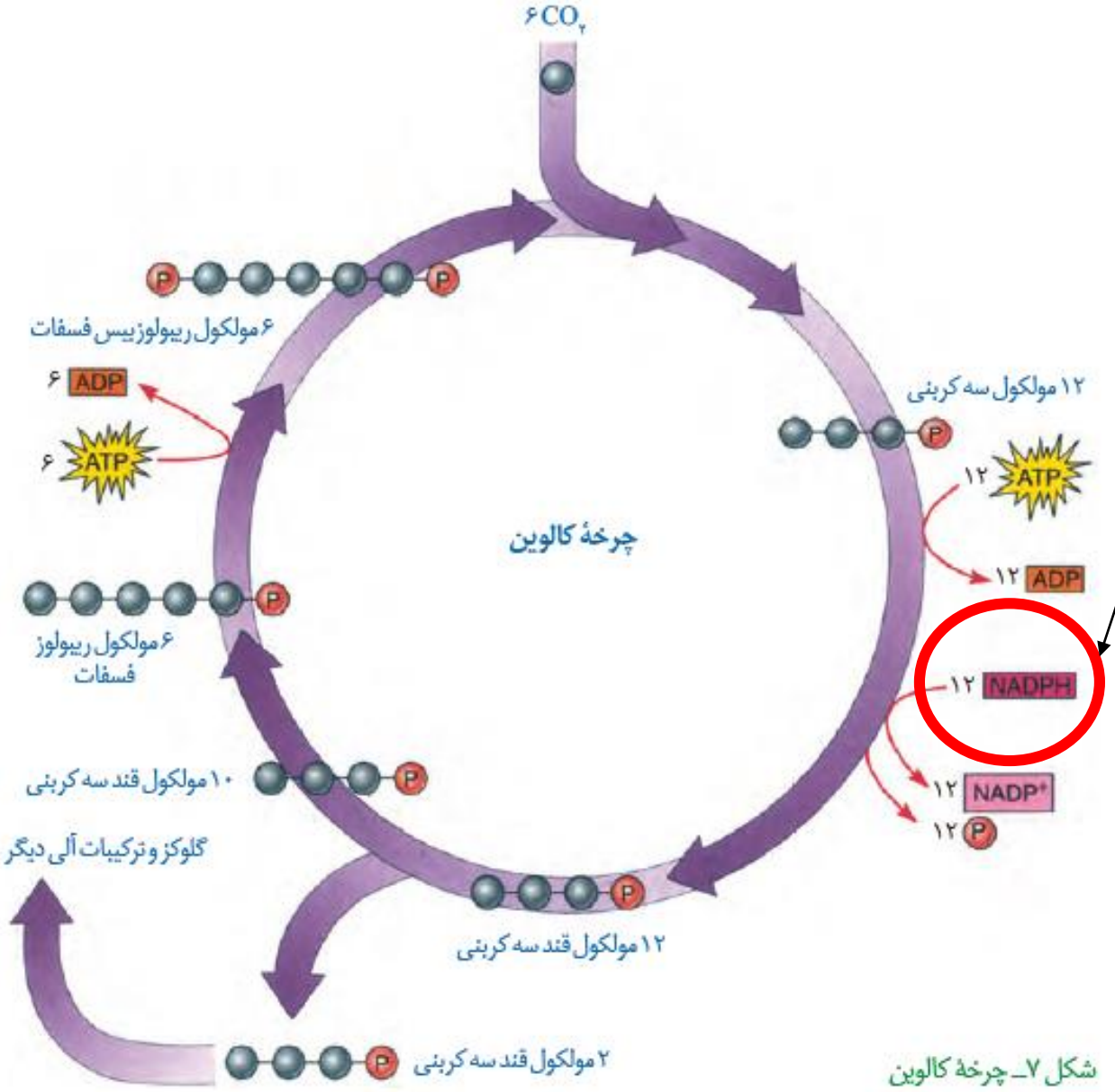
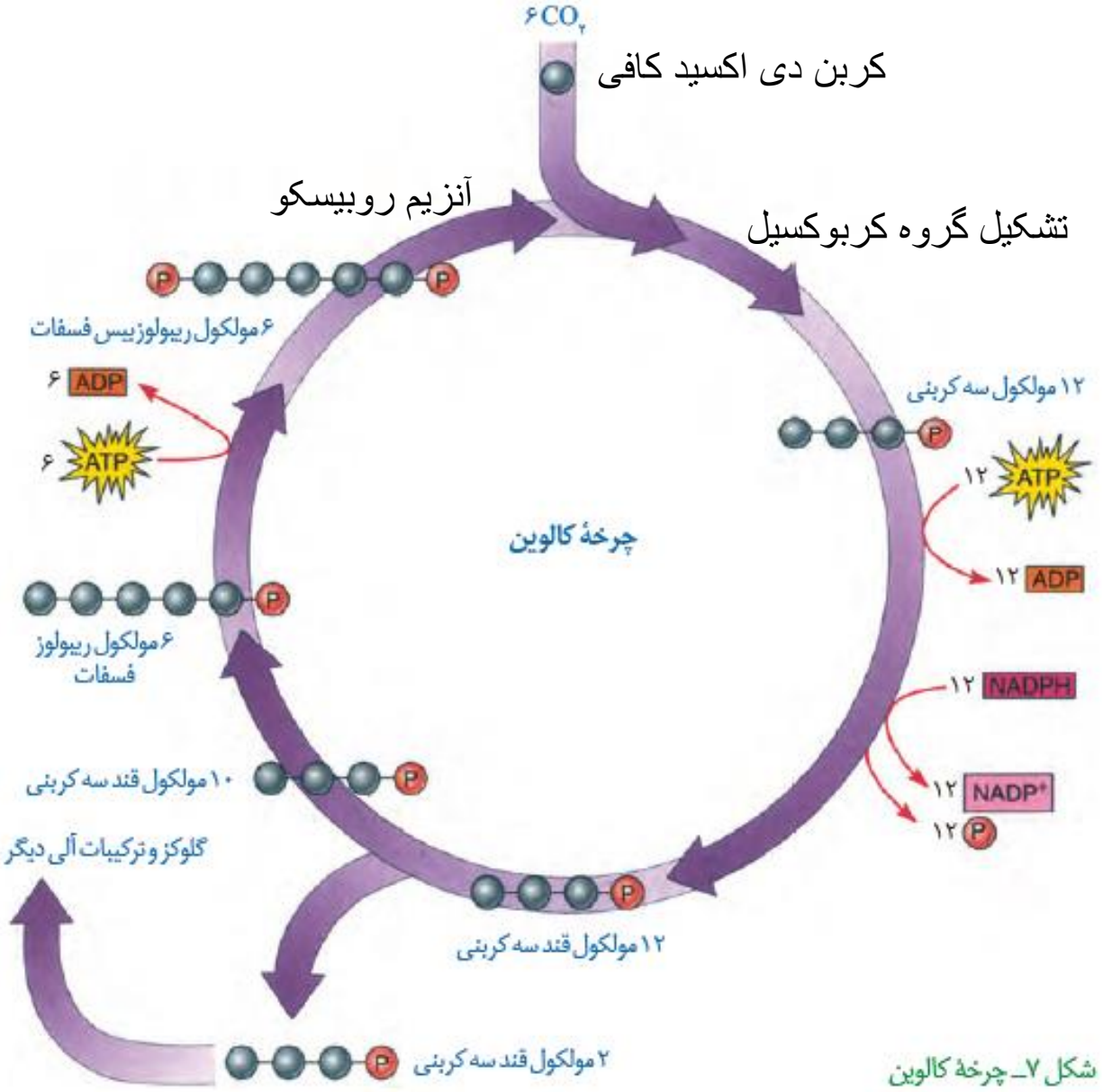
واکنش های فتوسنتزی دو دسته هستند :
واکنش های وابسته به نور
واکنش های مستقل از نور

