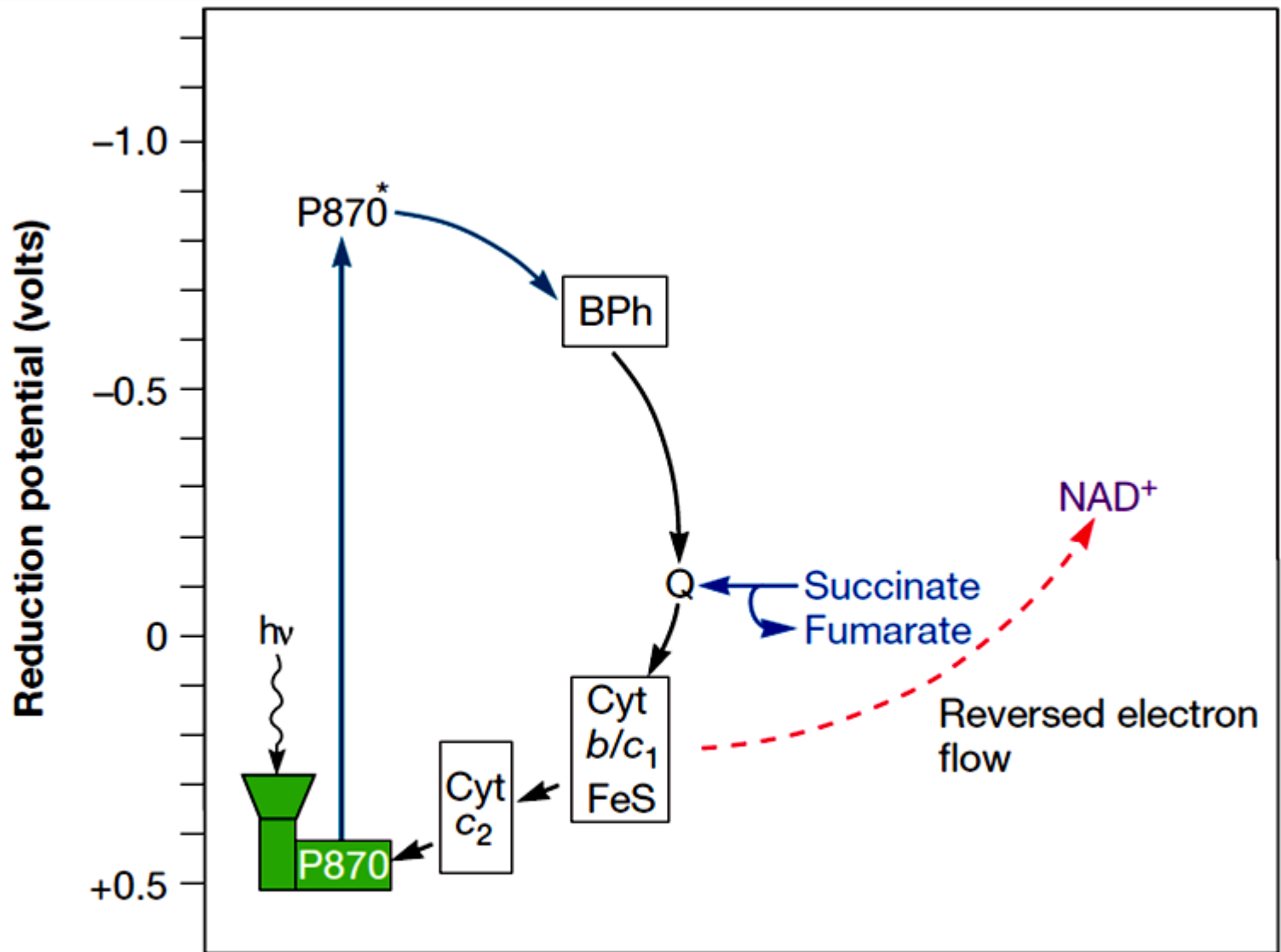
Thylakoid lumen


Аноксигенді фотосинтез

Аноксигенді фотосинтезге тек бір ғана жарық реакциясы қатысады. NAD тотықсыздандыру үшін босап шығатын электрондар су ыдырауының өнімі болып табылмайды. Фотосинтез ортадағы тотықсызданған субстраттарға тәуелді және процес соңында O_2 бөлініп шықпайды. Электрондардың циклды емес тасымалы мұнда болмайды.

