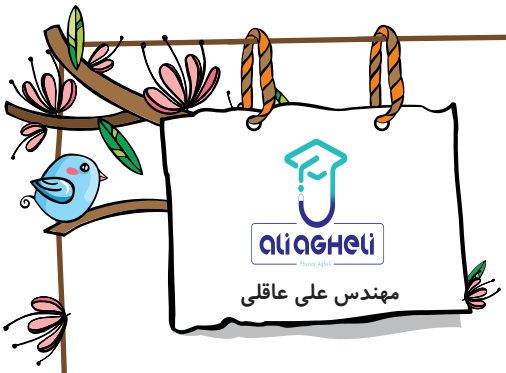


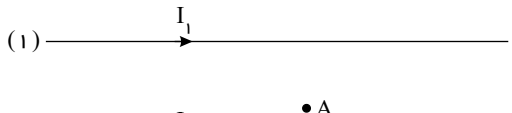

تاریخ آزمون: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱

زمان برگزاری: ۷۴ دقیقه

نام و نام خانوادگی:

نام آزمون: مغ القا ۹۸ به بعد

**۱** در شکل زیر، از دو سیم موازی و بلند، جریان‌های الکتریکی عبور می‌کند. اگر میدان مغناطیسی در نقطهٔ $A$ برابر صفر باشد، کدام مورد درست است؟




۱) $I_۲$ در خلاف جهت $I_۱$ و کوچک‌تر از آن است.

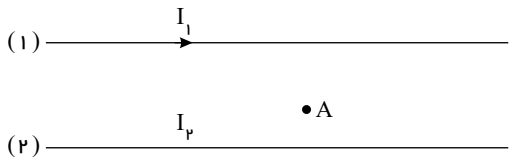
۲) $I_۲$ در خلاف جهت $I_۱$ و بزرگ‌تر از آن است.

۳) $I_۲$ هم‌جهت با $I_۱$ و بزرگ‌تر از آن است.

۴) $I_۲$ هم‌جهت با $I_۱$ و کوچک‌تر از آن است.

پاسخ: گزینه ۴

گام اول: میدان ناشی از سیم $I_۱$ در محل $A$، درون‌سو است. بنابراین برای اینکه میدان مغناطیسی برآیند حاصل از دو سیم در $A$ صفر شود بایستی میدان مغناطیسی حاصل از سیم $I_۲$ در $A$، برون‌سو شود و لازمهٔ این کار این است که جریان $I_۲$ هم‌جهت $I_۱$ باشد.




گام دوم: چون نقطهٔ $A$ به سیم (۲) نزدیک‌تر است، جریان $I_۱$ باید از $I_۲$ بزرگ‌تر باشد تا جبران فاصلهٔ بیشتر $I_۲$ از نقطهٔ $A$ را بنماید.

(تذکر: به‌طور کلی، اگر در نقطه‌ای بین دو سیم راست و موازی حامل جریان، میدان مغناطیسی برایند صفر شود، جریان سیم‌ها همسو بوده و نقطهٔ موردنظر به سیم حامل جریان کمتر، نزدیک‌تر است.)

**۲** کدام مورد دربارهٔ القاگر درست نیست؟

۱) هنگام عبور جریان پایا از القاگر آرمانی انرژی به آن وارد یا از آن خارج نمی‌شود.

۲) وقتی جریان عبوری از القاگر آرمانی در حال کاهش باشد، انرژی وارد القاگر می‌شود.

۳) ضریب القاوری یک القاگر به تعداد دور، طول، سطح مقطع القاگر و جنس هستهٔ داخل آن بستگی دارد.

۴) بخشی از انرژی که مولد به القاگر می‌دهد در مقاومت سیم‌های القاگر به‌صورت گرما تلف می‌شود و بقیه در میدان مغناطیسی القاگر ذخیره می‌شود.

