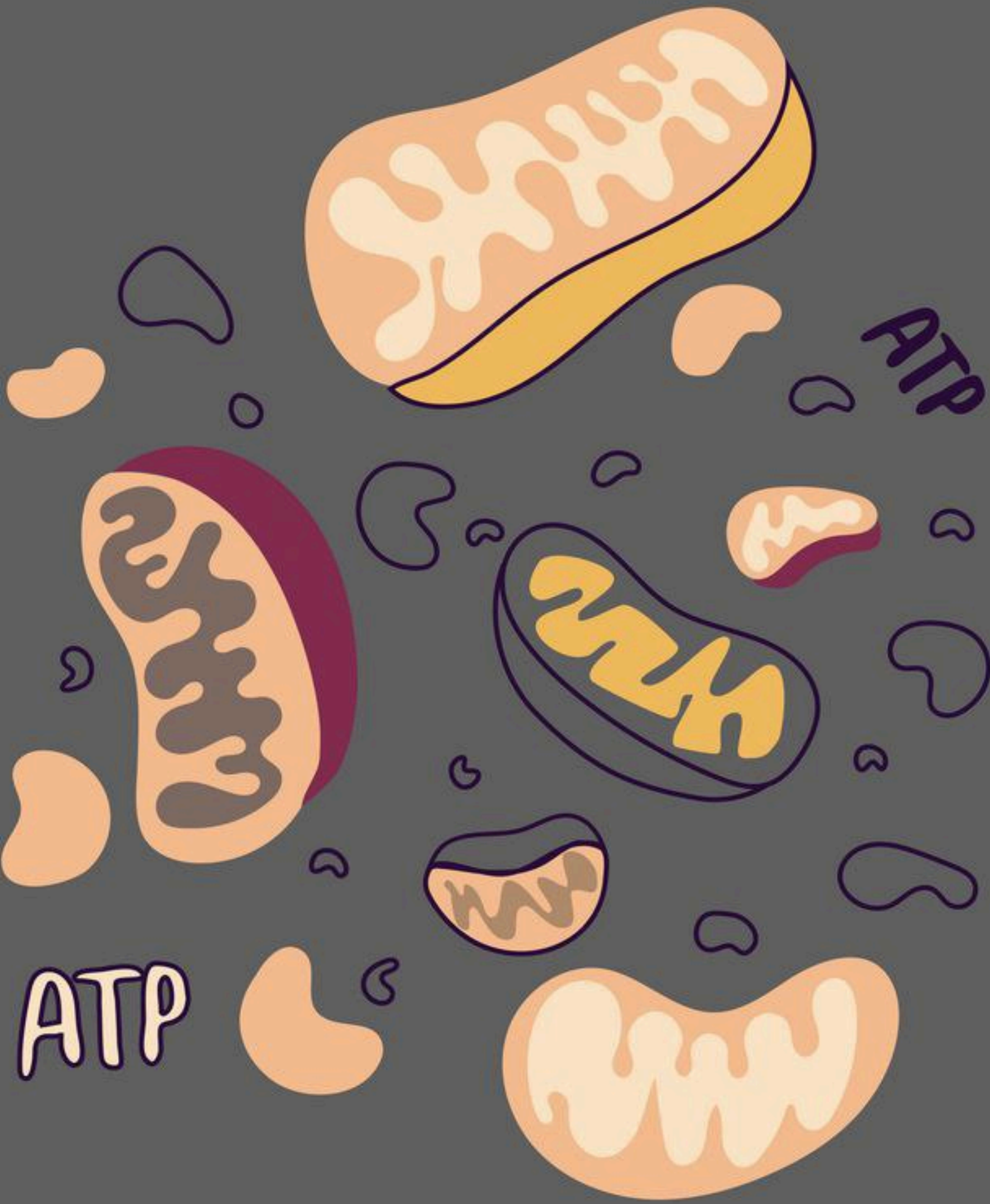

ATP
ATP

فصل ۵

از ماده به انرژی

اکنون که در حال مطالعه این درس هستید، یاخته‌های بدنتان انرژی مصرف می‌کنند. این انرژی از کجا و چگونه تأمین می‌شود؟

چرا ورزش و فعالیت‌های بدنی شدید، سبب می‌شوند تا احساس گرما کنیم و مقداری آب به شکل عرق از دست بدهیم؟

با همه تفاوت‌هایی که بین ما و زرافه‌ای که در تصویر می‌بینید، وجود دارد؛ انرژی مورد نیاز ما به شیوهٔ یکسانی از غذایی که می‌خوریم تأمین می‌شود. در این فصل به فرایندهای آزاد شدن انرژی از مادهٔ مغذی در یاخته‌ها می‌پردازیم.

طرح سؤالات عددی و محاسباتی از مباحث این فصل در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

از انرژی مواد غذایی به ماده ← قند ساده ← نوکلئوتید ← ATP

از ماده به انرژی ← تنفس سلولی ← همه جانداران

ATP ← نوکلئوتید ← هورمون

✓ انرژی تنفس سلولی ذخیره شده در پیوندهای ترکیبات به انرژی ذخیره شده در پیوندهای نوکلئوتیدی ATP می‌شود.

* در تنفس سلولی ← تعداد محصولات تفاوتی با تخمیر ندارد
* نوع محصولات تفاوت با تخمیر دارد

تنفس سلولی
- هوازی ← در حضور O_2
- بی‌هوازی ← در عدم حضور O_2 ← «تخمیر»

هوازی:
- در سیتوپلاسم (در یوکاریوت‌ها) (در پروکاریوت‌ها در سیتوپلاسم)
- در میتوکندری (در یوکاریوت‌ها)

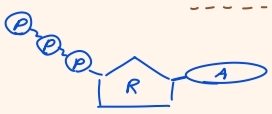
بی‌هوازی:
- در سیتوپلاسم ← در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

تجزیه کامل گلوکز ↑ ATP ← 1 گلوکز با کمترین به CO_2 تجزیه می‌شود

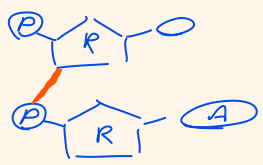
تجزیه ناقص گلوکز ↓ ATP

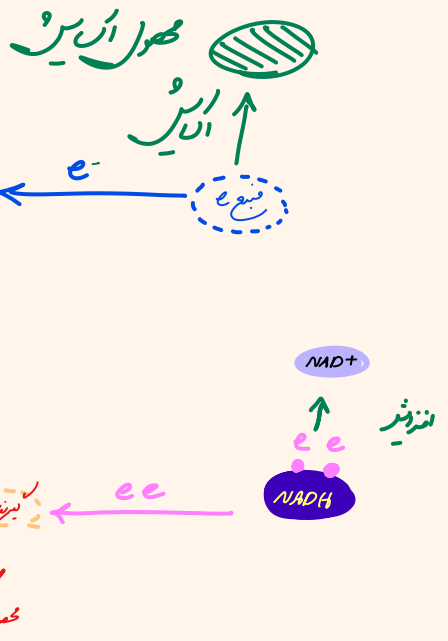
ATP ← آدنوزین (بخش آلی) ← قند ریبوز + باز آلی آدنین
ATP ← $\frac{3}{2}$ گروه فسفات (بخش معدنی)

ATP ● ← 1 نوکلئوتید 3 فسفاته ← حاوی باز دوحلقه‌ای آدنین و قند ریبوز
<آدنوزین تری فسفات>
فاقد پیوند مقوی انرژی
* انرژی مصرف سلول



NADH ● ← 2 نوکلئوتید 2 فسفاته (پیوند فسفودی‌استر) با باز A دارد
<دی نوکلئوتید آدنین دی نوکلئوتید> «1 پیوند مقوی انرژی»
* حامل e *

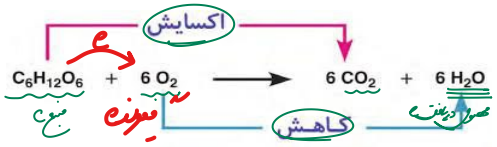




حامل الکترون
e e
NADH
محصول کاهش
<کاهنده>

گیرنده الکترون
NAD+
محصول اکسایش
<اکسنده>

گفتار ۱ تأمین انرژی



تنفس یاخته‌ای

به یاد دارید چرا به اکسیژن نیاز داریم؟ در کتاب زیست‌شناسی ۱، آموختید که نیاز ما به اکسیژن به علت انجام فرایندی به نام تنفس یاخته‌ای است؛ زیرا در این فرایند ATP تولید می‌شود؛ مثلاً انرژی ذخیره شده در گلوکز در تنفس یاخته‌ای، برای تشکیل مولکول ATP به کار می‌رود (واکنش ۱).

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + ADP + P(\text{فسفات}) \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + ATP$$

واکنش ۱ـ تنفس یاخته‌ای

این واکنش **تنفس یاخته‌ای هوازی**[1] را نشان می‌دهد؛ زیرا تجزیهٔ ماده مغذی و تولید ATP با حضور اکسیژن انجام می‌شود. تجزیهٔ ماده مغذی و تولید ATP بدون نیاز به اکسیژن نیز انجام می‌شود که در گفتار ۳ به آن می‌پردازیم.

واژه‌شناسی

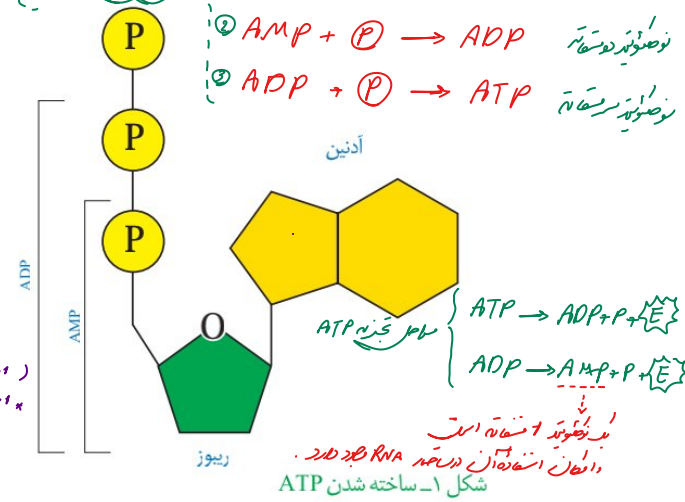
راکیزه (میتوکندری / mitochondrion)

راکیزه، اندامکی کروی یا میله‌ای شکل در یاخته‌های یوکاریوتی و عهده‌دار تنفس هوازی و تولید انرژی است. «راکیزه» از دو جزء «راک» به معنی رشته و نخ (در برابر «میتو» یونانی به همین معنی) و پسوند تصغیر و شباهت «ـ ایزه» ساخته شده است.

ATP مولکول پرانرژی

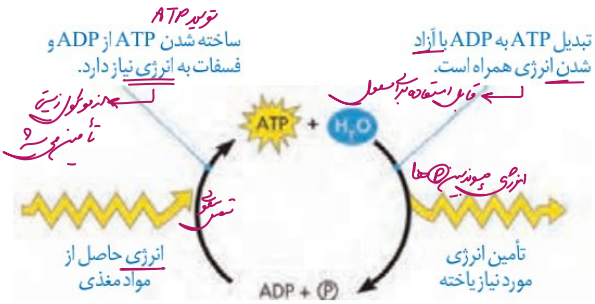
هیچ جانداری نمی‌تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند. حفظ هریک از ویژگی‌های جانداران مانند رشد و نمو و تولید مثل به در اختیار داشتن ATP وابسته است.

ATP یا **آدنوزین تری فسفات**، شکل رایج و قابل استفادهٔ انرژی در یاخته‌ها است. این نوکلئوتید از باز آلی آدنین، قند پنج کربنی ریبوز (که با هم آدنوزین نامیده می‌شوند) و سه گروه فسفات تشکیل شده است. افزوده شدن فسفات به آدنوزین در سه مرحله روی می‌دهد. در نتیجه در ابتدا AMP (آدنوزین مونو فسفات)، سپس ADP (آدنوزین دی فسفات) و در نهایت ATP (آدنوزین تری فسفات) تشکیل می‌شود (شکل ۱).



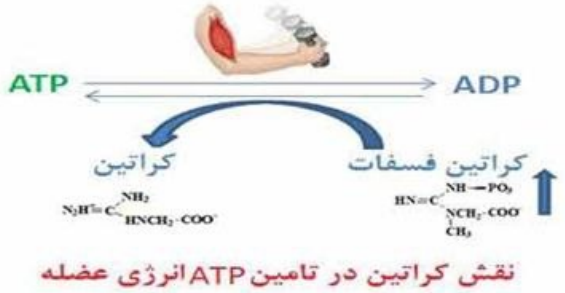
شکل ۱ـ ساخته شدن ATP

در شکل ۲ تبدیل ATP و ADP را به یکدیگر می‌بینید. تشکیل ATP از ADP، با مصرف انرژی و تبدیل آن به ADP همراه با آزاد شدن انرژی است.

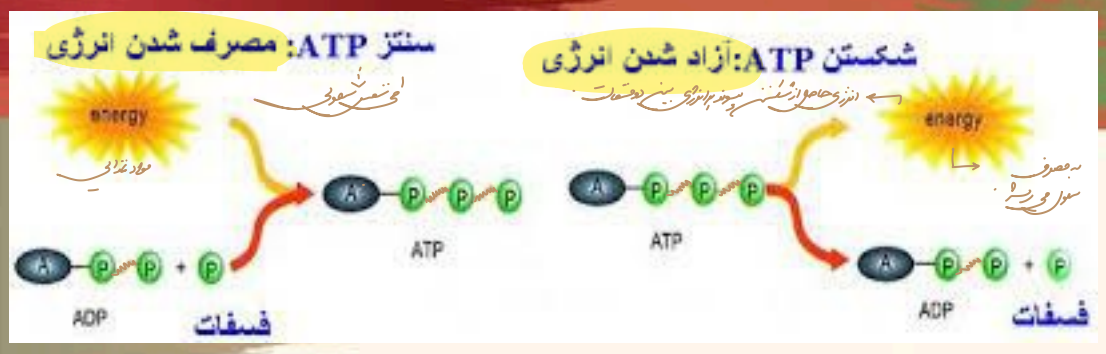


شکل ۲ـ تبدیل ADP و ATP به یکدیگر

روش‌های ساخته شدن ATP: دیدیم که برای ساخته شدن ATP به فسفات نیاز هست. یکی از روش‌های ساخته شدنِ ATP برداشته شدن گروه فسفات از یک ترکیب فسفات‌دار (پیش‌ماده) و



نقش کراتین در تامین ATP انرژی عضله



روش ساخته شدن ATP

1. در سطح بستر ماده — در سیتوپلاسم
   در این روش ADP با دریافت فسفات مورد نیاز خود از ترکیب ماده دهنده تشکیل می‌دهد.
2. اکسایشی — در میتوکندری
   در این روش از انرژی جابجایی e استفاده می‌شود.
3. نوری — در غشای تیلاکوئید
   در این روش از انرژی نور استفاده می‌شود.

2 مثال ساخته شدن ATP در سطح بستر ماده

$$CP + ADP \longrightarrow C + ATP \quad (1)$$

CP: بستر ماده دهنده P — آدنوزین دی فسفات — آدنوزین تری فسفات
C: ماده ساخته شده — آدنوزین تری فسفات
CP: بستر ماده — ADP: آدنوزین دی فسفات — ATP: آدنوزین تری فسفات
C: محصول — ATP: آدنوزین تری فسفات

② تولید ATP در سطح بستر ماده در مرحله آخر گلیکولیز

$$3C2P + 2ADP \longrightarrow 3C + 2ATP$$

3C2P: بستر ماده دهنده P — اسیددوفسفاته
ADP: آدنوزین دی فسفات — ATP: آدنوزین تری فسفات
3C: محصول

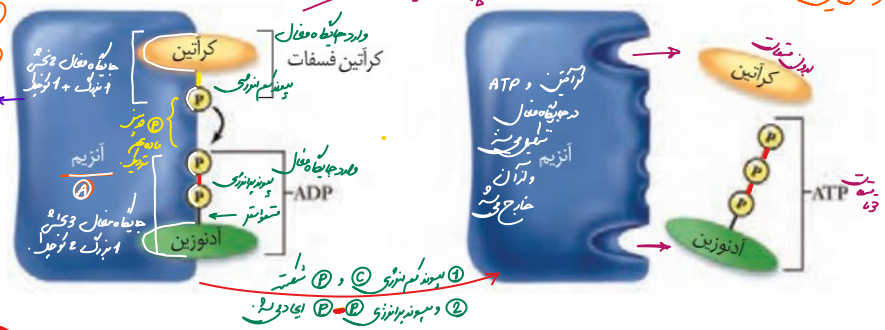
بیشتر بدانید

ارتباط با شیمی

تعریف جامع و امروزی اکسایش و کاهش بر اساس داد و ستد الکترون است. از دست دادن الکترون به معنی اکسایش و گرفتن الکترون به معنی کاهش است.

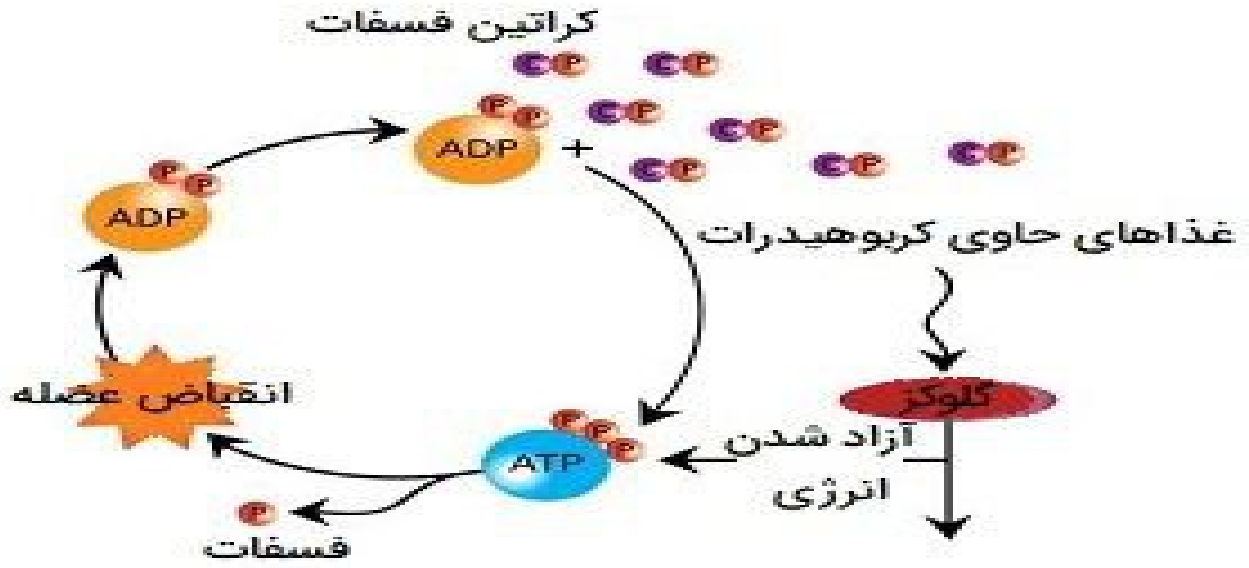
افزودن آن به ADP است. به همین علت، این روش را **ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده** می‌نامند.

در کتاب «زیست‌شناسی ۲» با نمونه‌ای از ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده آشنا شده‌اید، آیا آن را به یاد دارید؟ در آنجا دانستید که ماهیچه‌ها برای انقباض به ATP نیاز دارند و یکی از راه‌های تأمین آن در ماهیچه‌ها، برداشتِ فسفات از مولکولِ کراتین فسفات و انتقال آن به ADP است (شکل ۳). در این مثال کراتین فسفات، پیش‌ماده‌ای است که فسفات آن برای ساخته شدن ATP به کار می‌رود.



شکل ۳ـ ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده

ساخته شدن اکسایشی و ساخته شدن نوری ATP، دو روش دیگرند. در **ساخته شدن اکسایشی**، ATP از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون‌ها در راکیزه ساخته می‌شود که در ادامهٔ این فصل با آن آشنا می‌شوید. روش دیگر ساخته شدن ATP، **ساخته شدن نوری** است که در سبزدیسه انجام می‌شود (فصل ۶).



پیش ماده ← محصول

$NAD^+ + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons NADH + H^+$

گیرنده e ← NAD^+ — کاهش ← اکسایش — $NADH$ حامل e

محصول ← پیش ماده

- ✓ تولید NADH (حامل e) ← کاهش ← باعث اکسایش ها می‌شود
- ✓ تولید NAD^+ (گیرنده e) ← اکسایش ← باعث کاهش ها می‌شود

$NAD^+ + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons NADH + H^+$

گیرنده e — پروتون — الکترون ⇄ حامل e — پروتون

۲ تا از ۲ نوع (محصول کاهش یافته اکسایش) — خنثی — ۱ نوع +

۲ تا از ۳ نوع (محصول اکسایش یافته کاهش) — هیدرید یون: ۲ نوع +، ۱ نوع −

تولید NADH باعث کاهش PH محیط می‌شود

NAD^+ گیرنده e — NAD — NAD^-

e^- — اولین e جهت خنثی سازی

e^- — دومین e جهت برداشتن اتصالی پروتون

H^+ — اولین H^+، جهت خنثی سازی

$NADH + H^+$ — دومین H^+ با NADH داشتی بخ دهد، بقیه جهت برقرار تعادل

ATP ← انرژی

- نوع‌هایند 3 مستقاته - قند R - باز A
- مستقری استر ندارد

NADH ← حامل e (2تا) (انرژی معادل 2 تا 3 ATP)

- 2 نوع‌هایند 1 مستقاته - قند R - باز A
- 1 مستقری استر دارد

$1\ NADH \approx 3\ ATP$

* تعداد ATP ها از NADH بیشتر است!

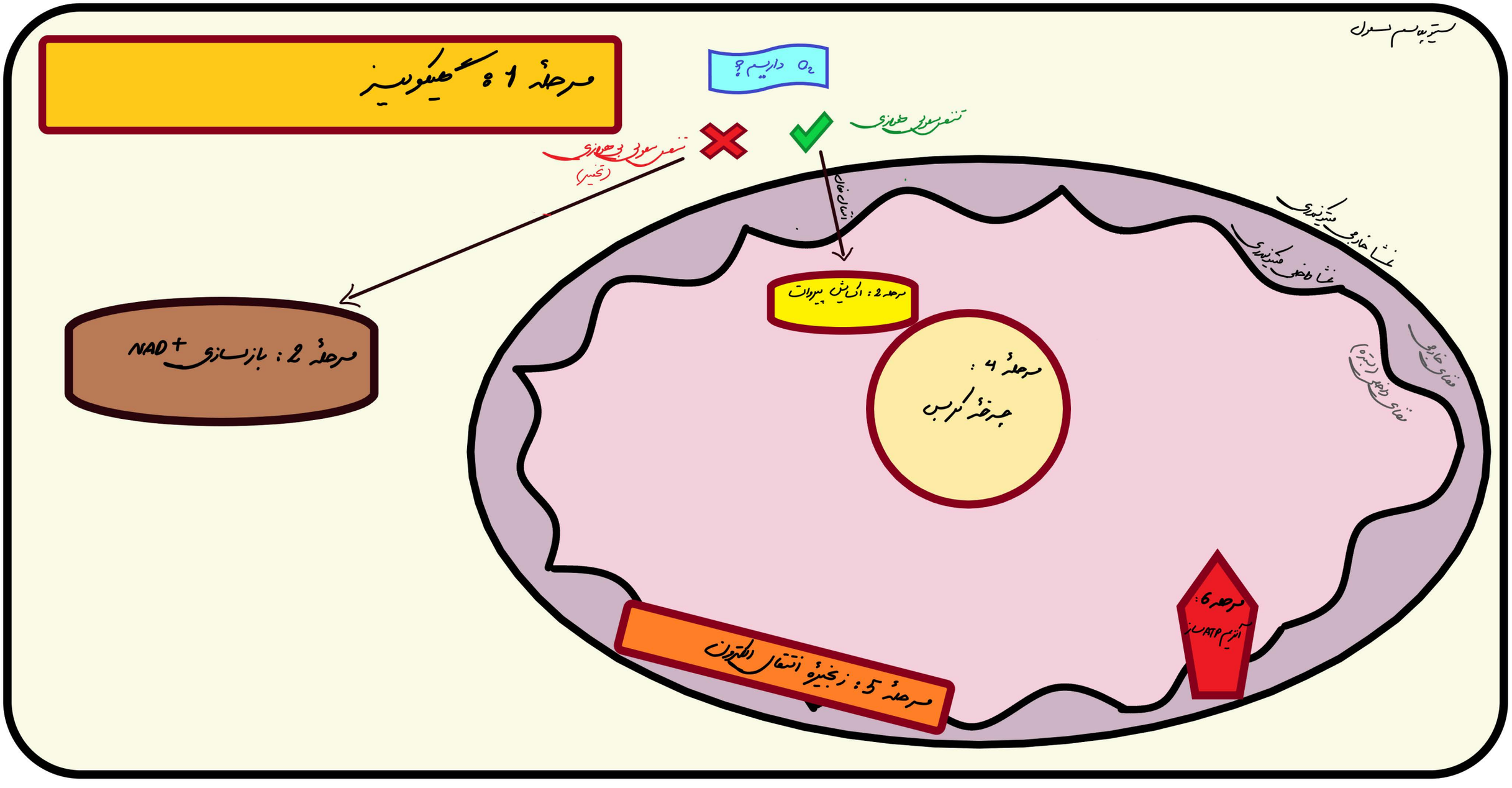
$\frac{NADH}{2} \quad \frac{ATP}{3}$

قند ⇄ اسید

اکسایش (از دست دادن e)

کاهش (گرفتن e)

تنفس سلولی


مرحلهٔ 1 : گلیکولیز
O_2 داریم؟
تنفس سلولی هوازی
تنفس سلولی بی‌هوازی (تخمیر)
انتقال مواد
سیتوپلاسم سلول
غشا داخلی میتوکندری
فضای بین دو غشا
فضای داخلی (بستره)
مرحلهٔ 2 : اکسایش پیروات
مرحلهٔ 3 : چرخهٔ کربس
مرحلهٔ 4 : زنجیرهٔ انتقال الکترون
مرحلهٔ 5 : آنزیم ATP ساز
مرحلهٔ 2 : بازسازی NAD^+

زیستن با اکسیژن

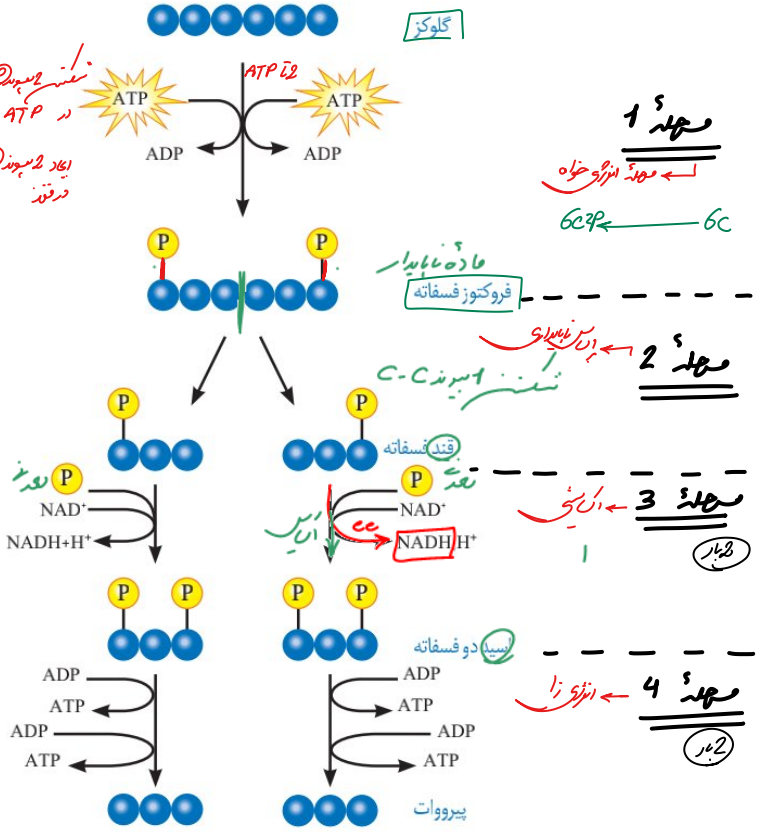
اغلب واژه تنفس یاخته‌ای را برای تنفس یاخته‌ای هوازی به کار می‌برند. در اینجا ما نیز **تنفس یاخته‌ای** را به جای تنفس یاخته‌ای هوازی به کار می‌بریم.

