

## مجموعه روابط فیزیک پایه و پیش دانشگاهی

### مدرس: مسعود رهنمون

(پ) نیروی الکتریکی: نیروی بین بارهای الکتریکی همنام رانشی و نیروی بین بارهای ناهمنام ربایشی است.

#### ۲- قانون کولن

(الف) تعریف قانون کولن: بزرگی نیروی بین دو ذره باردار با حاصل ضرب مقدار بارهای آن‌ها نسبت مستقیم و با مجذور فاصله‌ی بین آن‌ها نسبت عکس دارد.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

(الف) محاسبه‌ی نیروی بین چند ذره باردار: اگر یک ذره باردار تحت تأثیر چند ذره باردار قرار گیرد برآیند نیروهای وارد بر ذره موردنظر از جمع برداری تمام نیروهای وارد بر آن به دست می‌آید. یعنی:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

(ب) اگر دو ذره باردار  $q_1, q_2$  روی خطی در دو نقطه‌ی  $A, B$  قرار گیرند در نقطه‌ای روی راستای  $AB$  و نزدیک به بار کوچک‌تر ذره باردار سومی ( $q_3$ ) می‌تواند به حالت تعادل درآید. اگر فاصله از بار کوچک‌تر را  $x$  به نامیم می‌توان نوشت:

$$x = \frac{r}{\sqrt{\left|\frac{q_2}{q_1}\right| \pm 1}}$$

در رابطه‌ی فوق  $r$  فاصله‌ی بین  $q_1, q_2$  و  $|q_2| > |q_1|$  و  $(+)$  در حالتی است که دوبرابر  $q_2, q_1$  همنام و بار  $q_3$  داخل حد فاصل  $AB$  و نزدیک به  $q_1$  باشد اما  $(-)$  در حالتی است که دوبرابر  $q_2, q_1$  ناهمنام باشند و  $q_3$  خارج از حد فاصل  $AB$  و نزدیک به  $q_1$  باشد.

#### ۳- میدان الکتریکی

(الف) تعریف کیفی میدان: یک بار الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف خود خاصیتی ایجاد می‌کند که به آن میدان الکتریکی می‌گویند.

(ب) تعریف کمی میدان: نیروی وارد بر یکای بار الکتریکی مثبت را در هر نقطه، میدان الکتریکی در آن نقطه می‌نامیم یعنی:  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{+q_0}$  و بزرگی

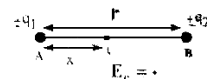
$$\text{میدان برابر است با: } E \left(\frac{N}{C}\right) = \frac{F(N)}{+q_0(C)}$$

\*نکته: بزرگی  $E$  در رابطه‌ی فوق به بزرگی  $F$  و مقدار  $q$  بستگی ندارد.

\*نکته: بزرگی میدان الکتریکی در فاصله‌ی  $r$  از بار نقطه‌ای  $q$  رابطه‌ی

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

(۱) نکته مهم: اگر دو بار همنام باشند در نقطه‌ای بین آن‌ها و نزدیک به بار کوچک‌تر میدان برآیند صفر می‌شود و با توجه به شکل زیر می‌توان نوشت:



$$\text{اگر } E_c = 0 \text{ نتیجه می‌گیریم } x = \frac{r}{\sqrt{\left|\frac{q_2}{q_1}\right| + 1}}$$

در فرمول فوق  $x$  فاصله از بار کوچک‌تر و  $r$  فاصله‌ی بین دو بار و  $|q_2| > |q_1|$  است.

(۲) نکته مهم: اگر دو بار ناهمنام باشند در نقطه‌ای خارج از حد فاصل دو بار و نزدیک‌تر به بار کوچک‌تر میدان برآیند صفر می‌شود و با توجه به شکل زیر می‌توان نوشت:



$$\text{اگر } E_c = 0 \text{ باشد نتیجه می‌گیریم } x = \frac{r}{\sqrt{\left|\frac{q_2}{q_1}\right| - 1}}$$

در فرمول فوق  $x$  فاصله از بار کوچک‌تر و  $r$  فاصله‌ی بین دو بار و  $|q_2| > |q_1|$  است.

(و) میدان حاصل از آرایش مختلف چند بار الکتریکی:

میدان الکتریکی حاصل از چند ذره باردار در یک نقطه برابر با جمع برداری میدان‌هایی است که تمامی ذرات باردار در آن نقطه ایجاد کرده‌اند. یعنی:  $\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$

(ز) نیروی وارد بر ذره باردار و شتاب حاصل از آن در میدان الکتریکی: اگر ذره‌ای به جرم  $m$  و بار الکتریکی  $q$  در میدان الکتریکی  $E$  قرار گیرد نیرویی برابر  $\vec{F} = q\vec{E}$  بر آن وارد می‌شود که این نیرو طبق قانون دوم نیوتون شتاب  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$  به ذره می‌دهد و مقدار شتاب برابر است با

$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$$

(ح) فرمول بزرگی میدان یکنواخت:

در شکل زیر اگر اختلاف پتانسیل بین دو صفحه  $v$  باشد بزرگی میدان که در تمام فضای بین دو صفحه ثابت است برابر است با:

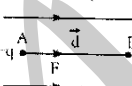
$$\vec{E}_A = \vec{E}_B = \vec{E}_C \quad E \left(\frac{V}{m}\right) = \frac{V(V)}{d(m)}$$



#### ۴- انرژی پتانسیل الکتریکی

(الف) کار میدان در جابجایی بار الکتریکی و علامت آن:

\*نکته ۱: اگر بار الکتریکی  $+q$  در جهت میدان الکتریکی یکنواخت  $\vec{E}$  از نقطه‌ی  $A$  تا نقطه‌ی  $B$  به اندازه‌ی  $d$  جابجا شود کار میدان روی بار مثبت و برابر با  $w = Eqd$  یا  $w = Fd \cos 0^\circ = Eqd$  است.  $(\cos 0^\circ = 1)$



\*نکته ۲: اگر بار  $+q$  در خلاف جهت میدان الکتریکی  $\vec{E}$  از نقطه‌ی  $A$  تا نقطه‌ی  $B$  به اندازه‌ی  $d$  جابجا شود چون  $\vec{d}, \vec{F}$  در خلاف جهت یکدیگرند  $\alpha = 180^\circ$  و کار میدان یکنواخت روی بار منفی است یعنی

$$w = Fd \cos 180^\circ = -Eqd$$

\*نکته ۳: اگر بار  $-q$  در جهت میدان جابجا شود و اگر بار  $-q$  در خلاف جهت میدان جابجا شود نیروی میدان و جابه‌جایی هم جهت می‌شوند و کار میدان بر روی بار مثبت است.

(ب) تغییرات  $u$  و  $k$  برای یک ذره باردار در جابجایی آن در میدان الکتریکی

\*نکته: تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک بار الکتریکی وقتی آن را در یک میدان الکتریکی با سرعت ثابت جابه‌جا می‌کنیم، برابر انرژی‌ای است که برای جابه‌جایی آن بار الکتریکی صرف می‌شود یعنی:  $w = Eqd$  است.

\* اگر کار ما بر روی بار مثبت باشد ( $w > 0$ ) انرژی پتانسیل بار، افزایش می‌یابد.

**(ج) چگالی سطحی بار الکتریکی و پتانسیل الکتریکی:**

\*نکته: چگالی سطحی بار الکتریکی در سطح یک جسم رسانا به شکل جسم بستگی دارد اما پتانسیل الکتریکی در جسم باردار به نحوه توزیع بار بستگی ندارد.

(الف) تعریف خازن: قطعه‌ای الکتریکی که می‌تواند مقداری بار الکتریکی و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره نماید. هر خازن از دو رسانا که به یکدیگر اتصال الکتریکی ندارند تشکیل می‌شود.

(ب) پر و خالی شدن خازن: اگر دو صفحه‌ی رسانای خازنی را به دو قطب یک مولد وصل کنیم در خازن بار الکتریکی انباشته می‌شود که می‌گوئیم خازن پر (شارژ) شده است. اگر دو صفحه‌ی خازن پر شده‌ای را به وسیله‌ی سیم فلزی به هم وصل کنیم خازن تخلیه (دشارژ) می‌شود.

**(ج) ظرفیت خازن و عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن مسطح:**

(۱) نسبت بار انباشته شده در خازن را به اختلاف پتانسیل دو صفحه‌ی آن ظرفیت خازن می‌گویند، یعنی:

$$C(F) = \frac{q(C)}{V(v)}$$

\*نکته: در یک خازن C به V, q بستگی ندارد. بلکه C تابع مشخصات ساختاری خازن است.

(۲) ظرفیت خازن تخت از رابطه‌ی  $C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$  به دست می‌آید که برای دو خازن متفاوت می‌توان نوشت:

$$\frac{c_2}{c_1} = \frac{k_2}{k_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2}$$

(د) پدیده‌ی فروشکست: اگر بار الکتریکی خازن از مقدار معین بیش‌تر شود میدان الکتریکی بسیار قوی بین دو صفحه‌ی آن ایجاد و باعث رسانا شدن موقت دی الکتریک (عایق) بین دو صفحه‌ی رسانا و ایجاد جرقه بین آنها و تخلیه‌ی خازن می‌شود.

\*نکته: پدیده‌ی فرو شکست باعث تغییر ماهیت یا سوراخ شدن دی الکتریک جامد (عایق) و سوختن خازن می‌شود.  
(و) انرژی خازن: انرژی‌ای که مولد برای پر کردن خازن مصرف می‌کند به صورت پتانسیل الکتریکی در خازن ذخیره می‌شود.

$$u = \frac{1}{2} qV = \frac{q^2}{2c} = \frac{1}{2} cV^2$$

در فرمول‌های فوق:

(u(J) = خازن) و (q(C) = بار خازن)

و (ظرفیت خازن = C(F)) و (اختلاف پتانسیل = V(v)) است.

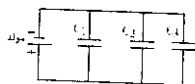
(ز) به هم بستن خازن‌های و ظرفیت خازن معادل

(۱) به هم بستن خازن‌ها به صورت موازی: اگر خازن‌ها به صورتی به هم بسته شوند که دارای اختلاف پتانسیل برابر باشند، می‌گوئیم موازی‌اند. در مدار خازن‌های موازی روابط زیر صادق است.

۱)  $q_T = q_1 + q_2 + q_3$

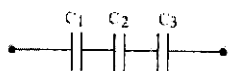
۲)  $V_T = V_1 = V_2 = V_3$

۳)  $c_T = c_1 + c_2 + c_3$



\*نکته: در خازن‌های موازی  $c_T$  (ظرفیت خازن معادل) از بزرگ‌ترین ظرفیت موجود در مجموعه نیز بزرگ‌تر است.

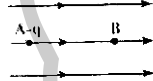
(۳) به هم بستن خازن‌ها به صورت متوالی (سری): وقتی خازن‌ها مانند شکل زیر به دنبال هم بسته شوند می‌گوئیم متوالی‌اند.



\* اگر کار ما بر روی بار منفی باشد ( $w < 0$ ) انرژی پتانسیل بار، کاهش می‌یابد.

\*نکته: اگر انرژی جنبشی یک ذره باردار در میدان الکتریکی افزایش یابد طبق پایستگی انرژی مکانیکی، انرژی پتانسیل آن کاهش خواهد یافت یعنی:  $\Delta k = -\Delta u$

- ذره‌ای با بار  $q = -15 \mu C$  در یک میدان یکنواخت به بزرگی  $45 \times 10^5 \text{ N/C}$  به اندازه‌ی  $200 \text{ Cm}$  در جهت میدان جابه‌جا می‌شود انرژی پتانسیل این ذره را حساب کنید؟



با توجه به شکل زیر می‌توان نوشت:

$$\Delta u = W = Fd \cos 0 = Eqd$$

$$\Rightarrow \Delta u = 40 \times 10^5 \times 15 \times 10^{-6} \times 2 = 1200 \text{ J}$$

**۵- اختلاف پتانسیل الکتریکی**

(۱) تعریف کیفی: عامل شارش بار الکتریکی بین دو نقطه در میدان الکتریکی را اختلاف پتانسیل الکتریکی گویند.

