

آیا «قانون اهم» را می دانید؟



شکل ۲

V اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دوسر این قسمت از مدار است، که آن را ولتاژ نیز می نامند.
دانش آموز: ولی در بعضی حالات برای یک قسمت از مدار مانند شکل ۱ صحبتی نکرده ایم.

معلم: بنابراین متوجه شدیم که تو قانون اهم را در حالت خاصی برای یک قسمت ساده مدار بسته، که شامل نیروی محرکه نیست، می دانی. در واقع قانون اهم را به صورت عمومی نمی دانی. اکنون آن را با هم بررسی می کنیم. شکل ۳ طرز قرار گرفتن پیل و مقاومتها و نمودار تغییر پتانسیل الکتریکی را در قسمتی از مدار، AB ، نشان می دهد.

جهت جریان از چپ به راست است. بنابراین پتانسیل الکتریکی از A تا C سقوط می کند. افت پتانسیل در مقاومت R_1 برابر IR_1 است. C قطب منفی و D قطب مثبت و E نیروی محرکه پیل فرض شده اند. در دو نقطه C و D پتانسیل الکتریکی بالا می رود، یعنی خیز پتانسیل رخ می دهد و مجموع دو خیز پتانسیل برابر نیروی محرکه پیل، یعنی E است. اگر مقاومت درونی پیل را r فرض کنیم افت پتانسیل بین دو نقطه C و D در مقاومت درونی پیل، برابر Ir است و در آخر، افت پتانسیل در مقاومت R_2 برابر IR_2 خواهد بود. مجموع افت پتانسیلها در تمام مقاومتها منهای خیز پتانسیل را برابر V فرض می کنیم. V اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه A و B در شکل ۳ است، $V_A - V_B = V$. بنابراین $(R_1 + R_2 + r)I - E = V$. از این رابطه می توان شدت جریان I را به دست آورد. بدین ترتیب قانون اهم برای این دو نقطه به صورت

$$I = \frac{E + V}{R_1 + R_2 + r}$$

خاص یک مقاومت تنها را نیز نتیجه بگیریم. وقتی که در قسمتی از مدار پیلی نیست $E = 0$ و $r = 0$ است و اگر تنها مقاومت R را داشته باشیم $I = \frac{V}{R}$ خواهد بود. این رابطه همان رابطه ای است که

در ابتدای گفتگو بیان کردیم. برای یک مدار بسته شامل مقاومت و مواد می توانیم دو نقطه A و B را، در شکل ۳، به هم ببندیم. این بدان معنی است که $V_A = V_B$ یا $V = 0$ پس $I = \frac{E}{R_1 + R_2 + r}$ این رابطه همان است که توقلاً برای یک مدار بسته شامل پیل و مقاومت تنها بیان کردی.

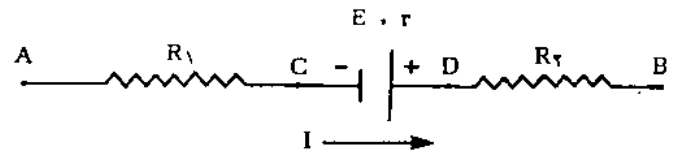
دانش آموز: حالا می فهمم که من کاملاً قانون اهم را آن طور که باید یاد نگرفته بودم.

این نوشته گفتگویی است بین معلم و دانش آموز. هدف این گفتگو این است که مطالب به دقت نظر بیشتر بررسی شود. معلم از دانش آموز درباره «قانون اهم» سؤال می کند و دانش آموز جواب می دهد. معلم در این سؤال و جواب اشتباهات دانش آموز را متذکر می شود و قدم به قدم او را با مفهوم این قانون آشنا می سازد.

معلم: آیا قانون اهم را می دانی؟

دانش آموز: بلی. البته، تصور می کنم هر دانش آموزی این قانون را، که احتمالاً ساده ترین سؤال در تمام مباحث درس فیزیک است، بداند.

