

مبانی بیوشیمی
(رشته زیست شناسی)

فهرست مطالب

صفحه ۳	گفتار اول : کلیات
صفحه ۴۶	گفتار دوم : کربوهیدرات ها
صفحه ۶۶	گفتار سوم : لیپیدها
صفحه ۸۰	گفتار چهارم : پروتئین ها
صفحه ۹۴	گفتار پنجم : آنزیم ها
صفحه ۱۱۷	گفتار ششم : اسیدهای نوکلئیک
صفحه ۱۳۵	گفتار هفتم : ویتامین ها و کوآنزیم ها
صفحه ۱۵۳	گفتار هشتم : اصول بیو انرژی
صفحه ۱۶۲	گفتار نهم : متابولیسم کربوهیدرات ها
صفحه ۱۸۲	گفتار دهم : متابولیسم لیپیدها
صفحه ۱۹۹	گفتار یازدهم : زنجیره تنفسی ، چرخه کربس
صفحه ۲۰۸	گفتار دوازدهم : زنجیره تنفسی ، انتقال الکترون و فسفوریلاسیون اکسیداتیو
صفحه ۲۱۹	گفتار سیزدهم : فتوسنتز
صفحه ۲۲۷	گفتار چهاردهم : متابولیسم ترکیبات نیتروژن دار
صفحه ۲۳۸	گفتار پانزدهم : بیوسنتز اسیدهای نوکلئیک و پروتئین ها

گفتار اول : کلیات

هدف آموزشی کلی :

آشنایی با تاریخچه دانش بیوشیمی ، عناصر و ترکیبات اصلی سازنده ماده زنده و برخی پدیده های شیمیایی مهم درگیر در واکنش های زیستی .

هدف های آموزشی جزئی :

معنا و مفهوم دانش بیوشیمی ، خلاصه ای از تاریخچه و شکل گیری آن .
عناصر اصلی تشکیل دهنده ماده زنده و اهمیت عنصر کربن .

چگونگی تنوع ترکیبات کربن ، دلایل و اهمیت آن در مولکول های آلی .
مشخصات و ویژگی های انواع ایزومرهای فضایی و انواع پیوندهای
شیمیایی .

خواص فیزیکی و شیمیایی مهم آب که سبب اهمیت آن در ماده زنده
می شود .

چگونگی تفییرات یون های H و OH که میزان PH محلول ها و خاصیت
اسیدی و بازی آن ها را مشخص می سازد .

نقش و اهمیت نمک ها و ماکرو مولکول های زیستی در ساختار و عملکرد
ماده زنده .

تاریخچه دانش بیوشیمی:

سنتز آزمایشگاهی بعضی از ترکیبات زیستی مانند اوره توسط وولر (۱۸۲۸) برخی از دانشمندان را بر آن داشت تا اختصاصات زیستی را با دانش شیمی توجیه و تفسیر کند .

وان لی بیگ با مطالعه شیمی فیزیولوژی ثابت کرد :

گرمای بدن نتیجه سوختن مواد غذایی است و نه نیروی زیستی .

هوپ سیلر ، برای نخستین بار هموگلوبین ، یعنی ماده سرخ رنگ خون را جدا سازی و شناسایی کرد .

او در سال ۱۸۷۷ ، کلمه بیوشیمی را به عنوان یک دانش مستقل و جدا از دانش فیزیولوژی مطرح و معرفی کرد .

دوران توسعه دانش بیوشیمی :

اواسط صده هجدهم و صده نوزدهم

کشف مخمرها که تخمیر الکلی را انجام می دهند

کشف آنزیم ها به عنوان کاتالیزت های زیستی

کشف اسیدهای آمینه به عنوان واحدهای ساختاری پروتئین ها

شناسایی هورمون ها ، لیپیدها ، ویتامین ها

متبلور کردن آنزیم ها

کشف چرخه اوره

کشف چرخه کربس

کشف ساختار ماده ژنتیکی یاخته توسط واتسون و کریک در سال ۱۹۵۳

عناصر تشکیل دهنده ماده زنده

مقایسه عناصر اصلی موجود در بدن انسان و در پوسته زمین

عناصر اصلی موجود در پوسته زمین		عناصر اصلی موجود در بدن انسان	
۴۷	اکسیژن	۶۳	هیدروژن
۲۸	سیلیسیم	۲۵/۵	اکسیژن
۷/۹	آلومینیم	۱۹/۵	کربن
۴/۵	آهن	۱/۴	نیتروژن
۳/۵	کلسیم	۰/۳۱	کلسیم
۲/۵	سدیم	۰/۲۲	فسفر
۲/۵	پتاسیم	۰/۱۳	گوگرد
۲/۲	منیزیم	۰/۰۸	کلر
		۰/۰۶	پتاسیم

چهار عنصر فراوان در موجودات زنده :

H هیدروژن

O اکسیژن

C کربن

N نیتروژن

در مجموع ۹۹ درصد کل توده یاخته را تشکیل می دهند .

کربن ۵۰ تا ۶۰ درصد
نیتروژن ۸ تا ۱۰ درصد
اکسیژن ۲۵ تا ۳۰ درصد
هیدروژن ۳ تا ۴ درصد

وزن خشک یاخته های زنده را تشکیل می دهند .

گوگرد **S** و فسفر **P** نیز دو عنصر مهم زیستی هستند .

و یون های **Cl** ، **Mg** ، **Ca** ، **K** و **Na**
در فرایندهای زیستی موجود و ضروری هستند .

عناصر کمیاب موجود در ماده زنده :

Fe ، Cu ، Zn ، Mn ، Co ، I ، Mo ، V ، Cr ،
Ni ، F ، Se ، Si ، Sn ، B ، As

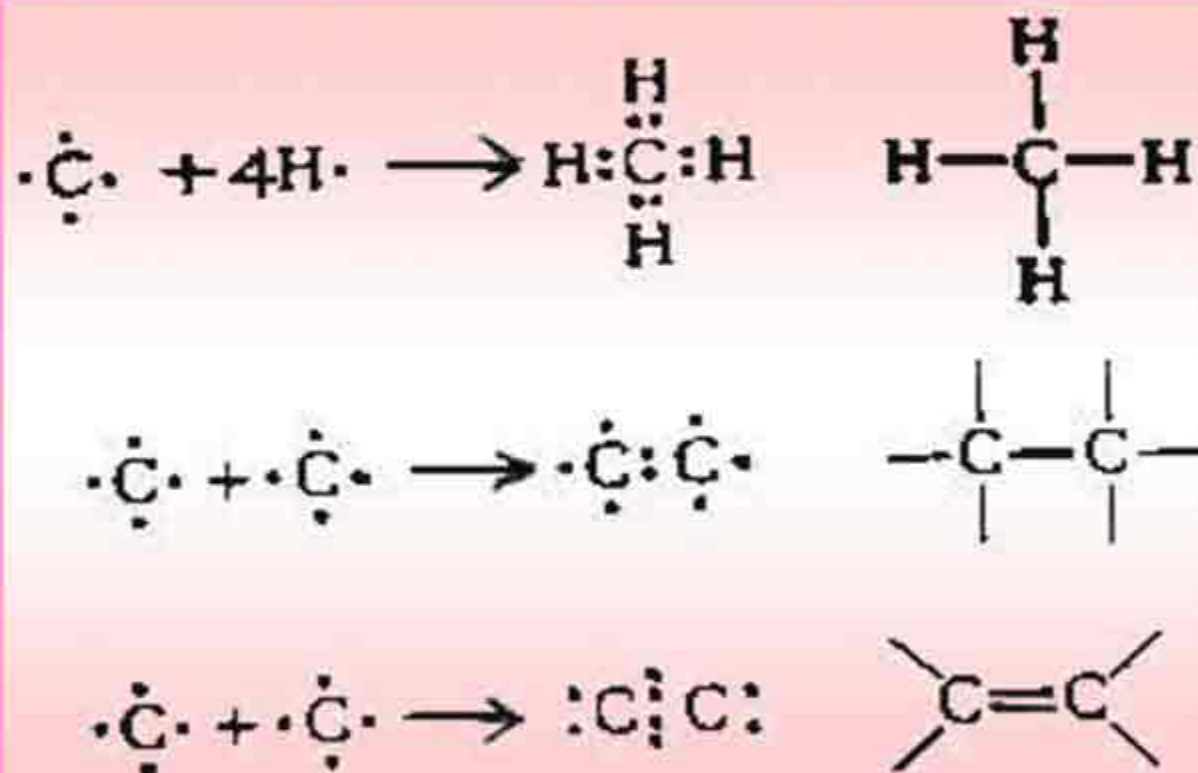
عنصر کربن و اتصالات آن :

شیمی موجودات زنده که بیش از نیمی از وزن خشک بدن آن ها را تشکیل می دهد ، حول محور کربن دور می زند .

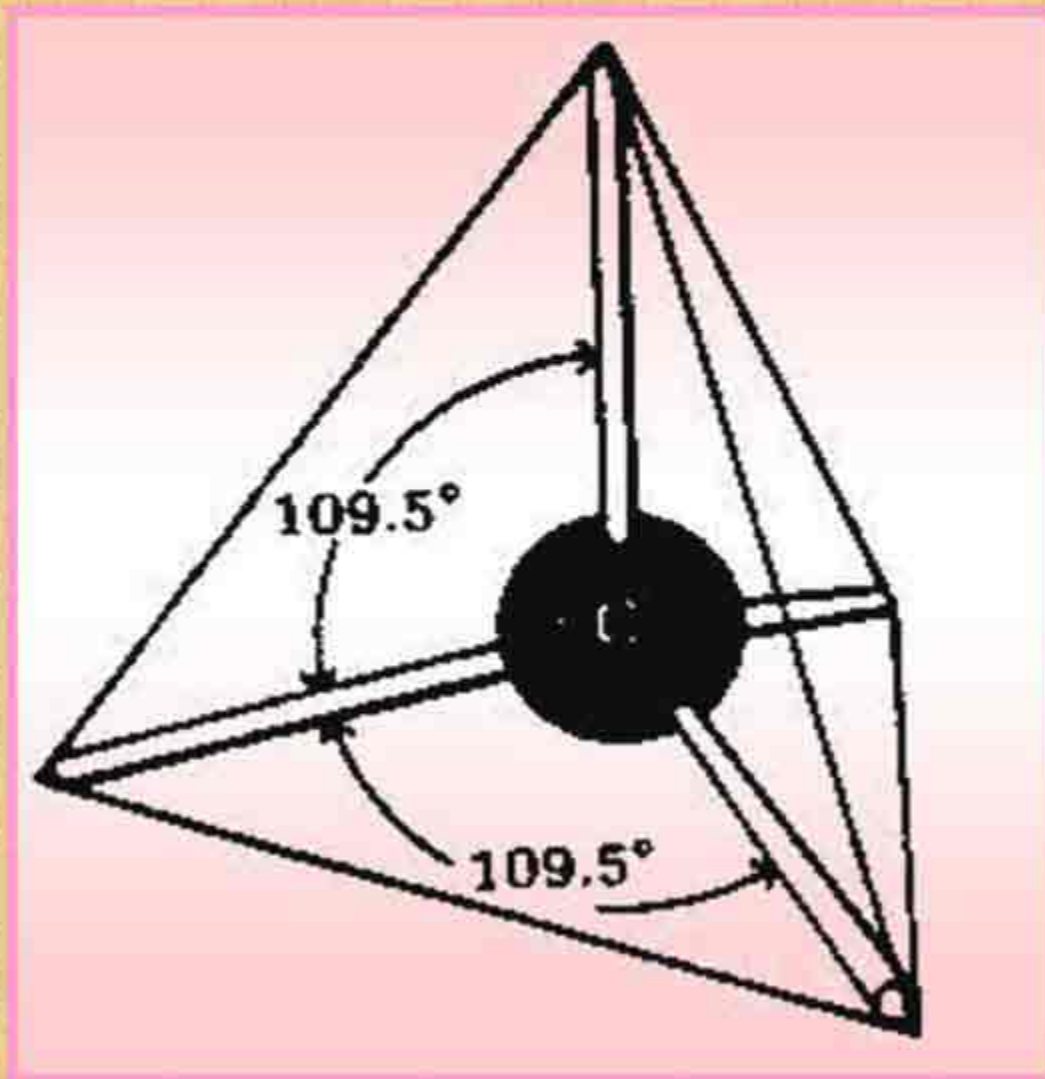
اتم کربن برای پر کردن الکترون های قشر بیرونی خود نیاز به چهار الکترون دارد (آرایش هشت تایی)

ترکیب اتم های کربن با یکدیگر و ایجاد اتصالات کربن - کربن بسیار با ثبات بوده و از نظر زیستی حائز اهمیت بسیار است .

هر اتم کربن به تعداد الکترون های جفت نشده خود می تواند اتم کربن به خود متصل کند .



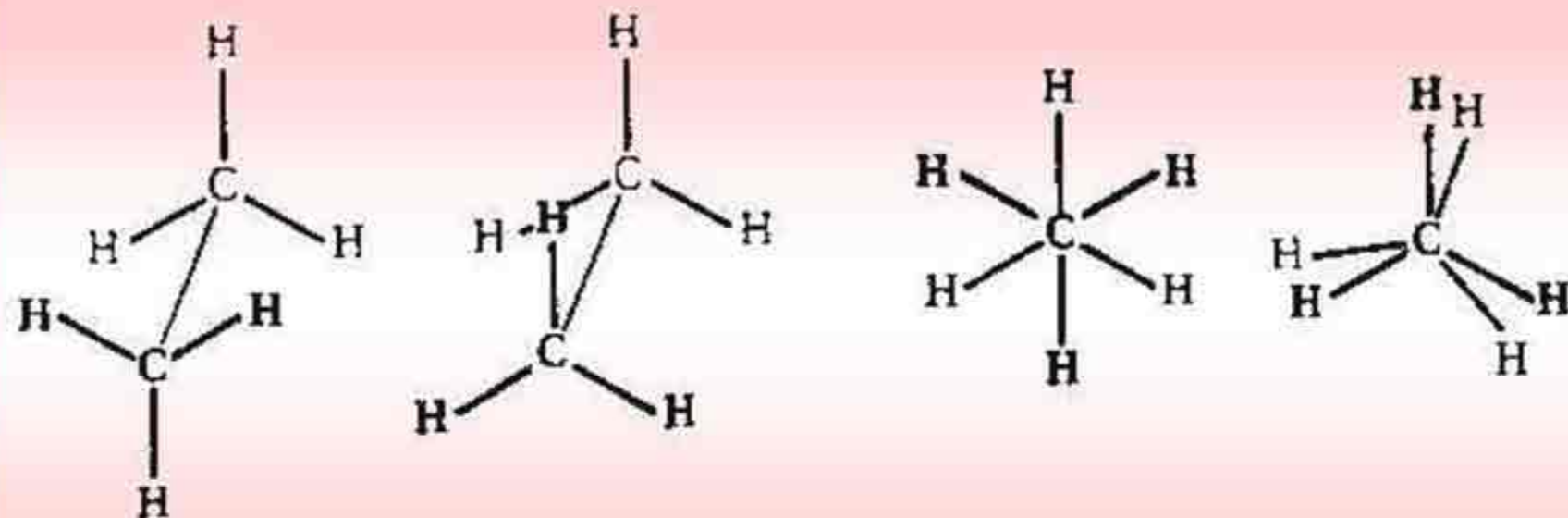
پیوندهای کربن به شکل چهار وجهی با زاویه $109.5^\circ / 5$
بین اتم کربن واقع شده اند.



چرخش حول پیوند یگانه کربن - کربن به شکل آزاد انجام می شود .

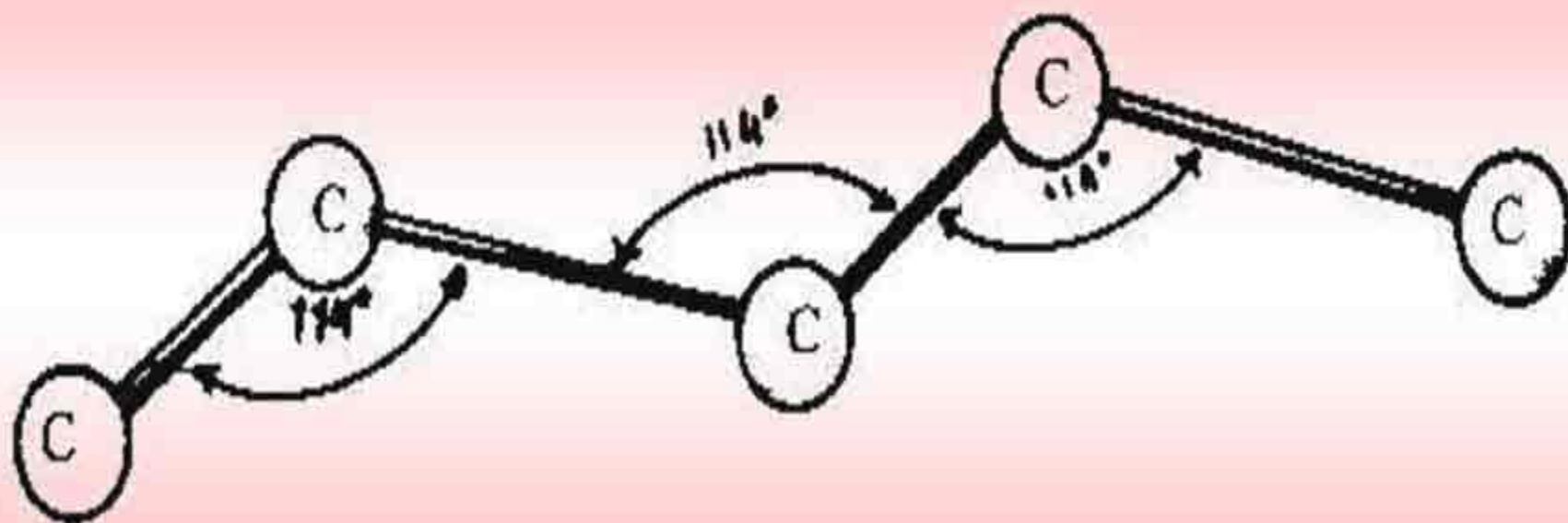
اتصال گروه های باردار بزرگ یا زیاد به کربن بر روی چرخش آزاد تأثیر منفی داشته و می توانند مانع چرخش شوند .

چرخش آزاد حول پیوند یگانه مولکول ها باعث ایجاد ساختمان های فضایی مختلف شده و اشکال متنوعی را ایجاد می کند .

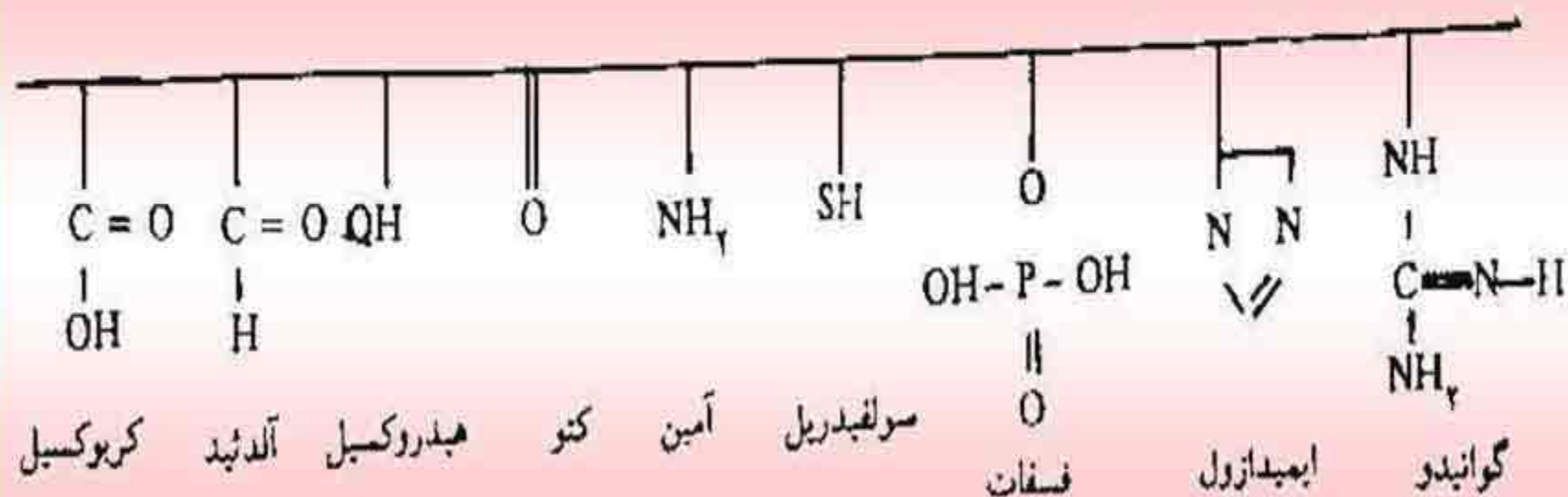


اگر پیوند بین دو اتم کربن دوگانه باشد ، این ترکیب به علت خاصیت رزونانس (تشدید) قابلیت چرخش نخواهد داشت .

در مولکول هایی که از بیش از دو اتم کربن ساخته شده اند ، زنجیره هیدروکربنی شکل خط راست ندارد .



برخی از گروه های فعال در ساختار مولکول های زیستی



ایزومرهای فضایی

دو ترکیب که فرمول بسته یکسان و فرمول گسترده متفاوت داشته باشند ، **ایزومر** خوانده می شوند .

انواع ایزومری فضایی :
ایزومرهای نوری
ایزومرهای هندسی

ایزومرهای نوری

اتم کربن که چهار اتم یا ترکیب مختلف نامشابه به آن متصل باشند ، **کربن نامتقارن** یا **کلیرال** خوانده می شود .

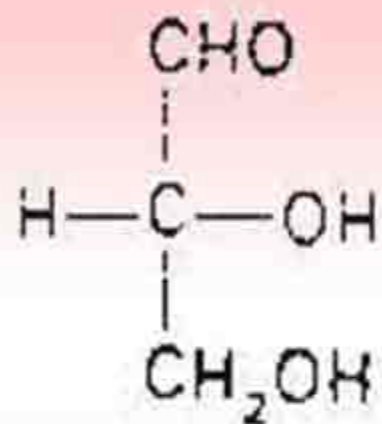
اتم کربن نامتقارن می تواند دو شکل ایزومری به نام **انانتیومر** داشته باشد که آرایش فضایی متفاوت دارند .

انانتیومرها تصاویر آینه ای یکدیگرند .

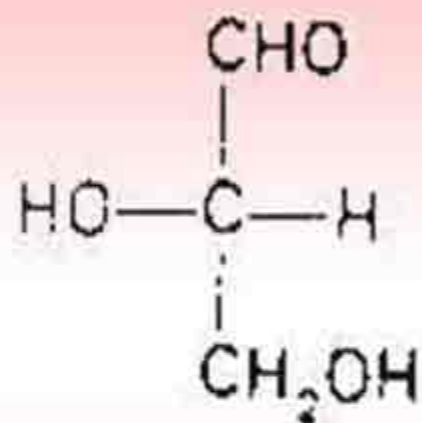
خواص فیزیکی مانند نقطه ذوب یکسان دارند .

دو انانتیومر ، ترکیبات شیمیایی مشابه دارند .

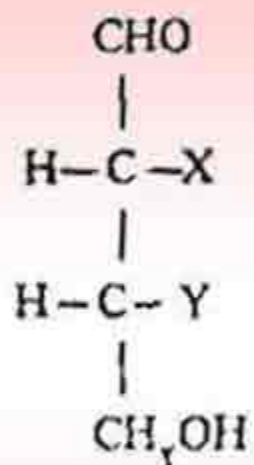
یکی از راه های تشخیص انانتیومرها ، استفاده از خصوصیت
و توانایی آن ها در چرخش **نور پلاریزه** (نور قطبیده) است .



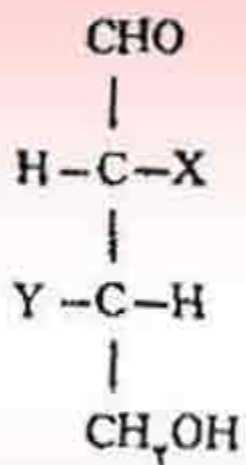
D - گلیسرآلدئید



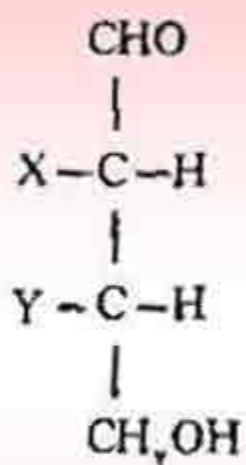
L - گلیسرآلدئید



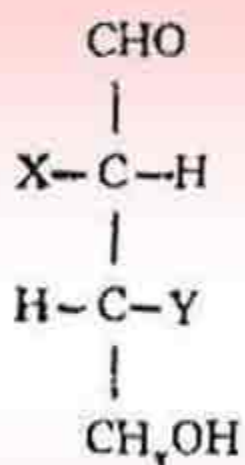
D(2R,3R)



D-Allo(2R,3S)



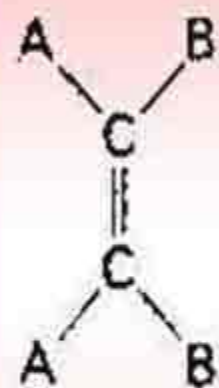
L(2S,3S)



L-Allo(2S,3R)

ایزومرهای هندسی :

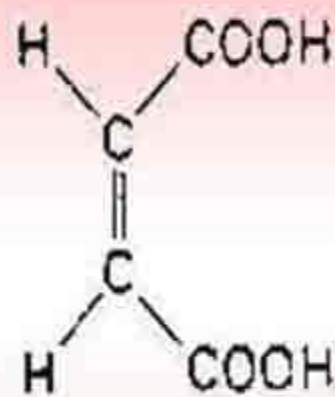
ایزومرهای سیس و ترانس



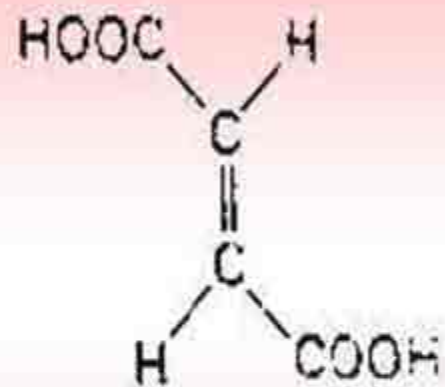
سبب



ترانس



امید مالٹیک (سبب)



امید فوماریک (ترانس)

پیوندهای شیمیایی

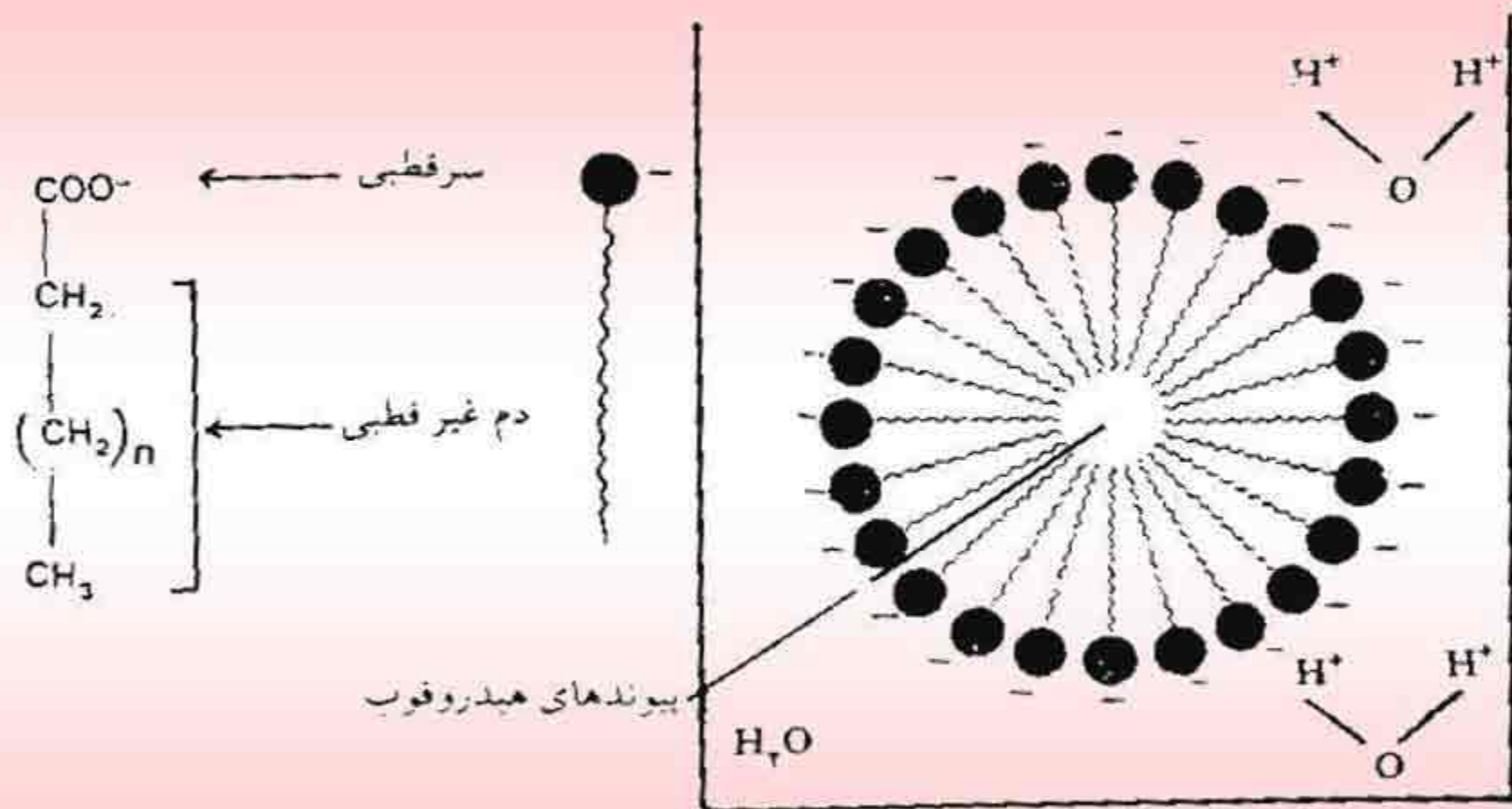
علاوه بر پیوندهای کووالان که اتصالات اصلی در مولکول های بیوشیمیایی محسوب می شوند ، پیوندهای ضعیف تری نیز وجود دارند که ساختار و ساختمان فضایی مولکول های زیستی و فعالیت آن ها را تحت تأثیر قرار می دهد .

پیوند واندروالس

پیوند یونی

پیوند هیدروژنی

پیوند هیدروفوب

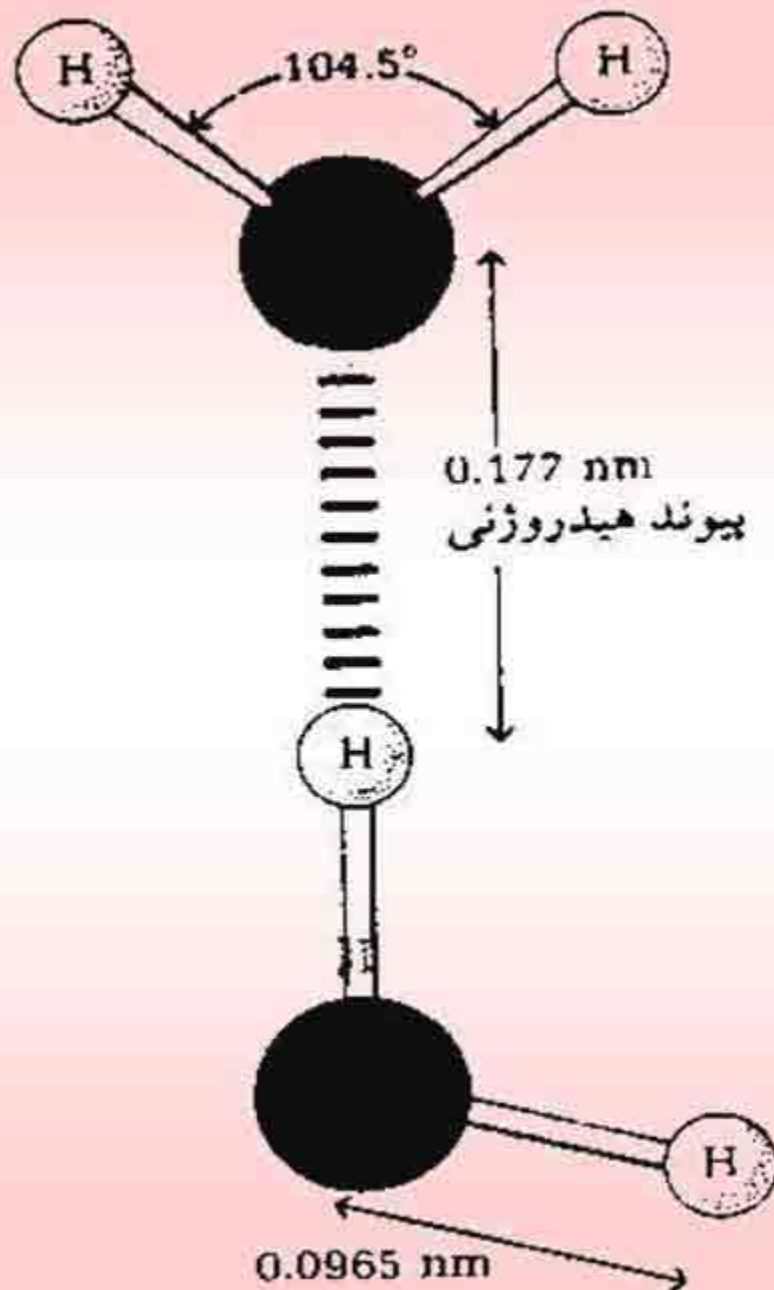


شکل ۱-۶ پیوندهای هیدروغوب

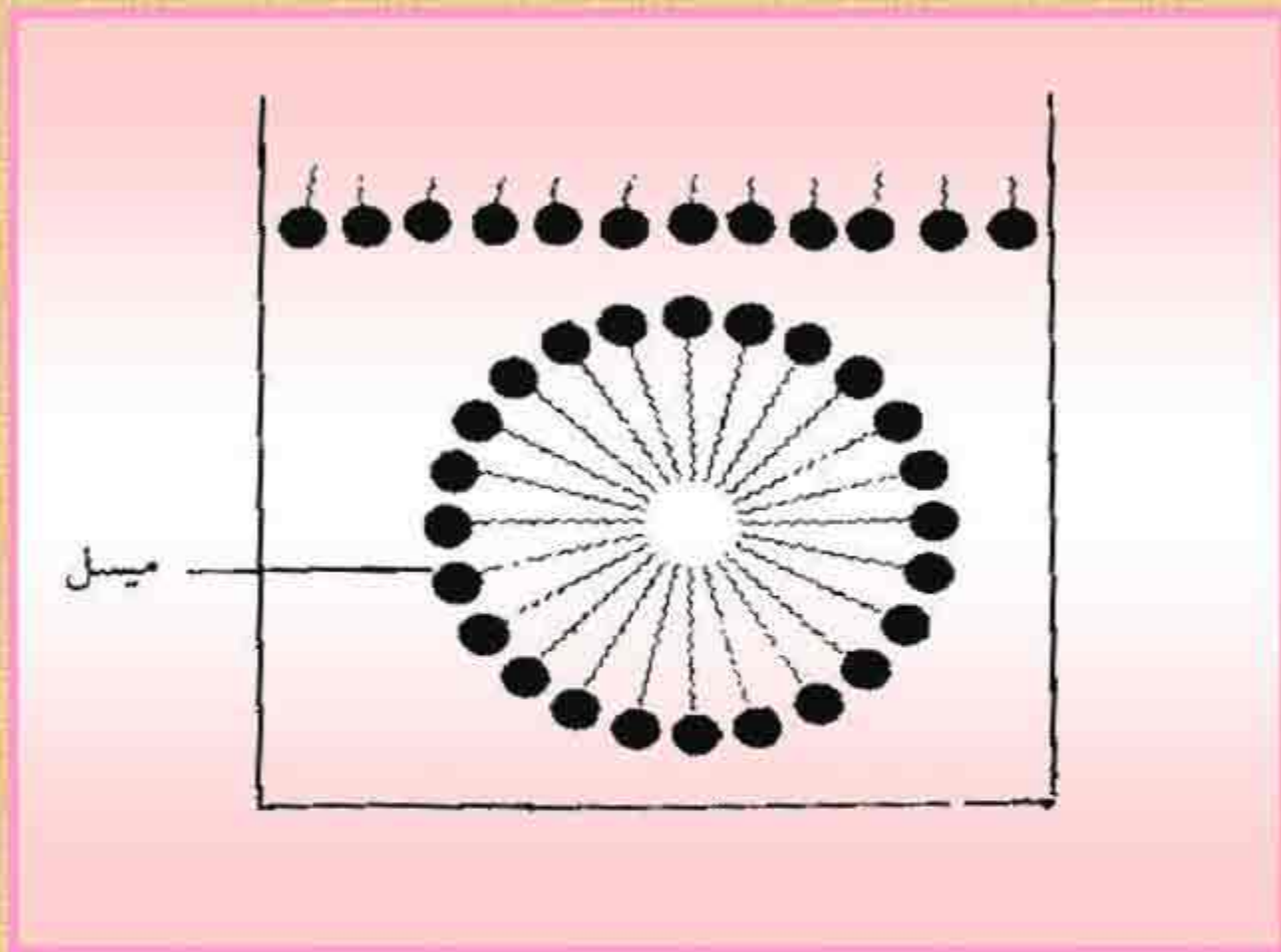
ترکیبات مهم تشکیل دهنده ماده زنده :
آب ، نمک ها ، ماکرومولکول های زیستی

آب و خواص آن :

بیش از ۷۰ درصد وزن بدن را آب تشکیل می دهد .



پیوند هیدروژنی
بین
مولکول های آب



ایجاد میسل در آب

یونیزاسیون آب



ثابت تعادل

$$K_{eq} = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

$$1/8 \times 10^{-16} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{55/5}$$

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.01 \times 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$$

خاصیت اسیدی و بازی

$$PH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log [H^+]$$

$$PH = \log \frac{1}{10^{-7}} = 7$$

$$POH = - \log \frac{1}{10^{-7}} = 7$$

$$PH + POH = 14$$

مثال ۱- : PH محلول M ۱۰ اسید کلریدریک را
حساب کنید .

$$PH = - \log [H^+]$$

$$PH = - \log [10^{-2}] = 2$$

مثال ۲-: اگر در محلولی غلظت یون هیدروژن

3×10^{-7} مولار باشد، PH محلول چقدر است؟

$$PH = -\log [H^+]$$

$$PH = -\log [3 \times 10^{-7}] = 6/5$$

مثال ۳- : غلظت یون هیدروژن خون $\text{PH} = 7/4$
چقدر است ؟

$$\text{PH} = - \log [\text{H}^+]$$

$$7/4 = - \log [\text{H}^+]$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-7/4}$$

گفتار دوم : کربوهیدرات ها

هدف آموزشی کلی :

آشنایی با مشخصات ساختاری و عملکرد انواع مختلف کربوهیدرات ها

هدف های آموزشی جزئی :

- مشخصات کلی کربوهیدرات ها و تقسیم بندی آن ها
- تعریف منوساکاریدها و نامگذاری آن ها
- ساختار ایزومری در قندها و ویژگی قندهای اپی مر
- ساختار حلقوی در قندها ، پیرانوزها و فرانوزها
- الگوساکاریدها ، انواع دی ساکاریدها
- پلی ساکاریدها ، هموپلی ساکاریدها ، هتروپلی ساکاریدها
- گلیکو لیپیدها ، گلیکو پروتئین ها ، موکوپلی ساکاریدها

مشخصات کلی قندها

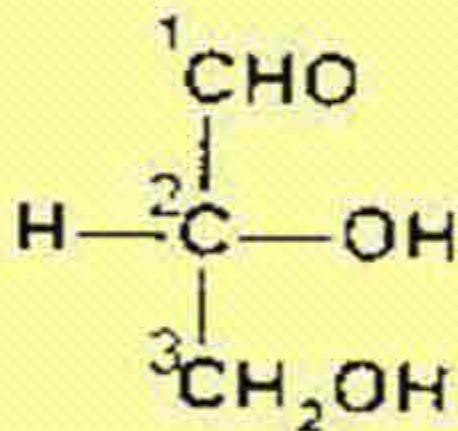
کربوهیدرات ها فراوانترین مولکول های زیستی هستند .
ساختمان کربوهیدرات ها از سه عنصر اصلی C ، H و O تشکیل
شده است .

