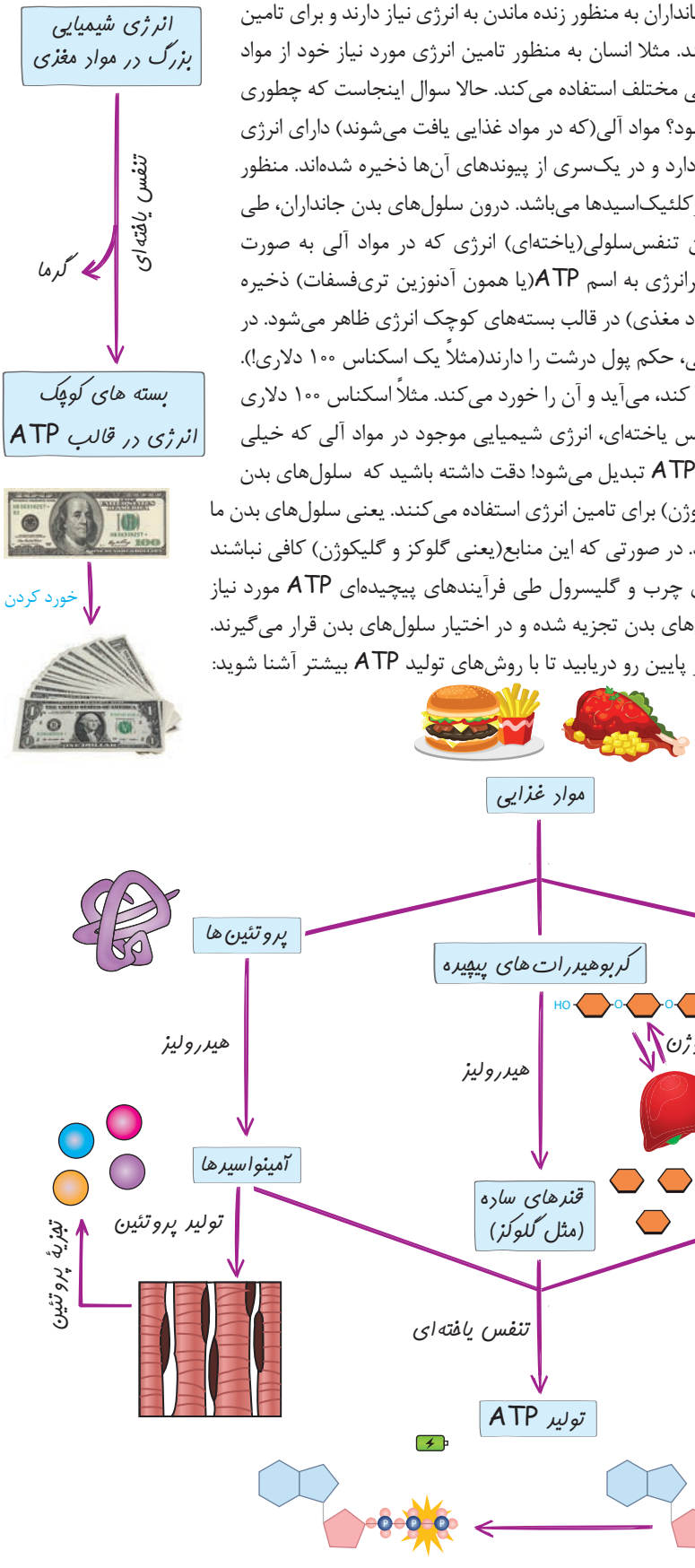
درسنامه ۱: تنفس یاخته‌ای و تولید ATP

در فصل دوم کتاب زیست‌شناسی (۱) خواندیم که جانداران به منظور زنده ماندن به انرژی نیاز دارند و برای تامین انرژی مورد نیاز خود، از مواد غذایی استفاده می‌کنند. مثلا انسان به منظور تامین انرژی مورد نیاز خود از مواد غذایی مختلفی مثل گروهی از گیاهان و مواد گوشتی مختلف استفاده می‌کند. حالا سوال اینجاست که چطوری و به چه روش‌هایی از مواد غذایی، انرژی کسب می‌شود؟ مواد آلی(که در مواد غذایی یافت می‌شوند) دارای انرژی می‌باشند. این انرژی در مواد آلی، ماهیت شیمیایی دارد و در یک‌سری از پیوندهای آن‌ها ذخیره شده‌اند. منظور از مواد آلی، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، چربی‌ها و نوکلئیک‌اسیدها می‌باشد. درون سلول‌های بدن جانداران، طی یک‌سری مجموعه واکنش‌های آنزیمی تحت عنوان تنفس‌سلولی(یاخته‌ای) انرژی که در مواد آلی به صورت شیمیایی ذخیره شده است، در قالب مولکول‌های پرانرژی به اسم ATP(یا همون آدنوزین تری‌فسفات) ذخیره می‌شود. به عبارت بهتر، این انرژی بسیار زیاد(در مواد مغذی) در قالب بسته‌های کوچک انرژی ظاهر می‌شود. در واقع بچه‌ها اینجوری بگم براتون که مواد مغذی و آلی، حکم پول درشت را دارند(مثلاً یک اسکناس ۱۰۰ دلاری!). حالا برای اینکه سلول بتواند این پول درشت را خرج کند، می‌آید و آن را خورد می‌کند. مثلاً اسکناس ۱۰۰ دلاری را به ۱۰۰ تا یک دلاری تبدیل می‌کند. پس در تنفس یاخته‌ای، انرژی شیمیایی موجود در مواد آلی که خیلی زیاد است، به انرژی‌های شیمیایی کوچکتر در قالب ATP تبدیل می‌شود! دقت داشته باشید که سلول‌های بدن ما به طور معمول از گلوکز و ذخیرهٔ قندی کبد(گلیکوژن) برای تامین انرژی استفاده می‌کنند. یعنی سلول‌های بدن ما بیشتر با گلوکز حال می‌کنند و او را ترجیح می‌دهند. در صورتی که این منابع(یعنی گلوکز و گلیکوژن) کافی نباشند آن‌ها می‌توانند با استفاده از آمینواسیدها، اسیدهای چرب و گلیسرول طی فرآیندهای پیچیده‌ای ATP مورد نیاز خود را تولید کنند. برای این کار پروتئین‌ها و چربی‌های بدن تجزیه شده و در اختیار سلول‌های بدن قرار می‌گیرند. در رابطه با ATP جلوتر بیشتر آشنا می‌شیم. نمودار پایین رو دریابید تا با روش‌های تولید ATP بیشتر آشنا شوید:



نتیجه گیری مهم: تنفس یاخته‌ای فرآیندی است که طی آن جانداران از مواد مغذی انرژی مورد نیاز خودشان را تامین می‌کنند. طبق کتاب درسی طی تنفس یاخته‌ای مولکول ATP تولید می‌شود.

نکته: هیچ جانداری نمی‌تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند. حفظ هر یک از ویژگی‌های جانداران مثل رشد و نمو و تولیدمثل به در اختیار داشتن ATP وابسته است.

نکتهٔ ترکیبی: در فصل اول زیست‌شناسی (۱) خواندیم که یکی از هفت ویژگی مشترک بین جانداران، فرآیند جذب و استفاده از انرژی می‌باشد. جانداران انرژی مورد نیاز خود را از طریق هضم(تجزیه) مواد مغذی به دست می‌آورند. بخشی از انرژی مواد مغذی در قالب مولکول‌های پرانرژی ذخیره می‌شوند و بخش دیگر آن به صورت گرما از دست می‌رود. در واقع حین تولید مولکول‌های پرانرژی مقداری گرما نیز تولید می‌شود که از این گرما برای افزایش دمای بدن جاندار استفاده می‌شود.(*ترکیب با فصل ۱ دهم*) می‌توان به تنظیم دمای بدن توسط ماهیچه‌ها اشاره کرد که در یازدهم هم آمده است.

نکتهٔ ترکیبی: در فصل بعدی با فرآیند فتوسنتز آشنا خواهید شد. در این فرآیند انرژی نورانی به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود اما در تنفس یاخته‌ای، انرژی شیمیایی بزرگ به انرژی‌های شیمیایی کوچک تبدیل می‌شود. دقت داشته باشید که هم در فتوسنتز و هم در تنفس یاخته‌ای تبدیل ماهیت انرژی داریم. در تنفس یاخته‌ای تولید گرما داریم پس تغییر ماهیت انرژی داریم.(*ترکیب با فصل ۶ دوازدهم*)

نکته: دقت داشته باشید که تنفس سلولی(یاخته‌ای)، یک واکنش منفرد نیست! بلکه مجموعه‌ای از واکنش‌ها بوده و نیازمند آنزیم‌هایی خاص می‌باشد!

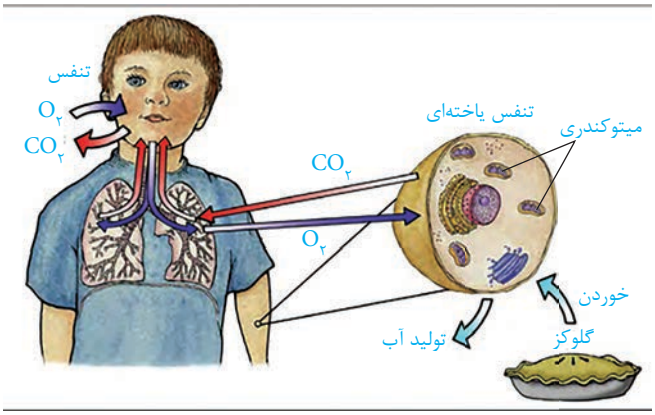
نکته: فرآیند تنفس سلولی در نهایت منجر به تولید انرژی در قالب مولکول‌های پرانرژی ATP می‌شود، پس می‌توان گفت فرآیند تنفس یاخته‌ای انرژی‌زاست.

انواع تنفس یاخته‌ای(سلولی)

تنفس یاخته‌ای دو جور است: (a) تنفس یاخته‌ای هوازی (b) تنفس یاخته‌ای بی‌هوازی. در ادامه هر دو را بررسی می‌کنیم.

(a) تنفس یاخته‌ای هوازی: در این نوع تنفس یاخته‌ای، تجزیه ماده مغذی و تولید ATP در حضور مولکول‌های اکسیژن انجام می‌شود. اگر اکسیژن نباشد این نوع تنفس انجام نمی‌شود. به همین دلیل هم به این نوع تنفس، تنفس یاخته‌ای هوازی گفته می‌شود. در اینجا واژه «هوا» به اکسیژن اشاره دارد. طی تنفس یاخته‌ای هوازی، از یک ماده مغذی مثل گلوکز، مقدار زیادی ATP تولید می‌شود. در ادامه با مراحل این نوع تنفس آشنا خواهیم شد که به طور کلی از ۴ مرحلهٔ گلیکولیز، مرحلهٔ تولید استیل کوآنزیم A، چرخهٔ کربس و مرحلهٔ زنجیره انتقال الکترون تشکیل شده است.

(b) تنفس یاخته‌ای بی‌هوازی: در این نوع تنفس یاخته‌ای، تجزیهٔ ماده مغذی و تولید ATP، بدون نیاز به حضور مولکول‌های اکسیژن انجام می‌شود. وجود یا عدم وجود اکسیژن تاثیری روی این نوع تنفس ندارد. طی تنفس یاخته‌ای بی‌هوازی، از یک مولکولی مثل گلوکز، برخلاف تنفس یاخته‌ای هوازی، مقدار کمی ATP تولید می‌شود. انواع مختلفی از تنفس یاخته‌ای بی‌هوازی وجود دارد که در کتاب درسی به یک نوع آن به نام تخمیر اشاره شده است. تخمیر خودش انواع مختلفی دارد که دو نوع رایج آن تخمیر الکلی و تخمیر لاکتیکی می‌باشد و در رابطه با هر کدام به طور مفصل در حد کتاب درسی صحبت خواهیم کرد.



یادآوری: در فصل سوم کتاب زیست‌شناسی (۱) خواندیم که بدن انسان به مولکول‌های اکسیژن نیاز دارد. چرا؟ به این دلیل که اغلب سلول‌های بدن انسان از روش تنفس یاخته‌ای هوازی، مولکول‌های ATP مورد نیاز خودشان را تولید می‌کنند. در تنفس یاخته‌ای هوازی هم به اکسیژن نیاز است. به همین خاطر است که می‌گوییم انسان یک جاندار هوازی است و به اکسیژن نیاز دارد. این اکسیژن از کجا تامین می‌شود؟ ما با نفس کشیدن هوا را وارد شش‌هایمان می‌کنیم، سپس مولکول‌های اکسیژن وارد جریان خون شده و از طریق جریان خون به بافت‌ها و سلول‌های مختلف بدن می‌رسند و این اکسیژن درون سلول‌ها به مصرف می‌رسد.

نکته: اگر بخواهیم خلاصه‌ای از فرآیند تنفس یاخته‌ای هوازی را که در آن گلوکز ماده مغذی است نشان بدهیم، اینجوری می‌شود:

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

نکته: از نمودار واکنش تنفس یاخته‌ای هوازی می‌توانیم به این نکات پی ببریم:

- طی تنفس یاخته‌ای هوازی، مادهٔ مغذی(مثل گلوکز)، اکسیژن، فسفات و آدنوزین دی‌فسفات مصرف می‌شوند. در مقابل، دی‌اکسیدکربن، آب و آدنوزین تری‌فسفات تولید می‌شوند.
- منشأ کربن موجود در گاز دی‌اکسیدکربن تولید شده، از کربن موجود در گلوکز می‌باشد.

- منشأ هیدروژن موجود در مولکول آب، از هیدروژن موجود در گلوکز می‌باشد.
- گلوکز یک قند ۶ کربنه است که در ساختار خود ۱۲تا هیدروژن و ۶ تا اکسیژن دارد.
- در اثر هیدرولیز کامل یک مولکول گلوکز در تنفس یاخته‌ای هوازی، ۶ عدد مولکول آب، ۶ عدد مولکول دی اکسیدکربن و چندین عدد مولکول ATP تولید می‌شود. در این واکنش ۶ عدد مولکول اکسیژن به ازاء یک مولکول گلوکز مصرف می‌شود.

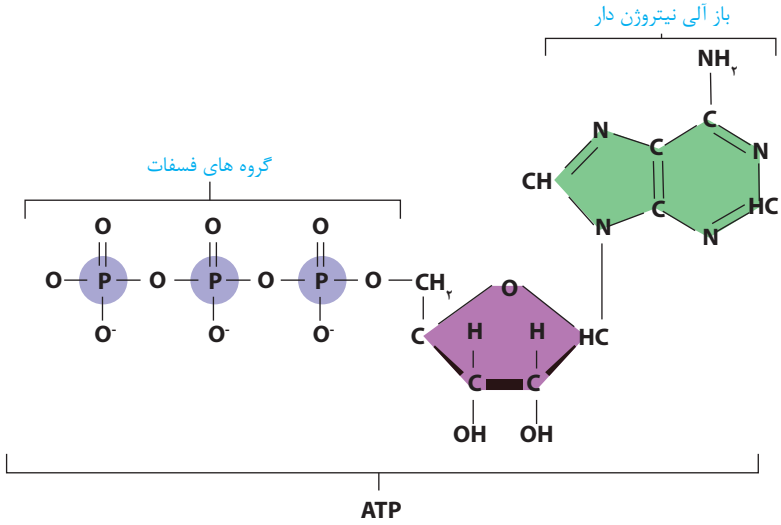
نکته: دی اکسیدکربن تولید شده در بدن انسان، وارد جریان خون شده و از آنجا به شش‌ها رفته و طی بازدم از بدن خارج می‌شود.

نکته: همانطور که در واکنش تنفس یاخته‌ای هوازی دیدید، مقداری آب در این فرآیند تولید می‌گردد. وقتی فعالیت شدیدی انجام می‌دهیم(مثل ورزش کردن) فعالیت سلول‌های بدن افزایش می‌یابد و نیازشان به ATP افزایش می‌یابد. برای همین تنفس یاخته‌ای هوازی درون سلول‌ها(به خصوص سلول‌های ماهیچه‌های مخطط و قلبی) با شدت و سرعت بیشتری صورت می‌پذیرد که نتیجهٔ آن تولید مقدار زیادی آب و گرما خواهد بود. این آب اضافی از طریق عرق کردن از بدن دفع می‌شود. از طرفی عرق‌کردن باعث خنک شدن بدن و دفع گرمای اضافی بدن می‌شود.

نکته: اغلب اوقات واژه تنفس یاخته‌ای را برای نوع هوازی آن به کار می‌بریم، چرا که در خیلی از جانوران اکسیژن مورد نیاز برای انجام این فرآیند، از طریق نفس کشیدن تامین می‌شود.

ATP، یک مولکول پرانرژی

گفتم که جانداران به منظور تامین انرژی مورد نیاز خود، انرژی مواد آلی و مغذی را در قالب بسته‌های کوچک انرژی که رایج‌ترین آن همان آدنوزین تری‌فسفات می‌باشد، در می‌آورند. آدنوزین تری فسفات، یک مولکول پرانرژی بوده و شکلِ قابل استفادهٔ انرژی در یاخته‌ها می‌باشد که انرژی مورد نیاز را برای جانداران تامین می‌کند. شکلی که می‌بینید ساختار ATP را نشان می‌دهد. در فصل (۱) دوازدهم خواندید که هر نوکلئوتید از سه بخشِ باز آلی، قند پنج کربنه و گروه فسفات تشکیل شده است. ATP نوکلئوتیدی است که باز آلی آن آدنین و قند پنج کربنه‌اش از نوع ریبوز می‌باشد. این نوکلئوتید دارای ۳ گروه فسفات در ساختار خود است.(نیازی به یادگیری جایگاه اتم‌ها، در ساختار نوکلئوتیدها نیست).



سلول، چجوری ATP را می‌سازد؟ ساخته شدن ATP در سه مرحله رخ می‌دهد:

مرحله (۱): در ابتدای کار، باز آلی آدنین به قند ریبوز متصل می‌شود که به ترکیب حاصل شده، آدنوزین گفته می‌شود. بنابراین آدنوزین عبارت است از ترکیب باز آلی آدنین و قند پنج کربنهٔ ریبوز. در ادامه، به آدنوزین یک گروه فسفات ملحق می‌شود و در نتیجه یک نوکلئوتید به نام آدنوزین مونوفسفات تشکیل می‌شود که آن را با AMP نشان می‌دهند. «مونو» یعنی یک.

مولکول آب + آدنوزین مونوفسفات (AMP) ← (سنتز آبدهی) گروه فسفات + آدنوزین ← (سنتز آبدهی) باز آلی آدنین + قند ریبوز

مرحله (۲): در این مرحله، یک گروه فسفات به مولکول آدنوزین مونوفسفات ملحق می‌شود و با گروه فسفات آن پیوند برقرار می‌کند. این پیوند بسیار پرانرژی می‌باشد. نتیجهٔ تشکیل این پیوند ایجاد نوکلئوتیدی به نام آدنوزین دی‌فسفات است که آن را به صورت ADP نشان می‌دهند. واژه «دی» یعنی دو.

مولکول آب + آب + آدنوزین دی فسفات(ADP) ← (سنتز آبدهی) گروه فسفات + آدنوزین مونوفسفات (AMP)

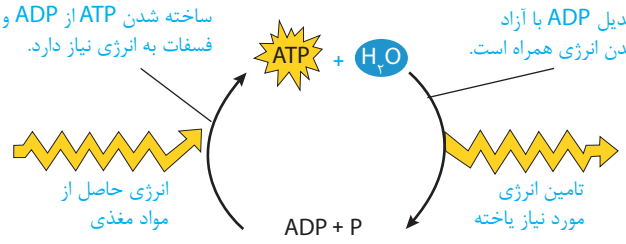
مرحله (۳): در این مرحله، یک گروه فسفات به مولکول آدنوزین دی‌فسفات ملحق می‌شود و با خارجی‌ترین گروه فسفات آن پیوند برقرار می‌کند.