پاسخ: گزینه ۲ با کاهش جریان الکتریکی (خارجی) عبوری از القاگر، القاگر یک جریان خودالقایی در جهت جریان اصلی در مدار ایجاد می‌کند و این یعنی القاگر مقداری انرژی آزاد می‌کند.

**۳** در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، یک ذرهٔ $\alpha$ با سرعت $۵۰\frac{m}{s}$ عمود بر میدان مغناطیسی در حرکت است و شتاب حاصل از نیروی مغناطیسی، $۴\times ۱۰^{۵}\frac{m}{s^۲}$ است. بزرگی میدان مغناطیسی چند گاوس است؟ $(e=۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹}C\ ,\ \text{جرم ذرهٔ }\alpha=۶٫۶۸\times ۱۰^{-۲۷}kg)$

۱) ۱٫۶۷ ۲) ۲٫۲۸ ۳) ۳٫۳۴ ۴) ۴٫۵۶

پاسخ: گزینه ۱ محاسبهٔ نیروی وارد بر ذرهٔ $\alpha$:

$$F=ma\Rightarrow |q|vB\sin\alpha=ma\Rightarrow B=\frac{ma}{|q|v\sin\alpha}=\frac{(۶٫۶۸\times ۱۰^{-۲۷})(۴\times ۱۰^{۵})}{(۲\times ۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹})(۵۰)(۱)}\Rightarrow B=\frac{۲۶٫۷۲\times ۱۰^{-۲۲}}{۱٫۶\times ۱۰^{-۱۷}}=۱۶٫۷\times ۱۰^{-۵}T$$

$$=۱٫۶۷\times ۱۰^{-۴}T=۱٫۶۷G$$

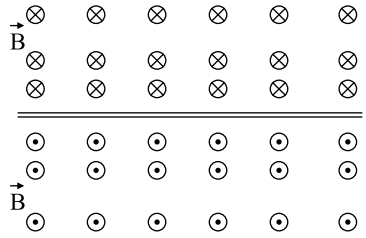
**۴** جریان متناوبی که بیشینهٔ آن $۲A$ و دورهٔ آن $۰٫۰۲s$ است، از یک رسانای ۵ اهمی می‌گذرد. معادلهٔ جریان متناوب در $SI$ کدام است؟

۱) $I=۲\sin ۴۰۰\pi t$ ۲) $I=۲\sin ۱۰۰\pi t$ ۳) $I=۱۰\sin ۴۰۰\pi t$ ۴) $I=۱۰\sin ۱۰۰\pi t$

پاسخ: گزینه ۲ می‌دانیم که معادلهٔ جریان متناوب در $SI$ به صورت زیر است، بنابراین داریم:

$$I=I_{max}\sin\frac{۲\pi}{T}t\xrightarrow[T=۰٫۰۲s]{I_{max}=۲A}I=۲\sin\frac{۲\pi}{۰٫۰۲}t\rightarrow I=۲\sin ۱۰۰\pi t$$

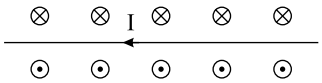
**۵** میدان مغناطیسی اطراف یک سیم حامل جریان الکتریکی در شکل زیر، نشان داده شده است. جهت جریان الکتریکی در سیم کدام است و اگر یک میدان مغناطیسی خارجی درون‌سو (⊗) بر این سیم اثر کند، نیروی مغناطیسی وارد بر سیم به کدام جهت خواهد شد؟



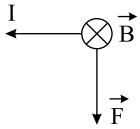

۱) ↓ و →
۲) ↑ و ←
۳) ↓ و ←
۴) ↑ و →

پاسخ: گزینه ۳

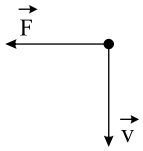
اگر انگشت شست دست راست روی سیم و در جهت جریان قرار گیرد، چهار انگشت در حالت بسته شدن، جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم حامل جریان را نشان می‌دهند که با توجه به جهت میدان مغناطیسی نشان داده‌شده جهت جریان در سیم به طرف چپ است.