Пурпурлы бактериялардың фотореакциясы

Пурпурлы бактериялардың пигменттері мен электрон тасымалдау тізбегінің компоненттері мембранада орналасқан. Антенна пигменттері (бактериохлорофилдер мен каротиноидтар) арқылы жұтылған энергия реакциялы орталыққа беріледі. Реакциялы орталық протеинді комплекстен (Бхл а, бактериофеофитин, каротиноид, убихинон, FeS белок) тұрады. Электрондардың біріншілік акцепторы FeS белок, электрондар убихинон, b және c_2 цитохромдар арқылы $p870^*$ қайтып келеді. Циклды транспорттан босап шыққан электрондар NAD тотықсыздандырады. Циклды электрондармен толықтыру үшін пурпурлы бактерияларға сыртқы ортадан электрон доноры қажет, мұл мақсатта күкіртті сутек, күкірт немесе тиосульфат, органикалық қосылыстар (малат, сукцинат) мен сутегі пайдаланылады.



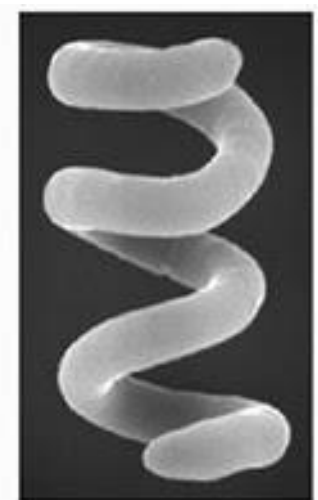
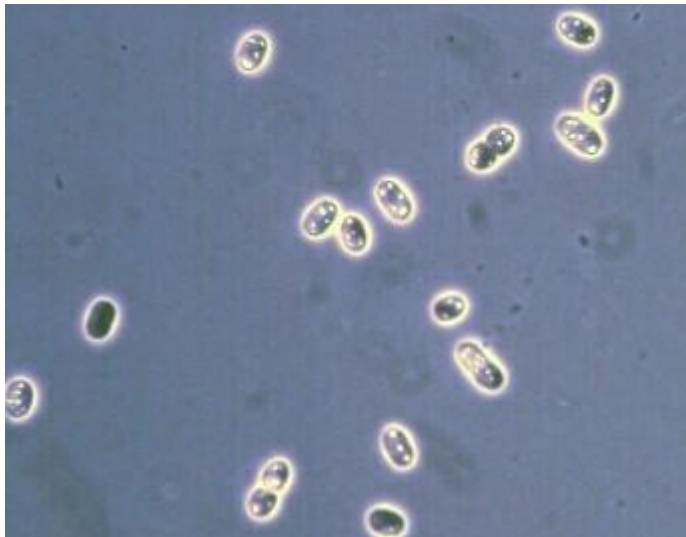
 Reaction center

Пурпурлы бактериялар (Rhodospirillales)

Бұл топ өкілдерінің фотосинтетикалық аппараты (жарық жинаушы жүйе мен реакциялық орталық) ішкі мембранада (тилакоидта) орналасады. Барлық бактерияларда а бактериохлорофилы болады, CO_2 фиксациялады, сутегі доноры және көміртегі көзі ретінде органикалық қосылыстарды пайдаланады.