فرمول کلی یک هیدرات کربن ← $C_nH_{2n}O_n$

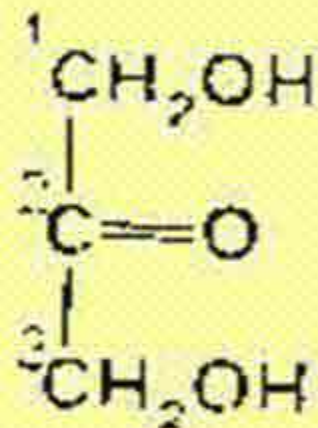
منوساكاريدها يا تك قندي ها :

كتوز ← با گروه فعال كتون
آدوز ← با گروه فعال آلدئيد

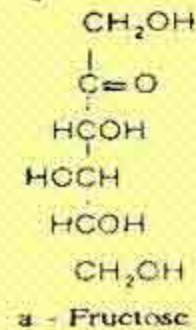
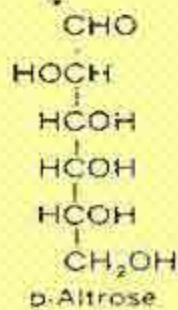
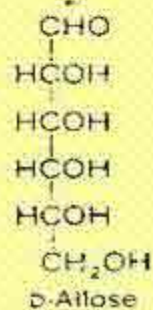
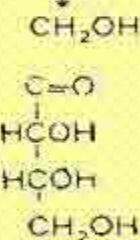
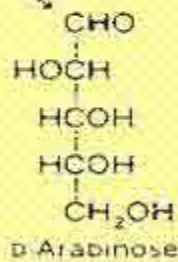
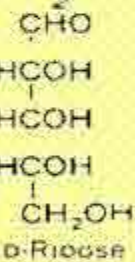
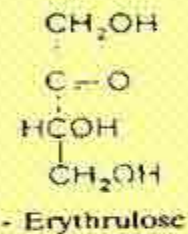
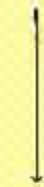
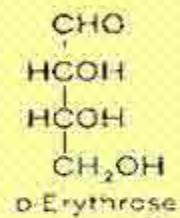
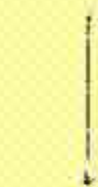
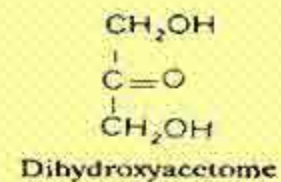
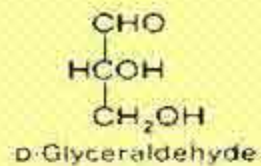
نامگذاری بر اساس تعداد اتم های کربن
تریوز ، تتروز ، پنتوز ، هگزوز



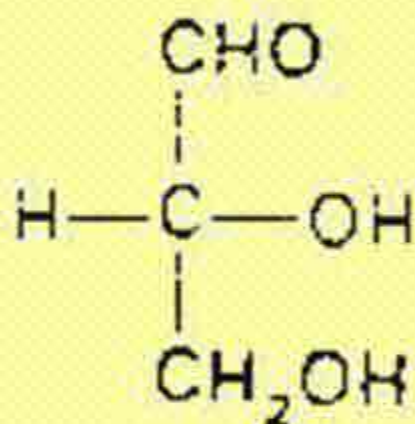
D - گلیسرالدئید



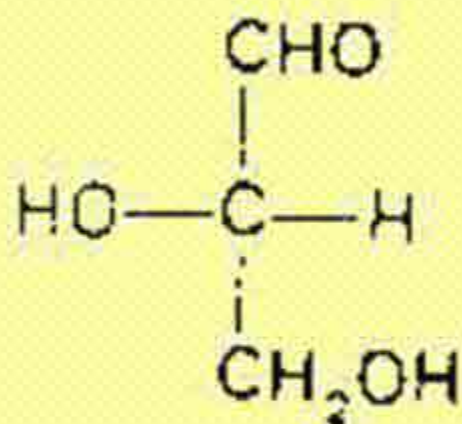
دی هیدروکسی استون



ایزومری D و L

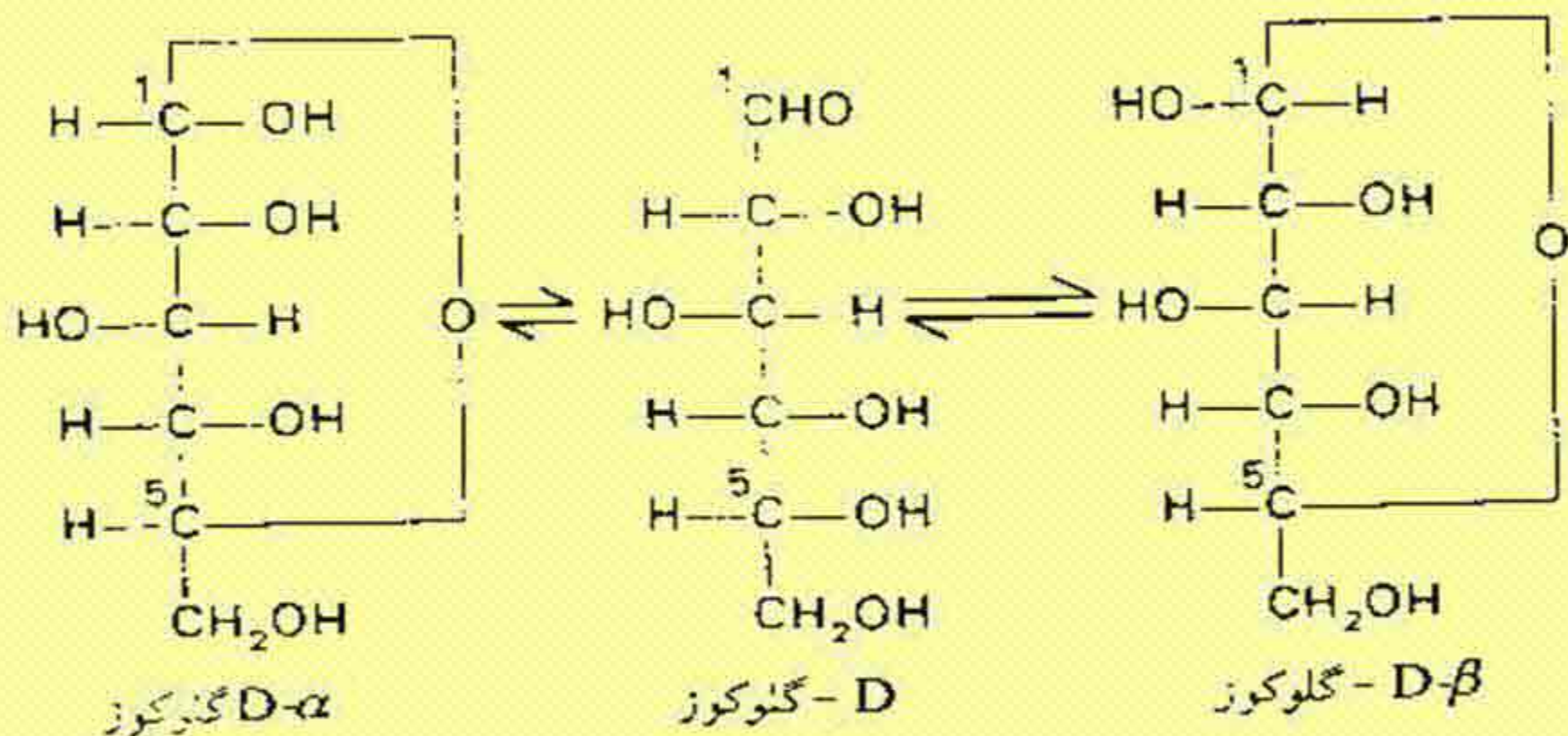


D - گلیسرآلدئید



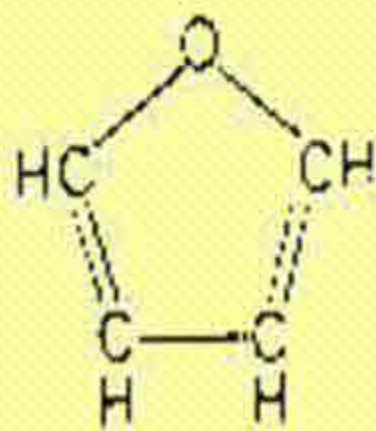
L - گلیسرآلدئید

ساختار حلقوی قندها

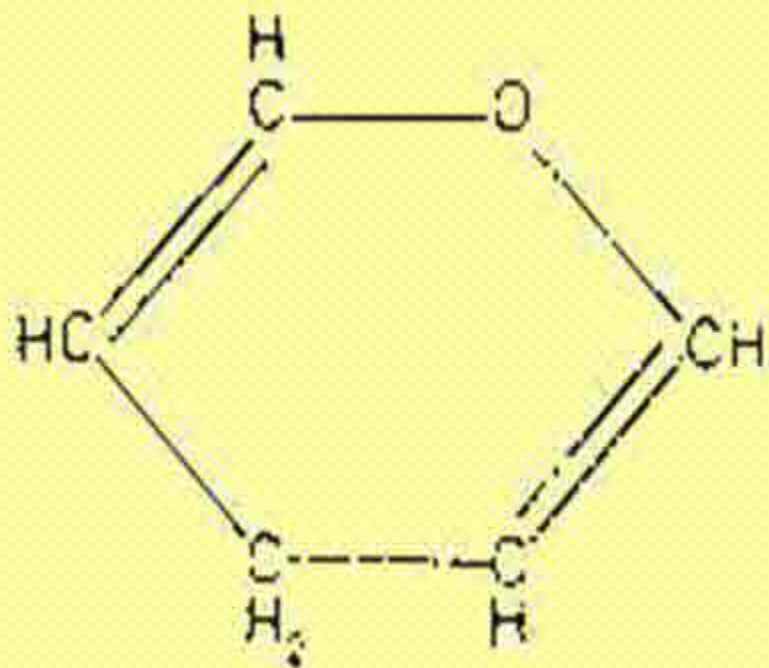


فرمبند حلقوی D - گلوکوز با ایزومرهای α و β

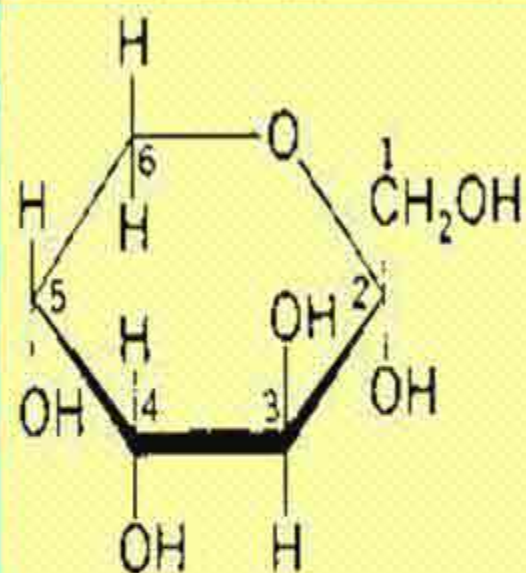
ساختار فورانوز و پیرانوز



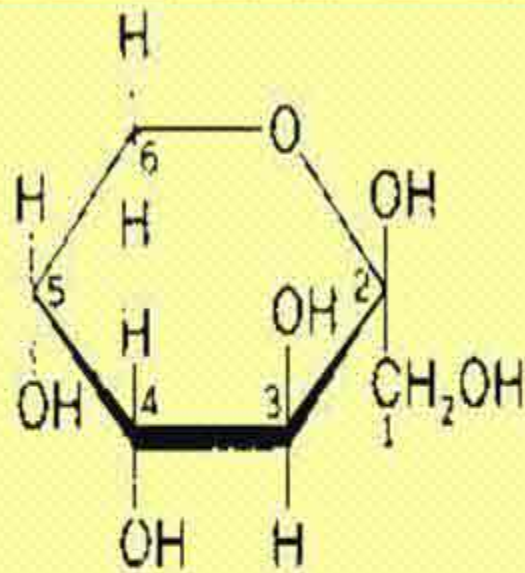
فران



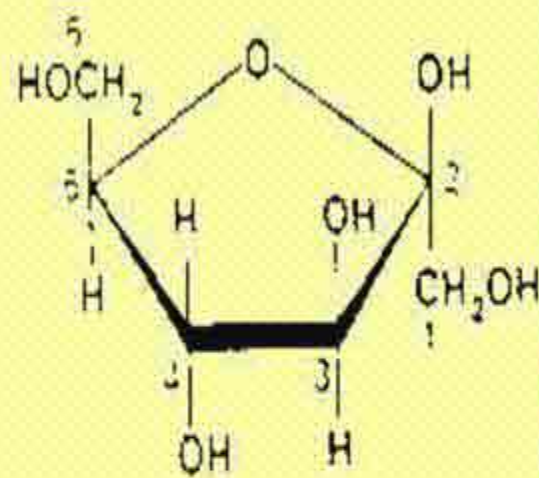
پیران



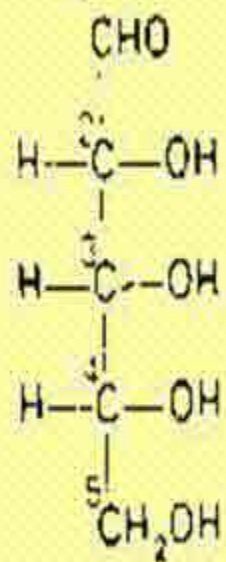
D- α - فروکتوفورانوز



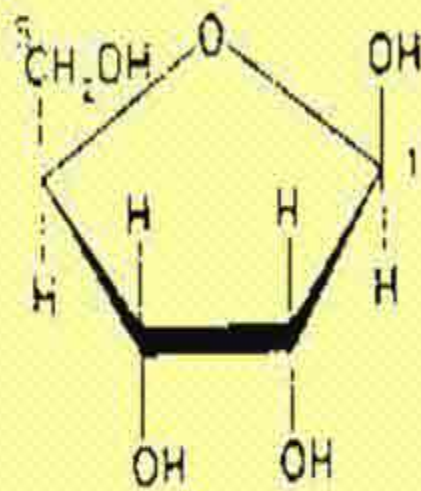
D- β - فروکتوفورانوز



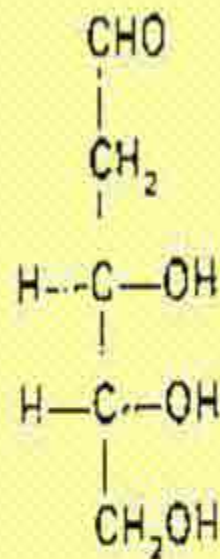
D- β - فروکتوفورانوز



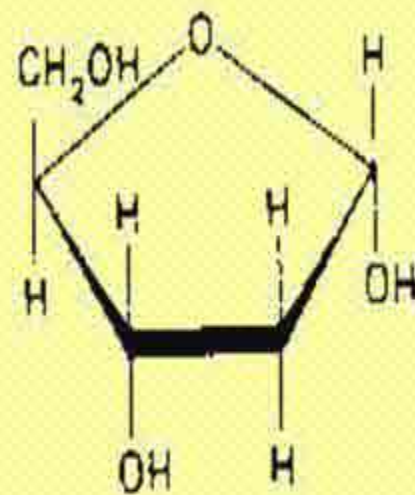
D-ریبوز



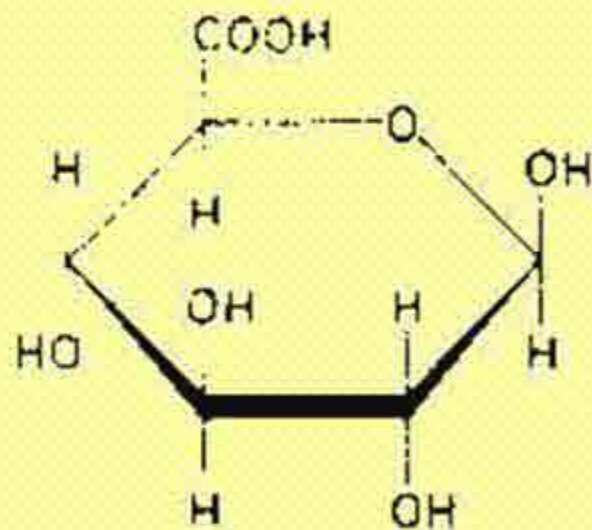
β -D-ریبوفورانوز



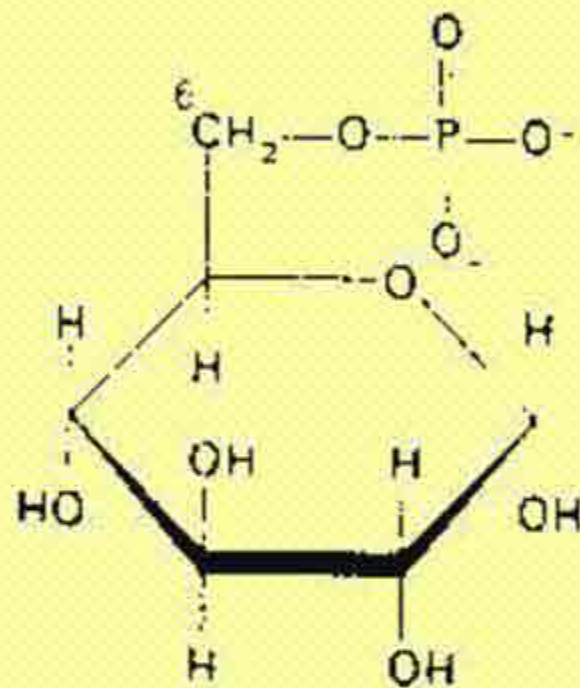
۲-دئوکسی ریبوز



α -۲-دئوکسی ریبوز

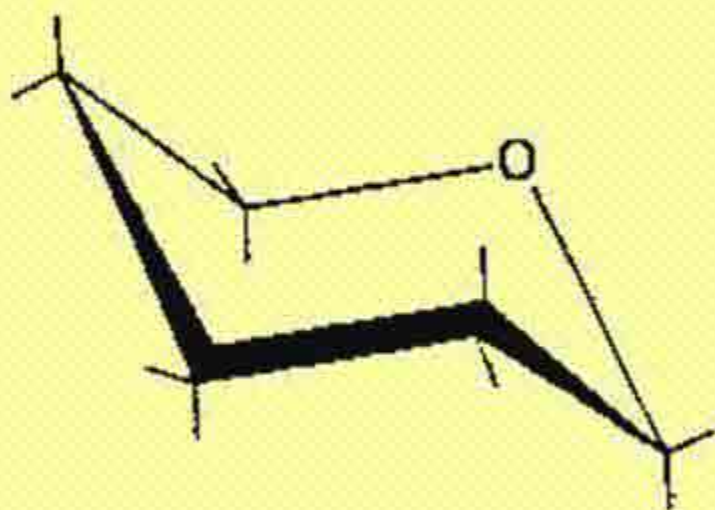


D- β - گلوکورونیک اسید

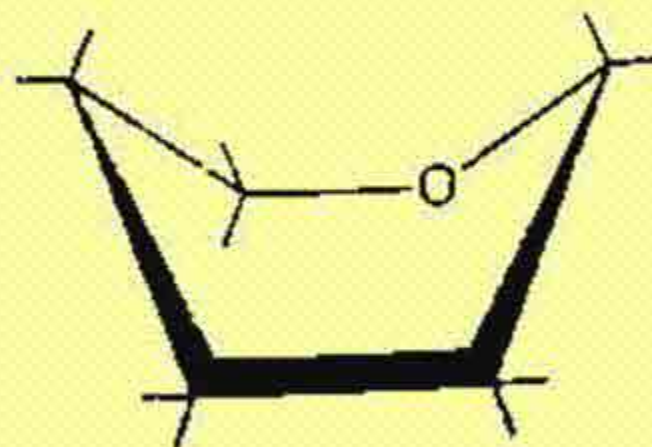


D - گلوکوز - ۶- فسفات (α آنومر)

ساختمان فضایی مونوساکاریدها

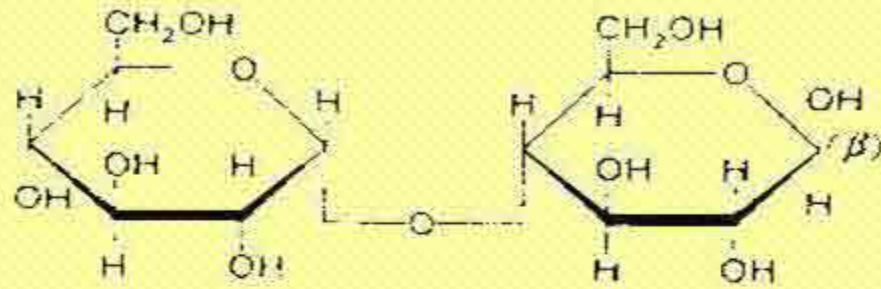


مدل صندلی

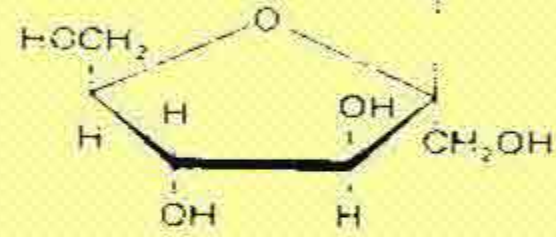
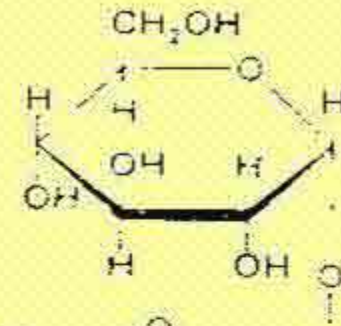


مدل قایق

الیگو ساکاریدھا

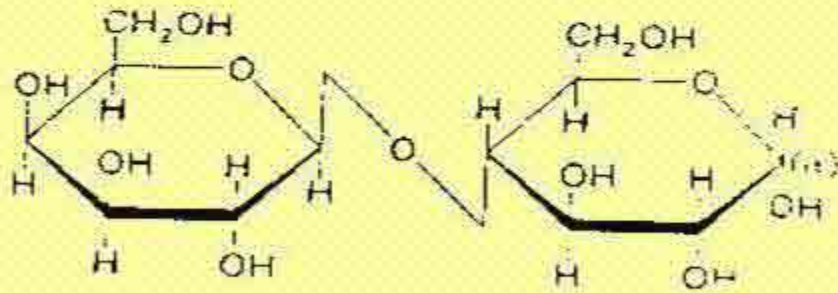


D- α - گلوکوپیرانوز - (1 \leftarrow 4) - D- β - گلوکوپیرانوز

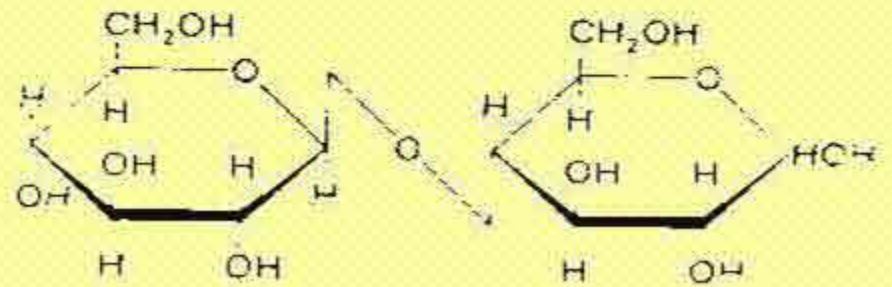


سوکروز

D- α - گلوکوپیرانوز - (1 \leftarrow 2) - D- β - فروکٹوفورانوز



D- β - گلوکوپیرانوز - (1 \leftarrow 4) - D- α - گلوکوپیرانوز



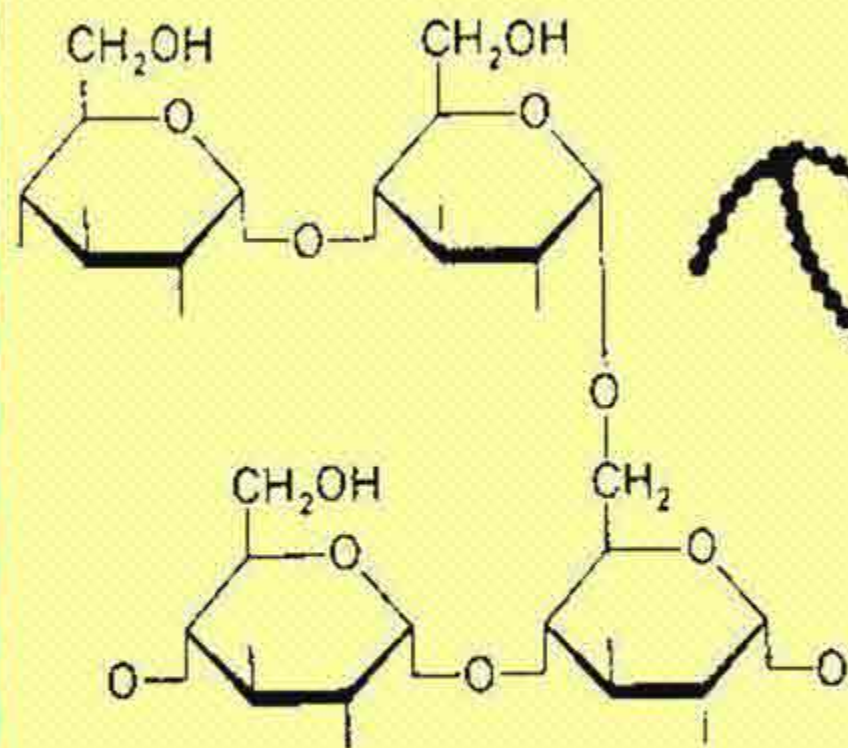
D- β - گلاکٹوپیرانوز - (1 \leftarrow 4) - D- α - گلوکوپیرانوز

شیرینی قندها

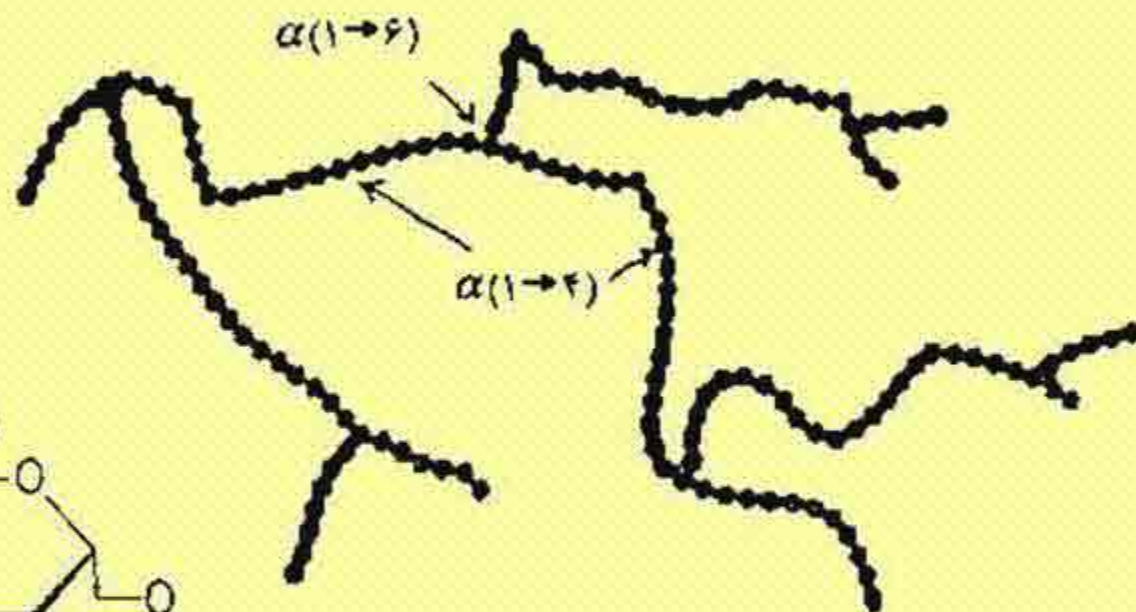
درصد شیرینی	قند
۱۷۳	فروکتوز
۱۰۰	سوکروز
۷۴	گلوکز
۳۲	گالاکتوز
۳۲	مالتوز
۱۶	لاکتوز

پلی ساکاریدھا :

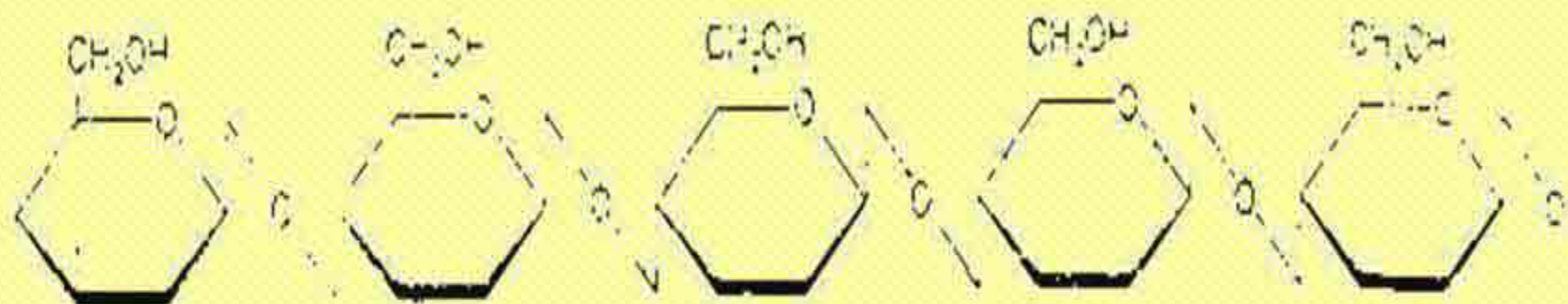
ہموپلی ساکاریدھا ، ہتروپلی ساکاریدھا ، موکوپلی ساکاریدھا



آمیلوپکتین



فرمول شاخه‌های آمیلوپکتین



فرمول خطی سلولز و ایجاد پیوند هیدروژنی بین رشته های آن

خودآزمایی

- کربوهیدرات ها را تعریف کنید .
- اپی مر قند گالاکتوز چه نوع قندی است ؟
- ساختمان آمیلوز را به دقت شرح دهید و آن را با گلیکوژن مقایسه کنید .
- موکوپلی ساکاریدها را تعریف کنید .

گفتار سوم : لیپیدها

هدف آموزشی کلی :

آشنایی با ویژگی های ساختاری و عملکردی لیپیدها و اجزای متشکله آن ها

هدف های آموزشی جزئی:

مشخصات کلی لیپیدها و تقسیم بندی آن ها

ویژگی ساختاری مهم اسیدهای چرب و نقش آن ها در لیپیدها

مشخصات ساختاری و عملکردی تری اسیل گلیسرول ها و دسته بندی آن ها

مشخصات ساختاری و عملکردی فسفو لیپیدها

مشخصات ساختاری و عملکردی اسفگنولیپیدها

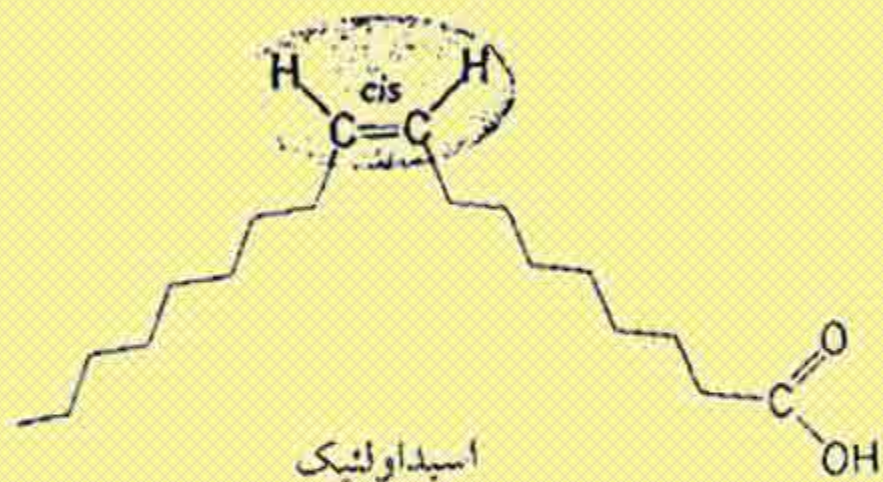
ساختارهای مختلف لیپیدهای قطبی در آب و علت تشکیل آن ها

مشخصات کلی :

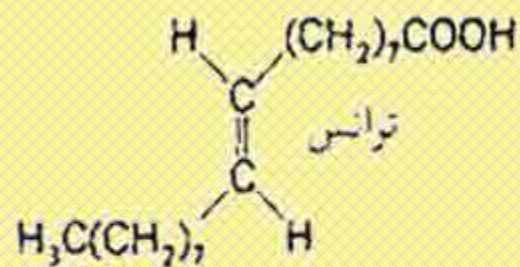
لیپیدها مولکول های زیستی هستند که با خاصیت غیر محلول بودن در آب و محلول بودن در حلال های آلی مانند بنزن ، کلروفرم و دی اتیل اتر مشخص می شوند .

اسیدهای چرب اشباع } اسیدهای چرب
اسیدهای چرب غیر اشباع }

تعداد اتم های کربن	ساختار شیمیایی	اسید چرب
		اسیدهای چرب اشباع شده
14	$\text{H}_3\text{C}(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	اسید میرستیک
16	$\text{H}_3\text{C}(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	اسید پالمیتیک
18	$\text{H}_3\text{C}(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	اسید استئاریک
		اسیدهای چرب اشباع نشده
16	$\text{H}_3\text{C}(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	اسید پالمیتوئیک
18	$\text{H}_3\text{C}(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	اسید اولئیک
18	$\text{H}_3\text{C}(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	اسید لینولئیک
18	$\text{H}_3\text{CCH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	اسید لینولئیک
20	$\text{H}_3\text{C}(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	اسید آراشیدونیک



ایزومری سبب



الائیدیک اسید

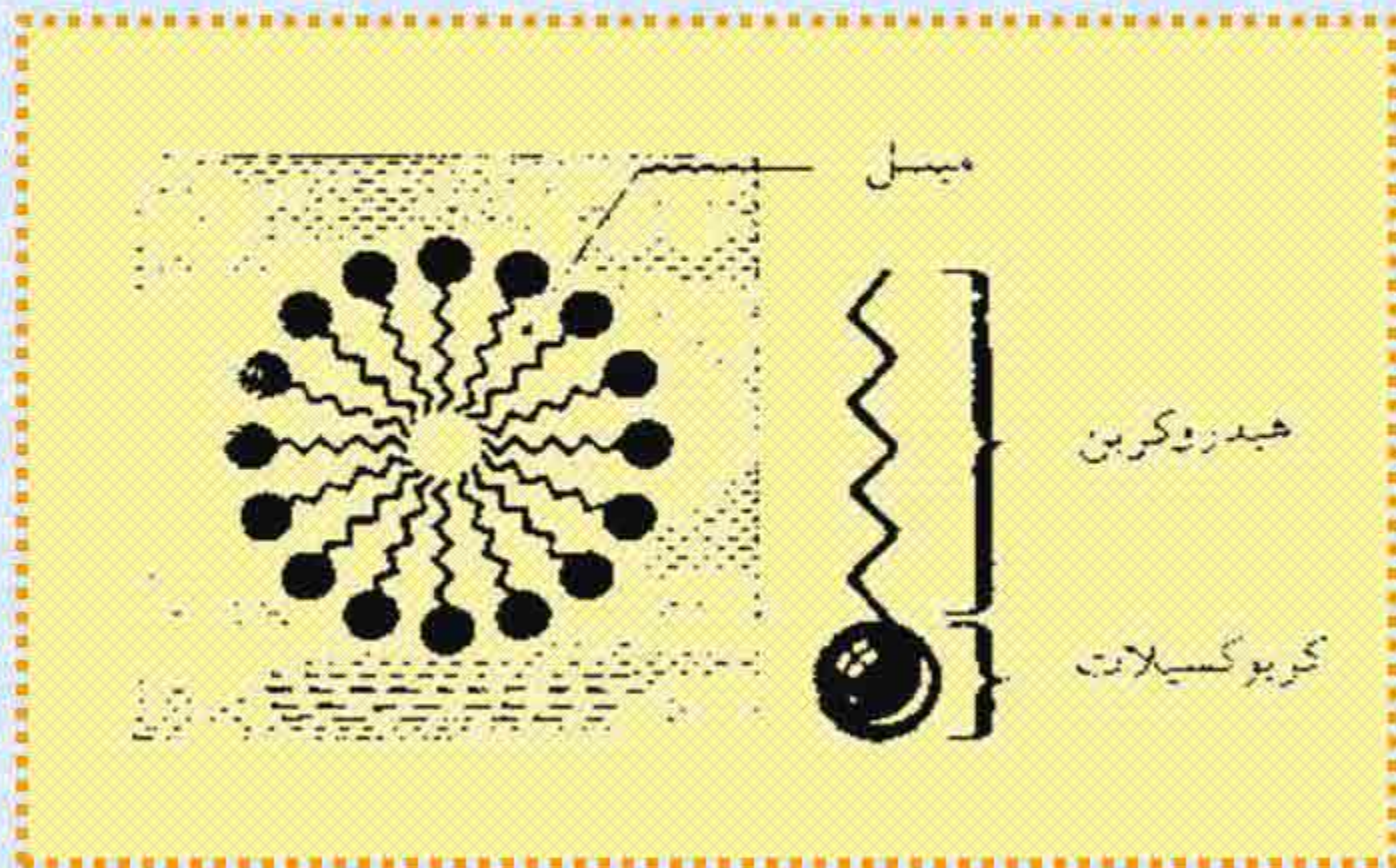
ایزومری ترانس

کوتاه نویسی

18 C Δ 9 , 12 , 15

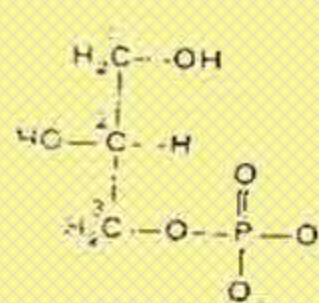
18 C Δ °

حلالیت و صابونی شدن

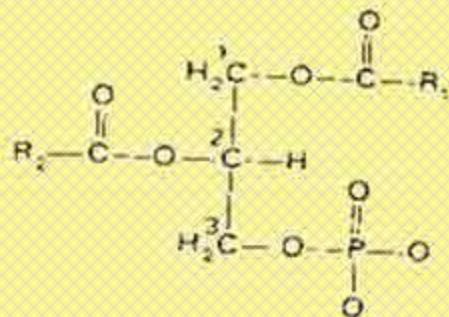


تری استتارین
تری پالمیتین
تری اولئین

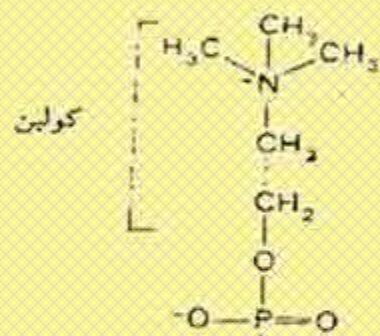
تری اسیل گلیسرول ها :



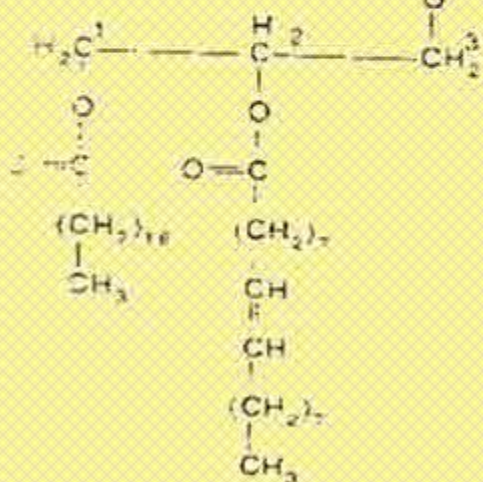
گلیسرول ۳-فسفات



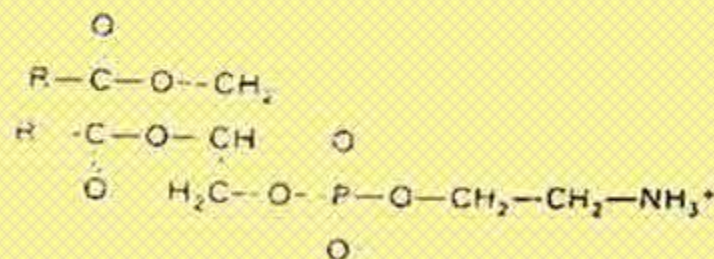
فسفایدات



کولین



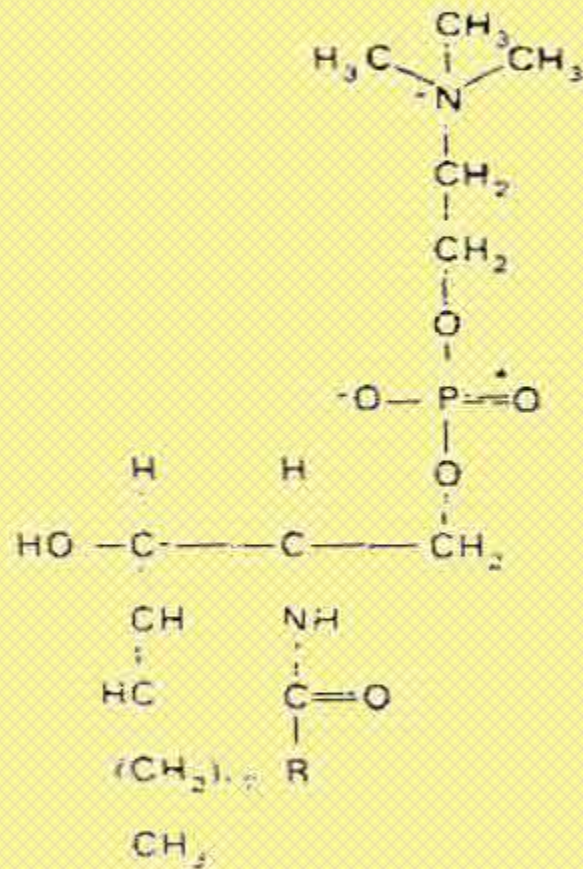
فسفایدیل کولین



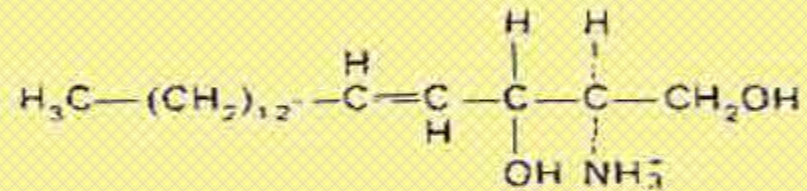
فسفایدیل اتانول امین

فسفو لیپیدها

اسفگنولپیدھا

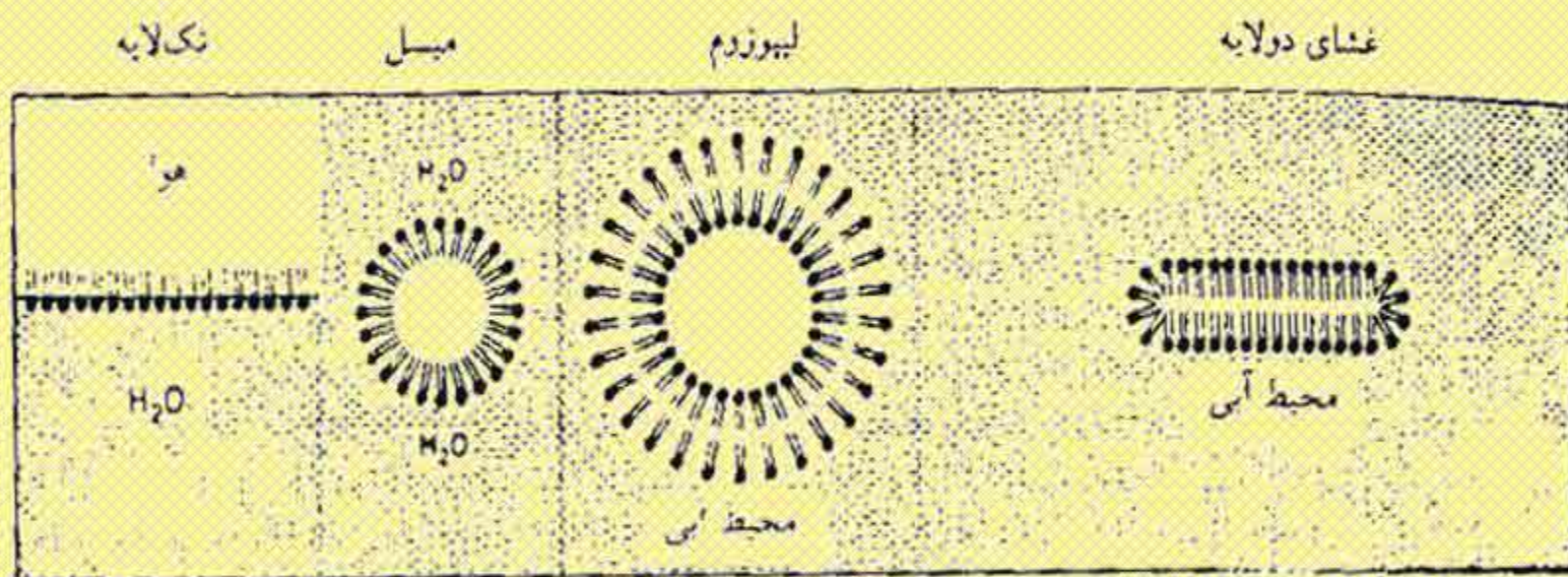


اسفگولپید



اسفگولین

رفتار لیپیدهای قطبی در آب



خود آزمایی

- وجود پیوند دوگانه در ساختار اسیدهای چرب چه تأثیری بر ساختار آن ها دارد ؟
- اسفگنولیپید چه نوع ترکیبی است ؟ ساختار آن را مشخص کنید .
- ساختار دو اسید چرب لینولئیک و استئاریک را بنویسید .
- اسفگنوزین چیست ؟

گفتار چہارم : پروتئین ها

هدف آموزشی کلی :

آشنایی با ویژگی های ساختمانی و عملکردی پروتئین ها و واحدهای سازنده آن ها و نقش این مولکول های زیستی در فرایندهای زیستی

