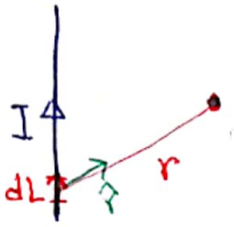
قانون بیو-ساوار:

اولین بار اورستد متوجه شد که یک سیم حامل جریان میدان مغناطیسی در اطراف خودش ایجاد می‌کند. یعنی می‌تواند به عقربه‌های قطب‌نما نیرو وارد کند و جهت عقربه را تغییر دهد.

یک سال بعد دو دانشمند فرانسوی به نام‌های بیو و ساوار اندازه میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط یک سیم حامل جریان را فرمول‌بندی کردند (بر اساس تجربه و آزمایش):



$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I\, d\vec{L} \times \hat{r}}{r^2}$$

dB میدان ناشی از المان سیم dL در فاصله r از آن

$\hat{r}$ بردار یکه در جهت خط واصل از المان مورد نظر تا جایی که می‌خواهیم میدان مغناطیسی را حساب کنیم

μ_0 تراوایی خلاء

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$ (شبیه ε_0) نشان‌دهنده توانایی مغناطیس‌پذیری محیط که تحت تأثیر میدان مغناطیسی B قرار گرفته است.

آن خاصیت محیط اطراف سیم حامل جریان I تحت تأثیر میدان سیم تغییر کند μ آن محیط با μ_0 فرق خواهد داشت.

* میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط یک سیم حامل جریان بر جهت جریان و بر راستای خط واصل سیم تا نقطه‌ای که میدان در آن نقطه را می‌خواهیم حساب کنیم عمود است.

* اگر بار ساکن در یک نقطه از فضا باشد، اطراف خودش میدان الکتریکی ایجاد می‌کند ولی میدان مغناطیسی ایجاد نمی‌کند (تک قطب مغناطیسی وجود ندارد).

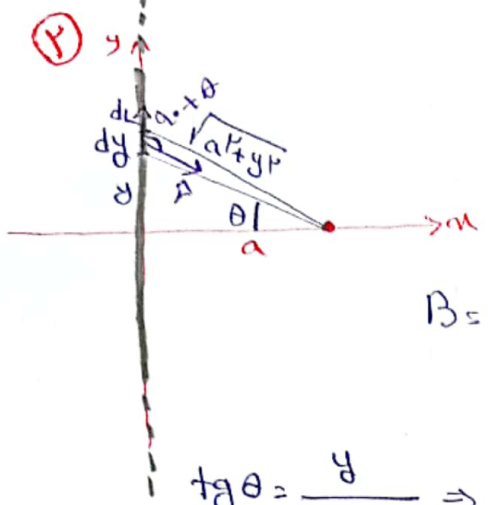
* میدان‌های الکتریکی ناشی از سیم حامل جریان هم عکس مجذوری ($\frac{1}{r^2}$) است.

* بردار $d\vec{L}$ در جهت جریان است.

مثال: میدان مغناطیسی ناشی از یک سیم مستقیم دراز حامل جریان I در یک نقطه به فاصله a از سیم را حساب کنید.

Scanned with CamScanner

(۲)



$$\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{I\,dy\,\sin(90+\theta)}{a^2+y^2}\,(-\hat{k})$$

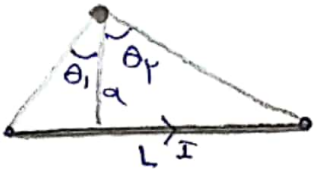
$$B = -\frac{\mu_0 I}{4\pi}\,\hat{k}\int \frac{dy\cos\theta}{a^2+y^2}$$

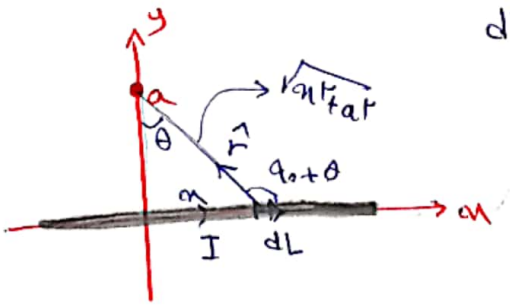
$$tg\theta = \frac{y}{a} \Rightarrow y = a\,tg\theta \Rightarrow dy = a(1+tg^2\theta)\,d\theta$$

$$B = -\frac{\mu_0 I}{4\pi}\,\hat{k}\int \frac{a(1+tg^2\theta)\,d\theta\cos\theta}{a^2+a^2tg^2\theta} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a}\,\hat{k}\int \cos\theta\,d\theta = \frac{-\mu_0 I\,\hat{k}}{4\pi a}\,\sin\theta\Big]_{-\pi/2}^{\pi/2}$$

$$= \frac{-\mu_0 I\,\hat{k}}{4\pi a}\,(1-(-1)) = -\frac{\mu_0 I}{2\pi a}\,\hat{k}$$

مثال ۲: میدان مغناطیسی یک سیم حامل جریان I به طول L (محدود) مستقیم در فاصله a از آن، به طوری که زاویه نقطه a از یک سر سیم θ_1 و از سر دیگر سیم θ_2 باشد.





$$\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{I\,dx\,\sin(90+\theta)}{x^2+a^2}\,\hat{k}$$

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\,\hat{k}\int \frac{dx\cos\theta}{x^2+a^2} = \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{4\pi}\int \frac{a(1+tg^2\theta)\,d\theta\cos\theta}{a^2tg^2\theta+a^2}$$

$$tg\theta = \frac{x}{a} \Rightarrow dx = a(1+tg^2\theta)\,d\theta$$

$$x = a\,tg\theta$$

$$= \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{4\pi a}\int \cos\theta\,d\theta = \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{4\pi a}\,\sin\theta\Big]_{-\theta_1}^{\theta_2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\,\hat{k}\,(\sin\theta_2 - \sin(-\theta_1))$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\,\hat{k}\,(\sin\theta_2 + \sin\theta_1)$$

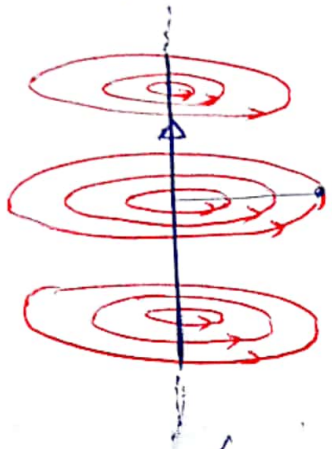
← سمت چپ محور θ منفی است زیرا $x = a\,tg\theta$ و هم منفی هستند

Scanned with CamScanner

مثال ۳: میدان مغناطیسی سیم داره شده در نقطه o

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{d\vec{L}\times\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{dL\sin 0}{r^2} = 0$$

سیم حامل جریان در راستای خودش میدان مغناطیسی ایجاد نمی‌کند. میدان همیشه به راستای سیم عمود است

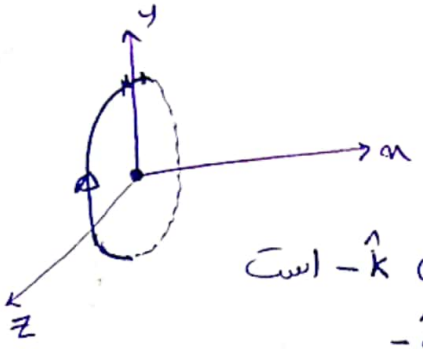


میدان مغناطیسی یک سیم حامل جریان بسیار بلند در اطراف آن به صورت دایره های هم مرکز که مرکز همه آنها بر روی سیم قرار دارد. این دایره ها در صفحاتی عمود بر سیم هستند. شدت آنها متناسب با $\frac{1}{r^2}$ کم می‌شود

خطوط میدان مغناطیسی نیز شبیه به میدان الکتریکی همدیگر را قطع نمی‌کنند

برخلاف خط میدان الکتریکی که به بارهای الکتریکی ختم می‌شوند این خطوط همیشه بسته اند (زیرا تک قطب مغناطیسی وجود ندارد.) انگشت شست در راستای جریان جهت چرخش ۴ انگشت جهت میدان مغناطیسی

مثال ۴ میدان مغناطیسی یک حلقه سیم بسته به شعاع R بر روی محور آن و در مرکز آن



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\vec{L}\times\hat{r}}{4r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dL\sin 90}{R^2}\overbrace{(-\hat{k}\times-\hat{j})}^{-\hat{i}}$$

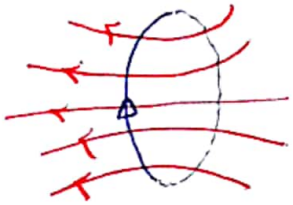
المان را جایی که محور حلقه را قطع می‌کند در نظر می‌گیریم پس جهت $d\vec{L}$ در راستای $-\hat{k}$ است

لذا آن المان به مرکز وصل می‌کنیم بردار $\hat{r}$ می‌شود که به سمت پایین است یعنی $-\hat{j}$