قندکافت (گلیکولیز): اولین مرحلهٔ تنفس یاخته‌ای، قندکافت و به معنی تجزیهٔ گلوکز است که در مادهٔ زمینه سیتوپلاسم انجام می‌شود. تجزیه گلوکز در قندکافت، نه به‌صورت یک‌باره، بلکه به‌صورت مرحله‌ای انجام می‌شود (شکل ۴).

برای انجام واکنش‌های مربوط به تجزیه گلوکز انرژی فعال‌سازی نیاز هست. این انرژی از ATP تأمین می‌شود.

در شکل ۴ می‌بینید که از گلوکز و ATP، قند فروکتوز با دو فسفات ایجاد می‌شود. از تجزیه این قند، دو قند سه کربنی فسفاته به‌وجود می‌آید. هر یک از این قندها با گرفتن یک گروه فسفات به اسیدی سه‌کربنی تبدیل می‌شود. هر یک از این مولکول‌های سه کربنی در نهایت به پیرووات (بنیان پیرونیک اسید) تبدیل می‌شود. در این واکنش‌ها مولکول‌های ATP و NADH به‌وجود می‌آیند.

NADH حامل الکترون است دو نوکلئوتید دارد و از NAD^+ به اضافه الکترون و پروتون تشکیل می‌شود. NAD^+ و NADH با گرفتن و از دست دادن الکترون و پروتون، به همدیگر تبدیل می‌شوند (واکنش ۲). NAD^+ با گرفتن الکترون کاهش و NADH با از دست دادن الکترون اکسایش می‌یابد.



شکل ۴ـ مراحل قندکافت

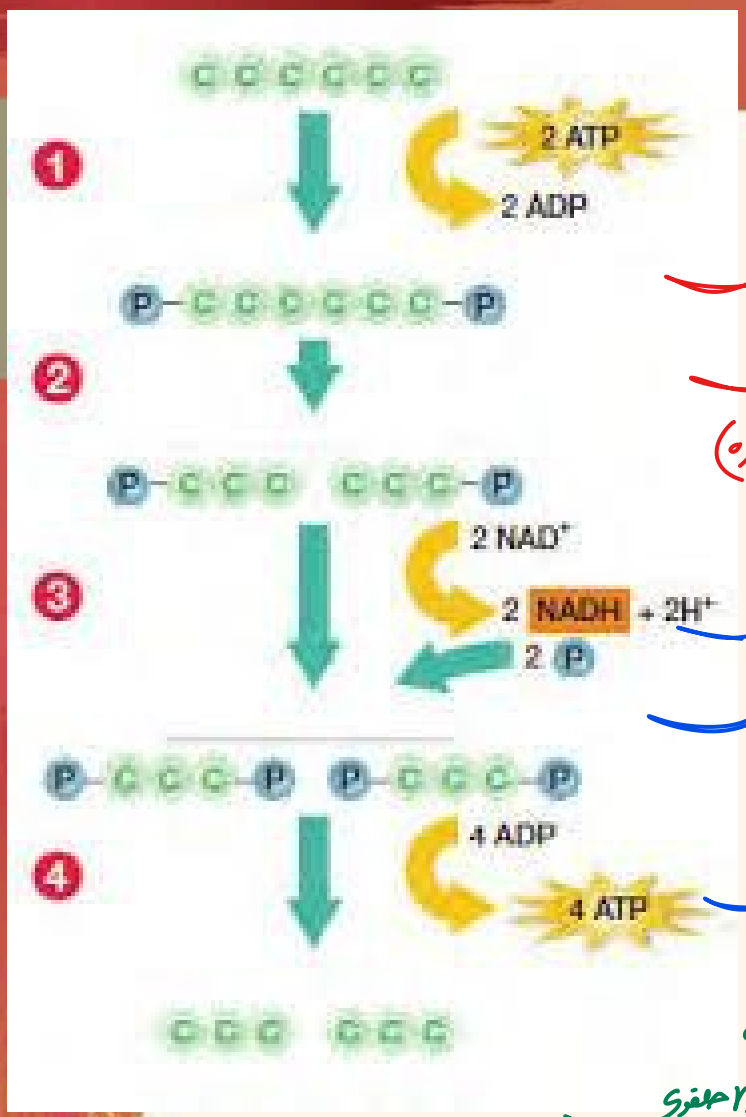
$$NAD^+ + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons NADH + H^+$$

(واکنش ۲ـ یک الکترون برای خنثی کردن NAD^+ به کار می‌رود. بنابراین محصول به صورت $NADH + H^+$ در واکنش نوشته می‌شود.)

فعّالیت ۱

گفت‌وگو کنید

همان‌طور که دیدید، در قندکافت ATP ساخته می‌شود. براساس روش‌هایی که دربارهٔ تولید ATP گفتیم، ساخته شدن ATP در قندکافت با کدام روش انجام می‌شود؟



غشاء خارجی ← از خارج درتماس با سیتوپلاسم
از داخل درتماس با فضای بین غشایی میتوکندری

غشاء داخلی ← از خارج درتماس با فضای بین غشایی میتوکندری
از داخل درتماس با فضای درون (بستره)
← دارای زنجیره انتقال e

فضای بین غشایی میتوکندری ← از خارج درتماس با غشاء خارجی
از داخل درتماس با غشاء داخلی
(تماس با هیالوپلاسم)

← محل تجمع H^+
با ورود تراز فضای داخلی و در محل چین خوردگی ها
فضا زیاد می شود.

فضای داخلی میتوکندری ← از خارج توسط غشاء داخلی محصور شده
دارای دیسک های حاوی DNA حلقوی
محل همانندسازی، رونویسی، ترجمه، اکسایش پیروات
جزء بررسی می باشد
در محل چین خوردگی فضا کم می یابد.

3C ← 3C 2P ← 3C 1P
6C 2P ← 6C
3C ← 3C 2P ← 3C 1P

اسید ← قند
قند فسفاته ← اسید دو فسفاته ← پیروات
قند فسفاته ← اسید دو فسفاته ← پیروات

گلوکز ← فروکتوز دو فسفاته
قند قند

قند 1P ← اسید 2P ← اسید بدون P
قند 1P ← اسید 2P ← اسید بدون P

قند بدون P ← قند 2P
انتزوی مواد

انتزوی زا
آلایش
بدون سبز ناپایداری

راکیزه مقصد پیروواتِ

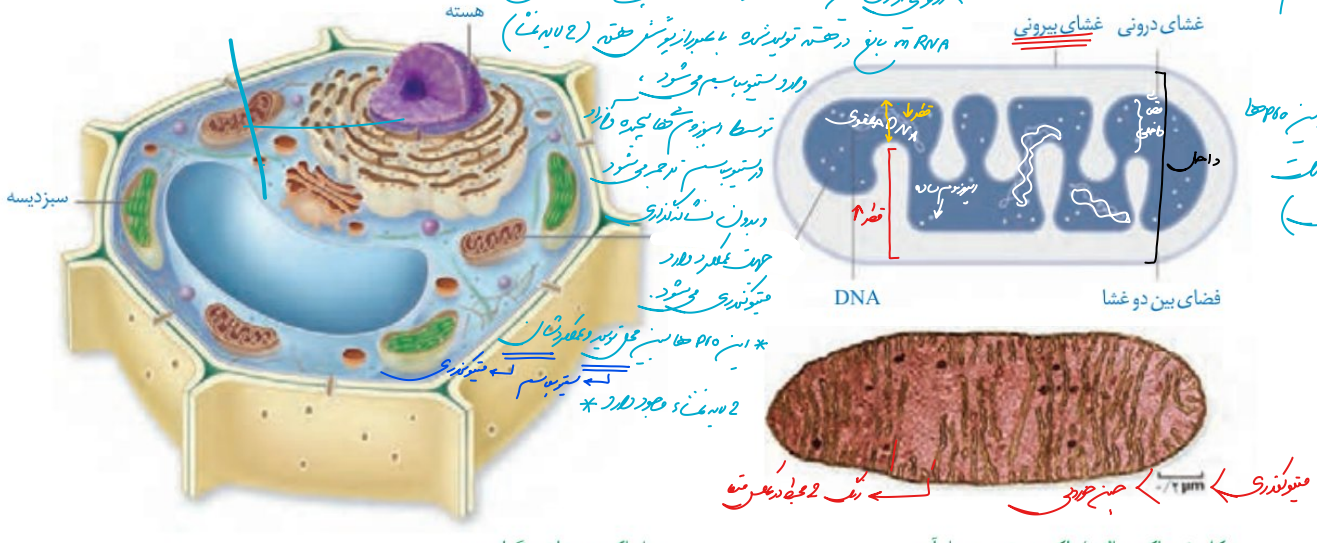
مرحلهٔ دیگر تنفس یاخته‌ای به اکسیژن نیاز دارد و در یوکاریوت‌ها در راکیزه انجام می‌شود.

راکیزه دو غشا دارد: غشای بیرونی صاف، و غشای درونی آن به داخل چین خورده است. درنتیجه، فضای درون آن به بخش داخلی و بخش بیرونی (فضای بین دو غشا) تقسیم می‌شود (شکل ۵).

راکیزه دنای مستقل از هسته و رناتن مخصوص به خود را دارد، بنابراین در آن پروتئین‌سازی انجام می‌شود. در دنای راکیزه، ژن‌های مورد نیاز برای ساخته شدنِ انواعی از پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس یاخته‌ای وجود دارند.

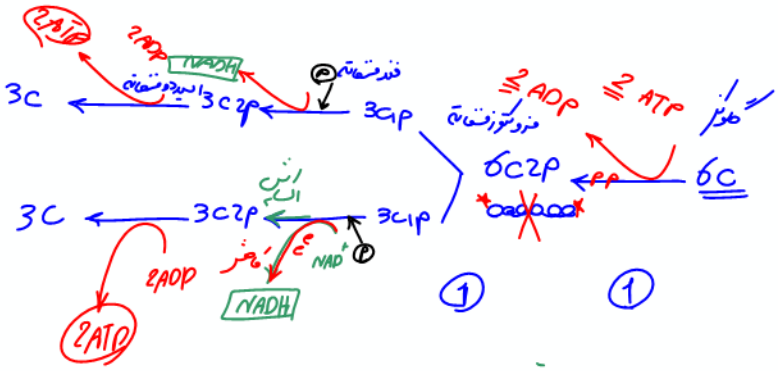
راکیزه همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود. به‌نظر شما مستقل بودن تقسیم راکیزه از تقسیم یاخته چه اهمیتی دارد؟

به هر حال راکیزه برای انجام نقش خود در تنفس یاخته‌ای به پروتئین‌هایی وابسته است که ژن‌های آنها در هسته قرار دارند و به‌وسیلهٔ رناتن‌های سیتوپلاسمی ساخته می‌شوند.

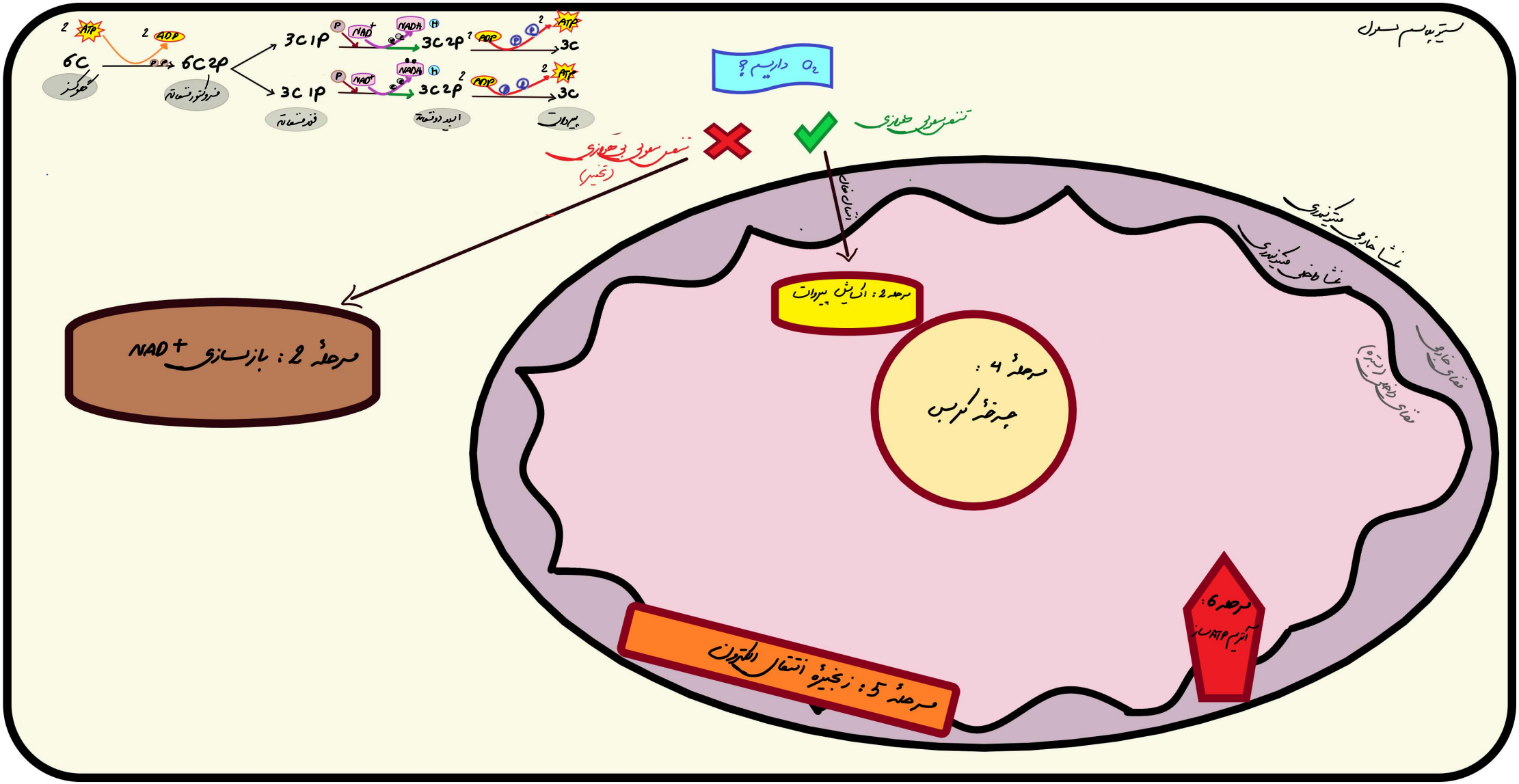


ب) راکیزه در یاخته گیاهی

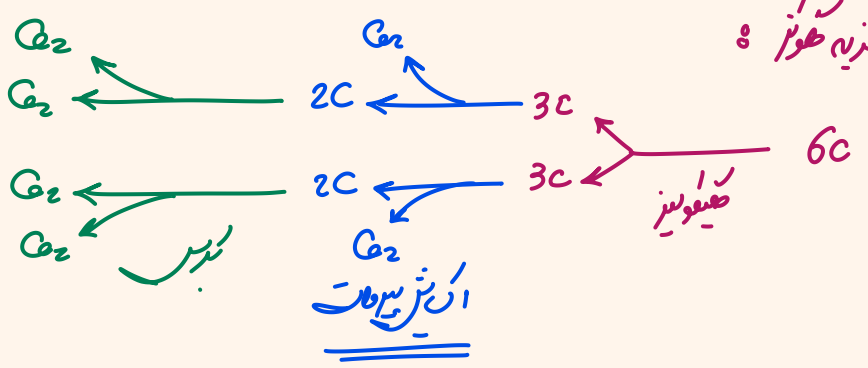
شکل ۵ـ راکیزه. الف) راکیزه و ترسیمی از آن



تنفس سلولی


سیتوپلاسم سلول
2 ATP
2 ADP
6C
گلوکز
6C2P
فروکتوز دی‌فسفاته
3C1P
3C2P
2 ADP
2 ATP
3C
3C1P
فرآورده سه‌کربنه
پیروات
O_2 داریم؟
تنفس سلولی هوازی
تنفس سلولی بی‌هوازی (تخمیر)
انتقال فعال
مرحلهٔ 2: بازسازی NAD^+
مرحلهٔ 2: اکسایش پیروات
مرحلهٔ 4: چرخهٔ کربس
مرحلهٔ 5: زنجیرهٔ انتقال الکترون
مرحلهٔ 6: آنزیم ATP ساز
بافت هادی میتوکندری
بافت هادی میتوکندری
فضای خارجی
فضای داخلی (بین‌غشایی)

- همیشه تراکم پیروات داخل میتوکندری بیشتر از سیتوپلاسم است.
- ورود پیروات به میتوکندری در صورت وجود O_2 کافی صورت می‌گیرد.
- با مصرف ATP و توسط کانال‌های پروتئینی میتوکندری
- در ازای هر گلوکز ۲ بار اکسایش پیروات صورت می‌گیرد.
- تولید پیروات در سیتوپلاسم، مصرف پیروات در میتوکندری
- در اکسایش پیروات ← اولین CO_2 خارج می‌شود.
- تجزیه گلوکز:



مراحل تنفس سلولی هوازی

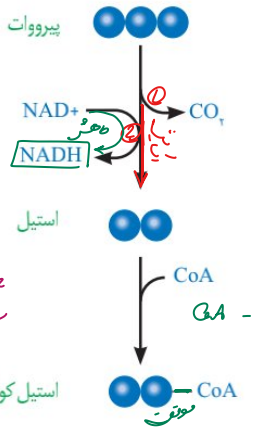
① گلیکولیز
② اکسایش پیروات
③ چرخه کربس
④ زنجیره انتقال e
⑤ آنزیم ATP ساز

مراحل اکسایش پیروات ← برای هر گلوکز (X2)

تولید	مصرف
① بنیان استیل 2C	① پیروات 3C
① NADH	① NAD^+
① CO_2	

اکسایش پیرووات: گفتیم که در انتهای قندکافت، پیرووات به‌وجود می‌آید. این مولکول از طریق انتقال فعال وارد راکیزه می‌شود و در آنجا اکسایش می‌یابد. پیرووات در راکیزه یک کربن دی‌اکسید از دست می‌دهد و به بنیان استیل تبدیل می‌شود. استیل با اتصال به مولکولی به‌نام کوآنزیم A، استیل کوآنزیم A را تشکیل می‌دهد. در این واکنش NADH نیز به‌وجود می‌آید (شکل ۶).

اکسایش استیل کوآنزیم A در چرخه‌ای از واکنش‌های آنزیمی، به‌نام **چرخهٔ کربس**، در بخش داخلی راکیزه انجام می‌گیرد که در گفتار بعدی به آن می‌پردازیم.

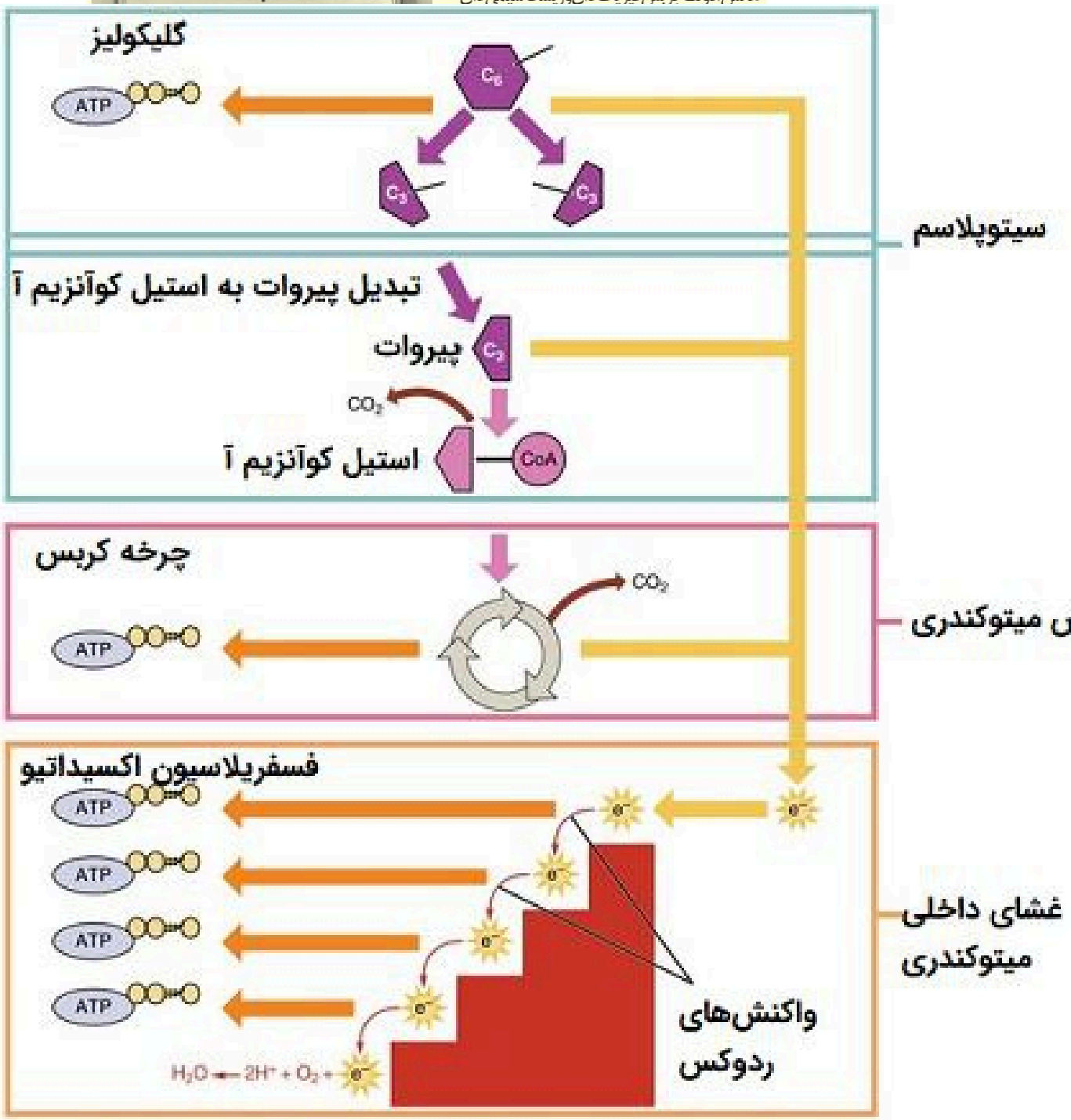


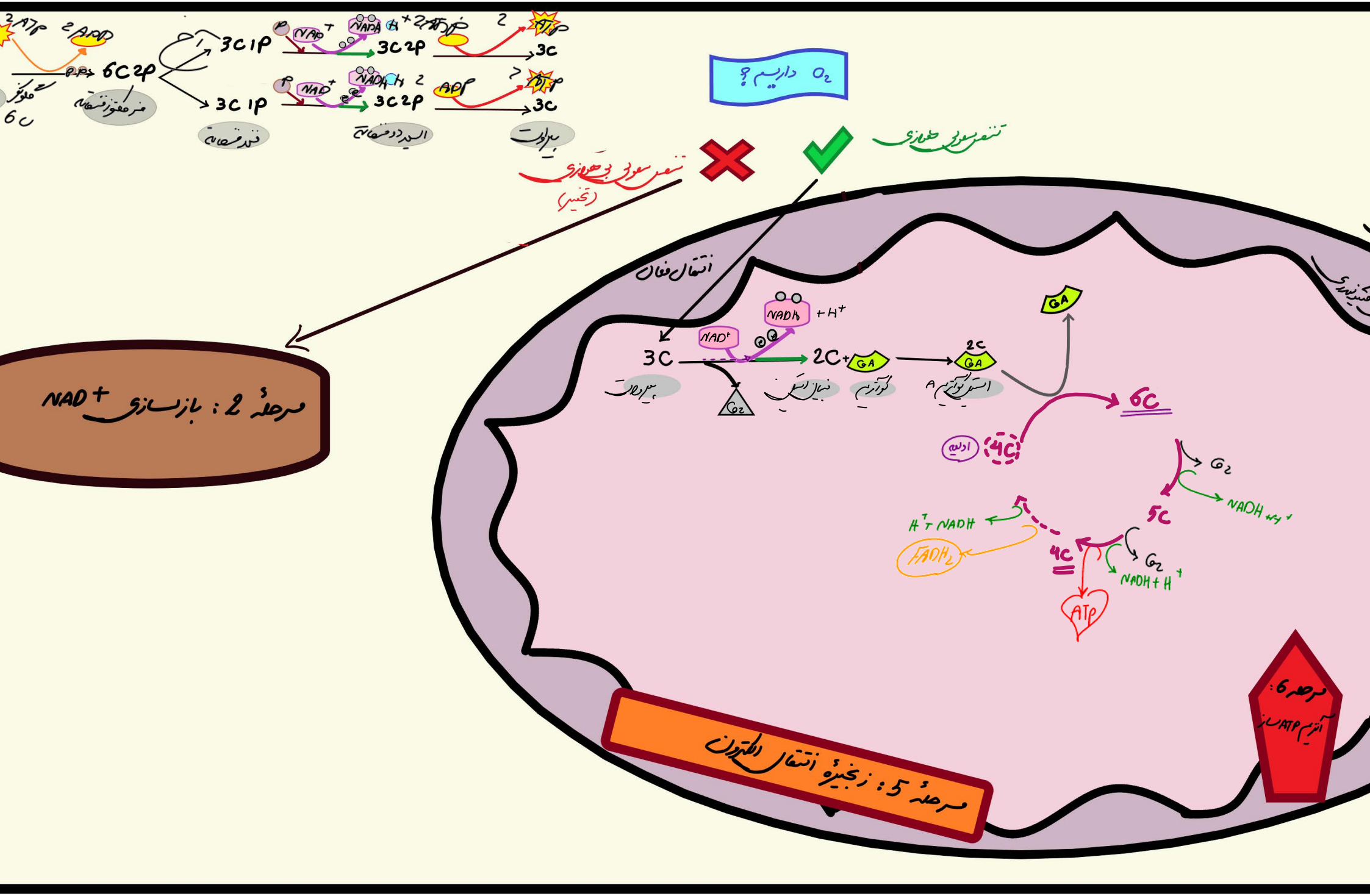
شکل ۶ـ اکسایش پیرووات و تشکیل استیل کوآنزیم A

بیشتر بدانید

دانشمند موفق

هانس آدولف کربس فیزیک‌دان و زیست‌شیمی‌دان




2ATP
2ADP
6C2P
3C1P
3C1P
NAD+
NADH+H+
3C2P
3C2P
2ADP
2ATP
3C
3C
مرحلهٔ 1
مرحلهٔ 2
مرحلهٔ 3
O2 داریم؟
تنفس سلولی هوازی
تنفس سلولی بی‌هوازی (تخمیر)
مرحلهٔ 2: بازسازی NAD+
انتقال فعال
3C
2C
GA
2C
GA
6C
4C
5C
4C
CO2
NADH+H+
H+ NADH
FADH2
CO2
NADH+H+
ATP
مرحلهٔ 5: زنجیرهٔ انتقال الکترون
مرحلهٔ 6: آنزیم ATP ساز

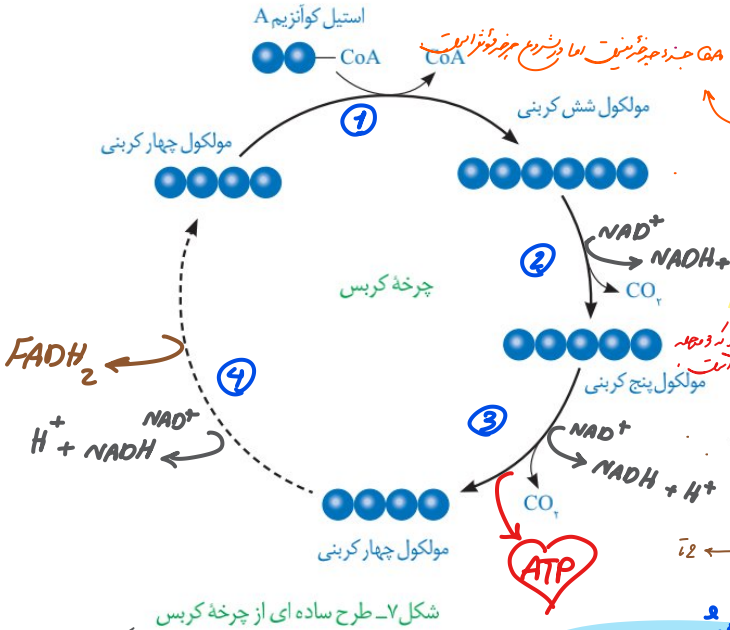
گفتار ۲ اکسایش بیشتر

مولکول گلوکز در تنفس هوازی باید تا حد تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه شود. بخشی از تجزیه گلوکز در قندکافت و اکسایش پیروات و بخش دیگر آن در چرخهٔ کربس انجام می‌شود.