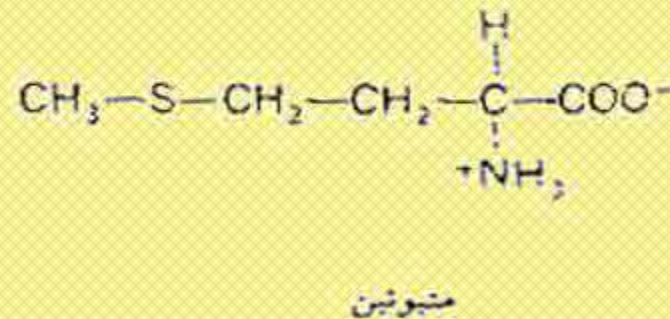
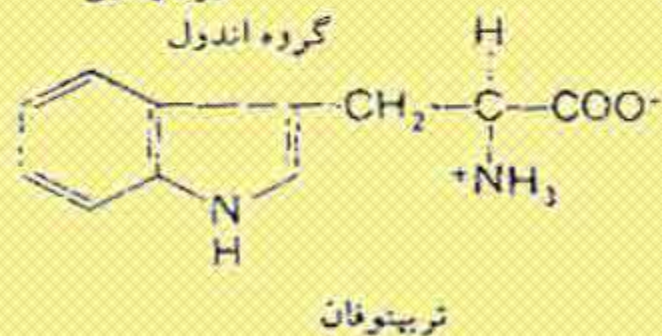
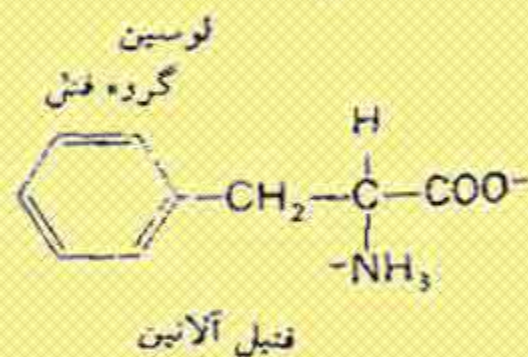
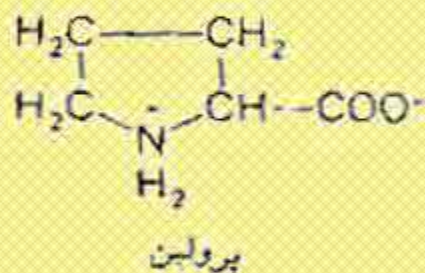
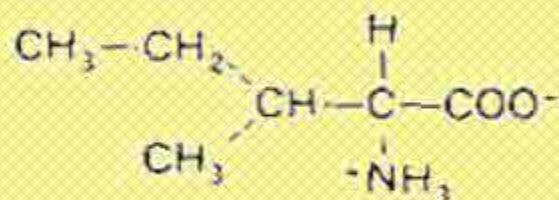
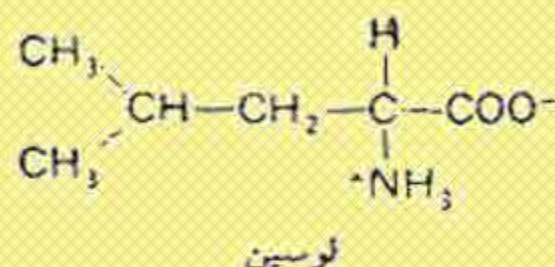
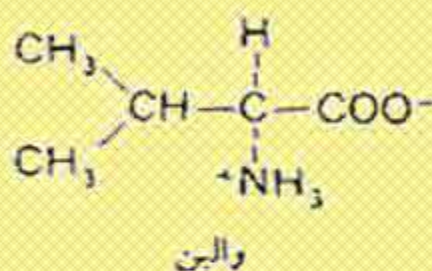
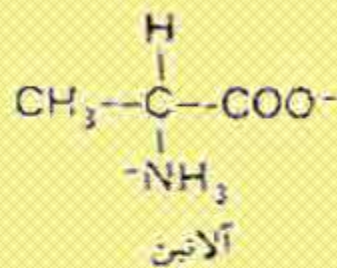
هدف های آموزشی جزئی :

ساختار کلی آمینو اسیدها و نقش آن ها در ترکیب پروتئین ها
اسیدهای آمینه استاندارد

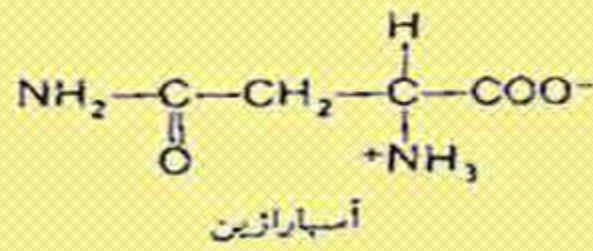
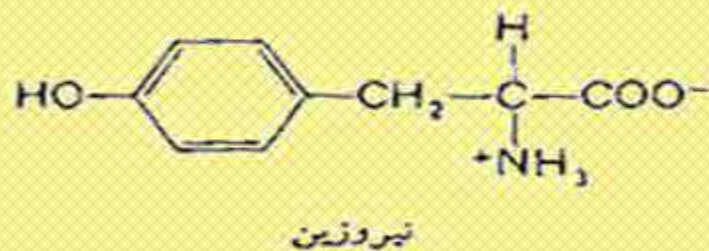
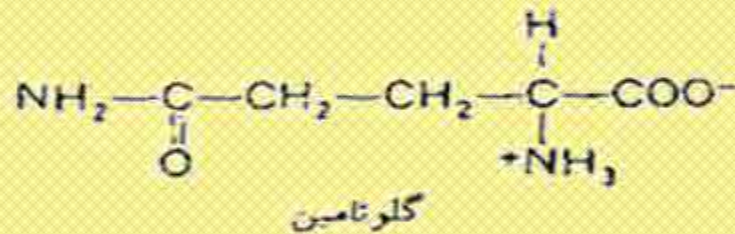
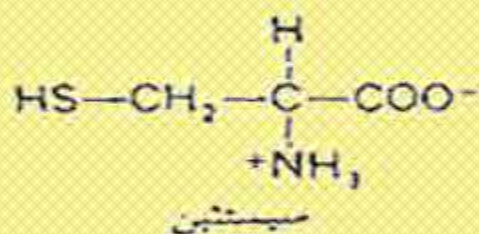
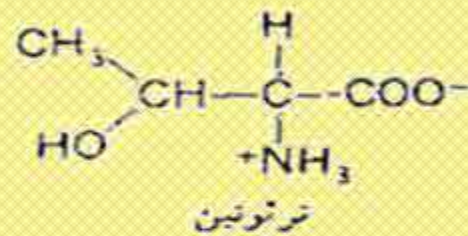
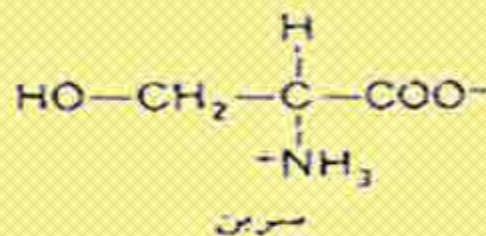
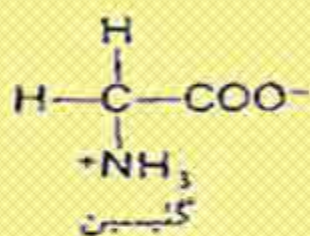
طبقه بندی اسیدهای آمینه بر حسب زنجیره کناری آن ها
خاصیت آمفوتری اسیدهای آمینه و تیتراسیون آن ها
تعریف پپتیدها و چگونگی شکل گیری آن ها

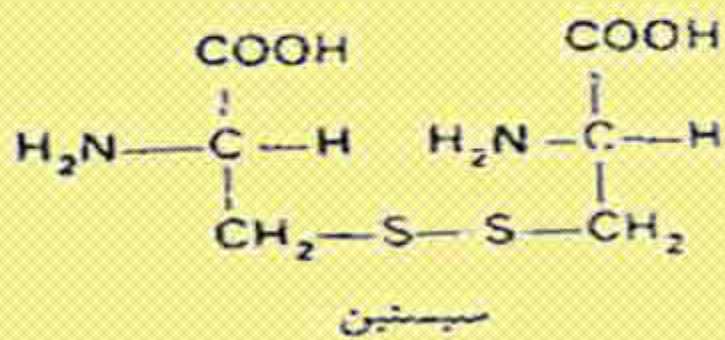
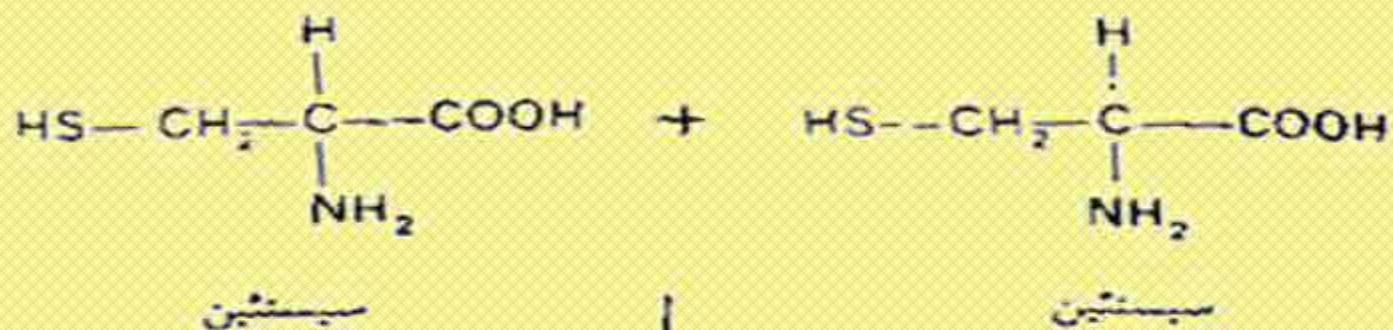
مشخصات عمومی پروتئین ها و نقش آن ها در بدن موجودات زنده
مشخصات انواع پروتئین ها (ساده ، مرکب ، رشته ای ، کروی)
سطوح ساختاری اول تا چهارم پروتئین

اسیدهای آمینه با گروه R غیر قطبی

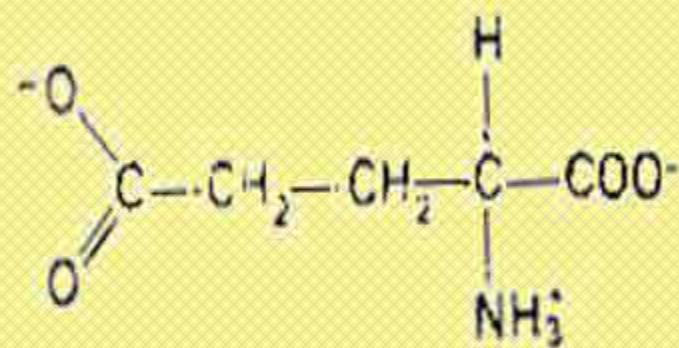


اسیدهای آمینه با گروه R قطبی ولی بدون بار

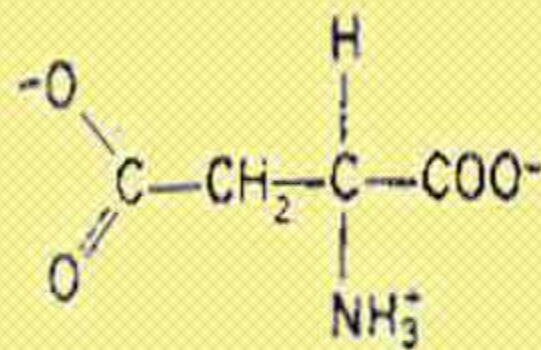




اسیدهای آمینه با گروه R قطبی و بار منفی

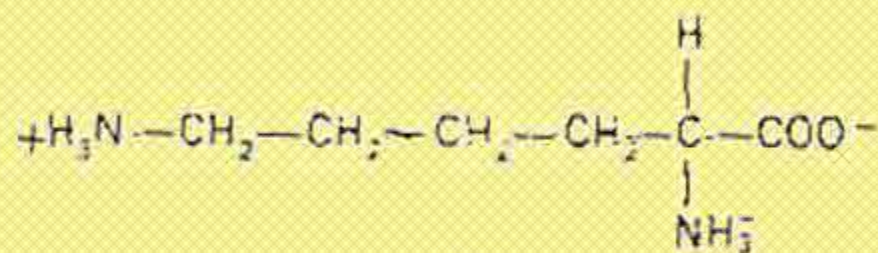


گلوتامات

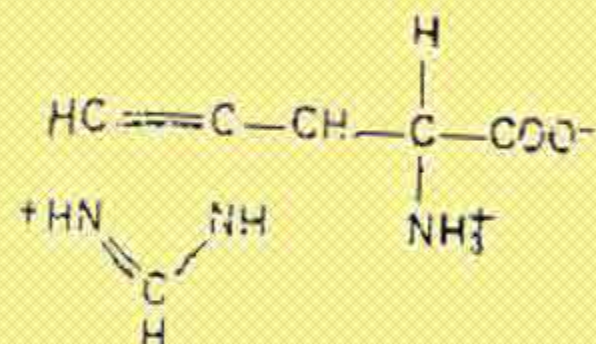


آسپارئات

اسیدهای آمینه با گروه R قطبی دارای بار مثبت



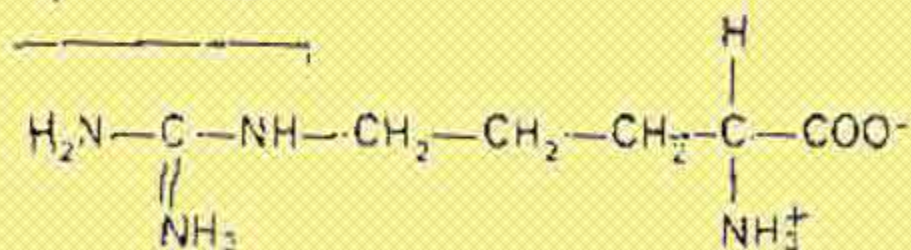
لیزین



گروه ایمیدازول

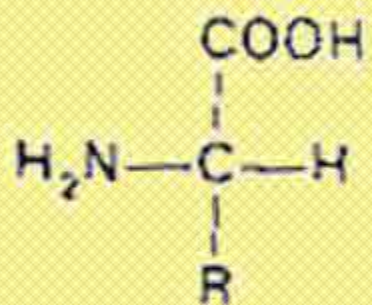
هیستیدین

گروه گوانیدینیوم

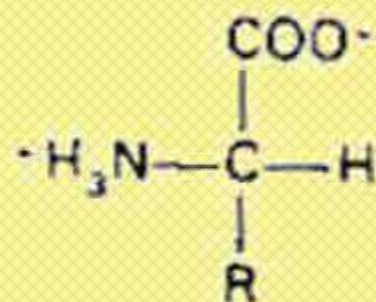


آرژنین

تیتراسیون اسیدهای آمینه

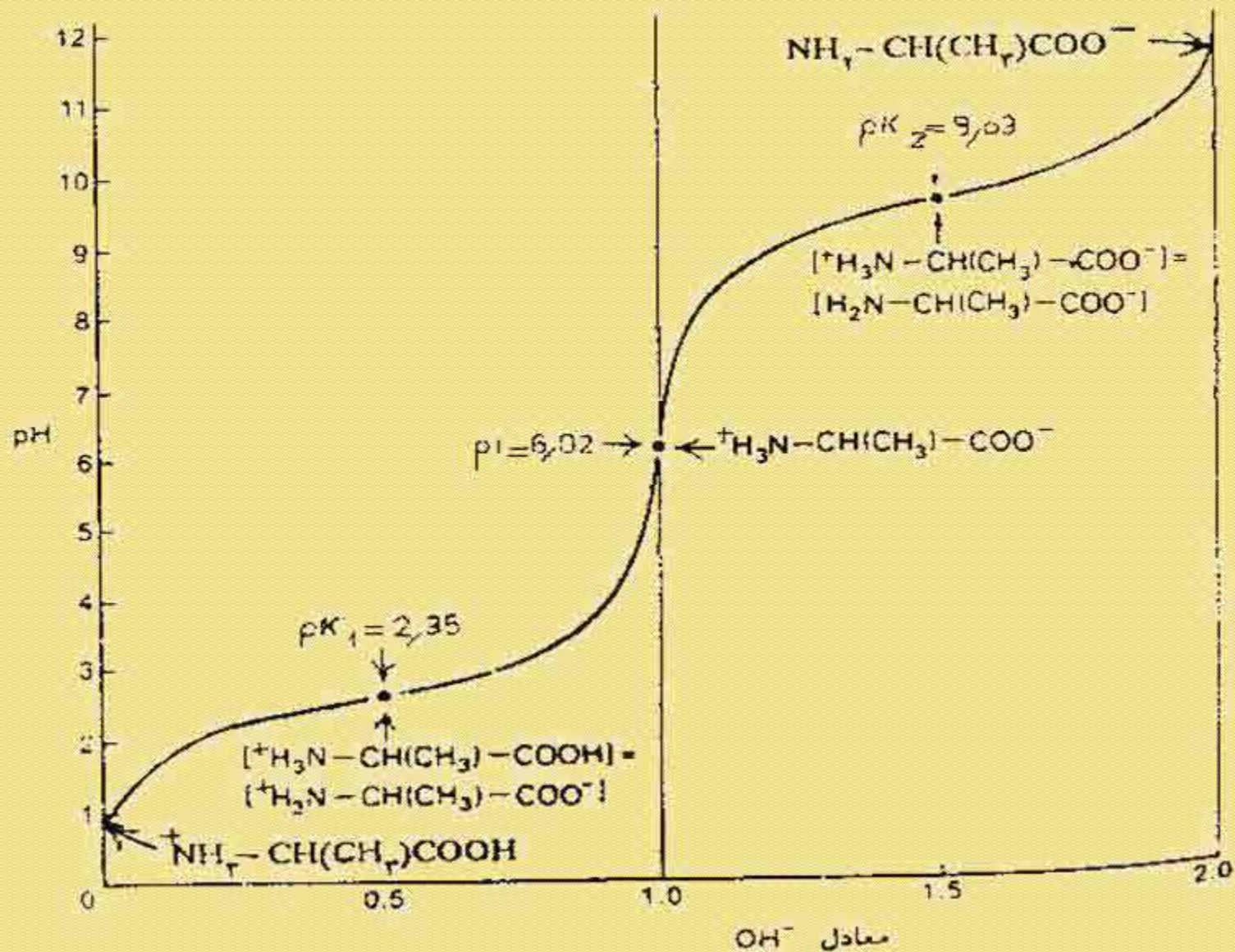


اسید آمینه



اسید آمینه در حالت آمفوتری

منحنى تيتراسيون L آلانين



نقطه ایزوالکتریک

$$pI = \frac{pK1 + pK2}{2}$$

ساختار پروتئین ها

- ساختار اول : پروتئین ها پلی مرهای خطی و غیر منشعب اند .
- ساختار دوم : مارپیچ آلفا ، صفحات بتا
- ساختار سوم : عامل ایجادی Pro ، عامل استحکام Cys
- ساختار چهارم : پروتئین های چند رشته ای

خود آزمایی

- اسیدهای آمینه Phe ، Met ، Ser ، Arg جز کدام یک از گروه های طبقه بندی هستند ؟

- تفاوت عمده بین مارپیچ آلفا و صفحات بتا را بنویسید .

- پپتیدی با ترکیب اسید آمینه زیر ، در دست است :

H₂N - Gly - Ala - Lys - Met - Thr - Leu - Glu - Pro - COOH

الف) گروه R هر یک را مشخص کنید و فرمول آن ها را بنویسید .

ب) بار پپتید را در $\text{pH} = 3$ مشخص کنید .

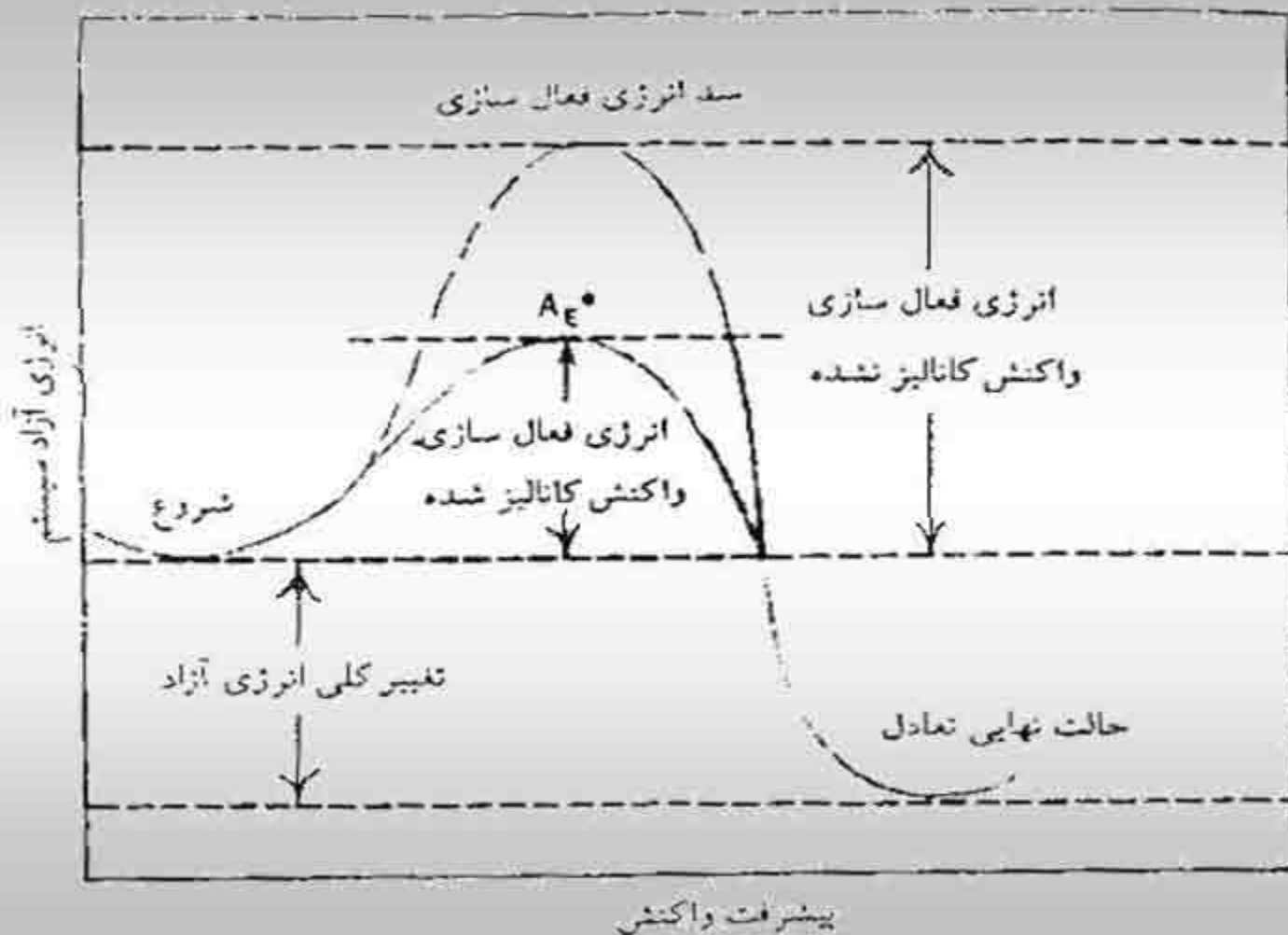
گفتار پنجم : آنزیم ها

هدف آموزشی کلی :

آشنایی با اهمیت و مکانیسم عمل آنزیم ها در سرعت بخشیدن به واکنش های زیستی

هدف های آموزشی جزیی :

- تعریف آنزیم ها ، نقش و اهمیت آن ها
- چگونگی و مکانیسم عمل آنزیم ها
- طبقه بندی آنزیم ها
- نقش آنزیم ها در فعالیت های کاتالیتیکی
- عوامل موثر بر فعالیت آنزیم
- ثابت میکائلیس و سرعت بیشینه
- انواع مهار کننده های آنزیمی و عمل بازدارندگی آن ها
- مشخصات آنزیم های الوستریگ و آیدویریم ها



طبقه بندی آنزیم ها

۱- اکسیدو ردوکتازها : مثل دهیدروژناز

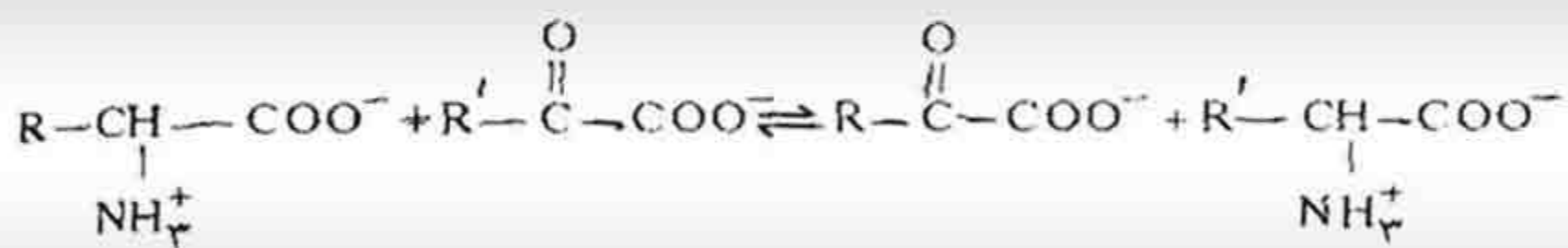
سوکسینات دهیدروناز



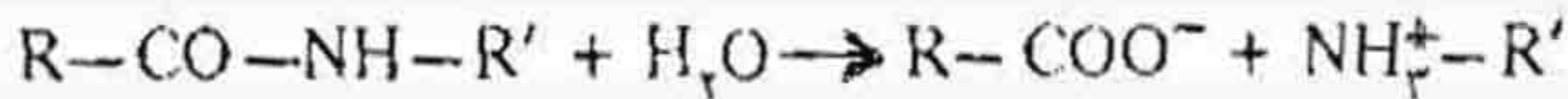
سوکسینات

فومارات

۲- ترانسفرازها : مانند آمینوترانسفراز



۳ - هیدرولازها : مانند پپتیدازها



۴- لیازها : مانند دکربوکسیلازها



۵- ایزومرازها : مانند راسه ماز



۶- لیگازها : مانند استیل کو آنزیم A سنتتاز



واکنش آنزیمی



مدل قفل و کلید



سوبسترا

مدل القایی



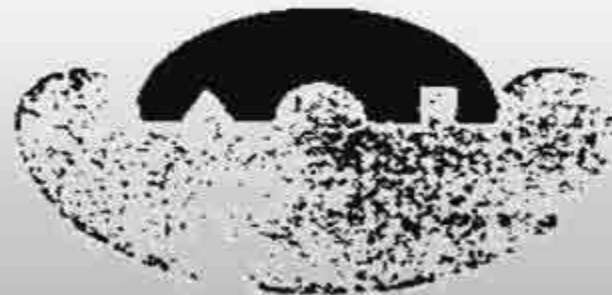
سوبسترا



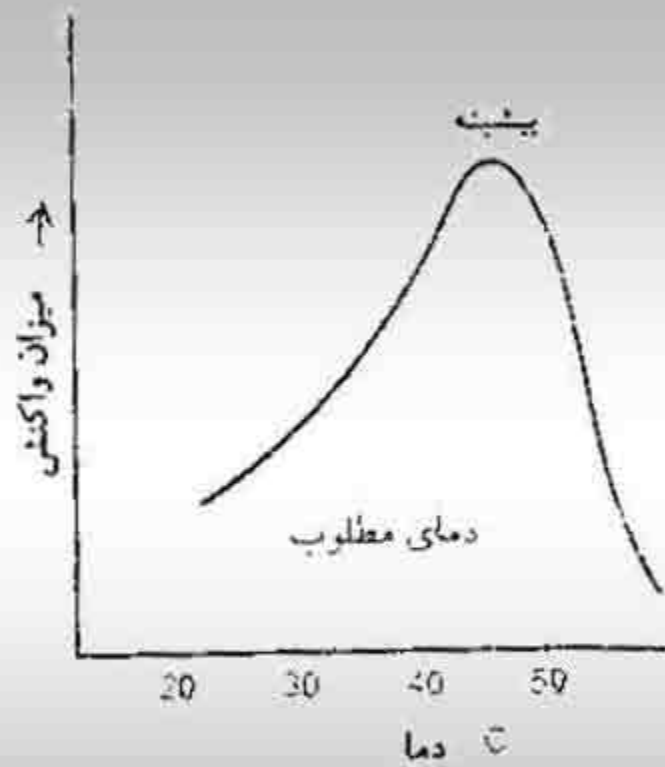
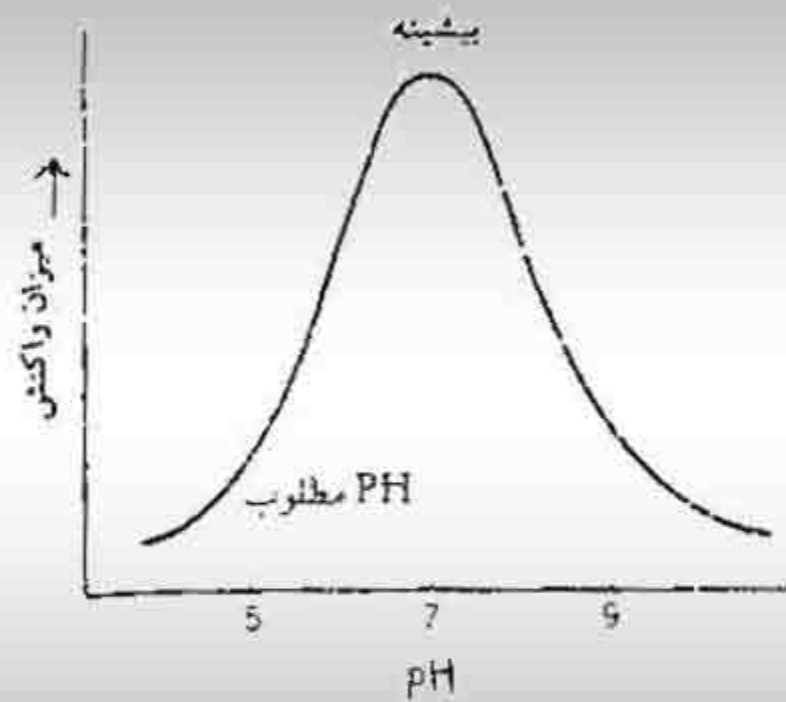
آنزیم



آنزیم

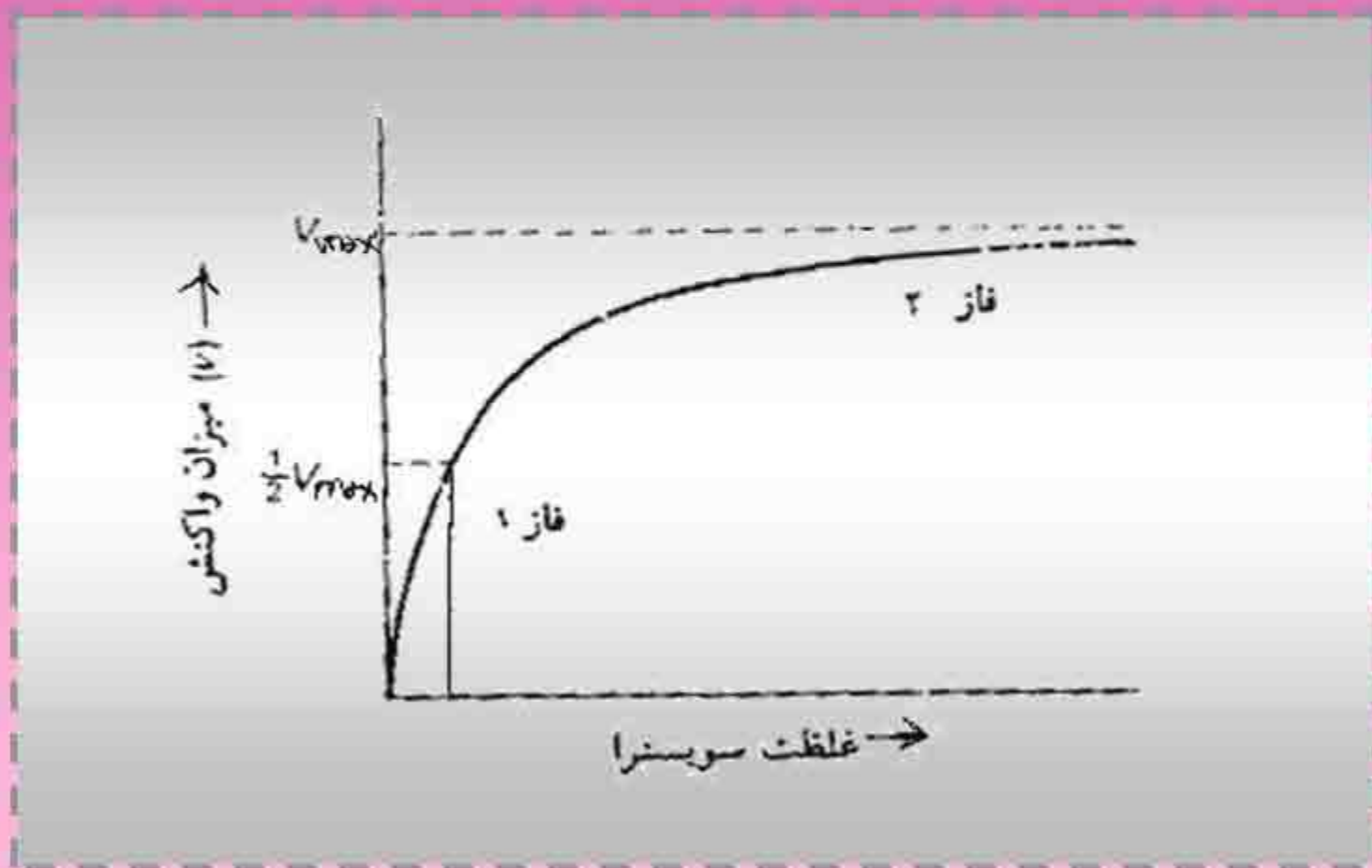


کمپلکس آنزیم - سوبسترا



اثر دما و pH بر روی فعالیت آنزیمی

اثر غلظت سوبسترا بر میزان واکنش آنزیمی با
فرض این که غلظت آنزیم ثابت است .



معادله میکائلیس - منتن

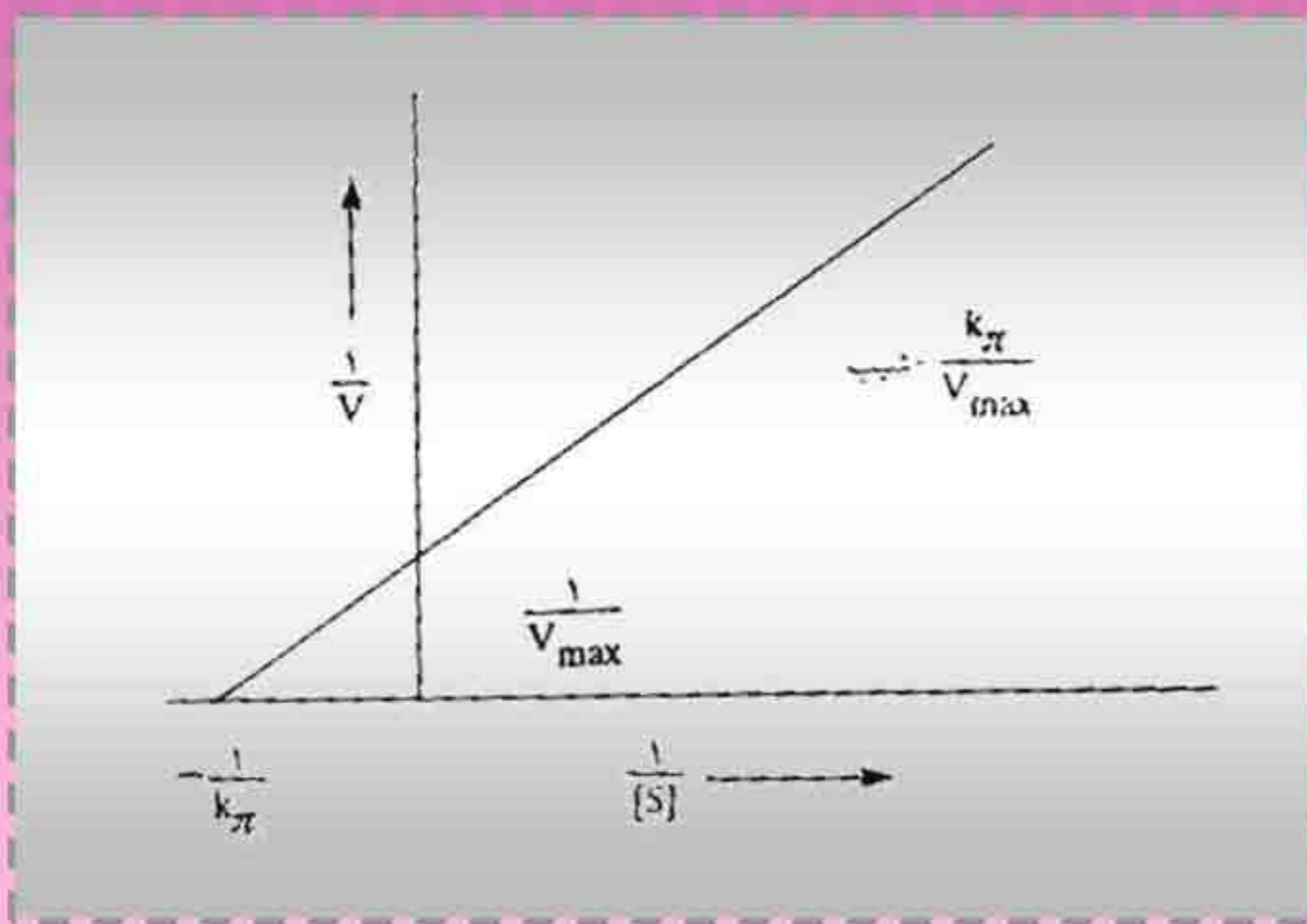
$$V = \frac{V_{\max} [s]}{K_M + [s]}$$

معادله لین ویور - برک

$$\frac{1}{V} = \frac{KM}{V_{max}} \times \frac{1}{[s]} + \frac{1}{V_{max}}$$

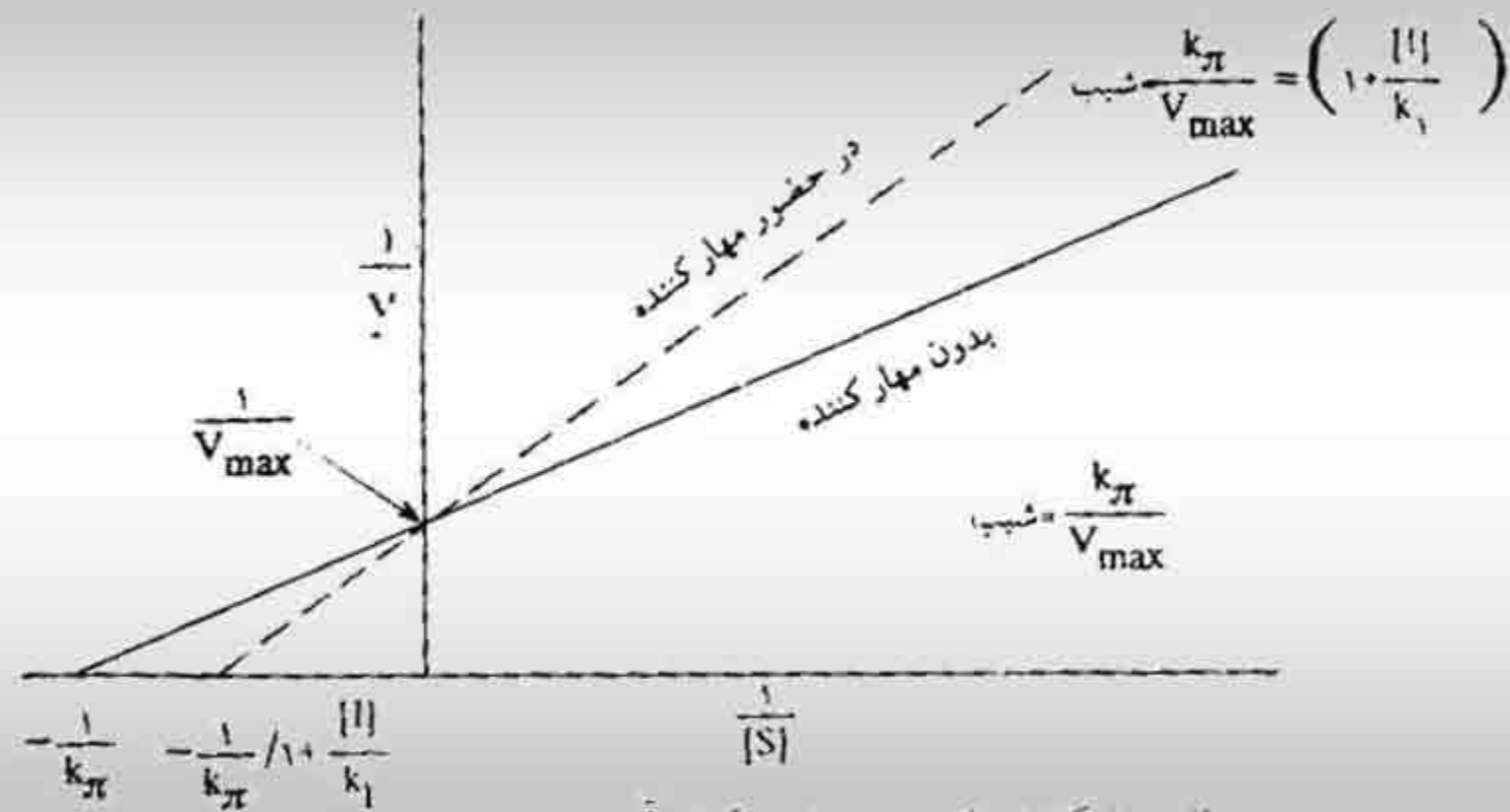
$$y = ax + b$$

منحنی لین ویور - برک



مهار کننده رقابتی

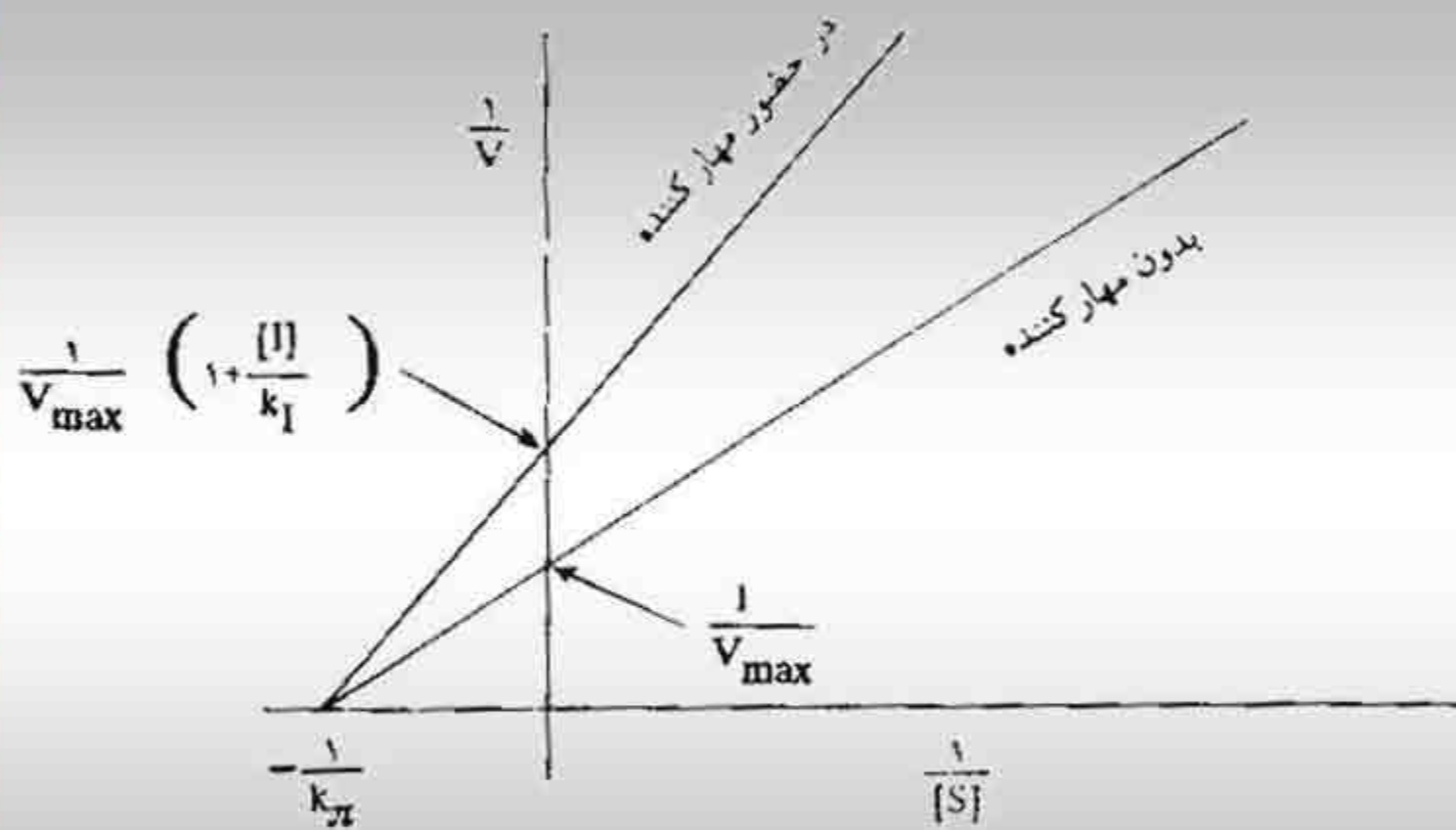




اثر مهار کننده رقابتی بر روی واکنش آنزیمی

مهار کننده غیر رقابتی





اثر مهار کننده غیر رقابتی بر روی واکنش آنزیمی

مهار کننده نارقابتی

متحصراً با مجموعه آنزیم - سوپستر ترکیب می شود . این مهار کننده ها در واکنش های دو سوپسترایی وارد می شوند .