معلم: قسمتی از یک مدار الکتریکی را مطابق شکل ۱ در نظر می گیریم.



شکل ۱

در این قسمت E نیروی محرکه و r مقاومت درونی پیل و R_1 و R_2 مقاومت است. اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه A و B را V فرض می کنیم. شدت جریان I را پیدا کنید.

دانش آموز: آیا این یک مدار باز نیست؟

معلم: منظورم این است که شما قسمتی از یک مدار بزرگ را، که از قسمتهای دیگر هیچ اطلاعی ندارید، در نظر بگیرید. به هیچ وجه نیازی هم به بقیه مدار نیست. زیرا اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دوسر این قسمت مدار معلوم فرض شده است.

دانش آموز: ما قبلاً فقط درباره مدار بسته صحبت کرده ایم. قانون اهم را برای یک مدار بسته شامل پیل و مقاومت خارجی به

$$\text{صورت رابطه } I = \frac{E}{R + r} \text{ می نویسیم.}$$

معلم: اشتباه می کنید. شما قسمتی از یک مدار را در نظر گرفته اید و مطابق قانون اهم شدت جریان در این قسمت مدار برابر است با اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو سر این قسمت. تقسیم بر مقاومت همین قسمت

دانش آموز: این فقط برای یک قسمت مدار است؟

معلم: مطمئناً، در شکل ۲ برای قسمتی از مدار می توانی

$$\text{قانون اهم را به صورت } I = \frac{V}{R} \text{ بنویسی.}$$

$V = E - Ir$ است اگر ولتسنج را بخوانیم مقدار V به دست می آید.

اکنون حالتی را بررسی می کنیم که، مطابق شکل ۴، در قسمتی از مدار جریان از قطب مثبت وارد پیل می شود. نموداری رسم کنید که تغییر پتانسیل بین دو نقطه A و B را نشان دهد.

دانش آموز: آیا چنین چیزی ممکن است؟

معلم: فراموش کرده ای که ما قسمتی از مدار را در نظر گرفته ایم. مدار ممکن است شامل نیروهای محرکه خارجی دیگری باشد و پراثر این نیروهای محرکه خارجی در این قسمت جریان از قطب مثبت پیل وارد و از قطب منفی خارج شود.

دانش آموز: متوجه شدم. بنابراین جهت جریان از چپ به

راست است و افت پتانسیل از A تا C برابر IR_1 است و بین دو نقطه C و D نیروی محرکه بجای افزایش پتانسیل، در شکل ۳،

معلم: درست گفتی، تو قانون اهم را در حالت خاص می دانستی.