همه المان ها میدانی که ایجاد می‌کنند در راستای $-\hat{i}$ است.

$$d\vec{B} = \frac{-\mu_0 I\,\hat{i}}{4\pi R^2}\int dL = \frac{-\mu_0 I\,\hat{i}}{2\cancel{4}\pi R^{\cancel{2}}}\,\cancel{2}\pi\cancel{R} = \frac{-\mu_0 I}{2R}\,\hat{i}$$

پس برای تعیین میدان مغناطیسی سیم حامل جریان:

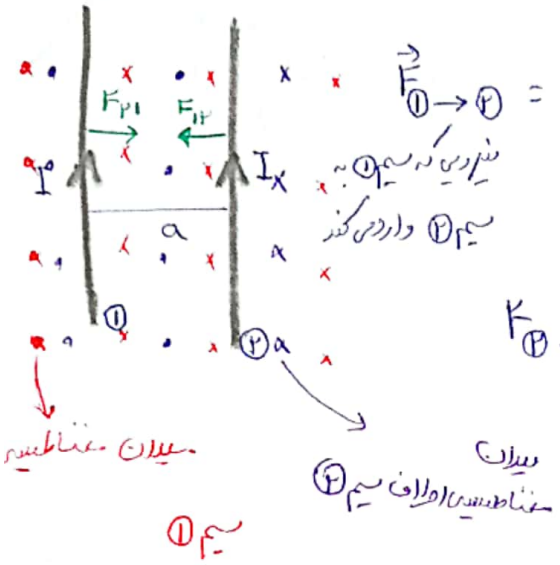


۴ انگشت شست دست راست را در جهت جریان قرار می‌دهیم و همجهت با جریان می‌چرخانیم، انگشت ۴ جهت خط میدان مغناطیسی است

Scanned with CamScanner

①

نیروی مغناطیسی بین دو سیم حامل جریان هم‌سوی I که به فاصله a از یکدیگر قرار گرفته باشند



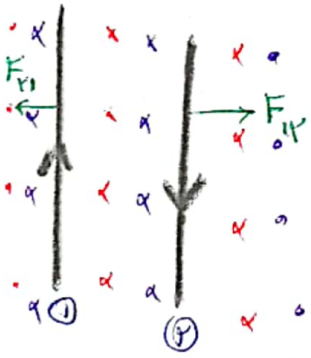
$$\vec{F}_{①\to②} = I\,\vec{L}_{②} \times \vec{B}_{①} = IL\,\frac{\mu_0 I}{2\pi a} = \frac{\mu_0 I^2 L}{2\pi a}\,(-\hat{i})$$

نیرویی که سیم ① به سیم ② وارد می‌کند

$$F_{②\to 1} = I\,\vec{L}_{①} \times \vec{B}_{②} = IL\,\frac{\mu_0 I}{2\pi a} = \frac{\mu_0 I^2 L}{2\pi a}\,\hat{i}$$

قانون سوم نیوتن

اگر جهت جریان خلاف جهت همدیگر باشد؟

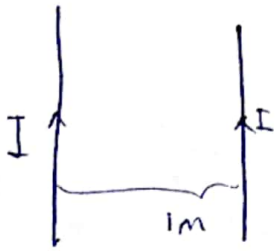


$$\vec{F}_{①\to②} = I\,L_{②} \times B_{①} = IL\,\frac{\mu_0 I}{2\pi a} = \frac{\mu_0 I^2 L}{2\pi a}\,\hat{i}$$

$$F_{②\to①} = I\,L_{①} \times B_{②} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}\,IL = \frac{\mu_0 I^2 L}{2\pi a}\,-\hat{i}$$

دو سیم حامل جریان با جریان‌های هم‌سو یکدیگر را جذب می‌کنند و دو سیم با جریان‌های غیرهم‌سو یکدیگر را دفع می‌کنند.

تعریف آمپر: اگر دو سیم موازی بسیار بلند حامل جریان‌های مساوی در فاصله یک متری نسبت به هم دیگر قرار داشته باشند، هر نیرویی که این دو سیم به همدیگر وارد می‌کنند برابر با $2\times10^{-7}\,N$ در واحد طول باشد، در این صورت جریانی که در سیم‌ها عبور می‌کرده است یک آمپر بوده است.



$$F = \frac{\mu_0 I^2 (1m)}{2\pi} = \frac{4\pi\times10^{-7}}{2\pi}\,I^2 = 2\times10^{-7}\,I^2$$

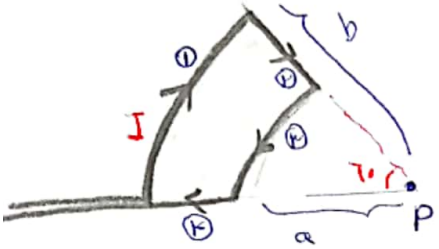
اگر $F = 2\times10^{-7}\,N \Rightarrow I = 1A$

Scanned with CamScanner

۲

در واقع اندازه نیروی بین سیم های حامل جریان بسیار راحت تر است از اندازه گیری نیروی بین سیم های حامل جریان. به همین دلیل از طریق نیروی که سیم های حامل جریان به همدیگر وارد می کنند آمپر را تعریف می کنیم و نظریه آمپر بار الکتریکی را تعریف می کنیم.

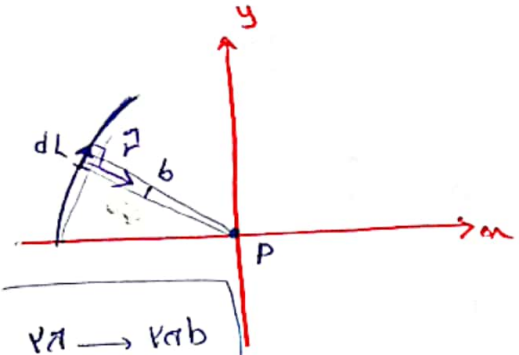
مسئله ب - ۸ فصل ۳۱ کتاب هوگسون: فرض کنید حلقه ی حامل جریان در شکل متشکل از هفت قطعه شعاعی و دو قسمت دایره ای به مرکز P باشند. بزرگی و جهت میدان مغناطیسی B را در نقطه P را تعیین کنید.



$$B_{②} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\vec{L}\times\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0 I\,dL}{4\pi r^2}\sin 0 = 0$$

$$B_{④} = 0$$

سیم های حامل جریان در راستای طول خودشان میدان مغناطیسی ایجاد نمی کنند.



$$\vec{dB}_{①} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\vec{L}\times\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi b^2}\,dL\sin 90\,(-\hat{k})$$

$$B_{①} = \frac{\mu_0 I}{4\pi b^2}(-\hat{k})\int dL = \frac{\mu_0 I(-\hat{k})}{4\pi b^2}L\,\frac{\pi}{3}b = \frac{\mu_0 I L}{12 b}(-\hat{k})$$

$$2\pi \longrightarrow 2\pi b$$

$$\frac{\pi}{3} \longrightarrow \frac{\pi b}{3}$$

$R\theta$ = طول کمان مقابل با زاویه θ

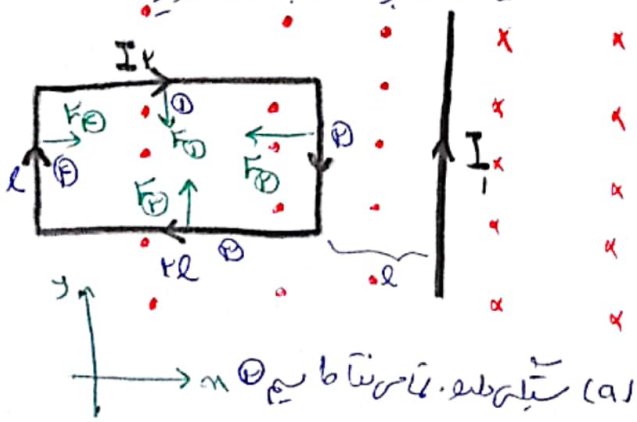
به همین ترتیب برای سیم ③ داریم

$$B_{③} = \frac{\mu_0 I L}{12 a}(+\hat{k})$$

$$B_{کل} = \vec{B}_{①} + \cancel{\vec{B}_{②}} + \vec{B}_{③} + \cancel{\vec{B}_{④}} = \frac{\mu_0 I L}{12}\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{b}\right)\hat{k}$$

$$0 \qquad 0$$

مسئله ب - ۱۰ فصل ۳۱ هوگسون: در شکل فرض کنید جریان $I_1 = 20A$ در سیم مستقیم و جریان ساعتگرد $I_2 = 8A$ در حلقه مستطیل جاری باشد. اگر $l = 8cm$ باشد نیروی مغناطیسی وارد بر حلقه را بدست آورید.



$$\vec{F}_{②} = I_2\vec{L}\times\vec{B}_1 = I_2\,\cancel{l}\,\frac{\mu_0 I_1}{2\pi\cancel{l}}(-\hat{i})$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}(-\hat{i})$$