حال اگر این سیم در یک میدان مغاطیسی خارجی درون‌سو قرار گیرد، از طرف میدان نیروی $F$ به طرف پایین به آن وارد می‌شود. (قاعدهٔ دست راست)

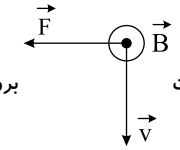



**۶** الکترونی عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی مطابق شکل زیر، در حرکت است و نیروی مغناطیسی $\vec{F}$ به آن وارد می‌شود. جهت میدان $\vec{B}$ کدام است؟

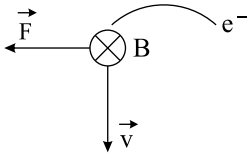



۱) بالا
۲) راست
۳) درون‌سو
۴) برون‌سو

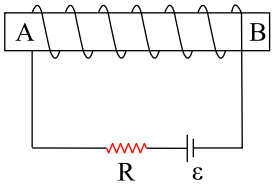
پاسخ: گزینه ۳ با توجه به قاعدهٔ دست راست، اگر چهار انگشت دست راست خود را بر روی صفحه در جهت سرعت ذره به گونه‌ای قرار دهیم که انگشت شست در جهت نیروی $F$ قرار گیرد، بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج می‌شود که در اینجا برای بار مثبت برون‌سو خواهد بود. بدیهی است که چون الکترون دارای بار منفی است جهت میدان در خلاف جهتی است که با قاعدهٔ دست راست یافته‌ایم، یعنی در اینجا درون‌سو خواهد بود.




تذکر: از همان ابتدا با استفاده از دست چپ هم می‌توان به پاسخ رسید.




**۷** در آهنربای الکتریکی شکل زیر، قطب $N$ و جهت میدان مغناطیسی درون سیملوله، کدام است؟



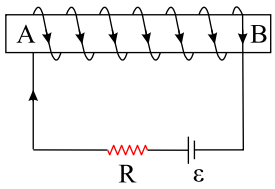

۱) $A$، ←
۲) $B$، →
۳) $A$، →
۴) $B$، ←

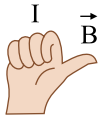


مخ القا ۹۸ به بعد

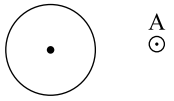
پاسخ: گزینه ۲

با توجه به جهت جریان در سیملوله، اگر چهار انگشت دست راست روی سیملوله در جهت جریان قرار گیرد، جهت میدان مغناطیسی و قطب $N$ آهنربا، توسط انگشت شست معلوم شده و به‌صورت زیر است:





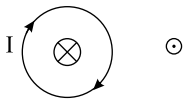

**۸** در حلقه زیر، جریان الکتریکی برقرار است و جهت میدان مغناطیسی حاصل از آن در نقطهٔ $A$ خارج از حلقه رسم شده است. جهت جریان الکتریکی و جهت میدان مغناطیسی در مرکز حلقه، کدام است؟




۱) ساعتگرد و ⊙
۲) ساعتگرد و ⊗
۳) پادساعتگرد و ⊙
۴) پادساعتگرد و ⊗

پاسخ: گزینه ۲

می‌دانیم که اگر انگشت شست دست راست روی سیم در جهت جریان قرار گیرد، چهار انگشت در حالت بسته شدن، جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم را نشان می‌دهد. بنابراین در اینجا جریان حلقه ساعتگرد بوده و جهت میدان مغناطیسی در مرکز حلقه، درون‌سو است.