چرخه کربس

شکل ۷ ترسیم ساده‌ای از وقایع کلی چرخهٔ کربس را نشان می‌دهد.

در این چرخه، ضمن ترکیب استیل کوآنزیم A با مولکولی چهارکربنی، کوآنزیم A جدا و مولکولی شش‌کربنی، ایجاد می‌شود. پس از آن در طی واکنش‌های متفاوتی که در چرخهٔ کربس رخ می‌دهد، دو اتم کربن به‌صورت CO_2 آزاد و مولکول چهارکربنی برای گرفتن استیل کوآنزیم دیگر، بازسازی می‌شود.



شکل ۷ـ طرح ساده‌ای از چرخهٔ کربس

از اکسایش هر مولکول شش کربنی در واکنش‌های چرخه کربس، مولکول‌های NADH، $FADH_2$[1] و ATP در محل‌های متفاوتی از چرخه تشکیل می‌شوند.

$FADH_2$ ترکیبی نوکلئوتیددار و همانند NADH حامل الکترون است. $FADH_2$ از FAD ساخته می‌شود (واکنش ۳).

واکنش ۳)

$$FAD + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons FADH_2$$

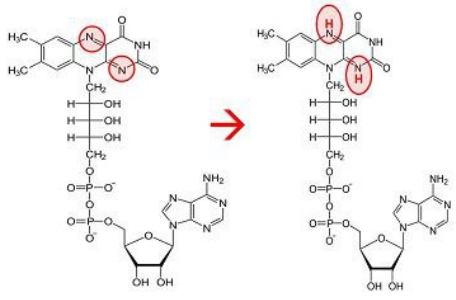
به این ترتیب با انجام قندکافت، اکسایش پیروات و چرخهٔ کربس، مولکول گلوکز تا تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه می‌شود. انرژی حاصل از تجزیهٔ گلوکز صرف ساخته شدن ATP و مولکول‌های حامل الکترون (NADH و $FADH_2$) می‌شود.

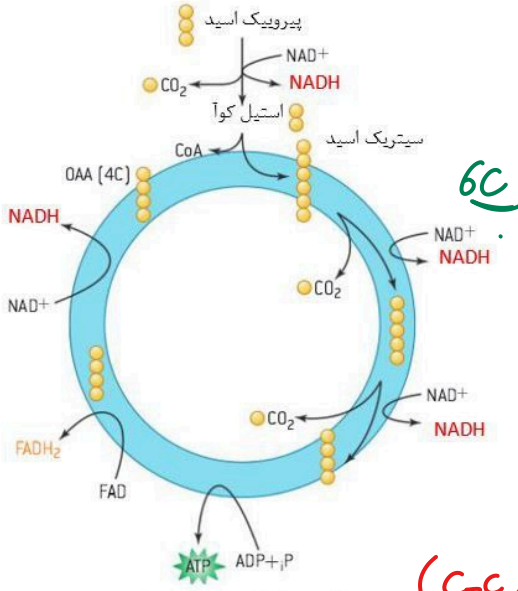
تشکیل ATP بیشتر

دیدیم که در تنفس یاخته‌ای ATP به‌وجود می‌آید. جالب است بدانیم که مولکول‌های NADH و $FADH_2$ نیز برای تولید ATP مصرف می‌شوند. چگونه انرژی مولکول‌های حامل الکترون برای تولید ATP به کار می‌رود؟

همچنین براساس رابطهٔ کلی تنفس یاخته‌ای می‌دانیم که در این فرایند آب نیز تشکیل می‌شود. آب چگونه در این فرایند تولید می‌شود؟ پاسخ این پرسش‌ها در **زنجیرهٔ انتقال الکترون** در غشای درونی راکیزه نهفته است.

۱- Flavin Adenine Dinucleotide





شکل شماره ۴- خلاصه چرخه کربس

مرحلهٔ اول :

تنها مرحلهٔ کربس که ① C حذف میشه

✓ اول ایجاد پیوند بین استیل CoA با 4C و بعد جدا شدن CoA از ترکیب 6C

✓ CoA مصرف نمیشه.

✓ به ازای هر پیروات ① پیوند C-C ایجاد میشه.

مرحلهٔ 2 : 6C ⟵ 5C

* اکسایشی ✓ آزاد شدن CO_2 (① X پیوند C-C)

مرحلهٔ 3 : 5C ⟵ 4C

* اکسایشی ✓ آزاد شدن CO_2 (① X پیوند C-C) ⟵ پایان بخش هوازی

تولید ATP در سطح بستر!

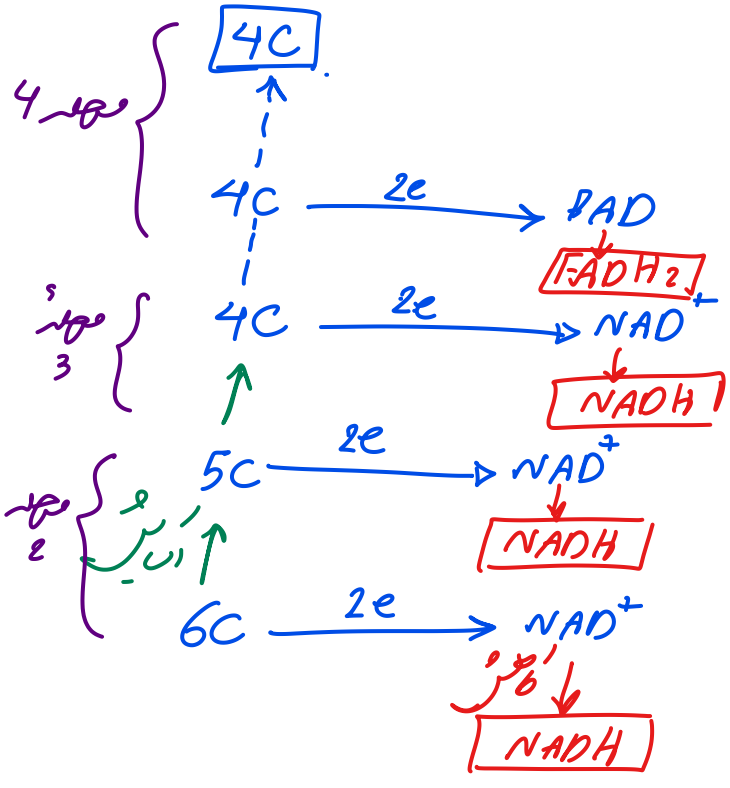
انرژی زا

مرحلهٔ 4 : 4C <- - - - - 4C

* الکل یا تبدیل *

تنها مرحله بدون تغییر تعداد C !!

« اکسایش کاهش در چرخه کربس »



حامل e ≠ ناقل e

↓ NADH
$FADH_2$

(توصيل اليد)

↓ cytochrome
سلسلة نقل e

6C → 6C2P

3C1P → 3C2P → 3C

3C1P → 3C2P → 3C

O_2 داریم؟

تنفس سلولی هوازی

تنفس سلولی بی‌هوازی (تخمیر)

انتقال فعال

3C → 2C + CO₂ + GA → 2C GA

GA

1

6C → 5C + CO₂ + NADH + H⁺

4C

5C → 4C + CO₂ + ATP

ADP → ATP

$FADH_2$

FAD

NADH

NAD^+

4C → 4C + CO_2 + NADH

NADH

مرحلهٔ 6: آنزیم ATP ساز

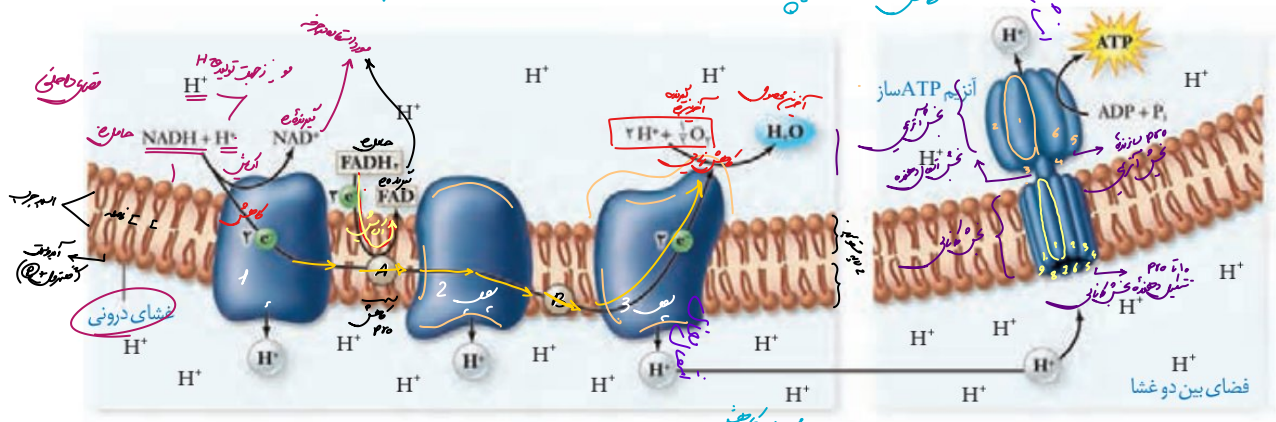
مرحلهٔ 5: زنجیرهٔ انتقال الکترون

مرحلهٔ 4: بازسازی NAD^+

زنجیره انتقال الکترون

این زنجیره از مولکول‌هایی تشکیل شده است که در غشای درونی راکیزه قرار دارند و می‌توانند الکترون بگیرند یا از دست دهند.

در این زنجیره می‌بینید که الکترون‌ها در نهایت به اکسیژن مولکولی می‌رسند. اکسیژن با گرفتن الکترون به یون اکسید (اتم اکسیژن با دو بار منفی) تبدیل می‌شود.



شکل ۸ـ زنجیره انتقال الکترون در راکیزه و تشکیل ATP

یون‌های اکسید در ترکیب با پروتون‌هایی که در بخش داخلی قرار دارند، مولکول‌های آب را تشکیل می‌دهند (واکنش ۴).

واکنش ۴- تشکیل آب

$$\frac{1}{2}O_2 + 2e \rightarrow O^{2-}$$

$$O^{2-} + 2H^+ + \rightarrow H_2O$$

اگر به شکل ۸ توجه کنید، می‌بینید که پروتون‌ها (یون‌های H^+) در سه محل از زنجیرهٔ انتقال الکترون از بخش داخلی به فضای بین دو غشا پمپ می‌شوند. انرژی لازم برای انتقال پروتون‌ها از الکترون‌های پرانرژی NADH و $FADH_2$ فراهم می‌شود.

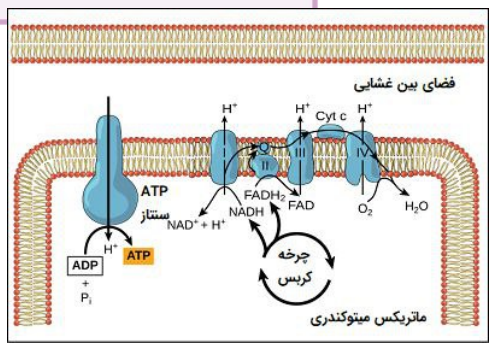
انتظار دارید ادامه ورود پروتون‌ها به فضای بین دو غشا چه نتیجه‌ای در پی داشته باشد؟

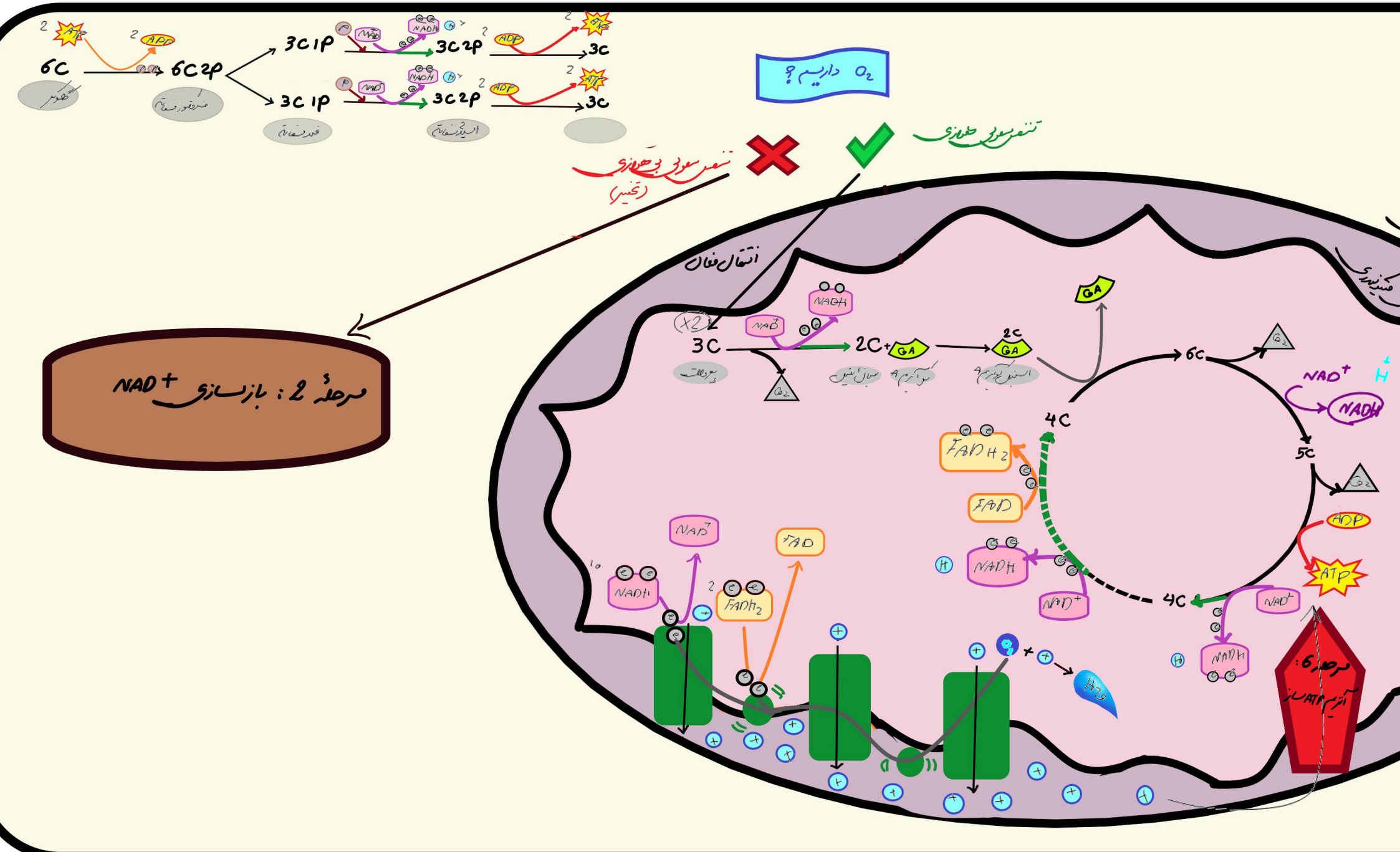
با ورود پروتون‌ها از بخش داخلی به فضای بین دو غشا، تراکم آن‌ها در این فضا، نسبت به بخش داخلی افزایش می‌یابد. پروتون‌ها براساس شیب غلظت، تمایل دارند که به سمت بخش داخلی برگردند، اما تنها راه پیش‌روی پروتون‌ها برای برگشتن به این بخش، مجموعه‌ای پروتئینی به نام **آنزیم ATP ساز** است. پروتون‌ها از کانالی که در این مجموعه قرار دارد، می‌گذرند و انرژی موردنیاز برای تشکیل ATP از ADP و گروه فسفات فراهم می‌شود.

فعّالیت ۲

الف) توضیح دهید چرا ساخته شدن ATP در زنجیرهٔ انتقال الکترون، از نوع ساخته شدن اکسایشی ATP است؟

ب) با توجه به نقش غشای درونی راکیزه در تنفس یاخته‌ای، چین خورده بودن آن چه ارزشی برای یاخته دارد؟




6C
6C2P
3C1P
3C2P
3C
ATP
ADP
NAD
NADH
O_2 داریم؟
تنفس سلولی هوازی
تنفس سلولی بی‌هوازی (تخمیر)
مرحله 2: بازسازی NAD^+
انتقال فعال
3C
2C
GA
4C
5C
6C
$FADH_2$
FAD
NAD^+
H_2O
مرحله 3: سنتز ATP

در زنجیره انتقال الکترون

5 تا از 2 نوع

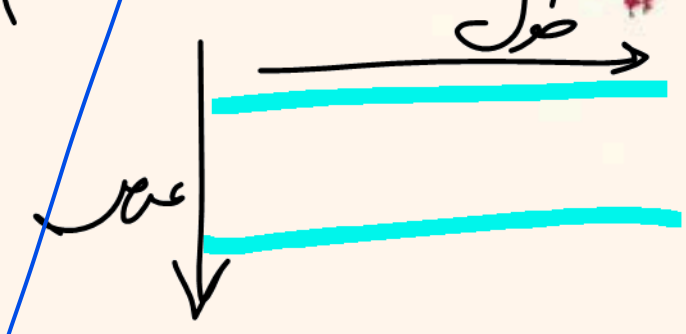
گلبول قرمز با غشاء دولایه‌ای

Pro هیم ؛ بیم

خیلی‌تر، از بقیه غشاء طول بیشتری دارن

ناقل هستند - سطح تماس دارن.

انتقال کاهش و اکسایش دارن.



حرکت H^+ در طول و عمق غشاء

عبور H^+ (به روش انتقال فعال)

بیشترین Pro زنجیره انتقال الکترون

2 سر زنجیره این Pro قرار دارد.

Pro انتقال دهنده: الکترون، 2 عدد. از قسمت کمتر اسید سطح بالای دارن

لیپیدی - فسفر دارند.

انتقال حرکت H دارن

عبور H^+ ندارن

هر دو سر Pro ها آبگیری هستند.

حرکت H^+ همیشه در عمق غشاء

* از Pro بیم: انتقال فعال
* از آنزیم ATP: انرژی مصرف شده

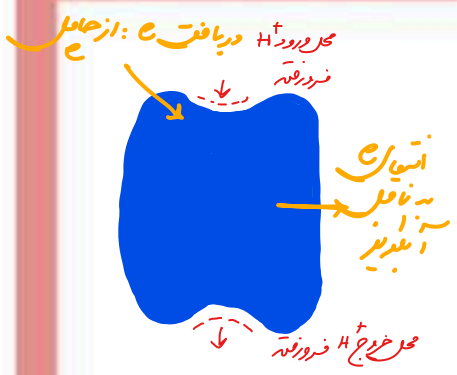
* حرکت H هم در عمق غشاء و هم در طول غشاء *

* پمپ 1 = Pro 1

✓ اولین Pro زنجیره انتقال e، اولین غشای داخلی

✓ آخرین e عبوری رودارد - قبل از e های NADH ازش عبور می‌کنند

↳ بابت پمپ 2 و 3، H^+ آخری پمپ می‌کنند.



دریافت e از NADH ← انتقال e به ناقل بعدی

✓ محل اکسایش NADH (بازسازی NAD^+)

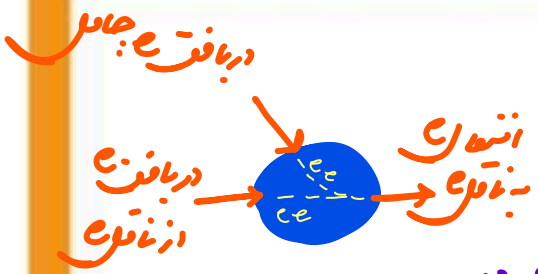
* از عرض غشا نازک‌تر است ⇐ در تماس با هر دو فضای میتوکندری (سطح تماس با فضای داخلی و فضای خارجی)

* پمپ 2 = Pro 2 - پمپ 1 = Pro

پمپ اول ← $FADH_2$

✓ محل اکسایش $FADH_2$ (بازسازی FAD)

✓ پمپ 1 و 2 ✓ e دهم از حامل e و هم از ناقل e می‌گیرد و به ناقل می‌دهد



← پمپ دوم

* در تماس با هیچ فضای از میتوکندری نیست و در عرض غشا داخلی میتوکندری

در تماس با اسید چاهک (بخش آبدوست) هر دو لایه مستعد پیدا می‌باشد.

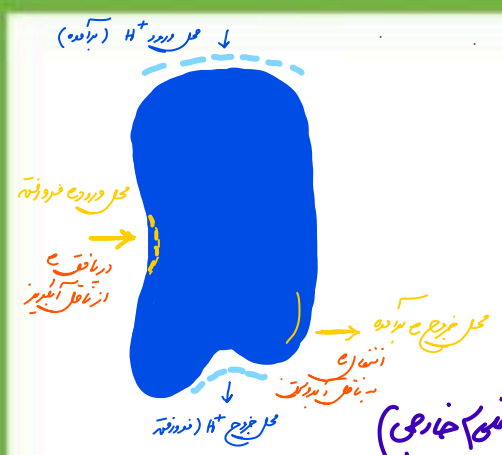
* پمپ 3 = Pro 2 - پمپ 2 = Pro

✓ پمپ 2 Pro غیر پمپی است.

✓ Pro واسط زنجیره انتقال e

* اولین پمپی که از انرژی e های NADH و $FADH_2$ جهت انتقال فعال H^+ استفاده می‌کند

* از عرض غشا نازک‌تر است و در تماس با هر دو فضای میتوکندری (سطح تماس با فضای داخلی و خارجی)



* پمپ 4 = Pro 3 - Pro قبل آبدوست

✓ پمپ 2 و 3

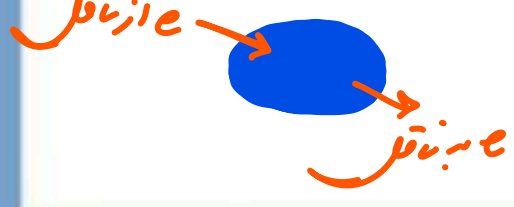
✓ انتقال حامل‌جایی e در فضای بین دو غشا.

✓ e از ناقل می‌گیرد و به ناقل می‌دهد.

✓ فقط در تماس با فضای خارجی میتوکندری و بخش آبدوست لایه خارجی مستعد پیدا غشا داخلی است.

* فقط در تماس با فضای خارجی میتوکندری

در تماس با بخش آبدوست لایه مستعد پیدا خارجی غشا داخلی است.



* پمپ 5 = Pro 3 - پمپ 3

دریافت e از ناقل آبدوست

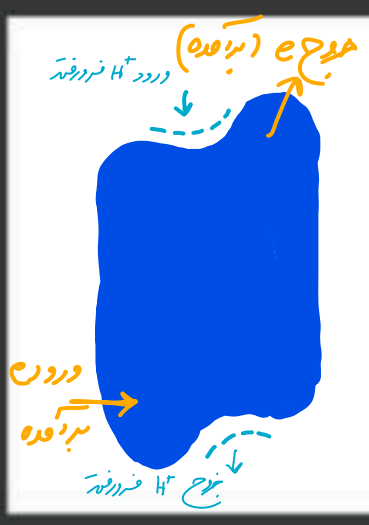
انتقال e به مولکول O_2

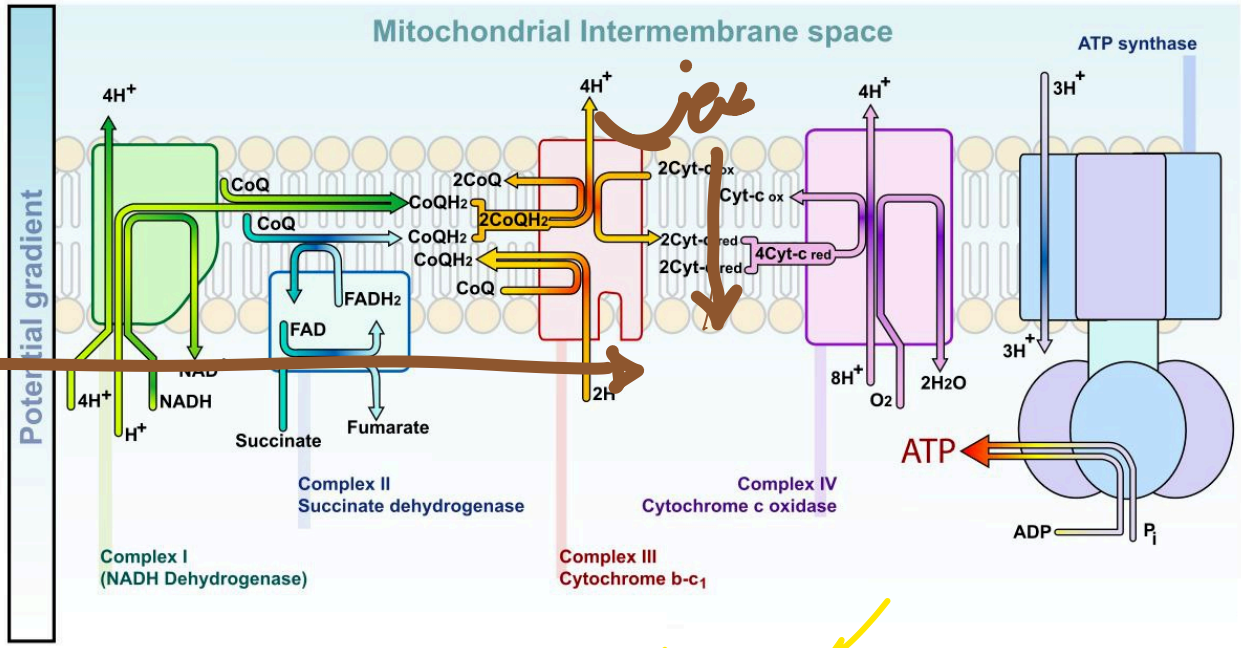
✓ آخرین Pro زنجیره انتقال e - آخرین غشای داخلی

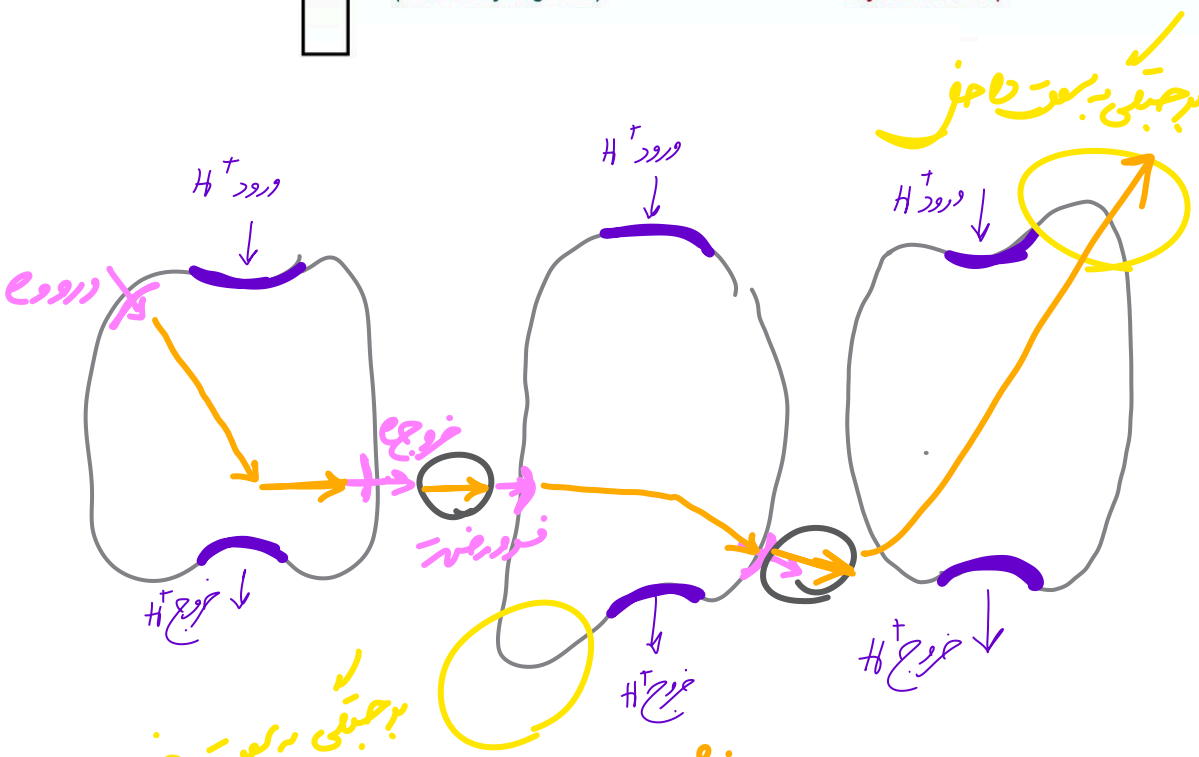
✓ انتهای میتوکندری ✓ دریافت e از ناقل و انتقال e به اکسیژن.