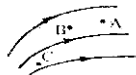
(۲) تعریف کمی: اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه، برابر تغییر انرژی پتانسیل یکای بار الکتریکی مثبت است، وقتی یکای بار از نقطه‌ی اول تا نقطه‌ی دوم جابه‌جا شود.

$$\Delta V(v) = \frac{\Delta u(J)}{q(C)}$$

\*نکته: بار الکتریکی مثبت خود به خود در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا می‌شود و از پتانسیل الکتریکی بیش‌تر به پتانسیل الکتریکی کم‌تر می‌رود.

(الف) مقایسه‌ی پتانسیل الکتریکی نقاط مختلف میدان:

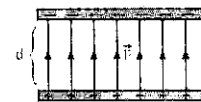
\*نکته‌ی مهم: در یک میدان الکتریکی اگر در جهت میدان پیش برویم پتانسیل الکتریکی کاهش و اگر در خلاف جهت میدان پیش برویم پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد. می‌خواهیم در شکل زیر پتانسیل الکتریکی نقاط C, B, A را مقایسه‌ی نمائیم. (شکل قسمتی از یک میدان الکتریکی را نشان می‌دهد)



با توجه به شکل وقتی از A به طرف C می‌رویم در خلاف جهت میدان پیش رفته‌ایم پس  $V_A < V_B < V_C$ .

(ب) میدان الکتریکی یکنواخت:

\*نکته‌ی مهم: در میدان الکتریکی یکنواخت مطابق شکل زیر اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه‌ی رسانای موازی، دارای بارهای یکسان و ناهم نام برابر است با  $V = Ed$



\*در شکل فوق پتانسیل الکتریکی هر نقطه از میدان از حاصل ضرب بزرگی میدان در فاصله‌ی نقطه‌ی موردنظر از صفحه‌ی با بار منفی به دست می‌آید.

(صفحه‌ی با بار منفی به عنوان پتانسیل مبدا یا  $v = 0$  در نظر گرفته می‌شود).

\*نکته: تمامی نقاط یک جسم رسانای باردار وقتی بارها در حالت تعادل قرار دارند دارای پتانسیل الکتریکی یکسانند.

## مجموعه روابط فیزیک پایه و پیش دانشگاهی

### مدرس: مسعود رهنمون

در مدار خازن‌ها می‌توان نوشت:

$$1) V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$2) q_T = q_1 = q_2 = q_3$$

$$3) \frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

\* نکته: در رابطه فوق  $C_T$  ظرفیت خازن معادل است که از کوچک‌ترین ظرفیت موجود در مجموعه نیز کم‌تر است. اگر  $n$  خازن مشابه متوالی با

ظرفیت  $C_1$  داشته باشیم ظرفیت معادل از رابطه‌ی  $C_T = \frac{1}{n} C_1$  به دست می‌آید. برای دو خازن متوالی می‌توان نوشت:

$$C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

### ۷- حل مدارهای خازن:

۱- توزیع بار و ولتاژ در خازن‌ها:

\* نکته‌ی الف) در خازن‌های موازی ولتاژ تمامی خازن‌ها با هم برابر و با ولتاژ کل دو سر مدار برابر است یعنی:

$$V_1 = V_2 = \dots = V_n = V_T$$

\* در خازن‌های موازی بار کل ذخیره شده خازن‌ها برابر با مجموع بار تمامی خازن‌ها است یعنی:

$$\frac{q_2}{C_2} = \frac{q_1}{C_1}, q_T = q_1 + q_2 + \dots + q_n$$

\* نکته‌ی ب) در خازن‌های متوالی بار الکتریکی ذخیره شده در مجموعه‌ی خازن‌ها با بار تک‌تک خازن‌ها برابر است یعنی:

$$q_T = q_1 = q_2 = \dots + q_n$$

\* در خازن‌های متوالی اختلاف پتانسیل کل دو سر مدار برابر با مجموع اختلاف پتانسیل تمامی خازن‌های موجود در مدار است یعنی:

$$\frac{V_2}{C_2} = \frac{C_1}{V_1}, V_T = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

۲- مقایسه‌ی انرژی خازن‌ها:

\* نکته: در خازن‌های موازی می‌توان نوشت:

$$\frac{u_1}{C_1} = \frac{u_2}{C_2}, \frac{u_1}{C_T} = \frac{u_2}{C_T}$$

\* نکته: در خازن‌های متوالی می‌توان نوشت:

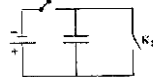
$$\frac{u_1}{C_T} = \frac{u_2}{C_1}, \frac{u_1}{C_T} = \frac{u_2}{C_2}$$

۳- اتصال خازن‌های پر شده به یکدیگر:

\* نکته‌ی مهم: اگر دو خازن پر شده‌ای با مشخصات  $(q_1, V_1, C_1)$  و  $(q_2, V_2, C_2)$  را به هم وصل کنیم موازی می‌شوند.

۴- اتصال کوتاه: اگر دو صفحه‌ی رسانای خازن پر شده‌ای به وسیله‌ی سیمی رسانا به هم وصل شوند خازن تخلیه می‌شود و اگر خازنی خالی را که دو صفحه‌اش به وسیله‌ی سیمی رسانا به هم وصلند به دو قطب مولدی وصل کنیم پر نخواهد شد در هر دو حالت فوق می‌گویند اتصال کوتاه شده است.

نکته: در شکل زیر اگر کلید  $k_1$  را باز و کلید  $k_2$  را ببندیم خازن اتصال کوتاه شده و بار آن صفر می‌شود.



نکته: اگر تغییری در ظرفیت خازن متصل به مولد (مقدار ثابت = ولتاژ) ایجاد شود بار الکتریکی و انرژی خازن متناسب با تغییر ظرفیت تغییر خواهند کرد یعنی اگر ظرفیت ۲ برابر شود بار و انرژی هم دو برابر می‌شود و به طور کلی در این حالت می‌توان نوشت:

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{k_2}{k_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2}$$

ب) اگر تغییری در ظرفیت خازن پر شده‌ی جدا شده از مولد (مقدار ثابت =  $q$ ) ایجاد شود می‌توان نوشت:

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{k_1}{k_2} \times \frac{A_1}{A_2} \times \frac{d_2}{d_1}$$

### ۱- جریان الکتریکی

اعمال اختلاف پتانسیل الکتریکی توسط باتری در دو سر رسانا جریان الکتریکی ایجاد می‌کند.

شدت جریان متوسط: بار شارش شده در واحد زمان است.

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

شدت جریان لحظه‌ای: مشتق بار نسبت به زمان است.

$$I = \frac{dq}{dt}$$

سطح زیر نمودار شدت جریان - زمان بار شارش شده در مدار است.



در رابطه‌ی  $q = It$  اگر جریان برحسب آمپر و زمان برحسب ساعت باشد، بار برحسب آمپر ساعت است.

جریان الکتریکی، شارش الکترون‌های آزاد در رسانا است.  $ne = It$

- اگر شدت جریان در یک سیم  $0.6$  آمپر باشد، در هر دقیقه چند الکترون از مقطع سیم عبور می‌کند؟

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$It = ne \quad n = \frac{It}{e} = \frac{6 \times 10^{-1} \times 60}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.25 \times 10^{18} = 2.25 \times 10^{20}$$

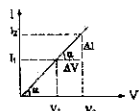
### ۲- قانون اهم

بنا به قانون اهم نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانای فلزی به شدت جریانی که از آن می‌گذرد، در دمای ثابت، مقدار ثابت است که به آن

مقاومت الکتریکی گویند. (اهم)  $\frac{V}{I} = R$  آمپر

با تغییر ولتاژ، شدت جریان متناسب با آن تغییر می‌کند و مقاومت الکتریکی مستقل، از ولتاژ و جریان است.

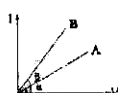
$$\tan \alpha = \frac{I_1}{V_1} = \frac{I_2}{V_2} = \frac{\Delta I}{\Delta V} = \frac{1}{R}$$



مقایسه دو مقاومت A, B

$$\beta > \alpha, \tan \beta > \tan \alpha, \frac{1}{R_B} > \frac{1}{R_A}$$

$$R_B > R_A$$



هرچه شیب کم‌تر باشد، مقاومت بزرگ‌تر است.

- اگر نمودار تغییر جریان با تغییرات ولتاژ برای دو مقاومت در یک محور

مختصات به صورت زیر باشد. نسبت  $\frac{R_1}{R_2}$  برابر است یعنی:

ضریب دمایی نیمه رساناها و رساناهای غیر فلزی منفی است و با افزایش دما، مقاومت الکتریکی آن‌ها کاهش می‌یابد.

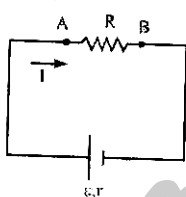
(د) رنوستا:

معمولاً برای تنظیم و کنترل جریان از یک مقاومت متغیر به نام رنوستا استفاده می‌کنند برای استفاده از رنوستا، ابتدا آن را با بیشترین مقدار مقاومت در مدار قرار می‌دهند، سپس با لغزنده

**۴- افت پتانسیل در مقاومت:**

با اعمال اختلاف پتانسیل در دو سر یک رسانا، در درون آن میدان الکتریکی برقرار می‌گردد که باعث شارش بار می‌شود، جهت میدان در داخل رسانا از پایانه‌ی مثبت باتری به طرف پایانه‌ی منفی باتری است. چون پتانسیل در جهت میدان کاهش می‌یابد، در این صورت می‌گویند در رسانا افت پتانسیل ایجاد شده است.

$$\Delta V = V_B - V_A = -IR$$



**۵- انرژی الکتریکی مصرفی در مقاومت:**

اگر بار  $q$  از مقاومت  $R$  عبور کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن به اندازه‌ی  $\Delta u = q\Delta V$  کاهش می‌یابد، این کاهش انرژی صرف افزایش انرژی جنبشی بارها می‌شود، در اثر برخورد آن‌ها با اتم‌ها، این انرژی به اتم‌های رسانا منتقل می‌شود و انرژی درونی رسانا افزایش می‌یابد.

$$u = RI^2 t$$

توان مصرفی: انرژی الکتریکی مصرف شده در واحد زمان است که یکای

$$\text{آن } \frac{\text{ژول}}{\text{ثانیه}} \text{ (وات) می‌باشد.}$$

$$\begin{cases} P = RI^2 \\ P = VI \\ P = \frac{V^2}{R} \end{cases}$$

در مقاومت‌های سری توان متناسب با مقاومت است.

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

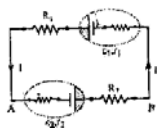
در مقاومت‌های موازی توان متناسب با وارون مقاومت است.

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{R_1}{R_2}$$

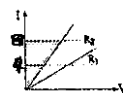
**۵- نیروی محرکه‌ی پیل و مقاومت درونی**

مدار الکتریکی ساده تک حلقه از یک یا چند مولد و یک یا چند مقاومت تشکیل شده است که یکی پس از دیگری به کمک سیم‌های بدون مقاومت به دنبال هم بسته شده‌اند و شدت جریان در تمام قسمت‌های مدار یک سان است.

