Institute Of Physics & Mathematics

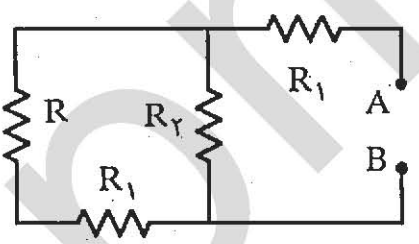
مرحله دوم دهمین المپیاد فیزیک ایران

مسأله‌های تشریحی

(مدت: ۱۸۰ دقیقه)

طرح از: آقای محمودزاده

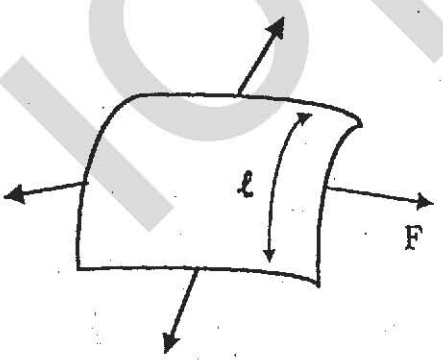
۱ ـ اختلاف پتانسیل V را به دو سر مقاومت $R = ۱۰\ \Omega$ وصل می‌کنیم. توان مصرفی مقاومت R برابر $P_۱$ می‌شود. با مقاومت‌های $R_۱$، $R_۲$، و R مدار شکل (۱۰ ـ ۲۵) را می‌سازیم. و اختلاف پتانسیل V را به دو سر آن (نقاط A و B) وصل می‌کنیم. در این حالت اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R برابر $V_۲ = \frac{V}{۲}$ و توان مصرفی مدار $P_۲ = ۲ P_۱$ می‌شود. مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ را محاسبه کنید. (۸ نمره)



شکل (۱۰ ـ ۲۵)

طرح از: آقای دکتر خرّمی

۲ ـ کشش سطحی مایعات عاملی است که می‌خواهد سطح آزاد مایع را به حداقل ممکن برساند. توصیف این عامل به این ترتیب است. بخشی از سطح آزاد مایع را در نظر بگیرید مطابق شکل (۱۰ ـ ۴۶) نیرویی که قسمت‌های مجاور به این بخش وارد می‌کنند، در هر طرف مماس بر سطح آزاد، عمود بر مرز سطح آزاد، و به طرف خارج سطح است. مقدار هر یک از این



شکل (۱۰ ـ ۲۶)

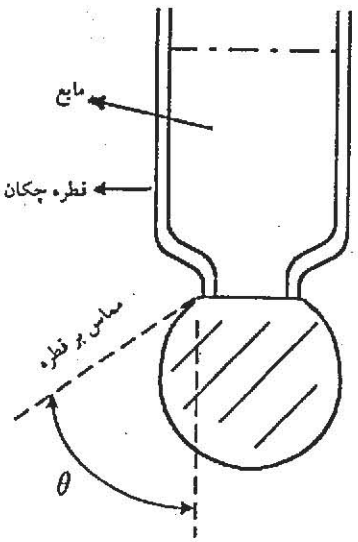
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

نیروها متناسب است با طول خط مرزی: $F = \tau \ell$. ضریب تناسب τ را کشش سطحی می‌نامند. قطره چکانی در نظر بگیرید که قطرهٔ آبی از انتهای آن آویزان است.

الف) نیروهای وارد بر این قطره (بخش هاشور خوردهٔ شکل (۱۰ ـ ۲۷))، را نام ببرید.

ب) با فرض اینکه حجم قطره V باشد، فقط با در نظر گرفتن وزن قطره و کشش سطحی، رابطهٔ V با θ را در حالت تعادل بنویسید. چگالی قطره ρ و قطر انتهای قطره چکان d است.