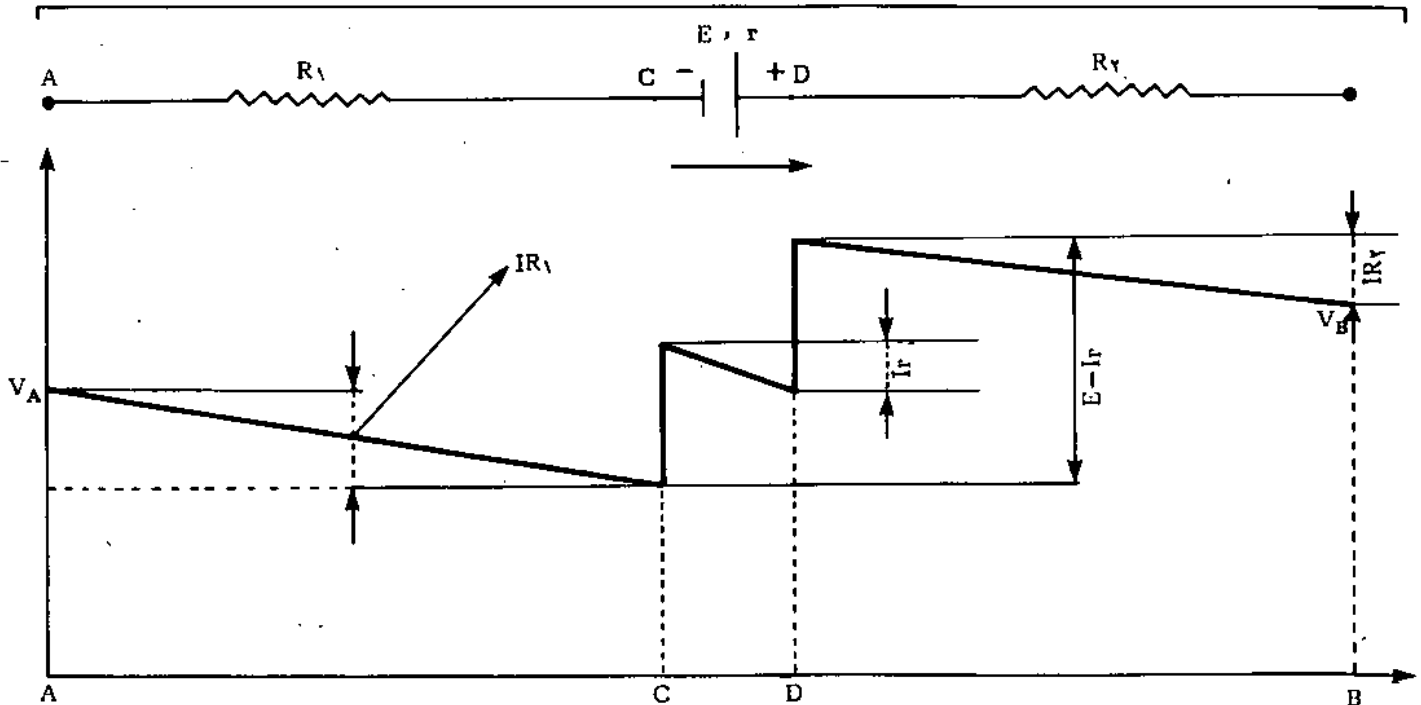
حال فرض می کنیم که ولتسنجی را به دوسریل در شکل ۳ بسته ایم. همچنین فرض می کنیم که مقاومت ولتسنج بسیار زیاد است، به طوری که می شود از تغییراتی که به علت اتصال آن در مدار ایجاد می شود صرف نظر کرد. در این صورت ولتسنج چه کمیتی را نشان خواهد داد؟

دانش آموز: می دانیم که ولتسنجی را به دو سریل می بندیم ولتسنج افت ولتاژ قسمت خارجی مدار را نشان می دهد اما در شکل ۳، هیچ اطلاعی از مدار خارجی نداریم.

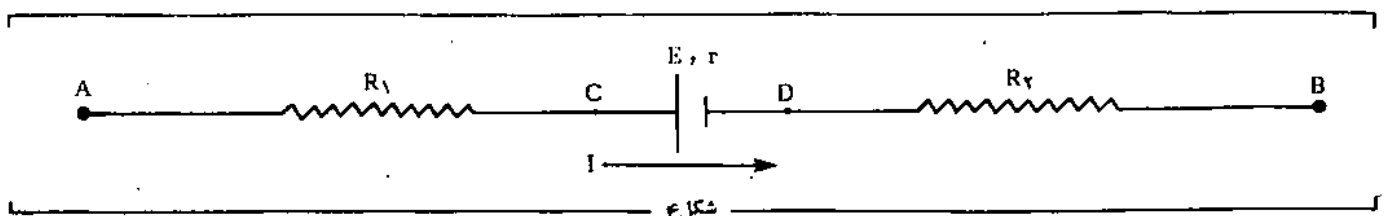
معلم: اطلاع از مدار خارجی لازم نیست اگر دوسریل ولتسنج به دو نقطه C و D بسته شود اختلاف پتانسیل بین این دو نقطه را نشان می دهد. متوجه شدی؟

دانش آموز: بلی البته!