– در مدار زیر، اگر بار الکتریکی از نقطه  $A$  در جهت نشان داده شده حرکت کند، انرژی پتانسیل آن هنگام عبور از باتری به اندازه‌ی  $\varepsilon_1 q$  افزایش و به اندازه‌ی  $IR_1 q$  کاهش می‌یابد و در عبور از مقاومت  $R_2$  به اندازه‌ی  $IR_2 q$  کاهش می‌یابد و ...



$$V_1 = V_2 \rightarrow I_1 R_1 = I_2 R_2 \rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1} = 2$$



**۳- مقاومت**

$$R = \rho \frac{L}{A} \text{ (الف)}$$

مقاومت یک رسانای فلزی در دمای ثابت به طول، سطح مقطع و جنس آن بستگی دارد.

$$R = \rho \frac{L}{A} \text{ اهم}$$

مقاومت ویژه، که به جنس رسانا بستگی دارد مقاومت قطعه‌ای از آن است به طول یک متر و سطح مقطع یک متر مربع.

نسبت مقاومت الکتریکی دو رسانای  $R_1, R_2$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \left( \frac{I_2}{I_1} \right) \left( \frac{A_1}{A_2} \right)$$

سطح مقطع هر رسانا متناسب با مجذور قطر آن است.

$$\frac{A_1}{A_2} = \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

اگر بر اثر تغییر مشخصات ساختمانی مقاومت، جرم و در نتیجه حجم آن تغییر نکند.

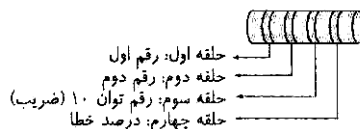
$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{A_1}{A_2} = \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \left( \frac{L_2}{L_1} \right) \left( \frac{A_1}{A_2} \right) = \left( \frac{L_2}{L_1} \right)^2 = \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

(ب) تعیین اندازه مقاومت از رنگ‌های حلقه

(کدگذاری مقاومت‌ها)

با حلقه‌های رنگی در درون مقاومت‌ها اندازه‌ی آن‌ها را مشخص می‌کنند به هر رنگ عدد خاصی را نسبت می‌دهند. به هر یک از رنگ‌ها از سیاه تا سفید عدد صفر تا ۹ نظیر می‌شود. چون در این مقاومت‌ها اغلب از کربن استفاده می‌شود به آن‌ها مقاومت‌های کربنی گویند.



ج) اثر دما بر مقاومت: در رساناهای فلزی افزایش دما سبب افزایش مقاومت ویژه و در نتیجه افزایش مقاومت رسانا می‌شود. اگر افزایش دما زیاد نباشد رابطه‌ی مقاومت ویژه با افزایش دما به صورت زیر است:

$$\rho_2 = \rho_1 (1 + \alpha \Delta \theta) \text{ یا } \frac{\rho_2}{\rho_1} = 1 + \alpha \Delta \theta$$

$$\Delta \rho = \rho_1 \alpha \Delta \theta \text{ یا } \frac{\Delta \rho}{\rho_1} = \alpha \Delta \theta$$

$\alpha$  ضریب دمایی مقاومت ویژه برحسب (بر کلوین) است. مقاومت متناسب با مقاومت ویژه تغییر می‌کند.

$$R_2 = R_1 (1 + \alpha \Delta \theta) \text{ یا } \frac{R_2}{R_1} = 1 + \alpha \Delta \theta$$

تغییر نسبی مقاومت:

$$\Delta R = R_1 \alpha \Delta \theta \text{ یا } \frac{\Delta R}{R_1} = \alpha \Delta \theta$$

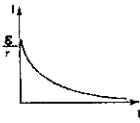
## مجموعه روابط فیزیک پایه و پیش دانشگاهی

### مدرس: مسعود رهنمون

با افزایش جریان از مولد، اختلاف پتانسیل دو سر آن کاهش می‌یابد. نمودار شدت جریان مدار بر حسب مقاومت خارجی  $R$

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

$$\begin{cases} R = 0 & I = \frac{\varepsilon}{r} \\ R \rightarrow \infty & I \rightarrow 0 \end{cases}$$



با افزایش مقاومت خارجی  $R$ ، جریان مدار کاهش می‌یابد.

#### ۷- حل مدار تک حلقه

طبق اصل پایستگی انرژی باید بار  $q$  در بازگشت به نقطه  $A$  همان انرژی اولیه را داشته باشد.

$$u_A + \varepsilon_1 q - I r_1 q - I R_1 q - I r_2 q - I R_2 q + \varepsilon_2 q - I r_2 q - I R_2 q = u_A$$

با تقسیم رابطه بر  $q$ :

$$V_A + \varepsilon_2 - I r_2 - I R_2 - I r_1 + \varepsilon_1 - I r_1 - I R_1 = V_A$$

#### ۷- حل مدار تک حلقه

۱- هرگاه روی مدار در جهت جریان از مقاومت‌ها بگذریم، پتانسیل به اندازه  $IR$  یا  $Ir$  کاهش و اگر در خلاف جهت جریان از مقاومت‌ها بگذریم، پتانسیل به اندازه  $IR$  یا  $Ir$  افزایش می‌یابد.

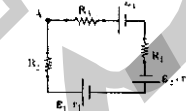
۲- هرگاه برای گذر از مولد (بدون توجه به جهت جریان) از پایانه‌ی منفی به طرف پایانه‌ی مثبت بگذریم، پتانسیل به اندازه‌ی نیروی محرکه افزایش و اگر از پایانه‌ی مثبت به پایانه‌ی منفی برویم، پتانسیل به اندازه‌ی نیروی محرکه مولد کاهش می‌یابد.

$$V_A + \varepsilon_2 - I r_2 - I R_2 = V_B$$

$$V_B - V_A = \varepsilon_2 - I r_2 - I R_2$$



برای محاسبه‌ی جریان در مدار زیر، جهت دلخواهی انتخاب می‌کنیم.



$$V_A - I r_1 - I R_1 - \varepsilon_2 - I r_2 + \varepsilon_1 - I r_2 = V_A$$

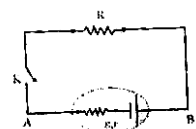
اگر جریانی که به دست می‌آید منفی باشد، جهت جریان را عکس می‌کنیم.

$$I = \frac{\varepsilon_2 + \varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R_2 + R_1 + r_2 + r_1}$$

#### (یک مدار ساده)

ساده‌ترین مدار الکتریکی فقط از یک مولد به نیروی محرکه  $\varepsilon$  و مقاومت درونی  $r$  و مقاومت خارجی  $R$  تشکیل می‌شود. اگر کلید  $K$  باز باشد، جریان الکتریکی مدار صفر است و اختلاف پتانسیل دو سر مولد، نیروی محرکه مولد است.

$$\begin{cases} I = 0 \\ V_B - V_A = \varepsilon \end{cases}$$



اگر کلید  $K$  بسته باشد.

$$V_A - I r + \varepsilon - I R = V_A$$

شدت جریان مدار

$$\varepsilon = I(R+r) \quad \begin{cases} I = \frac{\varepsilon}{R+r} \\ V_B - V_A = \varepsilon - I r \end{cases}$$

$V_A - V_B$  اختلاف پتانسیل دو سر مولد

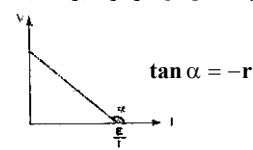
و  $I r$  افت پتانسیل در مولد است.

#### ۷- حل مدار تک حلقه

نمودار اختلاف پتانسیل دو سر مولد بر حسب جریان

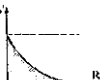
$$V = \varepsilon - I r$$

$$\begin{cases} I = 0 \Rightarrow V = \varepsilon \\ V = 0 \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r} \end{cases}$$



با افزایش مقاومت خارجی  $R$  اختلاف پتانسیل دو سر مولد افزایش می‌یابد. نمودار افت پتانسیل در مولد بر حسب مقاومت خارجی

$$V' = I r = \varepsilon - I R = \frac{\varepsilon R}{R+r} \quad \begin{cases} R = 0 & V' = 0 \\ R \rightarrow \infty & V' \rightarrow \varepsilon \end{cases}$$



با افزایش مقاومت خارجی  $R$ ، افت پتانسیل در مولد کاهش می‌یابد.

#### ۸- توان مولد

اثر جریانی که از مولد می‌گذرد  $I$  باشد داریم:

$$u = \varepsilon I t$$

توان تولیدی مولد

$$P = \frac{u}{t} = \varepsilon I$$

بخشی از این توان به دلیل مقاومت درونی مولد، در درون مولد مصرف

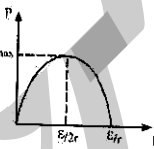
می‌شود که برابر  $r I^2$  است و توان مفید مولد برابر است با:

$$P = \varepsilon I - r I^2$$

نمودار تغییرات توان مفید مولد بر حسب جریان

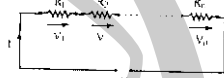
$$P = \varepsilon I - r I^2 \quad \begin{cases} I = 0 \\ I = \frac{\varepsilon}{r} \end{cases} \Rightarrow P = 0 \quad P_{max}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{2r} \Rightarrow P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$



#### ۹- الف) در هم بستن مقاومت‌ها به طور متوالی:

هر مقاومت با مقاومت بعدی در یک سر بدون داشتن انشعاب مشترک است.



جریان گذرنده از مقاومت معادل با جریان گذرنده از هر یک از مقاومت‌ها یک سان است.

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

اختلاف پتانسیل دو سر معادل، با مجموع اختلاف پتانسیل دو سر هر یک از مقاومت‌ها برابر است.

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

مقاومت معادل از تمام مقاومت‌های موجود در مدار بزرگ‌تر است.

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

برای  $n$  مقاومت مشابه  $R_1$

$$R = n R_1 \quad (\text{معادل})$$

برای تقسیم ولتاژ از تساوی جریان استفاده می‌شود.

در شکل بالا با بستن کلید  $k$  مقاومت معادل شاخه  $AB$  و در نتیجه کل مدار کاهش می‌یابد و با توجه به رابطه  $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$  شدت جریان اصلی مدار افزایش می‌یابد و افت پتانسیل در مولد افزایش خواهد یافت و اختلاف پتانسیل دو سر مولد کاهش می‌یابد.

$$\downarrow V_1 = \mathcal{E} - Ir \uparrow$$

$$\mathcal{E} - Ir - \underbrace{IR_{AB}}_{V_1} - IR_f = 0 \quad \downarrow V_1 = \downarrow V_2 + IR_f \uparrow$$

یعنی اختلاف پتانسیل مقاومت  $R_f$  افزایش و دو سر  $AB$  کاهش می‌یابد.

**۱۰- قوانین کیرشهف:**

الف) قانون شدت جریان‌ها:

مجموع جریان‌هایی که به هر گره می‌رسند، برابر مجموع جریان‌هایی است که از آن گره خارج می‌شوند.

ب) قانون اختلاف پتانسیل‌ها:

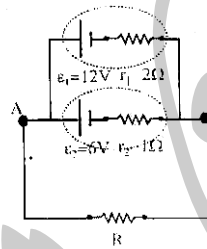
در هر حلقه یا مدار بسته، مجموع جبری اختلاف پتانسیل‌ها صفر است. برای کاربرد این قانون رعایت دو نکته ضروری است:

۱- اگر جهت جریان در مدار مشخص نباشد، جهتی را برای جریان انتخاب می‌کنیم.

۲- اگر  $n$  شاخه در مدار وجود داشته باشد، برای حل مدار به  $n$  معادله نیاز داریم و برای نوشتن معادله‌ها به تعداد لازم حلقه در نظر می‌گیریم.