شکل (۱۰ ـ ۲۷)

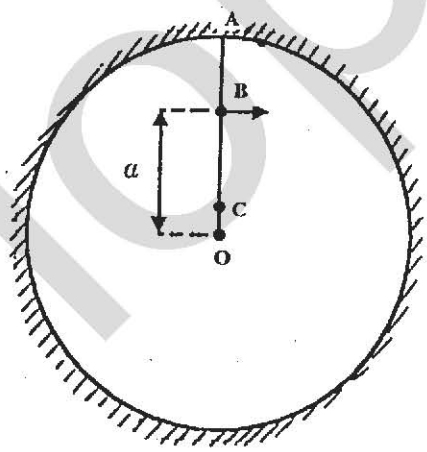
ج) حداکثر حجم قطره برای این که چنین تعادلی ممکن باشد چقدر است؟ با استفاده از کشش سطحی آب ($\tau = ۰/۰۷$ N/m)، مقدار عددی این حجم را تخمین بزنید. قطر انتهای قطره چکان را ۲ mm بگیرید، و شتاب گرانش $g = ۱۰$ m/s^۲ و $\rho = ۱۰۰۰$ kg/m^۳. (۸ نمره)

طرح از: آقای دکتر آقامحمدی

۳ ـ در شکل (۱۰ ـ ۲۸) کره‌ای به شعاع r که سطح داخل آن کاملاً بازتابنده است نشان داده شده است. از نقطهٔ B پرتو نوری عمود بر خط OA خارج می‌شود:

الف) آیا ممکن است این پرتو پس از بازتاب‌های متوالی از نقطهٔ C بگذرد؟ پاسخ خود را با ذکر دلیل بیان کنید.

ب) چون $a < r$، می‌توان نوشت $\frac{a}{r} = \sin\theta$. اگر $\theta = \frac{\Lambda\pi}{۱۹}$ باشد پس از چند بازتاب از سطح داخلی کره، برای اولین بار پرتو مجدداً از نقطهٔ B می‌گذرد؟ (۸ نمره)



شکل (۱۰ ـ ۲۸)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

طرح از: آقای دکتر شیرزاد

۴ ـ در مدار شکل (۱۰ ـ ۲۹) داده‌های زیر را در نظر بگیرید:

$C = ۳\mu F$ ، $E_۱ = ۲۰V$ ، $E_۲ = ۱۶V$.

$R = ۵۰\ \Omega$ ، $R_۱ = R_۲ = ۱۰۰\ \Omega$ ،

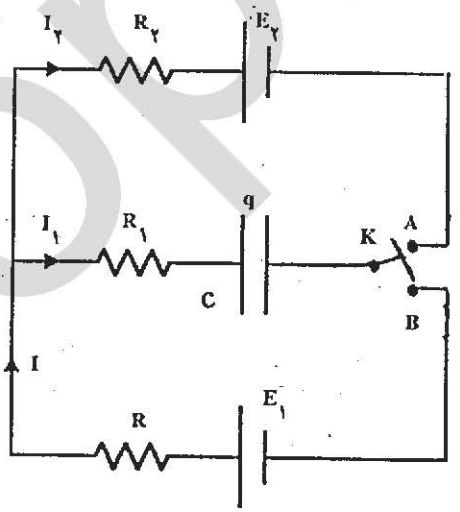
کلید K طوری ساخته شده است که هنگام بسته شدن، در یک لحظه نقاط A و B را به هم متصل می‌کند. خازن در ابتدا خالی است و در لحظهٔ $t = ۰$ کلید K بسته می‌شود.

الف) بار روی خازن (q) و جریان‌ها را در لحظهٔ $t = ۰$ به دست آورید.

ب) بار روی خازن و جریان‌ها را پس از گذشت زمان طولانی ($t \to \infty$) به دست آورید.

ج) در لحظه‌ای که جریان $I_۲$ صفر می‌شود (لحظهٔ $t_۰$) جریان I و بار q را حساب کنید.