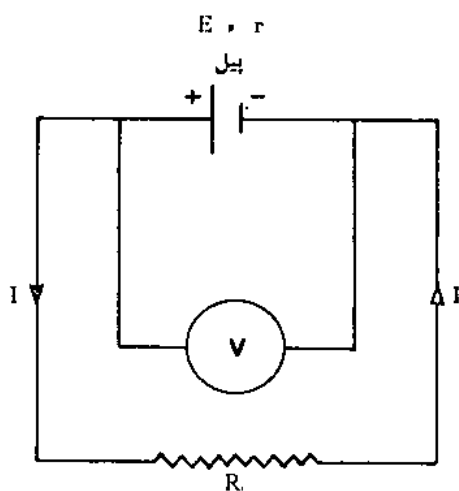
معلم: حال یکبار دیگر باهم به شکل ۳ نگاه می کنیم روشن است که اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه C و D برابر



شکل ۳



شکل ۴



شکل ۵

همان را V_{∞} نشان می‌دهد وقتی مقاومت ولتسنج بسیار زیاد باشد، و بتوان از تغییرات حاصل در مدار صرف نظر کرد، می‌توانیم بنویسیم

$$V_{\infty} = E - rI = E - r \times \frac{E}{R+r} \Rightarrow V_{\infty} = \frac{E \times R}{R+r}$$

وقتی مقاومت ولتسنج R_v است و مقاومت معادل مقاومت‌های خارجی R' فرض شود می‌توان نوشت،

موجب کاهش پتانسیل می‌شود و باتوجه به مقاومت درونی پیل بین این دو نقطه افت پتانسیلی برابر با Ir خواهیم داشت و در آخر از D تا B افت پتانسیلی برابر IR_v حاصل می‌شود و در نتیجه نمودار شکل ۵ را می‌توانیم رسم کنیم.

معلم: در این حالت قانون اهم به چه صورتی نوشته می‌شود؟

دانش‌آموز: به صورت $I = \frac{V-E}{R_1+R_2+r}$ که

$V = V_A - V_B$ است.

معلم: صحیح. و حالا اگر دوسر ولتسنجی را به دو نقطه C

و D ببندیم ولتسنج چه کمیتی را نشان خواهد داد.