آنزیم های آلوستریک و ایزوزیم ها

خود آزمایی

- آنزیم های لیگاز چه نوع واکنش هایی را کاتالیز می کنند ؟
- آنزوزیم چیست ؟
- مدل القایی در اتصال آنزیم به سوبسترا را توضیح دهید .
- آنزیم ها چه نوع ترکیباتی هستند ؟

گفتار ششم : اسیدهای نوکلئیک

هدف آموزشی کلی

آشنایی با ویژگی های ساختاری و عملکردی اسیدهای نوکلئیک و اهمیت آن ها از نظر ماده ژنتیکی یاخته

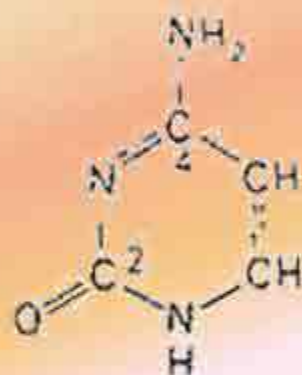
هدف های آموزشی جزئی

تعریف اسیدهای نوکلئیک و انواع آن ها
مشخصات ساختاری بازهای آلی نیتروژن دار و قندهای پنج کربنه
روش های کوتاه نویسی مولکول اسیدهای نوکلئیک
ساختار اول ، دوم و سوم اسیدهای نوکلئیک
ساختارهای مختلف DNA ، RNA
ساختار انواع نوکلئوپروتئین ها

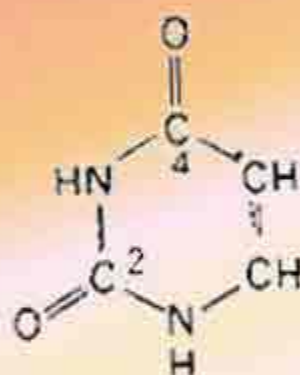
اجزای ترکیب شیمیایی اسیدهای نوکلئیک

فسفات + باز + قند → فسفات + نوکلئوزید → نوکلئوتید → اسید نوکلئیک

بازهای پیریمیدین



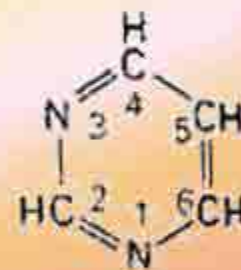
سینتوزین



اوراسیل

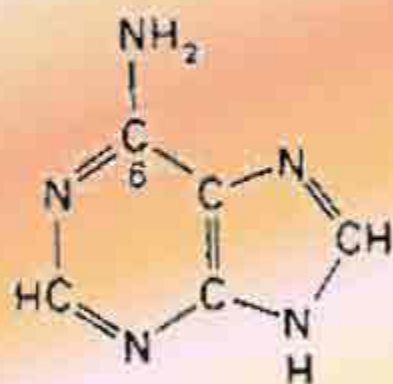


تیمین

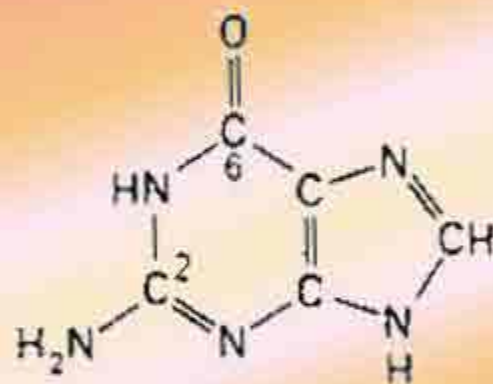


پریمیدین

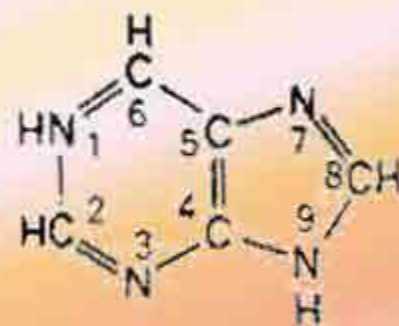
بازهای پورین



آدنین

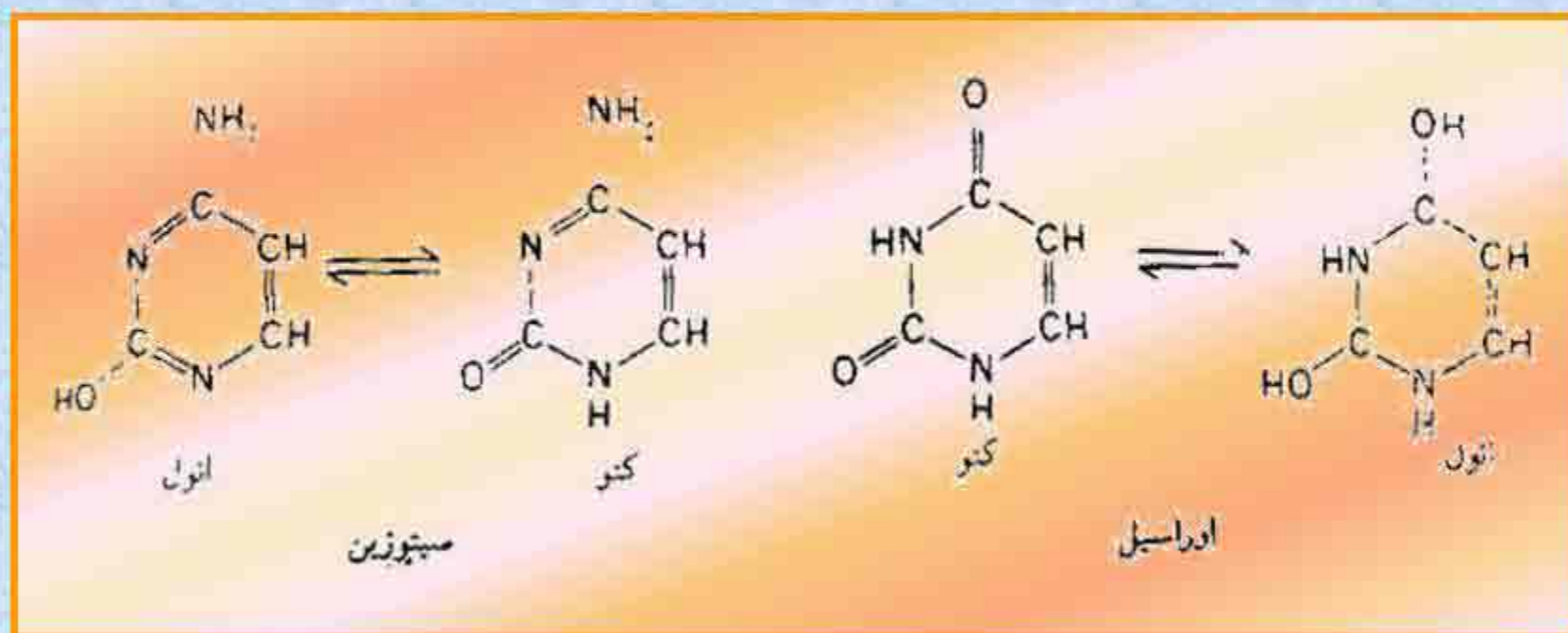


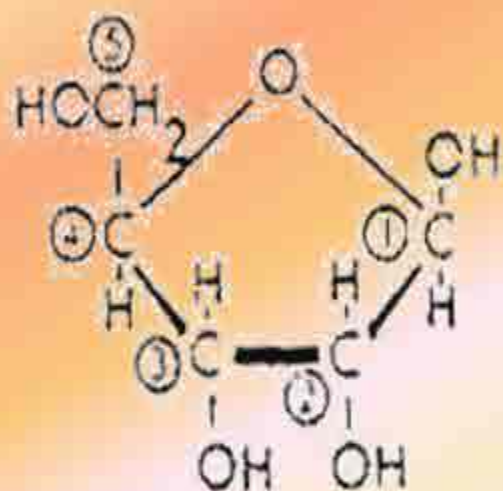
گوانین



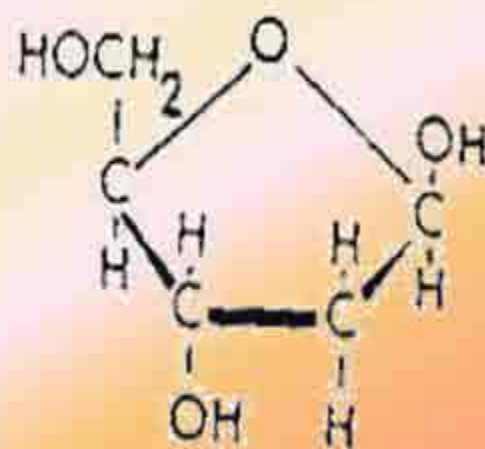
اورین

توتومر بازهای سیتوزین و اوراسیل

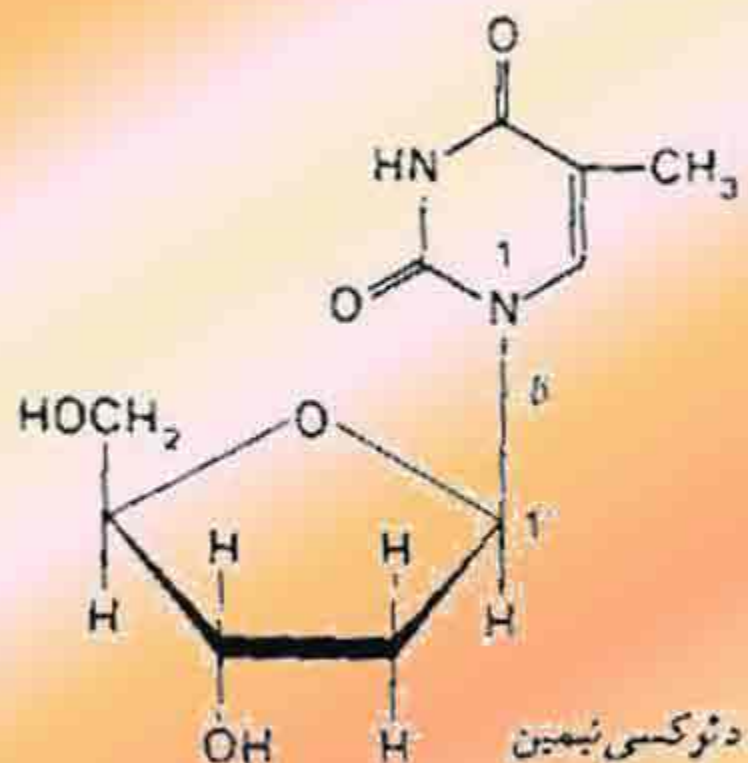
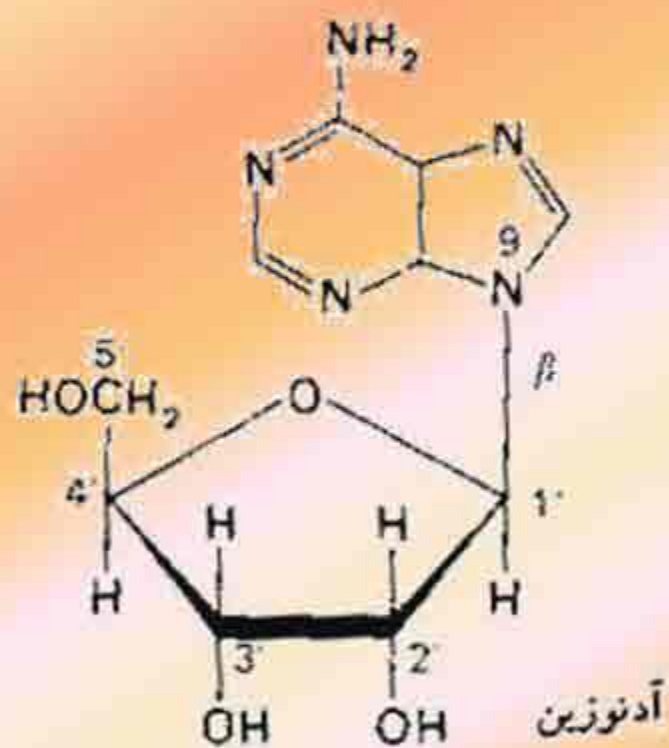




بنا - D - ریبوفورانوز

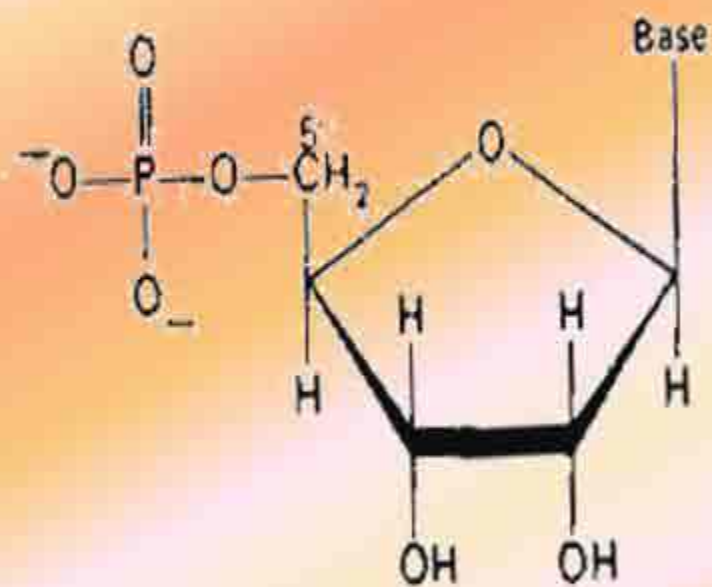


بنا - D - ۲ - دئوکسی ریبوفورانوز

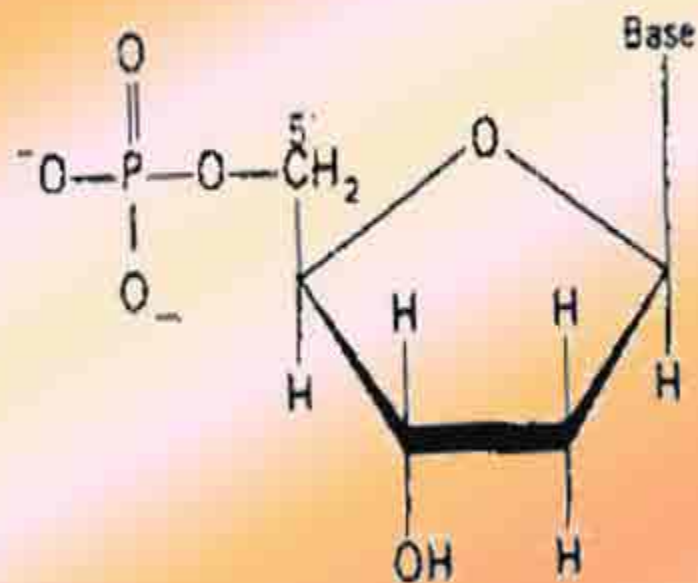


نوکلئوزیدهای اصلی

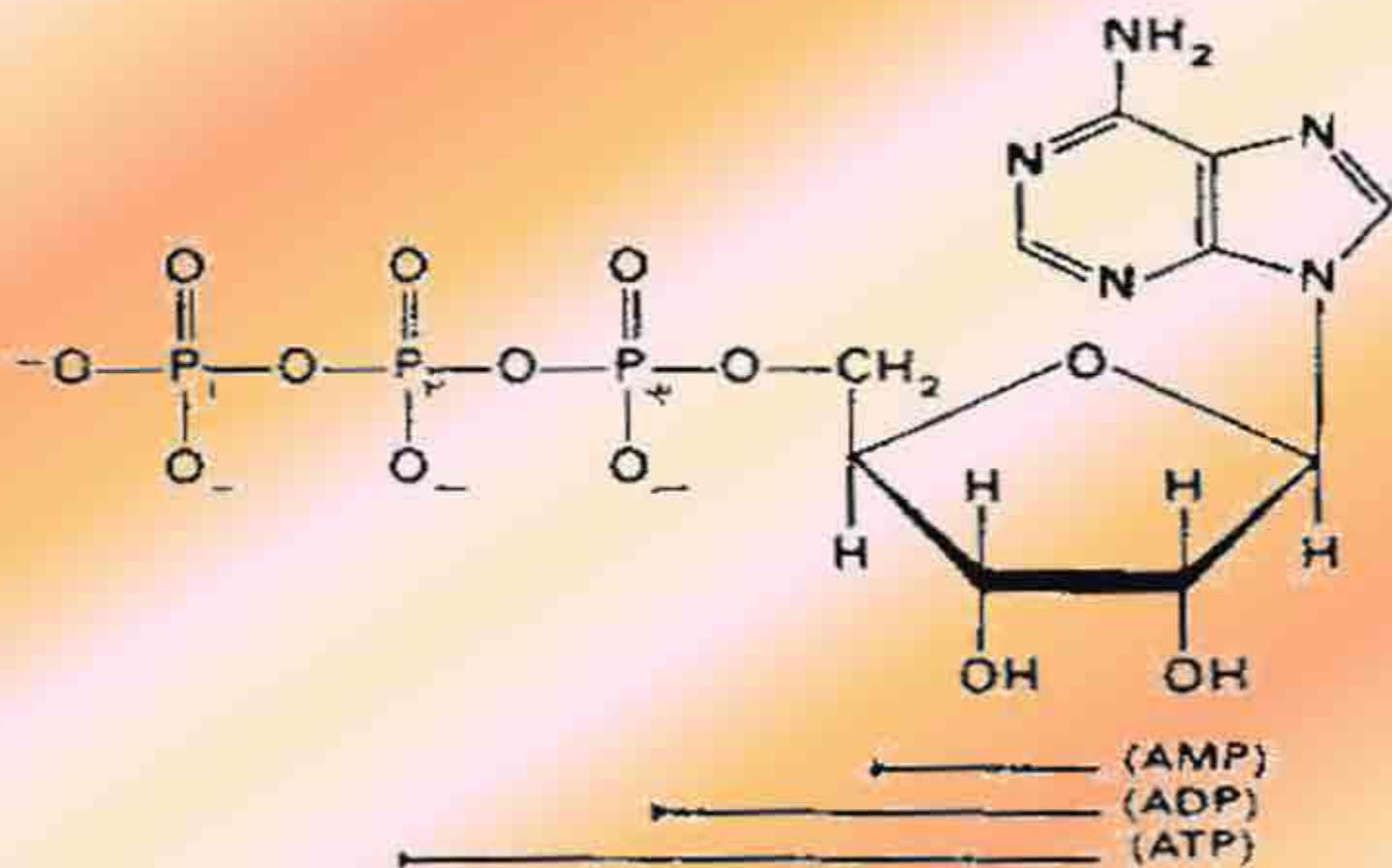
نوکلئوزید	باز
آدنوزین	آدنین
گوانوزین	گوانین
سیتیدین	سیتوزین
اوریدین	اوراسیل
تیمیدین	تیمین

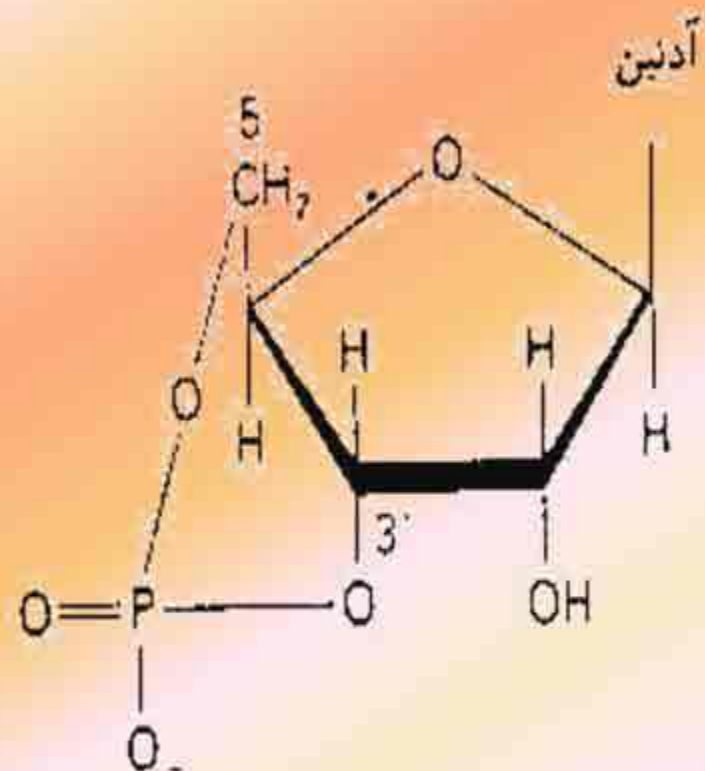


ریبونوکلئوزید - ۵' - فسفات

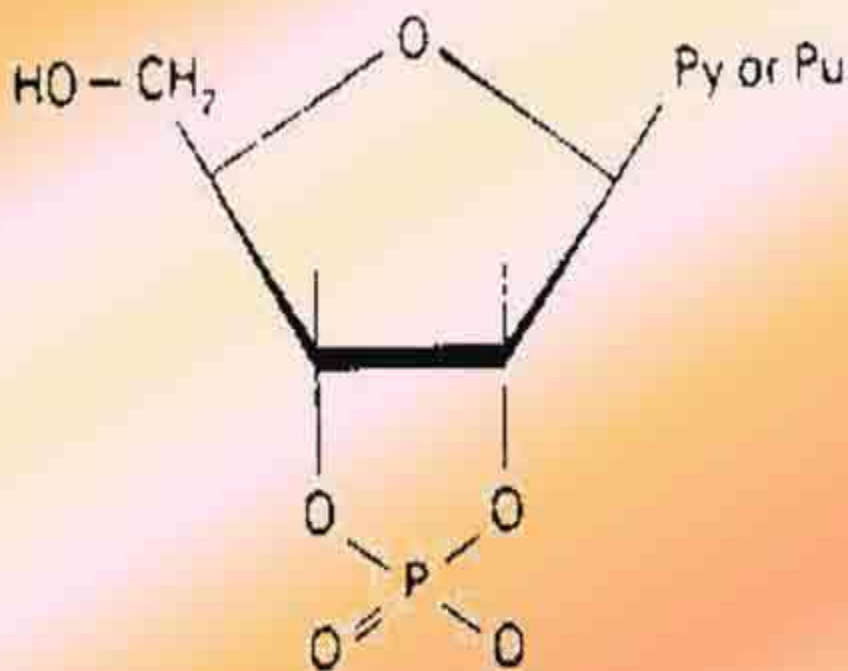


دئوکسی مونونوکلئوزید - ۵' - فسفات





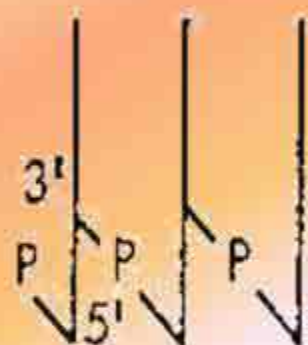
آدنوزین - ۳' - ۵' - مونوفسفات (AMP)



نوکلئوزید - ۲' - ۳' - سیکلیک، مونوفسفات

ترکیبات حلقوی نوکلئوئیدها

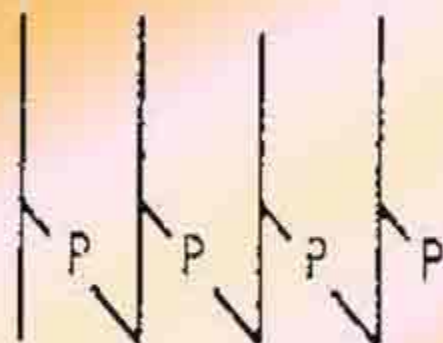
آدنین
اوراسیل
گوانین



pApUpG

pA-U-G

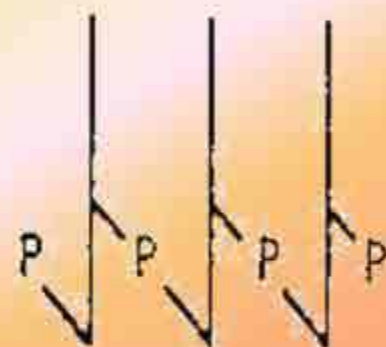
گوانین
سینتوزین
اوراسیل
آدنین



GpCpUpAp

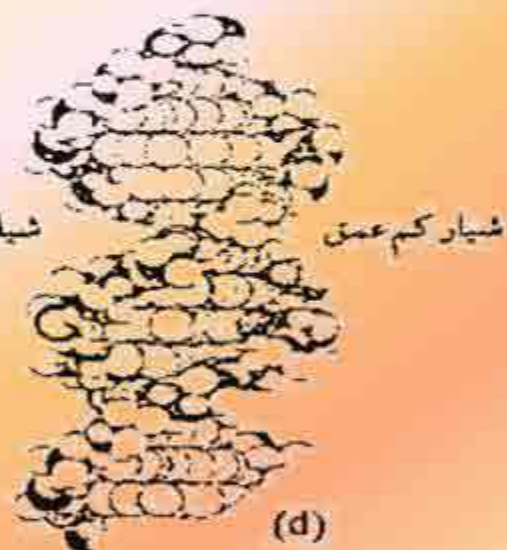
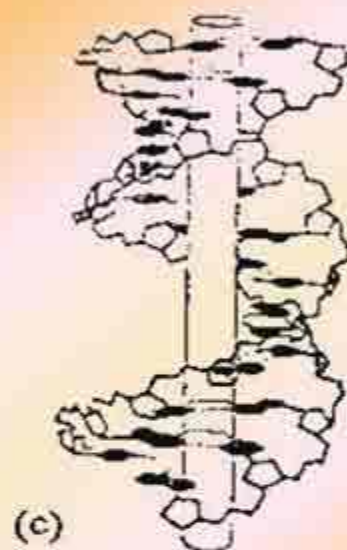
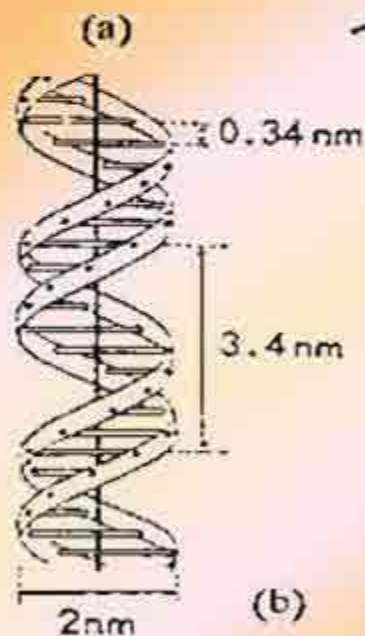
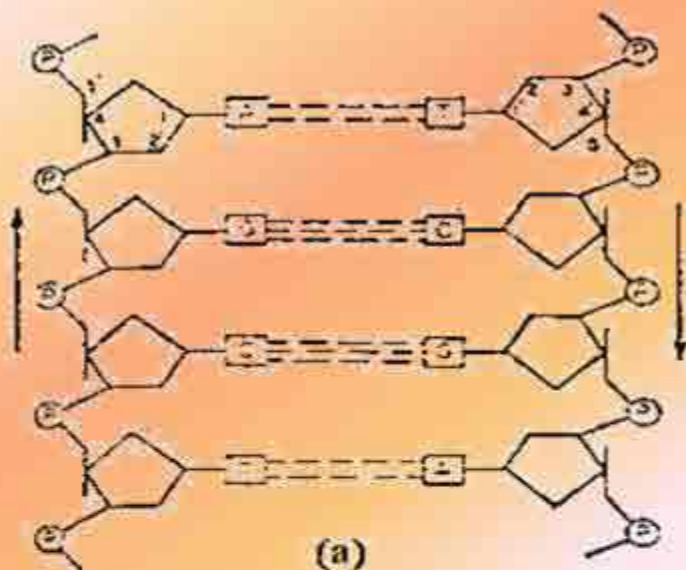
G-C-U-Ap

آدنین
گوانین
سینتوزین



pApGpCp

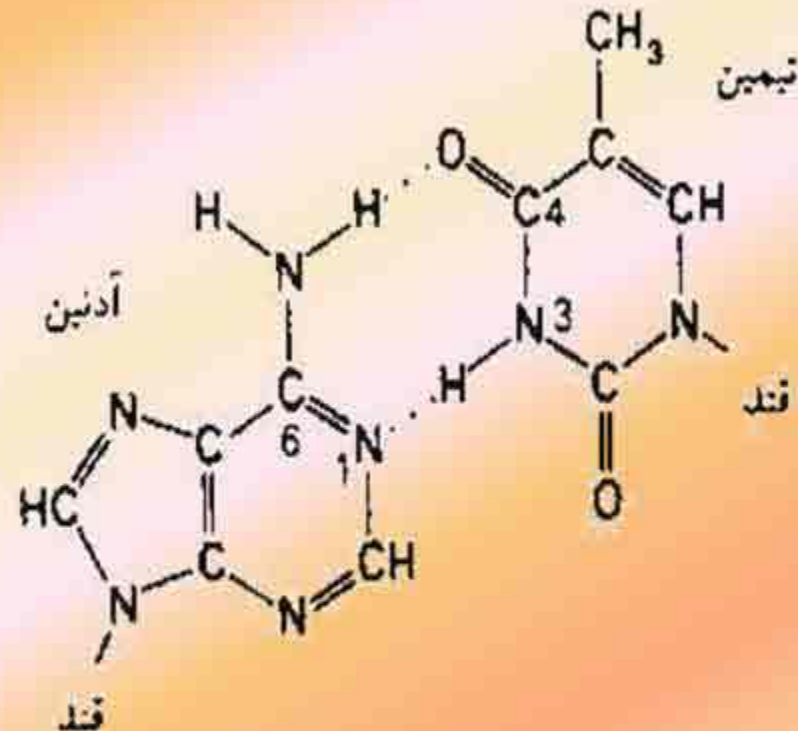
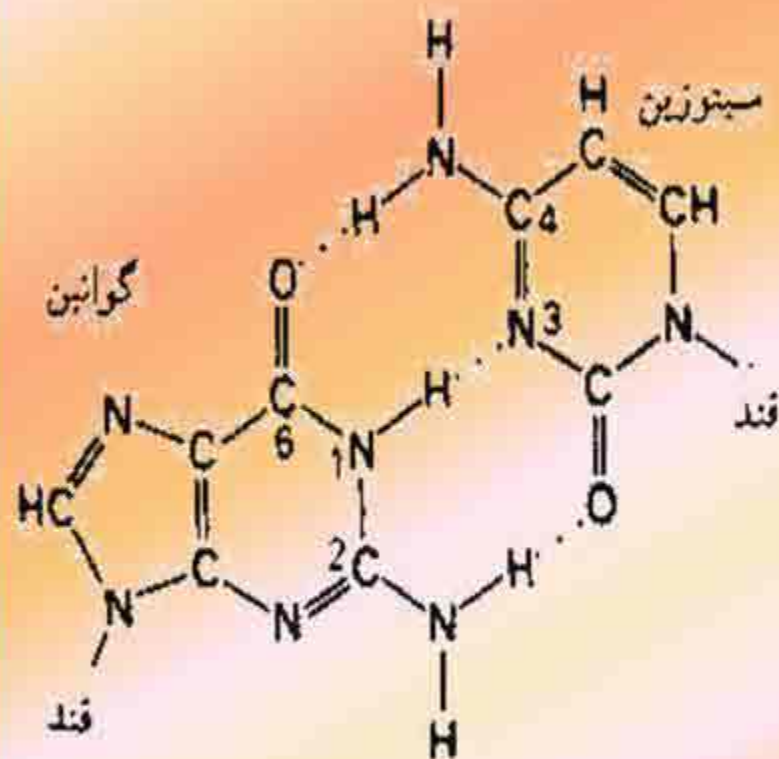
pA-G-Cp



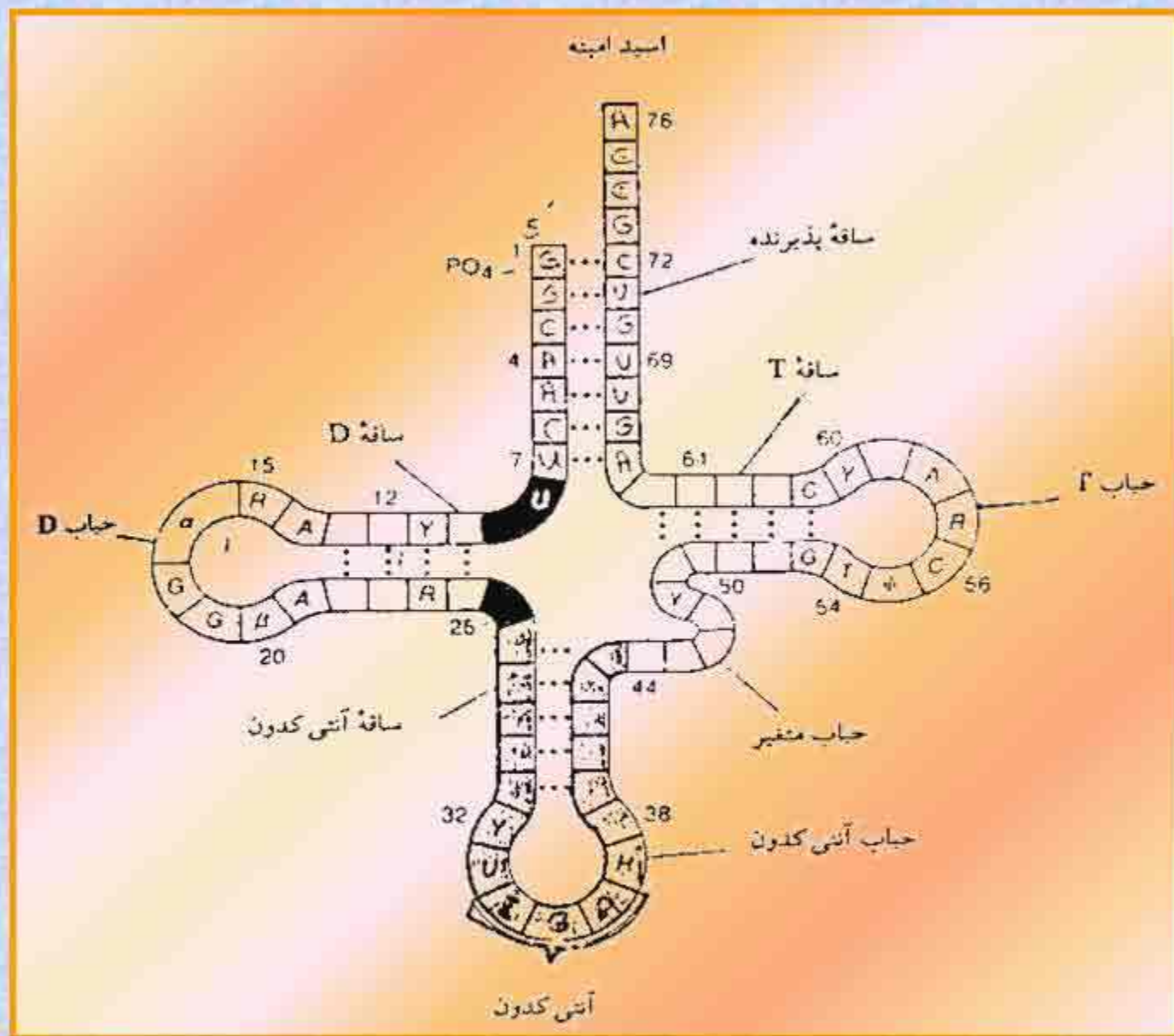
طور تشکیل دو رشته DNA

ماریچ دو رشته‌ای مدل واتسون - کریک (a)

و اشکال مختلف مدل آنها (b, c, d)



نحوه ایجاد پیوند هیدروژنی بین بازهای A-T , G-C



ساختار برگ شبدری tRNA

خود آزمایی

- ساختار A - T- C را در فرمول گسترده مشخص کنید .
- برای ساختار دوم tRNA چه مدلی پیشنهاد می کنید .
- چرا در ساختار DNA ، اتصالات C – T و G – A دیده نمی شود ؟
- پنج خصوصیت مهم ساختار دوم DNA را بنویسید .
- کروماتین را تعریف کنید .

