



سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴



دفترچه سؤال

تسلط بر کل کتاب



جمعه

۱۴۰۴/۰۳/۱۶



# ماز

گروه آزمایشی ریاضی فیزیک - پایه یازدهم  
آزمون جامع شبیه ساز امتحانات نهایی ماز - شب امتحان

| زمان پاسخگویی | تعداد صفحه | درس   |
|---------------|------------|-------|
| ۱۲۰ دقیقه     | ۴          | فیزیک |

برای شباهت حداکثری به امتحانات نهایی، صفحه آرایی، فونت و حتی اندازه متن در تمامی آزمون های تشریحی ماز، کاملاً یکسان با استاندارد امتحانات نهایی در نظر گرفته می شود.

حق چاپ و تکثیر سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز «گروه ماز» مجاز می باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می شود.

به دلیل عدم رضایت تیم ماز، هر گونه استفاده غیر قانونی از دفترچه سؤالات و پاسخنامه ماز برای تمامی اشخاص، شرعاً حرام است.

فیزیک ۲

کل کتاب

بودجه‌بندی این آزمون

### استراتژی و هدف گذاری در آزمون شبیه‌ساز نهایی ماز

- تبدیل به یک دانش‌آموز حرفه‌ای در امتحان تشریحی و ۲۰ گرفتن
- تسلط بر نحوه تشریحی نوشتن در حد یک مصحح آموزش و پرورش
- تمام اشتباهات احتمالی در امتحان نهایی رو قبل از امتحان نهایی تجربه کنید

# زودبسته

دوپینگ فوری برای شب امتحان

اگه قصد دارید خیلی زود به نمره ۲۰ برسید، دوره «زود ۲۰» برای شماست!

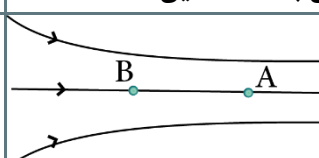
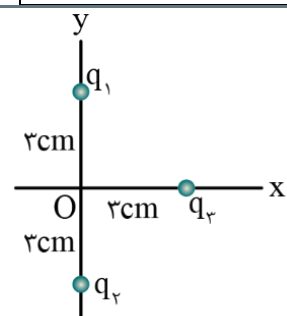
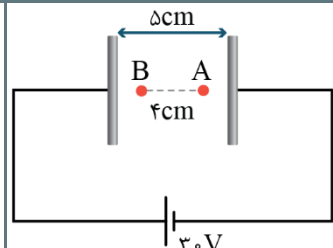
- ۶ مرحله آزمون شبیه‌ساز و پیش‌بینی نهایی برای ۶ درس امتحان نهایی
- تصحیح فوری آزمون شب امتحان به سبک آموزش و پرورش
- جزوه دوپینگ فوری شب امتحان + راهنمای کامل تشریحی نویسی ویژه هر درس

هدیه ویژه: بسته کتاب‌های ۲۰ شو در اپلیکیشن دیجی‌ماز



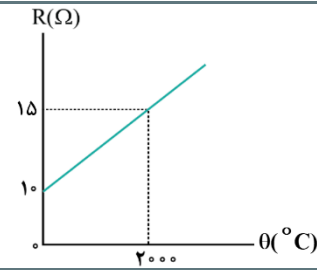
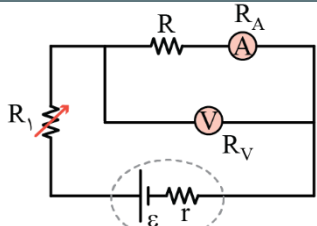
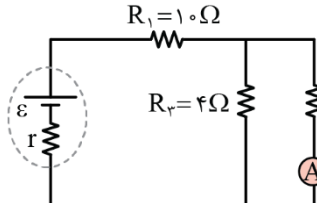


به نام خدا

|                             |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                        |               |  |                     |  |               |  |            |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |
|-----------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------|--|---------------------|--|---------------|--|------------|--|-----------------------|----------------|------------------|------------------------|-----|---|---|---|
| آزمون شبیه‌ساز نهایی درس:   |                | فیزیک ۲                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                        | تعداد صفحه: ۴ |  | رشته:               |  | ریاضی و فیزیک |  | ساعت شروع: |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |
| دوره دوم متوسطه - یازدهم    |                | تاریخ آزمون:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                        | ۱۴۰۴/۰۳/۱۶    |  | نام و نام خانوادگی: |  | مدت زمان:     |  | ۱۲۰ دقیقه  |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |
| آزمون شبیه‌ساز امتحان نهایی |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                        |               |  | گروه آموزشی ماز     |  |               |  |            |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |
| ردیف                        |                | سؤالات (پاسخ‌برگ دارد)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                        |               |  |                     |  |               |  |            |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |
| نمره                        |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                        |               |  |                     |  |               |  |            |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |
| ۱                           |                | <p>در هریک از موارد زیر، عبارت صحیح را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید.</p> <p>الف- طبق اصل (کوانتیده بودن - پایستگی) بار الکتریکی، اگر جسم خنثی الکترون به دست آورد یا از دست بدهد، همواره بار الکتریکی مشاهده شده جسم، مضرب درستی از بار بنیادی <math>e</math> است.</p> <p>ب- بار الکتریکی در سطح خارجی رسانا به گونه‌ای توزیع می‌شود که میدان الکتریکی در داخل رسانا (صفر - بیشینه) شود.</p> <p>ج- مایکل فاراده نخستین بار با استفاده از وسایل ساده‌ای دریافت که ظرفیت خازن با ضریبی موسوم به ثابت دی الکتریک ماده عایق که آن را با <math>\kappa</math> نشان می‌دهند، (کاهش - افزایش) می‌یابد.</p> |                        |               |  |                     |  |               |  |            |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |
| ۲                           |                | <p>آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد تراکم بار در نقاط تیز سطح جسم رسانای باردار، از نقاط دیگر آن بیش‌تر است. (وسایل لازم: مولد وان دوگراف، الکتروسکوپ، جسم رسانای دوکی‌شکل، گلوله‌ای فلزی با دسته عایق)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        |               |  |                     |  |               |  |            |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |
| ۳                           |                | <p>الکترونی را مطابق شکل مقابل، از نقطه A تا نقطه B جابه‌جا می‌کنیم. به جای حروف الفبا در خانه‌های جدول، کلمات «افزایش»، «کاهش» و یا «ثابت» بنویسید.</p>  <table><tr><td>اندازه میدان الکتریکی</td><td>نیروی الکتریکی</td><td>پتانسیل الکتریکی</td><td>انرژی پتانسیل الکتریکی</td></tr><tr><td>الف</td><td>ب</td><td>ج</td><td>د</td></tr></table>                                                                                                                                                                                    |                        |               |  |                     |  |               |  |            |  | اندازه میدان الکتریکی | نیروی الکتریکی | پتانسیل الکتریکی | انرژی پتانسیل الکتریکی | الف | ب | ج | د |
| اندازه میدان الکتریکی       | نیروی الکتریکی | پتانسیل الکتریکی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | انرژی پتانسیل الکتریکی |               |  |                     |  |               |  |            |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |
| الف                         | ب              | ج                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | د                      |               |  |                     |  |               |  |            |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |
| ۴                           |                | <p>دو ذره باردار <math>q_1 = q_2 = 2\mu\text{C}</math> روی محور <math>y</math>، مطابق شکل مقابل قرار دارند. بردار نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار <math>q_3 = 4\mu\text{C}</math> را که روی محور <math>x</math> قرار دارد، برحسب بردارهای یکه <math>\vec{i}</math> و <math>\vec{j}</math> در SI بنویسید. (<math>k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}</math>)</p>                                                                                                                                          |                        |               |  |                     |  |               |  |            |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |
| ۵                           |                | <p>در شکل مقابل، دو صفحه رسانا به اختلاف پتانسیل الکتریکی <math>30\text{V}</math> وصل شده‌اند و فاصله بین صفحات برابر <math>5\text{cm}</math> است. اگر بار الکتریکی <math>q = -5\text{mC}</math> به جرم <math>15</math> میلی‌گرم را از نقطه A بدون تندی اولیه رها کنیم، تندی آن هنگام رسیدن به نقطه B، چند متر بر ثانیه خواهد شد؟ (از اثر نیروی وزن و مقاومت هوا صرف‌نظر شود.)</p>                                                                                                                                                  |                        |               |  |                     |  |               |  |            |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |
| ۶                           |                | <p>اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه یک خازن تخت به ظرفیت <math>12\mu\text{F}</math> را دو برابر می‌کنیم. اگر با این کار <math>36\mu\text{C}</math> بر بار ذخیره شده در خازن افزوده شود:</p> <p>الف- اختلاف پتانسیل الکتریکی اولیه بین دو صفحه خازن چند ولت بوده است؟</p> <p>ب- انرژی اولیه خازن چند میکروژول بوده است؟</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                        |               |  |                     |  |               |  |            |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |
| ۱۰۷۵                        |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                        |               |  |                     |  |               |  |            |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |
| ۱۰۵                         |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                        |               |  |                     |  |               |  |            |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |
| ۱۰۲۵                        |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                        |               |  |                     |  |               |  |            |  |                       |                |                  |                        |     |   |   |   |



به نام خدا

|                                                                                                                                                                           |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |            |  |                             |  |                          |  |                           |  |                                                                                  |                 |                                                      |                |                                                                                                                                                                           |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------|--|-----------------------------|--|--------------------------|--|---------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| ساعت شروع:                                                                                                                                                                |                 | ریاضی و فیزیک                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  | رشته:      |  | تعداد صفحه: ۴               |  | فیزیک ۲                  |  | آزمون شبیه‌ساز نهایی درس: |  |                                                                                  |                 |                                                      |                |                                                                                                                                                                           |                |
| مدت زمان: ۱۲۰ دقیقه                                                                                                                                                       |                 | نام و نام خانوادگی:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  | ۱۴۰۴/۰۳/۱۶ |  | تاریخ آزمون:                |  | دوره دوم متوسطه - یازدهم |  |                           |  |                                                                                  |                 |                                                      |                |                                                                                                                                                                           |                |
| گروه آموزشی ماز                                                                                                                                                           |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |            |  | آزمون شبیه‌ساز امتحان نهایی |  |                          |  |                           |  |                                                                                  |                 |                                                      |                |                                                                                                                                                                           |                |
| ردیف                                                                                                                                                                      |                 | سؤالات (پاسخ‌برگ دارد)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |            |  |                             |  |                          |  |                           |  |                                                                                  |                 |                                                      |                |                                                                                                                                                                           |                |
| نمره                                                                                                                                                                      |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |            |  |                             |  |                          |  |                           |  |                                                                                  |                 |                                                      |                |                                                                                                                                                                           |                |
| ۷                                                                                                                                                                         |                 | درست یا نادرست بودن هریک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید.<br>الف- مقاومت ویژه رساناهای فلزی، با افزایش دما کاهش می‌یابد.<br>ب- قانون اهم برای فلزات و بسیاری از رساناهای غیرفلزی، در دمای ثابت برقرار است.<br>ج- یکای کمیت نیروی محرکه الکتریکی، ژول بر کولن است.<br>د- در مقاومت‌های نوری (LDR)، با افزایش شدت نور، مقاومت کاهش می‌یابد.                                                                                                                                                                                                   |  |            |  |                             |  |                          |  |                           |  |                                                                                  |                 |                                                      |                |                                                                                                                                                                           |                |
| ۸                                                                                                                                                                         |                 | به سؤالات زیر پاسخ دهید:<br>الف- در مدارهای الکترونیکی، کدام وسیله نقش رئوستا را دارد؟<br>ب- پدیده ابررسانایی را شرح دهید.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |            |  |                             |  |                          |  |                           |  |                                                                                  |                 |                                                      |                |                                                                                                                                                                           |                |
| ۹                                                                                                                                                                         |                 | نمودار تغییرات مقاومت یک رسانا بر حسب دما، مطابق شکل زیر است. ضریب دمایی این رسانا در SI، چقدر است؟<br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |            |  |                             |  |                          |  |                           |  |                                                                                  |                 |                                                      |                |                                                                                                                                                                           |                |
| ۱۰                                                                                                                                                                        |                 | در مدار شکل مقابل ولت‌سنج ۳۶V و آمپرسنج ۴A/۰/۵ آمپر را نشان می‌دهند. مقاومت R چند اهم است؟ (مقاومت ولت‌سنج $R_V = 10\text{ k}\Omega$ و مقاومت آمپرسنج $R_A = 1/5\Omega$ است).<br>                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |            |  |                             |  |                          |  |                           |  |                                                                                  |                 |                                                      |                |                                                                                                                                                                           |                |
| ۱۱                                                                                                                                                                        |                 | در مدار شکل مقابل، آمپرسنج آرمانی ۵A/۰/۵ را نشان می‌دهد.<br>الف- مقاومت معادل مدار چند اهم است؟<br>ب- جریان عبوری از باتری چند آمپر است؟<br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |            |  |                             |  |                          |  |                           |  |                                                                                  |                 |                                                      |                |                                                                                                                                                                           |                |
| ۱۲                                                                                                                                                                        |                 | هریک از عبارت‌های ستون سمت راست، به کدام‌یک از عبارت‌های ستون سمت چپ مرتبط است؟ (در پاسخ‌برگ بنویسید). <table><tr><td>الف- دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به این مواد، به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند.</td><td>۱- پارامغناطیسی</td></tr><tr><td>ب- سرب و بیسموت جزء این دسته از مواد مغناطیسی هستند.</td><td>۲- فرومغناطیسی</td></tr><tr><td>ج- برهم‌کنش‌های قوی بین دوقطبی‌های مغناطیسی در این مواد موجب می‌شود که دوقطبی‌ها، حتی در نبود میدان خارجی، در ناحیه‌هایی که حوزه‌های مغناطیسی نامیده می‌شوند، هم‌سو شوند.</td><td>۳- دیامغناطیسی</td></tr></table> |  |            |  |                             |  |                          |  |                           |  | الف- دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به این مواد، به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند. | ۱- پارامغناطیسی | ب- سرب و بیسموت جزء این دسته از مواد مغناطیسی هستند. | ۲- فرومغناطیسی | ج- برهم‌کنش‌های قوی بین دوقطبی‌های مغناطیسی در این مواد موجب می‌شود که دوقطبی‌ها، حتی در نبود میدان خارجی، در ناحیه‌هایی که حوزه‌های مغناطیسی نامیده می‌شوند، هم‌سو شوند. | ۳- دیامغناطیسی |
| الف- دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به این مواد، به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند.                                                                                          | ۱- پارامغناطیسی |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |            |  |                             |  |                          |  |                           |  |                                                                                  |                 |                                                      |                |                                                                                                                                                                           |                |
| ب- سرب و بیسموت جزء این دسته از مواد مغناطیسی هستند.                                                                                                                      | ۲- فرومغناطیسی  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |            |  |                             |  |                          |  |                           |  |                                                                                  |                 |                                                      |                |                                                                                                                                                                           |                |
| ج- برهم‌کنش‌های قوی بین دوقطبی‌های مغناطیسی در این مواد موجب می‌شود که دوقطبی‌ها، حتی در نبود میدان خارجی، در ناحیه‌هایی که حوزه‌های مغناطیسی نامیده می‌شوند، هم‌سو شوند. | ۳- دیامغناطیسی  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |            |  |                             |  |                          |  |                           |  |                                                                                  |                 |                                                      |                |                                                                                                                                                                           |                |
| نمره                                                                                                                                                                      |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |            |  |                             |  |                          |  |                           |  |                                                                                  |                 |                                                      |                |                                                                                                                                                                           |                |

|                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |               |  |                     |  |               |  |                 |  |      |  |
|-----------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------|--|---------------------|--|---------------|--|-----------------|--|------|--|
| آزمون شبیه‌ساز نهایی درس:   |  | فیزیک ۲                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  | تعداد صفحه: ۴ |  | رشته:               |  | ریاضی و فیزیک |  | ساعت شروع:      |  |      |  |
| دوره دوم متوسطه - یازدهم    |  | تاریخ آزمون:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  | ۱۴۰۴/۰۳/۱۶    |  | نام و نام خانوادگی: |  | مدت زمان:     |  | ۱۲۰ دقیقه       |  |      |  |
| آزمون شبیه‌ساز امتحان نهایی |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |               |  |                     |  |               |  | گروه آموزشی ماز |  |      |  |
| ردیف                        |  | سؤالات (پاسخ‌برگ دارد)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |               |  |                     |  |               |  |                 |  | نمره |  |
| ۱۳                          |  | <p>الف- استنباط خود را از شکل (۱) بیان کنید.</p> <p>ب- شکل (۲) کدام پدیده فیزیکی را نشان می‌دهد؟</p> <div><div></div><div></div></div> <p>شکل (۱)                      شکل (۲)</p>                                                                                                                                                                                                                                            |  |               |  |                     |  |               |  |                 |  | ۰.۷۵ |  |
| ۱۴                          |  | <p>دو سیم حامل جریان‌های مساوی، مطابق شکل مقابل بر صفحه‌های مختصات منطبق‌اند.</p> <p>الف- جهت میدان مغناطیسی خالص را در نقطه A تعیین کنید.</p> <p>ب- اگر در نقطه A، الکترونی در جهت محور x ها حرکت کند، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون به کدام سمت است؟</p> <div></div>                                                                                                                                                   |  |               |  |                     |  |               |  |                 |  | ۰.۵  |  |
| ۱۵                          |  | <p>در شکل (الف) و (ب) جهت جریان القایی در حلقه و در شکل (ج) با توجه به جهت جریان القایی، جهت حرکت میله CD را تعیین کنید.</p> <div><div></div><div></div><div></div></div> <p>(الف)                      (ب)                      (ج)</p>                                                                                                                                                                                      |  |               |  |                     |  |               |  |                 |  | ۰.۷۵ |  |
| ۱۶                          |  | <p>جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر کنید.</p> <p>در مدار شکل مقابل، با تغییر مقاومت رئوستا، جریان در مدار و در نتیجه میدان مغناطیسی القاگر تغییر می‌کند و در نتیجه ... (الف) ... عبوری از آن نیز تغییر می‌کند. این فرایند سبب القای ... (ب) ... در القاگر می‌شود که بنابر قانون ... (ج) ... با تغییر جریان عبوری از آن مخالفت می‌کند. این پدیده را اثر ... (د) ... می‌نامند.</p> <div></div>                               |  |               |  |                     |  |               |  |                 |  | ۱    |  |
| ۱۷                          |  | <p>پروتونی با تندی <math>4/5 \times 10^5 \frac{m}{s}</math> درون میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی <math>18 G</math>، مطابق شکل مقابل، در حرکت است. اگر نیروی مغناطیسی تنها نیروی وارد بر این پروتون باشد، اندازه شتاب حرکت پروتون را در SI محاسبه کنید و جهت شتاب را تعیین کنید. (<math>m_p = 1/6 \times 10^{-27} kg</math> و <math>e = 1/6 \times 10^{-19} C</math>)</p> <div></div> <p>شرق ←                      ← غرب</p> |  |               |  |                     |  |               |  |                 |  | ۱.۲۵ |  |



به نام خدا

|                             |  |                                                                                                                                                                                                                         |  |               |  |                     |  |               |  |            |  |
|-----------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------|--|---------------------|--|---------------|--|------------|--|
| آزمون شبیه‌ساز نهایی درس:   |  | فیزیک ۲                                                                                                                                                                                                                 |  | تعداد صفحه: ۴ |  | رشته:               |  | ریاضی و فیزیک |  | ساعت شروع: |  |
| دوره دوم متوسطه - یازدهم    |  | تاریخ آزمون:                                                                                                                                                                                                            |  | ۱۴۰۴/۰۳/۱۶    |  | نام و نام خانوادگی: |  | مدت زمان:     |  | ۱۲۰ دقیقه  |  |
| گروه آموزشی ماز             |  |                                                                                                                                                                                                                         |  |               |  |                     |  |               |  |            |  |
| آزمون شبیه‌ساز امتحان نهایی |  |                                                                                                                                                                                                                         |  |               |  |                     |  |               |  |            |  |
| ردیف                        |  | سؤالات (پاسخ‌برگ دارد)                                                                                                                                                                                                  |  |               |  |                     |  |               |  |            |  |
| ۱۸                          |  | با یک سیم نازک به طول ۹۰m، پیچۀ مسطحی به شعاع ۵cm می‌سازیم و از آن جریان ۲A عبور می‌دهیم. بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز پیچه چند تسلا است؟ $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A})$                                 |  |               |  |                     |  |               |  |            |  |
| ۱۹                          |  | پیچه‌ای با مقاومت الکتریکی ۵Ω، شامل ۲۰۰ دور سیم رسانا است و عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی قرار دارد. اگر شار مغناطیسی عبوری از پیچه با آهنگ $\frac{mWb}{s}$ کاهش یابد، بزرگی جریان القایی متوسط در پیچه چند آمپر است؟ |  |               |  |                     |  |               |  |            |  |
| ۲۰                          |  | جریان متناوبی که بیشینه آن ۵A و دوره آن $\frac{1}{25}$ ثانیه است، از یک پیچه عبور می‌کند. معادلۀ جریان را برحسب زمان در SI بنویسید.                                                                                     |  |               |  |                     |  |               |  |            |  |
| ۲۰                          |  | موفق باشید.                                                                                                                                                                                                             |  |               |  |                     |  |               |  |            |  |



SanjeshCloud

www.SanjeshCloud.ir



سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴



جمعه  
۱۴۰۴/۰۳/۱۶

تسلط بر کل کتاب



گروه آزمایشی ریاضی فیزیک - پایه یازدهم  
آزمون های شبه ساز امتحانات نهایی ماز - شب امتحان

## پاسخبرگ فیزیک

برای شباهت حداکثری به امتحانات نهایی، صفحه آرای، فونت و حتی اندازه متن در تمامی آزمون های تشریحی ماز، کاملاً یکسان با استاندارد امتحانات نهایی در نظر گرفته می شود.

حق چاپ و تکثیر سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز «گروه ماز» مجاز می باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می شود.

به دلیل عدم رضایت تیم ماز، هرگونه استفاده غیرقانونی از دفترچه سؤالات و پاسخنامه ماز برای تمامی اشخاص، شرعاً حرام است.

