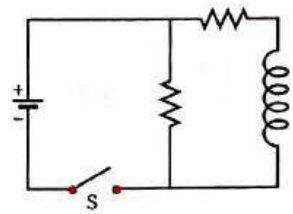
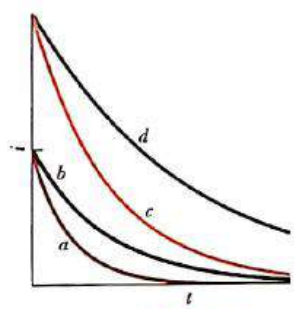


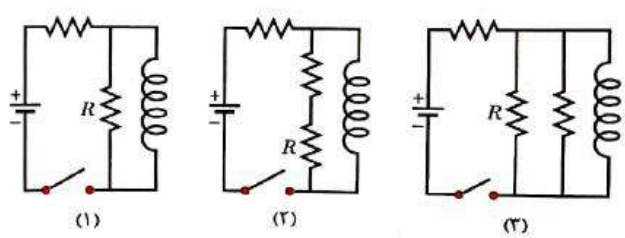
شکل ۳۰-۲۷ پرسش ۷

۸ کلید در مدار شکل ۳۰-۱۵ پس از مدتی طولانی که روی a بسته بود، به b زده می‌شود. جریان حاصل عبوری از القاگر در شکل ۳۰-۲۸ برای چهار دسته مقادیر از مقاومت R و القاییدگی L نشان داده شده است: (۱) R_0 و L_0، (۲) $2R_0$ و L_0، (۳) R_0 و $2L_0$، (۴) $2R_0$ و $2L_0$. کدام دسته مربوط به کدام نمودار است؟



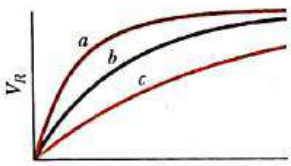
شکل ۳۰-۲۸ پرسش ۸

۹ شکل ۳۰-۲۹ سه مدار را با باتری‌ها، القاگرها و مقاومت‌های یکسان نشان می‌دهد. این مدارها را برطبق جریان عبوری از مقاومتی که با R مشخص شده است (الف) مدتی طولانی پس از بسته شدن کلید، (ب) درست پس از آنکه کلید بعد از مدتی طولانی دوباره باز شود، و (پ) مدتی طولانی پس از باز شدن مجدد کلید، به‌گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.



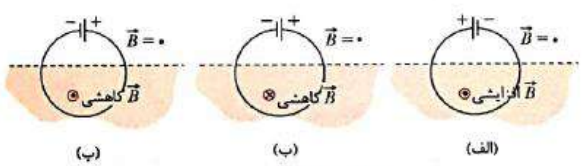
شکل ۳۰-۲۹ پرسش ۹

۱۰ شکل ۳۰-۳۰ تغییر نسبت به زمان اختلاف پتانسیل V_R دو سر یک مقاومت را نشان می‌دهد که در سه مدار مانند شکل ۳۰-۱۶ بسته شده‌اند. این مدارها شامل مقاومت یکسان R و نیروی محرکه‌ی الکتریکی یکسان $\mathscr{E}$ هستند، ولی القاییدگی L آنها متفاوت است. این مدارها را برطبق مقدار L به‌گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.



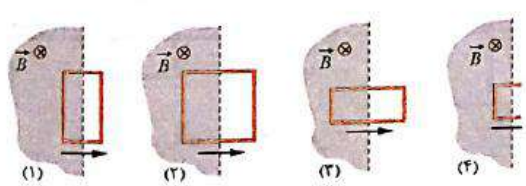
شکل ۳۰-۳۰ پرسش ۱۰

۱۱ شکل ۳۰-۳۱ سه وضعیت را نشان می‌دهد که در آن بخشی از یک حلقه‌ی سیم در میدانی مغناطیسی قرار دارد. همان‌طور که در شکل نشان داده شده، بزرگی این میدان یا در حال افزایش و یا در حال کاهش است. در هر وضعیت، یک باتری بخشی از حلقه است. در کدام وضعیت‌ها emf القایی و emf باتری در جهت یکسانی روی حلقه قرار دارند؟



شکل ۳۰-۳۱ پرسش ۱۱

۱۲ شکل ۳۰-۳۲ چهار وضعیت را نشان می‌دهد که در آنها حلقه‌هایی سیمی را با تندی‌های ثابت یکسانی به بیرون میدان‌های مغناطیسی مشابهی (که جهت‌شان رو به داخل صفحه‌ی شکل است) می‌کشیم. همان‌طور که نشان داده شده، طول اضلاع حلقه‌ها L یا $2L$ است. این وضعیت‌ها را برطبق (الف) بزرگی نیروی موردنیاز ما و (ب) آهنگی که با آن انرژی از ما به انرژی گرمایی حلقه منتقل می‌شود به‌گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.



شکل ۳۰-۳۲ پرسش ۱۲

مسئله‌ها

GO حل با راهنمایی مرحله به مرحله (بسته به صلاحدید مدرّس) در *WileyPLUS* و WebAssign موجود است.

••• – • تعداد نقطه‌ها سطح دشواری مسئله را مشخص می‌کند.

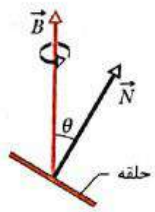
ILW حل در

WWW حل به روش تعاملی در http://www.wiley.com/college/halliday داده شده است.

اطلاعات بیشتر در کتاب نمایش هیجان‌انگیز فیزیک و در *www.flyingcircusofphysics.com*

بخش ۳۰-۱ قانون فاراده و قانون لنز

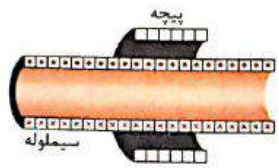
۱• در شکل ۳۰-۳۳ یک حلقه‌ی سیمی دایره‌ای به قطر ۱۰cm (از پهلو نشان داده شده است) طوری در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ با بزرگی ۰٫۵۰T قرار گرفته است که بردار عمودی $\vec{N}$ آن با جهت این میدان زاویه‌ی $\theta = 30^\circ$ می‌سازد. سپس این حلقه چرخانده می‌شود، طوری که $\vec{N}$ با آهنگ ۱۰۰ دور بر دقیقه بر مخروطی حول جهت میدان می‌چرخد؛ زاویه‌ی θ در حین این چرخش تغییر نمی‌کند. emf القأ شده در حلقه چقدر است؟



شکل ۳۰-۳۳ مسئله‌ی ۱

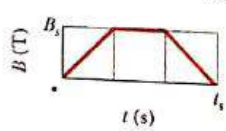
۲• یک ماده‌ی رسانای کشسان، کشیده می‌شود تا به شکل حلقه‌ای دایره‌ای به شعاع ۱۲٫۰cm درآید. این حلقه طوری در میدان مغناطیسی یکنواخت ۰٫۸۰۰T قرار می‌گیرد که صفحه‌اش عمود بر این میدان باشد. وقتی حلقه رها شود، شعاع آن با آهنگ لحظه‌ای ۷۵٫۰cm/s رو به کم شدن می‌گذارد. در لحظه‌ی رها شدن حلقه، emf القأ شده در آن چقدر است؟

۳• WWW در شکل ۳۰-۳۴، یک پیچه‌ی ۱۲۰ دور به شعاع ۱٫۸cm و مقاومت ۵٫۳Ω با سیملوله‌ای با ۲۲۰دور/cm و قطر ۳٫۲cm هم‌محور است. جریان سیملوله در بازه‌ی زمانی $\Delta t = 25\text{ms}$ از ۱٫۵A به صفر افت می‌کند. در حین بازه‌ی زمانی Δt جریان القأ شده در پیچه چقدر است؟



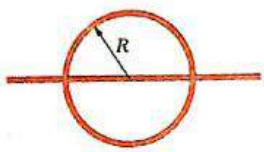
شکل ۳۰-۳۴ مسئله‌ی ۳

۴• یک حلقه‌ی مسی به شعاع ۱۲cm و مقاومت ۸٫۵Ω در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ قرار گرفته است که بزرگی آن مانند شکل ۳۰-۳۵ تغییر می‌کند. محور قائم با $B_s = 0{,}50\text{T}$ و محور افقی با $t_s = 6{,}00\text{s}$ مقیاس‌بندی شده است. صفحه‌ی حلقه عمود بر $\vec{B}$ است. در حین بازه‌های (الف) ۰ تا ۲٫۰s، (ب) ۲٫۰s تا ۴٫۰s، و (پ) ۴٫۰s تا ۶٫۰s، emf القأ شده در حلقه چقدر است؟



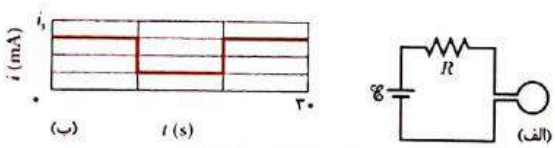
شکل ۳۰-۳۵ مسئله‌ی ۴

۵• در شکل ۳۰-۳۶، سیمی به شکل یک حلقه‌ی دایره‌ای با شعاع $R = 2{,}0\text{m}$ و مقاومت ۴٫۰Ω درآمده است. مرکز این دایره روی سیم بلند مستقیمی قرار گرفته است؛ در لحظه‌ی $t = 0$، جریان در این سیم بلند مستقیم ۵٫۰A رو به سمت راست است. پس از این لحظه، جریان طبق رابطه‌ی $i = 5{,}0\text{A} - (2{,}0\text{A/s}^2)t^2$ تغییر می‌کند. (سیم مستقیم عایق‌بندی شده است؛ بنابراین هیچ تماس الکتریکی‌ای بین این سیم و حلقه وجود ندارد.) بزرگی جریان القأ شده در حلقه در زمان‌های $t > 0$ چقدر است؟



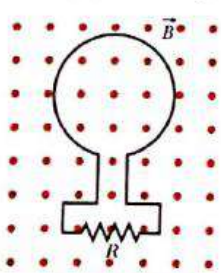
شکل ۳۰-۳۶ مسئله‌ی ۵

۶• شکل ۳۰-۳۷ الف مداری را نشان می‌دهد که شامل یک باتری آرمانی با emf برابر $\mathscr{E} = 6{,}00\mu\text{V}$، مقاومت R، و یک حلقه‌ی سیمی کوچک به مساحت $5{,}0\text{cm}^2$ است. در بازه‌ی زمانی $t = 10\text{s}$ تا $t = 20\text{s}$، یک میدان مغناطیسی خارجی در سرتاسر حلقه برقرار می‌شود. این میدان یکنواخت، جهت آن به سمت داخل صفحه‌ی شکل ۳۰-۳۷ الف، و دارای بزرگی $B = at$ است، که در آن B برحسب تسلا، a یک ثابت و t برحسب ثانیه است. شکل ۳۰-۳۷ ب جریان i را پیش از برقراری میدان خارجی، در حین آن، و پس ازآن نشان می‌دهد. محور قائم با $i_s = 2{,}0\text{mA}$ مقیاس‌بندی شده است. ثابت a در معادله‌ی بزرگی میدان را به‌دست آورید.