گفتار هفتم : ویتامین ها و کو آنزیم ها

هدف آموزشی کلی

آشنایی با ویژگی های ساختاری و عملکردی ویتامین ها و کوآنزیم ها و اهمیت آن ها در رشد و نمو و واکنش های زیستی

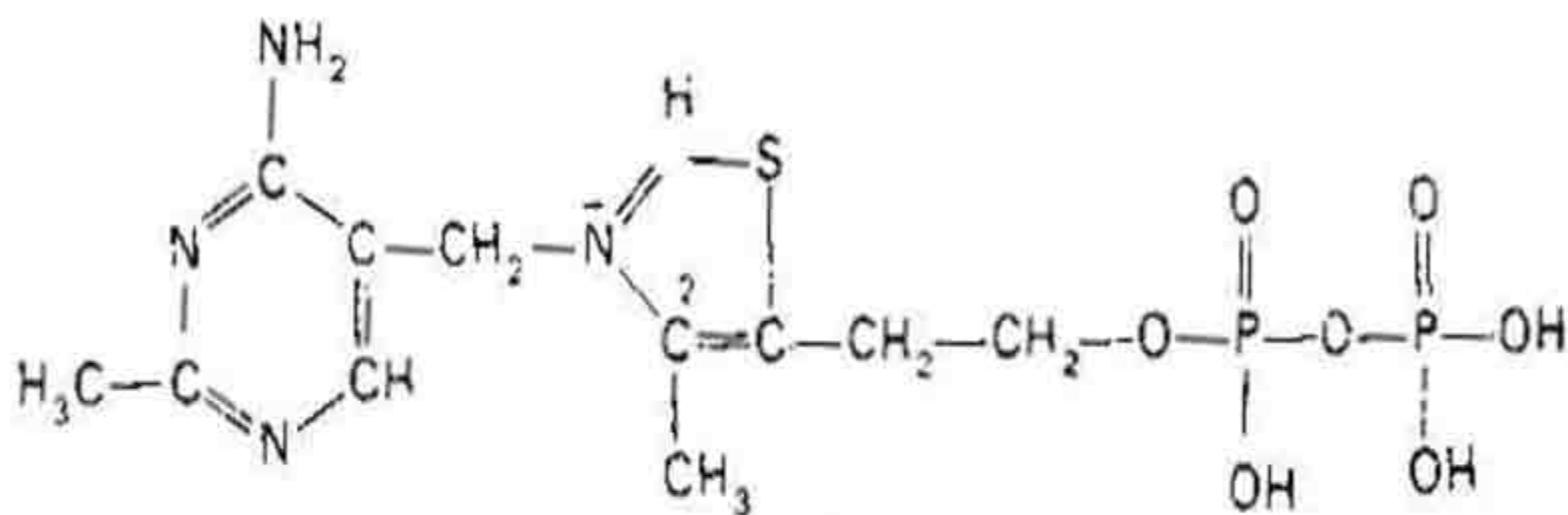
هدف های آموزشی جزئی

- تعریف ویتامین ها و تقسیم بندی آن ها
- مشخصات ویتامین B1
- ساختار ، نوع کوآنزیمی و فعالیت ویتامین B2
- مشخصات ویتامین نیکوتین آمید
- انواع مختلف ویتامین های B6 و شکل کوآنزیمی آن ها
- شکل کوآنزیمی و نوع فعالیت بیوتین
- ساختار اسید فولیک و شکل کوآنزیمی آن
- ساختار ویتامین B12 ، شکل کوآنزیمی و عمل آن
- ساختار اسید لیپوئیک و شکل کوآنزیمی آن
- ساختار و کاربرد ویتامین های محلول در چربی

طبقه بندی ویتامین ها

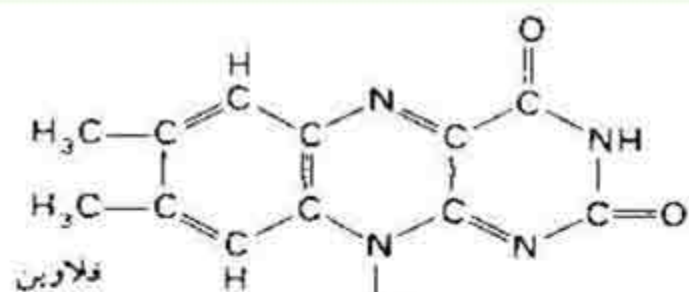
محلول در آب : ویتامین های گروه B

محلول در چربی : A ، D ، E ، K

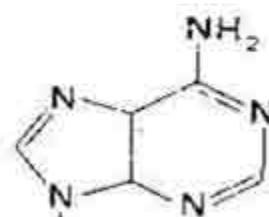
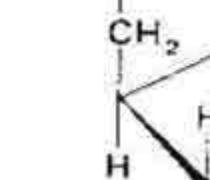
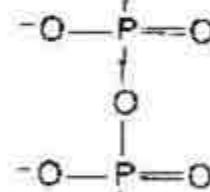
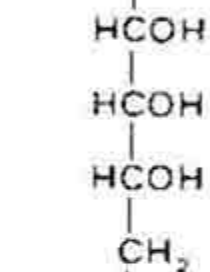


شکل ویتامینی ویتامین B₁ (تیامین)

تیامین پیرو فسفات - شکل کو آنزیمی



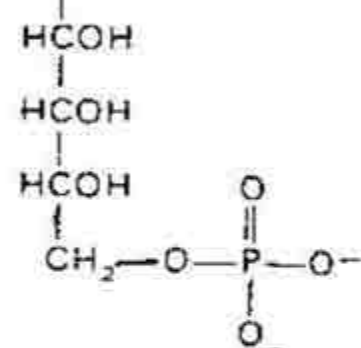
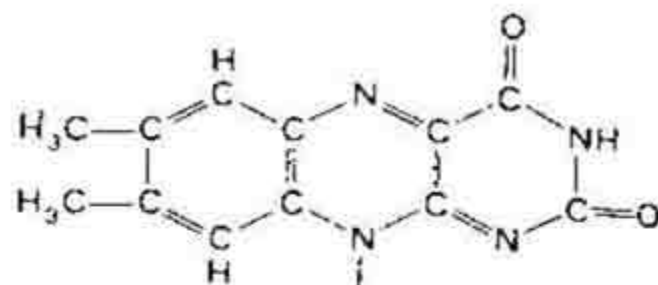
ریبیتول



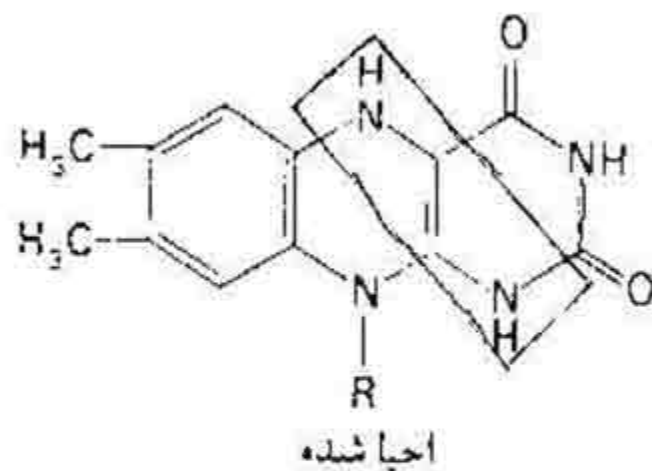
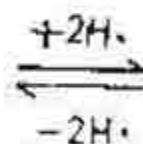
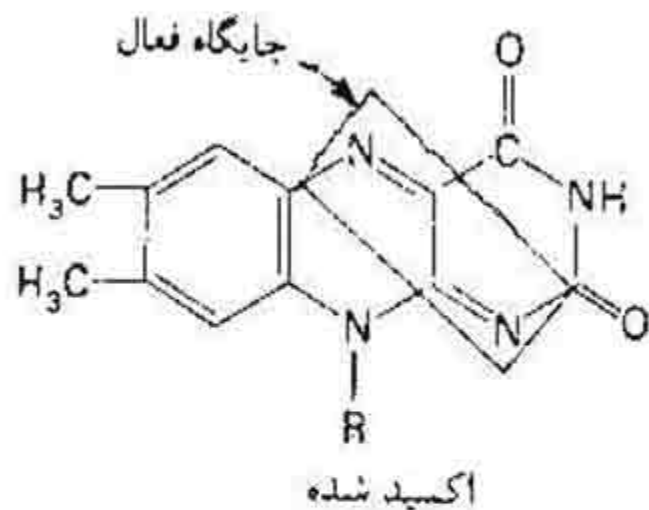
فلاوین آدنین دی نوکلئوتید (FAD)

ساختار ریبوفلاوین و اشکال کو آنزیمی آن

شکل ویتامینی ویتامین B₂ ریبوفلاوین



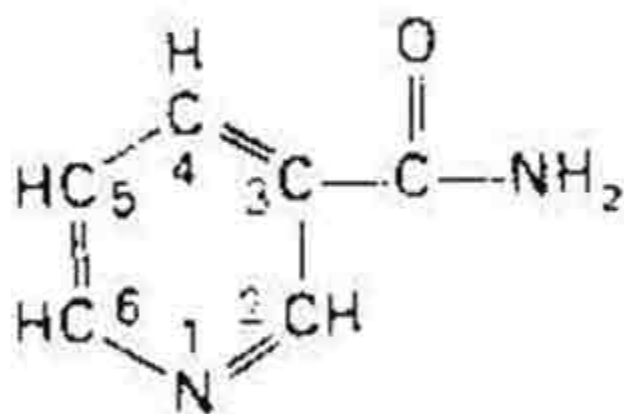
فلاوین مونوفسفات



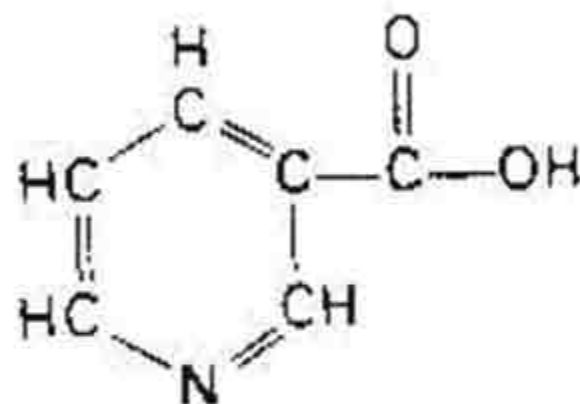
شکل اکسید و احیا FMN , FAD (R باقیمانده ساختار

FMN یا FAD را نشان می دهد)

ساختار ویتامینی نیکوتین آمید

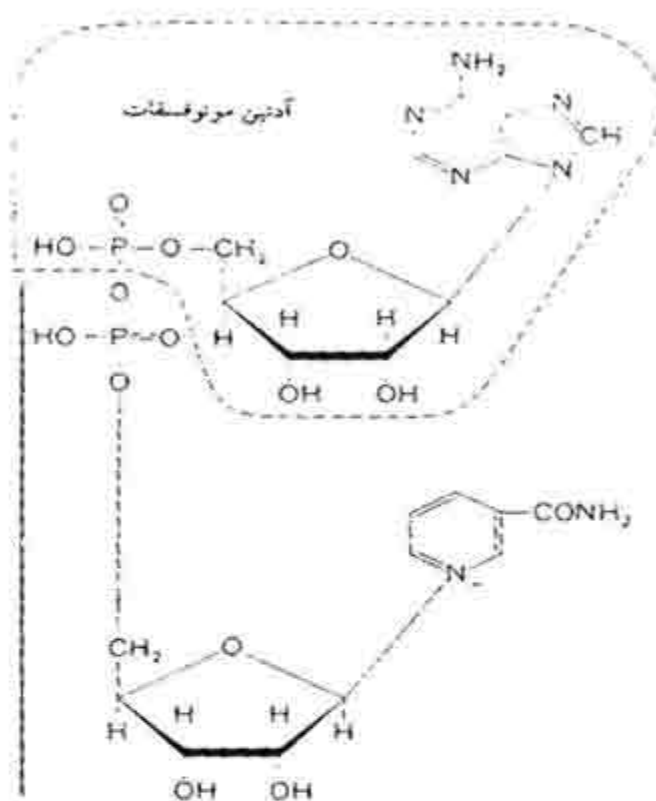


نیکوتین آمید

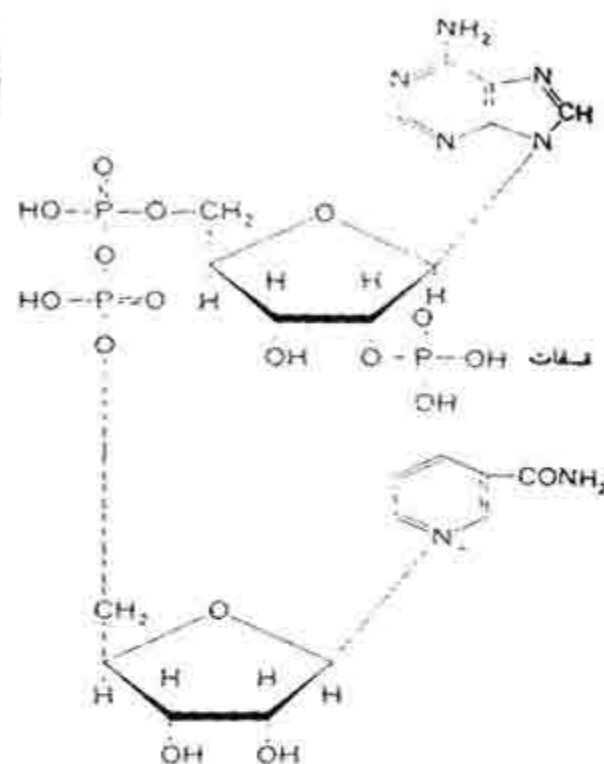


اسید نیکونینیک

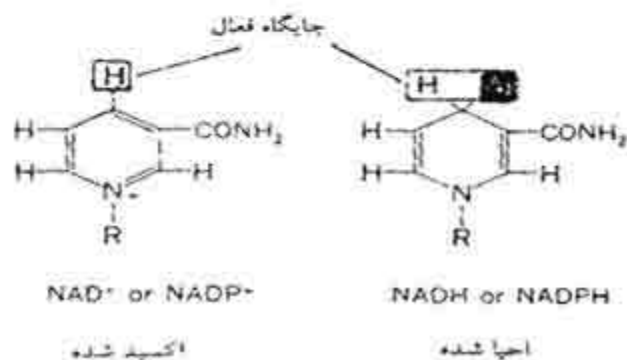
اشکال کوآنزیمی و دو حالت اکسید و احیای نیکوتین آمید



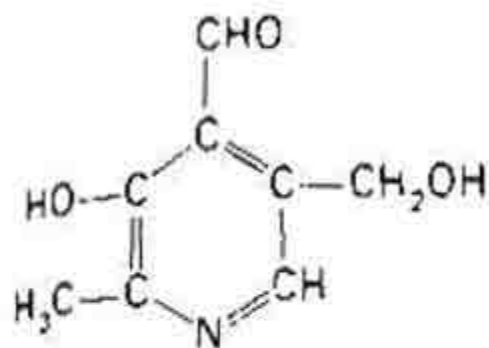
نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید (NAD)



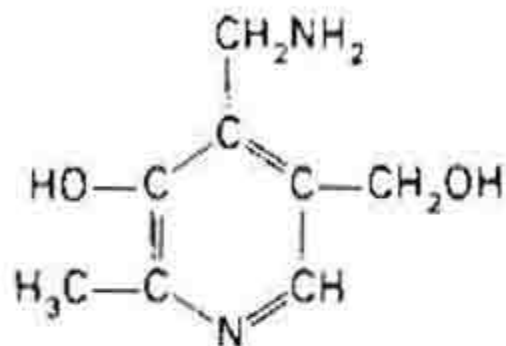
نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید فسفات (NADP)



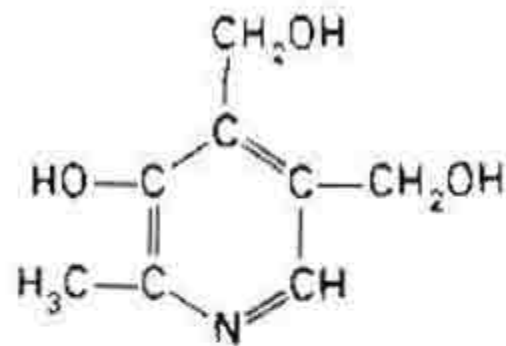
اشکال ویتامینی و کوآنزیمی ویتامین B6



پیریدوکسال

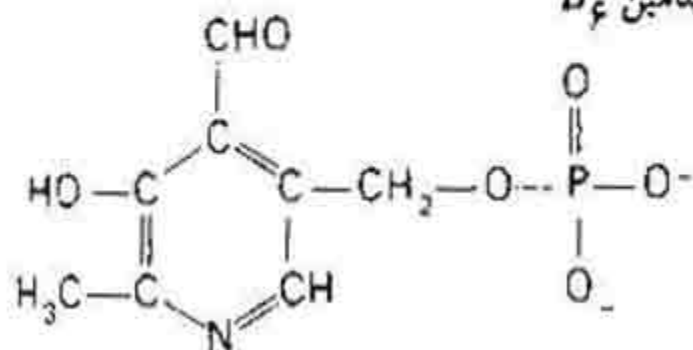


پیریدوکسامین

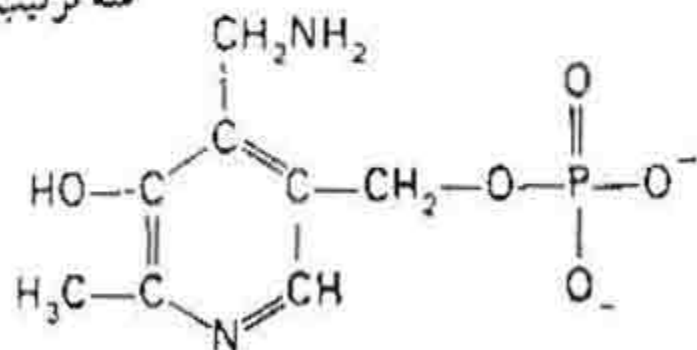


پیریدوکسین

سه ترکیب اصلی ویتامین B₆

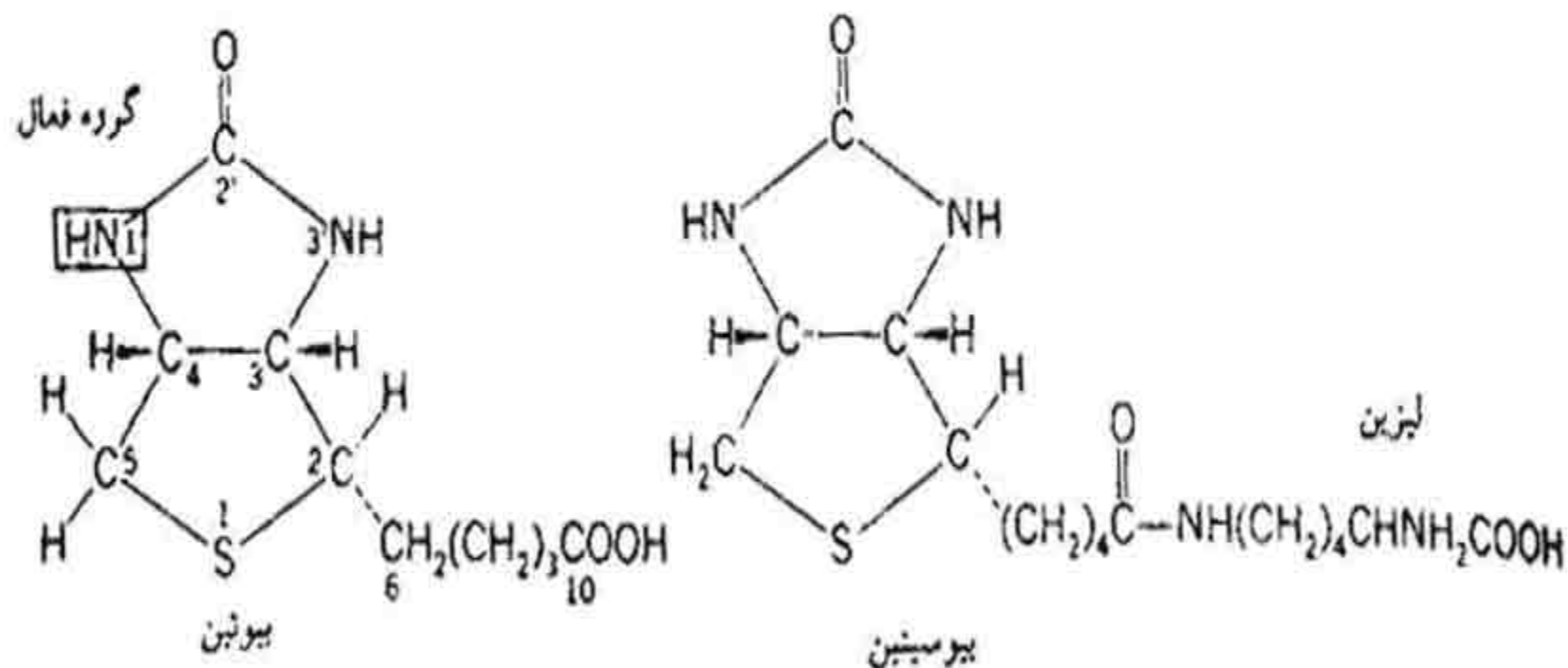


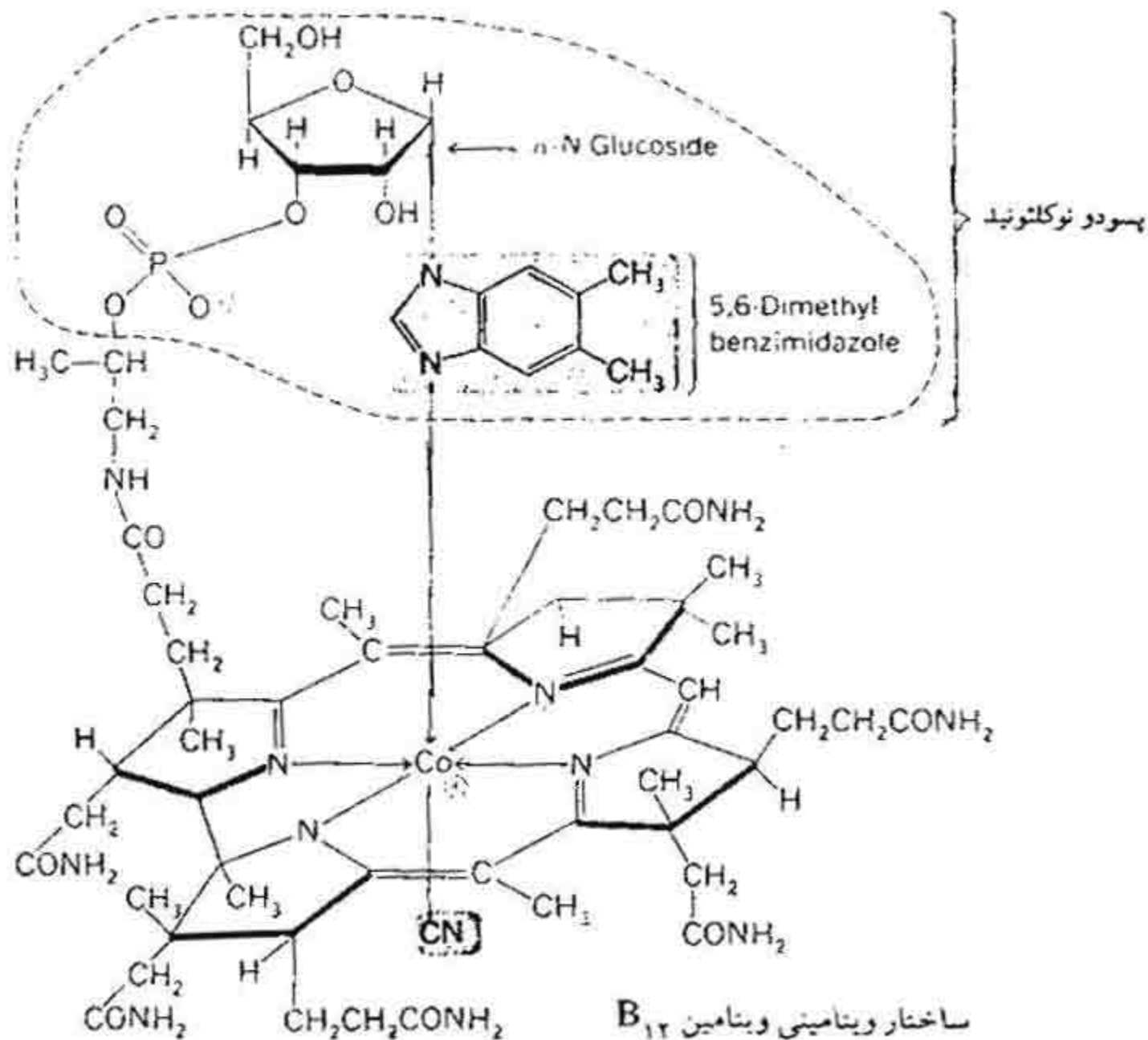
پیریدوکسال - فسفات



پیریدوکسامین فسفات

شکل ویتامینی و کوآنزیمی بیوتین





ویتامین A

- از ترکیبات ایزوپرنی به نام کاروتنوئید به دست می آید .
- رتینول که کمبود آن در بینایی چشم اثر می گذارد و در مواقع حاد موجب کوری می شود .
- در فرایند بینایی ، رتینال با آپسین ترکیب شده و رودوپسین را می سازد که به این طریق چرخه بینایی را تشکیل می دهد .

ویتامین D

ساختار استروئیدی دارد . فقدان آن موجب رشد غیر طبیعی استخوان ها و ایجاد بیماری راشیتیزم در کودکان می شود . کمبود این ویتامین موجب اختلال در متابولیسم کلسیم و فسفر در بدن می شود و در پی آن میزان تشکیل استخوان کاهش می یابد .

ویتامین E

نخستین بار از دانه گندم جدا شد و توکوفرول نام گرفت . کمبود آن عوارض متعددی دارد که از جمله آن ها اثر در فعالیت جنسی و کم خونی است . این ویتامین اثر ضد اکسید کنندگی دارد و از اکسید شدن خود بخودی اسیدهای چرب اشباع نشده در مجاورت اکسیژن جلوگیری می کند .

ویتامین K

نقش بیوشیمیایی این ویتامین در مکانیسم لخته شدن خون است به طوری که در تشکیل پروترومبین در خون لازم است . این پروتئین پیش ساز ترومبین است که فیبرینوژن خون را به رشته های فیبرین تبدیل می کند . فیبرین پروتئینی است که خون را به حالت لخته در می آورد .

خود آزمایی

- شکل کوآنزیمی ویتامین B1 را بنویسید .
- ترانس آمینازها معمولاً با کدام یک از کوآنزیم ها فعالیت دارند ؟
- کوآنزیم ریبوفلاوین چه نام دارد و نقش آن چیست؟
- شکل فعال ویتامین B12 را از نظر کوآنزیمی بنویسید .
- ویتامین های D و K در بدن چه نقشی دارند ؟

گفتار هشتم : اصول بیو انرژی

هدف آموزشی کلی

آشنایی با منبع انرژی مورد استفاده در انجام فرایندهای
متابولیسمی یاخته

هدف های آموزشی جزئی

بیو انرژیک را تعریف کنید .

اشکال مختلف انرژی

مفهوم تغییر در انرژی آزاد ، واکنش های انرژی زا و انرژی خواه
چگونگی شکسته شدن ATP به ADP و ATP به AMP و میزان
انرژی حاصل سایر ترکیبات پرانرژی و مشخصات آن ها

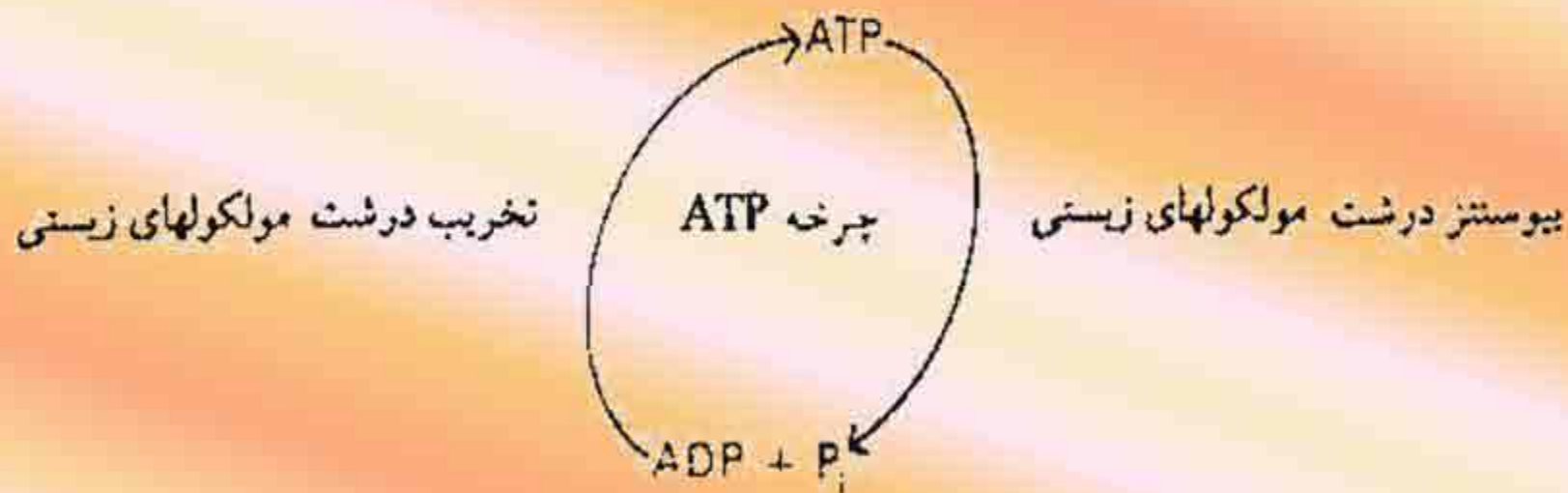
انرژی آزاد

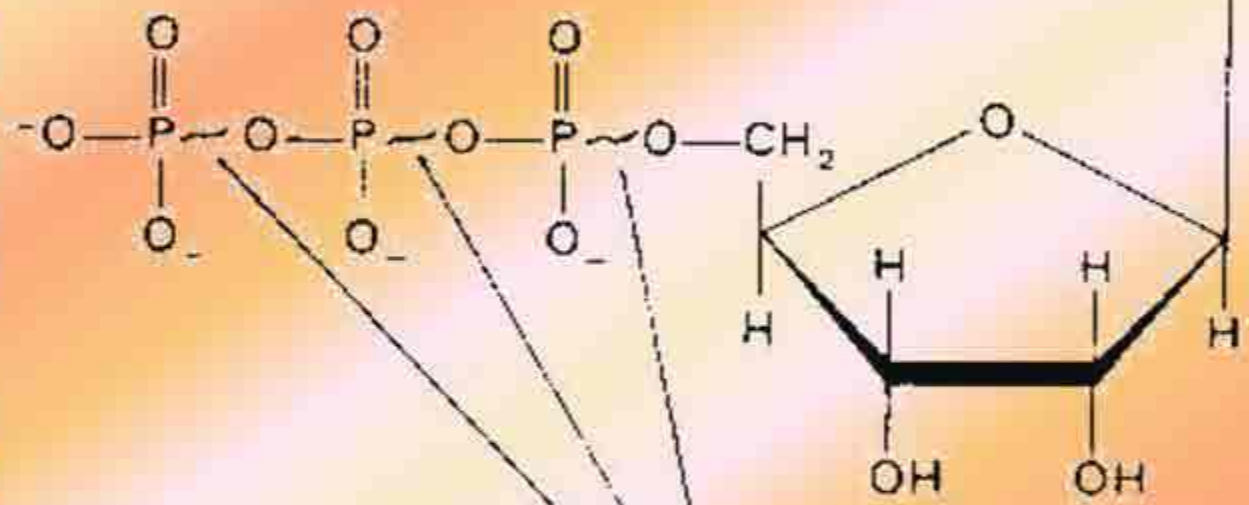
انرژی درونی که در ساختار مولکولی ترکیبات وجود دارد .

$$A \rightleftharpoons B$$

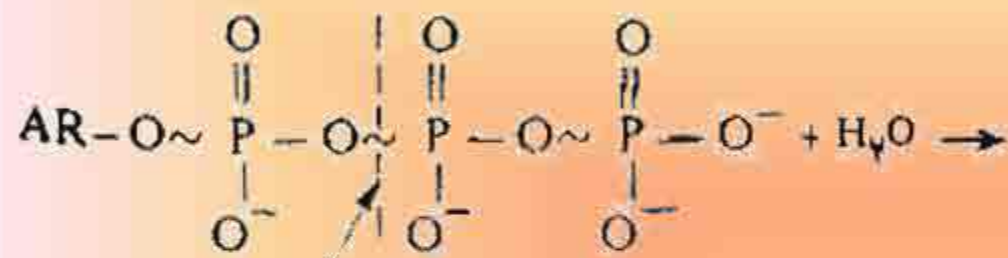
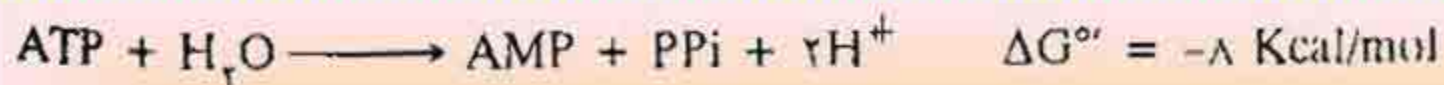
$GB > GA$ واکنش انرژی خواه
 $GB < GA$ واکنش انرژی زاء

اصول بیوانرژی

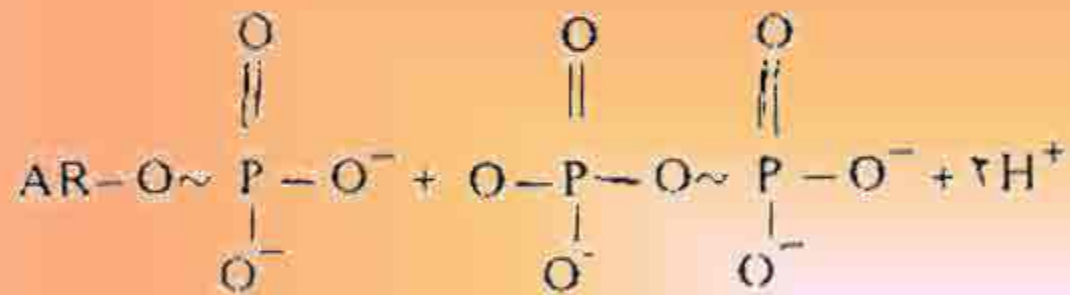




پیوندهای پرانرژی



محل شکستن



آدنوزین مونوفوسفات

پیروفوسفات

خود آزمایی

بیوانرژیک را تعریف کنید .

چرا ATP منبع انرژی محسوب می شود ؟

چرا انرژی حاصل از شکسته شدن AMP کمتر از ATP است ؟

از ترکیبات پرانرژی دو مثال ذکر کنید .

گفتار نهم : متابولیسم کربوهیدرات ها

هدف آموزشی کلی

آشنایی با خصوصیات کلی متابولیسم و همچنین متابولیسم کربوهیدرات ها طی فرایندهای گلیکولیز و پنتوزفسفات و گلیکونئوژنز

هدف های آموزشی جزئی

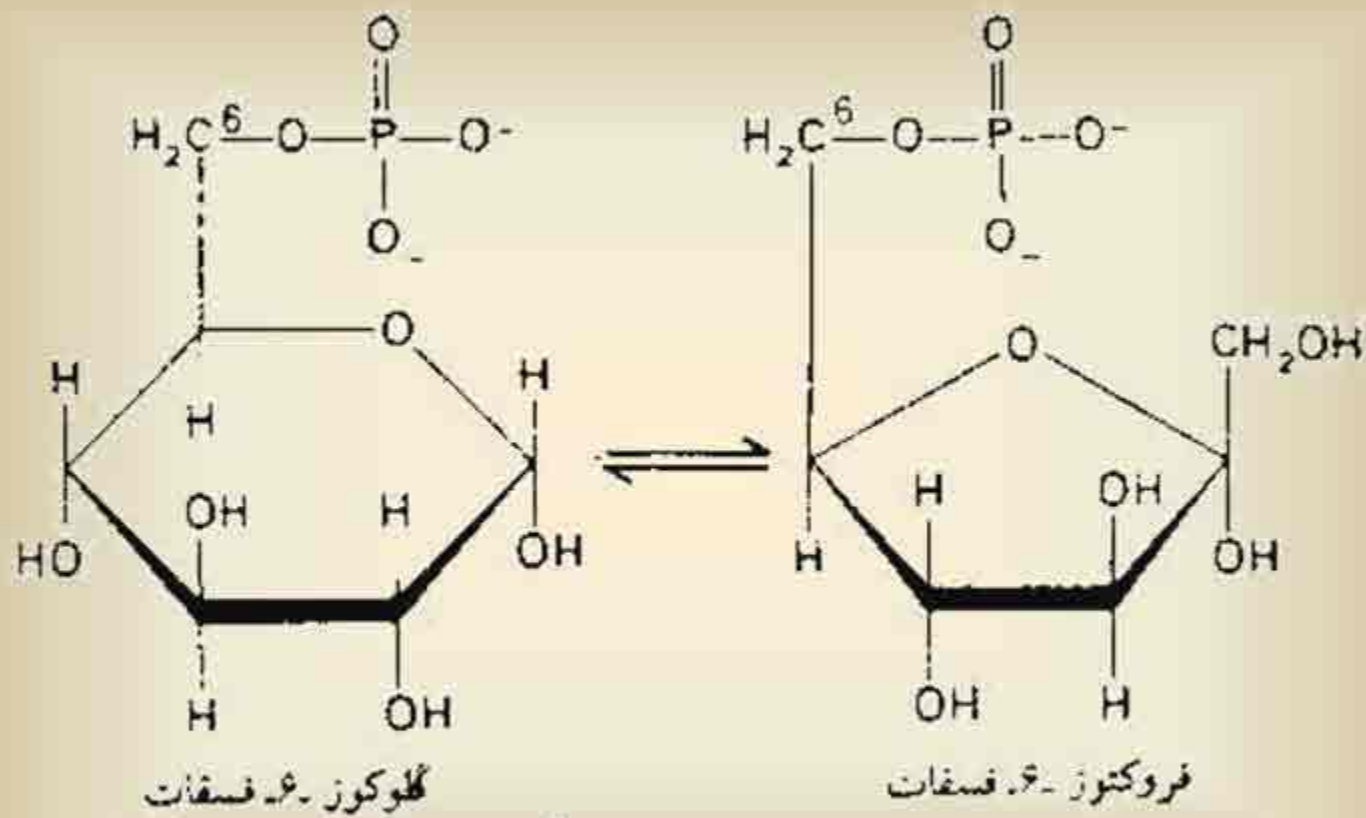
- تعریف متابولیسم و مراحل کاتابولیسم و آنابولیسم
- چگونگی و مراحل تخریب گلوکز به پیرووات
- چگونگی تخریب پیرووات به لاکتات
- میزان انرژی تولید شده و مصرف شده در راه گلیکولیز
- مسیر راه پنتوز فسفات و چگونگی آن
- اصول کلی بیوسنتز کربوهیدرات ها و راه های مختلف آن
- چگونگی بیوسنتز قندها از راه گلیکونئوزنز

گلیکولیز

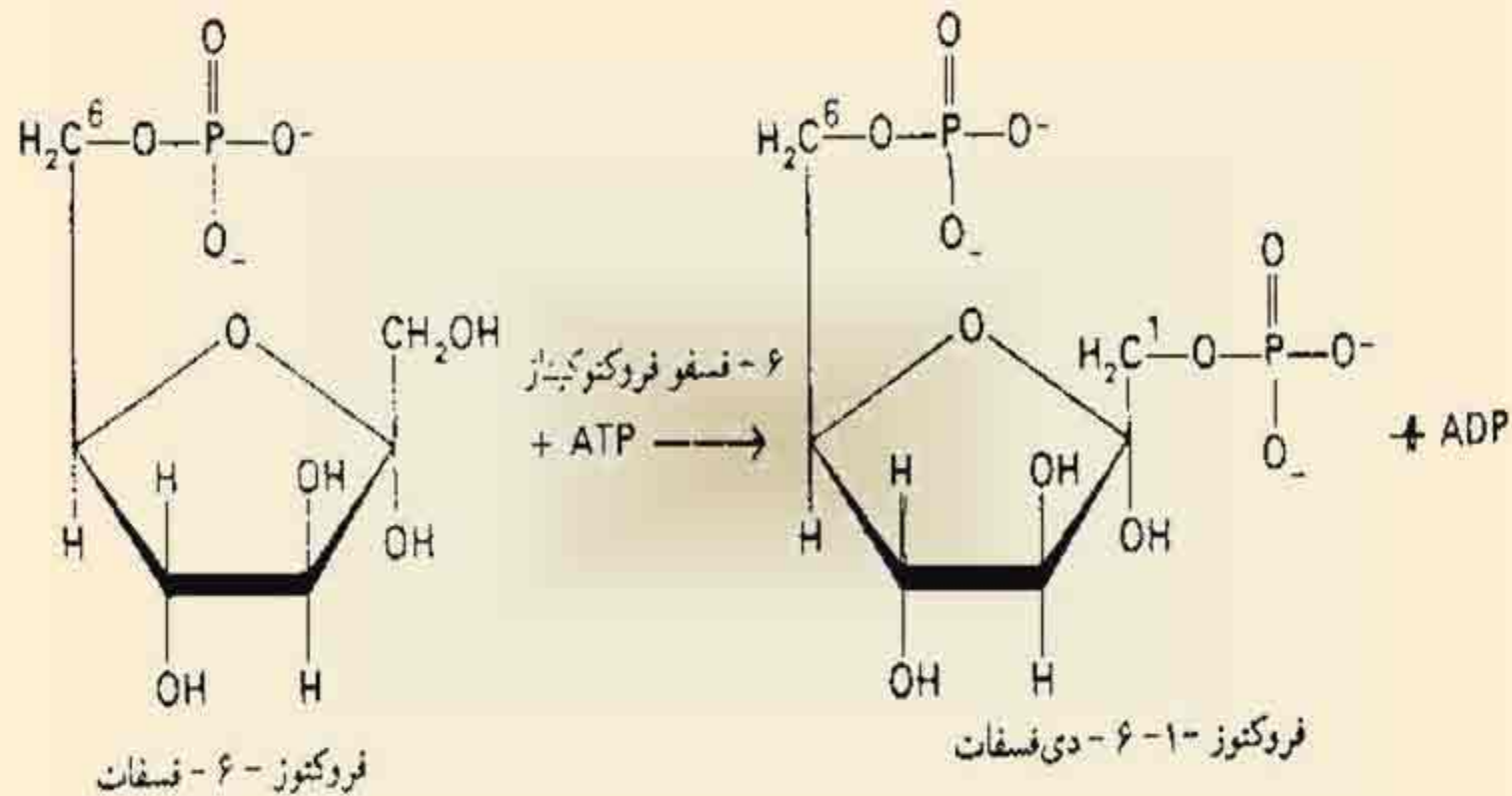
راه « آمبدان - میرهوف » یا اکسیداسیون بی هوازی گلوکز

