۵

پنجمین المپیاد فیزیک ایران

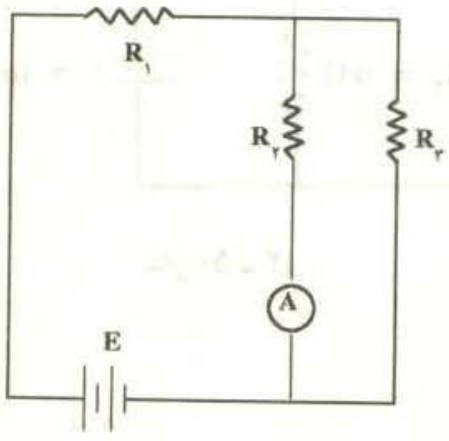
مسئله‌ها

طرح از: آقای دکتر بهین آیین

۱ ـ در مدار شکل (۵ ـ ۱) مقاومت آمپرسنج و مقاومت درونی مولد ناچیز فرض می‌شود.

الف) ثابت کنید که اگر جای آمپرسنج و مولد را با هم عوض کنیم، در شدت جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد تغییری حاصل نمی‌شود.

ب) به ازای $E = ۱۳V$، $R_۱ = ۲\Omega$، $R_۲ = ۳\Omega$، $R_۳ = ۴\Omega$ شدت جریانی را که در حالت اول از هر شاخه می‌گذرد حساب کنید.



شکل (۵ ـ ۱)

طرح از: مؤلف

۲ ـ در یک سیم مسی حامل جریان، به ازای هر اتم مس، یک الکترون آزاد وجود دارد که با سرعت متوسط V_d در امتداد سیم حرکت می‌کند. سرعت V_d را در یک سیم مسی به سطح

مقطع $1\ mm^2$ که از آن جریان الکتریکی ۲A می‌گذرد حساب کنید. چگالی (جرم حجمی) مس $\rho = 9\ \frac{g}{cm^3}$، عدد آووگادرو $N_A = 6/03 \times 10^{23}$، بار الکتریکی الکترون $e=1/6\times10^{-19}c$، و جرم اتمی مس ۶۴ است.)

طرح از:مؤلف

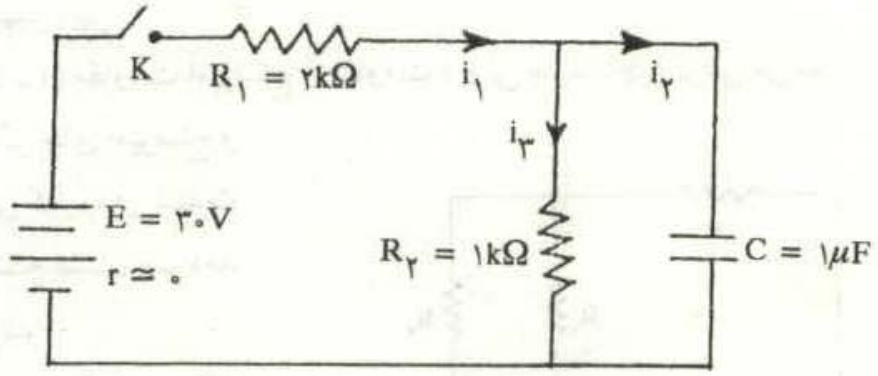
۳ ـ در مدار شکل (۵ ـ ۲) کلید K باز بوده و خازن C بدون بار است.

در لحظهٔ $t = 0$ کلید را می‌بندیم. شکل (۵ ـ ۳) نمودار تغییرات شدت جریان i_2 را نسبت به زمان از لحظهٔ $t = 0$ نشان می‌دهد. (محور زمان برحسب یک واحد اختیاری مدرج شده است.)

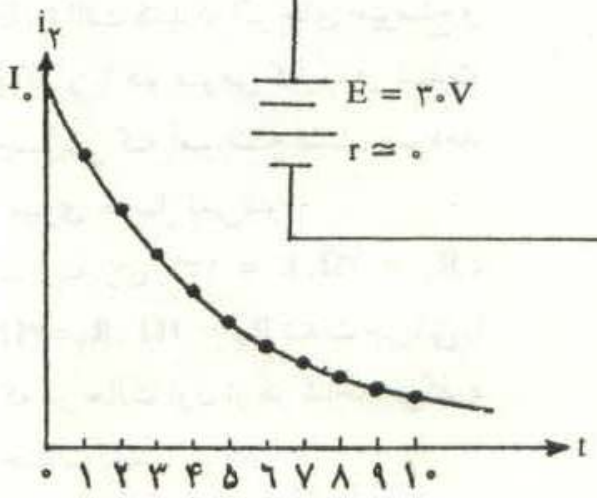
الف: I_0 را محاسبه کنید.