شکل ۳۰-۳۷ مسئله‌ی ۶

۷• در شکل ۳۰-۳۸ شار مغناطیسی عبوری از حلقه طبق رابطه‌ی $\Phi_B = 6{,}0t^2 + 7{,}0t$ افزایش پیدا می‌کند، که در آن Φ_B برحسب میلی‌وبر و t برحسب ثانیه است. (الف) وقتی $t = 2{,}0\text{s}$ است، بزرگی emf القأ شده در حلقه چقدر است؟ (ب) آیا جهت جریان عبوری از R به سمت راست است یا به سمت چپ؟



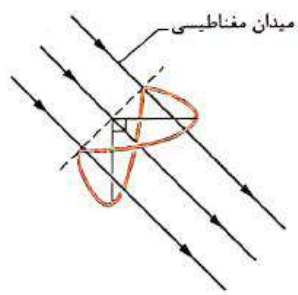
شکل ۳۰-۳۸ مسئله‌ی ۷

۸• میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ بر صفحه‌ی یک حلقه‌ی دایره‌ای به قطر ۱۰cm که از سیمی به قطر ۲٫۵mm و مقاومت ویژه‌ی $1{,}69\times10^{-8}\Omega\text{m}$ ساخته شده، عمود است. بزرگی $\vec{B}$ باید با چه آهنگی تغییر کند تا یک جریان ۱۰A در مدار القأ شود؟

۹• حلقه‌ی کوچکی به مساحت $6{,}8\text{mm}^2$ داخل سیملوله‌ی بلندی قرار دارد که دارای ۸۵۴دور/cm و حامل جریان متغیر

سینوسی i با دامنه‌ی $1/28\,A$ و بسامد زاویه‌ای $212\,rad/s$ است. محورهای مرکزی حلقه و سیملوله برهم منطبق‌اند. دامنه‌ی emf القا شده در حلقه چقدر است؟

●● ۱۰ شکل ۳۰-۳۹ یک حلقه‌ی بسته‌ی سیمی را نشان می‌دهد که شامل یک جفت نیم‌دایره‌ی یکسان به شعاع $3/7\,cm$ است که در صفحه‌های عمود بر همی قرار دارند. این حلقه با تا کردن یک حلقه‌ی دایره‌ای تخت حول یک قطر تا وضعیتی که دو نیمه‌ی آن بر هم عمود شوند، ساخته شده است. یک میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ به بزرگی $76\,mT$ عمود بر قطر تا وجود دارد که با صفحه‌های این نیم‌دایره‌ها زاویه‌های یکسان (45°) می‌سازد. میدان مغناطیسی در حین بازه‌ی زمانی $4/5\,ms$ با آهنگی یکنواخت به صفر کاهش پیدا می‌کند. در حین این بازه‌ی زمانی (الف) بزرگی و (ب) جهت (ساعتگرد یا پادساعتگرد، وقتی از راستای جهت $\vec{B}$ دیده شود) emf القایی در حلقه چیست؟

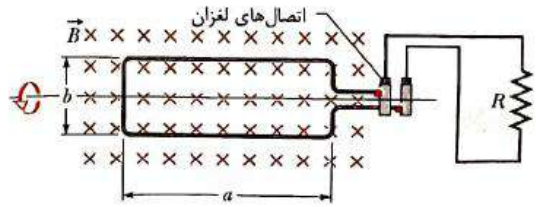


شکل ۳۰-۳۹ مسئله‌ی ۱۰

●● ۱۱ یک پیچه‌ی مستطیلی با N دور و طول a و عرض b، همان‌طور که در شکل ۳۰-۴۰ نشان داده شده است با بسامد f در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ می‌چرخد. این پیچه به استوانه‌های چرخانی متصل شده است که بر آنها جاروب‌هایی فلزی برای برقراری تماس می‌لغزند. (الف) نشان دهید emf القا شده در پیچه (برحسب تابعی از زمان t) چنین داده می‌شود

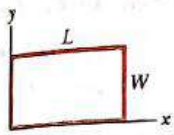
$$\mathscr{E} = 2\pi fNabB\sin(2\pi ft) = \mathscr{E}_0 \sin(2\pi ft)$$

این رابطه، اساس کار مولدهای جریان متناوب تجاری است. (الف) وقتی حلقه با $60/0\,rev/s$ در میدان مغناطیسی یکنواخت $0/500\,T$ می‌چرخد، مقدار Nab چقدر باشد تا emf ای برابر $\mathscr{E}_0 = 150\,V$ به‌دست آید؟



شکل ۳۰-۴۰ مسئله‌ی ۱۱

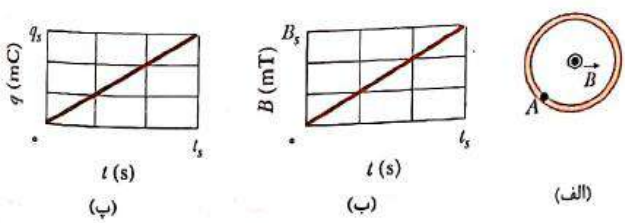
●● ۱۲ در شکل ۳۰-۴۱، یک حلقه‌ی مسی به ابعاد $L = 40/0\,cm$ و $W = 25/0\,cm$ در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ قرار دارد. (الف) بزرگی $\mathscr{E}$ و (ب) جهت (ساعتگرد یا پادساعتگرد- یا "هیچ کدام" اگر $\mathscr{E} = 0$ باشد) emf القا شده در حلقه چیست، اگر $\vec{B} = (4/00\times10^{-2}\,T/m)y\,\hat{k}$ باشد؟ (پ) $\mathscr{E}$ و (ت) جهت emf چیست، اگر $\vec{B} = (6/00\times10^{-2}\,T/s)t\,\hat{k}$ باشد؟ (ث) $\mathscr{E}$ و (ج) جهت emf چیست، اگر $\vec{B} = (8/00\times10^{-2}\,T/m\cdot s)yt\,\hat{k}$ باشد؟ (چ) $\mathscr{E}$ و (ح) جهت emf چیست، اگر $\vec{B} = (3/00\times10^{-2}\,T/m\cdot s)xt\,\hat{j}$ باشد؟ (خ) $\mathscr{E}$ و (د) جهت emf چیست، اگر $\vec{B} = (5/00\times10^{-2}\,T/m\cdot s)yt\,\hat{i}$ باشد؟



شکل ۳۰-۴۱ مسئله‌ی ۱۲

●● ۱۳ ILW صد دور سیم مسی (عایق‌بندی‌شده) به دور یک هسته‌ی استوانه‌ای چوبی با مساحت مقطع $1/20\times10^{-3}\,m^2$ پیچیده شده است. دو سر سیم‌ها به یک مقاومت وصل شده‌اند. مقاومت کل مدار $13/0\,\Omega$ است. اگر یک میدان مغناطیسی طولی یکنواخت خارجی در هسته از $1/60\,T$ در یک جهت به $1/60\,T$ در جهت مخالف تغییر کند، در حین این تغییر چه مقدار بار از نقطه‌ای در مدار می‌گذرد؟

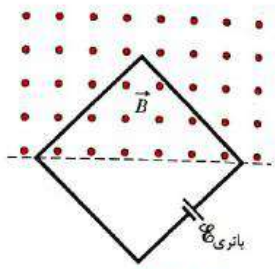
●● ۱۴ GO در شکل ۳۰-۴۲ الف، بزرگی میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ مطابق شکل ۳۰-۴۲ب، با زمان t افزایش می‌یابد، که در آن محور قائم با $B_s = 9/0\,mT$ و محور افقی با $t_s = 3/0\,s$ مقیاس‌بندی شده است. یک حلقه‌ی رسانای دایره‌ای به مساحت $8/0\times10^{-4}\,m^2$، در داخل این میدان، بر صفحه‌ی کاغذ قرار گرفته است. مقدار بار q پی که از نقطه‌ی A واقع بر حلقه می‌گذرد برحسب تابعی از زمان در شکل ۳۰-۴۲ پ نشان داده است، که در آن محور قائم با $q_s = 6/0\,mC$ و محور افقی دوباره با $t_s = 3/0\,s$ مقیاس‌بندی شده است. مقاومت حلقه چقدر است؟



شکل ۳۰-۴۲ مسئله‌ی ۱۴

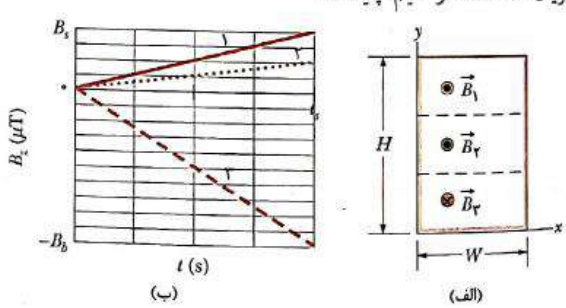
●● ۱۵ GO یک حلقه‌ی سیمی مربعی به ضلع $2/00\,m$ عمود بر یک میدان مغناطیسی یکنواخت است، طوری که مانند شکل ۳۰-۴۳ نصف مساحت این حلقه در میدان قرار دارد. این حلقه شامل یک باتری با emf برابر $\mathscr{E} = 20/0\,V$ است. اگر بزرگی میدان طبق رابطه‌ی $B = 0/420 - 0/870t$ با زمان تغییر کند، که در آن B

برحسب تسلا و t برحسب ثانیه است (الف) emf خالص در مدار و (ب) جهت جریان (خالص) به دور حلقه چیست؟



