

# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

سال تحصیلی ۱۴۰۴-۰۵



مرحله چهارم

پایه دوازدهم

| نام درس    | مباحث                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | مؤلف                                              | ویراستار                                                       | از صفحه | تا صفحه |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------|---------|
| زیست‌شناسی | زیست‌شناسی دهم: فصل ۵ و ۶<br>صفحه ۶۹ تا ۹۶<br>زیست‌شناسی یازدهم: فصل ۶ و ۷<br>صفحه ۷۹ تا ۱۱۸<br>زیست‌شناسی دوازدهم: فصل ۱<br>صفحه ۱ تا ۲۰                                                                                                                                                                   | فاطمه آقاجانپور<br>حسن محمدنشتایی<br>اشکان زرنندی | فاطمه تاجبخش<br>روزا امیری<br>مهناز احمدیان<br>احسان بدری      | ۲       | ۳۷      |
| فیزیک      | فیزیک دهم: فصل ۳<br>صفحه ۵۳ تا ۸۲<br>فیزیک یازدهم: فصل ۲ (از ابتدای ترکیب مقاومت‌ها)<br>و فصل ۳ (تا ابتدای پدیده القای الکترومغناطیسی)<br>صفحه ۵۵ تا ۸۵<br>فیزیک دوازدهم: فصل ۱<br>صفحه ۱ تا ۲۶                                                                                                             | نوید شاهی<br>داوود پاشا                           | امین امینی<br>نرجس تیمناک<br>کسری شاهین‌زاده<br>سینا دشتی‌زاده | ۳۷      | ۵۰      |
| شیمی       | شیمی دهم: فصل ۲<br>(از ابتدای چه بر سر هواکره می‌آوریم؟) و<br>فصل ۳ (تا ابتدای محلول و مقدار حل‌شونده‌ها)<br>صفحه ۶۶ تا ۹۲<br>شیمی یازدهم: فصل ۲ (از ابتدای آنتالپی همان<br>محتوای انرژی است)<br>صفحه ۶۵ تا ۹۸<br>شیمی دوازدهم: فصل ۱ (تا ابتدای pH،<br>مقیاسی برای تعیین میزان اسیدی‌بودن)<br>صفحه ۱ تا ۲۴ | عباس سرمایه<br>معصومه سعیدی<br>سروش عبادی         | بنیامین یعقوبی<br>مهدی سلطانی                                  | ۵۰      | ۷۵      |
| ریاضی      | ریاضی دوازدهم: فصل ۱<br>صفحه ۱ تا ۳۰<br>ریاضی دهم: مرتبط: فصل ۵<br>صفحه ۹۴ تا ۱۱۷<br>ریاضی یازدهم: مرتبط: فصل ۳<br>صفحه ۴۷ تا ۷۰<br>مستقل دهم: فصل ۱ و ۲<br>صفحه ۱ تا ۴۶<br>مستقل یازدهم: فصل ۴ و ۶<br>صفحه ۷۱ تا ۹۴ و ۱۱۹ تا ۱۴۲                                                                           | علی شهرابی                                        | محسن فراهانی                                                   | ۷۵      | ۱۰۰     |

ویژه کنکوری‌های ۱۴۰۵



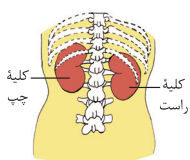
### زیست شناسی

#### پایه دهم

#### فصل پنجم: گفتار: هم ایستایی و کلیه ها

- همهٔ یاخته‌های بدن ما با محیط مایع در ارتباط اند.
- غلظت مایع اطراف یاخته‌های بدن با غلظت درون یاخته‌ها مشابه (نه لزومن یکسان) است.
- اگر غلظت مایع اطراف یاخته‌ها رقیق‌تر یا غلیظ‌تر از یاخته‌ها باشد تهدیدی جدی برای ادامهٔ حیات ما خواهد بود؛ چون ممکن است به ورود بیش از حد آب به یاخته یا خروج آب از آن منجر شود.
- ورزش کردن در یک روز گرم تابستانی ← از دست دادن آب با عرق کردن ← کاهش حجم ادرار
- کمبود آب، اکسیژن و مواد مغذی یا انباشته شدن مواد دفعی یاخته‌ها مثل کربن دی اکسید و مواد دفعی نیتروژن دار از جمله مواردی است که ادامهٔ حیات را تهدید می کنند.
- حفظ وضعیت درونی بدن در محدوده‌ای ثابت (هم ایستایی)، برای تداوم حیات، ضرورت دارد.
- اگر وضعیت درونی بدن از تعادل خارج شود، بعضی مواد، بیش از حد لازم یا کم تر از حد لازم به یاخته‌ها می رسند. بسیاری از بیماری‌ها در نتیجهٔ بر هم خوردن هم ایستایی پدید می آیند.
- نقش کلیه‌ها: نقش اساسی در حفظ هم ایستایی + حفظ تعادل آب + حفظ تعادل اسید - باز + حفظ تعادل یون‌ها + دفع مواد سمی و مواد زائد نیتروژن دار + ترشح هورمون اریتروپویتین برای تولید گویچهٔ قرمز

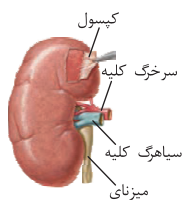
#### – ساختار بیرونی کلیه و حفاظت از آن –



موقعیت کلیه‌ها در بدن انسان (نمای پشتی)

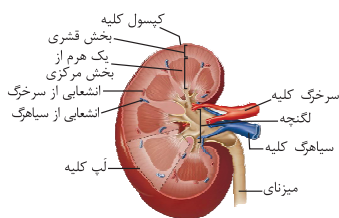
- کلیه‌ها، اندام‌هایی لوبیایی شکل‌اند و به تعداد دو عدد در طرفین ستون مهره‌ها و پشت محوطهٔ شکمی قرار دارند.
- اندازهٔ کلیه در فرد بالغ، تقریباً به اندازهٔ مشت بستهٔ اوست.
- به علت موقعیت قرارگیری و شکل کبد، کلیهٔ راست قدری پایین‌تر از کلیهٔ چپ واقع است.
- در ارتباط با آناتومی کلیه باید بداند که:
  - ۱ در سطح جلویی کلیهٔ راست، بخشی از کبد و کولون بالارو و در سطح جلویی کلیهٔ چپ، بخشی از لوزالمعده و کولون پایین‌رو!
  - ۲ هر دو کلیه در سطح زیرین دیافراگم قرار دارند.
  - شکل و موقعیت کبد در سمت راست بدن باعث می شود که:
    - ۱ کلیهٔ چپ بالاتر از کلیهٔ راست باشد.
    - ۲ نیمهٔ راست دیافراگم بالاتر از نیمهٔ چپ آن باشد.
    - ۳ نیمهٔ راست کولون افقی پایین‌تر از نیمهٔ چپ آن باشد.

#### – عوامل محافظتی از کلیه‌ها –



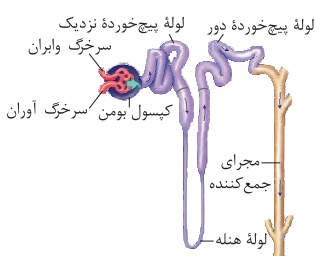
- الف) دنده‌ها ← از کلیهٔ چپ دنده‌های ۱۱ و ۱۲، ولی از کلیهٔ راست فقط دندهٔ ۱۲ محافظت می کند.
- ب) کپسول کلیه ← پردهٔ شفافیه از جنس بافت پیوندی رشته‌ای که اطراف هر کلیه را در بر گرفته است. کپسول کلیه با بریدن قسمتی از آن، به راحتی جدا می شود.
- پ) چربی اطراف کلیه ← علاوه بر حفاظت کلیه از ضربه در حفظ موقعیت آن نیز نقش دارد.
- تحلیل بیش از حد این چربی در افرادی که برنامهٔ کاهش وزن سریع و شدید به کار می گیرند ممکن است سبب افتادگی کلیه و تاخوردگی میزنای شود. در این صورت، فرد با خطر بسته شدن میزنای و عدم تخلیهٔ مناسب ادرار از کلیه روبه‌رو می شود که در نهایت به نارسایی کلیه خواهد انجامید.

#### – ساختار درونی کلیه –



- در برش طولی کلیه، سه ناحیهٔ مشخص دیده می شود که از بیرون به درون عبارت‌اند از: بخش قشری، بخش مرکزی و لگنچه.
- در بخش مرکزی، تعدادی ساختار هرمی شکل دیده می شود که هرم‌های کلیه نام دارند.
- قاعدهٔ هرم‌ها به سمت بخش قشری و رأس آن‌ها به سمت لگنچه است.
- هر هرم و ناحیهٔ قشری مربوط به آن را یک لپ کلیه می نامند.
- لگنچه، ساختاری شبیه به قیف دارد. ادرار تولیدشده، به آن وارد و به میزنای هدایت می شود تا کلیه را ترک کند.
- در وسط لگنچه، منفذ میزنای وجود دارد.
- سرخرگ کلیه قبل از ورود به کلیه، در محل فرورفتگی کلیه، به سرخرگ‌های باریک‌تر منشعب می شود، و سیاهرگ‌های کوچک کلیه در بیرون از فرورفتگی کلیه به هم می پیوندند و سیاهرگ کلیه را ایجاد می کنند.

#### – گردیزه (نفرون) ها –



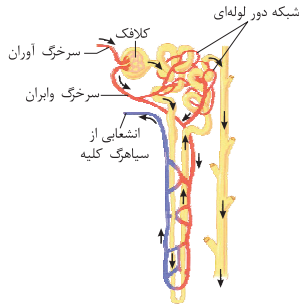
- هر کلیه از حدود یک میلیون گردیزه تشکیل شده است که فرایند تشکیل ادرار در آن‌ها آغاز می شود.
- ابتدای گردیزه شبیه قیف است و کپسول بومن نام دارد.
- ادامهٔ گردیزه، لوله‌ای شکل است و در قسمت‌هایی از طول خود، پیچ‌خوردگی‌هایی دارد که به ترتیب عبارت‌اند از: لولهٔ پیچ‌خوردهٔ نزدیک، قوس هنله که لاشکل است و لولهٔ پیچ‌خوردهٔ دور که گردیزه را به مجرای جمع کننده متصل می کند.



### بررسی شکل صفحه قبل:

۱ هر کلیه از حدود یک میلیون گردیزه تشکیل شده است که فرایند تشکیل ادرار در آن‌ها آغاز می‌شود. ۲ ابتدای گردیزه شبیه قیف است و کپسول بومن نام دارد. ۳ بخش‌های قیف‌مانند کلیه: کپسول بومن و لگنچه ۴ هر گردیزه ۴ بخش دارد: کپسول بومن، پیچ‌خورده نزدیک، قوس هنله و پیچ‌خورده دور! ۵ مجرای جمع‌کننده جزء نفرون نیست! هر مجرای جمع‌کننده به چند نفرون متصل است و از آن‌ها مایع تراوش شده را دریافت می‌کند. در این مجرا با انجام فرایندهای بازجذب و ترشح، ترکیب نهایی ادرار مشخص می‌شود. ۶ میزان پیچ‌خوردگی در لوله پیچ‌خورده نزدیک بیشتر از پیچ‌خورده دور است. ۷ قوس هنله در تمام طول خود ضخامت یکسانی ندارد. در شاخه نزولی، طول قسمت باریک بیشتر از قسمت پهن است ولی در شاخه صعودی، طول قسمت پهن تر بیشتر است. ۸ هنله از بخش پهن تر خود به لوله‌های پیچ‌خورده نزدیک و دور متصل است. ۹ قطورترین بخش هنله در ابتدای آن و در محل اتصال به لوله پیچ‌خورده نزدیک قرار دارد. ۱۰ محل تغییر ضخامت در هنله نزولی و صعودی در یک راستا قرار ندارد. ۱۱ ضخامت مجرای جمع‌کننده ادرار از بالا به پایین افزایش می‌یابد. ۱۲ ضخامت لوله پیچ‌خورده نزدیک نسبت به پیچ‌خورده دور، بیشتر است.

### گردش خون در کلیه -



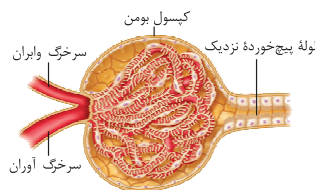
- منشأ ادرار از خون است و بنابراین بین گردیزه و رگ‌های خونی، ارتباط تنگاتنگی وجود دارد.
- دو شبکه مویرگی در ارتباط با گردیزه مشاهده می‌شود. اولی به نام کلافک (گلومرول) که درون کپسول بومن قرار دارد و دومی به نام دور لوله‌ای که اطراف قسمت‌های دیگر گردیزه را فراگرفته است.
- مسیر گردش خون در کلیه را ببینید: بطن چپ → سرخرگ آئورت → سرخرگ کلیه → سرخرگ بین هرمی → سرخرگ‌های کوچک‌تر → سرخرگ اوران → کلافک (گلومرول) → سرخرگ وایران → شبکه مویرگی دور لوله‌ای → سیاهرگ کوچک → سیاهرگ بین هرمی → سیاهرگ کلیه → بزرگ‌سیاهرگ زیرین → دهلیز راست
- دقت کنید که سرخرگ اوران انشعاب انتهایی سرخرگ‌های کوچک‌تر بخش قشری است.
- سرخرگ وایران خارج‌شده از کلافک در مجاورت محل اتصال پیچ‌خورده نزدیک به هنله، به دو انشعاب تقسیم می‌شود: الف) انشعاب اول → به سمت لوله‌های پیچ‌خورده نزدیک و دور می‌رود. ب) انشعاب دوم → به سمت هنله صعودی می‌رود.
- این دو انشعاب در نهایت در محل اتصال هنله صعودی به پیچ‌خورده دور به یکدیگر متصل می‌شوند.
- جهت حرکت خون درون رگ اطراف هنله با جهت حرکت مایع درون هنله یکسان نیست.

| شبکه دوم مویرگی (شبکه دور لوله‌ای) | شبکه اول مویرگی (کلافک) | محل قرارگیری                                      |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| اطراف لوله‌های پیچ‌خورده و هنله    | درون کپسول بومن         | رگ ورودی به آن                                    |
| سرخرگ با خون روشن                  | سرخرگ با خون روشن       | رگ خروجی از آن                                    |
| سیاهرگ با خون تیره                 | سرخرگ با خون روشن       | در دو سمت خود یک نوع رگ دارد.                     |
| x                                  | ✓                       | در کدام مرحله تشکیل ادرار نقش دارد؟               |
| بازجذب و ترشح                      | تراوش                   | تبادل مواد با گردیزه را به چه صورتی انجام می‌دهد؟ |
| دوطرفه                             | یک‌طرفه                 | نوع مویرگ                                         |
| منفذدار                            |                         |                                                   |

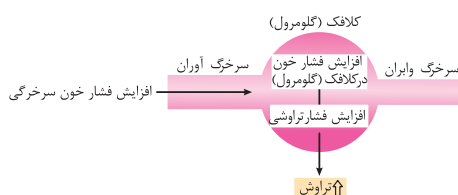
### گفتار ۲: تشکیل ادرار و تخلیه آن

فرایند تشکیل ادرار، شامل سه مرحله است که عبارت‌اند از: تراوش، بازجذب و ترشح.

### تراوش -



- تراوش، نخستین مرحله تشکیل ادرار است.
- در این مرحله بخشی از خوناب در نتیجه فشار خون از کلافک خارج شده و به کپسول بومن وارد می‌شوند.
- مواد براساس اندازه وارد گردیزه می‌شوند و هیچ انتخاب دیگری صورت نمی‌گیرد. بنابراین، هم مواد دفعی مثل اوره و هم مواد مفید مثل گلوکز و آمینواسیدها به گردیزه وارد می‌شوند.
- ساختار کلافک و ساختار کپسول بومن برای تراوش متناسب شده است.
- مویرگ‌های کلافک از نوع منفذدار هستند و بنابراین امکان خروج مواد از آن‌ها به خوبی فراهم است. مولکول‌های بزرگ نمی‌توانند وارد کپسول بومن شوند.



برای این‌که فشار تراوشی به حد کافی زیاد باشد سازوکار ویژه‌ای برای کلافک در نظر گرفته شده است. قطر سرخرگ اوران بیشتر از قطر سرخرگ وایران است و این، فشار تراوشی را در مویرگ‌های کلافک افزایش می‌دهد. چون قطر سرخرگ اوران بیشتر از سرخرگ وایران است؛ فون زیادی وارد کلافک می‌شود اما این فون نمی‌تواند سریع از کلافک خارج شود؛ در واقع قطر کم‌تر وایران باعث می‌شود فون در کلافک تجمع کند و جمع شدن فون در آن، فشار تراوشی و در نتیجه تراوش را در کلافک افزایش می‌دهد. این سازوکار ویژه (کم‌تر بودن قطر وایران نسبت به اوران) باعث افزایش فشار تراوشی در آن منطقه شده و در نهایت زیاد شدن مقدار تراوش و افزایش مقدار مایع تراوش شده به نفرون را موجب می‌شود. همین‌ها رو به صورت شکل هم ببینید که خوب یا بیفته!

● اطراف کلافک را کیسول بومن احاطه کرده است.

● کیسول بومن شامل دو دیواره است:

الف) دیواره بیرونی از یاخته‌های پوششی سنگفرشی ساده تشکیل شده است.

ب) دیواره درونی که با کلافک در تماس است، از یاخته‌هایی به نام پودوسیت تشکیل شده است.

### پودوسیت‌ها -

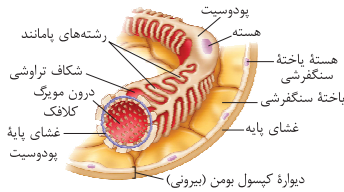
● نوع خاصی از یاخته‌های پوششی هستند.

● هر یک از پودوسیت‌ها رشته‌های کوتاه و پاماند فراوانی دارد.

● پودوسیت‌ها با پاهای خود اطراف مویرگ‌های کلافک را احاطه کرده‌اند.

● شکاف‌های باریک متعددی که در فواصل بین پاها وجود دارد به خوبی امکان نفوذ مواد را به گردیزه فراهم می‌کند.

### بررسی یک شکل مهم!



● در پودوسیت‌ها از محل قرارگیری هسته در یاخته، چند زائده بزرگ ایجاد می‌شوند که از آن‌ها زوائد کوچک‌تر و موازی ایجاد می‌شوند و رشته‌های پاماند را تشکیل می‌دهند.

● ضخامت پودوسیت از ضخامت یاخته سنگفرشی ساده لایه بیرونی کیسول بومن بیشتر است.

● شکاف‌های تراوشی می‌تواند بین رشته‌های پاماند یک پودوسیت و یا با یک پودوسیت دیگر ایجاد شود.

● رشته‌های پاماند قسمت اعظم سطح یک مویرگ را می‌پوشانند و در تماس مستقیم با غشای پایه مویرگ هستند.

● بین یاخته‌های پودوسیت و دیواره مویرگ، غشای پایه مشترک وجود دارد.

### بازجذب -

● جذب شدن دوباره مواد مفید خارج شده از خون طی تراوش به خون، بازجذب نام دارد.

● موادی که بازجذب می‌شوند از شبکه مویرگی اول خارج شده و به شبکه مویرگی دوم وارد می‌شوند.

● در بیشتر موارد، بازجذب فعال است و با صرف انرژی زیستی انجام می‌گیرد؛ گرچه بازجذب ممکن است غیرفعال باشد، مثل بازجذب آب که با اسمز انجام می‌شود.

● به محض ورود مواد تراوش شده به لوله پیچ‌خورده نزدیک، بازجذب آغاز می‌شود.

● دیواره لوله پیچ‌خورده نزدیک از یک لایه بافت پوششی مکعبی تشکیل شده است که ریزپرز دارند. ریزپرها سطح بازجذب را افزایش می‌دهند. به علت وجود ریزپرها، فرافراوان در لوله پیچ‌خورده نزدیک، مقدار مواد بازجذب شده در این قسمت از گردیزه، بیش از سایر قسمت‌هاست.

● یاخته‌های دیواره پیچ‌خورده نزدیک هم در سطح رأسی و هم در سطح قاعده‌ای، چین‌خوردگی غشایی دارند. البته تعداد چین‌خوردگی‌های غشایی سطح قاعده‌ای از سطح رأسی بسیار کم‌تر است.

● بخش قاعده‌ای این یاخته‌ها نسبت به سطح رأسی پهنای بیشتری دارد.

● در یاخته‌های پیچ‌خورده نزدیک، میتوکندری‌ها تقریباً عمود بر غشای یاخته قرار دارند. (کنکور ۱۴۰۱)

### ترشح -

● ترشح در جهت مخالف بازجذب رخ می‌دهد و در آن موادی که لازم است دفع شوند از مویرگ‌های دور لوله‌ای یا خود یاخته‌های گردیزه به درون گردیزه ترشح می‌شوند.

● ترشح در بیشتر موارد به روش فعال و با صرف انرژی زیستی انجام می‌گیرد.

● ترشح در تنظیم میزان pH خون، نقش مهمی دارد.

● اگر pH خون کاهش یابد، کلیه‌ها یون هیدروژن را ترشح می‌کنند. اگر pH خون افزایش یابد، کلیه بیکربنات بیشتری دفع می‌کند و به این ترتیب pH خون را در محدوده ثابتی نگه می‌دارد.

● یون هیدروژن فقط تراوش و ترشح می‌شود و یون بیکربنات هم فقط تراوش و بازجذب می‌شود. در واقع در شرایطی که PH خون زیاد می‌شود، بازجذب بیکربنات کم می‌شود و در زمان کاهش PH خون ترشح  $H^+$  زیاد می‌شود.

● بعضی سموم و داروها به وسیله ترشح دفع می‌شوند.

| بازجذب                              | ترشح                                    | تراوش          | چندمین مرحله تشکیل ادرار است؟           |
|-------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|
| —                                   | —                                       | اولین          | در کدام بخش از گردیزه انجام می‌شود؟     |
| همه بخش‌های گردیزه به جز کیسول بومن | ✓                                       | فقط کیسول بومن | در مجرای جمع کننده انجام می‌شود.        |
| ✓                                   | ×                                       | ×              | مواد بر چه اساسی وارد گردیزه می‌شوند؟   |
| اندازه و نیاز بدن به آن ماده        | در بیشتر موارد با مصرف انرژی زیستی است. | فقط اندازه     | مصرف انرژی زیستی                        |
| ×                                   | ✓                                       | ندارد          | مواد در جهت خروج از مویرگ حرکت می‌کنند. |
| ×                                   | ×                                       | ×              | مواد در جهت ورود به مویرگ حرکت می‌کنند. |
| ✓                                   | ×                                       | ×              | در کدام شبکه مویرگی کلیه دیده می‌شود؟   |
| دوم (دور لوله‌ای)                   |                                         | اول (گلومرول)  |                                         |

### تخلیه ادرار -

● ادرار پس از ساخته شدن در کلیه، از طریق میزنای به مثانه وارد می‌شود.

● حرکت کرمی دیواره میزنای، که نتیجه انقباضات ماهیچه صاف دیواره آن است، ادرار را به پیش می‌راند.

● پس از ورود ادرار به مثانه، دریچه‌ای که حاصل چین‌خوردگی مخاط مثانه بر روی دهانه میزنای است مانع بازگشت ادرار به میزنای می‌شود.

● دریچه، حاصل چین‌خوردگی بافت پوششی است و در ساختار خود فاقد بافت ماهیچه‌ای است، ولی بنداره از جنس ماهیچه است.

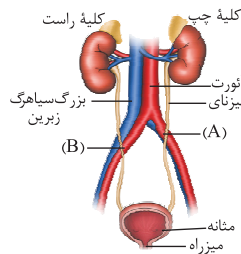
- مثانه، کیسه‌ای است ماهیچه‌ای که ادرار را موقتاً ذخیره می‌کند. چنانچه حجم ادرار جمع شده در آن از حد مشخصی فراتر رود، کشیدگی دیواره مثانه باعث فعال شدن سازوکار تخلیه ادرار می‌شود.
- در نوزادان و کودکانی که هنوز در ارتباط مغز و نخاع آنان به طور کامل شکل نگرفته است، تخلیه مثانه به صورت غیرارادی صورت می‌گیرد.
- بنداره‌های میزراه:

| بنداره داخلی                                                       | بنداره خارجی             |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| محل اتصال مثانه به میزراه                                          | پایین تر از بنداره داخلی |
| صاف                                                                | اسکلتی                   |
| خودمختار                                                           | پیکری                    |
| بعد از فعال شدن سازوکار تخلیه ادرار و در زمان ورود ادرار به میزراه | -                        |

داستان تقلیه ادرار به زبون آدمیزاد! تحریک گیرنده حساس به کشش در دیواره مثانه در اثر وارد شدن حجم مشخصی از ادرار به مثانه → ارسال پیام به نخاع → ارسال پیام توسط نورون‌های حرکتی اعصاب پاراسمپاتیک از نخاع به دیواره مثانه در جهت انقباض آن + ارسال پیام شروع تخلیه مثانه از نخاع به مغز → انقباض مثانه و باز شدن بنداره داخلی میزراه و ورود ادرار به پشت بنداره خارجی → در ادامه دو حالت وجود دارد: (۱) ارسال پیام ارادی از سوی مغز توسط نورون حرکتی اعصاب پیکری به بنداره خارجی → انقباض بیشتر بنداره خارجی میزراه و عدم دفع ادرار. (این پاست که فرد بالا پایین می‌پره ولی دست شویی نمی‌تونه بره، چون کسی دیگه اون پاست 😊) (۲) عدم ارسال پیام انقباض از سوی مغز به بنداره خارجی → به استراحت درآمدن بنداره خارجی و باز شدن آن → تخلیه ادرار و حس رهایی و شادی!

● بنداره‌ها در حالت عادی در حال انقباض هستند و برای باز شدن یک بنداره باید پیام عصبی به آن نرسد. چون ماهیچه از نورون‌ها فقط دستور انقباض را دریافت می‌کنند.

### بررسی یک شکل خیلی مهم!



- سیاهرگ خارج شده از هر کلیه نسبت به سرخرگ وارد به هر کلیه در سطح جلوتری است.
- کلیه چپ به سرخرگ آئورت و کلیه راست به بزرگ سیاهرگ زیرین نزدیک تر است؛ در نتیجه داریم:
- (الف) سرخرگ‌ها از نظر طول: سرخرگ کلیه چپ کوتاه‌تر از سرخرگ کلیه راست
- (ب) سیاهرگ‌ها از نظر طول: سیاهرگ کلیه راست کوتاه‌تر از کلیه چپ
- سیاهرگ کلیه چپ از روی آئورت عبور می‌کند.
- سرخرگ کلیه راست از پشت بزرگ سیاهرگ زیرین عبور می‌کند.
- سیاهرگ کلیه راست برخلاف سیاهرگ کلیه چپ، دو انشعاب دارد.
- بخش ابتدایی میزنای در پشت سیاهرگ و سرخرگ کلیه قرار دارد ولی امتداد آن در جلوی بزرگ سیاهرگ زیرین و آئورت قرار می‌گیرد.
- میزنای به سطح پشتی و پایینی مثانه متصل است.
- آئورت در محل قرارگیری کلیه‌ها در پشت بزرگ سیاهرگ زیرین است ولی آئورت در ادامه از بزرگ سیاهرگ زیرین جلوتر قرار می‌گیرد.
- محل عبور میزنای چپ از روی انشعاب آئورت (A) نسبت به محل عبور میزنای راست از روی همین رگ (B)، بالاتر است.
- قطر میزنای از بالا به پایین کم می‌شود.

### - ترکیب شیمیایی ادرار و تنظیم آب -

- دو فرایند بازجذب و ترشح، ترکیب مایع تراوش شده را هنگام عبور از گردیزه و مجرای جمع کننده، تغییر می‌دهند و آن‌چه به لگنچه می‌ریزد، ادرار است.
- حدود ۹۵ درصد ادرار را آب تشکیل می‌دهد. دفع آب از طریق ادرار، راهی است برای تنظیم مقدار آب بدن. یون‌ها نیز بخش مهمی از ادرار را تشکیل می‌دهند که دفع آن‌ها برای حفظ تعادل یون‌ها صورت می‌گیرد.
- فراوان ترین ماده دفعی آلی در ادرار، اوره است. دقت داشته باشید که تولید اوره در بدن فقط توسط کبد انجام می‌گیرد.
- جدول مقایسه‌ای انواع مواد زائد نیتروژن دار:

| آمونیاک                    | اوره                      | اوریک اسید      |
|----------------------------|---------------------------|-----------------|
| خیر                        | بله                       | بله             |
| حاصل متابولیسم آمینواسیدها | از ترکیب آمونیاک و $CO_2$ | -               |
| تقریباً همه یاخته‌های بدن  | در یاخته‌های کبدی         | -               |
| بیشترین                    | کمتر از آمونیاک           | -               |
| -                          | بیشترین ماده آلی          | کمتر از اوره    |
| -                          | -                         | نقرس + سنگ کلیه |
| دارد                       | دارد                      | کم              |
| ندارد                      | دارد                      | دارد            |

### - تنظیم آب -

- تنظیم آب تحت تنظیم عوامل مختلفی مثل هورمون‌ها قرار دارد.
- اگر غلظت مواد حل شده در خون از یک حد مشخص فراتر رود، مرکز تشنگی در هیپوتالاموس تحریک می‌شود که نتیجه آن فعال شدن مرکز تشنگی و تمایل به نوشیدن آب و از طرف دیگر، ترشح هورمون ضدادراری است. این هورمون با اثر بر کلیه‌ها، بازجذب آب را افزایش می‌دهد و به این ترتیب دفع آب از راه ادرار کاهش پیدا می‌کند.

- اگر بنا به عللی هورمون ضدادراری ترشح نشود، مقدار زیادی ادرار رقیق از بدن دفع می‌شود. چنین حالتی به دیابت بی‌مزه معروف است. مبتلایان به این بیماری احساس تشنگی می‌کنند و مایعات زیادی می‌نوشند. این بیماری به علت بر هم زدن توازن آب و یون‌ها در بدن، نیازمند توجه جدی است.
- هورمون‌های مؤثر در تنظیم آب بدن: ضدادراری، پرولاکتین و آلدوسترون

### فصل پنجم

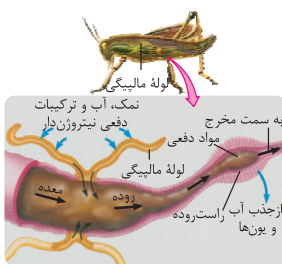
#### – تنوع دفع و تنظیم اسمزی در جانداران –

- در بسیاری از تک‌یاخته‌ای‌ها تنظیم اسمزی با کمک انتشار انجام می‌شود.
- در برخی از جانداران مانند پارامسی، آبی که در نتیجه اسمز وارد می‌شود به همراه مواد دفعی توسط واکوئول‌های انقباضی (نوعی واکوئول دفعی) دفع می‌شود.
- پارامسی در آب شیرین زندگی می‌کند. جاندارانی که در آب شیرین زندگی می‌کنند فشار اسمزی بدن آن‌ها از محیط بیرون بیشتر است و آب با اسمز وارد بدن آن‌ها می‌شود.

#### – تنظیم اسمزی در بی‌مهرگان –

- بیشتر بی‌مهرگان دارای ساختار مشخصی برای دفع هستند.
- ❶ نفریدی: نفریدی لوله‌ای است که با منفذی به بیرون باز و دفع از طریق آن انجام می‌شود. نفریدی می‌تواند برای دفع، تنظیم اسمزی یا هر دو مورد به کار رود.
- ❷ آبشش: در سخت‌پوستان مواد دفعی نیتروژن‌دار با انتشار ساده، از آبشش‌ها دفع می‌شوند.
- ❸ لوله‌های مالپیگی:

| نوع سامانه دفعی           | سامانه متصل به روده به نام لوله‌های مالپیگی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| نوع ماده دفعی نیتروژن‌دار | اوریک اسید                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| نقش لوله‌های مالپیگی      | آب، اوریک اسید و نمک را از همولنف دریافت و به بخش ابتدایی روده، هدایت می‌کند. با عبور مایعات از روده، آب و یون‌ها بازجذب می‌شوند و اوریک اسید از طریق مخرج، همراه با مدفوع دفع می‌شود.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| نکات مهم                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● لوله‌های مالپیگی از بالا و از پایین محتویات خود را به روده وارد می‌کنند.</li> <li>● هر لوله مالپیگی یک انتهای بسته و یک انتهای باز به سمت روده دارد.</li> <li>● لوله‌های مالپیگی در اطراف معده و روده هستند ولی محتویات آن‌ها به روده تخلیه می‌شود.</li> <li>● طبق شکل یاخته‌های راست‌روده نسبت به یاخته‌های روده، کشیده‌ترند. البته دقت کنید که یاخته‌های راست‌روده در اندازه‌های متفاوتی دیده می‌شوند.</li> <li>● تعداد لوله‌های مالپیگی متصل به لوله گوارش از تعداد کیسه‌های معده متصل به لوله گوارش بیشتر ولی ضخامت آن‌ها کم‌تر است.</li> <li>● یاخته‌های سطح داخلی لوله‌های مالپیگی و یاخته‌های داخلی روده، تقریباً هم‌شکل و هم‌اندازه هستند.</li> <li>● هر کدام از لوله‌های مالپیگی به یک ناحیه خاص از روده متصل نیست؛ یعنی دو یا چند لوله مشترک با هم به یک نقطه از روده متصل می‌شوند.</li> </ul> |



#### – تنظیم اسمزی در مهره‌داران –

- همه مهره‌داران کلیه دارند.

#### – ۱- تنظیم اسمزی در ماهی‌ها –

| ماهیان آب شور             | ماهیان آب شیرین           | انواع                              |
|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| استخوانی و غضروفی         | فقط استخوانی              | فشار اسمزی مایعات بدن نسبت به محیط |
| کمتر                      | بیشتر                     | میزان نوشیدن آب                    |
| زیاد                      | کم                        | حجم ادرار                          |
| کم (ادرار غلیظ)           | زیاد (تولید ادرار رقیق)   | میزان تراوش در کلیه‌ها             |
| کم                        | زیاد                      | بازجذب آب از مثانه                 |
| x                         | x                         | وضعیت تمایل آب                     |
| تمایل به خروج از بدن ماهی | تمایل به ورود به بدن ماهی | میزان بازجذب آب در کلیه‌ها         |
| زیاد                      | کم                        | دفع یون از چه طریقی                |
| کلیه + آبشش               | کلیه                      | غدد راست‌روده‌ای دارند.            |
| ✓ (غضروفی‌ها)             | x                         |                                    |

#### – ۲- تنظیم اسمزی در دوزیستان –

- مثانه دوزیستان محل ذخیره آب و یون‌هاست. به هنگام خشک شدن محیط، دفع ادرار کم، و مثانه برای ذخیره بیشتر آب بزرگ‌تر می‌شود و سپس بازجذب آب از مثانه به خون افزایش پیدا می‌کند.
- کلیه دوزیستان توانمندی کمی در بازجذب آب دارد و ادرار تولیدشده توسط آن، رقیق است.



### ۳- تنظیم اسمزی در خزندگان و پرندگان -



ترشحات نمکی

- کلیه توانمندی زیادی در بازجذب آب دارد.
- برخی خزندگان و پرندگان دریایی و بیابانی که آب دریا یا غذای نمکدار مصرف می کنند، می توانند نمک اضافه را از طریق غدد نمکی نزدیک چشم یا زبان، به صورت قطره های غلیظ دفع کنند.
- در پرندۀ روبهرو، غده نمکی در سطح بالای کاسۀ چشم قرار دارد و قطرات غلیظ نمک را از طریق مجرای غده به منقار وارد می کند.
- در بخشی از منقار که به چشم نزدیک تر است، سوراخی وجود دارد که قطرات نمک از آن خارج و با حرکت در شیارهای دو سوی منقار، از نزدیکی نوک آن دفع می شود.
- منقار پرندۀ به استخوان های مجسمه متصل است.
- غدد نمکی پرندۀ دریایی و بیابانی از نظر عملکرد معادل غدد راست رودهای ماهیان غضروفی است.

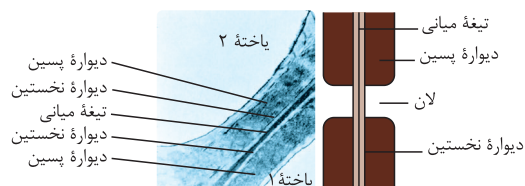
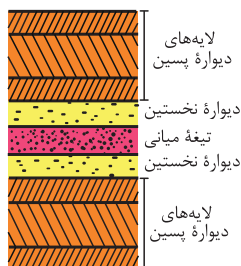
### فصل ششم، گفتار ۱: ویژگی های یاخته گیاهی

- امروزه نهان دانگان بیشترین گونه های گیاهی روی زمین را تشکیل می دهند.
- گیاهان گرچه در جای خود ثابت اند؛ اما مانند جانوران به ماده و انرژی نیاز دارند.
- گیاهان برخلاف جانوران نمی توانند برای تأمین ماده و انرژی مورد نیاز خود از جایی به جای دیگر بروند و با احساس خطر، فرار یا به عامل خطر حمله کنند.
- گیاهان افزون بر این که منبع غذا برای مردمان، تأمین کننده مواد اولیه صنایعی، مانند داروسازی و پوشاک نیز هستند.

### - دیواره یاخته ای -

|                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| در یاخته های زنده، احاطه کننده پروتوپلاست (غشا + سیتوپلاسم + هسته) است و در یاخته های مرده، تنها بخش باقی مانده از یاخته است! |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                       |
| برخلاف غشای یاخته، نفوذپذیری انتخابی ندارد!                                                                                   |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                       |
| شروع مراحل تشکیل دیواره یاخته ای در اواخر مرحله آنافاز تقسیم یاخته ای است.                                                    |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                       |
| نقش                                                                                                                           | حفظ شکل یاخته + استحکام بخشیدن به یاخته + کنترل تبادل مواد بین یاخته ها + جلوگیری از ورود عوامل بیماری زا                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                       |
| اجزا                                                                                                                          | تیغه میانی                                                                                                                                                                                                   | بعد از تقسیم هسته و توسط یاخته مادری تشکیل می شود + یک لایه است + سیتوپلاسم را به دو بخش تقسیم می کند + از پکتین ساخته شده است + مثل چسب دو یاخته را کنار هم نگه می دارد.                                             |
|                                                                                                                               | دیواره نخستین                                                                                                                                                                                                | توسط یاخته های تازه تشکیل شده ایجاد می شود + علاوه بر پکتین، رشته های سلولزی دارد + مثل قالبی پروتوپلاست را در بر می گیرد + مانع رشد یاخته نیست + قابلیت کشش و گسترش دارد.                                            |
|                                                                                                                               | دیواره پسین                                                                                                                                                                                                  | در بعضی از یاخته های گیاهی تشکیل می شود + چندان لایه است + از رشته های سلولزی تشکیل شده است + رشته ها در هر لایه موازی و با لایه دیگر، زاویه دار هستند + استحکام دیواره را بیشتر می کند + باعث توقف رشد یاخته می شود. |
| لان                                                                                                                           | منطقه ای که دیواره در آنجا نازک تر از محیط اطراف است + در هر یاخته گیاهی وجود دارد + در این محل تیغه میانی و دیواره نخستین وجود دارند + پلاسمودسم ها به فراوانی در این محل دیده می شوند.                     |                                                                                                                                                                                                                       |
| پلاسمودسم                                                                                                                     | کانال های سیتوپلاسمی بین یاخته های زنده گیاهی + باعث ارتباط یاخته های گیاهی با هم می شوند + آن قدر بزرگ هستند که علاوه بر مواد مغذی، پروتئین ها، اسیدهای نوکلئیک و حتی ویروس های گیاهی از آن ها عبور می کند. |                                                                                                                                                                                                                       |

- هر یک از لایه های دیواره پسین، ضخامتی بیشتر از دیواره نخستین دارد.
- تیغه میانی می تواند بین ۳ یاخته مشترک باشد.
- تعداد پلاسمودسم از تعداد لان بیشتر است.
- تیغه میانی اولین بخش دیواره یاخته ای است که تشکیل می شود.
- دیواره یاخته ای نوعی سد فیزیکی در برابر عوامل بیماری زا در گیاهان است.



### - واکوئول، محلی برای ذخیره -

- بعضی یاخته های گیاهی واکوئول درشتی دارند که بیشتر حجم یاخته را اشغال می کند.
- غشای واکوئول مانند غشای یاخته، ورود مواد به واکوئول و خروج از آن را کنترل می کند.
- نوعی اندامک یک غشایی در یاخته است که در آن مایعی به نام شیره واکوئولی وجود دارد.
- شیره واکوئولی ترکیبی از آب و مواد دیگر است. مقدار و ترکیب این شیره، از گیاهی به گیاه دیگر و حتی از بافتی به بافت دیگر فرق می کند.

● موادی که در واکوئول ذخیره می‌شوند:

۱ آب:

● تورژسانس: بیشتر بودن تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم در محیط از درون یاخته → وارد شدن آب به یاخته → ورود آب به درون واکوئول → افزایش حجم واکوئول → حجیم شدن پروتوپلاست (افزایش وزن یاخته و بافت گیاهی) و چسبیدن آن به دیواره → کشیده شدن یاخته بدون پاره شدن → استوار ماندن برگ و اندام‌های غیر چوبی در گیاهان.



● پلاسمولیز: کم‌تر بودن تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم در محیط از درون یاخته → خارج شدن آب از یاخته → کاهش حجم واکوئول → جمع شدن پروتوپلاست (کاهش وزن یاخته و بافت گیاهی) و فاصله گرفتن از دیواره یاخته‌ای → در صورت طولانی بودن شرایط، یاخته می‌میرد!

۲ ترکیبات رنگی:

● آنتوسیانین یکی از ترکیبات رنگی است که در واکوئول ذخیره می‌شود.

● آنتوسیانین در ریشه چغندر قرمز، کلم بنفش و میوه‌هایی مانند پرتقال توسرخ، به مقدار فراوانی وجود دارد.

● رنگ آنتوسیانین در pHهای متفاوت تغییر می‌کند.

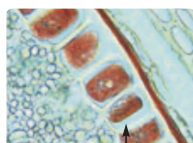
۳ ترکیبات پروتئینی:

● گلوٹن یکی از پروتئین‌هایی است که در واکوئول خارجی‌ترین یاخته‌های آندوسپرم دانه گندم و جو ذخیره می‌شود و برای رشد و نمو روپان به مصرف می‌رسد.

● این پروتئین توسط ریبوزوم‌های روی شبکه آندوپلاسمی تولید و با عبور از این اندامک و دستگاه گلژی به درون واکوئول وارد می‌شود.

● پروتئین گلوٹن در بعضی از افراد باعث ایجاد بیماری سلیاک می‌شود. در این بیماری پرز و ریز پرزهای روده باریک از بین می‌روند و بسیاری از مواد جذب نمی‌شوند → افزایش حجم مدفوع و کاهش مواد مغذی درون خون خارج شده از روده باریک!

۴ ترکیبات اسیدی: در گیاهان CAM ترکیب آلی و اسیدی حاصل از تثبیت اولیه کربن در واکوئول ذخیره می‌شود.



یاخته‌هایی که گلوٹن در واکوئول آن‌ها ذخیره شده است.

### – رنگ‌ها در گیاهان –

● ترکیبات رنگی در واکوئول و رنگ‌دیس، پاداکسنده (آنتی‌اکسیدان)‌اند.

● ترکیبات پاداکسنده در پیشگیری از سرطان و نیز بهبود کارکرد مغز و اندام‌های دیگر نقش مثبتی دارند.

● جدول مقایسه‌ای انواع پلاست:

| نوع پلاست   | رنگیژه کلروفیل   | رنگیژه کاروتنوئید | ذخیره نشاسته         | تغییرات در طی کاهش میزان نور                                        | مثال‌ها                                                            | شکل |
|-------------|------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----|
| کلروپلاست   | دارد (خیلی زیاد) | دارد (کم!)        | ندارد (به طور معمول) | با کاهش میزان کلروفیل‌های آن، به تدریج به کروموپلاست تبدیل می‌شود.  | بخش‌های سبزرنگ و فتوسنتزکننده گیاه مثل برگ‌ها، ساقه‌های جوان و ... |     |
| کروموپلاست  | ندارد            | دارد (خیلی زیاد)  | ندارد                | با افزایش میزان کلروفیل‌های آن، به تدریج به کلروپلاست تبدیل می‌شود. | برگ‌های پاییزی، ریشه هویج، میوه رسیده گیاه گوجه‌فرنگی              |     |
| آمیلولپلاست | ندارد            | ندارد             | دارد                 | تغییر خاصی ندارد!                                                   | بخش خوراکی سیب‌زمینی (ساقه زیرزمینی گیاه سیب‌زمینی)                |     |

پاییز: کاهش طول روز و کم شدن نور → تغییر ساختار سبزدیسه‌ها در بعضی گیاهان → تبدیل شدن سبزدیسه به رنگ‌دیس → تجزیه شدن سبزینه در این زمان → افزایش مقدار کاروتنوئیدها.



● برگ بعضی گیاهان بخش‌های غیرسبز، مثلن سفید، زرد، قرمز یا بنفش دارد که کاهش نور در چنین گیاهانی، سبب افزایش مساحت بخش‌های سبز می‌شود. به عبارتی رنگ‌دیده‌های آن‌ها به سبزیسه تبدیل می‌شوند.

### – ترکیبات در گیاهان –

- گیاهان ترکیبات دیگری می‌سازند که استفاده‌هایی به غیر از غذا دارند.
- قبل از تولید رنگ‌های شیمیایی، گیاهان (مثل گیاه روناس) از منابع اصلی تولید رنگ برای رنگ‌آمیزی الیاف بودند.
- از گل محمدی و نعنا در صنعت داروسازی و عطرسازی استفاده می‌شود.
- بریدن دمبرگ انجیر یا چیدن میوه انجیر از شاخه ————— خارج‌شدن شیرۀ سفیدرنگ از محل برش ————— شیرابه
- لاستیک برای اولین بار از شیرابه نوعی درخت ساخته شد.
- آلکالوئیدها:

- ◀ از ترکیبات گیاهی‌اند و در شیرابه بعضی گیاهان به مقدار فراوانی وجود دارند.
- ◀ نقش آن‌ها دفاع از گیاهان در برابر گیاه‌خواران است.
- ◀ آلکالوئیدها را در ساختن داروهایی مانند مسکن‌ها، آرام‌بخش‌ها و داروهای ضد سرطان به کار می‌برند.
- ◀ بعضی آلکالوئیدها اعتیادآورند.

### ♦♦ گفتار ۲: سامانه بافتی ♦♦

- اگر ریشه، ساقه و برگ را در نهان‌دانگان برش دهیم، سه بخش در آن‌ها قابل تشخیص است؛ به هر یک از این بخش‌ها سامانه بافتی می‌گویند.
- هر سامانه از بافت‌ها و یاخته‌های گوناگونی تشکیل شده است.
- پیکر گیاهان نهان‌دانه (گلدار) از سه سامانه بافتی به نام پوششی، زمینه‌ای و آوندی تشکیل می‌شود.
- هر سامانه بافتی، عملکرد خاصی دارد؛ مثلن سامانه بافت پوششی، اندام‌ها را در برابر خطرهایی حفظ می‌کند که در محیط بیرون قرار دارند.

### – سامانه پوششی –

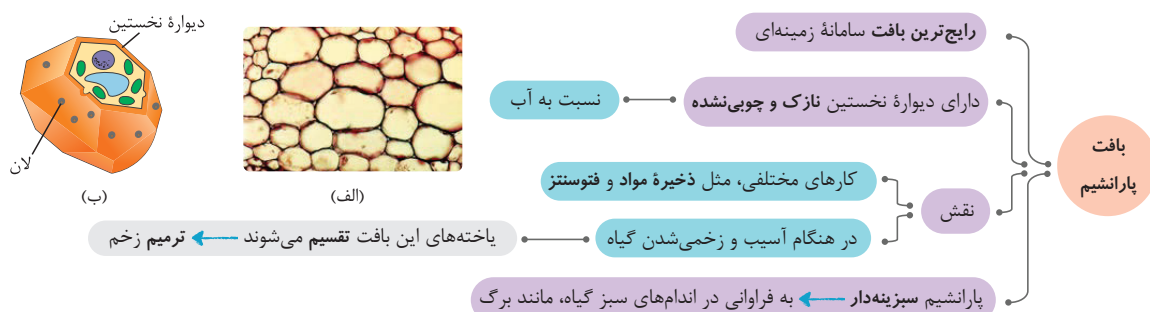
- سراسر اندام گیاه را می‌پوشاند و آن را در برابر عوامل بیماری‌زا و تخریبگر، حفظ می‌کند ————— عملکردی شبیه پوست در جانوران دارد.
- انواع بافت‌های موجود در سامانه پوششی:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| در برگ‌ها (هم گیاهان تک‌لپه و هم گیاهان دولپه) و ریشه و ساقه‌های گیاهان تک‌لپه‌ای و دولپه‌ای جوان و علفی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| معمولاً از یک لایه یاخته تشکیل شده است.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| روپوست                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>● پوستک از ترکیبات لیپیدی ساخته شده است.</p> <p>● یاخته‌های روپوستی این ترکیبات را در شبکه آندوپلاسمی صاف می‌سازند و آن را به سطحی از روپوست ترشح می‌کنند که مجاور هواست.</p> <p>● از ورود نیش حشرات و عوامل بیماری‌زا به گیاه، نیز جلوگیری می‌کند و در حفظ گیاه در برابر سرما نیز نقش دارد.</p> <p>● بعضی گیاهان پوستک ضخیم دارند. پوستک به کاهش تبخیر آب از سطح برگ کمک می‌کند.</p> <p>● در ریشه وجود ندارد!</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>نگهبان روزنه ————— یاخته‌هایی لوبیایی‌شکل و فتوسنتزکننده + در باز و بسته کردن روزنه‌های هوایی نقش دارد.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>کرک ————— در کاهش تبخیر آب نقش دارد + در گیاهان حشره‌خوار، کرک‌ها فرایندهایی را به راه می‌اندازند که منجر به بسته‌شدن برگ می‌شود + در حفاظت گیاه در برابر برخی عوامل آسیب‌رسان هم نقش دارد.</p>                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>یاخته ترشچی ————— ظاهری گرد دارد و موادی را از خود ترشح می‌کند.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| یاخته‌های تمایز یافته                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>در اندام هوایی</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| در ریشه                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>تار کشنده ————— باعث افزایش سطح تماس ریشه با خاک می‌شود.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p>● در گیاهان دولپه‌ای چوبی و در اندام‌های مسن جانشین روپوست می‌شود.</p> <p>● شامل کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز و یاخته‌های حاصل از آن یعنی یاخته‌های پارانشیمی و چوب‌پنبه‌ای می‌شود.</p> <p>● به علت داشتن یاخته‌های چوب‌پنبه‌ای‌شده، علاوه بر آب نسبت به گازها نیز نفوذناپذیر است. در حالی که بافت‌های زیر آن زنده‌اند و برای زنده‌ماندن به اکسیژن نیاز دارند؛ به همین علت در پیراپوست مناطقی به نام عدسک ایجاد می‌شود.</p> <p>● در محل عدسک یاخته‌های چوب‌پنبه‌ای از هم فاصله دارند و امکان تبادل گازها را فراهم می‌کنند.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| پیراپوست                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

- پوستک ضخامت یکنواختی ندارد!
- بر روی یاخته‌های نگهبان روزنه، پوستک قرار ندارد.
- اندازه یاخته‌های روپوستی با هم برابر نیست.
- برگ تله‌مانند گیاه گوشت‌خوار کرک‌هایی دارد که با برخورد حشره به آن‌ها تحریک و پیام‌هایی را به راه می‌اندازند که سبب بسته‌شدن برگ و در نتیجه به دام افتادن حشره می‌شود. کرک و خار نیز در دفاع از گیاهان نقش دارند؛ مثلن حشره‌های کوچک نمی‌توانند روی برگ‌های کرک‌دار به راحتی حرکت کنند؛ هم‌چنین اگر گیاه مواد چسبناک ترشح کند، حرکت حشره دشوارتر و گاه غیرممکن می‌شود. (زیست یازدهم - فصل ۹)
- کرک‌ها می‌توانند به صورت منشعب و یا غیرمنشعب باشند.
- عدسک به شکل برآمده روی ساقه و یا ریشه وجود دارد.



### — سامانه زمينه‌ای —



- تخم ضمیمه با تقسیم‌های متوالی بافتی، به نام درون‌دانه (آندوسپرم) را ایجاد می‌کند. این بافت از یاخته‌های نرم‌آکنه‌ای (پارانشیمی) ساخته شده و ذخیره غذایی برای رشد رویان است. (زیست یازدهم - فصل ۸)
- در سامانه بافتی آوندی، علاوه بر آوندها، یاخته‌های دیگری مانند یاخته‌های پارانشیمی و فیبر نیز وجود دارد.
- کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز به سمت درون، یاخته‌های نرم‌آکنه‌ای می‌سازد.
- پارانشیم هوادار در ریشه، ساقه و برگ، یکی از سازش‌های گیاهان آبی است.

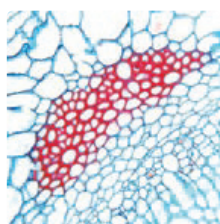


- سلول‌های پارانشیمی درشت‌تر از کلانشیم‌ها هستند.
- بین سلول‌های کلانشیمی فضاهای تیره‌رنگ دیده می‌شود. این قسمت‌ها فاصله بین سلولی نیستند، بلکه دیواره سلولی کلانشیم‌ها هستند که به علت ضخامت، پس از رنگ‌آمیزی، تیره دیده می‌شوند.

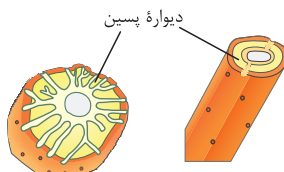




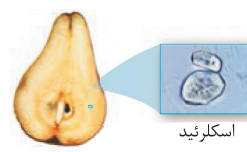
- فیبرها برخلاف اسکلرئیدها، کشیده هستند.
- دیواره پسین هم در فیبر و هم در اسکلرئید از دیواره نخستین ضخیم‌تر است.
- در شکل اسکلرئید می‌بینید که لان، ستاره‌ای شکل است.
- تراکم لان‌ها در دیواره اسکلرئید بیشتر از یاخته‌های فیبر است.
- لان‌های موجود در دیواره یاخته‌های اسکلرئیدی بیشتر و طولی‌تر از لان‌های دیواره یاخته‌های فیبر است.