لاکتات $\xrightarrow{\text{بی هوازی}}$ پیرووات

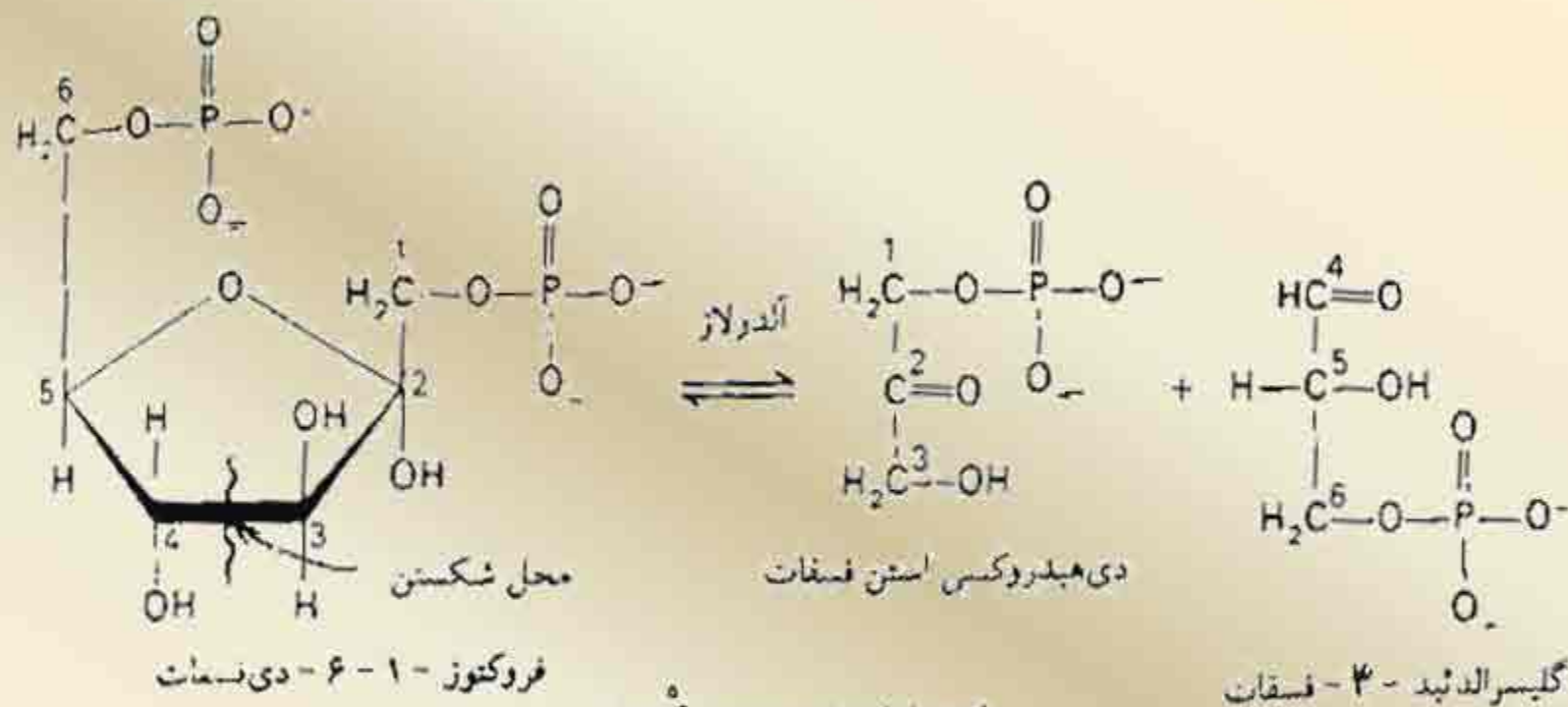
پیرووات $\xrightarrow{\text{بی هوازی}}$... \rightarrow استیل کوآنزیم A \rightarrow CO₂ + H₂O



$$\Delta G^{\circ} = +0.7 \text{ kcal/mol}$$



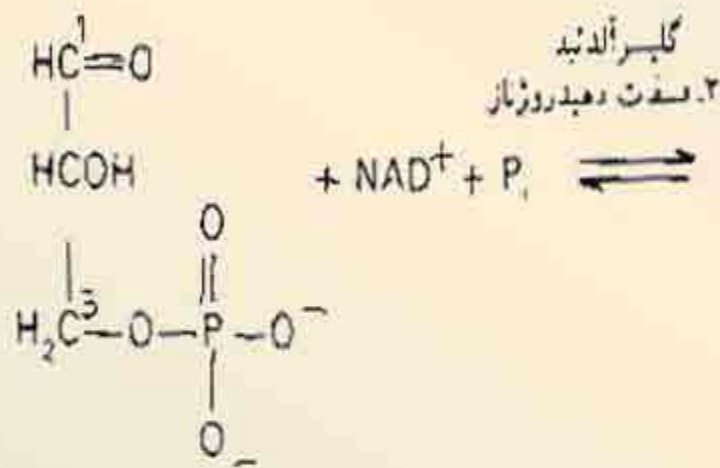
$$\Delta G'^{\circ} = -3/4 \text{ Kcal/mol}$$



$$\Delta G^{\circ} = +5.7 \text{ kcal / mol}$$

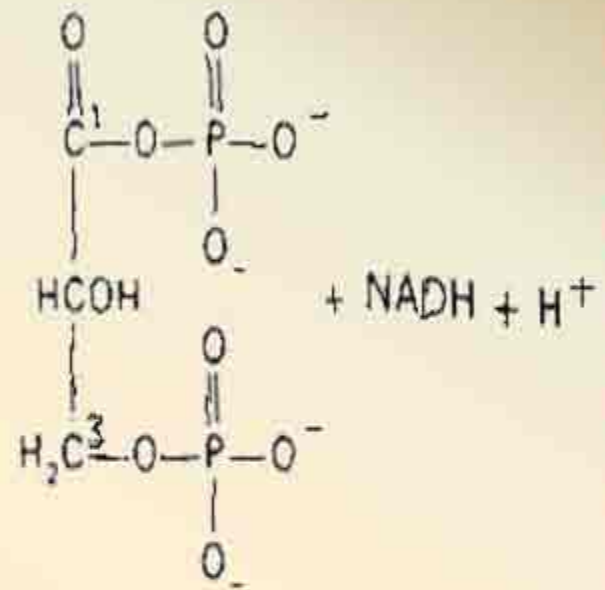
تریوز فسفات ایزومراز



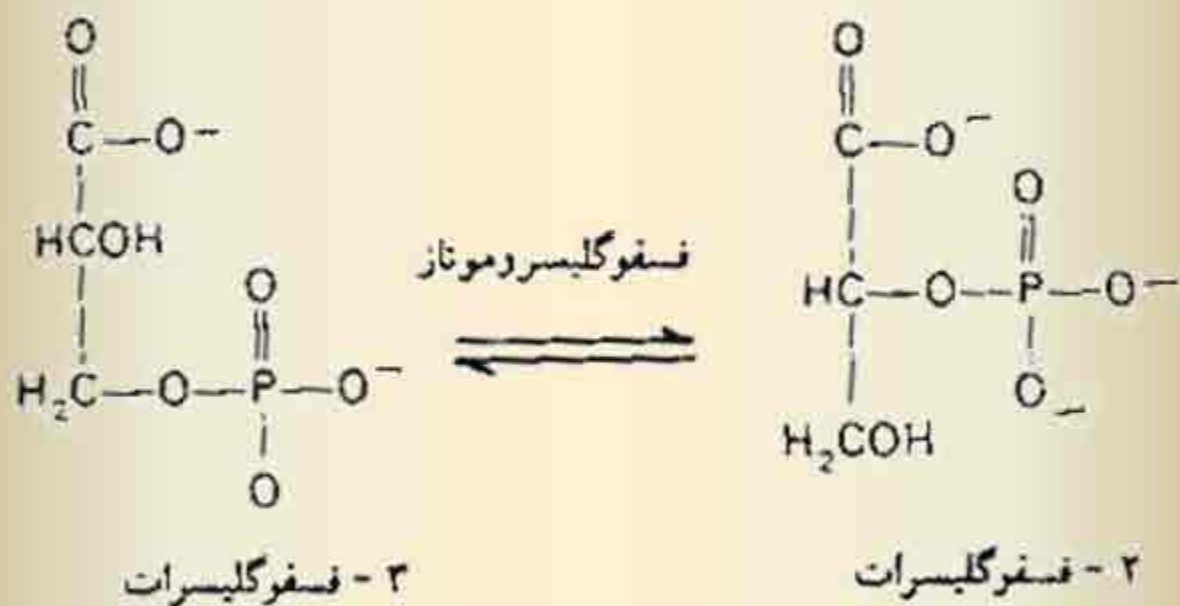


گلیسرآلدئید - ۳ - فسفات

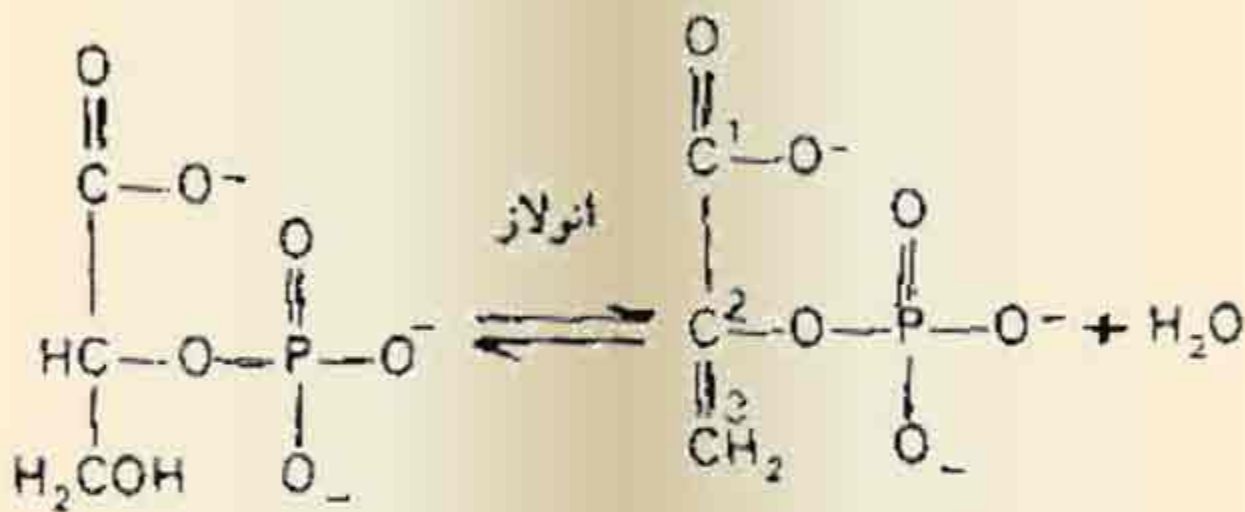
گلیسرآلدئید
۲. فسفات دئیدروژناز



۱ - ۳ - دی فسفوگلیسریک اسید



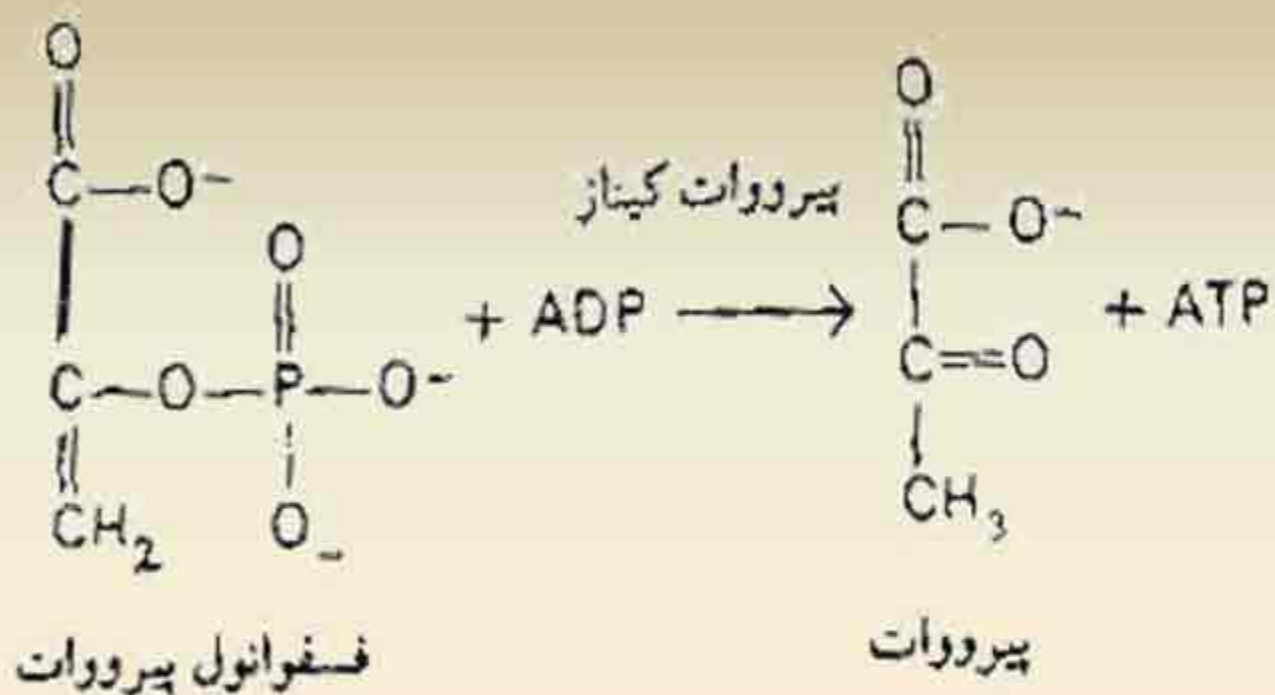
$$\Delta G^{\circ'} = -1/4 \text{ Kcal/mol}$$



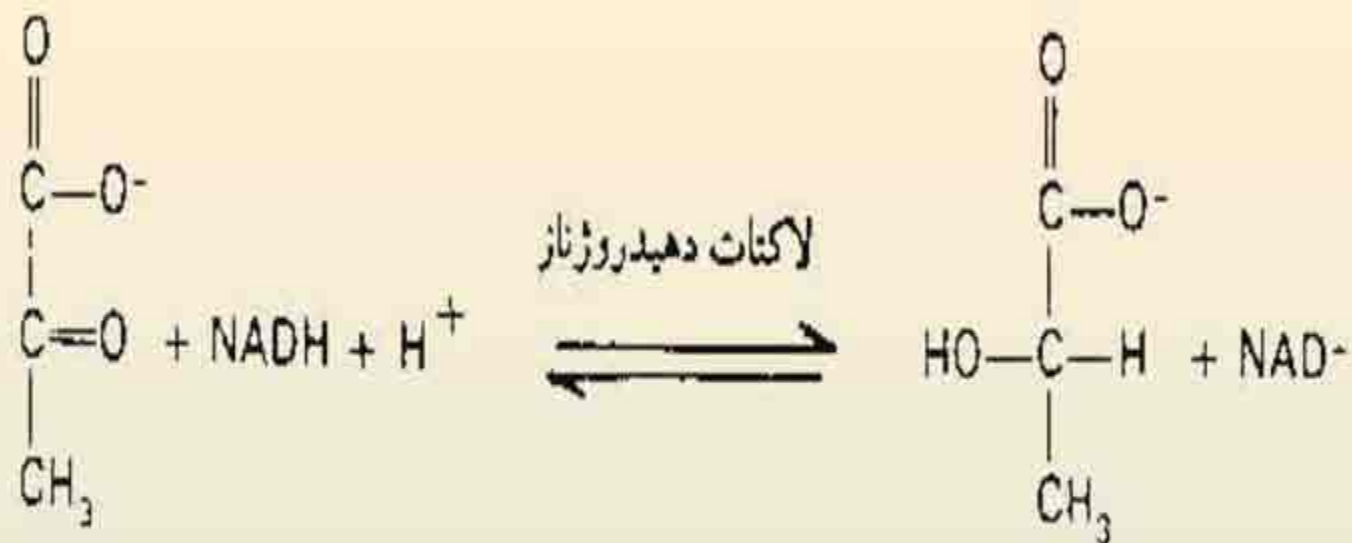
۲- فسفوگلیسرات

فسفوانول پیرووات

$$\Delta G^{\circ'} = + 3.4 \text{ Kcal/mol}$$



$$\Delta G^{\circ'} = -7.5 \text{ Kcal/mol}$$

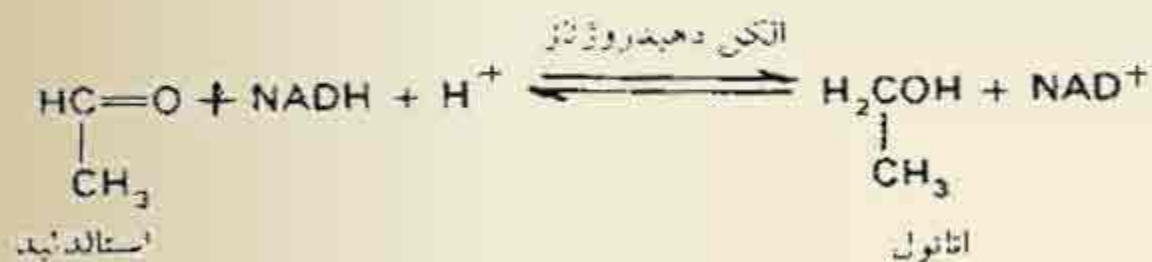


پیروات

لاکتات

$$\Delta G'^{\circ} = -6 \text{ Kcal/mol}$$

تخمیر الکلی

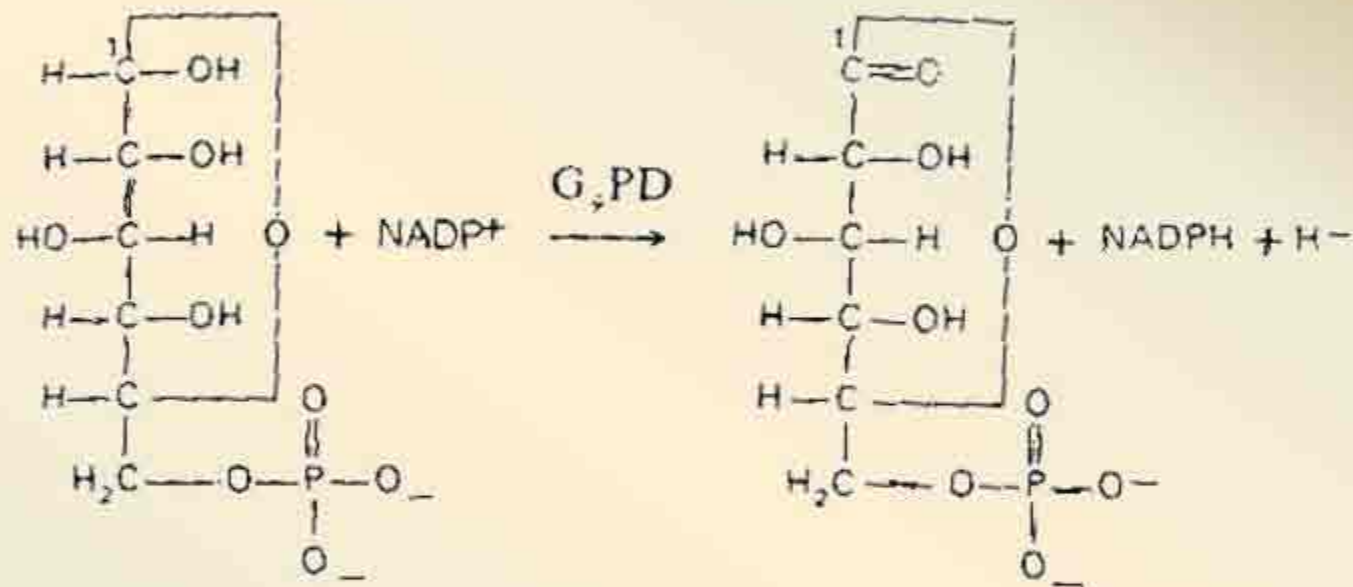


مجموع دو واکنش را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

$$\text{گلوکوز} \longrightarrow 2\text{CO}_2 + \text{دو مولکول اتانول}$$

در تخمیر الکلی نیز تعداد ATP تولید شده مانند راه گلیکولیز است.

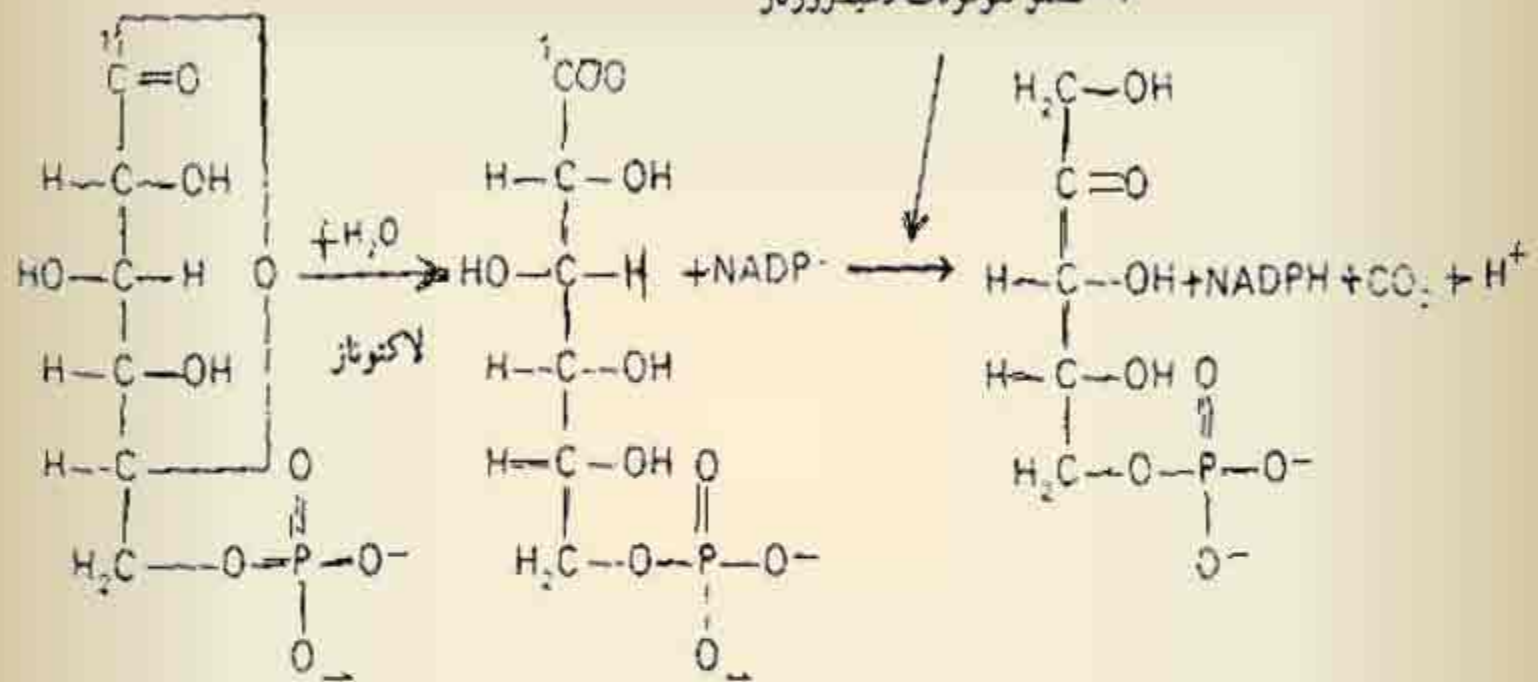
راه پنتوز فسفات



گلوکوز - ۶ - فسفات

فسفو گلوکونو - γ - لاکتون

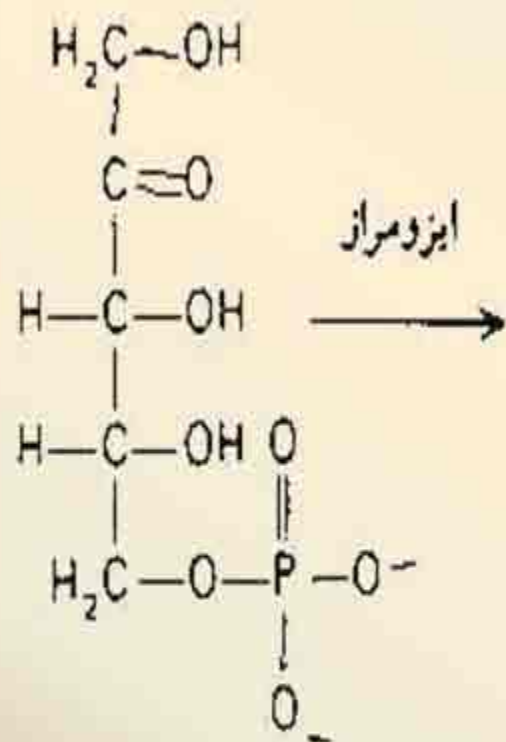
۶- فسفو گلوکونات دهیدروژناز



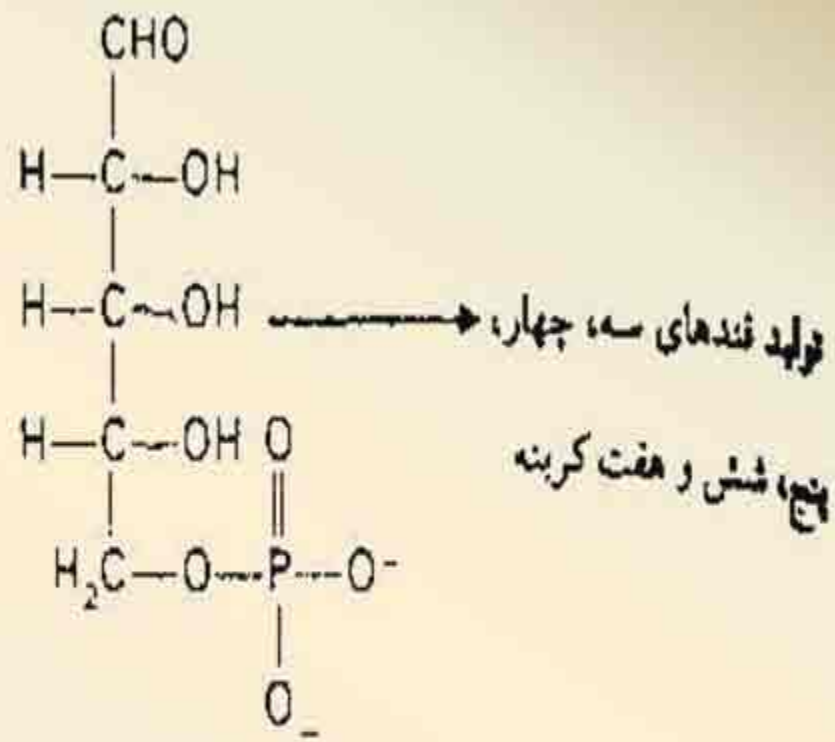
۶- فسفو گلوکونو-γ-لاکتون

۶- فسفو گلوکونات

D-ریبولوز-۵-فسفات



ریبولوز - ۵ - فسفات



ریبوز - ۵ - فسفات

خود آزمایی

- متابولیسم واسطه ای ، کاتابولیسم و آنابولیسم را تعریف کنید .
- آنزیم آلدولاز چه واکنشی را کاتالیز می کند ؟
- کدام یک از واکنش های راه گلیکولیز با مصرف ATP همراه است ؟
- راه پنتوز فسفات چه اهمیتی دارد و شامل چه واکنش هایی است ؟
- تبدیل پیرووات به فسفوانول پیرووات طی راه گلیکونئوژنز چگونه انجام می شود ؟

گفتار دهم : متابولیسم لیپیدها

هدف آموزشی کلی

آشنایی با مراحل تخریب و بیوسنتز اسیدهای چرب و لیپیدها

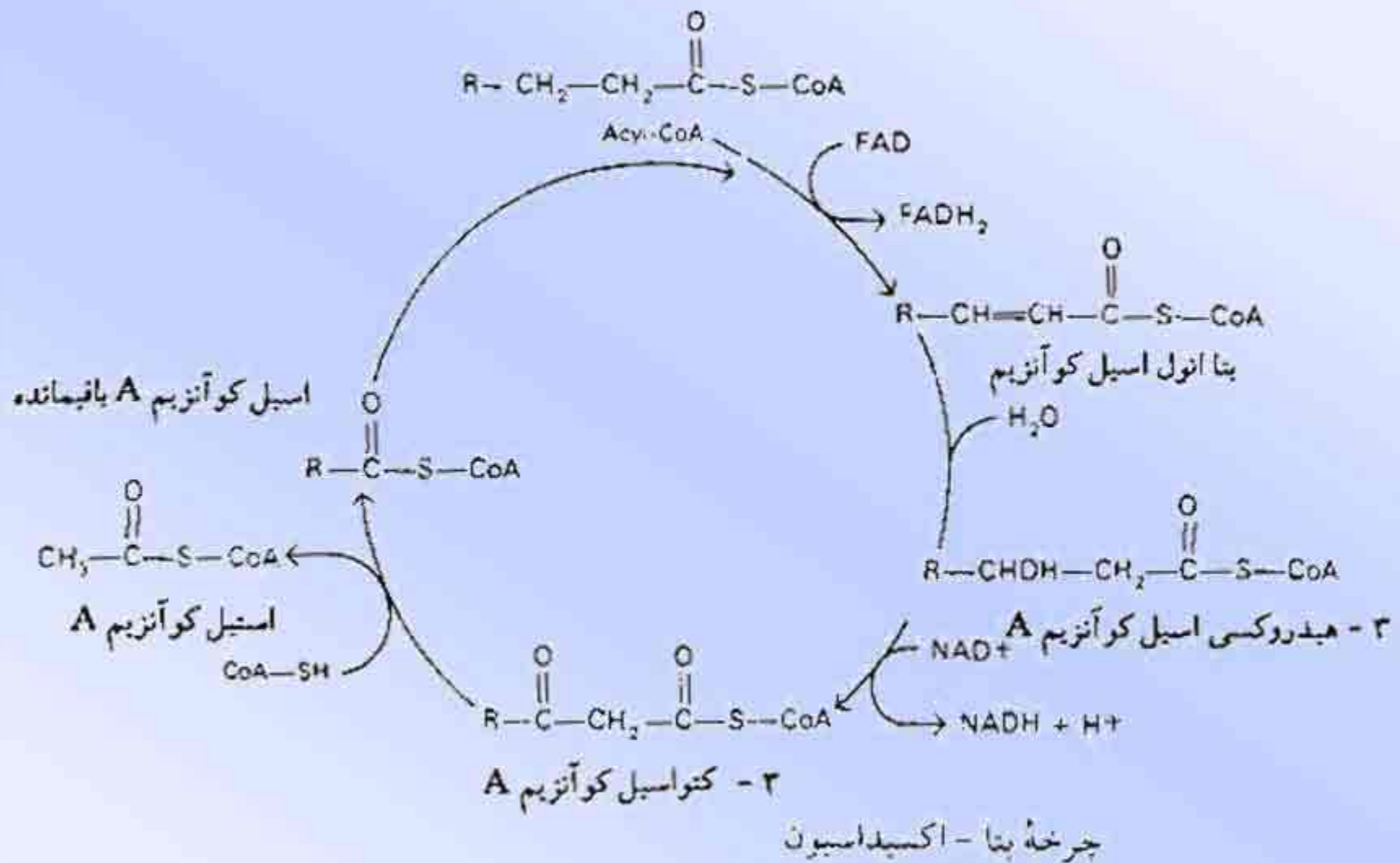
هدف های آموزشی جزئی

اهمیت تری آسید گلیسرول ها و اجزای آن ها
چگونگی تخریب اسیدهای چرب به وسیله چرخه بتا - اکسیداسیون
محصولات نهایی ناشی از تخریب یک اسید چرب
بیوسنتز اسیدهای چرب و مراحل آن
نقش و عملکرد مجموعه آنزیمی درگیر در بیوسنتز اسیدهای چرب

تخریب لیپیدها

اکسایش اسیدهای چرب در حقیقت آغازی برای وارد شدن آن ها در چرخه کربس و زنجیره تنفسی است .

چرخہ بتا - اکسیداسیون

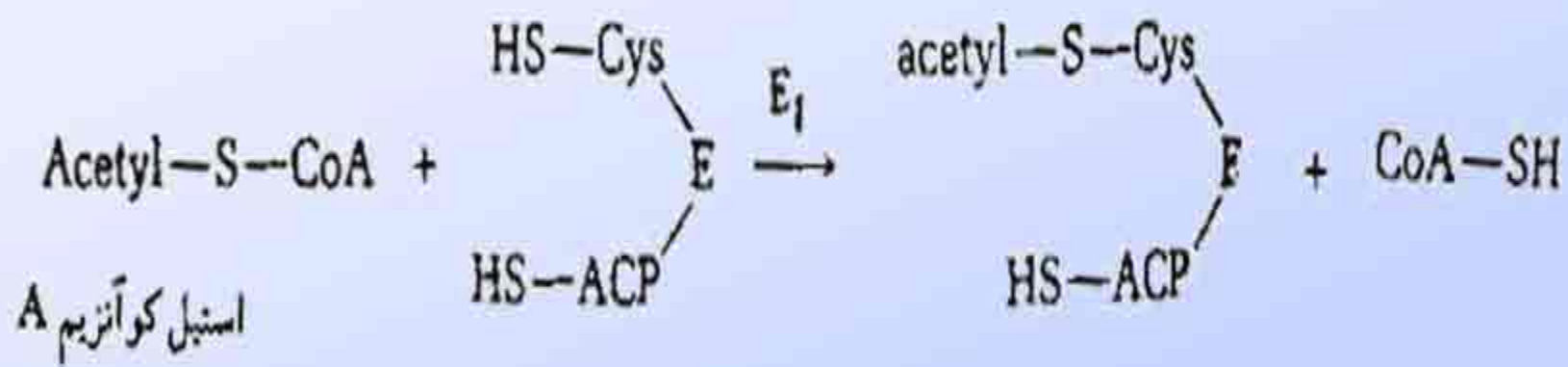


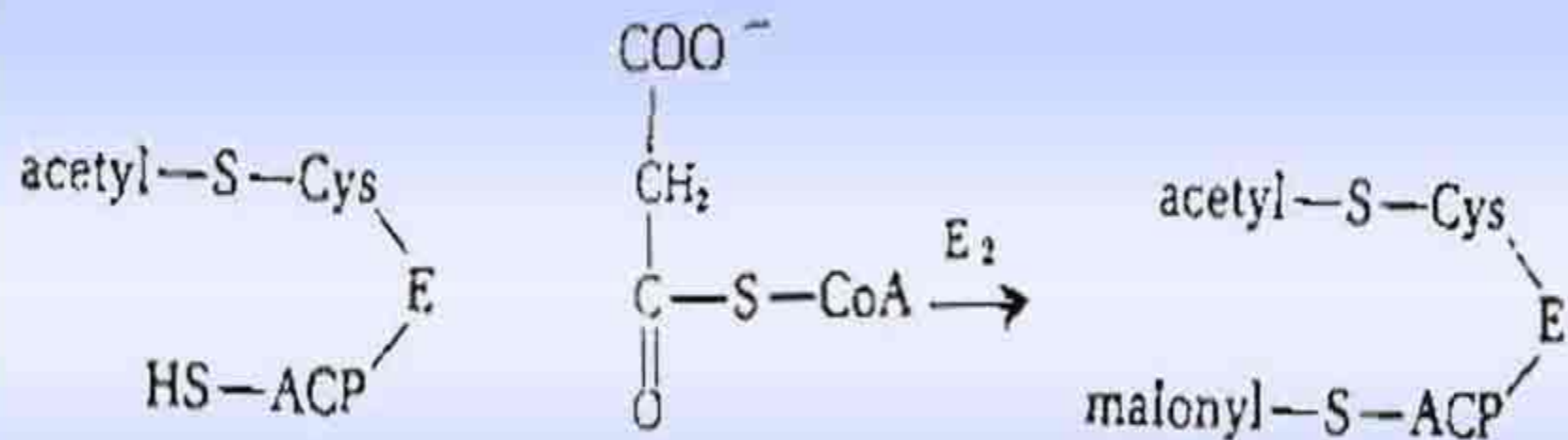
بیوسنتز لیپیدها

بیوسنتز تری آسید گلیسرول ها از نظر ذخیره چربی یکی از مهمترین مباحث بیوشیمی است و راه های متابولیسمی را تشکیل می دهد .

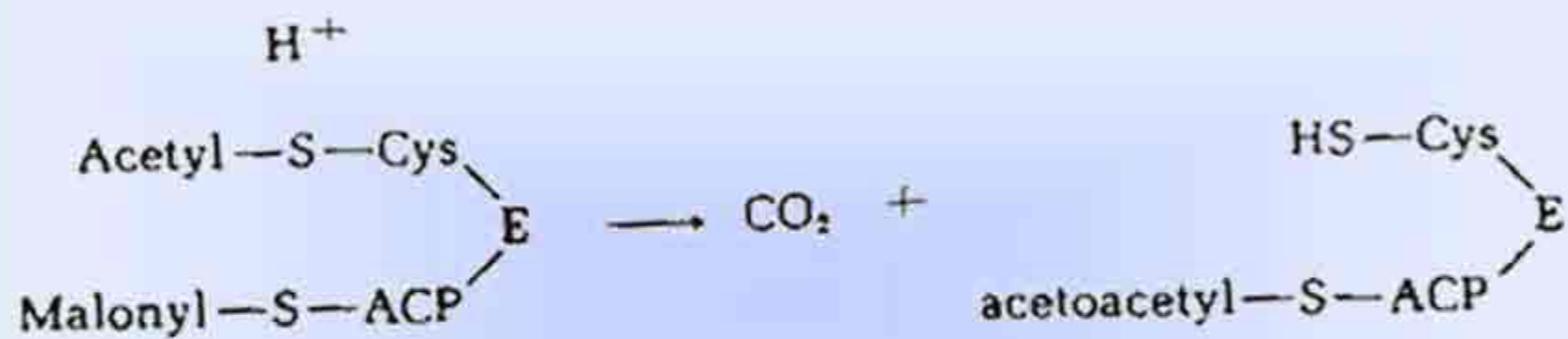
مجموعه آنزیمی سنتز کننده اسید چرب



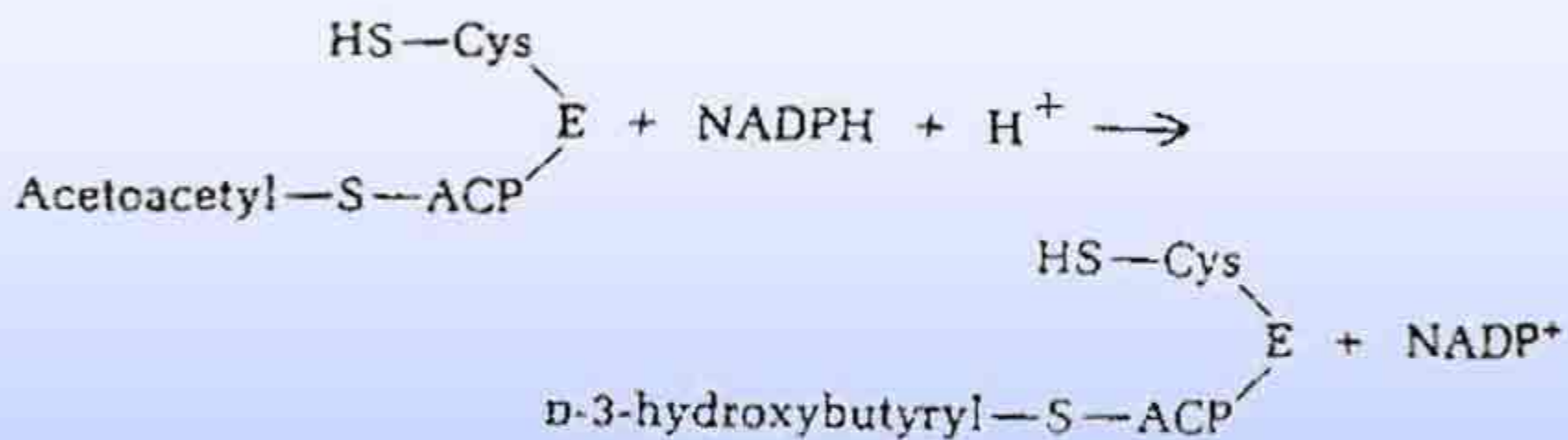




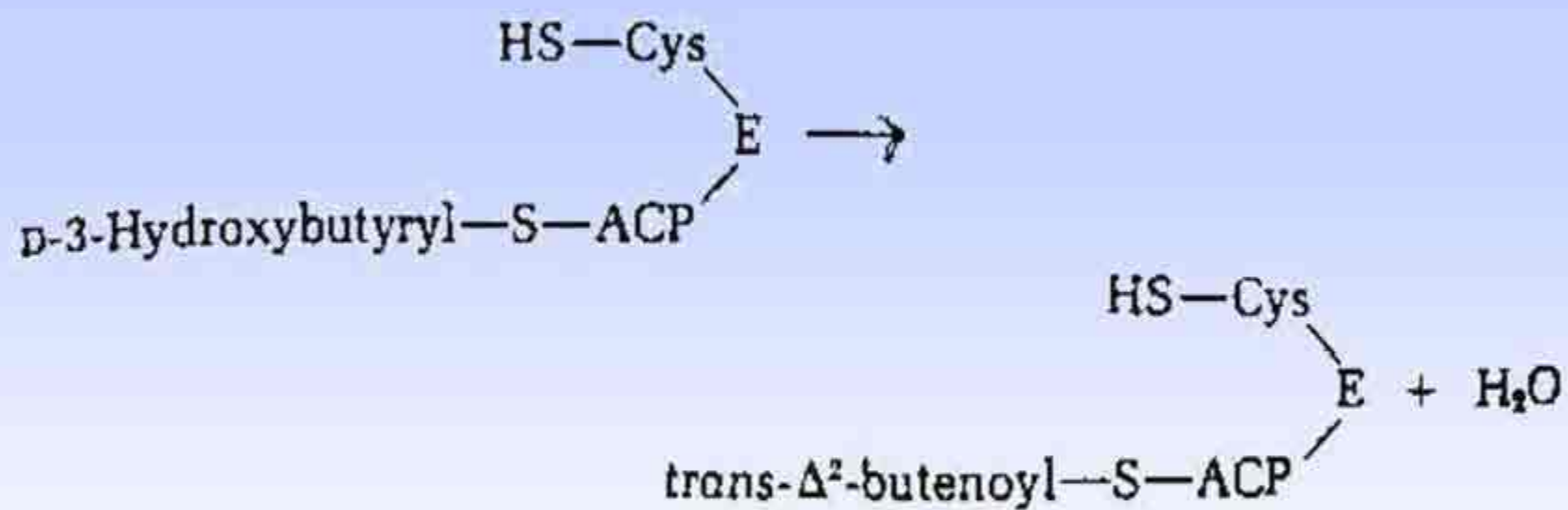
مالونیل کو آنزیم A



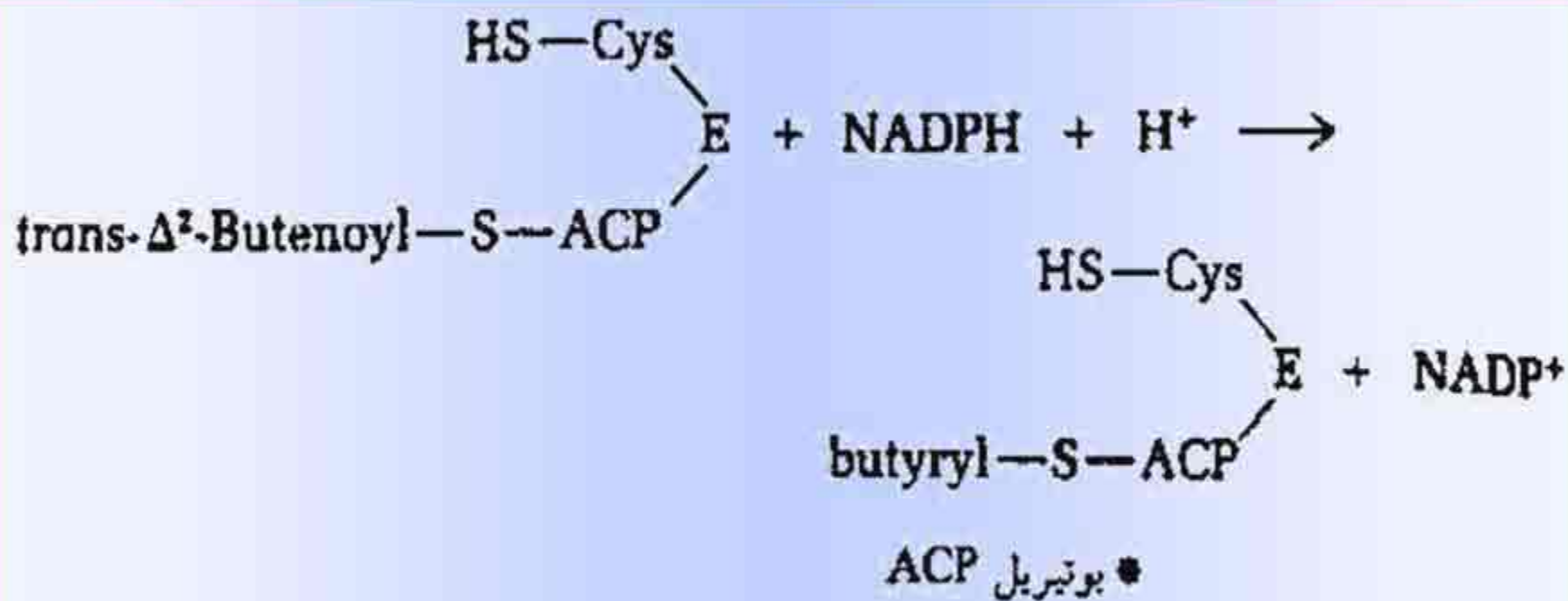
۳. کتوآسبیل ACP-S-

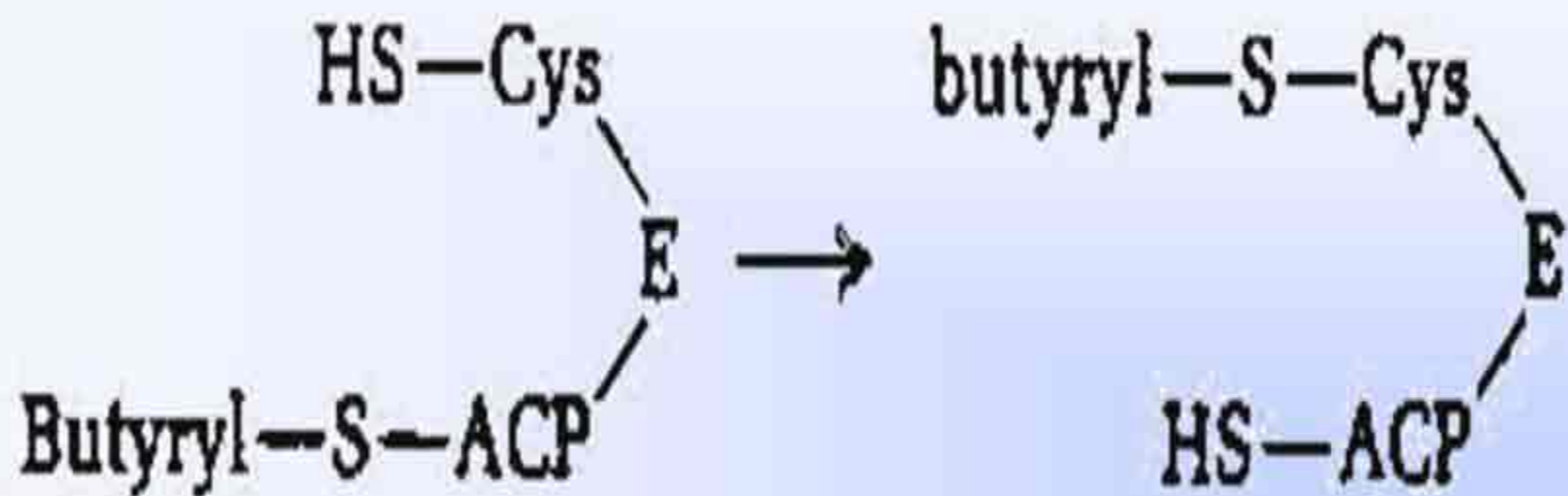


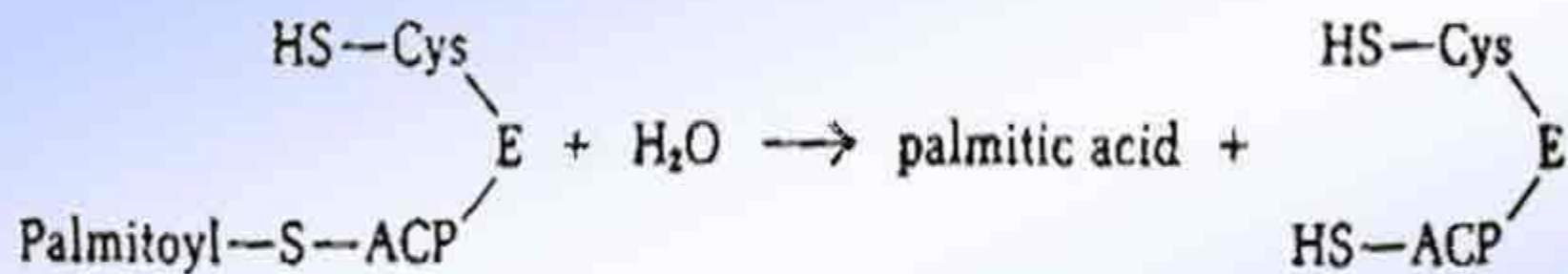
● ۳-ہیدروکسی بوتیریل ACP



● بوتینول ACP

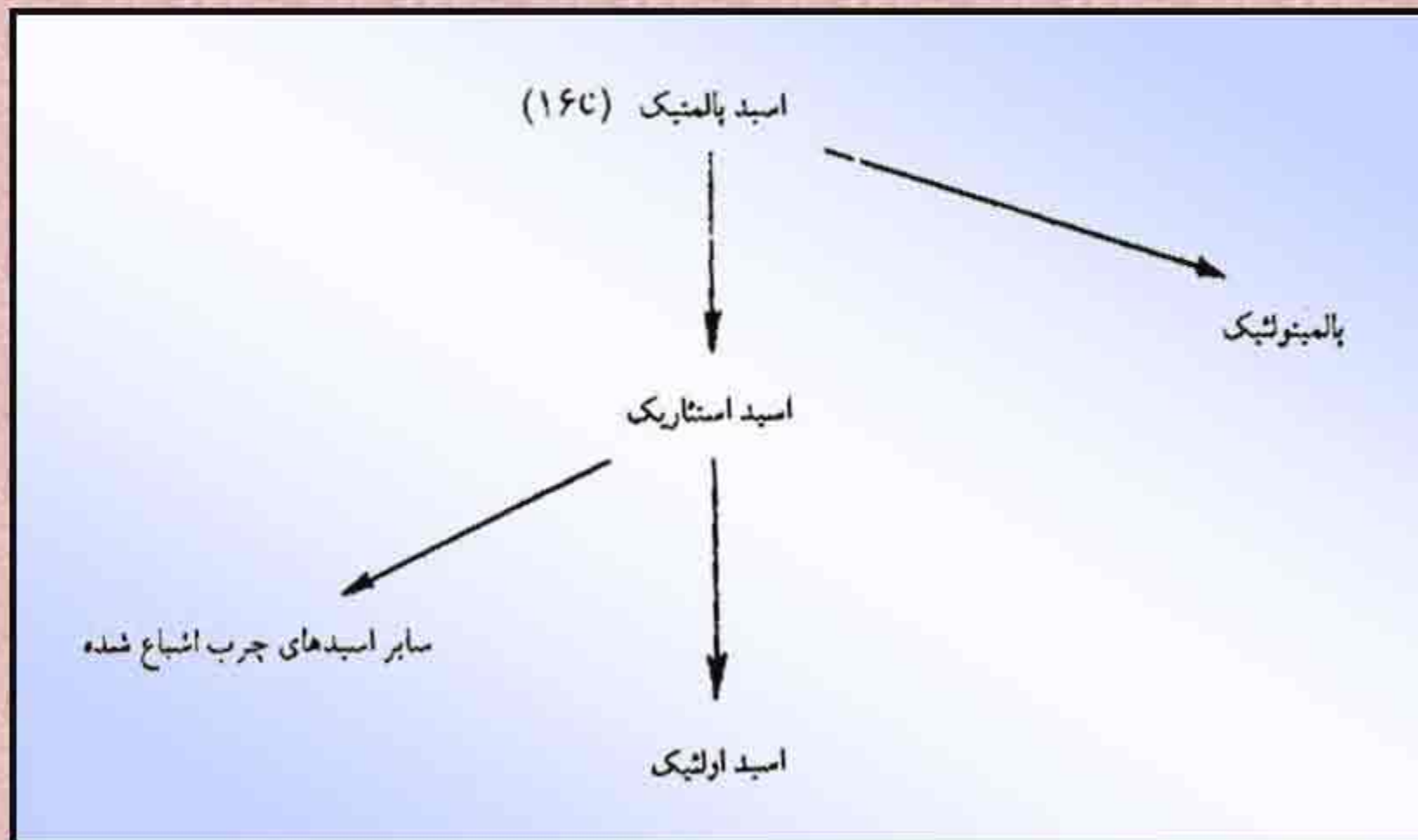






اسید پالمیتیکی

سنتز اسیدهای چرب از اسید پالمیتیک در یاخته های جانوری



خود آزمایی

- کدام یک از ترکیبات لیپیدی منبع سرشاری از انرژی هستند ؟
- پی چرخه بتا - اکسیداسیون سرانجام چه ترکیبی حاصل می شود ؟
- ACP چیست و چه نقشی در یاخته دارد ؟
- چگونگی سنتز یک اسید چرب را شرح دهید .
- ترکیبات پرانرژی حاصل از تخریب یک اسید چرب را بنویسید .