در واکنش های وابسته به نور ترکیباتی ساخته می شود که در مرحله ی مستقل از نور برای تثبیت کربن موجود در کربن دی اکسید در گلوکز و سایر ترکیبات آلی استفاده می شود .

عدد اکسایش کربن در مولکول کربن دی اکسید 4+ است که بیشترین عدد اکسایش کربن به حساب می آید ولی عدد اکسایش کربن در ترکیبات آلی و مولکول قند کمتر است و این بدان معناست که در این چرخه ؛ الکترون دریافت شده است . حالا چه کسی این الکترون را تامین می کند ؟ NADPH که نوعی حامل الکترون است که در واکنش های وابسته به نور ساخته شده است .



شکل ۷ـ چرخهٔ کالوین



شکل ۷ـ چرخهٔ کالوین

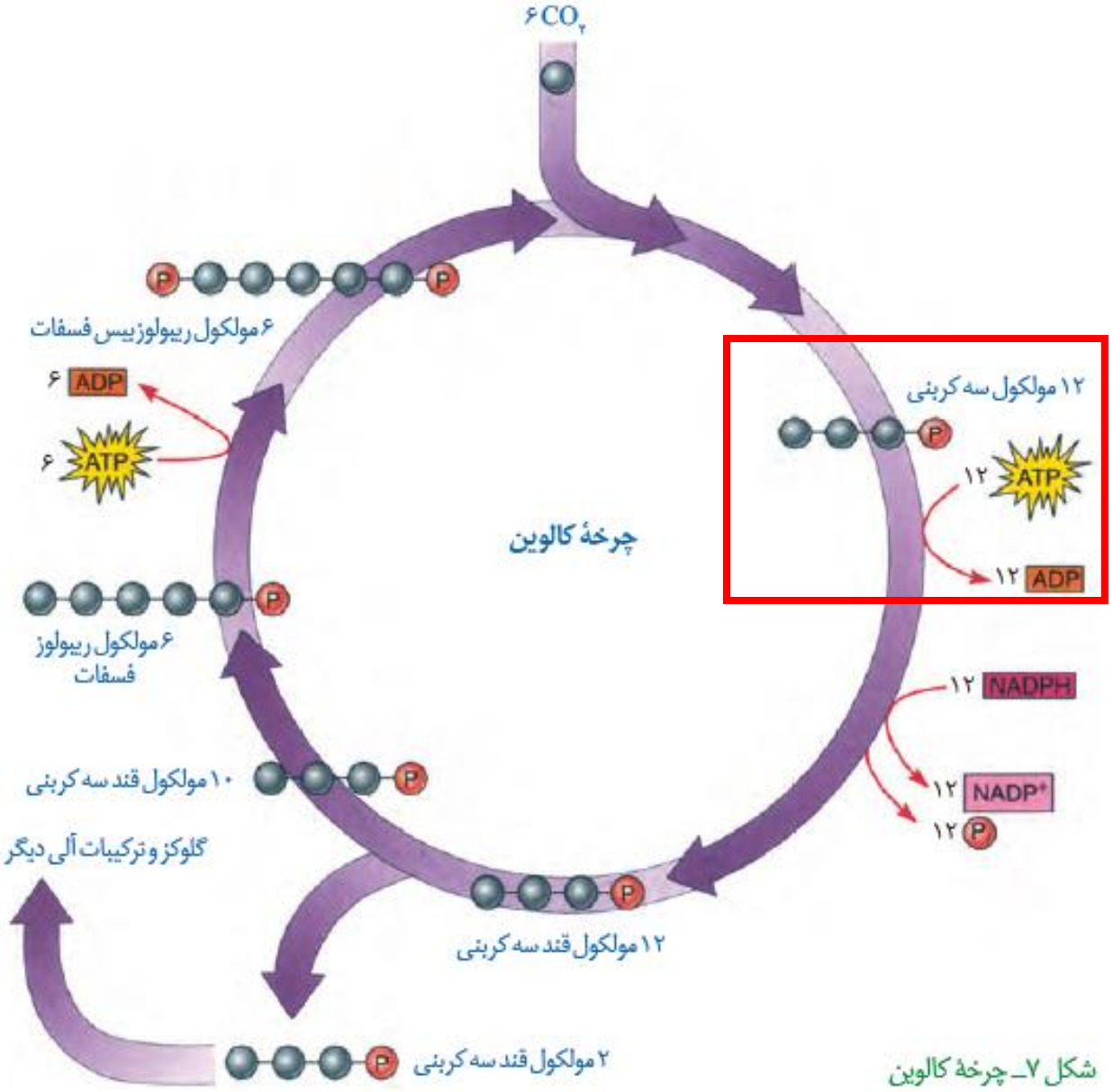
یکی از آنزیم های مهمی که در چرخه ی کالوین بسیار موثر است آنزیم ریبولوزیس فسفات کربوکسیلاز – اکسیژناز است که به اختصار به آن روبیسکو گفته می شود .

همانطور که از نام این آنزیم پیداست ؛ پیش ماده های آن ؛ اکسیژن ، کربن دی اکسید و مولکول ریبولوزیس فسفات می باشد .

اگر آنزیم روبیسکو ؛ مولکول ریبولوزیس فسفات را با اکسیژن ترکیب کند فعالیت اکسیژنازی خود را انجام داده و در صورت وجود کربن دی اکسید کافی ؛ فعالیت کربوکسیلازی خود را انجام می دهد .

بدین معنا که باعث ترکیب شدن ریبولوزیس فسفات با کربن دی اکسید شده و باعث ایجاد گروه کربوکسیل (COOH) می شود و ترکیب اسیدی می شود .

درباره ی فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو در گفتار سوم توضیح داده می شود .