(الف)

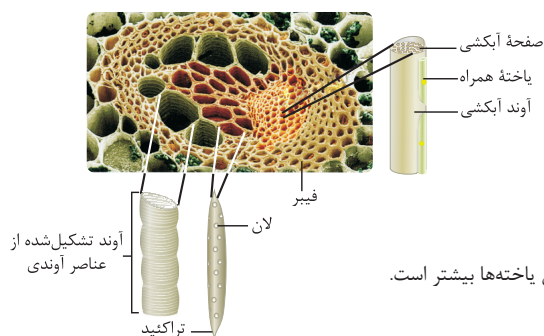


(ب)



(ج)

### – سامانه آوندی –



- ترابری مواد را در گیاه بر عهده دارد.
- اصلی‌ترین یاخته‌های این بافت‌ها، یاخته‌هایی‌اند که آوندها را می‌سازند.
- شیره خام توسط آوندهای چوبی و شیره پرورده توسط آوندهای آبکش در سراسر گیاه جابه‌جا می‌شود.
- در این بافت‌ها علاوه بر آوندها یاخته‌های دیگری مانند یاخته‌های پارانشیمی و فیبر وجود دارد.
- لیگنین در دیواره پسین یاخته‌های آوند چوبی به شکل‌های متفاوتی رسوب می‌کند.
- در یک دسته آوندی، یاخته‌های آوندی (آبکش، تراکنید و عناصر آوندی) توسط یاخته‌های فیبر احاطه می‌شوند.
- تعداد آوندهای چوبی یک دسته آوندی، بیشتر آوندهای آبکشی است.
- سطح تماس عناصر آوندی و آوند آبکش با یاخته فیبر نسبت به سطح تماس تراکنیدها با همین یاخته‌ها بیشتر است.
- مقایسه از نظر قطر: عنصر آوندی < تراکنید < آوند آبکش
- ضخامت دیواره آوند آبکش به دلیل نداشتن دیواره پسین نسبت به آوندهای چوبی کم‌تر است.
- تراکنیدها بین آوندهای آبکش و عناصر آوندی قرار دارند.
- جمع‌بندی آوندها:

| آوند آبکش          | عنصر آوندی                                  | تراکنید                | موقعیت در یک دسته آوندی                 |
|--------------------|---------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|
| خارجی‌تر           | داخلی‌تر                                    | بین دوتای دیگه!        | موقعیت در یک دسته آوندی                 |
| x                  | x                                           | x                      | هسته دارد                               |
| x                  | ✓                                           | ✓                      | دیواره پسین دارد                        |
| ✓ (صفحه آبکشی)     | x                                           | ✓ (ناقص)               | دیواره عرضی دارد                        |
| شیره پرورده        | شیره خام                                    |                        | چه نوع شیره گیاهی را حمل می‌کند؟        |
| دراز               | کوتاه و پهن                                 | دراز، باریک و دوکی شکل | شکل یاخته‌ها                            |
| ✓                  | x                                           | x                      | مرحله اول تنفس یاخته‌ای را انجام می‌دهد |
| از طریق صفحه آبکشی | از طریق انتهای یاخته‌ها که به هم متصل هستند | از طریق لان‌ها         | روش انتقال مواد                         |

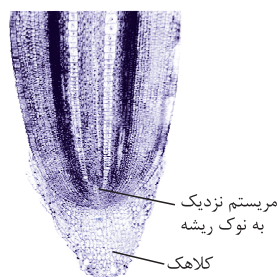
### گفتار ۳: ساختار گیاهان



| مریستم پسین                             |                                          | مریستم نخستین                                                                |                          | در چه گیاهانی وجود دارند؟         |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| کامبیوم چوب پنبه‌ساز                    | کامبیوم آوندساز                          | مریستم نخستین ساقه                                                           | مریستم نخستین ریشه       |                                   |
| گیاهان دولپه‌ای چوبی                    |                                          | در همه گیاهان آوندی                                                          |                          | موقعیت در گیاه                    |
| بافت زمینه‌ای (پوست)                    | زیر پوست (در سامانه آوندی)               | درون جوانه‌ها و فاصله بین دو گره                                             | نزدیک به نوک ریشه        | روش محافظت                        |
| —                                       | —                                        | توسط برگ‌های جوان و سایر یاخته‌ها                                            | توسط یاخته‌های کلاهک     | تولید کدام یاخته‌ها و یا بافت‌ها؟ |
| یاخته‌های مریستمی + چوب پنبه + پارانشیم | یاخته‌های مریستمی + آوند آبکش و چوب پسین | یاخته‌های هر سه نوع سامانه بافتی پوششی، زمینه‌ای و آوندی + یاخته‌های مریستمی | —                        | چه نوع رشدی را باعث می‌شوند؟      |
| قطری                                    |                                          | طولی و تا حدوی قطری                                                          |                          | نقش در ایجاد اندام‌های جدید       |
| —                                       | —                                        | ایجاد برگ و انشعابات جدید ساقه                                               | ایجاد انشعابات جدید ریشه | نقش در تشکیل پوست درخت            |
| تولید پیراپوست                          | تولید آبکش‌های پسین                      | —                                                                            | —                        | —                                 |

### — مریستم نخستین ریشه —

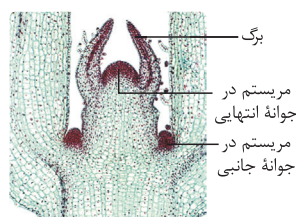
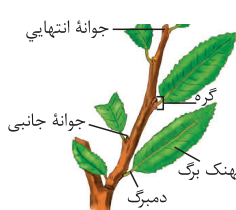
- نزدیک به انتهای ریشه قرار دارد و با بخش انگشتانه‌مانندی به نام کلاهک پوشیده می‌شود.
- کلاهک ترکیب پلی‌ساکاریدی ترشح می‌کند که سبب لزج شدن سطح آن و در نتیجه نفوذ آسان ریشه به خاک می‌شود.
- یاخته‌های سطح بیرونی کلاهک به طور مداوم می‌ریزند و با یاخته‌های جدید، جانشین می‌شوند.
- کلاهک، مریستم نزدیک به نوک ریشه را در برابر آسیب‌های محیطی، حفظ می‌کند.
- در محل کلاهک، یاخته‌های تار کشنده وجود ندارند.



### – ساختار نخستین ریشه –

| ریشه گیاه تک‌لپه       | ریشه گیاه دولپه |                    |
|------------------------|-----------------|--------------------|
| ✓                      | ✓               | استوانه آوندی دارد |
| بیشتر از دیگری         | کم‌تر از دیگری  | قطر استوانه آوندی  |
| افشان با انشعابات زیاد | ضخیم و مستقیم   | شکل ریشه           |
| ✓                      | ×               | بافت مغز دارد      |
| کم                     | زیاد            | حجم پوست           |
| ×                      | ×               | پوستک              |
| ×                      | ✓ (مسن)         | عدسک               |
|                        |                 | شکل                |

### – مریستم نخستین ساقه –



- عمدتاً در جوانه‌ها قرار دارند.
- جوانه‌ها مجموعه‌ای از یاخته‌های مریستمی و برگ‌های بسیار جوان‌اند.
- رشد جوانه‌ها علاوه بر افزایش طول ساقه، به ایجاد شاخه‌ها و برگ‌های جدیدی نیز می‌انجامد.
- جوانه‌ها را براساس محلی که قرار دارند در دو گروه جوانه انتهایی و جوانه جانبی قرار می‌دهند.
- مریستم نخستین علاوه بر جوانه‌ها، در فاصله بین دو گره در ساقه یا شاخه نیز وجود دارد.
- گره، محلی است که برگ به ساقه یا شاخه متصل است.
- در ساقه همه یاخته‌های مریستمی توسط برگ‌های بسیار جوان محافظت نمی‌شوند.
- از یاخته‌های جوانه آرسی، اکسین ترشح می‌شود. اکسین از طریق آوندهای آبکش به جوانه جانبی می‌رود و باعث کاهش ترشح سیتوکینین از جوانه‌های جانبی می‌شود. در این صورت، یاخته‌های مریستمی موجود در جوانه جانبی رشدشان متوقف می‌شود و گیاه دچار چیرگی رأسی می‌شود. (زیست‌دهم - فصل ۷)

### – ساختار نخستین ساقه –

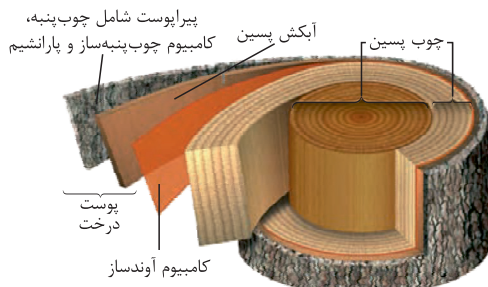
| ساقه گیاه تک‌لپه                                       | ساقه گیاه دولپه                                         |                     |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------|
| بیشتر                                                  | کم‌تر                                                   | تعداد دسته آوندی    |
| ×                                                      | ✓                                                       | استوانه آوندی دارد. |
| —                                                      | زیاد                                                    | قطر استوانه آوندی   |
| دسته‌های آوندی، پراکنده هستند.                         | روی یک دایره قرار دارند.                                | آرایش آوندها        |
| (در هر دسته آوندی، آوندهای چوب و آبکش مقابل هم هستند.) | (در هر دسته آوندی، آوندهای چوب و آبکش، مقابل هم هستند.) |                     |
| ×                                                      | ✓                                                       | بافت مغز دارد.      |
| ندارد                                                  | دارد                                                    | پوست                |
| ✓                                                      | ✓ (در جوانی!)                                           | پوستک               |
| ×                                                      | ✓ (مسن)                                                 | عدسک                |
|                                                        |                                                         | شکل                 |

### – مریستم‌هایی که بعدن عمل می‌کنند –

- تشکیل ساقه‌ها و ریشه‌هایی با قطر بسیار در نهان‌دانگان دولپه‌ای نمی‌تواند حاصل فعالیت مریستم نخستین در این گیاهان باشد.
- به مریستم‌هایی که در افزایش ضخامت نقش دارند، مریستم پسین می‌گویند.
- دو نوع مریستم پسین در گیاهان دولپه‌ای چوبی وجود دارد:

| کامبیوم چوب پنبه‌ساز                                                             | کامبیوم آوندساز                               | در چه گیاهانی وجود دارند؟                       |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| دولپه‌ای چوبی                                                                    | دولپه‌ای چوبی                                 | انواع یاخته‌های تولیدی                          |
| به سمت داخل یاخته‌های پارانشیمی و به سمت خارج یاخته‌هایی که چوب‌پنبه‌ای می‌شوند. | به سمت داخل آوند چوبی و به سمت خارج آوند آبکش | ایجاد یاخته‌هایی با دیواره لیگنینی              |
| ×                                                                                | ✓                                             | ایجاد یاخته‌های زنده بدون هسته                  |
| ×                                                                                | ✓                                             | چه نوع رشدی را باعث می‌شوند                     |
| قطری                                                                             | قطری                                          | یاخته‌های تولیدشده توسط آن‌ها جزء پوست درخت است |
| ✓ (همه یاخته‌های تولیدشده)                                                       | ✓ (فقط آوندهای آبکش تولیدشده)                 | محل قرارگیری                                    |
| در سامانه زمینه ای                                                               | در سامانه آوندی بین آوند چوب و آبکش نخستین    | بخش اعظم یاخته‌های تولیدی                       |
| پارانشیم                                                                         | آوند چوب                                      | یاخته‌های تولیدشده آن جای روپوست را می‌گیرند    |
| ✓                                                                                | ×                                             | در پوست درخت قرار دارد                          |
| ✓                                                                                | ×                                             |                                                 |

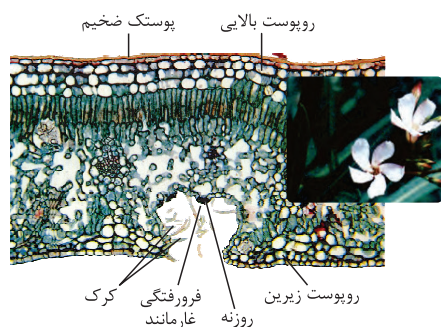
### – بررسی یک شکل مهم –



- پوست درخت شامل پیراپوست (شامل چوب‌پنبه، کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز و پارانشیم) و آوندهای آبکش پسین است.
- کامبیوم چوب آبکش، در زیر پوست درخت قرار دارد.
- آوندهای چوبی تنه درخت جزء پوست درخت نیستند و آوندهای تیره‌تر، داخلی‌تر هستند.
- درون پوست درخت، شیره پرورده جریان دارد.
- در پوست و در سطح زیرین آن، یاخته‌های مریستمی دیده می‌شود.
- سطحی‌ترین یاخته‌های تنه یک درخت همانند داخلی‌ترین یاخته‌های آن، مرده‌اند. یاخته‌های سطحی به دلیل رسوب چوب‌پنبه در دیواره و یاخته‌های داخلی به دلیل رسوب لیگنین!
- در سمت داخلی یاخته‌های مریستمی موجود در پوست درخت، یاخته‌هایی زنده و در سمت خارجی آن‌ها، یاخته‌های مرده مشاهده می‌شود.
- ضخیم‌ترین بخش تنه یک درخت، چوب پسین است.

### – سازش با محیط –

#### ۱ گیاه خرزهره



- گیاهی است که به طور خودرو در مناطق خشک و کم‌آب رشد می‌کند.
- پوستک در برگ‌های این گیاه ضخیم است و روزنه‌های آن در فرورفتگی‌های غارمانندی قرار می‌گیرند. در این فرورفتگی‌ها تعداد فراوانی کرک وجود دارد. این کرک‌ها با به دام انداختن رطوبت هوا، اتمسفر مرطوبی در اطراف روزنه‌ها ایجاد می‌کنند و مانع خروج بیش از حد آب از برگ می‌شوند.
- روپوست بالایی و پایینی در خرزهره، بیش از یک لایه یاخته دارد. خارجی‌ترین یاخته‌های روپوستی با پوستک تماس دارند.
- گلبرگ‌ها سفیدرنگ و در هر گل، ۵ تا هستند؛ این یعنی خرزهره گیاهی دولپه است.
- در خرزهره، یاخته‌های میانبرگ به دو صورت اسفنجی و نرده‌ای قابل مشاهده هستند.
- میانبرگ نرده‌ای در مجاور روپوست بالایی و میانبرگ اسفنجی در مجاورت با روپوست پایینی قرار دارند.
- تراکم یاخته‌های میانبرگ در مجاورت با فرورفتگی‌های غارمانند کم‌تر از سایر بخش‌های برگ است.
- کرک‌های درون فرورفتگی‌های غارمانند از نظر طول متفاوت هستند.
- در سطح زیرین فرورفتگی‌های غارمانند در برگ خرزهره، فاصله بین یاخته‌های میانبرگ زیاد است.





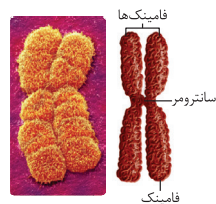
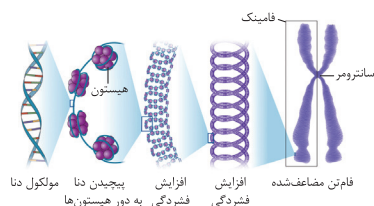
- ۲ گیاهان آبی ← داشتن پارانشیم هوادار در برگ، ساقه و ریشه برای مقابله با کمبود اکسیژن
- ۳ درختان حرا ← ریشه‌های درختان حرا در آب و گل قرار دارند. درختان حرا برای مقابله با کمبود اکسیژن، ریشه‌هایی دارند که از سطح آب بیرون آمده‌اند. این ریشه‌ها با جذب اکسیژن، مانع از مرگ ریشه‌ها به علت کمبود اکسیژن می‌شوند. به همین علت به این ریشه‌ها، شش ریشه می‌گویند.
- ۴ بعضی گیاهان در این مناطق ترکیب‌های پلی‌ساکاریدی در واکوئول‌های خود دارند. این ترکیبات مقدار فراوانی آب جذب می‌کنند و سبب می‌شوند تا آب فراوانی در واکوئول‌ها ذخیره شود. گیاه در دوره‌های کم‌آبی از این آب استفاده می‌کند.

### پایه یازدهم

### گفتار ۱: فامتن (کروموزوم)

- زندگی انسان، با تشکیل یاخته‌ای به نام تخم آغاز می‌شود و پس از چند ماه (۹ ماه دیگر) به نوزادی با میلیاردها یاخته تبدیل می‌شود.
- روند افزایش یاخته‌ها حتی بعد از این هم ادامه می‌یابد، به طوری که تعداد یاخته‌ها در بدن یک فرد بالغ به صدها میلیارد می‌رسد.

#### فامتن و فامینک



- فامتن از دنا (DNA) و پروتئین تشکیل شده است.
- در هر دو بخش تشکیل‌دهنده کروموزوم، بین زیرواحدها پیوندهای اشتراکی و غیراشتراکی از نوع هیدروژنی وجود دارد.
- زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست، فشردگی فامتن‌های هسته، کم‌تر و به صورت توده‌ای از رشته‌های درهم هستند که به آن، فامینه (کروماتین) می‌گویند.
- هر رشته فامینه دارای واحدهای تکراری به نام هسته‌تن (نوکلئوزوم) است.
- در هر هسته‌تن، مولکول دنا حدود ۲ دور در اطراف ۸ مولکول پروتئینی به نام هیستون پیچیده است.
- بین دو تا نوکلئوزوم، فقط دنا قرار دارد.
- ماده وراثتی هسته در تمام مراحل زندگی یاخته، به جز تقسیم، به صورت فامینه است. پیش از تقسیم یاخته، رشته‌های فامینه دو برابر و در حین تقسیم یاخته فشرده می‌شوند.
- یک فامتن مضاعف‌شده از دو بخش همانند به نام فامینک (کروماتید) تشکیل شده است.
- فامینک‌های هر فامتن مضاعف از نظر نوع ژن‌ها یکسان‌اند و به آن‌ها فامینک‌های خواهری گفته می‌شود.
- فامینک‌های خواهری در محلی به نام سانترومر به هم متصل‌اند.
- دقت داشته باشید که هر فامتن همواره یک سانترومر دارد؛ چه در حالت تک‌کروماتیدی و چه در حالت مضاعف (دوکروماتیدی)
- در فامتن‌های مضاعف در ناحیه سانترومر، نوعی پروتئین اتصال وجود دارد که دو کروماتید را به هم وصل می‌کند.

هرگونه از جانداران تعداد معینی فامتن در یاخته‌های پیکری خود دارند که به آن عدد فامتنی می‌گویند.

یاخته‌های پیکری، همان یاخته‌های غیرجنسی جاندارند.

ممکن است تعداد فامتن یاخته‌های پیکری بعضی از جانداران مانند هم باشد؛ مثلاً در یاخته‌های پیکری انسان و درخت زیتون ۴۶ فامتن وجود دارد، ولی به طور مسلم ژن‌های آن‌ها بسیار متفاوت‌اند.

تعداد فامتن‌های جانداران مختلف (به جز باکتری‌ها) از ۲ تا بیش از ۱۰۰۰ عدد متغیر است.

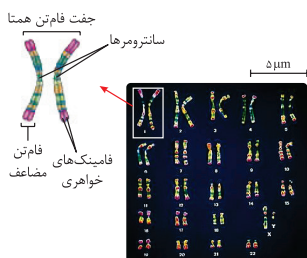
تعداد فامتن

#### تعداد فامتن

- هر دو جانوری که دارای عدد کروموزومی یکسانی هستند الزاماً در یک گونه مشترک نیستند.
- افراد یک گونه می‌توانند عدد کروموزومی متفاوتی داشته باشند؛ مثلاً در جمعیت زنبورهای عسل، افراد ماده ۲n ولی افراد نر n هستند!
- یاخته‌های مهم و تعداد فامتن‌هایشان:

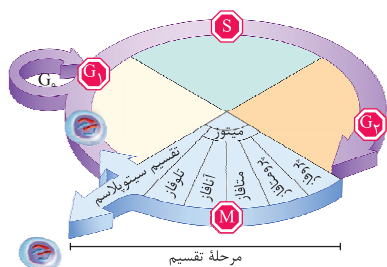
| نوع یاخته                                       | تعداد فامتن                                            |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| یاخته پیکری یک‌هسته‌ای                          | ۴۶ کروموزوم                                            |
| یاخته جنسی                                      | ۲۳ کروموزوم                                            |
| گویچه قرمز بالغ                                 | کروموزوم ندارد.                                        |
| گویچه قرمز نابالغ                               | ۴۶ کروموزوم                                            |
| یاخته ماهیچه اسکلتی                             | چندین هسته دارد که هر کدام ۴۶ کروموزوم دارند.          |
| بعضی از یاخته‌های ماهیچه قلبی                   | دو هسته دارد که هر کدام ۴۶ فامتن دارند.                |
| یاخته پیکری تک‌هسته‌ای فرد مبتلا به سندروم داون | ۴۷ کروموزوم دارند (فامتن اضافی مربوط به شماره ۲۱ است). |

### یاخته‌های پیکری انسان، دولا (دیپلوئید) هستند -



- برای تعیین تعداد فام‌تن‌ها و تشخیص بعضی از ناهنجاری‌های فام‌تنی، کاریوتیپ تهیه می‌شود.
- کاریوتیپ تصویری از فام‌تن‌ها با حداکثر فشردگی است که براساس اندازه، شکل و محل قرارگیری سانترومرها، مرتب و شماره‌گذاری شده‌اند.
- با بررسی کاریوتیپ انسان، مشاهده می‌شود که هر فام‌تن غیرجنسی دارای یک فام‌تن شبیه خود است که به این فام‌تن‌ها، همتا گفته می‌شود.
- به جاندارانی که یاخته‌های پیکری آن‌ها از هر فام‌تن دو نسخه داشته باشند، دولا می‌گویند.
- در یاخته‌های دولا، دو مجموعه فام‌تن وجود دارد که دوه‌دو به یکدیگر شبیه‌اند؛ یک مجموعه فام‌تن از والد مادری و یک مجموعه از والد پدری دریافت شده است. این یاخته‌ها را با نماد کلی « $2n$ » نشان می‌دهند.
- در انسان و بعضی جانداران، فام‌تن‌هایی وجود دارد که در تعیین جنسیت نقش دارند. به این فام‌تن‌ها، فام‌تن جنسی گفته می‌شود.
- فام‌تن‌های جنسی ممکن است شبیه هم نباشند. فام‌تن‌های جنسی در انسان را با نماد  $X$  و  $Y$  نشان می‌دهند. هسته یاخته‌های پیکری زنان دو فام‌تن  $X$  و مردان یک فام‌تن  $X$  و یک فام‌تن  $Y$  دارند.
- بعضی یاخته‌ها مانند یاخته جنسی انسان، تک‌لاد (هاپلوئید) هستند؛ یعنی یک مجموعه فام‌تن دارند.
- یاخته‌های تک‌لاد را با نماد کلی « $n$ » نشان می‌دهند. « $n$ » تعداد فام‌تن‌های یک مجموعه است؛ مثلاً در انسان  $n = 23$  است.
- در یک مجموعه فام‌تنی، هیچ فام‌تنی با فام‌تن دیگر همتا نیست.
- در بدن یک مرد، یاخته‌های تک‌هسته‌ای یک فام‌تن  $X$  دارند ولی در بدن همین افراد یاخته‌هایی هستند که بیشتر از یک فام‌تن  $X$  دارند؛ در بعضی از یاخته‌های ماهیچه قلبی، ۲ فام‌تن  $X$  وجود دارد و یا در یاخته‌های ماهیچه اسکلتی به دلیل چند هسته‌ای بودن، چند فام‌تن  $X$  دیده می‌شود.

### - چرخه یاخته‌ای -



- مراحل یک یاخته از پایان یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی می‌گذرانند را چرخه یاخته‌ای می‌گویند.
- چرخه یاخته‌ای، شامل مراحل اینترفاز و تقسیم است. در یاخته‌های مختلف، مدت این مراحل متفاوت است.

### اینترفاز

- یاخته‌ها بیشتر مدت زندگی خود را در این مرحله می‌گذرانند.
- کارهایی مانند رشد، ساخت مواد مورد نیاز و انجام کارهای معمول یاخته در این مرحله انجام می‌شود.
- اینترفاز شامل مراحل  $G_1$ ،  $S$  و  $G_2$  است.
- **مرحله وقفه اول یا  $G_1$ :**
  - مرحله رشد یاخته‌هاست و یاخته‌ها مدت زمان زیادی در این مرحله می‌مانند.
  - یاخته‌هایی که به طور موقت یا دائمی تقسیم نمی‌شوند، معمولاً در این مرحله متوقف می‌شوند.
  - یاخته‌هایی که تقسیم نمی‌شوند به طور موقت یا دائم به مرحله‌ای به نام  $G_0$  وارد می‌شوند. یاخته عصبی نمونه‌ای از این یاخته‌هاست.
  - اندامک‌های میتوکندری و کلروپلاست می‌توانند همراه با یاخته و یا مستقل از آن تقسیم شوند. یعنی حتی اگر یاخته‌هایی که میتوکندری دارد، در مرحله  $G_0$  قرار داشته باشد، باز هم میتوکندری‌های آن در صورت نیاز می‌توانند تقسیم شوند؛ مثلاً با ورزش کردن تار ماهیچه‌ای نوع تند به نوع کند تبدیل می‌شود، در این حالت میتوکندری‌ها یاخته تقسیم انجام می‌دهند و تعدادشان زیاد می‌شود.

### ● مرحله $S$ :

- دو برابر شدن دنا (DNA) هسته، در این مرحله انجام می‌شود که نتیجه همانندسازی است.
- همانندسازی دنا فرایندی است که طی آن از یک مولکول دنا، دو مولکول یکسان ایجاد می‌شود.
- با توجه به این‌که در زمان همانندسازی باید هیستون‌ها از دنا جدا شوند؛ می‌توان گفت در این مرحله کم‌ترین میزان فشردگی در ماده وراثتی مشاهده می‌شود.

### ● مرحله وقفه دوم یا $G_2$ :

- این مرحله نسبت به مراحل قبلی اینترفاز، کوتاه‌تر است.
- در این مرحله، ساخت پروتئین‌ها و عوامل مورد نیاز برای تقسیم یاخته افزایش پیدا می‌کنند و یاخته‌ها آماده تقسیم می‌شوند.
- مضاعف‌شدن ساختارهایی مثل سانتربول‌ها در این مرحله صورت می‌گیرد.
- در این مرحله با توجه به افزایش پروتئین‌سازی، فعالیت ریبوزوم‌ها در سیتوپلاسم افزایش پیدا می‌کند.
- در این مرحله پروتئین‌های سازنده دوک تقسیم تولید می‌شود نه خود رشته‌های دوک تقسیم!

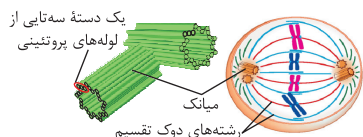
### تقسیم یاخته

در این مرحله، دو فرایند تقسیم هسته (رشته‌مان یا کاستمان) و تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود.

### گفتار ۲: رشته‌مان (میتوز)

- در میتوز ماده ژنتیک، که در مرحله  $S$  همانندسازی شده بود، تقسیم می‌شود و به یاخته‌های جدید می‌رسد.
- فام‌تن‌ها که در هسته پراکنده‌اند، ابتدا باید به طور دقیق در وسط یاخته آرایش یابند و به مقدار مساوی بین یاخته‌های حاصل تقسیم شوند.
- برای حرکت و جدا شدن صحیح فام‌تن‌ها، ساختارهایی به نام دوک تقسیم ایجاد می‌شود. دوک تقسیم، مجموعه‌ای از ریزلوله‌های پروتئینی است که هنگام تقسیم، پدیدار و سانترومر فام‌تن به آن متصل می‌شود. با کوتاه شدن رشته‌های دوک متصل به سانترومر، فام‌تن‌ها از هم جدا می‌شوند و به قطبین می‌روند.
- در یاخته‌های جانوری، میانک‌ها (سانتربول‌ها) ساخته شدن رشته‌های دوک را سازمان می‌دهند.

- میانک‌ها، یک جفت استوانه عمود بر هم‌اند که در اینترفاز، برای تقسیم یاخته، دو برابر می‌شوند.
- چند نکته از شکل:



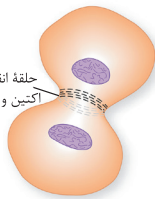
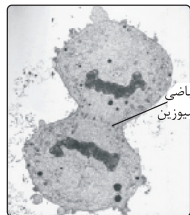
- ▶ همه رشته‌های دوک به کروموزوم‌ها متصل نمی‌شوند.
- ▶ همه کروموزوم‌ها از طریق سانترومر خود به رشته‌های دوک متصل می‌شوند.
- ▶ رشته‌های سبزرنگ کوتاه که در مجاورت سانتریول‌ها قرار دارند، دوک تقسیم نیستند!
- ▶ سطح بیرونی سانتریول‌ها صاف نیست!
- ▶ بخش مرکزی هر سانتریول‌ها، توخالی است.
- ▶ هر سانتریول از ۹ دسته ۳ تایی ریزلوله پروتئینی تشکیل شده است.

### – مراحل میتوز –

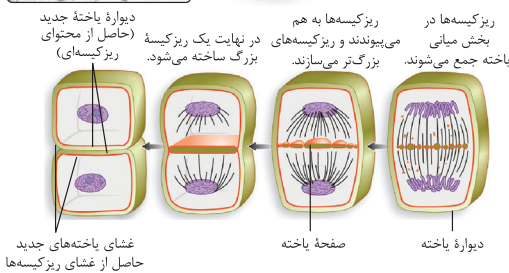
رشته‌مان، فرایندی پیوسته است، ولی زیست‌شناسان برای سادگی، آن را مرحله‌بندی می‌کنند.

| شکل                                                                                   | وضعیت فام‌تن                                                     | اتفاقات                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <p>کروموزوم دو کروماتیدی<br/>پوشش هسته در حال تخریب<br/>رشته‌های دوک در حال تشکیل</p> | دوکروماتیدی                                                      | رشته‌های فامینه شروع به فشردن می‌کنند و ضخیم و کوتاه‌تر می‌شوند. فام‌تن‌ها به تدریج با میکروسکوپ نوری قابل مشاهده می‌شوند. ضمن فشردن فام‌تن، میانک‌ها به دو طرف یاخته حرکت می‌کنند و بین آن‌ها دوک تقسیم تشکیل می‌شود. پوشش هسته شروع به تخریب می‌کند ولی به طور کامل تخریب نمی‌شود! هیچ رشته دوک تقسیمی به فام‌تن متصل نمی‌شود! همه فام‌تن‌ها مضاعف هستند؛ یعنی دو کروماتیدی هستند.                                                                                                                                                                                                   | پروفاز     |
| <p>دوک تقسیم</p>                                                                      | دوکروماتیدی                                                      | پوشش هسته و شبکه آندوپلاسمی تجزیه می‌شوند تا رشته‌های دوک بتوانند به فام‌تن‌ها برسند. سانترومر فام‌تن‌ها به گروهی از رشته‌های دوک متصل می‌شوند. فام‌تن‌ها توسط رشته‌های دوک متصل به سمت وسط یاخته حرکت داده می‌شوند. فام‌تن‌ها در تماس مستقیم با محتویات هسته قرار می‌گیرند.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | پرومیتافاز |
| <p>بخش استوایی یاخته</p>                                                              | دوکروماتیدی                                                      | فام‌تن‌های مضاعف بیشترین فشردگی را پیدا می‌کنند. فام‌تن‌ها به کمک رشته‌های دوک متصل در وسط (سطح استوایی) یاخته در یک ردیف قرار می‌گیرند. فام‌تن‌های همتا ممکن است در امتداد هم و یا دور از هم باشند. به هر فام‌تن، دو رشته دوک تقسیم متصل است. متافاز بهترین مرحله برای تهیه کاریوتیپ است.                                                                                                                                                                                                                                                                                             | متافاز     |
| <p>کروموزوم‌های دختری</p>                                                             | در شروع مرحله دو کروماتیدی ولی در ادامه به صورت تک کروماتیدی است | ترتیب اتفاقات: تجزیه پروتئین اتصال در ناحیه سانترومر<br>جدا شدن فامینک‌های خواهری از هم جدا<br>دوک متصل به فام‌تن<br>فاصله گرفتن فامینک‌های جدا شده از یکدیگر<br>فشرده‌شدن فام‌تن‌های تک فامینکی به دو سوی یاخته. فشردگی فام‌تن‌ها نسبت به مرحله قبل، تغییری نمی‌کند! یاخته در این مرحله حالت بیضی شکل می‌گیرد. رشته‌های دوک تقسیم که تا میانه یاخته امتداد دارند؛ ولی به فام‌تن‌ها متصل نیستند، طولشان بیشتر می‌شود. تعداد فام‌تن‌های درون یاخته نسبت به مرحله قبل، دو برابر می‌شود؛ در واقع در این مرحله عدد فام‌تنی یاخته دو برابر می‌شود. به هر فام‌تن یک رشته دوک تقسیم متصل است. | آناتافاز   |
| <p>شیار تقسیم یاخته<br/>تشکیل مجدد پوشش هسته</p>                                      | تک کروماتیدی                                                     | رشته‌های دوک تخریب شده و فام‌تن‌ها شروع به باز شدن می‌کنند تا به صورت فامینه در آیند؛ یعنی فشردگی کاهش می‌یابد. پوشش هسته نیز مجدداً تشکیل می‌شود، به طوری که در پایان تلوفاز، یاخته، دو هسته مشابه دارد؛ یعنی عدد فام‌تنی دو هسته یکسان است. در یاخته‌های جانوری به منظور انجام تقسیم سیتوپلاسم در غشای یاخته، فرورفتگی ایجاد می‌شود؛ در واقع شروع مراحل تقسیم سیتوپلاسم در یاخته‌های جانوری در مرحله تلوفاز است. در مراحل تلوفاز و پروفاز، به فام‌تن‌ها رشته‌های دوک تقسیم متصل نیست!                                                                                                | تلوفاز     |

### – تقسیم سیتوپلاسم –



- پس از رشتمان، اجزای یاخته بین دو سیتوپلاسم تقسیم می شوند. با تقسیم سیتوپلاسم دو یاخته جدید تشکیل می شود.
- تقسیم سیتوپلاسم در یاخته های جانوری:
  - ◀ با ایجاد فرورفتگی در یاخته شروع می شود.
  - ◀ این فرورفتگی حاصل انقباض حلقه ای از جنس اکتین و میوزین است که مانند کمربندی در سیتوپلاسم قرار می گیرد و به غشا متصل است.
  - ◀ با تنگ شدن این حلقه انقباضی در نهایت دو یاخته از هم جدا می شوند.
  - ◀ شروع فرایند در اواخر تلوفاز است.

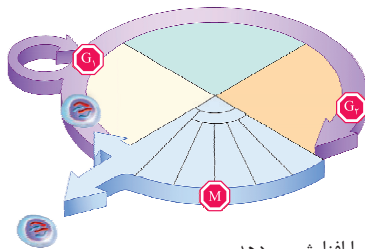


- تقسیم سیتوپلاسم در یاخته های گیاهی:
  - ◀ حلقه انقباضی تشکیل نمی شود.
  - ◀ در این یاخته ها نخست ساختاری به نام صفحه یاخته ای در محل تشکیل دیواره جدید، ایجاد می شود.
  - ◀ این صفحه با تجمع ریزکیسه های دستگاه گلژی و به هم پیوستن آن ها تشکیل می شود. این ریزکیسه ها، دارای پیش سازهای تیغه میانی و دیواره یاخته اند.
  - ◀ با اتصال این صفحه به دیواره یاخته مادری دو یاخته جدید از هم جدا می شوند.
  - ◀ محتویات ریزکیسه، دیواره جدید را ایجاد می کند و غشای ریزکیسه ها، غشای یاخته های جدید در محل اتصال دو یاخته به هم را تشکیل می دهد.
  - ◀ ساختارهایی مانند لان و پلاسمودسم در هنگام تشکیل دیواره جدید، پایه گذاری می شوند.
  - ◀ شروع فرایند تقسیم سیتوپلاسم در یاخته های گیاهی در اواخر مرحله آنافاز است.

### – تقسیم یاخته، فرایندی تنظیم شده است. –

- بعضی یاخته های بدن جانداران، مانند یاخته های بنیادی مغز استخوان و یاخته های مریستمی گیاهان می توانند دائم تقسیم شوند.
- یاخته های بنیادی و مریستمی در شرایط خاصی، مثل شرایط نامساعد محیطی یا افزایش بیش از حد تعداد یاخته ها، تقسیم خود را کاهش می دهند و یا متوقف می کنند.
- یاخته های عصبی به ندرت تقسیم می شوند.

### – عوامل تنظیم کننده تقسیم یاخته –



- یاخته ها در پاسخ به بعضی عوامل محیطی و مواد شیمیایی سرعت تقسیم خود را تنظیم می کنند.
- انواعی از پروتئین ها وجود دارد که با فرایندهایی منجر به تقسیم یاخته می شوند. پروتئین های دیگری نیز وجود دارند که در شرایط خاصی، مانع از تقسیم یاخته می شوند. این پروتئین ها در سرعت تقسیم یاخته مانند پدال گاز و ترمز عمل می کنند.
- در گیاهان در محل آسیب دیده، نوعی عامل رشد تولید می شوند تا با تقسیم سریع، توده یاخته ایجاد کنند. این توده یاخته مانع نفوذ میکروب ها می شود.
- نوعی عامل رشد، در پوست انسان زیر محل زخم تولید می شود که با افزایش سرعت تقسیم یاخته ها، سرعت بهبود زخم را افزایش می دهد.
- اریتروپویتین هورمونی است که از یاخته های درون ریز کبد و کلیه ترشح می شود و با اثر بر یاخته های بنیادی میلوئیدی، سرعت تولید گویچه های قرمز را زیاد می کند. در چرخه یاخته ای، چند نقطه واریسی وجود دارد. نقاط واریسی مراحل از چرخه یاخته هستند که به یاخته اطمینان می دهند که مرحله قبل کامل شده و عوامل لازم برای مرحله بعد آماده فعالیت هستند.

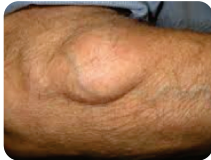
| اطمینان حاصل کردن از ...                                                      |                          |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| دنا سالم باشد و اگر سالم نباشد و اصلاح نشود، فرایندهای مرگ یاخته ای شروع شود. | نقطه واریسی انتهای $G_1$ |
| تقسیم رخ بدهد یا خیر!<br>یاخته به اندازه کافی رشد کرده باشد.                  |                          |
| دوک تقسیم یا عوامل لازم میتوز فراهم باشد.                                     | نقطه واریسی انتهای $G_2$ |
| همانندسازی صورت گرفته باشد.                                                   |                          |
| ساتریول و اندامک ها مضاعف شده باشند.                                          |                          |
| در هنگام همانندسازی دنا دچار آسیب نشده باشد.                                  |                          |
| پروتئین های لازم برای تشکیل دوک ساخته شده باشند.                              | نقطه واریسی متافازی      |
| کروموزوم ها به صورت دقیق به رشته های دوک متصل شده باشند.                      |                          |
| کروموزوم ها در وسط یاخته آرایش یافته اند.                                     |                          |



### – تقسیم بیرونی یاخته –

- یاخته‌ها با تقسیم، افزایش و با مرگ، کاهش می‌یابند. اگر تعادل بین تقسیم یاخته و مرگ یاخته‌ها به هم بخورد، تومور ایجاد می‌شود.
- تومور، توده‌ای است که در اثر تقسیمات تنظیم‌نشده ایجاد می‌شود.
- تومورها به دو نوع خوش خیم و بدخیم تقسیم می‌شوند.

#### • تومور خوش خیم:



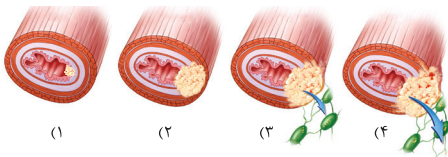
- ◀ رشد کمی دارد.
- ◀ یاخته‌های آن در جای خود می‌مانند و منتشر نمی‌شوند.
- ◀ معمولاً آن‌قدر بزرگ نمی‌شوند که به بافت‌های مجاور خود آسیب بزنند.
- ◀ در مواردی که تومور بیش از اندازه بزرگ شود، می‌تواند در انجام اعمال طبیعی اندام اختلال ایجاد کند.
- ◀ لیپوما یکی از انواع تومورهای خوش خیم است که در افراد بالغ متداول است. در این تومور، یاخته‌های چربی تکثیر شده و توده یاخته ایجاد می‌کند.

#### • تومور بدخیم یا سرطان:



- ◀ رشد زیادی دارد.
- ◀ به بافت‌های مجاور حمله می‌کند و توانایی دگرنشینی (متاستاز) دارد؛ یعنی می‌تواند یاخته‌هایی از آن جدا شده و همراه با جریان خون، یا به‌ویژه لنف به نواحی دیگر بدن بروند، در آن‌جا مستقر شوند و رشد کنند.
- ◀ ملانوما نوعی تومور بدخیم یاخته‌های رنگدانه‌دار پوست است.
- ◀ علت اصلی سرطان، بعضی تغییرات در ماده ژنتیکی یاخته است که باعث می‌شود چرخه یاخته از کنترل خارج شود.

#### • نکات شکل:



- ◀ مرحله اول: یاخته‌های سرطانی شروع به تهاجم به یاخته‌های همان بافت می‌کنند.
- ◀ مرحله دوم: یاخته‌های سرطانی در بافت‌ها گسترش می‌یابند ولی هنوز به دستگاه لنفی مجاور راه پیدا نکرده‌اند.
- ◀ مرحله سوم: یاخته‌های سرطانی به بخش‌های لنفی مجاور محل تکثیر خود، دسترسی پیدا می‌کنند.
- ◀ مرحله چهارم: یاخته‌های سرطانی از راه لنف به بافت‌های دورتر می‌روند و پس از استقرار موجب سرطانی شدن آن‌ها می‌شوند.

### – تشخیص و درمان سرطان –

روش‌های متعددی برای تشخیص و درمان سرطان‌ها وجود دارد و گاهی ترکیبی از این روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

| تشخیص                                                                                                                                                                       | درمان                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(۱) بافت‌برداری: روشی است که در آن، تمام یا بخشی از بافت سرطانی یا مشکوک به سرطان برداشته می‌شود.</p> <p>(۲) آزمایش خون: آزمایش خون به تشخیص بافت سرطانی کمک می‌کند.</p> | <p>(۱) جراحی: در این روش توده سرطانی را با عمل جراحی از بدن فرد خارج می‌کنند.</p> <p>(۲) پرتودرمانی: یاخته‌هایی که به سرعت تقسیم می‌شوند، به طور مستقیم تحت تأثیر پرتوهای قوی قرار می‌گیرند.</p> <p>(۳) شیمی درمانی: با استفاده از داروها باعث سرکوب تقسیم یاخته‌ها در همه بدن می‌شود.</p> <p>عوارض جانبی:</p> <p>آسیب به یاخته‌های مغز استخوان، پیاز مو و پوشش دستگاه گوارش</p> <p>ریزش مو، تهوع و خستگی</p> <p>بعضی افراد که تحت تأثیر تابش‌های شدید، یا شیمی درمانی قوی قرار می‌گیرند مجبور به پیوند مغز استخوان می‌شوند تا بتوانند یاخته‌های خونی مورد نیاز را بسازند.</p> <p>در پرتودرمانی فقط بخشی از بدن (ناحیه سرطانی)، اما در شیمی درمانی همه بدن تحت تأثیر قرار می‌گیرد.</p> |

### – وراثت و محیط، هر دو در ایجاد سرطان نقش دارند. –

- پروتئین‌ها، تنظیم‌کننده چرخه یاخته و مرگ آن هستند. پروتئین‌ها محصول عملکرد ژن‌ها هستند؛ بنابراین مشخص است که در ایجاد سرطان، ژن‌ها نقش دارند.
- ژن‌های زیادی شناخته شده‌اند که در بروز سرطان مؤثرند.
- عوامل محیطی هم در بروز سرطان مؤثرند:

- ◀ پرتوهای فرابنفش، بعضی آلاینده‌های محیطی و دود خودروها به ساختار «دنا» آسیب می‌زنند.
- ◀ سایر پرتوها و مواد شیمیایی سرطان‌زا، مواد غذایی دودی‌شده مثل گوشت و ماهی دودی، بعضی ویروس‌ها، قرص‌های ضدبارداری، نوشیدنی‌های الکلی و دخانیات از عوامل مهم سرطان‌زایی‌اند.

### – مرگ برنامه ریزی شده یاخته –

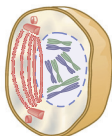
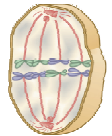
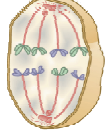
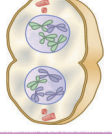
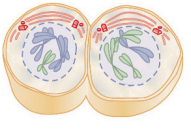
| مرگ برنامه ریزی شده                                                                                                                                                                                       | بافت مردگی                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| مرگ یاخته‌ها دارای برنامه از پیش تعیین شده است.                                                                                                                                                           | مرگ یاخته‌ها به صورت تصادفی است.                                                                                   |
| در بدن به صورت طبیعی رخ می‌دهد. برای حذف یاخته‌های پیر و فرسوده.                                                                                                                                          | در بدن به صورت طبیعی رخ نمی‌دهد.                                                                                   |
| اثرات مثبتی برای بدن دارد.                                                                                                                                                                                | اثرات مخربی بر بافت‌های بدن دارد.                                                                                  |
| فقط در بعضی از یاخته‌ها و در شرایط خاصی رخ می‌دهد.                                                                                                                                                        | ممکن است در همه یاخته‌ها در شرایط خاصی اتفاق می‌افتد.                                                              |
| فاقد پاسخ التهابی                                                                                                                                                                                         | دارای پاسخ التهابی                                                                                                 |
| حذف یاخته‌های پیر یا آسیب دیده مانند آفتاب سوختگی<br>حذف پرده بین انگشتان پا در بعضی از پرندگان                                                                                                           | از بین رفتن یاخته‌های آسیب دیده در اثر صدمه خارجی مثلن در بریدگی<br>اثر رادیکال‌های آزاد بر یاخته‌های کبدی         |
| می‌تواند هم با رسیدن علائم بیرونی و تغییر در غشا شروع شود<br>و هم بدون رسیدن علائم بیرونی باشد؛ مثلن در نقطه وارسی $G_1$ در صورتی که<br>دنا آسیب دیده باشد و ترمیم نشود، مرگ برنامه ریزی شده شروع می‌شود. | نمی‌تواند منشأ از درون یاخته داشته باشد؛ یعنی همواره از<br>بیرون از یاخته فرایندهایی باعث شروع بافت مردگی می‌شوند. |

### ♦♦ گفتار ۳: کاستمان (میوز) ♦♦

- در تولیدمثل جنسی، دو یاخته جنسی (گامت) با هم ترکیب و هسته‌های آن‌ها با هم ادغام می‌شوند.
- یاخته‌های مؤثر در تولیدمثل جنسی با نوعی تقسیم کاهشی به نام میوز ایجاد می‌شوند.
- در بعضی از جانوران (زنبور عسل نر) و همه گیاهان، یاخته‌های جنسی محصول مستقیم میتوز هستند.

### – مراحل تقسیم میوز –

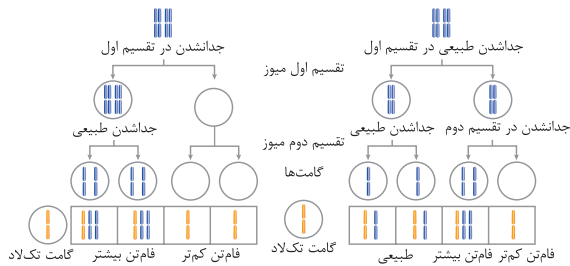
- میوز از دو مرحله کلی کاستمان ۱ و ۲ تشکیل شده است؛ پس از تقسیم هسته نیز تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود.
- در میوز مرحله پرومتافاز وجود ندارد و اتفاقات این مرحله در پروفاز انجام می‌گیرد.
- بین میوز ۱ و ۲، اینترفاز مشخصی وجود ندارد؛ ولی سانتیول‌ها دو برابر می‌شوند.

| شکل                                                                                                                                | وضعیت فام‌تن | اتفاقات                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|                                                 | دوکروماتیدی  | فام‌تن‌های هم‌تا از طول در کنار هم قرار می‌گیرند و فشرده می‌شوند.<br>تترادها از سانترومر به (بعضی از) رشته‌های دوک متصل می‌شوند.<br>رشته‌های فامینه به تدریج با میکروسکوپ نوری مشاهده می‌شوند.<br>سانتریول‌ها به دو طرف یاخته حرکت می‌کنند و بین آن‌ها دوک تقسیم تشکیل می‌شود.<br>پوشش هسته و شبکه آندوپلاسمی تجزیه می‌شوند.               | پروفاز ۱ |
|                                                 | دوکروماتیدی  | تترادها در استوای یاخته، روی رشته‌های دوک قرار می‌گیرند.                                                                                                                                                                                                                                                                                   | متافاز ۱ |
|                                                 | دوکروماتیدی  | فام‌تن‌های هم‌تا از هم جدا می‌شوند و به سمت قطبین یاخته حرکت می‌کنند.                                                                                                                                                                                                                                                                      | آنافاز ۱ |
|                                                 | دوکروماتیدی  | با رسیدن فام‌تن‌ها به دو سوی یاخته، پوشش هسته دوباره تشکیل می‌شود.                                                                                                                                                                                                                                                                         | تلوفاز ۱ |
| معمولاً در پایان میوز ۱ تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود. نتیجه کاستمان ۱ ایجاد دو یاخته است که هر کدام نصف یاخته اولیه، فام‌تن دارند. |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |
|                                                 | دوکروماتیدی  | رشته‌های فامینه فشرده، ضخیم و کوتاه‌تر می‌شوند.<br>رشته‌های فامینه به تدریج با میکروسکوپ نوری مشاهده می‌شوند.<br>سانتریول‌ها به دو طرف یاخته حرکت می‌کنند و بین آن‌ها دوک تقسیم تشکیل می‌شود.<br>پوشش هسته و شبکه آندوپلاسمی تجزیه می‌شوند تا رشته‌های دوک بتوانند به فام‌تن‌ها برسند.<br>سانترومر فام‌تن‌ها به رشته‌های دوک متصل می‌شوند. | پروفاز ۲ |

| شکل | وضعیت فام تن | اتفاقات                                                                                                                                                                                                                          |          |
|-----|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|     | دوکروماتیدی  | فام تن ها در وسط (سطح استوایی) یاخته ردیف می شوند.                                                                                                                                                                               | متافاز ۲ |
|     | تک کروماتیدی | ترتیب اتفاقات: تجزیه پروتئین اتصال در ناحیه سانترومر ← جدانشدن فامینک های خواهری از هم جدا ← کوتاه شدن رشته های دوک متصل به فام تن ← فاصله گرفتن فامینک های جدا شده از یکدیگر ← کشیده شدن فام تن های تک فامینکی به دو سوی یاخته. | آنافاز ۲ |
|     | تک کروماتیدی | رشته های دوک تخریب می شود.<br>فام تن ها شروع به باز شدن می کنند تا به صورت فامینه در آیند.<br>پوشش هسته نیز مجدداً تشکیل می شود.<br>در پایان تلوفاز، یاخته، دو هسته مشابه دارد.                                                  | تلوفاز ۲ |

### تغییر در تعداد فام تن ها

- تقسیم یاخته ای با دقت زیاد انجام می شود، ولی به ندرت ممکن است اشتباهاتی در روند تقسیم رخ دهد.
- اشتباه در تقسیم می تواند، هم در تقسیم میوز و هم در تقسیم میوز رخ دهد، ولی چون یاخته های حاصل از کاستمان در ایجاد نسل بعد دخالت مستقیم دارند، از اهمیت بیشتری برخوردارند.
- چندلادی شدن:



- اگر در مرحله آنافاز همه فام تن ها بدون این که از هم جدا شوند به یک یاخته بروند، آن یاخته دو برابر فام تن خواهد داشت و یاخته دیگر فاقد فام تن خواهد بود.
- اگر جدانشدن در آنافاز میوز ۱ باشد، همه یاخته های حاصل از میوز غیر طبیعی هستند؛ نیمی از آن ها بیشتر از حالت طبیعی فام تن دارند و نیم دیگر، کمتر از حالت طبیعی.
- اگر جدانشدن در آنافاز میوز ۲ و فقط در یکی از یاخته های حاصل از میوز ۱ باشد، آن گاه نیمی از یاخته های حاصل از میوز، طبیعی و نیمی دیگر، غیر طبیعی هستند.
- در آزمایشگاه می توان با تخریب رشته های دوک تقسیم این وضعیت را ایجاد کرد.

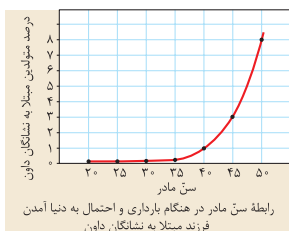
- در چندلادی شدن، تعداد کروموزوم در هر مجموعه کروموزومی ثابت است، ولی تعداد مجموعه های کروموزومی و تعداد کل کروموزوم ها افزایش می یابد.
- به یاخته یا جاندار که یاخته های آن بیش از دو مجموعه فام تن داشته باشد، چندلاد گفته می شود؛ مثلاً گندم زراعی  $6n$  و میوز  $2n$  است.

### با هم ماندن فام تن ها:

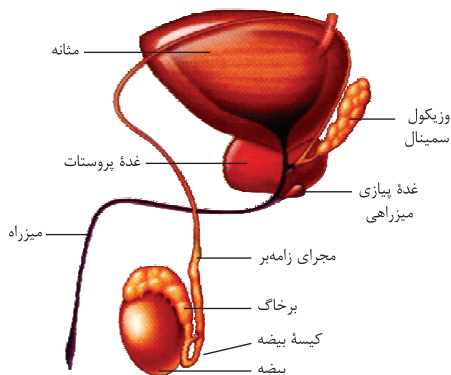
- در این حالت، یک یا چند فام تن در مرحله آنافاز (میوز و میوز) از هم جدا نمی شوند.
- در یاخته های حاصل از تقسیم، کاهش یا افزایش یک یا چند فام تن مشاهده می شود.

### نشانه های داون

- به آمیزه ای از نشانه های یک بیماری، یا یک حالت نشانگان می گویند.
- بروز نشانگان داون نمونه ای از با هم ماندن فام تن ها است.
- افراد مبتلا به داون، در یاخته های پیکری خود ۴۷ فام تن دارند. فام تن اضافی مربوط به شماره ۲۱ است؛ یعنی یاخته های پیکری این افراد ۳ فام تن شماره ۲۱ دارند.
- علت بروز بیماری: یکی از یاخته های جنسی ایجاد کننده فرد، به جای یک فام تن شماره ۲۱، دارای دو فام تن ۲۱ بوده است.
- بالا بودن سن مادران در هنگام بارداری از عوامل مهم بروز این بیماری است؛ زیرا با افزایش سن مادر، احتمال خطای میوزی در تشکیل یاخته های جنسی وی بیشتر می شود.
- عوامل محیطی نیز می توانند موجب اختلال در تقسیم میوز شوند. دخانیات، الکل، مجاورت با پرتوهای مضر و آلودگی ها نیز می توانند در روند جدانشدن فام تن ها در هر دو جنس، اختلال ایجاد کنند.
- رابطه بین سن مادر و احتمال به دنیا آمدن فرزند مبتلا به داون، یک رابطه نمایی صعودی است.
- احتمال به دنیا آمدن فرزند مبتلا به بیماری در یک مادر ۵۰ ساله، ۸ درصد است.
- احتمال به دنیا آمدن فرزند مبتلا به بیماری داون در یک مادر ۴۵ ساله و ۵۰ ساله به ترتیب ۳ و ۸ برابر یک مادر ۴۰ ساله است.

