

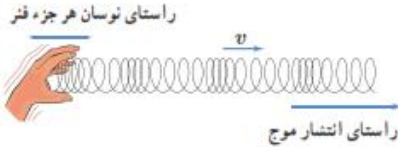
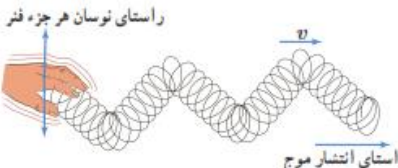
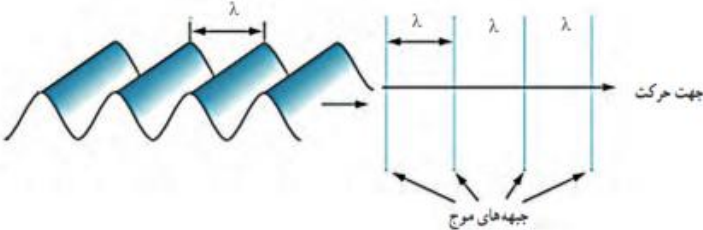
**فصل اول: حرکت بر روی خط راست**

|   |  |
|---|--|
| <p>بررداری است که از مبدأ مختصات به محل جسم متصل می شود . (بستگی کاملی به مبدأ مختصات انتخابی دارد) .<br/>در حرکت یک بعدی : فاصله ی متحرک در هر لحظه تا مبدأ مختصات را مکان آن گویند که می تواند (+) یا (-) باشد .</p>  | <p><b>بردار مکان</b><br/><math>\bar{x}</math></p>        |
| <p>جابه جایی متحرک بین دو لحظه ی <math>t_1</math> و <math>t_2</math> ، برداری است که ابتدای آن مکان متحرک در لحظه ی <math>t_1</math> و انتهای آن مکان متحرک در لحظه ی <math>t_2</math> است . به بیان خلاصه تر می توان گفت :<br/>طول برداری است که از مکان اولیه ی جسم به مکان نهایی آن متصل می شود . (در حرکت یک بعدی با نماد <math>\Delta X</math> نشان داده می شود).<br/>✓ بردار جابه جایی ، به مبدأ مختصات بستگی نداشته و تنها به مکان اولیه و نهایی وابسته است و به مسیر حرکت نیز بستگی ندارد .</p> | <p><b>بردار جابه جایی</b><br/><math>\bar{d}</math></p>   |
| <p>طول مسیری است که متحرک آن را طی می کند که بستگی کاملی به مسیر طی شده دارد .</p>  | <p><b>مسافت طی شده</b></p>                               |
| <p>تعریف ۱: « بیان می کند که متحرک به طور متوسط در هر ثانیه چند متر جابه جایی داشته است . »<br/>تعریف ۲: « نسبت جابه جایی به مدت زمان جابه جایی را سرعت متوسط جسم گویند . »<br/>✓ سرعت متوسط کمیته برداری و هم جهت با بردار جابه جایی است .</p>   | <p><b>سرعت متوسط</b></p>                                 |
| <p>« نسبت مسافت طی شده به مدت زمان حرکت را سرعت متوسط جسم گویند . »</p>   | <p><b>تندی متوسط</b></p>                                 |
| <p>✓ تندی و متحرک در هر لحظه از زمان را <b>تندی لحظه ای</b> می نامند .<br/>✓ اگر هنگام گزارش تندی لحظه ای ، به جهت حرکت متحرک نیز اشاره شود ، در واقع <b>سرعت لحظه ای</b> آن که کمیته برداری است را گزارش کرده ایم .</p>  | <p><b>تندی لحظه ای</b><br/>و<br/><b>سرعت لحظه ای</b></p> |
| <p>هرگاه سرعت لحظه ای متحرکی که بر روی خط راست حرکت می کند در تمام لحظه ها یکسان باشد ، حرکت آن یکنواخت نامیده می شود . (در حرکت یکنواخت سرعت متوسط در تمامی بازه های زمانی یکسان است) .</p>  | <p><b>حرکت یکنواخت</b></p>                               |
| <p>تعریف ۱: « نسبت تغییر سرعت به بازه ی زمانی که سرعت تغییر کرده است را شتاب متوسط گویند . »<br/>تعریف ۲: « به بیان دیگر می توان گفت : متوسط تغییر سرعت در هر ثانیه را شتاب متوسط گویند . »</p>   | <p><b>شتاب متوسط</b></p>                                 |
| <p>شتاب متوسط در حدی که بازه ی زمانی فوق العاده کوچک می شود را شتاب لحظه ای می گویند .</p>  | <p><b>شتاب لحظه ای</b></p>                               |
| <p>تعریف ۱: « حرکتی است که در آن سرعت متحرک با آهنگ ثابتی تغییر می کند. »<br/>تعریف ۲: « حرکتی است که در آن شتاب متحرک در هر لحظه ی دلخواه از حرکت ، با شتاب متوسط آن در هر بازه ی زمانی دلخواه از حرکت برابر است. »</p>  | <p><b>حرکت شتاب دار</b><br/><b>با شتاب ثابت</b></p>      |
| <p>متداول ترین مثال برای حرکت با شتاب ثابت (تقریباً ثابت) ، سقوط آزاد اجسام به طرف زمین است .<br/>در غیاب مقاومت هوا درمی یابیم که در هر نقطه روی سطح زمین ، تمام اجسام بدون توجه به اندازه ، شکل ، جرم ، چگالی یا ترکیباتشان ، با شتاب یکسان سقوط می کنند و اگر مسافت طی شده خیلی زیاد نباشد ، شتاب در حین سقوط ثابت می ماند . این حرکت ایده آل را که در آن از اثر <u>مقاومت هوا</u> و <u>تغییرات شتاب</u> نسبت به ارتفاع چشم پوشی می شود ، سقوط آزاد می نامند .</p>                                   | <p><b>حرکت سقوط آزاد</b><br/><i>(رشته ریاضی)</i></p>     |