ب: نمودار تغییرات i_3 نسبت به زمان را روی محورهای مختصاتی که محور زمان آن بر حسب واحدهای شکل (۵ ـ ۳) مدّرج شده باشد به طور تقریبی رسم کنید.

(روش تعیین i_3 مربوط به لحظه‌های ۱ و ۲ و ۳ ... را ذکر کنید.)



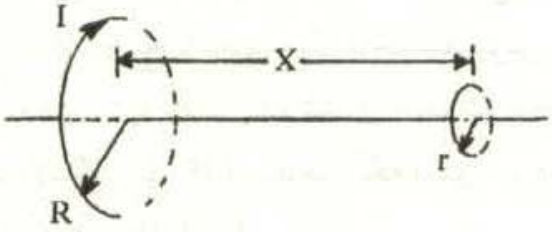
شکل (۵ ـ ۲)



شکل (۵ ـ ۳)

طرح از: مؤلف

۴ ـ اگر از حلقه‌ای به شعاع R جریان I بگذرد، بردار القای مغناطیسی در نقطه‌ای واقع بر محور حلقه و به فاصلهٔ X از سطح آن، در امتداد محور حلقه بوده و اندازهٔ آن از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:



شکل (۵ ـ ۴)

$$B = \frac{\mu_{\circ} I R^{۲}}{۲\sqrt{(X^{۲} + R^{۲})^{۳}}}$$

مطابق شکل (۵ ـ ۴) حلقهٔ کوچکی به شعاع r در نقطه‌ای به فاصلهٔ X از سطح حلقهٔ بزرگ و هم محور با آن قرار می‌دهیم. اگر $R >> r$ (یعنی r خیلی کوچک‌تر از R است)، با تقریب خوبی می‌توان B را در سطح حلقهٔ کوچک یکنواخت فرض کرد.

الف) شار مغناطیسی که از سطح حلقهٔ کوچک می‌گذرد را حساب کنید.

ب) یک عامل خارجی حلقهٔ کوچک را به اندازهٔ $\Delta X << X$ به آرامی به سمت راست می‌برد، به طوری که دو حلقه هم محور بمانند. تغییر شار مغناطیسی از سطح حلقهٔ کوچک را محاسبه کنید.

ج) اگر تغییر مکان حلقهٔ کوچک در مدت زمان Δt انجام شده باشد، نیروی محرکهٔ القایی در حلقه را محاسبه کنید.

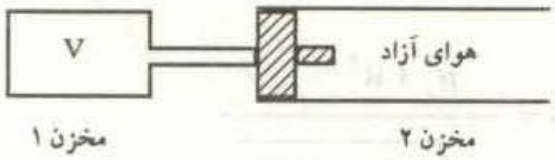
د) در این مدت در حلقهٔ کوچک، جریانی القا می‌شود و q کولن بار در این حلقه دور می‌زند. انرژی ایجاد شده در حلقه را محاسبه کنید.

ه) عامل خارجی که حلقه را جابه‌جا کرده است، چه نیرویی و در کدام جهت (با ذکر دلیل) به حلقهٔ کوچک وارد کرده است؟

و) اگر بخواهیم همین نیروی محرکه القائی با تغییر جریان I نسبت به زمان حاصل شود، تغییر شدت جریان ΔI در مدت Δt چقدر باید باشد؟

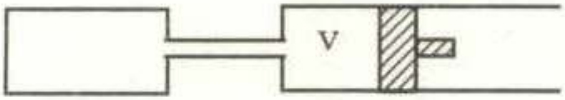
طرح از: آقای دکتر بهین آیین

۵ - مخزن ۱ در شکل (۵ ـ ۵) محتوی گاز کاملی به حجم $V_{\circ} = ۴$ lit و دمای صفر درجهٔ سلسیوس است. پیستون در انتهای چپ مخزن ۲ قرار دارد. این دو مخزن با لولهٔ بسیار باریکی که از حجم گاز داخل آن صرف‌نظر می‌شود به هم متصل است. مخزن ۱ را در آب داغ و مخزن ۲ را در مخلوط آب و یخ با دمای صفر درجه سلسیوس قرار می‌دهیم. ملاحظه می‌شود که پیستون در مخزن ۲ به عقب رانده شده و حجم گاز داخل مخزن ۲ هنگام تعادل برابر $V = ۱$ lit می‌شود (شکل (۵ ـ ۶)). با فرض آنکه دمای آب دور مخزنها در تمام مدت آزمایش ثابت بماند، دمای آب داغ را محاسبه کنید.