شکل ۳۰-۴۳ مسئله‌ی ۱۵

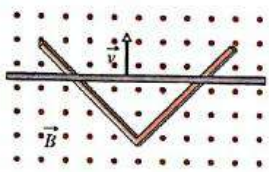
۱۶•• GO شکل ۳۰-۴۴ الف سیمی به شکل یک مستطیل ($W = 20\text{cm}, H = 30\text{cm}$) را نشان می‌دهد که دارای مقاومت $5{,}0\text{m}\Omega$ است. داخل این مستطیل به سه ناحیه‌ی هم‌اندازه، با میدان‌های مغناطیسی $\vec{B}_1$، $\vec{B}_2$، و $\vec{B}_3$ تقسیم شده است. این میدان‌ها در داخل هر ناحیه یکنواخت‌اند و همان‌طور که نشان داده شده است جهت آنها رو به خارج صفحه‌ی شکل است. شکل ۳۰-۴۴ ب تغییر مؤلفه‌ی B_z این سه ناحیه را برحسب زمان t نشان می‌دهد؛ محور قائم با $B_s = 4{,}0\,\mu\text{T}$ و $B_b = -2{,}5B_s$ و محور افقی با $t_s = 2{,}0\text{s}$ مقیاس‌بندی شده است. (الف) بزرگی و (ب) جهت جریان القأ شده در سیم چیست؟



شکل ۳۰-۴۴ مسئله‌ی ۱۶

۱۷•• یک حلقه‌ی دایره‌ای کوچک به مساحت $2{,}00\text{cm}^2$ در صفحه‌ی یک حلقه‌ی دایره‌ای بزرگ به شعاع $1{,}00\text{m}$ و هم‌مرکز با آن قرارگرفته است. جریان در حلقه‌ی بزرگ با شروع از $t = 0$، در عرض $1{,}00\text{s}$ با آهنگ ثابتی از 200A به -200A تغییر می‌کند (تغییر جهت می‌دهد). بزرگی میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در مرکز حلقه‌ی کوچک ناشی از جریان حلقه‌ی بزرگ در (الف) $t = 0$، (ب) $t = 0{,}500\text{s}$، و (پ) $t = 1{,}00\text{s}$ چقدر است؟ (ت) آیا از $t = 0$ تا $t = 1{,}00\text{s}$، $\vec{B}$ معکوس می‌شود؟ چون حلقه‌ی داخلی کوچک است، $\vec{B}$ را روی سطح آن یکنواخت فرض کنید. (ث) emf القأ شده در حلقه‌ی کوچک در $t = 0{,}500\text{s}$ چقدر است؟

۱۸•• در شکل ۳۰-۴۵، دو ریل رسانای مستقیم تشکیل زاویه‌ی قائمه‌ای داده‌اند. یک میله‌ی رسانا که در تماس با ریل‌هاست، در زمان $t = 0$ از رأس این زاویه با سرعت ثابت $5{,}20\text{m/s}$ روی آنها شروع به حرکت می‌کند. یک میدان مغناطیسی $B = 0{,}350\text{T}$ رو به خارج صفحه‌ی شکل وجود دارد. (الف) شار عبوری از مثلثی را که توسط ریل‌ها و میله ساخته شده است در $t = 3{,}00\text{s}$ و (ب) emf به دور این مثلث را در آن زمان محاسبه کنید. اگر emf برابر با $\mathscr{E} = at^n$ باشد، که در آن a و n ثابت‌اند، مقدار n چقدر است؟

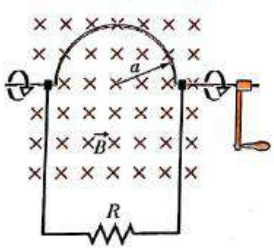


شکل ۳۰-۴۵ مسئله‌ی ۱۸

۱۹•• ILW یک مولّد الکتریکی شامل یک پیچه‌ی ۱۰۰ دور است که هر دور به شکل یک حلقه‌ی مستطیلی $50{,}0\text{cm}$ در $30{,}0\text{cm}$ است. این پیچه کاملاً در میدان مغناطیسی یکنواختی با بزرگی $B = 3{,}50\text{T}$ قرار دارد که $\vec{B}$ در ابتدا عمود بر صفحه‌ی پیچه است. مقدار بیشینه‌ی emf تولید شده چقدر است، هرگاه حلقه حول محوری عمود بر $\vec{B}$ با ۱۰۰۰ دور بر دقیقه بچرخد؟

۲۰•• در مکانی معین، میدان مغناطیسی کره زمین دارای بزرگی گاوس $B = 0{,}590$ است و در زاویه‌ی $70{,}0^\circ$ نسبت به افق، رو به پایین کج شده است. یک پیچه‌ی دایره‌ای تخت به شعاع $10{,}0\text{cm}$ دارای ۱۰۰۰ دور و مقاومت کلّ $85{,}0\Omega$ است. این پیچه به‌طور متوالی به آمپرسنجی با مقاومت 140Ω بسته شده است. پیچه نیم دور حول یک قطر می‌چرخد، تا دوباره به وضعیت افقی درآید. در حین این چرخش، چقدر بار از آمپرسنج می‌گذرد؟

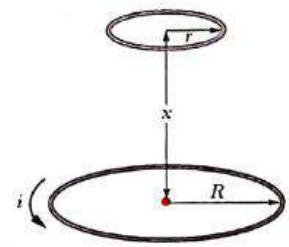
۲۱•• در شکل ۳۰-۴۶، یک سیم سفت که به شکل نیم‌دایره‌ای به شعاع $a = 2{,}0\text{cm}$ خم شده است با تندی زاویه‌ای ثابت 40دور/s در میدان مغناطیسی یکنواخت 20mT می‌چرخد. (الف) بسامد و (ب) دامنه‌ی emf القأ شده در حلقه چقدر است؟



شکل ۳۰-۴۶ مسئله‌ی ۲۱

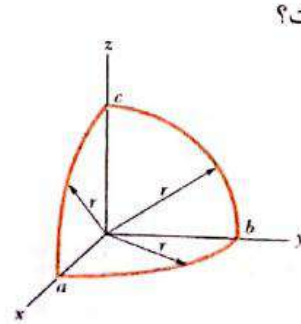
۲۲•• حلقه‌ای مستطیلی (به مساحت $0{,}15\text{m}^2$) در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی $B = 0{,}20\text{T}$ می‌چرخد. وقتی زاویه‌ی میان این میدان و خطّ عمود بر صفحه‌ی حلقه برابر $\pi/2\text{rad}$ شود و با $0{,}60\text{rad/s}$ افزایش یابد، emf القایی در پیچه چقدر می‌شود؟

●●۲۳ شکل ۳۰-۴۷ دو حلقه‌ی سیمی موازی را نشان می‌دهد که دارای محور مشترکی هستند. حلقه‌ی کوچکتر (به شعاع r) بالای حلقه‌ی بزرگتر (به شعاع R) و به فاصله‌ی $x \gg R$ از آن قرار دارد. در نتیجه، میدان مغناطیسی حاصل از جریان پادساعتگرد i در حلقه‌ی بزرگتر تقریباً در سرتاسر حلقه‌ی کوچکتر ثابت است. فرض کنید که x با آهنگ ثابت $dx/dt = v$ افزایش یابد. (الف) رابطه‌ای برای شار مغناطیسی عبوری از سطح حلقه‌ی کوچکتر برحسب تابعی از x به‌دست آورید. (*راهنمایی:* معادله‌ی ۲۹-۲۷ را ببینید). در حلقه‌ی کوچکتر (ب) رابطه‌ای برای emf القایی و (پ) جهت جریان القأ شده در آن، به‌دست آورید.



شکل ۳۰-۴۷ مسئله‌ی ۲۳

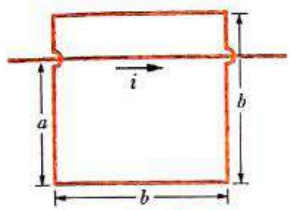
●●۲۴ همان‌طور که در شکل ۳۰-۴۸ نشان داده شده است، یک سیم به سه بخش دایره‌ای خم شده است که شعاع هر کدام $r = 10\,\text{cm}$ است. هر بخش ربعی از دایره است، ab واقع در صفحه‌ی xy، bc واقع در صفحه‌ی yz، و ca واقع در صفحه‌ی xz. (الف) اگر یک میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ در سوی مثبت محور x وجود داشته باشد، بزرگی emf ایجاد شده در سیم، وقتی B با آهنگ $3.0\,\text{mT/s}$ افزایش می‌یابد، چقدر است؟ (ب) جهت جریان در بخش bc چیست؟



شکل ۳۰-۴۸ مسئله‌ی ۲۴

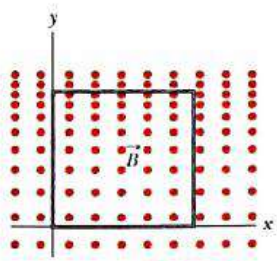
●●●۲۵ GO دو سیم مسی موازی و بلند به قطر $2.5\,\text{mm}$ حامل جریان $10\,\text{A}$ در جهت‌های مخالف هم‌اند. (الف) با فرض آنکه محور مرکزی آنها به فاصله‌ی $20\,\text{mm}$ از هم باشد، شار مغناطیسی بر هر متر سیم را که در فضای میان این محورها قرار دارد محاسبه کنید. (ب) چه درصدی از این شار در داخل سیم‌ها قرار دارد؟ (پ) قسمت (الف) را برای جریان‌های موازی تکرار کنید.