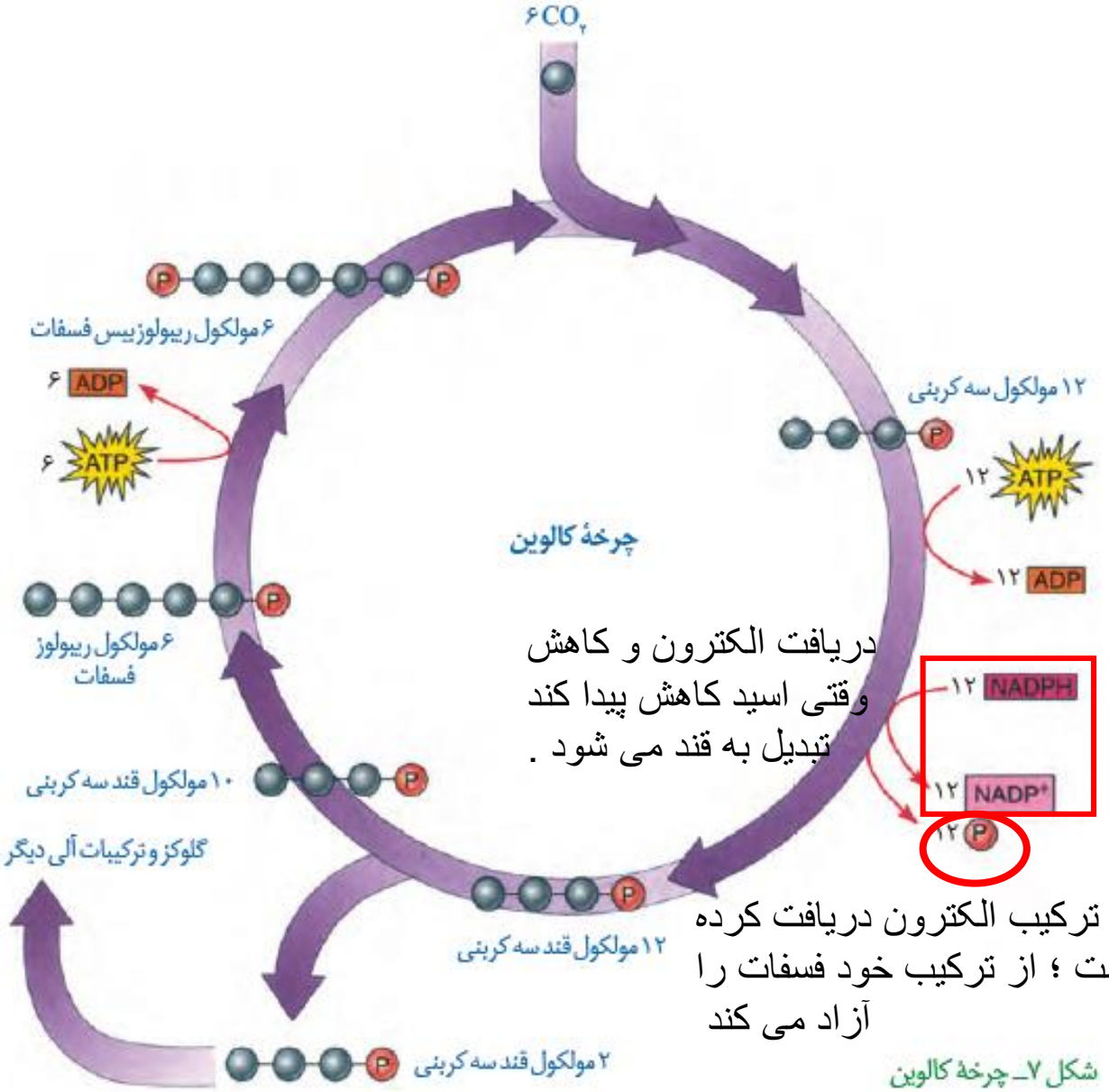


شکل ۷ـ چرخهٔ کالوین

حاصل فعالیت کربوکسیلازی آنزیم روبیسکو ؛ مولکول 6 کربنی 2 فسفاته ناپایداری است که بر اثر فعالیت آنزیم روبیسکو دارای خاصیت اسیدی است و بدون نیاز به آنزیم (چون ناپایداره) تجزیه شده و به دو تا ترکیب اسیدی سه کربنه ی تک فسفاته تبدیل می شود .