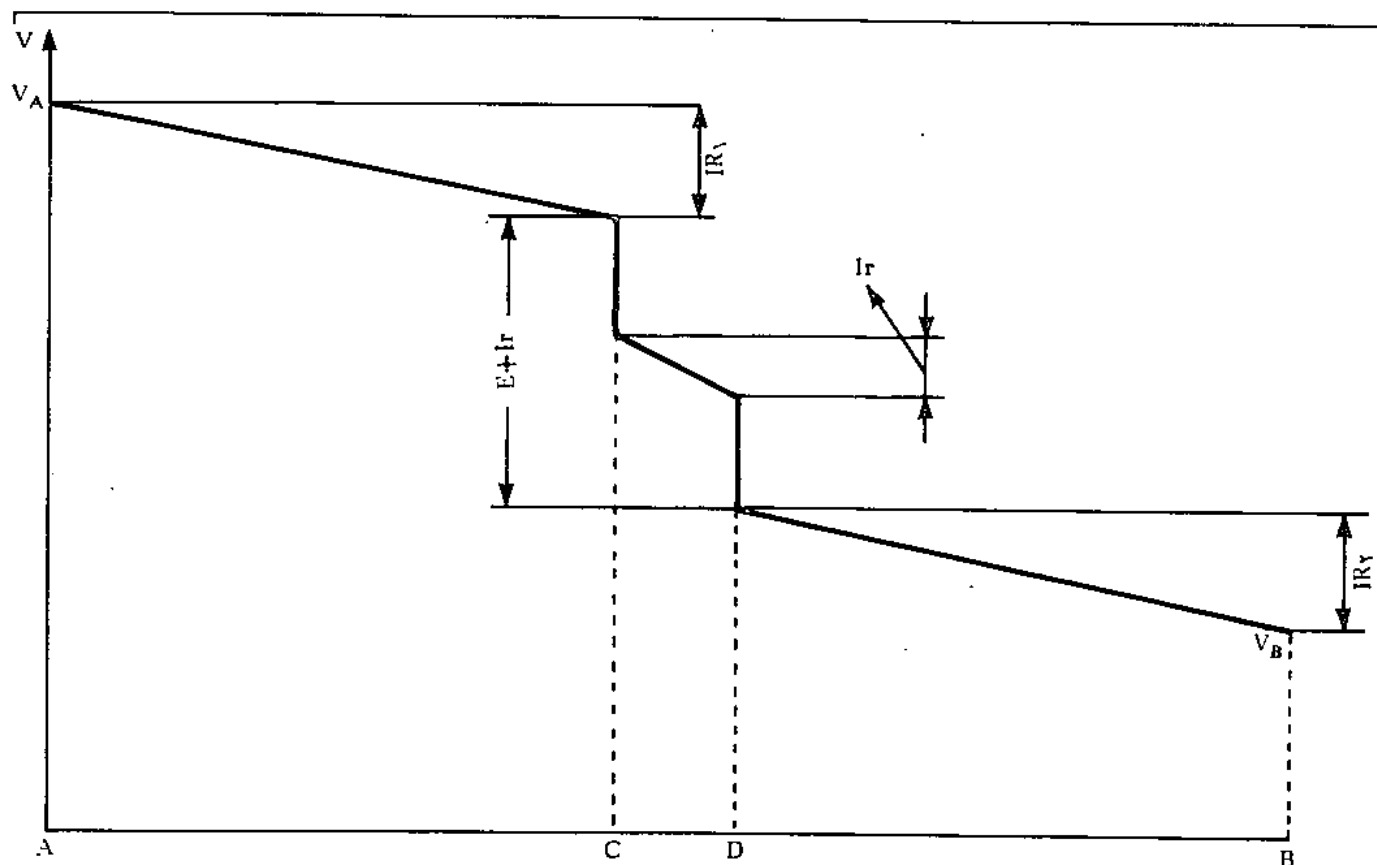
دانش‌آموز: از شکل ۵ متوجه می‌شویم که در این حالت

ولتسنج V را نشان می‌دهد به طوری که $V = E + Ir$ است.

معلم: حالا مسئله‌ای را، مطابق شکل ۶، بررسی می‌کنیم.

در این مدار $r = 1 \Omega$ و $R = 10 \Omega$ و مقاومت ولتسنج $R_v = 20 \Omega$

فرض می‌شود. این ولتسنج اختلاف پتانسیلی برابر با V نشان می‌دهد. خطای نسبی V را حساب کنید. می‌دانیم اگر مقاومت ولتسنج بینهایت زیاد باشد می‌توان از تغییرات حاصل در مدار صرف نظر کرد. فرض می‌کنیم ولتسنج با مقاومت $R_v = 20 \Omega$ اختلاف پتانسیل بین دوسریل را V و ولتسنج با مقاومت بینهایت زیاد



شکل ۶

دستگاههای مرجع درفیزیک

تبدیل گالیله

مقدمه

دستگاههای مرجع در تشریح و تحلیل پدیدههای فیزیک نقش اساسی دارد گاهی انتخاب يك دستگاه مرجع مناسب تشریح و بررسی يك فرایند را بسیار آسان میسازد. از اینرو ارائه بحثی در دستگاههای مرجع و تعریف انواع آن و تعیین ارتباط آنها با یکدیگر را سودمند یافتیم. در این مقاله به دستگاههای مرجع گالیله و تبدیلات گالیله پرداخته ایم و در مقاله بعدی تبدیلات لورنتز را در رابطه با تبدیلات گالیله بررسی خواهیم کرد.