●●●۲۶ GO در آرایش سیمی نشان داده شده در شکل ۳۰-۴۹، $a = 12.0\,\text{cm}$ و $b = 16.0\,\text{cm}$ است. جریان در طول سیم مستقیم با $i = 4.50t^2 - 10.0t$ داده شده است، که i برحسب آمپر و t برحسب ثانیه است. (الف) در $t = 3.00\,\text{s}$، emf حلقه‌ی مربعی را به‌دست آورید. (ب) جهت جریان القأ شده در حلقه چگونه است؟



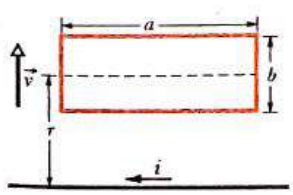
شکل ۳۰-۴۹ مسئله‌ی ۴۶

●●●۲۷ ILW در شکل ۳۰-۵۰ حلقه‌ی سیمی مربعی دارای اضلاعی به طول $2.0\,\text{cm}$ است. یک میدان مغناطیسی رو به خارج صفحه‌ی شکل وجود دارد؛ بزرگی این میدان با $B = 4.0t^2y$ داده شده است، که B برحسب تسلا، t برحسب ثانیه، و y برحسب متر است. در $t = 2.5\,\text{s}$، (الف) بزرگی و (ب) جهت emf القأ شده چیست؟



شکل ۳۰-۵۰ مسئله‌ی ۲۷

●●●۲۸ GO در شکل ۳۰-۵۱، یک حلقه‌ی مستطیلی سیمی به‌طول $a = 2.2\,\text{cm}$، عرض $b = 0.80\,\text{cm}$، و مقاومت $R = 0.40\,\text{m}\Omega$ در نزدیکی یک سیم نامتناهی قرار دارد که حامل جریان $i = 4.7\,\text{A}$ است. آنگاه این حلقه با تندی ثابت $v = 3.2\,\text{mm/s}$ از سیم دور می‌شود. وقتی مرکز حلقه در فاصله‌ی $r = 1.5b$ قرار دارد، (الف) بزرگی شار مغناطیسی عبوری از حلقه و (ب) جریان القأ شده در حلقه چقدر است؟

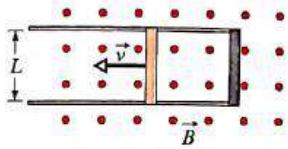


شکل ۳۰-۵۱ مسئله‌ی ۲۶

بخش ۳۰-۲ القایش و انتقال‌های انرژی

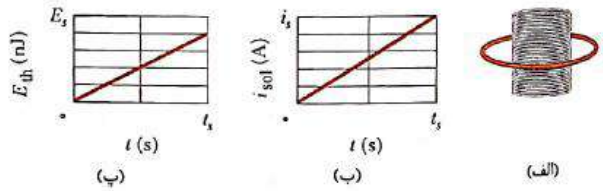
●۲۹ در شکل ۳۰-۵۲، یک میله‌ی فلزی با سرعت ثابت $\vec{v}$ روی دو ریل موازی حرکت داده می‌شود که در یک انتها توسط نواری فلزی به هم متصل شده‌اند. یک میدان مغناطیسی به بزرگی $B = 0.350\,\text{T}$

رو به سمت خارج صفحه‌ی شکل وجود دارد. (الف) اگر فاصله‌ی ریل‌ها $L = 25/0\,\text{cm}$ از یکدیگر و تندی میله $55/0\,\text{cm/s}$ باشد، emf تولید شده چقدر است؟ (ب) اگر مقاومت میله $18/0\,\Omega$ و مقاومت ریل‌ها و اتصال‌ها ناچیز باشد، جریان در میله چقدر است؟ (پ) انرژی با چه آهنگی به انرژی گرمایی منتقل می‌شود؟



شکل ۳۰-۵۲ مسئله‌های ۲۹ و ۳۵

•۳۰ در شکل ۳۰-۵۳ الف یک حلقه‌ی سیمی دایره‌ای، هم‌مرکز با یک سیملوله و در صفحه‌ای عمود بر محور مرکزی سیملوله قرار دارد. شعاع حلقه $6/00\,\text{cm}$ است. سیملوله دارای شعاع $2/00\,\text{cm}$، شامل ۸۰۰۰ دور بر متر، و دارای جریان i_{sol}ای است که مانند شکل ۳۰-۵۳ ب با زمان t تغییر می‌کند، که در این شکل محور قائم با $i_s = 100\,\text{A}$ و محور افقی با $t_s = 2/0\,\text{s}$ مقیاس‌بندی شده است. شکل ۳۰-۵۳ پ انرژی‌ای را که به انرژی گرمایی E_{th} حلقه منتقل شده است، برحسب تابعی از زمان نشان می‌دهد؛ محور قائم با $E_s = 100/0\,\text{nJ}$ مقیاس‌بندی شده است. مقاومت حلقه چقدر است؟

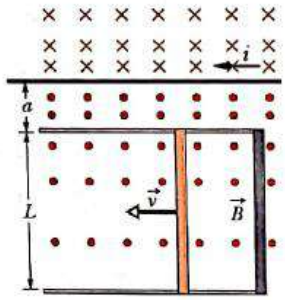


شکل ۳۰-۵۳ مسئله‌ی ۳۰

•۳۱ ILW اگر $50/0\,\text{cm}$ از یک سیم مسی (به قطر $1/00\,\text{mm}$) به شکل حلقه‌ای دایره‌ای درآید و عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی قرار گیرد که با آهنگ ثابت $10/0\,\text{mT/s}$ در افزایش است، انرژی گرمایی با چه آهنگی در حلقه ایجاد می‌شود؟

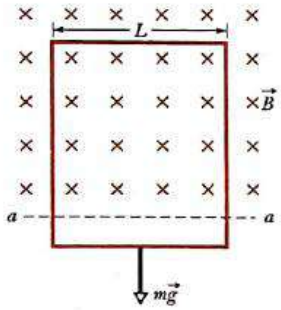
•۳۲ یک آنتن حلقوی به مساحت $2/00\,\text{cm}^2$ و مقاومت $5/21\,\mu\Omega$ عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $17/0\,\mu\text{T}$ قرار دارد. بزرگی این میدان در عرض $2/96\,\text{ms}$ به صفر کاهش پیدا می‌کند. براثر این تغییر میدان، چقدر انرژی گرمایی در حلقه ایجاد می‌شود؟

••۳۳ GO شکل ۳۰-۵۴ میله‌ای به طول $L = 10/0\,\text{cm}$ را نشان می‌دهد که با تندی ثابت $v = 5/00\,\text{m/s}$ روی ریل‌هایی افقی حرکت داده می‌شود. میله، ریل‌ها و نوار رابط در سمت راست، یک حلقه‌ی رسانا را تشکیل می‌دهند. مقاومت این میله $0/400\,\Omega$ است؛ مقاومت بقیه‌ی حلقه ناچیز است. جریان $i = 100\,\text{A}$ که از سیم بلندی به فاصله‌ی $a = 10/0\,\text{mm}$ از حلقه می‌گذرد، میدان مغناطیسی (نایکنواختی) در داخل حلقه ایجاد می‌کند. (الف) emf و (ب) جریان القا شده در حلقه را بیابید. (پ) انرژی گرمایی با چه آهنگی در میله تولید می‌شود؟ (ت) بزرگی نیرویی که باید اعمال شود تا میله با تندی ثابتی به حرکت خود ادامه دهد، چقدر است؟ (ث) این نیرو با چه آهنگی روی میله کار انجام می‌دهد؟



شکل ۳۰-۵۴ مسئله‌ی ۳۳

••۳۴ در شکل ۳۰-۵۵، یک حلقه‌ی رسانای مستطیلی بلند، به طول L، مقاومت R، و جرم m در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ که جهت آن رو به داخل صفحه‌ی شکل است و فقط در بالای خط aa وجود دارد، آویزان است. آنگاه حلقه رها می‌شود؛ در حین فروافتادن، حلقه تا رسیدن به تندی حدی معین v_t شتاب می‌گیرد. با چشم‌پوشی از نیروی پس‌کشی [مقاومت] هوا، رابطه‌ای برای v_t به‌دست آورید.

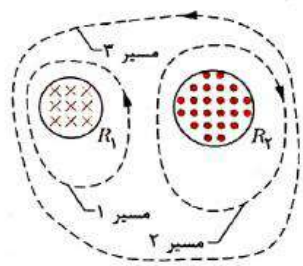


شکل ۳۰-۵۵ مسئله‌ی ۳۴

••۳۵ میله‌ی رسانای نشان داده شده در شکل ۳۰-۵۲ که به طول L است با سرعت ثابت $\vec{v}$ روی ریل‌های رسانای بدون اصطکاکی کشیده می‌شود. این ریل‌ها در یک انتها با نواری فلزی به هم متصل شده‌اند. میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$، که جهت آن رو به خارج صفحه‌ی شکل است ناحیه‌ی حرکت میله را پر کرده است. فرض کنید $L = 10\,\text{cm}$، $v = 5/0\,\text{m/s}$، و $B = 1/2\,\text{T}$. (الف) بزرگی و (ب) جهت (رو به بالا یا رو به پایین صفحه) emf القا شده در میله چگونه است؟ (پ) اندازه و (ت) جهت جریان در حلقه‌ی رسانا چیست؟ فرض کنید مقاومت میله $0/40\,\Omega$ و مقاومت ریل‌ها و نوار فلزی ناچیز باشد. (ث) انرژی گرمایی با چه آهنگی در میله تولید می‌شود؟ (ج) چه نیروی خارجی‌ای لازم است تا $\vec{v}$ ثابت بماند؟ (چ) این نیرو با چه آهنگی روی میله کار انجام می‌دهد؟

بخش ۳۰-۳ میدان‌های الکتریکی

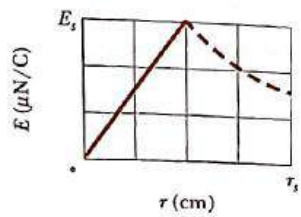
• ۳۶ شکل ۳۰-۵۶ دو ناحیه‌ی دایره‌ای R_1 و R_2 با شعاع‌های $r_1 = ۲۰٫۰\,cm$ و $r_2 = ۳۰٫۰\,cm$ را نشان می‌دهد. در ناحیه‌ی R_1 میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $B_1 = ۵۰٫۰\,mT$ وجود دارد که جهت آن رو به داخل صفحه‌ی شکل است و در ناحیه‌ی R_2 میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $B_2 = ۷۵٫۰\,mT$ وجود دارد که جهت آن رو به خارج صفحه‌ی شکل است (از فریزشدگی خطوط میدان چشم‌پوشی کنید). هر دو میدان با آهنگ $۸٫۵۰\,mT/s$ در حال کاهش‌اند. $\oint \vec{E}\cdot d\vec{s}$ را برای (الف) مسیر ۱، (ب) مسیر ۲، و (پ) مسیر ۳ محاسبه کنید.



شکل ۳۰-۵۶ مسئله‌ی ۳۶

•• ۳۷ ILW سیملوله‌ی بلندی دارای قطر $۱۲٫۰\,cm$ است. وقتی جریان i در پیچ‌های آن برقرار شود، میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $B = ۳۰٫۰\,mT$ در داخل آن ایجاد می‌گردد. با کاهش i، میدان با آهنگ $۶٫۵۰\,mT/s$ رو به کاهش می‌گذارد. بزرگی میدان الکتریکی القایی را در (الف) $۲٫۲۰\,cm$ و (ب) $۸٫۲۰\,cm$ از محور سیملوله محاسبه کنید.

•• ۳۸ GO میدان مغناطیسی یکنواختی در سوی مثبت محور z از یک ناحیه‌ی دایره‌ای می‌گذرد. بزرگی میدان B (برحسب تسلا) طبق معادله‌ی $B = at$ با زمان (برحسب ثانیه) افزایش می‌یابد، که در آن a یک ثابت است. بزرگی E ی میدان الکتریکی ایجاد شده بر اثر افزایش میدان مغناطیسی در شکل ۳۰-۵۷ برحسب فاصله‌ی شعاعی r نشان داده شده است؛ محور قائم با $E_s = ۳۰۰\,\mu N/C$ و محور افقی با $r_s = ۴٫۰۰\,cm$ مقیاس‌بندی شده است. a را پیدا کنید.