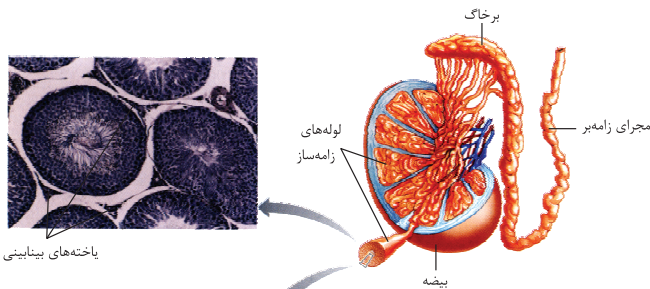


### گفتار: دستگاه تولیدمثل مرد



- وظایف اندام‌های دستگاه تولیدمثل در مردان:
- ۱ تولید زامه ← توسط بیضه‌ها
- ۲ ایجاد محیطی مناسب برای نگهداری از زامه‌ها ← توسط اپیدیدیم (برخاک)
- ۳ انتقال زامه‌ها به خارج از بدن ← توسط مجاری زامه‌بر و میزراه
- ۴ تولید هورمون جنسی مردانه (تستوسترون) ← توسط بیضه‌ها
- زامه‌ها در یک جفت بیضه یا همان غدد جنسی نر تولید می‌شوند.
- بیضه‌ها درون کیسه بیضه قرار دارند. محل طبیعی کیسه بیضه خارج و پایین محوطه شکمی است.
- تنظیم دما و ایجاد دمای مناسب برای فعالیت بیضه‌ها و تمایز زامه‌ها:
- قرارگیری کیسه بیضه خارج از محوطه شکمی ← ۳ درجه پایین‌تر بودن دما نسبت به سایر بخش‌های بدن.
- وجود شبکه‌ای از رگ‌های کوچک در کیسه بیضه
- در بیضه‌ها تعداد زیادی لوله‌های پرپیچ‌وخم به نام لوله‌های زامه‌ساز وجود دارد. درون این لوله‌ها از هنگام بلوغ تا پایان عمر، زامه تولید می‌شود. در بین لوله‌های زامه‌ساز یاخته‌های بینابینی قرار دارند که نقش ترشح هورمون جنسی نر را بر عهده دارند.

### - اسپرم‌زایی -



- دیواره لوله‌های زامه‌ساز، یاخته‌های زاینده‌ای به نام اسپرماتوگونی وجود دارد. این یاخته‌ها که نزدیک سطح خارجی لوله‌ها قرار گرفته‌اند، ابتدا با میتوز تقسیم می‌شوند. یکی از یاخته‌های حاصل از هر بار میتوز در لایه زاینده می‌ماند که لایه زاینده حفظ شود. یاخته دیگر که زام‌یاخته (اسپرماتوسیت) اولیه نام دارد، با تقسیم میوز ۱ دو یاخته به نام اسپرماتوسیت ثانویه تولید می‌کند. این یاخته‌ها تک‌لادند، ولی فام‌تن‌های آن مضاعف شده‌اند.
- هر کدام از یاخته‌های اسپرماتوسیت ثانویه با انجام میوز ۲، دو اسپرماتید ایجاد می‌کنند. این یاخته‌ها نیز تک‌لادند اما فام‌تن‌های آن‌ها مضاعف‌شده نیستند. بنابراین، از یک اسپرماتوسیت اولیه، چهار اسپرماتید حاصل می‌شود.
- تمایز اسپرم‌ها در دیواره لوله از خارج به سمت وسط لوله انجام می‌شود.
- هنگام عبور زام‌یاخته‌ها به سمت مجرای لوله‌های زامه‌ساز، تمایزی در آن‌ها رخ می‌دهد تا به زامه تبدیل شوند. در نتیجه این تمایز یاخته‌ها تاژکدار می‌شوند و مقدار زیادی از سیتوپلاسم خود را از دست می‌دهند، هم‌چنین هسته فشرده می‌شود.
- یاخته‌های سرتولی:
- بزرگ‌ترین یاخته دیواره لوله اسپرم‌ساز است.
- با ترشحات خود تمایز اسپرم‌ها را هدایت می‌کند.
- در همه مراحل اسپرم‌زایی، پشتیبانی و تغذیه یاخته‌ها و نیز بیگانه‌خواری باکتری‌ها را بر عهده دارند.

بریم یک جدول ببینیم!

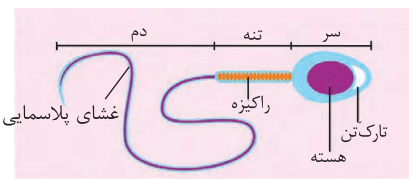
| زاده‌زا                        | زام‌یاخته اولیه                                             | زام‌یاخته ثانویه | زام‌یاخته     | زامه          | یاخته سرتولی |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------|---------------|---------------|--------------|
| ۲                              | ۲                                                           | ۱                | ۱             | ۱             | ۲            |
| ۴۶ (مضاعف)                     | ۴۶ (مضاعف)                                                  | ۲۳ (مضاعف)       | ۲۳ (غیرمضاعف) | ۲۳ (غیرمضاعف) | ۴۶           |
| محل قرارگیری                   | دیواره لوله اسپرم‌ساز                                       |                  |               |               |              |
| گیرنده، برای هورمون LH         | ندارد                                                       | ندارد            | ندارد         | ندارد         | ندارد        |
| گیرنده، برای هورمون FSH        | ندارد                                                       | ندارد            | ندارد         | ندارد         | دارد         |
| ژن یا ژن‌های مؤثر در ساخت تاژک | این ژن در همه یاخته‌های هسته‌دار بدن یک مرد سالم وجود دارد. |                  |               |               |              |



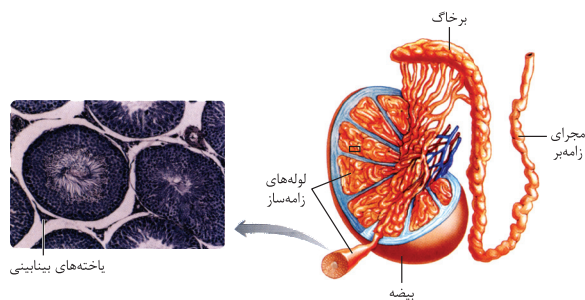
| توانایی تقسیم شدن   | زازه‌ها        | زازه‌های اولیه | زازه‌های ثانویه | زازه‌های پخته        | زازه  | پخته‌های سر تن |
|---------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------------|-------|----------------|
| دارد (میتوز)        | دارد (میتوز ۱) | دارد (میتوز ۲) | ندارد           | ندارد                | ندارد | ندارد          |
| توانایی تشکیل تتراد | ندارد          | دارد           | ندارد           | ندارد                | ندارد | ندارد          |
| قابلیت لقاح         | ندارد          | ندارد          | ندارد           | ندارد                | دارد  | ندارد          |
| تازک                | ندارد          | ندارد          | ندارد           | گروهی از آنها دارند. | دارد  | ندارد          |

### – ساختار زامه –

همه رو توی یک جدول بهتون گفتیم!

| بخش‌های مختلف زامه                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>سر</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>دارای یک هسته بزرگ، مقدار کمی سیتوپلاسم و کیسه‌ای پر از آنزیم به نام تارکتن است.</li> <li>تارکتن، کلاه‌مانند و در بخش جلویی هسته قرار دارد.</li> <li>تنها بخشی است که در زمان لقاح به درون تخمک (اووسیت ثانویه) وارد می‌شود.</li> <li>تارکتن در نفوذ زامه به تخمک نقش دارد.</li> <li>در این بخش دای خنثی مشاهده می‌شود؛ ۲۲ فام‌تن غیرجنسی و یک فام‌تن جنسی درون هسته وجود دارد.</li> <li>نسبت به سایر بخش‌ها ضخامت بیشتری دارد.</li> </ul> |
|                                                                                   | <b>تنه</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>در این بخش تعداد زیادی میتوکندری وجود دارد.</li> <li>در این بخش دای حلقوی مشاهده می‌شود.</li> <li>این بخش در زمان لقاح نمی‌تواند به درون تخمک وارد شود.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                   | <b>دم</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>دم با حرکات خود سبب به جلو راندن زامه می‌شود.</li> <li>در تمام طول خود، ضخامت یکسانی ندارد؛ در بخش انتهایی، نازک‌تر است.</li> <li>زازه‌ها توانایی استفاده از این بخش را در پرخاک بعد از طی حداقل ۱۸ ساعت به دست می‌آورند.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                       |

### – اندام‌های ضمیمه (کمکی) –



- پس از تولید زامه‌ها در لوله‌های زامه‌ساز، آنها از بیضه خارج و به درون لوله‌ای پیچیده و طویل به نام برخاک منتقل می‌شوند. این زامه‌ها ابتدا قادر به حرکت نیستند و باید حداقل ۱۸ ساعت در آنجا بمانند تا توانایی حرکت در آنها ایجاد شود.
  - زازه‌هایی که متحرک شده‌اند وارد مجرای طولی به نام زامه‌بر می‌شوند. از هر بیضه یک مجرای زامه‌بر خارج و وارد محوطه شکمی می‌شود.
- هالا بیا یک جدول مقایسه‌ای بین این زامه‌بر و اسپرم‌بر!

| مجرای زامه‌بر                          | برخاک             |                                                       |
|----------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
| خیر                                    | خیر               | درون بیضه است؟                                        |
| فقط بخش اولیه مجرا                     | بله (به طور کامل) | درون کیسه بیضه است؟                                   |
| فقط متحرک                              | متحرک و غیرمتحرک  | چه نوع زامه‌ای دارد؟                                  |
| ترشحات وزیکول سمینال را دریافت می‌کند. | خیر               | ترشحات غدد برون ریز دستگاه تولیدمثل را دریافت می‌کند؟ |
| بله                                    | بله               | مجرایی طویل است؟                                      |
| خیر                                    | بله               | دارای پیچ خوردگی است؟                                 |
| بله                                    | خیر               | وارد حفره شکمی می‌شود؟                                |

و اما غدد پرونرینز دستگاه تولیدمثل ...

### غدد وزیکول سمینال (کیسه منی):

- هر کدام از مجراهای زامهبر ترشحات غده کیسه منی را دریافت می کنند.
- این غدد مایعی غنی از فروکتوز را به زامه ها اضافه می کنند.
- فروکتوز انرژی لازم برای فعالیت زامه ها را فراهم می کند.

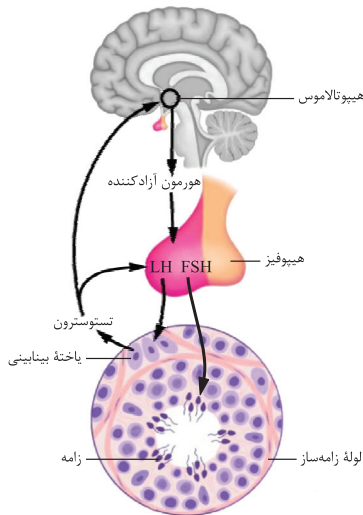
### غده پروستات:

- دو مجرای زامهبر در زیر مثانه وارد غده پروستات شده و به میزراه متصل می شوند.
- ترشحات غده پروستات قلیایی و در خنثی کردن مواد اسیدی موجود در مسیر عبور زامه به سمت تخمک کمک می کند.

### غده پیازی میزراهی:

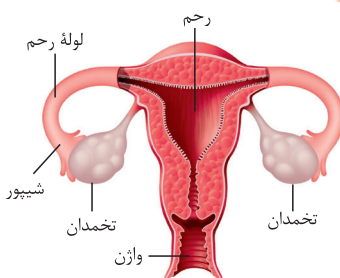
- بعد از پروستات، یک جفت غده به نام پیازی میزراهی نیز به میزراه متصل می شوند.
- به مجموع ترشحات این سه نوع غده مایع منی گفته می شود، به مجموع مایع منی و زامه ها، منی می گویند. منی از طریق میزراه از بدن خارج می شود.

### هورمون ها فعالیت دستگاه تولیدمثل در مرد را تنظیم می کنند.



- هورمون های مؤثر در دستگاه تولیدمثل مردان و محل ترشح آن ها:
- هورمون های آزادکننده و مهارکننده که از هیپوتالاموس ترشح می شوند.
- هورمون های LH و FSH که از هیپوفیز پیشین ترشح می شوند.
- هورمون تستوسترون که از بیضه ها و غدد فوق کلیه ترشح می شود.
- هورمون پرولاکتین که از هیپوفیز پیشین ترشح می شود.
- در مردان، FSH یاخته های سرتولی را تحریک می کند تا تمایز زامه را تسهیل کنند.
- LH، یاخته های بینابینی را تحریک می کند تا هورمون تستوسترون را ترشح کنند.
- تستوسترون ضمن تحریک رشد اندام های جنسی و زامه زایی باعث بروز صفات ثانویه در مردان می شود؛ مثل بم شدن صدا (تأثیر بر حنجره و پرده های صوتی)، روییدن مو در صورت و قسمت های دیگر بدن، رشد ماهیچه ها و استخوان ها.
- تنظیم میزان ترشح این هورمون ها با سازوکار بازخورد منفی انجام می شود.
- تستوسترون هم روی هیپوفیز پیشین اثر می گذارد و هم روی هیپوتالاموس.

### گفتار ۲: دستگاه تولیدمثل در زن



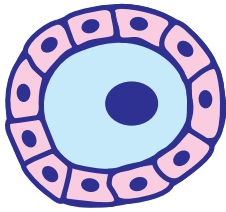
- دستگاه تولیدمثل در زنان شامل اندام هایی است که مجموع نقش های زیر را برعهده دارند:

- تولید هورمون های جنسی زنانه توسط تخمدان انجام می شود.
- تولید گامت ماده درون تخمدان و خارج از آن
- انتقال یاخته های جنسی ماده به سمت رحم لوله فالوپ
- ایجاد شرایط مناسب برای لقاح اسپرم و تخمک لوله فالوپ
- حفاظت و تغذیه جنین در صورت تشکیل رحم

### تخمدان ها

- غدد جنسی ماده اند که درون محوطه شکم قرار دارند و با کمک طنابی پیوندی و ماهیچه ای به دیواره خارجی رحم متصل اند.
- درون آن لوله های پیچ درپیچ وجود ندارد.

- یاخته های زاینده و دولاو در جنین دختر
- یاخته های مامه را (اووگونی) با رشتان تکثیر می شوند
- بعضی هم چنان مامه را می مانند.
- سرنوشت یاخته های حاصل از تقسیم آن
- بعضی کاستمان را شروع ولی در پروفاز یک متوقف می شوند، به این یاخته ها مام یاخته اولیه می گویند.



- در تخمدان جنین دختر حدود یک میلیون مام یاخته اولیه وجود دارد.
- هر مام یاخته اولیه را یاخته‌های تغذیه‌کننده احاطه می‌کنند. به مجموعه آن‌ها (یعنی مام یاخته اولیه و یاخته‌های تغذیه‌کننده اطرافش) انبانک (فولیکول) گفته می‌شود.
- پس از تولد، تعداد انبانک افزایش نخواهد یافت و به دلایل نامعلومی تعداد زیادی انبانک از بین می‌روند.

### – رحم –

- اندام کیسه‌مانند، گلابی شکل و ماهیچه‌ای است که جنین درون آن، رشد و نمو می‌یابد.
- دیواره داخلی رحم، در دوران قاعدگی و بارداری دچار تغییراتی می‌شود.
- بخش پهن و بالای رحم به دو لوله متصل است که به آن‌ها لوله‌های رحم (لوله‌های فالوپ) می‌گویند.
- بخش پایین رحم، باریک‌تر شده که به آن گردن رحم می‌گویند. این قسمت به داخل واژن باز می‌شود.

### – لوله فالوپ –

- در بدن هر زن سالمی دو لوله فالوپ وجود دارد.
- هر لوله فالوپ از یک انتها به بخش پهن و بالای رحم متصل است و از انتهای دیگر در مجاورت تخمدان قرار می‌گیرد.
- پهن‌ترین بخش هر لوله فالوپ در مجاورت تخمدان قرار دارد. این بخش از فالوپ شیپورمانند و دارای زواندی انگشت‌مانند است.
- پوشش داخل لوله‌های فالوپ مخاطی و مژکدار است. حرکت مژک‌های آن، تخمک را به سمت رحم می‌رانند.

### – واژن –

- واژن محل ورود یاخته‌های جنسی نر، خروج خون قاعدگی و در هنگام زایمان طبیعی، محل خروج جنین است.
- در محل واژن چین خوردگی‌های حلقوی مشاهده می‌شود.

### – دوره جنسی در زنان –

- دوره جنسی از آغاز یک عادت ماهانه تا آغاز عادت ماهانه بعدی است.
- در قاعدگی چه اتفاقی می‌افتد؟ دیواره داخلی رحم همراه با رگ‌های خونی تخریب و مخلوطی از خون و بافت‌های تخریب‌شده از طریق واژن از بدن خارج می‌شود.
- عادت ماهانه با بلوغ جنسی آغاز می‌شود ابتدا نامنظم، ولی کم‌کم منظم می‌شود. نظم آن مهم‌ترین شاخص کارکرد صحیح دستگاه تولیدمثل زن است.
- یائسگی:

تعریف: توقف عادت ماهیانه

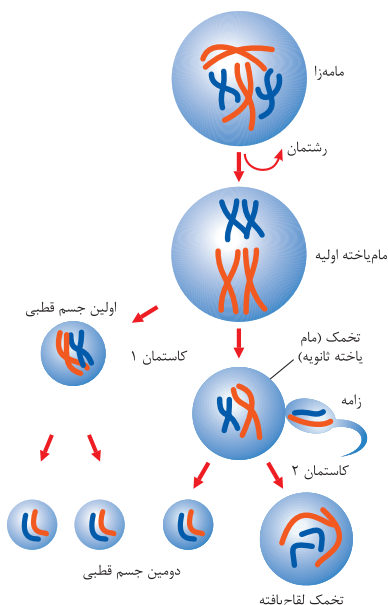
زمان: معمولاً در زن‌های سالم بین ۴۵ تا ۵۰ سالگی

علت: از کار افتادن تخمدان‌ها

- دوره باروری و تولیدمثلی در زن حدود ۳۰ تا ۳۵ سال است. تغذیه نامناسب، کار زیاد و سخت، فشار روحی و جسمی (زیاد بودن سطح هورمون کورتیزول در خون) به گونه‌ای چشمگیر از طول این مدت می‌کاهد.

### – تخمک‌زایی –

- تخمک‌زایی از یاخته دولا و زاینده‌ای به نام مام‌ها، قبل از تولد و از دوران جنینی شروع می‌شود.
- مراحل تخمک‌زایی:



- دوران جنینی:** یاخته مام‌ها — انجام میتوز — ایجاد دو یاخته که یکی هم‌چنان مام‌ها است و دیگری به مام یاخته اولیه تمایز می‌یابد. — شروع تقسیم میوز در مام یاخته اولیه — توقف میوز در پروفاز ۱.

- دوران بلوغ:** ادامه دادن میوز توسط یکی از انبانک‌ها در هر ماه — کامل شدن میوز ۱ درون تخمدان و ایجاد دو یاخته با سیتوپلاسم نابرابر — توقف دوباره تقسیم میوز — طی تخمک‌گذاری، یاخته‌های تغذیه‌کننده و مام یاخته ثانویه و اولین جسم قطبی از تخمدان خارج می‌شوند — هدایت شدن یاخته‌های خارج‌شده از تخمدان در طی تخمک‌گذاری به درون فالوپ توسط حرکات زاوئد انگشت‌مانند فالوپ — حرکت مام یاخته ثانویه به سمت رحم — در صورت:

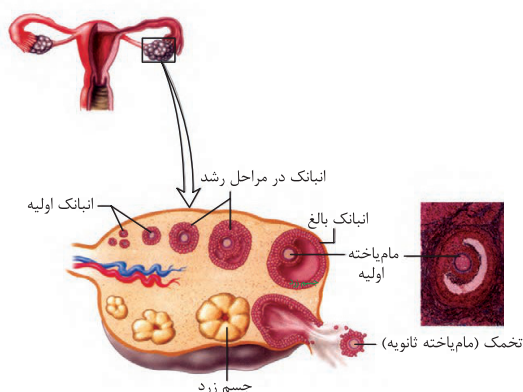
- ۱) برخورد اسپرم با مام یاخته ثانویه — انجام میوز ۲ (کامل شدن تقسیم میوز) — ایجاد تخمک لقاح یاخته و دومین جسم قطبی.

- ۲) عدم برخورد اسپرم با مام یاخته ثانویه — دفع شدن مام یاخته ثانویه همراه با خونریزی دوره‌ای از بدن.

- از تقسیم کاستمان ۲ در اولین جسم قطبی، دو یاخته با اندازه برابر به نام دومین جسم قطبی ایجاد می شود.
- مقایسه تخمک زایی و اسپرم زایی:

| تخمک زایی                                                                     | اسپرم زایی                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| در دوران جنینی شروع و در بلوغ کامل می شود.                                    | فقط در دوران بلوغ انجام می گیرد.                                             |
| از یاخته شروع کننده میوز، در نهایت یک گامت ایجاد می شود.                      | از یاخته شروع کننده میوز، در نهایت ۴ گامت ایجاد می شود.                      |
| بخشی از مراحل درون غده جنسی و بخشی بیرون از آن است.                           | همه مراحل درون غده جنسی انجام می گیرد.                                       |
| برای انجام فرایند وجود هورمون های آزادکننده، LH و FSH ضروری است.              |                                                                              |
| هر یاخته ای که تقسیم میوز را شروع می کند، لزوم یاخته هاپلوئیدی ایجاد نمی کند. | هر یاخته ای که تقسیم میوز را شروع می کند، قطعه یاخته هاپلوئیدی ایجاد می کند. |
| تقسیم نامساوی سیتوپلاسم صورت می گیرد.                                         | سیتوپلاسم به صورت برابر بین یاخته ها انجام می گیرد.                          |
| بعد از شروع فرایند، دو بار توقف صورت می گیرد.                                 | فرایند بدون توقف به پایان می رسد.                                            |

### چرخه تخمدانی -



- انباتک اولیه از دوره جنینی در تخمدان وجود دارد.
- در شروع هر دوره جنسی با افزایش ترشح FSH از هیپوفیز پیشین تعدادی انباتک اولیه شروع به رشد می کند.
- انباتکی که از همه بیشتر رشد کرده است، رشد را ادامه می دهد (۱) بزرگ شدن مام یاخته (۲) افزایش تعداد یاخته های انباتک
- هورمون FSH اثر بر یاخته های انباتک ترشح هورمون استروژن
- افزایش اندازه انباتک افزایش تعداد یاخته ترشح کننده استروژن
- افزایش ترشح استروژن
- در یک دوره جنسی ۲۸ روزه در حدود روز ۱۴ مام یاخته کاستمان ۱ را تمام و مام یاخته ثانویه ایجاد می شود.
- ایجاد حفره ای در انباتک پر از مایع در نتیجه فعالیت ترشی یاخته های انباتک
- در حدود روز ۱۴ دوره جنسی یک دوره ۲۸ روزه تشکیل می شود.
- دارای مام یاخته ثانویه و اولین جسم قطبی است.
- حفره ای پر از مایع دارد که درون آن مواد مختلفی مثل مواد مغذی وجود دارد.
- به دیواره تخمدان می چسبد و آماده تخمک گذاری است.
- جداکننده دوره انباتکی و جسم زردی چرخه تخمدانی است.
- در حدود روز ۱۴ دوره جنسی انجام می شود.
- زمانی انجام می شود که ترشح LH یکباره افزایش می یابد.
- اوسیت ثانویه (تخمک نابالغ)، اولین جسم قطبی و تعدادی از یاخته های انباتکی از سطح تخمدان خارج و وارد محوطه شکمی می شوند.
- یاخته های انباتکی چسبیده به مام یاخته در ادامه مسیر به تغذیه و محافظت از آن کمک می کنند.
- به دنبال تخمک گذاری، باقی مانده انباتک در تخمدان به صورت توده یاخته ای در می آید که به آن جسم زرد می گویند.
- یاخته های جسم زرد با تأثیر هورمون LH فعالیت ترشی خود را ادامه می دهند و دو هورمون استروژن و پروژسترون ترشح می کنند ولی پروژسترون را بیشتر!
- سرنوشت جسم زرد:

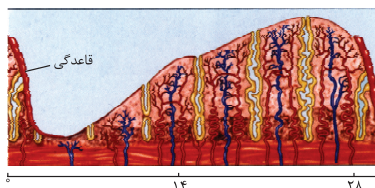
- بارداری رخ دهد، جسم زرد به فعالیت خود تا مدتی ادامه می دهد و با ترشح هورمون های پروژسترون و استروژن دیواره رحم حفظ می شود.
- بارداری رخ ندهد، جسم زرد در اواخر دوره جنسی تحلیل می رود و به جسمی غیرفعال به نام جسم سفید تبدیل می شود. غیرفعال شدن جسم زرد باعث کاهش استروژن و پروژسترون در خون می شود. کاهش این هورمون ها موجب ناپایداری جدار رحم و تخریب و ریزش آن می شود که علامت شروع دوره جنسی بعدی است.

یک جدول مقایسه ای خوب ببینیم!

| جسم سفید                                                                  | جسم زرد                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| در صورت عدم لقاح و در نیمه دوم دوره جنسی ایجاد می شود.                    | به دنبال تخمک گذاری و در نیمه دوم دوره جنسی ایجاد می شود.                     |
| تحلیل جسم زرد منجر به تشکیل آن می شود.                                    | بازخورد هورمون استروژن با هورمون های LH و FSH زمینه تشکیل آن را فراهم می کند. |
| اندازه کوچک تری دارد.                                                     | اندازه بزرگ تری دارد.                                                         |
| با ایجاد آن هورمون های جنسی کاهش ولی هورمون های LH و FSH افزایش می یابند. | با ایجاد آن میزان هورمون های جنسی افزایش می یابند.                            |
| برای هورمون های LH و HCG گیرنده ندارد.                                    | یاخته های آن برای هورمون های LH و HCG گیرنده دارند.                           |
| تشکیل آن سبب ناپایداری دیواره رحم و ریزش آن می شود.                       | تشکیل آن منجر به حفظ دیواره رحم و ضخیم و پر خون شدن آن می شود.                |



### چرخه رحمی -



وقایع چرخه رحمی تحت تأثیر هورمون‌های استروژن و پروژسترون است که از تخمدان‌ها ترشح می‌شود.

قاعدگی در روزهای اول هر دوره رخ می‌دهد که به طور متوسط هفت روز طول می‌کشد.

پس از قاعدگی، دیواره داخلی رحم مجدداً شروع به رشد و نمو می‌کند، ضخامت آن زیاد می‌شود و در آن چین‌خوردگی‌ها، حفرات و اندوخته خونی زیادی به وجود می‌آید.

رشد و نمو دیواره داخلی تا بعد از نیمه دوره نیز ادامه می‌یابد. پس از آن، سرعت رشد آن کم می‌شود، ولی فعالیت ترشحی در آن افزایش می‌یابد. نتیجه این فعالیت‌ها آماده‌شدن جدار رحم برای پذیرش و پرورش جنین است.

تخمک از بین می‌رود.

اگر لقاح صورت نگیرد شروع قاعدگی در حدود روز ۲۸ دوره ← شروع دوره جنسی بعدی

تغییرات دیواره رحم در مراحل مختلف دوره جنسی:

|                                                                                                                                                                                             |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| نزدیک اواخر این هفته، کم‌ترین ضخامت دیواره رحم رخ می‌دهد. در ابتدای این هفته، خونریزی رخ می‌دهد و خون و بافت‌های مرده از بدن دفع می‌شود. در اواخر این هفته، بازسازی دیواره رحم شروع می‌شود. | هفته اول   |
| ضخامت دیواره رحم با سرعت زیاد در حال انجام است. فرورفتگی‌های جدار رحم دیواره ایجاد می‌شوند.                                                                                                 | هفته دوم   |
| از سرعت رشد دیواره رحم کاسته می‌شود و فعالیت ترشحی آن زیاد می‌شود. در این هفته بیشترین ضخامت دیواره رحم قابل مشاهده است. شروع کاهش ضخامت دیواره رحم در این هفته صورت می‌گیرد.               | هفته سوم   |
| در روز آخر این هفته در صورت عدم لقاح، ریزش دیواره رحم و خونریزی شروع می‌شود. رگ‌های خونی دیواره رحم در این هفته به بیشترین طول خود در دوره جنسی، می‌رسند.                                   | هفته چهارم |

### تنظیم هورمونی دستگاه تولیدمثل در زن -

هورمون‌های هیپوتالاموس، هیپوفیز پیشین و تخمدان‌ها وقایع متفاوت در دستگاه تولیدمثلی زن را تنظیم می‌کنند.

تنظیم میزان این هورمون‌ها به صورت بازخوردی انجام می‌شود.

در ابتدای دوره مقدار دو هورمون جنسی استروژن و پروژسترون در خون کم است. این کمبود به هیپوتالاموس پیامی می‌دهد که هورمون آزادکننده ترشح کند. هورمون آزادکننده بخش پیشین هیپوفیز را تحریک می‌کند تا ترشح هورمون‌های FSH و LH را افزایش دهد.

هورمون‌های LH و FSH یک نوع هورمون آزادکننده دارند.

استروژن

افزایش مقدار آن با افزایش تدریجی اندازه انبانک.

افزایش تدریجی و اندک آن، مانع ترشح LH و FSH ← بازخورد منفی

حدود تخمک‌گذاری افزایش یکباره آن از انبانک بالغ، محرکی برای آزاد شدن مقدار زیادی LH و FSH می‌شود ← بازخورد مثبت

بازخورد منفی بین استروژن و هورمون‌های LH و FSH مانع از بالغ‌شدن انبانک جدید می‌شود.

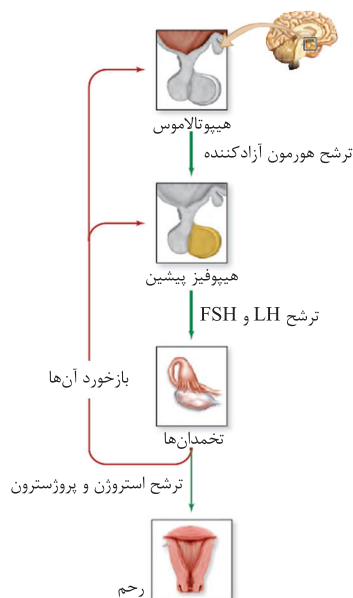
تغییر ناگهانی در مقدار هورمون در حدود روز ۱۴ دوره جنسی باعث تبدیل باقی‌مانده انبانک به جسم زرد می‌شود.

انتهای دوره جنسی

کاهش مقدار پروژسترون و استروژن

کاهش استحکام لایه داخلی دیواره رحم ← در طول چند روز بعد، قاعدگی شروع می‌شود.

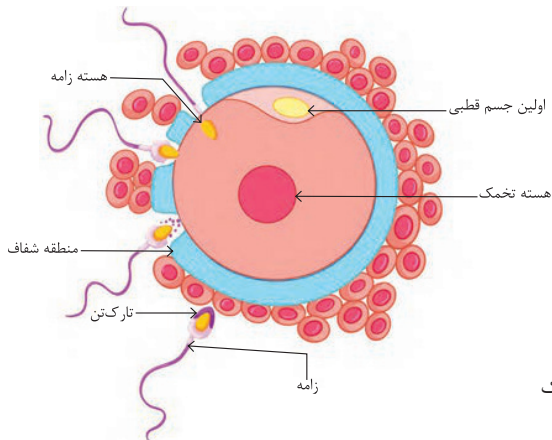
کاهش استروژن و پروژسترون ← اثر بر هیپوتالاموس ← ترشح مجدد LH و FSH ← شروع دوره جنسی بعدی



### گفتار ۳: رشد و نمو جنین

● نوزاد آدمی، زندگی را به صورت یک یاخته تخم آغاز می کند.

#### – لقاح –



● تخمک پس از تخمک گذاری از طریق انتهای شیپور مانند (شیپور فالوپ) وارد لوله رحم می شود.

● حرکات زوائد انگشت مانند، انقباض دیواره و حرکت مژک های دیواره لوله رحم، تخمک را به سمت رحم حرکت می دهند.

● با ورود منی به رحم، میلیون ها زامه به سمت تخمک شنا می کنند، ولی فقط تعداد کمی از آن ها در لوله رحم به تخمک می رسند.

● در اطراف تخمک دو لایه وجود دارد:

۱) لایه خارجی: شامل یاخته های انبانکی چسبیده به تخمک است.

۲) لایه داخلی: یک منطقه شفاف که در مرحله انبانکی ایجاد می شود. این لایه بین غشای تخمک و لایه خارجی قرار دارد.

● زامه ها از بین یاخته های انبانکی عبور و به منطقه شفاف می رسند. برای عبور زامه ها از منطقه شفاف، آنزیم های تارکتن رها می شوند. این آنزیم ها منطقه شفاف را تجزیه و در نتیجه غشای زامه به غشای تخمک می رسد.

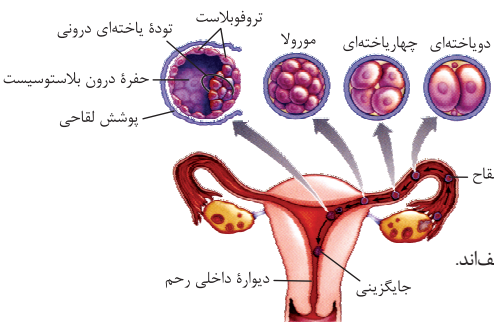
● لقاح موقعی آغاز می شود که غشای یک زامه و غشای تخمک با همدیگر تماس پیدا کنند. در این زمان، ضمن ادغام غشای زامه با غشای تخمک، تغییراتی در سطح تخمک اتفاق می افتد که باعث ایجاد پوششی به نام پوشش لقاحی می شود. پوشش لقاحی از ورود زامه های دیگر به تخمک جلوگیری می کند.

● با ورود سر زامه به تخمک، هسته آن به درون سیتوپلاسم وارد می شود. در همین حال، تخمک، میوز ۲ را تکمیل می کند و گامت ماده ایجاد می شود. هسته گامت ماده با هسته زامه ادغام می شود و یاخته تخم با ۲۳ جفت فام تن شکل می گیرد.

#### – وقایع پس از لقاح –

● حدود ۳۶ ساعت پس از لقاح، یاخته تخم تقسیمات میتوز را شروع می کند. نتیجه آن، ایجاد توده یاخته های است که تقریباً به اندازه تخم است؛ زیرا یاخته های حاصل از تقسیم رشد نکرده اند.

● این توده یاخته های توپر با نام مورولا در لوله رحم به سمت رحم حرکت می کند. در این مسیر و هم زمان با ادامه تقسیم ها یاخته های مورولا مایعی ترشح می کنند، در نتیجه یاخته ها از هم فاصله می گیرند و حفره ای درون آن شکل می گیرد که مایعی درون آن قرار دارد. ● بلاستوسیت:



◀ یک لایه بیرونی به نام تروفوبلاست دارد که در نهایت پرده کوریون را می سازد.

◀ توده یاخته ای درونی مجموعه ای از یاخته های بنیادی است.

◀ حفره ای پر از مایعات

◀ با پاره شدن پوشش لقاحی رها می شود.

● از توده یاخته ای درونی لایه های زاینده جنینی شکل می گیرند که هر کدام منشأ بافت ها و اندام های مختلف اند.

● در بلاستوسیت اندازه یاخته های تروفوبلاست (لایه خارجی) از توده درونی بیشتر است.

● در مرحله مورولا همه یاخته ها مشابه، ولی در مرحله بلاستوسیت دو نوع یاخته وجود دارد.

● یاخته های لایه بیرونی بلاستوسیت، آنزیم های هضم کننده ای را ترشح می کنند که یاخته های جدار رحم را تخریب و حفره ای ایجاد می کنند که بلاستوسیت در آن جای می گیرد. به این فرایند جایگزینی گفته می شود. یاخته های جنین در این مرحله مواد مغذی مورد نیاز خود را از این بافت های هضم شده به دست می آورند.

● بعد از جایگزینی، پرده های محافظت کننده در اطراف جنین تشکیل می شوند که مهم ترین آن ها درون شامه جنین (آمنیون) و برون شامه جنین (کوریون) هستند.

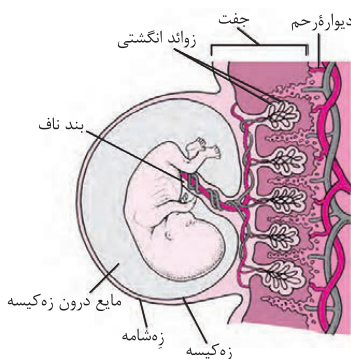
● هورمون HCG

◀ از کوریون ترشح می شود.

◀ بررسی وجود این هورمون در خون، آزمایش رایج و مطمئن برای تایید بارداری است.

◀ سبب حفظ جسم زرد و تداوم ترشح پروژسترون از آن می شود.

◀ عملکردی شبیه هورمون LH دارد.



جدول مقایسه‌ای پرده‌های اطراف جنین ...

| کوریون (برون شامه جنین)              | آمینیون (درون شامه جنین)  |                                                               |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------|
| ✓                                    | ×                         | زاوئد انگشتی دارد.                                            |
| ✓                                    | ×                         | در ایجاد جفت (رابط بین رحم و بندناف) نقش دارد.                |
| کم                                   | زیاد                      | فاصله نسبت به رحم                                             |
| یاخته‌های تروفوبلاست                 | —                         | منشأ                                                          |
| ✓                                    | ×                         | تولید هورمون HCG                                              |
| ×                                    | ✓ (فقط با یکی از لایه‌ها) | تماس با لایه‌های ایجاد شده از یاخته‌های توده درونی بلاستوسیست |
| بعد از جایگزینی                      |                           | زمان ایجاد شدن                                                |
| از طریق ترشح HCG در حفظ آن مؤثر است. | —                         | ارتباط با جسم زرد                                             |
| تشکیل جفت و بندناف                   | محافظت و تغذیه جنین       | نقش                                                           |

### – تشکیل بیش از یک جنین –

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● به دلیل این که هر دو جنین از یک یاخته تخم منشأ می‌گیرند، محتوای ژنتیکی هر دو یکسان و جنسیت آنان نیز قطعاً یکسان است.</li> <li>● اگر یاخته‌های حاصل از تقسیم‌های اولیه تخم از یکدیگر جدا شوند، هر کدام می‌توانند مثل یک جنین باشند که در صورت ادامه رشد و نمو، چندقلوهای همسان ایجاد می‌شود.</li> <li>● دوقلوهای همسان می‌توانند به هم چسبیده متولد شوند.</li> </ul>                                                                                     | دوقلوهای همسان   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● ممکن است تخمدان‌های یک فرد در یک دوره بیش از یک تخمک آزاد کنند و دو یا چند لقاح انجام شود. در این وضعیت، اگر مراحل رشد و نمو در آن‌ها ایجاد شود، دوقلو یا چندقلوهای ناهمسان ایجاد می‌شود.</li> <li>● دوقلوهای ناهمسان می‌توانند جنسیت یکسان و یا متفاوت داشته باشند.</li> <li>● دوقلوهای ناهمسان، جفت، کوریون و آمینیون مجزا دارند.</li> <li>● میزان شباهت این زاده‌ها به یکدیگر، همانند شباهتی است که بین سایر خواهرها و برادرها وجود دارد.</li> </ul> | دوقلوهای ناهمسان |

ناباروری در نتیجه:

❖ عدم تولید یاخته جنسی در مردان یا زنان

❖ عدم لقاح موفق بین زامه و تخمک

● زوج‌های نابارور می‌توانند با استفاده از دارو، جراحی و فناوری‌هایی مانند لقاح مصنوعی دارای فرزند شوند.

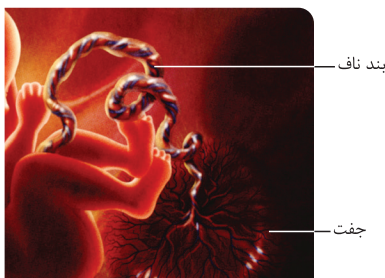
### – کنترل ورود و خروج مواد در جفت –

● تمایز جفت از هفته دوم بعد از لقاح شروع می‌شود، ولی تا هفته دهم ادامه دارد.

● بند ناف رابط بین جنین و جفت است که در آن سرخرگ‌ها خون جنین را به جفت می‌برند و سیاهرگ، خون را از جفت به جنین می‌رساند. خون مادر و جنین در جفت، مخلوط نمی‌شود، ولی می‌تواند بین دو طرف این پرده مبادله مواد صورت گیرد.

● مواد مغذی، اکسیژن و بعضی از پادتن‌ها از طریق جفت به جنین منتقل می‌شوند تا جنین تغذیه و محافظت شود و مواد دفعی جنین نیز از همین طریق به خون مادر منتقل می‌شود. در عین حال، عوامل بیماری‌زا و موادی مانند نیکوتین، کوکائین و الکل نیز می‌توانند از جفت عبور کنند و روی رشد و نمو جنین تأثیر سوء بگذارند.

● با توجه به عبور مواد از جفت و تأثیر زیان‌آور بعضی از داروها روی رشد و نمو، زنان باردار باید از مصرف هرگونه دارو در دوران بارداری، به‌جز با تجویز پزشک متخصص، خودداری کنند.

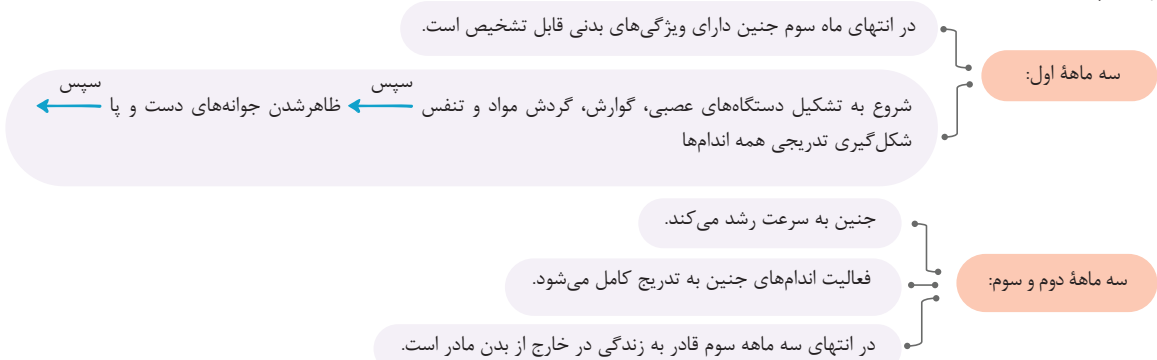




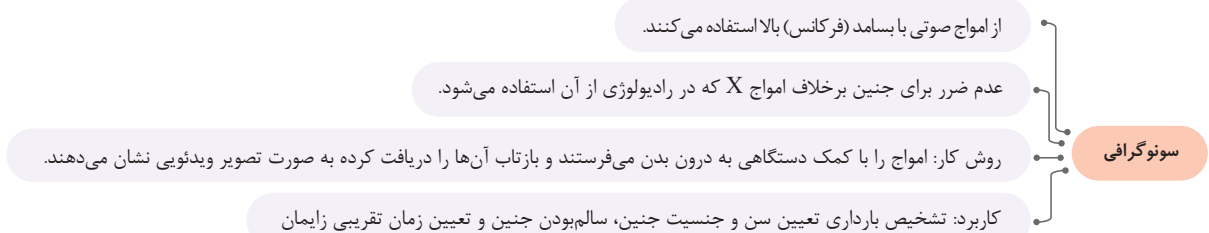
یک جدول بینیم از رگ های بندناف

| رگ های بندناف                                                                                              |                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| سیاهرگ                                                                                                     | سرخرگ                                                    |
| خون را از جنین به سمت جفت می برند.                                                                         | خون را از جنین به سمت جفت می برند.                       |
| یک عدد است.                                                                                                | دو عدد است.                                              |
| قطر بیشتری دارد و در طول خود، فاقد پیچ خوردگی است.                                                         | طول بیشتری دارند و به دور سیاهرگ بند ناف، پیچ خورده اند. |
| انشعاباتی از آن ها به درون زوائد انگشتی کوریون وارد می شود که با خون درون جفت، تبادل مواد را انجام می دهد. |                                                          |
| خون روشن (پراکسیژن) با مواد غذایی زیاد دارد.                                                               | خون تیره (کم اکسیژن) با مواد دفعی زیاد دارد.             |

و در نهایت مراحل رشد جنین ...



### – صوت نگاری (سونوگرافی) –



- متخصصان زنان و زایمان در پیش بینی زمان تولد نوزاد ۲۸۴ روز را به زمان شروع آخرین قاعدگی مادر اضافه می کنند.

### – تولد . زایمان –

- هورمون ها در زایمان نقش اساسی دارند، اکسی توسین یکی از این هورمون ها است.
- اکسی توسین ماهیچه های دیواره رحم را تحریک می کند، تا انقباض آغاز شود و در ادامه، دفعات و شدت انقباض را مرتب تر می کند. به همین دلیل، پزشکان برای سرعت دادن به زایمان اکسی توسین را به مادر تزریق می کنند.
- نتیجه انقباض ماهیچه های رحم دردهای زایمان همراه است.
- گردن رحم در هر بار انقباض، بیشتر باز می شود و سر جنین بیشتر به آن فشار می آورد.
- با افزایش انقباضات ترشح اکسی توسین با باز خورد مثبت افزایش یافته و باعث می شود نوزاد آسان تر و زودتر از رحم خارج شود.
- به طور طبیعی ابتدا سر و سپس بقیه بدن از رحم خارج می شود. در مرحله بعد با ادامه انقباض رحم، جفت و اجزای مرتبط با آن، از رحم خارج می شود.
- هورمون اکسی توسین، علاوه بر تأثیر در زایمان، ماهیچه صاف غدد شیری را نیز منقبض می کند تا خروج شیر انجام شود. تقویت احساس هایی مانند آرامش، اعتماد و محبت از اثرات هورمون اکسی توسین است.
- تحریک گیرنده های موجود در غدد شیری با مکیدن نوزاد، اتفاق می افتد و از طریق باز خورد مثبت، تنظیم می شود. مکیدن نوزاد باعث افزایش هورمون های پرولاکتین و اکسی توسین و در نتیجه به ترتیب سبب افزایش تولید و خروج شیر می شود.
- علاوه بر زایمان طبیعی، تولد نوزاد با عمل جراحی (سزارین) نیز انجام می شود.





### گفتار ۴: تولیدمثل در جانوران

● اساس تولیدمثل جنسی در همه جانوران مشابه است، ولی در چگونگی انجام، مراحل آن و حفاظت و تغذیه جنین، تفاوت‌هایی وجود دارد.

#### – نحوه لقاح –

● لقاح به ترکیب گامت‌های نر و ماده گفته می‌شود که به دو صورت خارجی و داخلی انجام می‌شود:

| لقاح خارجی                                                                     | لقاح داخلی                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| در آبزیان مثل ماهی‌ها (بسیاری از آن‌ها)، دوزیستان و بی‌مهرگان آبی دیده می‌شود. | در جانوران خشکی‌زی (مهره‌دار و بی‌مهره) و بعضی آبزیان دیده می‌شود.                                                                                                 |
| لقاح یاخته‌ها جنسی درون آب صورت می‌گیرد.                                       | لقاح یاخته‌ها جنسی درون بدن یکی از والدین صورت می‌گیرد.<br>معمولاً جانور ماده و در برخی موارد جانور نر (اسبک‌ماهی)                                                 |
| گامت نر ایجاد شده فاقد دیوارهای چسبناک و زله‌ای است.                           |                                                                                                                                                                    |
| هر دو والد تعداد زیادی گامت (یاخته جنسی) تولید و آزاد می‌کنند.                 | جانور ماده تعداد کمی یاخته جنسی (تخمک) ایجاد می‌کند.                                                                                                               |
| در هر دو نوع لقاح، تعداد اسپرم تولیدشده توسط جانور زیاد است.                   |                                                                                                                                                                    |
| انجام این نوع لقاح نیازمند دستگاه‌های تولیدمثلی با اندام‌های تخصص‌یافته نیست.  | انجام این نوع لقاح نیازمند دستگاه‌های تولیدمثلی با اندام‌های تخصص‌یافته است.                                                                                       |
| تخمک دیواره چسبناک و زله‌ای دارد که پس از لقاح، تخم‌ها را به هم می‌چسباند.     | در این جانوران نیز در اطراف تخمک می‌تواند لایه‌ای زله‌ای قرار داشته باشد.                                                                                          |
| اندوخته تخمک کم است.                                                           | اندوخته تخمک می‌تواند کم (پستانداران به دلیل وجود ارتباط خونی مادر و جنین) و یا زیاد (در جانوران تخم‌گذار مثل پرند به علت نبود ارتباط غذایی بین مادر و جنین) باشد. |
| در مهره‌داران دارای لقاح خارجی به دلیل دوره جنینی کوتاه، اندوخته تخمک کم است.  | محافظت از جنین در برابر عوامل نامساعد محیطی توسط لایه زله‌ای تخمک انجام می‌شود.                                                                                    |
| تغذیه اولیه جنین توسط لایه زله‌ای تخمک صورت می‌گیرد.                           | حفاظت از جنین به روش‌های مختلفی انجام می‌شود.                                                                                                                      |
| امکان مشاهده بیش از یک جنین وجود دارد.                                         |                                                                                                                                                                    |



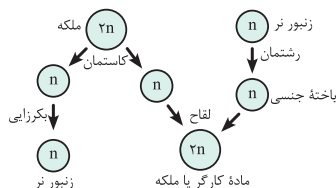
● برای افزایش احتمال برخورد گامت‌ها در لقاح خارجی، والدین تعداد زیادی گامت را هم‌زمان وارد آب می‌کنند. برای هم‌زمان شدن ورود یاخته‌های جنسی به آب عوامل متعددی دخالت دارد. از جمله دمای محیط، طول روز، آزاد کردن مواد شیمیایی توسط نر یا ماده یا بروز بعضی رفتارها مثل رقص عروسی در ماهی‌ها.

#### – بکرزایی –

● نوعی از تولیدمثل جنسی است و برای مثال، در زنبور عسل و بعضی مارها دیده می‌شود.

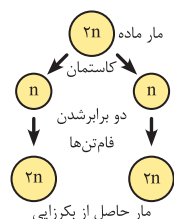
● در بکرزایی، فرد ماده گاهی اوقات به تنهایی تولیدمثل می‌کند.

#### بکرزایی در زنبور عسل:



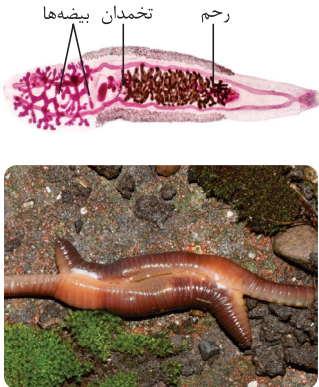
- ◀ زنبور ملکه با تقسیم میوز، تخمک ایجاد می‌کند. تخمک‌ها بدون انجام لقاح، با تقسیمات میتوزی یک زنبور تک‌لاد را ایجاد می‌کنند. این زنبور جنسیت نر دارد و با انجام میتوز، اسپرم تولید می‌کند.
- ◀ اسپرم‌های زنبور نر با تخمک‌های زنبور ملکه، لقاح می‌دهد و زنبوری دولا و با جنسیت ماده ایجاد می‌شود.
- ◀ در جمعیت زنبورهای عسل، هر زنبور هاپلوئید و حاصل بکرزایی است و هر زنبور ماده، دیپلوئید و حاصل لقاح است.
- ◀ در بین زنبورهای ماده فقط ملکه زایا است و سایر زنبورهای ماده، نازا هستند.

#### بکرزایی در مار:



- ◀ مار ماده با میوز، تخمک هاپلوئید ایجاد می‌کند. این تخمک‌ها ابتدا با انجام همانندسازی، تعداد فام‌تن‌های خود را دو برابر می‌کنند و سپس تخمک که دیگر دیپلوئید است، با انجام تقسیمات میتوزی، یک مار دیپلوئید را ایجاد می‌کند.
- ◀ تخمک مار برای دوبرابر کردن تعداد فام‌تن‌هایش همانندسازی بدون تقسیم یاخته‌ای انجام می‌دهد!
- ◀ مار حاصل از بکرزایی توانایی انجام میوز دارد، ولی به دلیل این که ژنوتیپ آن خالص است، همواره یک نوع گامت می‌دهد و انجام فرایند کراسینگ‌اور منجر به ایجاد فامینک‌های نوترکیب نمی‌شود.
- در هر دو نوع بکرزایی، لقاح صورت نمی‌گیرد!

### – نرماده (هرما فرودیت) –



- در این جانوران، یک فرد هر دو نوع دستگاه تولیدمثلی نر و ماده را دارد.
- در کرم‌های پهن مثل کرم کبد:
  - ◀ هر فرد تخمک‌های خود را بارور می‌کند.
  - ◀ تخمدان در حد فاصل بین بیضه‌ها و رحم قرار دارد.
  - ◀ بیش از یک بیضه وجود دارد.
  - ◀ لقاح به صورت داخلی انجام می‌شود.
- در کرم‌های حلقوی، مثل کرم خاکی:
  - ◀ لقاح دوطرفی انجام می‌شود؛ یعنی وقتی دو کرم خاکی در کنار هم قرار می‌گیرند، اسپرم‌های هر کدام تخمک‌های دیگری را بارور می‌سازد.
  - ◀ دو کرم خاکی به صورت سر و ته به یکدیگر متصل می‌شوند.
  - ◀ در محل اتصال دو کرم خاکی به یکدیگر، مایع سفیدرنگی وجود دارد.