گفتار یازدهم : زنجیره تنفسی ، چرخه کربس

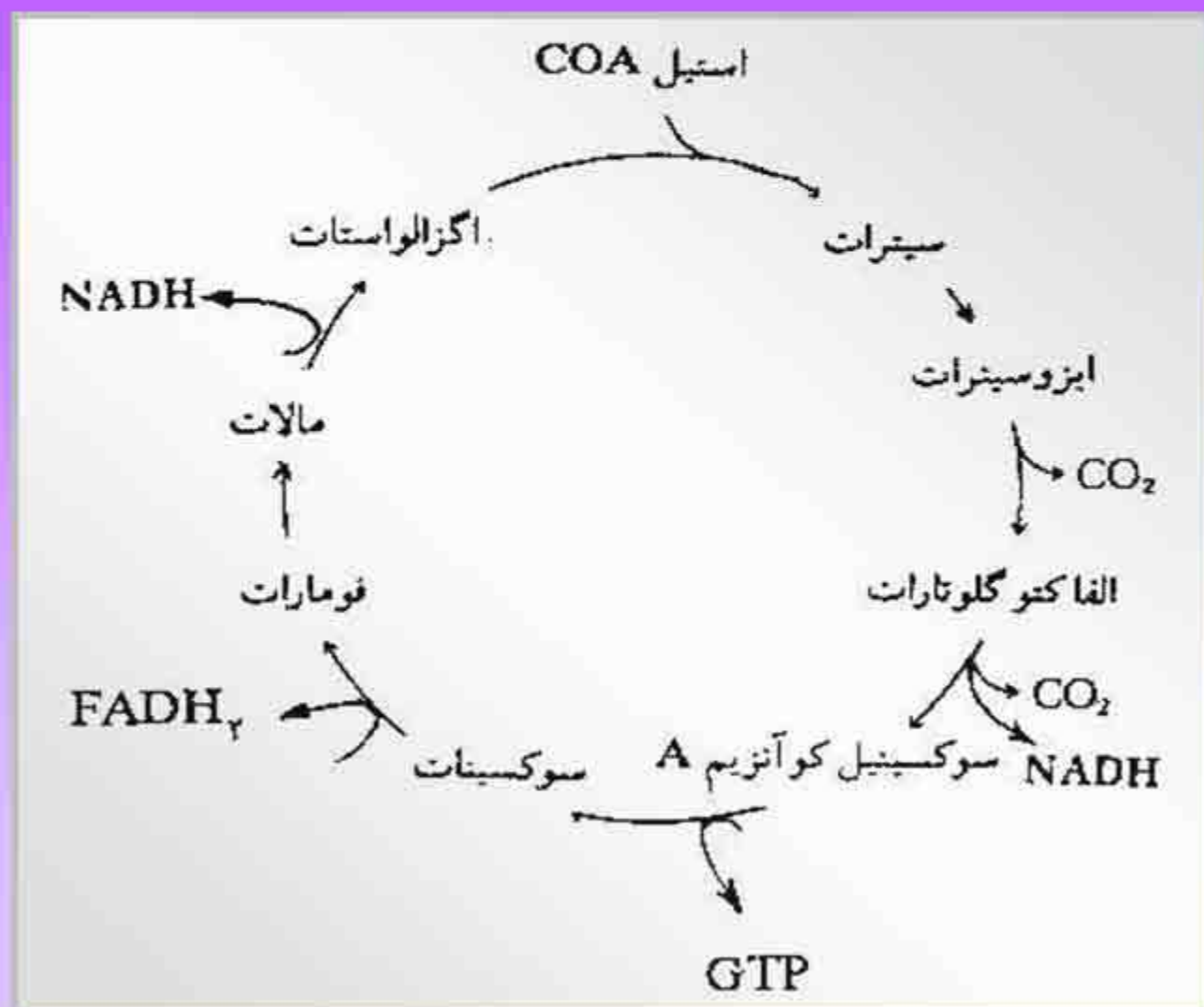
هدف آموزشی کلی

آشنایی با ادمه تخریب گلوکز طی چرخه کربس و گلی اکسیلات

هدف های آموزشی جزئی

- تعریف تنفس و فرمول کلی اکسایش هوازی گلوکز
- چگونگی تبدیل پیرووات به استیل کوآنزیم A
- تغییرات استیل کوآنزیم A در چرخه کربس
- جمع بندی واکنش های چرخه کربس
- چرخه گلی اکسیلات و تفاوت آن با چرخه کربس

چرخه تری کربوکسیلیک اسید (چرخه کربس)



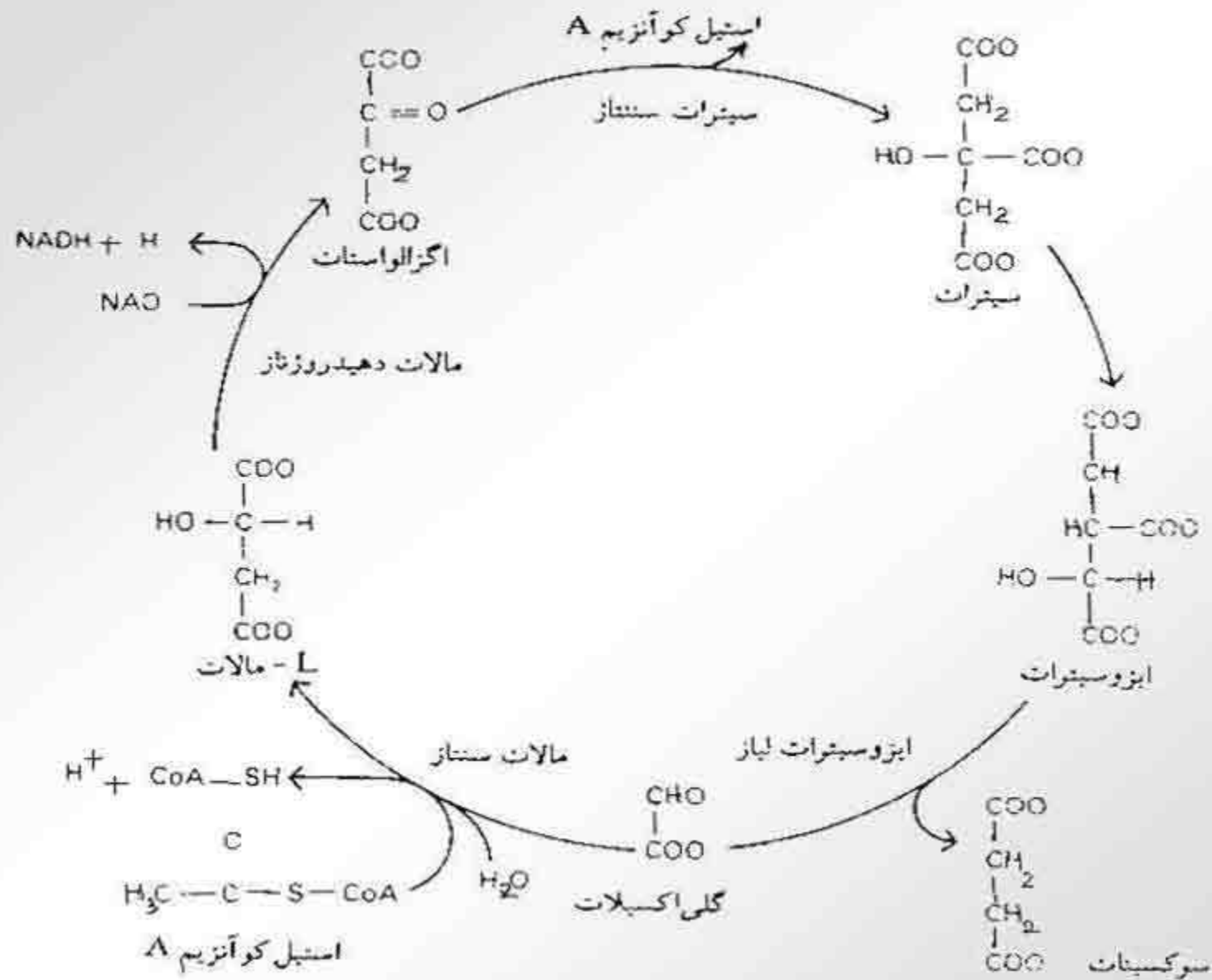
جمع بندی واکنش های چرخه TCA



چرخه گلی اکسیلات

برخلاف جانوران ، اکثر گیاهان و موجودات ذره بینی از اسیدهای چرب یا استات به صورت استیل کوآنزیم A به عنوان منبع کربن استفاده می کنند .

چرخه گلی اکسیلات



خلاصه واکنش های چرخه گلی اکسیلات



خود آزمایی

- تبدیل پیرووات به استیل کوآنزیم A طی چه روندی انجام می شود ؟
- کدام یک از راه های چرخه کربس با تولید NADH همراه است ؟
- تفاوت موجود بین چرخه TCA و چرخه گلی اکسیلات چیست ؟
- فرمول کلی تخریب گلوکز در شرایط هوازی را بنویسید .

گفتار دوازدهم : زنجیره تنفسی
انتقال الکترون و فسفریلاسیون اکسیداتیو

هدف آموزشی کلی

آشنایی با نحوه انتقال الکترون ها و سنتز ATP در ادامه فرایند زنجیره تنفسی

هدف های آموزشی جزئی

آشنایی با واکنش های اکسید و احیا

تعریف واکنش ردوکس

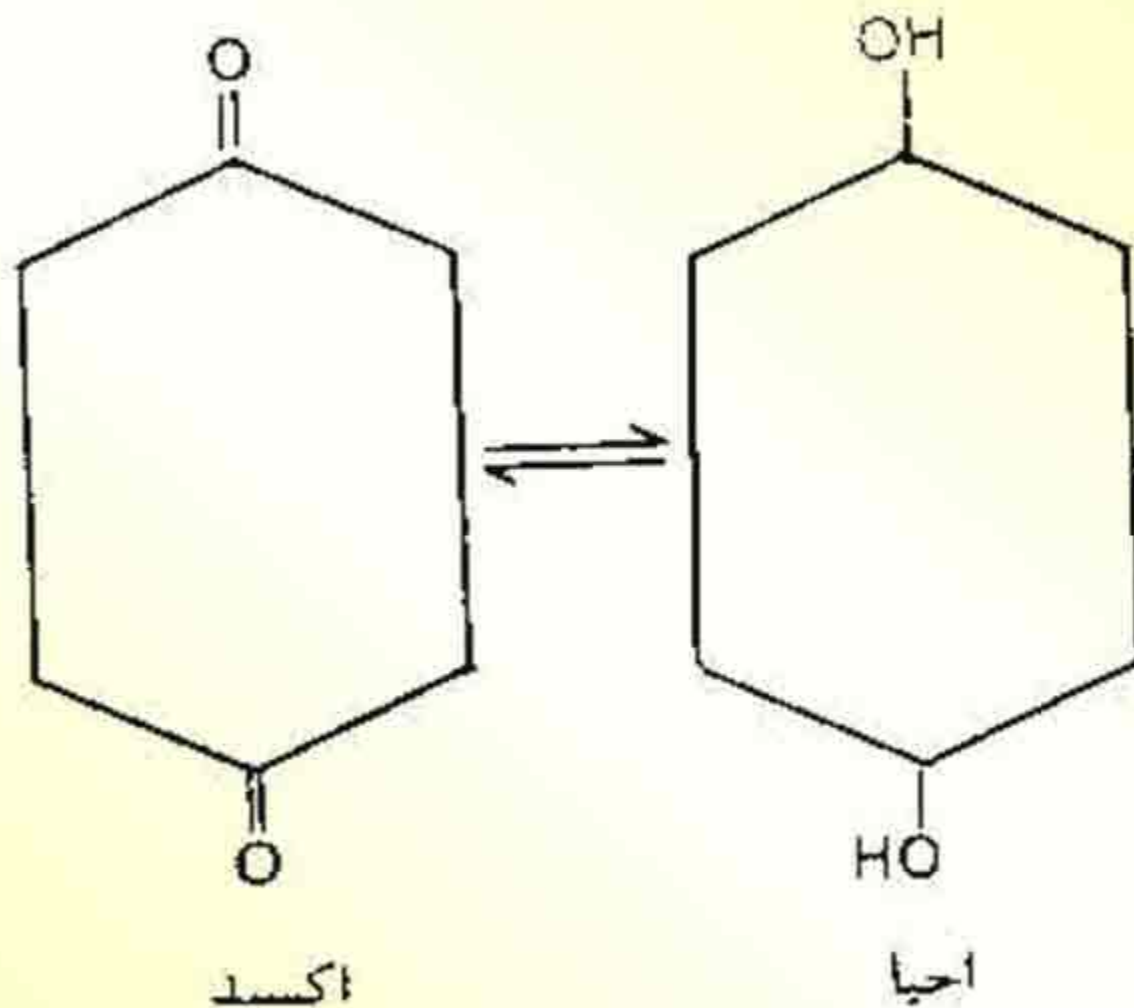
روش های مختلف انتقال الکترون در سیستم انتقال الکترون

ترکیبات اصلی انتقال دهنده الکترون

بیان انرژی حاصل از تخریب کامل کربوهیدرات ها و لیپیدها

سيستم انتقال الكترون





ترکیبات انتقال دهنده الکترون

مجموعه آنزیمی I : نیاز به NAD یا NADH دارد .

مجموعه آنزیمی II : به نام سوکسینات - Q - ردوکتاز معروف است .

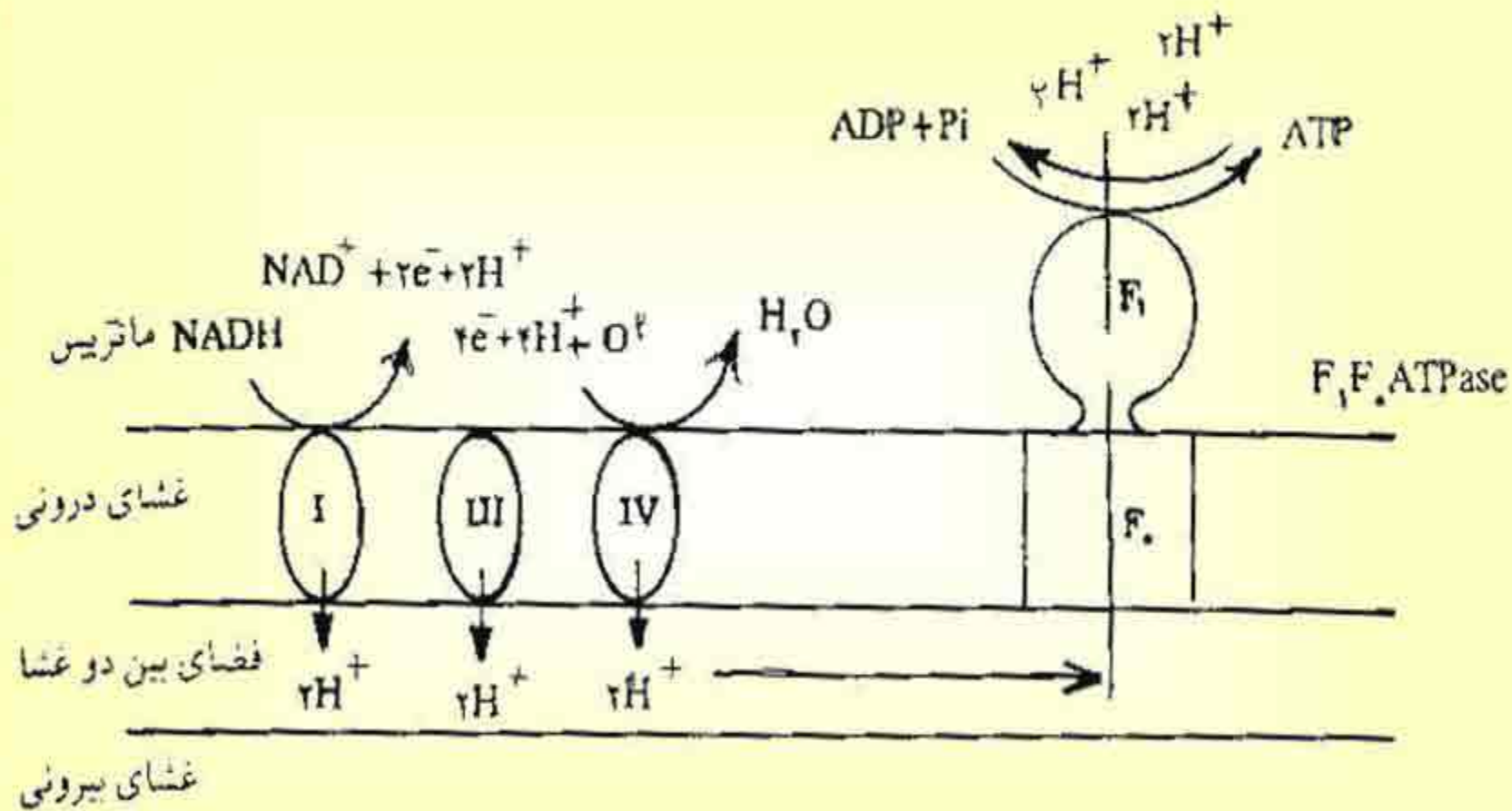
مجموعه آنزیمی III : QH₂ - سیتوکروم - C - ردوکتاز نام دارد .

مجموعه آنزیمی IV : سیتوکروم - C - اکسیداز نام دارد .

انتقال الکترون ها

- NADH از طریق مجموعه آنزیمی I عمل می کند .
- FADH₂ از طریق مجموعه آنزیمی II عمل می کند .

مکانیسم عمل



بیان انرژی

مقایسه انرژی حاصل از متابولیسم کربوهیدرات ها با لیپیدها

خود آزمایی

واکنش های ردوکس را تعریف کنید .

FADH_2 چگونه در سیستم انتقال الکترون وارد می شود ؟

به ازای هر مولکول گلوکز در چرخه TCA ، چند مولکول ATP حاصل می شود ؟

گفتار سیزدهم : فتوسنتز

هدف آموزشی کلی

آشنایی با فرایند فتوسنتز در گیاهان سبز و جلبک های سبز - آبی

هدف های آموزشی جزئی

تعریف فتوسنتز

چگونگی فتوسنتز در گیاهان سبز و باکتری های فتوسنتز کننده
مشخصات رنگدانه های گیرنده نور

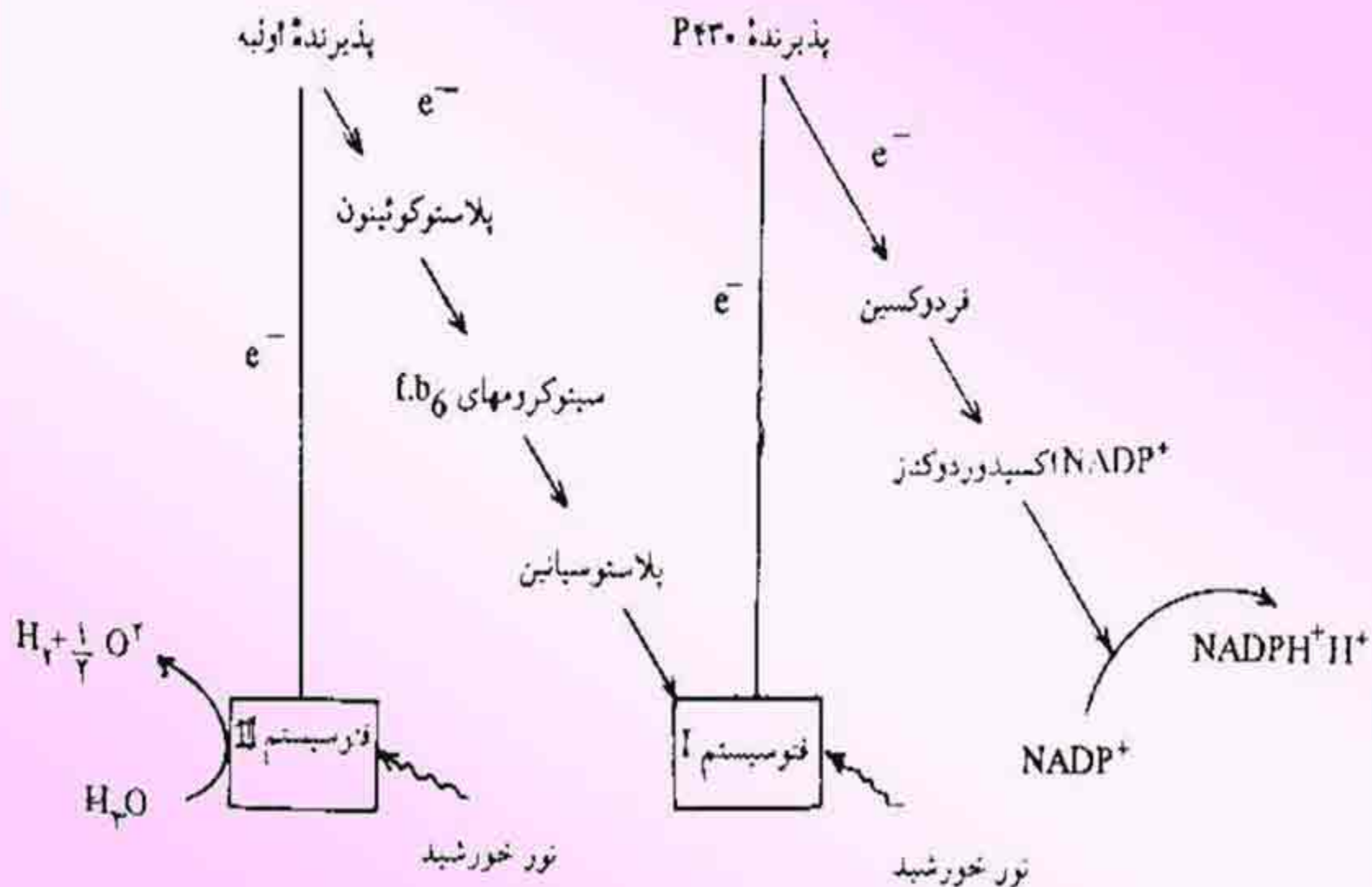
چگونگی عمل دو فتوسیستم I و II در واکنش های فتوسنتز
تثبیت CO₂ در مرحله واکنش های بی نیاز از نور از طریق
چرخه کلوین

فاز اول (واکنش های نیازمند به نور)

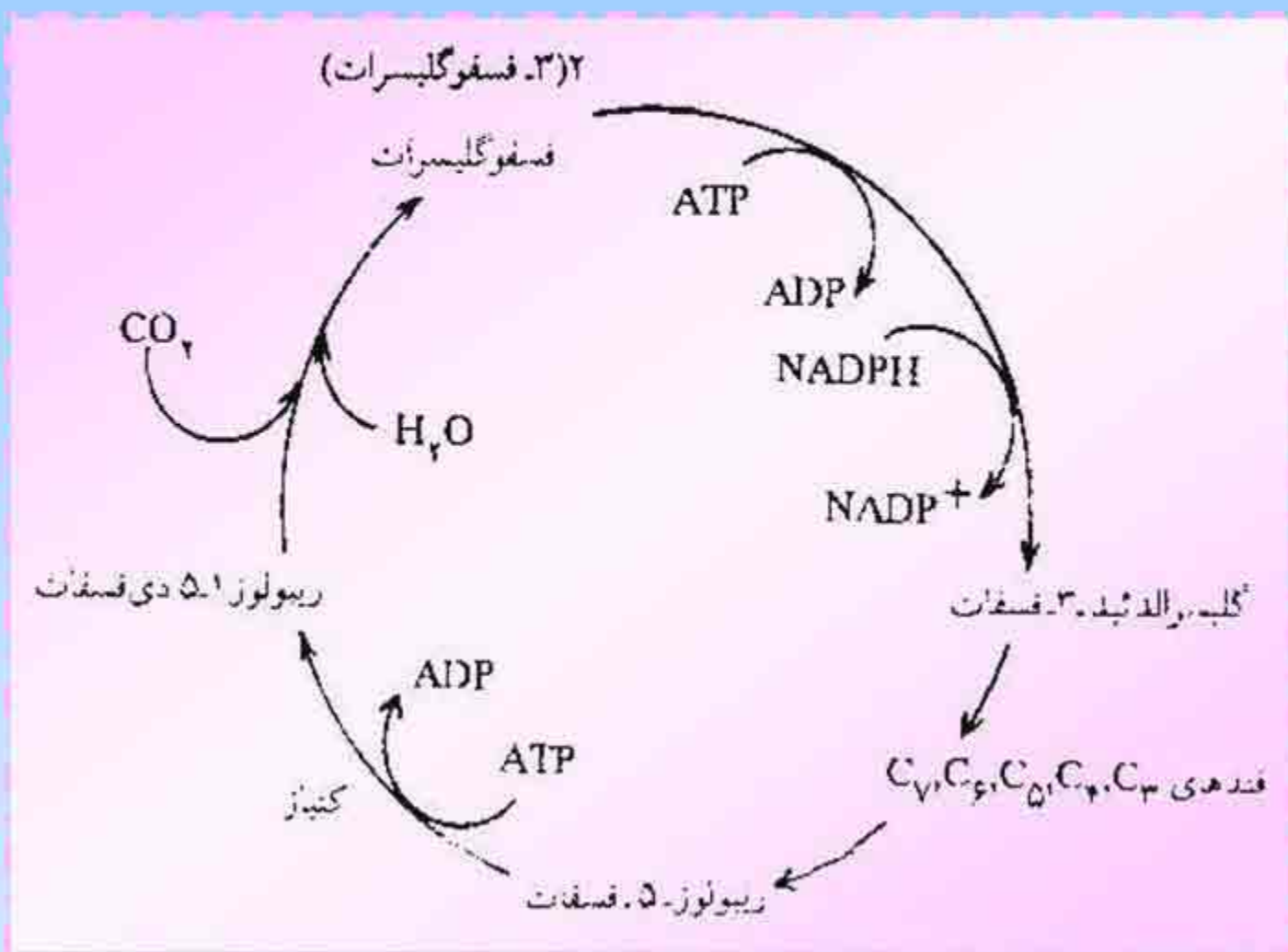
فتوسینتیم I و فتوسینتیم II

رنگدانه های گیرنده نور سبزینه یا کلروفیل

مکانیسم واکنش های نیازمند به نور



چرخه کلون



خود آزمایی

نقش فتوسیسستم I را در فتوسنتز توضیح دهید .

پدیده فتوفسفوریلاسیون را شرح دهید .

ترکیبات فاز اولیه در کدام مرحله از چرخه کلوین مصرف می شوند ؟

تثبیت CO_2 در چه مرحله ای و چگونه صورت می گیرد ؟

میزان مصرف انرژی برای تولید یک مولکول گلوکز را محاسبه کنید .

گفتار چهاردهم : متابولیسم ترکیبات نیتروژن دار

هدف آموزشی کلی

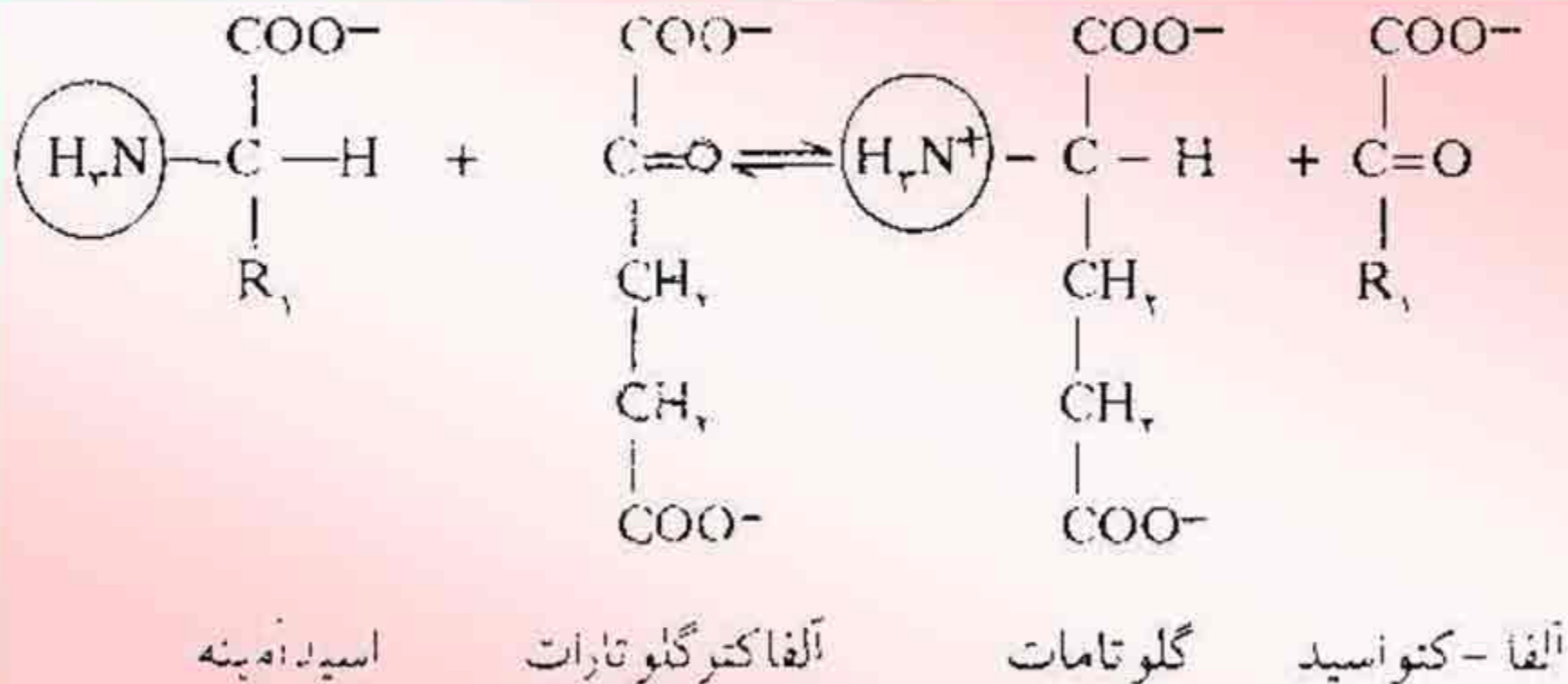
آشنایی با چگونگی تخریب و بیوسنتز اسیدهای آمینه و نوکلئوتیدها

هدف های آموزشی جزئی

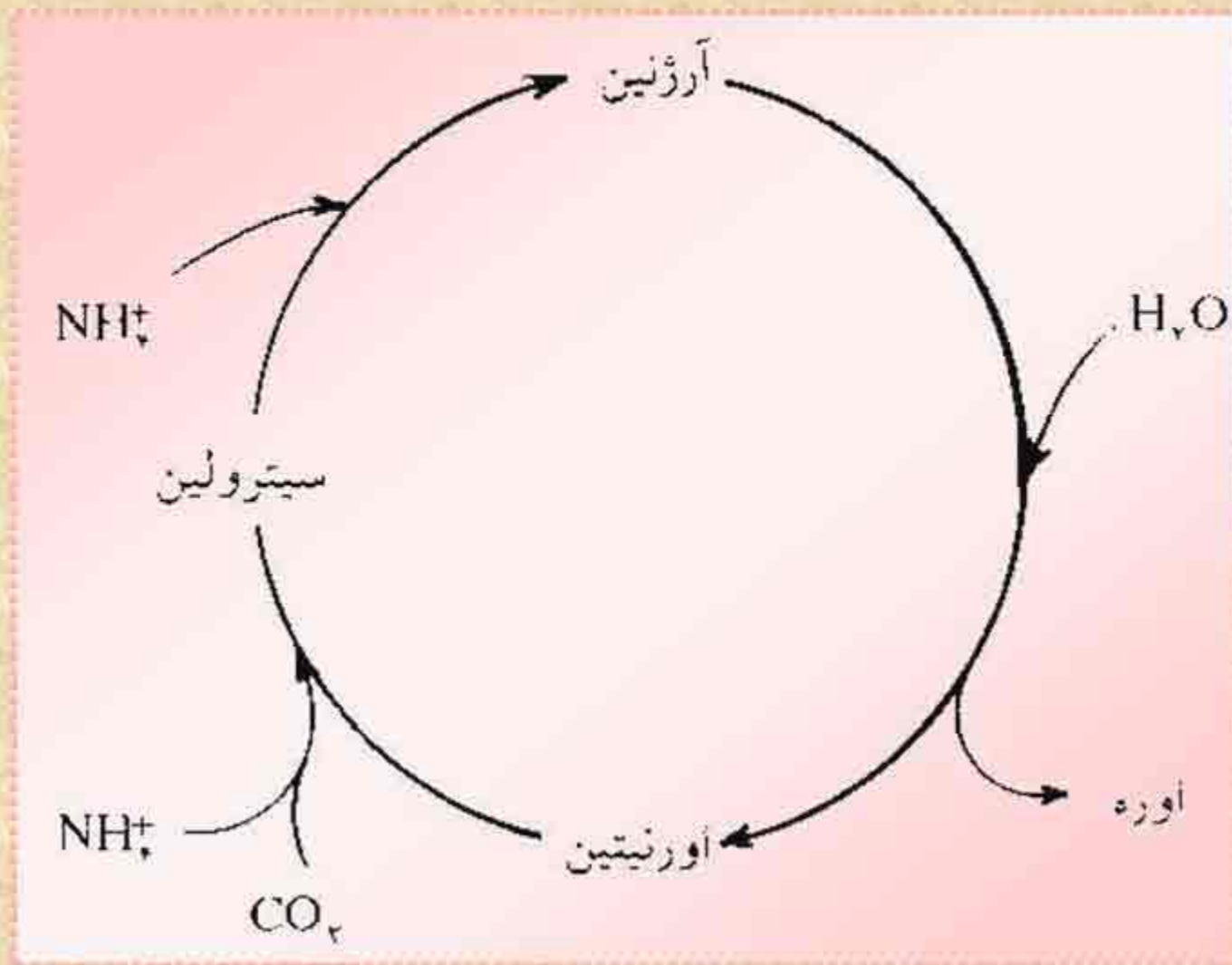
چگونگی برداشت گروه آمین از مولکول اسید آمینه و تولید آمونیاک
اشکال مختلف ترشح و دفع نیترژن
چرخه اوره

چگونگی تخریب بازهای پورین و پیریمیدین
چگونگی بیوسنتز نوکلئوتیدها

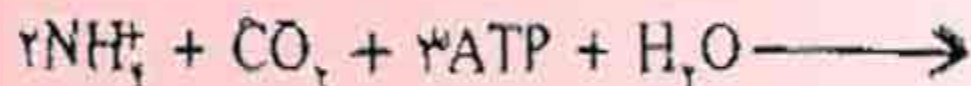
برداشت گروه آمین



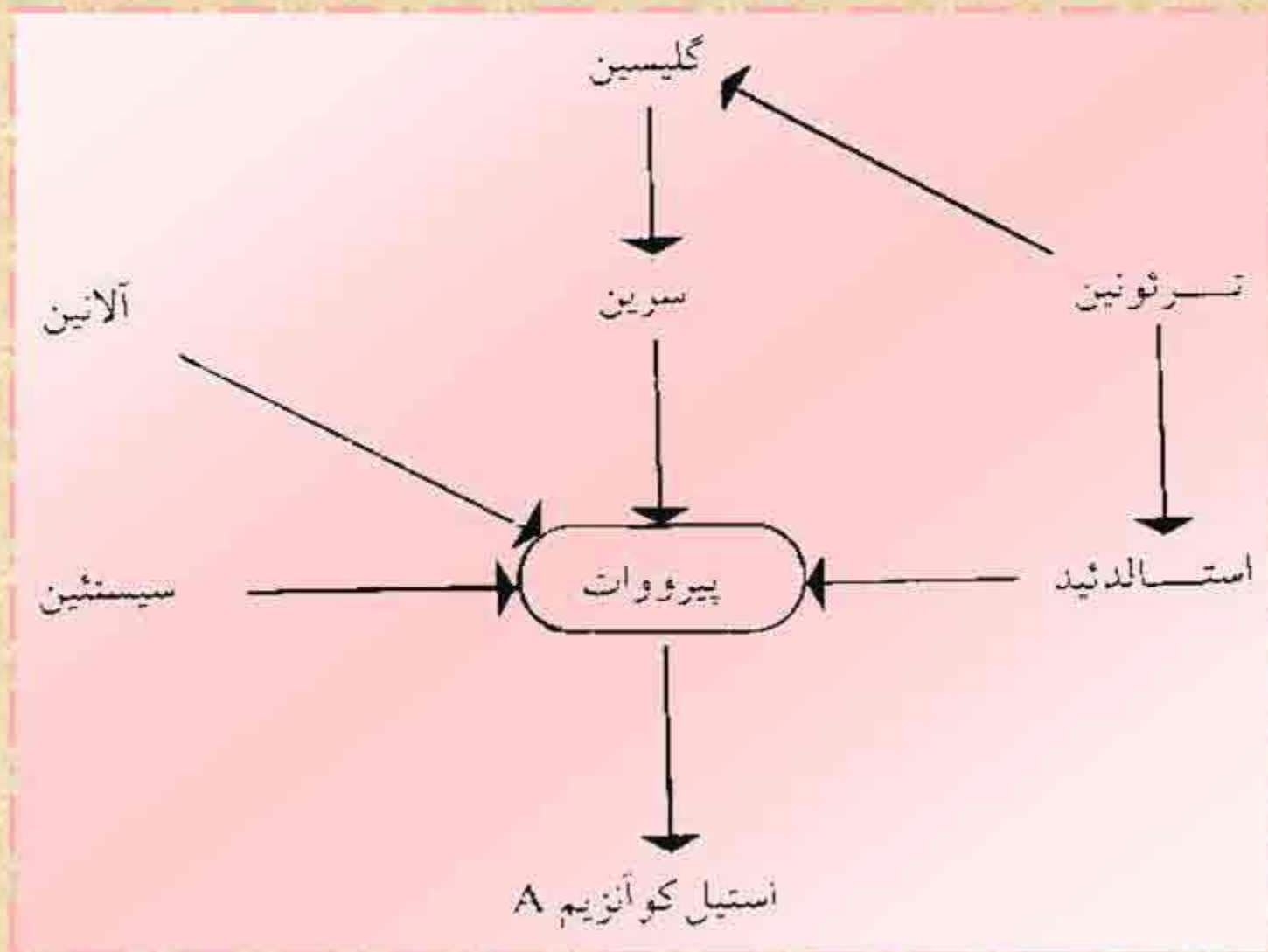
چرخہ اورہ



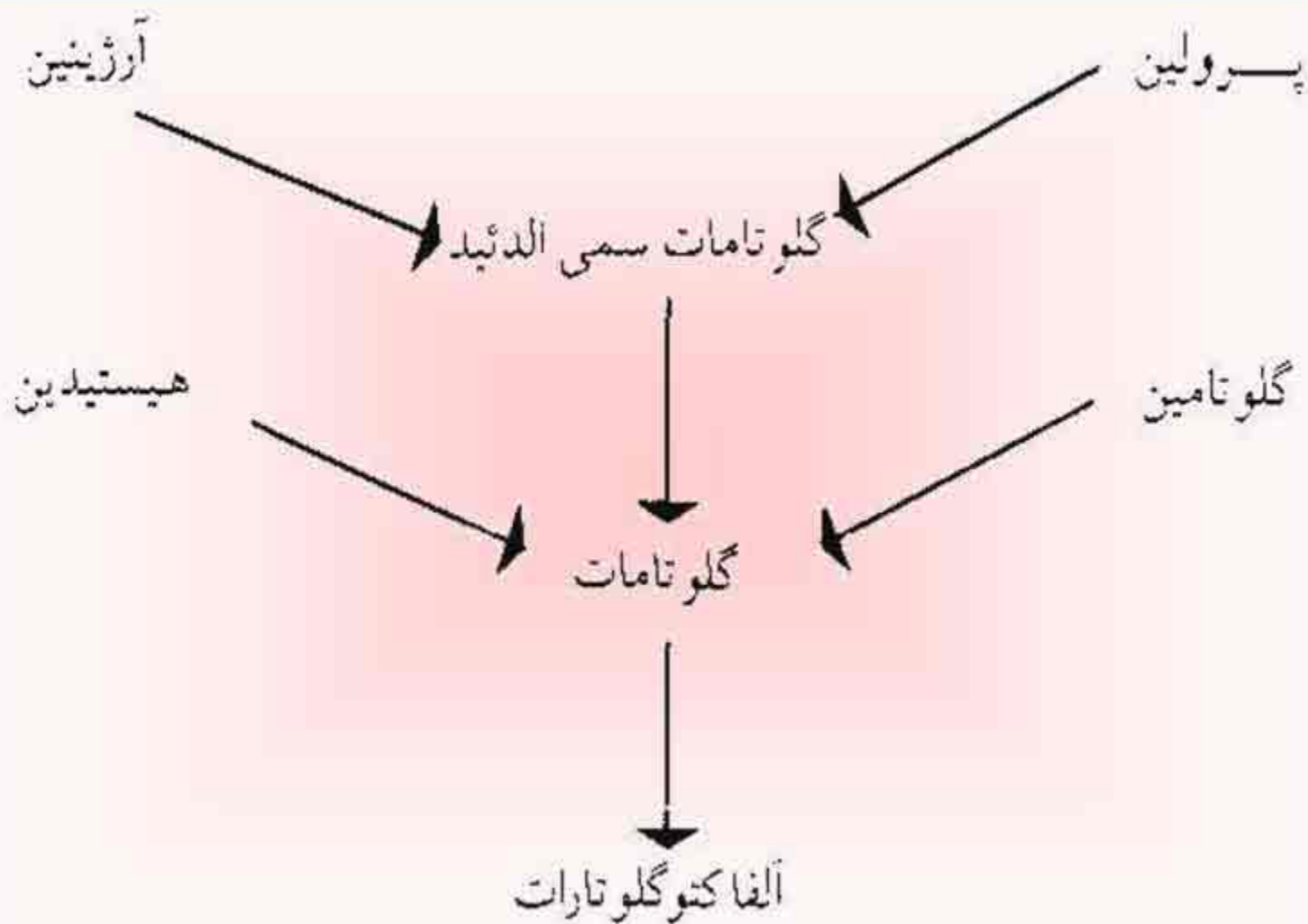
واکنش های چرخه اوره به صورت زیر خلاصه می شود :