ج) قوانین کیرشهف ترکیب قانون اول و دوم:

اگر شدت جریان در مقاومت  $R$ ،  $\mathcal{E}$  آمپر است اختلاف پتانسیل بین  $B, A$  را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:



$$I = i_1 + i_2 \quad i_1 + i_2 = 3A$$

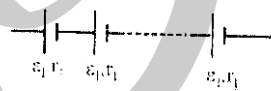
$$V_B + 12 - 2i_1 - 6 + i_2 = V_B \quad 6 = 2i_1 - i_2$$

$$\begin{cases} i_1 + i_2 = 3 & i_1 = 3 & V_B + 12 - 6 = V_A \\ 2i_1 - i_2 = 6 & i_2 = 0 & V_A - V_B = 6V \end{cases}$$

**۱۱- به هم بستن پیل‌های مشابه:**

الف) متوالی: اگر  $n$  پیل به نیروی محرکه  $\mathcal{E}_1$  و مقاومت درونی  $r_1$  را متوالی ببندیم، مشخصات پیل معادل چنین است:

$$nr_1 = \text{مقاومت درونی} \quad \mathcal{E} = n\mathcal{E}_1 = \text{نیروی محرکه معادل}$$



ب) موازی: اگر  $n$  پیل مشابه به نیروی محرکه  $\mathcal{E}_1$  و مقاومت درونی  $r_1$  را موازی ببندیم.

$$r = \frac{r_1}{n} = \text{مقاومت درونی معادل}$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 = \text{نیروی محرکه معادل}$$



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

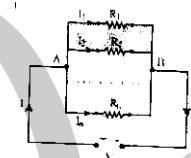
ولتاژ به نسبت مقاومت تقسیم می‌شود، هر مقاومتی که بزرگ‌تر است، اختلاف پتانسیل بیش‌تری دارد.

**۹- (ب) در به هم پیوستن مقاومت‌ها به طور موازی:**

یک سر همه آن‌ها به یک نقطه (A) و سر دیگر همه‌ی آن‌ها نیز به یک نقطه (B) بسته شده است.

اختلاف پتانسیل دو سر معادل با اختلاف پتانسیل هریک از مقاومت‌ها یک سان است.

$$V = V_1 = V_2 = \dots = V_n$$



شدت جریان گذرنده از معادل، با مجموع شدت جریان گذرنده از مقاومت‌ها برابر است.

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

وارون مقاومت معادل، برابر با مجموع وارون مقاومت‌هاست.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

مقاومت معادل از تمام مقاومت‌های موجود در مدار کوچک‌تر است.

برای  $n$  مقاومت مشابه  $R_1$

$$R = \frac{R_1}{n} \quad (\text{معادل})$$

برای تقسیم جریان، از تساوی اختلاف پتانسیل استفاده می‌شود. برای دو مقاومت:

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

**۹- (ج) به هم بستن مقاومت‌ها (ترکیب‌های موازی و متوالی):**

اگر  $N$  مقاومت مشابه  $R_1$  را در  $m$  شاخه و در هر شاخه  $n$  تا قرار گیرد:

$$V = nV_1 \quad (\text{معادل})$$

$$R = \frac{n}{m} R_1 \quad (\text{معادل})$$

$$I = mI_1 \quad (\text{معادل})$$

$$N = m \times n$$

$I_1$  جریان گذرنده از هر مقاومت و  $V_1$  اختلاف پتانسیل هر یک از مقاومت‌هاست.

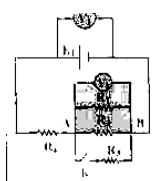
$n$  مقاومت مشابه را یک بار به طور متوالی و یک بار موازی به هم می‌بندیم. در این صورت نسبت مقاومت معادل در حالت اول به حالت دوم برابر است با:

$$R_1 = nR \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{nR}{R} = n^2$$

$$R_2 = \frac{R}{n}$$

\* اگر از تعداد مقاومت‌های متوالی بکاهیم، مقاومت معادل کاهش و اگر به تعداد آن‌ها بیفزاییم مقاومت معادل افزایش می‌یابد.

\* اگر از تعداد مقاومت‌های موازی بکاهیم، مقاومت معادل افزایش می‌یابد و اگر به تعداد مقاومت‌های موازی بیفزاییم، مقاومت معادل کاهش می‌یابد.



## مجموعه روابط فیزیک پایه و پیش دانشگاهی

### مدرس: مسعود رهنمون

تعیین جهت: اگر انگشت شست دست راست را در جهت جریان عبوری از سیم قرار دهیم، جهت چرخش چهار انگشت دیگر جهت میدان مغناطیسی را مشخص می‌سازد.

اگر نقطه‌ای تحت تأثیر میدان مغناطیسی حاصل از چند سیم باشد، میدان مغناطیسی ناشی از هر سیم را جداگانه محاسبه کرده و در نهایت برآیندگیری می‌کنیم.

اگر جریان‌های عبوری از دو سیم موازی همسو باشند، بین آن‌ها و اگر غیر همسو باشند خارج از فاصله بین آن‌ها در هر دو صورت نزدیک به سیم حامل جریان کم‌تر می‌توان نقطه‌ای یافت که میدان مغناطیسی برآیند در آن نقطه برابر صفر باشد.

$$x = \frac{d}{\frac{I}{I'} \pm 1}, (I > I')$$

$x$  = فاصله نقطه موردنظر از سیم حامل جریان کم‌تر ( $I'$ )  
 $d$  = فاصله بین دو سیم

اگر جریان‌ها هم سو باشند از علامت (+) و اگر جریان‌ها ناهمسو باشند از علامت (-) استفاده می‌کنیم.

### ۳- آثار مغناطیسی حاصل از جریان

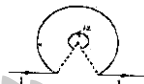
پیچه سطح: شامل چند دور سیم نازک به شکل حلقه به هم فشرده است. خطی که از مرکز حلقه گذشته بر سطح آن عمود است محور پیچه نامیده می‌شود.

اگر شعاع پیچه دایره‌ای حامل جریان  $N, I$  تعداد حلقه‌های پیچه باشد، میدان مغناطیسی در مرکز پیچه  $B$  خواهد بود.

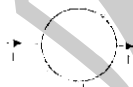
$$B = \frac{\mu_0 N I}{2R}$$

اگر انگشت شست راست را در جهت جریان بر روی حلقه بخوابانیم، جهت بسته شدن انگشتان جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.

اگر پیچه دایره‌ای کامل نباشد مقدار  $N$  از رابطه  $N = \frac{\alpha}{360}$  به دست می‌آید.



اگر از حلقه‌ی بسته ای جریان وارد و خارج شود، شدت میدان مغناطیسی در مرکز حلقه برابر صفر است. زیرا میدان‌ها اثر هم را خنثی می‌کنند.



اگر از سیم راستی به طول  $L$  پیچه مسطحی به شعاع  $R$  بسازیم ( $N = \frac{L}{2\pi R}$ ) خواهد بود.

### سیملوله:

از چند دور سیم تشکیل شده است که مانند یک فنر پیچیده شده‌اند. اگر جریان التریکی  $I$  از آن عبور کند در اطراف و درون سیملوله میدان مغناطیسی حاصل می‌شود.

میدان مغناطیسی در داخل سیملوله یکنواخت و قوی‌تر و جهت آن خلاف جهت میدان مغناطیسی در خارج آن است.

اندازه میدان مغناطیسی یکنواخت در درون سیملوله:

$$B = \mu_0 n I, \quad n = \frac{N}{L}$$

$n$  = تعداد دورهای سیملوله در واحد طول

ج ترکیبی: اگر  $N$  پیل مشابه به نیروی محرکه  $\varepsilon_1$  و مقاومت درونی  $r_1$  را در  $m$  شاخه و در هر شاخه  $n$  تا قرار گیرد.

$$r = \frac{nr_1}{m} \quad \varepsilon = n\varepsilon_1 \quad \text{مقاومت درونی معادل}$$

$$N = m \times n$$

### مغناطیسی

#### ۱- میدان مغناطیسی

#### الف) تعریف کمی میدان

نیروی وارد بر سیم‌های حامل جریان در میدان مغناطیسی از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

( $\alpha$  زاویه بین راستای جریان و میدان مغناطیسی است)

$$F = ILB \sin \alpha \quad \left\{ \begin{array}{l} \alpha = \frac{\pi}{2} \rightarrow F_M = ILB \quad (\text{نیروی بیشینه}) \\ \alpha = 0 \text{ یا } \alpha = \pi \rightarrow F = 0 \end{array} \right.$$

قاعده‌ی دست راست: اگر چهار انگشت دست راست در جهت جریان طوری قرار دهیم که جهت خم شدن انگشتان جهت میدان مغناطیسی را نشان دهد، انگشت شست جهت نیروی  $F$  را نشان می‌دهد.



یکای میدان مغناطیسی تسلا است.

$$1 \text{ تسلا} = \frac{1 \text{ نیوتن}}{(1 \text{ متر}) \times (1 \text{ آمپر})}, \quad T = 10^2 \text{ G (گاس)}$$

#### نیروی وارد بر ذره‌ی باردار متحرک

ذرات باردار الکتریکی: در حالت سکون و حرکت در اطراف خود میدان الکتریکی ایجاد می‌کنند ولی در حالت حرکت در اطراف خود میدان مغناطیسی نیز ایجاد می‌کنند.

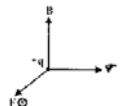
اگر بار الکتریکی  $q$  با سرعت  $V$  وارد میدان مغناطیسی یکنواخت  $B$  شود بر آن نیروی  $F$  وارد می‌شود.

$\theta$  زاویه بین راستای بردار سرعت  $V$  و بردار میدان مغناطیسی  $B$  است.

$$F = q \cdot V \cdot B \sin \theta \quad \left\{ \begin{array}{l} \theta = 0 \Rightarrow F = 0 \\ \theta = \frac{\pi}{2} \rightarrow F_M = q \cdot V \cdot B \end{array} \right. \quad (\text{نیروی بیشینه})$$

قاعده‌ی دست راست: برای تعیین سوی نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی مثبت متحرک در میدان مغناطیسی کافی است انگشتان دست راست را طوری در جهت بار الکتریکی متحرک مثبت قرار دهیم که آن‌ها

را روی زاویه کوچک‌تری که  $\vec{B}$  و  $\vec{V}$  می‌سازد ببندیم جهت بسته شدن انگشتان در جهت  $\vec{B}$  قرار گیرد. انگشت شست جهت نیروی وارد بر بار مثبت را نشان می‌دهد.



نیروی وارد بر بار منفی در خلاف جهت نیروی وارد بر بار مثبت

#### الف) میدان مغناطیسی سیم راست

در اثر عبور جریان الکتریکی از یک سیم راست در اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. اندازه میدان حاصل از عبور جریان  $I$  از سیم راست و طولی در نقطه‌ای به فاصله عمودی  $R$  از سیم برابر  $B$  است.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}, \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \quad (\text{تراوایی مغناطیسی خلأ})$$

## مجموعه روابط فیزیک پایه و پیش دانشگاهی

مدرس: مسعود رهنمون

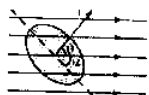
### القای الکترومغناطیسی

#### ۱- شار مغناطیسی:

#### الف) تعریف و رابطه شار

شار مغناطیسی عبوری از سطحی به مساحت  $A$  که مطابق شکل در میدان مغناطیسی یکنواخت قرار گرفته برابر است با:

$$\phi = BA \cos \theta$$



نکته:  $\theta$  زاویه‌ی بین بردار عمود بر سطح و خطوط میدان می‌باشد که برابر است با  $|\theta - \alpha| = \frac{\pi}{2}$  و  $\alpha$  زاویه‌ی بین سطح با خطوط میدان است.

#### ب) عوامل مؤثر بر تغییر شار مغناطیسی:

۱- تغییر مساحت باعث تغییر شار می‌گردد.

۲- تغییر میدان باعث تغییر شار می‌گردد.