شکل ۳۰-۵۷ مسئله‌ی ۳۸

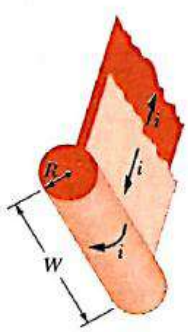
•• ۳۹ میدان مغناطیسی یک آهنربای استوانه‌ای که قطر وجه قطب آن $۳٫۳\,cm$ است، می‌تواند به‌طور سینوسی بین $۲۹٫۶\,T$ و $۳۰٫۰\,T$ با بسامد $۱۵\,Hz$ تغییر کند. در فاصله‌ی شعاعی $۱٫۶\,cm$، دامنه‌ی میدان الکتریکی القایی بر اثر این تغییر چقدر است؟

بخش ۳۰-۴ القاگرها و القایش

• ۴۰ القایندگی در یک پیچه‌ی تنگ هم پیچیده‌ی ۴۰۰ دور، برابر با $۸٫۰\,mH$ است. شار مغناطیسی عبوری از این پیچه را، وقتی جریان $۵٫۰\,mA$ است، محاسبه کنید.

•• ۴۱ یک پیچه‌ی دایره‌ای دارای شعاع $۱۰٫۰\,cm$ و شامل ۳۰ دور سیم است که تنگ هم پیچیده شده‌اند. یک میدان مغناطیسی خارجی به بزرگی $۲٫۶۰\,mT$ عمود بر این پیچه وجود دارد. (الف) اگر هیچ جریانی در پیچه برقرار نباشد، شار مغناطیسی‌ای که دورهای پیچه را به هم می‌پیوندد چقدر است؟ (ب) وقتی جریان پیچه در یک جهت معین برابر با $۳٫۸۰\,A$ است، مشاهده می‌شود که شار خالص عبوری از پیچه از بین می‌رود. القایندگی پیچه چقدر است؟

•• ۴۲ شکل ۳۰-۵۸ یک نوار مسی به پهنای $W = ۱۶٫۰\,cm$ را نشان می‌دهد که به شکلی خم شده است که شامل لوله‌ای به شعاع $R = ۱٫۸\,cm$ به همراه دو بخش تخت موازی است. جریان $i = ۳۵\,mA$ به‌طور یکنواخت در پهنای نوار توزیع می‌شود، طوری که لوله عملاً یک سیملوله‌ی تک‌دور شده است. فرض کنید میدان مغناطیسی در بیرون این لوله ناچیز و در داخل لوله یکنواخت است. (الف) بزرگی میدان مغناطیسی در داخل لوله و (ب) القایندگی لوله (به جز در بخش‌های تخت) چقدر است؟



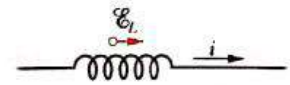
شکل ۳۰-۵۸ مسئله‌ی ۴۲

•• ۴۳ GO دو سیم بلند یکسان به شعاع $a = ۱٫۵۳\,mm$ موازی یکدیگر و حامل جریان‌های یکسانی در جهت‌های مخالف هستند. فاصله‌ی جدایی مرکز به مرکز این دو سیم $d = ۱۴٫۲\,cm$ است. از شار داخل سیم‌ها چشم‌پوشی کنید، ولی شار ناحیه‌ی بین سیم‌ها را در نظر بگیرید. القایندگی بر واحد طول سیم‌ها چقدر است؟

بخش ۳۰-۵ خود-القایش

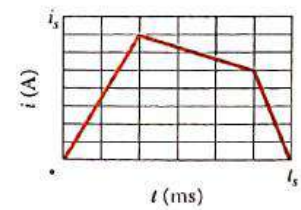
• ۴۴ یک القاگر $۱۲\,H$ حامل جریان $۲٫۰\,A$ است. جریان باید با چه آهنگی تغییر کند تا emf ای برابر $۶۰\,V$ در القاگر ایجاد شود؟

۴۵• در لحظه‌ی معینی جهت جریان و emf خودالقاییده در یک القاگر در سویی است که در شکل ۳۰-۵۹ نشان داده شده است. (الف) آیا جریان در حال افزایش است یا کاهش؟ (ب) emf القایی ۱۷۷ و آهنگ تغییر جریان ۲۵kA/s است؛ القاییدگی را به‌دست آورید.



شکل ۳۰-۵۹ مسئله‌ی ۴۵

۴۶•• جریان عبوری از یک القاگر ۴٫۶H، همانند نمودار شکل ۳۰-۶۰ نسبت به زمان t تغییر می‌کند که در آن محور قائم با $i_s = 8.0\text{A}$ و محور افقی با $t_s = 6.0\text{ms}$ مقیاس‌بندی شده است. مقاومت القاگر ۱۲Ω است. بزرگی emf القایی $\mathscr{E}$ را در حین بازه‌های (الف) ۰ تا ۲ms، (ب) ۲ms تا ۵ms، و (پ) ۵ms تا ۶ms به‌دست آورید (از رفتار در انتهای این بازه‌ها چشم‌پوشی کنید.)



شکل ۳۰-۶۰ مسئله‌ی ۴۶

۴۷•• *القاگرهای متوالی.* دو القاگر L_1 و L_2 به‌طور متوالی به هم بسته شده‌اند و در چنان فاصله‌ی دوری از هم قرار گرفته‌اند که میدان مغناطیسی آنها نمی‌تواند بر یکدیگر اثر بگذارد. (الف) نشان دهید القاییدگی معادل چنین داده می‌شود

$$L_{eq} = L_1 + L_2$$

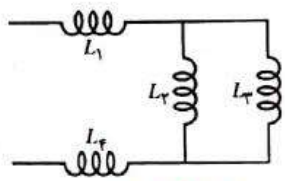
راهنمایی: مبحث مقاومت‌ها و خازن‌های متوالی را مرور کنید. کدامیک به این مورد شبیه است؟ (ب) تعمیم قسمت (الف) برای N القاگر متوالی چگونه می‌شود؟

۴۸•• *القاگرهای موازی.* دو القاگر L_1 و L_2 به‌طور موازی بسته شده‌اند و در چنان فاصله‌ی دوری از هم قرار گرفته‌اند که میدان مغناطیسی آنها نمی‌تواند بر یکدیگر اثر بگذارد. (الف) نشان دهید القاییدگی معادل چنین داده می‌شود

$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

راهنمایی: مبحث مقاومت‌ها و خازن‌های موازی را مرور کنید. کدامیک به این مورد شبیه است است؟) (ب) تعمیم قسمت (الف) برای N القاگر موازی چگونه است؟

۴۹•• آرایش القاگرهای شکل ۳۰-۶۱، با $L_1 = 30.0\text{mH}$، $L_2 = 50.0\text{mH}$، $L_3 = 20.0\text{mH}$، و $L_4 = 15.0\text{mH}$ به یک منبع جریان متغیر بسته شده است. القاییدگی معادل این آرایش چقدر است؟ (نخست به مسئله‌های ۴۷ و ۴۸ نگاه کنید.)



شکل ۳۰-۶۱ مسئله‌ی ۴۹

بخش ۳۰-۶ مدارهای *RL*

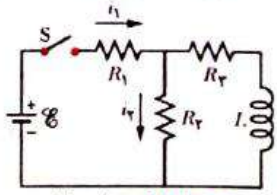
۵۰• جریان یک مدار RL در مدت ۵٫۰۰s به یک-سوم مقدار حالت پایای خود می‌رسد. ثابت زمانی القایی را به‌دست آورید.

۵۱• ILW جریان در یک مدار RL، در نخستین ثانیه پس از جدا کردن باتری از این مدار، از ۱٫۰A به ۱۰mA می‌رسد. اگر L برابر با ۱۰H باشد، مقاومت R مدار را پیدا کنید.

۵۲• کلید در شکل ۳۰-۱۵ در لحظه‌ای $t = 0$ روی a بسته شده است. نسبت $\mathscr{E}_L/\mathscr{E}$ برای emf خودالقاییده‌ی القاگر به emf باتری (الف) درست پس از $t = 0$ و (ب) در $t = 2.00\tau_L$ چقدر است؟ (پ) در چه مضربی از τ_L، نسبت $\mathscr{E}_L/\mathscr{E}$ برابر با ۰٫۵۰۰ می‌شود؟

۵۳• سیملوله‌ای با القاییدگی ۶٫۳۰μH به طور متوالی به یک مقاومت ۱٫۲۰kΩ بسته شده است. (الف) اگر یک باتری ۱۴٫۰V به دو سر این جفت متصل شود، چقدر طول می‌کشد تا جریان در مقاومت به ۸۰٫۰٪ مقدار نهایی خود برسد؟ (ب) جریان عبوری از مقاومت در $t = 1.0\tau_L$ چقدر است؟

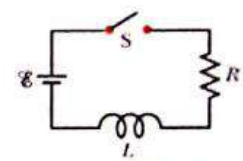
۵۴• در شکل ۳۰-۶۲، $\mathscr{E} = 100\text{V}$، $R_1 = 10.0\Omega$، $R_2 = 20.0\Omega$، $R_3 = 30.0\Omega$، و $L = 2.00\text{H}$ است. بلافاصله پس از بسته شدن کلید S، (الف) i_1 و (ب) i_2 چقدرند؟ (جریان‌ها در جهت‌های نشان داده شده را دارای مقدار مثبت و جریان‌ها در جهت‌های مخالف را دارای مقدار منفی در نظر بگیرید.) مدتی طولانی پس از بسته شدن کلید، (ب) i_1 و (ت) i_2 چقدر می‌شوند؟ آنگاه کلید دوباره باز می‌شود. درست پس از آن (ث) i_1 و (ج) i_2 چقدرند؟ مدتی طولانی پس از آن (چ) i_1 و (ح) i_2 چقدر می‌شوند؟



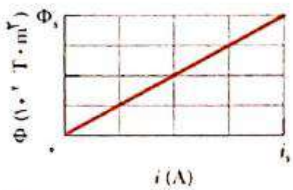
شکل ۳۰-۶۲ مسئله‌ی ۵۴

۵۵• یک باتری در لحظه‌ی $t = 0$ به یک مدار RL متوالی بسته می‌شود. در چه مضربی از τ_L، جریان ۰٫۱۰۰٪ کمتر از مقدار تعادل خود می‌شود؟