## نکات مهم برای گرفتن نمره کامل!

### ۱ خوش خط و خوانا بنویسید:

دقت کنید که نوشته‌هایتان خوانا و مرتب باشند. این کار نه تنها به فهم بهتر مطالب توسط مصحح کمک می‌کند، بلکه نظم و دقت شما را نیز نشان می‌دهد.

### ۲ استفاده از کلمات و جملات مشابه کتاب درسی:

تلاش کنید پاسخ‌هایتان را با عبارات و اصطلاحات موجود در کتاب درسی هماهنگ کنید. این کار باعث می‌شود مصحح ببیند که به متن درسی تسلط دارید و مستقیماً از منابع درسی استفاده کرده‌اید.

### ۳ از نوشتن مطلب اضافی خودداری کنید:

به هیچ وجه از حاشیه‌پردازی و نوشتن مطالب اضافی که در سؤال مطرح نشده است، خودداری کنید. فقط به پاسخ مستقیم سؤال بپردازید و از اضافه کردن اطلاعات غیر ضروری پرهیز کنید.

### ۴ نوشتن فرمول‌ها و مراحل کامل حل سؤال:

در مسائل محاسباتی، تنها جواب نهایی کافی نیست؛ شما باید مراحل کامل حل سؤال را به طور واضح و دقیق بنویسید. فرمول‌ها، مراحل محاسبه و دلایل انتخاب راه‌حل‌ها را حتماً ذکر کنید تا نشان دهید که روش حل مسئله را به خوبی متوجه شده‌اید.

### ۵ نوشتن یکاها و جواب نهایی:

در دروسی که نیاز به محاسبات دارند، فراموش نکنید که علاوه بر نوشتن جواب نهایی، یکاهای مربوط به هر کمیت را هم درج کنید. یکای صحیح می‌تواند نشان دهد که شما به جزئیات دقت کرده‌اید و درک صحیحی از مفهوم سؤال دارید.



به نام خدا

|                                          |                                 |                                |                             |
|------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| آزمون شبیه ساز نهایی درس: <b>فیزیک ۲</b> | تعداد صفحه: <b>۴</b>            | رشته: <b>ریاضی و فیزیک</b>     | ساعت شروع: <b>۱۲۰ دقیقه</b> |
| نام و نام خانوادگی:                      | <b>دوره دوم متوسطه - یازدهم</b> | تاریخ آزمون: <b>۱۴۰۴/۰۳/۱۶</b> | مدت زمان: <b>۱۲۰ دقیقه</b>  |

|      |         |      |
|------|---------|------|
| ردیف | پاسخبرگ | نمره |
|------|---------|------|

پاسخهای خود را در محل های تعیین شده به صورت دقیق، خوش خط و مرتب وارد کنید.

|   |                                                |      |
|---|------------------------------------------------|------|
| ۱ | الف) .....<br>ب) .....<br>ج) .....             | ۰.۷۵ |
| ۲ | .....<br>.....<br>.....                        | ۱    |
| ۳ | الف) .....<br>ب) .....<br>ج) .....<br>د) ..... | ۱    |
| ۴ |                                                | ۱.۷۵ |
| ۵ |                                                | ۱.۵  |
| ۶ | الف)<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>ب) | ۱.۲۵ |



SanjeshCloud

www.SanjeshCloud.ir



به نام خدا

|                                          |                                 |                                |                             |
|------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| آزمون شبیه ساز نهایی درس: <b>فیزیک ۲</b> | تعداد صفحه: <b>۴</b>            | رشته: <b>ریاضی و فیزیک</b>     | ساعت شروع: <b>۱۲۰ دقیقه</b> |
| نام و نام خانوادگی:                      | <b>دوره دوم متوسطه - یازدهم</b> | تاریخ آزمون: <b>۱۴۰۴/۰۳/۱۶</b> | مدت زمان: <b>۱۲۰ دقیقه</b>  |

|      |         |      |
|------|---------|------|
| ردیف | پاسخبرگ | نمره |
|------|---------|------|

پاسخهای خود را در محل های تعیین شده به صورت دقیق، خوش خط و مرتب وارد کنید.

|    |                                                |      |
|----|------------------------------------------------|------|
| ۷  | الف) .....<br>ب) .....<br>ج) .....<br>د) ..... | ۱    |
| ۸  | الف) .....<br>ب) .....                         | ۰.۷۵ |
| ۹  |                                                | ۰.۷۵ |
| ۱۰ |                                                | ۱    |
| ۱۱ | الف) .....<br>ب) .....                         | ۱.۵  |
| ۱۲ | الف) .....<br>ب) .....<br>ج) .....             | ۰.۷۵ |



به نام خدا

|                                                                             |                          |                         |                     |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|------------|
| آزمون شبیه‌ساز نهایی درس:                                                   | فیزیک ۲                  | تعداد صفحه: ۴           | رشته: ریاضی و فیزیک | ساعت شروع: |
| نام و نام خانوادگی:                                                         | دوره دوم متوسطه - یازدهم | تاریخ آزمون: ۱۴۰۴/۰۳/۱۶ | مدت زمان: ۱۲۰ دقیقه |            |
| ردیف                                                                        | پاسخبرگ                  |                         |                     |            |
| پاسخ‌های خود را در محل‌های تعیین شده به صورت دقیق، خوش خط و مرتب وارد کنید. |                          |                         |                     |            |

|    |                                                |      |
|----|------------------------------------------------|------|
| ۱۳ | الف) .....<br>ب) .....                         | ۰.۷۵ |
| ۱۴ | الف) .....<br>ب) .....                         | ۰.۵  |
| ۱۵ | الف) .....<br>ب) .....<br>ج) .....             | ۰.۷۵ |
| ۱۶ | الف) .....<br>ب) .....<br>ج) .....<br>د) ..... | ۱    |
| ۱۷ |                                                | ۱.۲۵ |
| ۱۸ |                                                | ۱    |
| ۱۹ |                                                | ۱    |

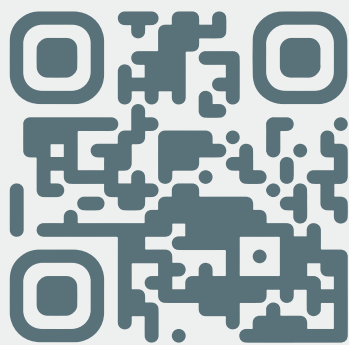


**SanjeshCloud**  
www.SanjeshCloud.ir



به نام خدا

|                                                                             |                                 |                                |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| آزمون شبیه‌ساز نهایی درس: <b>فیزیک ۲</b>                                    | تعداد صفحه: <b>۴</b>            | رشته: <b>ریاضی و فیزیک</b>     | ساعت شروع: <b>۱۲۰ دقیقه</b> |
| نام و نام خانوادگی:                                                         | <b>دوره دوم متوسطه - یازدهم</b> | تاریخ آزمون: <b>۱۴۰۴/۰۳/۱۶</b> | مدت زمان: <b>۱۲۰ دقیقه</b>  |
| <b>ردیف</b>                                                                 | <b>پاسخبرگ</b>                  |                                |                             |
| پاسخ‌های خود را در محل‌های تعیین شده به صورت دقیق، خوش خط و مرتب وارد کنید. |                                 |                                |                             |
| <b>۲۰</b>                                                                   | <b>۰.۷۵</b>                     |                                |                             |
|                                                                             | <b>موفق باشید</b>               |                                |                             |
|                                                                             | <b>۲۰</b>                       |                                |                             |



سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴



دفترچه پاسخ

تسلط بر کل کتاب



جمعه

۱۴۰۴/۰۳/۱۶



# ماز

گروه آزمایشی ریاضی فیزیک - پایه یازدهم  
آزمون جامع شبیه ساز امتحانات نهایی ماز - شب امتحان

| درسی  | مسئول درس     | ویراستاری                       |
|-------|---------------|---------------------------------|
| فیزیک | زهره آقامحمدی | نرجس تیمناک - مروارید شاه حسینی |

برای شباهت حداکثری به امتحانات نهایی، صفحه آرای، فونت و حتی اندازه متن در تمامی آزمون های تشریحی ماز، کاملاً یکسان با استاندارد امتحانات نهایی در نظر گرفته می شود.

حق چاپ و تکثیر سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز «گروه ماز» مجاز می باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می شود.

به دلیل عدم رضایت تیم ماز، هرگونه استفاده غیرقانونی از دفترچه سؤالات و پاسخنامه ماز برای تمامی اشخاص، شرعاً حرام است.

## راهنمای پاسخنامه برای بچه‌های مازی!

### مصَحَّح شو:



پاسخ دقیق سؤال این‌جا میاد و اسمش روشه: «مصَحَّح شو»، می‌خواد شما رو به یه مصَحَّح حرفه‌ای و دقیق تبدیل کنه که بدونین موقع ارزیابی جواب‌هاتون باید حواستون به چی باشه تا توی آزمون‌های بعدی دقیق‌تر عمل کنین. اگه جواب یه سؤال رو بشه به شکل‌های مختلف بیان کرد، اون هم، این‌جا بهتون گفتیم.

### بررسی دقیق‌تر:



اگه پاسخ کوتاه به سؤال کافی نباشه تا ببینین چطوری باید به جواب برسین، توی این بخش با بررسی دقیق‌تر جواب، سؤال رو براتون توضیح دادیم.

### نقشه نهایی:



امتحان نهایی قوانین و قواعد خاص خودش رو داره؛ شما باید بدونین تیپ‌های رایج سؤال‌های امتحان نهایی چیه و باید چطوری بهش جواب بدین. این کادر، مشاوره حرفه‌ای ماست به شما تا فوت و فن‌های امتحان نهایی رو یاد بگیرین.

### ۲۰ شو:



توی «۲۰ شو»، مبحث هر سؤال رو براتون مرور یا جمع‌بندی کردیم؛ «۲۰ شو» و درسنامه‌هاش دقیقاً فاصله بین نمره خوب و نمره ۲۰ رو براتون پر می‌کنه.

### نکته طلایی:



با وجود «۲۰ شو»، که کلی درسنامه مفصل داره، باز هم اگه نکته مهم و مفیدی بود، توی این کادر براتون آوردیم.

# زودبسته

دوپینگ فوری برای شب امتحان

اگه قصد دارید خیلی زود به نمره ۲۰ برسید، دوره «زوده ۲» برای شماست!

- ۶ مرحله آزمون شبیه‌ساز و پیش‌بینی نهایی برای ۶ درس امتحان نهایی
- تصحیح فوری آزمون شب امتحان به سبک آموزش و پرورش
- جزوه دوپینگ فوری شب امتحان + راهنمای کامل تشریحی‌نویسی ویژه هر درس

هدیه ویژه: بسته کتاب‌های ۲۰ شو در اپلیکیشن دیجی‌ماز



SanjeshCloud

www.SanjeshCloud.ir



| راهنمای تصحیح آزمون نهایی درس: فیزیک ۲ |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | رشته: ریاضی و فیزیک |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| دوره دوم متوسطه - یازدهم               | تاریخ آزمون: ۱۴۰۴/۰۳/۱۶                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ساعت شروع:          |
| مدت زمان: ۱۲۰ دقیقه                    | گروه آموزشی ماز                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                     |
| ردیف                                   | راهنمای تصحیح                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | نمره                |
| ۰.۷۵                                   | <p>مصحح شو:</p> <p>الف) کوانتیده بودن (۰/۲۵) (ص ۴)    ب) صفر (۰/۲۵) (ص ۲۸)    ج) افزایش (۰/۲۵) (ص ۳۴)</p> <p><b>نقشه نهایی:</b></p> <p>سؤالات جاذبی جزء دسته سؤالات رایج و مهم در امتحانات تشریحی هستند که هم می‌توانند بسیار ساده و هم بسیار مبهم باشند. راه حل مهم برای پاسخ دادن به این سؤالات این است که تسلط زیادی روی متن کتاب درسی داشته باشید و بدانید که تنها دانستن تعاریف کتاب درسی باعث نمی‌شود که بتوانید به تمامی این گونه سؤالات پاسخ دهید. چون گاهی ممکن است یک سؤال جاذبی از بخش‌های کمتر توجه شده کتاب درسی مانند توضیح شکل‌ها طراحی شود. پس باید تسلط خود را بر تمام مطالب کتاب درسی بیافزایید.</p> <p><b>بررسی دقیق‌تر:</b></p> <p><b>الف) متن کتاب درسی:</b></p> <p>در تجربه‌هایی مانند مالش اجسام به یکدیگر اگر جسم خنثی الکترون به دست آورد یا از دست بدهد، همواره بار الکتریکی مشاهده شده جسم، مضرب درستی از بار بنیادی <math>e</math> است:</p> $q = \pm ne \quad n = 0, 1, 2, \dots$ <p>در این رابطه، <math>n</math> تعداد الکترون‌هایی است که جسم می‌گیرد یا از دست می‌دهد و <math>e</math> بار بنیادی و برابر <math>e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}</math> است. علامت مثبت برای حالتی است که جسم الکترون از دست بدهد و علامت منفی برای حالتی است که جسم الکترون بگیرد.</p> <p>یک مثال آشنا از کوانتیده بودن یک کمیت، تعداد دانش‌آموزان یک کلاس یا تعداد تخم‌مرغ‌های درون یک ظرف است. برای مثال ما نمی‌توانیم <math>24/3</math> دانش‌آموز در یک کلاس و یا <math>12/4</math> تخم‌مرغ در یک ظرف داشته باشیم.</p> <p><b>ب) متن کتاب درسی:</b></p> <p>بار در سطح خارجی رسانا به گونه‌ای توزیع می‌شود که میدان الکتریکی در داخل رسانا صفر شود. پدیده القا ناشی از همین واقعیت است. مثلاً در شکل زیر، جسم رسانای خنثایی در میدان الکتریکی خارجی میله باردار قرار گرفته است. وقتی یک رسانای خنثی را در یک میدان الکتریکی خارجی قرار می‌دهیم، بار طوری روی سطح خارجی توزیع می‌شود (القا می‌شود) که میدان الکتریکی ناشی از آن اثر میدان خارجی را درون رسانا خنثی کند و بدین ترتیب میدان الکتریکی خالص درون رسانا صفر شود.</p> <div data-bbox="443 1294 1018 1550" data-label="Image"> </div> <p>نزدیک کردن میله باردار منفی به گوی فلزی خنثایی که روی پایه عایقی قرار گرفته است، موجب ایجاد بارهای القایی مثبت و منفی در دو طرف گوی فلزی می‌شود.</p> <p><b>ج) متن کتاب درسی:</b></p> <p>اگر فضای میان صفحه‌های یک خازن را با ماده‌ای عایق (مانند کاغذ یا پلاستیک) که به آن دی‌الکتریک گفته می‌شود، پر کنیم برای ظرفیت خازن چه پیش می‌آید؟ مایکل فاراده نخستین بار در سال ۱۸۳۷ میلادی، با استفاده از وسایل ساده‌ای دریافت که ظرفیت خازن با ضریبی موسوم به ثابت دی‌الکتریک ماده عایق (که آن را با <math>\kappa</math> نشان می‌دهند) افزایش می‌یابد، یعنی اگر ظرفیت خازن بدون دی‌الکتریک را با <math>C_0</math> نمایش دهیم، آن‌گاه ظرفیت خازن با دی‌الکتریک برابر است با:</p> $C = \kappa C_0$ |                     |
| ۲                                      | <p>مصحح شو:</p> <p>یک جسم رسانای دوکی شکل را روی پایه عایق قرار دهید و آن را با تماس کلاهک مولد وان دوگراف باردار کنید. (۰/۲۵)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ۱                   |

گلوله‌ای فلزی را که به دسته‌ای عایق متصل است با بخش پهن دوک تماس داده و سپس گلوله را به سر الکتروسکوپ تماس دهید. (۰/۲۵) همین آزمایش را پس از خنثی کردن الکتروسکوپ و گوی فلزی با تماس با دستتان، با نوک تیز دوک انجام دهید. (۰/۲۵) خواهید دید که انحراف ورقه‌های الکتروسکوپ در حالت دوم (نوک تیز دوک) بیش‌تر از انحراف ورقه‌ها در حالت اول (بخش پهن دوک) است. (۰/۲۵) (ص ۳۰)

**نقشه نهایی:**

سؤالات طراحی آزمایش، از سؤالات رایج در امتحانات تشریحی هستند. برای پاسخ دادن به این سؤالات، متن آزمایش‌های کتاب درسی، فعالیت‌هایی که به صورت طراحی آزمایش هستند و مطالبی که در متن کتاب به بررسی یک آزمایش پرداخته است (مانند این آزمایش)، با دقت مطالعه و بررسی کنید.

**مصحح شو:**

الف) کاهش (۰/۲۵) ب) کاهش (۰/۲۵) ج) افزایش (۰/۲۵) د) کاهش (۰/۲۵)

(ص ۱۸ و ۲۱ تا ۲۴)

**۲۰شو:**

در حرکت یک بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی به نکات زیر توجه کنید:  
(۱) بدون توجه به نوع بار، اگر تراکم خط‌های میدان الکتریکی افزایش یابد، بزرگی میدان الکتریکی افزایش می‌یابد. اگر تراکم خط‌ها کاهش یابد، بزرگی میدان کاهش می‌یابد.  
(۲) طبق رابطه  $F = E|q|$ ، در هر نقطه‌ای که میدان قوی‌تر است، نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی  $q$  بیش‌تر است.  
(۳) بدون توجه به نوع بار الکتریکی، در جهت خط‌های میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی کاهش و در خلاف جهت خط‌های میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.  
(۴) اگر بار الکتریکی، در جهت دلخواه خود جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد و اگر بار الکتریکی در خلاف جهت دلخواه خود جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.  
در نتیجه می‌توان گفت، اگر بار مثبت در جهت میدان الکتریکی حرکت کند، انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد و اگر خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت کند، انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد.  
همچنین اگر بار منفی در جهت میدان الکتریکی حرکت کند، انرژی پتانسیل آن افزایش و اگر خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت کند، انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد.

**بررسی دقیق‌تر:**

الف) در حرکت از A به B تراکم خطوط میدان الکتریکی کاهش می‌یابد، پس اندازه میدان الکتریکی کاهش می‌یابد.  
ب) طبق رابطه  $F = E|q|$  چون در جابه‌جایی بار از A به B، اندازه میدان الکتریکی کاهش می‌یابد، پس نیروی وارد بر بار الکتریکی کاهش می‌یابد.  
ج) جابه‌جایی از A به B، خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی است، پس پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.  
د) چون الکترون (بار منفی) خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت می‌کند، انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد.

**مصحح شو:**

$$F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} \quad (۰/۲۵) \Rightarrow F_{13} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(3\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} \quad (۰/۲۵) \Rightarrow F_{13} = 40 \text{ N} \quad (۰/۲۵)$$

$$F_{23} = F_{13} = 40 \text{ N} \quad (۰/۲۵)$$

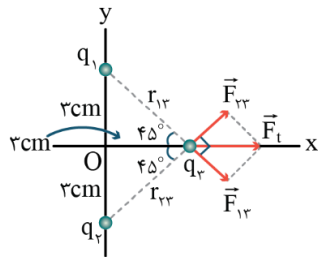
$$F_t = \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2} \quad (۰/۲۵) \Rightarrow F_t = 40\sqrt{2} \text{ N} \quad (۰/۲۵) \Rightarrow \vec{F}_t = 40\sqrt{2} \vec{i} \text{ (N)} \quad (۰/۲۵)$$

۱.۷۵

(ص ۸ تا ۱۰)

۴

با توجه به اعداد داده شده روی شکل، فاصله بارهای  $q_1$  و  $q_2$  از بار  $q_3$  را با استفاده از رابطه فیثاغورس محاسبه می کنیم:



$$r_{13} = r_{23} = \sqrt{3^2 + 3^2} = 3\sqrt{2} \text{ cm} = 3\sqrt{2} \times 10^{-2} \text{ m}$$

اکنون با استفاده از قانون کولن، اندازه نیروی بین بارهای  $q_1$  و  $q_2$  با بار  $q_3$  را محاسبه می کنیم. توجه کنید که چون فاصله بارهای  $q_1$  و  $q_2$  تا بار  $q_3$  و همچنین اندازه بارهای  $q_1$  و  $q_2$  یکسان است، این دو نیرو برابرند:

$$F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} \quad \begin{matrix} q_1 = 2 \times 10^{-6} \text{ C}, q_3 = 4 \times 10^{-6} \text{ C} \\ r_{13} = 3\sqrt{2} \times 10^{-2} \text{ m}, k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \end{matrix} \rightarrow F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(3\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 8 \times 10^{-12}}{18 \times 10^{-4}} = 40 \text{ N}$$

$$F_{23} = F_{13} = 40 \text{ N}$$

اکنون با توجه به علامت بارها، نیروهای وارد بر بار  $q_3$  را رسم می کنیم. هر دو نیروی وارد بر بار  $q_3$ ، از نوع دافعه و همچنین برهم عمودند. پس بزرگی نیروی خالص از رابطه فیثاغورس به دست می آید. همچنین چون بزرگی نیروها باهم برابرند و زاویه هر کدام، با محور  $x$  ها برابر  $45^\circ$  است، براینشان روی محور  $x$  قرار می گیرد.

$$F_t = \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2} = \sqrt{40^2 + 40^2} = 40\sqrt{2} \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_t = 40\sqrt{2} \hat{i} \text{ (N)}$$

مصحح شو:

$$E = \frac{V}{d} \quad (0/25) \Rightarrow E = \frac{30}{5 \times 10^{-2}} = 600 \frac{\text{V}}{\text{m}} \quad (0/25)$$

$$W_E = K_B - K_A \quad (0/25) \Rightarrow E|q|d \cos \theta = \frac{1}{2} m v_B^2 \quad (0/25)$$

$$\Rightarrow 600 \times 5 \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2} \times 1 = \frac{1}{2} \times 15 \times 10^{-6} \times v_B^2 \quad (0/25) \Rightarrow v_B = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (0/25)$$

(ص ۲۱ تا ۲۳)

بررسی دقیق تر:

ابتدا با توجه به اختلاف پتانسیل الکتریکی و فاصله بین دو صفحه، بزرگی میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه را محاسبه می کنیم:

$$E = \frac{V}{d} \quad \begin{matrix} V = 30 \text{ V} \\ d = 5 \text{ cm} = 5 \times 10^{-2} \text{ m} \end{matrix} \rightarrow E = \frac{30}{5 \times 10^{-2}} = 600 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

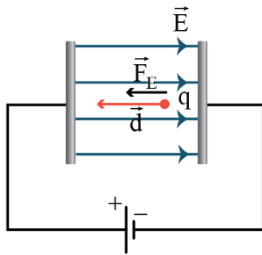
اکنون با توجه به قضیه کار - انرژی جنبشی داریم:

$$W_t = K_B - K_A$$

چون اثر وزن و نیروی مقاومت هوا صرف نظر شده است، پس تنها نیروی الکتریکی روی ذره کار انجام می دهد:

$$W_E = K_B - K_A \quad \begin{matrix} W_E = E|q|d \cos \theta \\ K = \frac{1}{2} m v^2 \end{matrix} \rightarrow E|q|d \cos \theta = \frac{1}{2} m (v_B^2 - v_A^2)$$

چون ذره بدون تندی اولیه از نقطه A رها می شود، پس  $v_A = 0$  است. همچنین زاویه بین نیروی الکتریکی و جابه جایی (d) برابر صفر است:



$$E|q|d = \frac{1}{2}mv_B^2 \quad \begin{matrix} E=600 \frac{V}{m}, q=-5 \times 10^{-7} C \\ d=4 \times 10^{-2} m, m=15 \times 10^{-6} kg \end{matrix}$$

$$600 \times 5 \times 10^{-7} \times 4 \times 10^{-2} = \frac{1}{2} \times 15 \times 10^{-6} \times v_B^2$$

$$\Rightarrow v_B = 16 \times 10^2 \Rightarrow v_B = 40 \frac{m}{s}$$

مصحح شو:

$\Delta V = V_1$  (۰/۲۵)

(الف)

$C = \frac{\Delta Q}{\Delta V}$  (۰/۲۵)  $\Rightarrow 12 = \frac{36}{V_1} \Rightarrow V_1 = 3V$  (۰/۲۵)

$U_1 = \frac{1}{2}CV_1^2$  (۰/۲۵)  $\Rightarrow U_1 = \frac{1}{2} \times 12 \times (3)^2 = 54 \mu J$  (۰/۲۵)

(ب)

(ص ۳۳ و ۳۹)

یادگیری بیشتر:

$$C = \frac{Q}{V}$$

ظرفیت خازن، به اندازه بار خازن و نیز اختلاف پتانسیل الکتریکی دو صفحه آن بستگی ندارد:

یعنی اگر ساختمان خازن را تغییر ندهیم، نسبت  $\frac{Q}{V}$ ، همواره ثابت است.