۳- تغییر زاویه بین سطح باعث تغییر شار می‌گردد.

#### ج) تعریف یکای وبر

وبر یکای شار مغناطیسی است و برابر با شاری است که از جسمی به مساحت  $1\text{m}^2$  که به طور عمود بر خطوط میدان مغناطیسی به شدت  $1\text{T}$  قرار گرفته عبور می‌کند.

نکته: یکی دیگر از واحدهای شار مغناطیسی ماکسول می‌باشد.

$$1\text{Max} = 10^{-8}\text{wb}$$

$$1\text{wb} = 10^8\text{Max}$$

### قانون فارادی

#### الف) تعریف قانون فارادی:

نیروی محرکه‌ی القایی ایجاد شده در یک مدار متناسب با تغییرات شار مغناطیسی در آن مدار می‌باشد.  $\mathcal{E} = -\Delta\phi$

#### ب) رابطه و اندازه نیروی محرکه القایی

نیروی محرکه‌ی القایی ایجاد شده در یک مدار برابر است با  $N$  تعداد کل حلقه‌ها

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\phi}{dt}$$

نکته: نیروی محرکه‌ی القایی متوسط ایجاد شده برابر است با:

$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (\Delta t \text{ زمان تغییر شار می‌باشد})$$

#### رابطه نیروی محرکه القایی:

#### ۱- رابطه جریان و بار القایی در مدار بسته

جریان القایی ایجاد شده در یک مدار به مقاومت  $R$  در اثر تغییرات شار مغناطیسی برابر است با:

$$\bar{i} = \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} \Rightarrow \bar{i} = \frac{N}{R} \frac{d\phi}{dt}$$

نکته ۱: جریان القایی متوسط ایجاد شده در بازه‌ی زمان  $\Delta t$  برابر است با:

$$\bar{i} = \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} = \frac{N}{R} \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

نکته ۲: بار القایی متوسط ایجاد شده در بازه‌ی زمانی  $\Delta t$  برابر است با:

$$\bar{q} = \bar{i}\Delta t \Rightarrow |\bar{q}| = \left| -\frac{N}{R} \Delta\phi \right|$$

#### عوامل مؤثر بر ایجاد جریان القایی:

۱- تغییر سطح مدار باعث ایجاد جریان القایی می‌شود.

$N n =$  تعداد کل دوره‌های سیملوله

$L N n =$  طول سیملوله

$L N n$  اگر سیملوله را طوری در دست راست خود بگیریم که چهار انگشت در جهت جریان عبوری قرار گیرد انگشت شست جهت میدان مغناطیسی و یا به عبارت دیگر قطب  $N$  را نشان می‌دهد.



جهت خطوط میدان مغناطیسی در سیملوله مانند آهنربای میله‌ای است جهت آن در داخل سیملوله از  $S$  به  $N$  و در خارج از آن از  $N$  به  $S$  است.

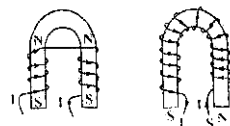
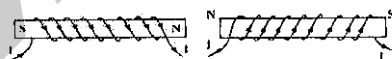
#### میدان مغناطیسی سیملوله

اگر درون سیملوله حامل جریان یک میله (هسته) آهنی قرار دهیم، میله آهنی در اثر القای میدان مغناطیسی حاصل درون سیملوله به آهنربای الکتریکی تبدیل می‌شود.

هرچه تعداد دوره‌های سیملوله در واحد طول بیشتر و جریان عبوری از آن بزرگ‌تر باشد آهنربای الکتریکی قوی‌تر است.

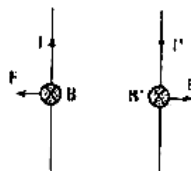
هسته آهنی در درون سیملوله باعث تقویت میدان مغناطیسی سیملوله می‌شود. سیملوله بدون هسته‌ی آهنی دارای میدان مغناطیسی ضعیفی است که کاربرد خاصی ندارد.

#### تعیین قطب‌های الکتریکی در اشکال مختلف



#### سیم‌های موازی حامل جریان الکتریکی نیرو وارد می‌سازند.

راستای این نیرو در صفحه‌ی دو سیم قرار دارد اگر جریان‌های عبوری از دو سیم همسو باشند نیروی بین آن‌ها جاذبه و اگر ناهمسو باشند نیروی بین آن‌ها دافعه خواهد بود.



نیروی وارد بر  $L$  متر از هر سیم راست و موازی حامل جریان‌های  $I, I'$  که به فاصله  $d$  از یکدیگر واقع‌اند برابر  $F$  خواهد بود.

$$F = k \frac{II'}{d} L, \quad K = 2 \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}}$$

نیرویی که سیم حامل جریان  $I$  بر  $L$  متر از سیم حامل جریان  $I'$  وارد می‌کند طبق قانون سوم نیوتن برابر نیرویی که سیم حامل جریان  $I'$  بر  $L$  متر از سیم حامل جریان  $I$  وارد می‌کند ولی در خلاف جهت.

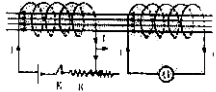
تعریف آمپر: هرگاه از دو سیم نازک، موازی، مستقیم و بسیار دراز که به فاصله یک متر از یکدیگر در خلأ قرار دارند، جریان‌های مساوی عبور کند به گونه‌ای که بر یک متر از طول هریک از سیم‌ها نیرویی برابر  $2 \times 10^{-7}$  نیوتن وارد شود - جریان عبوری از هریک از سیم‌ها برابر یک آمپر است.



نکته: چنانچه کلید K قطع شود دوباره جریان القایی در مدار (۲) به گونه‌ای ایجاد می‌شود که با کاهش شار مخالفت می‌کند (در لحظه قطع کلید)

**(ب) تغییر جریان در اثر تغییر مقاومت مدار:**

اگر مقاومت رئوستا در مدار (۱) تغییر کند (در اینجا افزایش) جریان القایی در مدار (۲) به گونه‌ای ایجاد می‌شود که با تغییر شار عبوری از مدار (۲) مخالفت می‌کند.

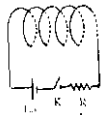


**الف) تعریف خود القایی:**

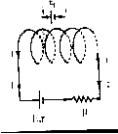
هرگاه جریانی که از یک مدار عبور می‌کند تغییر کند در دو سر آن نیروی محرکه‌ای القا می‌شود که آن را نیروی محرکه‌ی خود القایی و این اثر را اثر خود القایی می‌نامند.

نکته: در اثر خود القایی در مدار ایجاد می‌شود که جهت آن به گونه‌ای است که با تغییر شار عبوری از سیملوله مخالفت می‌کند.

در شکل مقابل با وصل کلید K جریان I افزایش و در این مدت و شار عبوری از سیملوله افزایش و در نتیجه جریان القایی به گونه‌ای ایجاد می‌شود که با افزایش شار مخالفت می‌کند.



نکته: سیملوله در این حالت مانند یک ضد مولد عمل می‌کند.



$$\phi \propto I$$

شار عبوری از سیملوله متناسب با میدان مغناطیسی و از طرف دیگر میدان نیز متناسب با I می‌باشد بنابراین می‌توان نتیجه گرفت:

$$\phi \propto I$$

$$\phi = LI$$

شار عبوری از سیملوله علاوه بر جریان عبوری از آن به ساختمان هندسی القاگر نیز بستگی دارد به طوری که می‌توان نوشت:

$$\phi = LI \rightarrow A$$

**۲- نیروی محرکه الکتریکی خود القایی**

نیروی محرکه خود القایی ایجاد شده در دو سر القاگر برابر است:

$$\epsilon_L = -L \frac{dI}{dt}$$

علامت منفی نمایانگر قانون لنز می‌باشد.

**۳- عوامل مؤثر بر ضریب خود القایی**

ضریب خود القایی القاگر به ساختمان هندسی القاگر و جنس هسته مغناطیسی داخل آن بستگی دارد به طوری که رابطه‌ی آن به صورت

$$L = k\mu_0 \frac{N^2 A}{l}$$

طول القاگر بر حسب k, m ضریب نفوذپذیری مغناطیسی هسته بدون واحد، N تعداد کل حلقه‌ها، A مساحت هر حلقه بر حسب m<sup>2</sup> است.

۲- تغییر اندازه میدان باعث ایجاد جریان القایی می‌شود.

۳- تغییر زاویه حلقه مدار با میدان باعث ایجاد جریان القایی می‌شود.

**۲- نیروی محرکه‌ی القایی در اثر حرکت یک رسانا در میدان B**

اگر سیم رسانا به طول L در میدان مغناطیسی یکنواخت با اندازه‌ی B با سرعت ثابت V حرکت کند، در دو سر آن نیروی محرکه القایی ایجاد می‌شود که اندازه‌ی آن برابر است با:

$$\epsilon = BVL \sin \alpha$$

زاویه‌ی بین راستای میله با خطوط میدان است.

نکته: چنانچه میله به طور عمود بر خطوط میدان حرکت کند ( $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ) در این حالت رابطه‌ی بالا را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\epsilon = BVL$$

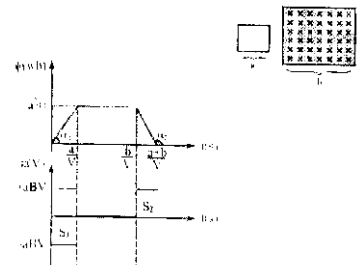
**۳- نمودار و معادله  $\phi-t, E-t, \phi-t$  و ویژگی‌های آن‌ها**

با توجه به روابط  $\epsilon = -N \frac{d\phi}{dt}$  و  $i = \frac{N}{R} \frac{d\phi}{dt}$  می‌توان نتیجه گرفت  $\epsilon, i$  در هر لحظه متناسب با مشتق  $\phi$  در آن لحظه می‌باشند بنابراین نمودارهای  $\epsilon-t, i-t$  را با توجه به نمودار  $\phi-t$  و ویژگی‌های بالا می‌توان رسم کرد.

نکته ۱: شیب مماس بر منحنی  $\phi-t$  در هر لحظه متناسب با نیروی محرکه القایی ایجاد شده در آن لحظه می‌باشد (با علامت منفی)

نکته ۲: شار عبوری در یک مدار از لحاظ اندازه هنگامی max است که نیروی محرکه القایی صفر باشد.

مثال: حلقه‌ای مربعی شکل به وضع a مطابق شکل با سرعت ثابت وارد میدان مغناطیسی یکنواخت به اندازه‌ی B می‌گردد نمودار  $\phi-t, \epsilon-t$  آن را لحظه‌ی ورود تا خروج کامل به شکل زیر است:



**(ج) قانون لنز:**

جهت جریان القایی ایجاد شده در یک مدار همواره به گونه‌ای است که آثار مغناطیسی ناشی از آن با عامل به موجود آورنده آن مخالفت می‌کند.

**۳- القای جریان در سیملوله از یک سیملوله دیگر (القای متقابل)**

ایجاد جریان القایی در یک مدار به وسیله‌ی تغییرات جریان اصلی در مدار دیگر را القای متقابل می‌نامند.

**الف) تغییر جریان در اثر قطع و وصل کلید.**

در شکل زیر چنانچه کلید K در مدار (۱) وصل شود جریان القایی در مدار (۲) ایجاد می‌شود. که طبق قانون لنز جهت آن به گونه‌ای است که با افزایش شار در مدار (۲) مخالفت می‌کند (جریان القایی در لحظه‌ی وصل کلید انجام می‌شود).



## مجموعه روابط فیزیک پایه و پیش دانشگاهی

### مدرس: مسعود رهنمون

نکته ۲: چنانچه پیچه از وضعیت عمود بر خطوط میدان شروع به چرخش نکند در این حالت رابطه‌ی بالا به صورت:  $\varepsilon = NAB\omega \sin(\omega t + \theta_0)$  خواهد بود.