✓ استفاده از انرژی e های $FADH_2$ و NADH جهت انتقال فعال H^+

✓ از عرض غشا نازک‌تر است ⇐ در تماس با هر دو فضای میتوکندری (سطح تماس با فضای داخلی و خارجی)







برجستگی به سمت داخل

برجستگی به سمت خارج

2 بار مشوید ← H+ در عرض غ ← حرکت 1 Pro

1 بار مشوید ← e در عرض غ ← حرکت

ورود e در غ

خروج e از فضای داخلی

e در طول غ

حرکت 2 Pro ← e ← در طول غ

2 بار مشوید ← H در عرض غ ← حرکت 3 Pro

1 بار مشوید ← e در عرض غ

e در طول غ

4Pro ← خروج H از فضای بین دو غشا

ورود H به فضای داخلی

1 لایه مستعویکند

5Pro ← خروج H از فضای داخلی

ورود H به فضای بین دو غشا

2 لایه مستعویکند

خروج H از فضای بین دو غشا

ورود آن به فضای داخلی

2 لایه مستعویکند

Max به جای H در فضای بین دو غشا

= جابه‌جایی H در فضای بین دو غشا توسط سه Pro

مجموعه آنزیمی ATP ساز

Pro 17 ←

بخش پایه

قسمت بخش آنزیمی فرو رفته است. در فضای داخلی است

ارتفاع آن به اندازه دو غشا. از Pro 10 ساخته شده که غشایی دستگاه

هستند و وظیفشون یک کانال ایجاد کردن

در تماس با هردو فضای میتوکندری است. نزدیک‌ترین Pro ها مجموعه ATP ساز

نزدیک‌ترین ~ ~ ~

انتهای دهنده

در اتصال با هر دو بخش اصلی مجموعه ATP ساز

از 1 Pro تشکیل و فقط در ساخته شده قرار دارد

فضایی برای عبور H^+ وجود داره.

H^+ از بخش کانالی آنزیمی می‌گذره.

کاملا در فضای داخلی میتوکندری است.

در تماس با بافت دارد.

بخش آنزیمی

نزدیک‌ترین بخش مجموعه ATP ساز است

از 6 Pro آنزیمی ساخته شده که وظیفه آنها فضایی جهت عبور H^+ وجود داره.

از انرژی عبور H^+ استفاده می‌کند و تولید ATP در فضای داخلی انجام می‌شه.

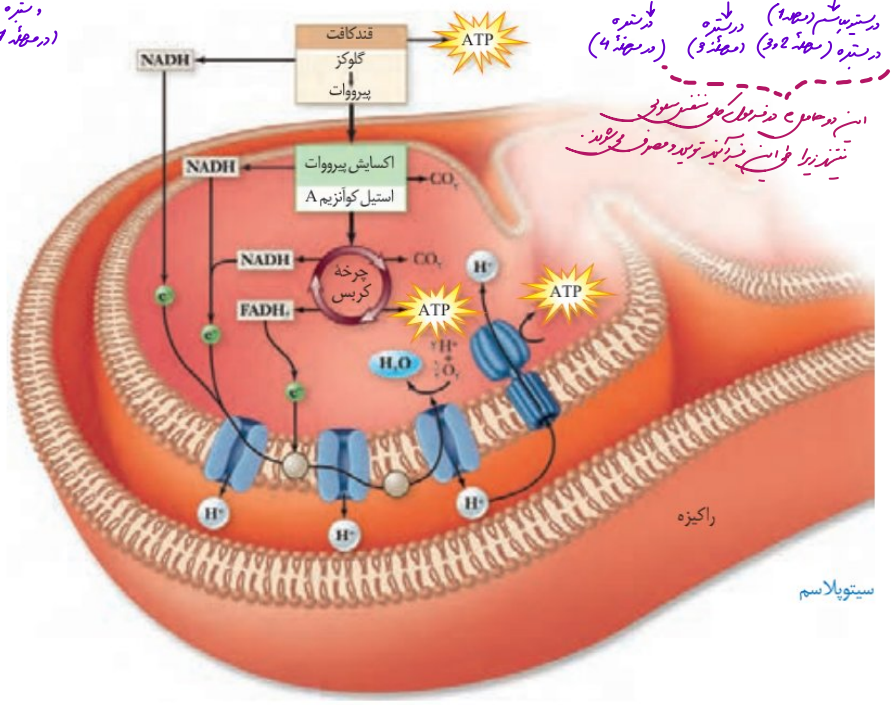
در تماس با بافت دارد. کاملا وابسته.

نزدیک‌ترین Pro ها به بخش آنزیمی

کوتاه‌ترین و نزدیک‌ترین Pro مجموعه ATP ساز (تنها Pro ای که H^+ از روی سطح عبور می‌کند)

مروری بر تنفس یاخته‌ای

خلاصه‌ای از تنفس یاخته‌ای را در شکل ۹ مشاهده می‌کنید. همان‌طور که می‌بینید در فرایند قندکافت از گلوکز پیروات ایجاد می‌شود. پیروات‌ها به راکیزه می‌رود و در آنجا به استیل کوآنزیم A اکسایش می‌یابد. استیل کوآنزیم A وارد چرخهٔ کربس می‌شود. در تنفس یاخته‌ای مولکول‌های کربن‌دی‌اکسید، ATP، $NADH$، $FADH_2$ و آب تولید می‌شوند.



شکل ۹ـ خلاصه‌ای از تنفس هوازی

بیشتر بدانید

ویتامین‌های B و تنفس یاخته‌ای

شاید شنیده باشید که ویتامین‌های گروه B برای سلامت مغز و اعصاب ضروری‌اند. یکی از دلایل آن عملکرد انواعی از ویتامین‌های B به عنوان کوآنزیم در واکنش‌های مربوط به تنفس یاخته‌ای است. مثلاً تشکیل استیل کوآنزیم A وابسته به حضور ویتامین B_1 (تیامین) است. جالب است که مغز حدود دو درصد از وزن بدن را تشکیل می‌دهد، اما بیش از ۲۰ درصد انرژی مصرفی در بدن را استفاده می‌کند. بنابراین تغذیه نامناسب می‌تواند بر کارکرد درست مغز از طریق تأثیر بر میزان ATP تولید شده، اثر منفی بگذارد. ویتامین B_2 (ریبوفلاوین) ویتامین B_3 (نیاسین) نیز در تنفس یاخته‌ای نقش کوآنزیمی دارند.

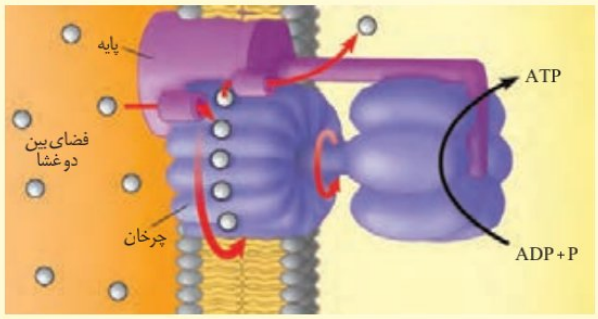
فعّالیت ۳

ارائه دهید

با استفاده از شکل ۹، به‌طور گروهی طرحی تصویری و نوشتاری از تنفس یاخته‌ای تولید و سعی کنید حداقل واژه‌ها را به‌کاربرید. هر گروه طرح خود را در کلاس ارائه دهد. این طرح را می‌توانید با استفاده از نرم‌افزارهای رایانه‌ای، نقاشی و به‌صورت‌های متفاوت تولید کنید.

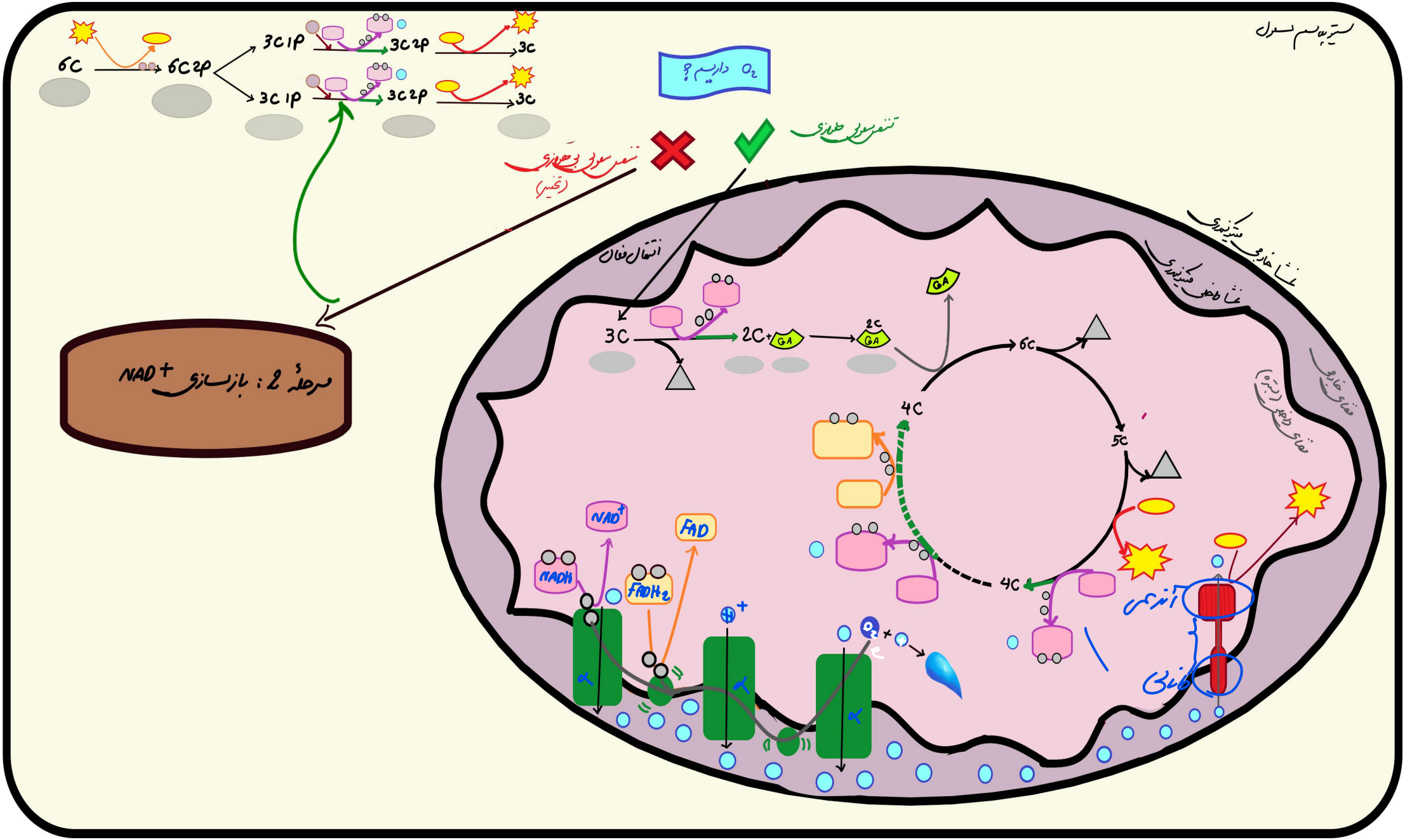
بیشتر بدانید

موتورچرخنده



آنزیم ATPساز درواقع مجموعه‌ای پروتئینی است که مانند یک موتورچرخنده عمل می‌کند. این موتور دارای پایه، قسمت چرخان و سر است. کانالی که پروتون‌ها می‌توانند از آن عبور کنند، در پایه قرار دارد و از دو نیمه تشکیل شده است. دونیمهٔ کانال رو به روی هم قرار ندارند. پروتون وارد یک نیمه کانال می‌شود و سپس از یک زیر واحد به زیر واحدی دیگر از بخش چرخنده متصل و به نیمهٔ دیگر کانال منتقل و باعث چرخش چرخنده می‌شود. این چرخش به سر، منتقل و سبب می‌شود که سر در وضعیت مناسب برای ساختن ATP قرارگیرد.

تنفس سلولی


6C
6C2P
3C1P
3C2P
3C
3C1P
3C2P
3C
O_2 داریم؟
تنفس سلولی بی‌هوازی (تخمیر)
تنفس سلولی هوازی
سیتوپلاسم سلول
انتقال فعال
3C
2C
GA
2C
GA
GA
6C
4C
5C
4C
NAD+
FAD
NADH
$FADH_2$
H^+
O_2
H_2O
مرحله 2: بازسازی NAD^+
فضای خارجی
فضای داخلی (بین دو غشا)
غشای داخلی
آندیمی
غشای خارجی
غشای داخلی میتوکندری

تنظیم تنفس یاخته‌ای: تولیدی اقتصادی

اندازه‌گیری‌های واقعی در شرایط بهینه آزمایشگاهی نشان می‌دهند که مقدار ATP تولید شده در ازای تجزیهٔ کامل گلوکز در بهترین شرایط در یاخته یوکاریوت، حداکثر ۳۰ ATP است. باید توجه داشت که تولید ATP در یاخته‌های متفاوت و متناسب با نیاز بدن فرق می‌کند. به نظر شما اگر مقدار ATP در یاخته زیاد باشد، واکنش‌های قندکافت و چرخهٔ کربس، به‌همان میزانی انجام می‌شوند که در شرایط کمبود ATP است؟ مشخص شده که تولید ATP تحت کنترل میزان ATP و ADP است. (اگر ATP زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در قندکافت و چرخهٔ کربس مهار می‌شوند تا تولید ATP کم شود.) در صورتی که مقدار ATP کم و ADP زیاد باشد، این آنزیم‌ها فعال و تولید ATP افزایش می‌یابد.) این تنظیم مانع از هدر رفتن منابع می‌شود.

یاخته‌های بدن ما به‌طور معمول از گلوکز و ذخیرهٔ قندی کبد برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند. درصورتی که این منابع کافی نباشند، آنها برای تولید ATP به سراغ تجزیهٔ چربی‌ها و پروتئین‌ها می‌روند. به همین علت تحلیل و ضعیف شدن ماهیچه‌های اسکلتی و سیستم ایمنی از عوارض سوء تغذیه و فقر غذایی شدید و طولانی‌مدت در افرادی است که رژیم غذایی نامناسب دارند یا اینکه به دلایل متفاوت غذای کافی دراختیار ندارند.

بیشتر بدانید

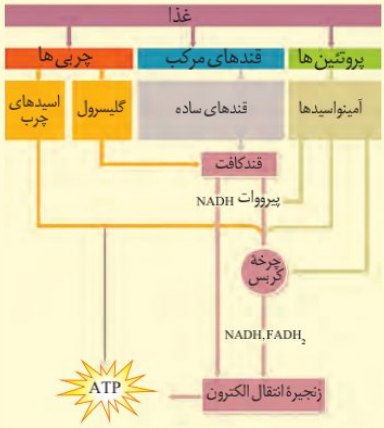
انرژی در دسترس

مقدار انرژی آزاد شده از اکسایش گلوکز در آزمایشگاه در شرایط استاندارد ۶۸۶ Kcal/mol است. اگر در تنفس یاخته‌ای از یک مولکول گلوکز ۳۰ ATP تولید شود، با توجه به اینکه هر ATP حدود ۷٫۳ Kcal/mol انرژی دارد، بنابراین بازده فرایند تنفس حدود ۳۲ درصد خواهد بود که بسیار بیشتر از دستگاه‌های ساخت بشر است که در آنها تبدیل انرژی صورت می‌گیرد.

بیشتر بدانید

اگر کربوهیدرات‌ها کافی نباشند

پروتئین‌ها و چربی‌ها نیز برای تأمین انرژی به کار می‌روند. چربی‌ها به اسیدهای چرب و گلیسرول تجزیه می‌شوند. پروتئین‌ها نیز به آمینواسیدها تجزیه می‌شوند و در مراحل متفاوت تنفس هوازی به کار می‌روند.



بیشتر بدانید

ATP بیشتر

باکتری‌ها راکیزه ندارند؛ درنتیجه قندکافت و چرخهٔ کربس در سیتوپلاسم باکتری‌های هوازی انجام می‌شوند. بنابراین به ازای اکسایش هر مولکول گلوکز در تنفس یاخته‌ای در باکتری‌ها تا ۳۲ ATP ممکن است تولید شود.

فعالیت ۴

گفت‌وگو کنید

شاید دیده باشید که در دانه‌های خشک و بدون آب مانند نخود و لوبیا، حشرات و لارو آنها رشد ونمو می‌کند. با توجه به اینکه این دانه‌ها خشک‌اند و تقریباً آبی ندارند، آب مورد نیاز این جانوران چگونه تأمین می‌شود؟

CamScanner

گفتار ۳ زیستن مستقل از اکسیژن

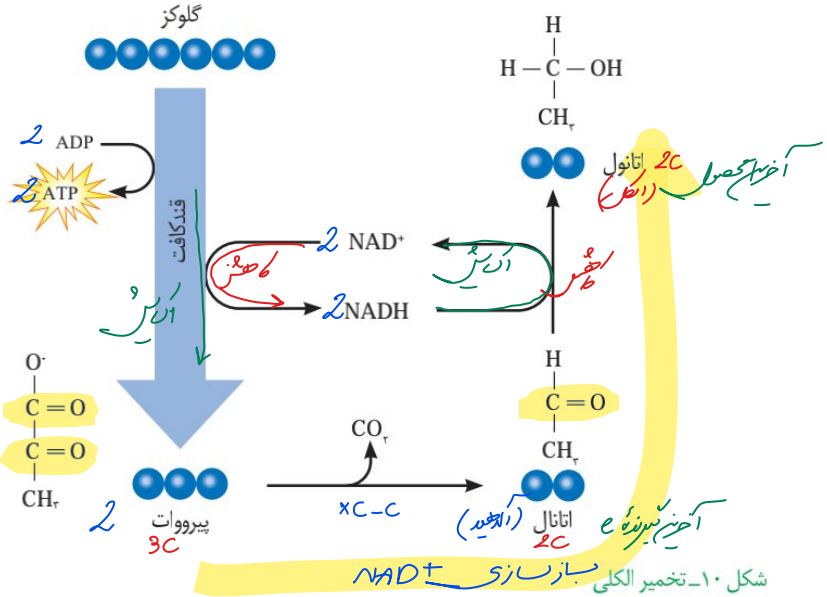
تخمیر

دیدیم که در تنفس یاخته‌ای، اکسیژن گیرندهٔ نهایی الکترون است. آیا تجزیهٔ گلوکز و تأمین انرژی، همیشه وابسته به حضور اکسیژن است؟ آیا در محیط‌هایی که اکسیژن ندارند یا اکسیژن اندکی دارند، حیات وجود ندارد؟ در این صورت ATP مورد نیاز چگونه تأمین می‌شود؟

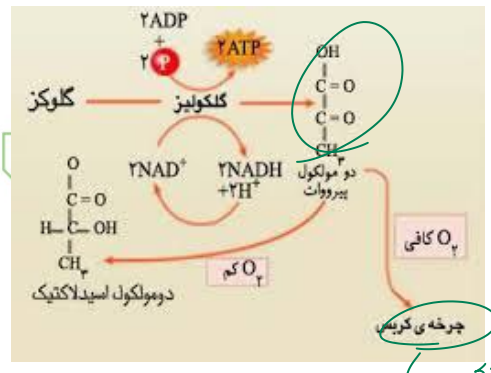
تخمیر از روش‌های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است که در انواعی از جانداران رخ می‌دهد. در فرایند تخمیر، راکیزه و در نتیجه زنجیرهٔ انتقال الکترون نقشی ندارند. **تخمیر الکلی** و **تخمیر لاکتیکی** انواعی از تخمیرند که در صنایع متفاوت از آنها بهره می‌بریم.

تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوازی با قندکافت آغاز می‌شوند و پیرووات ایجاد می‌کنند؛ در قندکافت دیدیم که تشکیل پیرووات از قند فسفاته همراه با ایجاد NADH از NAD^+ است؛ بنابراین برای تداوم قندکافت، NAD^+ ضروری است و اگر نباشد قندکافت متوقف می‌شود و در نتیجه تخمیر انجام نمی‌شود. در تخمیر، مولکول‌هایی ایجاد می‌شوند که در فرایند تشکیل آنها NAD^+ به وجود می‌آید. در ادامه با این دو نوع تخمیر بیشتر آشنا می‌شویم.

تخمیر الکلی: ورآمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است. شکل ۱۰ طرح ساده‌ای از مراحل این نوع تخمیر را نشان می‌دهد. در این فرایند، پیرووات حاصل از قندکافت با از دست دادن CO_2، به اتانال تبدیل می‌شود. اتانال با گرفتن الکترون‌های NADH اتانول ایجاد می‌کند.



شکل ۱۰ـ تخمیر الکلی



بیشتر بدانید

تخمیر الکلی در پخت نان

Saccharomyces cervisiae قارچی تک یاخته‌ای است که نشاسته را تجزیه می‌کند. در فرایند تولید نان، این قارچ به خمیر اضافه و خمیر در شرایط مناسب نگه‌داری می‌شود. CO_2 حاصل از تخمیر الکلی در خمیر حباب‌هایی ایجاد می‌کند که سبب **ورآمدن** یا **رسیدن خمیر** و در نتیجه تردی نان می‌شود. اتانول تولید شده در خمیر بر اثر حرارت، تبخیر می‌شود. قارچ، راکیزه دارد، اما می‌تواند به‌روش تخمیر انرژی مورد نیاز خود را تأمین کند.

طرح پرسش از فرمول ساختاری مواد شیمیایی در همهٔ آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

CamScanner

تخمیر ← گلیکولیز ← اسیدپیروویک ← تولید 2ATP
تولید 2NADH

بازسازی NAD^+ لاکتیک

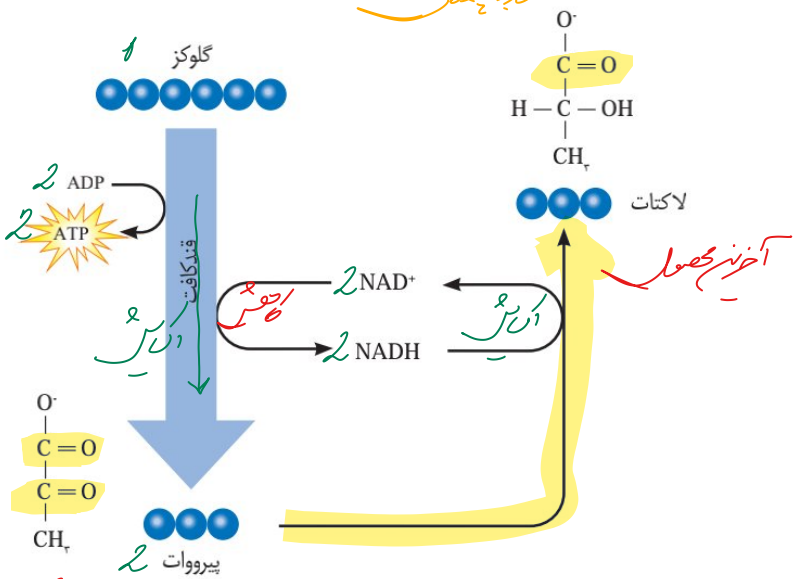
بازسازی NAD^+ ← در تخمیر الکلی ← 2 مرحله‌ای
در تخمیر لاکتیک ← 1 مرحله‌ای

تخمیر الکلی ← 3 مرحله‌ای

تخمیر لاکتیک ← 2 مرحله‌ای

تخمیر لاکتیکی: در سال گذشته خواندید، ماهیچه‌های اسکلتی برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند و اگر اکسیژن کافی نباشد، لاکتات در ماهیچه‌ها تجمع می‌یابد. اما لاکتات با چه سازوکاری ایجاد می‌شود؟

فعالیت شدید ماهیچه‌ها به اکسیژن فراوان نیاز دارد. اگر اکسیژن کافی نباشد، پیروات حاصل از قندکافت وارد راکیزه‌ها نمی‌شود، بلکه با گرفتن الکترون‌های NADH به لاکتات تبدیل می‌شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ـ تخمیر لاکتیکی. علت ترش شدن شیر، لاکتیک اسید است.

طرح پرسش از فرمول ساختاری مواد شیمیایی در همهٔ آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

انواعی از باکتری‌ها تخمیر لاکتیکی را انجام می‌دهند. بعضی از این باکتری‌ها، مانند آنچه در ترش شدن شیر رخ می‌دهد، سبب فساد غذا می‌شوند؛ اما انواعی از آن‌ها در تولید فراورده‌های غذایی به‌کار می‌روند. تخمیر لاکتیکی در تولید فراورده‌های شیری و خوراکی‌هایی مانند خیارشور نقش دارد.

تخمیر در گیاهان: گیاهانی که به طور طبیعی در شرایط غرقابی رشد می‌کنند، سازوکارهایی برای تأمین اکسیژن مورد نیاز دارند. تشکیل بافت پارانشیمی (نرم‌آکنه‌ای) هوادار در گیاهان آبزی و شش‌ریشه در درخت حَرَا از سازوکارهایی است که قبلاً با آن آشنا شده‌اید.

به هر حال، اگر اکسیژن به هر علتی در محیط نباشد یا کم باشد، تخمیر انجام می‌شود) هر دو نوع تخمیر الکلی و لاکتیکی در گیاهان وجود دارد. توجه داشته باشید که تجمع الکل یا لاکتیک اسید در یاخته گیاهی به مرگ آن می‌انجامد، بنابراین باید از یاخته‌ها دور شوند.

سلامت بدن: پاداکسنده‌ها

در درس شیمی آموختید رادیکال‌های آزاد به علت داشتن الکترون‌های جفت نشده در ساختار خود، واکنش‌پذیری بالایی دارند و می‌توانند در واکنش با مولکول‌های تشکیل دهندهٔ بافت‌های بدن، به آن‌ها آسیب برسانند. امکان تشکیل رادیکال آزاد از اکسیژن در فرایند تنفس هوازی، وجود دارد. اما چگونه؟

دیدیم اکسیژن با پذیرش الکترون در پایان زنجیرهٔ انتقال الکترون، به یون اکسید (O^{2-}) تبدیل می‌شود. یون‌های اکسید با یون‌های هیدروژن (H^+) ترکیب می‌شوند و در نتیجه مولکول آب به‌وجود می‌آید اما گاه پیش می‌آید که درصدی از اکسیژن‌ها وارد واکنش تشکیل آب نمی‌شوند، بلکه به‌صورت رادیکال آزاد در می‌آیند. رادیکال‌های آزاد از عوامل ایجاد سرطان‌اند.