• ۵۶ در شکل ۳۰-۶۳، القاگر دارای ۲۵ دور و باتری آرمانی دارای emf ای برابر ۱۶V است. شکل ۳۰-۶۴ شار مغناطیسی Φ ی عبوری از هر دور را برحسب جریان i ی عبوری از القاگر نشان می‌دهد. محور قائم با $\Phi_s = ۴٫۰\times۱۰^{-۴}\,T.m^۲$ و محور افقی با $i_s = ۲٫۰۰A$ مقیاس‌بندی شده است. اگر در لحظه‌ی $t = ۰$، کلید S بسته شود، جریان در $t = ۱٫۵\tau_L$ با چه آهنگ di/dt ای تغییر می‌کند؟

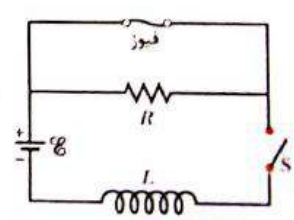


شکل ۳۰-۶۳ مسئله‌ی ۵۶



شکل ۳۰-۶۴ مسئله‌های ۵۶، ۸۰، ۸۳، و ۹۳

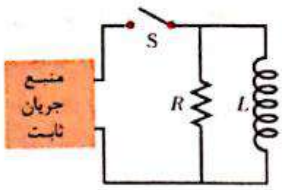
•• ۵۷ در شکل ۳۰-۶۵، $R = ۱۵\Omega$، $L = ۵٫۰H$، emf باتری آرمانی $\mathscr{E} = ۱۰V$، و فیوز در شاخه‌ی بالایی یک فیوز آرمانی $۳٫۰A$ است. تا وقتی جریان عبوری از فیوز کمتر از $۳٫۰A$ باشد، مقاومت آن برابر با صفر است. اگر جریان به $۳٫۰A$ برسد، فیوز "می‌سوزد" و پس از آن دارای مقاومت بی‌نهایت می‌شود. کلید S در لحظه‌ی $t = ۰$ بسته می‌شود. (الف) فیوز در چه زمانی می‌سوزد؟ (*راهنمایی:* معادله‌ی ۳۰-۴۱ به‌کارتان نمی‌آید. معادله‌ی ۳۰-۳۹ را در نظر بگیرید.) (ب) نموداری از جریان i ی عبوری از القاگر برحسب تابعی از زمان رسم کنید. زمان سوختن فیوز را روی آن مشخص کنید.



شکل ۳۰-۶۵ مسئله‌ی ۵۷

•• ۵۸ فرض کنید emf باتری در مدار نشان داده شده در شکل ۳۰-۱۶ طوری با زمان تغییر می‌کند، که جریان با $i(t) = ۳٫۰ + ۵٫۰t$ داده می‌شود، که در آن i برحسب آمپر و t برحسب ثانیه است. $R = ۴٫۰\Omega$ و $L = ۶٫۰H$ درنظر بگیرید و رابطه‌ای برای emf باتری برحسب تابعی از زمان t پیدا کنید. (*راهنمایی:* قاعده‌ی حلقه را به‌کار گیرید.)

•• ۵۹ WWW در شکل ۳۰-۶۶، پس از بسته شدن کلید S در لحظه‌ی $t = ۰$، emf منبع به‌طور خودکار تنظیم می‌شود تا جریان ثابت i از کلید S بگذرد. (الف) جریان عبوری از القاگر را برحسب تابعی از زمان به‌دست آورید. (ب) در چه زمانی، جریان عبوری از مقاومت برابر با جریان عبوری از القاگر می‌شود؟



شکل ۳۰-۶۶ مسئله‌ی ۵۹

••• ۶۰ یک هسته‌ی چنبره‌ای چوبی با سطح مقطع مربعی دارای شعاع داخلی ۱۰cm و شعاع خارجی ۱۲cm است. به دور آن یک لایه‌ی سیمی (به قطر ۱٫۰mm و مقاومت بر متر $۰٫۰۲۰\Omega/m$) پیچیده شده است. (الف) القایدگی و (ب) ثابت زمانی القایی چنبره‌ی حاصل چقدر است؟ از ضخامت عایق‌بندی سیم چشم‌پوشی کنید.

۳۰-۷ انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی

• ۶۱ پیچه‌ای به‌طور متوالی به یک مقاومت $۱۰٫۰k\Omega$ بسته شده است. یک باتری آرمانی ۵۰٫۰V به دو سر این وسیله اعمال می‌شود و پس از ۵٫۰۰ms جریان به مقدار ۲٫۰۰mA می‌رسد. (الف) القایدگی پیچه را به‌دست آورید. (ب) در همین مدت چقدر انرژی در پیچه ذخیره می‌شود؟

• ۶۲ پیچه‌ای با القایدگی ۲٫۰H و مقاومت ۱۰Ω، ناگهان به یک باتری آرمانی با $\mathscr{E} = ۱۰۰V$ بسته می‌شود. ۰٫۱۰s پس از آنکه اتصال برقرار شد، آهنگی که با آن (الف) انرژی در میدان مغناطیسی ذخیره می‌شود، (ب) انرژی گرمایی در مقاومت ظاهر می‌شود، و (پ) انرژی توسط باتری آزاد می‌شود، چقدر است؟

• ۶۳ ILW در لحظه‌ی $t = ۰$، یک باتری به‌طور متوالی به یک مقاومت و یک القاگر بسته شده است. اگر ثابت زمانی القایی برابر ۳۷٫۰ms باشد، در چه زمانی آهنگی که با آن انرژی در مقاومت تلف می‌شود برابر با آهنگی است که انرژی در میدان مغناطیسی القاگر ذخیره می‌گردد؟

• ۶۴ در لحظه‌ی $t = ۰$، یک باتری به‌طور متوالی به یک مقاومت و یک القاگر بسته شده است. با چه مضربی از ثابت زمانی القایی، انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی القاگر ۰٫۵۰۰ برابر مقدار حالت پایای آن می‌شود؟

•• ۶۵ برای مدار شکل ۳۰-۱۶، فرض کنید $\mathscr{E} = ۱۰٫۰V$، $R = ۶٫۷۰\Omega$، و $L = ۵٫۵۰H$ است. باتری آرمانی در لحظه‌ی $t = ۰$ بسته شده است. (الف) در حین ۲٫۰۰s اول، چقدر انرژی توسط باتری آزاد می‌شود؟ (ب) چقدر از این انرژی در میدان مغناطیسی القاگر ذخیره می‌شود؟ (پ) چقدر از این انرژی در مقاومت تلف می‌شود؟

بخش ۳۰-۸ چگالی انرژی میدان مغناطیسی

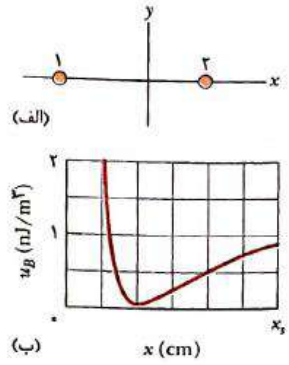
• ۶۶ یک حلقه‌ی دایره‌ای سیمی به شعاع ۵۰mm حامل جریان ۱۰۰A است. (الف) شدت میدان مغناطیسی و (ب) چگالی در مرکز این حلقه را به‌دست آورید.

• ۶۷ سیملوله‌ای به طول ۸۵٫۰cm دارای مقطعی به مساحت ۱۷٫۰cm² است. این سیملوله دارای ۹۵۰ دور سیم حامل جریان ۶٫۶۰A است. (الف) چگالی انرژی میدان مغناطیسی داخل سیملوله را محاسبه کنید. (ب) انرژی کلّ ذخیره شده در میدان مغناطیسی را به‌دست آورید (از اثر دو انتهای سیملوله چشم‌پوشی کنید).

• ۶۸ یک القاگر چنبره‌ای با القاییدگی ۹۰٫۰mH حجمی برابر ۰٫۲۰۰m³ را در بر دارد. اگر چگالی انرژی متوسط چنبره ۷۰٫۰J/m² باشد، جریان عبوری از القاگر چقدر است؟

• ۶۹ ILW بزرگی یک میدان الکتریکی یکنواخت باید چقدر باشد تا چگالی انرژی آن با چگالی انرژی مربوط به یک میدان مغناطیسی ۰٫۵۰T برابر شود؟

•• ۷۰ GO شکل ۳۰-۶۷ الف مقطع دوسیم مستقیم، موازی و بسیار بلند را نشان می‌دهد. نسبت i_1/i_2 جریانی که سیم ۱ حمل می‌کند به جریانی که سیم ۲ حامل آن است برابر با ۱/۳ است. سیم ۱ در مکان خود ثابت شده است. سیم ۲ می‌تواند در سوی مثبت محور x حرکت کند و بدین ترتیب چگالی انرژی مغناطیسی u_B ی ایجاد شده توسط این دو جریان را در مبدأ تغییر دهد. شکل ۳۰-۶۵ ب، u_B را برحسب تابعی از مکان x سیم ۲ نشان می‌دهد. این منحنی، وقتی $x \to \infty$ میل کند دارای مجانب $u_B = 1{,}96\,\mathrm{nJ/m^3}$ است و محور افقی آن با $x_s = 60{,}0\,\mathrm{cm}$ مقیاس‌بندی شده است. (الف) i_1 و (ب) i_2 چقدر است؟



شکل ۳۰-۶۷ مسئله‌ی ۷۰

•• ۷۱ طولی از یک سیم مسی حامل جریان ۱۰A است که به‌طور یکنواخت در مقطع آن توزیع شده است. چگالی انرژی (الف) میدان مغناطیسی و (ب) میدان الکتریکی را روی سطح سیم محاسبه کنید. قطر سیم ۲٫۵mm و مقاومت بر طول آن ۳٫۳Ω/km است.