این پیوند همانند پیوند قبلی بسیار پرانرژی می‌باشد. نتیجهٔ تشکیل این پیوند ایجاد نوکلئوتیدی به نام آدنوزین تری‌فسفات است که آن را با ATP نشان می‌دهند. واژه «تری» یعنی سه.

مولکول آب + آدنوزین تری فسفات (ATP) ⟵ سنتز آبدهی ⟶ گروه فسفات + آدنوزین دی فسفات (ADP)

نکته: همانطور که دیدید، هنگام تشکیل مولکول ATP، پیوندهای پرانرژی بین گروه‌های فسفات ایجاد و با شکسته شدن این پیوندها، انرژی ذخیره شده در آنها آزاد می‌شود.

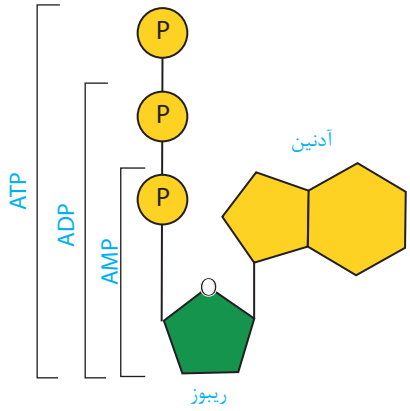
نکته: به ازاء تشکیل هر پیوند پرانرژی بین گروه‌های فسفات یک عدد مولکول آب تولید می‌شود. بنابراین به منظور تولید ATP از AMP، ۲ عدد مولکول آب تولید می‌شود. حالت برعکس آن هم وجود دارد. به ازاء شکسته شدن هر پیوند پرانرژی یک عدد مولکول آب مصرف می‌شود. بنابراین به منظور تبدیل ATP به ADP و سپس به AMP، ۲ عدد مولکول آب مصرف می‌شود.



توجه: اگر ATP مستقیما به AMP تبدیل شود(برخلاف حالت قبلی که غیرمستقیم بود) فقط یک پیوند پرانرژی نیاز است که شکسته شود. بنابراین یک عدد مولکول آب مصرف می‌شود.

نکته: به طور معمول(و نه همواره!) ATP با اضافه شدن فسفات به ADP تولید می‌گردد. با اینحال گاهی اوقات ATP مستقیما از AMP تشکیل می‌شود، یعنی یک دی فسفات(که بین شان یک پیوند پرانرژی برقرار است) به آدنوزین مونوفسفات ملحق شده و ATP حاصل می‌شود.

نکته: هر سه مولکول AMP، ADP و ATP در ساختار خود ۳ حلقه آلی دارند. دو حلقه مربوط به آدنین و یک حلقه نیز مربوط به ریبوز است. دو تا از این سه حلقه، ۵ ضلعی می‌باشند و دیگری ۶ ضلعی است.



جدول مقایسه ای

مورد مقایسه	ATP	ADP	AMP
تعداد گروه‌های فسفات	۳	۲	۱
تعداد پیوندهای پرانرژی فسفات - فسفات(P-P)	۲	۱	۰
تعداد اجزاء سازنده	۵	۴	۳
پیوندهای بین ۳جزء اصلی	۴	۳	۲
تعداد مولکول‌های آب لازم برای جداسازی اجزاء	۴	۳	۲

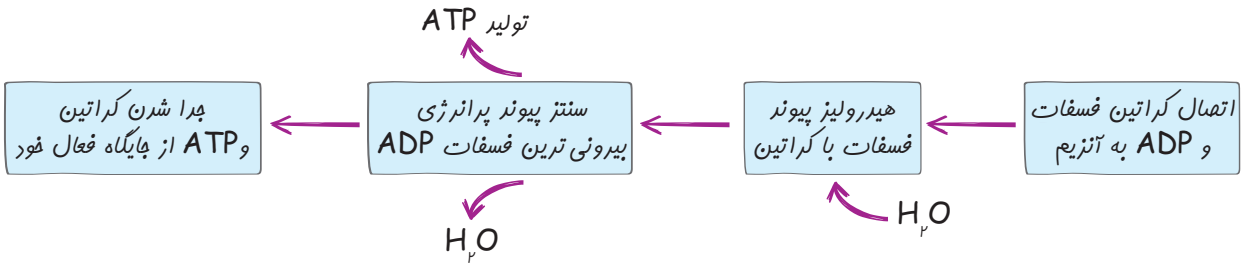
روش‌های تولید مولکول ATP

خواندیم که برای تولید مولکول ATP به فسفات نیاز می‌باشد. ATP به سه روش تولید می‌شود که عبارتند از:

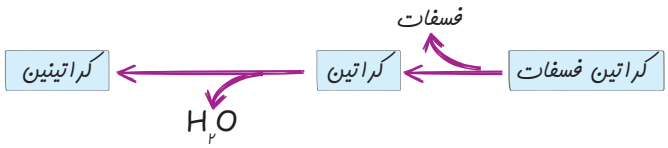
a تولید در سطح پیش‌ماده b تولید به صورت اکسایشی c ساخته شدن نوری ATP

تولید ATP در سطح پیش ماده: در این روش، گروه فسفات مورد نیاز، از یک ترکیب فسفات‌دار(که به آن پیش ماده گفته می‌شود) برداشته می‌شود و به مولکول ADP اضافه می‌گردد تا ATP تولید شود. در سال گذشته در کتاب زیست شناسی (۲) خواندیم که سلول‌های عضلانی به روش‌های مختلفی مولکول‌های ATP مورد نیاز خود را تولید می‌کنند. یکی از راه‌های آن مصرف شدن ماده نیتروژن‌داری به نام کراتین فسفات و تولید ATP است.

آنزیمی(*صرفا جهت اطلاع: کراتین‌کیناز*) وجود دارد که دارای دو جایگاه تشخیص متفاوت می‌باشد که یکی از آنها برای کراتین فسفات بوده و دیگری برای آدنوزین دی فسفات است. این دو پیش ماده در ابتدا به آنزیم مورد نظر متصل می‌شوند. در قدم بعدی آنزیم باعث جدا شدن گروه فسفات از کراتین فسفات و اتصال آن به خارجی‌ترین گروه فسفات آدنوزین دی‌فسفات می‌شود. نتیجهٔ این واکنش، تولید مولکول ATP و ماده‌ای به نام کراتین می‌باشد.



رفع ابهام: در کتاب درسی دهم در فصل (۵) در مورد تولید ATP با استفاده از کراتین فسفات صحبت شده است و در آنجا از واژه‌ای به نام کراتینین ذکر شده است اما در فصل (۳) کتاب یازدهم و نیز در همین فصل، از واژه کراتینین استفاده شده است. خب این دو چه فرقی با هم دارند؟ رفقا داستان از این قرار است که وقتی کراتین فسفات در واکنش تولید ATP قرار می‌گیرد، به ماده‌ای به نام کراتین تبدیل می‌شود. در ادامه این کراتین آب از دست می‌دهد(دهیدراته شدن!) و به کرآتینین تبدیل می‌شود. پس کراتینین از دهیدراته شدن کراتین حاصل می‌گردد.

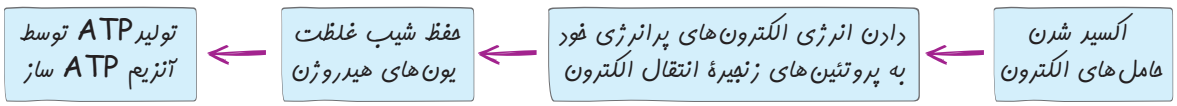


نکته: در پی مصرف کراتین‌فسفات برای بازسازی ATP، امکان مصرف O_2 و تولید CO_2 وجود دارد.

نکتهٔ ترکیبی: کرآتینین یکی از مواد نیتروژن‌داری است که از طریق کلیه‌ها وارد ادرار شده و از بدن دفع می‌شود.(*ترکیب با فصل ۵ کتاب دهم*)

ترکیب: تولید مولکول‌های ATP در گلیکولیز(قندکافت) به روش ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده است. چرا که فسفات مورد نیاز از قندهای سه کربنهٔ دو فسفاته تامین می‌شود.

تولید ATP به صورت اکسایشی: دراین روش، فسفات مورد نیاز برای تولید مولکول ATP از یون فسفات(فسفات‌های آزادِ درون یاخته) و انرژی مورد نیاز برای اتصال آن به ADP از انرژی حاصل از شیب غلظت پروتون‌ها(H^+) تامین می‌شود. در سلول‌های یوکاریوت این اتفاق درون میتوکندری‌ها رخ می‌دهد. دلیل اینکه چرا به این روش می‌گویند اکسایشی، این است که مولکول‌های حامل الکترون(NADH، $FADH_2$) در مرحله زنجیره انتقال الکترون اکسایش می‌یابند(الکترون و هیدروژن از دست می‌دهند) و آنزیم مسئول تولید ATP با استفاده از انرژی حاصل از شیب غلظت پروتون‌ها، مولکول‌های ATP را می‌سازد. انرژی مورد نیاز برای ایجاد این شیب غلظت از الکترون‌های آزاد شده از حامل‌های الکترون تامین می‌شود که این الکترون‌ها با اکسایش حامل‌های الکترون آزاد شده‌اند. بنابراین در اصل و اساس، اکسایش یافتن این مولکول‌ها باعث تولید ATP شده‌است.



نکته: مولکول‌های ATP تولید شده در نتیجهٔ فعالیت زنجیره انتقال الکترون میتوکندری غشای داخلی به روش اکسایشی تولید می‌شوند.

ساخته شدن نوری ATP: در فصل بعد همین کتاب با فرآیندی به نام فتوسنتز آشنا خواهیم شد. اولین مرحله فرآیند فتوسنتز، واکنش‌های تیلاکوئیدی می‌باشد. فقط در همین حد بدانید که در این مرحله از فتوسنتز، مولکول‌های ATP تولید می‌گردند. به این صورت که آنزیمی در کلروپلاست وجود دارد به نام آنزیم ATP ساز، که با استفاده از انرژی حاصل از شیب غلظت پروتون‌ها، یک گروه فسفات را به یک مولکول ADP اضافه می‌کند و در نتیجه ATP در کلروپلاست تولید می‌گردد. دلیل نام‌گذاری این روش تولید ATP به «ساخته شدن نوری ATP» این است که نور باعث و بانی این اتفاقات و ایجاد شیب غلظت می‌باشد. غصه نخورید! در فصل بعد به طور مفصل در رابطه با این موضوع کلی حرف دارم براتون.

نکته: همانطور که متوجه شدید، هم در روش اکسایشی و هم در روش ساخته شدن نوری، منبع فسفات برای تولید ATP، فسفات‌های آزاد می‌باشد و برخلاف روش اول(تولید در سطح پیش‌ماده) فسفات از ماده خاصی تامین نمی‌گردد.

مراحل تنفس سلولی

گفتیم که تنفس سلولی دو جور است و شامل تنفس یاخته‌ای هوازی و تنفس یاخته‌ای بی‌هوازی می‌باشد. اولین مرحله هر دو نوع تنفس یاخته‌ای، فرآیند گلیکولیز و یا همان قندکافت می‌باشد. در واقع فرآیند گلیکولیز در هر دو نوع تنفس یاخته‌ای، مشترک می‌باشد. مرحله و یا مراحل بعدی در هر نوع تنفس

یاخته‌ای فرق می‌کند. نمودارهای صفحهٔ بعد مراحل تنفس یاخته‌ای هوازی و بی‌هوازی را نشان می‌دهد که در ادامه با آن‌ها آشنا خواهیم شد.

تنفس یافته‌ای هوازی: گلیکولیز ← مرحله تولید استیل CoA ← چرخه کربس ← زنجیره انتقال الکترون

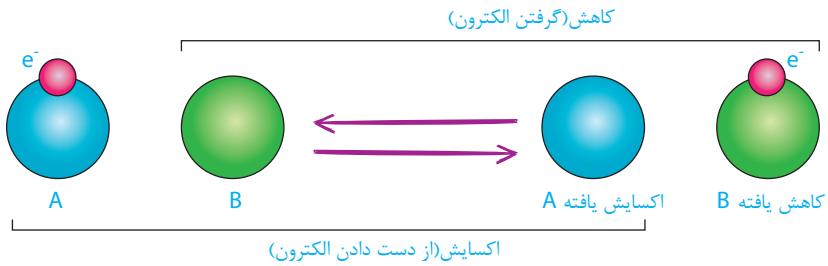
تنفس یافته‌ای بی‌هوازی: گلیکولیز ← تخمیر ← الکلی / لاکتیکی

کاهش و اکسایش

در این فصل و همچنین در فصل بعدی به دو واژه کاهش و اکسایش خیلی برمی‌خورید. تعریف این دو واژه خیلی مهم است پس خوب گوش کنید.

کاهش یافتن: وقتی یک مولکول و یا یونی، الکترون و هیدروژن دریافت می‌کند می‌گویند کاهش یافته است. همچنین اگر ماده‌ای اکسیژن از دست بدهد باز هم می‌گویند فلان مولکول یا یون کاهش یافته است.

اکسایش یافتن: وقتی یک مولکول و یا یونی، الکترون و هیدروژن از دست می‌دهد می‌گویند اکسایش یافته است! همچنین اگر ماده‌ای اکسیژن بگیرد می‌گویند اکسایش یافته است! اکسید شده است!



طبق تعاریف بالا می‌توانیم بگوییم کسی که اکسایش می‌یابد(الکترون و هیدروژن می‌دهد) یک کاهش دهنده می‌باشد و کسی که کاهش می‌یابد(الکترون و هیدروژن می‌گیرد)، یک اکسنده(اکسایش دهنده) می‌باشد. خلاصه چیزهایی که گفتم اینجوری می‌شود:

۱) اکسایش یافتن = اکسید شدن = از دست دادن الکترون و هیدروژن

۲) کاهش یافتن = دریافت الکترون و هیدروژن

۳) کاهش یابنده = اکسید کننده

۴) اکسایش یابنده = کاهش دهنده

در تنفس یاخته‌ای، ماده قندی اکسایش می‌یابد. یعنی الکترون و هیدروژن از دست می‌دهد. در واقع انرژی مواد آلی همین الکترون‌های پرانرژی‌شان می‌باشد. این الکترون‌ها توسط حامل‌های الکترون برای تولید ATP به محل تولید انرژی برده می‌شوند که در ادامه با تک تک مراحل و داستان تنفس یاخته‌ای آشنا خواهیم شد. خب بعد از حل کردن چندتا تست ناقابل بریم سراغ اولین مرحله تنفس یاخته‌ای، یعنی گلیکولیز! آماده‌اید رفقا؟ برو که رفتیم...

تنفس یاخته‌ای و تولید ATP

شکر میان تست: های بویز اند گرلز! به جلد دوم دوازدهم خوش اومدین. این قسمت بیشتر مفاهیم پایه‌ای هستش و برای اینکه مطالب قسمت‌های دیگه‌رو خوب متوجه شید نیازه این قسمت رو خوب بلد باشید.

۱- در یاخته‌های ماهیچه‌ای دو سر ران، انجام واکنش.....

A: ADP+P ⟶ ATP
B: ATP ⟶ ADP+P
C: ADP ⟶ AMP+P
D: AMP+P ⟶ ADP

۱) A، فقط در پی انجام تنفس هوازی، روی می‌دهد.
۲) B، با مصرف شدن مولکول‌های آب همراه است.
۳) C، منجر به افزایش میزان گروه‌های فسفات درون یاخته می‌شود.
۴) D، نوعی پیوند پرانرژی جدید بین گروه فسفات و قند ایجاد می‌شود.

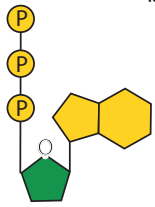
۲- کدام گزینه دربارهٔ مولکولی که شکل رایج انرژی یاخته‌ها محسوب می‌شود، نادرست است؟

۱) در ساختار این مولکول که نوعی نوکلئوتید است، سه حلقهٔ آلی وجود دارد.
۲) جانداران برای حفظ ویژگی‌های خود به این مولکول پرانرژی نیاز دارند.
۳) امکان تولید این مولکول در نتیجهٔ تنفس هوازی و بی‌هوازی گلوکز وجود دارد.
۴) همواره این نوکلئوتید پرانرژی از افزوده شدن فسفات به نوکلئوتید تک فسفاته آدنین‌دار ساخته می‌شود.

۳- رابطهٔ زیر خلاصه‌ای از نوعی فرایند تنفس یاخته‌ای را نشان می‌دهد، کدام گزینه در ارتباط با این فرایند، همواره درست می‌باشد؟

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

۱) این فرایند تنها راه آزادکردن انرژی ذخیره شده در مولکول گلوکز است.
۲) در طی این فرایند، مرحلهٔ دوم فسفاته‌شدن آدنوزین انجام می‌شود.
۳) این فرایند فقط با کمک نوعی اندامک دوغشایی انجام می‌شود.
۴) این نوع تنفس فقط در حضور اکسیژن انجام پذیر است.



۴- اگر باز آلی و قند موجود در شکل مقابل، به ترتیب آدنین و ریبوز باشند؛ کدام گزینه دربارهٔ این مولکول درست است؟

۱) امکان مصرف این مولکول در طی تنفس یاخته‌ای وجود ندارد.
۲) در ساختار این مولکول، سه پیوند پرانرژی قابل مشاهده است.
۳) در حین آزادکردن یک گروه فسفات، یک مولکول آب آزاد می‌کند.
۴) این مولکول، شکل رایج و قابل استفادهٔ انرژی در یاخته‌ها محسوب می‌شود.

۵- چند مورد عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «همزمان با تبدیل ..... به ..... می‌توان بیان داشت که ..... »

الف) آدنوزین ـ نوکلئوتید تک فسفاته ـ نوعی پیوند پرانرژی تشکیل می‌شود.
ب) آدنوزین مونو فسفات ـ آدنوزین دی فسفات ـ مولکول آب تولید خواهد شد.
ج) آدنوزین مونو فسفات ـ آدنوزین ـ پیوند بین گروه فسفات و باز آدنین شکسته می‌شود.
د) آدنوزین تری فسفات ـ آدنوزین مونو فسفات ـ انرژی حاصل از مواد مغذی مصرف می‌شود.

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

۶- در یک یاختهٔ یوکاریوتی، ساخته‌شدن ATP در سطح پیش‌ماده ..... ساخته شدن ATP به روش اکسایشی .....

۱) همانند - با مصرف شدن نوعی پیش مادهٔ فسفات دار همراه است.
۲) برخلاف - فقط در شرایط کمبود اکسیژن انجام می‌شود.
۳) همانند - با کمک انرژی شیب غلظت پروتون‌ها انجام می‌شود.
۴) برخلاف - می‌تواند در فضای میان‌یاخته انجام شود.

۷- کدام گزینه دربارهٔ ساخته شدن ATP در یاخته‌های یوکاریوتی به درستی بیان شده است؟

۱) ساخته شدن ATP به روش نوری همانند ساخته شدن ATP به روش اکسایشی، درون اندامکی دو غشائی انجام می‌شود.
۲) ساخته شدن ATP به روش اکسایشی برخلاف ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده، با تولید مولکول آب همراه است.
۳) ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده برخلاف ساخته شدن ATP به روش اکسایشی، درون اندامک دو غشایی انجام نمی‌شود.
۴) ساخته شدن ATP به روش اکسایشی همانند ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده، با کمک انرژی حاصل از انتقال الکترون‌ها انجام می‌شود.

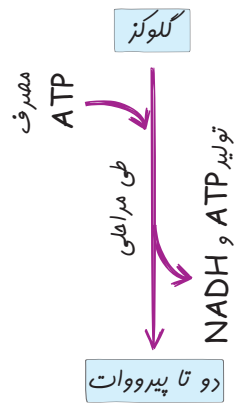
شکر میان تست: اگه بتونی از پس تست بعدی بر بیای یعنی این که جلد یک فاگوزیست دوازدهم رو خوب خوندی!