(اولین ماده ی پایدار در چرخه ی کلوین همین اسید سه کربنه است چون مولکول 6 کربنه ی اولیه ناپایدار است) اکثر گیاهان تثبیت کربن را تنها در چرخه ی کلوین انجام می دهند و به آن ها گیاهان C3 گفته می شود . در طول تکامل انواع دیگری از تثبیت های کربن شکل گرفته است که در گفتار سوم کتاب درسی بررسی شده است .

همانند مرحله ی اول گلیکولیز این مرحله نیز نیاز به انرژی اولیه برای انجام دارد پس تولید ADP دیده می شود و آب مصرف می شود .



دریافت الکترون و کاهش وقتی اسید کاهش پیدا کند تبدیل به قند می شود .

چون ترکیب الکترون دریافت کرده است ؛ از ترکیب خود فسفات را آزاد می کند

شکل ۷ـ چرخهٔ کالوین

این اسلاید خیلی مهم و مفهومیه لطفا دقت و تمرکز کنید :

ATP فسفات از دست داده است و فسفات آن وارد ترکیب شده است . ولی :

نکته ی اول : وقتی اسید کاهش می یابد و الکترون دریافت می کند تبدیل به قند می شود .

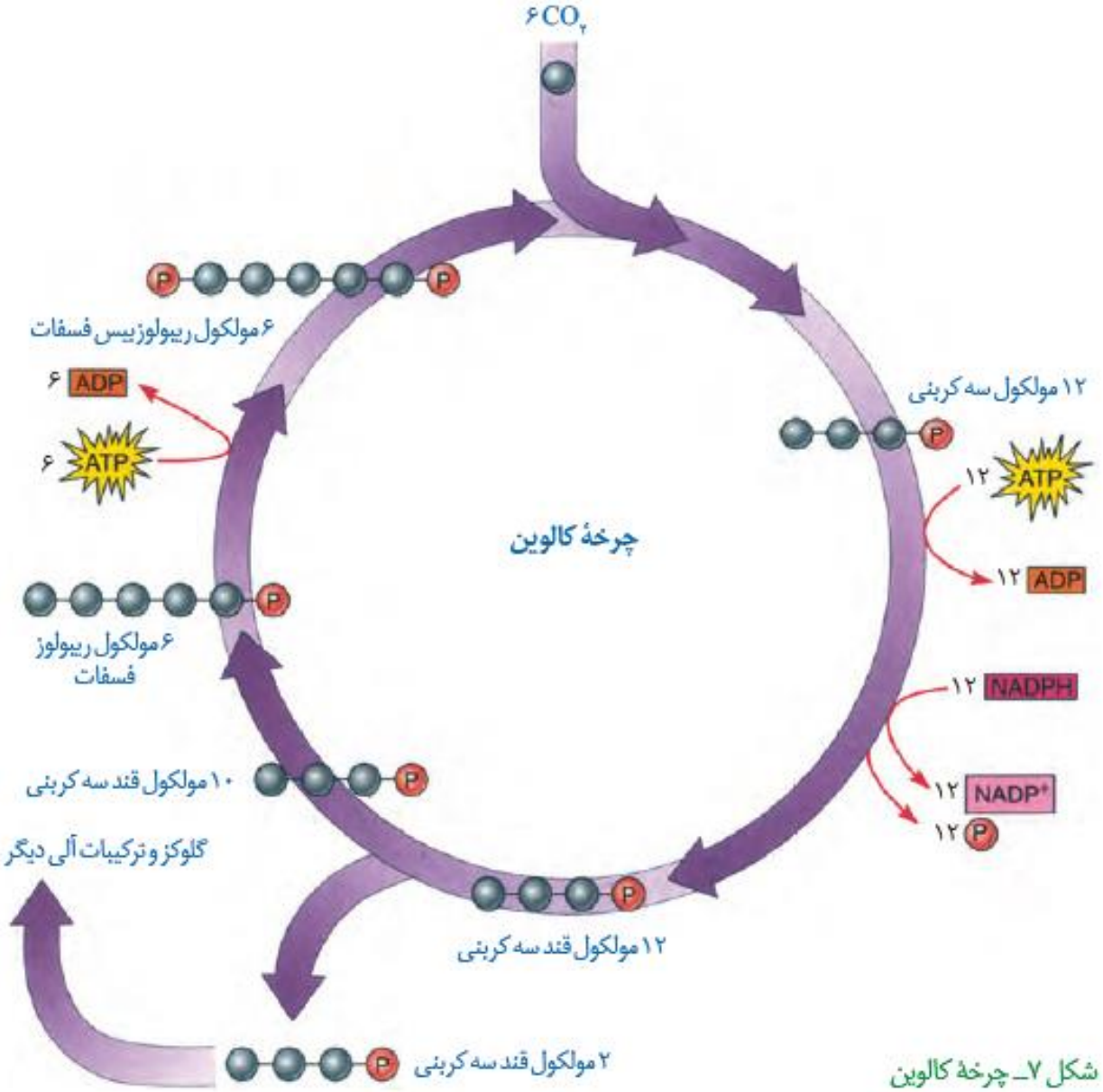
در گلیکولیز عکس این قضیه اتفاق می افتد ؛ قند فسفاته اکسید می شود و الکترون از دست می دهد (الکترون آن به NAD+) می رسد و تبدیل به اسید دو فسفاته می شود .