پس V را با هر نسبتی تغییر دهیم، Q هم با همان نسبت تغییر می کند. مثلاً اگر V را دو برابر کنیم، Q هم دو برابر می شود یا اگر V را ۲۰ درصد کاهش دهیم، Q هم ۲۰ درصد کاهش می یابد.

۱.۲۵

$$\frac{Q_1}{V_1} = \frac{Q_2}{V_2} \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{V_2}{V_1} \quad (1)$$

همچنین می توان نوشت:

$$Q_2 - Q_1 = CV_2 - CV_1 = C(V_2 - V_1) \Rightarrow C = \frac{\Delta Q}{\Delta V} \quad (2)$$

بررسی دقیق تر:

(الف) اگر اختلاف پتانسیل دو سر خازن دو برابر شود ( $V_2 = 2V_1$ )، داریم:

$$\Delta V = V_2 - V_1 \xrightarrow{V_2=2V_1} \Delta V = 2V_1 - V_1 = V_1$$

در نتیجه طبق رابطه (۲) در یادگیری بیشتر، می توان نوشت:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta V} \xrightarrow{C=12 \mu F, \Delta V=V_1} 12 = \frac{36}{V_1} \Rightarrow V_1 = 3V$$

(ب) طبق رابطه انرژی خازن،  $U = \frac{1}{2}CV^2$ ، داریم:

$$U_1 = \frac{1}{2}CV_1^2 \xrightarrow{V_1=3V, C=12 \mu F} U_1 = \frac{1}{2} \times 12 \times 9 = 54 \mu J$$

توجه کنید پیشوند یکاهای بار الکتریکی، ظرفیت و انرژی خازن را یکسان قرار دادیم و نیازی به تبدیل یکا در SI نیست.



مصحح شو:

الف) نادرست (۰/۲۵) (ص ۵۲ و ۵۳) ب) درست (۰/۲۵) (ص ۵۰) ج) درست (۰/۲۵) (ص ۶۲) د) درست (۰/۲۵) (ص ۵۹)

نقشه نهایی:

سؤالات صحیح / غلط جزء پرتکرارترین و شاید سختترین بخشهای آزمون تشریحی برای دانش آموزان هستند، با دقت و آرامش زیاد، این سؤالات را تحلیل کنید و به کوچکترین کلمات و فعلهای این پرسشها بسیار دقت کنید.

بررسی دقیق تر:

ب) متن کتاب درسی:

اگر مقاومت الکتریکی در ولتاژهای مختلف (در دمای ثابت)، مقدار ثابتی باشد، اصطلاحاً گفته می شود آن وسیله از قانون اهم پیروی می کند و آن وسیله را مقاومت یا رسانای اهمی می نامند. به عبارتی جریان عبوری از یک مقاومت اهمی همواره با اختلاف پتانسیل اعمال شده به دو سر آن رابطه مستقیم دارد. این قانون برای فلزات و بسیاری از رساناهای غیرفلزی در دمای ثابت برقرار است.

ج) متن کتاب درسی:

کاری که منبع نیروی محرکه الکتریکی روی واحد بار الکتریکی مثبت انجام می دهد تا آن را از پایانه با پتانسیل کمتر به پایانه با پتانسیل بیش تر ببرد، اصطلاحاً نیروی محرکه الکتریکی (emf) نامیده و با رابطه زیر تعریف می شود:

$$\varepsilon = \frac{\Delta W}{\Delta q}$$

$$(1V = 1 \frac{J}{C})$$

یکای کمیت نیروی محرکه الکتریکی همان یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی، یعنی ولت (V) است.

د) متن کتاب درسی:

مقاومت نوری، نوعی مقاومت است که مقاومت الکتریکی آن به نور تابیده شده به آن بستگی دارد، به طوری که با افزایش شدت نور، از مقاومت آن کاسته می شود.

مصحح شو:

الف) پتانسیومتر (۰/۲۵) (ص ۵۷)

۰.۷۵

ب) در برخی مواد، مانند جیوه و قلع با کاهش دما، مقاومت ویژه در دمای خاصی به صورت ناگهانی به صفر افت می کند و در دماهای پایین تر، همچنان صفر می ماند. این پدیده را ابررسانایی می گویند. (۰/۵) (ص ۵۳)

مصحح شو:

۰.۷۵

$$R_T = R_1(1 + \alpha \Delta T) \quad (0/25)$$

$$15 = 10(1 + \alpha \times 200) \quad (0/25) \Rightarrow \alpha = 2/5 \times 10^{-4} \frac{1}{K} \quad (0/25)$$

مصحح شو:

$$V = IR \quad (0/25) \Rightarrow 36 = 0.4 R_{eq} \Rightarrow R_{eq} = 90 \Omega \quad (0/25)$$

$$R_{eq} = R + R_A \quad (0/25) \Rightarrow 90 = R + 1/5 \Rightarrow R = 88/5 \Omega \quad (0/25)$$

(مشابه مثال ۱۱-۲ ص ۷۱)

بررسی دقیق تر:

توجه کنید که در این مدار، ولت سنج و آمپرسنج آرمانی نیستند، چون مقاومت داخلی ولت سنج آرمانی بسیار زیاد (بی نهایت) و مقاومت داخلی آمپرسنج آرمانی بسیار کم (در حدود صفر) است. ولت سنج، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R و آمپرسنج را نشان می دهد:

$$V = IR_{eq} \xrightarrow{V=36V, I=0.4A} R_{eq} = \frac{36}{0.4} = 90 \Omega$$

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|      | مقاومت $R$ و آمپرسنج، متوالی هستند و مقاومت معادل آنها، برابر مجموع مقاومت های آنهاست:                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|      | $R_{eq} = R + R_A \xrightarrow{R_A = 1/5 \Omega} 90 = R + 1/5 \Rightarrow R = 88/5 \Omega$                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|      | مصَحَّح شو:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|      | (الف) $R_{eq} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \quad (0/25) \Rightarrow R_{eq} = 10 + \frac{4 \times 12}{16} = 13 \Omega \quad (0/25)$                                                                                                                                                                                                                         |    |
|      | (ب) $12 \times 0/5 = 4 \times I_3 \quad (0/25) \Rightarrow I_3 = 1/5 A \quad (0/25)$                                                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|      | $I = I_3 + I_4 \quad (0/25) \Rightarrow I = 1/5 + 0/5 = 2 A \quad (0/25)$                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|      | (ص ۷۰ تا ۷۴)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
| ۱.۵  | راهنمای مصحح:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|      | در پاسخ قسمت (الف) اگر دانش آموز مقاومت معادل $R_2$ و $R_3$ را حساب کرده و سپس مقاومت معادل را محاسبه کند، نمره کامل منظور گردد.                                                                                                                                                                                                                                |    |
|      | بررسی دقیق تر:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ۱۱ |
|      | (الف) مقاومت های $R_2$ و $R_3$ موازی اند و معادل آنها با مقاومت $R_1$ متوالی است:                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|      | $R_{2,3} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{12 \times 4}{12 + 4} = 3 \Omega$                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|      | $R_{eq} = R_1 + R_{2,3} = 10 + 3 = 13 \Omega$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|      | (ب) چون مقاومت های $R_2$ و $R_3$ موازی اند، اختلاف پتانسیل دو سر آنها برابر است:                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|      | $V_2 = V_3 \Rightarrow I_2 R_2 = I_3 R_3 \xrightarrow{I_2 = 0/5 A, R_2 = 12 \Omega, R_3 = 4 \Omega} 0/5 \times 12 = I_3 \times 4 \Rightarrow I_3 = 1/5 A$                                                                                                                                                                                                       |    |
|      | در نهایت، جریان عبوری از باتری برابر با مجموع جریان های $I_2$ و $I_3$ است:                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|      | $I = I_2 + I_3 = 0/5 + 1/5 = 2 A$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|      | مصَحَّح شو:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|      | (الف) پارامغناطیسی (۰/۲۵) (ص ۱۰۲) (ب) دیامغناطیسی (۰/۲۵) (ص ۱۰۲)                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|      | (ج) فرومغناطیسی (۰/۲۵) (ص ۱۰۲)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|      | بررسی دقیق تر:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
| ۰.۷۵ | (الف) متن کتاب درسی:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | ۱۲ |
|      | اتم های مواد پارامغناطیسی، خاصیت مغناطیسی دارند اما دوقطبی های مغناطیسی وابسته به آنها، به طور کاتوره ای سمت گیری کرده اند و میدان مغناطیسی خالصی ایجاد نمی کنند.                                                                                                                                                                                               |    |
|      | (ب) متن کتاب درسی:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|      | اتم های مواد دیامغناطیسی نظیر مس، نقره، سرب و بیسموت، به طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی اند.                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|      | (ج) متن کتاب درسی:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|      | نوع دیگری از مواد به نام مواد فرومغناطیسی وجود دارند که اتم های آنها به طور ذاتی دارای دوقطبی مغناطیسی هستند. آهن، نیکل، کبالت و بسیاری از آلیاژهای دارای این عناصر فرومغناطیسی اند. برهم کنش های قوی بین دوقطبی های مغناطیسی در این مواد موجب می شود که این دوقطبی ها، حتی در نبود میدان خارجی، در ناحیه هایی که حوزه های مغناطیسی نامیده می شوند، هم سو شوند. |    |
|      | مصَحَّح شو:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
| ۰.۷۵ | (الف) تک قطبی مغناطیسی وجود ندارد (۰/۲۵) و قطب های مغناطیسی به صورت زوج ظاهر می شوند. (۰/۲۵)                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|      | (ب) القای خاصیت مغناطیسی (۰/۲۵)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | ۱۳ |
|      | (پرسش ۳-۲ ص ۸۵)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |

بررسی دقیق تر:

الف) از شکل، مشخص است که با شکستن آهنربا، هر قطعه شکسته نیز دارای دو قطب N و S است. یعنی قطب های مغناطیسی را نمی توان با شکستن از هم جدا کرد و همواره به صورت زوج ظاهر می شوند. هیچ گواه تجربی بر وجود تک قطبی مغناطیسی وجود ندارد. در واقع در مواد مغناطیسی، اتم ها یا مولکول های سازنده آن ها خاصیت مغناطیسی دارند. یعنی کوچک ترین ذره های تشکیل دهنده این مواد (اتم یا مولکول ها) مانند دو قطبی مغناطیسی رفتار می کنند.

ب) این شکل نشان می دهد که در میخ خاصیت مغناطیسی القا شده است و باعث جذب واشرهای آهنی توسط میخ شده است.

مصحح شو:

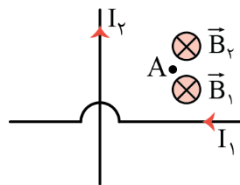
الف) درون سو  $\otimes$  (۰/۲۵) (ص ۹۵) ب) به سمت پایین (در جهت -y) (۰/۲۵) (ص ۸۹)

بررسی دقیق تر:

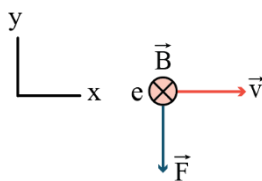
الف) با استفاده از قاعده انگشت دست راست (اگر انگشت شست دست راست، در جهت جریان سیم راست باشد، چرخش چهار انگشت دیگر جهت میدان مغناطیسی را نشان می دهد)، جهت میدان مغناطیسی ناشی از هر دو سیم را در نقطه A تعیین می کنیم.

هر دو میدان مغناطیسی در این نقطه درون سو هستند، پس میدان مغناطیسی خالص نیز که برآیند این دو میدان است، درون سو خواهد شد.

۰.۵



$$\vec{B}_t = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 \Rightarrow (\text{درون سو است.})$$



ب) اگر الکترونی در این میدان خالص درون سو، در جهت محور x ها حرکت کند، طبق قاعده دست راست (اگر چهار انگشت دست راست در جهت سرعت و کف دست به سمت میدان مغناطیسی باشد، انگشت شست، جهت نیرو را نشان می دهد). جهت نیرو در جهت -y خواهد شد. توجه کنید که چون بار الکترون منفی است باید جهت به دست آمده با دست راست را برعکس کنیم یا از همان ابتدا قاعده را با دست چپ انجام دهیم.

۱۴

مصحح شو:

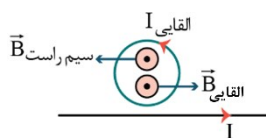
الف) پاد ساعتگرد (۰/۲۵) ب) پاد ساعتگرد (۰/۲۵) ج) به سمت راست (۰/۲۵) (ص ۱۱۷ تا ۱۱۸)

یادگیری بیشتر:

**قانون لنز:** جریان حاصل از نیروی محرکه القایی در یک مدار یا پیچ در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن، با عامل به وجود آورنده جریان القایی، یعنی تغییر شار مغناطیسی، مخالفت می کند.

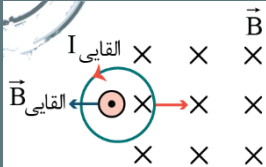
**نکته:** هرگاه شار مغناطیسی روی حلقه یا سیملوله افزایش یابد، جریان القایی در حلقه یا سیملوله در جهتی است که میدان مغناطیسی ناشی از آن در خلاف جهت میدان مغناطیسی خارجی باشد تا از افزایش شار جلوگیری کند و هرگاه شار مغناطیسی روی حلقه یا سیملوله کاهش یابد، جریان القایی در حلقه یا سیملوله در جهتی است که میدان مغناطیسی ناشی از آن در جهت میدان مغناطیسی خارجی باشد تا از کاهش شار جلوگیری کند.

۰.۷۵



الف) چون جریان سیم راست در حال کاهش است، میدان مغناطیسی و در نتیجه شار مغناطیسی روی حلقه در حال کاهش است. برای جلوگیری از کاهش شار، حلقه میدان مغناطیسی هم جهت با میدان مغناطیسی سیم راست ایجاد می کند. جهت میدان مغناطیسی سیم راست با استفاده از قاعده دست راست، در سمت حلقه، برون سو است. بنابراین میدان مغناطیسی ناشی از جریان القایی حلقه نیز باید برون سو باشد. با داشتن جهت میدان حلقه، با استفاده از قاعده دست راست، جهت جریان القایی در حلقه پاد ساعتگرد است.

۱۵



ب) با حرکت حلقه به سمت راست، حلقه وارد میدان مغناطیسی درون سو می شود. در نتیجه شار مغناطیسی روی حلقه افزایش می یابد. برای جلوگیری از افزایش شار، حلقه میدانی در خلاف جهت میدان خارجی یعنی برون سو ایجاد می کند و جهت جریان القایی با استفاده از قاعده دست راست، پادساعتگرد است.

ج) با توجه به جهت جریان القایی و استفاده از قاعده دست راست، جهت میدان مغناطیسی حلقه برون سو است. چون این میدان با میدان خارجی خلاف جهت هم هستند، یعنی شار مغناطیسی در حال افزایش بوده است. این نشان می دهد مساحت حلقه در حال افزایش بوده است، یعنی سیم CD به سمت راست حرکت می کند.

مصحح شو:

الف) شار مغناطیسی (۰/۲۵)      ب) نیروی محرکه ای (۰/۲۵)      ج) لنز (۰/۲۵)      د) خود - القاوری (۰/۲۵)

(ص ۱۱۸)

نقشه نهایی:

برخی از سؤالات جاخالی، سؤالات گزینه ای نیستند و دانش آموز باید عبارت یا واژه درست را بدون داشتن گزینه پیشنهادی جایگزین کند. در واقع این گونه سؤالات از سؤالات گزینه ای کمی مشکل تر هستند. همان نکات ذکر شده برای پاسخ به سؤالات گزینه ای را رعایت کنید و با دقت و آرامش سؤال را تحلیل کرده و سپس پاسخ دهید.

مصحح شو:

$$F_{\text{net}} = ma \quad (۰/۲۵) \Rightarrow |q|vB\sin\theta = ma \quad (۰/۲۵)$$

$$\Rightarrow 1/6 \times 10^{-19} \times 4/5 \times 10^5 \times 18 \times 10^{-4} \times 1 = 1/6 \times 10^{-27} \times a \quad (۰/۲۵)$$

$$\Rightarrow a = 81 \times 10^9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (۰/۲۵)$$

(مشابه تمرین ۹ ص ۱۰۵)

جهت شتاب به سمت غرب (سمت چپ) است. (۰/۲۵)

بررسی دقیق تر:

$$F_{\text{net}} = ma$$

طبق قانون دوم نیوتون، داریم:

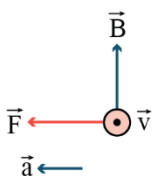
چون نیروی مغناطیسی تنها نیروی وارد بر ذره باردار است، پس نیروی خالص وارد بر ذره همان نیروی مغناطیسی است.

$$F_{\text{net}} = |q|vB\sin\theta \Rightarrow |q|vB\sin\theta = ma$$

میدان مغناطیسی بر راستای حرکت ذره عمود است، بنابراین  $\theta = 90^\circ$  است:

$$|q|vB\sin 90^\circ = ma \quad \frac{q=1/6 \times 10^{-19} \text{ C}, v=4/5 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{B=18 \text{ G}=18 \times 10^{-7} \text{ T}, m=1/6 \times 10^{-27} \text{ kg}} \rightarrow$$

$$1/6 \times 10^{-19} \times 4/5 \times 10^5 \times 18 \times 10^{-4} = 1/6 \times 10^{-27} \times a \Rightarrow a = 81 \times 10^9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



چون طبق قانون دوم نیوتون، شتاب همواره در جهت نیروی خالص است، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره را با استفاده از قاعده دست راست تعیین می کنیم، جهت این نیرو همان جهت شتاب ذره است:

مصحح شو:

$$N = \frac{L}{2\pi R} = \frac{90}{2\pi \times 5 \times 10^{-2}} = \frac{900}{\pi} \quad (۰/۲۵)$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times \frac{900}{\pi} \times 2}{2 \times 5 \times 10^{-2}} = 72 \times 10^{-4} \text{ T} \quad (۰/۲۵)$$

۱۸



(ص ۹۸)

بررسی دقیق تر:

تعداد دورهای پیچه برابر طول سیم اولیه تقسیم بر محیط پیچه است:

$$N = \frac{L}{\text{محیط پیچه}} = \frac{L}{2\pi R} \rightarrow N = \frac{L}{2\pi R} = \frac{90 \text{ m}}{2\pi \times 5 \times 10^{-2} \text{ m}} \rightarrow N = \frac{90}{2\pi \times 5 \times 10^{-2}} \Rightarrow N = \frac{900}{\pi}$$

با جایگذاری در رابطه بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز پیچه،  $B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$ ، بزرگی میدان محاسبه می شود.

مصحح شو:

$$I_{av} = \frac{|\varepsilon_{av}|}{R} \quad (0/25) \Rightarrow I_{av} = \left| -\frac{N}{R} \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \quad (0/25)$$

$$\Rightarrow I_{av} = \left| -\frac{200}{5} \times (-0/5 \times 10^{-3}) \right| \quad (0/25) \Rightarrow I_{av} = 0/2 \text{ A} \quad (0/25)$$

(ص ۱۱۳)

بررسی دقیق تر:

جریان القایی متوسط در حلقه، طبق قانون اهم برابر نسبت نیروی محرکه القایی متوسط به مقاومت حلقه است. بزرگی این جریان برابر است با:

$$I_{av} = \frac{|\varepsilon_{av}|}{R}$$

$$\varepsilon_{av} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

طبق قانون القای فاراده، نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه برابر است با:

که در آن  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  آهنگ تغییر شار مغناطیسی برحسب وبر بر ثانیه  $(\frac{\text{Wb}}{\text{s}})$  است:

$$I_{av} = \left| -\frac{N}{R} \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \frac{N=200, R=5\Omega}{\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -0/5 \times 10^{-3} \frac{\text{Wb}}{\text{s}}} \rightarrow I_{av} = \left| -\frac{200}{5} \times (-0/5 \times 10^{-3}) \right| \Rightarrow I_{av} = 0/2 \text{ A}$$

مصحح شو:

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right) \quad (0/25) \Rightarrow I = 5 \sin\left(\frac{2\pi}{1}{t}\right) \quad (0/25)$$

$$\Rightarrow I = 5 \sin(50\pi t) \quad (0/25)$$

(ص ۱۲۳ تا ۱۲۵)

راهنمای مصحح:

اگر دانش آموزی پس از نوشتن معادله اول، معادله نهایی را بنویسد نمره کامل منظور گردد.