۸- حفظ ویژگی‌های جانداران نظیر رشد و تولیدمثل به در اختیار داشتن نوعی مولکول وابسته است. کدام گزینه دربارهٔ این مولکول درست است؟

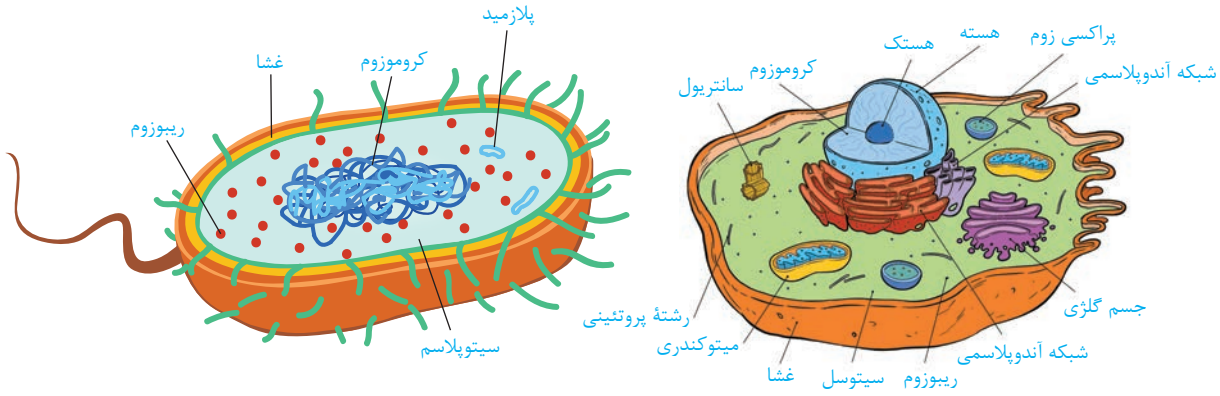
۱) باز آلی موجود در ساختار این مولکول، با نوعی باز آلی نیتروژن‌دار دو حلقه‌ای رابطهٔ مکملی برقرار می‌کند.
۲) تعداد پیوندهای پرانرژی ساختار این مولکول با تعداد بازهای آلی نیتروژن‌دار موجود در ساختار آن برابر است.
۳) تعداد پیوندهای قند-فسفات موجود در ساختار این مولکول نسبت به نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید کمتر است.
۴) قند به کار رفته در ساختار این مولکول، دارای اتم‌های کربن کمتری از قند به کار رفته در ساختار نوکلئوتیدهای دنا است.

درسنامه ۲: گلیکولیز یا قندکافت

همانطور که در درسنامه قبلی اشاره کردم، اولین مرحله از تنفس سلولی، فرآیندی به نام گلیکولیز می‌باشد. در فارسی به گلیکولیز، قندکافت گفته می‌شود. «گلیکو» یعنی قند و «لیز» یعنی تجزیه کردن که کافت به معنای همان تجزیه کردن می‌باشد. بنابراین گلیکولیز یا قند کافت یعنی تجزیه گلوکز. بچه‌ها فرآیند گلیکولیز در مادهٔ زمینهٔ سیتوپلاسم(یعنی در سیتوسل) انجام می‌شود. این فرآیند(تجزیه گلوکز) به صورت بِیهویی! و به قول کتاب درسی به یک‌باره انجام نمی‌شود بلکه گاماس گاماس این اتفاق رخ می‌دهد و در طی چندین مرحله گلوکز تجزیه می‌شود که حاصل تجزیهٔ آن تولید ترکیبات سه کربنه‌ای به نام پیرووِیک اسید می‌باشد. در حین تجزیه گلوکز، مولکول‌هایی پرانرژی تولید می‌گردند که عبارتند از ATP و NADH که در ادامه وارد جزئیات می‌شویم. البته برای انجام واکنش‌های مربوط به تجزیه گلوکز انرژی فعال‌سازی نیاز هست، این انرژی از مولکول‌های ATP تامین می‌شود. در واقع در گلیکولیز ATP هم مصرف می‌شود و هم تولید می‌شود اما از آنجایی که ATPهای تولیدی بیشتر از ATPهای مصرفی می‌باشد، در مجموع، فرآیند گلیکولیز یک فرآیند انرژی‌زا می‌باشد. کتاب درسی شما اتفاقات فرآیند گلیکولیز را همینجوری کیلویی گفته است و مرحله به مرحله نکرده است اما من برای درک بهتر شما و به منظور دسته بندی بهتر، تصمیم گرفتم آن را در ۴ مرحله توضیح بدهم. اینجوری ذهنتان بهتر می‌تواند اتفاقات را به خاطر بسپارد. پس خلاصه گلیکولیز اینجوری می‌شود که در نمودار روبه‌رو می‌بینید.



یادآوری: در کتاب زیست شناسی (۱) با سیتوپلاسم آشنا شدید. سیتوپلاسم چیه؟ یک سلول باکتری(پروکاریوت) را در نظر بگیرید. به محتویات داخل سلول می‌گویند سیتوپلاسم! یعنی اینجوری: مایع درون سلول + هر آن چیزی که درون سلول می‌باشد(DNA، RNA، ریبوزوم‌ها، مواد آلی و معدنی دیگر و غیره!). حالا یک سلول یوکاریوتی را در نظر بگیرید. سیتوپلاسم در این سلول عبارت است از مایع درون سلول به اضافه اندامک‌هایی که در آن شناورند به جز اندامک هسته!. یعنی اینجوری می‌شود: مایع درون سلول، اندامک‌هایی مثل میتوکندری، پلاست‌ها مثل کلروپلاست، اندامک لیزوزوم، اندامک پراکسی زوم، ریبوزوم‌ها، و غیره! به جز اندامک هسته و محتویات آن! خلاصه چیزهایی که گفتم اینجوری می‌شود:



در یوکاریوت‌ها: سیتوپلاسم = مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم(سیتوسل) + اجزاء درون سلول(اندامک‌ها و غیره)به جز هسته

در پروکاریوت‌ها: سیتوپلاسم = مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم + اجزاء درون سلول

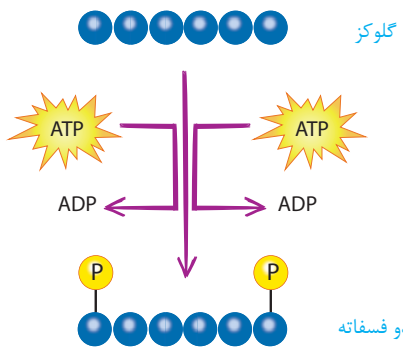
توجه: ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم همان سیتوسل است. یعنی مایع درون سلول به همراه یک‌سری مواد محلول در آن مثل پروتئین‌ها و غیره. دقت داشته باشید که مایع درون اندامک‌ها(مثل شیرهٔ هسته، میتوکندری و پلاست‌ها) جزء ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم محسوب نمی‌شود.

خب حالا بریم سراغ بررسی دقیق‌تر گلیکولیز!

مراحل گلیکولیز

رفقا برای راحتی گلیکولیز را در چهار مرحله بررسی می‌کنیم.

مرحله اول ← در این مرحله، مولکول گلوکز، دو تا فسفات می‌گیرد و فسفات دار و یا به اصطلاح فسفاته می‌شود. این فسفات‌ها از مولکول‌های ATP گرفته می‌شود. به این صورت که پیوند پرانرژی بین گروه‌های فسفات شماره‌ی ۲ و ۳ در دو عدد مولکول ATP شکسته می‌شود، در نتیجه از هیدرولیز هر ATP یک دونه گروه فسفات(PO_4^{3-}) و یک دونه هم ADP تولید می‌شود. این دو عدد گروه فسفات توسط آنزیم خاصی به مولکول گلوکز ۶ کربنه متصل می‌شوند و یک ترکیب ۶ کربنه جدید به وجود می‌آید! به این ترکیب جدید، قند ۶ کربنهٔ دو فسفاته گفته می‌شود. در واقع گلوکز با گرفتن فسفات‌های ATP، فسفات‌دار یا اصطلاحا فسفاته می‌شود. پس به طور خلاصه در مرحله اول گلیکولیز، دو گروه فسفات از دو مولکول ATP به یک مولکول گلوکز منتقل می‌شوند.



نکته: محصولات این مرحله از گلیکولیز عبارتند از: ترکیب ۶ کربنهٔ دو فسفاته(گلوکز فسفاته) و ADP. مواد مصرفی هم عبارتند از: قند ۶ کربنهٔ بدون فسفات!(همون گلوکز) و آدنوزین تری‌فسفات(یا همون ATP). دقت کنید در این مرحله برای تجزیهٔ ATP، مولکول آب نیز مصرف می‌شود.

نکته: این واکنش کاملا انرژی خواه است چون آدنوزین تری فسفات مصرف می‌شود. از بین مراحل گلیکولیز فقط این مرحله انرژی خواه بوده و بقیه مراحل انرژی زا هستند.

نکته: از آنجایی که گلوکز از آدنوزین تری‌فسفات، گروه فسفات دریافت کرده و برای تولید ترکیب ۶ کربنهٔ دو فسفاته، انرژی صرف شده است، می‌توانیم بگوییم که سطح انرژی ترکیب ۶ کربنهٔ دو فسفاته از گلوکز(ترکیب ۶ کربنهٔ بدون فسفات) بیشتر است. در رابطه با پایداری، این موضوع برعکس است.

نکتهٔ ترکیبی: در مرحله اول چرخهٔ کالوین همانند مرحله اول گلیکولیز، ترکیب شش کربنهٔ دو فسفاته تولید می‌شود.(*ترکیب با فصل ۶ دوازدهم*)

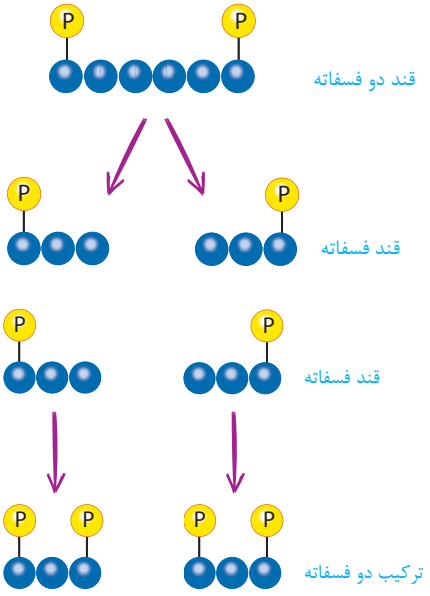
نکته: همانطور که در شکل کتاب‌درسی مشخص است، گروه‌های فسفات به اولین و آخرین کربن‌های گلوکز(و یا کربن‌های کناری) متصل می‌شوند.

مرحله دوم ← در این مرحله، ترکیب شش کربنهٔ دو فسفاته(گلوکز فسفاته شده) به وسیله آنزیم خاصی از وسط نصف شده(تجزیه) و به دو تا

ترکیب ۳ کربنه که هر کدام یک فسفات دارند و نوعی قند می‌باشند، تبدیل می‌شود. دقت داشته باشید که تجزیه شدن گلوکز فسفاته نوعی فرآیند هیدرولیز نیست که طی آن مولکول آب مصرف شود! این فرایند انرژی خواه است یعنی آنزیم برای انجام این‌کار انرژی زیستی مصرف می‌کند.

نکته: محصولات این مرحله از گلیکولیز عبارتند از: دو تا ترکیب ۳ کربنهٔ تک فسفاته(قند سه کربنهٔ تک فسفاته). همچنین تنها ماده مصرفی آن ترکیب ۶ کربنهٔ دو فسفاته(گلوکز فسفاته) می‌باشد.

نکتهٔ ترکیبی: در مرحله دوم گلیکولیز همانند مرحله دوم چرخهٔ کالوین، دو تا ترکیب ۳ کربنهٔ تک فسفاته تولید می‌شود. دقت داشته باشید که این دو ترکیب از نظر ساختار با یکدیگر تفاوت دارند و یکسان نمی‌باشند.(*ترکیب با فصل ۶ دوازدهم*)



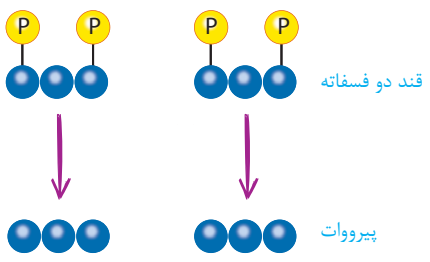
مرحله سوم ⟵ در این مرحله، هر کدام از ترکیب‌های سه کربنهٔ تک فسفاته(قندهای تک فسفاته)! یک فسفات معدنی(خیلی مهمه‌ها!) گرفته و به دو تا ترکیب ۳ کربنهٔ دو فسفاته(قند دو فسفاته)! تبدیل می‌شوند. در واقع نوعی آنزیم این کار را انجام می‌دهد. همانطور که در شکل می‌بینید این فسفات‌ها به کربن کناری که فاقد فسفات می‌باشد، متصل می‌شوند.

نکته: فسفاتی که به قندهای سه کربنهٔ تک فسفاته وصل می‌شوند، جزء فسفات‌های آزاد در سیتوپلاسم سلول هستند. یعنی از ماده آلی خاصی جدا نشده‌اند. اما فسفات‌هایی که به گلوکز وصل می‌شوند، منشاءشان از مولکول‌های ATP می‌باشد.

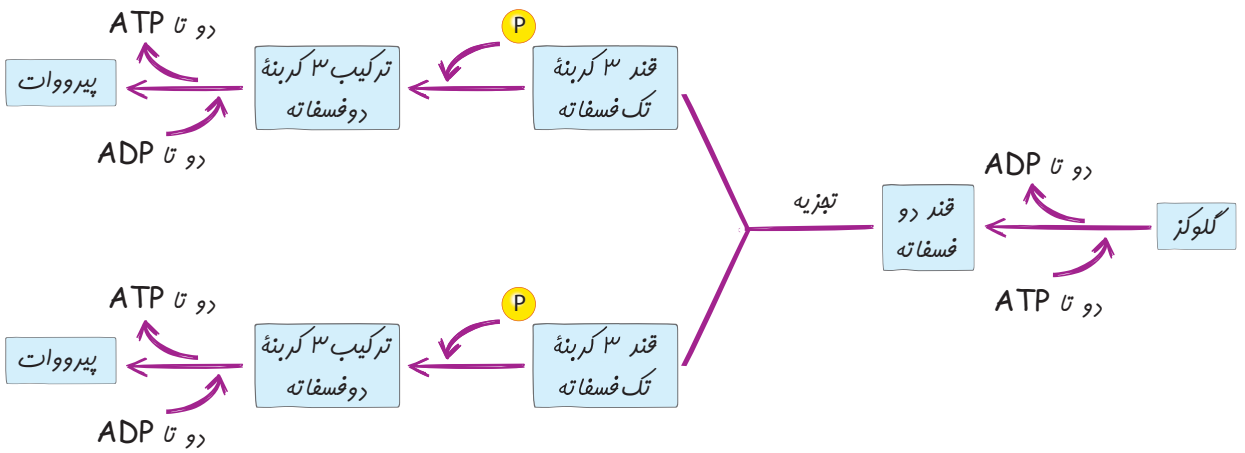
نکته: محصولات این مرحله عبارتند از: دو تا ترکیب سه کربنهٔ دو فسفاته. مواد مصرفی هم عبارتند از: دو تا ترکیب سه کربنهٔ تک فسفاته

نکته: از بین فسفات‌های متصل به قند سه کربنهٔ دو فسفاته، منشاء قدیمی‌ترین فسفات از مولکول ATP است و منشاء جدیدترین فسفات از فسفات‌های آزاد در سیتوپلاسم می‌باشد.

مجموعهٔ واکنش‌های مرحله چهارم ⟵ در این واکنش‌ها، هر کدام از مولکول‌های سه کربنهٔ دو فسفاته(قندهای دو فسفاته)! طی مراحلی(و نه یک‌باره!) هر دو تا فسفات خودشان را از دست می‌دهند و به ترکیب ۳ کربنهٔ فاقد فسفات تبدیل می‌شوند. به این ترکیب ۳ کربنه فاقد فسفات، پیرووات(بنیان پیرووییک‌اسید) گفته می‌شود که نوعی اسید است. فسفات‌های آزاد شده را مولکول‌های ADP که در سیتوپلاسم حضور دارند، دریافت می‌کنند. به این صورت که هر ADP یک فسفات دریافت می‌کند و به ATP تبدیل می‌شود. حتمن پیش خودتان می‌گویید منظور از بنیان پیرووییک‌اسید چیست؟ فکر می‌کنم در شیمی خواهید خواند(و شایدم تا به الان خوانده‌اید!) که اگر یک اسیدی همه یا تعدادی از هیدروژن‌های خود را از دست بدهد آن چیزی که باقی می‌ماند، بنیان اسید نامیده می‌شود. پیرووییک‌اسید هم یکی از هیدروژن‌های خود را از دست می‌دهد و به پیرووات که بنیان آن می‌باشد، تبدیل می‌شود.



خلاصهٔ فرآیند گلیکولیز به صورت زیر است:



نکته: گفتیم که در قندکافت(گلیکولیز)، مولکول‌های ATP و NADH نیز تشکیل می‌شوند. مولکول‌های ATP چجوری تشکیل می‌شوند؟ با اضافه شدن گروه فسفات به مولکول ADP، درسته؟ از آنجایی که در مرحله چهارم قندهای دوفسفاته هر کدام دو تا فسفات از دست می‌دهند، می‌توان این

نتیجه را گرفت که مولکول‌های ATP در این مرحله از گلیکولیز تولید می‌گردند.

نکته: محصولات مرحله ۴ گلیکولیز به ازاء یک گلوکز عبارتند از: دو تا ترکیب سه کربنهٔ فاقد فسفات(پیرووات) و چهار تا ATP . مواد مصرفی هم عبارتند از: دو تا ترکیب سه کربنهٔ دو فسفاته + چهار تا مولکول ADP، در نتیجه در این مرحله، ۴ مولکول آب نیز تولید می‌شود.

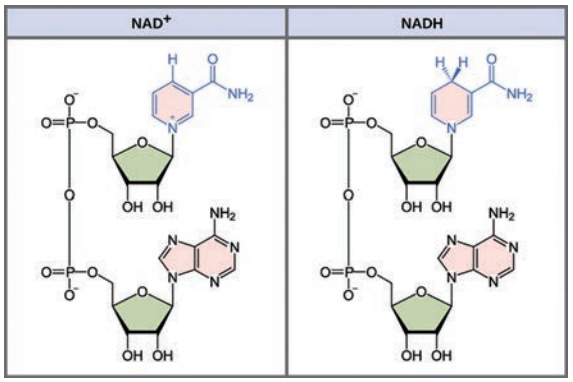
نکته: در مرحله ۴ گلیکولیز، ATP در سطح پیش ماده تولید می‌شود! چون فسفاتش را از یک ترکیب آلی فسفات‌دار (قند سه کربنهٔ دوفسفاته) دریافت می‌کند.

حامل‌های الکترونی

گفتیم که یکی از مولکول‌های تولیدی در گلیکولیز، مولکولی به نام NADH می‌باشد. NADH نوعی حامل الکترون است. یعنی چی؟ گفتیم که انرژی مواد آلی در پیوندهای آن‌ها نهفته می‌باشد. در شیمی خوانده‌اید که پیوندها از به اشتراک گذاشتن الکترون بین دو اتم حاصل می‌شود. در واقع این الکترون‌ها هستند که دارای انرژی می‌باشند. حالا برای اینکه سلول بتواند از انرژی آن‌ها استفاده کند و فرمت انرژی‌شان را تغییر دهد، باید الکترون‌های پرانرژی مواد آلی را ببرد به محل تولید انرژی(مثلا در یوکاریوت‌ها به میتوکندری ببرد!) خب سلول برای این‌کار به یک تاکسی نیاز دارد تا این الکترون‌ها را حمل کند و ببرد به مکان مورد نظر! NAD^+ و FAD همان تاکسی‌هایی هستند که در موردشان حرف زدم. برای همین به این مولکول‌ها، حامل‌های الکترون گفته می‌شود. این مولکول‌ها با گرفتن الکترون و هیدروژن از مواد آلی، به ترتیب به NADH و $FADH_2$ تبدیل می‌شوند. در رابطه با NADH در همین‌جا صحبت می‌کنم اما در مورد $FADH_2$ در درسنامه بعدی صحبت خواهم کرد.