**فصل دوم : دینامیک (علم شناخت نیروها)**

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <p>هرگاه برآیند نیروهای وارد بر جسمی صفر باشد ، آن جسم وضعیت حرکت خود را حفظ می کند . یعنی اگر ساکن باشد ، ساکن می ماند و یا اگر در حال حرکت باشد ، با همان اندازه و جهت سرعت به حرکت خود ادامه می دهد .<br/>در بیانی خلاصه تر ، در کتاب شما آمده است :</p> <p>یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می کند ، مگر آن که نیروی خالص غیر صفری به آن وارد شود.</p>   | <p><b>قانون اول نیوتون</b></p>  |
| <p>بر اساس قانون اول نیوتن ، اگر بر جسم نیروی خالصی وارد نشود ، جسم ساکن می ماند و یا با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می دهد .<br/>تعریف : به این خاصیت اجسام که میل دارند وضعیت حرکت خود را هنگامی که نیروی خالص وارد بر آنها صفر است حفظ کنند ، لختی گویند .</p>  | <p><b>لختی</b></p>              |
| <p>هرگاه بر جسم نیروی خالصی وارد شود ، جسم تحت تأثیر آن نیرو شتاب می گیرد که این شتاب با نیروی خالص وارد بر جسم نسبت مستقیم دارد و در همان جهت نیروی خالص است و با جرم جسم نسبت وارون دارد .</p> $\vec{a} = \frac{\vec{F}_{net}}{m}$   | <p><b>قانون دوم نیوتون</b></p>  |
| <p>هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند ، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم اندازه و هم راستا اما در خلاف جهت وارد می کند . (توجه کنید از آن جا که این دو نیرو به دو جسم مجزا وارد می شوند یکدیگر را خشی نمی کنند . مگر آن که در حل مسأله هر دو جسم را با هم به عنوان یک سیستم در نظر بگیریم که در این صورت نیروهای داخلی اثر هم را خشی می کنند.)</p>   | <p><b>قانون سوم نیوتون</b></p>  |
| <p>به طور کلی وقتی جسمی در یک شاره (مایع یا گاز) قرار دارد و نسبت به آن حرکت می کند ، از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم به آن وارد می شود که به آن نیروی مقاومت شاره گفته می شود و با نماد <math>f_D</math> نمایش می دهند . نیروی مقاومت شاره به بزرگی جسم ، تندی آن و ... بستگی دارد . هر چه تندی جسم بیشتر باشد ، نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد بود . (اگر جسم در هوا حرکت کند ، به این نیرو ، نیروی مقاومت هوا می گویند .</p> | <p><b>نیروی مقاومت شاره</b></p> |
| <p>در سقوط آزاد ، هنگامی که نیروی مقاومت هوا و وزن جسم هم اندازه می شوند ، نیروهای وارد بر جسم متوازن شده و جسم با تندی ثابتی موسوم به تندی حدی به طرف پایین حرکت می کند .</p>   | <p><b>تندی حدی</b></p>          |
| <p>هرگاه سطح دو جسم با یکدیگر در تماس باشند ، نیرویی عمود بر سطح تماس و به طرف جسم مورد مطالعه به هر کدام از آنها وارد می شود که به آن نیروی عمودی سطح می گویند .</p>  | <p><b>نیروی عمودی سطح</b></p>   |
| <p>هنگامی که تلاش می کنیم جسمی را روی سطحی به حرکت درآوریم ، چه جسم حرکت کند و چه ساکن بماند ، با نیروی مقاومی روبرو می شویم که به آن نیروی اصطکاک گفته می شود . تا زمانی که جسم ساکن مانده باشد ، به این نیرو ، نیروی اصطکاک ایستایی (<math>f_s</math>) گفته می شود و پس از حرکت ، به این نیروی مقاوم نیروی اصطکاک جنبشی (<math>f_k</math>) می گوئیم .</p>  | <p><b>نیروی اصطکاک</b></p>      |
| <p>هر دو جسم دارای جرمی به یکدیگر نیرویی به صورت جاذبه وارد می کنند که اندازه ی این نیرو با حاصل ضرب جرم دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله ی آنها از یکدیگر نسبت عکس دارد.</p>   | <p><b>قانون گرانش نیوتن</b></p> |
| <p>حاصل ضرب جرم جسم در سرعت آن ، تکانه ی جسم نامیده می شود .</p> $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$   | <p><b>تکانه</b></p>             |

**فصل سوم : حرکت نوسانی و موج**

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| <p>حرکتی نوسانی است که هر چرخه‌ی آن عیناً در دوره‌های دیگر تکرار شود .</p>   | <p><b>نوسان دوره‌ای</b></p>    |
| <p>نوعی حرکت نوسان دوره‌ای است که معادله و نمودار مکان بر حسب زمان آن سینوسی است .</p>   | <p><b>حرکت هماهنگ ساده</b></p> |
| <p>مدت زمانی است که هر ذره‌ی محیط یک نوسان کامل انجام می‌دهد .</p>   | <p><b>دوره‌ی تناوب</b></p>     |
| <p>تعداد نوسانات کامل هر یک از ذرات محیط در مدت یک ثانیه را گویند .</p>  | <p><b>فرکانس (بسامد)</b></p>   |
| <p>امواجی هستند که از حرکت ارتعاشی یک منبع (دارای نوسان سریع) ایجاد شده و برای انتشار به محیط مادی نیاز دارند .<br/>مانند : صوت ، موج حاصل در سطح آب و موج حاصل در فنر و طناب .</p>  | <p><b>موج مکانیکی</b></p>      |
| <p>موجی است که امتداد انتشار آن به موازات امتداد ارتعاش منبع و تمامی ذرات محیط باشد (فنر) .</p>   | <p><b>موج طولی</b></p>         |
| <p>موجی است که امتداد انتشار آن عمود بر راستای ارتعاش ذرات باشد (طناب - تار - فنر) .</p>   | <p><b>موج عرضی</b></p>         |
| <p>به هر یک از برآمدگی‌ها یا فرورفتگی‌های ایجاد شده روی سطح آب ، یک جبهه موج می‌گویند .<br/>به برآمدگی‌ها : قله و به فرورفتگی‌ها : دره گفته می‌شود .</p>   | <p><b>جبهه موج</b></p>         |
| <p>فاصله‌ی بین دو جبهه‌ی موج متوالی (دو برآمدگی یا دو فرورفتگی مجاور) طول موج نامیده می‌شود و آن را با <math>\lambda</math> نمایش می‌دهند . در واقع <math>\lambda</math> مسافتی است که موج در مدت یک دوره‌ی تناوب طی می‌کند .</p>    | <p><b>طول موج</b></p>          |
| <p>مسافتی است که موج در مدت زمان یک ثانیه در جهت انتشار موج طی می‌کند .<br/>تندی انتشار موج به جنس و ویژگی‌های محیط انتشار وابسته است .<br/>به عنوان مثال : در آبهای کم عمق مانند تشت موج ، تندی موج به عمق آب که یکی از ویژگی‌های محیط انتشار موج است وابسته بوده و هر چه عمق آب بیشتر باشد ، سرعت انتشار موج در آن بیشتر است .</p> <div style="background-color: #e0f0e0; padding: 5px; display: inline-block;"> <math display="block">v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f</math> </div> | <p><b>تندی موج</b></p>         |