### – تغذیه جنین –

- مواد غذایی مورد نیاز جنین تا چند روز پس از لقاح و تشکیل تخم از اندوخته غذایی تخمک تأمین می‌شود.
- اندوخته غذایی تخمک مخلوطی از مواد مغذی متفاوت است.
- اندازه تخمک در جانوران مختلف بستگی به میزان اندوخته دارد:

|                                  |                                                                                    |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| در ماهی‌ها و دوزیستان            | به دلیل دوره جنینی کوتاه، میزان اندوخته غذایی کم و تخمک کوچک است.                  |
| در جانوران تخم‌گذار              | به دلیل عدم ارتباط خونی بین جنین و مادر، میزان اندوخته غذایی زیاد و تخمک بزرگ است. |
| در پستانداران جفت‌دار و کیسه‌دار | به دلیل ارتباط خونی بین مادر و جنین، میزان اندوخته غذایی کم و تخمک کوچک است.       |

### – محافظت از جنین –

- در جانورانی که لقاح خارجی دارند:
  - تخمک دیواره‌ای چسبناک و ژله‌ای دارد که پس از لقاح، تخم‌ها را به هم می‌چسباند. این لایه ژله‌ای ابتدا از جنین در برابر عوامل نامساعد محیطی محافظت می‌کند و سپس به عنوان غذای اولیه مورد استفاده جنین قرار می‌گیرد.
- در جانورانی که لقاح داخلی دارند، حفاظت جنین به صورت‌های متفاوتی انجام می‌شود:

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| جانوران تخم‌گذار                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● پوسته ضخیم در اطراف تخم از جنین محافظت می‌کند.</li> <li>● برای محافظت بیشتر در خزندگانی مثل لاک‌پشت تخم‌ها با ماسه و خاک پوشانده می‌شوند.</li> <li>● پرندگان روی تخم‌ها می‌خوابند.</li> <li>● پستاندار تخم‌گذاری مثل پلاتی‌پوس، تخم را در بدن خود نگه می‌دارد و چند روز مانده به تولد نوزاد، تخم‌گذاری می‌کند و روی آن‌ها می‌خوابد تا مراحل نهایی رشد و نمو طی شود.</li> </ul> |
| پستاندارن کیسه‌دار (مثل کانگورو) | <ul style="list-style-type: none"> <li>● جنین ابتدا درون رحم ابتدایی مادر رشد و نمو را آغاز می‌کند.</li> <li>● به دلیل مهیانبودن شرایط به صورت نارس متولد می‌شود و خود را به درون کیسه‌ای که بر روی شکم مادر است می‌رساند.</li> <li>● درون کیسه ضمن حفاظت، از غدد شیری درون آن تغذیه می‌کند تا مراحل رشد و نمو را کامل کند.</li> </ul>                                                                                  |
| پستانداران جفت‌دار               | <ul style="list-style-type: none"> <li>● جنین درون رحم مادر رشد و نمو را آغاز و از طریق اندامی به نام جفت با خون مادر مرتبط می‌شود و از آن تغذیه می‌کند.</li> <li>● نوزاد پس از تولد از غدد شیری مادر تغذیه می‌کند تا زمانی که بتواند به طور مستقل به زندگی ادامه دهد.</li> </ul>                                                                                                                                       |



# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

زیست شناسی

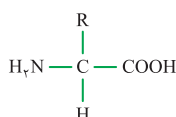
## پایه دوازدهم

### گفتار ۳: پروتئین‌ها

علاوه بر دنا و رنا که در یاخته ذخیره و انتقال اطلاعات را بر عهده دارند، مولکول‌های دیگری نیز هستند که به انجام فرایندهای مختلف یاخته‌ای کمک می‌کنند؛ از جمله این مولکول‌ها پروتئین‌ها هستند که نقش بسیار مهمی در فرایندهای یاخته‌ای دارند.

| نوع عناصر سازنده                                          | نوکلئیک اسیدها              | پروتئین‌ها                                                         |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                                           | N و O .H .C                 | P و N .O .H .C                                                     |
| محل تولید در یک یاخته یوکاریوتی                           | درون هسته، راکیزه و سبزدیسه | درون راکیزه، سبزدیسه، روی آندوپلاسمی زبر و ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم |
| پیوند هیدروژنی بین مونومرها                               | ✓ (در دنا و رنا ناقل)       | ✓                                                                  |
| تعداد رشته‌های سازنده                                     | رنا، یک رشته و دنا، دو رشته | یک و یا بیشتر از یک رشته                                           |
| در صورت تجزیه شدن باعث تولید مواد دفعی نیتروژن دار می‌شود | ✓                           | ✓                                                                  |

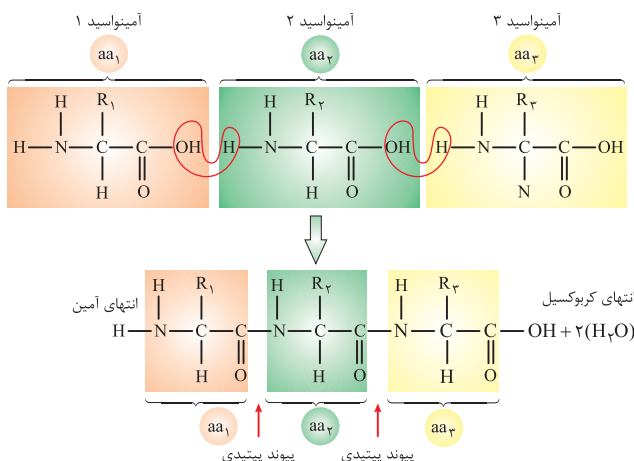
### – ساختار آمینواسیدها –



- پروتئین‌ها بسپارهایی از آمینواسیدها هستند.
- نوع، ترتیب و تعداد آمینواسیدها در پروتئین، ساختار و عمل آن‌ها را مشخص می‌کند.
- هر آمینواسید یک گروه آمین ( $\text{NH}_2$ ) و یک گروه اسیدی کربوکسیل ( $\text{COOH}$ ) دارند.
- در هر آمینواسید گروه آمین و کربوکسیل به همراه یک هیدروژن و گروه R همگی به یک کربن مرکزی متصل‌اند و چهار ظرفیت آن را پر می‌کنند.
- گروه R در آمینواسیدهای مختلف متفاوت است و ویژگی‌های منحصر به فرد هر آمینواسید به آن بستگی دارد.
- هر آمینواسید می‌تواند در شکل‌دهی پروتئین مؤثر باشد و تأثیر آن به ماهیت شیمیایی گروه R بستگی دارد.
- گروه کربوکسیل Vs گروه آمین:

| تعداد اتم‌ها          | گروه کربوکسیل                                 | گروه آمین         |
|-----------------------|-----------------------------------------------|-------------------|
|                       | ۴                                             | ۳                 |
| نوع اتم‌ها            | کربن، هیدروژن و اکسیژن                        | نیتروژن و هیدروژن |
| شرکت در چه پیوندهایی؟ | پپتیدی در ساختار اول و هیدروژنی در ساختار دوم |                   |

### – پیوند پپتیدی آمینواسیدها را به یکدیگر متصل می‌کند. –



- آمینواسیدهای مختلف با حضور آنزیم، واکنش سنتزآبدهی را انجام می‌دهند.
- در واکنش اتصال آمینواسیدها به یکدیگر، با خروج یک مولکول آب، یک آمینواسید با آمینواسید دیگر پیوند اشتراکی ایجاد می‌کند. این پیوند اشتراکی بین آمینواسیدها را پیوند پپتیدی می‌گویند.
- وقتی تعدادی آمینواسید با پیوند پپتیدی به هم وصل شوند، زنجیره‌ای از آمینواسیدها به نام پلی‌پپتید تشکیل می‌شود.
- پروتئین‌ها از یک یا چند زنجیره بلند و بدون شاخه از پلی‌پپتیدها ساخته شده‌اند.
- هر نوع پروتئین، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارد که با استفاده از روش‌های شیمیایی، آمینواسیدها را جدا و آن‌ها را شناسایی می‌کنند.
- آمینواسیدها در طبیعت انواع گوناگونی دارند، اما فقط ۲۰ نوع از آن‌ها در ساختار پروتئین‌ها به کار می‌روند.
- پیوند پپتیدی بین گروه کربوکسیل یک آمینواسید و گروه آمین آمینواسید دیگر برقرار می‌شود. در این پیوند، گروه کربوکسیل، OH و گروه آمین H از دست می‌دهد.

### در هر آمینواسید:

- حداقل یک پیوند کربن - کربن وجود دارد؛ پیوند بین کربن مرکزی و کربن گروه کربوکسیل!
- حداقل یک پیوند کربن - نیتروژن وجود دارد؛ پیوند کربن مرکزی و نیتروژن گروه آمین!
- حداقل یک پیوند دوگانه وجود دارد؛ پیوند بین کربن و اکسیژن گروه کربوکسیل!
- رشته پلی‌پپتیدی خطی و دارای دو انتهای متفاوت است؛ در یک انتها گروه آمین و در انتها گروه کربوکسیل به صورت آزاد قرار دارد.
- در زمان ترجمه (تولید پروتئین از روی اطلاعات رنا یک)، ابتدای هر رشته پلی‌پپتیدی انتهای آمین وجود دارد.

### در واقع در هر رشته پلی‌پپتیدی:

- همواره اولین آمینواسید از طریق گروه کربوکسیل خود وارد پیوند می‌شود و گروه آمین آن به صورت آزاد باقی می‌ماند.
- همواره آخرین آمینواسید از طریق گروه آمین خود وارد پیوند می‌شود و گروه کربوکسیل آن به صورت آزاد باقی می‌ماند.



- در هر رشته پلی پپتیدی پیوند بین کربن و نیتروژن اگر:
  - ◀ درون ساختار یک آمینواسید باشد ← بین کربن مرکزی آمینواسید و نیتروژن گروه آمین است.
  - ◀ بین دو آمینواسید باشد ← بین کربن گروه کربوکسیل یک آمینواسید و نیتروژن گروه آمین یک آمینواسید دیگر است.
- در هر رشته پلی پپتیدی، همه آمینواسیدها به جز آمینواسیدهای اول و آخر، در دو پیوند پپتیدی شرکت می کنند؛ در نتیجه هر آمینواسید باعث تولید دو مولکول آب می شود.

### – سطوح مختلف ساختاری در پروتئین ها –

- شکل فضایی پروتئین، نوع عمل آن را مشخص می کند.
- یکی از راه های پی بردن به شکل پروتئین استفاده از پرتوهای ایکس است.
- با استفاده از تصاویر حاصل از پرتوی ایکس و روش های دیگر، محققین به ساختار سه بعدی پروتئین ها پی می برند که در آن حتی جایگاه هر اتم را می توانند مشخص کنند.
- اولین پروتئینی که ساختار آن شناسایی شد میوگلوبین بود. این پروتئین از یک رشته پلی پپتید تشکیل شده است.
- ساختار پروتئین ها در چهار سطح بررسی می شود که هر ساختار مبنای تشکیل ساختار بالاتر است.
- بررسی ساختار پروتئین ها:

| نام دیگر                | تشکیل چه پیوندی؟                                                               | مشاهده چه پیوندی؟                                                                         | نکات خاص ساختار                                                                                       |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ساختار اول پروتئین ها   | توالی آمینواسیدها                                                              | پپتیدی (اشتراکی)                                                                          | پپتیدی (اشتراکی)                                                                                      |
| ساختار دوم پروتئین ها   | الگوهای پیوندهای هیدروژنی                                                      | هیدروژنی (غیراشتراکی)                                                                     | پپتیدی (اشتراکی) + هیدروژنی (غیراشتراکی)                                                              |
| ساختار سوم پروتئین ها   | تاخورد و متصل به هم برهم کنش های آب گریز + اشتراکی غیرپپتیدی + یونی + هیدروژنی | پپتیدی (اشتراکی) + هیدروژنی (غیراشتراکی) + پیوندیست + اشتراکی غیرپپتیدی + یونی + هیدروژنی | پپتیدی (اشتراکی) + هیدروژنی (غیراشتراکی) + پیوندیست + اشتراکی غیرپپتیدی + یونی + هیدروژنی             |
| ساختار چهارم پروتئین ها | آرایش زیرواحدها                                                                | –                                                                                         | پپتیدی (اشتراکی) + هیدروژنی (غیراشتراکی) + برهم کنش های آب گریز + اشتراکی غیرپپتیدی + یونی + هیدروژنی |

- پروتئین هایی که یک زنجیره پلی پپتیدی دارند، ساختار نهایی شان، سوم و پروتئین هایی که بیشتر از یک زنجیره دارند، ساختار چهارم!

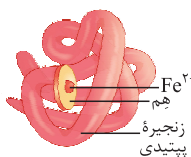
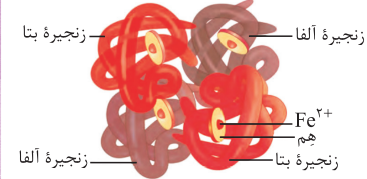




# مرورنامه آزمون آزمایشی خیل سبز

## زیست شناسی

● مقایسه هموگلوبین و میوگلوبین:

| میوگلوبین                                                                          | هموگلوبین                                                                           | محل قرارگیری                             |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| درون یاخته‌های ماهیچه اسکلتی                                                       | درون گویچه‌های قرمز خون                                                             | تعداد زنجیره پلی پپتیدی                  |
| ۱                                                                                  | ۴                                                                                   | تعداد اتم‌های آهن                        |
| ۱                                                                                  | ۴                                                                                   | تعداد گروه هم                            |
| فقط اکسیژن                                                                         | اکسیژن + کربن دی‌اکسید + کربن مونواکسید                                             | به چه گازهایی متصل می‌شود.               |
| -                                                                                  | کم‌خونی داسی شکل + مسمومیت با کربن مونواکسید                                        | بیماری مرتبط                             |
| ریبوزوم‌های آزاد در سیتوپلاسم                                                      | در کدام ریبوزوم‌ها تولید می‌شود.                                                    | ساختار نهایی                             |
| سوم                                                                                | چهارم                                                                               | تأثیر ورزش طولانی مدت بر مقدار آن در بدن |
| افزایش می‌یابد؛ از طریق تبدیل تارهای ماهیچه‌ای نوع تند به کند.                     | افزایش می‌یابد؛ از طریق افزایش تولید گویچه‌های قرمز تحت تأثیر هورمون اریتروپوئیتین. | شکل                                      |
|  |   |                                          |

### – نقش پروتئین‌ها –

● پروتئین‌ها متنوع‌ترین گروه مولکول‌های زیستی از نظر ساختار شیمیایی و عملکردی هستند. پروتئین‌ها در فرایندها و فعالیت‌های متفاوتی شرکت دارند از جمله:

نقش آنزیمی؛ به صورت کاتالیزورهای زیستی عمل می‌کنند و سرعت واکنش شیمیایی خاصی را زیاد می‌کنند.

گیرنده در غشا؛ مانند گیرنده آنتی‌ژنی در لنفوسیت‌های B و T + گیرنده ناقل‌های عصبی + گیرنده بعضی از هورمون‌ها

انتقال مواد در خون؛ هموگلوبین درون گویچه قرمز، حمل  $O_2$  +  $CO_2$  + آلبومین در حمل بعضی از داروها مثل پنی‌سیلین

دفاعی؛ پروتئین‌های مکمل + اینترفرون‌های ۱ و ۲ + پادتن‌ها + پرفورین + لیزوزیم

جابه‌جا کردن مواد از عرض غشا؛ کانال‌های نشستی + کانال‌های دریچه‌دار + پمپ سدیم - پتاسیم + کانال وابسته به ناقل عصبی

استحکام بخشیدن به بافت (حفاظتی)؛ کلاژن که در زردپی و رباط به فراوانی یافت می‌شود.

انقباضی؛ انقباض ماهیچه‌ها نیز ناشی از حرکت لغزشی دو نوع پروتئین روی یکدیگر یعنی اکتین و میوزین است.

بیشتر هورمون‌ها از جمله اکسی‌توسین و انسولین که پیام‌های بین یاخته‌ای را در بدن جانوران ردوبدل می‌کنند تا تنظیم‌های مختلف در بدن انجام شود، پروتئینی هستند.

پروتئین‌هایی مثل مهارکننده‌ها نقش‌های تنظیمی متعددی را در فعال و غیرفعال کردن ژن‌ها بر عهده دارند.

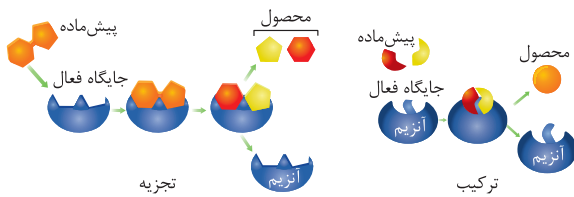


نقش پروتئین‌ها

### – آنزیم‌ها –

- واکنش‌های شیمیایی در صورتی سرعت مناسب می‌گیرند که انرژی اولیه کافی (انرژی فعال‌سازی) برای انجام آن وجود داشته باشد.
- انجام واکنش‌ها در بدن موجود زنده نیز که با عنوان کلی سوخت و ساز مطرح می‌شوند با حضور آنزیم است.
- آنزیم امکان برخورد مناسب مولکول‌ها را افزایش و انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش می‌دهد. با این کار سرعت واکنش‌هایی را که در بدن موجود زنده انجام‌شدنی هستند، زیاد می‌کند.
- بدون آنزیم ممکن است در دمای بدن سوخت و ساز یاخته‌ها بسیار کند انجام شود و انرژی لازم برای حیات تأمین نشود.
- آنزیم‌های ترش‌جی دستگاه گوارش مثل آمیلاز بزاق و لیپاز در خارج یاخته عمل می‌کنند.
- آنزیم‌های مؤثر در تنفس یاخته‌ای، فتوسنتز و همانندسازی درون یاخته فعالیت می‌کنند.
- گروهی از آنزیم‌ها مثل پمپ سدیم پتاسیم فعالیت خود را در غشا انجام می‌دهند.

### ساختار آنزیمها



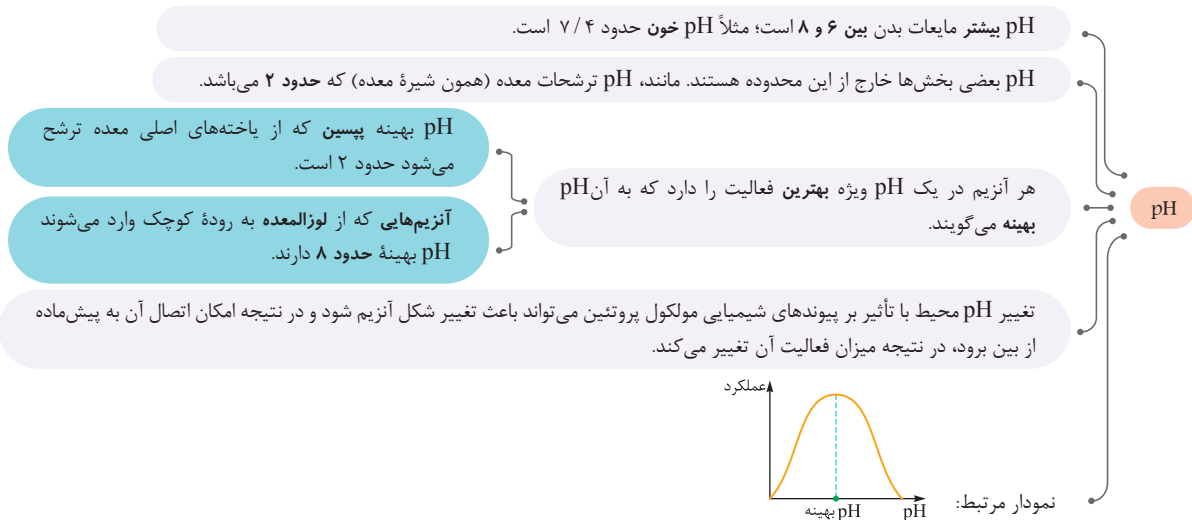
- بیشتر آنزیمها پروتئینی هستند.
- آنزیمها در ساختار خود بخشی به نام جایگاه فعال دارند.
- جایگاه فعال بخشی اختصاصی در آنزیم است که پیش ماده در آن قرار می گیرد.
- ترکیباتی که آنزیم روی آن ها عمل می کند، پیش ماده و ترکیباتی که حاصل فعالیت آنزیم هستند، فراورده یا محصول خوانده می شوند.
- بعضی آنزیمها برای فعالیت به یون های فلزی مانند آهن، مس و یا مواد آلی مثل ویتامین ها نیاز دارند.
- به مواد آلی که به آنزیم کمک می کنند کوآنزیم می گویند.
- وجود بعضی از مواد سمی در محیط مثل سیانید و آرسنیک می تواند با قرار گرفتن در جایگاه فعال آنزیم، مانع فعالیت آن شود.
- بعضی از مواد سمی با قرار گرفتن در جایگاه فعال آنزیم و اشغال آن، باعث مرگ می شوند.
- پیش ماده یک آنزیم می تواند سمی باشد؛ در این صورت قرارگیری ماده سمی در جایگاه فعال نه تنها باعث کاهش فعالیت آنزیم نمی شود، بلکه آنزیم با خوشحالی و با عشق فراوان! پیش ماده را به فراورده تبدیل می کند. آنزیم تولیدکننده اوره از آمونیاک در کبد از این دست آنزیمهاست.

### عملکرد اختصاصی آنزیمها

- هر آنزیم روی یک یا چند پیش ماده خاص مؤثر است؛ بنابراین گفته می شود که آنزیمها عمل اختصاصی دارند.
- شکل آنزیم در جایگاه فعال با شکل پیش ماده یا بخشی از آن مطابقت دارد و به اصطلاح مکمل یکدیگرند.
- آنزیمها عملی اختصاصی دارند، ولی برخی از آن ها بیش از یک نوع واکنش را سرعت می بخشند.
- یک آنزیم می تواند به منظور انجام یک واکنش انرژی خواه، ابتدا نوعی واکنش انرژی زا را انجام دهد تا انرژی لازم برای انجام آن واکنش انرژی خواه تأمین شود؛ مثلاً آنزیم دنباسپاراز برای ایجاد پیوند فسفودی استر (نوعی واکنش انرژی خواه) ابتدا از نوکلئوتید ۳ فسفات، دو فسفات را جدا می کند. (واکنشی انرژی زا)
- آنزیمها در همه واکنش های شیمیایی بدن جانداران که شرکت می کنند؛ سرعت واکنش را زیاد می کنند، اما در پایان واکنش ها دست نخورده باقی می ماند تا بدن بتواند بارها از آن ها استفاده کند؛ به همین دلیل یاخته ها به مقدار کم به آنزیمها نیاز دارند؛ البته به مرور مقداری از آن ها از بین می روند و یاخته مجبور به تولید آنزیم های جدید می شود.

### عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیمها

- عوامل متعددی از جمله pH، دما، غلظت آنزیم و پیش ماده بر سرعت فعالیت آنزیمها تأثیر می گذارند.



- گروهی از آنزیم های بدن انسان در دمایی کم تر از ۳۷ درجه (۳۴ درجه) فعالیت دارند؛ مانند آنزیم های موجود در بیضه ها
- یکی از نشانه های بیماری میکروبی تب است؛ فعالیت میکروبها در دماهای بالا کاهش می یابد؛ یعنی از فعالیت آنزیمی میکروبها کاسته می شود؛ یعنی بدن برای همین خودش تب را ایجاد می کند؛ اما تب بالا خطرناک است، چون به آنزیم های خود فرد نیز آسیب می زند.

### غلظت آنزیم و پیش ماده

- مقدار بسیار کمی از آنزیم کافی است تا مقدار زیادی از پیش ماده را در واحد زمان به فراورده تبدیل کند. اگر مقدار آنزیم زیاده تر شود تولید فراورده در واحد زمان افزایش می یابد.
- افزایش غلظت پیش ماده در محیطی که آنزیم وجود دارد نیز می تواند تا حدی باعث افزایش سرعت شود؛ ولی این افزایش تا زمانی ادامه می یابد که تمامی جایگاه های فعال آنزیمها با پیش ماده اشغال شوند؛ در این حالت سرعت انجام واکنش ثابت می شود.



### کاربرد آنزیم‌ها در صنعت

- استفاده از آنزیم در صنایع تولید دارو، خوراکی، آشامیدنی و تولید سوخت‌های زیستی
  - آنزیم سلولاز: تجزیه سلولز به گلوکز - استفاده در صنایع کاغذسازی و تولید سوخت‌های زیستی
  - آنزیم‌ها در صنایع غذایی به ویژه صنایع لبنی اهمیت ویژه دارند.
  - مایه پنیر: نام عمومی آنزیم‌هایی است که با دلمه کردن پروتئین‌های [نه پلی ساکاریدهای] شیر آن را به پنیر تبدیل می‌کنند.
- روش تولید ← سنتی: استخراج از معده نوزادان جانورانی مثل گاو و گوسفند  
 ← امروزه: تولید انواعی از مایه‌پنیرها از گیاهان و ریزجانداران
- در صنایع شوینده با استفاده از لیپازها، آمیلازها و پروتئازها انواعی از شوینده‌ها با قدرت تمیزکنندگی بالا تولید می‌شود.

### فیزیک

#### پایه دهم

#### انرژی جنبشی

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

(kg)      (m/s)

(J)

انرژی جنبشی جسمی با جرم  $m$  که با سرعت  $v$  حرکت می‌کند، از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:

#### نکته

رابطه تغییرات انرژی جنبشی:

$$\Delta K = K_f - K_i = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 = \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2)$$

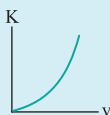
#### نکته

نسبت انرژی جنبشی‌ها:

$$\frac{K_f}{K_i} = \frac{m_f}{m_i} \times \left(\frac{v_f}{v_i}\right)^2$$

#### نکته

نمودار انرژی جنبشی بر حسب سرعت:



### کار انجام‌شده توسط نیروی ثابت

مقدار کار از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:

$$W = F d \cos \theta$$

زاویه بین  $F$  و  $d$ ، نیرو  $F$  (N)

جابه‌جایی  $d$  (m) کار  $W$  (J)

#### نکته

| $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$ | $\theta = 90^\circ$ | $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$ | علامت کار |
|------------------------------------|---------------------|----------------------------------|-----------|
| $W < 0$                            | $W = 0$             | $W > 0$                          |           |
|                                    |                     |                                  | شکل نمونه |

#### نکته

مسائل ترکیبی قانون دوم نیوتون و کار: در بعضی مسائل نیرو مستقیم بیان نمی‌شود.

$$F = ma \xrightarrow[\text{رابطه کار}]{\text{جای‌گذاری } F \text{ در}} W = F d \cos \theta$$

مرحله ۱       $\downarrow$   $ma$

#### نکته

نیرو و جابه‌جایی برحسب بردارهای یکه:

$$\begin{cases} \vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j} \\ d = d_x \vec{i} + d_y \vec{j} \end{cases} \quad W = \vec{F} \cdot \vec{d} = (F_x d_x) + (F_y d_y)$$



## نکته

کار نیروی وزن:

$$W = Fd \cos \theta \Rightarrow W_{mg} = mg \times h \times \cos(0^\circ \text{ یا } 180^\circ)$$

## نکته

نمودار نیرو بر حسب جابه‌جایی:



## نکته

روش‌های محاسبه کار کل انجام شده ( $W_t$ )

| روابط                                          | قضیه کار و انرژی جنبشی               | محاسبه کار تک‌تک نیروها                                                                        | برایندگیری بین نیروها                                                                   |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| $W_t = \Delta K = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$ | $W_t = W_1 + W_2 + \dots$            | $W_t = F_t d \cos \theta$                                                                      | ابتدا بین تمامی نیروهای وارد شده برایندگیری می‌کنیم و برایند نیرو را جای‌گذاری می‌کنیم. |
| توضیحات                                        | هر آنچه نیاز است، در رابطه عیان است. | اگر چند نیرو به جسم وارد شوند، کار هر نیرو را جداگانه حساب می‌کنیم و در آخر با هم جمع می‌کنیم. |                                                                                         |

## کار و انرژی پتانسیل

(J) (kg) (m)

$$U = m g h$$

شتاب گرانشی زمین (N/kg)

$$U_E = |q| E d \cos \theta$$

انرژی پتانسیل گرانشی:

انرژی پتانسیل یا انرژی ذخیره‌ای نمونه‌های متنوعی دارد.

انرژی پتانسیل فنی

## نکته

انرژی پتانسیل برخلاف انرژی جنبشی ویژگی یک سامانه است.

## نکته

رابطه انرژی پتانسیل گرانشی و کار نیروی وزن:

$$\Delta U = -W_{\text{وزن}}$$

## نکته

علامت انرژی پتانسیل گرانشی  $\Delta U < 0$  جابه‌جایی به سمت زمین  
 $\Delta U > 0$  جابه‌جایی به سمت آسمان

## پایستگی انرژی مکانیکی

به مجموع انرژی‌های پتانسیل و جنبشی یک جسم، انرژی مکانیکی می‌گویند.

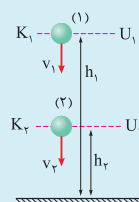
انرژی جنبشی (J)

$$E = K + U$$

انرژی پتانسیل (J) انرژی مکانیکی (J)

## نکته

پایستگی انرژی مکانیکی: اگر نیروهای اتلافی نباشند، انرژی مکانیکی در تمامی نقاط یکسان و پایسته است.

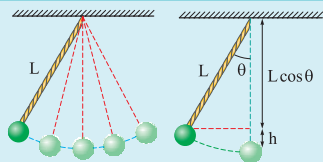


$$E_1 = E_2 \Rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \Rightarrow \Delta U + \Delta K = 0$$



### نکته

بررسی اختلاف ارتفاع در حرکت آونگ:



$$h = L - L \cos \theta \Rightarrow h = L(1 - \cos \theta)$$

### کار و انرژی درونی

انرژی درونی: مجموع انرژی‌های ذرات تشکیل‌دهنده یک جسم

### نکته

محاسبه انرژی تلف‌شده:

$$E_p - E_k = W_f \quad \text{یا} \quad \Delta K + \Delta U = W_f$$

(J) انرژی تلف‌شده

قانون پایستگی انرژی: در یک سامانه منزوی، مجموع کل انرژی‌ها پایسته می‌ماند، انرژی به وجود نمی‌آید و از بین هم نمی‌رود، فقط از حالتی به حالت دیگر تبدیل می‌شود.

### توان و بازده

توان (P): کمیتی نرده‌ای که آهنگ انجام کار را نشان می‌دهد.

$$\bar{P} \quad \text{یا} \quad P_{av} = \frac{W}{\Delta t}$$

↑  
کار انجام‌شده (J)  
↓  
مدت زمان انجام کار (s)    توان متوسط (W)

### نکته

یکای توان:  $\frac{J}{s}$  که وات (W) نام‌گذاری کرده‌اند.

### نکته

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$$

اسب‌بخار

### نکته

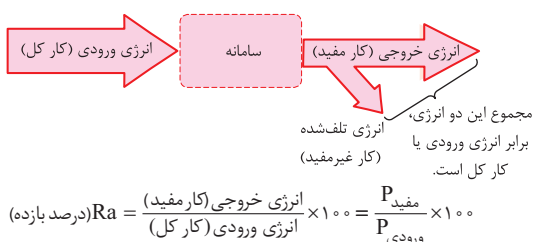
رابطه توان و تندی:

$$P_{av} = \frac{W}{t} = \frac{F d}{t} \xrightarrow{\frac{d}{t} = v_{av}} P_{av} = F v_{av}$$

↓  
تندی ثابت = تندی متوسط حرکت جسم

### تذکر

در رابطه بالا، تندی جسم باید ثابت باشد.  
بازده (Ra): نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی

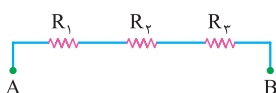


## پایه یازدهم

## بخش ۴: ترکیب مقاومت‌ها

### الف) مقاومت‌های متوالی (سری)

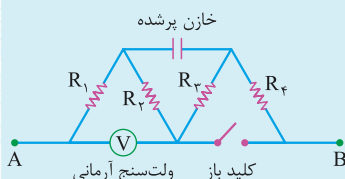
دو مقاومت متوالی‌اند، اگر یک سر مشترک داشته باشند و از این سر مشترک انشعاب مفید دیگری خارج نشود.



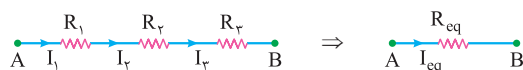


## نکته

کلید باز، سیمی که به نقطه دیگر مدار متصل نیست، ولت‌سنج آرمانی و خازن پرشده انشعاب مفید محسوب نمی‌شوند. در شکل زیر مقاومت‌ها متوالی‌اند.

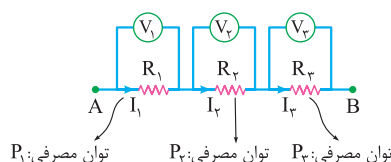


## رابطه بین مقاومت‌های متوالی و معادلشان



جریان الکتریکی:  $I_1 = I_2 = I_3 = I_{eq}$   
توان مصرفی:  $P_1 + P_2 + P_3 = P_{eq}$   
اختلاف پتانسیل:  $V_1 + V_2 + V_3 = V_{eq} = V_{AB}$   
مقاومت الکتریکی:  $R_1 + R_2 + R_3 = R_{eq}$

## روابط بین چند مقاومت متوالی

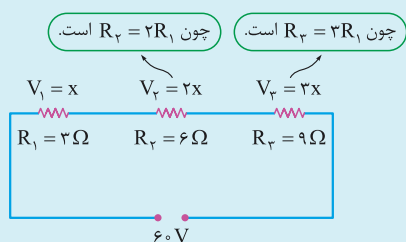


$$V \propto R \Rightarrow \text{مثلاً: } \frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$P \propto R \Rightarrow \text{مثلاً: } \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

## نکته

برای تقسیم ولتاژ بین چند مقاومت متوالی، ولتاژ مقاومت کوچک‌تر را  $x$  می‌گیریم و ولتاژ مقاومت‌های دیگر را برحسب  $x$  به دست می‌آوریم؛ سپس به کمک داشتن ولتاژ دو سر مجموعه مقاومت‌ها،  $x$  را به دست می‌آوریم.



$$x + 2x + 3x = 60 \Rightarrow x = 10 \Rightarrow \begin{cases} V_1 = 10 \text{ V} \\ V_2 = 20 \text{ V} \\ V_3 = 30 \text{ V} \end{cases}$$

۱ اگر از میان چند لامپ سری، یکی بسوزد، سایر لامپ‌ها خاموش می‌شوند (مدار قطع می‌شود).

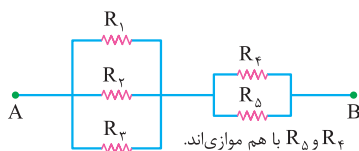
۲ مقاومت معادل چند مقاومت متوالی از تک‌تک آن‌ها بزرگ‌تر است.

۳ اگر  $n$  مقاومت  $R$  اهمی، متوالی باشند:

$$R_{eq} = nR$$

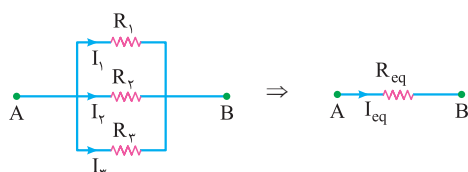
## ب- مقاومت‌های موازی

دو مقاومت موازی‌اند، اگر دوسرشان به هم وصل باشد.



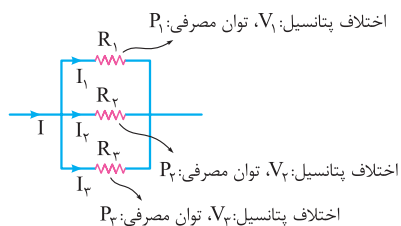
$R_2$  و  $R_3$  با هم موازی‌اند.

## رابطه بین مقاومت‌های موازی و معادلشان



اختلاف پتانسیل:  $V_1 = V_2 = V_3 = V_{eq} = V_{AB}$   
توان مصرفی:  $P_1 + P_2 + P_3 = P_{eq}$   
جریان الکتریکی:  $I_1 + I_2 + I_3 = I_{eq}$   
مقاومت الکتریکی:  $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_{eq}}$

### رابطه بین چند مقاومت موازی

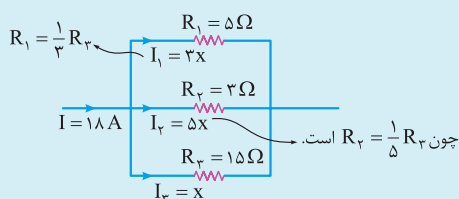


$$I \propto \frac{1}{R} \Rightarrow \text{مثلاً: } \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$P \propto \frac{1}{R} \Rightarrow \text{مثلاً: } \frac{P_1}{P_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

### نکته

۱ برای تقسیم جریان بین چند مقاومت موازی، جریان عبوری از مقاومت بزرگتر را  $x$  در نظر می‌گیریم و جریان عبوری از مقاومت‌های دیگر را برحسب  $x$  به دست می‌آوریم؛ سپس به کمک داشتن جریان کل (مجموع جریان‌ها)،  $x$  را حساب می‌کنیم.



$$3x + x + 5x = 18 \Rightarrow x = 2 \Rightarrow \begin{cases} I_3 = 2 \text{ A} \\ I_2 = 10 \text{ A} \\ I_1 = 6 \text{ A} \end{cases}$$

۲ اگر از میان چند لامپ موازی، یکی بسوزد، سایر لامپ‌ها خاموش نمی‌شوند (مدار قطع نمی‌شود).

۳ مقاومت معادل چند مقاومت موازی از تک‌تک آن‌ها کوچک‌تر است.

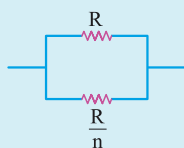
۴ اگر  $n$  مقاومت  $R$  اهمی، موازی باشند:

۵ اگر مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  موازی باشند:

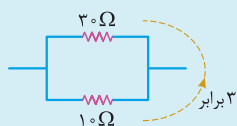
۶ اگر از دو مقاومت موازی، یکی مضربی از دیگری باشد، مقاومت معادل برابر است با مضرب ۱ + مقاومت بزرگ‌تر.

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

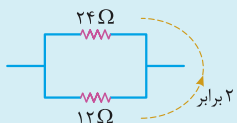
$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{\text{ضرب}}{\text{جمع}}$$



$$R_{eq} = \frac{R}{n+1}$$



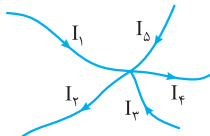
$$3 \text{ برابر} \Rightarrow R_{eq} = \frac{30}{3+1} = 7.5 \Omega$$



$$2 \text{ برابر} \Rightarrow R_{eq} = \frac{24}{2+1} = 8 \Omega$$

### قاعده انشعاب

مجموع جریان‌های خروجی از نقطه انشعاب = مجموع جریان‌های ورودی به هر نقطه انشعاب



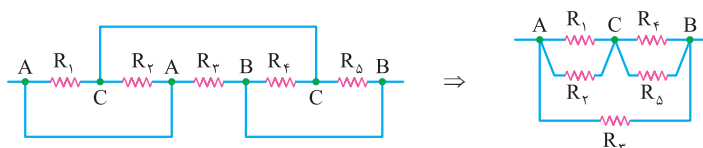
$$\vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3 = \vec{I}_4 + \vec{I}_5$$

تذکر قاعده انشعاب: نتیجه‌ای از اصل پایستگی بار الکتریکی



## روش نقطه گذاری

انشعاب‌های مدار داده شده را نام گذاری می‌کنیم (A, B, C, ...) و به کمک این نقاط مدار ساده شده را رسم می‌کنیم.

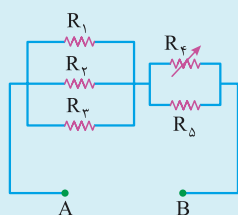


## تذکر

- (۱) انشعاب‌هایی که با سیم بدون مقاومت به هم وصل‌اند، اسم یکسانی دارند.
- (۲) در مدار داده شده به این توجه می‌کنیم که دو سر هر مقاومت به چه نقاطی متصل است و در مدار جدید هم بین همان دو نقطه رسم می‌کنیم.

## نکته

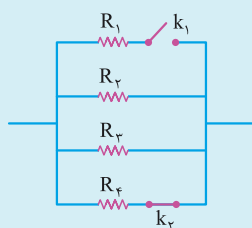
۱ اگر مقدار یکی از مقاومت‌های مدار افزایش (یا کاهش) یابد، مقاومت معادل مدار حتماً افزایش (یا کاهش) می‌یابد.



$$R_4: \uparrow \Rightarrow R_{eq}: \uparrow$$

$$R_4: \downarrow \Rightarrow R_{eq}: \downarrow$$

۲ اگر {به / از} چند مقاومت موازی، یک مقاومت موازی دیگر {اضافه / کم} شود، مقاومت معادل {کاهش / افزایش} می‌یابد.



$$k_1 \text{ وصل} \Rightarrow R_{eq}: \downarrow$$

$$k_2 \text{ قطع} \Rightarrow R_{eq}: \uparrow$$

## نکته

فیوز: قطعه‌ای در مدار که اگر جریان عبوری از آن از حد معینی بیشتر باشد، مدار را قطع می‌کند. جریان بیشینه عبوری از هر فیوز مقدار معینی است؛ مثلاً اگر جریان عبوری از یک فیوز ۱۵ A، بیشتر از ۱۵ A شود، فیوز مدار را قطع می‌کند.

## مغناطیس

### ۱- آهنربا و قطب‌های مغناطیسی

آهنربا، به موادی که خاصیت مغناطیسی دارند گفته می‌شود. (مانند مگنتیت  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )

## نکته

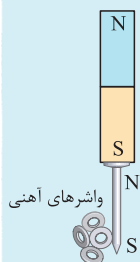
آهنربا دارای دو قطب N و S است و تک قطبی مغناطیسی نداریم.





### نکته

در پدیده القای مغناطیسی، همیشه جسم القاشونده (جسم آهنی) جذب جسم القاکنده (آهنربا) می شود.

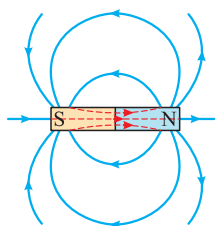


### ۲- ویژگی خطوط میدان مغناطیسی -

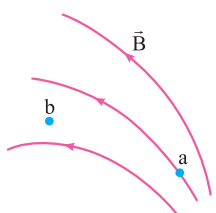
۱ در خارج آهنربا، از قطب N خارج و به قطب S وارد می شوند.

در داخل آهنربا، از قطب S به قطب N

۲ هر یک از این خطوط یک حلقه بسته را تشکیل می دهند.

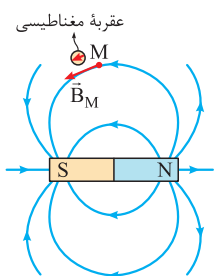


۳ هر چه تراکم (میزان فشردگی) خطوط در یک ناحیه بیشتر → اندازه میدان در آن ناحیه بزرگ تر



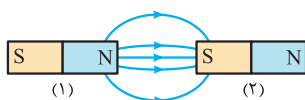
$$B_a > B_b$$

۴ بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه → مماس بر خط میدان مغناطیسی عبوری از آن نقطه و هم جهت با آن → هم جهت با عقربه مغناطیسی قرار گرفته در آن نقطه

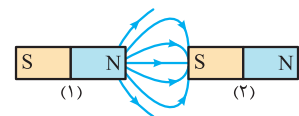


۵ هرگز یکدیگر را قطع نمی کنند (از هر نقطه فقط یک خط میدان می گذرد).

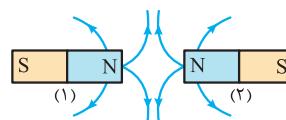
• خطوط میدان مغناطیسی در اطراف دو آهنربای مجاور هم



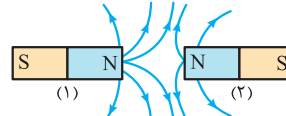
(الف) دو آهنربای یکسان



(ب) آهنربای (۱) قوی تر از آهنربای (۲)



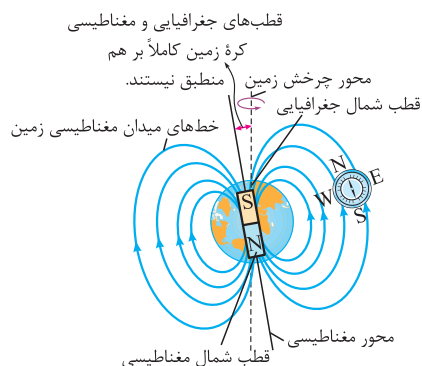
(ج) دو آهنربای یکسان



(د) آهنربای (۱) قوی تر از آهنربای (۲)



## ۳- میدان مغناطیسی زمین -

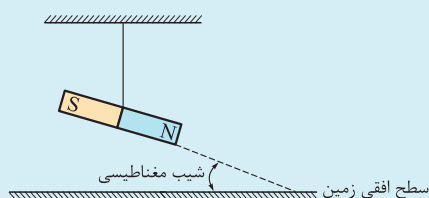


### نکته

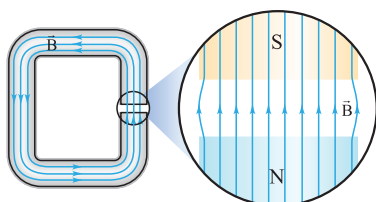
خطوط میدان مغناطیسی زمین از قطب جنوب جغرافیایی خارج و به قطب شمال جغرافیایی داخل می‌شوند.

### نکته

شیب مغناطیسی: زاویه بین یک آهنربا آویزان از سقف با سطح افقی زمین.



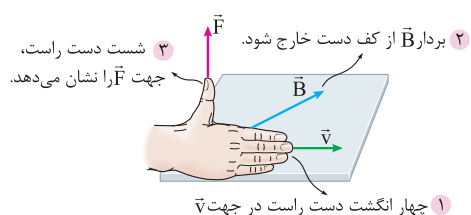
## ۴- میدان مغناطیسی یکنواخت -



- ۱ اندازه و جهت میدان مغناطیسی در تمام نقاط یکسان
- ۲ خطوط میدان مغناطیسی مستقیم، موازی، هم‌جهت و هم‌فاصله

## ۵- جهت و اندازه نیرو مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک -

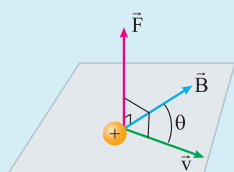
● قاعده دست راست:



### نکته

ذره باردار  
مثبت ← استفاده از دست راست  
منفی ← استفاده از دست چپ

### نکته



- ۱ بردار  $\vec{F}$  بر هر دو بردار  $\vec{v}$  و  $\vec{B}$  عمود است.
- ۲ زاویه بین  $\vec{v}$  و  $\vec{B}$  هر مقداری می‌تواند باشد.

اندازه میدان مغناطیسی (T) اندازه بار الکتریکی (C)

$$F = |q| v B \sin \theta$$

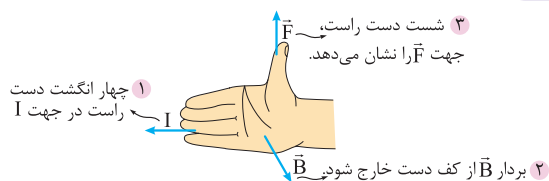
زاویه بین بردارهای اندازه سرعت اندازه نیروی  
 $\vec{B}$  و  $\vec{v}$  ذره (m/s) مغناطیسی (N)

● رابطه اندازه نیرو مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک:

### نکته

$$1 \text{ T} = 10^{-4} \text{ G}$$

### ۶- جهت و اندازه نیرو مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان



● قاعده دست راست:

### نکته

بردار  $\vec{F}$  بر I و بردار  $\vec{B}$  عمود است.

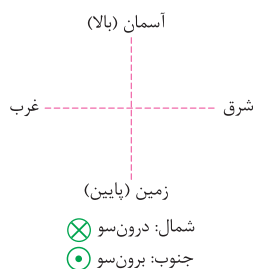
● رابطه اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان:

$$F = B I L \sin \theta$$

اندازه میدان مغناطیسی (T) طول سیم (m) زاویه بین  $\vec{I}$  و  $\vec{B}$

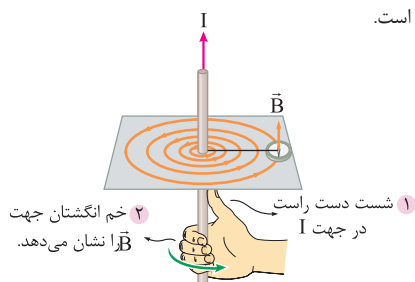
اندازه نیروی مغناطیسی (N) جریان الکتریکی (A)

### ۷- جهت‌های جغرافیایی



### ۸- میدان مغناطیسی ناشی از سیم مستقیم حامل جریان

- سیم حامل جریان اطراف خود میدان مغناطیسی‌ای تولید می‌کند که خطوط میدان به صورت دایره‌هایی هم‌مرکز است.
- قاعده دست راست برای جهت میدان:





## نکته

عوامل مؤثر بر اندازه میدان  $\left\{ \begin{array}{l} \text{اندازه جریان الکتریکی (تأثیر مستقیم)} \\ \text{فاصله از سیم (تأثیر معکوس)} \end{array} \right.$

## نکته

دو زاویه دید متفاوت در این بخش وجود دارد.

| سیم عمود بر صفحه | سیم روی صفحه |
|------------------|--------------|
|                  |              |

## نکته

اگر دو سیم موازی حامل جریان کنار یکدیگر باشند:

| جهت جریان سیم‌ها |        |
|------------------|--------|
| خلاف جهت         | هم‌جهت |
|                  |        |

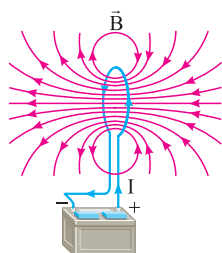
جریان هم‌جهت: میدان مغناطیسی در فاصله بین دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کمتر می‌تواند صفر باشد.  
جریان خلاف جهت: میدان مغناطیسی در خارج از فاصله بین دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کمتر می‌تواند صفر باشد.

## ۹- نیرو مغناطیسی بین سیم‌های حامل جریان -

| جریان خلاف جهت | جریان هم‌جهت |
|----------------|--------------|
|                |              |

## ۱۰- میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقه حامل جریان -

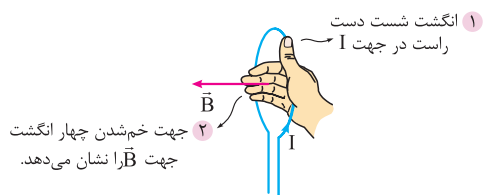
● شکل روبه‌رو نشان‌دهنده خطوط میدان اطراف حلقه حامل جریان است.





### نکته

تراکم خطوط میدان مغناطیسی در ناحیه داخل حلقه بیشتر از خارج آن است ← میدان داخل حلقه قوی‌تر است.

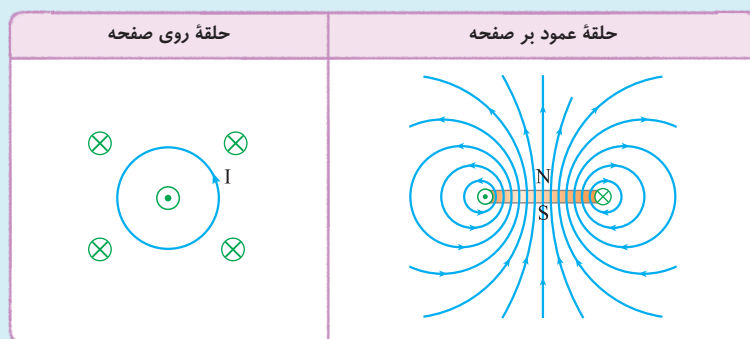


● به دست آوردن جهت میدان حلقه حامل جریان:

● قاعده دست راست:

### نکته

دو زاویه دید متفاوت نسبت به حلقه در این قسمت وجود دارد.



### ۱۱- میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌لوله حامل جریان -

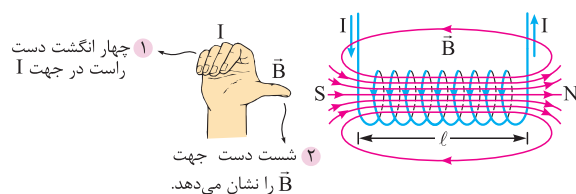
### نکته

۱ خطوط میدان داخل سیم‌لوله متراکم از خارج آن است ← میدان داخل سیم‌لوله قوی‌تر است.

۲ میدان مغناطیسی داخل سیم‌لوله یکنواخت است.

● به دست آوردن جهت میدان حاصل از سیم‌لوله حامل جریان:

● قاعده دست راست:



● اندازه میدان مغناطیسی داخل سیم‌لوله حامل جریان:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{\ell}$$

اندازه میدان مغناطیسی (T) ←

طول سیم‌لوله (m) ↓

جریان الکتریکی (A) ↑

تعداد حلقه‌های سیم‌لوله ↑

ضریب تراوایی مغناطیسی خلا  $(4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A})$  ↓



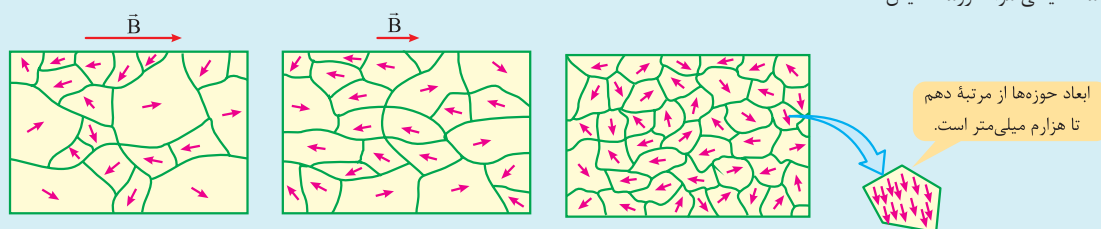
## ۱۲- ویژگی مغناطیسی مواد -

در داخل سیم‌لوله میدان تقریباً یکنواخت و قوی‌تر از خارج سیم‌لوله است.

| نام            | نمونه                                    | دوقطبی مغناطیسی | حوزه مغناطیسی | ویژگی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------|------------------------------------------|-----------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| پارامغناطیس    | اورانیوم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن | ✓               | ×             | <ul style="list-style-type: none"> <li>اتم‌ها ذاتاً خاصیت مغناطیسی دارند، اما در غیاب میدان مغناطیسی خارجی، جهت‌گیری کاتوره‌ای و نامنظم دارند و میدان مغناطیسی‌ای ایجاد نمی‌کنند.</li> <li>قرارگیری در میدان مغناطیسی قوی → ایجاد خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت</li> <li>حذف میدان مغناطیسی → به سرعت به صورت کاتوره‌ای پخش و از دست دادن خاصیت مغناطیسی</li> </ul>                                                 |
| دیامغناطیس     | مس، بیسموت، نقره و سرب                   | ×               | ×             | <ul style="list-style-type: none"> <li>اتم‌ها ذاتاً دارای خاصیت مغناطیسی نیستند.</li> <li>قرارگیری در میدان مغناطیسی قوی → القا دوقطبی مغناطیسی در خلاف جهت میدان خارجی</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                               |
| فرومغناطیس نرم | آهن خالص، کبالت خالص، نیکل خالص          | ✓               | ✓             | <ul style="list-style-type: none"> <li>اتم‌ها ذاتاً خاصیت مغناطیسی دارند.</li> <li>در غیاب میدان مغناطیسی خارجی اتم‌های یک حوزه، هم‌سو هستند.</li> <li>قرارگیری در میدان مغناطیسی خارجی: حجم حوزه‌های هم‌سو با میدان رشد کرده و ماده به راحتی دارای خاصیت مغناطیسی می‌شود.</li> <li>حذف میدان مغناطیسی خارجی: به آسانی خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند.</li> <li>کاربرد: ساخت آهنرباهای الکتریکی</li> </ul> |
| فرومغناطیس سخت | فولاد و آلیاژهای آهن، کبالت و نیکل       | ✓               | ✓             | <ul style="list-style-type: none"> <li>دقیقاً مانند ویژگی‌های فرومغناطیس نرم با دو تفاوت اصلی: <ul style="list-style-type: none"> <li>(۱) سخت‌تر خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کنند.</li> <li>(۲) سخت‌تر خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند.</li> </ul> </li> <li>کاربرد: ساخت آهنرباهای دائم</li> </ul>                                                                                                              |

## نکته

حوزه‌های مغناطیسی مواد فرومغناطیس



## پایه دوازدهم

## حرکت با شتاب ثابت

$$\text{ثابت} = \text{شتاب لحظه‌ای در هر لحظه} = \text{شتاب متوسط در هر بازه زمانی} \Rightarrow a_{av} = a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

سرعت متحرک،  $a$  تا  $a$  تغییر می‌کند (در هر ثانیه  $a$ ).