راکیزه‌ها برای مقابله با اثر سمی رادیکال‌های آزاد، به ترکیبات پاداکسنده وابسته‌اند. بارها شنیده‌اید که خوردن میوه‌ها و سبزیجات در حفظ سلامت بدن نقش دارند. این موادغذایی دارای پاداکسنده‌هایی مانند کاروتنوئیدها هستند. پاداکسنده‌ها در واکنش با رادیکال‌های آزاد مانع از اثر تخریبی آنها بر مولکول‌های زیستی و درنتیجه تخریب بافت‌های بدن می‌شوند.

تجمع رادیکال‌های آزاد: آیا مبارزه با رادیکال‌های آزاد در راکیزه‌ها همیشه با موفقیت انجام می‌شود؟ اگر به هر علت سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از سرعت مبارزه با آنها بیشتر باشد، چه اتفاقی را پیش‌بینی می‌کنید؟

مشخص است که در چنین شرایطی، رادیکال‌های آزاد در راکیزه تجمع می‌یابند و آن را تخریب می‌کنند؛ در نتیجه، یاخته هم تخریب می‌شود. رادیکال‌های آزاد برای جبران کمبود الکترون، خود به مولکول‌های سازندهٔ یاخته و اجزای آن، حمله می‌کنند و باعث تخریب آنها می‌شوند.

عوامل فراوانی می‌توانند، راکیزه را در مبارزه با رادیکال‌های آزاد با مشکل روبه‌رو کنند؛ مثلاً الکل و انواعی از نقص‌های ژنی در عملکرد راکیزه در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد مشکل ایجاد می‌کنند.

اثر الکل: مطالعات نشان می‌دهد که الکل سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد و مانع از عملکرد راکیزه در جهت کاهش آنها می‌شود. رادیکال‌های آزاد با حمله به DNA راکیزه، سبب تخریب راکیزه و در نتیجه مرگ یاخته‌های کبدی و بافت مردگی (نکروز) کبد می‌شوند. به همین علت اختلال در کار کبد و ازکار افتادن آن از شایع‌ترین عوارض نوشیدن مشروبات الکلی است.

نقص ژنی: گاه نقص در ژن‌های مربوط به پروتئین‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون، به ساخته شدن پروتئین‌های معیوب می‌انجامد. راکیزه‌ای که این پروتئین‌های معیوب را داشته باشد در مبارزه با رادیکال‌های آزاد، عملکرد مناسبی ندارد.

بیشتر بدانید

تنفس یاخته‌ای بی هوازی

انواعی از باکتری‌ها وجود دارند که می‌توانند در محیط‌های بدون اکسیژن زندگی کنند. این جانداران انرژی موردنیاز خود را از طریق تنفس یاخته‌ای بی هوازی به‌دست می‌آورند. گیرندهٔ نهایی الکترون در این باکتری‌ها اکسیژن نیست، بلکه ماده‌ای معدنی مانند سولفات است.

بیشتر بدانید

سلاح شیمیایی

دولت بعث عراق در جنگ هشت ساله علیه ایران بمب‌های شیمیایی دارای هیدروژن سیانید را به کار برد. هیدروژن سیانید با توقف زنجیرهٔ انتقال الکترون در راکیزه سبب مرگ افراد با حالتی شبیه خفگی می‌شود.

دور کردن افراد از محل حادثه، استفاده از ماسک اکسیژن و تنفس مصنوعی از اقدامات مؤثر در نجات جان این افراد است.

✓ مواد رنگی گیاهان ← عمدتاً آنتی ایندان هستند.

✓ همه آنتی ایندان رنگیزه نیستند، اما همه رنگیزه‌ها، آنتی ایندان هستند.

مواد رنگی ≠ رنگدانه ≠ رنگیزه ≠ آنتی ایندان

- مواد رنگی در سبزیجات، میوه‌ها و جانوری، .....
- رنگدانه در سبزیجات غیر گیاهی باعث ایجاد رنگ می‌شود. Ex: میوگلوبین، هموگلوبین
- رنگیزه در سبزیجات گیاهی: مواد رنگی در سبزیجات گیاهی که طول موج مشخصی از نور خورشید را جذب می‌کنند باعث ایجاد رنگ می‌شود. Ex ← هورمون‌ها، کاروتنوئیدها

مواد رنگی گیاهان / آنتی ایندان ← هورمون‌ها + کاروتنوئیدها + آنتوسیانین ← رنگیزه هستند

- هورمون‌ها: فعال: در هورمون‌ها — وظیفه: فتوسنتز — رنگ سبز
- کاروتنوئیدها: فعال: هورمون‌ها، کاروتنوئیدها — وظیفه: فتوسنتز، ایجاد رنگ در بخش‌های غیر فتوسنتز کننده — رنگ زرد، قرمز و نارنجی
- آنتوسیانین: فعال: آنتی اکسیدانی — وظیفه: ایجاد رنگ سبز در PH های مختلف — رنگ بنفش

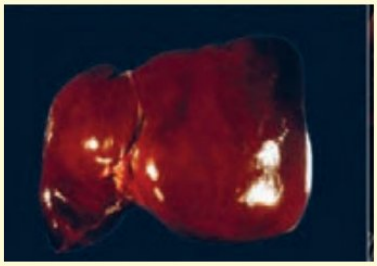
توقف انتقال الکترون: مواد سمی فراوانی وجود دارند که با مهار یک یا تعدادی از واکنش‌های تنفس هوازی، سبب توقف تنفس یاخته و مرگ می‌شوند. **سیانید** یکی از این ترکیب‌هاست که واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترون‌ها به O_2 را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می‌شود.

از زیست‌شناسی سال دهم نیز به یاد دارید که گاز کربن مونواکسید با اتصال به هموگلوبین، مانع از اتصال اکسیژن به آن می‌شود و چون به آسانی از هموگلوبین جدا نمی‌شود، ظرفیت حمل اکسیژن در خون را کاهش می‌دهد. این عملکرد مونواکسیدکربن، در واقع در انجام تنفس یاخته‌ای اختلال ایجاد می‌کند. مونواکسید کربن به شکل دیگری نیز بر تنفس یاخته‌ای اثر می‌گذارد؛ این گاز سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به اکسیژن می‌شود. دود خارج شده از خودروها و سیگار، از منابع دیگر تولید مونواکسیدکربن‌اند.

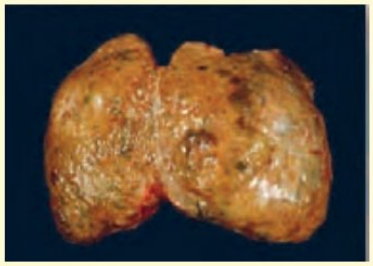
بیشتر بدانید

الکل و سرطان کبد

اثر منفی دیگر الکل بر کبد، به تجزیهٔ چربی‌ها در کبد مربوط می‌شود. سیروز کبدی از عوارض مصرف درازمدت الکل است. این وضعیت به علت اثر منفی الکل بر تجزیهٔ چربی‌ها ایجاد می‌شود. در این بیماری، چربی در یاخته‌های کبدی افراد الکلی تجمع می‌یابد. تجمع چربی مانع از عملکرد درست کبد می‌شود. سیروز کبدی احتمال ابتلا به سرطان کبد را افزایش می‌دهد.

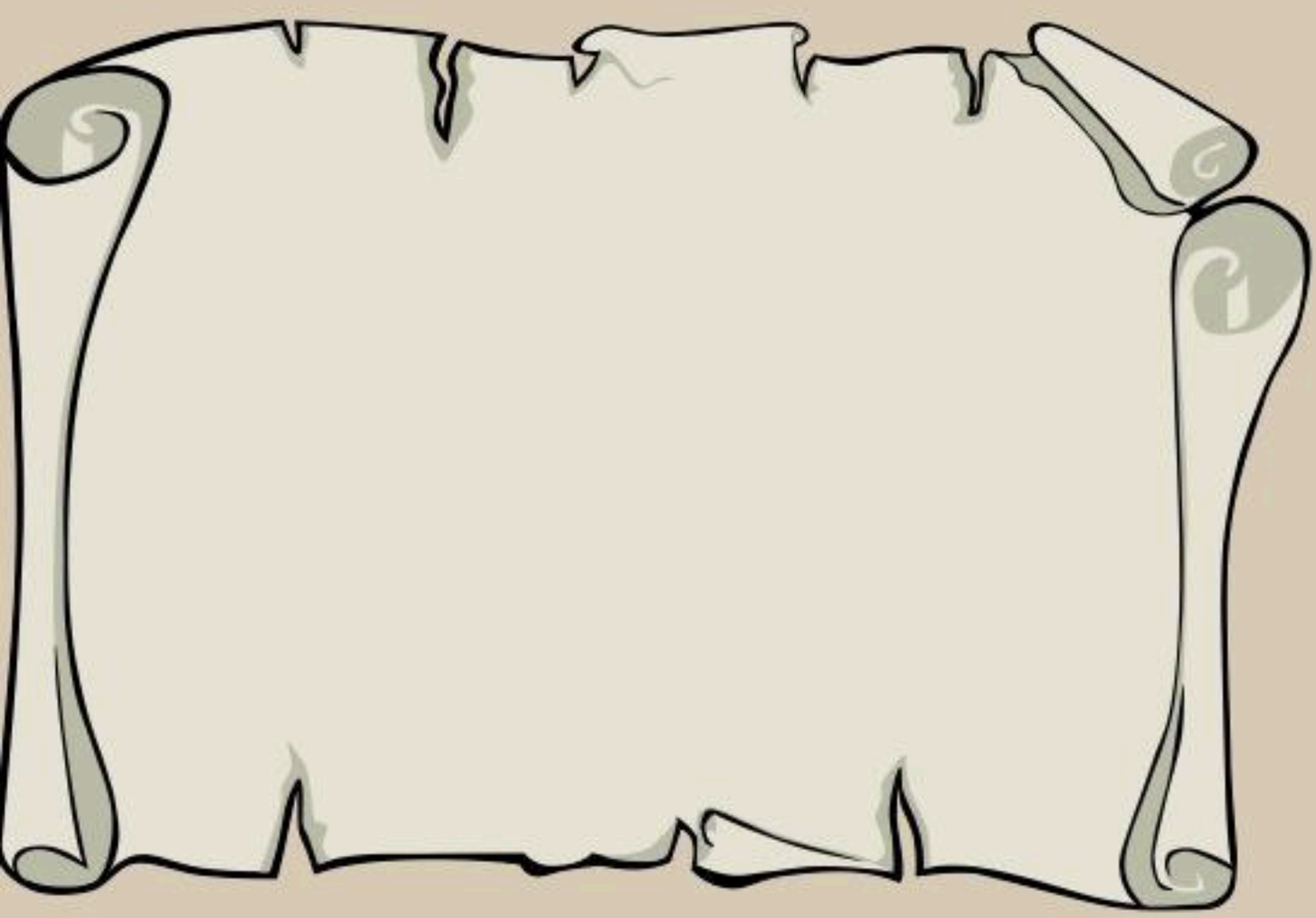


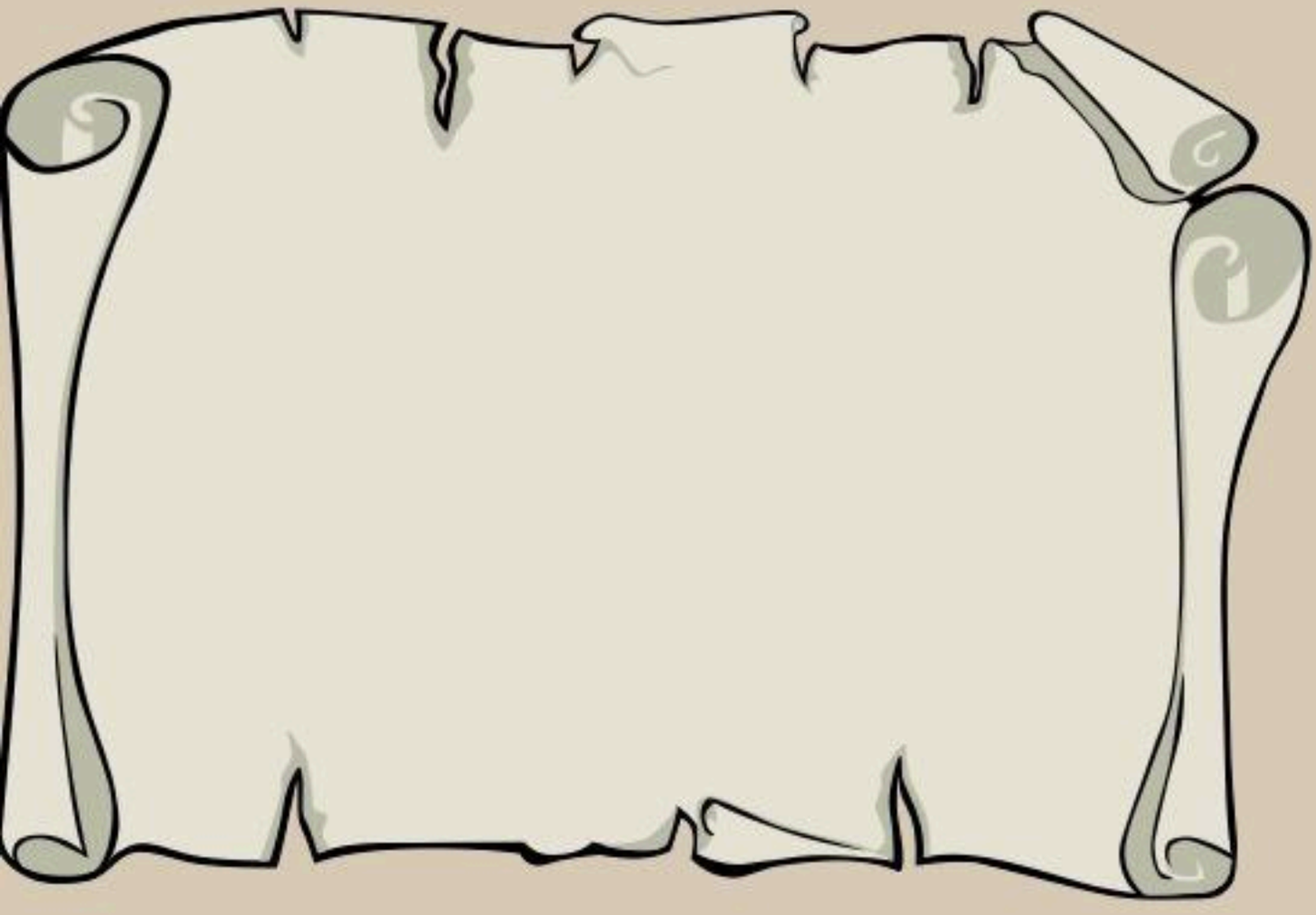
کبد سالم



کبد سیروزی

CamScanner





زرافه ← جانور گیاهخوار

واکنش تنفس سلولی هوازی

پیش ماده ها (۹ عدد - ۴ نوع)

فراورده ها (۱۳ عدد - ۳ نوع)

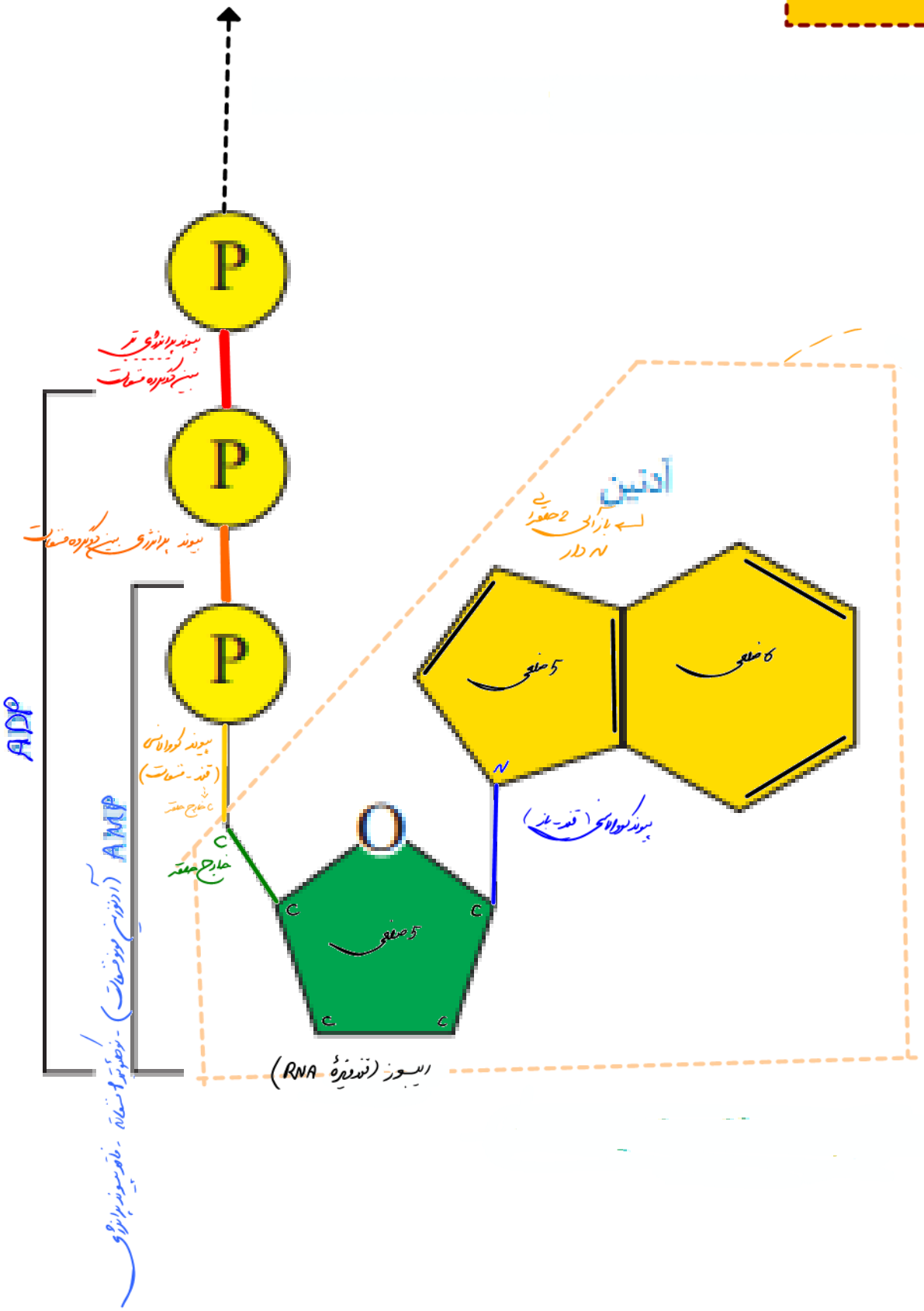
$$\underline{1}C_6H_{12}O_6 + \underline{6}O_2 + \underline{1}ADP + \underline{1}P(\text{فسفات}) \longrightarrow \underline{6}CO_2 + \underline{6}H_2O + \underline{1}ATP$$

- $\underline{1}C_6H_{12}O_6$: آلی — «گلوکز»
  - سوخت رایج سلول *
  - ✓ منبع C است
  - ✓ منبع اصلی e در تنفس سلولی
  - ✓ مولکول کامل 6C
  - ✓ تأمین از طریق تغذیه
  - ✓ در جانورانی که عمدتاً در شکار توانایی (در جانورانی که قوی‌تر، مولکول‌های تولید محصول قوی‌تر و بلند)
- $\underline{6}O_2$: معدنی — «اکسیژن»
  - ✓ دومین الکترون پذیر (2 اتم)
  - ✓ لازمهٔ تنفس سلولی هوازی
  - ✓ تأمین از طریق تنفس
  - ✓ بیشترین پیش ماده
- $\underline{1}ADP$: آلی — «آدنوزین دی فسفات»
  - ✓ نوعی نوکلئوتید (بیوزدار و ATP)
  - ✓ نوعی نوکلئوتید 2 فسفاته
  - ✓ نوعی نوکلئوتید مصرف کننده تنفس سلولی
- $\underline{1}P$(فسفات): معدنی — «PO_4^{3-}»
  - ✓ گروه فسفات
  - ✓ یون دار (-۳)
- $\underline{6}CO_2$: معدنی — «کربن دی اکسید»
  - ✓ محصول دفع تنفس سلولی
  - ✓ جهت جلوگیری از کاهش PH محیط باید از طریق بازدم دفع شود.
- $\underline{6}H_2O$: معدنی — «آب»
  - ✓ محصول جانبی تنفس سلولی
- $\underline{1}ATP$: آلی — «آدنوزین تری فسفات»
  - ✓ نوکلئوتید سه فسفاته
  - ✓ نوکلئوتید تولید در تنفس سلولی
  - ✓ انرژی مصرفی سلول
  - ✓ کمترین محصول
  - ✓ محصول اصلی

« از نظر جابجایی e در تنفس سلولی »

ساختمان مولکول ATP

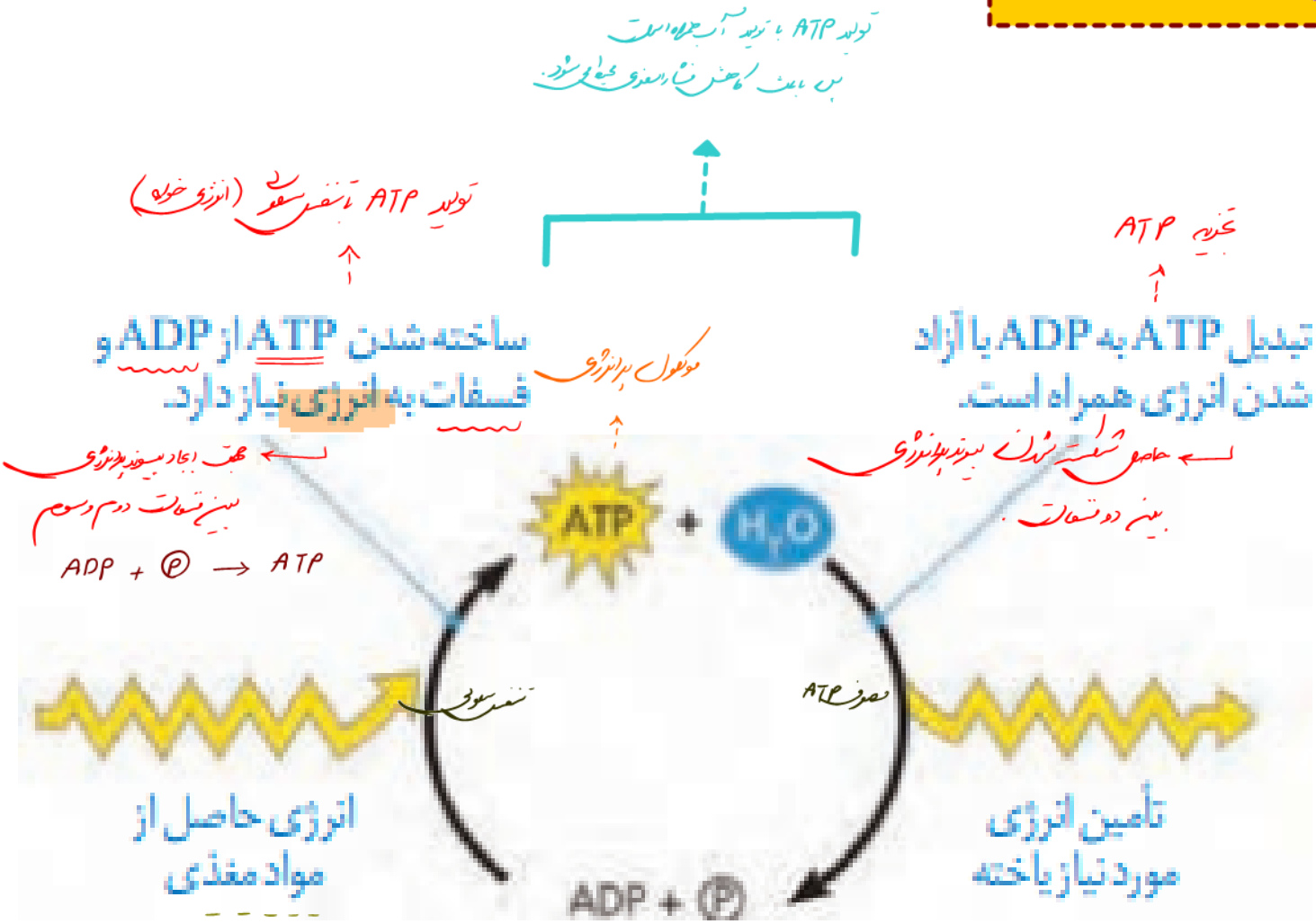
فسفر ≠ Ⓟ = گروه فسفات = PO_4^{3-}



آدنوزین

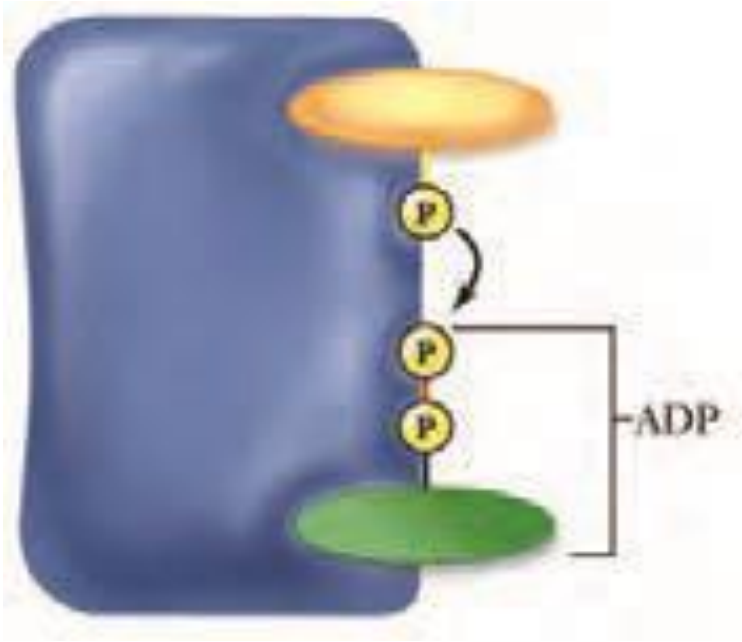
آدنوزین مونوفسفات - نوکلئوتید تک فسفاته - ماده سازنده پرانرژی