میدان مغناطیسی ناشی از سیم مستقیم در تمامی نقاط عرض استوانه یکنواخت است زیرا میدان $\frac{\mu_0 I}{2\pi a}$ فقط به فاصله عمودی تا سیم (a) بستگی دارد. تمامی نقاط سیم ②

Scanned with CamScanner

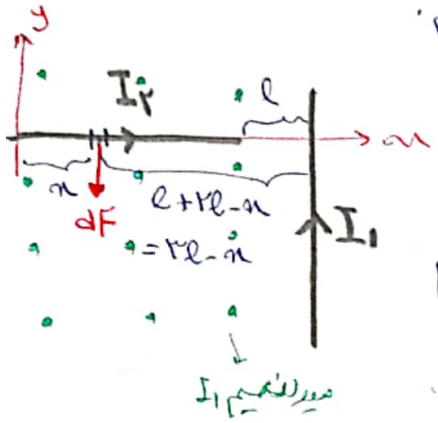
(۳)

در سیم مستقیم I_1 به فاصله l قرار دارند پس میدان سیم I_1 در محل سیم (۲) یکنواخت

$$F_{(2)} = I_{(2)} \vec{L} \times \vec{B}_{(1)} = I_2 l \frac{\mu_0 I_1 \sin 90}{2\pi(2l+l)} (\hat{i}) = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi \times 3l} (\hat{i}) = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{6\pi} \hat{i}$$

نیروهایی که به سیم‌های (۱) و (۳) وارد می‌شوند با هم برابرند ولی در خلاف جهت هستند پس هر یک را محاسبه می‌کنیم.

برای یادگیری بیشتر می‌دارد بر یک سیم در میدان غیر یکنواخت یکی را حساب می‌کنیم.

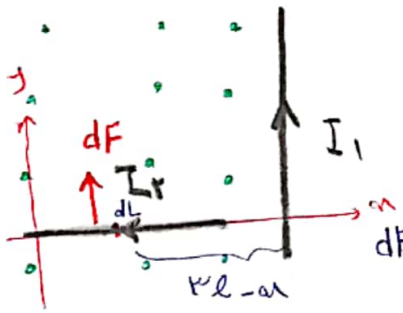


$$d\vec{F}_{(2)} = I_2 d\vec{L} \times \vec{B}_{(1)} = I_2 dx \frac{\mu_0 I_1 \sin 90}{2\pi(3l-x)} (-\hat{j})$$

$$F_{(2)} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} (-\hat{j}) \int \frac{dx}{3l-x} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} (-\hat{j}) \left(-\ln(3l-x)\right)$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \hat{j} \ln(3l-x) \Big]_0^{2l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \hat{j} \ln \frac{3l-2l}{3l-0} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \hat{j} \ln \frac{l}{3l}$$

$$= -\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln 3 \, \hat{j}$$



سیم (۳) نسبت به سیم (۱) تنها جهت جریان برعکس شده.

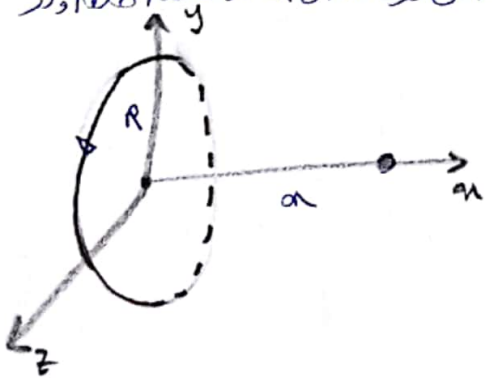
میدان مغناطیسی ناشی از سیم (۱) به دلیل اینکه طول بسیار بلندی دارد

در محل سیم (۱) و (۳) با هم برابر است و تفاوتی ندارند

$$d\vec{F}_{(3)} = I_2 d\vec{L} \times \vec{B}_{(1)}$$

$$d\vec{F}_{(3)} = I_2 \, dL \frac{\mu_0 I_1}{2\pi(3l-x)} (\hat{j}) \rightarrow \cdots\cdots \rightarrow F_{(3)} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln 3 (\hat{j})$$

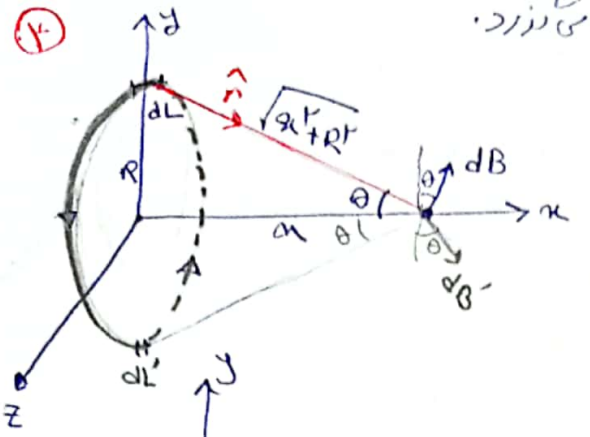
مسئله ۶ - ۱۷ فصل ۳۱ هورسون: همانطور که در شکل نشان داده شده است، یک حلقه دایره‌ای به شعاع R حامل جریان I است. نشان دهید میدان مغناطیسی در نقطه‌ای در فاصله‌ی x از صفحه حلقه و در امتداد محور حلقه برابر است با



$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{(x^2+R^2)^{3/2}} \hat{i}$$

Scanned with CamScanner

برای سادگی ابتدا المانی که در نظر می‌گیریم المانی است که محور y ها از آن می‌گذرد.

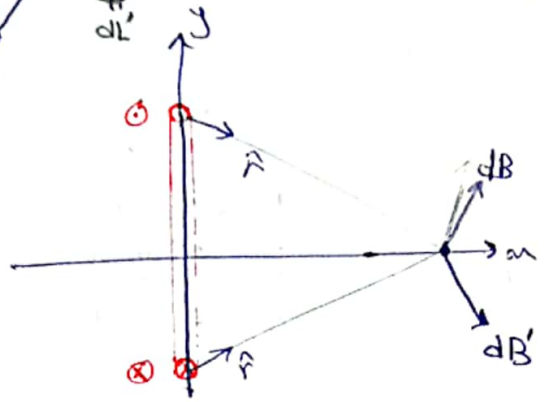


$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\vec{L}\times\hat{r}}{r^2}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dL\,\sin 90}{x^2+R^2}\left(\sin\theta\,\hat{i}+\cos\theta\,\hat{j}\right)$$

dB' میدانی است که المان متقابل (dL') ایجاد می‌کند.

این دو المان میدان یکدیگر مولفه‌های در راستای محور y ها را خنثی می‌کنند.



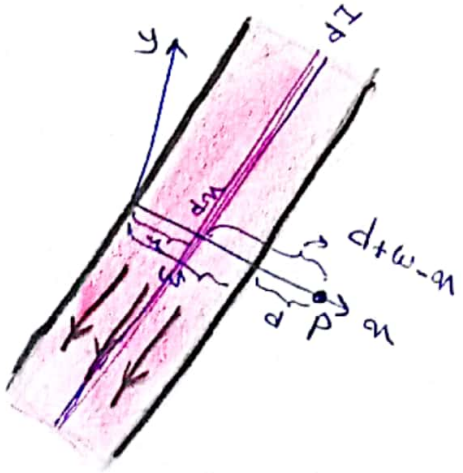
بنابراین این دو المان تنها میدان در راستای محور افقی x ایجاد می‌کنند. بقیه المان‌ها نیز دوبدو به همین طریق میدان‌هایی که در صفحه عمود بر محور x ایجاد می‌کنند خنثی می‌کنند و فقط مولفه‌های در راستای محور x باقی می‌مانند

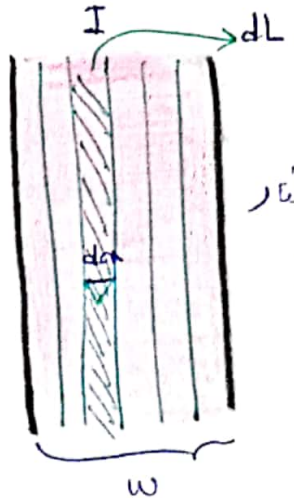
$$\vec{B}_x = \int \frac{\mu_0 I\,dL}{4\pi(x^2+R^2)}\sin\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi(x^2+R^2)}\left(\frac{R}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)\int dL = \frac{\mu_0 I\, 2\pi R\, R}{2\,4\pi\,(x^2+R^2)^{3/2}}$$

$\sin\theta$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2}\,\frac{R^2}{(x^2+R^2)^{3/2}}\,\hat{i}$$

مسئله ج-۳۳ فصل ۳۱ هورسون: یک نوار رسانای نازک به پهنای w جریان کل I را در امتداد طولش حمل می‌کند. این جریان همانطور که در شکل نشان داده شده است به طور یکنواخت در پهنای نوار توزیع شده است. میدان مغناطیسی B را در یک نقطه خارج از نوار (P) واقع در صفحه نوار و در فاصله‌ی d از یک طرف نوار بدست آورید





نوار را متشکل از تعداد زیادی سیم حامل جریان در نظر می‌گیریم که این سیم‌ها طولی موازی و در کنار هم هستند. جریان هر کدام dI است و جریان همه آنها با هم I جریان کل نوار می‌شود. اگر ضخامت هر سیم نازک dx در نظر بگیریم

Scanned with CamScanner

(۵)

$$\frac{I}{w} = \frac{dI}{dx} \Rightarrow dI = \frac{I}{w}\,dx$$

جریان هر سیم نازک متناسب با ضخامت آن است.