خالی — پر(حامل دو الکترون پرانرژی) — خالی

NADH (نیکوتین آمید آدنین دی‌نوکلئوتید)



NADH که مخفف نیکوتین آمید آدنین دی‌نوکلئوتید است، حامل الکترونی است که در ساختار خود دو نوکلئوتید دارد و از NAD^+ به اضافه الکترون و پروتون(یون هیدروژن) تشکیل می‌شود. در واقع یک NAD^+ با گرفتن دو تا یون هیدروژن(پروتون) و دو تا الکترون به $NADH + H^+$ تبدیل می‌شود. به واکنش پایین دقت کنید. همانطور که می‌بینید این واکنش برگشت‌پذیر است یعنی NAD^+ و NADH با گرفتن و از دست‌دادن الکترون و پروتون(یون هیدروژن)، به یکدیگر تبدیل می‌شوند. در واقع یک الکترون برای خنثی کردن NAD^+ به کار می‌رود و یک الکترون دیگر به منظور ایجاد پیوند بین یکی از پروتون‌ها با NAD به کار می‌رود. پروتون دیگر هم به صورت داتیو با NADH پیوند برقرار می‌کند و برای همین محصول این واکنش را به صورت $NADH + H^+$ نشان می‌دهند.

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

نکته: اگر خاطرتان باشد گفتم که هر کسی الکترون بگیرد می‌گوییم کاهش یافته و هر کسی که الکترون از دست بدهد می‌گوییم اکسایش یافته‌است. بنابراین NAD^+ با گرفتن الکترون کاهش و NADH با از دست دادن الکترون، اکسایش می‌یابد.

نکته: از اسم این حامل الکترون می‌توانیم بفهمیم که یکی از نوکلئوتیدهای بکار رفته در ساختار آن دارای باز آلی آدنین می‌باشند و دیگر نیکوتین‌آمید است.

نکته: طبق واکنش بالا می‌توانیم بفهمیم که هر NADH حامل دو تا الکترون است.

نکته: از آنجایی که NADH ساختار نوکلئوتیدی دارد می‌توان گفت که حاوی قند ۵ کربنه است(۲ تا) و همچنین دارای گروه‌های فسفات در خود می‌باشد. از طرفی این دو نوکلئوتید از طریق نوعی پیوند کووالان به یکدیگر متصل شده‌اند.

نکتهٔ ترکیبی: در فصل بعدی با مولکولی به نام NADPH آشنا خواهید شد. این مولکول هم یکی دیگر از حامل‌های الکترونی می‌باشد که در فرآیند فتوسنتز فعالیت می‌کند. NADPH را با NADH اشتباه نگیرید. NADPH مخفف نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتیدفسفات است اما NADH مخفف نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید می‌باشد. در واقع این دو در تعداد فسفات‌ها با هم فرق دارند و NADPH نسبت به NADH فسفات بیشتری دارد. این دو مولکول از نظر ساختاری بسیار به هم شبیه می‌باشند. *(ترکیب با فصل ۶ دوازدهم)*

سایر نکات مهم گلیکولیز

نکته: اگر از شما بپرسند در گلیکولیز:

- دهندهٔ الکترون(یا پروتون) کیه؟ ← بگویید قندی که حداقل سه کربن در ساختار خود دارد
- گیرندهٔ الکترون(یا پروتون) کیه؟ ← بگویید مولکول NAD^+
- حامل الکترون(پروتون) کیه؟ ← بگویید مولکول NADH

توجه: زمانی ما لفظ حامل الکترون رو به کسی میدیم که الکترون رو گرفته باشه! NAD^+ وقتی الکترون رو می‌گیره میشه NADH! پس NADH حامل الکترون است و نه NAD^+

جدول مقایسه ای

مورد مقایسه	NADH	NAD^+
حامل الکترون‌های پرانرژی است	✓	
پذیرندهٔ الکترون است		✓
اکسایش می‌دهد		✓
کاهش می‌یابد		✓
اکسایش می‌یابد	✓	
کاهش می‌دهد	✓	

فصل ۰: از ماده به انرژی

سایر نکات گلیکولیز

نکته: در تمامی جانداران(چه یوکاریوت‌ها و چه پروکاریوت‌ها)، محل انجام فرآیند گلیکولیز سیتوپلاسم سلول است.

نکته: در طی گلیکولیز دی‌اکسیدکربن تولید و یا مصرف نمی‌شود. اکسیژن هم همینطور.

نکته: در مرحله (۱) گلیکولیز به ازاء هر گلوکز دو تا مولکول ATP مصرف می‌شود اما در مرحله چهارم(آخر) ۴ تا مولکول ATP تولید می‌شود. پس می‌توان گفت در گلیکولیز در مجموع! دو تا مولکول ATP تولید می‌شود. از کجا فهمیدیم که چهار مولکول ATP تولید می‌گردد؟ از آنجایی که در مرحله چهارم ۴ تا فسفات آزاد می‌شود و هر کدام به یک مولکول ADP اضافه می‌شوند در نتیجه در مجموع ۴ تا مولکول ATP تولید می‌شود.

نکته: محصولات نهایی و خالص گلیکولیز به ازاء یک گلوکز عبارتند از: دو تا پیرووات(ترکیب ۳ کربنهٔ فاقد فسفات) + دو تا ATP + چند تاNADH

نکته: گلیکولیز چون منجر به تولید انرژی شده است پس می‌توانیم بگوییم در کل! این فرآیند انرژی‌زا می‌باشد. دقت داشته باشید مرحله (۱) آن انرژی‌خواه است و مرحله آخرش انرژی زا، اما در کل، گلیکولیز انرژی‌زا می‌باشد. چون انرژی تولیدی بیشتر از انرژی مصرفی می‌باشد.

نکته: در مرحله (۴) ضمن تولید ۴ تا ATP، ۴ تا مولکول آب تولید می‌شود. چون ATPها به روش سنتز آبدهی تولید می‌شوند. همچنین در مرحله (۱) گلیکولیز ضمن تجزیه ATP، دو تا مولکول آب مصرف می‌شود چون به روش هیدرولیز تجزیه می‌شوند.

نکته: اگر بخواهیم از نظر سطح انرژی و سطح پایداری، مقایسه کنیم اینجوری می‌شود:

مقایسه از نظر سطح انرژی:

ترکیب ۶ کربنهٔ دو فسفاته > ترکیب ۳ کربنهٔ تک فسفاته > ترکیب ۳ کربنهٔ دو فسفاته > پیرووات(ترکیب ۳ کربنهٔ فاقد فسفات)

مقایسه از نظر سطح پایداری:

ترکیب ۶ کربنهٔ دو فسفاته < ترکیب ۳ کربنهٔ تک فسفاته < ترکیب ۳ کربنهٔ دو فسفاته < پیرووات(ترکیب ۳ کربنهٔ فاقد فسفات)

توجه: دقت داشته باشید که سطح انرژی گلوکز از ترکیب ۶ کربنهٔ دو فسفاته کمتره! چون برای تبدیل گلوکز به ترکیب ۶ کربنهٔ دو فسفاته، دو تا مولکول ATP (انرژی زیستی) مصرف می‌شود.

نکته: در گلیکولیز، علاوه بر ATP که در مرحلهٔ آخر به‌صورت مستقیم تولید می‌شود؛ این فرآیند زمینهٔ تولید تعدادی مولکول ATP به‌صورت غیرمستقیم در زنجیرهٔ انتقال الکترون را فراهم می‌کند در واقع در گلیکولیز مولکول NADH تولید می‌شود که می‌تواند به صورت غیرمستقیم، منجر به تولید ATP شود. پس می‌توان گفت به‌صورت خالص در مجموع پیش از ۴مولکول ATP تولید می‌شود.

جدول مقایسه ای

مورد مقایسه	مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳	مرحله ۴
مواد مصرفی اصلی	گلوکز + آدنوزین تری‌فسفات	ترکیب ۶ کربنهٔ دو فسفاته(قند ۶ کربنهٔ دوفسفاته)	ترکیب ۳ کربنهٔ تک‌فسفاته(قند ۳ کربنهٔ تک‌فسفاته) + فسفات‌های معدنی + NAD^+	ترکیب ۳ کربنهٔ دو فسفاته(قند ۳ کربنهٔ دوفسفاته) + آدنوزین دی‌فسفات
مواد تولیدی	ترکیب ۶ کربنهٔ دوفسفاته(قند ۶ کربنهٔ دو فسفاته) + آدنوزین دی‌فسفات	ترکیب ۳ کربنهٔ تک فسفاته(قند سه کربنهٔ تک‌فسفاته)	ترکیب ۳ کربنهٔ دوفسفاته(قند سه کربنه دوفسفاته) + NADH	پیرووات + آدنوزین تری‌فسفات
CO_2	–	–	–	–
O_2	–	–	–	–
ATP	مصرف می‌شود.	–	–	تولید می‌شود.
ADP	تولید می‌شود.	–	–	مصرف می‌شود.

سوال: در فرآیند گلیکولیز از هر مولکول گلوکز که به پیرووات تبدیل می‌شود چند مولکول ATP تولید و چند مولکول ATP مصرف می‌شود؟

جواب: جدول پایین را دریابید. مقادیر این جدول به ازاء یک گلوکز در یک فرآیند گلیکولیز محاسبه شده است.

جدول مقایسه ای

مورد مقایسه	ATP مصرفی	ATP تولیدی	NADH تولیدی	ADP تولیدی	ADP مصرفی	NAD^+ مصرفی	الکترون و پروتون‌های مصرفی
در هر فرآیند گلیکولیز	۲ عدد	۴ عدد	بیش‌از یک‌عدد	۲ عدد	۴ عدد	بیش‌از یک‌عدد	۴ عدد e و ۴ عدد H^+
مرحله‌ای که تولید یا مصرف می‌شود	۱	۴	–	۱	۴	–	–

یادداشت های من

گلیکولیز یا قند کافت

۹- در حین انجام گلیکولیز(قندکافت) در یک یاختهٔ یوکاریوتی .....

۱) همزمان با تشکیل پیرووییک اسید ATP مصرف می‌شود.

۲) گلوکز فسفاته، به دو قند سه کربنی و دو فسفاته شکسته می‌شود.

۳) تبدیل هر گلوکز به گلوکز فسفاته، با مصرف یک مولکول ATP همراه است.

۴) ترکیب دو فسفاته با از دست دادن هر دو گروه فسفات خود، به پیرووات تبدیل می‌شود.

۱۰- کدام گزینه در ارتباط با فرایند گلیکولیز نادرست بیان شده است؟

۱) فقط در سیتوپلاسم یاخته‌ها امکان انجام این فرایند وجود دارد.

۲) تولید ATP در این فرایند، در سطح پیش ماده انجام می‌شود.

۳) همزمان با بروز هر نوع تنفس یاخته‌ای در یاخته، این فرایند انجام می‌شود.

۴) در این فرایند همزمان با تولید ترکیب سه کربنی، CO_2 آزاد می‌شود.

۱۱- کدام گزینه دربارهٔ مولکولی پرانرژی که در گلیکولیز هم مصرف و هم تولید می‌شود، درست است؟

۱) از بیش‌تر نوکلئوتیدهای موجود در دنا، یک گروه فسفات بیشتر دارد.

۲) انرژی مورد نیاز برای آغاز فرایند گلیکولیز را تامین می‌کند.

۳) این مولکول پرانرژی، دارای دو نوکلئوتید است.

۴) همزمان با تشکیل قند سه کربنی و دو فسفاته مصرف می‌شود.

۱۲- در فرایند گلیکولیز، علاوه بر مولکول ATP ترکیب پرانرژی دیگری نیز تولید می‌شود، کدام گزینه دربارهٔ این ترکیب درست است؟

۱) در ساختار خود دارای یک پیوند قند-فسفات است.

۲) انرژی فعال‌سازی واکنش‌های گلیکولیز را تامین می‌کند.

۳) این مولکول با دریافت الکترون، کاهش می‌یابد.

۴) در ساختار خود دارای دو نوکلئوتید است.

۱۳- کدام گزینه بهترین علامت برای اتمام مرحله‌ای از تنفس یاخته‌ای هوازی در یاخته‌های یوکاریوتی است که همواره در سیتوپلاسم انجام می‌شود؟

۱) انتقال الکترون به اسید سه کربنی و فاقد گروه‌های فسفات

۲) بازسازی ترکیب چهار کربنی برای واکنش با استیل کوآنزیم A

۳) تجزیهٔ گلوکز تا حد تشکیل مولکول دی اکسید کربن

۴) تبدیل نوعی ترکیب قندی فسفات‌دار به نوعی اسید سه کربنی

۱۴- چند مورد، عبارت مقابل را به درستی کامل می‌کنند؟ «در ارتباط با فرایند قندکافت در جانداران می‌توان گفت ..... »

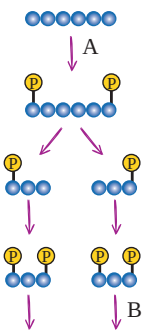
الف) با مصرف و تولید شکل رایج و قابل استفاده انرژی همراه است.

ب) تجزیهٔ مولکول گلوکز در آن طی چندین مرحله انجام می‌شود.

ج) تولید مولکول ATP در آن در سطح پیش‌ماده انجام می‌شود.

د) انجام آن وابسته به غلظت اکسیژن درون میان‌یاخته است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴



۱۵- با توجه به شکل مقابل که مراحل گلیکولیز را نشان می‌دهد، چند مورد عبارت زیر را به درستی تکمیل می‌کنند؟

« در مرحلهٔ A همانند واکنش‌های مراحل B ..... »

الف) نوعی مولکول کربن‌دار اسیدی تشکیل می‌شود.

ب) مولکول‌های پرانرژی ATP تولید می‌شوند.

ج) امکان تولید مولکول‌های دو فسفاته وجود دارد.

د) نوعی ترکیب کربن‌دار قندی تولید می‌شود.

۱)صفر ۲) ۱

۳) ۲ ۴) ۳

۱۶- به دنبال ورود هر مولکول گلوکز به قندکافت(گلیکولیز)، در مرحلهٔ نهایی این فرایند .....

۱) امکان آزادشدن گروه فسفات از دو مولکول ATP وجود دارد.

۲) چهار مولکول ATP در سطح پیش ماده تولید می‌شود.

۳) یک ترکیب سه کربنی فاقد فسفات حاصل می‌شود.

۴) امکان تشکیل مولکول‌های آب وجود ندارد.

شکر میان تست: هواست به اطراافت باشه! خطر نیش مارها(نمیدونم ترسناکتر از مار چیو بگم!) در کمینه ....

۱۷- در مرحلهٔ(مراحل) ..... گلیکولیز امکان تولید ..... وجود دارد.

۱) اول – دو نوع ترکیب دارای دو گروه فسفات

۲) دوم – نوعی مولکول قندی دارای دو گروه فسفات

۳) سوم – مولکولی شش کربنه و فاقد گروه فسفات

۴) آخر – نوعی مولکول سه کربنی و دارای یک گروه فسفات

۱۸- در آخرین مرحلهٔ گلیکولیز برخلاف نخستین مرحلهٔ آن .....

۱) مولکول آدنوزین تری فسفات مصرف می‌شود.

۲) نوعی ترکیب کربن‌دار با خاصیت اسیدی تولید می‌گردد.

۳) نوعی ترکیب سه کربنی دارای فسفات ساخته می‌شود.

۴) می‌توان شکسته‌شدن پیوند بین اتم‌های کربن را مشاهده کرد.

۱۹- در مرحله‌ای از گلیکولیز، پیوند بین اتم‌های کربن شکسته می‌شود. کدام گزینه دربارهٔ این مرحله درست است؟

۱) با شکسته شدن مولکول‌های ATP همراه است.

۲) ترکیب تولیدی در این مرحله، فاقد گروه فسفات است.

۳) در این مرحله، ترکیبی قندی و تک فسفاته مصرف می‌شود.

۴) منجر به تشکیل نوعی ترکیب قندی و تک فسفاته می‌شود.

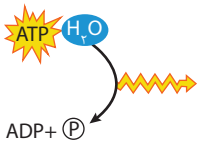
۲۰- در یک یاختهٔ یوکاریوتی در فرایند گلیکولیز .....

۱) دو نوع مولکول حامل الکترون تولید می‌شود.
۲) از مولکول ATP برای تامین انرژی فعال‌سازی استفاده می‌شود.
۳) امکان تولید ترکیب سه کربنی وجود ندارد.
۴) امکان آزادشدن مولکول‌های کربن دی اکسید وجود دارد.

۲۱- در فرایند گلیکولیز، ..... به طورحتم .....

۱) به ازای مصرف دو الکترون - یک مولکول NAD^+ بازسازی می‌شود.
۲) همزمان با آزادشدن گروه فسفات از مولکول ATP - ترکیب ۶ کربنی شکسته می‌شود.
۳) در پی فسفات‌دار شدن ترکیب ۶ کربنی - از یون‌های فسفات آزاد سیتوپلاسم کاسته می‌شود.
۴) همزمان با تبدیل هر قند سه کربنی دو فسفاته به پیرووات - ۲ مولکول ADP مصرف می‌شود.

۲۲- فرایند نشان داده شده در شکل مقابل، در هر مرحله‌ای از گلیکولیز که ..... روی می‌دهد.



۱) منجر به تشکیل نوعی ترکیب کربن‌دار و دو فسفاته می‌شود.
۲) امکان مصرف مولکول گلوکز وجود دارد
۳) با شکسته شدن پیوند بین اتم‌های کربن ترکیب قندی همراه است
۴) نوعی ترکیب اسیدی سه کربنی تشکیل می‌شود.

۲۳- در فرایند قندکافت ..... در مرحله‌ای ..... می‌شود که .....

۱) ترکیب سه کربنی تک فسفاته - مصرف- میزان گروه‌های فسفات میان یاخته، افزایش می‌یابد.
۲) ترکیب سه کربنی تک فسفاته - تولید - با شکسته شدن پیوند بین اتم‌های کربن همراه است.
۳) نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید - مصرف - ترکیب سه کربنی دو فسفاته تولید می‌شود.
۴) ترکیب اسیدی سه کربنه- تولید - با آزادشدن گروه فسفات از مولکول ATP همراه است.

۲۴- کدام گزینهٔ زیر دربارهٔ گلیکولیز درست است؟

۱) محصول کربن‌دار و بدون فسفات این فرایند، نوعی ترکیب قندی محسوب می‌شود.
۲) نخستن مرحلهٔ آن با کاهش تعداد پیوندهای قند-فسفات نوعی نوکلئوتید همراه است.
۳) تجزیهٔ گلوکز در این فرایند به صورت مجموعه‌ای از واکنش‌ها و به صورت مرحله‌ای انجام می‌شود.
۴) امکان انجام این فرایند درون فضای داخلی اندامک‌های دو غشایی یاخته‌های یوکاریوتی وجود دارد.

۲۵- در مرحلهٔ اول گلیکولیز ..... مرحلهٔ دوم آن .....

۱) همانند - امکان مصرف مولکول ATP وجود دارد.
۲) برخلاف - نوعی ترکیب شش کربنه و دو فسفاته تولید می‌شود.
۳) همانند - نوعی مولکول دو فسفاته تولید می‌شود.
۴) برخلاف - امکان مصرف گروه‌های فسفات آزاد سیتوپلاسم وجود ندارد.

۲۶- در گلیکولیز(قندکافت) به هنگام ..... تعداد آدنوزین تری فسفات‌های درون میان یاخته افزایش می‌یابد.

۱) تبدیل گلوکز به ترکیبی ۶ کربنی و دو فسفاته
۲) تبدیل قند سه کربنی تک فسفاته به قند سه کربنی دو فسفاته
۳) تبدیل قند سه کربنی دو فسفاته به ترکیبی بدون فسفات
۴) تبدیل ترکیب ۶ کربنی دو فسفاته به دو قند سه کربنی تک فسفاته

۲۷- از گلیکولیز یک مولکول گلوکز، همزمان با ..... به طورحتم .....