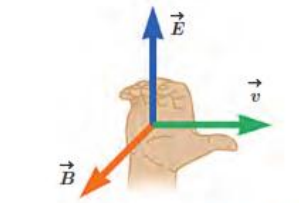
**آهنگ انتقال انرژی**

موج حامل انرژی است و ثابت می شود آهنگ متوسط انتقال انرژی با مربع دامنه و مربع بسامد متناسب است .

**موج الکترومغناطیس**

امواجی هستند که از ترکیب میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی عمود برهم ایجاد می‌شوند و برای انتشار به محیط مادی نیاز ندارند . مانند : نور مرئی ، اشعه ماوراء بنفش ، اشعه گاما و X ، امواج رادیویی و بی‌سیم

**مشخصات بارز امواج الکترومغناطیس**



شکل ۳۱-۳۲ قاعده دست راست برای یافتن جهت انتشار موج الکترومغناطیسی

چند مشخصه بارز چنین موجی به قرار زیر است :

- ۱- میدان الکتریکی  $\vec{E}$  همواره عمود بر میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  است.
- ۲- میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی  $\vec{E}$  و  $\vec{B}$  همواره بر جهت حرکت موج عمودند و در نتیجه موج الکترومغناطیسی، یک موج عرضی است.
- ۳- میدان‌ها با بسامد یکسان و همگام با یکدیگر تغییر می‌کنند.

جهت انتشار امواج الکترومغناطیسی را می‌توان مطابق شکل ۳۱-۳۲ از قاعده دست راست تعیین کرد.

**تفاوت امواج مکانیکی و الکترومغناطیسی**

همان‌طور که پیش‌تر گفتیم امواج مکانیکی برای انتشار به محیط مادی نیاز دارند. اما انتشار امواج الکترومغناطیسی به محیط مادی نیاز ندارد و این امواج، انرژی را نه به صورت انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل ذرات محیط، بلکه به صورت انرژی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منتقل می‌کنند.

**طیف امواج الکترومغناطیس**

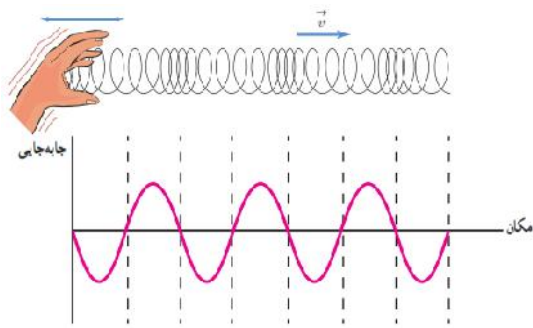
این طیف شامل امواج رادیویی، میکروموج، فرسرخ، طیف نور مرئی، فرابنفش، پرتوهای X و پرتوهای گاما است، که از کمترین بسامد تا بیشترین بسامد گسترده شده‌اند (شکل ۳-۲۲). تمام این امواج به‌رغم تفاوت فراوان در روش‌های تولید و کاربردهای آنها، امواجی الکترومغناطیسی هستند و همگی با تندی نور در خلأ حرکت می‌کنند و هیچ گسستگی‌ای در این طیف وجود ندارد.

|                  |             |            |                      |             |               |                        |
|------------------|-------------|------------|----------------------|-------------|---------------|------------------------|
| رادیویی (بی‌سیم) | میکروموج‌ها | مادون قرمز | مرئی قرمز ..... بنفش | ماوراء بنفش | اشعه ایکس (X) | اشعه گاما ( $\gamma$ ) |
|------------------|-------------|------------|----------------------|-------------|---------------|------------------------|

افزایش فرکانس ، افزایش انرژی ، کاهش طول موج ←

**نکته مفید :** مقایسه تندی انتشار برای امواج مکانیکی ، تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی در همان محیط است .

**شکل مفید :**



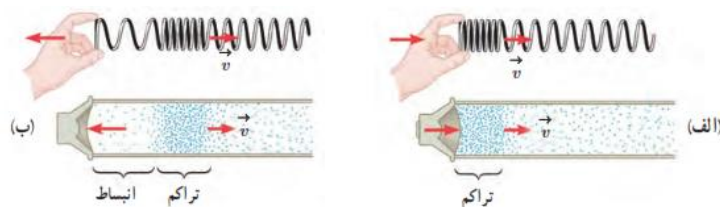
در یک لحظه از زمان ، در مکان هایی که بیشترین جمع‌شدگی یا بیشترین بازشدگی حلقه‌ها رخ می‌دهد ، جابه‌جایی فنر از وضعیت تعادل صفر است .

در وسط فاصله‌ی یک جمع‌شدگی بیشینه و یک بازشدگی بیشینه مجاور هم ، اندازه جابه‌جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل بیشینه است .

**امواج لرزه‌ای**

موج‌های مکانیکی هستند که از لایه‌های زمین عبور می‌کنند که یکی از منشأ‌های مهم آن زمین لرزه‌ها هستند .

صوت یک موج طولی است که توسط جسمی مرتعش از قبیل سیم گیتار ، پرده‌های صوتی حنجره ، دیافراژن یا پوسته‌های مرتعشی مانند صفحه مرتعش (دیافراگم) یک بلندگو ، تولید می‌شود که به آن‌ها چشمه‌ی صوت می‌گویند .