**۹** جریان متناوبی که بیشینهٔ آن $5A$ و دورهٔ آن $\frac{1}{50}s$ است، از یک رسانای ۱۰ اهمی می‌گذرد. در لحظهٔ $t=\frac{3}{400}s$، جریان چند آمپر است؟

۱) صفر
۲) $\frac{5}{2}$
۳) $\frac{5\sqrt{3}}{2}$
۴) $\frac{5\sqrt{2}}{2}$

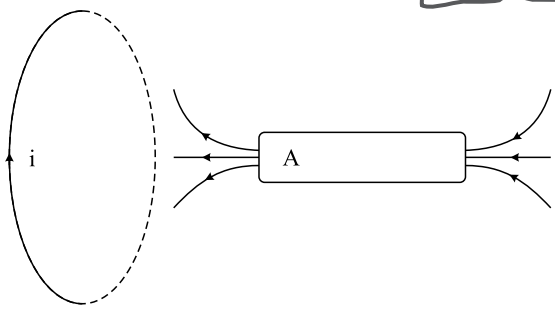
پاسخ: گزینه ۴ در ابتدا معادلهٔ جریان متناوب را می‌نویسیم، سپس با قرار دادن مقدار $t=\frac{3}{400}s$ جریان را می‌یابیم.

$$I=I_{max}\sin\frac{2\pi}{T}t \Rightarrow I=5\sin\frac{2\pi}{\frac{1}{50}}\times\frac{3}{400}$$

$$\Rightarrow I=5\sin\frac{3\pi}{4} \Rightarrow I=\frac{5\sqrt{2}}{2}A$$

مخ القا ۹۸ به بعد

**۱۰** مطابق شکل، آهنربای میله‌ای روی محور حلقهٔ رسانا حرکت می‌کند و در حلقه جریان القایی ایجاد می‌کند. قطب $A$ کدام است و جهت حرکت آهنربا به کدام سمت است؟



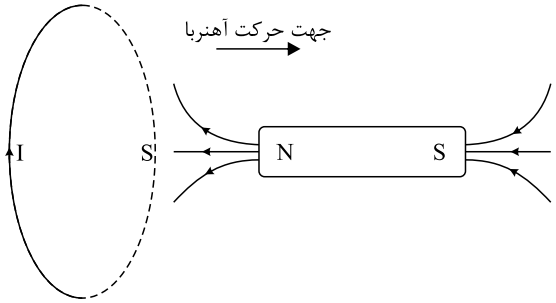

۱) $N$ و $\leftarrow$

۲) $N$ و $\rightarrow$

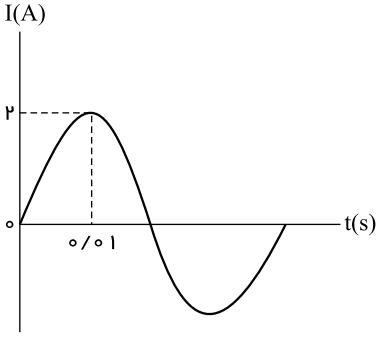
۳) $S$ و $\leftarrow$

۴) $S$ و $\rightarrow$

پاسخ: گزینه ۲ با توجه به جهت جریان القایی، سمت راست حلقه قطب $S$ القایی به وجود آمده و در این صورت قطب $A$، قطب $N$ آهنربا است (با توجه به خط‌های میدان آهنربا) و در حال دور شدن از حلقه است.




**۱۱** نمودار جریان متناوب و سینوسی یک مولد جریان متناوب، به شکل زیر است. معادلهٔ جریان برحسب زمان در $SI$ کدام است؟




۱) $I = ۲\sin ۱۰\pi t$

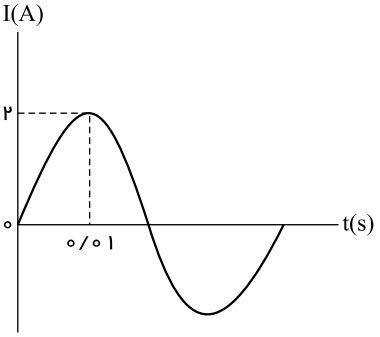
۲) $I = ۲\sin ۵۰\pi t$

۳) $I = ۲\sin ۱۰۰\pi t$

۴) $I = ۲\sin ۲۰۰\pi t$

پاسخ: گزینه ۲

برای نوشتن معادلهٔ شدت جریان متناوب، باید مقدار $I_{max}$ (جریان بیشینه) و دورهٔ $(T)$ را بدانیم. بنابراین با توجه به نمودار داده‌شده داریم:




$$I_{max} = ۲A$$

$$\frac{T}{۴} = ۰/۰۱ \Rightarrow T = ۰/۰۴s$$

$$I = I_{max}\sin\frac{۲\pi}{T}t \xrightarrow[T=۰/۰۴s]{I_{max}=۲A} I = ۲\sin\frac{۲\pi}{۰/۰۴}t \Rightarrow I = ۲\sin ۵۰\pi t$$