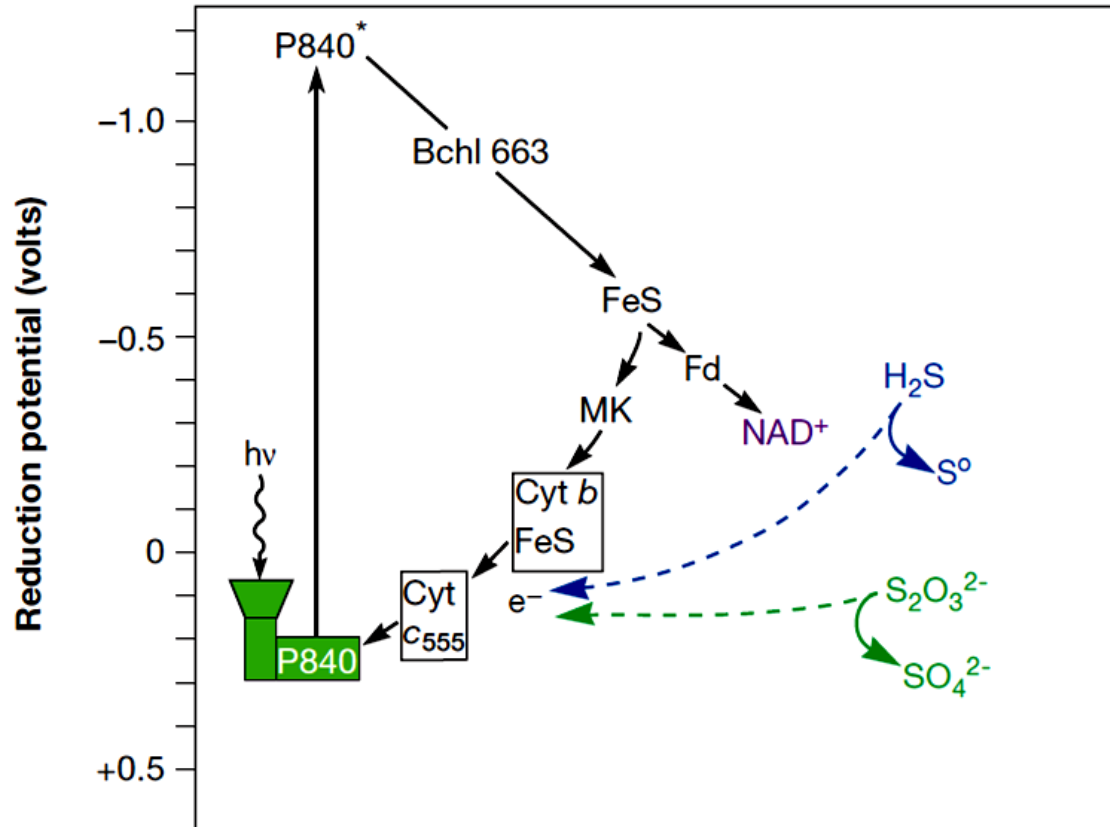
Электрон доноры ретінде элементарлы күкіртті пайдалану қабілеттілігіне қарай пурпурлы бактериялар 2 тұқымдасқа жіктеледі:

Пурпурлы күкіртті бактериялар (Chromatiaceae) және пурпурлы күкіртті емес бактериялар (Rhodospirillaceae).



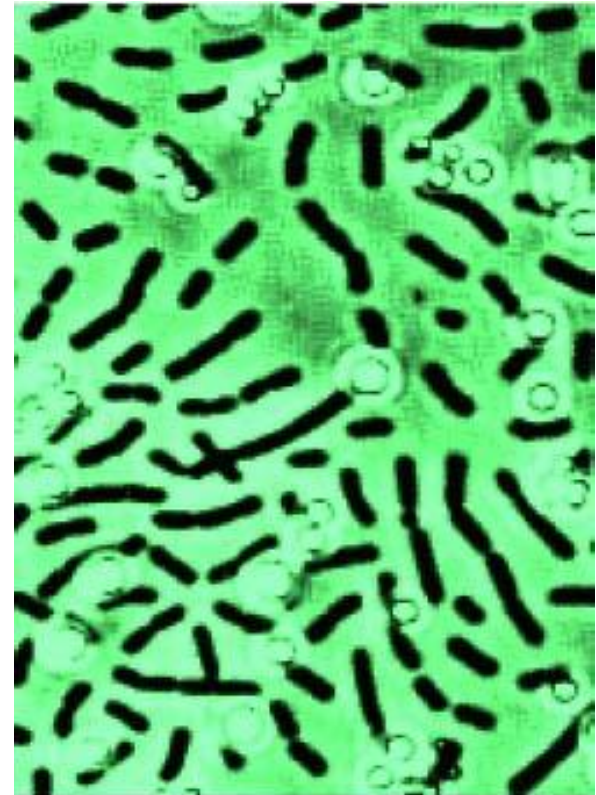
Жасыл бактериялардағы фотореакция

Ферредоксин мен пиридиннуклеотидті тотықсыздандыру үшін біріншілік акцептор тікелей пайдалынылады. Яғни, тотықсыздандырғыш күш электрондардың қайтымды тасымалы жолымен емес тікелей түзіледі.



Жасыл бактериялар (Chlorobiales)

Бұл бактерия өкілдерінің клеткасында пигментті органелла – **хлоросома** бар. Оның құрамында с, d, e және аз мөлшерде а бактериохлорофилдері бар. Пурпурлы бактериялардың жасыл бактериялардан айырмашылығы рибулзобифосфат-карбоксилазасы жоқ болғандықтан CO_2 фиксацияланбайды.



Галобактериялардың жарық энергиясын пайдалануы

Halobacterium плазмалық мембранасы ерекше түске боялған (пигмент - бактериородопсин) және ол пурпурлы мембрана деп аталады. Пигменттің арқасында жарық әсерінен мембрананың сыртқы және ішкі аймақтарында трансмембраналық протондар потенциалы түзіледі.