موج صوتی

اندازه‌گیری‌ها نشان داده است که عموماً صوت در جامدها سریع‌تر از مایع‌ها و در مایع‌ها سریع‌تر از گازها حرکت می‌کند، گرچه استثناهایی نیز وجود دارد. جدول ۳-۱ تندی صوت را در تعدادی از گازها، مایع‌ها و جامدها نشان می‌دهد. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که تندی صوت افزون بر جنس محیط به دما نیز بستگی دارد و از این رو معمولاً تندی صوت در مواد، همراه با دمای متناظر آنها نوشته می‌شود.

مقایسه تندی صوت

اندازه‌گیری تندی صوت : یک روش ساده برای اندازه‌گیری تندی صوت به این ترتیب است : دو میکروفون را مطابق شکل به یک زمان‌سنج حساس متصل کنید. این زمان‌سنج می‌تواند بازه‌های زمانی را با دقت میلی‌ثانیه اندازه‌گیری کند. وقتی چکش را به صفحه فلزی بکوبیم، امواج صوتی که به سمت دو میکروفون روانه می‌شوند، نخست میکروفون نزدیک‌تر و سپس میکروفون دورتر را متأثر می‌سازند. اختلاف فاصله میکروفون‌ها از محل برخورد چکش با صفحه فلزی را اندازه می‌گیریم. با استفاده از زمان‌سنج می‌توانیم تأخیر زمانی بین دریافت صوت توسط دو میکروفون را ثبت کنیم. اکنون با استفاده از رابطه  $v = \Delta x / \Delta t$  می‌توانیم تندی صوت را در هوا بیابیم. در صورتی که این اسباب را در مدرسه دارید با استفاده از آن، تندی صوت را در هوا اندازه بگیرید.

آزمایشی برای اندازه‌گیری تندی صوت



$$I = \frac{P_{av}}{A}$$

انرژی است که در مدت یک ثانیه ، به واحد سطح عمود بر راستای انتشار موج می‌رسد .

شدت یک موج (I)

**ارتفاع :** بسامدی است که گوش انسان درک می‌کند . توسط آشکارساز قابل اندازه‌گیری نیست .  
**بلندی :** شدتی است که گوش انسان احساس می‌کند . توسط آشکارساز قابل اندازه‌گیری نیست .  
 کج بیشترین حساسیت گوش انسان مربوط به بسامدهای بین ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ هرتز است .  
 هر چند گوش انسان قادر است بسامدهای بین ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز را بشنود .

ادراک شنوایی

تغییر بسامد احساس شده توسط شنونده در اثر حرکت نسبی چشمه و شنونده نسبت به یکدیگر را گویند .

اثر دوپلر

فصل چهارم : برهم‌کنش موج

|  |   |
|--|---|
| <p>تولید صدا در آلات موسیقی ، پژواک صداها ، دیدن ماه ، دیدن هر جسم ، گرم شدن مواد غذایی در اجاق خورشیدی ، جمع شدن امواج رادیویی در کانون آنتن‌های بشقابی</p>   | <p>نمونه‌های بازتاب موج</p>                         |
| <p>اولا : پرتو تابش ، پرتو بازتاب و خط عمود همگی در یک صفحه قرار دارند .<br/>ثانیا : زاویه تابش و زاویه بازتاب با یکدیگر برابرند .<br/>این قوانین در بازتاب تمامی انواع موج و در بازتاب از هر سطحی ، حتی سطوح ناهموار و بازتاب پخشنده صادق اند .</p>   | <p>قانون بازتاب عمومی</p>                           |
| <p>با اسباب نشان داده شده در شکل روبه‌رو ، می‌توان زاویه تابش و زاویه بازتابش را در امواج صوتی اندازه‌گیری کرد . با استفاده از این اسباب ، قانون بازتاب عمومی را برای امواج صوتی ثابت می‌شود .</p>   | <p>آزمایشی برای صدق قوانین بازتاب در امواج صوتی</p> |
| <p>از میکروفون سهموی برای ثبت صداهاى ضعيف استفاده می‌شود .<br/>از دستگاه لیتوتریپسی برای شکستن سنگ‌های کلیه ، با کمک بازتابنده های بیضوی استفاده می‌شود .</p>  | <p>کاربرد از بازتاب</p>                             |
| <p>اگر صوت پس از بازتاب ، با یک تاخیر زمانی به گوش شنونده ای برسد که صوت اولیه را مستقیما می‌شنود ، به چنین بازتابی پژواک گفته می‌شود .<br/>اگر تاخیر زمانی بین این دو صوت کمتر از <math>\frac{1}{10}</math> ثانیه باشد ، گوش انسان نمی‌تواند پژواک را تمیز دهد .</p>  | <p>پژواک</p>  |
| <p><b>مکان‌یابی پژواکی</b> روشی است که بر اساس امواج صوتی بازتابیده از یک جسم ، مکان آن جسم را تعیین می‌کنند .<br/>✓ در دستگاه سونار که در کشتی ها برای مکان‌یابی اجسام زیر آب به کار می‌رود و در سونوگرافی استفاده می‌شود .<br/>وال عنبر نیز از همین روش برای مکان‌یابی استفاده می‌کند .<br/><b>مکان‌یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر</b> ، در تعیین مکان اجسام متحرک و نیز تندی آنها به کار می‌رود .<br/>✓ این روش توسط جانورانی نظیر خفاش و دلفین و نیز در فناوری هایی نظیر اندازه‌گیری تندی شارش خون در رگ های به کار می‌رود .</p> | <p>مکان‌یابی پژواکی همراه با اثر دوپلر</p>          |
| <p><b>رادار دوپلری</b> : از امواج الکترومغناطیسی نیز می‌توان برای مکان‌یابی پژواکی و تعیین تندی اجسام استفاده کرد .</p>  | <p>بازتاب آینه‌ای</p>                               |



نمایشی از اسباب آزمایش بازتاب صوت

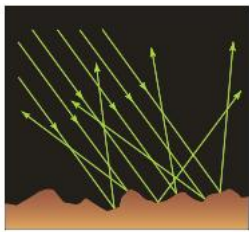


تصویری از یک میکروفون سهموی



رادار دوپلری: از امواج الکترومغناطیسی نیز می‌توان برای مکان‌یابی پژواکی و تعیین تندی اجسام استفاده کرد .