۱) تولید آدنوزین دی فسفات- چهار مولکول آب تشکیل می‌شود.
۲) افزایش تعداد فسفات‌های قند سه کربنی - مولکول ATP مصرف می‌شود.
۳) مصرف الکترون و پروتون - حامل الکترون دو نوکلئوتیدی بازسازی می‌شود.
۴) تشکیل ترکیب دو فسفاته - از میزان فسفات‌های درون میان یاخته کاسته می‌شود.

۲۸- در فرایند گلیکولیز در یک یاختهٔ مغز استخوان انسان ..... نسبت به ..... انجام می‌شود.

۱) تشکیل مولکول ATP - مصرف ترکیب قند سه کربنی فسفاته، زودتر
۲) فسفاته شدن مولکول گلوکز - شکسته شدن ترکیب شش کربنی، دیرتر
۳) شکسته شدن ترکیب شش کربنه - آزادشدن گروه فسفات از ATP، دیرتر
۴) تشکیل قند سه کربنی فسفاته - مصرف فسفات‌های آزاد میان یاخته، دیرتر

۲۹- چند مورد عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کنند؟ «در گلیکولیز تبدیل ..... همواره ..... همراه است.»

الف) گلوکز به ترکیب شش کربنی ناپایدار - با مصرف انرژی
ب) ترکیب سه کربنی به نوعی بنیان اسیدی - با تولید مولکول ATP
ج) ترکیب شش کربنهٔ ناپایدار به ترکیب سه کربنه - با مصرف یون‌های فسفات
د) قند تک فسفاته به قند دو فسفاته - با شکسته شدن پیوند بین اتم‌های کربن

۱(۱) ۲(۲) ۳(۳) ۴(۴)

شکر میان تست: اگه تا اینجا تست‌ها رو به دقت حل کرده باشی، دیگه باید صفر تا صد گلیکولیز(ببخشید به قول مولف کتاب درسی، قندکافت!) رو فهمیده باشی! اگه شک داری، تست بعدی رو حل کن ... یه جمع بندی خوب برای ترتیب مراحل گلیکولیزه !

۳۰- کدام گزینهٔ زیر ترتیب مراحل گلیکولیز در گیرندهٔ استوانه‌ای چشم را به درستی بیان کرده است؟

الف) مصرف شدن گروه‌های فسفات آزاد سیتوپلاسم
ب) آزادشدن گروه فسفات از آدنوزین تری فسفات
ج) تجزیهٔ ترکیبی کربن‌دار به دو قند کربن‌دار
د) تولید ترکیبی سه کربنی با خاصیت اسیدی

۱) ب - ج - الف - د ۲) ب - الف - د - ج ۳) ج - الف - د - ب ۴) ج - ب - الف - د

۳۱- در فرایند گلیکولیز رخداد کدام دو مورد از نظر زمانی به هم نزدیک‌تر از سایرین است؟

۱) سه فسفاته شدن نوکلئوتید آدنین‌دار و تشکیل ترکیب شش کربنی دوفسفاته
۲) دو فسفاته شدن قندهای سه کربنی و شکسته شدن ترکیب ناپایدار دو فسفاته
۳) شکسته‌شدن ترکیب شش کربنی و تولید مولکول‌های پرانرژی تک نوکلئوتیدی
۴) تشکیل نوعی اسید سه کربنی و مصرف ATPهای موجود در سیتوپلاسم

۳۲- در گلیکولیز، نوعی ترکیب قندی وجود دارد که نسبت گروه‌های فسفات آن به تعداد اتم‌های کربن آن بیشتر از سایر ترکیبات قندی است. کدام گزینه دربارهٔ این ترکیب قندی به درستی بیان شده است؟

۱) تعداد اتم‌های کربن برابری با مولکول گلوکز دارد.
۲) طی واکنش‌هایی منجر به تشکیل ترکیبی اسیدی می‌شود.
۳) در نتیجهٔ شکسته‌شدن ترکیبی شش کربنه ایجاد می‌شود.
۴) همزمان با مصرف مولکول‌های ATP به مولکولی دیگر تبدیل می‌شود.

۳۳- چند مورد، عبارت مقابل را به درستی کامل می‌کنند؟ «در فرایند گلیکولیز در یک یاختهٔ یوکاریوتی، در حین ..... مصرف می‌شود.»

الف) تشکیل NAD^+، الکترون و پروتون
ب) تولید قند تک فسفاته، مولکول ATP
ج) تشکیل پیرووات، از فسفات‌های آزاد میان یاخته
د) تشکیل مولکول ADP، مولکول آب

۱) سه ۲) دو ۳) یک ۴) صفر

۳۴- کدام گزینه، عبارت مقابل را به نادرستی کامل می‌کند؟ «در اولین مرحلهٔ تنفس یاخته‌ای ..... »

۱) همزمان با کاهش NAD^+، الکترون و پروتون مصرف می‌شود.
۲) به دنبال تولید ADP ، مولکول شش کربنی دو فسفاته تشکیل می‌شود.
۳) کمی پیش از تامین انرژی فعال‌سازی واکنش‌های آن، گلوکز فسفاته تشکیل می‌شود.
۴) همزمان با تبدیل قند دو فسفاته به پیرووات، تشکیل ATP در سطح پیش‌ماده انجام می‌پذیرد.

۳۵- کدام گزینه عبارت مقابل را به نادرستی تکمیل می‌کند؟ « در گلیکولیز همزمان با مصرف ..... دور از انتظار .....»

۱) ADP ، تشکیل نوعی اسید سه کربنی- نیست
۲) الکترون و پروتون ، اکسایش نوعی ترکیب دو نوکلئوتیدی- است
۳) ATP ، تشکیل بیش از یک ترکیب دو فسفاته- است
۴) قندهای سه کربنی دو فسفاته، مصرف مولکول‌های ADP - نیست

۳۶- در مرحله‌ای از گلیکولیز که پیوند بین قند و فسفات شکسته یا تشکیل نمی‌شود، به طورحتم .....

۱) امکان مصرف مولکول ATP وجود دارد.
۲) مولکول گلوکز فسفاته مصرف می‌شود.
۳) قندی سه کربنی و دو فسفاته تشکیل می‌شود.
۴) هیچ پیوند کووالانی شکسته نمی‌شود.

۳۷- در یاخته‌های بدن آدمی فقدان یون‌های فسفات آزاد در سیتوپلاسم مستقیماً انجام کدام فرایند گلیکولیز را با مشکل مواجه می‌کند؟

۱) انتقال الکترون و پروتون به نوعی ترکیب باز آلی آدنین
۲) تبدیل نوکلئوتیدهای دو فسفاته به مولکول‌های پرانرژی سه فسفاته
۳) شکستن مولکول گلوکز برای تبدیل آن به مولکول‌های سه کربنی
۴) تبدیل قندهای سه کربنی تک فسفاته به قندهای دو فسفاته

شکر میان تست: تست بعدی رنگ و بوی محاسبات عددی می‌دهد، اما به جان «هانس کربس»(خدابیامرز!) قسم میخورم که محاسبات ریاضی نداره ...

۳۸- کدام موارد عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کنند؟ «در فرایند گلیکولیز به ازای مصرف هر مولکول گلوکز تعداد ..... با تعداد ..... برابر است.»

الف) ATP های تولیدی در مراحل نهایی- پیرووات‌های تولید شده
ب) NADH بازسازی شده - الکترون‌های مصرفی در حین کاهش NAD^+
ج) پیرووات‌های تولیدی در مراحل نهایی - ATP های مصرفی در مرحلهٔ ابتدایی
د) قندهای سه کربنی تولیدی در مرحلهٔ دوم - فسفات معدنی مصرفی در مرحلهٔ سوم

۱) الف - ب ۲) ج - د ۳) الف - ج ۴) ب - د

۳۹- نوعی مولکول انرژی لازم برای انجام واکنش‌های مربوط به تجزیهٔ گلوکز در اولین مرحلهٔ تنفس یاخته‌ای را تامین می‌کند. در کدام یک از فرایندهای زیر، این مولکول مصرف نمی‌شود؟

۱) ورود یون‌های سدیم به یاخته‌های پوششی پرز روده
۲) خروج یون‌های سدیم از درون یاخته‌های عصبی
۳) از بین رفتن پل‌های اتصالی بین سر میوزین و رشته‌های اکتین
۴) آزادسازی ناقل‌های عصبی به فضای سیناپسی

زنجیره انتقال الکترون

۶۵- کدام موارد ویژگی مشترک همهٔ اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون در میتوکندری محسوب می‌شوند؟

الف) الکترون‌های آزادشده از $FADH_2$ از آن‌ها عبور می‌کند.
ب) با مصرف انرژی الکترون‌ها در انتقال یون هیدروژن نقش دارند.
ج) مولکول‌هایی با قابلیت اکسایش و کاهش هستند.
د) هیچ یک توانایی تولید و مصرف مولکول‌های ATP را ندارند.

۱) الف - ب ۲) ج - د ۳) الف - ج ۴) ب - د

۶۶- کدام گزینه دربارهٔ هر فرآیند مربوط به تنفس یاخته‌ای هوازی در تارهای ماهیچه‌ای که منجر به بازسازی NAD^+ درون میتوکندری می‌شود، نادرست است؟

۱) همراه با تولید نوعی اسید سه کربنی است.
۲) فقط در حضور مولکول‌های اکسیژن انجام می‌شود.
۳) pH فضای بستره میتوکندری را افزایش می‌دهد.
۴) منجر به عبور الکترون‌های پرانرژی NADH از سه ناقل یونی می‌شود.

۶۷- درون یک یاختهٔ گیرندهٔ استوانه‌ای، به دنبال اکسیدشدن ..... در سطح داخلی غشای درونی میتوکندری .....

۱) $FADH_2$ - سه یون هیدروژن به فضای بین غشایی منتقل می‌شوند.
۲) NADH - انرژی لازم برای بازسازی مولکول‌های ADP را فراهم می‌شود.
۳) $FADH_2$ - بیش از دو جزء زنجیرهٔ انتقال الکترون، الکترون دریافت می‌کنند.
۴) NADH - انرژی لازم برای انتشار یون‌ها توسط ناقل‌های پروتئینی فراهم می‌شود.

۶۸- کدام گزینه دربارهٔ فرآیند اکسیدشدن NADH در مجاورت غشای داخلی میتوکندری درست است؟

۱) اکسیدشدن هر مولکول NADH همراه با آزادشدن یک الکترون است.
۲) هر NADH توانایی انتقال الکترون به پنج پروتئین ناقل موجود در زنجیرهٔ انتقال الکترون را دارد.
۳) الکترون‌های آزادشده از اکسایش هر مولکول NADH در نهایت موجب کاهش یک مولکول اکسیژن می‌شوند.
۴) نسبت به حامل الکترون دیگر، در انتقال فعال یون‌های H^+ بیشتری بین دو سمت غشای داخلی میتوکندری نقش دارد.

۶۹- هر مولکولی در غشای درونی میتوکندری که در ..... نقش دارد .....

۱) واردکردن H^+ به درون بستره - توانایی گرفتن الکترون از حامل‌های الکترون را دارد.
۲) واردکردن H^+ به فضای بین غشایی - توسط الکترون‌های مولکول $FADH_2$ کاهش می‌یابد.
۳) واردکردن H^+ به درون بستره - تمامی بخش‌های آن در تماس با فسفولیپیدهای غشا هستند.
۴) واردکردن H^+ به فضای بین غشایی - این یون‌ها را با مصرف انرژی در خلاف جهت شیب غلظت منتقل می‌کند.

۷۰- هر مولکول پروتئینی زنجیرهٔ انتقال الکترون میتوکندری یک یاختهٔ نوروگلیا که .....

۱) در تولید ATP نقش دارد، به طورحتم یون‌های مثبت را به درون میان یاخته وارد می‌کند.
۲) مستقیماً الکترون‌های پرانرژی NADH را دریافت می‌کند، به طورحتم توانایی اکسیدکردن $FADH_2$ را ندارد.
۳) در تولید مولکول آب نقش مستقیم دارد، الکترون‌های پرانرژی را مستقیماً از پروتئینی کاملاً آبگریز دریافت می‌کند.
۴) به طورمستقیم الکترون‌های $FADH_2$ را دریافت می‌کند، به طورحتم در واردکردن یون H^+ به فضای بین غشایی نقش دارد.

۷۱- یکی از اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون در غشای داخلی میتوکندری که الکترون‌های خود را مستقیماً به اکسیژن منتقل می‌کند، فقط .....

۱) یک نوع یون مثبت را به فضای بین غشایی منتقل می‌کند.
۲) الکترون‌های حاصل از اکسیدشدن مولکول‌های NADH را دریافت می‌کند.
۳) با جابه‌جایی یون‌های مثبت بین دو سمت غشای داخلی، pH بسترهٔ را می‌افزاید.
۴) الکترون‌های پرانرژی را از نوعی پروتئین موجود در سطح داخلی غشای درونی دریافت می‌کند.

شکر میان تست: هارمونی(نظم و هماهنگی) تست بعدی رو خیلی دوست داشتم ... امیدوارم خوشت بیاد ازش!

۷۲- در یک یاختهٔ گیرندهٔ مخروطی چشم انسان، در ..... میتوکندری .....

۱) فضای بین دو غشای - مولکول‌های آب تولید می‌شوند.
۲) غشای داخلی - پروتئین‌های حامل الکترون دیده می‌شوند.
۳) فضای بین دو غشای - مولکول‌های NADH اکسید می‌شوند.
۴) غشای داخلی - نوعی آنزیم مصرف کنندهٔ ADP وجود دارد.

۷۳- کدام گزینه دربارهٔ میتوکندری‌های موجود در یک تار ماهیچه‌ای درست است؟

۱) در غشای داخلی آن سه مولکول پروتئینی ناقل یون هیدروژن یافت می‌شود.
۲) pH فضای بین دو غشای این اندامک بیشتر از میزان pH محیط بسترهٔ آن است.
۳) رمز همه پروتئین‌های موجود در این اندامک بر روی رشته‌های پلی نوکلئوتیدی دناهای حلقوی قرار دارد.
۴) بخش تولیدکنندهٔ ATP مجموعهٔ پروتئینی ATP ساز غشای داخلی میتوکندری، در سطح خارجی این غشا قرار دارد.

۷۴- کدام گزینه دربارهٔ میتوکندری‌های موجود در پایانهٔ آکسون نورون حرکتی درست است؟

۱) عبور پروتون‌ها از زنجیرهٔ انتقال الکترون انرژی لازم برای فعالیت ناقل‌های پروتئینی غشای داخلی را تامین می‌کند.

۲) عبور یون هیدروژن از عرض ناقل‌های پروتئینی موجب افزایش میزان شیب غلظت هیدروژن می‌شود.

۳) عبور الکترون‌ها از آنزیم ATP ساز، انرژی لازم برای تشکیل ATP را فراهم می‌کند.

۴) در نتیجهٔ اکسیدشدن هر مولکول NADH، یک الکترون آزاد می‌شود.

۷۵- چند مورد عبارت زیر را به درستی تکمیل نمی‌کند؟

« گیرندهٔ نهایی الکترون در تنفس هوازی در تارهای ماهیچه‌ای بدن انسان، قطعاً ..... »

الف) یک ترکیب دو نوکلئوتیدی و پرانرژی است.

ب) یکی از اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون است.

ج) طی واکنش‌های سنتز آبدهی تولید می‌شود.

د) توسط هموگلوبین به یاخته ماهیچه‌ای منتقل شده‌است.

۱(۱) ۲(۲) ۳(۳) ۴(۴)

۷۶- در میتوکندری‌های یک یاختهٔ تار ماهیچه‌ای در بدن انسان، همهٔ .....

۱) آنزیم‌های تولیدکننده ATP، در فضای بین غشایی قرار گرفته‌اند.

۲) اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون غشای داخلی، توانایی انتقال یون‌های هیدروژن را دارند.

۳) پروتئین‌های ناقل موجود در زنجیرهٔ انتقال الکترون، الکترون‌های مولکول $FADH_2$ را دریافت می‌کنند.

۴) مولکول‌های آب تولیدشده در مجاورت یکی از اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون در پی انتقال الکترون به اکسیژن تولید شده‌اند.

۷۷- درون میتوکندری یک یاختهٔ ماهیچه‌ای موجود در عنبیهٔ چشم انسان، ترکیبی که الکترون ..... می‌کند .....

۱) به اولین ناقل پروتئینی زنجیرهٔ انتقال الکترون، منتقل - درون میتوکندری کاهش می‌یابد.

۲) به اولین ناقل پروتئینی زنجیرهٔ انتقال الکترون، منتقل - ممکن است در طی فرایند گلیکولیز تولید شود.

۳) از آخرین ناقل پروتئینی زنجیرهٔ انتقال الکترون، دریافت - موجب کاهش فشار اسمزی محیط اطراف می‌شود.

۴) از آخرین ناقل پروتئینی زنجیرهٔ انتقال الکترون، دریافت - امکان تولید یا مصرف آن در چرخهٔ کربس وجود دارد.

۷۸- در نتیجهٔ انجام چرخهٔ کربس ..... زنجیرهٔ انتقال الکترون .....

۱) همانند - مولکول‌های خاصی دچار کاهش می‌شوند.

۲) برخلاف - میزان پروتون‌های بسترهٔ میتوکندری افزایش می‌یابد.

۳) همانند - مولکول ATP به روش اکسایشی تولید می‌شود.

۴) برخلاف - امکان اکسیدشدن $FADH_2$ وجود دارد.

شکر میان تست: تا الان تست زیاد حل کردیم ولی این دوتا تست یه چیز دیگن! مرد افکن محسوب می‌شوند ....

۷۹- درون میتوکندری یک یاخته یوکاریوتی ..... می‌تواند .....

۱) فعالیت پروتئین‌های ناقل زنجیرهٔ انتقال الکترون همانند آنزیم تولیدکننده آب - اختلاف غلظت H^+ بین دو سمت غشای داخلی را افزایش دهند.

۲) عبور الکترون از پروتئین‌های ناقل در زنجیرهٔ انتقال الکترون برخلاف فعالیت آنزیمی ATP ساز - منجر به تولید مولکول‌های پرانرژی شود.

۳) الکترون پرانرژی آزادشده از $FADH_2$ برخلاف الکترون پرانرژی آزادشده از NADH - نوعی مولکول پروتئینی کاملاً آبگریز را کاهش دهد.

۴) ورود یون‌های H^+ به فضای بین غشایی میتوکندری همانند خروج یون H^+ از فضای بین غشایی - بدون مصرف انرژی صورت گیرد.

۸۰- چند مورد زیر دربارهٔ نوعی مولکول پروتئینی موجود در زنجیرهٔ انتقال الکترون غشای درونی میتوکندری، که فقط الکترون‌های NADH را دریافت می‌کند؛ نادرست است؟

الف) برخلاف پمپ سدیم-پتاسیم توانایی مصرف مولکول‌های ATP را ندارد.

ب) در انتقال مستقیم الکترون به اکسیژن و تولید مولکول‌های آب نقش دارد.

ج) به ازای هر الکترون ورودی، یک یون هیدروژن را به فضای بین غشایی منتقل می‌کند.

د) به طور مستقیم الکترون‌های خود را به دومین ناقل پروتئینی زنجیرهٔ انتقال الکترون منتقل می‌کند.

ه) همانند آنزیم ATP ساز، در انتشار یون‌های مثبت بین دو سمت غشایی داخلی میتوکندری نقش دارد.

۱(۵) ۲(۴) ۳(۳) ۴(۲)

۸۱- در یاختهٔ عصبی امکان ..... در خارج از جسم یاخته‌ای وجود ندارد.