بررسی دقیق تر:

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$$

معادله جریان متناوب عبوری از پیچه یا حلقه، برحسب زمان به صورت مقابل است:

که در آن  $I_m$ ، بیشینه جریان و  $T$  دوره آن است:

$$\frac{T=1}{25} \text{ s} \rightarrow I = 5 \sin\left(\frac{2\pi}{1}{t}\right) = 5 \sin(50\pi t)$$

۰.۷۵

۲۰

دوینگ

فوری

شب

امتحان

خلاصه کامل و جامع

برای مرور سریع

پایه یازدهم (رشته ریاضی فیزیک)

فیزیک



دو نوع بار الکتریکی وجود دارد. این دو نوع بار الکتریکی توسط دانشمند آمریکایی بنیامین فرانکلین، بار مثبت و بار منفی نام گذاری شد. استفاده از علامت‌های جبری به جای نام‌های دیگر این مزیت را دارد که وقتی در یک جسم از این دو نوع بار به مقدار مساوی وجود داشته باشد، جمع جبری بارهای جسم، صفر می‌شود که به معنای خنثی بودن آن جسم است.

#### نکات:

- ۱- نیروی الکتریکی بین بارهای همانام از نوع دافعه (رانشی) و نیروی بین بارهای ناهمنام از نوع جاذبه (ربایشی) است.
- ۲- یکای بار الکتریکی در SI، کولن (C) است. توجه کنید یک کولن مقدار بار بزرگی است. مثلاً در یک آذرخش نوعی، باری از مرتبه  $10^9$  به زمین منتقل می‌شود. در مالش شانه پلاستیکی با موهای سر، بارهای منتقل شده از مرتبه نانوکولن (nC) است.
- ۳- باردار بودن یک جسم و نوع بار آن را می‌توانیم با الکتروسکوپ (برق‌نما) تعیین کنیم.

#### بار بنیادی:

اندازه بار منفی الکترون دقیقاً برابر با اندازه بار مثبت پروتون است. این مقدار را بار بنیادی (با نماد  $e$ ) می‌گویند که برابر است با:  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

#### نکات:

- ۱- در یک اتم خنثی، تعداد الکترون‌ها برابر با تعداد پروتون‌های هسته است، بنابراین جمع جبری همه بارها (بار خالص) دقیقاً برابر با صفر است.
- ۲- در هنگام مالش، با انتقال تعدادی الکترون از یک جسم به جسمی دیگر، تعادل بارها در اتم خنثی بر هم می‌خورد و جسمی که الکترون از دست می‌دهد، بار الکتریکی خالص آن مثبت می‌گردد و همچنین جسمی که الکترون اضافی دریافت می‌کند، بار الکتریکی خالص آن منفی می‌شود.
- ۳- به دست آوردن یا از دست دادن الکترون دو جسم در تماس با یکدیگر را می‌توان براساس جدولی موسوم به **سری الکتریسیته مالشی (تریبو الکتریک)** معلوم کرد. (در این جدول، مواد پایین‌تر، الکترون‌خواهی بیشتری دارند.)

| سری الکتریسیته مالشی (تریبو الکتریک) |
|--------------------------------------|
| انتهای مثبت سری                      |
| موی انسان                            |
| شیشه                                 |
| نایلون                               |
| پشم                                  |
| ابریشم                               |
| آلومینیم                             |
| پارچه کتان                           |
| کهربا                                |
| برنج، نقره                           |
| پلاستیک، پلی اتیلن                   |
| لاستیک                               |
| تفلون                                |
| انتهای منفی سری                      |

- ۴- ممکن است دو جسمی که با هم در تماس‌اند یا به هم مالش داده می‌شوند، همجنس باشند و تعدادی الکترون از یکی به دیگری منتقل شود و هر دو جسم، باردار شوند، مانند باردار شدن دو قطعه کیسه پلاستیکی که به هم مالش داده می‌شوند.
- ۵- چون در اجسام نارسانا، مانند چوب، پلاستیک و ... بار در محل ایجاد شده باقی می‌ماند و نمی‌تواند به تمام سطح و یا دیگر اجسام در تماس با آن‌ها منتقل شود، روش مالش برای باردار کردن این اجسام مناسب‌تر است.
- البته یکی از جسم‌ها می‌تواند قطعه فلزی باشد که به دسته نارسانایی متصل شده است. ولی اگر هر دو جسم، فلز باشند، حتی اگر به دسته‌های نارسانایی متصل شوند، روش مالش برای باردار کردن آن‌ها بی‌نتیجه است.

#### اصل پایستگی بار الکتریکی:

مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی، ثابت است؛ یعنی بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد. تاکنون هیچ آزمایشی این اصل را نقض نکرده است.

#### نکات:

- ۱- منظور از دستگاه منزوی در اینجا دستگاهی است که نه از محیط اطراف خود بار بگیرد و نه به آن بار بدهد.
- ۲- اگر دو گوی یا کره رسانای باردار هم‌اندازه و مشابه را به هم تماس دهیم و سپس از هم دور کنیم، طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، بار نهایی آن‌ها با هم برابر و برابر نصف مجموع بار آن‌ها قبل از تماس خواهد شد:

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2}$$





### اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی:

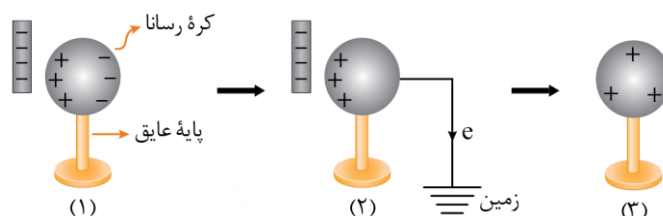
در تجربه‌هایی مانند مالش اجسام به یکدیگر اگر جسم خنثی الکترون به دست آورد یا از دست بدهد، همواره بار الکتریکی مشاهده شده جسم، مضرب درستی از بار بنیادی  $e$  است:

$$q = \pm ne, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

علامت مثبت برای حالتی است که جسم الکترون از دست بدهد و علامت منفی برای حالتی است که جسم الکترون بگیرد.

### القای بار الکتریکی:

یک جسم باردار را به یک جسم رسانای خنثی که روی پایه عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم. سپس برای لحظه‌ای جسم رسانا را به زمین وصل می‌کنیم یا آن را با دست لمس می‌کنیم. بارهای همانا با بار جسم باردار، خنثی می‌شوند و بار جسم رسانا، ناهمنام با بار جسم باردار می‌شود. به مراحل شکل زیر توجه کنید:



### نکات:

- ۱- توجه کنید که بار میله باردار در این آزمایش تغییری نمی‌کند.
- ۲- در شکل (۱) اگر میله باردار را دور کنید، بارهای کره رسانا دوباره به حالت اول برمی‌گردند و بار خالص کره رسانا در این مرحله صفر است.
- ۳- در شکل (۲) هر قسمت از کره را به زمین وصل کنید یا با دست لمس کنید، بارهای منفی به زمین یا به دست منتقل می‌شوند.
- ۴- اجسام رسانا مانند فلزات به دلیل داشتن الکترون آزاد، به روش القاء (روش بدون تماس) باردار می‌شوند.
- ۵- اجسام نارسانا مانند چوب، پلاستیک و ... برخلاف رساناها، الکترون آزاد ندارند و الکترون‌ها روی سطح یا داخل جسم نارسانا جابه‌جا نمی‌شوند. با نزدیک کردن جسم باردار به یک جسم رسانا، داخل جسم دوقطبی‌های الکتریکی تشکیل می‌شود. در نتیجه اجسام نارسانا به روش القاء باردار نمی‌شوند.
- ۶- نیروی بین جسم باردار و جسم خنثی (چه رسانا باشد چه نارسانا) همواره جاذبه است.

### قانون کولن

اندازه نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای که در راستای خط واصل آن‌ها اثر می‌کند، با حاصل ضرب بزرگی آن‌ها متناسب است و با مربع فاصله بین آن‌ها نسبت وارون دارد، بنابراین اندازه این نیرو برابر است با:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \quad (k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$$

### نکات:

۱- بنا به قانون سوم نیوتون، این دو نیروی الکتریکی هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت یکدیگرند و روی خط واصل دو بار هستند:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow F_{12} = F_{21}$$

۲- ثابت کولن را می‌توان بر حسب یک ضریب ثابت دیگر به نام ضریب گذردهی الکتریکی  $\epsilon_0$  نیز نوشت:

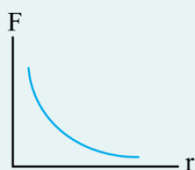
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N.m}^2}$$

۳- با استفاده از ترازوی پیچشی کولنی، می‌توان درستی قانون کولن (عوامل مؤثر بر نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار) را بررسی کرد.

۴- رابطه قانون کولن برای ذره‌های باردار به کار می‌رود. البته اگر فاصله یک جسم باردار با جسم باردار دیگر به اندازه‌ای زیاد باشد که بتوان از ابعاد دو جسم در مقایسه با فاصله آن‌ها چشم‌پوشی کرد، دو جسم را می‌توان به صورت ذره در نظر گرفت.

۵- نمودار نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار بر حسب فاصله آن‌ها به صورت زیر است:



۶- رابطه مقایسه‌ای قانون کولن در دو حالت مختلف به شکل زیر است:

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1||q'_2|}{|q_1||q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

توجه کنید که در این رابطه کافی است که کمیت‌های یکسان، هم‌واحد باشند و نیازی به تبدیل یکا در SI نیست.



### برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی

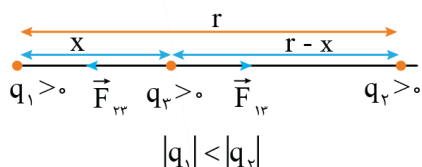
اگر به جای دو ذره باردار، تعدادی بار نقطه‌ای داشته باشیم، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره باردار، برآیند نیروهایی است که هر یک از ذره‌های دیگر در غیاب سایر ذره‌ها، بر آن ذره وارد می‌کند. این موضوع که از آزمایش نتیجه شده است را **اصل برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی** می‌گویند.

**وقتی برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر یکی از بارها صفر می‌شود:**

فرض کنید دو بار  $q_1$  و  $q_2$  در فاصله  $r$  از هم قرار دارند. می‌خواهیم نقطه‌ای را بیابیم که اگر بار سومی در آن نقطه قرار دهیم، نیروی خالص وارد بر آن از طرف بارهای  $q_1$  و  $q_2$  صفر باشد:

**حالت اول:** اگر  $q_1$  و  $q_2$  همنام باشند

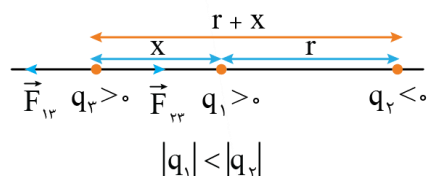
در این حالت نقطه مورد نظر، روی خط واصل دو بار، بین دو بار و نزدیک به باری است که اندازه کوچک‌تری دارد.



$$\frac{x}{r-x} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}}$$

**حالت دوم:** اگر  $q_1$  و  $q_2$  ناهمنام باشند:

در این حالت نقطه مورد نظر، روی خط واصل دو بار، خارج از فاصله دو بار و نزدیک به باری است که اندازه کوچک‌تری دارد:



$$\frac{x}{r+x} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}}$$

### میدان الکتریکی:

هر بار الکتریکی، خاصیتی در فضای پیرامون خود ایجاد می‌کند که به آن اصطلاحاً میدان الکتریکی آن بار گفته می‌شود. در نتیجه بارهای الکتریکی نه با تماس، بلکه به واسطه میدان الکتریکی خودشان به بارهای دیگر نیرو وارد می‌کنند.

**تعیین اندازه و جهت میدان الکتریکی:**

نخست بار کوچک و مثبت  $q_0$  موسوم به **بار آزمون** را در آن نقطه قرار می‌دهیم و سپس نیروی الکتریکی وارد بر آن را اندازه می‌گیریم. آن‌گاه میدان الکتریکی  $\vec{E}$  ناشی از جسم باردار در آن نقطه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

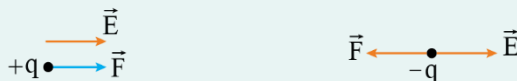


**نکات:**

۱- یکای میدان الکتریکی در SI، نیوتون بر کولن ( $\frac{N}{C}$ ) است.

۲- میدان الکتریکی کمیتی برداری است و اندازه آن برابر  $E = \frac{F}{q_0}$  و جهت آن همان جهت نیروی وارد بر بار آزمون است.

۳- بزرگی نیروی  $F$  رابطه  $F = |q|E$  به دست می‌آید و جهت آن اگر  $q$  مثبت باشد، در همان جهت  $\vec{E}$  و اگر  $q$  منفی باشد، در خلاف جهت  $\vec{E}$  خواهد بود، یعنی  $\vec{F}$  و  $\vec{E}$  همواره هم‌راستا با یکدیگرند.



**نکته:** آزمایش قطره - روغن میلیکان به توضیح اصل کوانتیده بودن بارهای الکتریکی می‌پردازد.

**میدان الکتریکی یکنواخت:**

اگر در محدوده‌ای از فضا، بردار میدان الکتریکی در تمام نقاط، اندازه و جهت یکسانی داشته باشد، به چنین میدانی میدان الکتریکی یکنواخت گفته می‌شود.

**دو نمونه از کاربردهای میدان الکتریکی:**

۱- در رسوب‌دهنده الکترواستاتیکی (ESP)، که دود و غبار را از گازهای زائدی که از دودکش کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها بالا می‌آید، جدا می‌سازد.

۲- در تولیدمثل برخی از گل‌ها، گرده‌ها به واسطه میدان الکتریکی، از یک گل به زنبور و از زنبور به گل دیگر منتقل می‌شوند.

**میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار**

$$E = k \frac{|q|}{r^2}$$

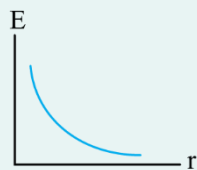
بزرگی میدان الکتریکی ناشی از ذره‌ای با بار  $q$  در نقطه  $A$  که به فاصله  $r$  از بار  $q$  قرار دارد:





### نکات:

- ۱- طبق این رابطه، میدان الکتریکی حاصل از بار  $q$  با اندازه بار  $q$ ، نسبت مستقیم و با مربع فاصله از آن، نسبت وارون دارد.
- ۲- جهت بردار میدان الکتریکی  $\vec{E}$  در هر نقطه، همان جهت نیروی وارد بر بار آزمون است که به طور فرضی در آن نقطه می‌گذاریم.
- ۳- نمودار بزرگی میدان الکتریکی بر حسب فاصله از بار نقطه‌ای  $q$  به صورت زیر است:



۴- به طور مقایسه‌ای میدان‌های الکتریکی در دو حالت مختلف به صورت زیر است:

$$\frac{E'}{E} = \frac{|q'|}{|q|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

### برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی:

برای محاسبه میدان الکتریکی خالص حاصل از چند ذره باردار در نقطه‌ای از فضا، ابتدا میدان الکتریکی ناشی از هر ذره را در آن نقطه به دست می‌آوریم و سپس میدان‌های به دست آمده را به صورت برداری جمع می‌کنیم:

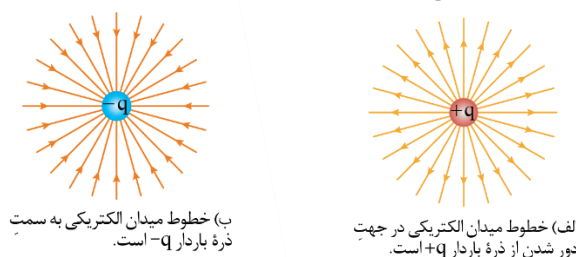
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$$

### وقتی برابند میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار الکتریکی در یک نقطه صفر می‌شود:

مشابه این حالت در برابند نیروهای الکتریکی بررسی شد. در واقع وقتی دو بار الکتریکی  $q_1$  و  $q_2$  در فاصله معینی از هم قرار دارند، مکان نقطه‌ای که در آن نیروی وارد بر بار سوم  $q_3$  صفر می‌شود، همان نقطه‌ای است که میدان الکتریکی خالص در آن نقطه صفر می‌شود.

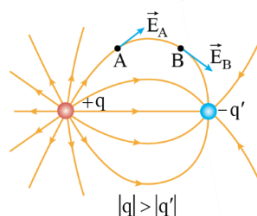
### خطوط میدان الکتریکی

خطهای میدان در هر نقطه، هم جهت با بردار میدان الکتریکی در آن نقطه است.



### قاعده‌های رسم خطوط میدان الکتریکی عبارت‌اند از:

- ۱- در هر نقطه، بردار میدان الکتریکی باید مماس بر خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه و در همان جهت باشد.
  - ۲- میزان تراکم خطوط میدان در هر ناحیه از فضا نشان‌دهنده اندازه میدان در آن ناحیه است؛ هر جا خطوط میدان متراکم‌تر باشند، اندازه میدان بیشتر است.
  - ۳- در آرایشی از بارها خطوط میدان الکتریکی از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می‌شوند.
  - ۴- خطوط میدان برابند هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند یعنی از هر نقطه فضا فقط یک خط میدان الکتریکی می‌گذرد.
- نمونه ای از خطوط میدان الکتریکی اطراف دو بار الکتریکی نقطه ناهمنام:



### انرژی پتانسیل الکتریکی

کار نیروی الکتریکی وارد بر یک ذره باردار در میدان الکتریکی یکنواخت  $\vec{E}$  در یک جابه‌جایی مشخص برابر با منفی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در همان جابه‌جایی است؛ یعنی:

$$W_E = -\Delta U_E$$

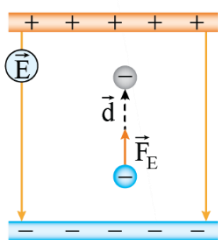
### نکته:

گرچه این رابطه برای یک میدان الکتریکی یکنواخت بیان شد، ولی می‌توان نشان داد که در حالت کلی نیز برای هر میدان الکتریکی برقرار است:

$$\Delta U_E = -W_E = -|q| E d \cos \theta$$

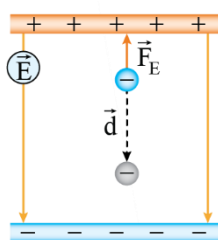
که در آن،  $\theta$  زاویه بین نیروی  $\vec{F}_E$  و جابه‌جایی  $\vec{d}$  است.





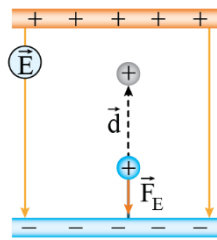
بار منفی را در خلاف جهت میدان الکتریکی  
 $\vec{E}$  جابه‌جا می‌کنیم:

$$\begin{cases} W_E > 0 \\ \Delta U_E < 0 \end{cases}$$



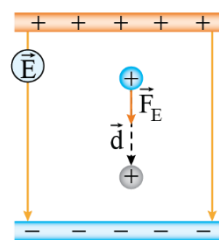
بار منفی را در جهت میدان الکتریکی  
 $\vec{E}$  جابه‌جا می‌کنیم:

$$\begin{cases} W_E < 0 \\ \Delta U_E > 0 \end{cases}$$



بار مثبت را در خلاف جهت میدان الکتریکی  
 $\vec{E}$  جابه‌جا می‌کنیم:

$$\begin{cases} W_E < 0 \\ \Delta U_E > 0 \end{cases}$$



بار مثبت را در جهت میدان الکتریکی  
 $\vec{E}$  جابه‌جا می‌کنیم:

$$\begin{cases} W_E > 0 \\ \Delta U_E < 0 \end{cases}$$

### نکات:

۱- اگر بار الکتریکی در جهت دلخواه خود جابه‌جا شود (بار مثبت در جهت میدان الکتریکی و بار منفی خلاف جهت میدان الکتریکی)، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد. ( $W_E > 0$ ,  $\Delta U_E < 0$ ).

۲- اگر بار الکتریکی در خلاف جهت دلخواه خود جابه‌جا شود (بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی و بار منفی در جهت میدان الکتریکی)، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد. ( $W_E < 0$ ,  $\Delta U_E > 0$ ).  
در هر دو حالت، داریم:

$$|W_E| = |\Delta U_E| = |q|Ed$$

(d هم راستا با میدان الکتریکی است)

۳- اگر بار الکتریکی عمود بر خطوط میدان الکتریکی جابه‌جا شود، کار میدان الکتریکی، صفر است و انرژی پتانسیل الکتریکی بار، تغییر نمی‌کند:

$$|W_E| = |\Delta U_E| = 0$$

### قضیه کار - انرژی جنبشی در جابه‌جایی بار الکتریکی:

طبق قضیه کار - انرژی جنبشی، کار نیروی خالص وارد بر هر جسم، برابر تغییر انرژی جنبشی آن است:

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

که در آن  $W_t$  مجموع کار همه نیروهای وارد بر جسم است.