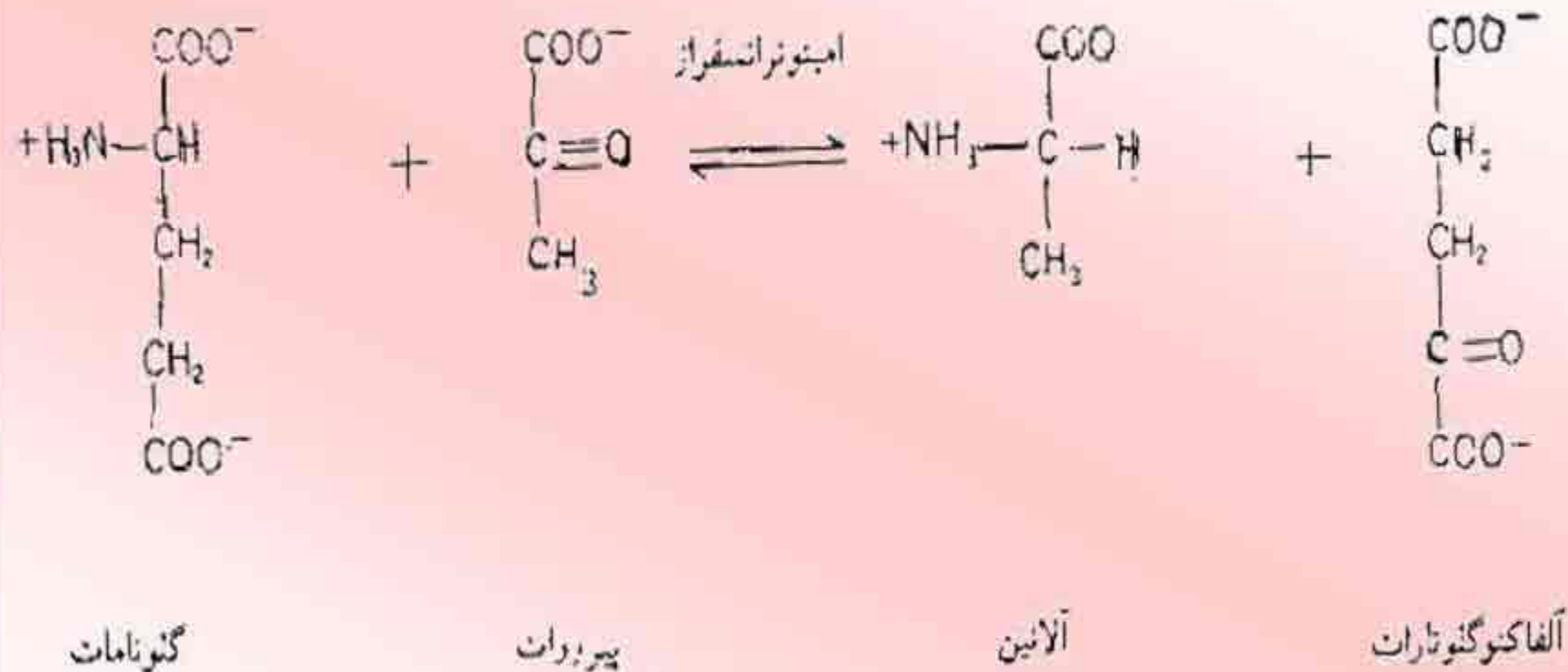
طرح کلی تخریب اسیدهای آمینه زیر

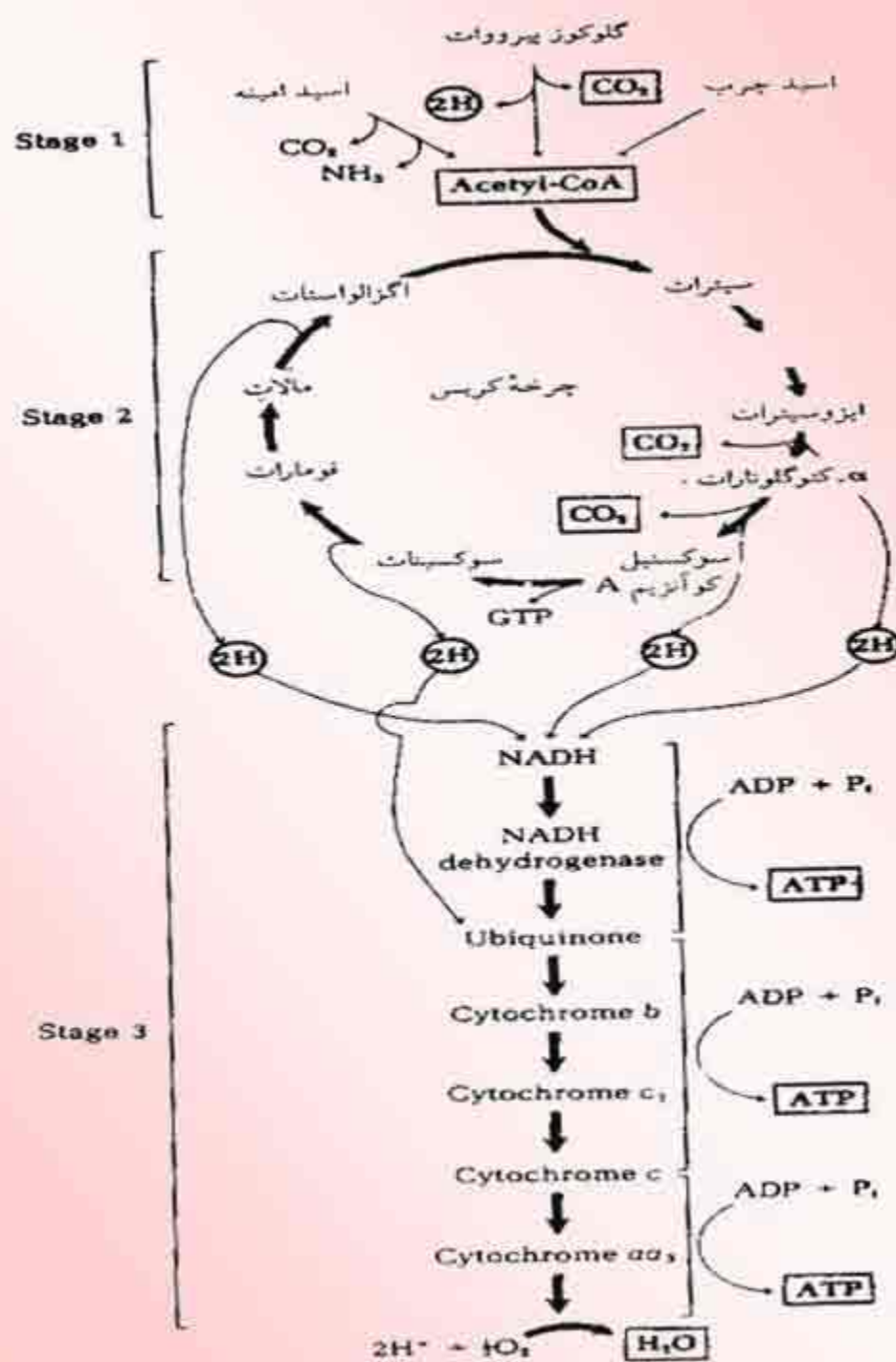


طرح کلی تخریب اسیدهای آمینه زیر



بیوسنتز اسیدهای آمینه





طرح کلی تخریب
درشت مولکول
های زیستی

خود آزمایی

چگونگی تخریب گروه آمین اسیدهای آمینه را بنویسید .
آمنیای سمی طی چه روندی از بدن دفع می گردد ؟
سه ترکیب اصلی که در چرخه اوره شرکت می کنند را نام ببرید .
آسپاراژین و تیروزین چگونه در بدن سنتز می شوند ؟
تخریب باز پیریمیدین را شرح دهید .

گفتار پانزدهم :
بیوسنتز اسیدهای نوکلئیک و پروتئین ها

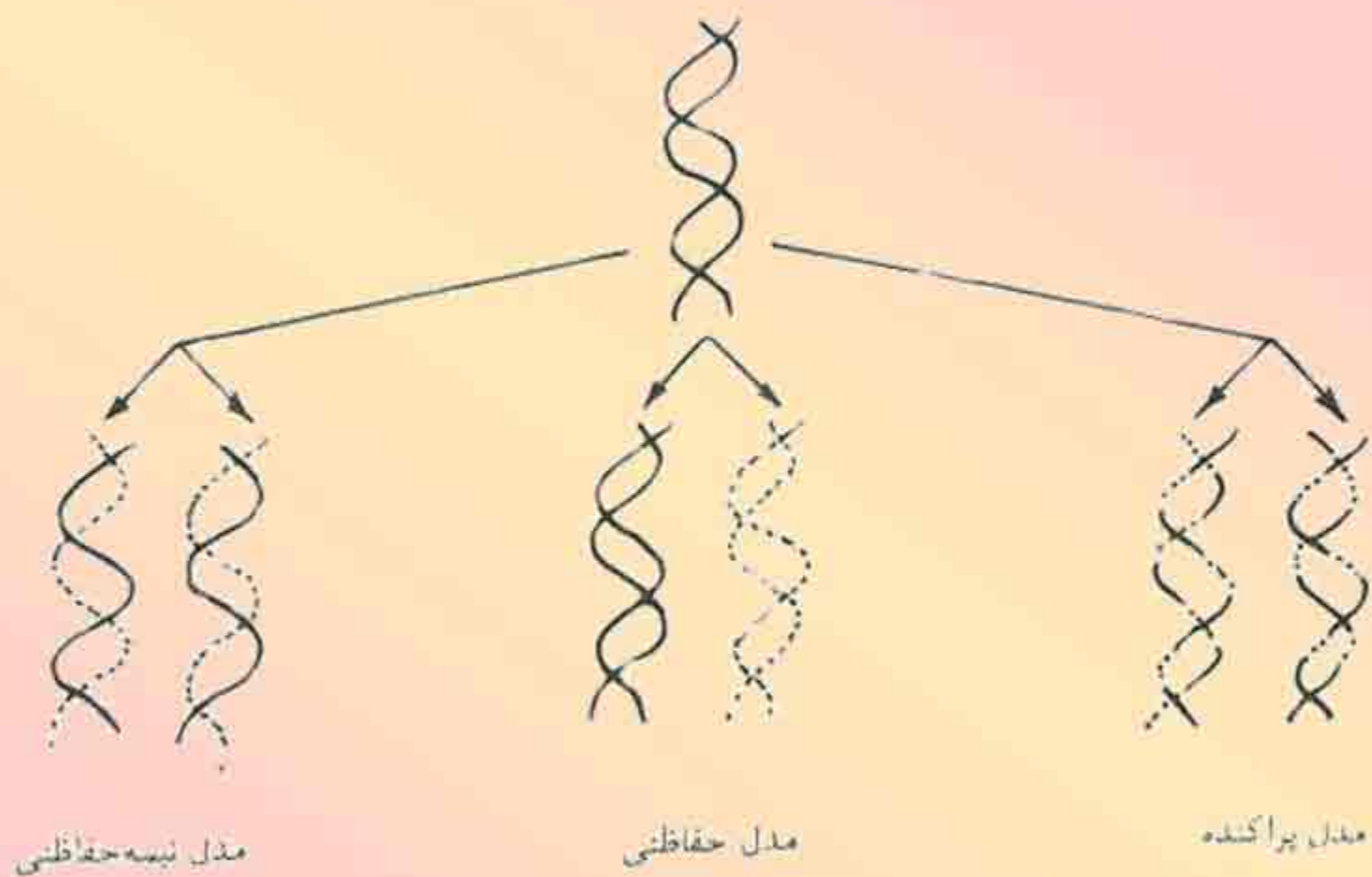
هدف آموزشی کلی

آشنایی با سه فرایند متابولیسمی همانند سازی ، نسخه برداری و ترجمه

هدف های آموزشی جزئی

طرح کلی فرضیه اصلی متابولیسم اسیدهای نوکلئیک و پروتئین ها
آنزیم های درگیر در فرایند همانند سازی
چگونگی همانند سازی DNA
بیوسنتز RNA یا نسخه برداری
مشخصات ترکیبات شرکت کننده در بیوسنتز پروتئین

مدل های پیشنهادی برای همانندسازی DNA



آنزیم های لازم در همانند سازی

پلی مراز

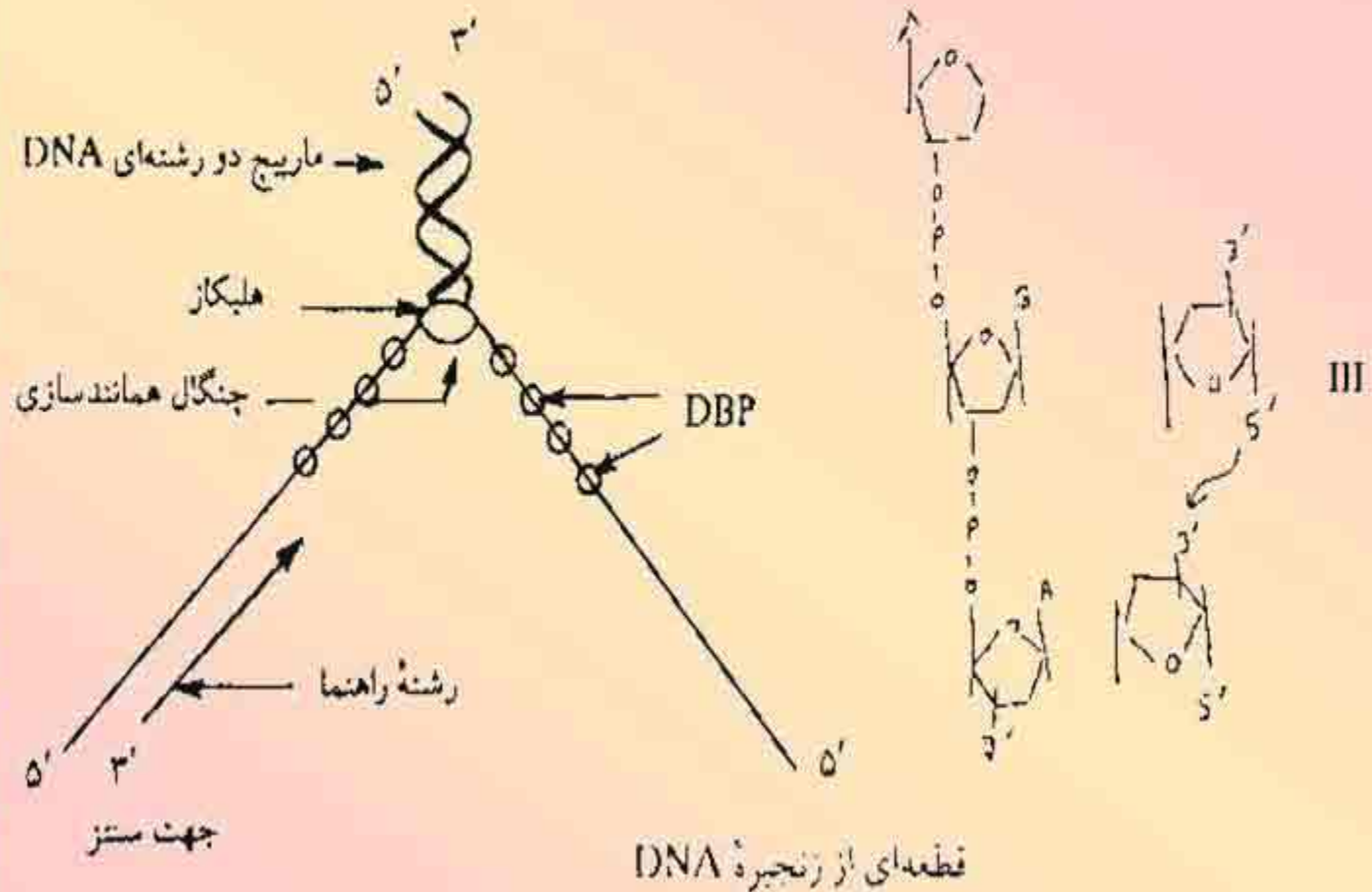
هلیکاز

لیگاز

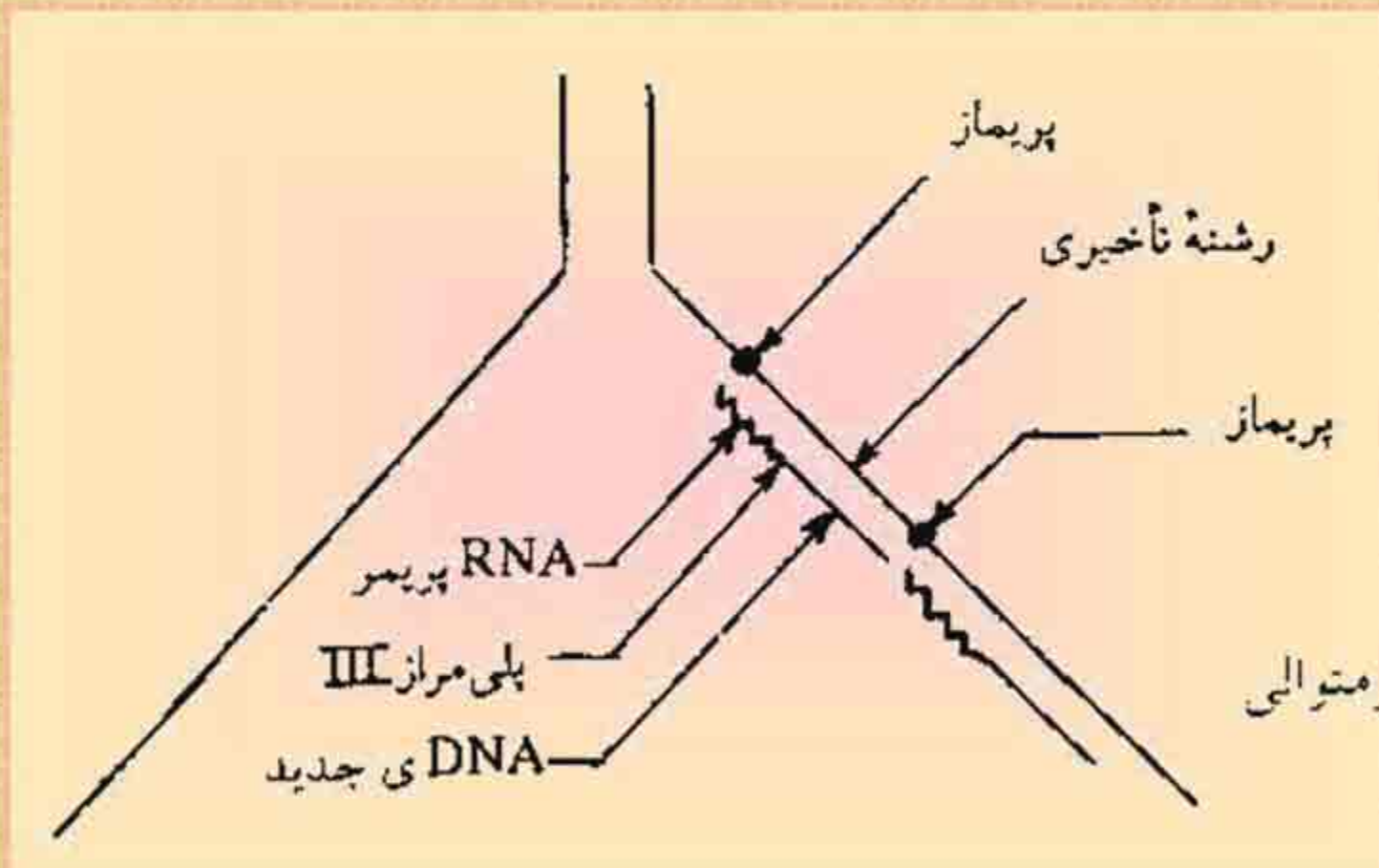
پریماز

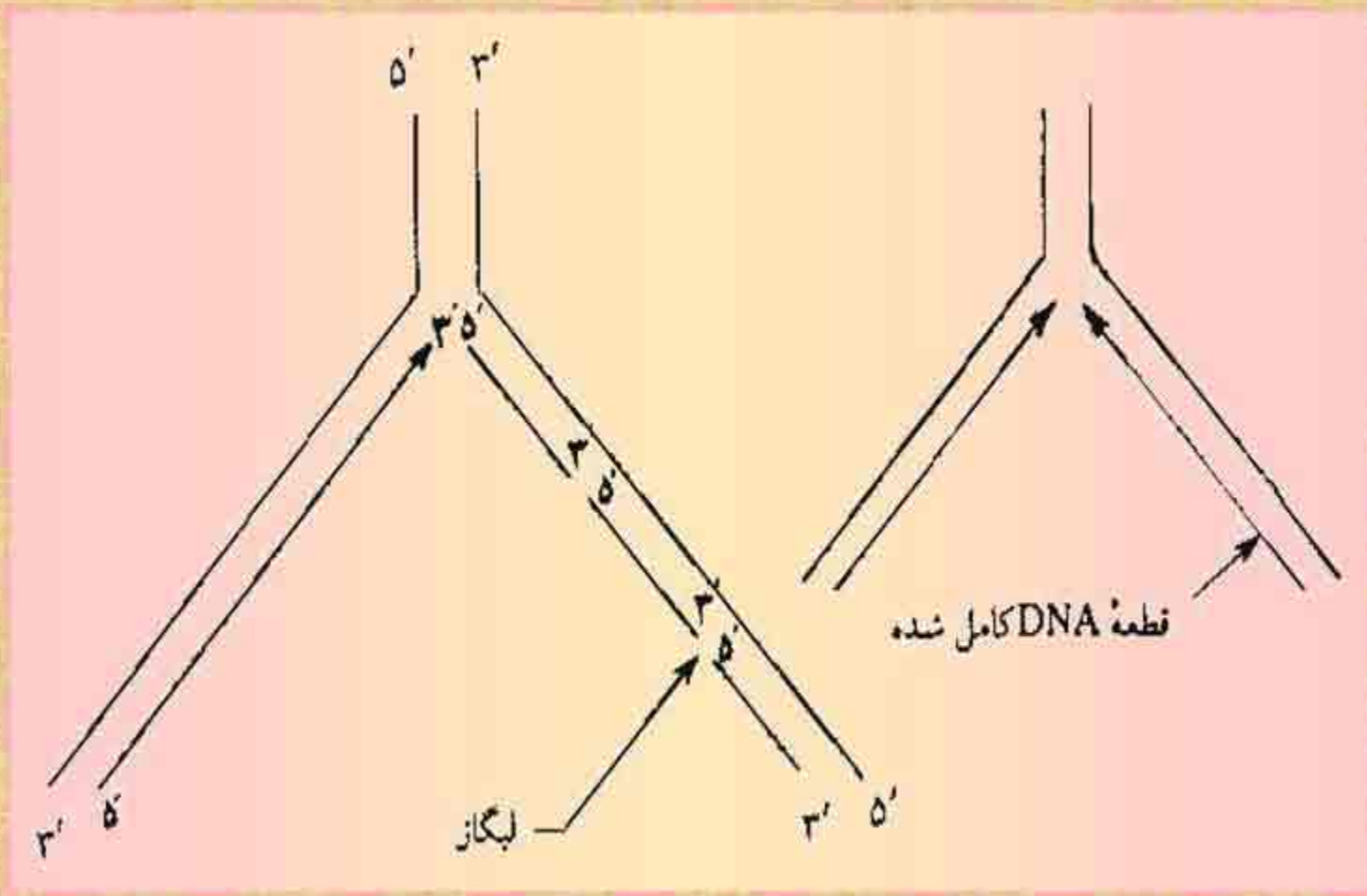
پروتئین های DBP

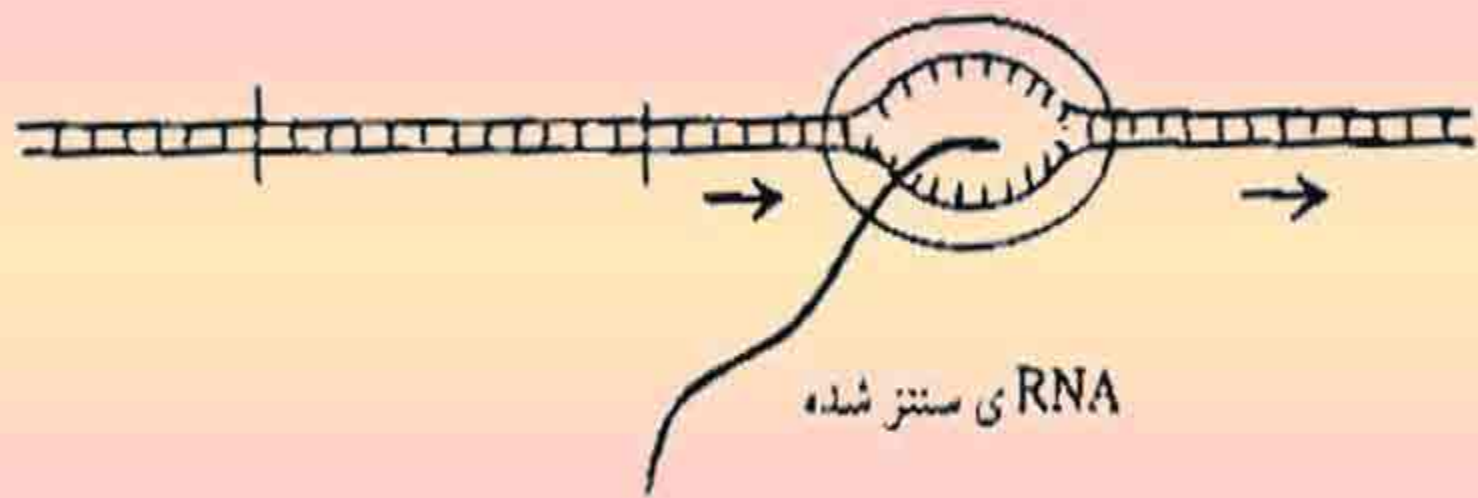
قطعه ای از زنجیره DNA

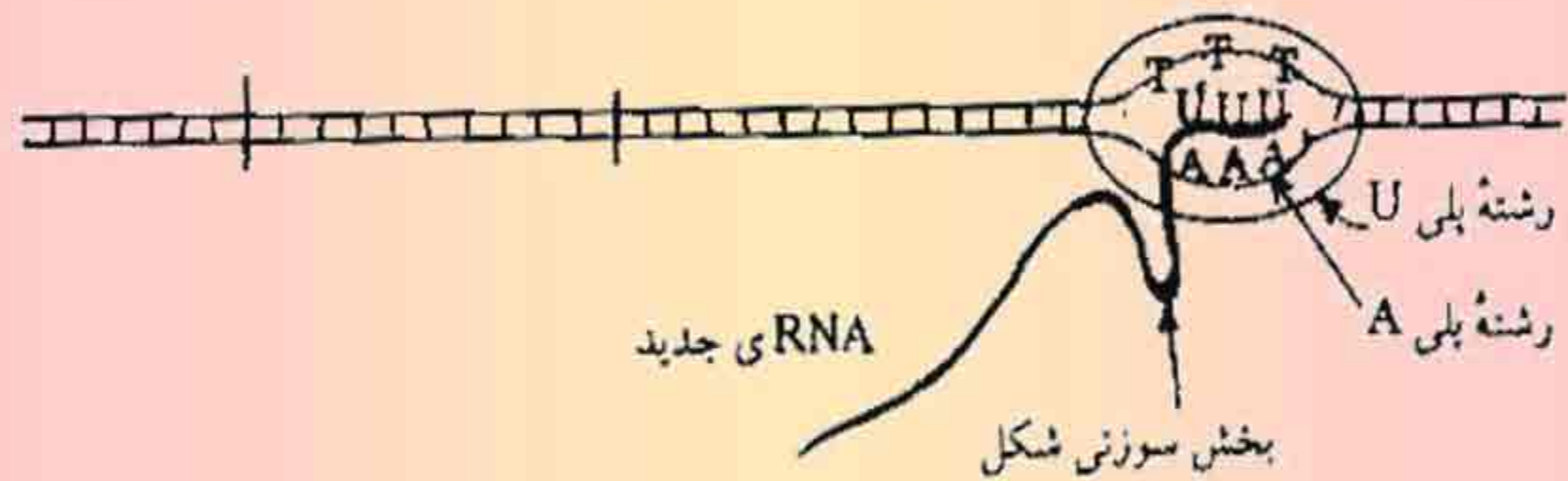


همانند سازی غیر متوالی









ترجمہ یا بیوسنتز پروتئین

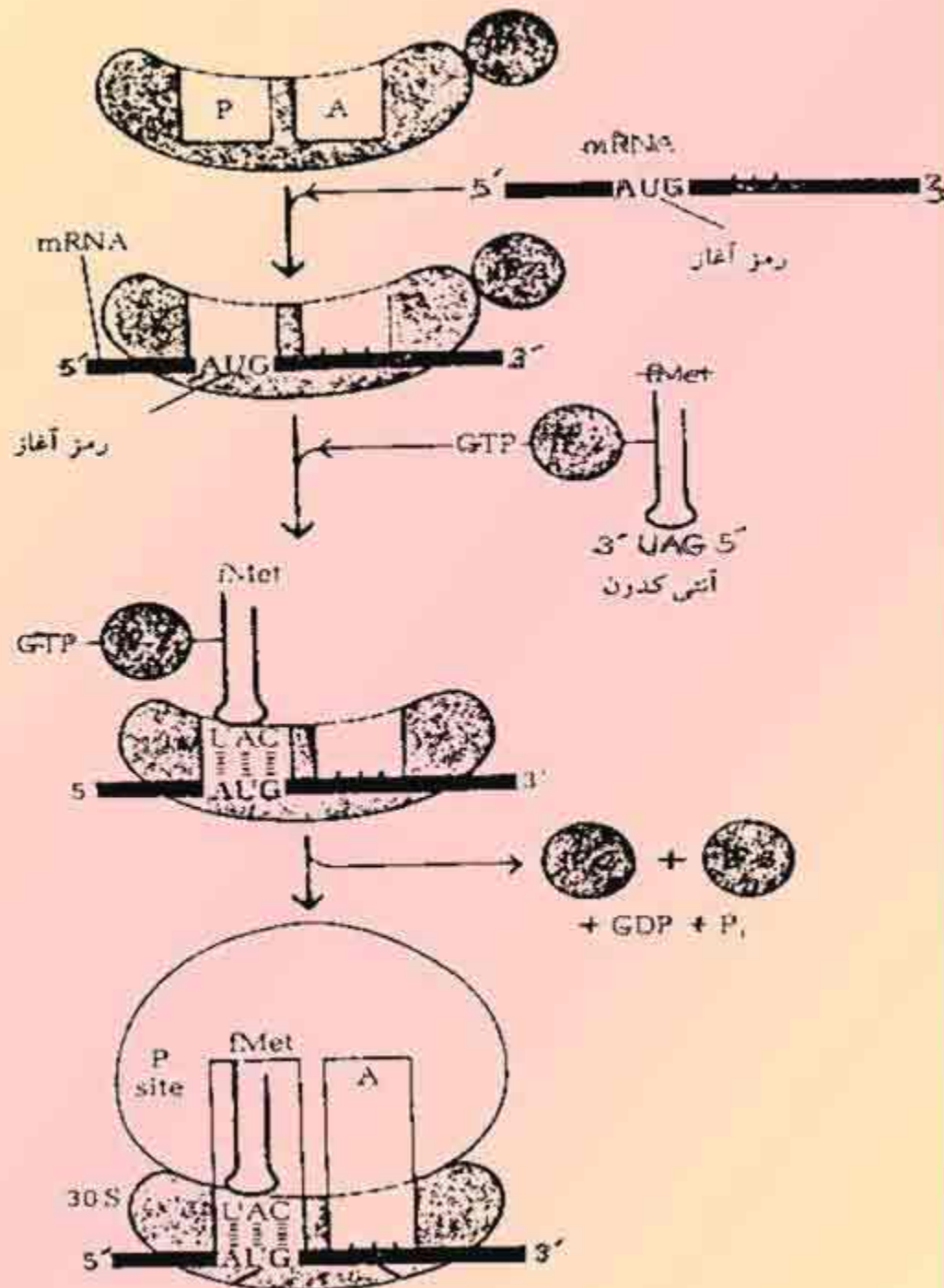
rRNA ، tRNA ، mRNA

مراحل سنتز پروتئین

آغاز سنتز

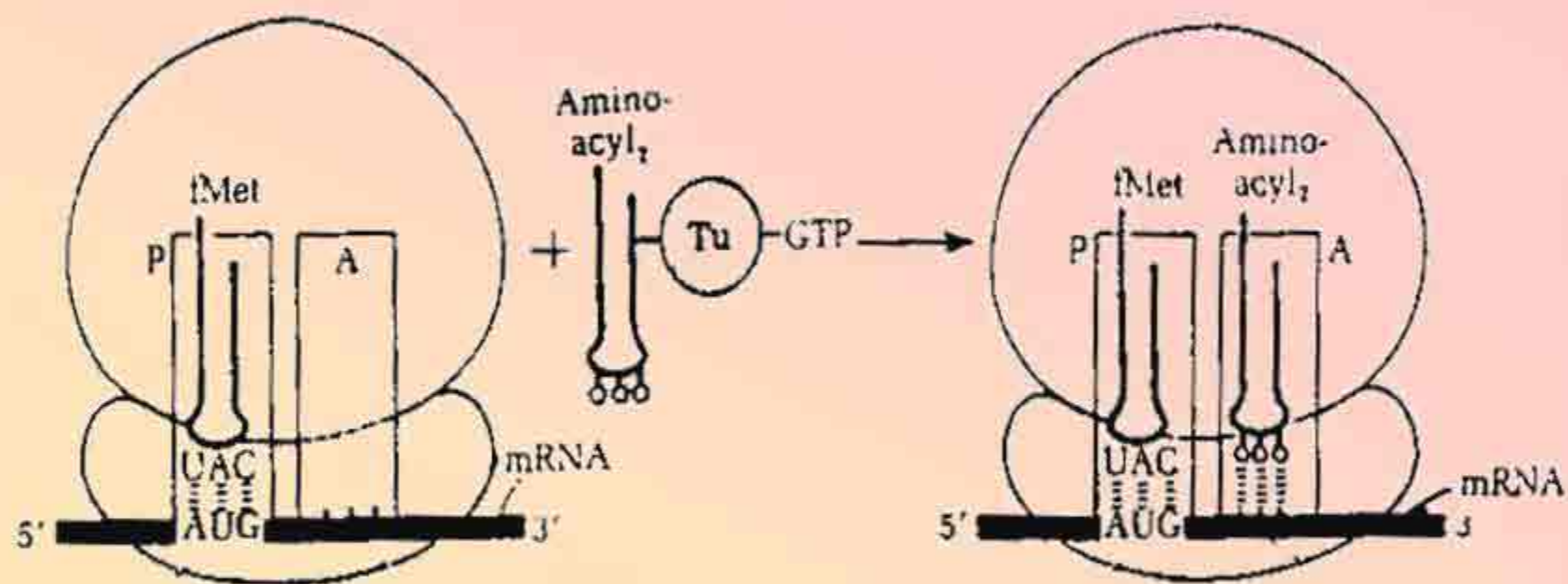
طویل شدن زنجیره

پایان سنتز



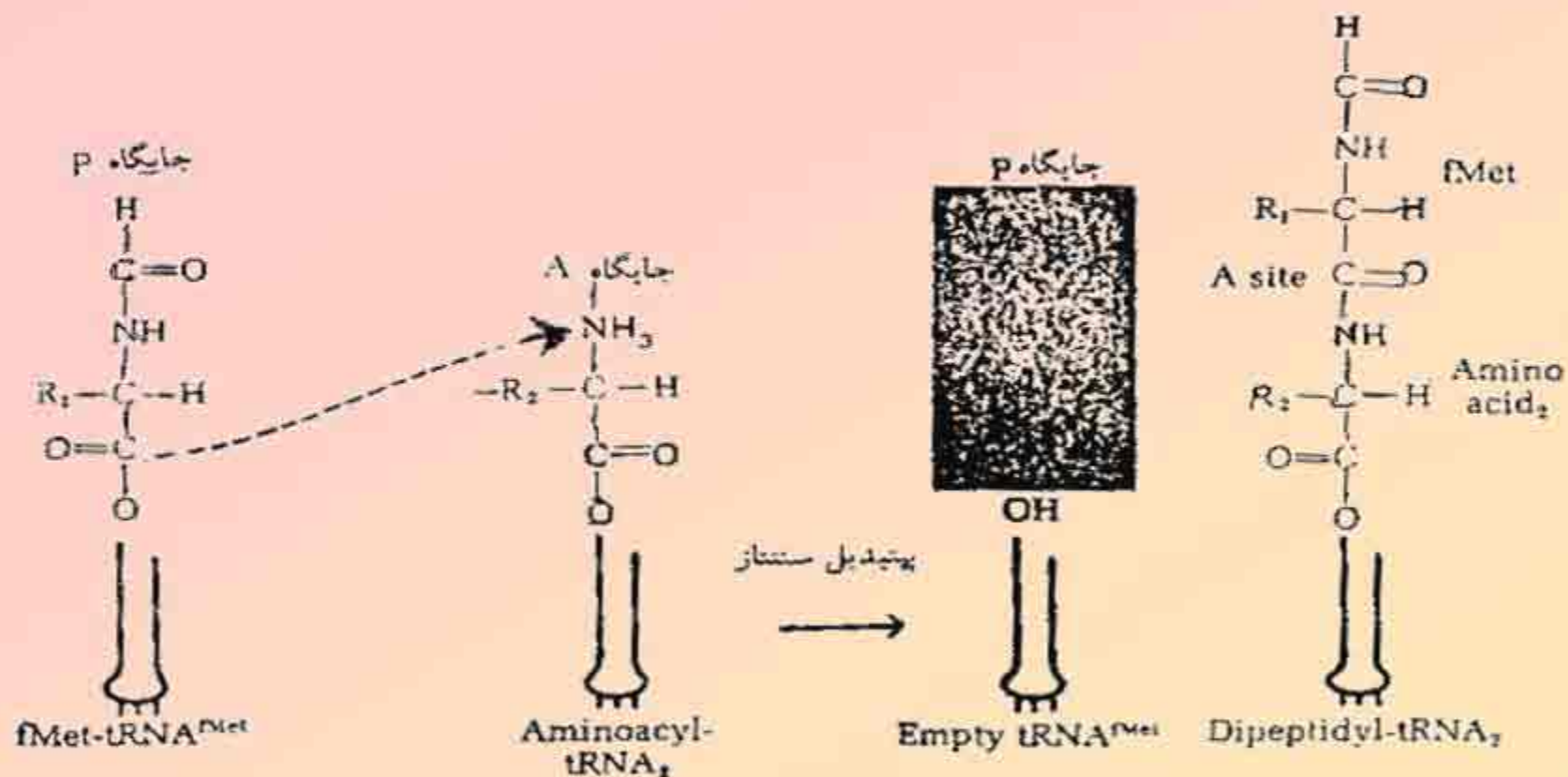
مراحل آغاز سنتز پروتئین

مرحله استقرار دومین اسید آمینه در جایگاه A



مرحله استقرار دومین اسید آمینه در جایگاه A

تشکیل پیوند پپتیدی



تشکیل پیوند پپتیدی

خود آزمایی

نقش DNA پلیمراز I و II را در همانند سازی بنویسید .
آغاز سنتز RNA طی چه مکانیسمی انجام می شود ؟
اتصال اسید آمینه به مولکول tRNA چگونه صورت می گیرد؟
اضافه شدن دو نوکلئوتید A و T به یکدیگر توسط آنزیم پلیمراز III را
با یک فرمول ساده نشان دهید.
مرحله آغاز سنتز پروتئین را توضیح دهید.