میدان هر سیم برابر است با:

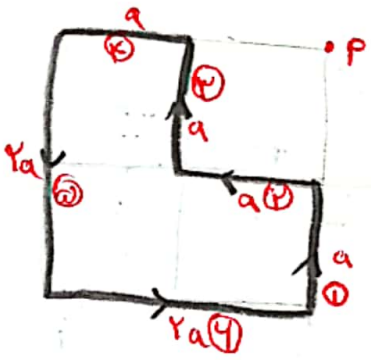
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0\, dI}{2\pi(d+w-x)}(\hat{j}) = \frac{\mu_0 I\, dx}{2\pi w(d+w-x)}\hat{j}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I\,\hat{j}}{2\pi w}\int \frac{dx}{d+w-x} = -\frac{\mu_0 I}{2\pi w}\hat{j}\,\ln(d+w-x)\Big]_0^w = -\frac{\mu_0 I}{2\pi w}\hat{j}\,\ln\frac{d}{d+w}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{2\pi w}\ln\left(\frac{d+w}{d}\right)\hat{j}$$

مسئله ۳۱ فصل ۲۹ هالیدی: در شکل طول a برابر ۲۷ cm و جریان i برابر ۱۳A است.

الف) بزرگی و ب) جهت میدان مغناطیسی در نقطه P چیست؟

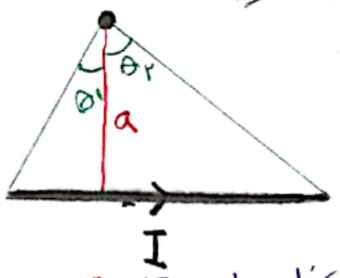


$B_{①} = \vec{B}_{④} = 0$

سیم های حامل جریان در امتداد خودشان میدان مغناطیسی ایجاد نمی کنند

برای بقیه سیم ها از نتیجه ای که قبلاً بدست آمده بود استفاده می کنیم (واسطه زمین)

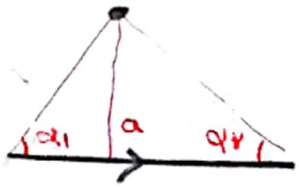
میدان مغناطیسی یک سیم به طول محدود در یک نقطه به فاصله a از آن به طوری که زاویه آن نقطه در یک سر سیم نسبت به راستای قائم θ_1 و از سر دیگر سیم θ_2 باشد:



$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2)$$

θ_1 و θ_2 قدر مطلق زاویه ها هستند

[اثبات این رابطه را باید بلد باشید]



$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}(\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2)$$

اثبات به عهده دانشجو

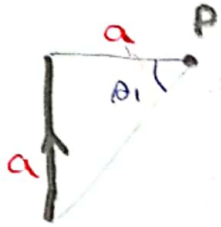
Scanned with CamScanner

(4)

$\theta_2 = 0$

$\theta_1 = 45^\circ$

$$B_{(1)} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\left(\frac{\sqrt{2}}{2} + 0\right) = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\frac{\sqrt{2}}{2}(-\hat{k})$$



$\theta_1 = 45^\circ$

$\theta_2 = 0$

$$B_{(2)} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\left(\frac{\sqrt{2}}{2} + 0\right) = \frac{\mu_0 I \sqrt{2}}{8\pi a}(-\hat{k})$$

به همین ترتیب برای دو سیم دیگر داریم

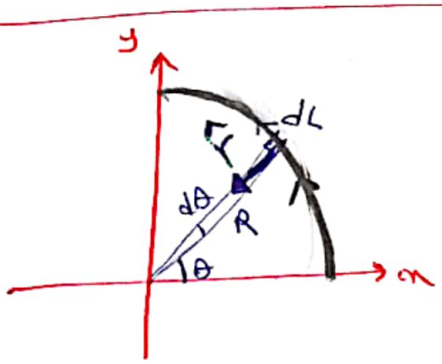
$$B_{(3)} = \frac{\mu_0 I}{4\pi (2a)}\frac{\sqrt{2}}{2}(\hat{k})$$

$$B_{(4)} = \frac{\mu_0 I}{4\pi (2a)}\frac{\sqrt{2}}{2}(\hat{k})$$

$$\vec{B}_{\text{برایند}} = \cancel{\vec{B}_{(1)}}^{\,0} + \vec{B}_{(2)} + \vec{B}_{(3)} + \cancel{\vec{B}_{(4)}}^{\,0} + \vec{B}_{(5)} + \vec{B}_{(6)} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\frac{\sqrt{2}}{2}\left(-\hat{k} - \cancel{\hat{k}} + \frac{\cancel{\hat{k}}}{\cancel{2}} + \frac{\cancel{\hat{k}}}{\cancel{2}}\right)$$

$$= \frac{\mu_0 I \sqrt{2}}{8\pi a}(-\hat{k})$$

میدان مغناطیسی یک ربع حلقه حامل جریان در مرکز آن:



$$\vec{dB} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dL \sin 90 \, \hat{k}}{R^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} R\,d\theta\,\hat{k}$$

θ زاویه مقابل حلقه حامل جریان است.

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\hat{k}\int d\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\theta\,\hat{k}$$

برای ربع حلقه $\theta = \frac{\pi}{2}$ است.

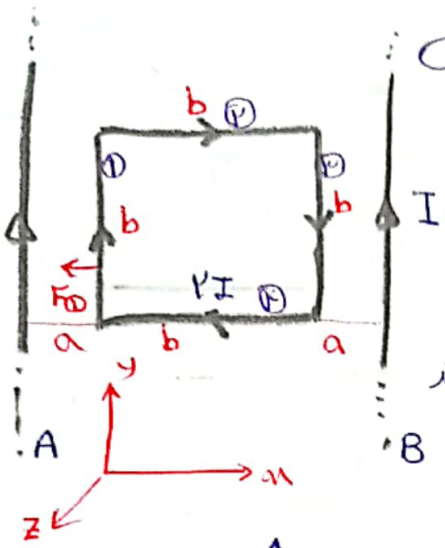
$$B_{\text{ربع حلقه}} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\frac{\pi}{2}\hat{k} = \frac{\mu_0 I}{8R}\hat{k}$$

$$B_{\text{نیم حلقه}} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\pi\,\hat{k} = \frac{\mu_0 I}{4R}\hat{k}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\theta$$ میدان یک حلقه که زاویه مقابل آن θ باشد → این را باید بلد باشید.

Scanned with CamScanner

۷) حلقه‌ای مربعی شکل مطابق شکل زیر بین دو سیم حامل جریان به طول بی‌نهایت قرار دارد. نیروی برایند وارد بر حلقه را حساب کنید.



میدان مغناطیسی دو سیم در نقاط بررسی یعنی ① و ② یکنواخت هستند پس لازم نیست محاسبه کنیم

نمونه سؤال

$$F_{①} = 2I\, b \times \underbrace{\left(\vec{B}_A + \vec{B}_B\right)}_{\text{برایند } B}$$

$$\vec{B}_{\text{برایند}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}(-\hat{k}) + \frac{\mu_0 I}{2\pi(b+a)}\hat{k} = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\hat{k}\left(-\frac{1}{a} + \frac{1}{b+a}\right)$$