اگر از جاذبه گرانشی ستارگان روی منظومه شمسی، به حکم دوری بسیار زیاد آنها صرف نظر کنیم می توانیم بگوئیم نیروهای وارد بر مرکز جرم منظومه شمسی، در مجموع، برابر صفر است و نتیجه بگیریم که حرکت مرکز جرم منظومه شمسی، در فضا، مستقیم الخط یکنواخت است. کپرنیک اخترشناس لهستانی (۱۵۴۲-۱۵۷۳) اولین کسی است که این نقطه ممتاز را در منظومه شمسی یافت و آنرا مبدأ مختصات و سه راستای متعامد مابین این نقطه را، که هر کدام از ستاره های می گذشت، سه محور مختصات انتخاب کرد. پیداست چنین دستگاه مختصاتی دارای حرکت مستقیم الخط یکنواخت در فضا خواهد بود که برخی آنرا دستگاه مختصات ثابت در فضا نیز می نامند. دلیل تسمیه اخیر آن است که چون محورهای این دستگاه متوجه ستارگان است و موضوع ستارگان در بینهایت فیزیکی فرض می شود. پس محورها ضمن حرکت مستقیم الخط مبدأ راستای خود را حفظ می کنند زیرا، بنا به تعریف دو خط موازی یکدیگر را در بینهایت قطع می کنند. گاهی این دستگاه مختصات را دستگاه ماند (لخت) یا دستگاه بدون شتاب نیز می نامند.

بعد از کپرنیک، گالیله ریاضیدان و اخترشناس ایتالیائی (۱۵۶۴-۱۶۴۲) ثابت کرد که هر دستگاه مختصات متعامدی که به موازات دستگاه مختصات کپرنیک حرکت انتقالی

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_v} \Rightarrow R' = \frac{R \times R_v}{R + R_v}$$

و بدین ترتیب اگر این ولت سنج عدد V را نشان دهد خواهیم داشت،

$$V = E - rI = E - r \times \frac{E}{R' + r} \Rightarrow V = \frac{E}{R' + r} \times R'$$

$$\Rightarrow V = \frac{E}{\frac{R R_v}{R + R_v} + r} \times \frac{R R_v}{R + R_v}$$

خطای نسبی $e = \frac{V_\infty - V}{V_\infty}$ است، بنابراین،

$$e = 1 - \frac{V}{V_\infty} =$$

$$1 - \frac{E \times R \times R_v}{\left(\frac{R R_v}{R + R_v} + r\right)(R + R_v)} \times \frac{R + r}{ER}$$

و پس از خلاصه کردن خواهیم داشت،

$$e = 1 - \frac{R_v(R + r)}{(r + R)R_v + rR} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{rR}{(r + R)R_v}}$$

$$= 1 - \left(1 + \frac{rR}{(r + R)R_v}\right)^{-1}$$

می دانیم که R_v خیلی بزرگتر از R و R از r بزرگتر است، یعنی کرد داخل پیرانتز از واحد خیلی کمتر است. با توجه به بسط دو جمله ای و محاسبات تقریبی در فیزیک به ازای $x \ll 1$ و $n = -1$ داریم، $(1+x)^n \approx 1 + nx$ بنابراین

$$e \approx 1 - \left(1 - \frac{rR}{(r + R)R_v}\right)$$

$$e \approx \frac{rR}{(r + R)R_v}$$

و اگر مقادیر معلوم مسئله را در این فرمول قرار دهیم، به دست می آید:

$$e \approx \frac{1 \times 10}{(1 + 10)200} = \frac{1}{220} \approx 0.0045$$

دانش آموز: این نتیجه بدین معنی است که اگر مقاومت

ولت سنج در مقایسه با مقاومت خارجی بسیار زیاد باشد خطای نسبی کم خواهد بود و می توانیم از تغییر جریان در مدار، بر اثر بستن ولت سنج صرف نظر کنیم.

معلم: بلی همین طور است که گفتی. □

فرداد جم