در مواردی که سطح بازتابنده‌ی نور مانند آینه بسیار هموار باشد ، بازتاب نور را بازتاب آینه‌ای یا منظم گویند .



این بازتاب وقتی رخ می دهد که نور به سطح برخورد کند که صیقلی و هموار نباشد که در اینصورت پرتوهای نور به طور کاتوره‌ای از پستی و بلندی های سطح بازتابیده و در تمامی جهات پراکنده می شوند .  
توجه کنید که برای هر یک از پرتوهای بازتابیده شده ، همچنان قوانین بازتاب صادق می باشند .

**بازتاب پخشنده یا نامنظم**

توجه کنید اگر اندازه‌ی ناهمواری‌ها از طول موج نور تابیده شده کمتر باشد ، آن سطح برای آن نور صیقلی است .

رنگ های رنگین کمان ، تصویری که با عینک می بینیم ، تصاویری که توسط ذره بین و ابزارهای نوری مانند تلسکوپ و میکروسکوپ می بینیم ، پدیده سراب و پاشندگی نور و ... .

**نمونه‌های از شکست موج**

در حالت های دو یا سه بعدی ، با عبور موج از یک مرز و ورود آن به محیط دیگر ، تندی موج تغییر می کند و ممکن است جهت انتشار موج نیز تغییر کند و اصطلاحاً موج شکست پیدا کند .

**تعریف شکست موج**

نسبت تندی نور در خلاء به تندی نور در یک محیط شفاف را ضریب شکست آن گویند .

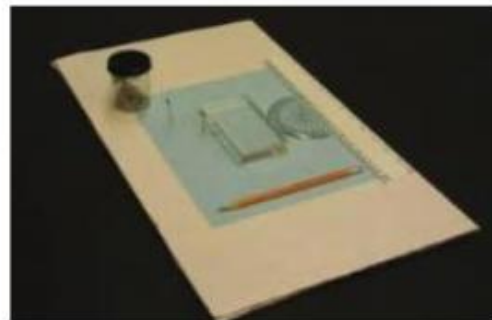
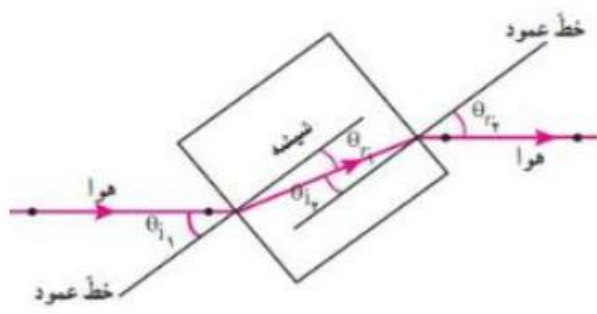
ضریب شکست خلاء برابر ۱ بوده و برای سایر محیط ها از یک بیشتر است .

**ضریب شکست**

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\text{تندی نور در خلاء}}{\text{تندی نور در یک محیط}}$$

یک تیغه متوازی السطوح را در نظر بگیرید و آن را روی کاغذ سفیدی قرار دهید، باریکه نوری را به وجهی از تیغه بتابانید به طوری که از وجه مقابل آن خارج شود. محل تیغه بر کاغذ را با رسم اضلاع آن بر روی کاغذ مشخص کنید. همچنین مسیر باریکه فرودی و باریکه خروجی از تیغه را روی کاغذ رسم کنید. برای رسم دقیق‌تر مسیر باریکه‌های فرودی و خروجی می‌توانید مطابق شکل الف کاغذ سفید را روی قطعه یونولیتی قرار دهید و مسیر باریکه‌ها را با فرو بردن سوزن‌هایی در آن مشخص کنید. اکنون تیغه را بردارید و با استفاده از یک خط‌کش، مسیر باریکه نور در درون تیغه را رسم کنید. بر روی مسیر باریکه‌های نور، پیکان‌هایی رسم کنید تا جهت پرتوها مشخص شود. با استفاده از یک نقاله، خطوط عمود بر وجه‌های تیغه در محل ورود و خروج باریکه‌های نور را رسم کنید و زاویه‌های بین باریکه‌ها و خطوط عمود را اندازه بگیرید. شکل ب، طرحی از چنین ترسیمی را نشان می‌دهد. اکنون می‌توانیم با استفاده از قانون اسنل برای ورود باریکه از هوا به تیغه، ضریب شکست تیغه را به دست آوریم و یا اینکه ضریب شکست را با استفاده از قانون اسنل برای خروج باریکه از تیغه به هوا بیابیم.

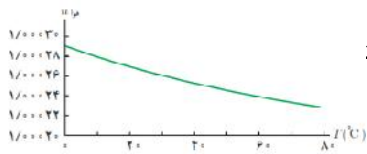
**آزمایشی برای اندازه‌گیری ضریب شکست یک تیغه متوازی السطوح**



الف) تصویری از اسباب آزمایش اندازه‌گیری ضریب شکست  
ب) نمودار پرتویی آزمایش توجه کنید  $\theta_{e1}$  زاویه تابش و  $\theta_{i1}$  زاویه شکست و  $\theta_{e1} = \theta_{i1}$  و  $\theta_{r1} = \theta_{e1}$  است. بنابراین پرتوهای فرودی و خروجی باهم موازی اند

ب) نمودار پرتویی آزمایش توجه کنید  $\theta_{e1}$  زاویه تابش و  $\theta_{i1}$  زاویه شکست و  $\theta_{e1} = \theta_{i1}$  و  $\theta_{r1} = \theta_{e1}$  است. بنابراین پرتوهای فرودی و خروجی باهم موازی اند

در روزهای گرم ممکن است برکه‌ی آبی را در دوردست ببینید که بر سطح زمین قرار دارد ، اما وقتی به محل می‌رسید ، آنجا را خشک می‌یابید . به این پدیده سراب می‌گویند و نه تنها می‌توان آن را دید ، بلکه می‌توان عکس هم گرفت .