مخ القا ۹۸ به بعد

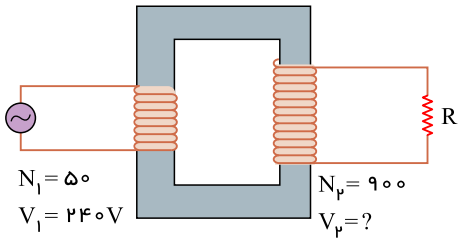
**۱۲** پیچه‌ای از ۲۰۰ حلقه تشکیل شده است و شار مغناطیسی که از آن می‌گذرد در مدت ۰٫۱ ثانیه از ۰٫۰۲ وبر به ۰٫۰۰۵ وبر می‌رسد. اگر مقاومت الکتریکی پیچه $15\Omega$ باشد، جریان القایی متوسط که در این مدت از پیچه می‌گذرد، چند آمپر است؟

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۲۰ ۴) ۳۰

پاسخ: گزینه ۱ با توجه به تغییر شار مغناطیسی داریم:

$$|\bar{I}| = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{N\Delta\phi}{R\Delta t} = \frac{۲۰ \times ۰٫۰۱۵}{۱۵ \times ۰٫۱} \Rightarrow \bar{I} = ۲A$$

**۱۳** در شکل زیر، $V_۲$ چند ولت است؟




۱) ۲۱۶ ۲) ۴۳۲
۳) ۲۱۶۰ ۴) ۴۳۲۰

پاسخ: گزینه ۴ در یک مبدل آرمانی داریم:

$$\frac{V_۲}{V_۱} = \frac{N_۲}{N_۱} \xrightarrow[V_۱=۲۴۰V]{N_۱=۵۰,N_۲=۹۰۰} \frac{V_۲}{۲۴۰} = \frac{۹۰۰}{۵۰} \rightarrow V_۲ = ۴۳۲۰V$$

**۱۴** سطح حلقه‌های پیچه‌ای که دارای ۱۰۰۰ حلقه است، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی که اندازهٔ آن $0٫04T$ است، قرار دارد. میدان مغناطیسی در مدت $0٫01s$ به همان اندازه و در خلاف جهت اولیه می‌رسد. اگر مساحت هر حلقهٔ پیچه $50cm^۲$ باشد، بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در پیچه، چند ولت است؟

۱) صفر ۲) ۰٫۴ ۳) ۴ ۴) ۴۰

پاسخ: گزینه ۴ با استفاده از قانون القای فاراده داریم:

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

اگر زاویهٔ بین نیم‌خط عمود بر حلقه را در ابتدا برابر $\theta_۱ = ۰$ بگیریم در نهایت این زاویه برابر $\theta_۲ = ۱۸۰^\circ$ می‌شود.

$$\Delta\phi = \phi_۲ - \phi_۱ = (AB\cos\theta_۲ - AB\cos\theta_۱) = -۰٫۰۸ \times ۵۰ \times ۱۰^{-۴} Wb$$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = \frac{-۱۰۰۰ \times \frac{-۸}{۱۰۰} \times ۵۰ \times ۱۰^{-۴}}{\frac{۱}{۱۰۰}} = ۴۰$$

**۱۵** ذره‌ای به جرم ۵ گرم که دارای بار $-50\mu C$ است، در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، با سرعت $2٫5 \times ۱۰^۳ m/s$ در راستای افقی از جنوب به شمال پرتاب می‌شود. جهت و اندازهٔ میدان، کدام‌یک از موارد زیر می‌تواند باشد تا نیروی مغناطیسی نیروی وزن را خنثی کند و ذره در مسیر مستقیم به حرکت خود ادامه دهد؟