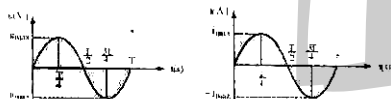
#### ۱- اختلاف پتانسیل max

اختلاف پتانسیل max برابر است با:

$$\varepsilon_{\max} = NAB\omega$$

#### ۲- نمودار

با توجه به رابطه‌ی  $\varepsilon = \varepsilon_{\max} \sin \omega t$  می‌توان نتیجه گرفت نمودار  $\varepsilon$  یک نمودار سینوسی مطابق شکل است.



#### د- جریان القایی متناوب:

برابر است با:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{NBA\omega}{R} \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin \omega t \Rightarrow i_m = \frac{NBA\omega}{R}$$

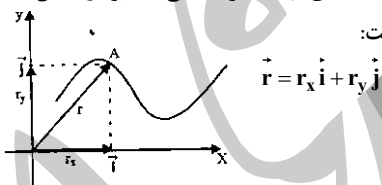
۲- نمودار  $i = f(t)$  جریان مضربی از  $\varepsilon$  است بنابراین نمودار آن مشابه نمودار  $\varepsilon$  بر حسب  $t$  می‌باشد. به شکل بالا توجه کنید.

#### حرکت

#### الف) بردار مکان - جابه‌جایی:

برداری مکان: بردار مکان یک نقطه برداری است که اندازه آن فاصله‌ی هر نقطه را تا مبدأ مختصات نشان می‌دهد و جهت آن در جهت برداری است که مبدأ مختصات O را به آن نقطه وصل می‌کند.

هنگامی که متحرک در صفحه‌ی XOY حرکت می‌کند بردار مکان A، مطابق شکل، بردار  $\vec{r}$  است:



#### اندازه‌ی بردار مکان:

از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$r = \sqrt{r_x^2 + r_y^2}$$

#### برداری جابه‌جایی:

فاصله‌ی بین مبدأ حرکت و مقصد یک متحرک را اندازه جابه‌جایی متحرک گویند. جابه‌جایی کمیته برداری است.

در صورتی که حرکت در دو بعد مطرح باشد:

$$\vec{\Delta r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

در صورتی که حرکت در یک بعد مطرح باشد:

$$\Delta x = x - x_0$$

#### ب) مفهوم سرعت متوسط و لحظه‌ای:

##### سرعت متوسط:

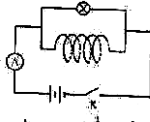
نسبت جابه‌جایی متحرک به مدت زمان جابه‌جایی را سرعت متوسط گویند.

$$\vec{V} = \frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1}$$

نکته: ضریب خود القایی القاگر مستقل از جریان عبوری از آن می‌باشد.

#### ۴- اثر القاگر موازی با لامپ هنگام قطع و وصل جریان مستقیم

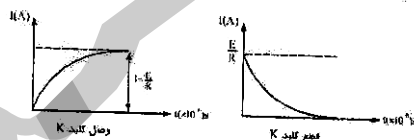
در شکل مقابل، سیملوله با مقاومت کم با لامپ به طور موازی بسته می‌شود اگر کلید K بسته شود.



لامپ روشنایی زیادی پیدا کرده و سپس به نور عادی می‌رسد و از طرف دیگر هنگام قطع کلید K دوباره لامپ برای لحظه‌ای فوق‌العاده پر نور شده و سپس خاموش می‌شود در هر دو حالت تغییر روشنایی لامپ ناشی از نیروی محرکه‌ی خود القایی ایجاد شده در سیملوله هنگام قطع و وصل کلید می‌باشد.

#### ۵- نمودار I-t القاگر قطع و وصل کلید

با توجه به اثر خودالقایی هنگام قطع و وصل کلید K، نمودار جریان اصلی I بر حسب زمان در این دو لحظه مطابق شکل‌های زیر خواهد بود.



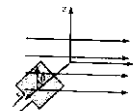
#### ج) انرژی القاگر

انرژی مغناطیسی ذخیره شده در میدان مغناطیسی القاگر برابر است با:

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

#### الف) تولید جریان با دوران پیچه:

اساس ایجاد جریان متناوب دوران پیچه در میدان مغناطیسی یکنواخت می‌باشد. مطابق شکل هنگامی که پیچه حول محور X ها دوران می‌کند شار عبوری از آن تغییر می‌کند و در نتیجه جریان القایی متناوب ایجاد می‌شود.



#### ب) تعریف‌های T, ω, v, θ و روابط بین آن‌ها:

دوره‌ی تناوب (T) مدت زمان است که طول می‌کشد تا پیچه یک دور کامل بزند بسامد (v) تعداد دوره‌های کامل در واحد زمان را بسامد می‌گویند.

$$v = \frac{1}{T} \leftarrow \text{هرتز (HZ)} \quad \text{یا} \quad S \leftarrow T = \frac{1}{v}$$

بسامد زاویه‌ای یا سرعت زاویه‌ای (ω)

زاویه‌ی طی شده در واحد زمان را سرعت زاویه‌ای می‌نامند و واحد آن  $\frac{\text{rad}}{s}$  می‌باشد.

فاز حرکت: زاویه‌ای است که وضعیت پیچه را در هر لحظه نشان می‌دهد و واحد آن rad می‌باشد.

$$\theta = \omega t + \theta_0 \rightarrow \text{فاز اولیه}$$

#### ج) اختلاف پتانسیل القایی

اختلاف پتانسیل متناوب ایجاد شده در دو سر مدار برابر است با:

$$\varepsilon = NAB\omega \sin \omega t$$

نکته: فاز اولیه پیچه صفر در نظر گرفته شده به عبارت دیگر پیچه از حالت عمودی شروع به چرخش می‌کند.

## مجموعه روابط فیزیک پایه و پیش دانشگاهی

### مدرس: مسعود رهنمون

#### سرعت متوسط از روی نمودار $V-t$ (با شتاب ثابت)

نمودار  $V-t$  متحرک در بازه‌ی زمانی معین داده می‌شود در این صورت به شرط آن که شتاب حرکت ثابت از فرمول:  $\bar{V} = \frac{V_1 + V_2}{2}$  استفاده کرد.

(اگر نمودار خطی صرفاً مستقیم باشد علامت آن است که شتاب ثابت است)

#### سرعت لحظه‌ای:

حدّ سرعت متوسط را هنگامی که تغییرات زمان بسیار ناچیز باشد، سرعت لحظه‌ای گویند. با توجه به تعریف فوق و نیز تعریف مشتق، سرعت لحظه‌ای مشتق معادله‌ی حرکت یا مکان - زمان است.

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

بردار سرعت لحظه‌ای هم علامت و هم جهت بردار حرکت در هر لحظه است. در نتیجه تعداد تغییر جهت حرکت به تعداد تغییر علامت سرعت است.

#### (پ) مفهوم شتاب متوسط و لحظه‌ای:

##### شتاب متوسط:

شتاب متوسط عبارت است از نسبت تغییرات سرعت به مدت زمان این تغییرات:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$$

##### جهت بردار شتاب متوسط:

جهت بردار شتاب متوسط با توجه به فرمول:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} \text{ هم جهت تغییرات سرعت است.}$$

##### شتاب لحظه‌ای:

شتاب لحظه‌ای عبارت است از حدّ تغییرات سرعت به تغییرات زمان هنگامی که این تغییرات بسیار ناچیز باشد، مطابق تعریف بالا شتاب لحظه‌ای مشتق سرعت نسبت به زمان است.

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{dV}{dt}$$

با توجه به مطالب فوق در نمودار  $V-t$  شیب خط مماس در هر لحظه معرف شتاب در آن لحظه است.

**تیسره:** چون در اکثر مسائل شتاب ثابت است لذا اندازه‌ی شتاب متوسط و لحظه‌ای یکسان است.

#### (ت) حرکت یکنواخت روی خط راست:

\* در حرکت یکنواخت در بازه‌های زمانی مساوی، متحرک جابه‌جایی یکسانی را طی می‌کند مانند: صوت و نور معادله‌ی حرکت:

$$x = Vt + x_0, \Delta x = V\Delta t$$

روابط کلی:

۱-

$$x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t + x_0 \Rightarrow \Delta x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t$$

۲- مستقل از شتاب

$$x = \frac{V + V_0}{2} \times t + x_0 \Rightarrow \Delta x = \frac{V + V_0}{2} \times t$$

۳- مستقل از زمان

$$V^2 - V_0^2 = 2a(x - x_0) \Rightarrow V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x$$

$$\bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

در صورتی که شتاب حرکت ثابت باشد سرعت متوسط را از فرمول زیر نیز می‌توان به دست آورد:

به شرط شتاب ثابت:

$$\bar{V} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

جهت بردار سرعت متوسط هم جهت بردار جابه‌جایی است.

#### سرعت متوسط و مکان جسم در یک بعد:

متحرک در زمان‌های  $t_1$  و  $t_2$  به ترتیب در فواصل  $x_1$  و  $x_2$  از مبدأ قرار دارد.

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= x_2 - x_1 \\ \Delta t &= t_2 - t_1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

#### سرعت متوسط و مختصات مکان جسم در دو بعد:

متحرک در مدت زمان معینی از نقطه‌ی  $A \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix}$  در صفحه‌ی محورهای

مختصات به نقطه  $B \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix}$  می‌رود. در نتیجه مطابق شکل:

$$\Delta x = |AB| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

#### سرعت متوسط و بردارهای مکان جسم (مؤلفه‌های $\vec{j}, \vec{i}$ ):

بردار مکان متحرک در مدت زمان معینی از  $\vec{A} = A_x \vec{i} + A_y \vec{j}$  به

$\vec{B} = B_x \vec{i} + B_y \vec{j}$  تغییر مکان می‌دهد برای دست آوردن

جابه‌جایی متحرک می‌توان مؤلفه‌های  $\vec{i}$  و  $\vec{j}$  هر بردار را برحسب مختصات نقطه‌ای نوشته تا نقاط  $A, B$  به دست بیایند.

#### سرعت متوسط و معادله‌ی مکان - زمان:

در این گونه مسائل معادله‌ی حرکت جسم یا به عبارتی معادله‌ی مکان - زمان آن را می‌دهند و در یک بازه‌ی زمانی معین سرعت متوسط را می‌خواهند و برای حل آن با استفاده از معادله‌ی حرکت جابه‌جایی متحرک یعنی  $\Delta x = x_2 - x_1$  را در بازه‌ی مورد نظیر تعیین کرده و طبق

فرمول  $\bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  عمل می‌کنیم.

#### سرعت متوسط و معادله‌ی سرعت - زمان:

در این گونه مسائل معادله‌ی سرعت جسم را داده و سرعت متوسط را در بازه‌ی زمانی معین می‌خواهند.

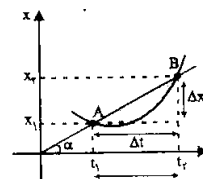
برای حل آن به شرط آن که شتاب ثابت باشد از فرمول  $\bar{V} = \frac{V_1 + V_2}{2}$

استفاده می‌کنیم.

#### سرعت متوسط از روی نمودار $x-t$ :

هرگاه متحرک از نقطه‌ی  $A$  به نقطه‌ی  $B$  جابه‌جا شود سرعت متوسط آن طبق رابطه‌ی زیر با توجه به شکل به دست می‌آید.

$$\bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$



هرگاه متحرک از نقطه‌ی  $A$  به نقطه‌ی  $B$  جابه‌جا شود سرعت متوسط آن مطابق شکل برابر با شیب خط  $AB$  نیز می‌باشد.