د) در یک نمودار، تغییرات جریان‌ها برحسب زمان را به طور کیفی نشان دهید. همچنین در نمودار دیگری در زیر آن تغییرات q را برحسب زمان به طور کیفی نشان دهید. مقیاس زمان در دو نمودار یکسان باشد و مقدار جریان‌ها و بار q را در لحظات $t = ۰$، $t = t_۰$، و $t \to \infty$ روی نمودار مشخص کنید. (۱۳ نمره)



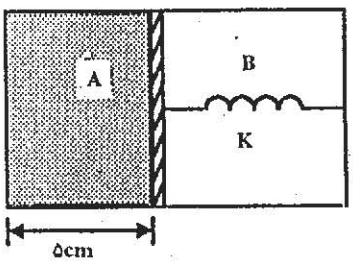
شکل (۱۰ ـ ۲۹)

iopm.ir

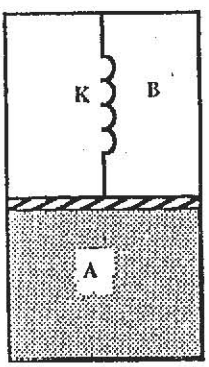
Institute Of Physics & Mathematics

طرح از: آقای بهمن‌آبادی

۵ ـ ظرفی استوانه‌ای با پیستونی به مساحت مقطع $۲۰۰cm^۲$ و وزن ۳۰N به دو بخش A و B تقسیم شده است. از اصطکاک پیستون با استوانه چشم‌پوشی کنید. در ابتدا این ظرف مطابق شکل (۱۰ ـ ۳۰) به‌صورت افقی قراردارد. در این حالت بخش A که از گاز کاملی پر شده دارای فشار ۱۰۰۰ Pa است و بخش B کاملاً خلأ شده است. فنری با ثابت $k = ۴۰۰ N/m$ از یک طرف به پیستون و از طرف دیگر به دیوارهٔ بخش B متصل است. طول بخش A در این حالت ۵ cm است. اگر ظرف را به طور آرام از حالت افقی به‌صورت شکل (۱۰ ـ ۳۱) درآوریم، تغییر طول فنر نسبت به حالت شکل (۱۰ ـ ۳۰) چقدر است؟ دما را ثابت فرض کنید. (۱۰ نمره)



شکل (۱۰ ـ ۳۰)



شکل (۱۰ ـ ۳۱)

طرح از: آقای دکتر خرّمی

۶ ـ یکی از روش‌های صنعتی خنک کردن آب این است که جریان آب گرم را به شکل دوش از محفظه‌ای عبور می‌دهند. از همان محفظه و در جهت مخالف یک جریان هوا می‌گذرد. در نتیجه مقداری از آب بخار می‌شود و دمای آب خروجی کم می‌شود. مطابق شکل (۱۰-۳۲)، جریان آبی با آهنگ (جرم بر واحد زمان) m_W وارد محفظه می‌شود. دمای آب ورودی T_W است. از طرف دیگر محفظه، جریان هوایی با آهنگ m_A (جرم هوای خشک بر واحد زمان) وارد محفظه می‌شود. دمای هوای ورودی T_A است. در هوای ورودی مقداری رطوبت (بخار آب) وجود دارد. نسبت جرم بخار آب به جرم هوای خشک در هوای ورودی x است. هوای خروجی تقریباً از بخار آب اشباع است، و دمای آن نیز تقریباً با دمای آب ورودی برابر است. ظرفیت گرمایی ویژهٔ آب C_w، و ظرفیت گرمایی ویژه‌ی هوا C_A است. برای سادگی ظرفیت گرمایی ویژهٔ بخار آب را هم C_W بگیرید. گرمای نهان تبخیر آب L

iopm.ir

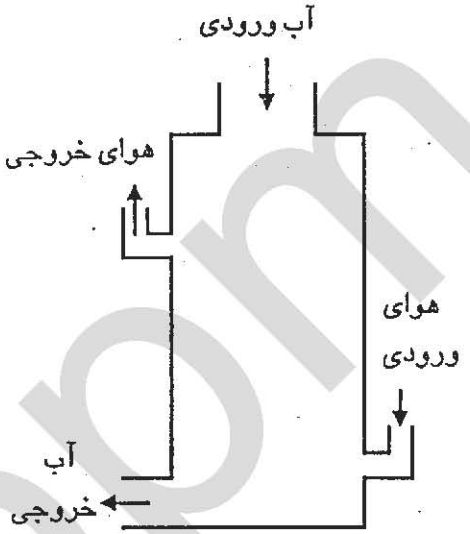
Institute Of Physics & Mathematics

است. نسبت جرم بخار آب به جرم هوای خشک در هوای اشباع از بخار آب در دمای T_W نیز x_v است:

الف) مقدار آبی که در واحد زمان بخار می‌شود چقدر است؟

ب) دمای آب خروجی چقدر است؟

ج) در عمل مقدار آبی ک بخار می‌شود نسبت به کل آب بسیار کم است. همچنین گرمایی که صرف تبخیر همان مقدار آب می‌شود خیلی بیشتر از گرمایی است که صرف تغییر دمای هوای ورودی می‌شود. در این صورت دمای تقریبی آب خروجی چقدر است؟ (۱۰ نمره)



شکل (۱۰ ـ ۳۲)

طرح از: مؤلف

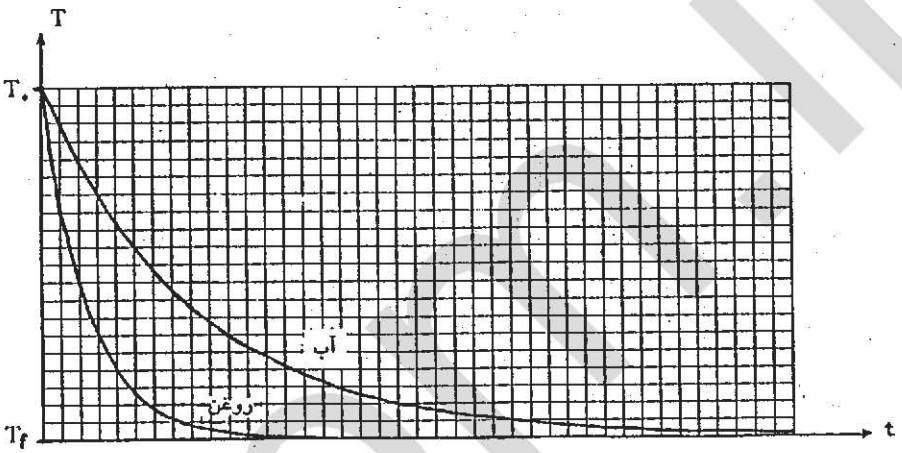
۷ ـ هنگامی که جسمی با دمای T در محیطی با دمای T_f ($T_f < T$) قرار می‌گیرد، با از دست دادن گرما دمایش پایین می‌آید. آهنگ از دست دادن گرما در فاصلهٔ زمانی بسیار کوچک Δt یعنی $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ با $(T - T_f)$ در آن فاصلهٔ زمانی کوچک متناسب است. فرض کنید ضریب تناسب تنها به شکل جسمی که سرد می‌شود بستگی دارد.

الف) در دوظرف مشابه دریکی آب و دردیگری روغن‌می‌ریزیم. حجم آب و روغن یکسان است. دو ظرف از دمای T_0 تا دمای T_f سرد شده‌اند. تغییرات دمای دو ظرف برحسب زمان مطابق نمودار شکل (۱۰ ـ ۳۳) است که در آن محور زمان و دما هرکدام برحسب یک واحد

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

اختیاری مدرّج شده است. ظرفیت گرمایی ویژه‌ی روغن را به طور تقریبی محاسبه کنید. چگالی آب $\rho_w = ۱۰۰۰ \text{ kg/m}^3$، چگالی روغن $\rho_o = ۸۰۰ \text{ kg/m}^3$ و ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آب ۴۲۰۰ J/kg °C است. ظرفیت گرمایی ظرف در برابر ظرفیت گرمایی آب و روغن قابل چشم‌پوشی است.



شکل (۱۰ ـ ۳۳)

فردی برای خود و میهمانش دو فنجان مشابه چای با دمای $T_0 = ۶۰ \text{ °C}$ می‌آورد. نمودار سرد شدن چای در شکل (۱۰ ـ ۳۴) نشان داده شده است.