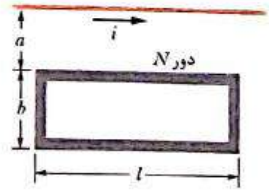
بخش ۳۰-۹ القایش متقابل

• ۷۲ پیچه‌ی ۱ دارای $L_1 = 25\,\mathrm{mH}$ و دور $N_1 = 100$ است. پیچه‌ی ۲ دارای $L_2 = 40\,\mathrm{mH}$ و دور $N_2 = 200$ است. این پیچه‌ها در مکان‌های خود ثابت شده‌اند. القاییدگی متقابل آنها ۳٫۰mH است. جریان ۶٫۰mA در پیچه‌ی ۱ با آهنگ ۴٫۰A/s تغییر می‌کند. (الف) شار مغناطیسی Φ_{21} که به پیچه‌ی ۱ پیوند می‌خورد و (ب) emf خودالقاییده‌ای که در این پیچه ظاهر می‌شود چقدر است؟ (پ) شار مغناطیسی Φ_{12} که به پیچه‌ی ۲ پیوند می‌خورد و (ت) emf القاییده‌ی متقابلی که در این پیچه ظاهر می‌شود، چقدر است؟

• ۷۳ دو پیچه در مکان‌هایی ثابت شده‌اند. وقتی پیچه‌ی ۱ حامل هیچ جریانی نیست و جریان پیچه‌ی ۲ با آهنگ ۱۵٫۰A/s افزایش می‌یابد، emf پیچه‌ی ۱ برابر با ۲۵٫۰mV است. (الف) القاییدگی متقابل آنها چقدر است؟ (ب) وقتی پیچه‌ی ۲ حامل جریانی نیست و پیچه‌ی ۱ دارای جریان ۳٫۶۰A است، شار پیوندی در پیچه‌ی ۲ چقدر است؟

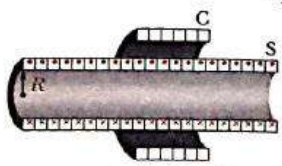
• ۷۴ دو سیملوله بخشی از یک پیچه‌ی جرقه‌ی استارت یک اتومبیل‌اند. وقتی جریان یک سیملوله در عرض ۲٫۵ms از ۶٫۰A به صفر افت کند، emf ای برابر ۳۰kV در سیملوله‌ی دیگر القا می‌شود. القاییدگی متقابل M سیملوله‌ها چقدر است؟

•• ۷۵ ILW حلقه‌ای مستطیلی از N دور سیم تنگ هم پیچیده، مانند شکل ۳۰-۶۸ در نزدیکی یک سیم مستقیم بلند قرار دارد. اگر $N = 100$، $a = 1{,}0\,\mathrm{cm}$، $b = 8{,}0\,\mathrm{cm}$، و $l = 30\,\mathrm{cm}$ باشد، القاییدگی متقابل M برای این ترکیب حلقه- سیم چقدر می‌شود؟



شکل ۳۰-۶۸ مسئله‌ی ۷۵

•• ۷۶ پیچه‌ی C با N دور، مانند شکل ۳۰-۶۹، دور سیملوله‌ی بلند S به شعاع R و تعداد دور بر واحد طول n قرار داده شده است. (الف) نشان دهید القاییدگی متقابل ترکیب پیچه- سیملوله با $M = \mu_0 \pi R^2 nN$ داده می‌شود. (ب) توضیح دهید که چرا M به شکل، اندازه، یا امکان اینکه سیم‌های پیچه تنگ هم پیچیده نشده باشند، بستگی ندارد.



شکل ۳۰-۶۹ مسئله‌ی ۷۶

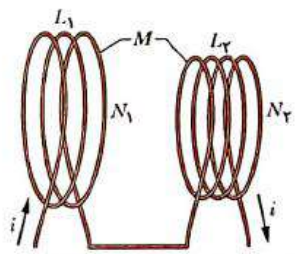
●● ۷۷ دو پیچه که مانند شکل ۳۰-۷۰ به هم بسته شده‌اند، هریک جداگانه دارای القاییدگی‌های L_1 و L_2 هستند. القاییدگی متقابل آنها M است. (الف) نشان دهید این ترکیب را می‌توان با یک پیچه‌ی تنها جایگزین کرد که القاییدگی معادل آن چنین داده می‌شود

$$L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M$$

(ب) پیچه‌های شکل ۳۰-۶۸ را چگونه می‌توان دوباره بست تا القاییدگی متقابل آنها چنین شود

$$L_{eq} = L_1 + L_2 - 2M$$

(این مسئله، تعمیمی از مسئله‌ی ۴۷ است، ولی شرط اینکه پیچه‌ها در مسافت دوری از هم باشند در اینجا کنار گذاشته شده است).

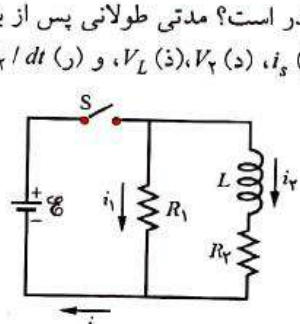


شکل ۳۰-۷۰ مسئله‌ی ۷۷

مسئله‌های تکمیلی

۷۸ در لحظه‌ی $t = 0$، اختلاف پتانسیل $12.0\,V$ به‌طور ناگهانی به دو سر پیچه‌ای با القاییدگی $23.0\,mH$ و مقاومت معین R اعمال می‌شود. در زمان $t = 0.150\,ms$، جریان عبوری از القاگر با آهنگ $280\,A/s$ تغییر می‌کند. R را محاسبه کنید.

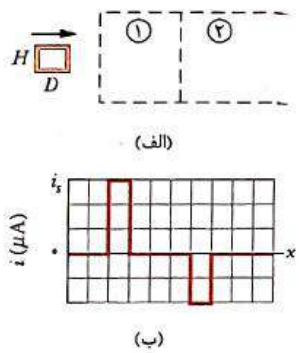
۷۹ در شکل ۳۰-۷۱، باتری آرمانی است، $\mathscr{E} = 10\,V$، $R_1 = 5.0\,\Omega$، $R_2 = 10\,\Omega$، و $L = 5.0\,H$ است. کلید S در لحظه‌ی $t = 0$ بسته می‌شود. درست پس از بسته شدن کلید (الف) i_1، (ب) i_2، (پ) جریان i_s عبوری از کلید، (ت) اختلاف پتانسیل V_2ی دو سر مقاومت ۲، (ث) اختلاف پتانسیل V_L دو سر القاگر، و (ج) آهنگ تغییر di_2/dt چقدر است؟ مدتی طولانی پس از بسته شدن کلید (چ) i_1، (ح) i_2، (خ) i_s، (د) V_2، (ذ) V_L، و (ر) di_2/dt چقدر می‌شود؟



شکل ۳۰-۷۱ مسئله‌ی ۷۹

۸۰ در شکل ۳۰-۶۳، $R = 4.0\,k\Omega$، $L = 8.0\,\mu H$، و emf باتری آرمانی $\mathscr{E} = 16\,V$ است. چه مدت پس از بسته شدن کلید S، جریان برابر $2.0\,mA$ است؟

۸۱ شکل ۳۰-۷۲ الف یک حلقه‌ی رسانای مستطیلی به مقاومت $R = 0.020\,\Omega$، بلندی $H = 1.5\,cm$ و طول $D = 2.5\,cm$ را نشان می‌دهد که با تندی ثابت $v = 40\,cm/s$ در دو ناحیه با میدان مغناطیسی یکنواخت کشیده می‌شود. شکل ۳۰-۷۲ ب جریان i یی را که در حلقه القاً می‌شود برحسب تابعی از مکان x ضلع سمت راست حلقه نشان می‌دهد. محور قائم با $i_s = 3.0\,\mu A$ مقیاس‌بندی شده است. مثلاً، با ورود حلقه به ناحیه‌ی ۱، جریانی برابر با i_s به‌طور ساعتگرد در حلقه القاً می‌شود. (الف) بزرگی و (ب) جهت (رو به داخل یا رو به خارج صفحه‌ی شکل) میدان مغناطیسی در ناحیه‌ی ۱ چیست؟ (پ) بزرگی و (ت) جهت میدان مغناطیسی در ناحیه‌ی ۲ چیست؟

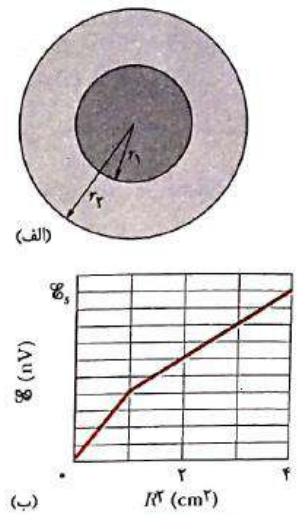


شکل ۳۰-۷۲ مسئله‌ی ۸۱

۸۲ میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ عمود بر صفحه‌ی یک حلقه‌ی سیمی دایره‌ای به شعاع r است. بزرگی این میدان طبق معادله‌ی $B = B_0 e^{-t/\tau}$ با زمان تغییر می‌کند، که در آن B_0 و τ ثابت‌اند. عبارتی برای emf حلقه برحسب تابعی از زمان به‌دست آورید.

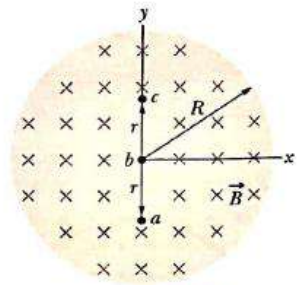
۸۳ با بسته شدن کلید S در شکل ۳۰-۶۳ در لحظه‌ی $t = 0$، جریانی در القاگر $15.0\,mH$ و مقاومت $20.0\,\Omega$ برقرار می‌شود. در چه زمانی emf دو سر القاگر برابر با اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت است؟

۸۴ شکل ۳۰-۷۳ الف دو ناحیه‌ی هم‌مرکز دایره‌ای را نشان می‌دهد که در آنها میدان‌های مغناطیسی یکنواخت می‌توانند تغییر کنند. در ناحیه‌ی ۱، به شعاع $r_1 = 1.0\,cm$، میدان مغناطیسی برون‌سوی $\vec{B}_1$ وجود دارد که بزرگی آن در حال افزایش است. ناحیه ۲، به شعاع $r_2 = 2.0\,cm$ دارای میدان مغناطیسی برون‌سوی $\vec{B}_2$ است که آن نیز تغییر می‌کند. یک حلقه‌ی رسانا به شعاع R را، هم‌مرکز با این دو ناحیه تصور کنید و سپس نیروی محرکه‌ی الکتریکی $\mathscr{E}$ را به دور این حلقه به‌دست آورید. شکل ۳۰-۷۳ ب نیروی محرکه‌ی الکتریکی $\mathscr{E}$ را برحسب تابعی از مربع شعاع R^2ی حلقه تا لبه‌ی خارجی ناحیه‌ی ۲ نشان می‌دهد. (الف) آهنگ dB_1/dt و (ب) آهنگ dB_2/dt چقدر است؟ (پ) آیا بزرگی $\vec{B}_2$ در حال افزایش است یا کاهش، و یا اینکه ثابت باقی می‌ماند؟