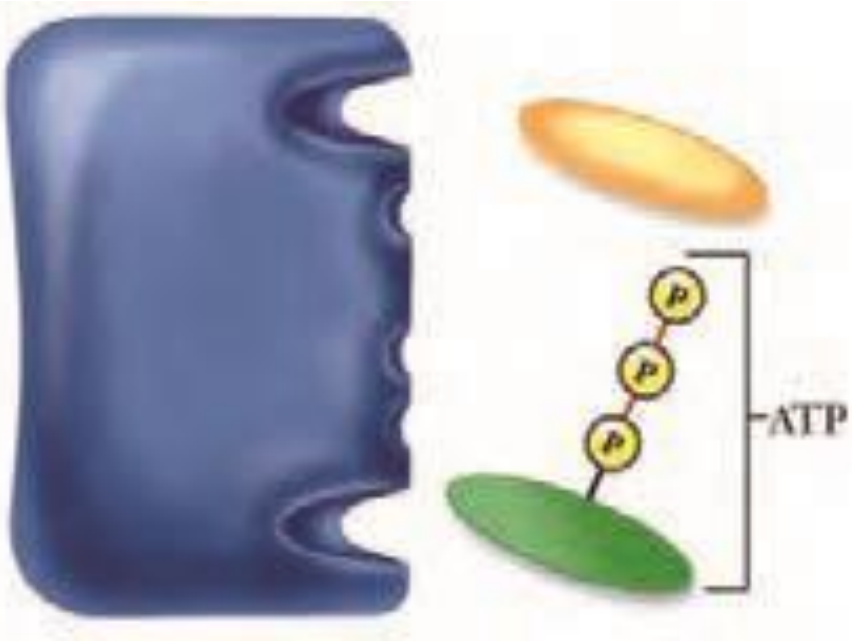
تبدیل ADP و ATP به یکدیگر



شکل ۲ــ تبدیل ADP و ATP به یکدیگر

ساخته شدن ATP در سطح سلول





$$CP + ADP \longrightarrow C + ATP$$

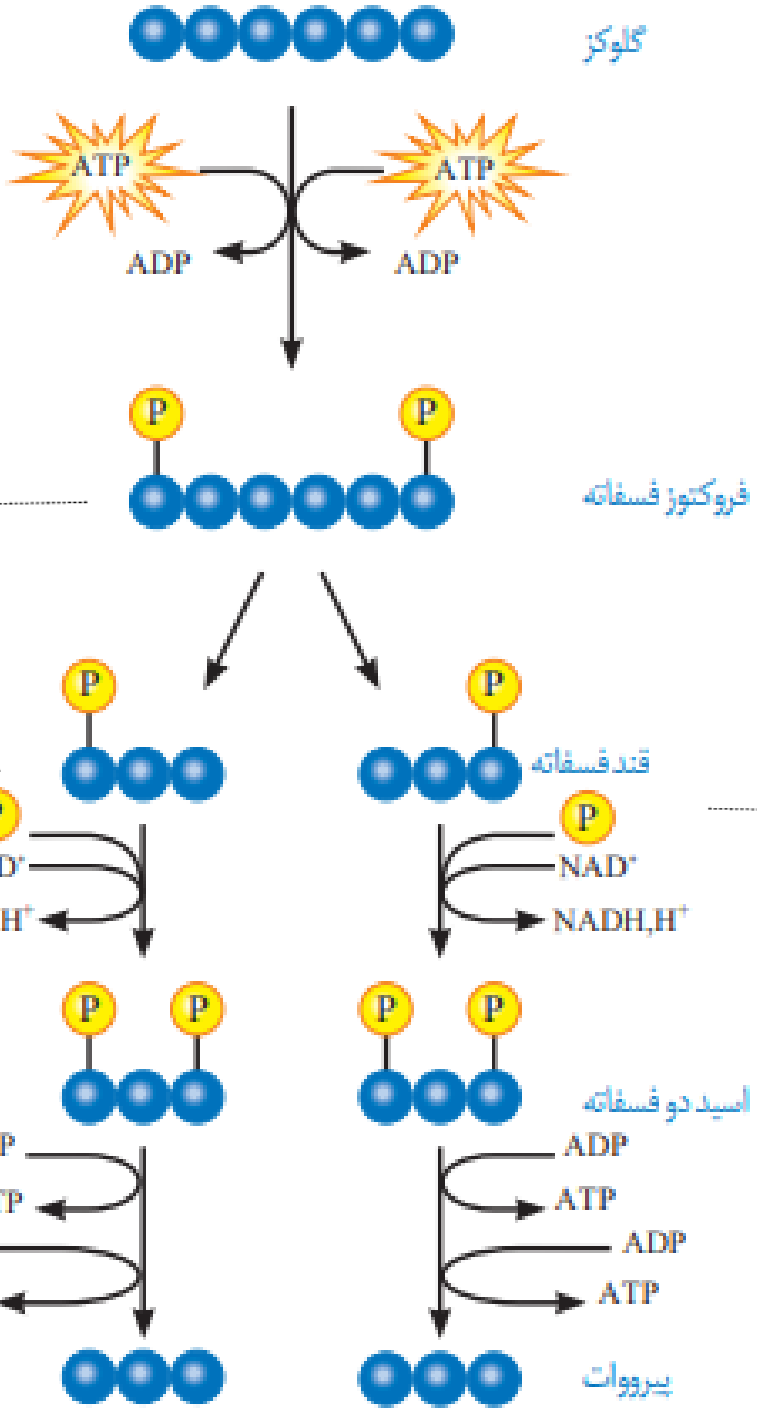
مراحل گلیکولیز

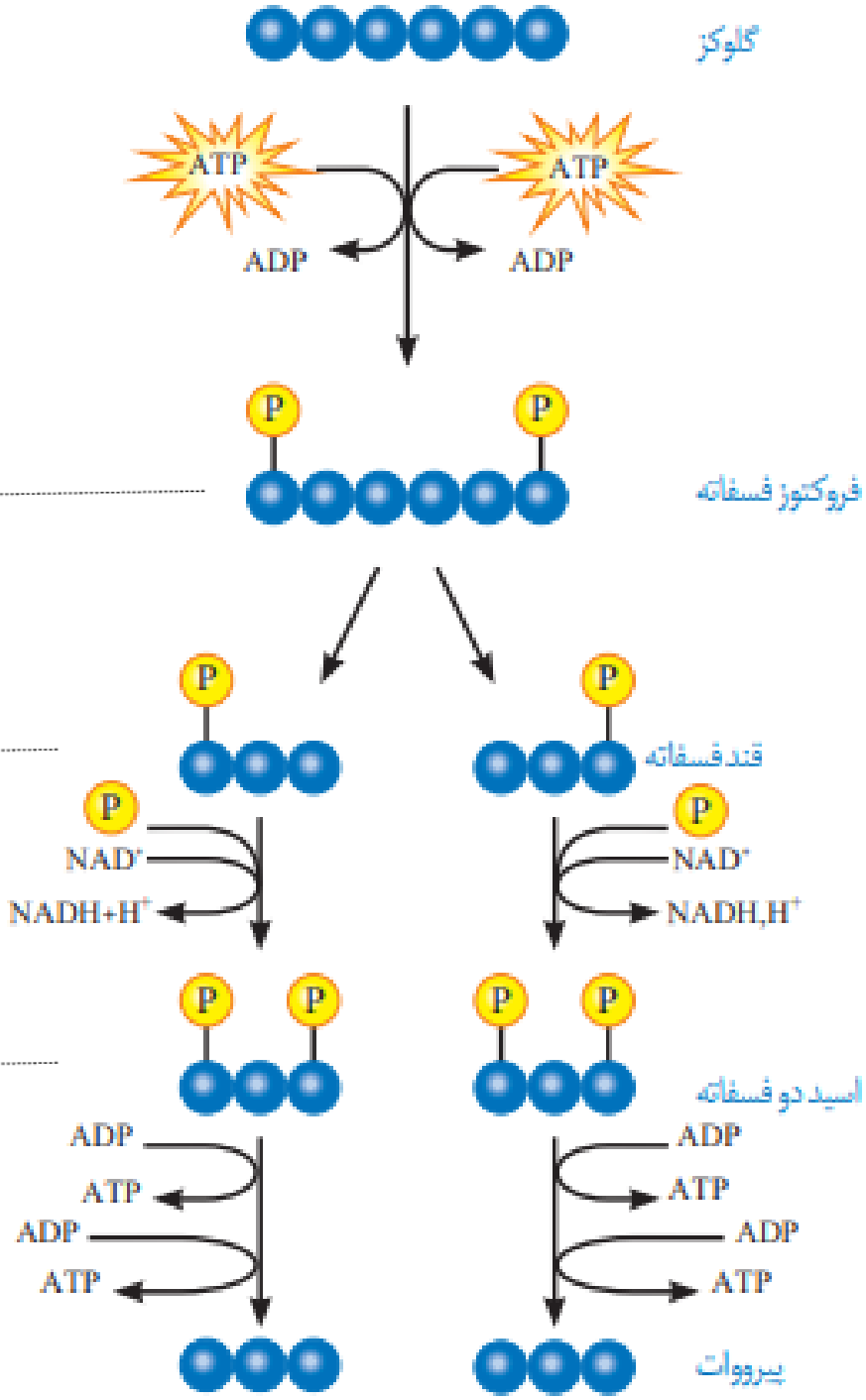
انرژی خواه

بدون اکسیژن

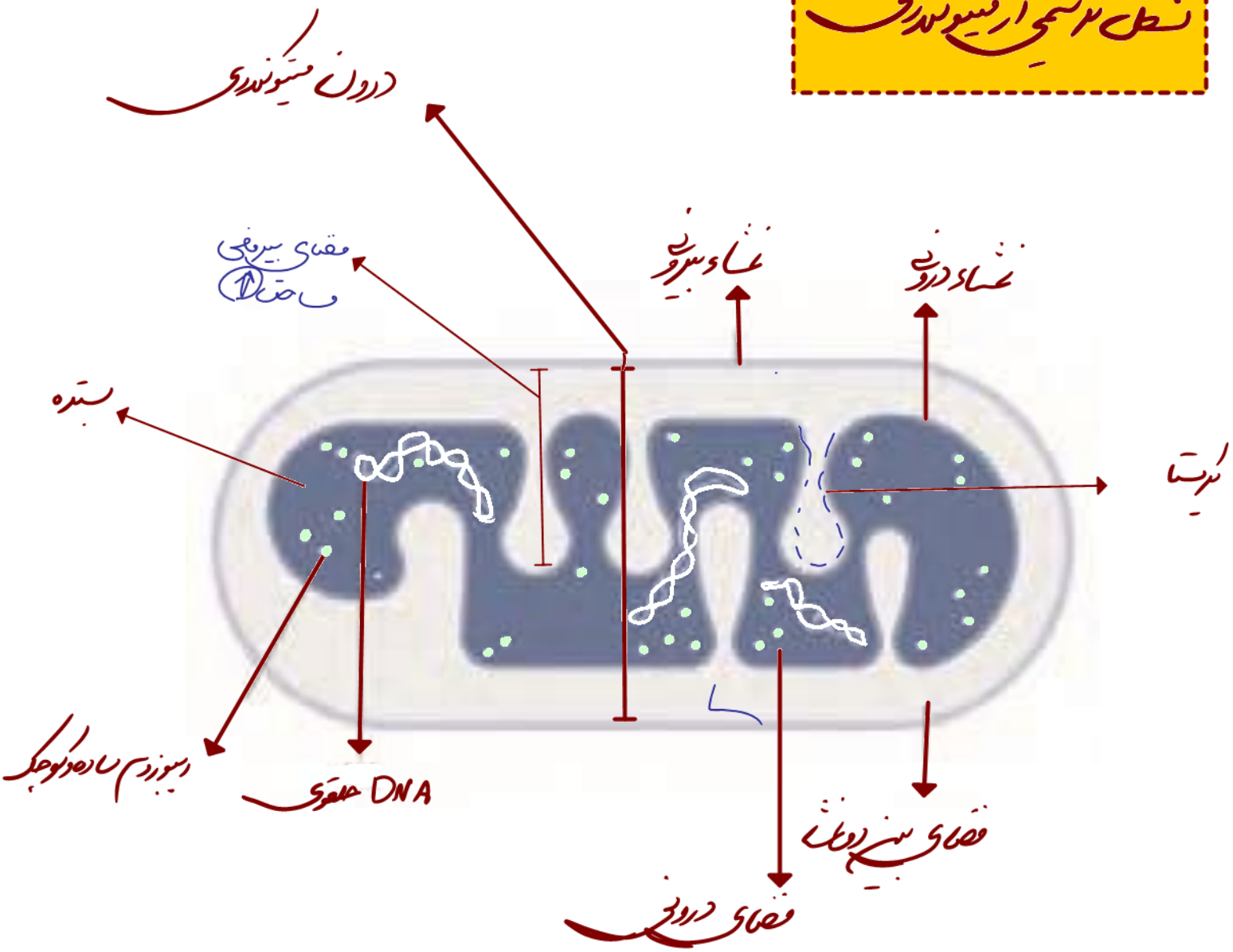
دارای پتانسیل

انرژی زا

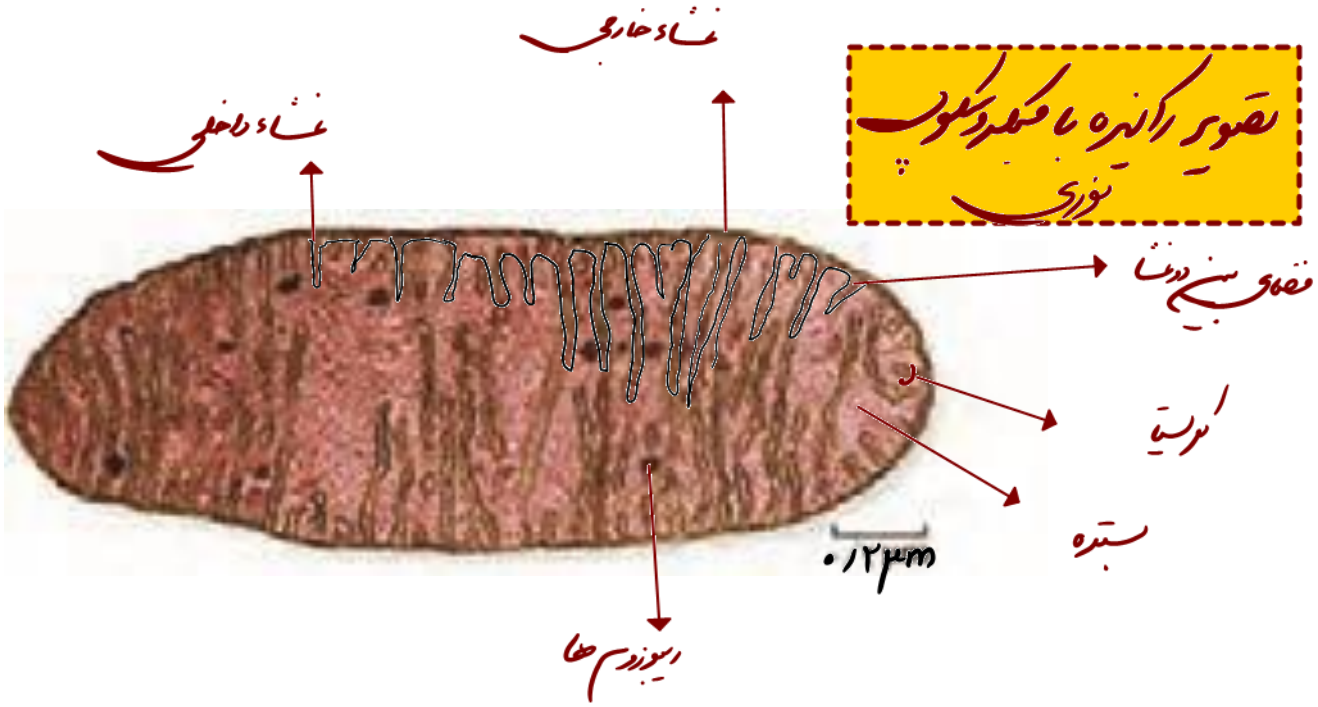



گلوکز
ATP
ATP
ADP
ADP
P
P
فروکتوز فسفاته
قند فسفاته
NAD+
NADH+H+
NAD+
NADH,H+
اسید دو فسفاته
ADP
ATP
ADP
ATP
ADP
ATP
ADP
ATP
پیرووات

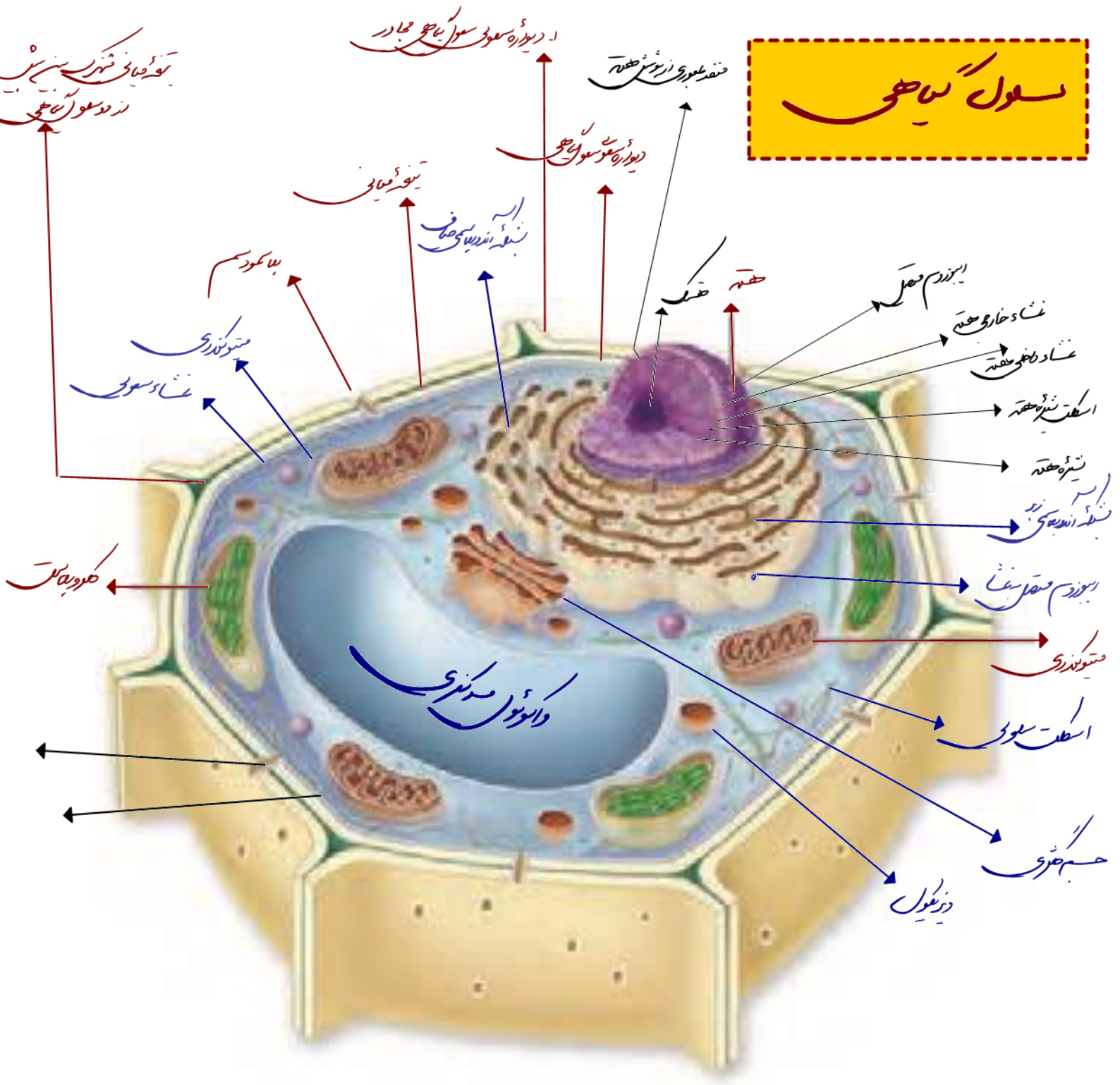
نقطه ترسیمی از میتوکندری

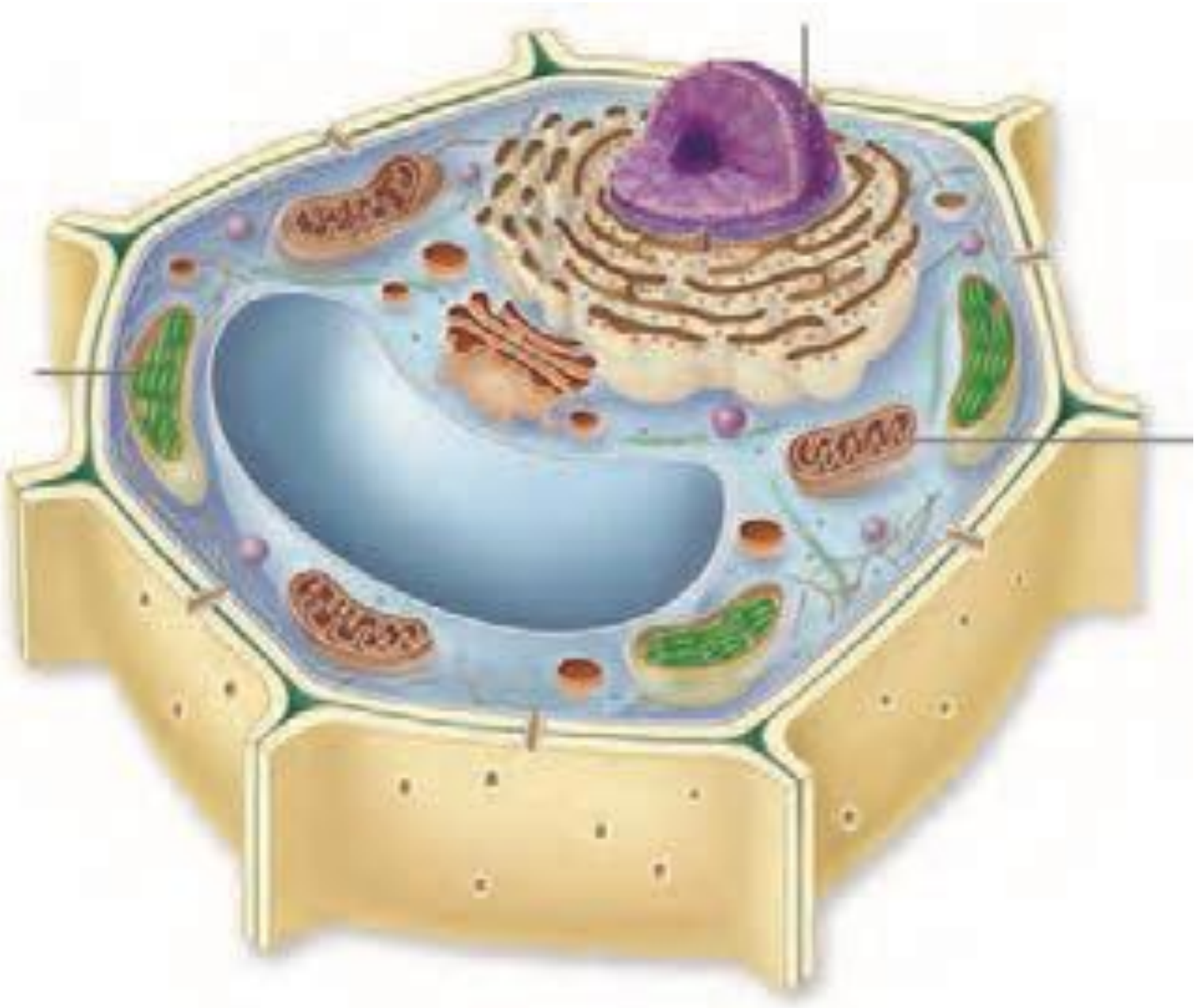


تصویر رگنیزه با میکروسکوپ نوری



سلول گیاهی


دیوارهٔ سلولی سلول گیاهی مجاور
منفذ سلولی (پلاسمودسم)
دیوارهٔ سلولی سلول گیاهی
لایهٔ میانی
لایهٔ اندودهٔ سیمی
هسته
هسته‌ک
لایهٔ میانی مشترک بین دو سلول گیاهی
پلاسمودسم
میتوکندری
غشاء سلولی
لایهٔ اندودهٔ سیمی
غشاء خارجی هسته
غشاء داخلی هسته
اسکلت تنرهٔ هسته
تنرهٔ هسته
لایهٔ اندودهٔ سیمی
ریبوزوم متصل
میتوکندری
اسکلت سلولی
جسم گلژی
دیکتیوزوم
کلروپلاست
واکوئل مرکزی



اکسایش پیروات و تشکیل استیل کوآنزیم A

مکان: بافت بستره

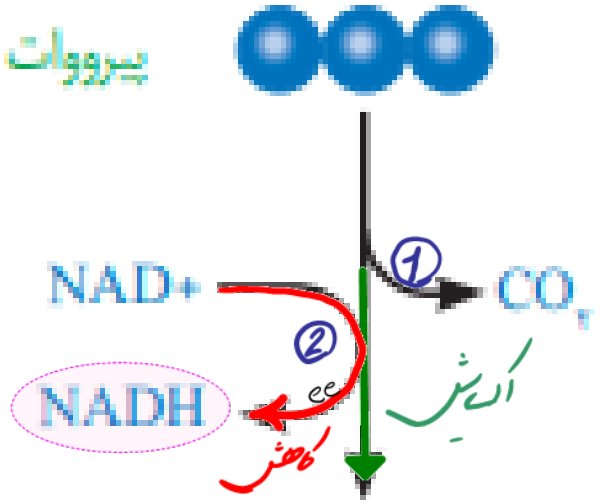
* بدون فرآیند جمع‌آوری

* با این فرآیند رخ می‌دهد.

ورود

خروج

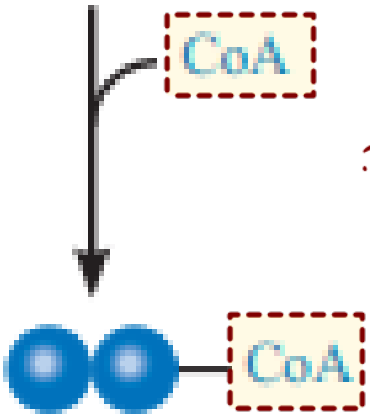
* پیروات ابتدا 3C با آزاد شدن CO_2 از دست می‌دهد و به اکسایش می‌یابد *



شکستن یک پیوند C-C

استیل

ساختار 2C (محصول اکسایش پیروات)



یک مادهٔ آلی دگک کننده است که به بنیان استیل متصل می‌شود و به جلوگیری کمک می‌کند.