نکته ی دوم : وقتی ترکیبی الکترون از دست می دهد می تواند با فسفات ترکیب شود و بالعکس

به طور مثال در گلیکولیز وقتی قند فسفاته الکترون از دست می دهد ؛ می تواند با یک فسفات ترکیب شود و تبدیل به اسید دو فسفاته می شود .

در چرخه ی کلوین ؛NADPH الکترون از دست می دهد و ترکیب کاهش می یابد(چون باید عدد اکسایش کربن درون ترکیب کم شود) و وقتی ترکیب الکترون دریافت کرد ؛ فسفاتی که از قبل از ATP دریافت کرده بود آزاد می شود

(می شه گفت که فسفات و الکترون ضد هم هستن)



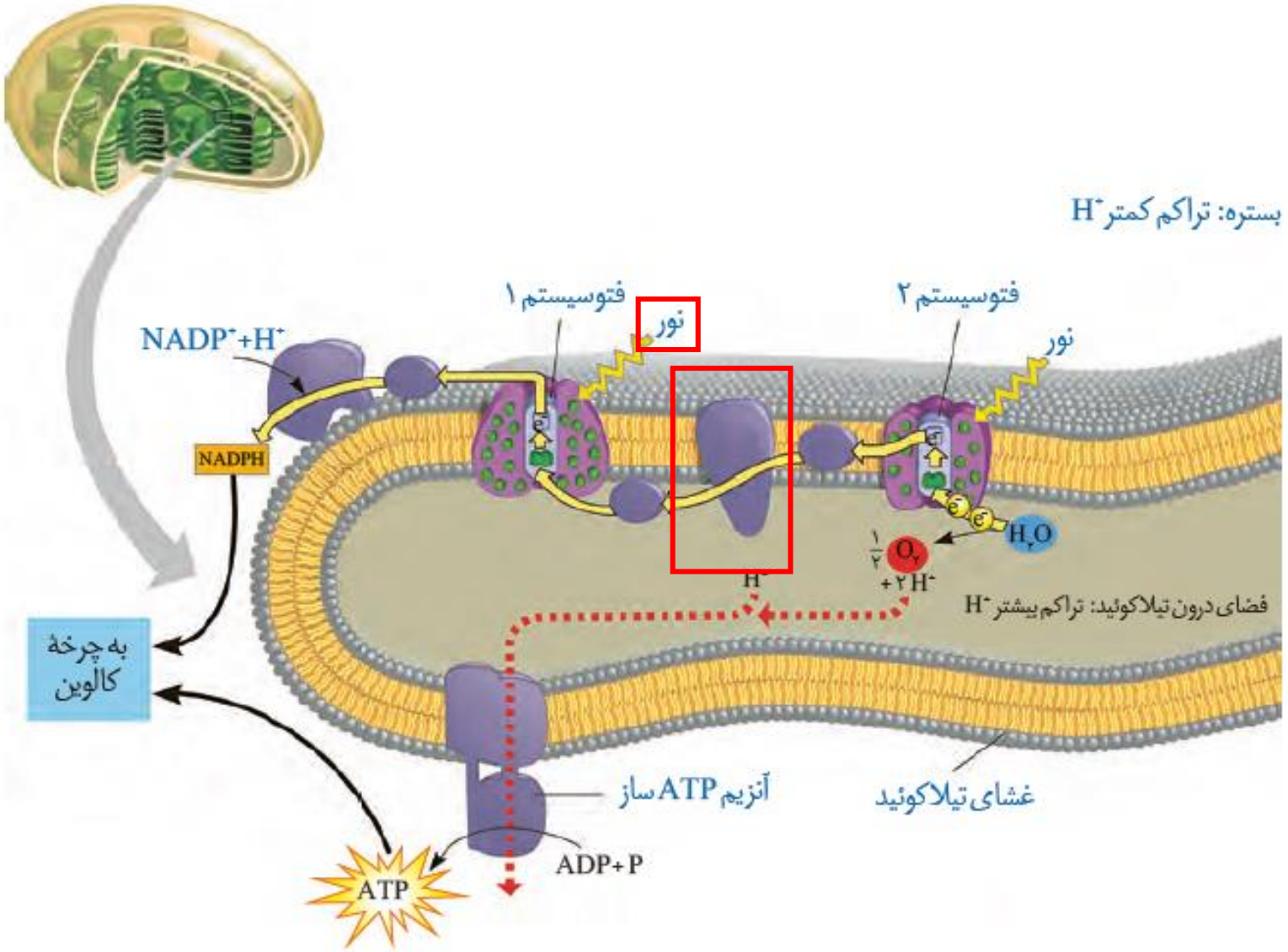
شکل ۷ـ چرخهٔ کالوین

بخشی از قندهای سه کربنی دارای یک فسفات برای ساخت گلوکز و ترکیبات دیگر استفاده می شوند و مابقی برای بازسازی ریبولوزیس فسفات

نکته ی مهم : چه تعدادی قند فسفاته برای بازسازی و چه تعدادی برای ساخت گلوکز استفاده می شوند ؟

هدف چرخه ی کلوین ؛ تثبیت کربن های کربن دی اکسیدها است پی ما درواقع 6 تا کربن داریم که می خواهیم به صوت گلوکز و ترکیبات آلی دیگر تثبیت شوند .