شتاب ↑  
سرعت اولیه  $v_0$  →  $v = at + v_0$  ⇒ معادله سرعت - زمان

مکان اولیه  $x_0$  ↑  
مکان  $x$  →  $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$  ⇒ معادله مکان - زمان



# مرورنامه آزمون آزمایشی خلیج سبز

## فیزیک

### – روابط حرکت با شتاب ثابت –

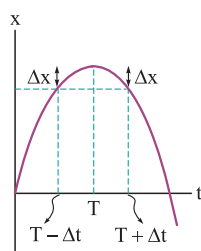
| نام فرمول                 | کمیت‌ها | $v_0$ | $\Delta x$ | $v$ | $t$                             | $a$ | فرمول                                      |
|---------------------------|---------|-------|------------|-----|---------------------------------|-----|--------------------------------------------|
| مستقل از جابه‌جایی        | ✓       | ✓     | ✗          | ✓   | ✓                               | ✓   | $v = at + v_0$                             |
| مستقل از سرعت نهایی       | ✓       | ✓     | ✓          | ✗   | ✓                               | ✓   | $\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t$       |
| مستقل از زمان             | ✓       | ✓     | ✓          | ✓   | ✗                               | ✓   | $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$                 |
| مستقل از شتاب             | ✓       | ✓     | ✓          | ✓   | ✓                               | ✗   | $\Delta x = \frac{v + v_0}{2} t$           |
| جابه‌جایی در ثانیه $n$ ام | ✓       | ✓     | ✓          | ✗   | به جای $t$ : ثانیه $n$ ام داریم | ✓   | $\Delta x_{n\text{th}} = (n - 0.5)a + v_0$ |

### – نمودارهای حرکت با شتاب ثابت –

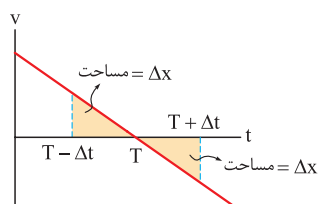
| ویژگی                               | $a > 0$<br>$v_0 > 0$    | $a > 0$<br>$v_0 < 0$          | $a > 0$<br>$v_0 = 0$ | $a < 0$<br>$v_0 > 0$          | $a < 0$<br>$v_0 < 0$ | $a < 0$<br>$v_0 = 0$ |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| معادله                              | $a = \text{مقدار ثابت}$ |                               |                      |                               |                      |                      |
| $v = at + v_0$                      |                         |                               |                      |                               |                      |                      |
| $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$ |                         |                               |                      |                               |                      |                      |
| نوع حرکت                            | همواره تندشونده         | ابتدا کندشونده و سپس تندشونده | همواره تندشونده      | ابتدا کندشونده و سپس تندشونده | همواره تندشونده      | همواره تندشونده      |
| جهت حرکت                            | عوض نمی‌شود.            | یک‌مرتبه عوض می‌شود.          | عوض نمی‌شود.         | یک‌مرتبه عوض می‌شود.          | عوض نمی‌شود.         | عوض نمی‌شود.         |

### – تقارن در حرکت با شتاب ثابت –

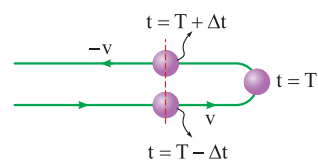
در حرکت با شتاب ثابت، حرکت متحرک، حول لحظه‌ای که جهت حرکت آن تغییر می‌کند، متقارن است:



نمودار  $x - t$



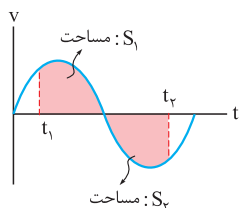
نمودار  $v - t$



مسیر حرکت



## جابه جایی و مسافت در نمودار $v-t$

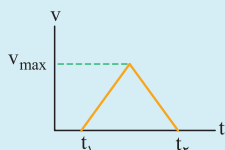


بالای محور  $t$ : + و پایین محور  $t$ : -  $\Rightarrow \Delta x = S_1 + (-S_2)$  جابه جایی

بالا و پایین محور  $t$ : +  $\Rightarrow \ell = S_1 + S_2$  مسافت

### نکته

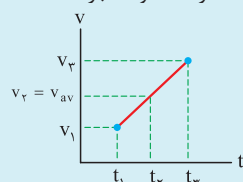
اگر در بازه‌ای نمودار  $v-t$  به شکل مثلث باشد، سرعت متوسط متحرک در این بازه برابر با نصف ارتفاع مثلث است:



$$v_{av}(t_2 \text{ تا } t_1) = \frac{1}{2} v_{max}$$

### نکته

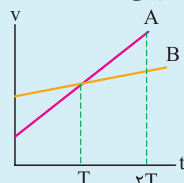
در حرکت با شتاب ثابت، سرعت متوسط در یک بازه زمانی معین برابر با میانگین سرعت در ابتدا و انتهای آن بازه و همچنین برابر با سرعت در لحظه وسط بازه است.



$$t_r = \frac{t_1 + t_2}{2} \Rightarrow v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2} = v_r$$

### نکته

وقتی دو متحرک با شتاب ثابت حرکت می‌کنند و در مبدأ زمان در یک مکان قرار دارند، اگر در لحظه  $T$  سرعتشان برابر شود، در لحظه  $2T$  به هم می‌رسند.



## شیمی

### پایه دهم

### رد پای کربن دی اکسید

- ۱ سبک زندگی انسان و نوع وسایلی که در زندگی استفاده می‌کند و رفتارهایی که در شرایط مختلف محیطی انجام می‌دهد، روی کره زمین و هواکره تأثیر دارد.
- ۲ رد پا اصطلاحی است که به این اثر نسبت داده‌اند. رد پای کربن دی اکسید نشان می‌دهد در تولید یک محصول یا در اثر انجام یک فعالیت چه مقدار از این گاز تولید و وارد هواکره می‌شود.
- ۳ برای این که مقدار  $CO_2$  هواکره از مقدار طبیعی آن فراتر نرود، باید مقدار اضافی آن به وسیله گیاهان یا دیگر پدیده‌های طبیعی مصرف شود؛ حال هر چه مقدار کربن دی اکسید وارد شده به طبیعت زیاده‌تر باشد، رد پای ایجاد شده سنگین‌تر و اثر آن ماندگارتر خواهد بود، زیرا زمان لازم برای تعدیل این اثر به وسیله پدیده‌های طبیعی طولانی‌تر است.
- ۴ یک درخت تنومند سالانه در حدود  $50$  کیلوگرم  $CO_2$  مصرف می‌کند، هر چه درخت تنومندتر باشد،  $CO_2$  بیشتری مصرف می‌کند و تأثیر بیشتری در کاهش رد پای کربن دی اکسید دارد.
- ۵ در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی انواع آلاینده‌ها وارد هواکره می‌شود؛ یعنی علاوه بر گاز کربن دی اکسید، گازهایی مانند:  $CO$ ،  $SO_2$ ،  $NO_2$  و  $NO$  و هیدروکربن‌ها ( $C_xH_y$ ) هم وارد هواکره می‌شوند که ناشی از سوختن ناخالصی‌های موجود در این سوخت‌هاست.
- ۶ مقایسه رد پای  $CO_2$  ایجاد شده از منابع گوناگون تولید انرژی الکتریکی:

باد > گرمای زمین > انرژی خورشید > گاز طبیعی > نفت خام > زغال سنگ > مقایسه رد پای  $CO_2$





۷) طبیعت با کمک گیاهان،  $\text{CO}_2$  را مصرف می‌کند؛ بنابراین یکی از راهکارهای کاهش رد پای کربن دی‌اکسید، کاشت و مراقبت از درختان و ایجاد کمربندهای سبز در شهرها، شهرک‌های صنعتی و روستاها است.

### – گرم شدن زمین و اثرات آن –

۱) دانشمندان با استفاده از (۱) بالون‌های هواشناسی، (۲) ماهواره‌ها، (۳) کشتی‌های اقیانوس‌پیما و (۴) گویچه‌های شناور در دریاچه‌ها که به حسگرهای دما مجهز هستند، پیوسته دمای کره زمین را اندازه می‌گیرند. شواهد نشان می‌دهد که در طول سده اخیر، میانگین دمای کره زمین افزایش یافته است و این افزایش دما سبب شده است که شرایط آب‌وهوایی در نقاط مختلف زمین تغییر کند.

۲) سالانه میلیاردها تن  $\text{CO}_2$  به هواکره وارد می‌شود، به طوری که مقدار این گاز در سده اخیر در هواکره به مقدار قابل توجهی افزایش یافته است که دارای آثار زیر است:

افزایش دمای کره زمین و افزایش سطح آب دریا  
کاهش مساحت برف در نیمکره شمالی

۳) به دلیل گرم شدن زمین و کوتاه شدن فصل زمستان، شواهد بیانگر این است که فصل بهار در نیمکره شمالی زمین، نسبت به ۵۰ سال گذشته در حدود ۱ هفته زودتر آغاز می‌شود.

### – اثر گلخانه‌ای –

۱) گلخانه‌ها زمین‌های کشاورزی ویژه‌ای هستند که دور تا دور آن‌ها را تا ارتفاع معینی با لایه‌ای از پلاستیک‌های شفاف می‌پوشانند و در آن‌ها گیاهان و میوه‌های گوناگونی پرورش می‌دهند.

۲) دمای درون گلخانه در ساعت شبانه‌روز به طور نامنظم در حال تغییر است ولی تغییرات دمایی بسیار ناچیز بوده و آسیبی به گیاهان نمی‌رساند.

۳) به پدیده به دام افتادن و برگرداندن پرتوهای فروسرخ به وسیله مولکول‌های  $\text{CO}_2$ ،  $\text{H}_2\text{O}$  و برخی گازهای دیگر موجود در هواکره که باعث گرم شدن زمین می‌شود، اثر گلخانه‌ای و به این گازها، گازهای گلخانه‌ای می‌گویند.

۴) نور خورشید هنگام گذر از هواکره با مولکول‌ها و دیگر ذره‌های موجود در آن برخورد می‌کند و تنها بخشی از (نه همه!) آن به سطح زمین می‌رسد. از این‌رو زمین گرم‌شده، مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیسی (بیشتر از نوع فروسرخ) گسیل می‌دارد؛ انرژی پرتوهای فروسرخ، کمتر و طول موج آن‌ها بلندتر است. بخش قابل توجهی از پرتوهای فروسرخ منتشر شده از زمین وارد فضا می‌شوند و بخش کوچکی‌تری از آن هم توسط گازهای گلخانه‌ای، به زمین بازگردانده می‌شوند و به این ترتیب زمین را گرم می‌کنند.

۵) اگر پدیده گلخانه‌ای وجود نداشت، میانگین دمای کره زمین به  $-18^\circ\text{C}$  درجه سلسیوس یا  $255^\circ\text{K}$  کلوین می‌رسید. امروزه افزایش بیش از حد گازهای گلخانه‌ای ( $\text{CO}_2$ ) در هواکره، باعث افزایش میانگین دمای زمین بیش از حد معمول شده است.

۶) پلاستیک یا شیشه گلخانه‌ها دقیقاً مانند گازهای گلخانه‌ای عمل می‌کنند. پرتوهای پرنرژی خورشید از شیشه یا پلاستیک گلخانه عبور می‌کند و توسط خاک و گیاهان جذب و باعث گرم شدن آن‌ها می‌شوند. از خاک و گیاهان پرتوهای فروسرخ منتشر می‌شود که به علت بلندبودن طول موج از پلاستیک یا شیشه عبور نمی‌کند و درون فضای گلخانه به دام افتاده و آن را گرم می‌کنند.



### – شیمی سبز –

۱) شاخه‌ای از شیمی است که در آن شیمی‌دان‌ها در جست‌وجوی فرایندها و فرآورده‌هایی هستند که به کمک آن‌ها بتوان (۱) کیفیت زندگی را با بهره‌گیری از منابع طبیعی افزایش داد و (۲) هم‌زمان از طبیعت محافظت کرد.

۲) در این راستا بایستی تولید و مصرف مواد شیمیایی را که رد پاهای سنگینی روی کره زمین بر جا می‌گذارند کاهش داد یا متوقف کرد.

### – برخی از دستاوردهای شیمی سبز –

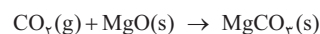
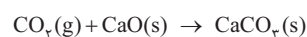
۱) تولید سوخت سبز: سوختی است که در ساختار آن افزون بر کربن و هیدروژن، اکسیژن نیز وجود دارد و از پسماندهای گیاهی مانند شاخ و برگ گیاه سویا، نیشکر و دانه‌های روغنی به دست می‌آید.

۲) این مواد زیست‌تخریب‌پذیرند، از این‌رو در مدت‌زمان نسبتاً کوتاهی به وسیله جانداران ذره‌بینی به مواد ساده‌تر تجزیه می‌شوند و به طبیعت بازمی‌گردند.

۳) اتانول ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) و روغن‌های گیاهی نمونه‌هایی از این نوع سوخت‌ها هستند.

۴) در اثر سوختن اتانول، آلاینده‌های کم‌تری نسبت به سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود، همچنین در مقایسه با هیدروکربن‌ها هم به ازای جرم یکسان،  $\text{CO}_2$  کم‌تری را تولید می‌کند.

۲) تبدیل  $\text{CO}_2$  به مواد معدنی: کافی است  $\text{CO}_2$  تولیدشده در نیروگاه‌ها و مراکز صنعتی را با منیزیم اکسید و کلسیم اکسید (اکسیدهای بازی) واکنش دهند و آن‌ها را به کربنات‌های جامد این فلزات تبدیل کنند.





- ۳ تولید پلاستیک‌های سبز (زیست تخریب‌پذیر): این پلیمرهای بر پایهٔ مواد گیاهی مانند نشاسته ساخته می‌شوند و به همین دلیل در ساختار آن‌ها علاوه بر کربن و هیدروژن، اکسیژن هم وجود دارد. این نوع پلاستیک‌ها زیست تخریب‌پذیرند بنابراین در مدت‌زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت بازمی‌گردند.
- ۴ دفن کردن  $\text{CO}_2$  در ۱) سنگ‌های متخلخل در زیرزمین، ۲) میدان‌های قدیمی گاز و ۳) چاه‌های قدیمی نفت خالی از این مواد هستند.
- ۵ تولید خودرو و سوخت با کیفیت بسیار خوب

## – هیدروژن و توسعه پایدار –

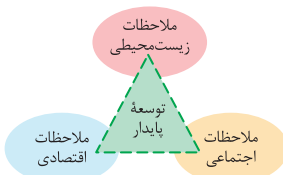
- ۱ هیدروژن فراوان‌ترین عنصر در جهان است که به صورت ترکیب‌های گوناگون یافت می‌شود. این گاز مانند سوخت‌های فسیلی می‌تواند با اکسیژن بسوزد و نور و گرما تولید کند.
- ۲ جدول بسیار مهم:

| نام سوخت  | گرمای آزاد شده (کیلوژول بر گرم) | فراورده‌های سوختن                                         | قیمت (ریال به ازای یک گرم) |
|-----------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------|
| بنزین     | ۴۸                              | $\text{CO}, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$              | ۱۴                         |
| زغال‌سنگ  | ۳۰                              | $\text{CO}, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{SO}_2$ | ۴                          |
| هیدروژن   | ۱۴۳                             | $\text{H}_2\text{O}$                                      | ۲۸۰۰                       |
| گاز طبیعی | ۵۴                              | $\text{CO}, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$              | ۵                          |

## نکات مهم

نکات مهم و اصلی جدول

- ۱ با توجه به این جدول، استفاده از گاز هیدروژن در مقایسه با سوخت‌های فسیلی آلاینده‌های کم‌تری ایجاد می‌کند؛ در واقع بر اثر سوختن هیدروژن فقط بخار آب تولید می‌شود و خبری از آلاینده‌ها نیست.
- ۲ مقایسهٔ گرمای آزاد شده به ازای سوختن ۱ g
- ۳ مقایسهٔ قیمت به ازای ۱ g
- ۴ فراورده‌های  $\text{CO}$  (در اثر سوختن ناقص)،  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  در اثر سوختن هر سه سوخت فسیلی گاز طبیعی، زغال‌سنگ و بنزین یکسان است.
- ۵ زغال‌سنگ دارای بیشترین تنوع آلاینده‌هاست و علاوه بر موارد مشترک بالا،  $\text{SO}_2$  (و البته  $\text{NO}_x$ ) هم تولید می‌کند که می‌تواند مسبب ایجاد باران اسیدی باشد!
- تولید، حمل‌ونقل و نگهداری هیدروژن بسیار پرهزینه است؛ اما در برخی کشورها برای تولید گاز هیدروژن سرمایه‌گذاری هنگفتی می‌شود!
- ۳ توسعه پایدار یعنی این که در تولید هر فراورده، همهٔ هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن در نظر گرفته شود.



## – اوزون، دگرشکلی از اکسیژن در هواکره –

- ۱ آلوتروپ (دگرشکل): به شکل‌های گوناگون مولکولی یا بلوری یک عنصر گفته می‌شود:
- اکسیژن دارای دو آلوتروپ است؛ یعنی عنصر اکسیژن به دو شکل گاز اکسیژن ( $\text{O}_2$ ) و گاز اوزون ( $\text{O}_3$ ) در هواکره یافت می‌شود.

## نکته

آلوتروپ یعنی شکل‌های گوناگون یک عنصر که تنها از یک نوع اتم تشکیل شده‌اند، بنابراین در مورد ترکیب‌ها استفاده از واژهٔ آلوتروپ نادرست است.

- ۲ آرایش الکترون – نقطه‌ای (ساختار لوویس) گازهای اکسیژن و اوزون به صورت مقابل است:
- $\text{O}_2 \Rightarrow \ddot{\text{O}}=\ddot{\text{O}}$        $\text{O}_3 \Rightarrow \begin{array}{c} \ddot{\text{O}} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \ddot{\text{O}} \quad \ddot{\text{O}} \end{array}$

- ۳ اصطلاح لایهٔ اوزون به منطقهٔ مشخصی از استراتوسفر می‌گویند که بیشترین مقدار اوزون در آن محدوده قرار دارد. مقدار اوزون در هواکره ناچیز است.
- ۴ مولکول‌های اوزون مانع ورود بخش عمده‌ای از تابش فرابنفش خورشید به سطح زمین می‌شود تا موجودات زنده از آثار زیانبار این تابش در امان بمانند؛ پس به طور کامل مانع ورود تابش فرابنفش نمی‌شود!

## – مقایسهٔ گازهای اوزون ( $\text{O}_3$ ) و اکسیژن ( $\text{O}_2$ ) –

- ۱ اکسیژن و اوزون هر دو در شرایط عادی گازهای بی‌رنگ هستند. اما اکسیژن در حالت مایع، آبی‌رنگ و اوزون مایع، لاجوردی (آبی پررنگ‌تر) است.
- ۲ جرم مولی اوزون بیشتر از اکسیژن است و دمای جوش آن هم بالاتر از اکسیژن است، پس با سرد کردن این دو گاز، اوزون راحت‌تر به مایع تبدیل می‌شود.

| نام دگرشکل | فرمول شیمیایی | جرم مولی | نقطهٔ جوش ( $^{\circ}\text{C}$ ) |
|------------|---------------|----------|----------------------------------|
| اکسیژن     | $\text{O}_2$  | ۳۲       | -۱۸۳                             |
| اوزون      | $\text{O}_3$  | ۴۸       | -۱۱۲                             |

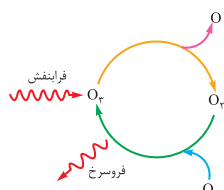


# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

## شیمی

۳ گاز اوزون از گاز اکسیژن واکنش پذیرتر بوده و در صنعت از گاز اوزون برای گندزدایی میوه‌ها و سبزیجات و از بین بردن جانداران ذره‌بینی درون آب استفاده می‌شود.  
۴ تفاوت در ساختار لوویس اوزون و اکسیژن است که باعث ایجاد تفاوت‌های چشمگیر در خواص آن‌ها شده است، در واقع با این‌که اوزون و اکسیژن از اتم‌های یکسان تشکیل شده‌اند، اما تفاوت ساختاری باعث تفاوت در خواص شده است؛ پس ساختار هر ماده تعیین‌کننده خواص و رفتار آن است.

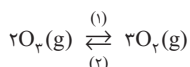
### – عملکرد لایه اوزون –



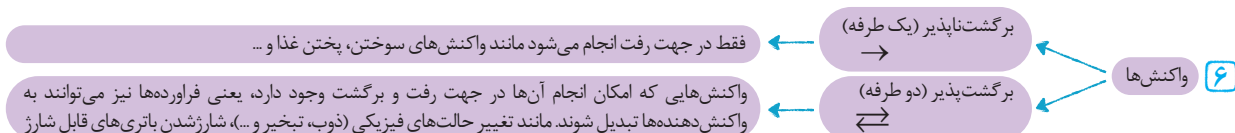
۱ هنگامی که تابش پراثری فرابنفش به مولکول‌های  $O_2$  در لایه اوزون برخورد می‌کند،  $O_2$  می‌شکند و به یک اتم اکسیژن ( $O$ ) و یک مولکول اکسیژن ( $O_2$ ) تبدیل می‌شود. ذره‌های تولیدشده دوباره با هم واکنش می‌دهند و مولکول اوزون را به وجود می‌آورند و مقداری انرژی به صورت تابش فروبرخ آزاد می‌شود.

۲ تابش فروبرخ انرژی کم‌تر نسبت به تابش فرابنفش دارد و برای موجودات زنده تهدیدی به حساب نمی‌آید.  
۳ با تکرار پیوسته دو واکنش فوق، لایه اوزون بخش قابل توجهی از (نه همه!) تابش فرابنفش را جذب و تابش‌های کم‌انرژی‌تر فروبرخ را به زمین گسیل می‌دارد.

۴ مجموعه واکنش‌های لایه اوزون را می‌توان با معادله زیر نمایش داد:



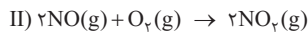
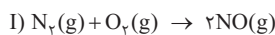
۵ شیمی‌دان‌ها به واکنش در جهت (۱)، واکنش رفت و به واکنش در جهت (۲)، واکنش برگشت می‌گویند.



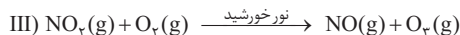
### – اوزون تروپوسفری –

۱ در تروپوسفر با نقش زیانبار و مضر اوزون مواجه هستیم در حالی که در استراتوسفر، نقش مفید و حفاظتی اوزون آشکار است. به طوری که وجود آن در هوایی که تنفس می‌کنیم سبب (۱) سوزش چشمان و (۲) آسیب‌دیدن ریه‌ها می‌شود.

۲ گاز نیتروژن به عنوان اصلی‌ترین جزء سازنده هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد به طور معمول با اکسیژن واکنش نمی‌دهد اما تنها هنگام رعد و برق، دمای مولکوله ای هوا در آن ناحیه به اندازه‌ای بالا می‌رود که گاز نیتروژن با اکسیژن هوا ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن تبدیل می‌شود.



۳ از سوی دیگر در هوای آلوده شهرهای صنعتی و بزرگ، به مقدار قابل توجهی اکسیدهای نیتروژن وجود دارد. این گازها در واقع از واکنش گازهای نیتروژن و اکسیژن درون موتور خودرو در دمای بالا به وجود می‌آیند. از آن‌جا که گاز نیتروژن دی‌اکسید ( $NO_2$ ) به رنگ قهوه‌ای است، هوای آلوده شامل این گاز به رنگ قهوه‌ای روشن دیده می‌شود. در این شرایط و در حضور نور خورشید، با انجام واکنش زیر در تروپوسفر مقداری گاز اوزون تولید می‌شود که همان اوزون تروپوسفری است.



### – خواص و رفتار گازها –

- ۱ مولکول‌های یک ماده گازی به راحتی در فضای اطراف منتشر می‌شوند.
- ۲ گازها شکل و حجم معینی ندارند. (مایعات شکل معینی ندارند ولی حجم معینی دارند).
- ۳ گازها برخلاف جامدات و مایعات تراکم‌پذیرند یعنی با فشرده‌کردن می‌توانند در حجم کوچک‌تری جای گیرند.

### نکته

گاز بر اثر فشار متراکم می‌شود اما اگر فشار کاهش یابد، فاصله بین مولکول‌های آن افزایش می‌یابد.



### – عوامل مؤثر بر حجم گازها –

۱ برای توصیف یک نمونه گاز، علاوه بر مقدار، باید دما و فشار آن نیز مشخص باشد؛ برای مثال ۱ مول گاز هیدروژن در دما و فشار اتاق، مثالی از یک نمونه گاز است.  
(۱) مقدار گاز (۲) دمای گاز (۳) فشار گاز

### – قوانین گازها –

#### ۱. رابطه میان حجم گاز با فشار در دمای ثابت

۱ مطابق این قانون، در دمای ثابت برای مقدار معینی گاز، بین حجم و فشار یک نمونه گاز رابطه عکس وجود دارد، به طوری که حاصل ضرب حجم در فشار گاز برابر با عدد ثابتی خواهد بود.



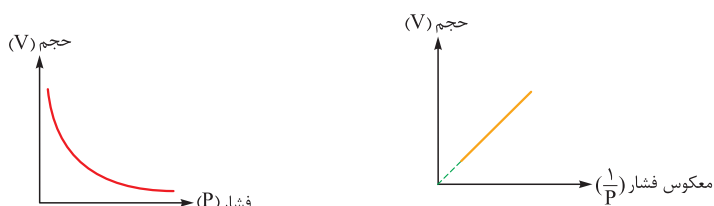
۲ مطابق این قانون، با افزایش فشار (P)، حجم گاز (V) کاهش و با کاهش فشار (P)، حجم گاز (V) افزایش می‌یابد.

$$V \propto \frac{1}{P}$$

$$P \times V = \text{عدد ثابت} \Rightarrow P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

در فرمول بالا یکاهای  $P_1$  و  $P_2$  و یکاهای  $V_1$  و  $V_2$  باید یکسان باشند.

نمودارهای مربوط به رابطه بین حجم گاز با فشار آن



## ۲. رابطه میان حجم گاز با دما در فشار ثابت

۱ در فشار ثابت بین حجم و دمای یک نمونه گاز رابطه مستقیم وجود دارد. به طوری که نسبت حجم به دمای گاز برابر با عدد ثابتی خواهد بود.

۲ مطابق این قانون، با افزایش دما (T)، حجم گاز (V) افزایش و با کاهش دما (T)، حجم گاز (V) کاهش می‌یابد.

$$V \propto T$$

$$\frac{V}{T} = \text{عدد ثابت} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

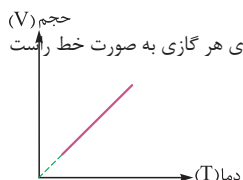
در فرمول بالا یکاهای  $V_1$  و  $V_2$  باید یکسان باشند اما دما (T) حتماً باید برحسب کلوین (K) باشد؛ پس اگر در سؤالی دما برحسب درجه سلسیوس ( $^{\circ}\text{C}$ ) داده شده باشد باید حتماً با رابطه زیر دما را به کلوین تبدیل کرد:

$$T(K) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273$$

**مثال** قراردادن بادکنک‌های پر شده از هوا، درون نیتروژن مایع، سبب می‌شود که حجم آن‌ها به شدت کاهش یابد.

نمودار مربوط به رابطه بین حجم گاز و دمای آن

گفتیم که در فشار ثابت، حجم یک نمونه معینی گاز با دمای آن رابطه مستقیم دارد؛ پس می‌توان گفت نمودار حجم برحسب دمای کلوین برای هر گازی به صورت خط راست با شیب ثابت است.



## ۳. رابطه بین مول (مقدار) و حجم گاز در دما و فشار ثابت

۱ در دما و فشار یکسان، حجم یک مول از گازهای گوناگون با هم برابر است.

۲ در دما و فشار ثابت، حجم هر گازی به تعداد مول‌های آن بستگی دارد و بین تعداد مول‌های گازی (n) و حجم نمونه گاز (V) رابطه مستقیم برقرار است.

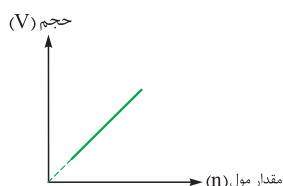
۳ مطابق این قانون، با افزایش تعداد مول‌های گازی (n)، حجم گاز (V) افزایش و با کاهش تعداد مول‌های گازی (n)، حجم گاز (V) کاهش می‌یابد.

$$\frac{V}{n} = \text{عدد ثابت} \Rightarrow \frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

۴ در دما و حجم ثابت، هر چه شمار مول‌های یک گاز بیشتر باشد، فشار گاز هم بیشتر خواهد شد.

### – نمودار مربوط به رابطه حجم و مول گاز –

گفتیم که در دما و فشار ثابت، حجم هر گاز با شمار مول‌های آن رابطه مستقیم دارد.



دیدید که حجم یک نمونه گاز به مقدار، دما و فشار آن وابسته است. بنابراین، با تغییر هر یک از این کمیت‌ها حجم گاز تغییر می‌کند.

۵ قانون آووگادرو: در دما و فشار یکسان، حجم یک مول از گازهای گوناگون با هم برابر است.





# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

## شیمی

دقت کنید که:

در دما و فشار یکسان در حجم‌های یکسانی از گازهای مختلف، تعداد مولکول‌های برابری وجود دارد ولی الزاماً تعداد اتم‌های تشکیل‌دهنده گازها با هم برابر نیست! زیرا برخی گازها تک‌اتمی (گازهای نجیب)، برخی دواتمی ( $N_2$ ،  $O_2$  و ...) و تعدادی نیز چنداتمی ( $CH_4$ ،  $CO_2$  و ...) هستند.

● فرمول قانون آووگادرو:

$$\frac{A \text{ حجم گاز}}{B \text{ حجم گاز}} = \frac{A \text{ تعداد مول یا مولکول گاز}}{B \text{ تعداد مول یا مولکول گاز}} \Rightarrow \frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

$$(1) \quad \frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{تعداد مول}}{\text{جرم مولی}}$$

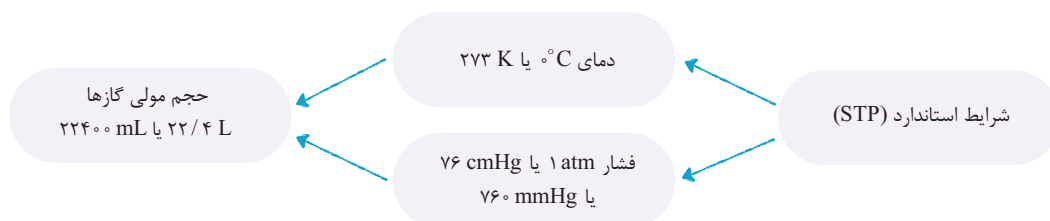
۶ چگالی یا جرم حجمی یک گاز، از تقسیم جرم مولی بر حجم مولی گاز مورد نظر در شرایط مورد نظر به دست می‌آید:

$$(2) \quad (\rho) \text{ چگالی گاز} = \frac{M_w(\text{جرم مولی})}{V(\text{حجم مولی})}$$

۷ برای محاسبه نسبت چگالی دو گاز در دما و فشار یکسان، کافی است جرم مولی دو گاز را به هم تقسیم کنیم؛ زیرا مطابق قانون آووگادرو، حجم مولی همه گازها در شرایط یکسان با هم برابر است.

$$(3) \quad \left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right) = \frac{M_{w2}}{M_{w1}} \quad \text{نسبت چگالی دو گاز}$$

### – شرایط استاندارد یا STP –



دقت کنید که:

در شرایط استاندارد یا STP، شرایط دمایی در دمای اتاق نیست!

● در شرایط استاندارد هر یک مول از هر نوع گازی،  $22.4$  لیتر یا  $22400$  میلی‌لیتر حجم دارد که به این مقدار، حجم مولی گازها در شرایط استاندارد یا STP می‌گوییم.

دقت کنید که:

برای به دست آوردن حجم یک گاز در شرایط غیراستاندارد از چگالی آن استفاده می‌کنیم.

### – استوکیومتری واکنش –

۱ به بخشی از دانش شیمی که به ارتباط کتی میان مواد شرکت‌کننده (واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها) در هر واکنش می‌پردازد، استوکیومتری واکنش می‌گویند.

۲ دانشی که کمک می‌کند تا شیمی‌دان‌ها و مهندسان در آزمایشگاه و صنعت با بهره‌گیری از آن، مشخص کنند که برای تولید مقدار معینی از یک فراورده به چه مقدار از هر واکنش‌دهنده نیاز است.

### نکات مهم

۱ به هر یک از ضرایب مواد شرکت‌کننده در یک معادله موازنه‌شده ضریب استوکیومتری می‌گویند.

۲ دقت کنید که در محاسبات استوکیومتری فقط از معادله موازنه‌شده باید استفاده کنیم! یعنی اولین گام در حل تست‌های استوکیومتری، موازنه کردن معادله واکنش داده‌شده است. زیرا معادله موازنه‌شده واکنش است که ضرایبی را مشخص می‌کند (ضرایب استوکیومتری) که مواد موجود در واکنش متناسب با آن تولید یا مصرف می‌شود و این ضرایب رابطه مولی بین تعداد ذرات واکنش‌دهنده(ها) و فراورده(ها) را نشان می‌دهد.

### روشن کلی حل مسائل استوکیومتری واکنش

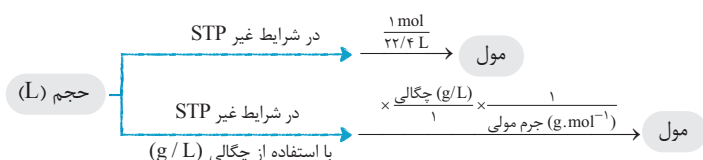
در حل این مسائل به دو روش می‌توان عمل کرد:

#### – ۱- استفاده از کسر تبدیل –

در این روش سه مرحله زیر را باید انجام داد:

◀ مرحله اول: با استفاده از کسر تبدیل‌های مناسب، مقدار ماده داده‌شده (A) را به تعداد مول آن تبدیل می‌کنیم:

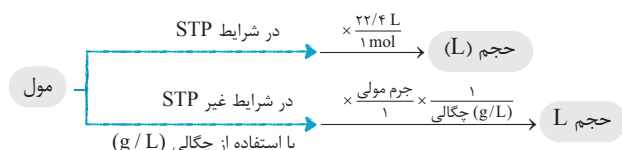
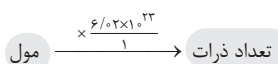
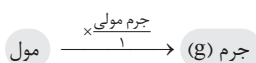
$$\begin{aligned} \text{جرم (g)} &\xrightarrow{\times \frac{1}{\text{جرم مولی}}} \text{مول} \\ \text{تعداد ذرات} &\xrightarrow{\times \frac{1}{6.02 \times 10^{23}}} \text{مول} \end{aligned}$$



مرحله دوم: تعداد مول ماده داده شده (A) را که در مرحله قبل حساب کردیم، با استفاده از ضرایب استوکیومتری مواد در معادله موازنه شده به تعداد مول ماده خواسته شده (B)، تبدیل می کنیم.

$$\text{تعداد مول A} \times \frac{\text{ضریب استوکیومتری B}}{\text{ضریب استوکیومتری A}} = \text{تعداد مول B}$$

◀ مرحله سوم: تعداد مول ماده خواسته شده (B) را به کمیتی از آن که در مسئله مورد نظر است، تبدیل می کنیم (برعکس مرحله اول):



– ۲- حل مسائل به روش تناسب –

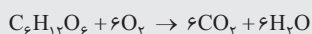
در این روش، کافی است با توجه به یکاهای مطرح شده در صورت مسئله، با کمک دوتا از کسرهای تناسب زیر، یک معادله تشکیل داده و مجهول مورد نظر را به دست آورد:

$$\frac{\text{تعداد مول}}{\text{تعداد ذره}} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضرب}}{\text{عدد آووگادرو} \times \text{ضرب}} = \frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضرب}} = \frac{\text{حجم گاز (mL)}}{\text{حجم گاز (L)}} = \frac{\text{حجم گاز} \times 22400 \text{ ضرب}}{22.4 \times \text{ضرب}} = \frac{\text{حجم گاز}}{\text{حجم مولی} \times \text{ضرب}} = \frac{\text{حجم گاز} \times \text{چگالی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضرب}}$$

**توجه** منظور از ضرب در تناسب‌های فوق، ضرب استوکیومتری ماده مورد نظر در معادله موازنه‌شده واکنش است.

**مثال** اگر بدن انسان در دما و فشار ثابت و معینی به طور میانگین در هر شبانه‌روز ۳۳۶ L گاز اکسیژن مصرف کند، در هر شبانه‌روز چند گرم گلوکز ( $C_6H_{12}O_6$ )

مصرف می‌شود؟ (چگالی گاز اکسیژن را  $1/4 \text{ g.L}^{-1}$  در نظر بگیرید.) ( $\text{O}=16, \text{C}=12, \text{H}=1: \text{g.mol}^{-1}$ )



پاسخ گزینہ (۲): ابتدا معادلہ واکنش:

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ جرم مولی: } 6(12) + 12(1) + 6(16) = 180 \text{ g.mol}^{-1}$$

روش اول: استفاده از کسر تبدیل:

$$\cancel{336 \text{ L O}_2} \times \frac{\cancel{1 \text{ g O}_2}}{\cancel{1 \text{ L O}_2}} \times \frac{\cancel{1 \text{ mol O}_2}}{\cancel{32 \text{ g O}_2}} \times \frac{\cancel{1 \text{ mol C}_5\text{H}_{12}\text{O}_6}}{\cancel{6 \text{ mol O}_2}} \times \frac{180 \text{ g C}_5\text{H}_{12}\text{O}_6}{\cancel{1 \text{ mol C}_5\text{H}_{12}\text{O}_6}} = 44 \text{ g C}_5\text{H}_{12}\text{O}_6$$

$$\frac{\text{جرم مولی خالص}}{\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_6} = \frac{\text{حجم} \times \text{چگالی}}{\text{جرم مولی خالص}} \times \frac{x}{1 \times 180} = \frac{1/4 \times 336}{6 \times 32} \quad x = \frac{30}{1 \times 180} \times \frac{1}{4} \times 336$$

$$x = 30 \times 0.07 \times 21 = 21 \times 21 = 441 \text{ g C}_6\text{H}_{11}\text{O}_6$$

روش دوم: استفاده از کسر تناسب:



**مثال** اگر مخلوطی از گازهای هیدروژن و متان (در شرایط استاندارد) به طور کامل بسوزند و مقدار  $5/6$  لیتر گاز کربن دی اکسید (در شرایط استاندارد) و  $11/25$  گرم

آب تولید کنند، چند درصد حجمی این مخلوط را گاز متان تشکیل می دهد؟ ( $O = 16, C = 12, H = 1: g.mol^{-1}$ )

(سراسری ریاضی خارج از کشور ۸۷ و سراسری تجربی ۸۸)

۳۵/۲۵ (۲)

۲۵/۱۲ (۱)

۶۶/۶۶ (۴)

۳۳/۳۳ (۳)

**پاسخ** گزینه (۴): روش اول: معادله واکنش سوختن هیدروژن و متان به صورت زیر است:



همان طور که می بینید  $CO_2$  فقط بر اثر سوختن متان به دست می آید؛ پس در اولین حرکت! باید با استفاده از حجم  $CO_2$ ، حجم گاز متان موجود در این مخلوط را حساب کنیم:

$$5/6 L CO_2 \times \frac{1 mol CO_2}{22/4 L CO_2} \times \frac{1 mol CH_4}{1 mol CO_2} \times \frac{22/4 L CH_4}{1 mol CH_4} = 5/6 L CH_4$$

در حرکت بعدی! باید ببینیم که بر اثر سوختن  $5/6$  لیتر گاز  $CH_4$ ، چند گرم  $H_2O$  به دست می آید:

$$5/6 L CH_4 \times \frac{1 mol CH_4}{22/4 L CH_4} \times \frac{2 mol H_2O}{1 mol CH_4} \times \frac{18 g H_2O}{1 mol H_2O} = 9 g H_2O$$

فب! تا این جا فهمیدیم که از  $11/25$  گرم  $H_2O$  تولید شده، ۹ گرم آن مربوط به سوختن گاز  $CH_4$  بوده؛ پس حتماً بقیه آن یعنی  $2/25$  گرم، مربوط به سوختن  $H_2$  است. حالا باید حساب کنیم که برای تولید  $2/25$  گرم  $H_2O$ ، چند لیتر  $H_2$  باید بسوزد:

$$2/25 g H_2O \times \frac{1 mol H_2O}{18 g H_2O} \times \frac{2 mol H_2}{2 mol H_2O} \times \frac{22/4 L H_2}{1 mol H_2} = 2/8 L H_2$$

$$CH_4 \text{ گاز} \text{ درصد حجمی گاز} = \frac{CH_4 \text{ گاز}}{CH_4 \text{ گاز} + H_2 \text{ گاز}} \times 100 = \frac{5/6}{5/6 + 2/8} \times 100 = 66/66\%$$

آفیش! دیگه داره تموم می شه!

**روش دوم:** آله بفوایم فیلی شیک و مهلسی! حلش کنیم، ابتدا تعداد مول متان را به دست می آوریم:

$$5/6 L CO_2 \times \frac{1 mol CO_2}{22/4 L CO_2} \times \frac{1 mol CH_4}{1 mol CO_2} = 0/25 mol CH_4$$

حالا باید ببینیم بر اثر سوختن  $0/25$  مول  $CH_4$ ، چند گرم  $H_2O$  به دست می آید:

$$0/25 mol CH_4 \times \frac{2 mol H_2O}{1 mol CH_4} \times \frac{18 g H_2O}{1 mol H_2O} = 9 g H_2O$$

پس  $2/25$  گرم  $H_2O$  باقی مانده مال  $H_2$  می باشد! پس تعداد مول  $H_2$  برابر است با:

$$2/25 g H_2O \times \frac{1 mol H_2O}{18 g H_2O} \times \frac{2 mol H_2}{2 mol H_2O} = 0/125 mol H_2$$

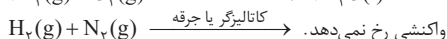
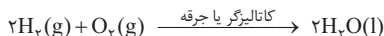
در شرایط یکسان دما و فشار، نسبت های حجمی گازها برابر با نسبت های مولی آن ها است؛ بنابراین تمام شد!

$$CH_4 \text{ گاز} \text{ درصد حجمی (مولی) گاز} = \frac{CH_4 \text{ گاز}}{CH_4 \text{ گاز} + H_2 \text{ گاز}} \times 100 = \frac{0/25}{0/25 + 0/125} \times 100 = 66/66\%$$

### – تولید آمونیاک، کاربردی از واکنش گازها در صنعت –

۱ گاز نیتروژن، فراوان ترین جزء سازنده هواکره بوده که در مقایسه با اکسیژن از نظر شیمیایی غیرفعال و واکنش ناپذیر است.

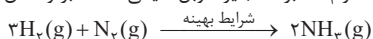
۲ برای مثال، مخلوط گازهای اکسیژن و هیدروژن در حضور کاتالیزگر یا جرقه در یک واکنش سریع و شدید، منفجر می شود و آب تولید می کند. اما در مخلوط گازهای نیتروژن و هیدروژن، حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه واکنش رخ نمی دهد.



۳ پس گاز نیتروژن در مقایسه با اکسیژن از نظر شیمیایی غیرفعال و واکنش ناپذیر است. از این رو گاز نیتروژن به جو بی اثر شهرت یافته و در محیط هایی که گاز اکسیژن، عامل ایجاد تغییر شیمیایی است به جای آن از گاز نیتروژن استفاده می کنند.

۴ برای پرکردن و تنظیم باد تایر خودرو به جای هوا از گاز نیتروژن استفاده می شود.

۵ در سال ۱۹۱۸ میلادی، دانشمندی به نام فریتس هابر شیمی دان معروف آلمانی، به دلیل تهیه آمونیاک از گازهای  $N_2$  و  $H_2$ ، برنده جایزه نوبل شیمی شد. هابر واکنش مقابل را مبنای پژوهش های خود قرار داد:



۶ مشکل اصلی هابر یافتن شرایط بهینه برای انجام این واکنش بود. او در این راستا با دو چالش عمده مواجه بود:



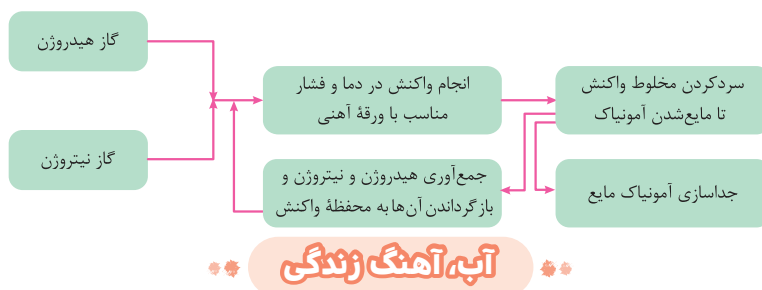
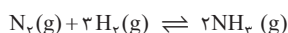
## ۱. واکنش در دما و فشار اتاق انجام نمی‌شد.

- هابر با تلاش‌ها و آزمایشات فراوان واکنش میان گازهای هیدروژن و نیتروژن را بارها در دماها و فشارهای مختلف انجام داد تا بتواند شرایط بهینه آن را پیدا کند.
- سرانجام دریافت که اگر مخلوط این گازها از روی ورقه آهنی (به عنوان کاتالیزگر) در دما و فشار مناسب (به عنوان نکته اضافه بدانید! دمای  $450^{\circ}\text{C}$  درجه سلسیوس و فشار  $200\text{ atm}$ )، عبور داده شود، با انجام واکنش، مقدار قابل توجهی آمونیاک تولید می‌شود، اما همه واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل نخواهد شد؛ زیرا این واکنش برگشت پذیر است؛ با این توصیف در ظرف واکنش مخلوطی از سه گاز  $\text{H}_2$ ،  $\text{N}_2$  و  $\text{NH}_3$  وجود دارد. اکنون هابر با مشکل دیگری هم روبه‌رو بود:

## ۲. چگونه آمونیاک (فراورده واکنش) را از مخلوط واکنش جدا کند.

- او با بررسی نقطه جوش این مواد، راه‌حلی را برای جداسازی آمونیاک پیدا کرد.
- $\text{NH}_3 > \text{N}_2 > \text{H}_2$  :نقطه جوش
- $-253^{\circ}\text{C}$   $-196^{\circ}\text{C}$   $-34^{\circ}\text{C}$
- هابر پس از انجام واکنش، دما را کمی پایین‌تر از نقطه جوش آمونیاک آورد تا فقط آمونیاک مایع‌شده و از مخلوط خارج شود. در فرایند هابر، گازهای  $\text{H}_2$  و  $\text{N}_2$  واکنش ندادند را بازگردانی کرده و به ظرف اصلی واکنش برمی‌گرداندند تا دوباره با هم واکنش دهند.

### جمع‌بندی



### – مقدمه –

۱ کره زمین سامانه‌ای بزرگ شامل ۴ بخش مختلف است:

- ۱) هواکره (شامل گازها و ذرات ریز و مولکول‌های کوچک  $\text{O}_2$ ،  $\text{N}_2$  و ...)
- ۲) آب‌کره (شامل مولکول‌های کوچک آب، یون‌ها و ...)
- ۳) سنگ‌کره (شامل مواد جامد مانند ماسه، نمک‌ها و ...)

۴) زیست‌کره (شامل موجودات زنده و جانداران روی کره زمین. در واکنش‌های زیست‌کره، درشت‌مولکول‌ها نقش اساسی ایفا می‌کنند.)

**توجه** زمین از دیدگاه شیمیایی پویاست؛ یعنی همواره بخش‌های گوناگون کره زمین با یکدیگر برهم‌کنش فیزیکی و شیمیایی داشته و بین آن‌ها مواد گوناگون مبادله می‌شود.

### نکات مهم

- ۱ زمین در فضا به رنگ آبی دیده می‌شود؛ زیرا نزدیک به ۷۵٪ سطح آن را آب پوشانده است، به گونه‌ای که جرم کل آب‌های روی کره زمین در حدود  $1.5 \times 10^{18}$  تن برآورد می‌شود.
- ۲ بخش عمده (نه همه!) آب‌های روی کره زمین در اقیانوس‌ها و دریاها توزیع شده است، به گونه‌ای که اگر کره زمین را مسطح فرض کنیم، آب همه سطح آن را تا ارتفاع بیش از ۲ کیلومتر می‌پوشاند.
- ۳ آب اقیانوس‌ها و دریاها مخلوطی همگن است که اغلب مزه‌ای شور دارد، زیرا مقدار قابل توجهی از نمک‌های گوناگون در آن حل شده است. (حدوداً  $5 \times 10^{16}$  تن)

◀ نکته خیلی مهم این که سالانه میلیاردها تن مواد گوناگون نیز از سنگ‌کره وارد آب‌کره می‌شود ولی از آن‌جا که جرم کل مواد حل‌شده در آب‌های کره زمین تقریباً (نه دقیقاً) ثابت است، پس باید همین مقدار نیز از آب دریاها و اقیانوس‌ها خارج شود.

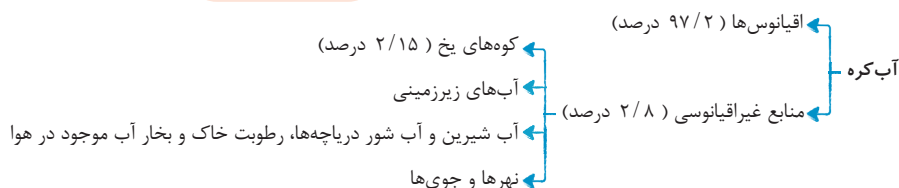
۲ درون کره زمین و بین این چهار بخش مختلف، پیوسته مواد گوناگونی مبادله می‌شود؛ مثلاً سالانه:

- حجم عظیمی از بخار آب از دریاها (آب‌کره) وارد هواکره می‌شود و به صورت بارش از هواکره وارد آب‌کره و سنگ‌کره می‌شود.
- میلیاردها تن کربن دی‌اکسید توسط آبزیان از آب‌کره وارد هواکره شده و مقادیر بسیار زیادی از گاز اکسیژن محلول در آب توسط آبزیان مصرف می‌شود.
- گازهای گوناگون و مواد شیمیایی جامد توسط فعالیت آتشفشانی به صورت گرد و غبار وارد هواکره می‌شود.
- لاشه جانوران و گیاهان بر اثر تجزیه به صورت مولکول‌های کوچک‌تری از زیست‌کره وارد آب‌کره، سنگ‌کره یا هواکره می‌شود.
- موجودات زنده نیز سالانه مقدار بسیار زیادی از ترکیبات کربن‌دار را وارد بخش‌های گوناگون کره زمین می‌کنند.





### منابع آب



با توجه به نمودار فوق، کوه های یخ، حدود ۷۷ درصد از کل منابع غیرآقیانوسی آب کره را تشکیل می دهند.

### یون های حل شده در آب دریاها -

| نام یون      | کلرید         | سدیم          | سولفات             | منیزیم           | کلسیم            | پتاسیم       | کربنات             | برمید         |
|--------------|---------------|---------------|--------------------|------------------|------------------|--------------|--------------------|---------------|
| نماد         | $\text{Cl}^-$ | $\text{Na}^+$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{Mg}^{2+}$ | $\text{Ca}^{2+}$ | $\text{K}^+$ | $\text{CO}_3^{2-}$ | $\text{Br}^-$ |
| رتبه فراوانی | ۱             | ۲             | ۳                  | ۴                | ۵                | ۶            | ۷                  | ۸             |

مقدار آنیون ها در آب دریا:  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{CO}_3^{2-} > \text{Br}^-$

مقدار کاتیون ها در آب دریا:  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$

مقدار یون ها در آب دریا:  $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{CO}_3^{2-} > \text{Br}^-$

فراوان ترین (یون) آنیون حل شده در آب دریاها، **یون کلرید ( $\text{Cl}^-$ )** است که یون تک اتمی محسوب می شود اما فراوان ترین آنیون چند اتمی موجود در آب دریاها، **یون سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}$ )** است.

در بین موارد جدول صفحه قبل، دو آنیون تک اتمی، هر دو مربوط به عناصر گروه ۱۷ جدول تناوبی هستند.

فراوان ترین کاتیون موجود در آب دریاها، **یون سدیم ( $\text{Na}^+$ )** است که مربوط به عنصر گروه ۱ جدول تناوبی است.

از میان کاتیون های فراوان آب دریاها، دو یون مربوط به عناصر گروه ۱ و دو یون مربوط به عناصر گروه ۲ جدول تناوبی هستند.

وجود انواع یون ها در آب دریا به دلیل **انحلال نمک های گوناگون** در آن است.

بیشتر آب های روی زمین شور است و نمی توان از آن ها در کشاورزی، مصارف خانگی و صنعتی استفاده کرد؛ از این رو تهیه آب شیرین و آشامیدنی، هم چنین آب قابل استفاده در کشاورزی، صنعت و ... یکی از چالش های اساسی در سطح جهان است.

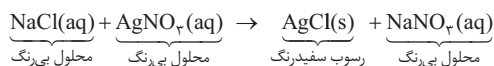
آب اغلب چشمه ها، قنات ها و رودخانه ها که زلال و شفاف و همین طور شیرین، گوارا و آشامیدنی است، ناخالص می باشد.

آب باران در **هوای پاک تقریباً خالص** است؛ زیرا هنگام تشکیل برف و باران، تقریباً همه مواد حل شده در آب از آن جدا می شود. این فرایند، الگویی برای تهیه آب خالص است که **تقطیر** و **فراورده آن**، آب مقطر نام دارد.

### شناسایی برخی از یون های محلول در آب -

#### الف) شناسایی یون کلرید ( $\text{Cl}^-$ ) در آب:

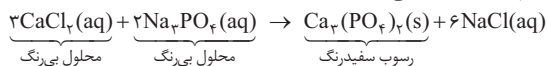
یکی از روش های شناسایی یون کلرید موجود در یک محلول ( $\text{Cl}^-(\text{aq})$ )، استفاده از محلولی حاوی یون نقره ( $\text{Ag}^+(\text{aq})$ ) است که در این صورت رسوب سفید رنگ  $\text{AgCl}(\text{s})$  تولید می شود:



#### ب) شناسایی یون کلسیم ( $\text{Ca}^{2+}$ ) در آب:

یون کلسیم محلول در آب ( $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ ) با یون فسفات ( $\text{PO}_4^{3-}(\text{aq})$ )، رسوب سفید رنگ کلسیم فسفات ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(\text{s})$ ) تولید می کند.

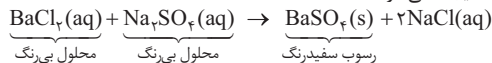
واکنش دو محلول بی رنگ سدیم فسفات و کلسیم کلرید که طی واکنش، رسوب سفید رنگ کلسیم فسفات ایجاد می شود:



#### پ) شناسایی یون باریم ( $\text{Ba}^{2+}$ ) در آب:

یون باریم محلول در آب ( $\text{Ba}^{2+}(\text{aq})$ ) با یون سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ )، رسوب سفید رنگ باریم سولفات ( $\text{BaSO}_4(\text{s})$ ) تولید می کند.

واکنش دو محلول بی رنگ باریم کلرید و سدیم سولفات که طی واکنش، رسوب سفید رنگ باریم سولفات ایجاد می شود:



### آب آشامیدنی -

آب آشامیدنی، مخلوطی زلال و همگن بوده و مقدار کمی از یون های گوناگون دارد.

برخی از یون ها در مراکز تأمین آب آشامیدنی به آب افزوده می شوند؛ مانند: یون فلوئورید ( $\text{F}^-$ ) که سبب حفظ سلامت دندان ها شده و مقدار بسیار کم و مناسبی به آب اضافه می شود.

تفاوت آب آشامیدنی و دیگر آب ها در نوع و مقدار حل شونده های آن است.



## – انواع یون از نظر تعداد اتم –

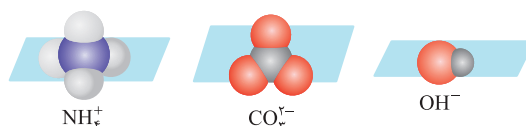
- یون تک‌اتمی: یونی که فقط از یک اتم (نه عناصر) تشکیل شده است، مانند:  $\text{Na}^+$ ،  $\text{Ca}^{2+}$  و ...
- یون چنداتمی: یونی که از اتصال دو یا چند اتم تشکیل شده است، مانند:  $\text{OH}^-$ ،  $\text{NO}_3^-$ ،  $\text{NH}_4^+$  و ...