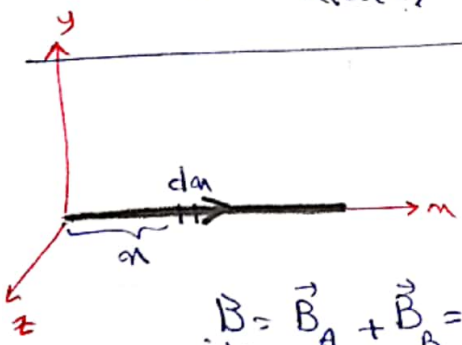
$$= \frac{-\mu_0 I}{2\pi}\hat{k}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b+a}\right)$$

$$F_{①} = 2I\, b\, \frac{\mu_0 I}{2\pi}\hat{k}\underbrace{(\hat{j}\times(-\hat{k}))}_{-\hat{i}}\left(\frac{b}{a(b+a)}\right) = \frac{\mu_0 I^2}{\pi}\frac{b^2}{a(b+a)}(-\hat{i})$$

$$\vec{F}_{②} = 2I\, b \times \left(\vec{B}_A + \vec{B}_B\right) = 2I\, \overbrace{b}^{(-\hat{j})} \times \underbrace{\left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a}\hat{k} - \frac{\mu_0 I}{2\pi(a+b)}\hat{k}\right)}_{\frac{\mu_0 I}{2\pi}\hat{k}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a+b}\right) = \frac{\mu_0 I \hat{k}}{2\pi}\frac{b}{a(a+b)}}$$

$$= 2Ib\frac{\mu_0 I}{2\pi}\frac{b}{a(a+b)}(-\hat{j}\times\hat{k})$$

$$= \frac{\mu_0 I^2}{\pi}\frac{b^2}{a(a+b)}(-\hat{i})$$



$$dF_{②} = 2I\, d\vec{L} \times \vec{B}_{\text{برایند}}(x)$$

$$B_{\text{برایند}} = \vec{B}_A + \vec{B}_B = \frac{\mu_0 I(-\hat{k})}{2\pi(a+x)} + \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{2\pi(b+a-x)}$$

$$= \frac{-\mu_0 I}{2\pi}\hat{k}\left(\frac{1}{a+x} - \frac{1}{b+a-x}\right) \cancel{= \frac{\mu_0 I \hat{k}}{2\pi}}$$

$$d\vec{F}_{②} = -2I\, dx\, \overbrace{(\hat{i}\times\hat{k})}^{-\hat{j}}\frac{\mu_0 I}{2\pi}\left(\frac{1}{a+x} - \frac{1}{b+a-x}\right) = \frac{\mu_0 I^2}{\pi}\hat{j}\left(\frac{dx}{a+x} - \frac{dx}{b+a-x}\right)$$

$$\vec{F}_{②} = \frac{\mu_0 I^2}{\pi}\hat{j}\left(\int\frac{dx}{a+x} - \int\frac{dx}{b+a-x}\right)$$

Scanned with CamScanner

$$\vec{F}_{(۲)} = \frac{\mu_0 I^2}{\pi}\hat{j}\left(\ln(a+a) + \ln(a+b-a)\right)\Big]_a^b$$

(۸)

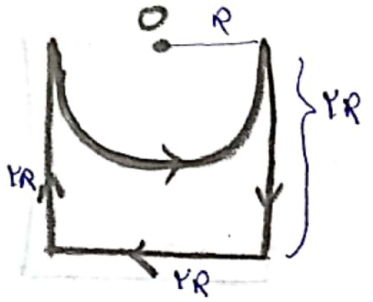
$$= \frac{\mu_0 I^2}{\pi}\hat{j}\left(\ln\frac{a+b}{a} + \ln\frac{a}{a+b}\right) = 0$$

به همین ترتیب به سیم (۴) نیز نیروی وارد نمی‌شود.

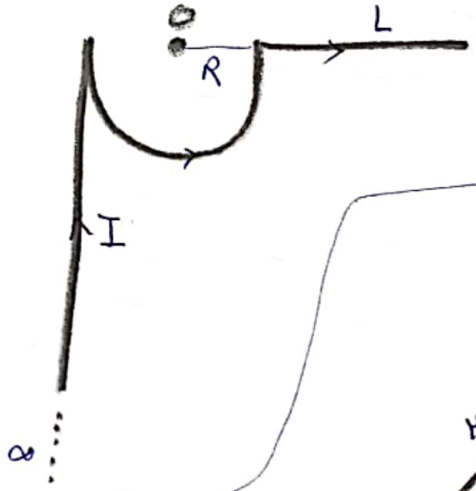
$$\vec{F}_{\text{برایند}} = \frac{2\mu_0 I^2}{\pi}\,\frac{b^2}{a(b+a)}(-\hat{i})$$

نمونه سؤال

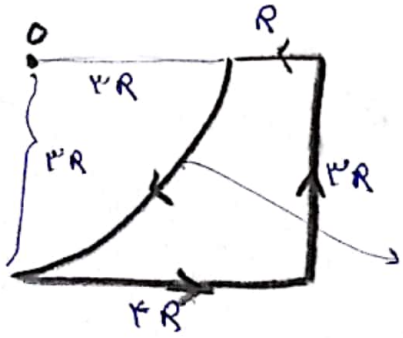
در شکل میدان ناشی از حلقه سیم حامل جریان I را در نقطه O بدست بیاورید.



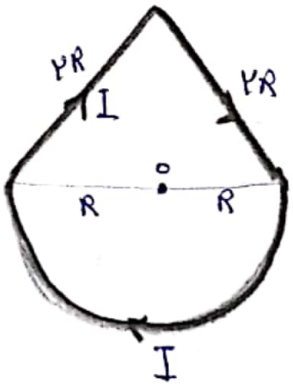
در شکل میدان برایند ناشی از سیم ها را در نقطه O بدست بیاورید.

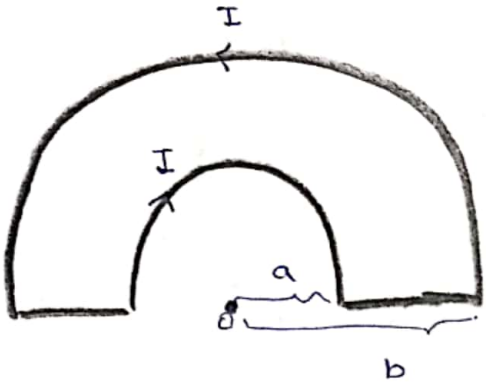


در شکل‌ها میدان برایند را در نقطه O بدست بیاورید.



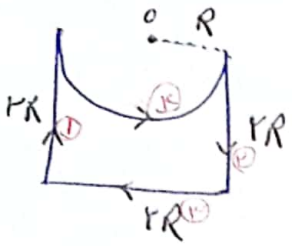
حلقه دایره‌ای





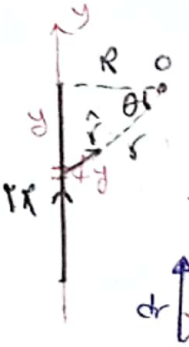
Scanned with CamScanner

در شکل میدان ناشی از حلقه سیم حامل جریان I را در نقطه O بدست آورید.

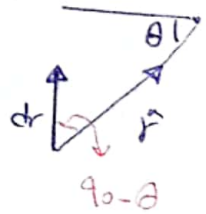


$\boxed{\text{قانون بیو-ساوار ③}}$

میدان سیم ① :



$$d\vec{B}_{①} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\vec{L}\times\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dy\,\sin(90-\theta)}{R^2+y^2}(-\hat{k})$$



$$d\vec{B}_{①} = \frac{\mu_0 I\,dy}{4\pi}\frac{\cos\theta}{R^2+y^2}(-\hat{k})$$

$$B_{①} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}(-\hat{k})\int\frac{dy\cos\theta}{R^2+y^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}(-\hat{k})\int\frac{R(1+tg^2\theta)\,d\theta\cos\theta}{R^2+R^2tg^2\theta}$$

$$\boxed{tg\theta = \frac{y}{R} \Rightarrow y = R\,tg\theta \Rightarrow dy = R(1+tg^2\theta)\,d\theta}$$

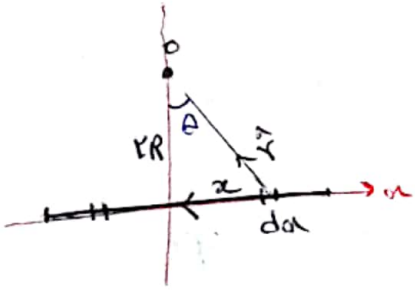
$$B_{①} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}(-\hat{k})\int\cos\theta\,d\theta$$

$$B_{①} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}(-\hat{k})\sin\theta = \frac{-\mu_0 I}{4\pi R}\hat{k}\left.\frac{y}{\sqrt{y^2+R^2}}\right]_{-2R}^{0} = \frac{-\mu_0 I}{4\pi R}\hat{k}\left(0-\left(\frac{-2R}{\sqrt{5R^2}}\right)\right) = \frac{-\mu_0 I}{4\pi R}\frac{2}{\sqrt{5}}\hat{k}$$

به همین ترتیب برای سیم ② :

$$\vec{B}_{②} = \frac{-\mu_0 I}{4\pi R}\frac{2}{\sqrt{5}}\hat{k}$$

برای سیم ③ میدان برابر است با:



$$d\vec{B}_{③} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\vec{L}\times\hat{r}}{r^2}$$