اگر بر ذره باردار، فقط نیروی الکتریکی وارد شود، رابطه به صورت زیر ساده می‌شود:

$$W_E = K_f - K_i$$

### پتانسیل الکتریکی

نسبت تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی به بار ذره، مستقل از نوع و اندازه بار الکتریکی است. به این نسبت، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه‌ای می‌گوییم که ذره میان آن‌ها جابه‌جا شده است و آن را با  $\Delta V$  نمایش می‌دهیم:

$$\Delta V = V_f - V_i = \frac{\Delta U_E}{q}$$

که در آن  $V$  کمیتی نرده‌ای موسوم به پتانسیل الکتریکی است که مقدار آن در نقطه‌های (۱) و (۲) به ترتیب  $V_1$  و  $V_2$  است. در این رابطه، اختلاف پتانسیل الکتریکی ( $\Delta V$ ) بر حسب ژول بر کولن ( $\frac{J}{C}$ ) است که آن را ولت می‌نامند و با نماد  $V$  نمایش می‌دهند.

### نکات:

۱- این رابطه برای هر میدان الکتریکی حتی اگر یکنواخت نباشد، برقرار است.

۲- توجه کنید که در رابطه بالا همه کمیت‌ها نرده‌ای هستند و با علامت قرار داده می‌شوند. مثلاً اگر  $q$  بار الکتریکی منفی باشد، علامت آن را نیز در رابطه قرار می‌دهیم.

۳- می‌توانیم برای انرژی پتانسیل الکتریکی، مرجعی تعیین کنیم که در آن انرژی پتانسیل الکتریکی ذره و پتانسیل الکتریکی، صفر باشد. در نتیجه پتانسیل الکتریکی در هر نقطه از میدان با رابطه زیر داده می‌شود:

$$V = \frac{U_E}{q}$$





### تغییرات پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی:

در شکل مقابل، بار  $q$  را از مجاورت صفحه مثبت تا صفحه منفی جابه‌جا می‌کنیم:



۱- اگر  $q > 0$  باشد:

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \xrightarrow{\Delta U_E < 0} \Delta V < 0 \Rightarrow V_- - V_+ < 0 \Rightarrow V_- < V_+$$

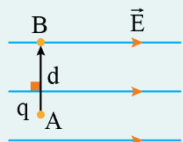
که در آن  $V_-$  پتانسیل صفحه منفی و  $V_+$  پتانسیل صفحه مثبت است.

۲- اگر  $q < 0$  باشد:

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{-q} \xrightarrow{\Delta U_E > 0} \Delta V < 0 \Rightarrow V_- < V_+$$

### نکات:

- ۱- مستقل از نوع بار الکتریکی، پتانسیل صفحه مثبت همواره از پتانسیل صفحه منفی بیشتر است.
- ۲- مستقل از نوع بار الکتریکی، هرگاه در جهت خط‌های میدان الکتریکی حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و اگر در خلاف جهت خط‌های میدان الکتریکی حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.
- ۳- هرگاه بار مثبت در یک میدان الکتریکی رها شود، به سمت نقاطی با پتانسیل الکتریکی کمتر می‌رود.
- ۴- هرگاه بار منفی در یک میدان الکتریکی رها شود، به سمت نقاطی با پتانسیل الکتریکی بیشتر می‌رود.
- ۵- اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه از میدان الکتریکی، عامل شارش بار الکتریکی بین آن دو نقطه است.



۶- اگر بار الکتریکی  $q$ ، عمود بر خطوط میدان الکتریکی، جابه‌جا شود، همان‌طور که قبلاً دیدیم، کار نیروی الکتریکی صفر است، در نتیجه داریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \xrightarrow{\Delta U_E = 0} \Delta V = 0 \Rightarrow V_A = V_B$$

یعنی با حرکت در جهت عمود بر خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی تغییر نمی‌کند.

### باتری‌ها

هر باتری دو پایانه دارد که یکی با مثبت و دیگری با منفی نشان داده می‌شود. بنا به قرارداد، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری برابر با پتانسیل پایانه مثبت منهای پتانسیل پایانه منفی است:

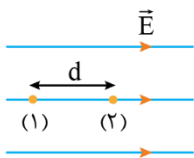
$$\Delta V = V_+ - V_-$$

### نکته:

هر کدام از پایانه‌های باتری را می‌توان مرجع پتانسیل یا اصطلاحاً زمین (با نماد  $\perp$ ) در نظر گرفت و پتانسیل نقطه‌های دیگر را نسبت به آن سنجید. مثلاً اگر پایانه منفی یک باتری ۱۲ ولتی را به زمین وصل کنیم، پتانسیل پایانه مثبت آن برابر  $+12V$  می‌شود.

**رابطه اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه و اندازه میدان الکتریکی یکنواخت:**

برای اختلاف پتانسیل ( $\Delta V$ ) بین دو نقطه به فاصله  $d$  از یکدیگر، که خط واصل آن‌ها هم‌راستا با میدان الکتریکی  $\vec{E}$  است، رابطه زیر برقرار است:



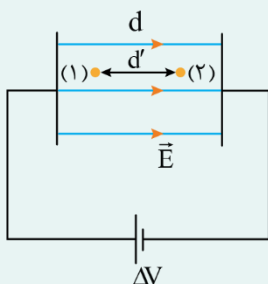
$$|\Delta V| = Ed$$

### نکات:

۱- در این رابطه  $\Delta V$  بر حسب ولت و  $d$  بر حسب متر است. در نتیجه یکای میدان الکتریکی ولت بر متر ( $\frac{V}{m}$ ) است، پس داریم:

$$1 \frac{N}{C} = 1 \frac{V}{m}$$

۲- چون میدان الکتریکی، یکنواخت و مقدار آن ثابت است، در نتیجه داریم:



$$\frac{|\Delta V|}{d} = \frac{|\Delta V_{12}|}{d'}$$



کار انجام شده توسط نیروی خارجی:

$$W_t = W_E + W_{\text{خارجی}} \Rightarrow W_E + W_{\text{خارجی}} = \Delta K \xrightarrow{\Delta K=0}$$

$$W_{\text{خارجی}} = -W_E = q\Delta V \quad (\Delta K = 0 \text{ برای})$$

در این حالت خاص، بسته به علامت و بزرگی  $q$  و  $\Delta V$ ، کار نیروی خارجی ( $W_{\text{خارجی}}$ )، می تواند مثبت، منفی یا صفر باشد.

### میدان الکتریکی در داخل رساناها

در این بحث دو مورد را بررسی می کنیم:

- ۱- وقتی به یک جسم رسانا بار الکتریکی می دهیم، بار چگونه در آن توزیع می شود؟
- ۲- وقتی جسم رسانای خنثی در یک میدان الکتریکی خارجی قرار می گیرد، بار چگونه در آن القا می شود؟

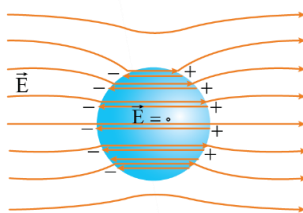
### توزیع بار الکتریکی در رسانا

نکات:

- ۱- بار اضافی داده شده به یک رسانا روی سطح خارجی آن توزیع می شود.
- ۲- نحوه توزیع بار در رسانا به گونه ای است که میدان الکتریکی در داخل رسانا صفر شود.
- ۳- تراکم بار در نقاط تیز سطح جسم رسانای باردار، از نقاط دیگر آن بیشتر است.
- ۴- خطوط میدان الکتریکی در نقاط نوک تیز رسانا، متراکم اند و در نتیجه میدان الکتریکی در نزدیکی این نقاط، قوی تر است.

### رسانای خنثی در میدان الکتریکی:

وقتی یک رسانای خنثی را در یک میدان الکتریکی خارجی قرار می دهیم، بار طوری روی سطح خارجی توزیع می شود (القا می شود) که میدان الکتریکی ناشی از آن، اثر میدان خارجی را درون رسانا خنثی کند.



نکات:

- ۱- در این حالت نیز میدان الکتریکی درون رسانا همواره صفر است.
- ۲- در تعادل الکتروستاتیکی، همه نقاط رسانا پتانسیل الکتریکی یکسانی دارند.
- ۳- هرگاه دو جسم رسانای باردار به هم تماس داده می شوند، بار به گونه ای بین آن ها جابه جا می شود تا در نهایت پتانسیل الکتریکی هر دو جسم برابر شود.
- ۴- میدان الکتریکی همواره بر سطح رسانا عمود است.

### چگالی سطحی بار الکتریکی رسانا:

برای اینکه بتوانیم تراکم بار الکتریکی در بخش های مختلف سطح یک جسم را با هم مقایسه کنیم کمیتی به نام **چگالی سطحی بار** را تعریف می کنیم. اگر مساحت سطحی که بار روی آن توزیع شده است برابر  $A$  و بار الکتریکی موجود در آن سطح برابر  $Q$  باشد، چگالی سطحی بار که با نماد  $\sigma$  نشان داده می شود از رابطه مقابل به دست می آید:

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

در این رابطه چگالی سطحی بار ( $\sigma$ ) بر حسب کولن بر متر مربع ( $\frac{C}{m^2}$ ) به دست می آید.

نکته:

تراکم بار و چگالی سطحی بار در نقاط تیز سطح جسم رسانای باردار از نقاط دیگر آن بیشتر است.

### خازن

خازن وسیله ای الکتریکی است که می تواند بار و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند.

### تفاوت خازن و باتری در تخلیه انرژی در مدار:

باتری های یک دوربین با باردار کردن یک خازن، انرژی را در خازن فلاش دوربین ذخیره می کنند. باتری ها معمولاً می توانند انرژی را فقط با آهنگ نسبتاً کمی به مدار بدهند که این آهنگ برای گسیل نور از فلاش دوربین بسیار کم است، اما وقتی خازن باردار می شود، می تواند انرژی را با آهنگ بسیار زیادی برای فلاش زدن آماده کند.

### خازن تخت:

خازن تخت شامل دو صفحه رسانای موازی با مساحت  $A$  است که به فاصله  $d$  (که در برابر ابعاد صفحات ناچیز است) از هم قرار دارند. خازن ها به هر شکلی باشند، با نماد  $\text{---}||\text{---}$  نشان داده می شوند.





### باردار (شارژ) کردن خازن:

خازن را در مدار الکتریکی ساده‌ای شامل یک باتری و کلید قرار می‌دهیم. با بستن کلید K، به دلیل اختلاف پتانسیل بین صفحه‌های خازن با پایانه‌های باتری، بار شارش می‌یابد. این شارش بار تا جایی ادامه می‌یابد که اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن با اختلاف پتانسیل بین پایانه‌های باتری برابر شود. در این حالت بار +Q در یک صفحه خازن و بار -Q در صفحه دیگر ذخیره می‌شود.

#### نکات:

- ۱- بار خازن را با Q نشان می‌دهند که همان بار صفحه مثبت است.
- ۲- پس از باردار شدن خازن، بین دو صفحه آن، میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد می‌شود که خطوط میدان از صفحه مثبت به منفی است و بزرگی آن از رابطه  $E = \frac{|\Delta V|}{d}$  به دست می‌آید.
- ۳- بنا به دلایل تاریخی، قدرمطلق اختلاف پتانسیل  $\Delta V$  بین دو صفحه خازن را با V نمایش می‌دهند.

#### ظرفیت خازن:

اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی بین صفحه‌های خازن ( $\Delta V$ ) را زیاد کنیم، بار خازن (Q) نیز به همان نسبت زیاد می‌شود. به عبارتی نسبت  $\frac{Q}{\Delta V}$  همواره مقداری ثابت است که به این نسبت ثابت، ظرفیت خازن می‌گویند و آن را با C نشان می‌دهند.

$$C = \frac{Q}{V}$$

#### نکات:

- ۱- یکای ظرفیت خازن، کولن بر ولت ( $\frac{C}{V}$ ) است که فاراد (F) نام دارد.
- ۲- فاراد یکای بسیار بزرگی است و ظرفیت اکثر خازن‌های متداول در محدوده پیکوفاراد ( $10^{-12} \text{ F}$ ) تا میلی‌فاراد ( $10^{-3} \text{ F}$ ) است.
- ۳- توجه کنید که ظرفیت خازن به اندازه بار خازن و نیز اختلاف پتانسیل دو صفحه آن بستگی ندارد.

#### عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن تخت:

آزمایش و محاسبه نشان می‌دهد که ظرفیت یک خازن تخت به سه عامل بستگی دارد:

- ۱- با مساحت صفحه‌های خازن (A) رابطه مستقیم دارد.
  - ۲- با فاصله جدایی بین صفحه‌های خازن (d) رابطه وارون دارد.
  - ۳- با ثابت دی‌الکتریک بین صفحه‌ها ( $\kappa$ ) رابطه مستقیم دارد.
- ظرفیت خازن تخت از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

A: مساحت صفحه‌ها بر حسب متر مربع ( $\text{m}^2$ )

d: فاصله بین صفحات بر حسب متر (m)

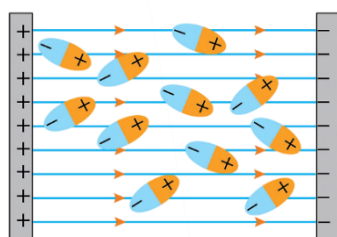
$\epsilon_0$ : ضریب گذردهی الکتریکی خلأ:  $\frac{F}{m} = 8.85 \times 10^{-12}$

$\kappa$ : ضریبی موسوم به ثابت دی‌الکتریک ماده عایق بین صفحات خازن که برای هوا (یا خلأ) برابر یک و برای بقیه دی‌الکتریک‌ها بیشتر از یک است.

#### نکته:

قرار دادن دی‌الکتریک بین صفحات خازن، باعث افزایش ظرفیت خازن می‌شود.

وقتی یک دی‌الکتریک قطبی (مانند آب،  $\text{NH}_3$ ،  $\text{HCl}$ ) در میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن قرار می‌گیرد، سر منفی مولکول‌های دوقطبی به طرف صفحه مثبت و سر مثبت آن‌ها به طرف صفحه منفی کشیده می‌شود و در نتیجه این مولکول‌های دوقطبی می‌کوشند خود را در جهت میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن هم‌ردیف کنند.



در حضور میدان الکتریکی

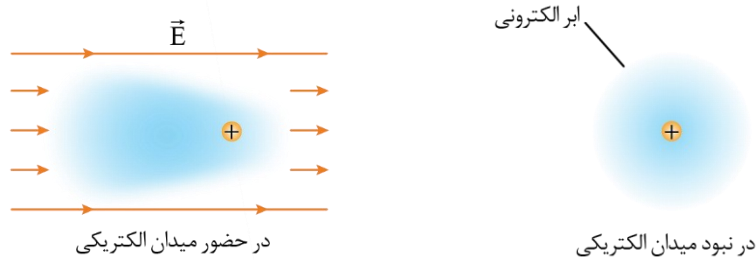


در نبود میدان الکتریکی





وقتی یک دی الکتریک غیرقطبی (مانند متان، بنزن و ...) در میدان بین دو صفحه خازن قرار می گیرد بر اثر القا قطبیده می شود؛ یعنی میدان الکتریکی اعمال شده باعث می شود که ابر الکترونی مولکول های دی الکتریک در خلاف جهت میدان جابه جا شود و به این ترتیب، مرکز بارهای مثبت و منفی مولکول ها از هم جدا شده و اصطلاحاً مولکول ها قطبیده شوند.



می توان نشان داد این رفتار مولکول های دی الکتریک (قطبی یا غیرقطبی) در میدان الکتریکی بین صفحه های خازن، سبب افزایش ظرفیت خازن می شود. چند مثال از ابزارهایی که بر مبنای تغییر ظرفیت خازن عمل می کنند:

۱- میکروفون خازنی

۲- برخی از صفحه کلیدهای رایانه

۳- در حسگر کیسه هوای برخی خودروها

#### فروریزش الکتریکی:

اگر اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن را به اندازه کافی زیاد کنیم، تعدادی از الکترون های اتم های دی الکتریک، توسط میدان الکتریکی بین دو صفحه کنده می شوند و مسیرهای رسانا درون دی الکتریک ایجاد می شود که سبب تخلیه خازن می شود. به این پدیده فروریزش الکتریکی ماده دی الکتریک می گویند.

#### نکات:

- ۱- فروریزش الکتریکی در عایق بین دو صفحه خازن معمولاً، با ایجاد جرقه همراه است و در بیشتر مواقع خازن را می سوزاند.
- ۲- فرو ریزش الکتریکی باعث تشکیل مسیرهای رسانشی سرخس شکلی در دی الکتریک می شود که به آن ها نقش های لیچنبرگ می گویند.
- ۳- حضور دی الکتریک ها در خازن، حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن را افزایش می دهد.
- ۴- خازن ها معمولاً با مقدار ظرفیت آن ها و اختلاف پتانسیل بیشینه ای که می توانند تحمل کنند، مشخص می شوند.

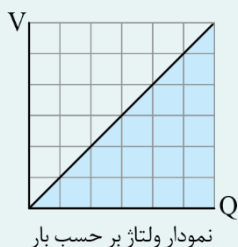
#### انرژی خازن

وقتی صفحه های خازن دارای بار الکتریکی می شوند، انرژی به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی فضای بین صفحه های خازن ذخیره می شود. انرژی خازن از رابطه های زیر به دست می آید:

$$U_{\text{خازن}} = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

#### نکات:

- ۱- در این رابطه اختلاف پتانسیل بر حسب ولت قرار داده می شود و یکای کمیت های انرژی (U)، بار الکتریکی (Q) و ظرفیت خازن (C) می توانند هم پیشوند باشند. مثلاً اگر بار بر حسب  $\mu C$  و ظرفیت بر حسب  $\mu F$  قرار داده شود، انرژی بر حسب  $\mu J$  به دست می آید.
- ۲- انرژی که باتری برای ذخیره بار Q در خازن مصرف می کند برابر  $U = QV$  است و  $\frac{1}{2}$  از این انرژی در خازن ذخیره می شود و  $\frac{1}{2}$  آن به صورت گرما تلف می شود.



نمودار ولتاژ بر حسب بار

۳- توانایی خازن برای ذخیره انرژی پتانسیل الکتریکی، اساس کار دستگاه های رفع لرزش نامنظم قلب است.

#### تغییر در ساختمان خازن

۱- خازن به باتری متصل است:

اگر در این حالت ساختمان خازن را تغییر دهیم، اختلاف پتانسیل دو سر خازن (V) ثابت می ماند.

#### نکته:

برای بررسی میدان الکتریکی داخل صفحات خازن داریم:

$$E = \frac{V \rightarrow \text{ثابت}}{d}$$



۲- خازن پس از پر شدن از باتری جدا شده است:

اگر در این حالت ساختمان خازن را تغییر دهیم، بار ذخیره شده در خازن (Q) ثابت می ماند.

**نکته:**

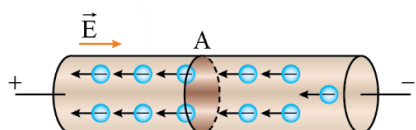
برای بررسی بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن، داریم:

$$E = \frac{V}{d} \xrightarrow{V = \frac{Q}{C}} E = \frac{Q}{d \times \frac{A}{\kappa \epsilon_0}} \Rightarrow E = \frac{Q}{\kappa \epsilon_0 A}$$

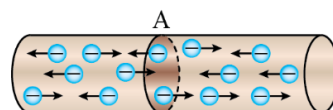
## فصل دوم

### جریان الکتریکی

برای داشتن جریان الکتریکی باید یک شارش خالص بار الکتریکی از سطح مقطع معین داشته باشیم. سیمی فلزی را در نظر می گیریم:



در حضور اختلاف پتانسیل، شارش بار خالص از مقطع A سیم، دیگر برابر صفر نیست.



در نبود اختلاف پتانسیل، شارش بار خالص از مقطع معین A سیم، نداریم.

وقتی میدان الکتریکی درون فلزی ایجاد می شود، الکترون ها حرکت کاتوره ای خود را کمی تغییر می دهند و با سرعتی متوسط موسوم به سرعت سوق در خلاف جهت میدان به طور بسیار آهسته ای سوق پیدا می کنند که این موجب برقراری جریان الکتریکی در رسانا می شود. اندازه سرعت سوق در یک رسانای فلزی در مقایسه با تندی کاتوره ای الکترون های آزاد (از مرتبه  $10^6 \frac{m}{s}$ )، بسیار کم و مثلاً در سیم های مسی از مرتبه بزرگی  $10^{-5} \frac{m}{s}$  یا  $10^{-4} \frac{m}{s}$  است.

**نکته:**

جهت قراردادی جریان الکتریکی I، برخلاف جهت سرعت سوق الکترون هاست. پس می توان نتیجه گرفت جهت قراردادی جریان الکتریکی در جهت میدان الکتریکی و همواره از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر است.

### تعریف جریان الکتریکی:

اگر در بازه زمانی  $\Delta t$  بار خالص  $\Delta q$  از مقطعی از رساناها عبور کند، نسبت  $\frac{\Delta q}{\Delta t}$  را جریان الکتریکی متوسط می گوئیم. در واقع جریان الکتریکی متوسط برابر آهنگ بار خالص عبوری از یک مقطع رسانا است:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

**نکات:**

۱- در این فصل با جریان مستقیم (dc) سر و کار داریم که در آن جهت جریان با زمان تغییر نمی کند و مقدار جریان ثابت می ماند.

۲- تعداد الکترون های شارش شده از هر مقطع مدار را می توان به روش زیر محاسبه کرد:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta q = ne} I = \frac{ne}{\Delta t} \Rightarrow n = \frac{I \Delta t}{e}$$

که در آن e بار بنیادی است.

۳- جریان الکتریکی را با وسیله ای به نام آمپرسنج که نماد آن در مدار — A — است، اندازه می گیرند. آمپرسنج به طور متوالی در مدار قرار می گیرد.

۴- در رابطه  $\Delta q = I \Delta t$  اگر I بر حسب آمپر و  $\Delta t$  بر حسب ساعت باشد، یکای  $\Delta q$ ، آمپر-ساعت می شود. هرچه آمپر-ساعت یک باتری بیشتر باشد، حداکثر باری که می تواند از مدار عبور دهد تا به طور ایمن تخلیه شود، بیشتر است.

باتری خودروها با آمپر-ساعت (Ah) و باتری گوشی های همراه با میلی آمپر - ساعت (mAh) مشخص می شود.