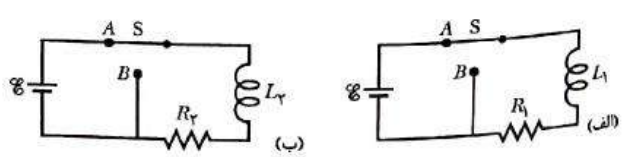
شکل ۳۰-۷۳ مسئله‌ی ۸۴

۸۵ شکل ۳۰-۷۴ یک میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ را نشان می‌دهد که در حجمی استوانه‌ای به شعاع R محدود شده است. بزرگی $\vec{B}$ با آهنگ ثابت $10\,mT/s$ کاهش پیدا می‌کند. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، شتاب اولیه‌ی الکترونی که از (الف) نقطه‌ی a (به فاصله‌ی شعاعی $r = 5.0\,cm$)، (ب) نقطه‌ی b ($r = 0$)، و (پ) نقطه‌ی c ($r = 5.0\,cm$) رها می‌شود، چقدر است؟



شکل ۳۰-۷۴ مسئله‌ی ۸۵

۸۶ در شکل ۳۰-۷۵ الف، کلید S آنقدر روی A بسته مانده است که جریانی پایا در القاگری با القاییدگی $L = 5.00\,mH$ و مقاومتی به اندازه‌ی $R_1 = 25.0\,\Omega$ برقرار شده است. به همان ترتیب، در شکل ۳۰-۷۵ ب، کلید S آنقدر روی A بسته مانده است که جریانی پایا در القاگری با القاییدگی $L_2 = 3.00\,mH$ و مقاومتی به اندازه‌ی $R_2 = 30.0\,\Omega$ برقرار شده است. نسبت Φ_{02}/Φ_{01} شار مغناطیسی عبوری از یک دور القاگر ۱ برابر با ۱/۵۰ است. در لحظه‌ی $t = 0$، دو کلید روی B بسته می‌شوند. در چه زمانی t یی شار عبوری از یک دور، در هر دو القاگر برابر می‌شود؟



شکل ۳۰-۷۵ مسئله‌ی ۸۶

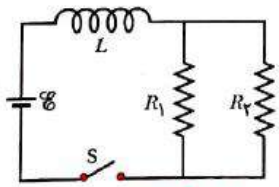
۸۷ صفحه‌ی یک حلقه‌ی سیمی مربعی به ضلع $20\,cm$ و به مقاومت $20\,m\Omega$ بر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $B = 2.0\,T$ عمود است. اگر ضلع‌های مقابل این حلقه را از هم دور کنید، دو ضلع دیگر خودبه‌خود به یکدیگر نزدیک می‌شوند و بدین ترتیب مساحتی که حلقه در بر دارد کاهش می‌یابد. اگر این مساحت در مدت $\Delta t = 0.20\,s$ به صفر کاهش پیدا کند، (الف) emf متوسط و (ب) جریان متوسط القا شده در حین Δt چقدر می‌شود؟

۸۸ وقتی جریان $2.00\,mA$ از پیچه‌ای ۱۵۰ دور می‌گذرد، شار عبوری از هر دور این پیچه $50.0\,nT.m^2$ است. (الف) القاییدگی پیچه چقدر است؟ (ب) القاییدگی و (پ) شار عبوری از هر دور پیچه وقتی جریان به $4.00\,mA$ افزایش می‌یابد چقدر می‌شود؟ (ت) اگر جریان عبوری از پیچه با $i = (3.00\,mA)\cos(377t)$ داده شود، بیشینه‌ی نیروی محرکه‌ی الکتریکی $\mathscr{E}$ دو سر پیچه چقدر است؟

۸۹ پیچه‌ای با القاییدگی $2.0\,H$ و مقاومت $10\,\Omega$ ناگهان به یک باتری آرمانی با $\mathscr{E} = 100\,V$ بسته می‌شود. (الف) جریان تعادل چقدر است؟ (ب) وقتی این جریان در پیچه وجود دارد، چقدر انرژی در میدان مغناطیسی ذخیره شده است؟

۹۰ پس از برداشتن باتری، چقدر طول می‌کشد تا اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت در یک مدار RL (با $L = 2.00\,H$، $R = 3.00\,\Omega$) به ۱۰٪ مقدار اولیه‌اش افت کند؟

۹۱ در مدار شکل ۳۰-۷۶، $R_1 = 20\,k\Omega$، $R_2 = 20\,\Omega$، $L = 50\,mH$، و emf آرمانی $\mathscr{E} = 40\,V$ است. کلید S پیش از آنکه در $t = 0$ بسته شود، برای مدتی طولانی باز بوده است. درست پس از بسته شدن کلید (الف) جریان i_{bat} عبوری از باتری و (ب) آهنگ di_{bat}/dt چقدر است؟ در $t = 3.0\,\mu s$ (پ) i_{bat} و (ت) di_{bat}/dt چقدر است؟ پس از مدتی طولانی (ث) i_{bat} و (ج) di_{bat}/dt چقدر می‌شود؟



شکل ۳۰-۷۶ مسئله‌ی ۹۱

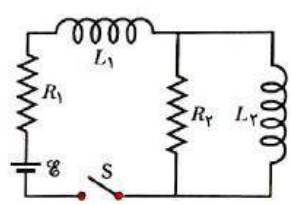
۹۲ شار پیوندی عبوری از پیچه‌ی معینی با مقاومت $0.75\,\Omega$، وقتی که از آن جریان $5.5\,A$ می‌گذرد. برابر با $26\,mWb$ است. (الف) القاییدگی پیچه را محاسبه کنید. (ب) اگر یک باتری آرمانی $6.0\,V$ به‌طور ناگهانی به دو سر پیچه بسته شود، چقدر طول می‌کشد تا جریان از ۰ به $2.5\,A$ افزایش یابد؟

۹۳ در شکل ۳۰-۶۳ یک باتری آرمانی $12.0\,V$، یک مقاومت

۲۰٫۰Ω، و یک القاگر توسط کلیدی در لحظه‌ی $t=0$ به هم متصل شده‌اند. در $t=1.61\tau_L$، باتری با چه آهنگی انرژی را به میدان مغناطیسی القاگر منتقل می‌کند؟

۹۴ یک سیملوله‌ی استوانه‌ای بلند با ۱۰۰دور/cm دارای شعاع ۱٫۶cm است. فرض کنید میدان مغناطیسی‌ای که سیملوله ایجاد می‌کند، موازی با محور آن و در داخل آن یکنواخت باشد. (الف) القاییدگی بر هر متر از طول سیملوله چقدر است؟ (ب) اگر جریان با آهنگ 13A/s تغییر کند، emf القا شده بر هر متر از طول سیملوله چقدر است؟

۹۵ در شکل ۳۰-۷۷، $R_1=8.0\Omega$، $R_2=10\Omega$، $L_1=0.30H$، $L_2=0.20\Omega$، و باتری آرمانی دارای $\mathscr{E}=6.0V$ است. (الف) درست پس از بسته شدن کلید S، جریان با چه آهنگی در القاگر ۱ تغییر می‌کند؟ (ب) وقتی جریان در حالت پایاست، جریان در القاگر ۱ چقدر است؟



شکل ۳۰-۷۷ مسئله‌ی ۹۵

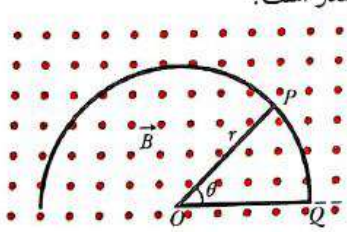
۹۶ یک حلقه‌ی سیمی مربعی در میدان مغناطیسی یکنواخت 0.24T قرار داده شده است که عمود بر صفحه‌ی حلقه است. طول هر ضلع این مربع با آهنگ ثابت 5.0cm/s کاهش پیدا می‌کند. وقتی طول هر ضلع 12cm است، emf القا شده در حلقه چقدر است؟

۹۷ در لحظه‌ی $t=0$، اختلاف پتانسیل 45V به‌طور ناگهانی به دو سر پیچه‌ای با القاییدگی $L=50mH$ و مقاومت $R=180\Omega$ اعمال می‌شود. در $t=1.2ms$ جریان عبوری از پیچه با چه آهنگی افزایش می‌یابد؟

۹۸ القاییدگی یک پیچه‌ی تنگ هم پیچیده شده به گونه‌ای است که وقتی جریان با آهنگ 500A/s تغییر کند، emf ای برابر 3.00mV در آن القا می‌شود. یک جریان پایای 8.00A شار مغناطیسی 40.0μWb را در هر حلقه ایجاد می‌کند. (الف) القاییدگی پیچه را محاسبه کنید. (ب) این پیچه چند دور است؟

۹۹ بزرگی میدان مغناطیسی در فضای بین ستاره‌ای کهکشان ما حدود $10^{-10}T$ است. در مکعبی به اضلاع ۱۰ سال‌نوری چقدر انرژی در این میدان ذخیره شده است؟ (برای آنکه به درکی از این مقیاس برسید، توجه کنید که نزدیکترین ستاره به ما در فاصله‌ی ۴٫۳ سال‌نوری است و شعاع کهکشان ما حدود 8×10^4 سال‌نوری است.)

۱۰۰ شکل ۳۰-۷۸ سیمی را نشان می‌دهد که به شکل کمانی دایره‌ای با شعاع $r=24.0cm$ و به مرکز O خم شده است. سیم مستقیم OP می‌تواند حول نقطه‌ی O بچرخد و با کمان تماسی لغزشی در P ایجاد کند. سیم مستقیم دیگر OQ، حلقه را کامل می‌کند. این سه سیم سطح مقطع $1.20mm^2$ و مقاومت ویژه‌ی $1.70\times10^{-8}\Omega$ دارند و مجموعه‌ی آنها در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $B=0.150T$ قرار گرفته است که جهت آن به سمت بیرون صفحه‌ی شکل است. سیم OP از حالت سکون و در زاویه‌ی $\theta=0$ شروع می‌کند و دارای شتاب زاویه‌ای ثابت $12rad/s^2$ است. برحسب تابعی از θ (به رادیان) (الف) مقاومت حلقه و (ب) شار مغناطیسی عبوری از حلقه را پیدا کنید. (پ) به‌ازای چه مقداری از θ جریان القایی بیشینه است و (ت) این جریان بیشینه چقدر است؟



شکل ۳۰-۷۸ مسئله‌ی ۱۰۰

۱۰۱ چنبره‌ای مقطعی مربعی به ضلع 5.00cm، شعاع داخلی 15.0cm، ۵۰۰ دور سیم، و جریان 0.800A دارد. شار مغناطیسی عبوری از مقطع این چنبره چقدر است؟