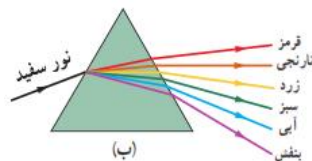
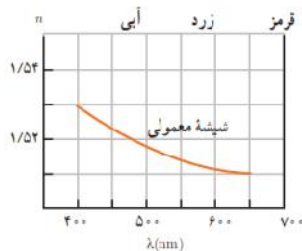
شکل ۱۴- نمودار تغییرات ضریب شکست هوا با دما

علت این پدیده ، تغییر چگالی هوا و در نتیجه تغییر ضریب شکست هوا با دما است . هر اندازه دمای هوا افزایش یابد ، چگالی آن کاهش یافته و ضریب شکست آن کمتر می‌شود .

**پدیده سراب**

جداسازی نور با رنگ های مختلف (بسامدهای مختلف) توسط منشور را پدیده پاشندگی نور می‌نامند .

علت این پدیده ، وابستگی ضریب شکست یک محیط به طول موج نور تابیده شده می‌باشد . هر اندازه طول موج بلندتر باشد ، ضریب شکست کوچکتر خواهد بود .



**پاشندگی نور**

با این پدیده که موج در اثر عبور از یک شکاف با پهنایی از مرتبه‌ی طول موج به اطراف گسترده می‌شود ، پراش گویند . شرط تحقق پدیده پراش آن است که پهنای شکاف یا ضخامت لبه در حدود طول موج نور تابشی باشد . به همین علت امواج تلویزیونی در شرایط فعلی ، پوشش کمتری در نواحی پشت کوه ها دارند .

**پراش**

وقتی چندین موج به‌طور همزمان بر ناحیه ای از فضا تأثیر بگذارند ، اثر خالص آنها برابر مجموع اثرهای مجزای هر یک از آنهاست .

به ترکیب موج ها با یکدیگر **تداخل** گویند : به بیان دیگر تداخل ترکیب دو یا چند موج است که هم زمان از یک منطقه عبور می‌کنند . اگر تپ ها هنگام همپوشانی تپ بزرگتری را ایجاد کردند ، **تداخل سازنده** و اگر هنگام همپوشانی اثر یکدیگر را حذف کردند ، به آن **تداخل ویرانگر** می‌گویند .

**اصل برهم نهی امواج**

آزمایشی است که تداخل امواج را در امواج الکترومغناطیس نشان می‌دهد .

نقش نوارهای روشن و تاریک روی پرده که ناشی از تداخل سازنده و ویرانگراند ، **نقش تداخلی** خوانده می‌شود . پهنای نوارهای تداخلی متناسب با طول موج نور مورد استفاده است ..

**آزمایش ینگ**

نقش موج حاصل از تداخل یک موج تابشی با بازتابشی خودش حاصل از یک مانع را **امواج ایستاده** گویند . مکان هایی که ریسمان هرگز حرکت نمی‌کند را **گره** می‌نامند که در آنجا دو موج تداخل یافته کاملاً ناهم فاز هستند . در وسط گره ها نقاطی وجود دارد که دامنه موج برآیند در آنجا بیشینه است . به این نقاط **شکم** گفته می‌شود . در این نقاط دو موج تداخل یافته کاملاً هم فاز هستند .

فاصله دو گره متوالی = فاصله دو شکل متوالی = نصف طول موج

فاصله یک گره از شکم مجاور = یک چهارم طول موج

**امواج ایستاده**

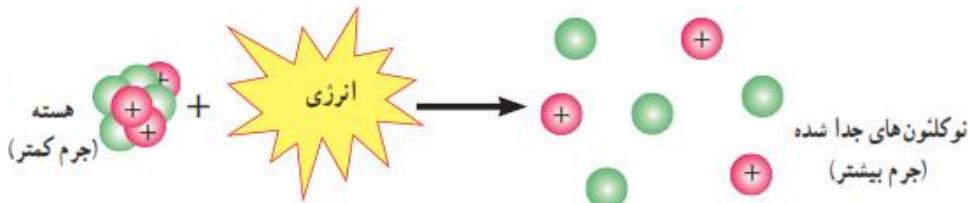
|   |   |
|---|---|
| <p>حوزه‌های اساسی فیزیک کلاسیک عبارتند از :<br/>مکانیک نیوتنی ، ترمودینامیک ، نظریه الکترومغناطیس ماکسول</p>  | <p><b>فیزیک کلاسیک</b></p>                              |
| <p>از زمانی آغاز شد که دانشمندان با پدیده ها و آزمایش هایی مواجه شدند که تبیین کامل و درست آنها با نظریه های فیزیک کلاسیک امکان پذیر نبود . حوزه‌های اساسی فیزیک جدید عبارتند از :</p> <p>✓ نظریه نسبیت خاص : مربوط به مطالعه پدیده ها در تندیهای بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندیه نور</p> <p>✓ نظریه نسبیت عام : مربوط به مطالعه هندسه فضا - زمان و گرانش</p> <p>✓ نظریه کوانتومی : مربوط به مطالعه پدیده ها در مقیاس بسیار کوچک ، مانند اتم ها و ذرات سازنده آنها</p> <p>همراه با شاخه های دیگری همچون فیزیک هسته‌ای ، فیزیک ذرات بنیادی و کیهان شناسی</p> | <p><b>فیزیک جدید</b></p>                                |
| <p>جداشدن الکترون از سطح فلز در اثر تابش نور را گویند .<br/>به الکترون های جداشده از سطح فلز در اثر تابش نور : <b>فوتوالکترون</b> گفته می شود .<br/>برای بروز اثر فوتوالکتریک لازم است بسامد نور تابشی از مقدار معینی به نام بسامد آستانه بیشتر باشد .<br/>در واقع : <b>بسامد آستانه</b> حداقل بسامد مورد نیاز برای جداسازی الکترون از سطح فلز است .<br/>از طرفی : <b>طول موج آستانه</b> حداکثر طول موج ممکن برای بروز اثر فوتوالکتریک می باشد .</p>  | <p><b>اثر فوتوالکتریک</b></p>                           |
| <p>کمینه انرژی لازم برای جداسازی الکترون از سطح یک فلز را گویند که به جنس فلز بستگی دارد .</p>  | <p><b>تابع کار</b></p>                                  |
| <p>طیفی است که شامل گستره پیوسته ای از طول موج هاست . طیف گسیلی جامدات اینگونه است .</p>  | <p><b>طیف پیوسته</b></p>                                |
| <p>طیفی است که فقط شامل طول موج های معینی می باشد . طیف گسیلی اتم های گاز اینگونه است .</p>   | <p><b>طیف خطی</b></p>                                   |
| <p>اولا : پایداری اتم را نمی تواند توجیه کند .<br/>ثانیا : گسیل طیف گسسته توسط اتم های گاز را نمی تواند توجیه کند .</p>   | <p><b>ایرادات مدل اتمی رادرفورد</b></p>                 |
| <p>وقتی الکترون در یکی از مدارهای مجاز حرکت کند ، هیچ نوع تابش الکترومغناطیس گسیل نمی کند . از این رو گفته می شود الکترون در مدار مانا یا حالت مانا قرار دارد .</p>   | <p><b>مدارهای مانا</b></p>                              |
| <p>کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون و جدا نمودن آن از قید جاذبه‌ی هسته را گویند .</p>   | <p><b>انرژی یونش الکترون</b></p>                        |
| <p>خط های تاریک موجود در طیف دریافتی نور خورشید است که ناشی از جذب برخی طول موج ها توسط گازهای اطراف خورشید و جو زمین است .</p>   | <p><b>خطوط فرانهوفر</b></p>                             |
| <p>● هم در طیف گسیلی و هم در طیف جذبی اتم های گاز هر عنصر ، طول موج های معینی وجود دارد که از مشخصه های آن عنصر است . یعنی طیف گسیلی و طیف جذبی هیچ دو گازی همانند یکدیگر نیست .</p> <p>● اتم های هر گاز دقیقاً همان طول موج هایی را از نور سفید جذب می کنند که اگر دمای آنها به اندازه کافی بالا رود و یا به هر صورت دیگر برانگیخته شوند ، آنها را تابش می کنند .</p>  | <p><b>نتایج مقایسه‌ی طیف گسیلی و طیف جذبی گازها</b></p> |