### مقاومت الکتریکی و قانون اهم

#### تعریف مقاومت الکتریکی:

مقاومت الکتریکی بین دو نقطه از رسانا به صورت نسبت اختلاف پتانسیل الکتریکی آن دو نقطه به جریان الکتریکی عبوری از آن است:

$$R = \frac{V}{I}$$

که در آن R مقاومت الکتریکی بر حسب ولت بر آمپر ( $\frac{V}{A}$ ) است که اهم ( $\Omega$ ) نام دارد.



### نکات:

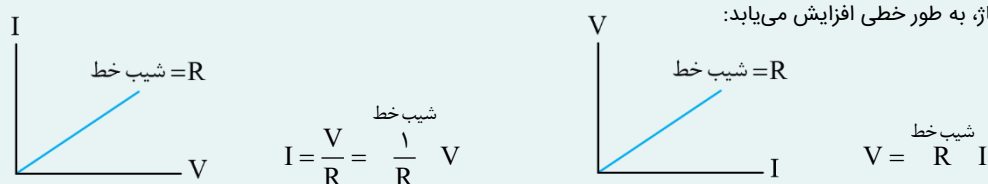
- ۱- مقاومت الکتریکی یک رسانا به ابعاد هندسی رسانا، یعنی طول و سطح مقطع رسانا و همچنین جنس ماده رسانا و دمای آن بستگی دارد.
- ۲- رسانایی را که دارای مقاومت الکتریکی است، اصطلاحاً مقاومت می‌نامند و آن را در مدارهای الکتریکی با نماد  $\text{---}\text{---}\text{---}$  نشان می‌دهند.
- ۳- تحت یک اختلاف پتانسیل یکسان، برای دو سیم با مقاومت الکتریکی متفاوت، سیم با مقاومت کمتر، جریان بیشتری از خود عبور می‌دهد و بالعکس.
- ۴- برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه از مدار الکتریکی، از وسیله‌ای به نام ولت‌سنج استفاده می‌کنیم و آن را به‌طور موازی در مدار می‌بندیم. ولت‌سنج را با نماد  $\text{---}\text{---}\text{---}$  در مدار نشان می‌دهند.

### قانون اهم:

وسيله‌هایی که جریان الکتریکی را از خود عبور می‌دهند ممکن است با تغییر اختلاف پتانسیل اعمال شده و در نتیجه تغییر جریان عبوری، مقاومت ثابتی از خود نشان دهند یا مقاومتشان تغییر کند.

### نکات:

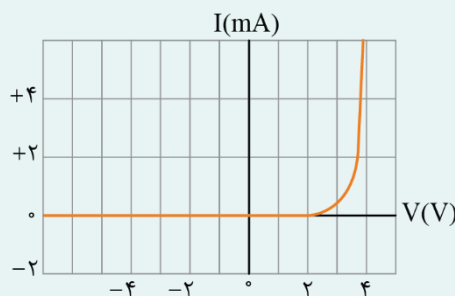
- ۱- اگر مقاومت الکتریکی در ولتاژهای مختلف (در دمای ثابت)، مقدار ثابتی باشد، اصطلاحاً گفته می‌شود آن وسیله از قانون اهم پیروی می‌کند و آن وسیله را مقاومت یا رسانای اهمی می‌گویند.
- ۲- جریان عبوری از یک مقاومت اهمی با اختلاف پتانسیل اعمال شده به دو سر آن رابطه مستقیم دارد.
- ۳- این قانون برای فلزات و بسیاری از رساناهای غیرفلزی در دمای ثابت برقرار است.
- ۴- برای وسیله‌های اهمی جریان با ولتاژ، به طور خطی افزایش می‌یابد:



وسيله‌های زیادی یافت می‌شوند که از قانون پیروی نمی‌کنند، یعنی با تغییر اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها، مقاومت الکتریکی ثابت نمی‌ماند. یعنی با تغییر اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها، هم جریان تغییر می‌کند هم مقاومت الکتریکی.

### نکته:

یکی از وسیله‌های غیراهمی، دیود نورگسیل (LED) است. نمودار جریان بر حسب اختلاف پتانسیل چنین دیودی تقریباً شبیه شکل زیر است:



### عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی

آزمایش‌ها و محاسبات نظری نشان می‌دهد که اگر سطح مقطع جسم، در تمام طول آن، یکسان باشد، مقاومت از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$L$ : طول رسانا بر حسب متر (m)

$A$ : مساحت سطح مقطع جسم بر حسب متر مربع ( $\text{m}^2$ )

$\rho$ : مقاومت ویژه بر حسب اهم - متر ( $\Omega \cdot \text{m}$ )

### نکات:

- ۱- مقاومت ویژه یک ماده ( $\rho$ ) به دو عامل بستگی دارد: ۱- ساختار اتمی آن ماده ۲- دمای آن
- ۲- رساناهای خوب مقاومت ویژه بسیار کم و عایق‌های خوب مقاومت ویژه بسیار زیادی دارند.
- ۳- مقاومت ویژه رساناهای فلزی با افزایش دما زیاد می‌شود.
- ۴- دسته‌ای از مواد مانند ژرمانیم و سیلیسیم وجود دارند که مقاومت ویژه آن‌ها بین مقاومت ویژه رساناها و نارساناهاست. به این دسته از مواد، نیم‌رسانا می‌گویند. توجه کنید که مقاومت ویژه نیم‌رساناها با افزایش دما، کاهش می‌یابد.





### تغییر مقاومت ویژه با دما:

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

$T_0$  دمای مرجع و  $\rho_0$  مقاومت ویژه در آن دماست،  $\alpha$  ثابتی موسوم به ضریب دمایی مقاومت ویژه و  $T$  دمای رسانا (برحسب  $^{\circ}\text{C}$  یا  $\text{K}$ ) است. یکای  $\alpha$  در این رابطه  $\text{K}^{-1}$  (یا  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) است.

#### نکات:

- ۱- ضریب دمایی برای نیمرساناها، منفی است که به معنی کاهش مقاومت ویژه این مواد با افزایش دما است. اگر یک نیمرسانا داشته باشیم، در دماهای پایین تعداد حامل‌های بار ناچیز است و نیمرسانا مانند یک نارسانا رفتار می‌کند. با افزایش دما، بر تعداد این حامل‌های بار افزوده می‌گردد. به این ترتیب، مقاومت ویژه نیمرساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد.
- ۲- در برخی مواد، مانند جیوه و قلع با کاهش دما مقاومت ویژه در دمای خاصی به صورت ناگهانی به صفر افت می‌کند و در دماهای پایین‌تر، همچنان صفر می‌ماند. این پدیده را ابررسانایی می‌گویند.

### انواع مقاومت‌ها و کدگذاری رنگی مقاومت‌های کربنی:

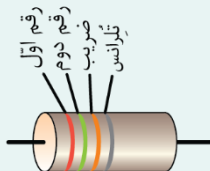
- ۱- مقاومت‌های پیچ‌های شامل پیچ‌های از یک سیم نازک‌اند که معمولاً جنس آن‌ها از آلیاژهایی مانند نیکروم یا منگانه است. این مقاومت‌ها برای به‌دست آوردن مقاومت‌های پایین بسیار دقیق و همچنین توان‌های بالا ساخته می‌شوند.

#### نکته:

- ۱- یکی از انواع مشهور مقاومت‌های پیچ‌های، رُوستا نام دارد که یک نوع مقاومت متغیر است. در مدارهای الکترونیکی وسیله‌ای به نام پتانسیومتر به نوعی همان نقش را انجام می‌دهد.
- ۲- رُوستا از سیمی با مقاومت ویژه نسبتاً زیاد ساخته می‌شود.
- ۲- مقاومت‌های ترکیبی معمولاً از کربن، برخی نیمرساناها، و یا لایه‌های نازک فلزی ساخته شده‌اند. مقدار این مقاومت‌ها یا روی آن‌ها نوشته می‌شود، یا عمدتاً به صورت کدی رنگی نشان داده می‌شود که با ۳ یا ۴ حلقه رنگی روی آن‌ها مشخص شده است.

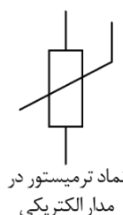
#### نکته:

دو حلقه اول (از آن طرفی که به یک سر مقاومت نزدیک‌تر است) به ترتیب، رقم اول و رقم دوم مقاومت را نشان می‌دهند. رقم حلقه سوم ضریبی است به صورت  $10^n$ . حلقه چهارم یک حلقه طلایی یا نقره‌ای رنگ است که تolerانس نامیده می‌شود و مقدار مجاز انحراف از مقدار دقیق مقاومت را برحسب درصد مشخص می‌کند. نبود نوار چهارم به معنای آن است که تolerانس ۲۰ درصد است. برای خواندن حلقه‌های رنگی، مقاومت را طوری به دست می‌گیریم که حلقه تolerانس در سمت راست قرار گیرد و بقیه حلقه‌ها را از سمت چپ به راست می‌خوانیم.



### مقاومت‌های خاص و دیودها:

- ۱- ترمیستور: ترمیستور نوعی از مقاومت است که بستگی مقاومت الکتریکی آن به دما با مقاومت‌های الکتریکی معمولی تفاوت دارد. اغلب از ترمیستورها به عنوان حسگر دما در مدارهای حساس به دما مانند زنگ خطر آتش و دماپاها و نیز در دماسنج‌ها استفاده می‌شود.



#### نکته:

رایج ترین ترمیستورها دیسکی، مهره‌ای و میله‌ای است.

- ۲- مقاومت‌های نوری (LDR): مقاومت نوری، نوعی مقاومت است که مقاومت الکتریکی آن به نور تابیده شده به آن بستگی دارد، به طوری که با افزایش شدت نور، از مقاومت آن کاسته می‌شود.



نماد LDR در دو استاندارد متفاوت



### نکات:

- ۱- نوعی از این مقاومت‌ها از جنس نیم‌رسانای خالص، مانند سیلیسیم هستند که با افزایش شدت نور تابیده‌شده، بر تعداد حامل‌های بار الکتریکی آن‌ها افزوده شده و در نتیجه از مقاومت آن‌ها کاسته می‌شود.
- ۲- از LDRها در تجهیزات گوناگونی از جمله چشم‌های الکترونیکی، دزدگیرها، کنترل‌کننده‌های خودکار، و چراغ‌های روشنایی خیابان‌ها استفاده می‌شود.
- ۳- دیودها: دیود قطعه‌ای است که هرگاه در مداری قرار گیرد، جریان را تنها از یک سو عبور می‌دهد و مقاومت آن در برابر عبور جریان در این سو ناچیز است. به همین دلیل، دیود را اغلب به عنوان یک‌سوکننده جریان در نظر می‌گیرند و آن را با نماد  $\rightarrow$  در مدارهای الکتریکی نشان می‌دهند.

### نکات:

- ۱- دیودها انواع متفاوتی دارند که یکی از معروف‌ترین آن‌ها دیودهای نورگسیل یا LED است.
- ۲- LEDها در مقایسه با لامپ‌های رشته‌ای عمر طولانی‌تری دارند و به دلیل نداشتن رشته به هنگام تولید نور، انرژی گرمایی زیادی تولید نمی‌کنند. در این دیودها از نیم رساناها استفاده می‌شود. بسته به نیم رسانای استفاده شده نورگسیل شده از LED می‌تواند از فرو سرخ تا فرا بنفش باشد. نخستین LEDها قرمز و زرد بودند.
- ۳- LED در مقایسه با لامپ‌های روشنایی معمولی، توان الکتریکی کمی مصرف کرده و نور قابل ملاحظه‌ای تولید می‌کند.

### منبع نیروی محرکه الکتریکی:

به وسیله‌هایی که با انجام کار روی بار الکتریکی، جریان ثابتی از بارهای الکتریکی در یک مدار ایجاد می‌کند، منبع نیروی محرکه الکتریکی گفته می‌شود.

### نکات:

- ۱- منبع‌های نیروی محرکه الکتریکی (مانند باتری‌ها) با افزایش انرژی پتانسیل بارهای الکتریکی هنگام عبور از منبع، جریان ثابتی را در مدار برقرار می‌کنند.
- ۲- باتری‌ها، پیل‌های سوختی، سلول‌های خورشیدی و مولدهای الکتریکی، نمونه‌هایی از منبع‌های نیروی محرکه الکتریکی‌اند.
- ۳- انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در یک منبع نیروی محرکه الکتریکی با سازوکارهای مختلفی به دست می‌آید. مثلاً باتری‌ها این انرژی را از طریق واکنش‌های شیمیایی که در آن‌ها رخ می‌دهند، مهیا می‌سازند.

### نیروی محرکه الکتریکی:

کاری که منبع نیروی محرکه الکتریکی روی واحد بار الکتریکی مثبت انجام می‌دهد تا آن را از پایانه با پتانسیل کمتر به پایانه با پتانسیل بیشتر ببرد، اصطلاحاً نیروی محرکه الکتریکی (emf) نامیده و با رابطه زیر تعریف می‌شود:

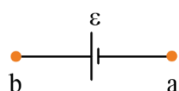
$$\varepsilon = \frac{\Delta W}{\Delta q}$$

یکای کمیت نیروی محرکه الکتریکی همان یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی، یعنی ولت (V) است.  $(1V = \frac{1J}{1C})$

منبع‌های نیروی محرکه الکتریکی، یا آرمانی هستند یا واقعی:

#### ۱- منبع نیروی محرکه آرمانی:

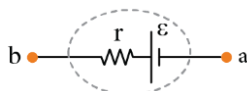
این منبع، مقاومت داخلی ندارد و اختلاف پتانسیل پایانه‌های مثبت و منفی آن با نیروی محرکه الکتریکی  $\varepsilon$  برابر است:



$$\Delta V = \varepsilon = \frac{V_b - V_a}{1} = V \rightarrow V = \varepsilon$$

#### ۲- منبع نیروی محرکه واقعی:

وقتی جریان از منبع نیروی محرکه واقعی می‌گذرد، اختلاف پتانسیل بین پایانه‌های آن برخلاف منابع آرمانی، متفاوت از نیروی محرکه الکتریکی است:



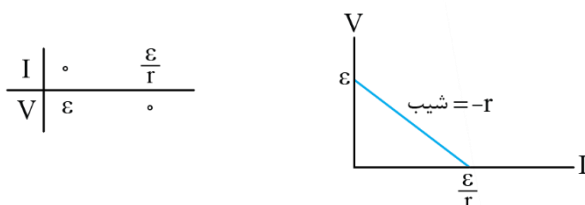
$$V_b - V_a = V = \varepsilon - Ir$$

### نکته:

به جمله  $Ir$ ، افت پتانسیل در باتری می‌گویند.

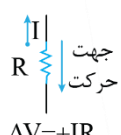
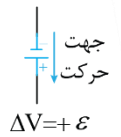
رسم نمودار اختلاف پتانسیل دو سر باتری بر حسب جریان عبوری از آن:

می‌خواهیم معادله  $V = \varepsilon - Ir$  را رسم کنیم. همان‌طور که مشخص است، نمودار به صورت خط راستی با شیب  $-r$  خواهد شد:



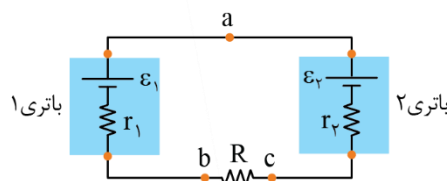


در هر دور زدن کامل حلقه‌ای از مدار، جمع جبری اختلاف پتانسیل‌های اجزای مدار، صفر است.

| جدول قرارداد تعیین علامت اختلاف پتانسیل‌ها در یک مدار تک حلقه‌ای، شامل مقاومت و منبع نیروی محرکه الکتریکی |                               |                |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| عنصر مدار                                                                                                 | جهت حرکت                      | تغییر پتانسیل  |                                                                                   |
| مقاومت                                                                                                    | در جهت جریان                  | $-IR$          |  |
| مقاومت                                                                                                    | در خلاف جهت جریان             | $+IR$          |  |
| منبع نیروی محرکه                                                                                          | از پایانه منفی به پایانه مثبت | $+\mathcal{E}$ |  |
| منبع نیروی محرکه                                                                                          | از پایانه مثبت به پایانه منفی | $-\mathcal{E}$ |  |

محاسبه جریان الکتریکی در مدار تک حلقه ساده:

فرض کنید در مدار زیر،  $\mathcal{E}_1 > \mathcal{E}_2$  است، بنابراین جهت جریان را باتری ۱ تعیین می‌کند و جهت جریان، ساعتگرد است.



$$I = \frac{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2}{r_1 + R + r_2}$$

$$V = \mathcal{E}_1 - Ir_1$$

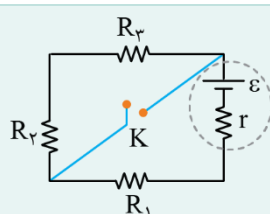
$$V = \mathcal{E}_2 + Ir_2$$

اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو سر باتری ۱:

اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو سر باتری ۲:

اتصال کوتاه:

اگر سیم بدون مقاومتی به دو نقطه از مدار وصل شود، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آن دو نقطه را صفر می‌کند. به این سیم بدون مقاومت، اتصال کوتاه می‌گویند.



نکته:

مقاومت‌هایی که بین دو نقطه‌ای که اتصال کوتاه شده قرار می‌گیرند، از مدار حذف می‌شوند. مثلاً در شکل مقابل، با بستن کلید K، دو سر مقاومت‌های  $R_2$  و  $R_3$  اتصال کوتاه شده و این مقاومت‌ها از مدار حذف می‌شوند.

آمپرسنج آرمانی:

می‌دانیم که آمپرسنج به‌طور متوالی در شاخه‌ای که می‌خواهیم جریان آن را اندازه بگیریم، قرار می‌گیرد. در نتیجه مقاومت یک آمپرسنج باید خیلی ناچیز باشد تا قرار گرفتن آن در مدار به‌طور محسوسی، جریان اجزای مدار را تغییر ندهد. به چنین آمپرسنجی که مقاومت داخلی آن بسیار ناچیز و در حدود صفر است، آمپرسنج آرمانی می‌گویند.





### نکته:

آمپرسنج آرمانی مانند سیم بدون مقاومت (اتصال کوتاه) عمل می‌کند و اگر به دو سر یک یا چند مقاومت بسته شود، آن‌ها را از مدار حذف می‌کند.

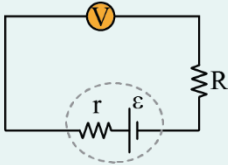
### ولت‌سنج آرمانی:

ولت‌سنج به صورت موازی به دو نقطه‌ای که می‌خواهیم اختلاف پتانسیل آن را اندازه بگیریم، وصل می‌شود. در نتیجه مقاومت ولت‌سنج باید خیلی بزرگ باشد، تا قرار گرفتن آن در مدار، ولتاژ اجزای مدار را به‌طور محسوسی تغییر ندهد. به چنین ولت‌سنجی که مقاومت داخلی آن بسیار بزرگ (بی‌نهایت) است، ولت‌سنج آرمانی می‌گویند.

### نکات:

۱- از شاخه‌ای که در آن ولت‌سنج آرمانی قرار دارد، جریانی عبور نمی‌کند.

۲- اگر ولت‌سنج آرمانی به طور متوالی در مداری که شامل یک باتری است، قرار بگیرد، نیروی محرکه باتری را نشان می‌دهد.



$$\varepsilon = \text{عدد ولت‌سنج}$$

۳- اگر ولت‌سنج آرمانی به طور متوالی با مقاومتی قرار گیرد، آن مقاومت از مدار حذف می‌شود.

### توان در مدارهای الکتریکی

توان هر جزء از مدار مانند باتری، مقاومت و ... برابر است با:

$$P = IV$$

توان الکتریکی مصرفی در یک مقاومت:

$$P_{\text{مصرفی}} = RI^2$$

$$P_{\text{مصرفی}} = \frac{V^2}{R}$$

### نکات:

۱- در اتصال لامپ‌ها، توجه کنید هر لامپی که توان مصرفی بیشتری دارد، پر نورتر خواهد شد.

۲- برای محاسبه انرژی مصرفی در مقاومت، داریم:

$$U = Pt$$

بر حسب یکاهای SI،  $P$  بر حسب وات (W)،  $t$  بر حسب ثانیه (s) است و انرژی مصرفی بر حسب ژول (J) می‌شود. اما برای محاسبه مصرف برق،  $P$  را بر حسب کیلووات (kW) و  $t$  را بر حسب ساعت (h) قرار می‌دهند.

توان خروجی یک منبع نیروی محرکه واقعی:

$$P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^2$$

که این توان خروجی یک باتری واقعی است. همان‌طور که می‌بینیم این توان به اندازه  $rI^2$  (توان مصرفی در مقاومت داخلی باتری) با توان تولیدی باتری ( $\varepsilon I$ ) متفاوت است. اگر باتری، آرمانی باشد ( $r = 0$ ) توان خروجی با توان تولیدی آن برابر است.

### نکات:

۱- در مدارهای تک‌حلقه شامل یک باتری و یک مقاومت خارجی  $R$ ، توان خروجی باتری برابر توان مصرفی مقاومت است.

$$P_{\text{مصرفی}} = P_{\text{خروجی باتری}} = RI^2$$

۲- اگر در مداری شامل چند باتری، جریان الکتریکی از پایانه منفی یک باتری خارج شود، این باتری، مصرف‌کننده است و اندازه توان ورودی این باتری برابر است با:

$$P_{\text{ورودی}} = \varepsilon I + rI^2$$

### ترکیب مقاومت‌ها:

به هم بستن متوالی مقاومت‌ها:

در این حالت مقاومت معادل برابر است با:

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

### نکته:

۱- توجه کنید وقتی مقاومت‌ها به‌طور متوالی بسته شده‌اند، مقاومت معادل آن‌ها بزرگ‌تر از مقاومت هر یک از آن‌هاست.

۲- جریان عبوری از مقاومت‌هایی که به صورت متوالی بسته شده‌اند، یکسان است.





## قاعده انشعاب و به هم بستن موازی مقاومت‌ها

### قاعده انشعاب:

مجموع جریان‌هایی که به هر نقطه انشعاب وارد می‌شود برابر با مجموع جریان‌هایی است که از آن نقطه انشعاب خارج می‌شود.  
در به هم بستن موازی مقاومت‌ها، مقاومت معادل برابر است با:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

### نکات:

۱- در بستن موازی مقاومت‌ها، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها با هم برابر است:

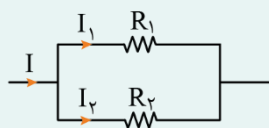
$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

۲- توجه کنید هرگاه چند مقاومت به صورت موازی به هم بسته شوند، مقاومت معادل آن‌ها کوچک‌تر از هر یک از مقاومت‌های موجود در آن ترکیب است.