۱) تولید ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی

۲) تولید مولکول‌های ATP توسط آنزیم ATP ساز

۳) مشاهده ادغام ریزکیسه‌ها با غشای یاخته

۴) فعالیت آنزیم‌های غشایی مصرف کنندهٔ ATP

۸۲- در تارهای ماهیچه‌ای عضلهٔ دو سر بازو، الکترون‌های پرانرژی $FADH_2$ در نهایت به نوعی مولکول معدنی منتقل می‌شوند. کدام گزینه دربارهٔ این ترکیب معدنی به درستی بیان شده است؟

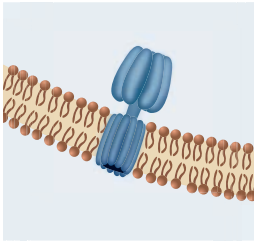
۱) نقش مهمی در تعیین محل مصرف پیرووات حاصل از گلیکولیز دارد.

۲) تحت تاثیر نوعی آنزیم موجود در غشای گویچه‌های قرمز واکنش می‌دهد.

۳) به طورحتم توسط مولکول‌های هموگلوبین به درون این یاخته منتقل شده است.

۴) امکان انتقال فعال آن توسط نوعی پمپ یونی غشای داخلی میتوکندری وجود دارد.

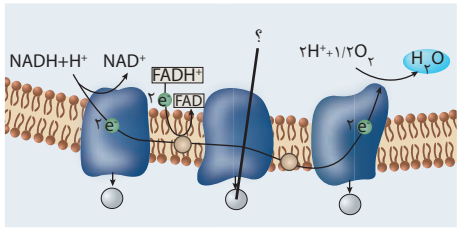
۸۳- شکل مقابل نوعی آنزیم موجود در غشای داخلی میتوکندری را نشان می‌دهد. کدام موارد دربارهٔ فرآوردهٔ این آنزیم درست هستند؟



الف) در بیشتر موارد بازجذب مواد در کلیه‌ها مصرف می‌شود.
ب) همزمان با واکنش کاهش پیرووات درون یاخته‌های ماهیچه‌ای تولید می‌شود.
ج) در حین ورود یون‌های سدیم به درون یاخته‌های عصبی مصرف می‌شود.
د) می‌تواند موجب جداشدن سر میوزین از رشته‌های اکتین تارهای ماهیچه‌ای شود.

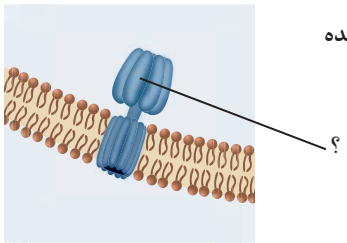
۱) الف - ج ۲) الف - د
۳) ب - ج ۴) ب - د

۸۴- با توجه شکل مقابل که زنجیرهٔ انتقال الکترون موجود در غشای داخلی میتوکندری را نشان می‌دهد؛ کدام گزینه دربارهٔ یون مشخص شده به نادرستی بیان شده است؟



۱) توانایی تحریک کردن گیرنده‌های موجود در دیوارهٔ برخی سرخرگ‌ها را دارد.
۲) غلظت این یون در سرخرگ ورودی به معده کمتر از سیاهرگ خروجی از آن است.
۳) درپی تبدیل پیرووات به لاکتات در تارهای ماهیچه‌ای، ترشح این یون در کلیه افزایش می‌یابد.
۴) در پی افزایش شدید میزان این یون در خون، فعالیت نوعی آنزیم تولیدشده در کلیه مختل می‌شود.

۸۵- شکل مقابل بخشی از غشای داخلی میتوکندری را نشان می‌دهد. کدام گزینه دربارهٔ مولکول مشخص شده درست است؟



۱) یکی از اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون محسوب می‌شود.
۲) توسط ریبوزوم‌های متصل به شبکه آندوپلاسمی تولید می‌شود
۳) فعالیت آنزیمی این مولکول همراه با مصرف انرژی است.
۴) این مولکول موجب افزایش pH بستره میتوکندری می‌شود.

۸۶- کدام گزینه دربارهٔ مولکول پروتئینی که امکان واردکردن یون‌های هیدروژن به بسترهٔ میتوکندری را فراهم می‌کند، درست است؟

۱) برخلاف ناقل واردکننده کلسیم به شبکه آندوپلاسمی تار ماهیچه‌ای، یون‌ها را در جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کند.
۲) برخلاف کانال‌های دریچه‌دار غشای نورون، در حین جابه‌جایی یون‌های مثبت مولکول ATP مصرف می‌کند.
۳) همانند آخرین عضو زنجیرهٔ انتقال الکترون که الکترون می‌گیرد، توانایی مصرف مولکول‌های آب را دارد.
۴) همانند پمپ سدیم-پتاسیم در جابه‌جایی یک نوع یون مثبت بین دو سمت غشا نقش دارد.

شکر میان تست: تست بعدی ازون تستهاست که مو رو از ماست میکشه بیرون! کاملاً مفهومیه ...

۸۷- چند مورد عبارت زیر را به طور مناسبی تکمیل می‌کند؟

« در یاخته‌های تار ماهیچه‌ای غلظت ..... در ..... بیش‌تر از غلظت آن در ..... است. »

الف) Na^+ - مایع بین یاخته‌ای - درون میان یاخته
ب) کلسیم - میان یاخته - شبکه آندوپلاسمی
ج) H^+- فضای بین غشایی میتوکندری - فضای بستره
د) بنیان پیرووییک اسید - بسترهٔ میتوکندری - میان یاخته

۱)صفر ۲)یک ۳)دو ۴)سه

۸۸- با فرض این که در یک سلول سالم مشیمیهٔ انسان، نوعی مادهٔ شیمیایی بتواند مانع ورود H^+ به فضای درونی میتوکندری شود، در این صورت ابتدا ..... متوقف خواهد شد. *(کنکور ۹۳ خارج با تغییر)*

۱) تشکیل یون اکسید ۲) تجزیهٔ مولکول ATP ۳) بازسازی NAD^+ ۴) تشکیل مولکول ATP

درسنامه ۶ : مروری بر تنفس یاختهای، بازده انرژیابی و تنظیم آن

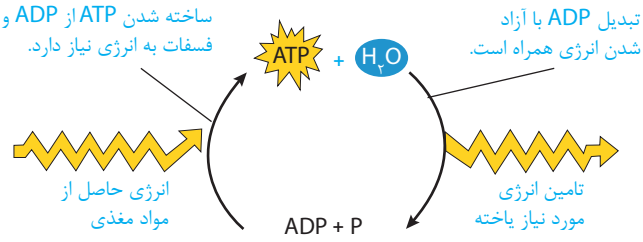
مروری بر تنفس یاختهای هوازی

یک بار دیگر به طور خیلی خلاصه وقایع تنفس یاخته‌ای هوازی را بررسی می‌کنیم تا ببینیم چه اتفاقاتی رخ داد:

مرحله اول(گلیکولیز): یک مولکول گلوکز از محیط وارد سلول شده و در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم در فرآیند گلیکولیز اکسید می‌شود که نتیجه آن تولید دو عدد پیرووات، چندتا NADH و به طور خالص ۲ عدد ATP می‌باشد. یعنی اینجوری:

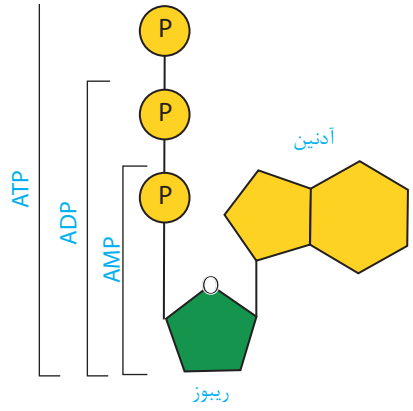
یک عدد گلوکز ⟵ دو عدد پیرووات + دو عدد ATP خالص و چندتا NADH

پاسخنامه تشریحی



۱ **۳** با تبدیل ADP به AMP، یک گروه فسفات آزاد می‌شود. پس در نتیجهٔ واکنش C، به تعداد گروه‌های فسفات آزاد درون یاخته افزوده می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۱)**در پی تنفس بی هوازی نیز امکان تولید ATP وجود دارد. **۲)**تبدیل ADP به ATP، همراه با آزادشدن آب است! **۴)**پیوندهای پرانرژی بین گروه‌های فسفات تشکیل می‌شوند، نه بین قند و گروه فسفات!

۲ **۴** ATP شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته‌ها محسوب می‌شود. امکان تولید ATP به صورت مستقیم از AMP وجود ندارد. در واقع برای این که ATP از AMP ساخته شود، ابتدا باید به AMP گروه فسفات اضافه شود و ADP تولید شود و در گام بعدی، ADP با دریافت گروه فسفات به ATP تبدیل گردد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۱)**با توجه به شکل ۱ صفحه ۶۴ کتاب درسی، در ساختار ATP سه حلقهٔ آلی وجود دارد که دوتای آن‌ها مربوط به باز آلی نیتروژن‌دار و یکی از آن‌ها مربوط به قند پنج کربنی ریبوز است. **۲)**هیچ جانداری نمی‌تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند. حفظ هر یک از این ویژگی‌های جانداران به تامین و در اختیار داشتن ATP وابسته است. **۳)**هم در پایان تنفس هوازی و هم در پایان تنفس بی هوازی، مولکول ATP تولید می‌شود.



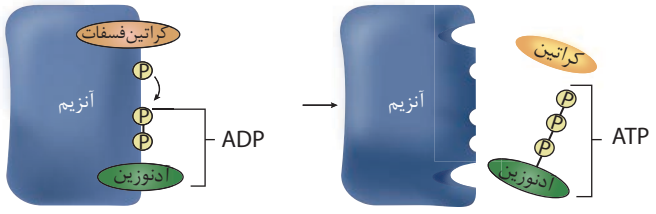
۳ **۴** $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + ADP + P(\text{فسفات}) \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + ATP$ این رابطه در اصل تنفس هوازی را نشان می‌دهد، که بدون حضور اکسیژن انجام این فرایند امکان پذیر نیست. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۱)**در نتیجهٔ تنفس بی هوازی نیز امکان آزادشدن انرژی ذخیره شده در مولکول گلوکز وجود دارد! **۲)**در فرایند نشان داده شده، مرحلهٔ سوم فسفاته شدن آدنوزین که همان تبدیل ADP به ATP است، انجام می‌شود.
۳)تنفس هوازی، در یوکاریوت‌ها با کمک میتوکندری که نوعی اندامک دو غشایی است، انجام می‌شود. اما در پروکاریوت‌ها در غشای آن‌ها به وقوع می‌پیوندد.

۴ **۴** شکل صورت سوال، آدنوزین تری فسفات است. آدنوزین تری فسفات شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته‌ها محسوب می‌شود.
بررسی سایر گزینه‌ها: **۱)**کمی جلوتر می‌خوانیم که در فرایند گلیکولیز که یکی از مراحل تنفس یاخته‌ای است، ATP مصرف می‌شود. **۲)**در ساختار ATP دو پیوند پرانرژی در بین گروه‌های فسفات دیده می‌شود. **۳)**مولکول ATP در حین آزادکردن یک گروه فسفات، یک مولکول آب نیز مصرف می‌کند.

۵ **۴** فقط مورد «ب» عبارت را به درستی تکمیل می‌کند. **بررسی همهٔ موارد:** **الف)**در نخستین مرحلهٔ فسفاته شدن آدنوزین، پیوندی بین گروه فسفات و قند پنج کربنی تشکیل می‌شود. این پیوند، پیوند پرانرژی محسوب نمی‌شود. **ب)**برای تبدیل AMP به ADP یک گروه فسفات باید به AMP اضافه شود که با تولید یک مولکول آب همراه است. **ج)**در تبدیل آدنوزین مونو فسفات به آدنوزین، پیوند بین گروه فسفات و قند پنج کربنه(نه باز آدنین) شکسته می‌شود. **د)**در پی تبدیل ATP به AMP، انرژی موردنیاز یاخته آزاد می‌شود، پس به انرژی مواد غذایی نیازی نداریم.

توجه: دقت کنید که نوکلئوتیدها حداقل یک گروه فسفات را دارند یعنی اگر حداقل یک گروه فسفات نداشته باشند نوکلئوتید نامیده نمی‌شود.

۶ **۴** در یک یاختهٔ یوکاریوتی، ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده هم درون میان یاخته و هم درون میتوکندری انجام می‌شود؛ اما ساخته شدن ATP به روش اکسایشی فقط درون میتوکندری روی می‌دهد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۱)**در ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده، گروه فسفات از نوعی ترکیب فسفات‌دار(پیش ماده) به ADP منتقل می‌شود، اما در ساخته شدن ATP به روش اکسایشی این گونه نیست! **۲)**هر دو روش تولید ATP می‌توانند در حضور اکسیژن انجام شوند! **۳)**در ساخته شدن ATP به روش اکسایشی از شیب غلظت پروتون‌ها برای تولید انرژی استفاده می‌شود؛ اما در ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده، نه!



۷ **۱** ساخته شدن ATP به روش نوری درون کلروپلاست و ساخته شدن ATP به روش اکسایشی درون میتوکندری انجام می‌شود. پس هر دو این فرایندها درون اندامک‌هایی دو غشایی انجام می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۲)**ATP به هر روشی که تولید شود، منجر به آزادشدن مولکول آب می‌شود. **۳)**کمی جلوتر می‌خوانیم که تولید ATP در سطح پیش ماده، هم درون میتوکندری و هم در فضای میان یاخته انجام می‌شود. **۴)**ساخته شدن ATP به روش اکسایشی با کمک انرژی حاصل از انتقال الکترون‌ها در میتوکندری انجام می‌شود، اما تولید ATP در سطح پیش ماده، نه!

۸ **۳** منظور صورت سوال، ATP است. در ساختار ATP یک پیوند قند-فسفات دیده می‌شود. در گفتار بعدی می‌خوانیم که نیکوتین آمیدآدنین دی نوکلئوتید نوعی مولکول دی نوکلئوتید است و در ساختار آن سه پیوند قند-فسفات دیده می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۱)**باز آلی این مولکول، آدنین است. آدنین

با باز آلی یوراسیل یا تیمین رابطهٔ مکملی برقرار می‌کند که بازهایی تک حلقه‌ای هستند. **۲)**پیوندهای پرانرژی ATP بین گروه‌های فسفات آن تشکیل می‌شود. پس در ساختار ATP دو پیوند پرانرژی و سه حلقهٔ آلی(سوال قبلی توضیح دادم دیگه!) وجود دارد. **۴)**قند به کار رفته در ساختار آدنوزین تری فسفات، ریبوز و قند به کاررفته در ساختار نوکلئوتیدهای دنا، دئوکسی ریبوز است. هم ریبوز و هم دئوکسی ریبوز، دارای پنج اتم کربن هستند.

۹ ۴ در گلیکولیز، قند دو فسفاته دو گروه فسفات خود را از دست می‌دهد و به پیروات تبدیل می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها: ۱)**در آخرین مرحلهٔ گلیکولیز، پیرووات(پیرویک اسید) تولید می‌شود که این مرحله همراه با مصرف ATP نیست! **۲)**با توجه به مراحل گلیکولیز، گلوکز فسفاته به دو قند سه کربنه و تک فسفاته می‌شکند. **۳)**در اولین مرحلهٔ گلیکولیز، هر گلوکز با مصرف دو مولکول ATP به گلوکز فسفاته تبدیل می‌شود.

۱۰ ۴ در گلیکولیز کربن دی اکسید آزاد نمی‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها: ۱)**گلیکولیز در هر یاختهٔ دارای تنفس یاخته‌ای(چه یوکاریوت و چه پروکاریوت) در سیتوپلاسم انجام می‌شود. **۲)**کمی قبل‌تر گفتیم که تولید ATP در گلیکولیز فقط در سطح پیش ماده انجام می‌شود! **۳)**تنفس هوازی و بی‌هوازی در جانداران با فرایند گلیکولیز آغاز می‌شود. پس در هر نوع تنفس یاخته‌ای گلوکز، گلیکولیز انجام می‌شود.

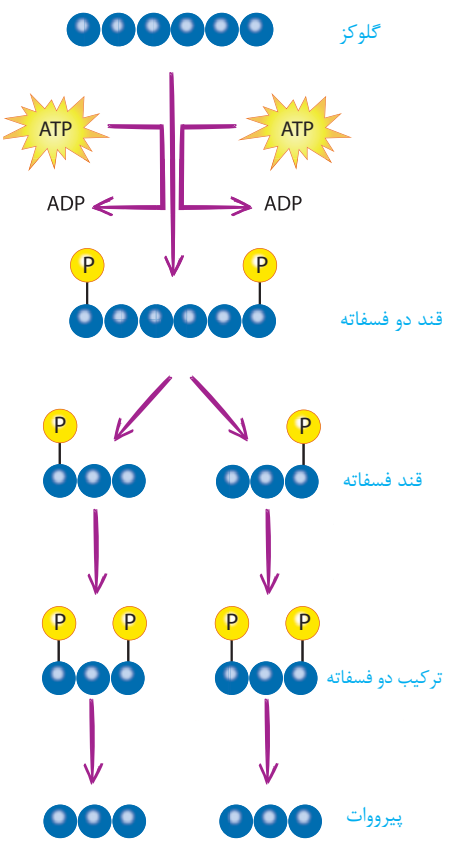
۱۱ ۲ منظور صورت سوال، مولکول ATP است. ATP انرژی فعال سازی واکنش‌های مربوط به تجزیهٔ گلوکز در قندکافت را تامین می‌کند. **بررسی سایر گزینه‌ها: ۱)**نوکلئوتیدهای موجود در ساختار دنا، تک فسفاته هستند(البته به جز دو نوکلئوتید هر انتهای رشته که سه فسفاته است) و ATP سه فسفاته. حالا خودتون مقایسه کنید! **۳)**این NADH است که مولکولی دونوکلئوتیدی است، نه ATP. **۴)**مصرف ATP در نخستین مرحلهٔ گلیکولیز و همزمان با تشکیل گلوکز فسفاته انجام می‌شود.

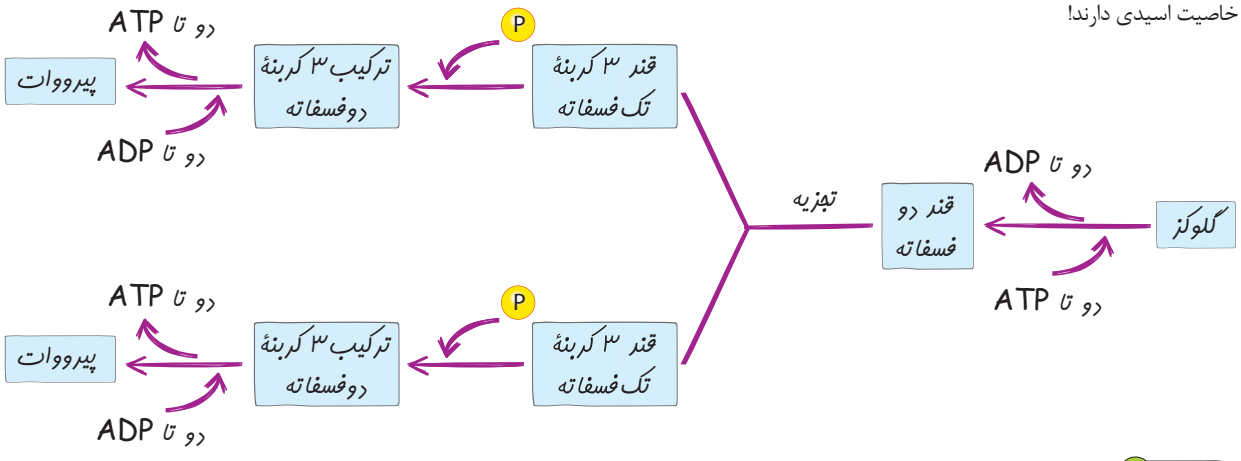
۱۲ ۴ منظور صورت سوال، NADH است. این مولکول یک مولکول دو نوکلئوتیدی می‌باشد و در ساختار خود، دو گروه فسفات دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها: ۱)**در این مولکول ۲ پیوند قند-فسفات دیده می‌شود. **۲)**ATP انرژی فعال‌سازی واکنش‌های گلیکولیز را تامین می‌کند، نه NADH! **۳)**NADH توانایی دریافت الکترون ندارد.