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <p>موفقیت‌های<br/>مدل اتمی بور</p>  | <p>۱. در تبیین پایداری اتم و طیف گسیلی و جذبی اتم های گاز موفق بوده است .<br/>۲. در محاسبه انرژی یونش اتم هیدروژن موفق بود .<br/>در محاسبه انرژی یونش و طول موج های گسیلی و جذبی اتم های هیدروژن گونه نیز موفق بود .</p>   |
| <p>نارسایی‌های<br/>مدل اتمی بور</p> | <p>۱. این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می‌گردد ، به کار نمی‌رود ، زیرا در مدل بور ، نیروی الکتریکی که یک الکترون بر الکترون دیگر وارد می‌کند به حساب نیامده است .<br/>۲. این مدل نمی‌تواند متفاوت بودن شدت طیف خط‌های گسیلی را توضیح دهد .</p> |

### فصل ششم : فیزیک هسته‌ای

|   |   |
|---|---|
| <p>فیزیک هسته‌ای</p>                    | <p>شاخه ای از علم فیزیک است که در آن با ساختار ، برهم‌کنش‌ها و واپاشی هسته‌های اتمی سر و کار داریم .</p>  |
| <p>ایزوتوپ</p>                          | <p>هسته‌هایی که تعداد پروتون مساوی ولی تعداد نوترون متفاوت دارند ، خواص شیمیایی یکسانی دارند .<br/>در نتیجه این هسته ها در جدول تناوبی هم‌مکان هستند و ایزوتوپ نامیده می‌شوند .<br/>ایزوتوپ‌های یک عنصر را نمی‌تواند با واکنش‌های شیمیایی جدا نمود و تنها با روش‌های فیزیک مبتنی بر تفاوت جرم قابل جداسازی هستند .</p>  |
| <p>ویژگی‌های<br/>نیروی هسته‌ای</p>      | <p>نیروی هسته‌ای، کوتاه‌برد است و تنها در فاصله‌ای کوچک‌تر از ابعاد هسته اثر می‌کند (شکل ۶-۲).<br/>افزون بر این، نیروی هسته‌ای مستقل از بار الکتریکی است، یعنی نیروی ربایشی هسته‌ای یکسانی بین دو پروتون، دو نوترون، یا یک پروتون و یک نوترون وجود دارد. به همین دلیل از منظر نیروی هسته‌ای، تفاوتی بین پروتون و نوترون وجود ندارد و دلیل نام‌گذاری آنها با نام عام نوکلئون نیز همین است.</p>   |
| <p>شرایط لازم برای<br/>پایداری هسته</p> | <p>برای پایداری هسته، باید نیروی دافعه الکتروستاتیکی بین پروتون‌ها با نیروی جاذبه بین نوکلئون‌ها، که ناشی از نیروی هسته‌ای است، موازنه شده باشد. ولی به دلیل بلندبرد بودن نیروی الکتروستاتیکی، یک پروتون تمام پروتون‌های دیگر درون هسته را دفع می‌کند، در حالی که یک پروتون یا یک نوترون، فقط نزدیک‌ترین نوکلئون‌های مجاور خود را با نیروی هسته‌ای جذب می‌کند. به همین دلیل وقتی تعداد پروتون‌های درون هسته افزایش یابد، اگر هسته بخواهد پایدار باقی بماند، باید تعداد نوترون‌های درون هسته نیز افزایش یابد. شکل ۳-۶ نموداری از <math>Z</math> بر حسب <math>N</math> را برای عنصرهای مختلف نشان می‌دهد. هسته پایدار با بیشترین تعداد پروتون (<math>Z = 83</math>)، متعلق به بیسموت (<math>{}_{83}^{209}\text{Bi}</math>) است.</p> |

اندازه‌گیری‌های دقیق نشان داده است که جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل‌دهنده‌اش اندکی کمتر است. اگر این اختلاف جرم را که به آن **کاستی جرم هسته** گفته می‌شود، مطابق رابطه معروف اینشتین  $(E = mc^2)$ ، در مربع تندی نور  $(c^2)$  ضرب کنیم **انرژی بستگی هسته‌ای** به دست می‌آید<sup>۱</sup>. توجه کنید که هرچند اختلاف جرم هسته با مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل‌دهنده آن بسیار ناچیز است، چون در  $c^2$  که عدد بسیار بزرگی است ضرب می‌شود، این کاستی جرم اندک، معادل انرژی قابل ملاحظه‌ای است<sup>۲</sup>.