۳- فقط برای دو مقاومت موازی، می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

۴- با توجه به اینکه اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های موازی، یکسان است، جریان کل به نسبت عکس مقاومت‌ها بین آن‌ها تقسیم می‌شود:



$$V_1 = V_2 \Rightarrow I_1 R_1 = I_2 R_2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

۵- همه چراغ‌های خودرو (چراغ‌های جلو، عقب و ...) به‌طور موازی بسته می‌شوند.

### مدارهای ترکیبی:

### نکات:

۱- در مداری که شامل یک باتری و تعدادی مقاومت ترکیبی است، توان خروجی باتری با توان مصرفی در مقاومت معادل مدار برابر است:

$$P_{\text{خروجی باتری}} = R_{eq} I^2$$

که در آن  $I$  جریان کل مدار یا همان جریان عبوری از باتری است.

۲- اگر در مدارهای ترکیبی، یکی از مقاومت‌ها رلوستا یا یک مقاومت متغیر باشد، بدون توجه به اینکه موازی بسته شده باشد یا متوالی، با افزایش مقاومت آن، مقاومت معادل مدار افزایش می‌یابد و با کاهش مقاومت آن، مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد.

## فصل سوم

### قطب‌های مغناطیسی:

در آهنربا به هر شکلی که باشد، دو ناحیه وجود دارد که خاصیت مغناطیسی در آنجا بسیار بیشتر از قسمت‌های دیگر است. به این دو ناحیه، قطب‌های آهنربا می‌گویند.

### نکته:

اگر یک آهنربای میله‌ای را توسط ریسمانی از وسط آن، بیاویزیم که بتواند آزادانه بچرخد، یک سر آن تقریباً به سوی شمال جغرافیایی قرار می‌گیرد. این سر را قطب شمال یا قطب N و سر دیگر را قطب جنوب یا قطب S می‌نامند.

### ویژگی‌های قطب‌های مغناطیسی:

۱- قطب‌های هم‌نام یکدیگر را دفع و قطب‌های ناهم‌نام یکدیگر را جذب می‌کنند.

۲- قطب‌های مغناطیسی همواره به صورت زوج ظاهر می‌شوند و تک‌قطبی مغناطیسی نداریم.

### القای خاصیت مغناطیسی:

وقتی آهنربا در مجاورت یک قطعه آهنی مانند یک میخ قرار می‌گیرد، در آن خاصیت مغناطیسی القاء می‌کند به طوری که میخ نیز موقتاً آهنربا می‌شود و می‌تواند قطعات آهنی دیگر مانند واشرهای آهنی را جذب کند. به این پدیده القای خاصیت مغناطیسی می‌گویند.

### نکته:

توجه کنید که در سمتی از میخ که نزدیک قطب آهنربا قرار دارد، قطب ناهم‌نام القاء می‌شود و میخ جذب آهنربا می‌شود.

### میدان مغناطیسی

در فضای اطراف آهنربا خاصیت مغناطیسی وجود دارد، به طوری که هر جسم آهنی مانند میخ را به سوی خود جذب می‌کند. به این خاصیت، میدان مغناطیسی می‌گوییم.





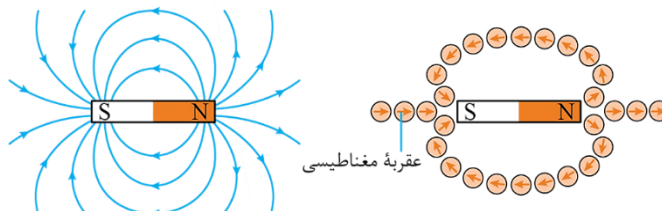
### نکات:

- ۱- میدان مغناطیسی، کمیتی برداری است و آن را با نماد  $\vec{B}$  نشان می‌دهند و یکای آن در SI، تسلا (با نماد T) است.
- ۲- یکای قدیمی و کوچک دیگری که برای میدان مغناطیسی کاربرد دارد، گaus (با نماد G) نام دارد که برابر است با:

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

### تعیین جهت میدان مغناطیسی در فضای اطراف آهنربا به کمک عقربه مغناطیسی

بنا به تعریف، بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای پیرامون یک آهنربا در جهتی است که وقتی عقربه مغناطیسی در آن نقطه قرار می‌گیرد، قطب N عقربه، آن جهت را نشان می‌دهد.



### نکات:

- ۱- جهت خطهای میدان مغناطیسی در خارج از آهنربا، از قطب N به قطب S و در داخل آهنربا از S به N است. یعنی این خطها از آهنربا می‌گذرند و هر یک از آنها یک حلقه بسته را تشکیل می‌دهند (توجه کنید که خطوط میدان الکتریکی این گونه نبودند)
- ۲- خطهای میدان مغناطیسی در نزدیکی قطبها به یکدیگر نزدیک‌ترند، یعنی میدان مغناطیسی در این نقاط، قوی‌تر است.

### میدان مغناطیسی یکنواخت

هرگاه جهت و اندازه میدان مغناطیسی (بردار میدان مغناطیسی) در نقاط مختلف ناحیه‌ای از فضا، یکسان باشد، در این صورت میدان مغناطیسی را در آن ناحیه یکنواخت می‌گویند.

### میدان مغناطیسی زمین:

میدان مغناطیسی زمین، مانند میدان مغناطیسی یک آهنربای میله‌ای بزرگ است که در نزدیکی مرکز زمین قرار دارد و قطب شمال آن در نزدیکی قطب جنوب جغرافیایی است. خطهای میدان مغناطیسی زمین به صورت خطهای میدان یک آهنربای میله‌ای، مدل‌سازی می‌شوند.

### نکته:

قطبهای مغناطیسی زمین بر قطبهای جغرافیایی آن منطبق نیستند و فاصله نسبتاً زیادی از یکدیگر دارند. مثلاً قطب جنوب مغناطیسی، تقریباً در فاصله ۱۸۰۰ کیلومتری قطب شمال جغرافیایی قرار دارد. یعنی عقربه مغناطیسی قطب‌نما، در جهت واقعی شمال جغرافیایی قرار نمی‌گیرد.

### نکته:

اندازه میدان مغناطیسی زمین در قطبها بیشترین و در خط استوا کم ترین است.

### شیب مغناطیسی

وقتی یک سوزن مغناطیسی شده یا یک عقربه مغناطیسی را از وسط آن آویزان کنیم، در بیشتر نقاط زمین، به طور افقی قرار نمی‌گیرد و امتداد آن با سطح افق زاویه‌ای می‌سازد که به این زاویه، شیب مغناطیسی می‌گویند.

### نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی

اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی در حال حرکت در یک میدان مغناطیسی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$F = |q|vB \sin \theta$$

### نکات:

- ۱- نیروی  $\vec{F}$  بر هر دو بردار  $\vec{V}$  و  $\vec{B}$  عمود است.
- ۲- یکای SI میدان مغناطیسی معادل است با:

$$1T \equiv \frac{N}{C.m} = \frac{N}{A.m}$$

۳- وقتی بار الکتریکی q عمود بر راستای خطوط میدان مغناطیسی حرکت کند ( $\sin \theta = \sin 90^\circ = 1$ )، اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی، بیشینه می‌شود ( $F = F_{max}$ ).

۴- وقتی بار الکتریکی q، موازی خطوط میدان مغناطیسی حرکت کند ( $\theta = 0^\circ$  یا  $\theta = 180^\circ$ )،  $\sin \theta = 0$  است و نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار برابر صفر است:

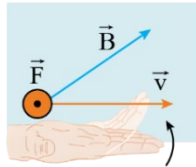
$$F = |q|vB \sin \theta = 0$$





### تعیین جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی

**قاعده دست راست:** برای بار مثبت، اگر دست راست خود را طوری نگه داریم که انگشتان باز شده ما در جهت  $\vec{v}$  باشد به گونه‌ای که وقتی آن‌ها را روی زاویه کوچک‌تری که  $\vec{v}$  و  $\vec{B}$  با هم می‌سازند و در جهت چرخش طبیعی انگشتان خم کنیم، در جهت  $\vec{B}$  قرار گیرند (چهار انگشت طوری در جهت  $\vec{v}$  قرار گیرد که میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  از کف دستان خارج شود)، انگشت شست جهت نیرو را نشان می‌دهد.



#### نکات:

- ۱- توجه کنید که اگر بار ذره منفی باشد، پس از تعیین جهت به روش قاعده دست راست، جهت به‌دست آمده را برعکس می‌کنیم یا از همان ابتدا قاعده را با دست چپ انجام می‌دهیم.
- ۲- نیرویی که بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی وارد می‌شود، بر راستای حرکت ذره و نیز راستای میدان مغناطیسی، عمود است.

#### تعیین جهت‌های جغرافیایی

اگر جهت‌های شرق، غرب، بالا و پایین را مطابق شکل زیر، روی صفحه فرض کنیم، جهت شمال، درون سو و جهت جنوب، برون سو خواهد شد:



#### نکته: میدان مغناطیسی زمین در جهت شمال (درون سو) است.

### نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم به طول  $l$  حامل جریان  $I$  که با خطوط میدان مغناطیسی زاویه  $\theta$  می‌سازد، برابر است با:

$$F = IlB \sin \theta$$

#### نکات:

- ۱- اگر سیم حامل جریان، موازی خطوط میدان مغناطیسی قرار گیرد ( $\theta = 0^\circ$  یا  $\theta = 180^\circ$ )،  $\sin \theta = 0$  است و نیروی مغناطیسی وارد بر سیم برابر صفر است:

$$F = IlB \sin \theta = 0$$

- ۲- اگر سیم حامل جریان، عمود بر خطوط میدان مغناطیسی قرار گیرد ( $\theta = 90^\circ$ )،  $\sin \theta = 1$  است و نیروی مغناطیسی وارد بر سیم، بیشینه است ( $F = F_{\max}$ ):

$$F = IlB \sin \theta = IlB = F_{\max}$$

### تعیین جهت نیروی مغناطیسی با استفاده از قاعده دست راست:

اگر چهار انگشت دست راست را به صورت باز در جهت جریان الکتریکی  $I$  قرار دهیم، به گونه‌ای که میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  از کف دستان خارج شود، انگشت شست، جهت نیروی مغناطیسی  $\vec{F}$  را نشان می‌دهد.



#### نکته:

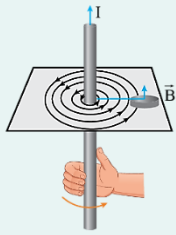
نیرویی که در میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان الکتریکی وارد می‌شود، بر راستای سیم و نیز بر راستای میدان مغناطیسی، عمود است.

### میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

- ۱- میدان مغناطیسی حاصل از سیم راست حامل جریان:

#### نکات:

- ۱- خط‌های میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان، به صورت دایره‌هایی هم‌مرکز در اطراف سیم حامل جریان هستند.
  - ۲- جهت خط‌های میدان مغناطیسی را می‌توان به کمک عقربه مغناطیسی تعیین کرد.
- می‌توان نتیجه گرفت که اگر سیم راست را به گونه‌ای در دست راست خود بگیریم که انگشت شست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت خم شدن چهار انگشت، جهت خط‌های میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.

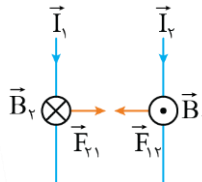


۳- اندازه میدان مغناطیسی با اندازه جریان الکتریکی رابطه مستقیم دارد.

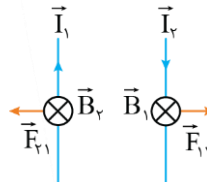
۴- با دور شدن از سیم راست، اندازه میدان مغناطیسی کاهش می‌یابد.

**نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان:**

الف) اگر جریان سیم‌ها هم‌جهت باشد، نیروی بین آنها جاذبه است:

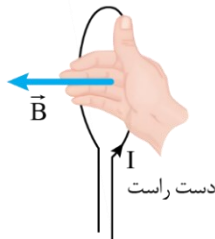


ب) اگر جریان سیم‌ها خلاف جهت هم باشند، نیروی بین آنها دافعه است:



طبق قانون سوم نیوتون، نیرویی که سیم‌ها به هم وارد می‌کنند، هم‌اندازه و در جهت مخالف یکدیگرند.

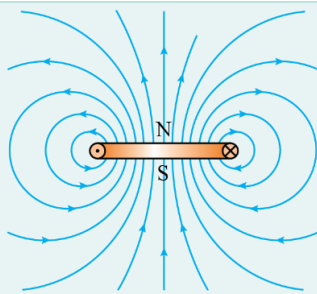
۲- میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقه دایره‌ای حامل جریان:



۱- خط‌های میدان مغناطیسی در ناحیه داخل حلقه به یکدیگر نزدیک‌ترند؛ یعنی، میدان در این ناحیه قوی‌تر است.

۲- در نقطه‌های روی محور حلقه، میدان، موازی محور است.

۳- هر حلقه حامل جریان را به عنوان یک دو قطبی مغناطیسی در نظر می‌گیرند.



**محاسبه اندازه میدان مغناطیسی در مرکز پیچۀ مسطح حامل جریان:**

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$$

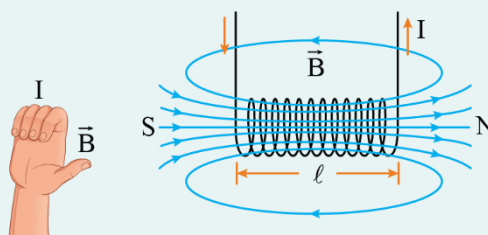
$\mu_0$  ضریب تراوایی مغناطیسی خلأ و برابر  $\frac{T.m}{A} \times 4\pi \times 10^{-7}$  است.

۳- **میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌لوله حامل جریان:**

برای تعیین میدان مغناطیسی، سیم‌لوله را طوری در دست راست می‌گیریم که چهار انگشتان در جهت جریان عبوری از سیم‌لوله بچرخد. در این حالت انگشت شست، جهت میدان در داخل سیم‌لوله را نشان می‌دهد.

### نکات:

- ۱- خط‌های میدان سیملوله مشابه خط‌های میدان یک آهنربای میله‌ای است و انگشت شست، قطب N سیملوله را نشان می‌دهد.
- ۲- خط‌های میدان داخل سیملوله بسیار متراکم‌تر از خط‌های میدان در خارج آن است و این نشانگر بزرگ‌تر بودن میدان در داخل سیملوله است.
- ۳- خط‌های میدان در داخل سیملوله و دور از لبه‌ها، تقریباً موازی و هم‌فاصله‌اند یعنی میدان مغناطیسی درون سیملوله یکنواخت است.



### محاسبه بزرگی میدان مغناطیسی حاصل از سیملوله:

اگر قطر حلقه‌های سیملوله در مقایسه با طول آن، بسیار کوچک و حلقه‌های آن، خیلی به هم نزدیک باشند، به این سیملوله، سیملوله آرمانی گفته می‌شود. میدان مغناطیسی داخل یک سیملوله آرمانی در نقطه‌های دور از لبه‌ها یکنواخت است و اندازه آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l}$$

### سیملوله با هسته آهنی - آهنربای الکتریکی:

وقتی داخل سیملوله، هسته آهنی قرار دهیم، با برقراری جریان، میدان مغناطیسی سیملوله، در هسته آهنی، خاصیت مغناطیسی القا می‌کند و هسته آهنی، آهنربا می‌شود. این آهنربا را آهنربای الکتریکی می‌نامند.

### نکات:

- ۱- هرچه تعداد دورهای سیملوله و جریانی که از آن می‌گذرد، بیشتر باشد، آهنربای الکتریکی قوی‌تر خواهد بود.
- ۲- وجود هسته آهنی باعث تقویت میدان مغناطیسی سیملوله می‌شود. میدان مغناطیسی سیملوله بدون هسته آهنی بسیار ضعیف است و در عمل کاربردهای کمی دارد.
- ۳- آهنربای الکتریکی صنعتی، شامل پیچۀ حامل جریانی است که تعداد دور سیم زیادی دارد و میدان مغناطیسی حاصل از آن می‌تواند مقدار زیادی میله‌های فولادی و قراضه‌های آهن را بلند کند.

### ویژگی‌های مغناطیسی مواد

#### الف) مواد پارامغناطیسی:

اتم‌های مواد پارامغناطیسی، خاصیت مغناطیسی دارند اما دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به آن‌ها، به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری می‌کنند و میدان مغناطیسی خالص ایجاد نمی‌کنند.

### نکات:

- ۱- اگر مواد پارامغناطیسی درون میدان مغناطیسی خارجی قوی قرار گیرند، دوقطبی‌های مغناطیسی آن‌ها، مانند عقربه مغناطیسی، به مقدار مختصری می‌چرخند و در راستای خط‌های میدان مغناطیسی منظم می‌شوند.
- با دور شدن آهنربا از این مواد، دوقطبی‌ها دوباره به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری می‌کنند.
- ۲- مواد پارامغناطیسی در حضور میدان‌های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می‌کنند.
- ۳- اورانیم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن از جمله مواد پارامغناطیسی‌اند.



#### ب) مواد دیامغناطیسی:

اتم‌های مواد دیامغناطیسی، به‌طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی‌اند و هیچ‌یک از اتم‌های این مواد، دارای دوقطبی مغناطیسی خالصی نیستند.

### نکات:

- ۱- حضور میدان مغناطیسی خارجی، می‌تواند سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در مواد دیامغناطیسی شود.
- ۲- مواد دیامغناطیسی توسط میدان خارجی دفع می‌شوند.
- ۳- مس، نقره، سرب و بیسموت مثال‌هایی از مواد دیامغناطیسی‌اند.



### (پ) مواد فرومغناطیسی:

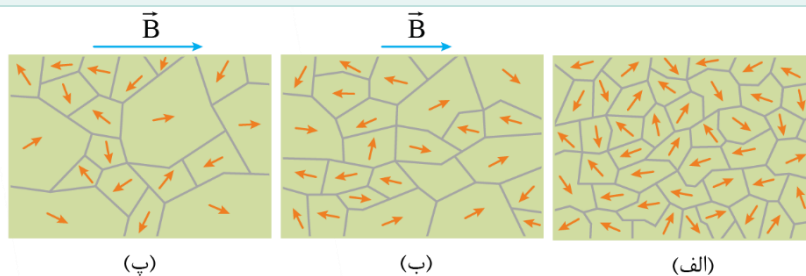
اتم‌های این مواد به‌طور ذاتی دارای دوقطبی مغناطیسی هستند. برهم‌کنش‌های قوی بین دوقطبی‌های مغناطیسی در این مواد موجب می‌شود که این دو قطبی‌ها حتی در نبود میدان مغناطیسی خارجی، در ناحیه‌هایی که حوزه‌های مغناطیسی نامیده می‌شوند، هم‌سو شوند.

### اثر میدان مغناطیسی خارجی بر مواد فرومغناطیسی:

دوقطبی‌های مغناطیسی هر حوزه، تحت تأثیر میدان مغناطیسی خارجی قرار می‌گیرند و جهت آن‌ها به جهت میدان خارجی متمایل می‌شود. حوزه‌هایی که نسبت به میدان، هم‌سو هستند، رشد می‌کنند و حجمشان زیاد می‌شود. از طرفی حجم حوزه‌هایی که سمت گیری آن‌ها در راستای میدان نیست، کم می‌شود. در نتیجه مرز بین بیشتر حوزه‌ها جابه‌جا می‌شود و ماده خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کند.

### نکته:

آهن، نیکل، کبالت و بسیاری از آلیاژهای دارای این عناصر، فرومغناطیسی هستند.



(الف) ماده فرومغناطیسی در نبود میدان مغناطیسی خارجی.

(ب) ماده فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی ضعیف.

(پ) ماده فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی قوی.

### مواد فرومغناطیسی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

حوزه‌های مغناطیسی برخی از مواد فرومغناطیسی، در حضور میدان مغناطیسی خارجی به سهولت تغییر می‌کند و ماده به‌سادگی آهنربا می‌شود و با حذف میدان خارجی نیز، خاصیت آهنربایی خود را به آسانی از دست می‌دهد. این مواد را مواد فرومغناطیسی نرم می‌نامند. از این مواد در ساخت هسته پیچ‌ها و سیم‌لوله‌ها استفاده می‌شود. مواد فرومغناطیسی نرم برای ساختن آهنرباهای الکتریکی (آهنرباهای غیردائم) نیز مناسب‌اند.

### نکته:

آهن و نیکل و کبالت خالص، جزء مواد فرومغناطیسی نرم هستند.

برخی مواد دیگر مانند فولاد (آهن به اضافه ۲ درصد کربن)، آلیاژهای آهن، کبالت و نیکل به سختی آهنربا می‌شوند؛ یعنی در حضور میدان مغناطیسی خارجی، حجم حوزه‌ها در آن‌ها به سختی تغییر می‌کند. این مواد را مواد فرومغناطیسی سخت می‌نامند. در این مواد، سمت‌گیری دوقطبی‌های مغناطیسی حوزه‌ها پس از حذف میدان خارجی، تا مدت زمان زیادی، تقریباً بدون تغییر باقی می‌ماند. به عبارت دیگر، پس از حذف میدان خارجی، ماده فرومغناطیسی سخت، خاصیت آهنربایی خود را تا اندازه قابل توجهی حفظ می‌کند. به همین دلیل، این مواد برای ساختن آهنرباهای دائمی مناسب‌اند.

### فصل چهارم

### پدیده القای الکترومغناطیسی

القای نیروی محرکه الکتریکی در یک مدار بسته رسانا توسط میدان مغناطیسی را القای الکترومغناطیسی می‌گویند و جریان الکتریکی تولیدشده را جریان الکتریکی القایی می‌نامند.