۱۳ ۴ در تنفس هوازی، گلیکولیز درون میان یاخته انجام می‌شود. در آخرین مرحلهٔ گلیکولیز، ترکیب قندی سه کربنی دو فسفاته به نوعی اسید سه کربنی تبدیل می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها: ۱)**پیرووات(اسید سه کربنی و فاقد فسفات) در صورت نبود اکسیژن کافی در تنفس بی‌هوازی(نه هوازی) الکترون دریافت می‌کند. **۲)**بازسازی ترکیب چهار کربنه در چرخهٔ کربس اتفاق می‌افتد. **۳)**تجزیهٔ گلوکز تا حد تشکیل مولکول کربن دی اکسید در تنفس هوازی، درون میتوکندری انجام می‌شود؛ نه میان یاخته!

۱۴ ۳ موارد (الف)، (ب) و (ج) عبارت موردنظر را به درستی کامل می‌کنند. **بررسی همهٔ موارد: الف)**شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته، ATP است. این مولکول در طی گلیکولیز هم تولید و هم مصرف می‌شود. **ب)**این دیگه خط کتابه!! **ج)**در گلیکولیز ATP در سطح پیش‌ماده تولید می‌شود. **د)**انجام فرایند گلیکولیز وابسته به غلظت اکسیژن موجود در میان یاخته نیست.

۱۵ ۱ همهٔ موارد این عبارت را به نادرستی تکمیل می‌کنند. **بررسی همهٔ موارد: الف)**در مرحلهٔ A، ترکیب با خاصیت اسیدی تولید نمی‌شود اما در مرحلهٔ B تولید می‌شود! **ب)**در مراحل B، امکان تولید ATP وجود دارد، اما در مرحلهٔ A نه! **ج)**در مرحلهٔ A، مولکول‌های ADP و گلوکز فسفاته تولید می‌شوند که هر دو ترکیباتی دو فسفاته هستند؛ اما در مراحل B، پیرووات(ترکیبی بدون فسفات) و ATP(ترکیبی سه فسفاته) تولید می‌شود. **د)**ترکیب تولیدشده در نتیجهٔ واکنش‌های B، خاصیت اسیدی دارند!





۱۶ ۲ به دنبال ورود یک مولکول گلوکز به گلیکولیز، در مرحلهٔ نهایی آن چهار گروه فسفات از ترکیب‌های کربن دار آزاد می‌شود و چهار مولکول ATP در سطح پیش ماده تشکیل می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها: ۱)**آزادشدن گروه فسفات از مولکول ATP وجود ندارد! **۳)**در مرحلهٔ آخر از هر گلوکز دو مولکول پیرووات

(ترکیب سه‌کربنه فاقد فسفات) حاصل می‌شود. ۴)در مرحلهٔ نهایی گلیکولیز، همزمان با تشکیل ATP، مولکول آب نیز تولید می‌شود.

۱۷ ۱ در اولین مرحلهٔ گلیکولیز، با اضافه شدن گروه‌های فسفات از ATP به گلوکز، ADP و گلوکز فسفاته تولید می‌شود. هر دو این ترکیب‌ها دارای دو گروه فسفات هستند. پس در این مرحله دو نوع ترکیب مختلف دارای دو گروه فسفات تشکیل می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۲)در مرحلهٔ دوم گلیکولیز، نوعی مولکول قندی سه کربنه و دارای یک گروه فسفات تشکیل می‌شود. ۳)در مرحلهٔ سوم گلیکولیز، نوعی ترکیب سه کربنه و دو فسفاته تولید می‌شود. ۴)آخرین ترکیب تولیدشده در گلیکولیز، ترکیبی سه کربنی و فاقد گروه فسفات است که همان پیرووات می‌باشد.

جدول مقایسه ای

مورد مقایسه	مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳	مرحله ۴
واکنش	تصویر	تصویر	تصویر	تصویر
مواد مصرفی	گلوکز + آدنوزین تری‌فسفات	ترکیب ۶ کربنهٔ دو فسفاته(قند ۶ کربنهٔ دوفسفاته)	ترکیب ۳ کربنهٔ تک‌فسفاته(قند ۳ کربنهٔ تک‌فسفاته) + فسفات‌های معدنی + NAD^+	ترکیب ۳ کربنهٔ دو فسفاته(قند ۳ کربنهٔ دوفسفاته) + آدنوزین دی‌فسفات
مواد تولیدی	ترکیب ۶ کربنهٔ دوفسفاته(قند ۶ کربنهٔ دو فسفاته) + آدنوزین دی‌فسفات	ترکیب ۳ کربنهٔ تک فسفاته(قند سه کربنهٔ تک‌فسفاته)	ترکیب ۳ کربنهٔ دوفسفاته(قند سه کربنه دوفسفاته) + NADH	پیرووات + آدنوزین تری‌فسفات
CO_2	–	–	–	–
O_2	–	–	–	–
ATP	مصرف می‌شود.	–	–	تولید می‌شود.
ADP	تولید می‌شود.	–	–	مصرف می‌شود.

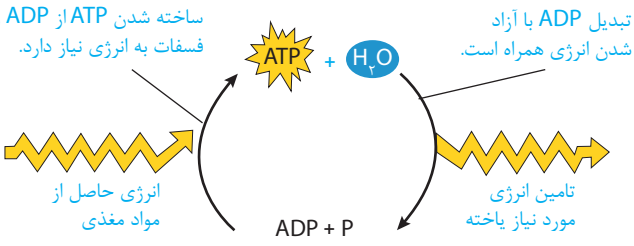
۱۸ ۲ در آخرین مرحلهٔ گلیکولیز، پیرویک اسید تولید می‌شود و در نخستین مرحلهٔ آن، گلوکز فسفاته! پیرویک اسید برخلاف گلوکز فسفاته، دارای خاصیت اسیدی است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)در نخستین مرحلهٔ گلیکولیز، آدنوزین تری فسفات مصرف می‌شود، اما در آخرین مرحلهٔ نه! ۳)در آخرین مرحلهٔ گلیکولیز، ترکیبی سه کربنی و فاقد فسفات تشکیل می‌شود. ۴)شکسته شدن پیوند کوالان بین اتم‌های کربن در مرحلهٔ دوم گلیکولیز انجام می‌شود.

۱۹ ۴ در مرحلهٔ دوم گلیکولیز، گلوکز فسفاته که ترکیبی ۶ کربنه و دو فسفاته است مصرف می‌شود؛ (رد گزینهٔ ۳) و منجر به تولید ترکیب‌هایی قندی و سه کربنی و تک فسفاته می‌شود. (تایید گزینهٔ ۴ و رد گزینهٔ ۲) **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)شکسته شدن مولکول ATP در اولین مرحلهٔ گلیکولیز روی می‌دهد.

۲۰ ۲ در اولین مرحلهٔ گلیکولیز، ATP مصرف می‌شود و انرژی لازم برای راه اندازی واکنش‌های تجزیهٔ گلوکز را تامین می‌کند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)در فرایند گلیکولیز یک نوع مولکول حامل الکترون(NADH) تشکیل می‌شود. ۳)در گلیکولیز، قند سه کربنی و اسید سه کربنی تشکیل می‌شود. ۴)در فرایند گلیکولیز تولید کربن دی اکسید صورت نمی‌پذیرد.

۲۱ ۴ در مرحلهٔ آخر گلیکولیز هر ترکیب سه کربنی دو فسفات خود را از دست می‌دهد و در پی آن دو مولکول ATP تولید می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها: ۱)به ازای مصرف هر دو الکترون در گلیکولیز، یک مولکول NADH بازسازی می‌شود. ۲)با آزادشدن گروه فسفات از مولکول ATP، گلوکز فسفاته تشکیل می‌شود. این ترکیب در مرحلهٔ بعدی،(نه همزمان!) شکسته می‌شود. ۳)برای فسفاته شدن گلوکز که ترکیبی شش کربنه است از مولکول‌های ATP استفاده می‌شود، نه از یون‌های فسفات آزاد در سیتوپلاسم.



۲۲ ۲ شکل سوال تبدیل ATP به ADP را نشان می‌دهد. این فرایند، در نخستین مرحلهٔ گلیکولیز انجام می‌شود. در این مرحله گلوکز مصرف شده و گلوکز فسفاته تولید می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)در مرحلهٔ اول گلیکولیز و مرحلهٔ سوم آن امکان تولید ترکیبات دو فسفاته وجود دارد. در مرحلهٔ سوم ATP مصرف نمی‌شود! ۳)در مرحلهٔ دوم گلیکولیز این فرایند انجام می‌شود که در این مرحله، امکان مصرف ATP وجود ندارد. ۴)در مراحل انتهایی گلیکولیز، ترکیب اسیدی سه کربنی که همان پیرووات است، تشکیل می‌شود. در این مرحله ATP تولید می‌شود، نه مصرف.

۲۳ ۲ در مرحلهٔ دوم قندکافت، ترکیب سه کربنی تک فسفاته تولید می‌شود. در این مرحله، با شکسته شدن پیوند کووالان بین اتم‌های کربن موجود در گلوکز فسفاته، ترکیب‌های سه کربنه و تک فسفاته ایجاد می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)همزمان با تبدیل ترکیب سه کربنی تک فسفاته به ترکیب سه کربنی دو فسفاته، میزان گروه‌های فسفات موجود در میان یاخته کاهش می‌یابد. ۳)در قندکافت، NADH مصرف نمی‌شود! ۴)در آخرین مراحل گلیکولیز، ترکیب قندی دو فسفاته به اسید سه کربنی تبدیل می‌شود. در طی این واکنش‌ها، مولکول ATP تولید می‌شود، نه مصرف.

۲۴ ۳ فرایند گلیکولیز همواره به صورت مرحله‌ای انجام می‌شود و مجموعه‌ای از واکنش‌های مختلف است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)این فرایند با تولید پیروووات پایان می‌پذیرد که ترکیبی کربن‌دار و بدون فسفات است که خاصیت اسیدی دارد. ۲)در نخستین مرحلهٔ این فرایند، ATP مصرف و ADP تولید می‌شود. در نتیجهٔ آن یکی از پیوندهای پرانرژی موجود در ساختار ATP شکسته می‌شود. این پیوند پرانرژی بین گروه‌های فسفات ATP است، نه بین قند و فسفات آن! ۴)فرایند گلیکولیز در هر یاختهٔ دارای تنفس هوازی همواره در سیتوپلاسم انجام می‌شود.

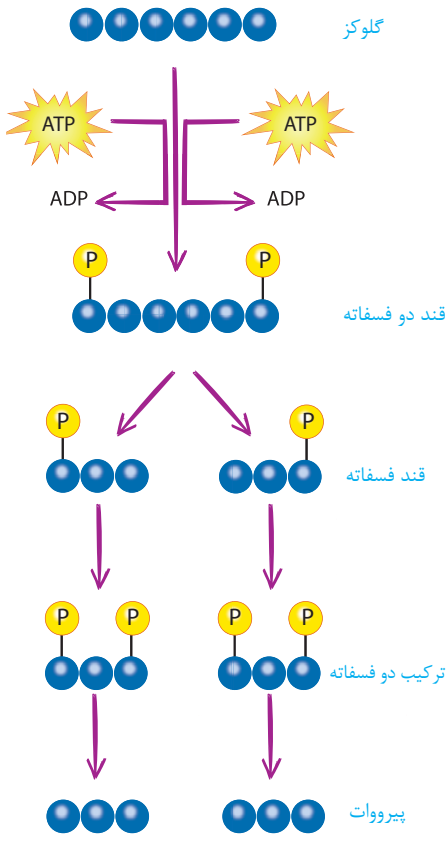
۲۵ ۲ در نخستین مرحلهٔ گلیکولیز ترکیبی شش کربنه و دو فسفاته تولید می‌شود؛ اما در دومین مرحلهٔ آن این ترکیب شش کربنه می‌شکند و دو قند سه کربنی تک فسفاته تولید می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)در مرحلهٔ اول گلیکولیز برخلاف مرحلهٔ دوم آن، ATP مصرف می‌شود. ۳)در مرحلهٔ دوم گلیکولیز، قند سه کربنی تک فسفاته تولید می‌شود. ۴)در هر دو این مراحل امکان مصرف گروه فسفات آزاد موجود در سیتوپلاسم وجود ندارد!

۲۶ ۳ در گلیکولیز، همزمان با تبدیل ترکیب قندی سه کربنی به ترکیب اسیدی بدون فسفات، ADP به ATP تبدیل می‌شود و میزان غلظت ADP در فضای میان یاخته کاهش می‌یابد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)منظور این گزینه، مرحلهٔ اول گلیکولیز است که در آن ATP مصرف می‌شود. **۲و۴**)در این مراحل ATP نه مصرف و نه تولید می‌شود!

۲۷ ۳ در گلیکولیز، همزمان با مصرف الکترون و پروتون NAD^+ کاهش می‌یابد و NADH بازسازی می‌گردد که نوعی حامل الکترون دو نوکلئوتیدی است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)در نخستین مرحلهٔ گلیکولیز، مولکول ATP مصرف می‌شود و همزمان با مصرف این مولکول ATP، مولکول آب نیز مصرف می‌گردد. اما دقت کنید که برای اضافه شدن فسفات به گلوکز هم دو مولکول آب تولید می‌شود. پس برآیند مصرف یا تولید آب صفر است! نه شاهی اومده نه شاهی رد شده! ۲)در مرحلهٔ سوم گلیکولیز، ترکیب سه کربنی تک فسفاته به ترکیب قندی سه کربنی دو فسفاته تبدیل می‌شود. در این حین، امکان مصرف مولکول ATP وجود ندارد! ۴)در مرحلهٔ اول و مرحلهٔ سوم گلیکولیز، ترکیب دو فسفاته ایجاد می‌شود.(در مرحلهٔ اول، ADP و گلوکز فسفاته و در مرحلهٔ سوم قند سه کربنی دو فسفاته) در مرحلهٔ سوم از میزان فسفات‌های درون میان یاخته کاسته می‌شود، اما در مرحلهٔ اول نه!

۲۸ ۳ شکسته شدن ترکیب شش کربنی در مرحلهٔ دوم گلیکولیز انجام می‌شود، اما آزادشدن گروه فسفات از ATP در مرحلهٔ اول گلیکولیز! پس مورد اول دیرتر از مورد دوم انجام می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)تشکیل ATP در مراحل نهایی گلیکولیز و مصرف قند سه کربنی فسفاته، در مرحلهٔ سوم گلیکولیز انجام می‌شود. پس این مورد غلطه! ۲)در نخستین مرحلهٔ گلیکولیز، مولکول گلوکز، فسفاته می‌شود و کمی پس از آن ترکیب شش کربنی تشکیل شده(گلوکز فسفاته) به دو ترکیب سه کربنی شکسته می‌شود. مورد اول نسبت به مورد دوم، زودتر انجام می‌شود. ۴)در مرحلهٔ دوم گلیکولیز، قند سه کربنی تک فسفاته تشکیل می‌شود. اما در مرحلهٔ سوم گلیکولیز، با مصرف فسفات‌های درون میان یاخته و افزوده شدن آن‌ها به این ترکیبات قندی، قندهای سه کربنی و دو فسفاته ایجاد می‌شوند. پس این گزینه هم غلطه! چون مورد اول دیرتر از مورد دوم رخ می‌دهد.

۲۹ ۲ موارد «الف» و «ب» عبارت را به درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی همهٔ موارد: الف)**در نخستین مرحلهٔ گلیکولیز، گلوکز به ترکیب شش کربنه تبدیل می‌شود. در این مرحله ATP مصرف می‌شود. **ب)**در آخرین مرحلهٔ گلیکولیز، قند سه کربنی و تک فسفاته، به نوعی اسید سه کربنی به نام پیرووییک اسید تبدیل می‌شود. در این مرحله امکان تولید مولکول‌های ATP وجود دارد. **ج)**در مرحلهٔ دوم گلیکولیز، ترکیب شش کربنهٔ ناپایدار به قند سه کربنی تبدیل می‌شود. در این مرحله، یون فسفات مصرف نمی‌شود. **د)**در مرحلهٔ سوم گلیکولیز، قند تک فسفاته به قند دو فسفاته، تبدیل می‌شود. در این مرحله، پیوند بین اتم‌های کربن شکسته نمی‌شود.



۳۰ ۱ منظور صورت سوال، گلیکولیز است. در گلیکولیز، ابتدا گروه فسفات از آدنوزین تری فسفات آزاد می‌شود (مورد ب) و سپس این گروه فسفات به گلوکز اضافه می‌شود و گلوکز فسفاته تولید می‌گردد. در مرحلهٔ بعدی، گلوکز فسفاته به دو قند سه کربنی فسفاته می‌شکند. (مورد ج) پس از آن در مرحلهٔ سوم گلیکولیز، گروه‌های فسفات آزاد میان یاخته با اضافه شدن به قند سه کربنی تک فسفاته، باعث تولید قند سه کربنی دو فسفاته می‌شوند. (مورد الف) در نهایت در نتیجهٔ آزادشدن گروه‌های فسفات از قند سه کربنی دو فسفاته، نوعی اسید سه کربنی ایجاد می‌شود. (مورد د)

۳۱ ۲ در مرحلهٔ دوم گلیکولیز، ترکیب ۶ کربنی دو فسفاته که ناپایدار است به دو ترکیب سه کربنی شکسته می‌شود. از سوی دیگر، در مرحلهٔ سوم این فرایند، قند سه کربنی تک فسفاته به ترکیب سه کربنی دو فسفاته تبدیل می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)سه فسفاته شدن مولکول ADP در مرحلهٔ آخر گلیکولیز رخ می‌دهد و تشکیل قندهای شش کربنه دو فسفاته در مرحلهٔ اول گلیکولیز! ۳)گلوکز فسفاته شده در مرحلهٔ دوم گلیکولیز می‌شکند، در حالی‌که ATP(مولکول پرانرژی تک نوکلئوتیدی) در مرحلهٔ چهارم تشکیل می‌شود. ۴)اسیدهای سه کربنی در مرحلهٔ نهایی گلیکولیز تولید می‌شوند در حالی‌که ATPها در مرحلهٔ اول آن مصرف می‌شوند.

۳۲ ۲ منظور صورت سوال، قند سه کربنی دو فسفاته است. این ترکیب قندی در طی واکنش‌هایی در مراحل نهایی گلیکولیز باعث تولید پیروووات می‌شود که ترکیبی اسیدی است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)این ترکیب سه اتم کربن دارد، اما گلوکز ۶ اتم کربن! ۳)در نتیجهٔ شکسته شدن گلوکز فسفاته، قند سه کربنی و تک فسفاته ایجاد می‌شود، نه قند دو فسفاته! ۴)طی واکنش‌هایی که قند سه کربنی و دو فسفاته به پیروووات تبدیل می‌شود، مولکول ATP تولید می‌گردد، نه مصرف.

۳۳ ۳ فقط مورد «د» عبارت را به درستی تکمیل می‌کند. **بررسی همهٔ موارد: الف)**در

گلیکولیز، امکان تشکیل NAD^+ وجود ندارد! **ب)** مصرف مولکول ATP در مرحلهٔ اول گلیکولیز و تشکیل قند تک فسفاته در مرحلهٔ دوم گلیکولیز انجام می‌شود. پس این فرآیندها همزمان نیستند! **ج)** در واکنش‌های مراحل نهایی گلیکولیز، پیرووات تشکیل می‌شود، اما مصرف فسفات‌های آزاد میان یاخته در گلیکولیز، همزمان با مرحلهٔ سوم و تبدیل قند تک فسفاته به قند دو فسفاته انجام می‌شود. پس این موارد هم همزمان نیستند! **د)** کمی قبل‌تر خواندیم که در طی واکنش تبدیل ATP به ADP، مولکول آب مصرف می‌شود. پس این مورد درسته.