۱) ۰٫۰۴ تسلا در راستای افقی از شرق به غرب
۲) ۰٫۰۴ تسلا در راستای افقی از غرب به شرق
۳) ۰٫۴۰ تسلا در راستای افقی از شرق به غرب
۴) ۰٫۴۰ تسلا در راستای افقی از غرب به شرق

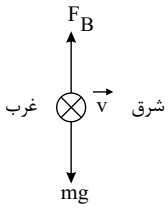
پاسخ: گزینه ۴

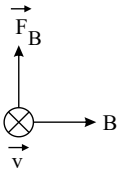
$$m = ۵gr \quad , \quad v = ۲٫۵ \times ۱۰^۳ m/s \quad , \quad q = -۵۰\mu C$$



مخ القا ۹۸ به بعد

اگر رو به شمال قرار گیریم ذره در امتداد عمود بر صفحهٔ کاغذ و درون‌سو (جنوب به شمال)، پرتاب شده است:




$\vec{B}$ جهت : $q<0$ : $\rightarrow$ غرب به شرق $\rightarrow$ جهت $\vec{B}$ :

$\vec{B}$ اندازهٔ : (برای عدم انحراف ذره در حین حرکت) $\rightarrow F_B = mg \rightarrow |q|vB\sin \underbrace{۹۰^\circ}_{\text{ذره جنوب به شمال پرتاب شده است.}} = mg$

با نگاهی به گزینه‌ها (هرچند در متن سؤال اشاره‌ای نشده است.) درمی‌یابیم که $\vec{v}$ و $\vec{B}$ بر هم عمودند.

$$\rightarrow (۵۰\times ۱۰^{-۶})(۲٫۵\times ۱۰^{۳})(B)(۱) = (۵\times ۱۰^{-۳})(۱۰)$$

$$\rightarrow B = \frac{۵\times ۱۰^{-۲}}{۱۲۵\times ۱۰^{-۳}} = ۰٫۴T$$

**۱۶** معادلهٔ شار مغناطیسی عبوری از یک پیچه که شامل ۶۰ حلقه است، در $SI$ به‌صورت $\Phi = ۴\times ۱۰^{-۳}\cos ۱۰۰\pi t$ است. اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط در پیچه در بازهٔ زمانی $t_۱ = \frac{۱}{۲۰۰}s$ تا $t_۲ = \frac{۱}{۱۰۰}s$ چند ولت است؟

۱) ۲٫۴ ۲) ۴٫۸ ۳) ۲۴ ۴) ۴۸

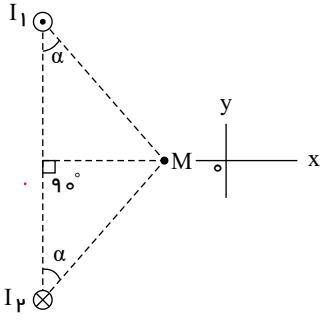
پاسخ: گزینه ۴ با استفاده از قانون القای فاراده داریم:

$$\Phi_۱ = ۴\times ۱۰^{-۳}\cos(۱۰۰\pi\times\frac{۱}{۲۰۰}) = ۴\times ۱۰^{-۳}\times \underbrace{\cos\frac{\pi}{۲}}_{۰} = ۰$$

$$\Phi_۲ = ۴\times ۱۰^{-۳}\cos(۱۰۰\pi\times\frac{۱}{۱۰۰}) = ۴\times ۱۰^{-۳}\times \underbrace{\cos\pi}_{-۱} = -۴\times ۱۰^{-۳}Wb$$

$$|\bar{\varepsilon}| = |-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}| = ۶۰\times\frac{۴\times ۱۰^{-۳}}{\frac{۱}{۱۰۰}-\frac{۱}{۲۰۰}} = ۴۸\,V$$