مخزن ۱ مخزن ۲

شکل (۵ ـ ۵)



شکل (۵ ـ ۶)

طرح از: آقای محمودزاده

۶ - یک خط‌کش فلزی به ضریب انبساط طولی $\lambda_۱ = ۱/۲ \times ۱۰^{-۵}$، در دمای صفر درجهٔ سلسیوس طول اجسام را درست نشان می‌دهد. درون یک استوانهٔ شیشه‌ای مقداری مایع ریخته‌ایم. وقتی دمای خط‌کش، استوانه، و مایع برابر $۵۰^{\circ}C$ است، خط‌کش طول ستون مایع را $۴۳/۲$ cm نشان می‌دهد. اگر ضریب انبساط حجمی مایع $a = ۱/۶ \times ۱۰^{-۳}\,^{\circ}C^{-۱}$ و ضریب انبساط طولی شیشه $\lambda_۲ = ۸ \times ۱۰^{-۶}\,^{\circ}C^{-۱}$ باشد، طول ستون مایع در دمای صفر درجهٔ سلسیوس چقدر است؟

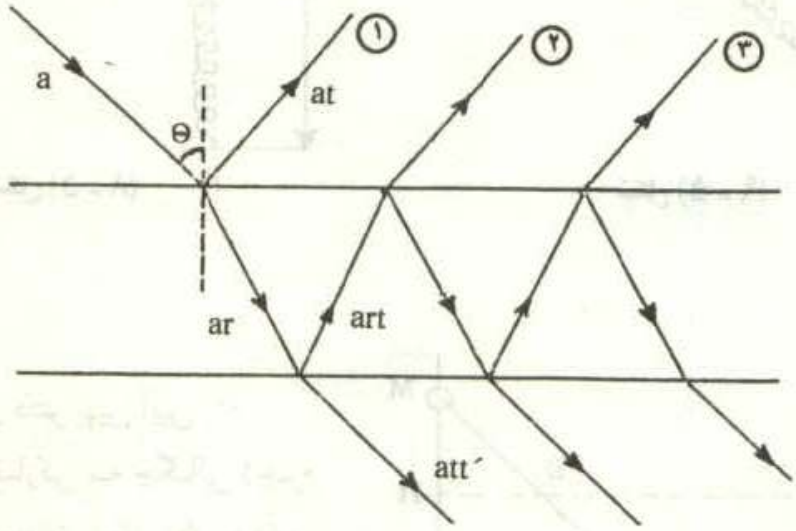
طرح از: آقای شیوایی

۷ - الف - آینهٔ مقعری به شعاع یک متر را در چه فاصله‌ای از یک عدسی همگرا به فاصلهٔ کانونی یک متر باید قرار داد تا اگر یک دسته پرتو نور به موازات محور اصلی مشترک آنها بتابد، به موازات محور اصلی از عدسی خارج شود.

ب - تصویر نهایی جسمی که در فاصلهٔ ۶۰ سانتی‌متری عدسی و در خارج فاصلهٔ آن دو واقع است را در این دستگاه رسم کرده و فاصلهٔ این تصویر از عدسی و بزرگنمایی دستگاه را حساب کنید.

طرح از: مؤلف

۸ - انرژی نورانی که در واحد زمان به طور عمود از سطح می‌گذرد، متناسب با مجذور دامنهٔ نور است. اکنون فرض کنید یک باریکهٔ نور با دامنهٔ a به یک تیغه شیشه‌ای به ضریب شکست n و ضخامت e می‌تابد. ضریب باز تابش از سطح تیغه (در هوا یا در شیشه) r است، یعنی دامنهٔ نور در هر بازتابش r برابر می‌شود. ضریب عبور نور از هوا به شیشه t و از شیشه به هوا t′ است. در هر تابش به سطح تیغه، قسمتی از نور باز می‌تابد و قسمتی از آن عبور می‌کند. دامنهٔ نور برای برخی پرتوها با حرف یا حرفهایی نشان داده شده است.(به شکل ۵ ـ ۷ نگاه کنید)



شکل (۵ ـ ۷)

الف) مدت زمانی راکه پرتو ۲ بیشتر از پرتو ۱ در راه بوده است حساب کنید.