و 30 تا اتم کربن پای ثابت چرخه ی کلوین هستند (6 تا مولکول 5 کربنه ی دو فسفاته) که باید در انتهای چرخه ی کلوین بازسازی شوند .

پس در آخر 2 تا قند 3 کربنه داریم که تثبیت کربن در آن ها انجام شده است (که همان 6 اتم کربن موجود در کربن دی اکسید هستند)
و 10 تا مولکول 3 کربنه هم برای بازسازی ریبولوزیس فسفات استفاده می شوند .



فتوسیستم 1 به دو شکل برانگیخته می شود :

1. به طور مستقیم توسط نور که انرژی آن توسط مولکول های رنگریزه ی آنتن های گیرنده ی نور به مرکز واکنش آن منتقل می شود .
2. الکترون برانگیخته ای که از مرکز واکنش فتوسیتسم 2 خارج شده است بعد از گذر از سه تا ناقل الکترون وارد مرکز واکنش فتوسیستم 1 می شود .

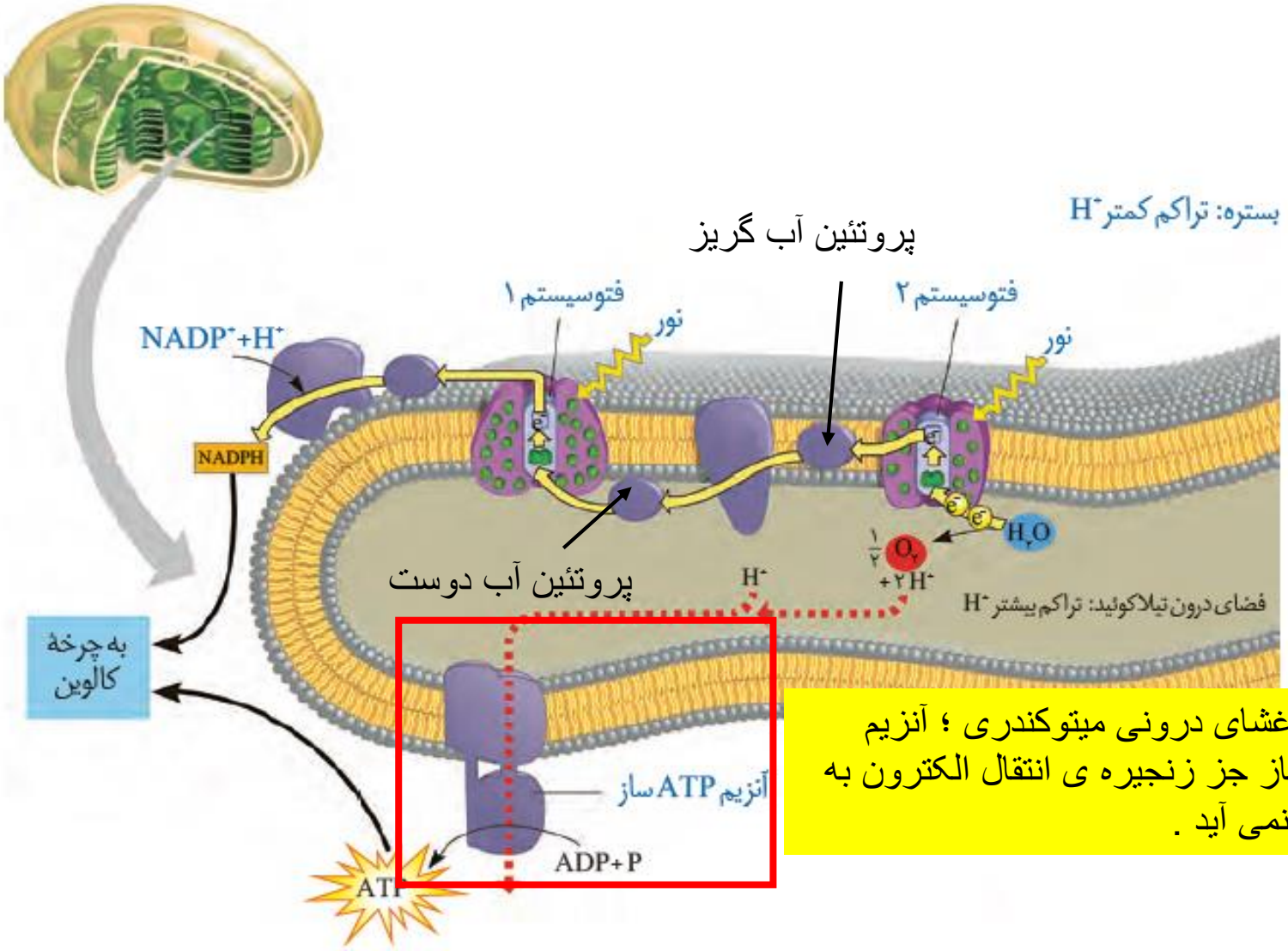
یکی از ناقل های الکترون ؛ پمپ سراسری است که با استفاده از انرژی الکترون برانگیخته ؛ پروتون را با انتقال فعال از بستره وارد فضای درون تیلاکوئید می کند .