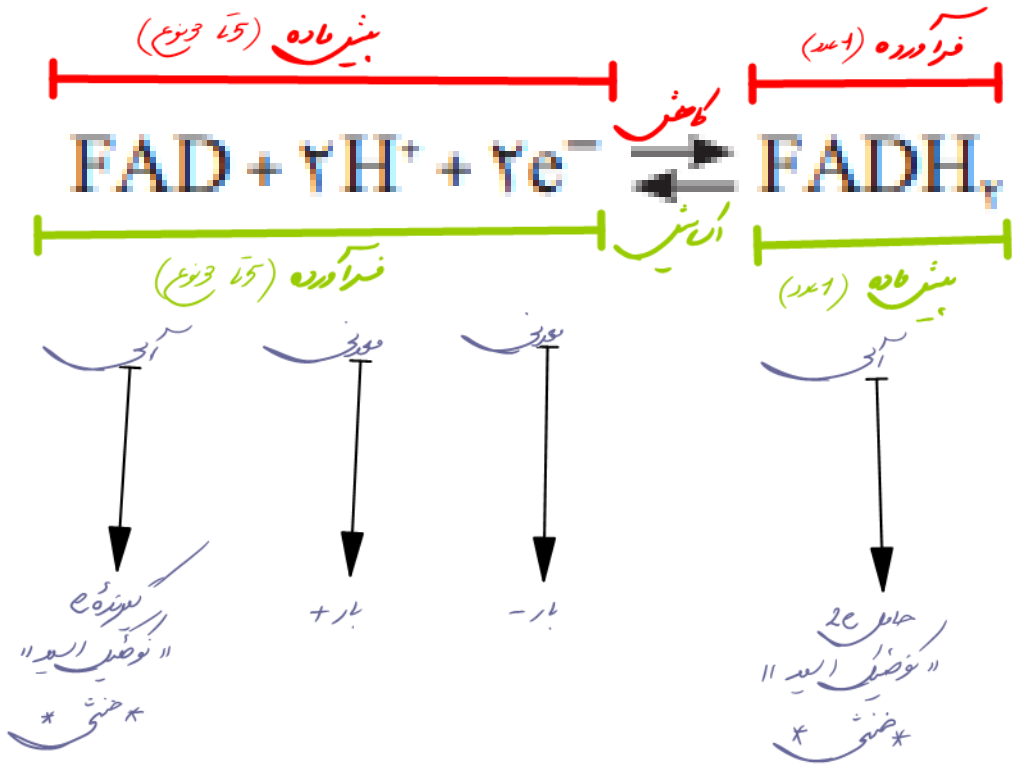
استیل کوآنزیم A

* ایجاد اتصال موقت بین استیل 2C و CoA *

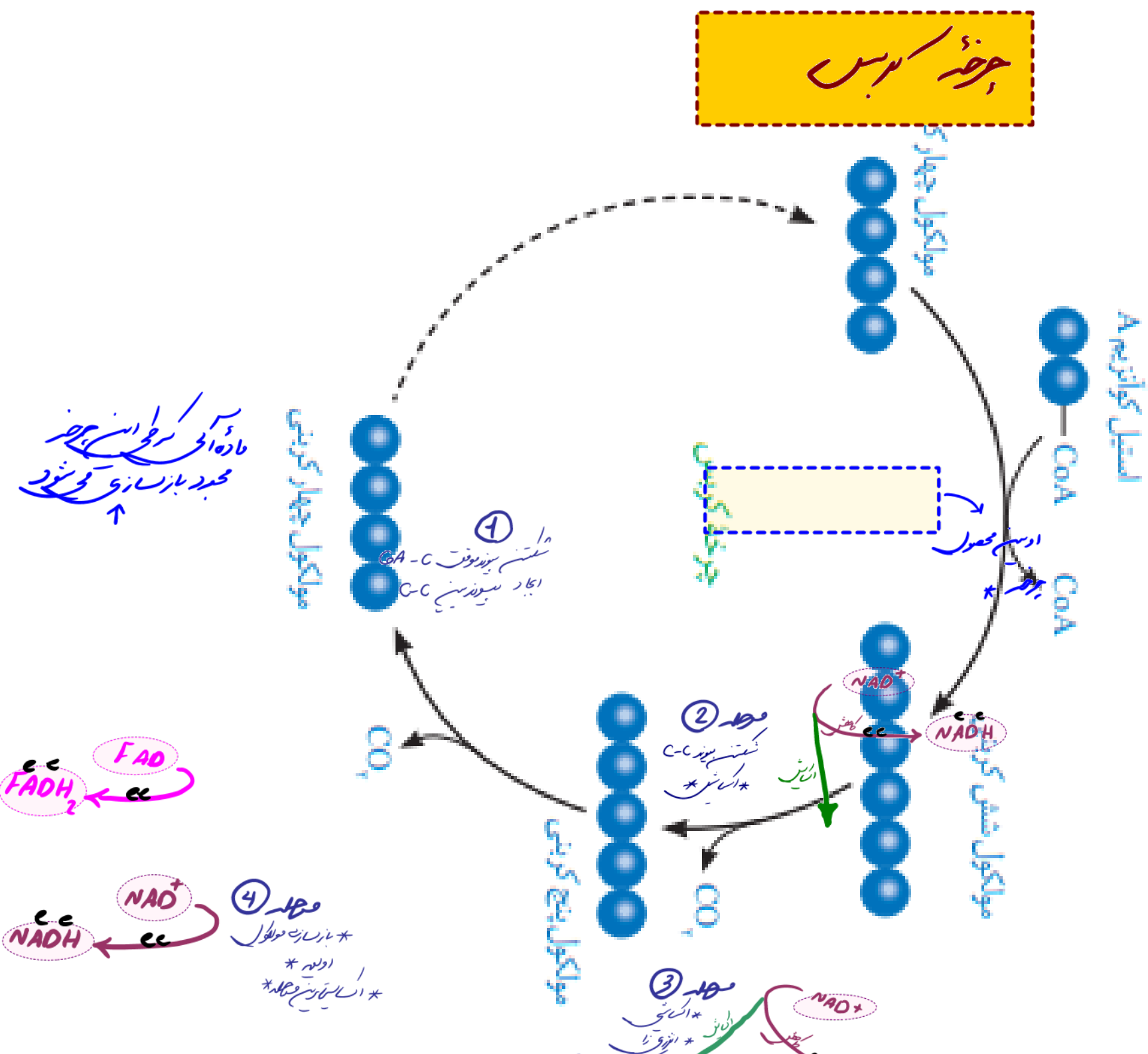
NADH

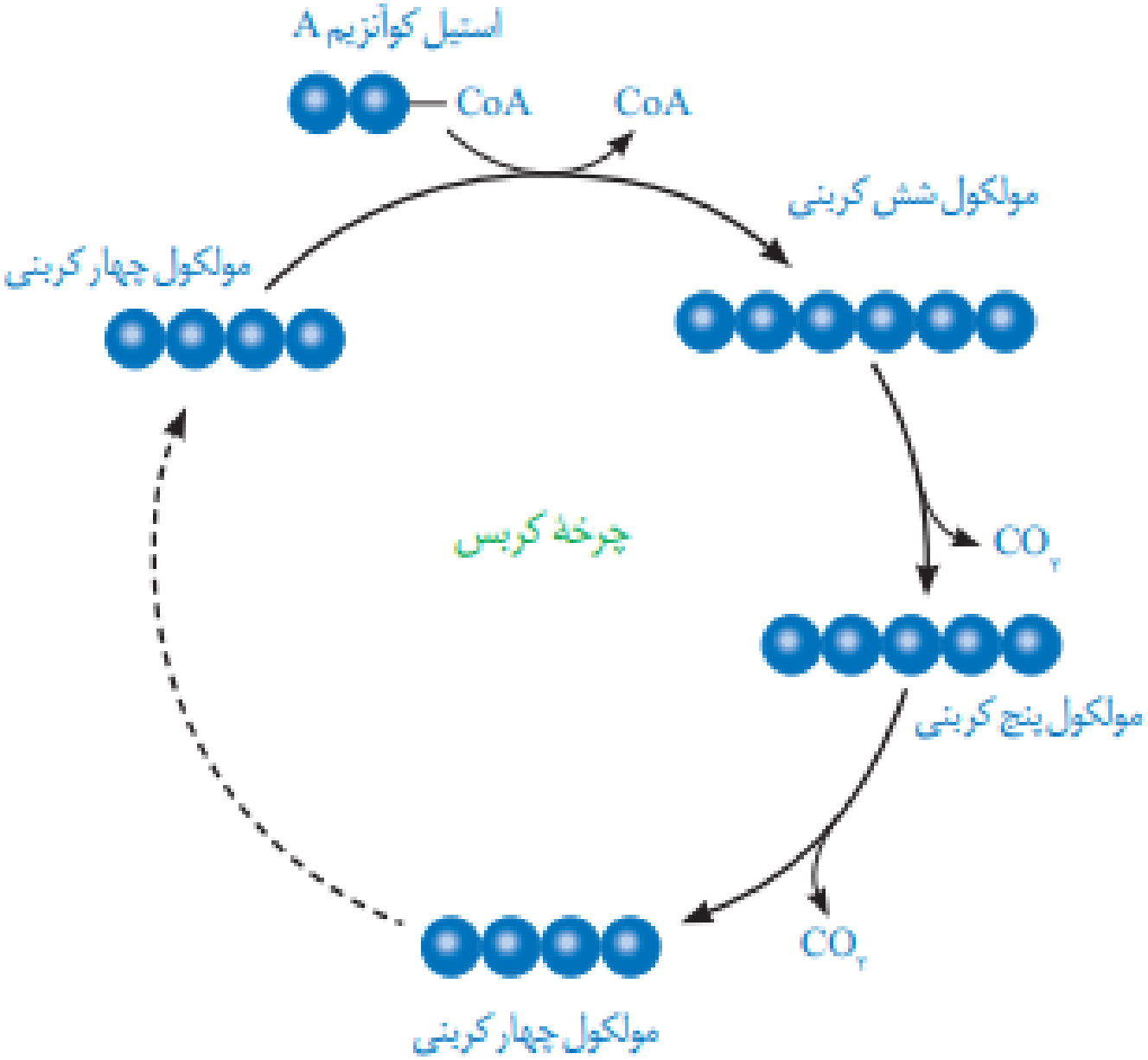
$$NAD^+ + ۲H^+ + ۲e^- \rightleftharpoons NADH + H^+$$

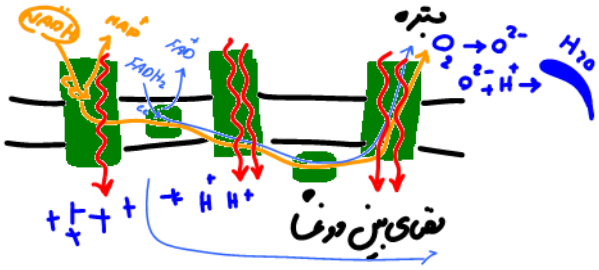
$FADH_2$



چرخهٔ کربس

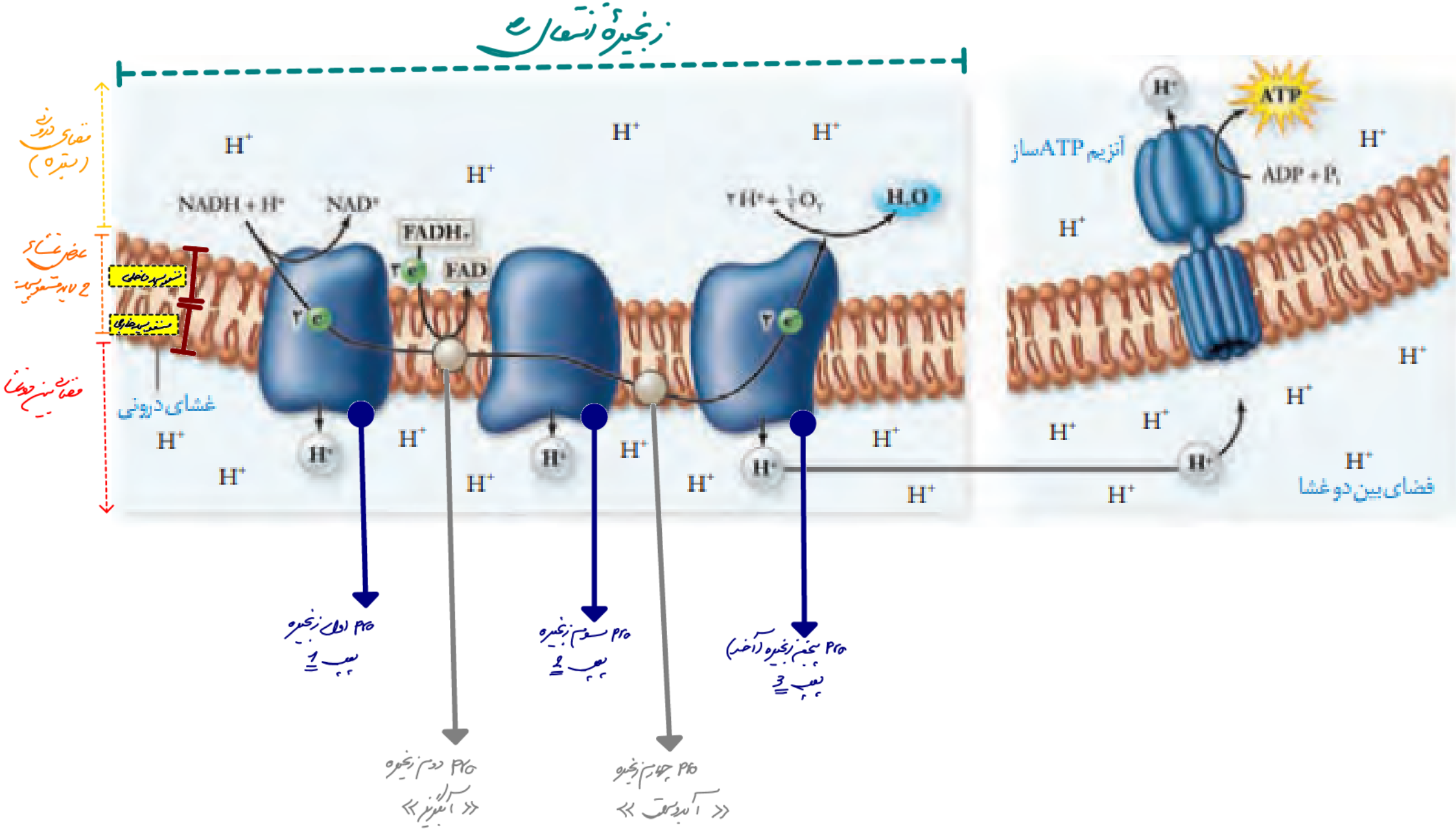

مولکول چهار کربنی
استیل کوآنزیم A
CoA
CoA
اولین محصول چرخه کربس
مولکول شش کربنی
NAD+
NADH
کاهش
اکسایش
مولکول پنج کربنی
CO2
CO2
مولکول چهار کربنی
مادهٔ آلی که در این چرخه مجدد بازسازی می‌شود
FAD
FADH2
NAD+
NADH
NAD+

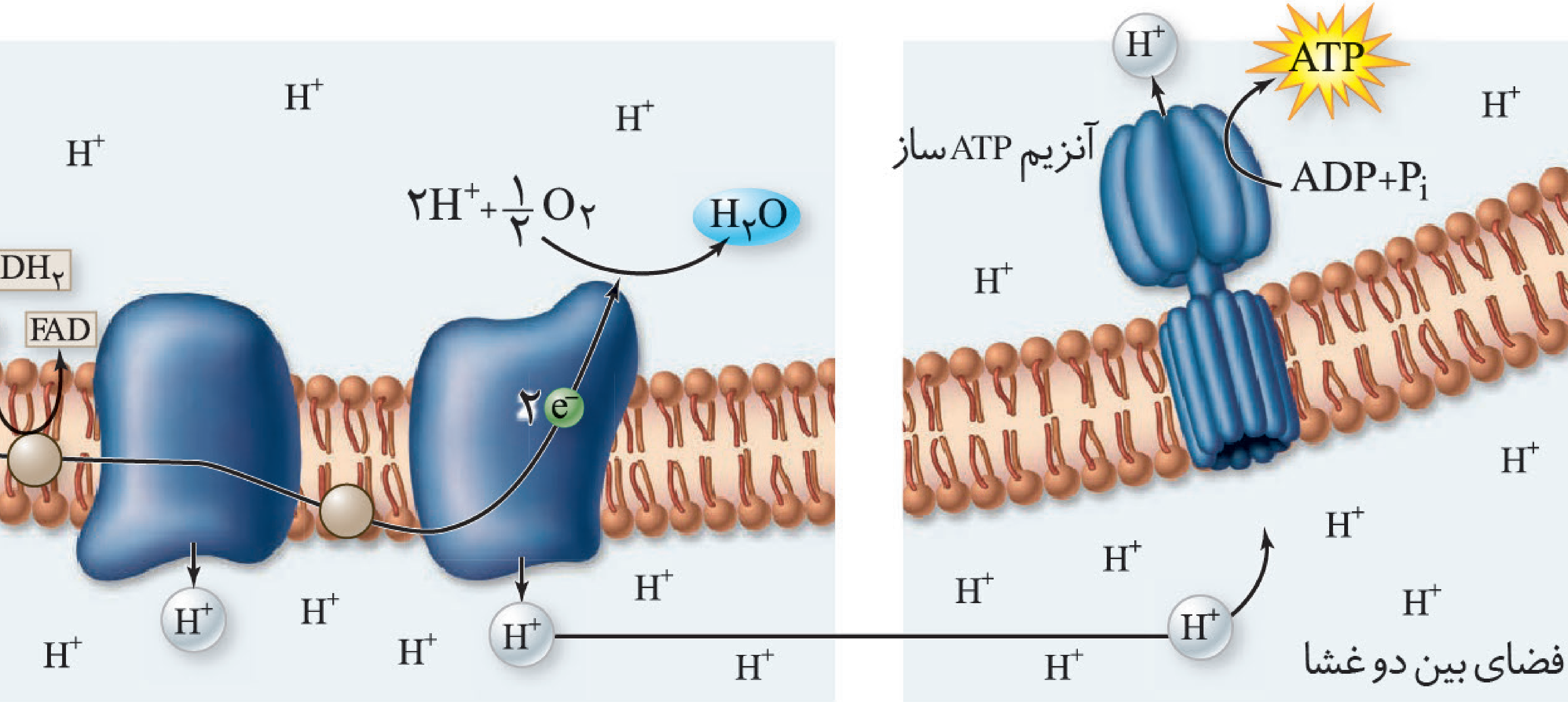

استیل کوآنزیم A
CoA
CoA
مولکول شش کربنی
مولکول چهار کربنی
چرخهٔ کربس
CO_2
مولکول پنج کربنی
CO_2
مولکول چهار کربنی


NADH
NAD+
FAD
FADH2
بستره
O2 → O2-
O2- + H+ → H2O
H+ H+
فضای بین دو غشا

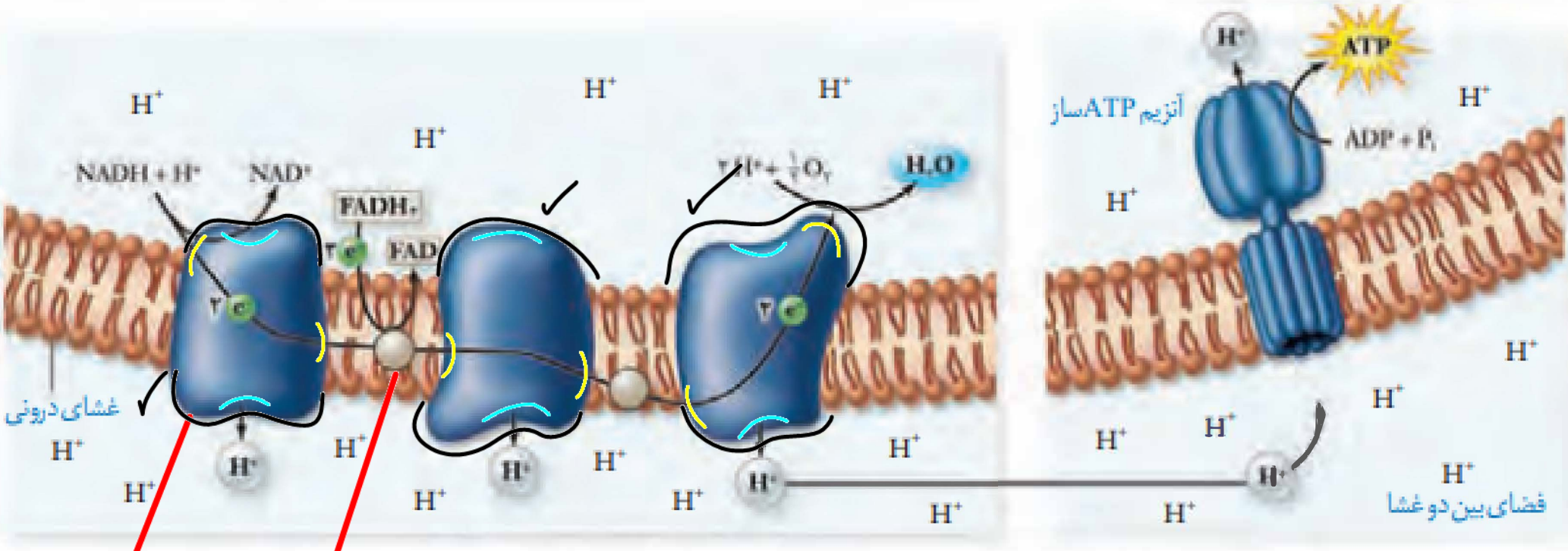
زنجیره انتقال الکترون در میتوکندری

مجموعه آنزیم ATP ساز میتوکندری





H+
۲H+ + ۱/۲ O۲
H۲O
DH۲
FAD
۲e-
آنزیم ATP ساز
ATP
ADP+Pi
فضای بین دو غشا



مسئول انتقال NADH
(شروع مسیر بعد از NADH)

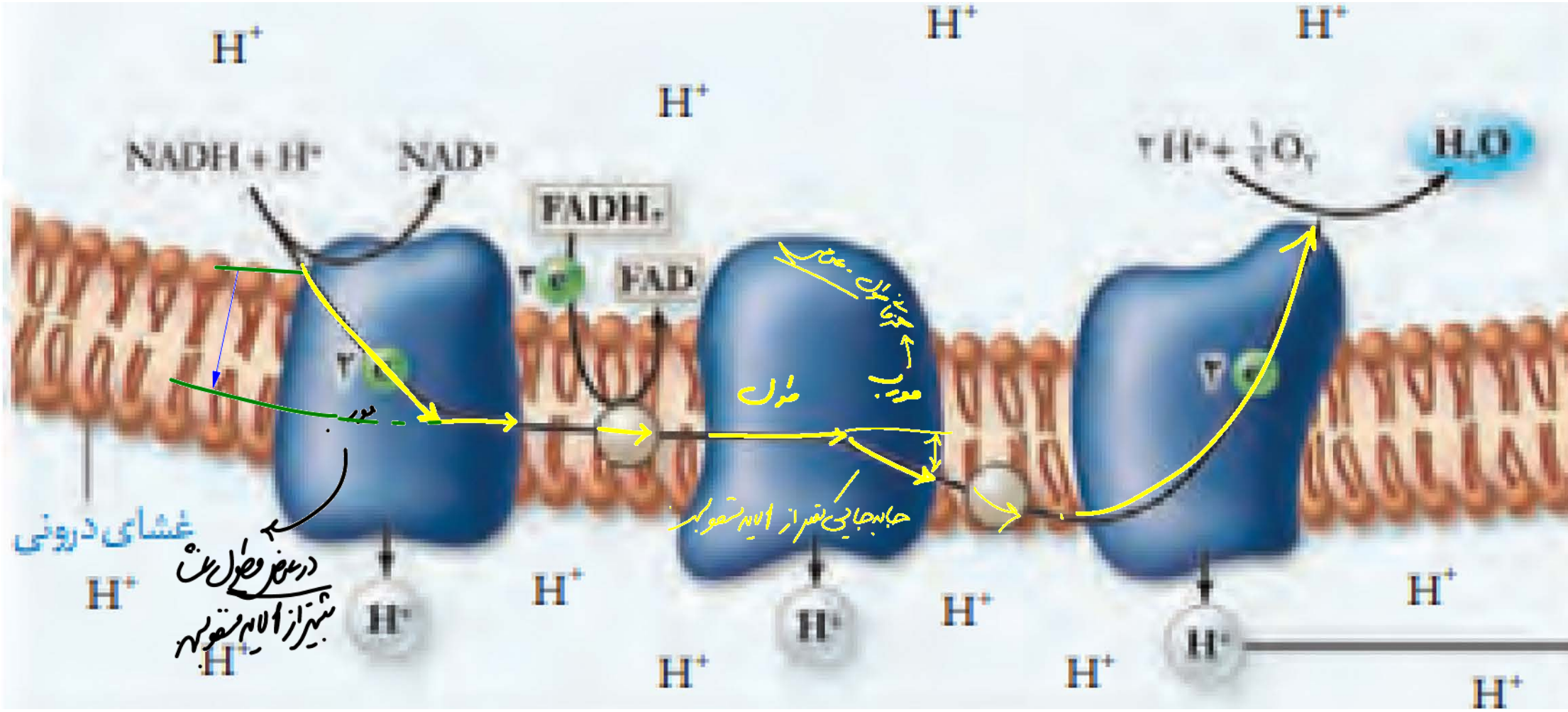
مسئول انتقال $FADH_2$
($FADH_2$ شروع مسیر)

مسیر مشترک $FADH_2$ و NADH

زنجیره انتقال الکترون

شروع و پایان زنجیره با H^+ می‌باشد.

e^- از قندهای حاصل دریافت شده و در نهایت به قندهای حاصل فرستاده می‌شود.



سطح تماس با فضای خارجی

جابه‌جایی H⁺:

(در طول و عرض) مورب

↓

بیشتر از 2 لایه جابه‌جا می‌شود.

بیشتر در عرض غشا

بیشترین جابه‌جایی در عرض

سطح تماس با فضای داخلی

جابه‌جایی H⁺:

1 ← در طول غشا

2 ← (در طول و عرض) مورب

↓

کمتر از 1 لایه جابه‌جا می‌شود.

بیشتر در طول غشا

کمترین جابه‌جایی در عرض

سطح تماس با فضای خارجی

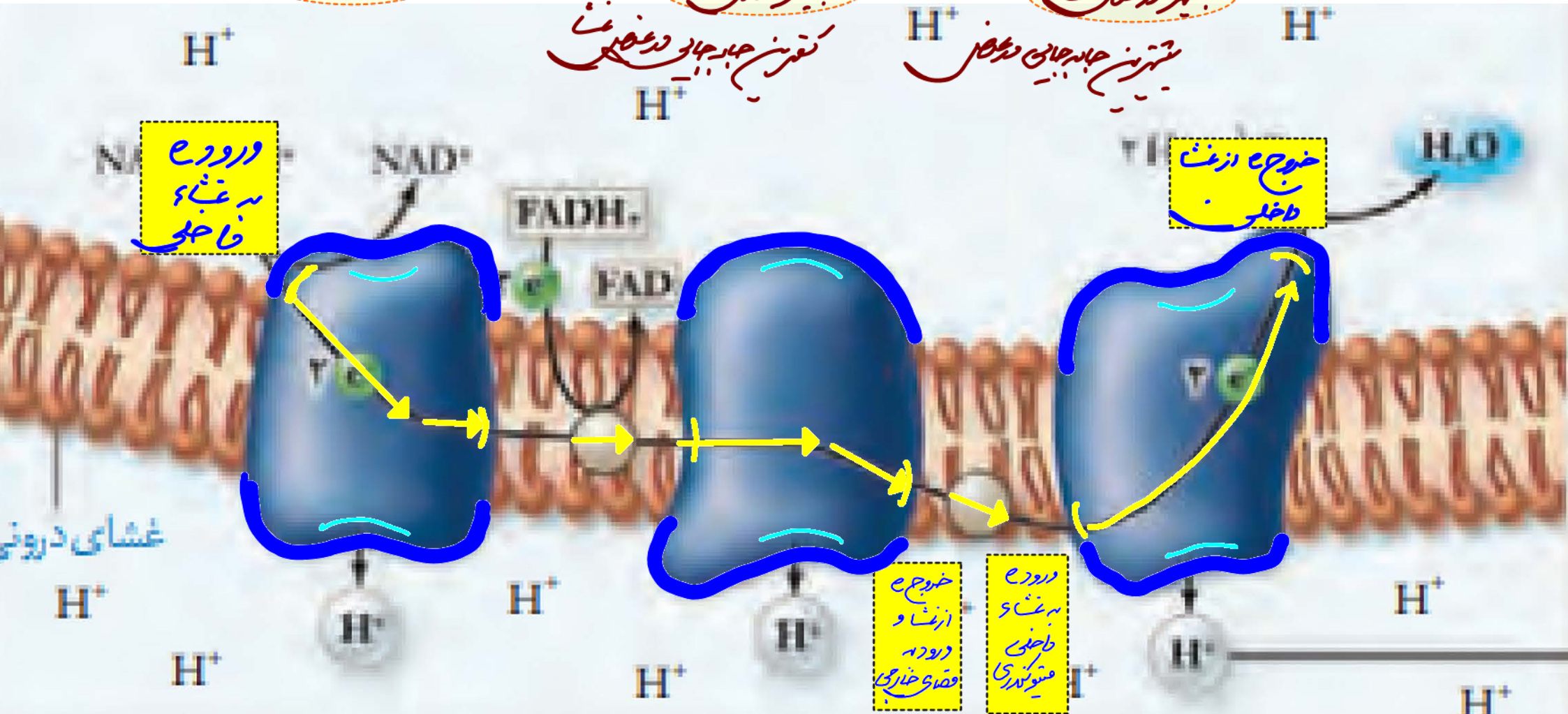
جابه‌جایی H⁺:

1 ← (در عرض طول) مورب

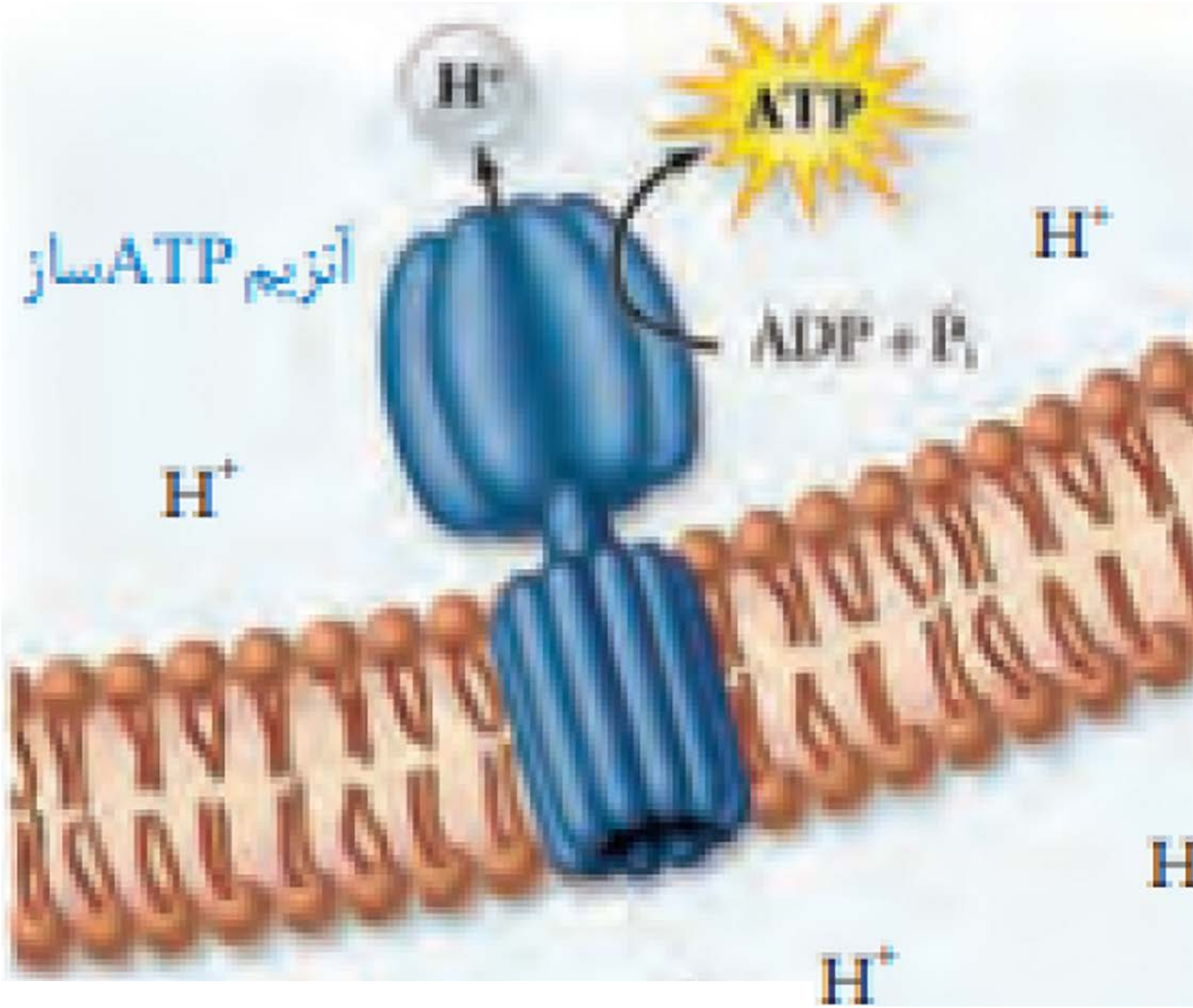
بیشتر از 1 لایه جابه‌جا می‌شود.