## نکات مهم

- در یک یون چنداتمی، بار یون به اتم خاصی تعلق نداشته و به کل یون تعلق دارد.
- دقت کنید که یون‌هایی مانند  $\text{N}_3^-$  (آزید)،  $\text{O}_3^{2-}$  (پراکسید) و ... اگرچه از یک نوع اتم تشکیل شده‌اند ولی چون بیش از یک اتم دارند، جزء یون‌های چنداتمی هستند.

| ردیف | نام یون   | فرمول شیمیایی      | مدل فضاپرکن | ساختار لوویس |
|------|-----------|--------------------|-------------|--------------|
| ۱    | آمونیم    | $\text{NH}_4^+$    |             |              |
| ۲    | هیدروکسید | $\text{OH}^-$      |             |              |
| ۳    | نیتрат    | $\text{NO}_3^-$    |             |              |
| ۴    | سولفات    | $\text{SO}_4^{2-}$ |             |              |
| ۵    | فسفات     | $\text{PO}_4^{3-}$ |             |              |
| ۶    | کربنات    | $\text{CO}_3^{2-}$ |             |              |

- در مدل فضا پرکن یون هیدروکسید ( $\text{OH}^-$ )، دو اتم اکسیژن (O) و هیدروژن (H) در یک صفحه قرار دارند، همچنین در مدل فضاپرکن یون کربنات ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) یا نیترات ( $\text{NO}_3^-$ ) تمام اتم‌ها در یک صفحه فرضی جا شده‌اند، اما مثلاً در مدل فضاپرکن یون آمونیوم ( $\text{NH}_4^+$ ) تنها ۳ اتم هیدروژن در یک صفحه جا شده است و اتم هیدروژن چهارم در خارج از صفحه قرار گرفته است؛ با توجه به مدل فضاپرکن یون‌های سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) و فسفات ( $\text{PO}_4^{3-}$ )، این دو یون نیز همانند یون آمونیوم، ساختار مسطح ندارند.



## نکته مهم

فکر نکنید که عنصرهای تشکیل‌دهنده همه یون‌های چنداتمی صرفاً نافلزی هستند. برای مثال در ساختار یون پرمنگنات ( $\text{MnO}_4^-$ )، فلز وجود دارد!

## یادآوری نام‌گذاری ترکیب‌های یونی

نام‌گذاری ترکیب‌های یونی چندتایی (مانند:  $\text{CaSO}_4$ ،  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  و ...) همانند نام‌گذاری ترکیب‌های یونی دوتایی (مانند  $\text{NaCl}$ ،  $\text{CaCl}_2$  و ...) بوده و به صورت روبه‌رو است: نام کاتیون + نام آنیون

اگر فلز کاتیون دارای ظرفیت متغیر باشد، باید ظرفیت آن به صورت عدد رومی داخل پرانتز ذکر شود.

## فرمول‌نویسی ترکیب‌های یونی چندتایی

- مانند فرمول‌نویسی ترکیب‌های یونی دوتایی، کاتیون را سمت چپ و آنیون را سمت راست می‌نویسیم. با توجه به این که یک ترکیب یونی خنثی است، بر این اساس شمار کاتیون‌ها و آنیون‌ها را مشخص می‌کنیم.
- ظرفیت کاتیون را با آنیون جابه‌جا می‌کنیم. (ظرفیت یون برابر بار یون بدون علامت است.)
- توجه کنید که اگر کاتیون یا آنیون چنداتمی باشد، ابتدا دور کاتیون یا آنیون پرانتز گذاشته و سپس زیروندها را جابه‌جا می‌کنیم.
- زیروندها را اگر ساده می‌شوند، ساده می‌کنیم و از نوشتن زیروند ۱ خودداری می‌کنیم.

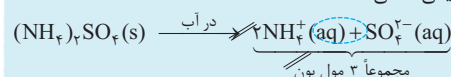
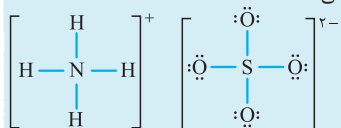


### نکته مهم

در یک مول ترکیب یونی، تعداد الکترون‌های مبادله‌شده بین کاتیون و آنیون برابر است با:  
| بار آنیون | × تعداد آنیون یا بار کاتیون × تعداد کاتیون = تعداد الکترون‌های مبادله‌شده

### نکات مهم

- گیاهان برای رشد مناسب، افزون بر  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$ ، به عنصرهایی مانند N, P, S و ... نیاز دارند.
- آمونیم سولفات  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر نیتروژن و گوگرد را در اختیار گیاه قرار می‌دهد.
- ساختار لوویس یون‌های سازنده آمونیوم سولفات به صورت مقابل است:
- از انحلال هر واحد فرمولی آمونیوم سولفات در آب، سه یون تولید می‌شود و در مجموع از لحاظ بار الکتریکی خنثی است:
- در ساختار آمونیوم سولفات، دو نوع پیوند کووالانسی و یونی وجود دارد اما این ماده در مجموع یک ترکیب یونی محسوب می‌شود.



در اغلب ترکیبات یونی، حداقل یک فلز وجود دارد، اما آمونیوم سولفات برخلاف این قاعده کلی، هیچ عنصر فلزی ندارد و چهار عنصر سازنده آن، نافلزی هستند!

## پایه یازدهم

### آنتالپی، همان محتوای انرژی است

هر نمونه ماده دو نوع انرژی دارد - انرژی جنبشی (گرمایی): جنبش‌های نامنظم  
- انرژی پتانسیل (شیمیایی): برهم‌کنش بین ذره‌ها

- آنتالپی (H) یا محتوای انرژی، انرژی کل سامانه است.
- انجام واکنش - تغییر آنتالپی مواد ( $\Delta H$ ) - مبادله گرما
- تغییر آنتالپی واکنش ( $\Delta H$ )، هم‌ارز با گرمای واکنش در فشار ثابت است.

$$Q_p = H(\text{مواد واکنش‌دهنده}) - H(\text{مواد فراورده}) = \Delta H \text{ واکنش}$$

- نشانه‌های واکنش گرماده
- کاهش انرژی کل سامانه
- انتقال گرما از سامانه به محیط
- «Q» سمت فراورده‌ها
- مواد فراورده، پایدارتر از مواد واکنش‌دهنده
- آنتالپی مواد فراورده کمتر از آنتالپی مواد واکنش‌دهنده
- علامت «Q» و « $\Delta H$ » واکنش، منفی

- نشانه‌های واکنش گرماگیر
- افزایش انرژی کل سامانه
- انتقال گرما از محیط به سامانه
- «Q» سمت واکنش‌دهنده‌ها
- مواد واکنش‌دهنده، پایدارتر از مواد فراورده
- آنتالپی مواد فراورده بیشتر از مواد واکنش‌دهنده
- علامت «Q» و « $\Delta H$ » واکنش، مثبت

●  $\Delta H$  همانند گرمای واکنش در دما و فشار ثابت، به سه عامل وابسته است:

- نوع مواد واکنش‌دهنده و فراورده
- حالت فیزیکی واکنش‌دهنده و فراورده
- مقدار واکنش‌دهنده‌ها - ترکیب استوکیومتری و گرمای واکنش

● برای حل تست‌های استوکیومتری و  $\Delta H$  می‌توانیم از روش نسبت مولی (یا کسر تناسب) استفاده کنیم و به نسبت‌های قبل، (...)=  $\frac{\text{جرم}}{\text{مول}} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{ضریب}}$  نسبت  $\frac{q}{|\Delta H|}$  را اضافه کنیم.

دقت کنید که  $q$ ،  $\Delta H$  باید برحسب یک واحد باشند. (KJ)

● گرمای مبادله‌شده در واکنش به ازای مقداری که در مسئله داده شده است.

$\Delta H$ : گرمای مبادله‌شده در واکنش طبق ضرایب استوکیومتری مواد در معادله موازنه شده است.

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد ذره‌ها}}{\text{تعداد ذره‌ها}} = \frac{\text{گرم}}{\text{گرم}} = \frac{\text{لیتر گاز}}{\text{لیتر گاز (STP)}} = \frac{\text{لیتر گاز}}{\text{ضریب} \times \text{حجم مولی}} = \frac{\text{چگالی} \times \text{لیتر گاز}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{M \times V(L)}{\text{ضریب} \times \text{غلظت مولی (L)}}$$

$$\frac{M \times V(\text{mL})}{\text{ضریب} \times \text{غلظت مولی (mL)}} = \frac{\text{گرم ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{q}{|\Delta H|} \rightarrow (\text{KJ})$$



## مثال

برای بالابردن دمای یک قطعه مس به وزن ۲/۵ کیلوگرم از ۲۵°C به ۲۲۵°C، چند کیلوژول گرما لازم است و این مقدار گرما، به تقریب از سوختن کامل چند گرم گاز متان تأمین می‌شود؟ (ظرفیت گرمایی ویژه مس را برابر با ۳۹۰ J.g<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup> در نظر بگیرید، گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید، (H=۱، C=۱۲: g.mol<sup>-1</sup>)  
 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ,  $\Delta H = -890 \text{ kJ}$

(کنکور سراسری علوم تجربی خارج از کشور ۱۳۹۹)

۳۵، ۱۹۵۰ (۴)

۲۵، ۱۹۵۰ (۳)

۳/۵، ۱۹۵ (۲)

۲/۵، ۱۹۵ (۱)

## پاسخ

قسمت اول: استفاده از رابطه  $q = mc\Delta\theta$

اگر در رابطه  $q = mc\Delta\theta$ ، m را بر حسب kg بگذاریم q بر حسب kJ محاسبه می‌شود:

$$q = 2/5 \times 390 \times (225 - 25) = \frac{1}{5} \times \frac{39}{100} \times 2000 = \frac{39}{2} = 19.5 \text{ kJ}$$

قسمت دوم: استفاده از کسر تناسب‌های نسبت گرما و نسبت جرم  $\text{CH}_4$ :

$$\frac{\text{جرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{x}{16 \times 1} = \frac{19.5}{890} \rightarrow x = \frac{16 \times 19.5}{890} = \frac{16 \times 39}{890 \times 2} = \frac{8}{89} \times 39 = 3/9 \downarrow = 3/5 \text{ g}$$

## آنتالپی پیوند و میانگین آن

به انرژی لازم برای شکستن یک مول پیوند در حالت گازی و تبدیل آن به دو مول اتم مجزای گازی، آنتالپی پیوند می‌گوییم.

● شکستن پیوند — گرماگیر ( $\Delta H > 0$ )

● تشکیل پیوند — گرماده ( $\Delta H < 0$ )

جدول آنتالپی برخی پیوندها:

| پیوند                           | Cl—Cl | Br—Br | I—I | H—F | H—Cl | O=O | N≡N |
|---------------------------------|-------|-------|-----|-----|------|-----|-----|
| آنتالپی (kJ mol <sup>-1</sup> ) | ۲۴۲   | ۱۹۳   | ۱۵۱ | ۵۶۷ | ۴۳۱  | ۴۹۵ | ۹۴۵ |

● برای پیوندهایی که در مولکول‌های دواتمی وجود دارند، مثل  $\text{H—H}$ ،  $\text{N≡N}$  و ... از آنتالپی پیوند و برای پیوندهایی که در مولکول‌های چنداتمی وجود دارند، مانند  $\text{C—H}$ ،  $\text{N—H}$  و ... از «میانگین آنتالپی پیوند» استفاده می‌کنیم.

میانگین آنتالپی برخی پیوندها:

| پیوند                                   | C—O | N—H | O—H | C—C | C=C | C≡C | C=O | N—N | O—O |
|-----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| میانگین آنتالپی (kJ mol <sup>-1</sup> ) | ۳۸۰ | ۳۹۱ | ۴۶۳ | ۳۴۸ | ۶۱۴ | ۸۳۹ | ۷۹۹ | ۱۶۳ | ۱۴۶ |

عوامل مؤثر بر آنتالپی پیوند

(۱) مرتبه پیوند (تعداد پیوند بین دو اتم): هر چه مرتبه پیوند بیشتر، میانگین آنتالپی پیوند بیشتر:  
 $\text{C} \equiv \text{C} > \text{C} = \text{C} > \text{C} - \text{C}$

(۲) شعاع اتم‌ها: به طور کلی، هر چه شعاع اتم‌های تشکیل‌دهنده پیوند کم‌تر، آنتالپی پیوند بیشتر:  
 $\text{Cl—Cl} > \text{Br—Br} > \text{I—I}$

روش محاسباتی — استفاده از آنتالپی پیوند — مناسب برای واکنش‌های گازی

روش‌های تعیین  $\Delta H$  واکنش — استفاده از قانون هس — استفاده از گرماسنج لیوانی — مناسب برای واکنش‌های در حالت محلول

## آنتالپی پیوند، راهی برای تعیین $\Delta H$ واکنش

● شکستن هر نوع پیوند — گرماگیر ( $\Delta H$  مثبت)

● تشکیل هر نوع پیوند — گرماده ( $\Delta H$  منفی)

[مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده] - [مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده] =  $\Delta H$  واکنش

## مثال

اگر آنتالپی پیوندهای  $\text{H—H}$ ،  $\text{N—H}$ ،  $\text{N—N}$  و  $\text{N} \equiv \text{N}$  با یکای کیلوژول بر مول، به ترتیب برابر با ۴۳۵، ۳۸۹، ۱۵۹ و ۹۴۱ باشد، مطابق واکنش:  
 $\text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{N—NH}_2(\text{g})$ ، به ازای مصرف  $3/01 \times 10^{25}$  مولکول هیدروژن، چند کیلوژول انرژی جذب می‌شود؟

(کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۳۹۹)

۴۸۰۰ (۴)

۳۶۰۰ (۳)

۲۴۰۰ (۲)

۱۲۰۰ (۱)

## پاسخ

مرحله اول: محاسبه  $\Delta H$  واکنش: پیوندهای سمت چپ با علامت مثبت، پیوندهای سمت راست با علامت منفی

$$\Delta H = (\text{N} \equiv \text{N}) + 2(\text{H—H}) - (\text{N—N}) - 4(\text{N—H}) = 941 + 2(435) - 159 - 4(389) = +96 \text{ kJ}$$

مرحله دوم: استفاده از نسبت گرما و نسبت تعداد ذره‌های  $\text{H}_2$

$$\frac{\text{تعداد ذره‌ها}}{\text{ضریب} \times 10^{23}} = \frac{q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{3/01 \times 10^{25}}{2 \times 10^{23}} = \frac{x}{96 \text{ kJ}} \rightarrow x = 2400 \text{ kJ}$$



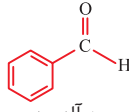
# مرورنامه آزمون آزمایشی خیل سبز

## شیمی

- هر چه مولکول‌های یک واکنش ساده‌تر ← مولکول‌های دواتمی بیشتر ← استفاده بیشتر از آنتالپی پیوندی ← دقیق‌تر ← همخوانی بیشتر  $\Delta H$  با داده‌های تجربی
- هر چه مولکول‌های یک واکنش پیچیده‌تر ← مولکول‌های چنداتمی بیشتر ← استفاده بیشتر از میانگین آنتالپی پیوند ← دقت کم‌تر ← همخوانی کم‌تر  $\Delta H$  با داده‌های تجربی

### پیوند با زندگی (گروه‌های عاملی)

**گروه عاملی:** آرایش منظمی از اتم‌ها که به مولکول آلی دارای آن، خواص فیزیکی و شیمیایی منحصربه‌فردی می‌بخشد.

| خانواده (فرمول مولکولی)*                | فرمول ساختاری و نام گروه عاملی                              | فرمول کلی                                                                                                                                             | تعداد کربن‌های ساده‌ترین عضو | مثال‌های معروف                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| الکل‌ها<br>( $C_nH_{2n+1}OH$ )          | $-OH$<br>هیدروکسیل                                          | $R-OH$<br>R گروه هیدروکربنی است.                                                                                                                      | ۱                            | $CH_3CH_2-OH$<br>اتانول                                                                                                                                                                           |
| اترها<br>( $C_nH_{2n+2}O$ )             | $-O-$<br>اتری                                               | $R-O-R'$<br>R و R' گروه هیدروکربنی هستند.                                                                                                             | ۲                            | $CH_3-O-CH_3$<br>دی‌متیل اتر                                                                                                                                                                      |
| آلدهیدها<br>( $C_nH_{2n}O$ )            | $\begin{array}{c} O \\    \\ -C-H \end{array}$<br>آلدهیدی   | $\begin{array}{c} O \\    \\ R-C-H \end{array}$<br>R هیدروژن یا گروه هیدروکربنی است.                                                                  | ۱                            | توجه: دقت کنید که بنزآلدهید، آلدهیدی سیرنشده است و فرمول مولکولی آن از $C_nH_{2n}O$ پیروی نمی‌کند.<br> بنزآلدهید |
| کتون‌ها<br>( $C_nH_{2n}O$ )             | $\begin{array}{c} O \\    \\ -C-کربونیل$                    | $\begin{array}{c} O \\    \\ R-C-R' \end{array}$<br>R و R' گروه هیدروکربنی هستند.                                                                     | ۳                            | $CH_3CH_2CH_2CH_2C(=O)CH_3$<br>۲-پنتانون                                                                                                                                                          |
| کربوکسیلیک اسیدها<br>( $C_nH_{2n}O_2$ ) | $\begin{array}{c} O \\    \\ -C-OH \end{array}$<br>کربوکسیل | $\begin{array}{c} O \\    \\ R-C-OH \end{array}$<br>R هیدروژن یا گروه هیدروکربنی است.                                                                 | ۱                            | $CH_3-C(=O)OH$<br>اتانویک (استیک) اسید                                                                                                                                                            |
| استرها<br>( $C_nH_{2n}O_2$ )            | $\begin{array}{c} O \\    \\ -C-O-استری$                    | $\begin{array}{c} O \\    \\ R-C-O-R' \end{array}$<br>R' گروه هیدروکربنی است؛ ولی R هیدروژن یا گروه هیدروکربنی می‌تواند باشد.                         | ۲                            | $CH_3CH_2CH_2C(=O)OCH_2CH_3$<br>اتیل بوتانوات                                                                                                                                                     |
| آمین‌ها<br>( $C_nH_{2n+3}N$ )           | $-N-$<br>آمینی                                              | $\begin{array}{c} R-N-R'' \\   \\ R' \end{array}$<br>R، R' و R'' می‌توانند گروه هیدروکربنی یا هیدروژن باشند، اما هر سه‌تای آن‌ها نباید هیدروژن باشند. | ۱                            | $CH_3-NH-H$<br>متیل آمین                                                                                                                                                                          |
| آمیدها<br>( $C_nH_{2n+1}NO$ )           | $\begin{array}{c} O \\    \\ -C-N-آمیدی$                    | $\begin{array}{c} O \\    \\ R-C-N-R'' \\   \\ R' \end{array}$<br>R، R' و R'' هیدروژن یا گروه هیدروکربنی هستند.                                       | ۱                            | $H-C(=O)-NH-H$<br>متانامید                                                                                                                                                                        |

\* فرمول مولکولی برای ترکیب‌های یک‌عاملی و سیرشده  
\*\* اگر تعداد کربن‌ها یکسان باشد.

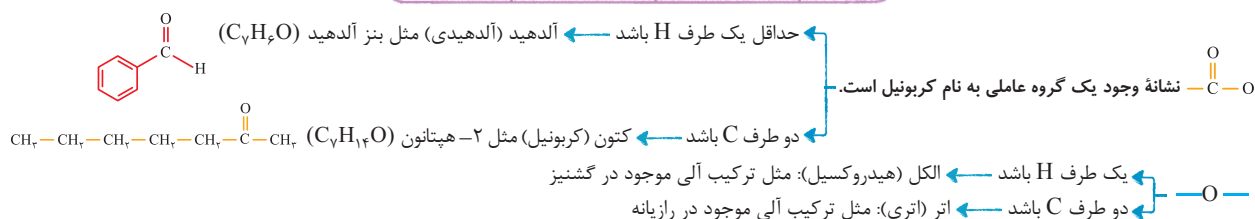




**ایزومر (همپار):** ترکیب‌هایی با فرمول مولکولی یکسان، ولی فرمول ساختاری متفاوت

تشخیص ارتباط دو ساختار:

| حالت | فرمول مولکولی | فرمول ساختاری | وضعیت  |
|------|---------------|---------------|--------|
| I    | x             |               | متفاوت |
| II   | ✓             | ✓             | یکسان  |
| III  | ✓             | x             | ایزومر |



اگر نام علمی ماده آلی در کتاب درسی نوشته شده باشد باید همه اطلاعات آن (شامل فرمول مولکولی، ساختار، ویژگی‌ها و ...) را بلد باشین. مثل بنز آلدهید (ترکیب عالی موجود در بادام)، ۲-هپتانون (ترکیب عالی موجود در میخک) و بنزوئیک اسید (ترکیب عالی موجود در توت‌فرنگی)  
 اگر فقط ساختار ماده در کتاب درسی آمده باشد؛ صرفاً باید ویژگی‌هایش را بلد باشین (مانند گروه‌های عاملی آن، سیر شده یا سیر نشده بودن و ...) مثل ویتامین‌ها، ترکیب موجود در گشنیز و ...

- ترکیب آلی موجود در گشنیز:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  (هیدروکسیل)  
 گروه عاملی موجود: الکی (هیدروکسیل)  
 سیر نشده (با ۲ مول H<sub>۲</sub> سیر می‌شود).
- ترکیب آلی موجود در رازیانه:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_3$  (اتر)  
 گروه عاملی موجود: اتری  
 آروماتیک (دارای حلقه بنزن) و حلقوی  
 سیر نشده (با ۴ مول H<sub>۲</sub> سیر می‌شود).
- ترکیب آلی موجود در زردچوبه:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_3$  (کربونیل)  
 گروه عاملی موجود: کتون (کربونیل)  
 آروماتیک (دارای حلقه بنزن) و حلقوی  
 سیر نشده (با ۴ مول H<sub>۲</sub> سیر می‌شود).
- ترکیب آلی موجود در دارچین:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$  (آلدهید)  
 گروه عاملی موجود: آلدهیدی  
 آروماتیک (دارای حلقه بنزن) و حلقوی  
 سیر نشده (با ۴ مول H<sub>۲</sub> سیر می‌شود).
- کلسترول یکی از مواد آلی موجود در غذاهای جانوری است که مقدار اضافی آن در دیواره رگ‌ها رسوب می‌کند، فرایندی که منجر به گرفتگی رگ‌ها و سکته می‌شود.  
 $\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}$  (دارای ۴ حلقه)  
 گروه عاملی موجود: الکی (هیدروکسیل)  
 سیر نشده (با ۱ مول H<sub>۲</sub> سیر می‌شود).
- چربی ذخیره‌شده در کوهان شتر هنگام اکسایش افزون بر آب مورد نیاز، انرژی لازم برای فعالیت‌های جانور را نیز تأمین می‌کند.



## آنتالپی سوختن، نکته‌گاهی برای تأمین انرژی

- کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌ها، منابعی برای تأمین انرژی بدن هستند.
- کربوهیدرات‌ها در بدن به گلوکز شکسته شده، گلوکز حاصل در خون حل می‌شود ← قند خون
- **ارزش سوختی:** انرژی حاصل از سوختن یا اکسایش یک گرم از ماده

ارزش سوختی سه ماده غذایی

| ماده غذایی                       | کربوهیدرات | چربی | پروتئین |
|----------------------------------|------------|------|---------|
| ارزش سوختی (kJ g <sup>-1</sup> ) | ۱۷         | ۳۸   | ۱۸      |

پروتئین = کربوهیدرات > ارزش سوختن

**آنتالپی سوختن:** آنتالپی واکنش سوختن کامل یک مول ماده در اکسیژن کافی  
 $\text{جرم مولی (g.mol}^{-1}\text{)} = \frac{|\text{آنتالپی سوختن (kJ.mol}^{-1}\text{)}|}{\text{ارزش سوختی (kJ.g}^{-1}\text{)}}$

- همه واکنش‌های سوختن گرماده هستند ←  $\Delta H < 0$ .



# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

شیمی

آنتالپی سوختن برخی ترکیب‌های آلی در  $25^{\circ}\text{C}$ :

| ماده آلی                                  | آنتالپی سوختن ( $\text{kJ mol}^{-1}$ ) | ماده آلی                         | آنتالپی سوختن ( $\text{kJ mol}^{-1}$ ) |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|
| $\text{CH}_4(\text{g})$                   | -890                                   | $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$ | -1300                                  |
| $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$          | -1560                                  | $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$ | -1938                                  |
| $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ | -1410                                  |                                  |                                        |
| $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ | -2058                                  |                                  |                                        |

بخش عمده گاز شهری را متان ( $\text{CH}_4$ ) تشکیل می‌دهد:  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ,  $\Delta H = -890 \text{ kJ mol}^{-1}$

- ماده مورد نظر به همراه  $\text{O}_2$  واکنش دهنده‌های واکنش سوختن هستند.
- ضریب استوکیومتری ماده مورد نظر یک باشد.
- ویژگی‌های معادله واکنش سوختن: سوختن کامل باشد؛ یعنی تبدیل همه کربن‌ها به  $\text{CO}_2$  (محصولات  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$ )
- حالت فیزیکی  $\text{H}_2\text{O}$  مایع باشد. ( $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ )

مقایسه آنتالپی سوختن در هیدروکربن‌ها:

## نکته

به طور کلی هر چه مقدار یک هیدروکربن (در مول برابر، هر چه جرم مولی یک هیدروکربن) بیشتر باشد، مقدار گرمای حاصل از سوختن آن بیشتر است.  
 $\text{CH}_4 < \text{C}_2\text{H}_6 < \text{C}_2\text{H}_2$  : قدرمطلق آنتالپی سوختن  
 متان اتان پروپان  
 $\text{C}_2\text{H}_6 > \text{C}_2\text{H}_4 > \text{C}_2\text{H}_2$  : قدرمطلق آنتالپی سوختن  
 اتان اتین

## نکته

به طور کلی وقتی جرم‌های برابر از هیدروکربن‌های هم‌خانواده می‌سوزد، گرمای حاصل از سوختن هیدروکربن سبک‌تر، بیشتر است.  
 $\text{CH}_4 < \text{C}_2\text{H}_6 < \text{C}_2\text{H}_2$  : ارزش سوختن  
 $\text{kJ.g}^{-1}$  متان اتان پروپان

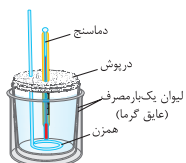
## نکته

گرمای سوختن مولی الکل‌هایی که یک گروه OH دارند، از گرمای سوختن مولی آلکان‌های هم‌کربن آن‌ها کم‌تر است.  
 $\text{C}_2\text{H}_6 > \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} > \text{CH}_4 > \text{CH}_3\text{OH}$  : آنتالپی سوختن

## نکته

در خانواده آلکان‌ها، آلکن‌ها و آلکین‌ها، تفاوت آنتالپی سوختن دو عضو متوالی از یک خانواده تقریباً ثابت و برابر آنتالپی سوختن مولی یک گروه  $\text{CH}_2$  است، زیرا هر دو عضو متوالی از خانواده آلکان‌ها، آلکن‌ها و آلکین‌ها در یک گروه  $\text{CH}_2$  با هم تفاوت دارند.

سوخت‌های سبز (مثل اتانول) در ساختار خود، علاوه بر  $\text{C}$ ،  $\text{H}$  اکسیژن ( $\text{O}$ ) هم دارند. استخراج از پسماندهای گیاهانی مانند سویا، نیشکر و دیگر دانه‌های روغنی



- تعیین گرمای واکنش در فشار ثابت به روش تجربی
- گرماسنج لیوانی مناسب برای تعیین  $\Delta H$  فرایندهای انحلال واکنش‌هایی که در حالت محلول انجام می‌شوند.
- روش: انجام واکنش و تعیین  $\Delta H$  محاسبه گرمای واکنش ( $q = mc\Delta\theta$ ) با نسبت  $\left(\frac{q}{\Delta H}\right)$

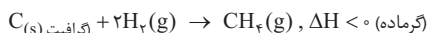
- واکنش‌های گرماده ( $\Delta H < 0$ ) با افزایش دما همراه بود مثل انحلال  $\text{CaCl}_2$  در بسته‌های گرم‌زا.
- واکنش‌های گرماگیر ( $\Delta H > 0$ ) با کاهش دما همراه بود مثل انحلال  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  در رتبه‌های سرمازا.

## جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها، قانون هس

آنتالپی بسیاری از واکنش‌های شیمیایی را برخی مرحله‌ای از یک واکنش پیچیده هستند. نمی‌توان به روش تجربی اندازه‌گیری کرد. برخی واکنش‌ها به آسانی انجام نمی‌شوند، تأمین شرایط بهینه برای انجام آن‌ها بسیار دشوار است.



- ساده‌ترین هیدروکربن
- نخستین عضو خانواده آلکان‌ها
- بخش عمده گاز طبیعی
- از تجزیه گیاهان به وسیله باکتری‌های بی‌هوازی نیز در زیر آب تولید می‌شود.
- نخستین بار از سطح مرداب‌ها جمع‌آوری شده
- معروف به گاز مرداب
- تأمین شرایط بهینه برای تهیه آن از گرافیت و گاز هیدروژن بسیار دشوار و پرهزینه است.

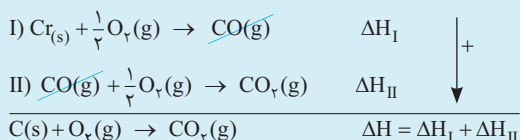


● گرمای یک واکنش معین به راهی که برای انجام آن در پیش گرفته می‌شود، وابسته نیست.

قانون هس: اگر معادله واکنشی را بتوان از جمع معادله دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد،  $\Delta H$  آن نیز از جمع جبری  $\Delta H$  همان واکنش‌ها به دست می‌آید.

## نکته

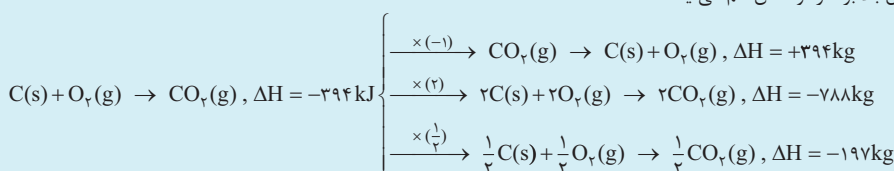
وقتی معادله‌های شیمیایی را با هم جمع کنیم، می‌توانیم ماده‌های مشترک، ولی در سمت‌های مخالف هم در واکنش‌ها (در دو طرف فلش  $\rightarrow$ ) را با هم خط بزنیم.



## نکته

اگر برای بر سر یک واکنش بیاوریم دقیقاً همان بلا بر سر واکنش هم می‌آید.

### مثال

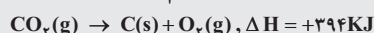
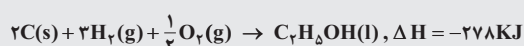
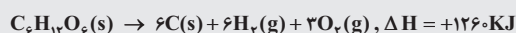


## ابزارهای حل تست‌های قانون هس

- رسیدن به مواد موجود در معادله نهایی: نگاه به معادله نهایی  $\rightarrow$  ببینیم هر ماده کدام سمت است و چه ضریبی دارد  $\rightarrow$  به معادله دارای آن ماده ضریب مناسبی بدهیم تا به آن ماده با ضریب برسیم.
- اول ماده‌ای را بررسی می‌کنیم که فقط در یک معادله وجود داشته باشد.

### مثال

با توجه به واکنش‌های گرمایشیایی مقابل:



$\Delta H$  واکنش:  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH(l) + 2CO_2(g)$ ، برابر چند کیلوژول است و با آزاد شدن  $210$  کیلوژول انرژی گرمایی در این واکنش، چند گرم گلوکز به اتانول

( $H = 1, C = 12, O = 16: g.mol^{-1}$ )

تبدیل می‌شود؟

$$540, -84 (2)$$

$$450, -84 (1)$$

$$540, -92 (4)$$

$$450, -92 (3)$$

پاسخ  $\rightarrow$  مرحله اول:  $C_6H_{12}O_6(s)$  در معادله نهایی سمت چپ، با ضریب ۱ است.  $\rightarrow$  معادله اول را بدون تغییر نگاه می‌داریم.

$C_2H_5OH(l)$  در معادله نهایی سمت راست با ضریب ۲ است.  $\rightarrow$  معادله دوم را در ۲ ضرب می‌کنیم.

$CO_2(g)$  در معادله نهایی سمت راست با ضریب ۲ است.  $\rightarrow$  معادله سوم را معکوس و در ۲ ضرب می‌کنیم.

$$\Delta H_{\text{نهایی}} = (1) \times \Delta H_I + (2) \times \Delta H_{II} + (-2) \times \Delta H_{III} = +1260 + (-556) + (-788) = -84 \text{ kJ}$$

مرحله دوم: نوشتن نسبت گرما و نسبت گرم  $C_6H_{12}O_6$ :

$$\frac{x}{180 \times 1} = \frac{210}{84} \rightarrow x = 450 \text{ g}$$

ممکن است ابزار اول برای حل بعضی تست‌ها کافی نباشد.

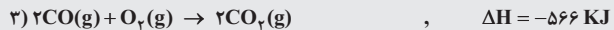
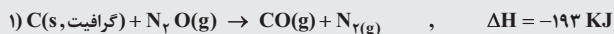
۲ حذف کردن موادی که در معادله نهایی نیستند.

تا جای ممکن با ابزار اول پیش می‌رویم  $\rightarrow$  اگر به بن‌بست خوردیم  $\rightarrow$  تعیین ضریب معادله‌ها به نحوی باید انجام شود که ماده‌ای که در معادله نهایی واکنش وجود ندارد از معادله‌ها حذف شود.



### مثال

با توجه به واکنش‌های داده شده،  $\Delta H$  واکنش:  $2N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2N_2O(g)$ ، چند کیلوژول است؟



$$+144 \text{ (۲)} \quad +21 \text{ (۱)}$$

$$+164 \text{ (۴)} \quad +119 \text{ (۳)}$$

### پاسخ

$N_2(g)$  در معادله نهایی سمت چپ، با ضریب ۲ است  $\leftarrow$  ضریب معادله اول: ۲-

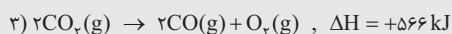


$N_2O(g)$  خودبه‌خود به دست آمده، ولی  $O_2(g)$  در دو معادله وجود دارد  $\leftarrow$  بن‌بست ابزار اول!

$\leftarrow$  گرافیت  $C(s)$  در معادله نهایی نیست.  $\leftarrow$  به معادله دوم ضریب ۲ می‌دهیم تا گرافیت،  $C(s)$  حذف شود.



$CO_2(g)$  در معادله نهایی وجود ندارد  $\leftarrow$  به معادله سوم ضریب ۱ می‌دهیم تا  $CO_2(g)$  حذف شود.



$$\Delta H_{\text{نهایی}} = (+386) + (-788) + (+566) = +164 \text{ kJ}$$

در نتیجه:

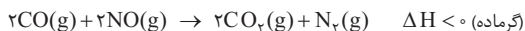
● هیدروژن پراکسید ( $H_2O_2$ ) ماده‌ای است که با نام تجاری آب‌اکسیژنه به فروش می‌رسد.

$\leftarrow$  تهیه آن از واکنش مستقیم گاز هیدروژن با اکسیژن ممکن نیست.

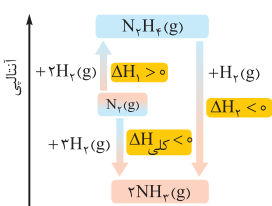
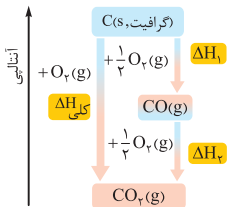


● گازهای آلاینده مانند  $CO$ ،  $NO$ ، از آگزوز خودروها به هوا کره وارد می‌شوند.

$\leftarrow$  واکنش زیر، تبدیل این آلاینده‌ها به گازهایی پایدارتر و با آلاینده‌گی کم‌تر است.



● واکنش سوختن کامل گرافیت را می‌توان مجموعه‌ای از دو واکنش پی‌درپی، واکنش دومرحله‌ای مطابق نمودار مقابل دانست.



● **پیداوری**  $\Delta H$  تولید  $CO(g)$  را نمی‌توان به روش تجربی تعیین کرد.

● تهیه آمونیاک به روش هابر از گازهای نیتروژن و هیدروژن

مطابق نمودار روبه‌رو یک واکنش دومرحله‌ای است.

$\leftarrow$  هیدرازین ( $N_2H_4$ ) پایدارتر از آمونیاک ( $NH_3$ ) است.

●  $\Delta H$  یک واکنش را می‌توانیم از طریق آنتالپی سوختن مواد هم به دست بیاوریم.

$$\Delta H = [\text{آنتالپی سوختن مواد فراورده}] - [\text{آنتالپی سوختن مواد واکنش دهنده}]$$

### غذای سالم -

- خشک کردن میوه‌ها
- روش‌های نگهداری مواد غذایی
- تهیه ترشی
- نمک‌سود کردن

محیط سرد، خشک و تاریک برای نگهداری انواع مواد غذایی مناسب‌تر از محیط گرم، روشن و مرطوب است. سینتیک شیمیایی شاخه‌ای از علم شیمی است آهنگ تغییر شیمیایی در واکنش‌ها و عوامل مؤثر بر این آهنگ را بررسی می‌کند.

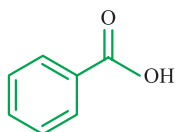
### آهنگ واکنش -

- آهنگ واکنش کمیتی است که نشان می‌دهد هر تغییر شیمیایی در چه گستره‌ای از زمان رخ می‌دهد. گسترده زمان انجام واکنش‌ها  $\leftarrow$  چند صدم ثانیه تا چند صدها انفجار، واکنش شیمیایی بسیار سریعی است که در آن از مقدار کمی ماده منفجرشونده به حالت جامد یا مایع، حجم زیادی از گازهای داغ تولید می‌شود.
- افزودن محلول سدیم کلرید به محلول نقره نترات باعث تشکیل سریع رسوب سفیدرنگ نقره کلرید می‌شود.
- اشیای آهنی در هوای مرطوب به کندی زنگ می‌زنند. زنگار تولیدشده در این واکنش ترد و شکننده است و فرو می‌ریزد.
- زرد و پوسیده شدن کتاب‌های قدیمی که نشان از تجزیه سلولز دارد، بسیار کند رخ می‌دهد.



## عوامل مؤثر بر سرعت واکنش

- ۱ واکنش پذیری واکنش دهنده‌ها: فلز پتاسیم نسبت به فلز سدیم، با سرعت و شدت بیشتری با آب سرد واکنش می‌دهد.
  - ۲ سطح تماس: پخش کردن گرد آهن بر روی شعله باعث سوختن آن می‌شود؛ در حالی که گرد آهن در کپسول چینی تنها داغ و سرخ می‌شود. حل کردن قرص جوشان در آب به شکل پودر به جای قرص کامل، باعث کاهش زمان انجام واکنش می‌شود.
  - ۳ اثر دما: محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات با یک اسیدآلی در دمای اتاق به کندی واکنش می‌دهد، اما با گرم شدن محلول، به سرعت بی‌رنگ می‌شود. واکنش قرص جوشان با آب در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  نسبت به دمای  $1^{\circ}\text{C}$  سریع‌تر کامل می‌شود.
  - ۴ مقدار (غلظت) واکنش دهنده‌ها: الیاف آهن داغ و سرخ شده در یک ارلن پر از اکسیژن برخلاف هوای معمولی می‌سوزد. هر چه مقدار قرص جوشان حل شده در آب بیشتر باشد، واکنش آن با آب سریع‌تر رخ می‌دهد. بیماران دارای مشکلات تنفسی در شرایط اضطراری نیاز به تنفس از کپسول اکسیژن دارند.
  - ۵ اثر کاتالیزگر: محلول هیدروژن پراکسید در مای اتاق به کندی تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می‌کند، در حالی که افزودن دو قطره از محلول پتاسیم یدید، سرعت واکنش را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد. اگر قند به خاک باغچه آغشته باشد، نسبت به حالت معمول سری‌تر می‌سوزد، زیرا در خاک باغچه کاتالیزگر مناسب برای این واکنش وجود دارد. برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات دچار نفخ می‌شوند، زیرا فاقد آنزیمی هستند که آن‌ها را سریع و کامل هضم کنند.
- نگهدارنده‌ها سرعت واکنش‌های شیمیایی که منفجر به فساد مواد غذایی می‌شوند را کاهش می‌دهند.

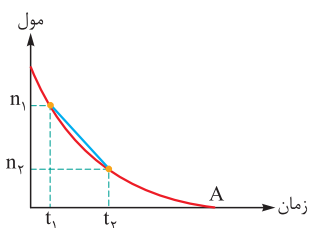


عضوی از خانواده کربوسیلیک اسیدها با فرمولی مولکولی  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_2$  بنزواتیک اسید در تمشک و توت‌فرنگی وجود دارد. فرمول ساختاری آن به شکل مقابل است.

## سرعت برای یک واکنش دهنده

$$\bar{R}_{(A)} = -\frac{\Delta n_{(A)}}{\Delta t}$$

● سرعت همیشه کمیتی مثبت است، به همین دلیل یک علامت منفی در رابطه قرار می‌دهیم:



| شیب نمودار | ~ سرعت متوسط، نمودار نزولی،  $\Delta n < 0$

$$\bar{R}_{(A)} = -\frac{\Delta n_{(A)}}{\Delta t} \quad , \quad \bar{R}_{(B)} = \frac{\Delta n_{(B)}}{\Delta t} \quad \text{یا} \quad (\text{mol} \cdot \text{min}^{-1}) \quad \text{یا} \quad (\text{mol} \cdot \text{s}^{-1})$$

۱) مول بر زمان: برای هر حالت فیزیکی: s, l, g و aq:

$$\bar{R}_{(A)} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{\Delta n_{(A)}}{v \cdot \Delta t} \quad , \quad \bar{R}_{(B)} = \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{\Delta n_{(B)}}{v \cdot \Delta t}$$

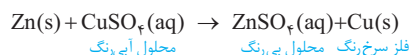
۲) غلظت مولی بر زمان: برای حالت فیزیکی g یا aq یا  $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$  یا  $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$  ...

غلظت مواد جامد (s) و مایع (l) خالص، با گذشت زمان تغییر نمی‌کند و ثابت است.

$$\bar{R}_{(A)} = -\frac{\Delta v_{(A)}}{\Delta t} = -\frac{\overbrace{\Delta n_{(A)} \times 22.4}^{\text{در STP}}}{\Delta t} \quad , \quad \bar{R}_{(B)} = \frac{\Delta v_{(B)}}{\Delta t} = \frac{\overbrace{\Delta n_{(B)} \times 22.4}^{\text{در STP}}}{\Delta t}$$

۳) حجم بر زمان: برای حالت فیزیکی g:

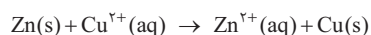
یکاهای سرعت



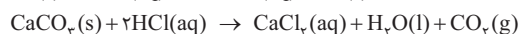
● واکنش تیغه روی با محلول مس (II) سولفات:

● واکنش پذیری:  $\text{Zn} > \text{Cu}$

● رفته‌رفته به دلیل مصرف  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ ، رنگ آبی محلول کم می‌شود.



● یون سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ناظر یا تماشاچی است و می‌توان آن را حذف کرد:



● واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید:

● گاز  $\text{CO}_2$  به صورت حباب از مخلوط واکنش بیرون رفته و در ظرف سرباز، رفته‌رفته جرم مخلوط واکنش کاهش می‌یابد.





# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

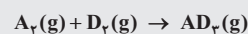
شیمی

## سرعت متوسط و شیب نمودار مول-زمان

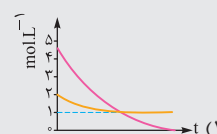
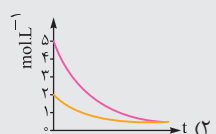
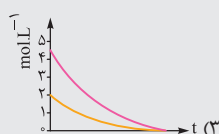
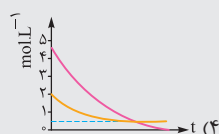
- در اکثر واکنش‌های شیمیایی، رفته‌رفته سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و سرعت تولید فراورده‌ها، کاهش می‌یابند.
- سرعت هر ماده متناسب با ضریب استوکیومتری آن است. سرعت (شیب نمودار)  $\propto$  ضریب
- واکنش‌هایی که در سمت چپ (g) یا (aq) نداشته باشند، با سرعت ثابت انجام می‌شود.
- برای واکنش فرضی  $aA + bB \rightarrow cC$  داریم:

$$\frac{\bar{R}(A)}{a} = \frac{\bar{R}(B)}{b} = \frac{\bar{R}(C)}{c}$$

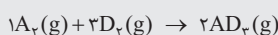
**مثال** روند تقریبی نمودار تغییر غلظت نسبت به زمان برای گازهای  $A_p$  و  $D_p$  دو واکنش فرضی زیر، به کدام صورت است؟ (با این شرط که غلظت آغازی گازها  $A_p$  و  $D_p$ ، به ترتیب برابر با ۲ و ۴/۵ مول بر لیتر باشد). (معادله واکنش موازنه شود).



(لنگور سراسری تهری دافلی ۱۳۹۹)



پاسخ واکنش موازنه‌شده:



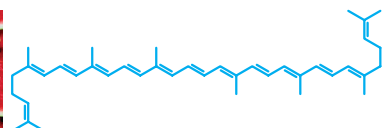
غلظت آغازی  $D_p$ ، ۴/۵ مول بر لیتر است  $\leftarrow$  رد گزینه (۲)

تغییرات غلظت (شیب نمودار)  $A_p$  و  $D_p$  باید طبق ضرایب استوکیومتری به صورت ۱ به ۳ باشد.

تنها گزینه (۴) به این صورت است. تغییرات غلظت  $A_p$ : ۱/۵ مول بر لیتر، تغییرات غلظت  $D_p$ : ۴/۵ مول بر لیتر

## خوراکی‌های طبیعی رنگین، بازدارنده‌های مفید و مؤثر

- ترکیب‌های آلی سیرنشده‌ای به نام ریزمغذی‌ها، به عنوان بازدارنده از انجام واکنش‌های نامطلوب و ناخواسته به دلیل حضور رادیکال‌ها انجام می‌شوند، جلوگیری می‌کنند.
- رادیکال، گونه‌ای فعال و ناپایدار - دارای الکترون جفت‌نشده - محتوی اتم‌هایی که از قاعده هشت‌تایی پیروی نمی‌کنند - واکنش‌پذیری بالا
- در بدن ما به دلیل انجام واکنش‌های متنوع و پیچیده، رادیکال‌هایی به وجود می‌آید  $\leftarrow$  اگر به وسیله بازدارنده‌ها جذب نشوند  $\leftarrow$  می‌توانند با انجام واکنش‌های سریع به بافت‌های بدن آسیب برسانند.
- مصرف خوراکی‌های محتوی بازدارنده‌ها  $\leftarrow$  به دام افتادن رادیکال‌ها  $\leftarrow$  کاهش مقدار آن‌ها  $\leftarrow$  کاهش سرعت واکنش‌های ناخواسته.
- هندوانه و گوجه‌فرنگی محتوی لیکوپن بوده که فعالیت رادیکال‌ها را کاهش می‌دهد.



بازدارنده‌ها سبب کاهش سرعت و کاتالیزگرها سبب افزایش سرعت واکنش‌ها می‌شوند.

## سرعت واکنش

سرعت واکنش برابر است با: سرعت متوسط تولید یا مصرف هر ماده موجود در واکنش تقسیم بر ضریب استوکیومتری آن

برای واکنش کلی  $aA + bB \rightarrow cC + dD$  داریم:

$$\bar{R}_{\text{(واکنش)}} = \frac{\bar{R}(A)}{a} = \frac{\bar{R}(B)}{b} = \frac{\bar{R}(C)}{c} = \frac{\bar{R}(D)}{d} \quad \text{یا} \quad \bar{R}_{\text{(واکنش)}} = \frac{\Delta n(A)}{a\Delta t} = \frac{\Delta n(B)}{b\Delta t} = \frac{\Delta n(C)}{c\Delta t} = \frac{\Delta n(D)}{d\Delta t}$$



## مثال

تغییر غلظت  $H_2O_2$  نسبت به زمان در آزمایش تجزیه آن، مطابق داده‌های زیر به دست آمده است:

(کنکور سراسری تهری دافل ۱۳۹۹)

نسبت سرعت متوسط واکنش در ۲ ثانیه چهارم به سرعت متوسط در ده ثانیه آخر ثبت شده در جدول، کدام است؟

| t(s)                   | ۰      | ۲/۰    | ۶/۰    | ۸/۰    | ۱۰/۰   | ۲۰/۰   |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $[H_2O_2(mol.L^{-1})]$ | ۰/۰۵۰۰ | ۰/۰۴۴۸ | ۰/۰۳۰۰ | ۰/۰۲۴۹ | ۰/۰۲۰۹ | ۰/۰۰۸۴ |

۲/۱۰ (۴)

۲/۰۴ (۳)

۷۸۱ (۲)

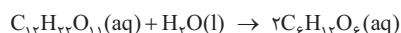
۷۴۶ (۱)

$$\bar{R}_{(واکنش)} = \frac{\bar{R}_{(H_2O_2)}}{2} = -\frac{\Delta[H_2O_2]}{2 \times \Delta t} = -\frac{(0/0249 - 0/0300)}{2 \times 2} = \frac{51 \times 10^{-4}}{2 \times 2}$$

پاسخ

$$\bar{R}_{(واکنش)} = \frac{\bar{R}_{(H_2O_2)}}{2} = -\frac{\Delta[H_2O_2]}{2 \times \Delta t} = -\frac{(0/0084 - 0/0209)}{2 \times 10} = \frac{125 \times 10^{-4}}{2 \times 10}$$

$$\text{نسبت خواسته شده} = \frac{\frac{51 \times 10^{-4}}{2 \times 2}}{\frac{125 \times 10^{-4}}{2 \times 10}} = \frac{51 \times 10}{2 \times 125} = \frac{51}{25} = \frac{51}{25} \times \frac{4}{4} = \frac{51 \times 4}{100} = \frac{204}{100} = 2/04$$



تبدیل قند موجود در جوانه گندم (مالتوز) به گلوکز:

سمتو که از جوانه گندم تهیه می‌شود محتوی مواد غذایی گوناگونی از جمله مالتوز است.

بخار ید ( $I_2(g)$ ) بنفش‌رنگ است.

## غذا، پسماند و رد پای آن

رد پای غذا: چهره آشکار: سالانه حدود ۳۰٪ غذایی که در جهان فراهم می‌شود به مصرف نمی‌رسد به زباله تبدیل شده یا از بین می‌رود.

چهره پنهان: (۱) همه منابعی که در تهیه غذا از آغاز تا سر سفره سهم داشته‌اند.

(۲) تولید گازهای گلخانه‌ای به ویژه کربن دی‌اکسید سهم تولید این گاز در رد پای غذا به مراتب بیشتر از سوختن سوخت‌ها در خودروها، کارخانه‌ها و... است.

چهار الگو برای کاهش رد پای غذا:

| الگوی کاهش رد پای غذا         | بیانی از اصل شیمی سبز                        |
|-------------------------------|----------------------------------------------|
| خرید به اندازه نیاز           | کاهش تولید زباله و پسماند                    |
| کاهش مصرف گوشت و لبنیات       | کاهش ورود مواد شیمیایی ناخواسته به محیط زیست |
| استفاده از غذاهای بومی و فصلی | کاهش مصرف انرژی                              |
| کاهش مصرف غذاهای فراوری شده   | طراحی مواد و فرآورده‌های شیمیایی سالم‌تر     |

## پایه دوازدهم

## اسیدها و بازها

- در شوینده‌ها و پاک‌کننده‌ها و مواد شیمیایی گوناگون، اسیدها و بازها نقش مهمی دارند.
- عملکرد بدن ما به میزان مواد اسیدی و بازی موجود در آن وابسته است.
- یاخته‌های دیواره معده با ورود مواد غذایی به آن هیدروکلریک‌اسید ترشح می‌کنند.
- این اسید افزون بر فعال کردن آنزیم‌ها برای تجزیه مواد غذایی، جانداران ذره‌بینی موجود در غذا را نیز از بین می‌برد.
- سوزش معده که درد شدیدی در ناحیه سینه ایجاد می‌کند، به دلیل برگشت مقداری از محتویات اسیدی معده به لوله مری است.



# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

## شیمی

### اسیدها

اسیدهای خوراکی مزه ترش دارند.

اسیدها با اغلب فلزها واکنش می‌دهند (اسیدها با فلزاتی مثل  $\text{Cu}$ ،  $\text{Ag}$ ،  $\text{Pt}$ ،  $\text{Au}$  واکنش نمی‌دهند).



در تماس با پوست سوزش ایجاد می‌کنند.

اغلب میوه‌ها دارای اسیدند و pH آن‌ها کمتر از ۷ است.

### بازها

بازها مزه تلخ دارند.

بازها در سطح پوست همانند صابون، احساس لیزی ایجاد می‌کنند، اما به آن نیز آسیب می‌رسانند.

برای کاهش میزان اسیدی بودن خاک به آن آهک ( $\text{CaO}$ )، اکسید بازی می‌افزایند.

پیش از آن که ساختار اسیدها و بازها شناخته شود، شیمی‌دان‌ها افزون بر ویژگی‌های اسیدها و بازها، با برخی از واکنش‌های آن‌ها نیز آشنا بودند.

### سوانت آرنیوس

نخستین کسی بود که اسیدها و بازها را بر یک مبنای علمی توصیف کرد.

بر روی رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی کار کرد.

یافته‌های تجربی او نشان داد که محلول اسیدها و بازها رسانای برق هستند، هر چند میزان رسانایی آن‌ها با یکدیگر یکسان نیست.

### اسید آرنیوس

مواد و ترکیب‌هایی که با حل شدن در آب، غلظت یون هیدرونیوم ( $\text{H}^+(\text{aq})$ ) را افزایش می‌دهند.

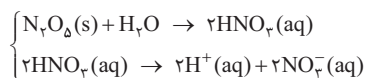
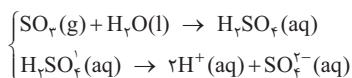
رفتار اسیدها را می‌توان براساس غلظت  $\text{H}^+(\text{aq})$  توصیف کرد.

هر چه  $[\text{H}^+]$  بیشتر باشد، آن محلول اسیدی‌تر است.

### انواع اسیدها

دارای H اسیدی در فرمول ماده: مثل:  $\text{HCOOH}$ ،  $\text{HNO}_3$ ،  $\text{HF}$ ،  $\text{HNO}_2$ ،  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ،  $\text{HCl}$ ،  $\text{HBr}$ ،  $\text{HI}$ ،  $\text{HCN}$ ،  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ،  $\text{CH}_3\text{COOH}$

بدون H اسیدی در فرمول ماده: برخی اکسیدهای نافلزی، مثل:  $\text{CO}_2$  و  $\text{N}_2\text{O}_5$ ،  $\text{SO}_3$



یون  $\text{H}^+(\text{aq})$  در آب به شکل  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  یافت می‌شود. (یون هیدرونیوم)



## باز آرنیوس

مواد و ترکیب‌هایی که با حل شدن در آب، غلظت یون هیدروکسید ( $\text{OH}^- (\text{aq})$ ) را افزایش می‌دهند.

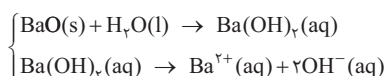
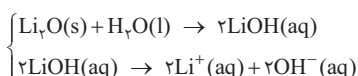
رفتار بازها را می‌توان براساس غلظت  $\text{OH}^- (\text{aq})$  توصیف کرد.