۳۴ **۳** نخستین مرحلهٔ تنفس یاخته‌ای، همان گلیکولیز است. در نخستین مرحلهٔ گلیکولیز، ATP مصرف شده و انرژی فعال‌سازی واکنش‌های مربوط به تجزیهٔ گلوکز تامین می‌شود. پس از مصرف ATP در این مرحله، در انتها گلوکز فسفاته ایجاد می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۱)** برای آن که NAD^+ کاهش یابد، باید هم الکترون و هم پروتون مصرف شود. **۲)** در نخستین مرحلهٔ از گلیکولیز، همزمان با مصرف مولکول ATP و بازسازی ADP، مولکول شش کربنی دو فسفاته تولید می‌شود. **۴)** در مراحل پایانی همزمان با تبدیل قند دو فسفاته به پیرووات، گروه‌های فسفات این قند به ADP منتقل می‌شود و ATP بازسازی می‌گردد.

۳۵ **۳** در مرحلهٔ اول گلیکولیز، ATP مصرف می‌شود و گلوکز فسفاته و ADP تولید می‌شوند که هر دو ترکیباتی دو فسفاته هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۱)** در گلیکولیز، همزمان با مصرف ADP در مرحلهٔ اول گلیکولیز، نوعی ترکیب شش کربنی دو فسفاته به نام گلوکز فسفاته تشکیل می‌شود. **۲)** در گلیکولیز، امکان اکسایش ترکیب دو نوکلئوتیدی(NADH) وجود ندارد! **۴)** در مرحلهٔ سوم گلیکولیز، قندهای فسفاته به قندهای دو فسفاته تبدیل می‌شوند. فسفات‌های مورد نیاز برای این واکنش از فسفات‌های آزاد میان یاخته تامین می‌شود، نه مولکول ATP!

۳۶ **۲** در گلیکولیز، همزمان با شکسته شدن گلوکز فسفاته به دو قند سه کربنی تک فسفاته (رد گزینهٔ ۳)، پیوند بین قند و فسفات شکسته یا تشکیل نمی‌شود. در این مرحلهٔ گلوکز فسفاته مصرف می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۱)** در این مرحله ATP مصرف نمی‌شود. **۴)** در این مرحله پیوند کووالان بین اتم‌های کربن در مولکول گلوکز فسفاته شکسته می‌شود.

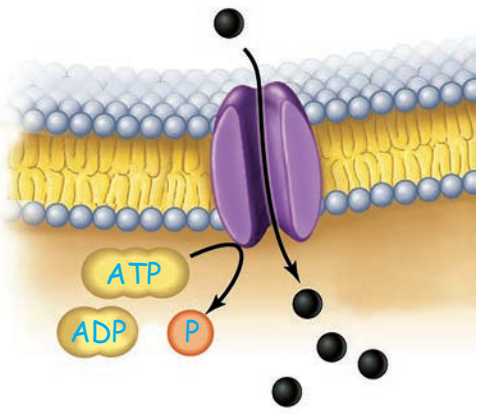
۳۷ **۴** در مرحلهٔ سوم گلیکولیز، از فسفات‌های آزاد موجود در میان یاخته استفاده می‌شود تا به قندهای فسفاته افزوده شوند و قندهای دو فسفاته تولید شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۱)** در گلیکولیز، در حین کاهش NAD^+، الکترون و پروتون مصرف می‌شود. NAD^+ دارای پیوند فسفودی استر است. **۲)** در مراحل انتهایی گلیکولیز تبدیل ADP به ATP در سطح پیش ماده و با گرفتن فسفات‌های قندهای سه کربنی انجام می‌شود و از یون‌های فسفات آزاد در سیتوپلاسم استفاده نمی‌شود. **۳)** در مرحلهٔ اول گلیکولیز برای شکستن گلوکز از فسفات‌های مولکول‌های ATP استفاده می‌شود و یون‌های فسفات آزاد در سیتوپلاسم استفاده نمی‌شوند.

۳۸ **۲** موارد «ج» و «د» عبارت را به درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی همهٔ موارد:** **الف)** در مراحل نهایی گلیکولیز، به ازای هر گروه فسفاتی که از قندهای سه کربنی دو فسفاته آزاد می‌شود، یک مولکول ATP تولید می‌شود. پس به ازای هر پیرووات که تولید می‌شود، دو مولکول ATP تولید می‌شود. **ب)** با توجه به واکنش بازسازی NADH، به ازای هر مولکول NADH که بازسازی می‌شود، دو الکترون مصرف می‌شود. **ج)** به ازای هر گلوکز، در نخستین مرحلهٔ گلیکولیز، دو مولکول ATP مصرف می‌شود و در انتهای گلیکولیز، دو پیرووات تولید می‌گردد. **د)** با توجه به واکنش‌های مرحلهٔ دوم و سوم گلیکولیز، هر قند سه کربنی تولیدشده در مرحلهٔ دوم، در مرحلهٔ بعدی یک گروه فسفات دریافت می‌کند و به قند سه کربنی دو فسفاته تبدیل می‌شود. پس این موارد، برابر هستند!

جدول مقایسه ای

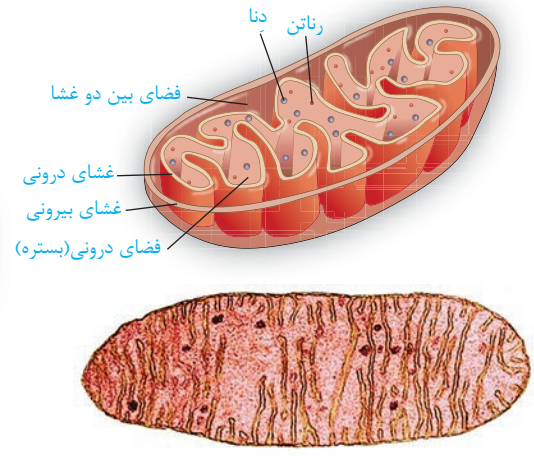
مورد مقایسه	ATP مصرفی	ATP تولید	NADH تولیدی	ADP تولیدی	ADP مصرفی	NAD^+ مصرفی	الکترون و پروتون‌های مصرفی
در هر فرآیند گلیکولیز	۲ عدد	۴ عدد	بیش‌از یک‌عدد	۲ عدد	۴ عدد	بیش‌از یک‌عدد	۴ عدد e و ۴ عدد H^+
مرحله	۱	۴	–	۱	۴	–	–

۳۹ **۱** منظور صورت سوال ATP است. ورود یون‌های سدیم به یاخته‌های پوششی پرز روده طبق فرایند انتشار و بدون مصرف ATP انجام می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۲)** یون‌های سدیم با فعالیت پمپ سدیم-پتاسیم و طی انتقال فعال از یاخته‌های عصبی خارج می‌شوند. پس این فعالیت با مصرف ATP همراه است. **۳)** برای آن که پل‌های اتصالی بین سر میوزین و رشته‌های اکتین شکسته شود، باید مولکول ATP به سر رشته‌های میوزین متصل شود. پس این فرایند نیز با مصرف ATP همراه است. **۴)** آزادسازی ناقل‌های عصبی به فضای سیناپسی، طی برون رانی انجام می‌شود. برون رانی با مصرف مولکول‌های ATP همراه است.



۴۰ **۳** مادهٔ اولیهٔ فرایند گلیکولیز گلوکز است که در تنفس یاخته‌ای بی‌هوازی به طور کامل تجزیه نمی‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۱)** بیشتر انرژی لازم برای انقباض ماهیچه‌ها را گلوکز تامین می‌کند. **۲)** گلوکز با کمک مولکول ناقل ویژه‌ای، همراه با سدیم وارد یاختهٔ پرز روده می‌شود که به این روش هم‌انتقالی می‌گویند. **۴)** میزان گلوکز خون، تحت تاثیر ترشح هورمون‌های انسولین و گلوکاگون قرار می‌گیرد که از پانکراس ترشح می‌شوند.

۴۱ **۴** در طی واکنش‌های گلیکولیز، ترکیب سه کربنی دو فسفاته در مرحلهٔ سوم آن تشکیل می‌شود. امکان بروز سایر موارد در گلیکولیز وجود ندارد!



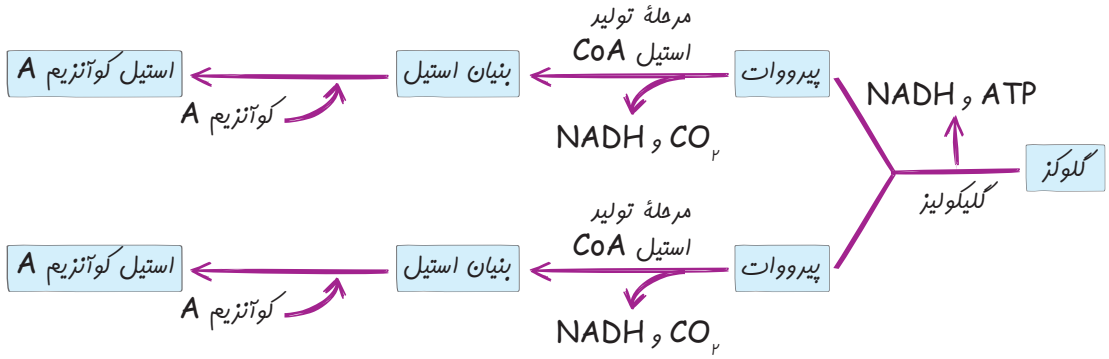
تصویر الکترونی میتوکندری

۴۲ **۱** شکستن پیوندهای موجود در یک مولکول گلوکز در طی تنفس یاخته‌ای انجام می‌شود که در همهٔ یاخته‌های زنده بدن انسان انجام می‌شود. پیوندهای بین دو مولکول گلوکز نیز در لولهٔ گوارش و توسط آنزیم‌های گوارشی روده شکسته می‌شود.

۴۳ **۲** اندامک نشان داده شده، همان میتوکندری است. غشای داخلی میتوکندری چین خورده است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۱)**درون میتوکندری، رناتن وجود دارد. این رناتن‌ها قادر به تولید پروتئین هستند. **۳)**برخی از مولکول‌های پروتئینی که درون میتوکندری فعالیت دارند، توسط ریبوزوم‌های موجود درون سیتوپلاسم تولید شده‌اند و بعداً به درون میتوکندری وارد شده‌اند. **۴)**در یاخته‌های یوکاریوتی، مراحل هوازی تنفس یاخته‌ای، درون میتوکندری انجام می‌شوند.

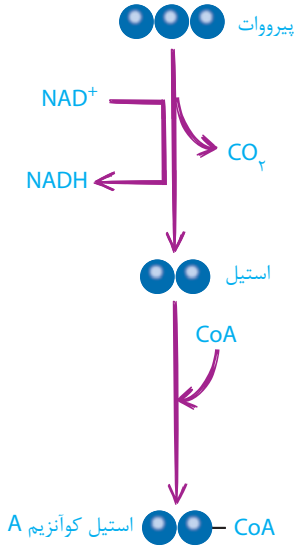
۴۴ **۳** مجموعهٔ آنزیمی که در اکسایش پیروات نقش دارد، موجب بازسازی حامل‌های الکترون(NADH) می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۱)**در نتیجهٔ این واکنش‌ها، مولکول اکسیژن مصرف نمی‌شود! **۲)**این مجموعهٔ آنزیمی در غشای داخلی میتوکندری قرار گرفته است. غشای داخلی میتوکندری چین خورده است. **۴)**مجموعهٔ آنزیمی گفته شده درون میتوکندری فعالیت دارد.

۴۵ **۱** هنگامی که پیروات در گلیکولیز تولید می‌شود بلافاصله در صورت وجود اکسیژن کافی وارد میتوکندری می‌شود. سپس پیروات همزمان با بازسازی NADH، به ترکیبی دو کربنی تبدیل می‌شود. (گزینه‌های ۲و۳) در مرحلهٔ بعدی نیز کوآنزیم A به گروه استیل متصل می‌شود.(گزینهٔ ۴)



۴۶ **۱** در حین اکسایش پیروات و تولید استیل کوآنزیم A، امکان آزادشدن مولکول کربن دی اکسید وجود دارد. برای درک بهتر به شکل ۶ صفحه ۶۸ کتاب درسی یه نگاه بنداز! **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۲)**در یک یاختهٔ یوکاریوتی، پیروات پس از آن که به درون میتوکندری وارد می‌شود، اکسایش می‌یابد. **۳)**در حین اکسایش پیروات و تولید استیل کوآنزیم A، حامل الکترون بازسازی می‌شود نه اینکه اکسایش یابد! **۴)**با توجه به مراحل اکسایش پیروات و تشکیل استیل کوآنزیم A، پس از آن که NADH تشکیل می‌شود، CoA مصرف می‌گردد.

۴۷ **۴** با توجه به شکل مقابل، موارد A تا D به ترتیب عبارتند از پیروات، کربن دی اکسید، استیل کوآنزیم A و NAD^+. برای بار هزارم میگم که NAD^+ اکسایش نمی‌یابد، بلکه کاهش می‌یابد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۱)**غلظت پیروات درون میتوکندری بیشتر از فضای میان یاخته است. به همین دلیل است که پیروات طی انتقال فعال به میتوکندری وارد می‌شود. **۲)**در طی گلیکولیز، کربن دی اکسید آزاد نمی‌شود. **۳)**اکسایش استیل کوآنزیم A طی چرخهٔ کربس و درون میتوکندری انجام می‌شود.



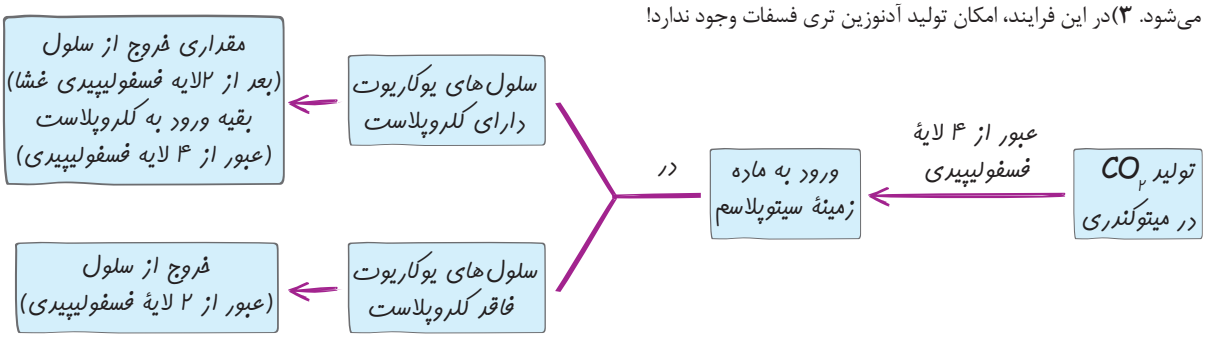
۴۸ **۲** موارد «ب» و «ج» درست هستند. موارد A تا E به ترتیب عبارتند از، کربن دی اکسید، NADH، استیل، کوآنزیم A و NAD^+. **بررسی همهٔ موارد:** **الف)**امکان بازسازی NADH در طی گلیکولیز، در فضای میان یاخته وجود دارد. **ب)**کمی جلوتر می‌خوانیم که در چرخهٔ کربس، امکان آزادشدن کربن دی اکسید وجود دارد! **ج)**در طی گلیکولیز، چنین امکانی وجود دارد! **د)**استیل طی واکنش‌های چرخهٔ کربس، اکسایش می‌یابد، نه کاهش. **ه)**کمی جلوتر می‌خوانیم که در نخستین مرحلهٔ چرخهٔ کربس، کوآنزیم A آزاد می‌شود، نه مصرف.

۴۹ **۱** از تجزیهٔ یک مولکول گلوکز، دو پیروات حاصل می‌شود. این دو پیروات، در حین اکسایش و تولید استیل کوآنزیم A، در مجموع ۲ مولکول کربن دی اکسید آزاد می‌کنند و موجب کاهش دو NAD^+ می‌شود. کمی قبل‌تر یاد گرفتیم که هر NAD^+ با دریافت دو الکترون به NADH تبدیل می‌شود. پس در مجموع ۴ الکترون نیز در این فرایندها مصرف می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **۲و۳و۴)**در حین تبدیل پیروات به استیل کوآنزیم A، امکان اکسایش NADH و مصرف مولکول اکسیژن و مصرف گروه فسفات وجود ندارد.

۵۰ **۳** موارد «ج» و «د» عبارت مورد نظر را به نادرستی کامل می‌کنند. **بررسی همهٔ موارد:** **الف)**در طی این واکنش‌ها، امکان آزادشدن کربن دی اکسید وجود دارد، اما ATP تولید نمی‌شود. **ب)**همزمان با انجام این تبدیل، پیروات اکسایش و NAD^+ کاهش می‌یابد. پس این مورد هم درسته! **ج)**در حین تبدیل پیروات

به استیل کوآنزیم A، کربن دی اکسید مصرف نمی‌شود. د)در این واکنش‌ها، امکان بازسازی NADH برخلاف $FADH_2$ وجود دارد.

۵۱ ۴ منظور صورت سوال واکنش اکسایش پیرووات و تبدیل آن به استیل کوآنزیم A می‌باشد. در حین تبدیل پیرووات به استیل کوآنزیم A، ابتدا یک مولکول کربن دی اکسید آزاد می‌شود و سپس NAD^+ کاهش می‌یابد و در نتیجه استیل تولید می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)کربن دی‌اکسید آزادشده از پیرووات با عبور از شش لایهٔ فسفولیپیدی(۴ لایه مربوط به میتوکندری و ۲ لایه مربوط به غشای یاخته) از یاخته خارج می‌شود. ۲)قبل از تولید استیل کوآنزیم A، NADH تولید می‌شود. ۳)در این فرایند، امکان تولید آدنوزین تری فسفات وجود ندارد!



۵۲ ۳ میتوکندری‌ها دارای دنای مستقل از هسته و ریبوزوم‌های مخصوص به خود هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)ژن مربوط به برخی پروتئین‌های میتوکندری بر روی دنای حلقوی میتوکندری و ژن مربوط به برخی پروتئین‌های میتوکندری بر روی دنای خطی هسته قرار دارد. ۲)میتوکندری نمی‌تواند مستقل از یاخته زندگی کند، زیرا همهٔ ویژگی‌های حیات را دارا نیست. ۴)تقسیم میتوکندری مستقل از چرخهٔ یاخته‌ای است. بنابراین ممکن است در یاخته‌هایی که وارد مرحلهٔ G_0 شده‌اند، میتوکندری‌ها تقسیم شوند.

۵۳ ۲ شکل صورت سوال، میتوکندری است. ژن‌های مربوط به پروتئین‌های تنفس یاخته‌ای، بر روی مولکول‌های دنای خطی هسته و دنای حلقوی خود میتوکندری قرار دارند. همهٔ این دناها درون اندامکی دو غشایی قرار گرفته‌اند. (هسته و میتوکندری هر دو، دو غشا دارند.) **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)دنای خطی هسته‌ای دارای دو انتهای متفاوت است، اما دنای حلقوی میتوکندری نه! ۳)دنای حلقوی میتوکندری در مجاورت با ریبوزوم‌ها قرار دارد، اما دنای هسته‌ای نه. ۴)دنای خطی توسط سه نوع رنابسپاراز یوکاریوتی ۱و ۲ و ۳ و دنای حلقوی میتوکندری توسط رنابسپاراز پروکاریوتی رونویسی می‌شود.

۵۴ ۲ شکل صورت سوال، یاختهٔ گیاهی را نشان می‌دهد. در حین تقسیم میان یاختهٔ یاخته‌های جانوری است که حلقهٔ انقباضی تشکیل می‌شود، نه یاخته‌های گیاهی. **بررسی سایر گزینه‌ها:** ۱)در حین تقسیم هسته در این یاخته‌ها، ممکن است دنای خطی در تماس با محتویات میان یاخته قرار گیرد. ۳)در حین تولید پروتئین‌های ترشحی، ریبوزوم‌ها از طریق زیرواحد بزرگ خود به غشای شبکهٔ آندوپلاسمی متصل می‌شوند. ۴)در این یاخته هم میتوکندری و هم کلروپلاست وجود