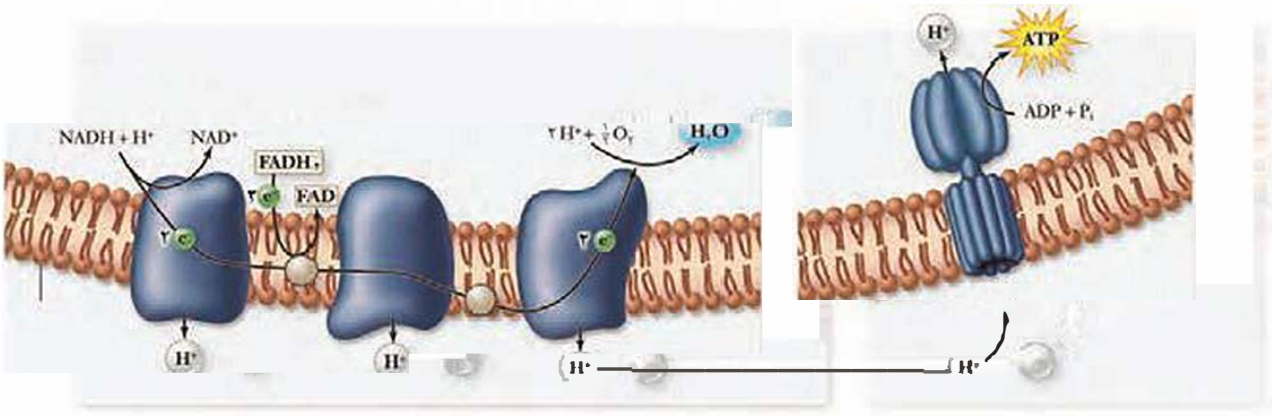
2 ← در طول غشا

بیشتر در عرض غشا

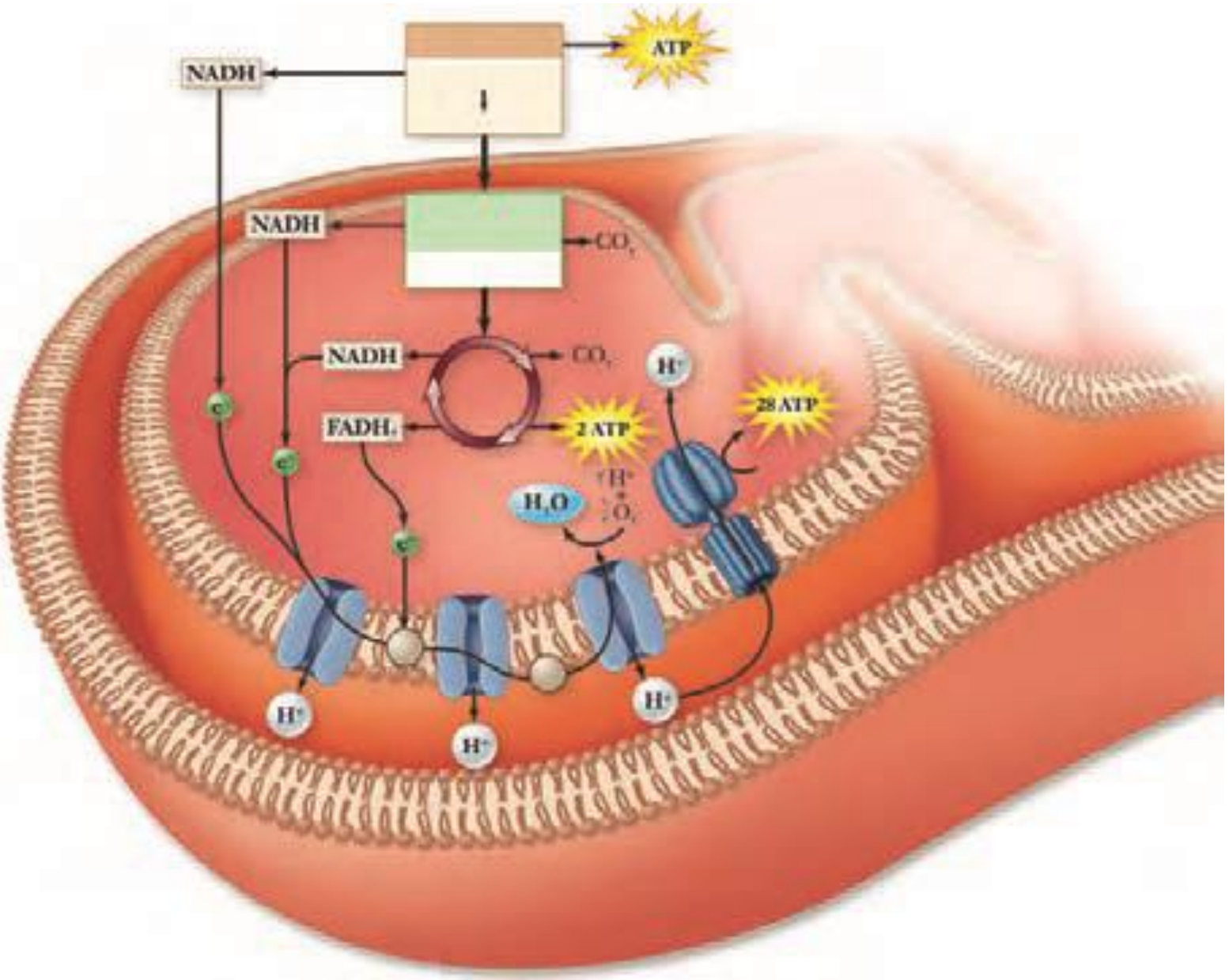


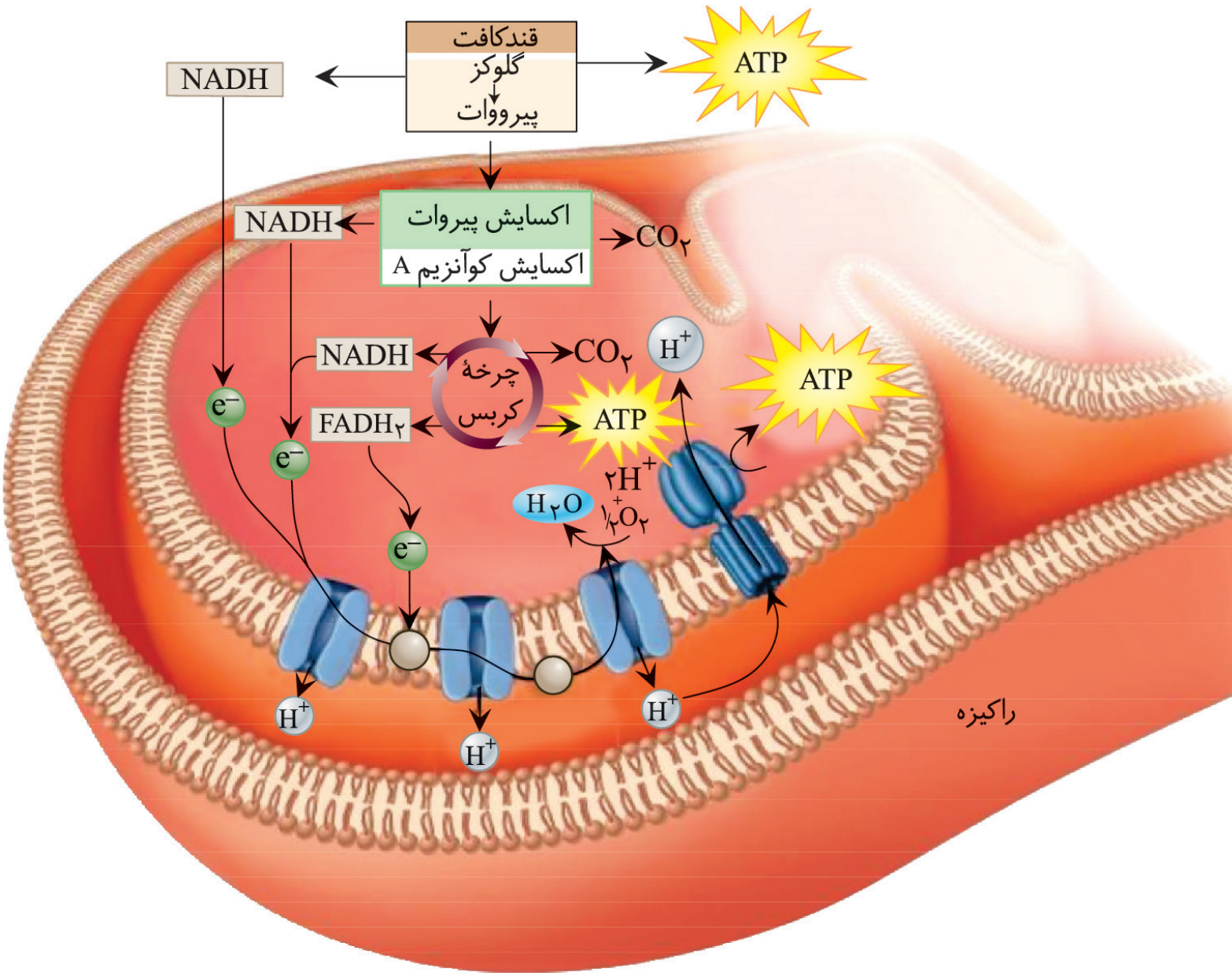
مجموعه آنزیم ATP ساز

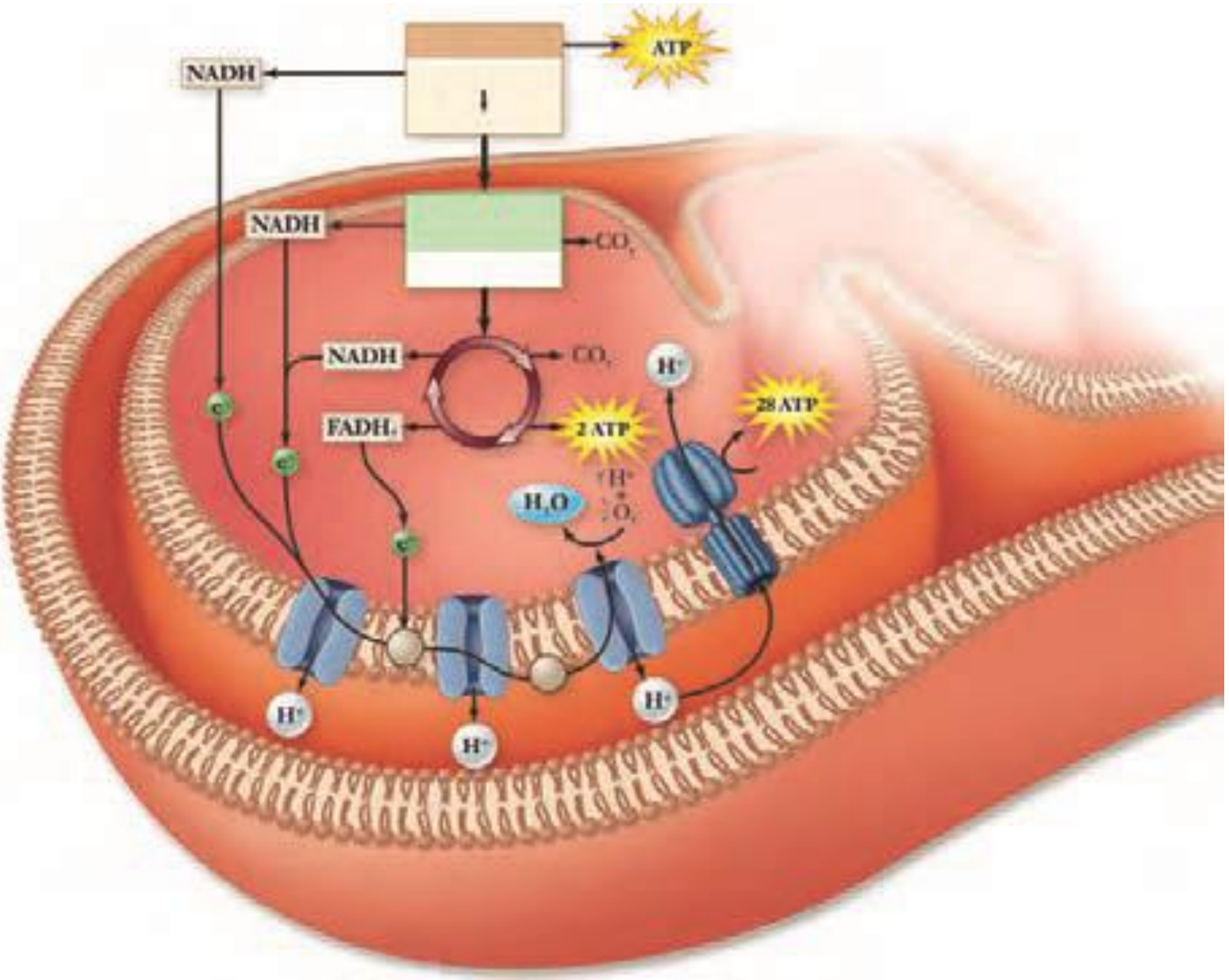



NADH + H+
NAD+
FADH2
FAD
2 H+ + 1/2 O2
H2O
2e-
2e-
2e-
H+
H+
H+
H+
H+
ATP
ADP + Pi

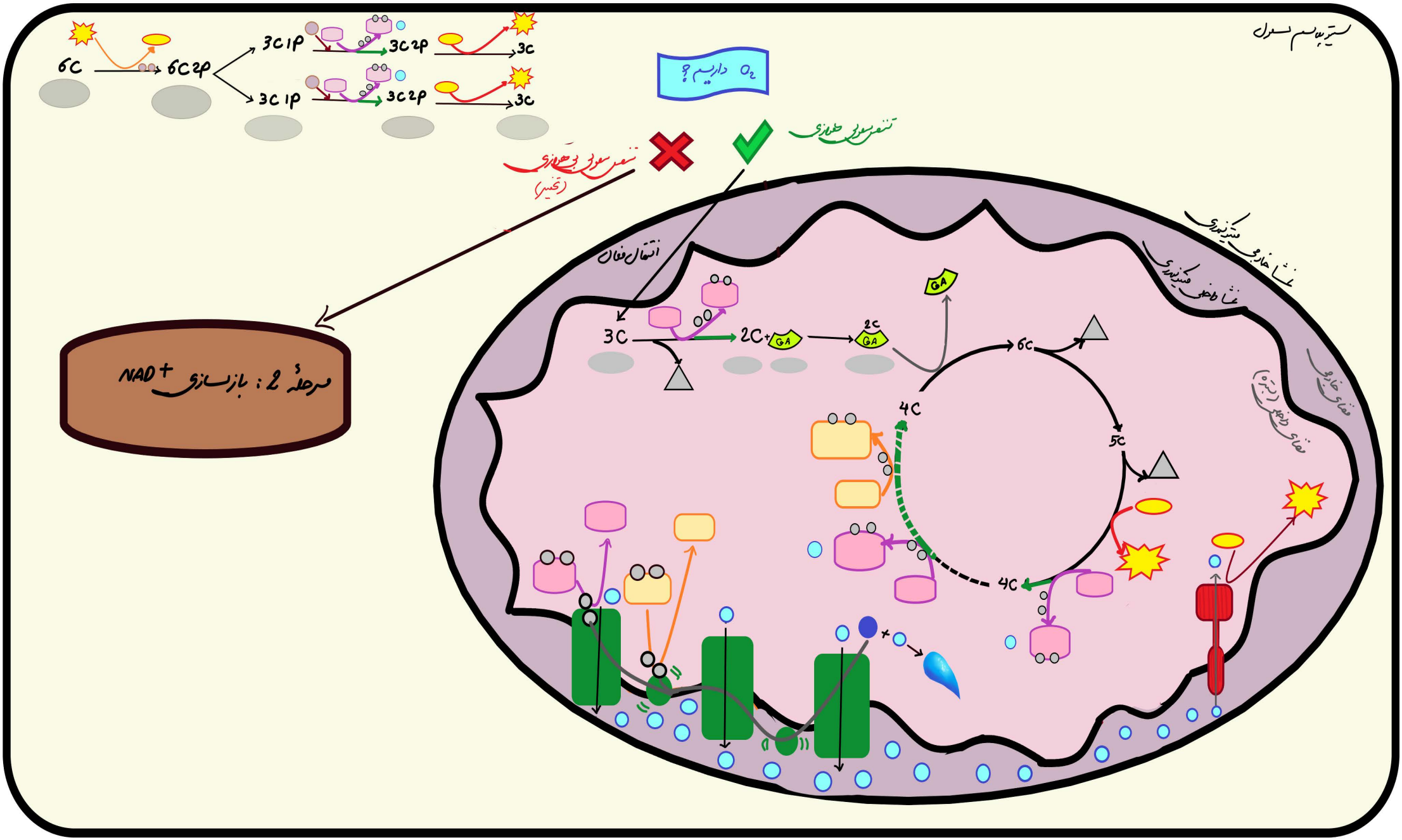
هدیه از تنفس هوازی



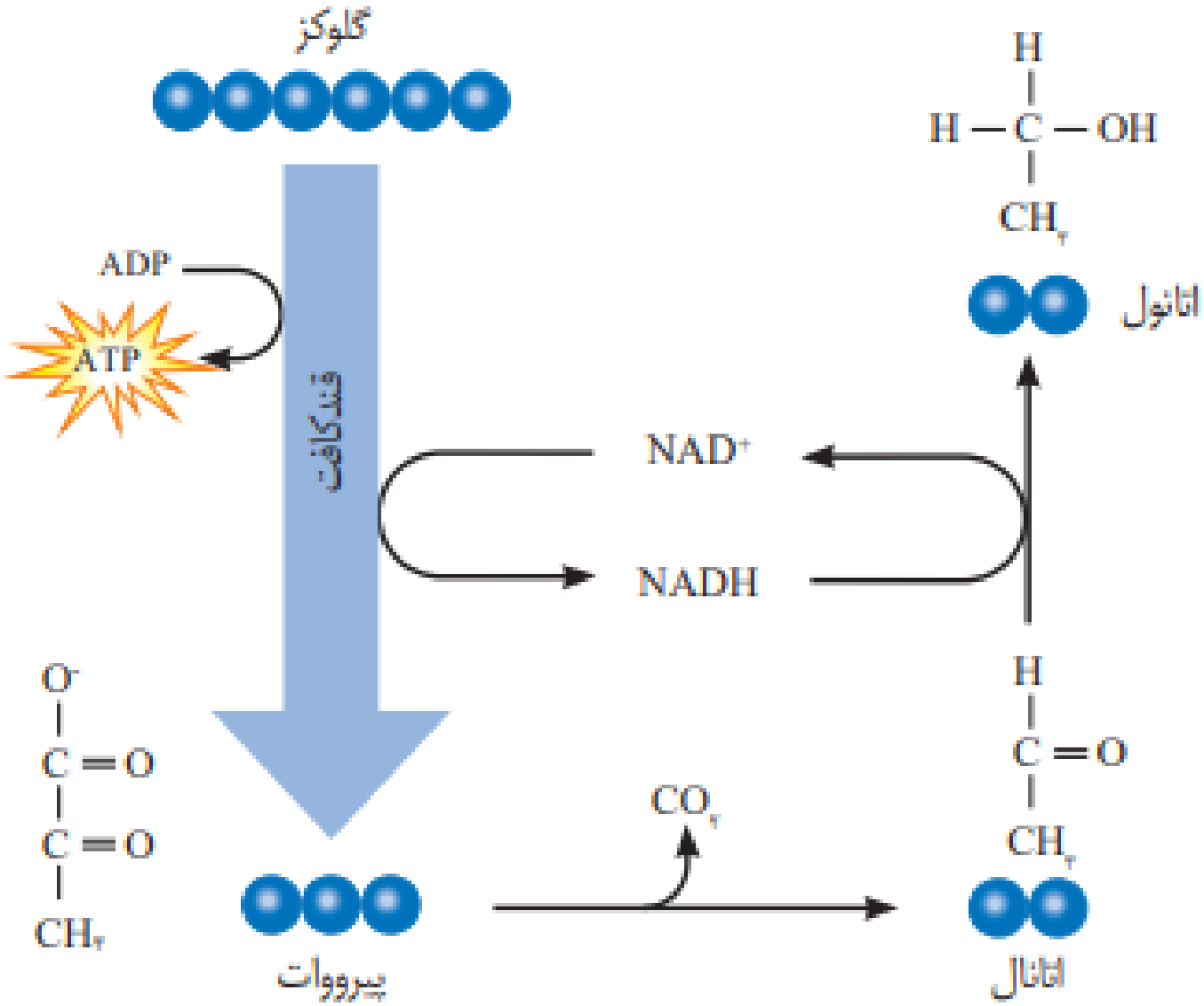
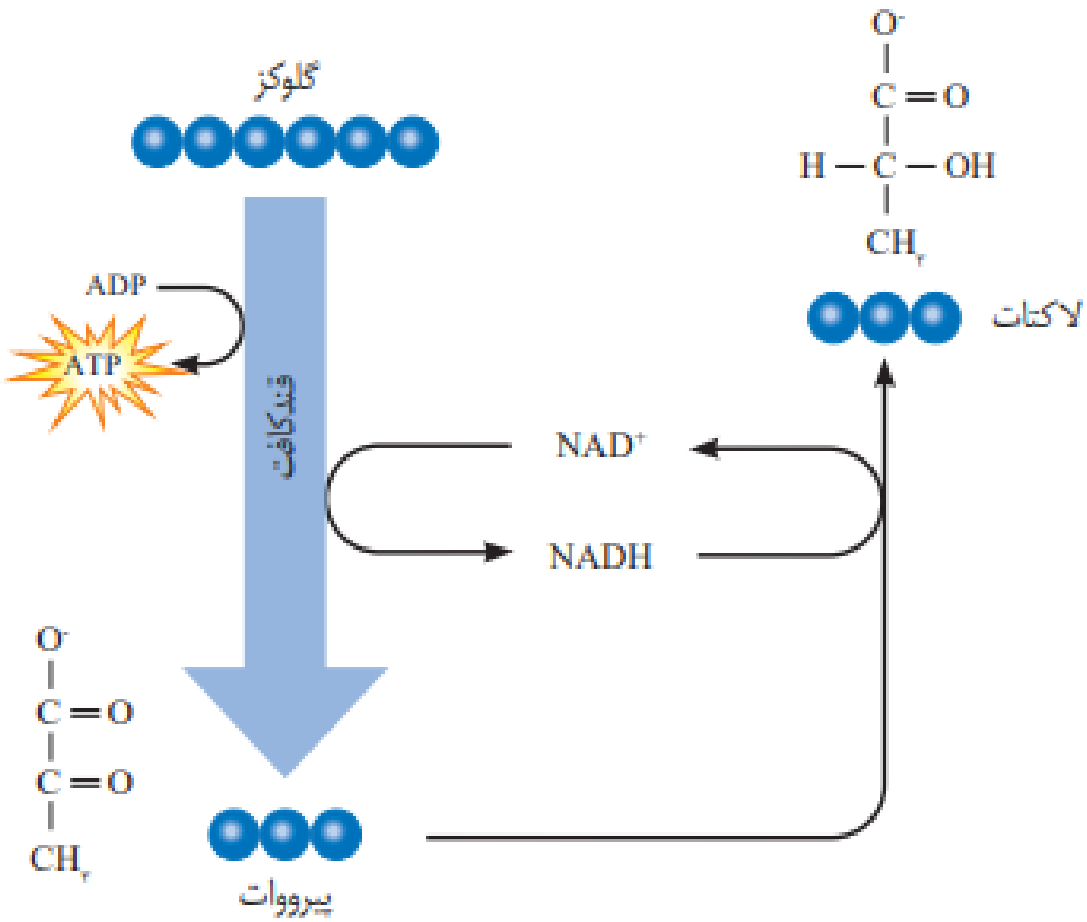

قندکافت
گلوکز
پیرووات
ATP
NADH
اکسایش پیروات
اکسایش کوآنزیم A
CO_2
NADH
چرخهٔ کربس
CO_2
ATP
$FADH_2$
e^-
H^+
ATP
$2H^+ + \frac{1}{2}O_2$
H_2O
راکیزه


NADH
ATP
NADH
CO_2
NADH
CO_2
$FADH_2$
2 ATP
28 ATP
H_2O
H^+
H^+
H^+
H^+

تنفس سلولی


6C
6C2P
3C1P
3C2P
3C
3C1P
3C2P
3C
سیتوپلاسم سلول
O_2 داریم؟
تنفس سلولی بی‌هوازی (تخمیر)
تنفس سلولی هوازی
مرحله 2: بازسازی NAD^+
انتقال فعال
غشای خارجی میتوکندری
غشای داخلی میتوکندری (بیژه)
فضای داخلی میتوکندری (بیژه)
3C
2C
GA
2C
GA
6C
4C
5C
4C

تخمیر الکلی



تخیر لاکتیکی