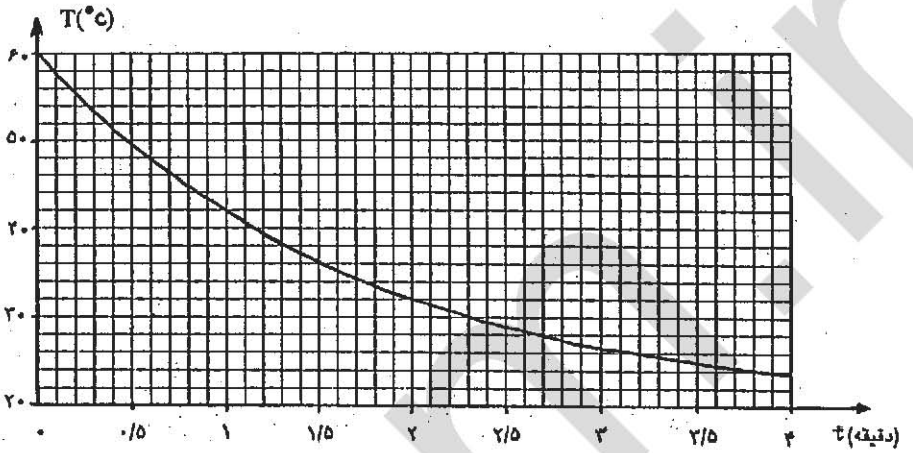
ب) میهمان بلافاصله مقداری شیر سرد به دمای صفر درجه سلسیوس درچای می‌ریزد و پس از ۱/۵ دقیقه چای خود را می‌نوشد. دمای چای میهمان را هنگام نوشیدن حساب کنید.

ظرفیت گرمایی (ظرفیت گرمایی ویژه × جرم) شیر اضافه شده دو دهم ظرفیت گرمایی چای است. فرض کنید ریختن شیر در چای، منحنی سرد شدن آن را چندان تغییر نمی‌دهد.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

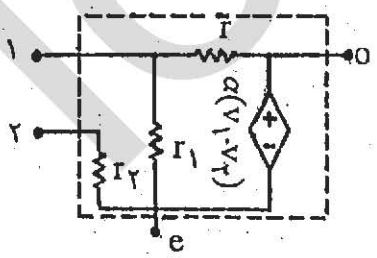
ج) میزبان پس از ۱/۵ دقیقه همان مقدار شیر سرد به دمای صفر درجهٔ سلسیوس در چای می‌ریزد و بلافاصله آن را می‌نوشد. دمای چای میزبان را هنگام نوشیدن به دست آورید. (۱۵ نمره)



شکل (۱۰ ـ ۳۴)

طرح از: آقای دکتر خرّمی

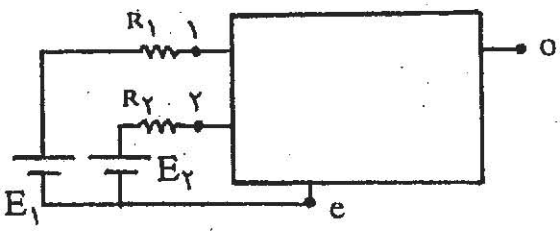
۸ ـ نوعی تقویت کننده است که چهار سر دارد و مدار معادل آن به صورت شکل (۱۰ ـ ۳۵) است. در این شکل عنصری که بین نقاط O و e قرار دارد (⊕/⊖) یک منبع ولتاژ وابسته است؛ به این معنی که اختلاف پتانسیل دو سر آن $(V_1 - V_2)\alpha$ است. V_1 و V_2 به‌ترتیب



شکل (۱۰ ـ ۳۵)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۱۰ ـ ۳۶)

پتانسیل‌های نقاط ۱ و ۲ است و α ضریبی است که به نوع تقویت‌کننده وابسته است. با این تقویت کننده مداری مطابق شکل (۱۰ ـ ۳۶) می‌سازیم.

الف) اختلاف پتانسیل نقاط O و e را برحسب کمیت‌های داده شده در شکل‌های (۱۰ ـ ۳۵) و (۱۰ ـ ۳۶) به دست آورید.

ب) این اختلاف پتانسیل را در حالت حدّی $\alpha \to \infty$ نیز به دست آورید. (۱۵ نمره)

امام علی علیه السلام فرمود:

« أَلعلمُ اصلُ کلِّ خیر»

علم ریشه هر نیکی است.

iopm.ir