در حال افزایش  $\Leftarrow$  تندشونده

در حال کاهش  $\Leftarrow$  کند شونده

**رسم نمودارهای مکان و سرعت از روی شتاب:**

در نمودار  $a-t$  سطح محصور بین نمودار و محور  $t$  معرف تغییرات سرعت است.  $s = \Delta V$

اگر نمودار  $a-t$  شتابدار با شتاب ثابت باشد برای تعیین سرعت در انتهای هر حرکت از فرمولهای حرکت شتابدار با شتاب ثابت نیز می توان استفاده کرد.

**۱- پرتاب یک جسم در راستای قائم**

سقوط در راستای قائم در شرایط زیر است:

در خلاء است و با شتاب ثابت  $g$  رو به پایین و در راستای قائم می باشد.

علامت  $y, v, V_0, y_0, g$  یا توجه به جهت محور  $y$  تعیین می شود.

فرمولهای حرکت عبارتند از:

$$y = \frac{1}{2}gt^2 + V_0t + y_0 \Rightarrow$$

$$\Delta y = \frac{1}{2}gt^2 + V_0t$$

$$V^2 - V_0^2 = 2g(y - y_0) \Rightarrow$$

**پرتابه:**

حرکت پرتابی: به زاویه  $\alpha$  نسبت به افق تحت نیروی فقط وزن پرتاب می شود.

دو مؤلفه افقی و قائم دارد که در افقی حرکت یکنواخت و در قائم شتابدار با شتاب  $g$  می باشد.

حرکت پرتابی دارای معادلات زیر می باشد و مسیر حرکت، سهمی است.

روابط (۱)  $y = \frac{-1}{2}gt^2 + V_0 \sin \alpha \times t + y_0$  ارتفاع

$$V_y = -gt + V_0 \sin \alpha$$

$$x = V_0 \cos \alpha \times t, V_x = V_0 \cos \alpha$$

سرعت پرتابه در هر نقطه همیشه برابر است:

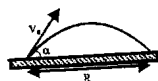
$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

**۱- پرتاب تحت زاویه  $\alpha$  از سطح زمین در این نوع حرکت بر روابط (۱) داریم:**

روابط (۲) مسیر حرکت:

$$\text{برد } R = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{|g|} \quad \text{و} \quad y = x \tan \alpha - \frac{gx^2}{2^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\left. \begin{aligned} H_0 &= \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{|2g|} \\ T_0 &= \frac{V_0 \sin \alpha}{g} \end{aligned} \right\} \text{ارتفاع اوج و زمان اوج}$$

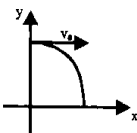


و  $t = 2T_0 = 2 \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$  کل پرتابه

$$v^2 - v_0^2 = -2gy$$

**۲- پرتاب در راستای افقی**

در این حرکت پرتاب از بالای سطح زمین به طور کاملاً افقی پرتاب می شود در این نوع حرکت پرتابی، نقطه اوج و برد ندارد.



$$v = at + V_0 \text{ یا } a = \frac{V - V_0}{t}$$

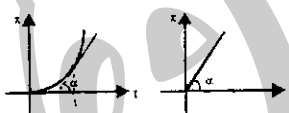
**مسافت طی شده در ثانیه  $t$  ام:**

برای تعیین مسافت طی شده در ثانیه  $t$  ام اختلاف مسافت طی شده بعد از  $t$  و بعد از  $t-1$  ثانیه را به دست می آوریم.

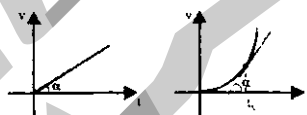
$$X_{at} = X_t - X_{t-1}$$

**۲- حل مسأله به کمک نمودارها**

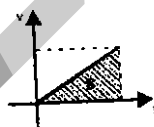
در نمودار  $x-t$  شیب خط معرف سرعت و شیب خط مماس در هر لحظه معرف سرعت در آن لحظه است.



در نمودار  $V-t$  شیب خط معرف شتاب و شیب خط مماس در هر لحظه شتاب در آن لحظه می باشد.



در نمودار  $V-t$  سطح محصور بین نمودار و محور  $t$  معرف جابه جایی متحرک است.



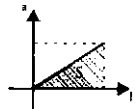
$$S = \Delta x$$

**تفسیر:**

اگر نمودار بالای محور  $t$  باشد  $\Delta x > 0$  است.

و اگر نمودار پایین محور  $t$  باشد،  $\Delta x < 0$  است.

در نمودار  $a-t$  سطح محصور بین  $t$  و نمودار، معرف تغییرات سرعت است.  $S = \Delta V$



**۱- تعیین نوع حرکت به کمک توابع و معادلات:**

اگر  $a \times V > 0$  باشد حرکت تندشونده است.

اگر  $a \times V < 0$  باشد حرکت کندشونده است.

برای این منظور به روش ریاضی معادلات  $a, V$  را با استفاده از جدول تعیین علامت، تعیین علامت کرده و علامت  $a \times V$  را تعیین می کنیم.

**۲- تعیین نوع حرکت به کمک نمودار:**

اگر نمودار  $x-t$  خط راست باشد، حرکت یکنواخت است.

اگر نمودار  $x-t$  سهمی باشد.

حرکت شتاب دار با شتاب ثابت است. در این صورت:

اگر سهمی تقعر رو به بالا داشته باشد:  $a > 0 \Leftarrow \cup$

اگر سهمی تقعر رو به پایین داشته باشد:  $a < 0 \Leftarrow \cap$

در نمودار  $x-t$  شیب خط مماس در هر نقطه معرف سرعت لحظه ای است.

اگر نمودار  $V-t$ ، خط راست موازی محور  $t$  باشد حرکت یکنواخت است.

اگر نمودار  $V-t$ ، خط راست با شیب ثابت باشد حرکت شتابدار با شتاب ثابت است.

اگر نمودار  $V-t$ ، سهمی باشد حرکت شتابدار با شتاب متغیر است.

برای تعیین حرکت تندشونده و کند شونده داریم:

**دینامیک**

**۱- مفهوم نیرو و ویژگی‌های آن:**

تعریف: اثر متقابل دو جسم بر روی هم را نیرو می‌گوییم. نیرو کمیتی نیست که بتوان آن را ذخیره کرد. برای آن که دو جسم به هم نیرو وارد کنند لازم نیست با هم در تماس باشند.

**۲- قوانین نیوتن:**

**الف) قانون اول:**

هرگاه برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر باشد، اگر جسم ساکن است، ساکن می‌ماند و اگر حرکت دارد، حرکتش مستقیم الخط و یکنواخت است.

**ب) قانون دوم:**

برآیند نیروی‌های وارد بر جسم به آن شتابی می‌دهد که هم راستا و هم جهت با آن است که این شتاب با جرم نسبت عکس دارد.

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

**ج) قانون سوم:**

هر عمل یک عکس‌العمل دارد برابر آن و در خلاف جهت آن. نیروهای عمل و عکس‌العمل به دو جسم وارد می‌شوند. پس نمی‌توان گفت که برآیند آن‌ها صفر است.

**۳- تکانه (اندازه حرکت)**

**الف) تعریف:**

حاصلضرب جرم در سرعت یک جسم را اندازه حرکت آن جسم می‌گوییم.

اندازه حرکت کمیتی برداری است.

$$\vec{P} = m\vec{V}$$

و هم راستا و هم جهت با سرعت می‌باشد.

نیرو  $P-t$  مثل نمودار  $V-t$  می‌باشد.

**تعریف ضربه:**

حاصلضرب نیرو در زمان تأثیر نیرو را ضربه می‌گوییم.

ضربه کمیتی برداری است.

$$\vec{I} = \vec{F}t$$

ضربه‌ای وارد بر جسم با تغییر در اندازه حرکت برابر است.

$$F.t = \Delta P = P_f - P_i$$

$$F.t = m(V_f - V_i)$$

اگر از بیرون به جسمی نیرو وارد نشود، اندازه حرکت آن ثابت می‌ماند. مشتق اندازه حرکت نسبت به زمان برابر نیروی وارد بر جسم است.

$$F = \frac{dp}{dt}$$

\* شیب خط مماس بر منحنی  $P-t$  در هر لحظه نیروی وارد بر جسم را در آن لحظه نشان می‌دهد.

\* سطح زیر نمودار  $F-t$  برابر تغییر اندازه حرکت جسم است.

**۴- اصطکاک**

نیروی اصطکاک نیرویی است که از طرف سطح و در امتداد سطح به جسم وارد می‌شود.

این نیرو معمولاً در خلاف جهت حرکت اعمال می‌شود. وقتی جسمی روی سطح بلغزد. نیروی اصطکاک را «اصطکاک جنبشی» می‌گوییم.

در صورتی که جسم روی سطح بلغزد نیروی اصطکاک آن را «اصطکاک ایستایی» می‌گوییم.

نیروی اصطکاک جنبشی از رابطی زیر به دست می‌آید:

$$f_k = \mu_k N$$

و  $N$  نیروی عمود بر سطح می‌باشد. ( $f_N$ )

در این رابطه،  $\mu_k$  ضریب اصطکاک جنبشی است که به جنس سطح تماس و زبری و صافی آن بستگی دارد ولی به وسعت سطح تماس بستگی ندارد. وقتی جسمی روی سطح نلغزد نیروی اصطکاک از رابطی زیر به دست می‌آید.

$$F = ma$$

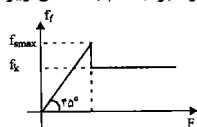
بیشترین مقدار نیروی اصطکاک ایستایی از رابطی زیر به دست می‌آید.

$$f_{s\max} = \mu_s N$$

به این نیرو، نیروی اصطکاک در آستانه حرکت می‌گوییم و  $\mu_s$  ضریب اصطکاک ایستایی است.

حال اگر نیروی افقی کمتر از  $4N$  به جسم وارد شود جسم ساکن است و نیروی اصطکاک با نیروی وارده برابر است. در صورتی که نیروی بیش از  $4N$  وارد شود نیروی اصطکاک  $3/6N$  می‌باشد.

پس نمودار نیروی اصطکاک بر اثر نیروی افقی وارد بر جسم به شکل زیر رسم می‌شود.



**۵- نیروی عکس‌العمل سطح:**

نیرویی است که از طرف سطح به جسم وارد می‌شود، و دو مؤلفه دارد. یکی در امتداد سطح که با نیروی اصطکاک برابر است و یکی عمود بر سطح که آن را با  $f_N$  نشان می‌دهیم.

$$R = \sqrt{f_N^2 + f_f^2}$$

**۶- کاربرد قوانین نیوتن**

**الف) حرکت جسم در امتداد افق:**

جسمی که بدون اعمال نیرویی بر روی سطح افق حرکت می‌کند، شتابش از رابطی زیر به دست می‌آید.

$$a = -\mu g$$

زمان توقف این جسم که با سرعت  $V_0$  بر روی سطح پرتاب شده برابر است با:

$$t = \frac{V_0}{\mu g}$$

مسافتی که جسم طی می‌کند تا متوقف شود، برابر است با:

$$x = \frac{V_0^2}{2\mu g}$$

شتاب حرکت جسم روی سطح افق تحت اثر نیروی وزن و اصطکاک به جرم بستگی ندارد.

**ب) حرکت جسم در امتداد قائم**

**آسانسور:**

اگر آسانسور به طرف بالا حرکت کند جهت مثبت را رو به بالا در نظر می‌گیریم. کشش کابل آن از رابطی زیر به دست می‌آید:

$$T = m(g + a)$$

وزن ظاهری جسمی به جرم  $m$  که درون آسانسور قرار دارد نیز از رابطی زیر به دست می‌آید:

$$W' = m(g + a)$$

اگر آسانسور تندشونده بالا برود:  $W' > W$  است.