ب) در شرایط معینی می‌توان دامنهٔ پرتوهای ۲ به بعد را با هم جمع کرد. این حاصل جمع را به دست آورید.

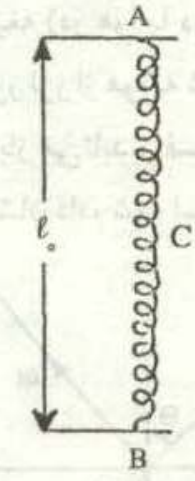
ج) ثابت کنید اگر دامنهٔ پرتو باز تابیدهٔ ۱، برابر مجموع دامنه‌های تمام پرتوهای ۲ به بعد باشد، رابطهٔ $r^2 = tt' - 1$ برقرار است. (سرعت نور در هوا را c فرض کنید.)

طرح از: آقای دکتر بهین آیین

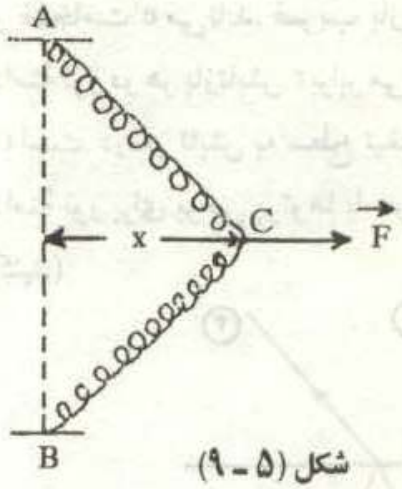
۹ - دو سر فنری به ثابت K_0 راکه طول آزاد آن ℓ_0 است به دو نقطهٔ A و B به فاصلهٔ ℓ_0 روی یک میز افقی می‌بندیم (شکل (۵ ـ ۸)). شخصی وسط فنر راگرفته و آن را در راستای عمود بر فنر و در امتداد افقی به اندازهٔ x به آرامی کشیده و به همان حالت نگاه می‌دارد (شکل ۵ - ۹).

الف) نیرویی که شخص در این حالت بر فنر وارد می‌کند چقدر است؟

ب) انرژی پتانسیل ذخیره شده در یک فنر با ثابت K که به اندازهٔ $\Delta\ell$ کشیده شده باشد برابر $\frac{1}{2}K(\Delta\ell)^2$ است. کار انجام شده توسط شخص برای کشیدن فنر فوق را حساب کنید (از کلیه اصطکاکها صرف‌نظر می‌شود).



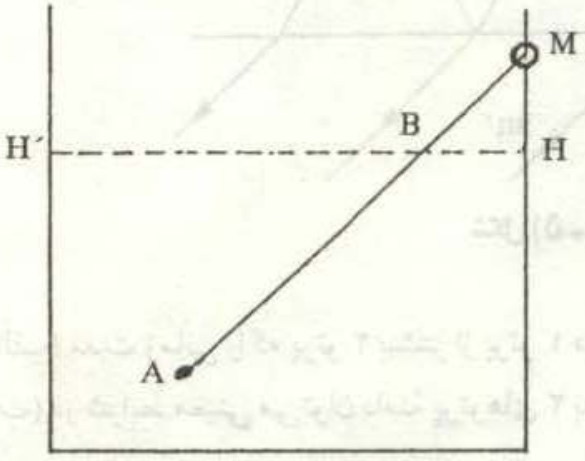
شکل (۵ ـ ۸)



شکل (۵ ـ ۹)

طرح از: آقای دکتر بهین آیین

۱۰ - میلهٔ نازکی به چگالی (جرم حجمی) ρ را مطابق شکل (۵ ـ ۱۰) در نقطهٔ M به جدارهٔ یک ظرف محتوی آب لولا کرده‌ایم. میله می‌تواند آزادانه و بدون اصطکاک حول محور افقی که عمود بر صفحهٔ کاغذ از نقطهٔ M می‌گذرد دوران کند. اگر در حال تعادل ۰/۲ طول میله خارج از آب واقع شود چگالی میله را حساب کنید. (چگالی آب $\rho' = 1000\ kg/m^3$ است.)



شکل (۵ ـ ۱۰)