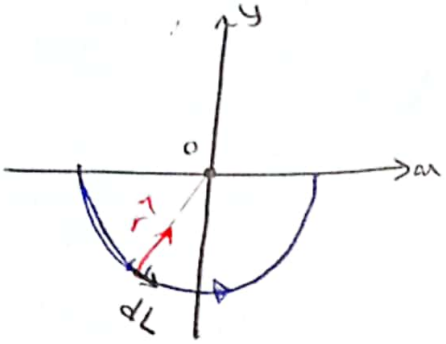
$$d\vec{B}_{③} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dx\,\sin(90-\theta)(-\hat{k})}{x^2+4R^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dx\cos\theta}{4R^2+x^2}(-\hat{k})$$

$$\vec{B}_{③} = \frac{\mu_0 I(-\hat{k})}{4\pi}\int\frac{\cos\theta\,dx}{4R^2+x^2} \qquad tg\theta = \frac{x}{2R} \Rightarrow x = 2R\,tg\theta \Rightarrow dx = 2R(1+tg^2\theta)\,d\theta$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi}(-\hat{k})\int\frac{\cos\theta\,2R(1+tg^2\theta)\,d\theta}{4R^2+4R^2tg^2\theta} = \frac{\mu_0 I(-\hat{k})}{4\pi(2R)}\left[\int\cos\theta\,d\theta = \frac{\mu_0 I(-\hat{k})}{8\pi R}\sin\theta\right]$$

Scanned with CamScanner

$$\vec{B}_{③} = \frac{\mu_0 I}{8\pi R}(-\hat{k})\left.\frac{x}{\sqrt{x^2+4R^2}}\right]_{-R}^{+R} = \frac{\mu_0 I(-\hat{k})}{8\pi R}\left(\frac{R}{\sqrt{5R^2}} - \frac{-R}{\sqrt{5R^2}}\right) = \frac{\mu_0 I}{8\pi R}(-\hat{k})\frac{2}{\sqrt{5}}$$



میدان سیم ④:

$$d\vec{B}_{④} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\vec{L}\times\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dL\sin 90}{R^2}(\hat{k})$$

$$dB_{④} = \frac{\mu_0 I\, dL}{4\pi R^2}\hat{k} \Rightarrow \vec{B}_{④} = \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{4\pi R^2}\int dL = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2}2\pi R\,\hat{k}$$

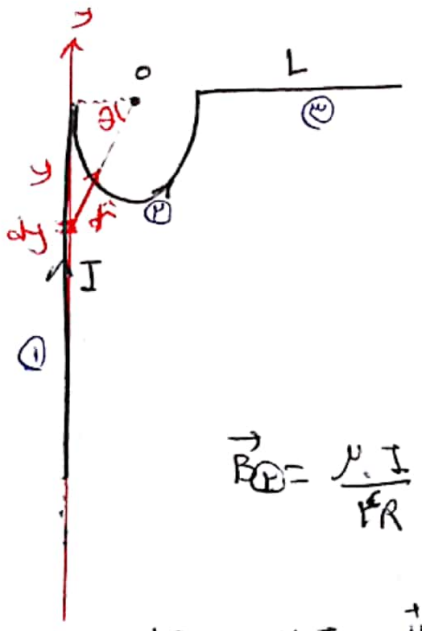
$$= \frac{\mu_0 I}{2R}\hat{k}$$

$$B_{O'} = \vec{B}_{①} + \vec{B}_{②} + \vec{B}_{③} + \vec{B}_{④} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi R}\frac{2}{\sqrt{5}}\hat{k} - \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\frac{2}{\sqrt{5}}\hat{k} - \frac{\mu_0 I}{8\pi R}\frac{2}{\sqrt{5}}\hat{k}$$

$$+\frac{\mu_0 I}{2R}\hat{k} = \frac{\mu_0 I}{R}\hat{k}\left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{5}}{4\pi}\right)$$

نمونه سوال

در شکل میدان برایند ناشی از سیم ها را در نقطه o بدست بیاورید.



هر سیم در استقلال خودش میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند

$$B_{③} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dL\times r}{r^2} = 0$$

میدانیم نیم حلقه شبیه مسئله بالا است و فقط جواب آخر را می‌نویسیم

$$\vec{B}_{②} = \frac{\mu_0 I}{4R}\hat{k}$$

میدان سیم نیم نامتناهی:

$$dB_{①} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\vec{L}\times\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dy\sin(90-\theta)}{y^2+R^2}(-\hat{k})$$

$$B_{①} = \frac{-\mu_0 I}{4\pi}\hat{k}\int\frac{dy\cos\theta}{y^2+R^2} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi}\hat{k}\int\frac{R(1+tg^2\theta)d\theta\cos\theta}{R^2tg^2\theta+R^2} = -\frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{4\pi R}\int\cos\theta\, d\theta$$

$$tg\theta = \frac{y}{R} \Rightarrow y = R\,tg\theta \Rightarrow dy = R(1+tg^2\theta)d\theta$$

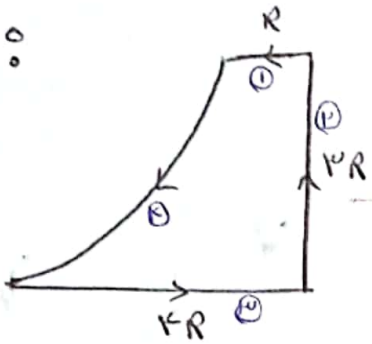
$$= -\frac{\mu_0 I}{4\pi R}\hat{k}\sin\theta\Big]_{-\pi}^{0} = -\frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{4\pi R}$$

Scanned with CamScanner

$$\vec{B}_{کل} = \vec{B}_{①} + \vec{B}_{②} + \vec{B}_{③} = \frac{\mu_0 I}{4R}\hat{k} + 0 - \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\hat{k} = \frac{\mu_0 I}{2R}\hat{k}\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2\pi}\right)$$

نمونه سوال: میدان برایند در نقطه o:

میدان سیم ①



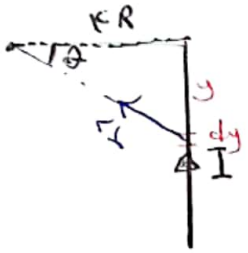
$$B_{①} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\vec{L}\times\hat{r}}{r^2} = 0$$

هر سیم در امتداد خودش میدان ندارد.

میدان سیم ②

$$dB_{②} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dy\,\sin(90-\theta)}{16R^2+y^2}(\hat{k})$$

$$B_{②} = \frac{\mu_0 I\hat{k}}{4\pi}\int\frac{dy\cos\theta}{16R^2+y^2} = \frac{\mu_0 I\hat{k}}{4\pi}\int\frac{4R(1+tg^2\theta)d\theta\cos\theta}{16R^2+16R^2tg^2\theta} =$$



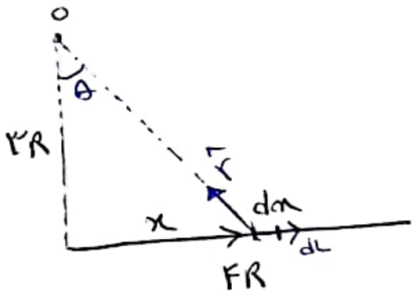
$$\boxed{tg\theta = \frac{y}{4R} \Rightarrow y = 4R\,tg\theta \Rightarrow dy = 4R(1+tg^2\theta)d\theta}$$

$$B_{②} = \frac{\mu_0 I\hat{k}}{4\pi\, 4R}\int\cos\theta\, d\theta = \frac{\mu_0 I}{16\pi R}\hat{k}\sin\theta\Big] = \frac{\mu_0 I\hat{k}}{16\pi R}\frac{y}{\sqrt{16R^2+y^2}}\Bigg]_{-3R}^{0}$$

$$= \frac{\mu_0 I\hat{k}}{16\pi R}\left(0 - \frac{-3R}{\sqrt{9R^2+16R^2}}\right) = \frac{\mu_0 I\hat{k}}{16\pi R}\frac{3}{5}$$

میدان سیم ③

$$\vec{dB}_{③} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dx\,\sin(90+\theta)}{x^2+9R^2}\hat{k}$$



$$\vec{B}_{③} = \frac{\mu_0 I\hat{k}}{4\pi}\int\frac{\cos\theta\, dx}{9R^2+x^2} = \frac{\mu_0 I\hat{k}}{4\pi}\int\frac{\cos\theta\, 3R(1+tg^2\theta)d\theta}{9R^2+9R^2tg^2\theta} =$$

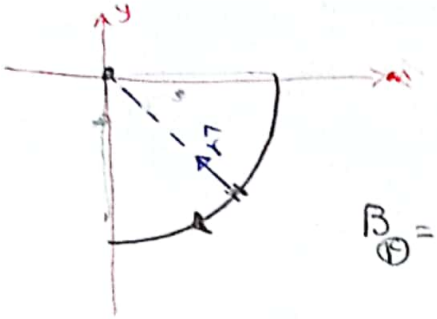
$$\boxed{tg\theta = \frac{x}{3R} \Rightarrow x = 3R\,tg\theta \Rightarrow dx = 3R(1+tg^2\theta)d\theta}$$

$$\vec{B}_{③} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{\hat{k}}{3R}\int\cos\theta\, d\theta = \frac{\mu_0 I}{12\pi R}\hat{k}\sin\theta\Big] = \frac{\mu_0 I\hat{k}}{12\pi R}\frac{x}{\sqrt{x^2+9R^2}}\Bigg]_{0}^{4R} =$$

$$= \frac{\mu_0 I\hat{k}}{12\pi R}\frac{4R}{\sqrt{25R^2}} = \frac{\mu_0 I\hat{k}}{15\pi R}$$