### روش‌های القای الکترومغناطیسی در یک حلقه یا سیم‌لوله:

- ۱- تغییر اندازه میدان مغناطیسی عبوری از قاب
- ۲- تغییر مساحت حلقه یا پیچ‌های انعطاف‌پذیر که درون میدان مغناطیسی یکنواخت  $\vec{B}$  قرار دارد.
- ۳- تغییر زاویه بین سطح قاب و راستای خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت  $\vec{B}$

### رابطه شار مغناطیسی

فرض کنید حلقه‌ای که مساحت سطح آن  $A$  است، در یک میدان مغناطیسی یکنواخت  $\vec{B}$  قرار دارد. طبق تعریف شار مغناطیسی عبوری از حلقه ( $\Phi$ ) برابر است با:

$$\Phi = BA \cos \theta$$

$B$ : اندازه میدان مغناطیسی بر حسب تسلا (T)

$A$ : مساحت سطح حلقه بر حسب متر مربع ( $m^2$ )

$\theta$ : زاویه بین نیم‌خط عمود بر سطح حلقه و بردار میدان مغناطیسی





### نکات:

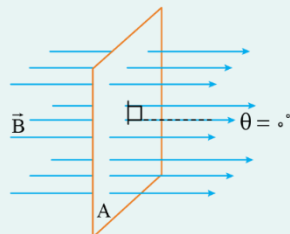
۱- شار مغناطیسی، کمیت نرده‌ای است و یکای آن در SI، برابر تسلا در متر مربع است که وبر (Wb) نام دارد:

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \times 1 \text{ m}^2$$

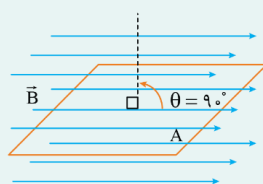
۲- از نظر مفهومی، شار مغناطیسی با تعداد خط‌های میدان مغناطیسی که از داخل سطح حلقه عبور می‌کند، متناسب است.

۳- اگر سطح حلقه بر خطوط میدان مغناطیسی، عمود باشد،  $(\theta = 0^\circ \Rightarrow \cos \theta = 1)$ ، شار، بیشینه است. توجه کنید که در این حالت بیشترین تعداد خط‌های میدان مغناطیسی از داخل سطح حلقه عبور می‌کند.

$$\Phi_{\max} = BA$$



۴- اگر سطح حلقه موازی خطوط میدان مغناطیسی باشد،  $(\theta = 90^\circ \Rightarrow \cos \theta = 0)$ ، شار مغناطیسی عبوری از حلقه صفر است و هیچ خط میدانی از داخل حلقه عبور نمی‌کند.



۵- اگر در سؤال زاویه بین سطح حلقه و میدان مغناطیسی  $(\alpha)$  داده شده باشد، برای محاسبه  $\theta$  داریم:

$$\theta = 90^\circ - \alpha$$

۶- توجه کنید که شار مغناطیسی عبوری از یک پیچه یا یک سیملوله با تعداد دورهای  $N$ ، به  $N$  بستگی ندارد و مانند شار عبوری از حلقه از رابطه  $\Phi = BA \cos \theta$  محاسبه می‌شود.

### قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

بنابر قانون فاراده، هرگاه شار مغناطیسی‌ای که از مدار بسته‌ای می‌گذرد، تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است.

قانون فاراده برای پیچه یا سیملوله‌ای که از  $N$  دور مشابه تشکیل شده باشد با رابطه زیر بیان می‌شود:

$$\varepsilon_{av} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

در این رابطه  $\varepsilon_{av}$  نیروی محرکه القایی متوسط بر حسب ولت و  $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  آهنگ تغییر شار مغناطیسی بر حسب وبر بر ثانیه  $(\frac{\text{Wb}}{\text{s}})$  است. اگر مقاومت الکتریکی پیچه یا سیملوله برابر  $R$  باشد، جریان القایی متوسط در آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I_{av} = \frac{|\varepsilon_{av}|}{R}$$

### نکات:

۱- هرچه آهنگ تغییر شار مغناطیسی بیشتر باشد، نیروی محرکه القایی و در نتیجه جریان القایی تولیدشده در مدار بیشتر خواهد بود.

۲- هرچه مقاومت الکتریکی پیچه یا مداری که در آن شار مغناطیسی تغییر می‌کند، بیشتر باشد، جریان کوچک‌تری در آن القا می‌شود.

۳- اگر تغییر شار به دلیل تغییر میدان مغناطیسی باشد، طبق قانون القای فاراده، داریم:

$$\varepsilon_{av} = -NA \cos \theta \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

را آهنگ تغییر میدان مغناطیسی می‌نامند و یکای آن در SI، تسلا بر ثانیه  $(\frac{\text{T}}{\text{s}})$  است.

### نمودار شار مغناطیسی - زمان

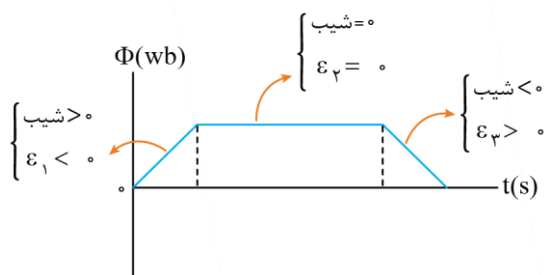
اگر نمودار شار - زمان در یک بازه زمانی به صورت خط راست (شیب ثابت) باشد، نیروی محرکه القایی در آن بازه زمانی، ثابت و برابر است با:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{\text{شیب نمودار} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}} \varepsilon = -N \times \text{شیب نمودار}$$



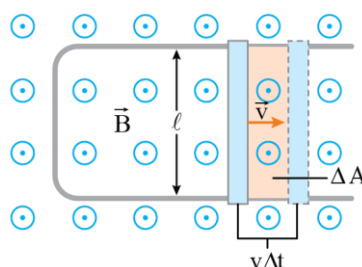


یعنی اگر شیب نمودار مثبت باشد،  $\varepsilon < 0$  و اگر شیب نمودار منفی باشد،  $\varepsilon > 0$  است.



نیروی محرکه القایی در رسانای U شکل در میدان مغناطیسی یکنواخت:

$$\varepsilon_{av} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta(BA)}{\Delta t} = -B\frac{\Delta A}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon_{av} = -B\frac{\ell v \Delta t}{\Delta t} = -B\ell v$$



برخی از کاربردهای القای الکترومغناطیسی:

۱- تندی سنج دوچرخه

۲- کارت‌های اعتباری و دستگاه‌های کارت‌خوان (توجه کنید که نوار مغناطیسی پشت کارت‌های اعتباری، حاوی تعداد بسیار زیادی ذره فرومغناطیسی است).  
۳- بادسنج

### قانون لنز

جریان حاصل از نیروی محرکه القایی در یک مدار یا پیچ در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن با عامل به وجودآورنده جریان القایی، یعنی تغییر شار مغناطیسی، مخالفت می‌کند.

#### نکته:

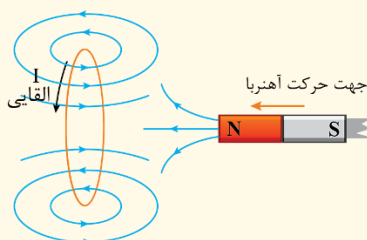
از قانون لنز می‌توان نتیجه گرفت که جهت جریان القایی در جهتی است که هم با افزایش و هم با کاهش شار مخالفت کند.

اگر شار مغناطیسی عبوری از حلقه افزایش یابد، جهت میدان مغناطیسی القایی ناشی از جریان القایی در حلقه در مرکز حلقه، در خلاف جهت میدان مغناطیسی خارجی خواهد شد.

اگر شار مغناطیسی عبوری از حلقه کاهش یابد، جهت میدان مغناطیسی القایی ناشی از جریان القایی در حلقه در مرکز حلقه، هم‌جهت با میدان مغناطیسی خارجی خواهد شد.

#### مثال:

شکل زیر، آهنربایی را نشان می‌دهد که قطب N آن در حال نزدیک شدن به یک حلقه رساناست. در این وضعیت اندازه  $\vec{B}$  در محل حلقه افزایش می‌یابد و در نتیجه شار مغناطیسی گذرنده از حلقه زیاد می‌شود. بنا به قانون لنز، جهت جریان القایی ایجادشده در حلقه چنان است که میدان مغناطیسی ناشی از آن با افزایش شار مخالفت کند. بنابراین، میدان مغناطیسی حلقه در خلاف سوی میدان مغناطیسی آهنربا می‌شود. با توجه به قاعده دست راست و از روی جهت میدان مغناطیسی حلقه، جهت جریان در حلقه تعیین می‌شود.



### القاگرها

همان‌طور که در فضای بین صفحه‌های یک خازن باردار، میدان الکتریکی ایجاد می‌شود و انرژی الکتریکی در این میدان ذخیره می‌شود، می‌توان از القاگر (پیچ یا سیم‌لوله) برای تولید میدان مغناطیسی دلخواه و همچنین ذخیره انرژی در این میدان استفاده کرد.

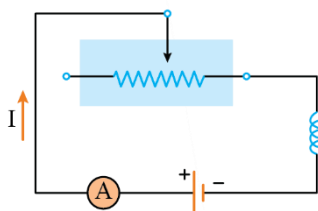
#### نکته:

القاگر مانند مقاومت و خازن یکی از اجزای ضروری مدارهای الکترونیکی است و نماد مداری آن به صورت است.



### خودالقاری:

مداری مطابق شکل مقابل در نظر بگیرید:



با تغییر مقاومت رُئوستا، جریان در مدار تغییر می‌کند. تغییر جریان در مدار، سبب تغییر میدان مغناطیسی القاگر می‌شود و در نتیجه شار مغناطیسی عبوری از آن نیز تغییر می‌کند. این فرایند سبب القای نیروی محرکه‌ای در القاگر می‌شود که بنابر قانون لنز با تغییر جریان عبوری از آن مخالفت می‌کند. این پدیده که می‌تواند در هر القاگری (از قبیل پیچ یا سیملوله) رخ دهد، اثر خود - القاوری نامیده می‌شود.

### ضریب القاوری:

ویژگی‌های فیزیکی هر القاگر، توسط ضریب القاوری آن تعیین می‌شود.

ضریب القاوری را با  $L$  نشان می‌دهند و یکای آن در SI، هانری ( $H$ ) نام دارد.

ضریب القاوری به عوامل زیر بستگی دارد:

۱- تعداد دور القاگر

۲- طول القاگر

۳- مساحت سطح مقطع القاگر

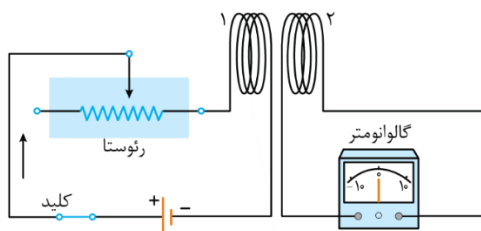
۴- جنس هسته‌ای که داخل القاگر قرار می‌گیرد.

### ضریب القاوری سیملوله‌ای آرمانی و بدون هسته:

$$L = \mu_0 \frac{AN^2}{\ell}$$

### القای متقابل:

در شکل زیر، با تغییر دادن مقاومت رُئوستا و تغییر جریان در پیچ (۱)، میدان مغناطیسی پیچ (۱) و در نتیجه شار مغناطیسی عبوری از پیچ (۲) نیز تغییر می‌کند؛ بنابر قانون فاراده، این تغییر شار، نیروی محرکه‌ای را در پیچ (۲) القا می‌کند که به ایجاد جریان القایی در این پیچ می‌انجامد. همچنین تغییر جریان در پیچ (۲)، سبب ایجاد نیروی محرکه القایی در پیچ (۱) می‌شود. این فرایند، القای متقابل نامیده می‌شود و به کمک آن می‌توان انرژی را از یک پیچ، به پیچ دیگر منتقل کرد.



### نکته:

در برخی مدارها القای متقابل باعث ایجاد نیروهای محرکه ناخواسته‌ای می‌شود. برای کمتر کردن این اثر ناخواسته، باید سطح حلقه‌های القاگرهای مجاور را به طور عمود بر یکدیگر قرار داد.

**انرژی ذخیره‌شده در القاگر:** انرژی ذخیره شده در القاگری با ضریب القاوری  $L$  که از آن جریان  $I$  عبور می‌کند، برابر است با:

$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

### تفاوت مقاومت و القاگر:

هنگام عبور جریان از مقاومت، انرژی وارد آن می‌شود، جریان چه پایا باشد و چه تغییر کند، این انرژی در مقاومت به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود؛ در حالی که در یک القاگر آرمانی (با مقاومت صفر) تنها وقتی انرژی وارد القاگر می‌شود که جریان در آن افزایش یابد. این انرژی تلف نمی‌شود؛ بلکه در میدان مغناطیسی القاگر ذخیره شده و هنگام کاهش جریان آزاد می‌شود. هنگام عبور جریان پایا از یک القاگر آرمانی (سیم‌پیچ بدون مقاومت)، انرژی به آن وارد یا از آن خارج نمی‌شود.

### تولید جریان متناوب:

یکی از کاربردهای مهم اثر القای الکترومغناطیسی، تولید جریان متناوب است.

رایج‌ترین روش برای تغییر شار و در نتیجه تولید جریان القایی، تغییر زاویه  $\theta$  است.

### دوره یا زمان تناوب:

زمان یک دور چرخش کامل پیچ (T) را دوره یا زمان تناوب می‌نامند.



### معادلات جریان متناوب:

معادله شار - زمان:

$$\Phi = BA \cos\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$$

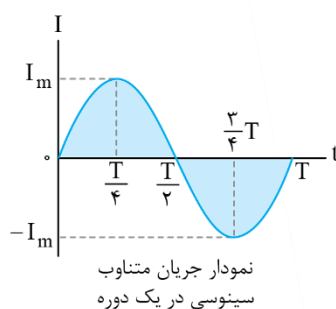
معادله نیروی محرکه - زمان:

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$$

معادله جریان - زمان:

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$$

در این رابطه  $I_m$  بیشینه جریان القا شده در پیچه و برابر  $I_m = \frac{\varepsilon_m}{R}$  است.



### نکات:

- ۱- در نیروگاه‌های تولید برق، برای تولید جریان متناوب از مولدهای خاصی استفاده می‌شود که به آن‌ها مولدهای صنعتی جریان متناوب می‌گویند. در مولدهای صنعتی، پیچه‌ها ساکن‌اند و آهنربای الکتریکی در آن‌ها می‌چرخد.
- ۲- در نیروگاه‌های تولید برق در ایران، آهنربای الکتریکی در هر ثانیه، ۵۰ دور درون پیچه می‌چرخد. این کمیت را بسامد برق تولید شده می‌نامند و به صورت  $50\text{Hz}$  بیان می‌کنند. یکای SI بسامد  $s^{-1}$  یا  $\text{Hz}$  (هرتز) است.

### مبدل‌ها:

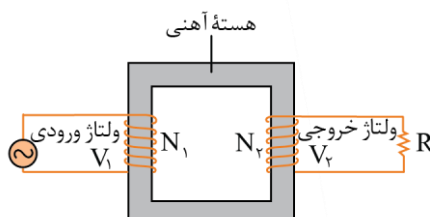
یکی از مزیت‌های مهم توزیع توان الکتریکی ac بر dc آن است که افزایش و کاهش ولتاژ ac، بسیار آسان‌تر از dc است. برای انتقال توان الکتریکی در فاصله‌های دور، تا جایی که امکان دارد باید از ولتاژهای بالا و جریان‌های کم استفاده کنیم.

### نکات:

- ۱- این کار اتلاف توان را در خط‌های انتقال کاهش می‌دهد. همچنین با توجه به کاهش جریان می‌توان از سیم‌های نازک‌تری استفاده و در مصرف مواد اولیه ساخت سیم صرفه‌جویی کرد.
- ۲- قبل از انتقال توان الکتریکی از نیروگاه‌ها، مبدل‌های افزایشنده، ولتاژ را تا حدود  $400\text{kV}$  افزایش می‌دهند. در انتهای مسیر، مبدل‌های کاهشنده، ولتاژ را کاهش می‌دهند تا توان الکتریکی با امنیت بیشتر به محل مصرف برسد.

شکل زیر، مبدلی شامل دو پیچه با تعداد دورهای متفاوت را نشان می‌دهد که دور یک هسته آهنی (فرومغناطیس نرم) پیچیده شده‌اند. در عمل، پیچه اولیه با  $N_1$  دور به ولتاژ  $V_1$  بسته شده است و پیچه ثانویه با  $N_2$  دور ولتاژ  $V_2$  را تأمین می‌کند. برای یک مبدل آرمانی که مقاومت پیچه‌های آن ناچیز است، رابطه زیر برقرار است:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$



# فوت و فن تشریحی نویسی

تمام نکات و اشتباهات احتمالی در تشریحی نویسی

پایه یازدهم (رشته ریاضی فیزیک)  
فیزیک



### نکات مهم امتحانات تشریحی درس فیزیک یازدهم و دوازدهم

یکی از درس‌های نهایی دوازدهم (تجربی و ریاضی) و یازدهم ریاضی، درس فیزیک هستش. درسته که درس فیزیک جزء سخت‌ترین دروس برای گرفتن نمره بیسته، ولی شما می‌تونین با یک برنامه‌ریزی خوب، یادگیری قسمت‌های تشریحی و تمرین و تکرار در حل مسائل، حتی نمره ۲۰ رو به راحتی بگیرین و معدل نهایی‌تون رو افزایش بدین.

**سؤال‌هایی که در درس فیزیک طراحی می‌شن شامل بخش‌های زیر هستن:**

**الف) سؤالات صحیح / غلط:**

سؤالات صحیح / غلط جزء رایج‌ترین بخش‌های آزمون نهایی هستن. برای تحلیل و پاسخ درست این سؤالات باید به کوچک‌ترین کلمات و فعل‌های این پرسش‌ها بسیار دقت کنید.

**ب) سؤالات جاذبی، جاذبی گزینشی، جعبه کلمات یا سؤالاتی که به صورت ستونی هستن و شما باید هر عبارت از یک ستون رو به عبارت ستون دیگر مرتبط کنید:**

این سؤالات ممکنه فقط جمله‌ای با جای خالی باشه که شما خودتون باید فکر کنین و کلمه یا کلمات مناسب رو بذارین، یا ممکنه جای خالی داده بشه و دو گزینه داخل پرانتز داده بشه که شما باید گزینه درست رو انتخاب کنید (گاهی ممکنه چند گزینه‌ای هم باشه) و یا اینکه جعبه کلمات در ابتدای سؤال بیاد و شما کلمه درست مربوط به جای خالی هر عبارت را انتخاب کنین.

**پ) تعریف‌ها، فعالیت‌ها، پاسخ‌دهی‌ها:**

بعضی وقتا ممکنه تعریف یک پدیده، کمیت، یکا و ... از شما خواسته بشه. یا اینکه یکی از فعالیت‌ها و پاسخ‌دهی‌های کتاب رو مطرح کنن (البته اونایی که تو کتاب گفته تحقیق کنید، تو امتحان‌های نهایی نمیان).

در پاسخ دادن به این سؤالات دقت کنید توضیح‌های کامل و کوتاه بدین و از توضیح بیش از حد و اضافی که لازم نیست، خودداری کنید.

**ت) طراحی آزمایش:**

از این سؤالات طراحی آزمایش هم حتماً ی‌دونه تو امتحان نهایی دارین. برای پاسخ به این سؤالات، متن آزمایش‌های کتاب درسی و فعالیت‌هایی رو که به صورت طراحی آزمایش هستن، با دقت بخونین و موقع پاسخ دادن، بخش‌های مهم روند انجام آزمایش، فرمولی که می‌شه ازش استفاده کرد و نتیجه نهایی رو بنویسین.

**ث) مسأله‌ها:**

حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد سؤالات نهایی فیزیک، حل مسأله هستن. در حل مسأله‌ها دقت کنید که اول صورت مسأله را با آرامش بخونین. دور اعداد مربوط به کمیت‌های داده شده، خط بکشین و مشخص کنین که این عدد داده شده مثلاً جرم جسم هست یا ...

بعدش به یکای کمیت دقت کنید که ممکنه لازم بشه به یکای دیگری تبدیل کنین و در فرمول قرار بدین. در یک مسأله ممکنه ثابت‌هایی که برای حل مسأله نیاز دارین هم بهتون بدن. به یکاهای اونا هم دقت کنین. بعد از تحلیل مسأله، فرمول‌هایی رو که می‌تونین برای حل مسأله ازش استفاده کنین بنویسین (خود فرمول سؤال حتماً بارم داره)

بعد اعداد رو با یکای مناسب جایگذاری کنین (اینم یه قسمتی از بارم رو به خودش اختصاص میده) و در نهایت جواب آخر رو به همراه یکا به‌دست بیارین (اینم بخش نهایی بارم)

توجه کنید که برای یک سؤال ممکنه چند راه‌حل یا فرمول وجود داشته باشه. اگر صورت سؤال تأکیدی بر راه‌حل خاصی نداره، هر کدوم رو بنویسین درسته.

**توجه:**

برای نوشتن جواب مسأله‌ها، از روش‌های کتاب درسی استفاده کنین و از روش‌های سریع تستی استفاده نکنین. در امتحان نهایی نوشتن راه‌حل‌ها نمره داره. اگر کمیتی رو می‌خواین به‌دست بیارین از اول روابط و فرمول‌های لازم رو بنویسین و به جواب نهایی برسین.

**نکات مهم:**

۱- بارم هر فصل رو بدونین.

۲- پاسخ‌هاتون کامل و لازم باشه. نوشتن توضیحات اضافه یا مطالبی که لازم نیست، باعث نمی‌شه شما نمره بیشتری بگیرین.

۳- مرتب‌نویسی:

پاسخ‌ها رو با دقت در محل مشخص شده برای هر سؤال بنویسین و سعی کنین قلم‌خوردگی نداشته باشین و اصلاً از لاک غلطگیر استفاده نکنین.

۴- زمان رو مدیریت کنین و برای هر سؤال زمان مناسب در نظر بگیرین.

۵- در نهایت پاسخ‌ها رو مرور کنین تا اگر چیزی از قلم افتاده، اضافه کنین یا سؤالی رو اگر ندیدین بتونین بهش پاسخ بدین.

**با آرزوی موفقیت**

**گروه ریاضی و فیزیک ماز**