دقت کنید که یون ها و مواد باردار نمی توانند با انتشار ساده از غشای سلول و اندامک ها عبور کنند ؛ یا توسط پمپ ها و یا به کمک انتشار تسهیل شده از غشا عبور می کنند .

الکترون های برانگیخته از مرکز واکنش فتوسیستم 1 خارج می شوند و بعد از کاهش دو تا پروتئین آب دوست (چون به قسمت آب دوست فسفولیپید های غشا متصل هستند و در تماس با بستره هستند) به $NADP^+$ منتقل می شود و این حامل الکترونی تولید شده در بستره در چرخه ی کلوین باعث کاهش اسید سه کربنی به قند سه کربنه ی تک فسفاته می شود .

کمبود الکترونی فتوسیستم 1 از طریق الکترون های برانگیخته ی فتوسیستم 2 جبران می شود و تامین الکترون مرکز واکنش فتوسیستم 2 ؛ از طریق تجزیه ی نوری آب صورت می گیرد .

تجزیه ی نوری آب و انتقال فعال پروتون ها باعث تراکم زیاد پروتون در فضای درون تیلاکوئید می شود و از آنجایی که تنها راه عبور پروتون ها از غشا ؛ پروتئین دارای آنزیم ATP ساز است ؛ همانند فرآیند غشای درونی میتوکندری ؛ ATP ساخته می شود . با این تفاوت که برخلاف میتوکندری این نوع تولید ATP ؛ نوری است (و نه اکسایشی)



همانند غشای درونی میتوکندری ؛ آنزیم ATP ساز جز زنجیره ی انتقال الکترون به حساب نمی آید .

تولید آب در بستره (به دلیل ساختATP) و مصرف آب در فضای درون تیلاکوئید به دلیل تجزیه ی نوری رخ می دهد

مقایسه ی میتوکندری و کلروپلاست :

	میتوکندری	کلروپلاست
رنا و دنا و رناتن	فضای بین غشای چین خوره ی داخلی و غشای صاف بیرونی	فضای بین غشای داخلی صاف و غشای تیلاکوئید ها (بستره)
تولید ATP	بخش داخلی غشای داخلی میتوکندری	در بستره توسط پروتئین غشای تیلاکوئید
تولید و یا مصرف آب	تولید آب به دلیل واکنش اکسیژن مولکولی با الکترون و پروتون در سطح داخلی غشای داخلی	مصرف آب به دلیل تجزیه ی نوری آب در درون فضای تیلاکوئید و تولید آب در بستره به دلیل تولید ATP
تراکم بیشتر پروتون	در فضای بین غشای داخلی و خارجی تراکم بیشتر است .	درون فضای تیلاکوئید ، تراکم پروتون بیشتر است .