Scanned with CamScanner

میدان سیم ④ :



$$dB_{④} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\,\frac{d\vec{L}\times\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\,\frac{dL\,\sin 90}{R^2}\,(-\hat{k})$$

$$B_{④} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2}(-\hat{k})\int dL = \frac{\mu_0 I\,(-\hat{k})}{4\pi R^2}\,\frac{\pi R}{2} = \frac{\mu_0 I}{8R}(-\hat{k})$$

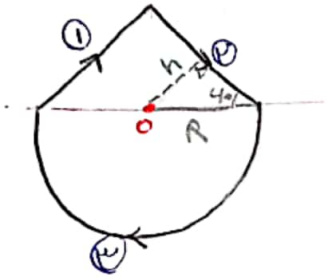
$$\vec{B}_{O'} = B_{①} + B_{②} + B_{③} + B_{④} = 0 + \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{140\pi R}\,\frac{3}{5} + \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{150\pi R} - \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{8R}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{R}\hat{k}\left(\frac{3}{80\pi} + \frac{1}{150\pi} - \frac{1}{8}\right)$$

سؤال ۲

میدان برایند در نقطه o :

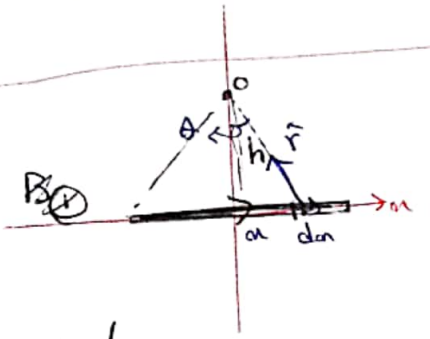
$$\sin 90 = \frac{h}{R} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$



میدان سیم ③ دو مسئله اول حساب شده و فقط جواب آخر

$$\vec{B}_{③} = \frac{\mu_0 I}{4R}(-\hat{k}) \rightarrow$$ جهت قاعده دست راست

میدان سیم ① و ② در مسئله اول حساب شده :



$$dB_{①} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\,\frac{dx\,\sin(90+\theta)}{x^2+h^2}\,\hat{k}$$

$$\vec{B}_{①} = \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{4\pi}\int\frac{dx\cos\theta}{x^2+h^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\hat{k}\int\frac{h(1+tg^2\theta)\,d\theta\cos\theta}{h^2+h^2tg^2\theta} = \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{4\pi h}\int\cos\theta\,d\theta = \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{4\pi h}\sin\theta$$

$$= \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{4\pi h}\,\frac{x}{\sqrt{x^2+h^2}}\Bigg]_{-R}^{+R} = \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{4\pi h}\left(\frac{R}{\sqrt{R^2+h^2}} - \frac{-R}{\sqrt{R^2+h^2}}\right) = \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{2\pi h}\,\frac{R}{\sqrt{R^2+h^2}}$$

$$\frac{h}{R} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow h = \frac{\sqrt{3}}{2}R$$

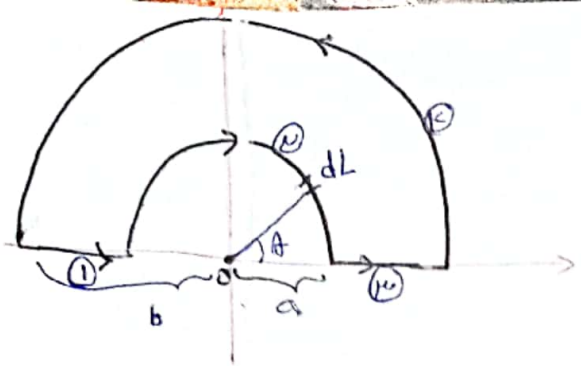
$$\vec{B}_{①} = \frac{\mu_0 I\,2\hat{k}}{2\pi\,\sqrt{3}R}\,\frac{R}{R\sqrt{1+\frac{3}{4}}} = \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{2\sqrt{3}R}\,\frac{2}{\sqrt{7}}$$

$$\vec{B}_{2} = \vec{B}_{1}$$

$$\vec{B}_{O'} = \vec{B}_{1} + \vec{B}_{2} + \vec{B}_{3} = -\frac{\mu_0 I}{2R}\hat{k} + \frac{2\mu_0 I\,\hat{k}}{\sqrt{7}\,R} = \frac{\mu_0 I\,\hat{k}}{R}\left(-\frac{1}{2} + \frac{2}{\sqrt{7}}\right)$$

Scanned with CamScanner

نمونه سؤال: میدان مغناطیسی در نقطه o :



$\vec{B}_{①} = \vec{B}_{③} = 0$ میدان یک سیم در امتداد خودش صفر است

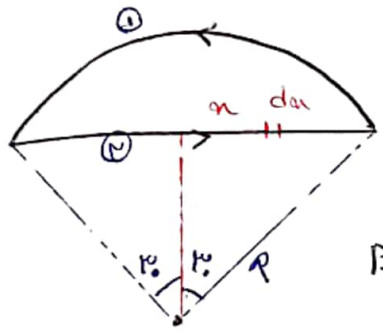
$$dB_{②} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dL \sin 90}{a^2}(-\hat{k}) \Rightarrow \frac{-\mu_0 I \hat{k}}{4\pi a^2}\int dL = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a^2}\hat{k}\,\pi a = \frac{-\mu_0 I}{4a}\hat{k}$$

$$\vec{B}_{②} = \frac{-\mu_0 I}{4a}\hat{k} \qquad B_{④} = +\frac{\mu_0 I}{4b}\hat{k} \qquad B_{total} = 0+0-\frac{\mu_0 I}{4a}\hat{k}+\frac{\mu_0 I}{4b}\hat{k}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4}\hat{k}\left(\frac{1}{b}-\frac{1}{a}\right)$$

نمونه سؤال: در حلقه سیم بسته شکل زیر جریان I می‌گذرد. الف) بزرگی و جهت میدان کمان و وتر در نقطه o

ب) میدان برایند؟



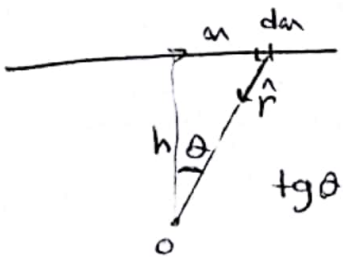
$$d\vec{B}_{①} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dL \sin 90}{R^2}\hat{k}$$

زاویه مقابل کمان

$$B_{①} = \frac{\mu_0 I \hat{k}}{4\pi R^2}\int dL = \frac{\mu_0 I \hat{k}}{4\pi R^2}\left(R\frac{\pi}{3}\right) = \frac{\mu_0 I}{12R}\hat{k}$$

میدان وتر:

$$d\vec{B}_{②} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\vec{L}\times\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dx \sin(90+\theta)}{x^2+h^2}(-\hat{k})$$



$$\vec{B}_{②} = \frac{-\mu_0 I \hat{k}}{4\pi}\int\frac{dx\cos\theta}{x^2+h^2} = \frac{-\mu_0 I \hat{k}}{4\pi}\int\frac{h(1+tg^2\theta)\,d\theta\cos\theta}{h^2+h^2tg^2\theta}$$

$$tg\theta = \frac{x}{h}$$

$$= \frac{-\mu_0 I \hat{k}}{4\pi h}\int\cos\theta\,d\theta = -\frac{\mu_0 I \hat{k}}{4\pi h}\sin\theta\Big]_{-\pi/4}^{\pi/4} = \frac{-\mu_0 I \hat{k}}{4\pi h}\left(\frac{1}{2}-\left(-\frac{1}{2}\right)\right) = \frac{-\mu_0 I}{4\pi h}\hat{k}$$

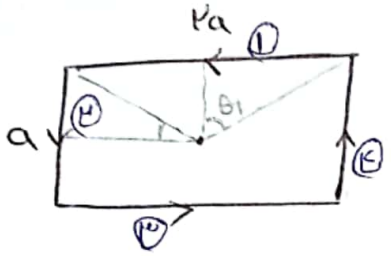
Scanned with CamScanner

$$\cos 30^\circ = \frac{h}{R} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow h = \frac{R\sqrt{3}}{2}$$

$$\vec{B}_{(2)} = -\frac{\mu_0 I\, 2}{4\pi R\sqrt{3}}\hat{k} = -\frac{\mu_0 I}{2\sqrt{3}\,\pi R}\hat{k}$$

$$B_{tot} = \frac{\mu_0 I}{12R}\hat{k} - \frac{\mu_0 I}{2\sqrt{3}\,\pi R}\hat{k} = +\frac{\mu_0 I}{R}\hat{k}\left(\frac{1}{12} - \frac{1}{2\sqrt{3}\,\pi}\right)$$