دلیل کاستی جرم هسته

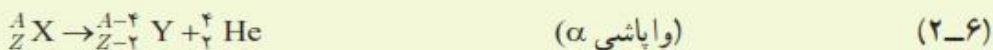
وقتی یک هسته‌ی ناپایدار یا پرتوزا به‌طور طبیعی واپاشی می‌کند، نوع معینی از ذرات یا فوتون‌های پرتوزایی آزاد می‌شود. این فرآیند واپاشی، پرتوزایی طبیعی نامیده می‌شود.

پرتوزایی طبیعی

در پرتوزایی طبیعی سه نوع پرتو ایجاد می‌شود: پرتوهای آلفا ( $\alpha$ )، پرتوهای بتا ( $\beta$ ) و پرتوهای گاما ( $\gamma$ ). پرتوهای  $\alpha$  کمترین نفوذ را دارند و با ورقه نازک سربی با ضخامت ناچیز ( $\approx 0.1 \text{ mm}$ ) متوقف می‌شوند، در حالی که پرتوهای  $\beta$  مسافت خیلی بیشتری را ( $\approx 1 \text{ mm}$ ) در سرب نفوذ می‌کنند. پرتوهای  $\gamma$  بیشترین نفوذ را دارند و می‌توانند از ورقه‌ای سربی به ضخامت قابل ملاحظه‌ای ( $\approx 100 \text{ mm}$ ) بگذرند. در تمام فرایندهای واپاشی پرتوزا مشاهده شده است که تعداد نوکلئون‌ها در طی فرایند واپاشی هسته‌ای پایسته است؛ یعنی تعداد نوکلئون‌ها، پیش از فرایند با تعداد نوکلئون‌ها پس از فرایند مساوی است.

مقایسه برخی انواع پرتوزایی

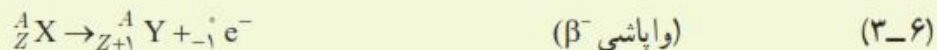
**واپاشی  $\alpha$** : در این نوع واپاشی که در هسته‌های سنگین صورت می‌گیرد، هسته  ${}^A_Z X$  با گسیل ذره آلفا و امی پاشند. شواهد تجربی نشان می‌دهند که پرتوهای  $\alpha$ ، ذرات باردار مثبت از جنس هسته اتم هلیم ( ${}^4_2\text{He}$ ) هستند و از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده‌اند. واپاشی  $\alpha$  با رابطه زیر بیان می‌شود:

واپاشی  $\alpha$ 

مورد استفاده در آشکارساز دود

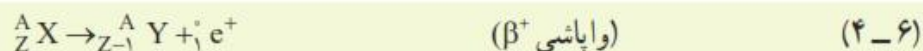
ذره‌های آلفا، سنگین‌اند و بار مثبت دارند. بُرد این ذره‌ها کوتاه است. این ذرات پس از طی مسافت کوتاهی در هوا (۱ تا ۲ سانتی‌متر) و یا با عبور از لایه‌ای نازک از مواد جذب می‌شوند. اگر این ذره‌ها از راه تنفس یا دستگاه گوارش وارد بدن شوند، باعث آسیب شدید به بافت‌های بدن می‌شوند. بنابراین، باید مراقب بود که مواد آلفاها هرگز وارد بدن نشوند.

واپاشی  $\beta^-$ : واپاشی بتا، نخستین مورد پرتوزایی بود که در سال‌های پایانی قرن نوزدهم، توسط هانری بکرل مشاهده شد. این واپاشی، متداول‌ترین نوع واپاشی در هسته‌هاست و ذرات گسیل شده در این واپاشی را ذرات بتا می‌نامند. بررسی‌های بعدی نشان داد که این ذرات الکترون‌اند و به همین دلیل، این واپاشی را واپاشی  $\beta^-$  نامیدند. الکترون گسیل شده در این واپاشی، در هسته مادر وجود ندارد و همچنین یکی از الکترون‌های مداری اتم نیست؛ این الکترون وقتی به وجود می‌آید که نوترونی درون هسته، به پروتون و الکترون تبدیل شود. فرایند واپاشی  $\beta^-$  را با رابطه زیر بیان می‌کنند:



واپاشی  $\beta^-$   
الکترون

در نوعی دیگر از فرایند واپاشی بتا، ذره گسیل شده توسط هسته، جرم یکسان با الکترون دارد، ولی به جای بار  $-e$  حامل بار  $+e$  است. به این الکترون مثبت، پوزیترون می‌گویند و با  $\beta^+$  یا  $e^+$  نمایش داده می‌شود. در واقع آنچه در این واپاشی رخ می‌دهد این است که یکی از پروتون‌های درون هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود و سپس این پوزیترون از هسته گسیل می‌شود. فرایند واپاشی  $\beta^+$  را با رابطه زیر بیان می‌شود<sup>۱</sup>:



واپاشی  $\beta^+$   
پوزیترون

واپاشی  $\gamma$ : اغلب هسته‌ها پس از واپاشی آلفا یا بتا، در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند و با گسیل فوتون‌های پر انرژی (پرتو گاما) به حالت پایه می‌رسند. در این فرایند،  $Z$  و  $A$  تغییر نمی‌کنند؛ بلکه هسته برانگیخته که با علامت \* مشخص شده است، با گسیل پرتو گاما به حالت پایه می‌رسد. واپاشی  $\gamma$  با رابطه زیر بیان می‌شود.



واپاشی گاما  $\gamma$

مورد استفاده در پراسی

مدت زمانی است که تعداد هسته‌های مادر موجود در یک نمونه پرتوزا به نصف مقدار اولیه برسد.

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad (\text{تعداد هسته‌های پرتوزای باقی مانده}) \quad (6-6)$$

که در آن  $n$  از رابطه  $\frac{t}{T_{1/2}}$  به دست می‌آید<sup>۱</sup>.

نیمه‌عمر