اگر آسانسور کندشونده بالا برود:  $W' < W$  است.

اگر آسانسور یکنواخت بالا برود:  $W' = W$  است.

اگر آسانسور به طرف پایین حرکت کند (جهت مثبت را رو به پایین در نظر می‌گیریم) کشش کابل آسانسور از رابطی زیر به دست می‌آید.

$$T = m(g - a)$$

## مجموعه روابط فیزیک پایه و پیش دانشگاهی

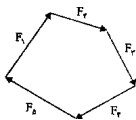
### مدرس: مسعود رهنمون

#### ۸- تعادل:

یکی از شرطهای لازم برای تعادل یک جسم این است که برآیند نیروهای وارد بر آن صفر می‌شود.

برای آن که نیروها بتوانند برآیندی معادل صفر داشته باشند بایستی بتوانند تشکیل یک چند ضلعی بدهند.

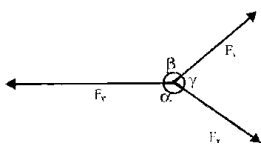
مثل شکل زیر:



در این صورت اندازه‌ی برآیند  $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5$  با اندازه‌ی  $F_6$  برابر است. اگر نیروهای وارد بر جسم سه نیرو باشد باید سه نیرو تشکیل مثلث بدهند.

در هر مثلث اندازه‌ی هر ضلع از جمع اندازه‌ی دو ضلع دیگر کوچک‌تر و از تفاضل اندازه‌ی آنها بزرگ‌تر است.

اگر  $F_1, F_2, F_3$  به جسمی وارد شوند و باعث تعادل آن شوند داریم:



#### حرکت دایره‌ای

حرکت یک جسم در مسیر دایره‌ای را حرکت دایره‌ای می‌گوییم. سرعت زاویه‌ای متوسط بنا به تعریف عبارت است از زاویه‌ای که شعاع حامل متحرک در واحد زمان در یک حرکت دایره‌ای جارو می‌کند.

اگر متحرک در حرکت دایره‌ای در مدت  $\Delta t = t - t_0$  به اندازه‌ی زاویه‌ی  $\Delta \theta = \theta - \theta_0$  تغییر موضع دهد.

$$\omega = \frac{\theta - \theta_0}{t - t_0} = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$

$$W = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$$

یکای سرعت زاویه‌ای و سرعت زاویه‌ای متوسط در SI برابر  $\text{rad/s}$  است.

تعداد دوره‌های متحرک را در یک ثانیه بسامد (فرکانس) می‌گویند و آن را با  $\nu$  نمایش داده و یکای آن  $\frac{1}{s}$  یا  $H_z$  (هرتز) است.

اگر متحرک در مدت  $t$  ثانیه  $N$  بار دور کامل دایره را طی کرده باشد، آنگاه داریم:

$$T = \frac{t}{N}, \nu = \frac{N}{t}, \nu = \frac{1}{T}$$

سرعت خطی متحرک در حرکت بر مسیر دایره‌ای در هر لحظه مماس بر مسیر و در سوی حرکت است.

$$\theta = \frac{s}{r} \rightarrow s = r\theta, V = \frac{ds}{dt} \rightarrow V = r \frac{d\theta}{dt}$$

یعنی اگر کمان طی شده در مدت  $dt$  برابر  $ds$  باشد آنگاه  $V = r\omega$  که یکای سرعت خطی در SI برابر متر بر ثانیه ( $m/s$ ) است.

سرعت زاویه‌ای حرکت وضعی زمین در تمام نقاط زمین یکسان بوده و به

صورت  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  که در آن  $T$  دوره‌ی چرخش زمین به دور خود یعنی ۲۴ ساعت است، محاسبه می‌گردد.

زن ظاهری جسمی به جرم  $m$  که درون آسانسور قرار دارد نیز از

رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

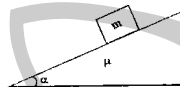
$$W' = m(g - a)$$

اگر آسانسور تندشونده پایین برود:  $W' < W$  است.

اگر آسانسور کندشونده پایین برود:  $W' > W$  است.

اگر آسانسور یکنواخت پایین برود:  $W' = W$  است.

#### سطح شیب‌دار و دینامیک حرکت جسم روی سطح شیب‌دار بدون اعمال نیروی خارجی:



شتاب حرکت جسمی به جرم  $m$  که بر روی سطح شیب‌دار فرار می‌کند وقتی جسم به طرف پایین حرکت می‌کند، از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

اگر  $\mu = 0$  باشد شتاب برابر خواهد بود با:

$$a = g \sin \alpha$$

شتاب حرکت جسم در این وضعیت به جرم آن بستگی ندارد. در صورتی که جسمی با سرعت  $v_0$  به طرف بالا پرتاب شود شتاب حرکت از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$a = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

در صورتی که  $\mu = 0$  باشد شتاب رفت برابر است با:

$$a = -g \sin \alpha$$

#### ۷- فنر:

وسیله‌ای است که اگر نیرویی در امتداد محورش به آن وارد شود تغییر طول می‌دهد. تغییر طول فنر با نیروی وارد بر آن متناسب است و داریم:

$$F = -Kx$$

$K$  ضریب سختی فنر است و برابر با نیرویی است که به فنر تغییر طولی به اندازه‌ی واحد می‌دهد در SI واحدش نیوتن بر متر می‌باشد.

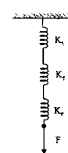
انرژی ذخیره شده در فنر از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$U = \frac{1}{2} Kx^2 = \frac{1}{2} F \cdot x$$

#### اتصال فنرها

##### ۱- سری

در این اتصال داریم:



$$F_1 = F_2 = F_3 = \dots = F$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + \dots = x$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \dots$$

و  $K$  ضریب سختی فنر معادل است.

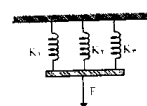
فنر معادل فنری است که به تنهایی می‌تواند جانشین مجموعه‌ای از فنرها شده و همان عمل را در سیستم انجام دهد که مجموعه‌ی فنرها انجام می‌دهند.

##### ۲- اتصال موازی فنرها

در این اتصال داریم:

$$x = x_1 = x_2 = x_3 = \dots$$

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots$$



ضریب سختی فنر معادل از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$K = K_1 + K_2 + K_3 + \dots$$

## مجموعه روابط فیزیک پایه و پیش دانشگاهی

### مدرس: مسعود رهنمون

است. یعنی  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  که در آن  $G$  ثابت جهانی گرانش و در SI

برابر  $\frac{N \cdot m^2}{kg^2}$   $6.67 \times 10^{-11}$  است.

سرعت یک ماهواره در فاصله  $r$  از مرکز زمین برابر است با:  $(g, g')$  شتاب جاذبه‌ی گرانش در مدار ماهواره و سطح زمین است

$$V = \sqrt{rg'} = R_e \sqrt{\frac{g}{r}} = \sqrt{\frac{GM_e}{r}}$$

دوره‌ی گردش ماهواره به دور زمین در مداری به شعاع  $r$  نسبت به مرکز زمین به صورت مقابل است:

$$T = \frac{2\pi}{R_e} \sqrt{\frac{r^3}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM_e}}$$

#### حرکت نوسانی

##### تعاریف و ویژگی‌های حرکت هماهنگ ساده

هر حرکتی که در زمان‌های مساوی و متوالی به نام دوره‌ی تناوب، عیناً تکرار شود، حرکت هماهنگ با نوسانی نامیده می‌شود. مانند چرخش زمین به دور خورشید، نوسان تاب، رقصک، ساعت و ...

ویژگی‌های حرکت هماهنگ ساده:

- ۱- حرکت رفت و برگشتی
- ۲- روی پاره‌خط راست
- ۳- حول یک نقطه در وسط مسیر (مرکز)
- ۴- با شتاب متناسب با فاصله از مرکز که سوی این شتاب همواره به سمت مرکز است.

سرعت خطی هر نقطه از سطح زمین که در مدار  $\alpha^\circ$  قرار دارد، به صورت مقابل محاسبه می‌گردد که در آن شعاع چرخش و  $R_e$  شعاع زمین است.

$$r = R_e \cos \alpha, V = r\omega \rightarrow V = R_e \cos \alpha \omega$$

حرکت دایره‌ای یکنواخت، حرکتی است که در آن سرعت زاویه‌ای متحرک بر روی مسیر دایره‌ای ثابت بماند.

در حرکت دایره‌ای یکنواخت سرعت زاویه‌ای متوسط در هر بازه‌ی زمانی و سرعت زاویه‌ای لحظه‌ای با هم برابرند: یعنی:  $\bar{\omega} = \omega$

معادله‌ی حرکت در حرکت دایره‌ای یکنواخت به صورت  $\theta = \omega t + \theta_0$  است که در آن  $\theta$  زاویه‌ی پیموده شده در مدت  $t$  است.

در حرکت دایره‌ای یکنواخت اگر چه بزرگی سرعت خطی متحرک ثابت است، ولی چون جهت آن که مماس بر مسیر است مرتباً تغییر می‌کند، لذا حرکت شتاب‌دار با شتاب متغیر است.

شتاب خطی در حرکت دایره‌ای یکنواخت به صورت  $a = r\omega^2 = \frac{V^2}{r}$  است.

بردار شتاب در هر لحظه در حرکت دایره‌ای یکنواخت در راستای شعاعی و رو به مرکز دایره و عمود بر سرعت خطی ذره در آن لحظه است. از این رو به آن شتاب مرکزگرا می‌گوییم.

بر اساس قانون گرانش نیوتن، هرگاه دو جسم با جرم‌های  $m_1$  و  $m_2$  در فاصله‌ی  $r$  از هم قرار گیرند، نیرویی به هم وارد می‌کنند که جاذبه بوده و متناسب با حاصلضرب جرم‌ها و متناسب با عکس مجذور فاصله‌ی آن‌ها

#### بررسی علامت کمیت‌های حرکت نوسان گر

نوع حرکت	v	f, a	y	مسیر
تندشونده	+	+	-	$\overrightarrow{AO}$
کندشونده	+	-	+	$\overrightarrow{OB}$
تندشونده	-	-	+	$\overrightarrow{BO}$
کندشونده	-	+	-	$\overrightarrow{OA}$

#### بررسی مقدار کمیت‌های حرکت نوسان گر:

در مرکز نوسان	در دو انتهای مسیر	
o	Max	X, u, a, F
Max	o	V, K
ثابت	ثابت	E

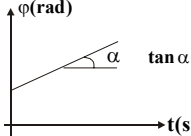
#### فاز حرکت ( $\varphi$ ):

فاز اولیه ( $\varphi_0$ ) فاز اولیه ( $\varphi_0$ ) می‌باشد که تابعی از زمان است. فاز اولیه ( $\varphi_0$ ) حرکت در لحظه‌ی  $t = 0$  است. بعد اولیه نیز مکان ذره در لحظه‌ی  $t = 0$  است ( $x_0$ ) داریم:

$$x_0 = A \sin \varphi_0 \Rightarrow \sin \varphi_0 = \frac{x_0}{A}$$

#### نمودار فاز حرکت بر حسب زمان:

تغییرات فاز بر حسب زمان به صورت خطی است. تغییرات فاز را می‌توان به صورت زیر نوشت:  $\tan \alpha = \omega$



#### معادله‌ی حرکت:

۱- معادله‌ی حرکت نوسانی ساده یک تابع سینوسی بر حسب زمان است:  $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$



O: مبدأ مکان که مرکز نوسان است.

A: دامنه یعنی بیش‌ترین فاصله‌ی نوسان‌گر از مرکز نوسان (نصف طول پاره‌خط مسیر)

$\omega$ : بسامد زاویه‌ای (بر حسب  $\frac{rad}{s}$ ):

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$