نمونه سؤال میدان برایند در مرکز مستطیل ؟



ابتدا میدان سیم مستقیم را بدست می‌آوریم و بعد برای هر ضلع میدان را نتیجه می‌گیریم:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\,\frac{dx\,\sin(90+\theta)}{x^2+h^2}\,\hat{k}$$

$$tg\theta = \frac{x}{h}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\hat{k}\int \frac{dx\,\cos\theta}{x^2+h^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\hat{k}\int \frac{h(1+tg^2\theta)\,d\theta\,\cos\theta}{h^2 tg^2\theta + h^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi h}\hat{k}\int \cos\theta\, d\theta$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi h}\hat{k}\,\sin\theta\Big]_{-\theta_1}^{\theta_2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi h}\hat{k}\left(\sin\theta_2 + \sin\theta_1\right)$$

بنابراین داریم:

$$\vec{B}_{(1)} = \frac{\mu_0 I}{4\pi(a/2)}\hat{k}\left(\frac{a}{\sqrt{a^2+a^2/4}} + \frac{a}{\sqrt{a^2+a^2/4}}\right) = \frac{\mu_0 I}{\cancel{4}\pi a}\hat{k}\,\frac{\cancel{4}a \times 2}{\sqrt{5}\,\cancel{a}} = \frac{\mu_0 I}{\pi a}\hat{k}\,\frac{2}{\sqrt{5}}$$

$$\vec{B}_{(3)} = \vec{B}_{(1)} = \frac{\mu_0 I}{\pi a}\,\frac{2}{\sqrt{5}}\hat{k}$$

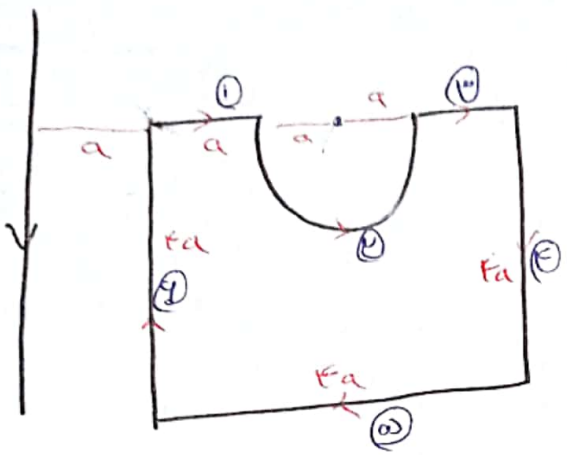
$$B_2 = B_4 = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\hat{k}\left(\frac{2\,a/2}{\sqrt{a^2+a^2/4}}\right) = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\hat{k}\,\frac{2a}{\sqrt{5}\,a} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}\,\frac{1}{\sqrt{5}}\hat{k}$$

$$B_{tot} = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 = \frac{\mu_0 I}{\pi a}\,\frac{4}{\sqrt{5}}\hat{k} + \frac{\mu_0 I}{\pi a}\,\frac{1}{\sqrt{5}}\hat{k} = \frac{\mu_0 I}{\pi a}\sqrt{5}\,\hat{k}$$

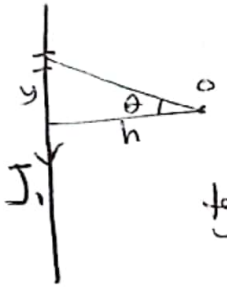
1

Scanned with CamScanner

عوض سؤال: در شکل الف) میدان سیم بلند در نقطه o را بدست بیاورید. ب) میدان حلقه سیم در نقطه o را بدست بیاورید. ج) نسبت I_1 به I_2 را چنان تعیین کنید که میدان برایند در نقطه o صفر شود.



الف) میدان سیم مستقیم



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I_1}{4\pi}\frac{dy\,\sin(90-\theta)}{y^2+h^2}\hat{k} \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I_1 \hat{k}}{4\pi}\int\frac{dy\cos\theta}{y^2+h^2}$$

$$tg\,\theta = \frac{y}{h} \Rightarrow y = h\,tg\,\theta$$

$$B = \frac{\mu_0 I_1 \hat{k}}{4\pi}\int\frac{h(1+tg^2\theta)\,d\theta\cos\theta}{h^2(1+tg^2\theta)} = \frac{\mu_0 I_1 \hat{k}}{4\pi h}\int\cos\theta\,d\theta = \underbrace{\frac{\mu_0 I_1 \hat{k}}{4\pi h}\sin\theta\Big]_{-\pi/2}^{\pi/2}}_{\text{میدان یک سیم راست در فاصله } h \text{ از آن}} = \frac{\mu_0 I_1}{4\pi h}\hat{k}$$

$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi h}\hat{k} \xrightarrow{h=2a} \vec{B} = \frac{\mu_0 I_1}{4\pi a}\hat{k}$$

ب)

$$B_{①} = B_{⑩} = 0 \qquad B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{4a}\hat{k} \qquad \vec{B}_{⑤} = \frac{\mu_0 I_2(-\hat{k})}{4\pi\, 4a}\sin\theta\Big]_{-\theta_1}^{\theta_2}$$

$$= \frac{-\mu_0 I_2 \hat{k}}{16\pi a}\,2\,\frac{2a}{\sqrt{4a^2+16a^2}} = \frac{-\mu_0 I_2 \hat{k}}{\cancel{16}_{8}\pi a}\,\frac{\cancel{4}^{2}\cancel{a}}{\cancel{4}\sqrt{5}\,\cancel{a}} = \frac{-\mu_0 I_2 \hat{k}}{8\pi a\sqrt{5}}$$

$$B_2 = B_4 = \frac{\mu_0 I_2}{4\pi\, 2a}(-\hat{k})\sin\theta\Big]_0^{\theta_1} = -\frac{\mu_0 I_2 \hat{k}}{8\pi a}\left(\frac{4a}{\sqrt{16a^2+4a^2}} - 0\right) = \frac{-\mu_0 I_2 \hat{k}}{\cancel{8}_{4}\pi a}\,\frac{\cancel{4}^{2}\cancel{a}}{\cancel{4}\sqrt{5}\,\cancel{a}}$$

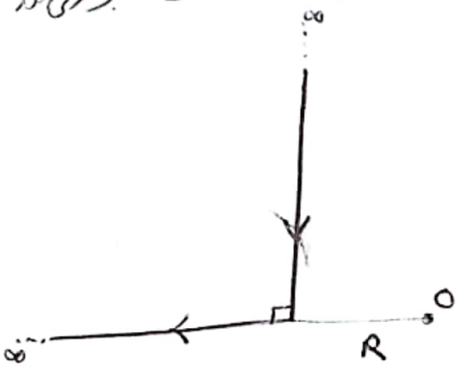
$$= \frac{-\mu_0 I_2 \hat{k}}{4\pi a\sqrt{5}} \qquad B_{tot} = \frac{\mu_0 I_2 \hat{k}}{4a} - \frac{\mu_0 I_2 \hat{k}}{8\pi a\sqrt{5}} - \frac{\mu_0 I_2 \hat{k}}{2\pi a\sqrt{5}} = \frac{\mu_0 I_2 \hat{k}}{a}\left(\frac{1}{4} - \frac{\sqrt{5}}{8\pi}\right)$$

Scanned with CamScanner

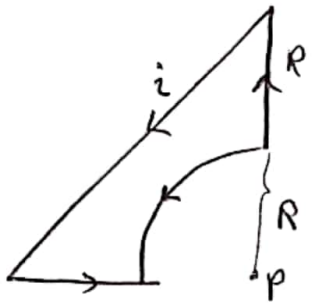
چند سؤال امتحانی خودتان حل کنید:

* از سیمی به طول 4L جریان i عبور می‌کند. این سیم را یکبار به شکل دایره و یک بار دیگر به شکل مربع درمی‌آوریم. مقدار میدان مغناطیسی در مرکز هر یک را بدست بیاورید. در مرکز کدام شکل میدان بزرگتر است.

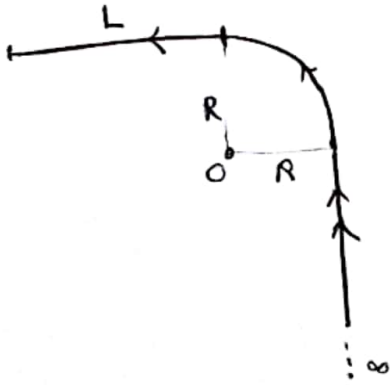
سیم راست و بسیار طویلی مطابق شکل تحت زاویه 90 درجه خم شده است. و جریان i از آن عبور می‌کند. بردار میدان مغناطیسی برایند در نقطه O را

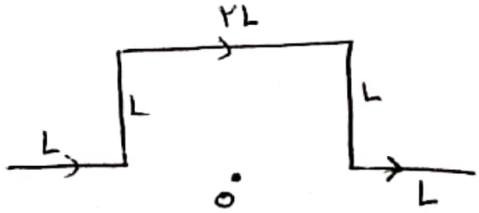


میدان مغناطیسی برایند در نقطه P را بدست بیاورید.



میدان مغناطیسی برایند در نقطه O را محاسبه کنید.





Scanned with CamScanner