هر چه  $[\text{OH}^-]$  بیشتر باشد، آن محلول بازی‌تر است.

## انواع بازها

دارای یون  $\text{OH}^-$  در فرمول ماده: مثل هیدروکسیدهای گروه ۱ و گروه ۲ جدول تناوبی (به جز Be)

بدون یون  $\text{OH}^-$  در فرمول ماده: مانند  $\text{NH}_3$  و برخی اکسیدهای فلزی، مثل  $\text{CaO}$ ،  $\text{Na}_2\text{O}$ ،  $\text{Li}_2\text{O}$  و  $\text{BaO}$ .



● اگر در یک سامانه، غلظت یون‌های هیدرونیوم ( $\text{H}^+ (\text{aq})$ ) و هیدروکسید ( $\text{OH}^- (\text{aq})$ ) با هم برابر باشد، آن سامانه حالت خنثی دارد.

## ثابت تعادل و قدرت اسیدی

- حضور هم‌زمان واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها در مخلوط واکنش، نشانه‌ای از برگشت‌پذیر بودن واکنش‌هاست.
- در واکنش‌های برگشت‌پذیر، همه واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل نمی‌شوند؛ بلکه در شرایط معین مقدار آن‌ها در سامانه ثابت است؛ گویی پس از گذشت مدتی، واکنش پیشرفت نمی‌کند و مقدار مواد شرکت‌کننده دیگر تغییر نخواهد کرد.
- اگر در یک واکنش برگشت‌پذیر، هم‌زمان واکنش‌های رفت و برگشت (در هر دو جهت) به طور پیوسته انجام می‌شوند و سرانجام غلظت (مقدار) واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت (و نه لزوماً برابر!) شود. به چنین سامانه‌ای، سامانه تعادلی می‌گویند.
- در واکنش‌های تعادلی هر مقدار از فراورده‌ها که در واحد زمان، طی واکنش رفت تولید می‌شوند، همان مقدار در واحد زمان، طی واکنش برگشت مصرف می‌شوند؛ پس سرعت واکنش رفت با برگشت در سامانه‌های تعادلی برابر است  $\Leftarrow$  مقدار مواد شرکت‌کننده در سامانه ثابت است. (لزوماً مقدار واکنش‌دهنده‌ها با فراورده‌ها برابر نیست).
- برای یک واکنش تعادلی، در یک دمای معین، نسبت حاصل ضرب غلظت تعادلی فراورده‌ها هر یک به توان ضریب استوکیومتری تقسیم بر حاصل ضرب غلظت تعادلی واکنش‌دهنده‌ها هر یک به توان ضریب استوکیومتری همواره مقدار ثابتی است  $\Leftarrow$  این مقدار، ثابت تعادل نامیده می‌شود.
- برای واکنش تعادلی کلی:  $a\text{A} + b\text{B} \rightleftharpoons c\text{C} + d\text{D}$  عبارت ثابت تعادل به صورت زیر تعریف می‌شود:

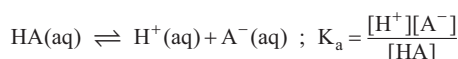
$$K = \frac{[\text{C}]^c [\text{D}]^d}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b}$$

## نکات مهم

- 1)  $K$  (ثابت تعادل) در دمای ثابت، مقداری ثابت است و در واقع  $K$  تنها به دما وابسته است.
- 2) غلظت مواد جامد یا مایع خالص، ثابت است و هنگام نوشتن عبارت ثابت تعادل، غلظت آن‌ها نوشته نمی‌شود. در واقع در نوشتن عبارت ثابت تعادل، تنها به غلظت گازها (g) و محلول‌ها (aq) توجه می‌شود.
- 3)  $K$  (ثابت تعادل) در دمای ثابت به مقدار آغازی واکنش‌دهنده‌ها بستگی ندارد.

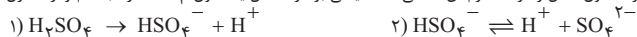
## ثابت یونش اسیدی

- محلول اسیدها و بازهای ضعیف در آب، نمونه‌ای از سامانه‌های تعادلی و دوطرفه‌اند. در این محلول‌ها به دلیل یونش ناچیز اسید یا باز ضعیف، تعادلی میان اندک یون‌های حاصل از یونش و مولکول‌های یونیده‌نشده برقرار می‌شود.
- ثابت تعادل واکنش یونش اسیدها به ثابت یونش اسیدی ( $K_a$ ) معروف است.
- دقت کنید که در رابطه ثابت یونش اسید، تنها غلظت تعادلی (نه غلظت ابتدایی!) گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش، آورده می‌شود.



مثال

۲- سولفوریک اسید ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) دارای دو هیدروژن اسیدی بوده و طی دو مرحله یونش می‌یابد؛ مرحله اول کامل و مرحله دوم آن تعادلی است؛ یعنی بر اثر انحلال یک مول  $\text{SO}_3$  در آب، کم‌تر از ۳ مول یون تولید می‌شود.





**مثال** اگر غلظت یون هیدرونیوم و مولکول یونیده نشده یک اسید در محلولی از آن در دمای معین، به ترتیب برابر  $5 \times 10^{-4}$  و  $2 \times 10^{-2}$  مول بر لیتر باشد، ثابت تعادل یونش این اسید، کدام است؟

(کنکور تهری ۹۸)

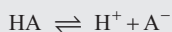
(۴)  $1/12 \times 10^{-5}$

(۳)  $1/21 \times 10^{-5}$

(۲)  $2/21 \times 10^{-4}$

(۱)  $2/12 \times 10^{-4}$

پاسخ گزینه (۳)



$$[H^+] = [A^-] = 5 \times 10^{-4}, [HA] = 2 \times 10^{-2}$$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{5 \times 10^{-4} \times 5 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-2}} = \frac{25 \times 10^{-8}}{2 \times 10^{-2}} = 12.5 \times 10^{-7} = 1/21 \times 10^{-5}$$

### نکات مهم

- ۱ مقدار  $K_a$  بزرگتر  $\Leftarrow$  قدرت اسیدی بیشتر  $\Leftarrow$  در شرایط یکسان،  $[H^+]$  حاصل از یونش بیشتر  $\Leftarrow$  رسانایی الکتریکی محلول آن، بیشتر
- ۲ هر چه  $K_a$  اسید در دمای معین بیشتر  $\Leftarrow$  اسید قوی تر
- ۳ اسیدهایی مانند HCl که ثابت یونش آن‌ها، عدد بسیار بزرگی است، اسیدهای قوی نام دارند و یونیده شدن آن‌ها در محلول آبی کامل در نظر گرفته می‌شود. درجه یونش این اسیدها برابر با (۱) در نظر گرفته می‌شود. برای اسیدهای قوی، مقداری بزرگ است.
- ۴ HF و  $CH_3COOH$  و ... اسیدهای ضعیف هستند که فقط چند درصد از مولکول‌های آن‌ها، یونیده شده و عمدتاً به صورت مولکولی حل می‌شوند. برای اسیدهای ضعیف، مقداری کوچک است و درجه یونش آن‌ها کوچک‌تر از ۱ است. ( $0 < \alpha < 1$ )

### اسیدهای مهم کتاب درسی:

اسیدهای قوی:  $HNO_3$  و  $H_2SO_4$ ,  $HCl$ ,  $HBr$ ,  $HI$

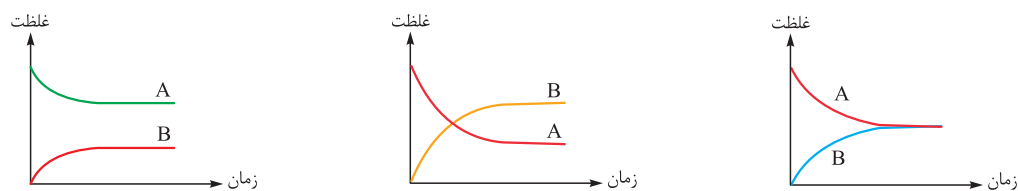
قدرت اسیدی اسیدهای ضعیف:  $HCN < H_2CO_3 < CH_3COOH < HCOOH < HNO_2 < HF$   
 هیدروفلوئوریک اسید    نیترئو اسید    فورمیک اسید    استیک اسید    کربنیک اسید    هیدروسیانیک اسید

در میان هیدروهاالیک اسیدها، فقط HF اسید ضعیف محسوب می‌شود و سایر آن‌ها، اسیدهای قوی هستند!

در کربوکسیلیک اسیدها با افزایش تعداد کربن، قدرت اسیدی کاهش می‌یابد.

### نمودارشناسی -

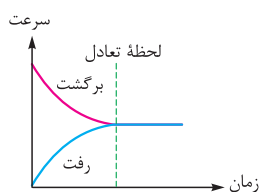
نمودار غلظت - زمان برای واکنش تعادل  $A \rightleftharpoons B$ ، می‌تواند به صورت‌های زیر باشد:



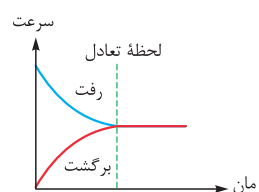
شیب هر ماده در نمودار غلظت - زمان، متناسب با ضریب استوکیومتری آن در معادله موازنه شده واکنش است.

نمودار سرعت - زمان برای یک واکنش تعادلی می‌تواند به صورت‌های زیر باشد:

(۲) اگر در ابتدا فقط فراورده داشته باشیم:



(۱) اگر در ابتدا فقط واکنش دهنده داشته باشیم:



### نکات مهم

- ۱ در لحظه تعادل واکنش‌های رفت و برگشت متوقف نمی‌شوند؛ بنابراین در حالت تعادل هیچ‌وقت سرعت‌ها صفر نمی‌شوند.
- ۲ در لحظه تعادل، مقدار و غلظت همه ماده‌ها ثابت می‌شوند ولی نه لزوماً برابر! از آن‌جا که سرعت واکنش‌های رفت و برگشت برابر می‌شوند، پس سرعت‌های مصرف و تولید هر ماده برابرند و به همین دلیل مقدار و غلظت هر ماده ثابت بوده و تغییر نمی‌کند.
- ۳ بعد از رسیدن به تعادل، ویژگی‌های ظاهری ظرف تعادل (مانند غلظت و مقدار مواد، فشار و ...) ثابت می‌ماند ولی واکنش‌ها متوقف نمی‌شوند.
- ۴ در واکنش‌های تعادلی غلظت هیچ ماده‌ای به صفر نمی‌رسد ولی در واکنش‌های یک‌طرفه حداقل یکی از واکنش‌دهنده‌ها می‌تواند کاملاً مصرف شود و مقدار و غلظت آن به صفر برسد.

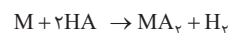




## – سرعت واکنش اسیدها با فلزها –

- اغلب (نه همه!) فلزها با محلول اسیدها واکنش می‌دهند و گاز هیدروژن آزاد می‌کنند.
- هر چه اسید قوی‌تر باشد ( $K_a$  بزرگ‌تری داشته باشد)، در دما و غلظت یکسان، غلظت یون هیدرونیوم در محلول آن بیشتر و در نتیجه سرعت واکنش آن با فلز بیشتر خواهد بود (سرعت تولید گاز بیشتر است).
- سرعت واکنش اسید با فلز معین، به غلظت یون هیدرونیوم محلول آن بستگی دارد. هر چه  $[H^+] \uparrow \Rightarrow$  سرعت واکنش اسید با فلز  $\uparrow$
- در دما و غلظت یکسان، سرعت واکنش فلز با اسید قوی، نسبت به اسید ضعیف، بیشتر است  $\leftarrow$  زیرا سرعت واکنش اسید و فلز دارای رابطه مستقیم با غلظت یون‌های هیدرونیوم موجود در محلول است.
- در واکنش یک فلز با محلول دو اسید یک‌طرفیتی در دما و غلظت یکسان:

(۱) سرعت تولید گاز  $H_2 \Leftarrow$  اسید قوی  $<$  اسید ضعیف (۲) مقدار  $H_2$  تولیدی در پایان واکنش  $\Leftarrow$  اسید قوی  $=$  اسید ضعیف  $\Leftarrow$  زیرا در معادله هر دو واکنش ضرایب استوکیومتری  $H_2$  و اسید یکسان است، مثلاً اگر فلز دوظرفیتی باشد (مانند منیزیم یا آهن)، معادله واکنش به صورت زیر است:



**مثال** در شرایط یکسان، شدت تولید گاز هیدروژن در واکنش سه اسید ذکر شده با فلز منیزیم به صورت مقابل است:

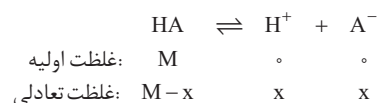


- باران اسیدی به دلیل انحلال گازهای  $NO_x$  و  $SO_2$  در آب باران دارای اسیدهای  $H_2SO_4$  و  $HNO_3$  بوده و باران معمولی به دلیل انحلال گاز  $CO_2$  در آب باران دارای اسید  $H_2CO_3$  است.
- از آن‌جا که قدرت اسیدی  $H_2SO_4$  و  $HNO_3$  بسیار بیشتر از  $H_2CO_3$  است؛ در باران‌های اسیدی، غلظت یون هیدرونیوم بیشتر از باران‌های معمولی است  $\Leftarrow$  باران‌های اسیدی آثار مخرب بسیار زیادی بر محیط زیست دارند:



## – رابطه میان غلظت یون هیدرونیوم و ثابت یونش اسیدها –

- اسیدهای ضعیف در آب به طور جزئی یونیده می‌شوند؛ به طوری که یونیده شدن آن‌ها با کمیتی به نام درجه یونش ( $\alpha$ ) تعیین می‌شود. درجه یونش یک اسید به غلظت آن اسید بستگی دارد، اما ثابت یونش اسیدها ( $K_a$ ) مستقل از غلظت اسید است و تنها به دما وابسته است.
- اگر غلظت اولیه محلول یک اسید ضعیف مثل  $HA$  برابر  $M$  باشد و پس از مدتی به تعادل برسد، با توجه به معادله یونش جزئی آن داریم:



- ثابت تعادل این واکنش یا همان ثابت یونش اسیدی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{x^2}{M-x} \quad \text{یا} \quad K_a = \frac{[H^+]^2}{M-[H^+]}$$

- در اسیدهای خیلی ضعیف (معمولاً درجه یونش کمتر از ۰/۰۵ یا ثابت یونش اسیدی کمتر از  $10^{-5}$ )، می‌توان از  $x$  در مقابل  $M$  صرف نظر کرد:

$$\text{رابطه تقریبی: } K_a = \frac{x^2}{M} = \frac{[H^+]^2}{M}$$

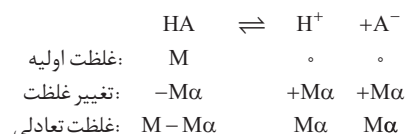
- اگر شرایط گفته شده در بالا (درجه یونش کمتر از ۰/۰۵ یا ثابت یونش اسیدی کمتر از  $10^{-5}$ ) را داشته باشیم یا در صورت تست، عبارت (تقریبی) یا مشابه آن را ببینیم، از رابطه تقریبی استفاده می‌کنیم.

## – رابطه میان ثابت یونش و درجه یونش اسیدها –

$$\alpha = \frac{\text{غلظت مولکول‌های یونیده شده}}{\text{غلظت کل مولکول‌های حل شده}} \Rightarrow \alpha = \frac{x}{M} \Rightarrow x = [H^+] = M\alpha$$

- با دقت در رابطه درجه یونش درمی‌یابیم که:

- در معادله یونش اسید گفته شده، می‌توان به جای  $x$ ،  $M\alpha$  قرار داد:



$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{(M\alpha)(M\alpha)}{M-M\alpha} = \frac{M^2\alpha^2}{M(1-\alpha)} = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha}$$

- ثابت تعادل این واکنش یا همان ثابت یونش اسیدی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} = \frac{M \left( \frac{[H^+]}{M} \right)^2}{1-\alpha} \Rightarrow K_a = \frac{[H^+]^2}{M(1-\alpha)} \Rightarrow [H^+]^2 = M \times K_a \times (1-\alpha)$$

با توجه به این که  $\alpha = \frac{[H^+]}{M}$  است، داریم:

$$[H^+] = \sqrt{K_a \cdot M(1-\alpha)}$$



# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

## شیمی

در اسیدهای خیلی ضعیف (درجه یونش کمتر از ۰/۰۵ یا ثابت یونش اسیدی کمتر از  $10^{-5}$ )، می توان از درجه یونش در مقابل ۱ صرف نظر کرد:

$$K_a = M \cdot \alpha^2$$

$$[H^+] = \sqrt{K_a \cdot M}$$

پس به طور کلی می توان گفت:

$$K_a = M \alpha^2 \text{ (رابطه تقریبی (} \alpha < 0/05 \text{ یا } K_a < 10^{-5} \text{))} , K_a = \frac{M \alpha^2}{1 - \alpha} \text{ (رابطه دقیق (} \alpha > 0/05 \text{ یا } K_a > 10^{-5} \text{))}$$

### نکته

با توجه به روابط فوق، در دمای معین، چون مقدار  $K_a$  ثابت است؛ هر چه غلظت اسید ضعیف (M) بیشتر شود  $\leftarrow$  درجه یونش آن کاهش می یابد (و با رقیق تر شدن محلول یک اسید ضعیف در دمای ثابت، درجه یونش آن افزایش می یابد).

$$K_a = M \alpha^2 \Rightarrow M \uparrow \rightarrow \alpha \downarrow$$

### مثال

در محلولی از اسید HX، درصد یونش مولکول های اسیدی برابر با ۲۵٪ است. اگر ثابت یونش این اسید برابر با  $2/5 \times 10^{-3}$  باشد، غلظت مولی اولیه این اسید در محلول مورد نظر چه قدر بوده است؟

$$0/06 \text{ (۴)}$$

$$0/03 \text{ (۳)}$$

$$0/6 \text{ (۲)}$$

$$0/3 \text{ (۱)}$$

### پاسخ

گزینه (۳): بین غلظت اسید، درجه یونش و ثابت تعادل یونش آن، رابطه زیر برقرار است:

$$K_a = \frac{M \alpha^2}{1 - \alpha} \Rightarrow 2/5 \times 10^{-3} = \frac{M \times (0/25)^2}{1 - 0/25} \Rightarrow M = 0/03 \text{ mol.L}^{-1}$$

### مثال

اگر در محلول ۱/۶ درصد جرمی اسید ضعیف HA با چگالی ۱/۲۵ کیلوگرم بر لیتر، مجموع غلظت مولی یون های حاصل از یونش اسید برابر ۰/۰۲ مولار باشد،  $K_a$  این اسید به تقریب کدام است؟ ( $HA = 20 \text{ g.mol}^{-1}$ )

$$4 \times 10^{-5} \text{ (۴)}$$

$$10^{-4} \text{ (۳)}$$

$$2 \times 10^{-4} \text{ (۲)}$$

$$10^{-3} \text{ (۱)}$$

### پاسخ

گزینه (۳): محاسبه غلظت اولیه HA:

$$M = \frac{1 \text{ ad}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow M = \frac{1/6 \times 1000}{20} = 8.33 \text{ mol.L}^{-1}$$

می دانیم غلظت  $A^-$  و  $H^+$  برابر است؛ پس با توجه به مجموع غلظت آن ها (۰/۰۲ مولار)، غلظت هر کدام ۰/۰۱ مولار است؛ پس داریم:

$$K_a = \frac{[H^+]^2}{M} = \frac{(0/01)^2}{8.33} = 1.2 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

## ریاضی

### پایه دوازدهم

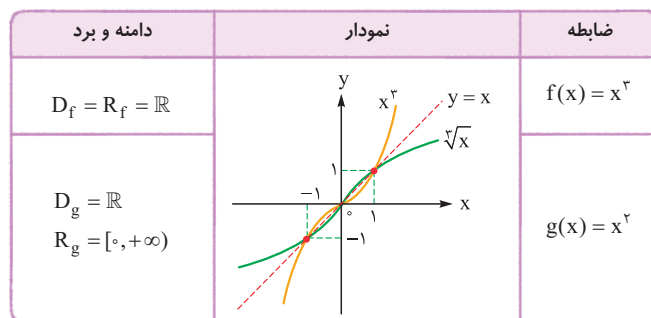
### تابع چندجمله ای و تابع درجه ۳

۱) توابع چندجمله ای:

| مثال                                                        | ضابطه                                                                     |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| $f(x) = 2x^5 - 8x^4 + x - 7$                                | $f(x) = ax^n + bx^{n-1} + cx^{n-2} + \dots$                               |
| درجه تابع بالایی، ۵ است.                                    | بزرگ ترین توان X، درجه تابع چندجمله ای است.                               |
|                                                             | توابع معروف                                                               |
|                                                             | درجه صفر (ثابت)<br>$y = c$                                                |
|                                                             | درجه یک (خطی)<br>$y = ax + b$                                             |
|                                                             | درجه دو (سه می)<br>$y = ax^2 + bx + c$                                    |
| $f(x) = x^4 - 2x^3 + 1 \Rightarrow D_f = \mathbb{R}$        | (۱) دامنه شان $\mathbb{R}$ است.                                           |
| $f(x) = x^5 - 3x^4 + 2x^3 - 1 \Rightarrow R_f = \mathbb{R}$ | (۲) اگر درجه فرد باشد، بردش هم $\mathbb{R}$ است.                          |
| $f(x) = x^2 - 6x + 1$                                       | (۳) اگر درجه زوج باشد، بردش به صورت $[k, +\infty)$ یا $(-\infty, k]$ است. |
|                                                             | (۴) برای تابع $y = 0$ ، درجه تعریف نمی شود.                               |



۲ مقایسه تابع لگاریتم و سهمی:



۳ نمودار تابع درجه سوم  $y = a(x - \alpha)^3 + \beta$ :

| علامت $a$  | $a > 0$           | $a < 0$           |
|------------|-------------------|-------------------|
| یکنوایی    | اکیداً صعودی      | اکیداً نزولی      |
| مرکز تقارن | $(\alpha, \beta)$ | $(\alpha, \beta)$ |
| نمودار     |                   |                   |

۴ برای ساده کردن ضابطه توابع درجه ۳، باید اتحاد مکعب را بلد باشیم:

| صورت کلی اتحاد مکعب                           |  |
|-----------------------------------------------|--|
| $(a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3$ |  |
| $(x \pm 1)^3 = x^3 \pm 3x^2 + 3x \pm 1$       |  |
| $(x \pm 2)^3 = x^3 \pm 6x^2 + 12x \pm 8$      |  |
| $(2x \pm 1)^3 = 8x^3 \pm 12x^2 + 6x \pm 1$    |  |

مثالهایی که در این قسمت زیاد به کار می آیند.

## یکنوایی

۱ انواع یکنوایی:

| نوع یکنوایی | وضعیت نمودار | مثال نموداری            | تعریف ریاضی                         |
|-------------|--------------|-------------------------|-------------------------------------|
| یکنوا اکید  | صعودی اکید   | فقط رو به بالا می رود.  | $a > b \Leftrightarrow f(a) > f(b)$ |
|             | نزولی اکید   | فقط رو به پایین می رود. | $a > b \Leftrightarrow f(a) < f(b)$ |



# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

ریاضی

| تعریف ریاضی                                    | مثال نموداری | وضعیت نمودار                         | نوع یکنوایی       |           |
|------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|-------------------|-----------|
| $a > b \Rightarrow f(a) \geq f(b)$             |              | یا رو به بالا می‌رود یا ثابت است.    | صعودی             | یکنوا     |
| $a > b \Rightarrow f(a) \leq f(b)$             |              | یا رو به پایین می‌رود یا ثابت است.   | نزولی             |           |
| $\forall a, b \in D_f \Rightarrow f(a) = f(b)$ |              | روی یک خط افقی است.                  | هم صعودی هم نزولی | ثابت      |
|                                                |              | قسمتی رو به بالا و قسمتی رو به پایین |                   | غیر یکنوا |

۲ تابعی که هم صعودی باشد هم نزولی، تابع ثابت است.

۳ معروف‌ترین توابع یکنوا:

| اسم تابع | ضابطه                         | شرط اکیداً صعودی بودن | شرط اکیداً نزولی بودن |
|----------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| خطی      | $y = mx + h$                  | $m > 0$               | $m < 0$               |
| درجه ۳   | $y = a(x + \alpha)^2 + \beta$ | $a > 0$               | $a < 0$               |
| رادیکالی | $y = \sqrt{ax + b} + c$       | $a > 0$               | $a < 0$               |
| نمایی    | $y = a^x$                     | $a > 1$               | $0 < a < 1$           |
| لگاریتمی | $y = \log_a x$                | $a > 1$               | $0 < a < 1$           |
| آبشاری   | $y =  x - a  -  x - b $       | $b \geq a$ (صعودی)    | $a \geq b$ (نزولی)    |

۴ بازه‌های یکنوایی توابع غیر یکنوای معروف:

| تابع        | ضابطه                       | نمودار | نقطه مرزی بازه‌های یکنوایی | بازه‌های یکنوایی                                                                     |
|-------------|-----------------------------|--------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| سه‌می       | $y = ax^2 + bx + c$         |        | رأس                        | $(-\infty, -\frac{b}{2a}]$ یا $[\frac{b}{2a}, +\infty)$                              |
| قدرمطلق خطی | $y = \pm  ax + b $          |        | ریشه داخل قدرمطلق          | $(-\infty, -\frac{b}{a}]$ یا $[\frac{b}{a}, +\infty)$                                |
| گلدانی      | $y =  x - a  +  x - b $     |        | ریشه‌های داخل قدرمطلق      | اکید: $(-\infty, a]$ یا $[b, +\infty)$<br>غیر اکید: $(-\infty, b]$ یا $[a, +\infty)$ |
| هموگرافیک   | $y = \frac{ax + b}{cx + d}$ |        | ریشه مخرج                  | $(-\infty, -\frac{d}{c})$ یا $(\frac{d}{c}, +\infty)$                                |



$$f(x) = \begin{cases} mx + h & x \leq \frac{-b'}{a'} \\ m'x + h' & x \geq \frac{-b'}{a'} \end{cases}$$

۵ برای بررسی یکنوایی تابع  $f(x) = ax + b + |a'x + b'|$ ، اول آن را دوضابطه‌ای می‌نویسیم:

حالا داریم:

| علامت شیب ضابطه‌ها | نمودار | وضعیت یکنوایی | نتیجه                         |
|--------------------|--------|---------------|-------------------------------|
| $m > 0$ $m' > 0$   |        | اکیداً صعودی  | شرط اکیداً یکنوایی: $mm' > 0$ |
| $m < 0$ $m' < 0$   |        | اکیداً نزولی  |                               |
| $m > 0$ $m' < 0$   |        | غیریکنوا      | شرط غیریکنوایی: $mm' < 0$     |
| $m < 0$ $m' > 0$   |        | غیریکنوا      |                               |
| $m = 0$ $m' > 0$   |        | صعودی         | شرط یکنوایی: $mm' \geq 0$     |
| $m > 0$ $m' = 0$   |        | صعودی         |                               |
| $m = 0$ $m' < 0$   |        | نزولی         |                               |
| $m < 0$ $m' = 0$   |        | نزولی         |                               |

۶ اگر  $f$  تابعی اکیداً یکنوا باشد، برای حل نامعادله  $f(a) > f(b)$  دو حالت پیش می‌آید:

|                                                                               |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| در نامعادله $f(a) > f(b)$ ، با حذف $f$ ها، جهت نامساوی تغییر نمی‌کند: $a > b$ | $f$ اکیداً صعودی |
| در نامعادله $f(a) > f(b)$ ، با حذف $f$ ها، جهت نامساوی تغییر می‌کند: $a < b$  | $f$ اکیداً نزولی |

۷ یکنوایی و اعمال جبری:

| $f$ | $g$ | $f + g$ | $f - g$ | $fg$ |
|-----|-----|---------|---------|------|
| ص   | ص   | ص       |         |      |
| ص   | ن   |         | ص       |      |
| ن   | ص   |         | ن       |      |
| ن   | ن   | ن       |         |      |

تذکر: خانه‌هایی که خالی هستند، هر سه حالت (صعودی، نزولی و غیریکنوا) می‌تواند برایشان رخ دهد.

۸ تعیین وضعیت یکنوایی  $f \circ g$ : اگر صعودی بودن را + و نزولی بودن را - در نظر بگیریم، برای تعیین وضعیت یکنوایی  $f \circ g$ ، علامت‌ها را در هم ضرب می‌کنیم؛ مثلاً اگر  $f$  صعودی و  $g$  نزولی باشد، آن‌گاه:

$f \circ g \Rightarrow$  مثبت در منفی می‌شود منفی  $\rightarrow$   $f \circ g$  نزولی است.





# مرورنامه آزمون آزمایشی خیل سبز

ریاضی

| f     | g     | fog   |
|-------|-------|-------|
| صعودی | صعودی | صعودی |
| صعودی | نزولی | نزولی |
| نزولی | صعودی | نزولی |
| نزولی | نزولی | صعودی |

۹ اگر  $f(x)$  تابعی اکیداً صعودی (نزولی) باشد، آن گاه:

•  $f(-x)$  و  $-f(x)$ ، اکیداً نزولی اند (صعودی اند).

• تابع  $\frac{1}{f(x)}$  به شرطی که برد  $f$  تغییر علامت ندهد، اکیداً نزولی (صعودی) است، ولی اگر  $f$  تغییر علامت بدهد، تابع  $\frac{1}{f}$  غیر یکنوا می شود.

## ترکیب توابع

۱ نکات اولیه fog:

|                                                                                         |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| $f(g(x))$                                                                               | معادل fog(x) |
| جای $x$ های تابع $f$ ، ضابطه $g(x)$ را قرار می دهیم.                                    | ضابطه fog(x) |
| دو مرحله دارد: اول $g(x)$ (مثلاً می شود $k$ )، بعد $f(x)$                               | مقدار fog(a) |
| راه اول: $D_{fog} = \{x \in D_g \mid g(x) \in D_f\}$<br>شرط (۱)      شرط (۲)            | دامنه fog    |
| راه دوم: ضابطه fog را بدون هیچ ساده کردنی تشکیل می دهیم و سپس دامنه آن را حساب می کنیم. |              |
| مرحله ۱: برد تابع $g$ را حساب می کنیم (مثلاً می شود بازه $I$ ).                         | برد fog      |
| مرحله ۲: برد تابع $f$ با دامنه $I$ را حساب می کنیم.                                     |              |

۲

|                         |                                                    |
|-------------------------|----------------------------------------------------|
| $D_{fog} \subseteq D_g$ | دامنه fog زیرمجموعه دامنه تابع داخلی یعنی $g$ است. |
| $R_{fog} \subseteq R_f$ | برد fog زیرمجموعه برد تابع بیرونی یعنی $f$ است.    |

۳ وقتی از بین  $f$ ،  $g$  و fog، ۲ تا را داریم و سومی را می خواهیم:

| راه حل                                                                                                                                | fog | g | f |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---|---|
| باید $f(g(x))$ را تشکیل دهیم.                                                                                                         | ؟   | ✓ | ✓ |
| $g(x)$ را مساوی $t$ قرار می دهیم. $x$ را برحسب $t$ حساب می کنیم و به جای $x$ های داخل $fog(x)$ ، رابطه $x$ برحسب $t$ را قرار می دهیم. | ✓   | ✓ | ؟ |
| در ضابطه $f$ ، جای $x$ هایش $g(x)$ قرار می دهیم. عبارت به دست آمده را با fog داده شده برابر قرار می دهیم.                             | ✓   | ؟ | ✓ |

۴ ترکیب  $f$  و  $f^{-1}$ ، همواره تابعی همانی است.

| نمودار                                | دامنه              | ضابطه               | حالت   |
|---------------------------------------|--------------------|---------------------|--------|
| نیمساز ناحیه اول و سوم با دامنه $R_f$ | $D_{f^{-1}} = R_f$ | $(fof^{-1})(x) = x$ | حالت ۱ |
| نیمساز ناحیه اول و سوم با دامنه $D_f$ | $D_f$              | $(f^{-1}of)(x) = x$ | حالت ۲ |

۵ شرط لازم و کافی برای برابری  $f^{-1}of$  و  $fof^{-1}$  آن است که  $D_f = R_f$ .



## تابع وارون

نکات اولیه تابع وارون:

|   |                                                                         |
|---|-------------------------------------------------------------------------|
| ۱ | اگر نقطه $(a, b)$ روی $f$ باشد، نقطه $(b, a)$ روی $f^{-1}$ است و برعکس. |
| ۲ | $f(a) = b \Leftrightarrow f^{-1}(b) = a$                                |
| ۳ | $R_{f^{-1}} = D_f$ و $D_{f^{-1}} = R_f$                                 |
| ۴ | نمودار $f$ و $f^{-1}$ نسبت به نیمساز ربع اول و سوم قرینه است.           |
| ۵ | شرط وارون پذیری، یک به یک بودن است.                                     |

۲ برای محاسبه  $f^{-1}(k)$ ، بهترین راه این است که معادله  $f(x) = k$  را حل کنیم. جواب این معادله، همان  $f^{-1}(k)$  می شود؛ مثلاً اگر  $f(x) = x + \sqrt{x}$  باشد و ما  $f^{-1}(۱۲)$  را بخواهیم، معادله  $x + \sqrt{x} = ۱۲$  را حل می کنیم که جوابش می شود ۹.

|   |   |   |   |                                                 |
|---|---|---|---|-------------------------------------------------|
| ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | ناحیه ای که نمودار $f$ در آن است.               |
| ۲ | ۳ | ۴ | ۱ | ناحیه ای که نمودار $f^{-1}$ در آن قرار می گیرد. |

۴ مراحل به دست آوردن ضابطه وارون: ۱)  $x$  را بر حسب  $y$  می نویسیم (باید  $x$  تنها شود). ۲) جای  $x$  و  $y$  را عوض می کنیم.

۵ طریقه محاسبه ضابطه وارون توابع مهم:

| اسم تابع  | ضابطه                   | ضابطه وارون (یا طریقه محاسبه)               | نکات                                                                                |
|-----------|-------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| خطی       | $ax + b$                | $\frac{1}{a}x - \frac{b}{a}$                | توابع خطی $y = x$ و $y = -x + b$ ، با وارونشان برابرند.                             |
| سه می     | $a(x - x_S)^2 + y_S$    | باید ابتدا مربع کامل کنید.                  | در دامنه های $x \geq x_S$ یا $x \leq x_S$ وارون پذیر است.                           |
| درجه ۳    | $k(x + a)^3 + b$        | باید از اتحادهای مکعب ستون بعدی کمک بگیرید. | $(x \pm 1)^3 = x^3 \pm 3x^2 + 3x \pm 1$<br>$(x \pm 2)^3 = x^3 \pm 6x^2 + 12x \pm 8$ |
| هموگرافیک | $\frac{ax + b}{cx + d}$ | $\frac{-d}{cx - a}x + \frac{b}{cx - a}$     | $a + d = 0 \Leftrightarrow f = f^{-1}$                                              |

حواستان باشد که دامنه  $f^{-1}$ ، برد  $f$  می شود و معمولاً بهترین راه برای محاسبه  $D_{f^{-1}}$  (یا همان  $R_f$ )، استفاده از نمودار  $f$  است.

۶ راه های به دست آوردن نقطه (یا نقاط) برخورد  $f$  و  $f^{-1}$ :

| روش                              | توضیح روش                                                                                                     |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱ ضابطه ای                       | ضابطه $f^{-1}$ را به دست می آوریم و بعدش معادله $f(x) = f^{-1}(x)$ را حل می کنیم.                             |
| ۲ نموداری                        | نمودار $f$ را نسبت به $y = x$ قرینه می کنیم تا نمودار $f^{-1}$ به دست آید. تعداد نقاط برخوردشان معلوم می شود. |
| ۳ برخورد با نیمساز ربع اول و سوم | اگر $f$ ، یک تابع صعودی اکید باشد، جواب های معادله $f(x) = x$ ، طول نقاط برخورد $f$ و $f^{-1}$ است.           |

## نکته

نقاط برخورد  $f$  و نیمساز ربع اول و سوم حتماً نقطه برخورد  $f$  و  $f^{-1}$  است، ولی با توجه به نوع تابع  $f$  ممکن است نقاط برخورد  $f$  و  $f^{-1}$  روی نیمساز ربع اول و سوم نباشد. در واقع داریم:

$$f(x) = x \Rightarrow f(x) = f^{-1}(x)$$

$$f^{-1}(x) = f(x) \not\Rightarrow f(x) = x$$

۷ محاسبه  $(f \circ g^{-1})(a)$  یا  $(f^{-1} \circ g)(a)$  یا  $(f^{-1} \circ g^{-1})(a)$ :

برای محاسبه همه عبارات فوق دو مرحله داریم؛ برای مثال  $(f^{-1} \circ g^{-1})(a)$  را توضیح می دهیم.

مرحله ۱: اول باید  $g^{-1}(a)$  را حساب کنیم. اگر ضابطه  $g$  را داریم، بهترین راه، حل معادله  $g(x) = a$  است.

مرحله ۲: باید  $f^{-1}(g^{-1}(a))$  را حساب کنیم. اگر ضابطه  $f$  را داریم، بهترین راه، حل معادله  $f(x) = b$  است.

جوابش در مرحله قبل  $b$  شده



# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

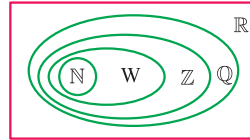
ریاضی

## پایه دهم

## مجموعه‌ها

۱ در مجموعه اعداد داریم:

اعداد حقیقی گویا اعداد صحیح اعداد حسابی طبیعی  
 $\mathbb{N} \subseteq \mathbb{W} \subseteq \mathbb{Z} \subseteq \mathbb{Q} \subseteq \mathbb{R}$   
 $\mathbb{R} = \mathbb{Q} \cup \mathbb{Q}'$   
 اعداد گنگ



۲

| نوع بازه | تعریف                                       | نمادگذاری            |
|----------|---------------------------------------------|----------------------|
| بسته     | شامل نقاط ابتدایی و انتهایی بازه می‌شود.    | $[a, b]$             |
| باز      | هر دو نقطه ابتدایی و انتهایی در آن نیستند.  | $(a, b)$             |
| نیم باز  | شامل فقط یکی از نقاط ابتدایی و انتهایی است. | $(a, b]$ یا $[a, b)$ |

## نکته

برای  $+\infty$  (مثبت بی‌نهایت) و  $-\infty$  (منفی بی‌نهایت) از نمایش باز استفاده می‌کنیم، مثلاً:

برای  $+\infty$  (مثبت بی‌نهایت):  $[-1, +\infty)$  یا  $(-\infty, +\infty)$

برای  $-\infty$  (منفی بی‌نهایت):  $(-\infty, 1]$  یا  $(-\infty, +\infty)$

۳ به مجموعه‌ای مانند A که تعداد اعضای آن «عدد حسابی» باشد، مجموعه «متناهی» می‌گوییم؛ در غیر این صورت به این مجموعه، مجموعه «نامتناهی» می‌گوییم؛ مثلاً مجموعه اعداد طبیعی زوج کوچک‌تر از  $2^0$  یعنی  $\{2, 4, 6, \dots, 18\}$  یک مجموعه متناهی است که ۹ عضو دارد و مجموعه اعداد طبیعی فرد یعنی  $\{1, 3, 5, 7, \dots\}$  یک مجموعه نامتناهی است.

۴ مجموعه مرجع: مجموعه‌ای که همه مجموعه‌ها، زیرمجموعه آن هستند را مجموعه مرجع می‌نامیم و آن را با نماد U نشان می‌دهیم.

۵ اگر U مجموعه مرجع و مجموعه A زیرمجموعه آن باشد،  $U - A$  را متمم A می‌نامیم و آن را با  $A'$  نشان می‌دهیم. در واقع مجموعه  $A'$  شامل عضوهای U است که در A نیستند. متمم‌های معروف عبارت‌اند از:

۱)  $\emptyset' = U$

۲)  $U' = \emptyset$

۳)  $(A')' = A$

۴)  $(A \cup B)' = A' \cap B'$

۵)  $(A \cap B)' = A' \cup B'$

$A \cap B = \emptyset \Rightarrow n(A \cap B) = 0$

$n(A \cup B) = n(A) + n(B) - n(A \cap B)$

۶ به دو مجموعه A و B که عضو مشترکی نداشته باشند، دو مجموعه مجزا یا جدا از هم می‌گوییم؛ پس:

۷ تعداد اعضای اجتماع دو مجموعه:

| نام مجموعه | نماد و فرمول | نمودار ون | تعداد                                     | ویژگی                                                 |
|------------|--------------|-----------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| مرجع       | U            |           | تعداد کل اعضا                             | مجموعه‌ای که همه مجموعه‌ها، زیرمجموعه آن هستند.       |
| اجتماع     | $A \cup B$   |           | $n(A \cup B) = n(A) + n(B) - n(A \cap B)$ | اعضایی که در حداقل یکی از دو مجموعه A و B حضور دارند. |
| اشتراک     | $A \cap B$   |           | تعداد اعضای مشترک بین دو مجموعه           | اعضای مشترک بین دو مجموعه                             |
| متمم       | $A' = U - A$ |           | $n(A') = n(U) - n(A)$                     | $A'$ شامل اعضای U است که عضو A نیستند.                |



| نام مجموعه               | نماد و فرمول                 | نمودار ون | تعداد                                                                                      | ویژگی                                              |
|--------------------------|------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| متمم اجتماع              | $(A \cup B)' = (A' \cap B')$ |           | $n(A \cup B)' = n(U) - n(A \cup B) = n(A' \cap B')$                                        | اعضایی که عضو هیچ یک از دو مجموعه A و B نیستند.    |
| متمم اشتراک              | $(A \cap B)' = (A' \cup B')$ |           | $n(A \cap B)' = n(U) - n(A \cap B) = n(A' \cup B')$                                        | عضوهای از مجموعه مرجع U که بین A و B مشترک نیستند. |
| مجزا یا جدا از هم        | $\emptyset = A \cap B$       |           | $n(A \cap B) = 0$<br>یا<br>$n(A \cup B) = n(A) + n(B)$                                     | دو مجموعه که هیچ عضو مشترکی ندارند.                |
| عضو فقط یکی از دو مجموعه | $(A - B) \cup (B - A)$       |           | $n((A - B) \cup (B - A)) = n(A \cup B) - n(A \cap B) = n(A) + n(B) - 2 \times n(A \cap B)$ | اعضایی که عضو فقط یکی از دو مجموعه هستند.          |

## دنباله

۱) الگوهای درجه یک و درجه دو:

| الگو          | فرم کلی         | روش به دست آوردن a                                                                                                                                                                                                  | روش به دست آوردن b (و c)                                         |
|---------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| درجه یک (خطی) | $an + b$        | مقداری که به جملات اضافه می شود.                                                                                                                                                                                    | با جای گذاری یک جمله از دنباله، b را به دست می آوریم.            |
| درجه دو       | $an^2 + bn + c$ | <ul style="list-style-type: none"> <li>مقداری که به جملات اضافه می شود را زیرشان می نویسیم.</li> <li>مقادیری که نوشتیم تشکیل یک دنباله حسابی می دهند.</li> <li>نصف قدرنسبت این دنباله برابر با a می شود.</li> </ul> | با جای گذاری دو جمله از دنباله، مقادیر b و c را به دست می آوریم. |

۲) مثال از الگوی درجه یک و درجه دو:

| جمله عمومی                            | جای گذاری جملات در الگو برای به دست آوردن ضرایب مجهول                                                                                                                                                                             | تبدیل الگوی شکل به عددی                                                                                                                  | الگوی شکل |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| $t_n = 3n + 2$                        | $t_n = 3n + b$<br>$\xrightarrow{t_1=5} 5 = 3 + b \Rightarrow b = 2$                                                                                                                                                               | $5, 8, 11, \dots$<br>$\begin{matrix} & +3 & +3 \\ \hline +3 & & \end{matrix}$<br>$\Rightarrow a = 3$ پس درجه اوله                        |           |
| $t_n = \frac{3}{2}n^2 - \frac{1}{2}n$ | $t_n = \frac{3}{2}n^2 + bn + c$<br>$\begin{cases} \xrightarrow{t_1=1} \frac{3}{2} + b + c = 1 \\ \xrightarrow{t_2=5} 6 + 2b + c = 5 \end{cases}$<br>$\xrightarrow{\text{حل}} \begin{cases} b = -\frac{1}{2} \\ c = 0 \end{cases}$ | $1, 5, 12, 22, \dots$<br>$\begin{matrix} & +4 & +7 & +10 \\ \hline +3 & +3 & \end{matrix}$<br>$\Rightarrow a = \frac{3}{2}$ پس درجه دومه |           |

## دنباله حسابی و هندسی

۱) روابط اصلی دنباله های حسابی و هندسی:

| هندسی                                                       | حسابی                                                    | جمله عمومی               |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------|
| $a_n = a_1 q^{n-1}$                                         | $a_n = a_1 + (n-1)d$                                     |                          |
| $a_{n+1} = a_n \times q$                                    | $a_{n+1} = a_n + d$                                      | رابطه بازگشتی            |
| $n + m = p + t \Rightarrow a_n \times a_m = a_p \times a_t$ | $n + m = p + t \Rightarrow a_n + a_m = a_p + a_t$        | رابطه اندیس ها           |
| $y^z = xz$<br>به y، واسطه هندسی X و Z می گویند.             | $y = \frac{x+Z}{2}$<br>به y، واسطه حسابی X و Z می گویند. | سه جمله متوالی (X, y, Z) |
| $q^{k+1} = \frac{b}{a}$                                     | $d = \frac{b-a}{k+1}$                                    | درج k واسطه بین a و b    |



# مرورنامه آزمون آزمایشی خیل سبز

ریاضی

| هندسی                                                            | حسابی                                                                 | تعدادی فرد جمله متوالی |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|
| مثال $\rightarrow a_1 a_2 a_3 = (a_2)^3$ تعداد (وسطی) = حاصل ضرب | مثال $\rightarrow a_1 + a_2 + a_3 = 3a_2$ وسطی $\times$ تعداد = مجموع |                        |
| $S_n = \frac{a_1(q^n - 1)}{q - 1}$                               | $S_n = \frac{n}{2}(a_1 + a_n)$ یا $S_n = \frac{n}{2}[2a_1 + (n-1)d]$  | مجموع $n$ جمله اول     |

$$1 + 2 + 3 + \dots + n = \frac{n(n+1)}{2}$$

۲ مجموع اعداد طبیعی از ۱ تا  $n$ :

$$1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$$

۳ مجموع مربع اعداد طبیعی از ۱ تا  $n$ :

$$a_n = S_n - S_{n-1} \xrightarrow{\text{مثال}} a_n = S_n - S_{n-1}$$

۴ محاسبه  $a_n$  از روی  $S_n$ :

$$\frac{S_{2n}}{S_n} = q^n + 1 \xrightarrow{\text{مثال}} \frac{S_{12}}{S_6} = q^6 + 1$$

۵ نسبت مجموع  $2n$  جمله اول به  $n$  جمله اول دنباله هندسی:

$$q = \frac{p-m}{m-n}$$

۶ اگر جملات  $n$ ام،  $m$ ام و  $p$ ام یک دنباله حسابی، سه جمله متوالی یک دنباله هندسی باشد، قدرنسبت دنباله هندسی از رابطه  $q = \frac{p-m}{m-n}$  به دست می آید.

$$q = \frac{13-7}{7-3} = \frac{6}{4} = \frac{3}{2}$$

مثلاً اگر جملات سوم، هفتم و سیزدهم یک دنباله حسابی، سه جمله متوالی یک دنباله هندسی باشند، آن گاه:

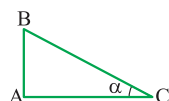
۷ اتحادهایی که از  $S_n$  دنباله هندسی نتیجه می شوند:

| اتحاد                                                                                                                                                                  | بخش پذیری $x^n \pm a^n$ بر $x \pm a$                                      |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------|
| $x^n - a^n = (x-a)(x^{n-1} + ax^{n-2} + a^2x^{n-3} + \dots + a^{n-2}x + a^{n-1})$<br>$x^n - a^n = (x+a)(x^{n-1} - ax^{n-2} + a^2x^{n-3} - \dots + a^{n-2}x - a^{n-1})$ | $x^n - a^n$ بر $x \pm a$ بخش پذیر است.                                    | زوج $n$ |
| —                                                                                                                                                                      | $x^n + a^n$ بر $x \pm a$ بخش پذیر نیست.                                   |         |
| $x^n - a^n = (x-a)(x^{n-1} + ax^{n-2} + a^2x^{n-3} + \dots + a^{n-2}x + a^{n-1})$<br>—                                                                                 | $x^n - a^n$ بر $x-a$ بخش پذیر است.<br>$x^n - a^n$ بر $x+a$ بخش پذیر نیست. | فرد $n$ |
| $x^n + a^n = (x+a)(x^{n-1} - ax^{n-2} + a^2x^{n-3} - \dots - a^{n-2}x + a^{n-1})$<br>—                                                                                 | $x^n + a^n$ بر $x+a$ بخش پذیر است.<br>$x^n + a^n$ بر $x-a$ بخش پذیر نیست. |         |

## مقدمات

۱ نسبت های مثلثاتی در مثلث قائم الزاویه:

| نسبت      | تعریف                               | برای زاویه $\alpha$ در شکل مقابل |
|-----------|-------------------------------------|----------------------------------|
| سینوس     | $\frac{\text{مقابل}}{\text{وتر}}$   | $\sin \alpha = \frac{AB}{BC}$    |
| کسینوس    | $\frac{\text{مجاور}}{\text{وتر}}$   | $\cos \alpha = \frac{AC}{BC}$    |
| تانژانت   | $\frac{\text{مقابل}}{\text{مجاور}}$ | $\tan \alpha = \frac{AB}{AC}$    |
| کوتانژانت | $\frac{\text{مجاور}}{\text{مقابل}}$ | $\cot \alpha = \frac{AC}{AB}$    |



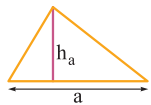
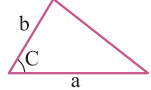
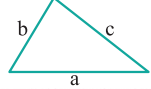
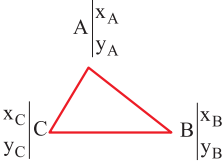




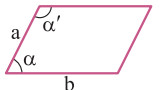
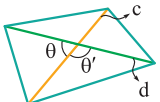
نسبت‌های مثلثاتی زوایای مهم:

|     | ۰°  | ۳۰°                  | ۴۵°                  | ۶۰°                  | ۹۰° |
|-----|-----|----------------------|----------------------|----------------------|-----|
| sin | ۰   | $\frac{1}{2}$        | $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ | ۱   |
| cos | ۱   | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{1}{2}$        | ۰   |
| tan | ۰   | $\frac{\sqrt{3}}{3}$ | ۱                    | $\sqrt{3}$           | ت.ن |
| cot | ت.ن | $\sqrt{3}$           | ۱                    | $\frac{\sqrt{3}}{3}$ | ۰   |

مساحت مثلث:

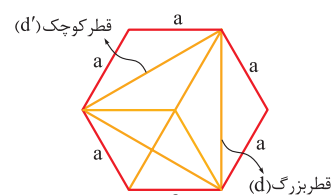
| شکل                                                                                 | فرمول                                                                       | مقادیری که داریم          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|    | $\frac{a \cdot h_a}{2}$                                                     | قاعده و ارتفاع وارد بر آن |
|   | $\frac{1}{2} ab \sin \hat{C}$                                               | دو ضلع و زاویه بین        |
|  | $\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$<br>نصف محیط                                       | سه ضلع (هرون)             |
|  | $\frac{ (x_A y_B + x_B y_C + x_C y_A) - (x_B y_A + x_C y_B + x_A y_C) }{2}$ | مختصات سه رأس             |

مساحت چهارضلعی:

| شکل                                                                                 | فرمول                                        | مقادیری که داریم                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|
|  | $ab \sin \alpha$<br>یا $\alpha'$             | دو ضلع و زاویه بین در متوازی‌الاضلاع   |
|  | $\frac{1}{2} cd \sin \theta$<br>یا $\theta'$ | دو قطر و زاویه بین در هر چهارضلعی محدب |

شش‌ضلعی منتظم:

| مساحت                                                                                                            | قطر کوچک    | قطر بزرگ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|
| <br>مساحت مثلث متساوی‌الاضلاع | $a\sqrt{3}$ | $2a$     |





# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

ریاضی

۶ رابطه سینوس ها و کسینوس ها در مثلث:

| اسم رابطه | فرمول                                                    | زمان استفاده                            |
|-----------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| سینوس ها  | $\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$ | رابطه بین دو اضلاع و زوایای روبه رایشان |
| کسینوس ها | $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos \hat{A}$               | رابطه بین سه ضلع و یکی از زوایا         |

## دایره مثلثاتی

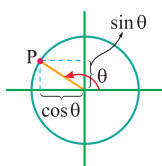
۱ نمایش نسبت های مثلثاتی روی دایره:

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>نمایش <math>\sin</math> و <math>\cos</math></p> <p>برای آن که سینوس و کسینوس یک زاویه دلخواه روی دایره مثلثاتی را نشان دهیم کافی است از نقطه انتهای کمانش به محورهای سینوس و کسینوس عمود کنیم.</p>                                                                                      |  |
|  | <p>نمایش <math>\tan</math> و <math>\cot</math></p> <p>برای نمایش تانژانت و کتانژانت یک زاویه کافی است ضلع دوم زاویه را از دو طرف امتداد دهیم تا محورهای تانژانت و کتانژانت را قطع کند. نقطه برخوردش با این محورها، <math>\tan \theta</math> و <math>\cot \theta</math> را نشان می دهد.</p> |  |

۲ علامت نسبت های مثلثاتی در ۴ ناحیه دایره مثلثاتی:

| ناحیه | محدوده                      | $\sin$ | $\cos$ | $\tan$ | $\cot$ |
|-------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| اول   | $0 < x < \frac{\pi}{2}$     | +      | +      | +      | +      |
| دوم   | $\frac{\pi}{2} < x < \pi$   | +      | -      | -      | -      |
| سوم   | $\pi < x < \frac{3\pi}{2}$  | -      | -      | +      | +      |
| چهارم | $\frac{3\pi}{2} < x < 2\pi$ | -      | +      | -      | -      |

۳ مختصات هر نقطه روی دایره مثلثاتی به صورت  $P(\cos \theta, \sin \theta)$  است.



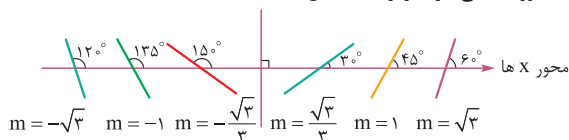
۴ محاسبه سایر نسبت های مثلثاتی با داشتن یکی از آن ها (بدون استفاده از اتحادها):

مثلاً فرض کنید  $\cos \alpha = \frac{3}{5}$  و  $\alpha$  دو ربع چهارم است و  $\cot \alpha$  را می خواهیم. ابتدا با این که  $\alpha$  در ربع چهارم است کاری نداریم.

|                                                                                                                           |                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                           | <p>گام ۱</p> <p>با توجه به تعریف کسینوس که می شد اندازه ضلع مجاور به وتر، مثلث قائم الزاویه ای مثل شکل روبه رو می کشیم.</p>             |
|                                                                                                                           | <p>گام ۲</p> <p>ضلع سوم را با فیثاغورس درمی آوریم: <math>x = \sqrt{5^2 - 3^2} = 4</math></p>                                            |
| <p><math>\cot \alpha = \frac{\text{مجاور}}{\text{مقابل}} = \frac{3}{4} \xrightarrow{\text{ربع ۴}} \frac{-3}{4}</math></p> | <p>گام ۳</p> <p>حالا کتانژانت <math>\alpha</math> را طبق تعریف می نویسیم و علامتش را با توجه به قراردادن آن در ربع چهارم می گذاریم.</p> |



۵) تانژانت زاویه‌ای که هر خطی با جهت مثبت محور Xها می‌سازد، برابر با شیب آن خط است:  $m = \tan \alpha$ .



### اتحادهای مثلثاتی

| صورت اصلی اتحاد                     | صورت فرعی اتحاد           |   |
|-------------------------------------|---------------------------|---|
| $\sin^2 x + \cos^2 x = 1$           | $1 - \sin^2 x = \cos^2 x$ | ۱ |
| $\tan x = \frac{\sin x}{\cos x}$    | $1 - \cos^2 x = \sin^2 x$ | ۲ |
| $\cot x = \frac{\cos x}{\sin x}$    | $\tan x \cdot \cot x = 1$ | ۳ |
| $1 + \tan^2 x = \frac{1}{\cos^2 x}$ | —                         | ۴ |
| $1 + \cot^2 x = \frac{1}{\sin^2 x}$ | —                         | ۵ |

### پایه یازدهم

### رادیان

۱) نکات اولیه رادیان:

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| تعریف ۱ رادیان                    | ۱ |
| تقریب ۱ رادیان                    | ۲ |
| مرزها برحسب رادیان                | ۳ |
| رابطه بین درجه و رادیان           | ۴ |
| تبدیل سریع درجه به رادیان و برعکس | ۵ |

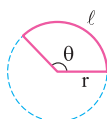
۲) زوایای مهم برحسب درجه و رادیان:

|                  |                  |                  |                  |                   |                  |                  |                   |                  |
|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
| ۱۵°              | ۳۰°              | ۴۵°              | ۶۰°              | ۷۵°               | ۹۰°              | ۱۲۰°             | ۱۳۵°              | ۱۵۰°             |
| $\frac{\pi}{12}$ | $\frac{\pi}{6}$  | $\frac{\pi}{4}$  | $\frac{\pi}{3}$  | $\frac{5\pi}{12}$ | $\frac{\pi}{2}$  | $\frac{2\pi}{3}$ | $\frac{3\pi}{4}$  | $\frac{5\pi}{6}$ |
| ۱۸۰°             | ۲۱۰°             | ۲۲۵°             | ۲۴۰°             | ۲۷۰°              | ۳۰۰°             | ۳۱۵°             | ۳۳۰°              | ۳۶۰°             |
| $\pi$            | $\frac{7\pi}{6}$ | $\frac{5\pi}{4}$ | $\frac{4\pi}{3}$ | $\frac{3\pi}{2}$  | $\frac{5\pi}{3}$ | $\frac{7\pi}{4}$ | $\frac{11\pi}{6}$ | $2\pi$           |



# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

## ریاضی



$$l = r\theta$$

برحسب رادیان

۳ طول کمان روبه‌رو زاویه  $\theta$  رادیان در دایره‌ای به شعاع  $r$ :

۴ در سؤالات «چرخیدن دو قرقره متصل به یک تسمه» یا «چرخیدن دو چرخ وسیله‌ای که چرخ‌های نابرابر دارد»، شروع حل با برابر قراردادن طول کمان‌های طی شده است:

$$l_1 = l_2 \rightarrow r_1 \theta_1 = r_2 \theta_2 \rightarrow \dots$$

۵ قطاع ( $\theta$  برحسب رادیان):

| مساحت                    | محیط                             | شکل |
|--------------------------|----------------------------------|-----|
| $\frac{1}{2} \theta r^2$ | $l + 2r$<br>یا<br>$r\theta + 2r$ |     |

۶  $\left| \frac{11}{3}m - 3h \right| =$  زاویه بین عقربه ساعت‌شمار و دقیقه‌شمار در ساعت  $h$  و دقیقه  $m$

## نسبت‌های مثلثاتی زوایای $\frac{k\pi}{p} \pm \alpha$

۱ زوایای متمم، مکمل، قرینه و هم‌پایان ( $k \in \mathbb{Z}$ ):

| هم‌پایان                                       | قرینه                                                            | مکمل                                   | متمم                                                                        | تعریف                            |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| زوایایی که اختلافشان مضربی از $360^\circ$ است. | قرینه $\theta$ یعنی $-\theta$                                    | دو زاویه که مجموعشان $180^\circ$ است.  | دو زاویه که مجموعشان $90^\circ$ است.                                        |                                  |
| $2k\pi + \theta$ یا $360^\circ k + \theta$     | $-\theta$                                                        | $\pi - \theta$ یا $180^\circ - \theta$ | $\frac{\pi}{2} - \theta$ یا $90^\circ - \theta$                             | برای زاویه $\theta$              |
|                                                |                                                                  |                                        |                                                                             | روی دایره                        |
| یک یا چند دور کامل می‌زند.                     | قرینه نسبت به محور $x$ ها                                        | قرینه نسبت به محور $y$ ها              | قرینه نسبت به $y = x$                                                       |                                  |
| همه‌چی ثابت می‌ماند.                           | $\cos$ ها برابر و بقیه قرینه هم هستند. (کسینوس منفی را می‌خورد!) | $\sin$ ها برابر و بقیه قرینه هم هستند. | $\sin$ یکی با $\cos$ دیگری و $\tan$ یکی با $\cot$ دیگری برابر است و بالعکس. | رابطه با نسبت‌های زاویه $\theta$ |
| $\sin 39^\circ = \sin 3^\circ$                 | $\cos(-3^\circ) = \cos 3^\circ$                                  | $\sin 12^\circ = \sin 6^\circ$         | $\sin 2^\circ = \cos 7^\circ$                                               | مثال                             |

۲ نوشتن نسبت‌های مثلثاتی زوایای  $\frac{k\pi}{p} \pm \alpha$  برحسب زاویه  $\alpha$  در ۳ مرحله:

|         |                           |                                                                                                                                                                                   |
|---------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| مرحله ۱ | $0 < \text{زاویه} < 2\pi$ | اگر کمان از $2\pi$ بیشتر بود، مجاز هستیم مضارب $2\pi$ را از آن کم کنیم تا به زاویه‌ای در محدوده صفر تا $2\pi$ برسیم.                                                              |
| مرحله ۲ | تغییر اسم می‌دهد یا نه؟   | اگر $\pi$ یا $2\pi$ داشتیم، نسبت مثلثاتی عوض نمی‌شود، ولی اگر $\frac{\pi}{2}$ یا $\frac{3\pi}{2}$ داشتیم، $\sin$ به $\cos$ (و بالعکس) و $\tan$ به $\cot$ (و بالعکس) تبدیل می‌شود. |
| مرحله ۳ | علامت + یا -              | $\alpha$ را زاویه‌ای در ربع اول (مثلاً $1^\circ$ ) در نظر می‌گیریم و با توجه به آن، محدوده زاویه $\frac{k\pi}{p} \pm \alpha$ را مشخص و علامت نسبت را تعیین می‌کنیم.               |

مثال  $\sin(\frac{7\pi}{2} - \alpha)$ 

$$\sin(\frac{7\pi}{2} + \frac{2\pi}{2} - \alpha) = \sin(\frac{7\pi}{2} - \alpha)$$

حذف

مرحله ۱:  $2\pi$  را از  $\frac{7\pi}{2}$  کم می‌کنیم:مرحله ۲: با فرض  $\alpha = 1^\circ$ ، زاویه  $\frac{7\pi}{2} - \alpha$  می‌شود  $26^\circ$  که در ربع (۳) قرار دارد و در این ربع  $\sin$  منفی است.

$$\sin(\frac{7\pi}{2} - \alpha) = -\cos \alpha$$

مرحله ۲  
↑  
تغییر  
↓  
مرحله ۳

پس:

جدول نسبت‌های مثلثاتی زوایای  $\frac{k\pi}{2} \pm \alpha$  (در ربع اول قرار دارد):

|                             | $\frac{\pi}{2} - \alpha$ | $\frac{\pi}{2} + \alpha$ | $\pi - \alpha$ | $\pi + \alpha$ | $\frac{3\pi}{2} - \alpha$ | $\frac{3\pi}{2} + \alpha$ | $2\pi - \alpha$ | $2\pi + \alpha$ |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|----------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|
| تغییر اسم می‌دهد یا نمی‌دهد | +                        | +                        | -              | -              | +                         | +                         | -               | -               |
| ناحیه (ربع) زاویه جدید      | ۱                        | ۲                        | ۲              | ۳              | ۳                         | ۴                         | ۴               | ۱               |
| sin                         | $\cos \alpha$            | $\cos \alpha$            | $\sin \alpha$  | $-\sin \alpha$ | $-\cos \alpha$            | $-\cos \alpha$            | $-\sin \alpha$  | $\sin \alpha$   |
| cos                         | $\sin \alpha$            | $-\sin \alpha$           | $-\cos \alpha$ | $-\cos \alpha$ | $-\sin \alpha$            | $\sin \alpha$             | $\cos \alpha$   | $\cos \alpha$   |
| tan                         | $\cot \alpha$            | $-\cot \alpha$           | $-\tan \alpha$ | $\tan \alpha$  | $\cot \alpha$             | $-\cot \alpha$            | $-\tan \alpha$  | $\tan \alpha$   |
| cot                         | $\tan \alpha$            | $-\tan \alpha$           | $-\cot \alpha$ | $\cot \alpha$  | $\tan \alpha$             | $-\tan \alpha$            | $-\cot \alpha$  | $\cot \alpha$   |

۴ برای آن که کسرهایی به فرم  $\frac{a \sin \alpha + b \cos \alpha}{c \sin \alpha + d \cos \alpha}$  را بر حسب  $\tan \alpha$  بنویسیم، باید همه نسبت‌ها را به  $\cos \alpha$  تقسیم کنیم:

$$\frac{\frac{a \sin \alpha}{\cos \alpha} + \frac{b \cos \alpha}{\cos \alpha}}{\frac{c \sin \alpha}{\cos \alpha} + \frac{d \cos \alpha}{\cos \alpha}} = \frac{a \tan \alpha + b}{c \tan \alpha + d}$$

۵ برای ساده کردن عبارت‌هایی به فرم  $a \sin^2 x + b \sin x \cos x + c \cos^2 x = d$  دو طرف را بر  $\cos^2 x$  (یا  $\sin^2 x$ ) تقسیم می‌کنیم تا بتوانیم عبارت را بر حسب  $\tan x$  (یا  $\cot x$ ) بنویسیم.

## توابع مثلثاتی

۶ نمودار توابع مثلثاتی:

| ضابطه تابع   |  | دامنه        | بُرد      | دوره تناوب | طول نقاط max            | طول نقاط min             | صفه‌های تابع           |
|--------------|--|--------------|-----------|------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| $y = \sin x$ |  | $\mathbb{R}$ | $[-1, 1]$ | $2\pi$     | $2k\pi + \frac{\pi}{2}$ | $2k\pi + \frac{3\pi}{2}$ | $k\pi$                 |
| $y = \cos x$ |  | $\mathbb{R}$ | $[-1, 1]$ | $2\pi$     | $2k\pi$                 | $2k\pi + \pi$            | $k\pi + \frac{\pi}{2}$ |





# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

ریاضی

## اتجاههای مثلثاتی

۱. اتحادهای  $\alpha \pm \beta$

|                                                                                      |       |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|
| $\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha$             | جمع   | سینوس   |
| $\sin(\alpha - \beta) = \sin \alpha \cos \beta - \sin \beta \cos \alpha$             | تفاضل |         |
| $\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$             | جمع   | کسینوس  |
| $\cos(\alpha - \beta) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta$             | تفاضل |         |
| $\tan(\alpha + \beta) = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta}$ | جمع   | تانژانت |
| $\tan(\alpha - \beta) = \frac{\tan \alpha - \tan \beta}{1 + \tan \alpha \tan \beta}$ | تفاضل |         |

۲. برای محاسبه نسبت‌های مثلثاتی زوایای  $15^\circ$ ،  $75^\circ$ ، و  $105^\circ$  ... از اتحادهای بالا استفاده می‌کنیم.

۳. اتحادهای  $2\alpha$

|                                                                                            |                     |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------|
| $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$                                                 | اتحاد               | سینوس   |
| $\sin \alpha \cos \alpha = \frac{1}{2} \sin 2\alpha$                                       | نتیجه               |         |
| $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1 = 1 - 2 \sin^2 \alpha$ | اتحاد               | کسینوس  |
| $1 + \cos 2\alpha = 2 \cos^2 \alpha$<br>$1 - \cos 2\alpha = 2 \sin^2 \alpha$               | نتایج (روابط طلایی) |         |
| $\tan 2\alpha = \frac{2 \tan \alpha}{1 - \tan^2 \alpha}$                                   | اتحاد               | تانژانت |

۴. اتحادهای  $3\alpha$

|                                                  |       |        |
|--------------------------------------------------|-------|--------|
| $\sin 3\alpha = 3 \sin \alpha - 4 \sin^3 \alpha$ | اتحاد | سینوس  |
| $\cos 3\alpha = 4 \cos^3 \alpha - 3 \cos \alpha$ | اتحاد | کسینوس |

۵. نسبت‌های مثلثاتی زوایای  $15^\circ$  و  $75^\circ$  و  $22.5^\circ$  و  $67.5^\circ$  را بلد باشید.

|                               | sin                                                                | cos                                                                | tan            | cot            |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|
| $15^\circ = \frac{\pi}{12}$   | $\frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4}$ یا $\frac{\sqrt{2} - \sqrt{3}}{2}$ | $\frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{4}$ یا $\frac{\sqrt{2} + \sqrt{3}}{2}$ | $2 - \sqrt{3}$ | $2 + \sqrt{3}$ |
| $75^\circ = \frac{5\pi}{12}$  | $\frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{4}$ یا $\frac{\sqrt{2} + \sqrt{3}}{2}$ | $\frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4}$ یا $\frac{\sqrt{2} - \sqrt{3}}{2}$ | $2 + \sqrt{3}$ | $2 - \sqrt{3}$ |
| $22.5^\circ = \frac{\pi}{8}$  | $\frac{\sqrt{2} - \sqrt{2}}{2}$                                    | $\frac{\sqrt{2} + \sqrt{2}}{2}$                                    | $\sqrt{2} - 1$ | $\sqrt{2} + 1$ |
| $67.5^\circ = \frac{3\pi}{8}$ | $\frac{\sqrt{2} + \sqrt{2}}{2}$                                    | $\frac{\sqrt{2} - \sqrt{2}}{2}$                                    | $\sqrt{2} + 1$ | $\sqrt{2} - 1$ |

برای به دست آوردن سینوس و کسینوس زوایای  $15^\circ$  و  $22.5^\circ$  از دو اتحاد  $1 + \cos 2\alpha = 2 \cos^2 \alpha$  و  $1 - \cos 2\alpha = 2 \sin^2 \alpha$  استفاده می‌کنیم.

۶. اتحادهای تکمیلی:

|   |                                                                                                      |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱ | $\sin \alpha \pm \cos \alpha = \sqrt{2} \sin(\alpha \pm \frac{\pi}{4})$                              |
| ۲ | $\tan \alpha + \cot \alpha = \frac{2}{\sin 2\alpha}$                                                 |
| ۳ | $\cot \alpha - \tan \alpha = 2 \cot 2\alpha$                                                         |
| ۴ | $\tan \alpha + \tan \beta = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha \cos \beta}$                     |
| ۵ | $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha = 1 - \frac{1}{2} \sin^2 2\alpha$ |



|    |                                                                                                      |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۶  | $\sin^6 \alpha + \cos^6 \alpha = 1 - 3 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha = 1 - \frac{3}{4} \sin^2 2\alpha$ |
| ۷  | $\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha} = \tan \frac{\alpha}{2}$  |
| ۸  | $\frac{1 + \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha} = \cot \frac{\alpha}{2}$  |
| ۹  | $\frac{1 - \tan \alpha}{1 + \tan \alpha} = \tan\left(\frac{\pi}{4} - \alpha\right)$                  |
| ۱۰ | $\frac{1 + \tan \alpha}{1 - \tan \alpha} = \tan\left(\frac{\pi}{4} + \alpha\right)$                  |

چند تکنیک:

اگر عبارت‌مان به شکل  $\cos \alpha \cos 2\alpha \cos 4\alpha \dots$  بود باید خودمان  $\sin \alpha$  را در آن ضرب کنیم و بعد از ساده کردن، جواب به دست آمده را بر  $\sin \alpha$  تقسیم کنیم.

$$\text{مثال: } \cos 1^\circ \cos 2^\circ \cos 4^\circ \xrightarrow[\sin 1^\circ]{\frac{1}{2} \sin 2^\circ} \frac{\frac{1}{2} \sin 2^\circ \cos 1^\circ \cos 2^\circ \cos 4^\circ}{\sin 1^\circ} = \frac{\frac{1}{2} \sin 2^\circ \cos 2^\circ \cos 4^\circ}{\sin 1^\circ} = \frac{\frac{1}{4} \sin 4^\circ}{\sin 1^\circ} = \frac{\frac{1}{8} \sin 8^\circ}{\cos 8^\circ} = \frac{1}{8} \tan 8^\circ$$

برای ساده کردن عبارت‌های به فرم  $a \sin \alpha + b \cos \alpha$  از  $\sqrt{a^2 + b^2}$  فاکتور می‌گیریم و بعد آن را به شکل ضربی  $\sin(\alpha + \beta)$  می‌نویسیم.

$$\text{مثال: } \sin 1^\circ + \sqrt{3} \cos 1^\circ \xrightarrow[\sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{1+3} = 2]{\sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{1+3} = 2} 2\left(\frac{1}{2} \sin 1^\circ + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos 1^\circ\right) = 2(\cos 60^\circ \sin 1^\circ + \sin 60^\circ \cos 1^\circ) = 2 \sin(1^\circ + 60^\circ) = 2 \sin 61^\circ$$

همه چی برحسب تانژانت نصف کمان:

|   |                                                                                 |
|---|---------------------------------------------------------------------------------|
| ۱ | $\sin \alpha = \frac{2 \tan \frac{\alpha}{2}}{1 + \tan^2 \frac{\alpha}{2}}$     |
| ۲ | $\cos \alpha = \frac{1 - \tan^2 \frac{\alpha}{2}}{1 + \tan^2 \frac{\alpha}{2}}$ |
| ۳ | $\tan \alpha = \frac{2 \tan \frac{\alpha}{2}}{1 - \tan^2 \frac{\alpha}{2}}$     |

## همسایگی

انواع همسایگی:

| انواع همسایگی | نمایش روی محور | ترتیب برحسب $x_0$                                                                | مثال برای $x_0 = 1$ |
|---------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| همسایگی       |                | $x_0$ باید داخل بازه باشد.<br>$x_0 \in (a, b)$                                   | $(-2, 2)$           |
| همسایگی راست  |                | $x_0$ باید ابتدای بازه باشد.<br>$(x_0, b)$                                       | $(1, 2)$            |
| همسایگی چپ    |                | $x_0$ باید انتهای بازه باشد.<br>$(a, x_0)$                                       | $(-1, 1)$           |
| همسایگی محذوف |                | $x_0$ از داخل بازه حذف می‌شود.<br>$(a, x_0) \cup (x_0, b)$ یا $(a, b) - \{x_0\}$ | $(0, 3) - \{1\}$    |



۲ اگر بازه  $(a, b)$  یک همسایگی برای  $x_0$  باشد، باید  $a < x_0 < b$  باشد. اگر لازم شد باید دو نامعادله  $a < x_0$  و  $x_0 < b$  را حل کنیم و بین جواب‌هایشان اشتراک بگیریم.

### مقدمات حد

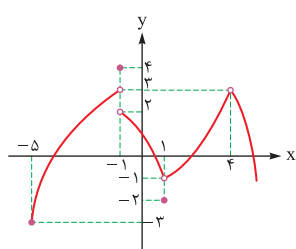
۱ تعریف حد:

| نوع حد  | نماد ریاضی                          | تعریف                                                                                                                                   | روی نمودار |
|---------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| حد راست | $\lim_{x \rightarrow a^+} f(x) = L$ | اگر $x$ با مقادیر بیشتر از $a$ (از سمت راست) به $a$ نزدیک شود، مقادیر تابع به $L$ نزدیک می‌شوند. کاری با خود نقطه $a$ و سمت چپش نداریم. |            |
| حد چپ   | $\lim_{x \rightarrow a^-} f(x) = L$ | اگر $x$ با مقادیر کمتر از $a$ (از سمت چپ) به $a$ نزدیک شود، مقادیر تابع به $L$ نزدیک می‌شوند. کاری با خود نقطه $a$ و سمت راستش نداریم.  |            |
| حد      | $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$   | اگر حد راست و چپ در $x = a$ هر دو برابر با $L$ باشند، در $x = a$ حد داریم. کاری با خود نقطه $a$ نداریم.                                 |            |

۲ برای آن که تابع  $f$  در  $x = a$  حد داشته باشد (و مقدار حدش  $L$  باشد) باید هر دو شرط زیر را داشته باشد:

|   |                                          |
|---|------------------------------------------|
| ۱ | در $x = a$ همسایگی راست و چپ داشته باشد. |
| ۲ | حد راست و چپ در $x = a$ برابر $L$ باشد.  |

۳ یک مثال:



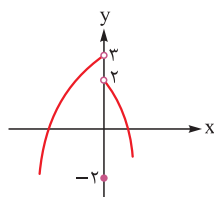
| طول نقطه | حد راست | حد چپ | حد    | مقدار      |
|----------|---------|-------|-------|------------|
| $x = -5$ | -3      | ندارد | ندارد | -3         |
| $x = -1$ | 2       | 3     | ندارد | 4          |
| $x = 1$  | -1      | -1    | -1    | -2         |
| $x = 4$  | 3       | 3     | 3     | تعریف نشده |



۴ چندتا میل کردن خالص!

| آن گاه ...                                |                           | اگر ...                |
|-------------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| $ x  \rightarrow 0^+$                     | 3                         | $x \rightarrow 0$      |
| $ x-a  \rightarrow 0^+$                   | $(x-a)^2 \rightarrow 0^+$ | $x \rightarrow a$      |
| $-x \rightarrow (-a)^-$                   |                           | $x \rightarrow a^+$    |
| $-x \rightarrow (-a)^+$                   |                           | $x \rightarrow a^-$    |
| $x-b \rightarrow (a-b)^+$                 | $b-x \rightarrow (b-a)^-$ | $x \rightarrow a^+$    |
| $\frac{1}{x} \rightarrow (\frac{1}{a})^-$ |                           | $x \rightarrow a^+$    |
| $(1-\sin x) \rightarrow 0^-$              |                           | $\sin x \rightarrow 1$ |
| $(1-\cos x) \rightarrow 0^+$              |                           | $\cos x \rightarrow 1$ |

مثال اگر نمودار  $y = f(x)$  به شکل زیر باشد، آن گاه:

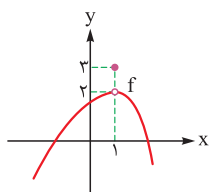


|   |                                                                                                                    |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱ | $\lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{2}} f(1 - \sin x) \stackrel{\text{معادل با}}{=} \lim_{x \rightarrow 1^-} f(x) = 2$ |
| ۲ | $\lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{2}} f(-\cos x) \stackrel{\text{معادل با}}{=} \lim_{x \rightarrow 1^+} f(x) = 3$    |

۵ حد توابع ساخته شده از روی  $f$ : فرض کنید  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$  باشد، در این صورت:

| تابع        | حاصل حد                                                                                                                                                               |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱ $ f $     | $\lim_{x \rightarrow a}  f(x)  =  L $                                                                                                                                 |
| ۲ $f^{-1}$  | $\lim_{x \rightarrow L} f^{-1}(x) = a$                                                                                                                                |
| ۳ $[f]$     | $\lim_{x \rightarrow a} [f(x)] = [L]$ حالت ۱: $L \notin \mathbb{Z}$                                                                                                   |
|             | $\lim_{x \rightarrow a} [f(x)] = \begin{cases} \frac{L-}{\max} \text{ یا } \frac{L}{\min} \end{cases}$ حالت ۲: $L \in \mathbb{Z}$ $x = a$ نقطه $\min$ یا $\max$ باشد. |
|             | $\lim_{x \rightarrow a} [f(x)]$ موجود نیست. حالت ۳: $L \in \mathbb{Z}$ $x = a$ نقطه $\min$ یا $\max$ نباشد.                                                           |
| ۴ $f(g(x))$ | مرحله ۱: حد تابع داخلی را وقتی $x \rightarrow a$ حساب می کنیم. مثلاً $L$ می شود (مهم است که $L^+$ می شود یا $L^-$ ).                                                  |
|             | مرحله ۲: حد تابع بیرونی را وقتی $x \rightarrow L^?$ می رود حساب می کنیم (می تواند $+$ یا $-$ باشد).                                                                   |

مثال

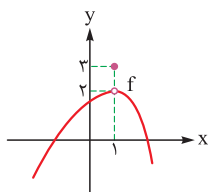


$$\lim_{x \rightarrow 1} f(x) = 2 \Rightarrow \lim_{x \rightarrow 2} f^{-1}(x) = 1$$



# مرورنامه آزمون آزمایشی خلیه سبز

ریاضی



۱ حالت:  $\lim_{x \rightarrow 5} \sqrt{x} = \sqrt{5} \approx 2.23 \Rightarrow \lim_{x \rightarrow 5} [\sqrt{x}] = [\sqrt{5}] = 2$

۲ حالت:  $\lim_{x \rightarrow 1} (x^2 - 2x + 3) = 2 \xrightarrow{\text{نقطه min است. برای } x=1 \text{ سهمی}} \lim_{x \rightarrow 1} [x^2 - 2x + 3] = 2$

۳ حالت:  $\lim_{x \rightarrow 2} (x^2 - 2x + 3) = 3 \xrightarrow{\text{نقطه min یا max نیست. برای } x=2 \text{ سهمی}} \lim_{x \rightarrow 2} [x^2 - 2x + 3] \text{ موجود نیست.}$

مثال

مثال اگر  $f(x) = \sin x - 1$  و  $g(x) = [x]$  باشد، حاصل  $\lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{2}} g(f(x))$  چه قدر است؟

مرحله ۱:  $\lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{2}} f(x) = 1^- - 1 = 0^-$

مرحله ۲:  $\lim_{x \rightarrow 0^-} g(x) = [0^-] = -1$

حد توابع زیر در هر نقطه از دامنه‌شان برابر با مقدارش در آن نقطه است.

|               |            |          |            |
|---------------|------------|----------|------------|
| $\cos x$      | $\sin x$   | گویا     | چندجمله‌ای |
| $a^x$ (نمایی) | $\log_a x$ | $\cot x$ | $\tan x$   |

۷ چه وقت‌هایی برای محاسبه  $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$ ، باید حد راست و چپ را چک کنیم؟

| نقاط مهم    | مثال                                                                 | بررسی حد وقتی $x \rightarrow 1$                                                                                                                               |
|-------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| چندضابطه‌ای | $f(x) = \begin{cases} x^2 + 2 & x > 1 \\ 2x - 3 & x < 1 \end{cases}$ | حد ندارد. $\left. \begin{matrix} 1^2 + 2 = 3 \\ 2(1) - 3 = -1 \end{matrix} \right\} \xrightarrow{3 \neq -1}$ حد راست<br>حد چپ                                 |
| قدرمطلق     | $f(x) = \frac{x^2 + 2x - 3}{ x - 1 }$                                | حد ندارد. $\left. \begin{matrix} \frac{(x-1)(x+3)}{x-1} = 4 \\ \frac{(x-1)(x+3)}{-(x-1)} = -4 \end{matrix} \right\} \xrightarrow{4 \neq -4}$ حد راست<br>حد چپ |
| براکتی      | $f(x) = [2x] - [x]$                                                  | حد = 1 $\left. \begin{matrix} [2^+] - [1^+] = 2 - 1 = 1 \\ [2^-] - [1^-] = 1 - 0 = 1 \end{matrix} \right\} \Rightarrow$ حد راست<br>حد چپ                      |

۸ دوتا حد:

| ضابطه تابع                                                                               | نکته مهم                                                              | مثال                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $f(x) = \begin{cases} g(x) & x \in \mathbb{Z} \\ h(x) & x \notin \mathbb{Z} \end{cases}$ | حدش در تمام نقاط از ضابطه مربوط به $x \notin \mathbb{Z}$ حساب می‌شود. | $f(x) = \begin{cases} 2x & x \in \mathbb{Z} \\ x^2 & x \notin \mathbb{Z} \end{cases} \Rightarrow \lim_{x \rightarrow 2} f(x) = 2^2 = 4$ |
| $f(x) = [g(x)] + [-g(x)]$                                                                | حدش در تمام نقاط برابر با -۱ است.                                     | $\lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{2}} ([\sin 2x] + [-\sin 2x]) = 0 + (-1) = -1$                                                           |





۹ اگر  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$  و  $L \in \mathbb{Z}$ ، برای محاسبه  $\lim_{x \rightarrow a} [f(x)]$  می‌توانیم از نمودار  $f(x)$  یا جدول زیر کمک بگیریم.

| نمودار | حد چپ $[f]$ | حد راست $[f]$ | $x = a$                        |
|--------|-------------|---------------|--------------------------------|
|        | $L$         | $L$           | min نسبی باشد.                 |
|        | $L-1$       | $L-1$         | max نسبی باشد.                 |
|        | $L-1$       | $L$           | در همسایگی‌اش صعودی اکید باشد. |
|        | $L$         | $L-1$         | در همسایگی‌اش نزولی اکید باشد. |

۱۰ فرق  $[f(x)]$  و  $\lim_{x \rightarrow a} [f(x)]$ : فرض کنید  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$  باشد، آن وقت:

|                                                                                |                                 |   |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---|
| مهم است که حاصل حد بالا $L^+$ شده یا $L^-$ . هر کدام بود، از آن برکت می‌گیریم. | $\lim_{x \rightarrow a} [f(x)]$ | ۱ |
| $[\lim_{x \rightarrow 0} \cos x] = [1^-] = 0$                                  | مثال                            |   |
| خود $L$ مهم است (کاری نداریم $L^+$ است یا $L^-$ ). حاصل حد $[L]$ می‌شود.       | $[\lim_{x \rightarrow a} f(x)]$ | ۲ |
| $[\lim_{x \rightarrow 0} \cos x] = [1] = 1$                                    | مثال                            |   |

۱۱ اگر  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$  باشد، آن گاه:

| تابع          | $kf(x)$ | $f^n$ | $\sqrt{f}$          | $\frac{1}{f}$             | $ f $ |
|---------------|---------|-------|---------------------|---------------------------|-------|
| حد در $x = a$ | $k.L$   | $L^n$ | $\sqrt{L}, (L > 0)$ | $\frac{1}{L}, (L \neq 0)$ | $ L $ |

۱۲ اگر  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L_1$  و  $\lim_{x \rightarrow a} g(x) = L_2$ ، آن گاه:

| تابع          | $f \pm g$     | $f \times g$     | $\frac{f}{g}$                   |
|---------------|---------------|------------------|---------------------------------|
| حد در $x = a$ | $L_1 \pm L_2$ | $L_1 \times L_2$ | $\frac{L_1}{L_2}, (L_2 \neq 0)$ |



۱۳ بررسی حد داشتن یا نداشتن توابع  $f \pm g$  در حالات مختلف (حد دارد: ✓ حد ندارد: ✗)

| $\frac{f}{g}$             | $f \times g$ | $f \pm g$    | $g$          | $f$          |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| $(L_g \neq 0) \checkmark$ | $\checkmark$ | $\checkmark$ | $\checkmark$ | $\checkmark$ |
| نامعلوم*                  | نامعلوم*     | ✗            | ✗            | $\checkmark$ |
| ✗                         | نامعلوم*     | ✗            | $\checkmark$ | ✗            |
| نامعلوم                   |              |              | ✗            | ✗            |

تذکر در ۳ حالت «نامعلوم\*»، اگر تابعی که حد دارد، حدش صفر باشد، باید وضعیت تابع را بررسی کنیم، ولی اگر حدش صفر نباشد قطعاً حد نداریم.

## رفع ابهام «صفر»

۱ روش‌های کتاب درسی!

| روش حل                       | چه جوری حل می‌کنیم؟                                                                                             | مثال                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| به کمک تجزیه                 | باید در صورت و مخرج عامل $x - a$ پیدا کنیم.                                                                     | $\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^2 - 4}{x^2 - 5x + 6} = \lim_{x \rightarrow 2} \frac{(x-2)(x+2)}{(x-2)(x-3)} = \frac{4}{-1} = -4$                                                                                                                                                                                         |
| گویاکردن با اتحاد مزدوج      | صورت و مخرج را در مزدوج عبارت رادیکالی ضرب می‌کنیم.                                                             | $\lim_{x \rightarrow 2} \frac{\sqrt{5x-1}-3}{2x-4} \times \frac{\sqrt{5x-1}+3}{\sqrt{5x-1}+3} = \lim_{x \rightarrow 2} \frac{5x-1-9}{2(2x-4)(\sqrt{5x-1}+3)}$<br>$= \lim_{x \rightarrow 2} \frac{5(x-2)}{12(x-2)(\sqrt{5x-1}+3)} = \frac{5}{12}$                                                                         |
| گویاکردن با اتحاد چاق و لاغر | صورت و مخرج را در چاق عبارت رادیکالی ضرب می‌کنیم.                                                               | $\lim_{x \rightarrow 5} \frac{\sqrt[3]{x+3}-2}{x-5} \times \frac{\sqrt[3]{(x+3)^2}+2\sqrt[3]{x+3}+4}{\sqrt[3]{(x+3)^2}+2\sqrt[3]{x+3}+4}$<br>$= \lim_{x \rightarrow 5} \frac{x+3-8}{12(x-5)} = \frac{1}{12}$                                                                                                             |
| حدهای مثلثاتی                | استفاده از اتحادهای $1 - \cos^2 x = \sin^2 x$ ، $1 - \sin^2 x = \cos^2 x$ و $\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x$ ... | $\lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{4}} \frac{\cos 2x}{\sin x - \cos x} = \lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{4}} \frac{\cos^2 x - \sin^2 x}{\sin x - \cos x}$<br>$= \lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{4}} \frac{(\cos x - \sin x)(\cos x + \sin x)}{\sin x - \cos x}$<br>$= -(\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}) = -\sqrt{2}$ |



۲ هم‌ارزی‌ها (وقتی  $u \rightarrow 0$ ):

| عبارت               | هم‌ارز                | مثال                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱ $\sin u$          | $u$                   | $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 2x}{x} = \frac{2x}{x} = 2$                                                                                                                                                            |
| ۲ $\tan u$          | $u$                   | $\lim_{x \rightarrow 2} \frac{\tan(x^2 - 4)}{x - 2} = \frac{x^2 - 4}{x - 2} = \frac{(x-2)(x+2)}{x-2} = x+2 = 4$                                                                                                          |
| ۳ $\cos^n u$        | $1 - n \frac{u^2}{2}$ | $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\cos^3 x - \cos 2x}{x^2} = \frac{(1 - \frac{3x^2}{2}) - (1 - \frac{(2x)^2}{2})}{x^2} = \frac{x^2}{x^2} = 1$                                                                                |
| ۴ $\sin u - u$      | $-\frac{u^3}{6}$      | $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 2x - 2x}{x^3} = \frac{(2x)^3}{x^3} = \frac{8}{3}$                                                                                                                                     |
| ۵ $\tan u - u$      | $\frac{u^3}{3}$       | $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x - \tan x}{x^3 \sin x} = \frac{-x^3}{x^3 x} = \frac{-x^3}{x^4} = -\frac{1}{x}$                                                                                                            |
| ۶ $\tan u - \sin u$ | $\frac{u^3}{2}$       | $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\tan 2x - \sin 2x}{x^3} = \frac{(2x)^3}{x^3} = 8$                                                                                                                                          |
| ۷ $(1+u)^n$         | $1 + nu$              | $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{(1+2x)^3 - 1}{\sqrt{1+x} - 1} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{(1+2x)^3 - 1}{(1+x)^{\frac{1}{2}} - 1} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{1+6x-1}{1+\frac{x}{2}-1} = \frac{6x}{\frac{x}{2}} = 12$ |

● دو حد بزرگتی مهم:

|                                                                  |                                                                        |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| ۱ اگر $\frac{\sin u}{u}$ داخل براکت رفت، باید جای $1^-$ بنویسید. | $\lim_{x \rightarrow 0^+} \left[ \frac{\sin x}{x} \right] = [1^-] = 0$ |
| ۲ اگر $\frac{\tan u}{u}$ داخل براکت رفت، باید جای $1^+$ بنویسید. | $\lim_{x \rightarrow 0^+} \left[ \frac{\tan x}{x} \right] = [1^+] = 1$ |

۳ قاعده هوییتال: اگر  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = \lim_{x \rightarrow a} g(x) = 0$  باشد، به جای محاسبه حد  $\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)}$  می‌توانیم حاصل  $\lim_{x \rightarrow a} \frac{f'(x)}{g'(x)}$  را حساب کنیم.

● فرمول‌های مشتق که باید بلد باشیم:

| عبارت          | مشتق                                         | مثال                                                        |
|----------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| عدد ثابت       | صفر                                          | $5 \rightarrow 0$                                           |
| $x^n$          | $nx^{n-1}$                                   | $x^5 \rightarrow 5x^4$                                      |
| $n$            | $n \cdot \frac{1}{x^2} \times \frac{1}{x^2}$ | $(x^2 - x^2)^6 \rightarrow 6(x^2 - x^2)^5 \times (2x - 2x)$ |
| $\sqrt{x}$     | $\frac{1}{2\sqrt{x}}$                        |                                                             |
| $\sqrt{\quad}$ | $\frac{\quad}{2\sqrt{\quad}}$                | $\sqrt{3x+5} \rightarrow \frac{3}{2\sqrt{3x+5}}$            |



# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

ریاضی

| عبارت                  | مشتق                                              | مثال                                                                    |
|------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| $\sqrt[n]{x}$          | $\frac{1}{n\sqrt[n]{x^{n-1}}}$                    |                                                                         |
| $\sqrt[n]{\text{[ ]}}$ | $\frac{\text{[ ]}'}{n\sqrt[n]{\text{[ ]}^{n-1}}}$ | $\sqrt[n]{x^2+x} \xrightarrow{'} \frac{2x+1}{n\sqrt[n]{(x^2+x)^{n-1}}}$ |
| $\sin x$               | $\cos x$                                          |                                                                         |
| $\sin \text{[ ]}$      | $\text{[ ]}' \cdot \cos \text{[ ]}$               | $\sin nx \xrightarrow{'} n \cos nx$                                     |
| $\cos x$               | $-\sin x$                                         |                                                                         |
| $\cos \text{[ ]}$      | $-\text{[ ]}' \sin \text{[ ]}$                    | $\cos(x^n) \xrightarrow{'} -nx \cdot \sin(x^n)$                         |
| $\tan x$               | $1 + \tan^2 x$                                    |                                                                         |
| $\tan \text{[ ]}$      | $\text{[ ]}' (1 + \tan^2 \text{[ ]})$             | $\tan nx \xrightarrow{'} n(1 + \tan^2 nx)$                              |
| $\cot x$               | $-(1 + \cot^2 x)$                                 |                                                                         |
| $\cot \text{[ ]}$      | $-\text{[ ]}' (1 + \cot^2 \text{[ ]})$            | $\cot(nx+1) \xrightarrow{'} -n(1 + \cot^2(nx+1))$                       |

● قواعد مشتق گیری:

| مثال                                                                                      | رابطه                                                             |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------|
| $\Delta x^n \xrightarrow{'} n\Delta x^{n-1}$                                              | $af(x) \xrightarrow{'} af'(x)$                                    | ضرب عددی    |
| $\Delta x^n - \sqrt[n]{x} \xrightarrow{'} n\Delta x^{n-1} - \frac{1}{n\sqrt[n]{x^{n-1}}}$ | $f \pm g \xrightarrow{'} f' \pm g'$                               | جمع و تفریق |
| $x^n(\sqrt{x}+1) \xrightarrow{'} nx(\sqrt{x}+1) + x^n(\frac{1}{2\sqrt{x}})$               | $f \cdot g \xrightarrow{'} f' \cdot g + f \cdot g'$               | ضرب         |
| $\frac{x+4}{2x^2-1} \xrightarrow{'} \frac{1(2x^2-1) - 4x(2x-2)}{(2x^2-1)^2}$              | $\frac{f}{g} \xrightarrow{'} \frac{f' \cdot g - f \cdot g'}{g^2}$ | تقسیم       |
| $f(x^2+2x-3) \xrightarrow{'} (2x+2) \cdot f'(x^2+2x-3)$                                   | $f(\text{[ ]}) \xrightarrow{'} \text{[ ]}' \cdot f'(\text{[ ]})$  | ترکیب       |

● دو مثال از قاعده هوییتال:

**مثال**  $\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^2 - x^2 - x - 2}{\Delta x^2 - \Delta x - 4} \stackrel{\text{Hop}}{=} \lim_{x \rightarrow 2} \frac{2x^2 - 2x - 1 - 0}{1 \cdot x - \Delta - 0} = \frac{3(2)^2 - 2(2) - 1}{1 \cdot (2) - \Delta} = \frac{7}{12}$

**مثال**  $\lim_{x \rightarrow 4} \frac{x^2 \sqrt{x} - 32}{\sqrt[3]{2x} - 2} = \lim_{x \rightarrow 4} \frac{\frac{\Delta}{2} x^{\frac{3}{2}} - 32}{\sqrt[3]{2x} - 2} \stackrel{\text{Hop}}{=} \lim_{x \rightarrow 4} \frac{\frac{\Delta}{2} x^{\frac{3}{2}} - 0}{\frac{2}{3\sqrt[3]{(2x)^2}} - 0} = \frac{\frac{\Delta}{2} \times 4^{\frac{3}{2}}}{\frac{2}{3\sqrt[3]{8^2}}} = \frac{\frac{\Delta}{2} \times 8}{\frac{2}{3 \times 4}} = \frac{\Delta \times 8}{\frac{2}{3 \times 4}} = 12$



عدد غیر صفر

۴) حدهای  $\frac{\text{صفر}}{\text{صفر}}$  که دو مجهول دارند: یک سری حد به فرم  $\lim_{x \rightarrow a} \frac{\text{صورت}}{\text{مخرج}} = L$  داریم که در صورت و مخرج دو پارامتر مجهول دارند.

این مدل سؤال‌ها بارها در کنکور و آزمون‌های آزمایشی آمده است. روش حل این گونه است:

|         |                                                                                                                                                                                                                              |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| گام اول | وقتی $x \rightarrow a$ ، حد صورت یا حد مخرج برابر صفر است. هر کدام که صفر بود، دیگری را خودمان برابر صفر قرار می‌دهیم. این‌جا به یک رابطه بین دو پارامتر می‌رسیم؛ یکی را برحسب دیگری می‌نویسیم و در حدمان جای‌گذاری می‌کنیم. |
| گام دوم | حالا حاصل حد را با هر روشی (گویاکردن، هوپیتال و ...) حساب می‌کنیم و برابر با $L$ قرار می‌دهیم.                                                                                                                               |

مثال اگر  $\lim_{x \rightarrow 4} \frac{\sqrt{ax+b}-3}{x^2-16} = \frac{1}{24}$  باشد، مقدار  $a$  و  $b$  را به دست آورید؟

پاسخ

$$\lim_{x \rightarrow 4} (\sqrt{ax+b}-3) = 0 \Rightarrow \sqrt{4a+b} = 3$$

گام اول: حد مخرج صفر است؛ پس حد صورت هم باید صفر باشد:

$$\lim_{x \rightarrow 4} \frac{\sqrt{ax+b}-3}{x^2-16} \stackrel{\text{Hop}}{=} \lim_{x \rightarrow 4} \frac{\frac{a}{2\sqrt{ax+b}}}{2x} = \frac{\frac{a}{2\sqrt{4a+b}}}{8} = \frac{a}{8\sqrt{4a+b}} = \frac{a}{48}$$

گام دوم: حدمان  $\frac{0}{0}$  است؛ پس هوپیتال می‌زنیم:

$$\frac{a}{48} \text{ باید برابر با } \frac{1}{24} \text{ باشد؛ پس } a = 2.$$

با جای‌گذاری  $a = 2$  در  $\sqrt{4a+b} = 3$ ، داریم:

$$\sqrt{8+b} = 3 \Rightarrow b = 1$$

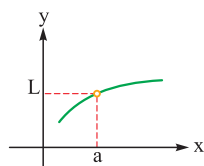
۵) نقطهٔ توخالی حدار روی نمودار: اگر نمودار تابع کسری  $f(x) = \frac{g(x)}{h(x)}$  در نقطه‌ای به طول  $x = a$  تعریف نشده باشد ولی حد داشته باشد، باید دوتا ویژگی داشته باشد:

$$g(a) = h(a) = 0$$

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$$

(۱) ریشهٔ مشترک صورت و مخرج  $f$  است:

(۲) حد  $f$  در  $x = a$  (بعد از رفع ابهام) برابر  $L$  است:



### حد به روش تغییر متغیر -

معمولاً دو مدل تغییر متغیر هستند که به حل ساده‌تر حد‌ها کمک می‌کنند.

۱) وقتی  $x \rightarrow a$  می‌توانیم تغییر متغیر  $t = x - a$  را اعمال کنیم.

مثال 
$$\lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{6}} \frac{1 - \cos(x - \frac{\pi}{6})}{\sin^2(2x - \frac{\pi}{3})} \xrightarrow{(t \rightarrow 0)} \lim_{t \rightarrow 0} \frac{1 - \cos t}{\sin^2 2t} = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{1 - \cos t}{(2 \sin t \cos t)^2} = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{1 - \cos t}{4 \sin^2 t \cos^2 t}$$

$$= \lim_{t \rightarrow 0} \frac{1 - \cos t}{4(1 - \cos t)(1 + \cos t) \cos^2 t} = \frac{1}{4 \times 2 \times 1} = \frac{1}{8}$$

۲) وقتی  $x \rightarrow a$  می‌توانیم تغییر متغیر  $t = \sqrt[n]{x}$  را اعمال کنیم.

مثال 
$$\lim_{x \rightarrow 1} \frac{\sqrt{x} - \sqrt[3]{x}}{\sqrt{x} - 1} \xrightarrow{(\sqrt{x}=t \Rightarrow x=t^2)} \lim_{t \rightarrow 1} \frac{t^2 - t^3}{t^2 - 1} = \lim_{t \rightarrow 1} \frac{t^2(t-1)}{(t-1)(t+1)} = 1$$

### حد بی‌نهایت -

۱) اگر در محاسبهٔ حد یک تابع کسری، حد مخرج صفر و حد صورت غیر صفر باشد، حاصل حدمان  $+\infty$  یا  $-\infty$  است. علامت بی‌نهایت با توجه به علامت صفر حدی مخرج و عدد صورت مشخص می‌شود.

| مثال                                                                     | حالت                                    |   |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---|
| $\lim_{x \rightarrow 2^+} \frac{x+1}{x-2} = \frac{3}{0^+} = +\infty$     | $\frac{\text{عدد مثبت}}{0^+} = +\infty$ | ۱ |
| $\lim_{x \rightarrow 1^-} \frac{x^2+x}{x-1} = \frac{2}{0^-} = -\infty$   | $\frac{\text{عدد مثبت}}{0^-} = -\infty$ | ۲ |
| $\lim_{x \rightarrow 2^-} \frac{x-5}{2-x} = \frac{-3}{0^+} = -\infty$    | $\frac{\text{عدد منفی}}{0^+} = -\infty$ | ۳ |
| $\lim_{x \rightarrow 5^-} \frac{1-x}{x^2-25} = \frac{-4}{0^-} = +\infty$ | $\frac{\text{عدد منفی}}{0^-} = +\infty$ | ۴ |





۲ نمودار تابع در حد بی‌نهایت: اگر حد تابع  $f$  در همسایگی  $x = a$  بی‌نهایت باشد، یکی از شکل زیر را می‌تواند داشته باشد.

| نمودار $f$ در همسایگی $x = a$ | حد چپ     | حد راست   |   |
|-------------------------------|-----------|-----------|---|
|                               | $+\infty$ | $+\infty$ | ۱ |
|                               | $-\infty$ | $+\infty$ | ۲ |
|                               | $+\infty$ | $-\infty$ | ۳ |
|                               | $-\infty$ | $-\infty$ | ۴ |

• اگر بعد از ساده‌شدن صورت و مخرج، در مخرج  $(x-a)^2$  یا ضربی از آن داشتیم، شکل تابع در همسایگی  $a$  قطعاً شبیه سطر ۱ یا ۴ جدول است؛ مثلاً اگر

$$\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x+2}{2x^2+bx+c} = +\infty \text{ باشد، آن‌گاه مخرج باید } 2(x-3)^2 \text{ باشد.}$$

۳ وقتی  $f$  و  $g$  هر دو حدشان  $\infty$  است، حاصل حد  $f \times g$  چه می‌شود؟

| $\frac{f}{g}$ | $f \times g$ | $f - g$   | $f + g$   | $g$       | $f$       |   |
|---------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|
| مبهم          | $+\infty$    | مبهم      | $+\infty$ | $+\infty$ | $+\infty$ | ۱ |
| مبهم          | $-\infty$    | $+\infty$ | مبهم      | $-\infty$ | $+\infty$ | ۲ |
| مبهم          | $-\infty$    | $-\infty$ | مبهم      | $+\infty$ | $-\infty$ | ۳ |
| مبهم          | $+\infty$    | مبهم      | $-\infty$ | $-\infty$ | $-\infty$ | ۴ |

۴ چند حالت خاص در حد بی‌نهایت:

| مثال                                                                                                                                                                                                                                                                                              | حالت                                                                             |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---|
| $\lim_{x \rightarrow 1^+} \left( \frac{1}{x-1} - \frac{x^2}{x+1} \right) = \frac{1}{0^+} - \frac{1}{2} = +\infty - \frac{1}{2} = +\infty$                                                                                                                                                         | $\pm\infty \pm \text{عدد} = \pm\infty$                                           | ۱ |
| $\lim_{x \rightarrow 2^+} (x \tan \frac{\pi}{x}) = 2 \times (-\infty) = -\infty$                                                                                                                                                                                                                  | $\times \infty = \text{عدد غیر صفر}$                                             | ۲ |
| $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{x+1}{\cot \pi x} = \frac{2}{\infty} = 0$                                                                                                                                                                                                                            | $\frac{\text{عدد}}{\infty} = 0$                                                  | ۳ |
| $\lim_{x \rightarrow 0} \sin 2x \cot x = \lim_{x \rightarrow 0} 2 \sin x \cos x \cdot \frac{\cos x}{\sin x} = 2(1)^2 = 2$                                                                                                                                                                         | $\times \infty = \text{مبهم}$<br>$\times \text{صفر حدی}$                         | ۴ |
| $\lim_{x \rightarrow 2} \left( \frac{x}{x-2} - \frac{1}{x^2-4} \right) = \lim_{x \rightarrow 2} \left( \frac{x}{x-2} - \frac{1}{(x-2)(x+2)} \right)$<br>$= \lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^2+2x-1}{(x-2)(x+2)} = \lim_{x \rightarrow 2} \frac{(x+4)(x-2)}{(x-2)(x+2)} = \frac{6}{4} = \frac{3}{2}$ | $\infty - \infty = \text{مبهم}$<br>(مخرج مشترک گیری $\rightarrow$ یکی از راه‌ها) | ۵ |

\*\*\* مجانی \*\*\*

– مجانب قائم –

۱ خط  $x = a$  مجانب قائم تابع  $f$  است، اگر حداقل یکی از حدهای  $\lim_{x \rightarrow a^-} f(x)$  یا  $\lim_{x \rightarrow a^+} f(x)$  برابر با بی‌نهایت باشد. مثلاً تابع  $f(x) = \frac{x+4}{2x-6}$  دارای مجانب قائم  $x = 3$  است.



۲ پیدا کردن مجانب‌های قائم تابع  $f$  از روی ضابطه:

|         |                                                                                              |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| گام اول | ضابطه را تا حد امکان ساده می‌کنیم (اگر صورت و مخرج عامل مشترک دارند، آن‌ها را ساده می‌کنیم). |
| گام دوم | ریشه‌های مخرج، مجانب‌های قائم $f$ هستند (مگر این که از هیچ طرفی نتوانیم به آن نزدیک شویم).   |

۳ اگر  $x = a$  معادله مجانب قائم تابع کسری  $f$  باشد، آن گاه  $x = a$  ریشه مخرج  $f$  است.

۴ اگر  $x = a$  ریشه مشترک صورت و مخرج بود، می‌توانید از هوپیتال استفاده کنید. اگر جواب حد عدد شد که مجانب قائم نیست، ولی اگر بعد از هوپیتال جواب حد بی‌نهایت شد، مجانب قائم است.

۵ مجانب‌های قائم توابع معروف:

| تابع               | مجانب قائم                        | مثال                                                                                                                                                   |
|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| چندجمله‌ای         | ندارد                             | $f(x) = x^5 - 2x^4 + x^2 - 6$ ندارد. $\xrightarrow{\text{مجانب قائم}}$                                                                                 |
| کسری               | ریشه‌های مخرج (بعد از ساده‌شدن)   | $f(x) = \frac{x^2 - x - 6}{x^2 - 4} = \frac{(x-3)(x+2)}{(x-2)(x+2)} = \frac{x-3}{x-2} \xrightarrow{\text{مجانب قائم}} x = 2$                           |
| $\tan u$           | جواب‌های معادله $\cos u = 0$      | $f(x) = \tan 2x \xrightarrow{\text{مجانب قائم}} \cos 2x = 0$<br>$\Rightarrow 2x = k\pi + \frac{\pi}{2} \Rightarrow x = \frac{k\pi}{2} + \frac{\pi}{4}$ |
| $\cot u$           | جواب‌های معادله $\sin u = 0$      | $f(x) = \cot \pi x \xrightarrow{\text{مجانب قائم}} \sin \pi x = 0 \Rightarrow \pi x = k\pi \Rightarrow x = k$                                          |
| $\log \frac{A}{B}$ | جواب‌های معادله $A = 0$ و $B = 0$ | $f(x) = \log \frac{x^2 - 1}{x + 2} \xrightarrow{\text{مجانب قائم}} x = 1, x = -1, x = -2$                                                              |

۶ در تست‌هایی که تعداد مجانب‌های قائم را به ما می‌دهند و مقدار یک مجهول را می‌خواهند، حواستان به دوتا چیز باشد:

|   |                                                                   |
|---|-------------------------------------------------------------------|
| ۱ | ریشه‌های مشترک صورت و مخرج، مجانب قائم نیستند.                    |
| ۲ | اگر مخرج درجه‌دو باشد و دلتایش صفر باشد، فقط یک مجانب قائم داریم. |

۷ شکل تابع  $f$  در همسایگی مجانب قائم: اگر  $x = a$  مجانب قائم  $f$  باشد، باید حد چپ و راست  $f$  را در  $x = a$  حساب کنیم و از روی آن‌ها شکل تابع در همسایگی  $a$  را مشخص کنیم.

مثلاً اگر  $\lim_{x \rightarrow 2^+} f(x) = +\infty$  و  $\lim_{x \rightarrow 2^-} f(x) = -\infty$  باشد، آن وقت شکل  $f$  در همسایگی  $x = 2$  به صورت است.

۸ اگر شکل تابع در اطراف مجانب قائم (مثلاً  $x = a$ ) به شکل یا بود، مخرج باید ریشه مضاعف  $x = a$  داشته باشد؛ به عبارت دیگر باید عامل  $(x - a)^2$  داشته باشد.