**۱۷** شکل زیر، مقطع دو سیم بلند و موازی را نشان می‌دهد که بر صفحهٔ کاغذ عمودند و از آنها جریان‌های برابر و در جهت‌های نشان داده شده عبور می‌کند، میدان مغناطیسی خالص (برایند) در نقطهٔ $M$ در کدام جهت است؟




۱) در جهت محور $x$

۲) در جهت محور $y$

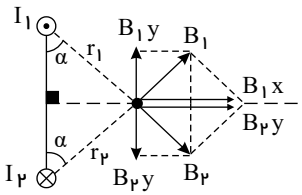
۳) خلاف جهت محور $x$

۴) خلاف جهت محور $y$

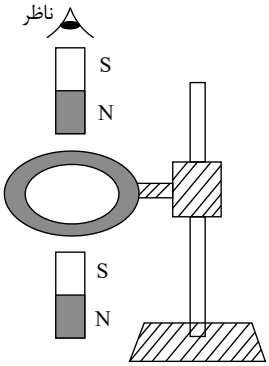
مخ القا ۹۸ به بعد

پاسخ: **گزینه ۱**

چون $I_۱ = I_۲$ و $r_۱ = r_۲$ (تقارن در شکل) در می‌یابیم: $B_۱ = B_۲$ و $B_{۱y} = B_{۲y}$ پس $B_T = B_{۱x} + B_{۲x}$




**۱۸** یک حلقهٔ مسی به‌صورت افقی، توسط گیره‌ای عایق به یک میلهٔ قائم بسته شده است. اگر یک آهن‌ربا را مطابق شکل زیر از بالای حلقه رها کنیم، جهت جریان القاشده در حلقهٔ مسی قبل از ورود به حلقه و پس از عبور از آن از دید ناظری که از بالا نگاه می‌کند، کدام است؟




۱) ساعتگرد – ساعتگرد

۲) ساعتگرد – پادساعتگرد

۳) پادساعتگرد – ساعتگرد

۴) پادساعتگرد – پادساعتگرد

پاسخ: **گزینه ۳** کافی است از قانون لنز کمک بگیریم.

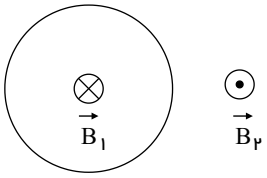
هنگام ورود آهن‌ربا به حلقه $\rightarrow B\uparrow \rightarrow \Phi\uparrow$

القایی پادساعتگرد $I \rightarrow$ القایی در خلاف جهت $B$ اصلی در حلقه به وجود می‌آید تا با افزایش $\Phi$ مخالفت کند $B'$

هنگام خروج آهن‌ربا از حلقه $\rightarrow B\downarrow \rightarrow \Phi\downarrow \rightarrow$ القایی هم‌سو با $B$ اصلی در حلقه به وجود می‌آید تا با کاهش $\Phi$ مخالفت کند $B'$

القایی از دید ناظر بالای حلقه، ساعتگرد است. $\rightarrow I$

**۱۹** شکل زیر، یک حلقهٔ حامل جریان الکتریکی را نشان می‌دهد که $\vec{B}_۱$ و $\vec{B}_۲$ بردارهای میدان مغناطیسی داخل و بیرون حلقه‌اند. کدام مورد دربارهٔ جهت جریان الکتریکی حلقه و اندازهٔ بردارهای میدان درست است؟




۱) ساعتگرد، $B_۱ = B_۲$

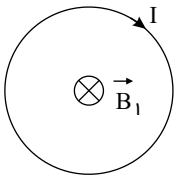
۲) ساعتگرد، $B_۱ > B_۲$

۳) پادساعتگرد، $B_۱ = B_۲$

۴) پادساعتگرد، $B_۱ > B_۲$

پاسخ: **گزینه ۲**

به تراکم خطوط میدان مغناطیسی درون حلقه و بیرون آن در شکل کتاب درسی توجه فرمائید.

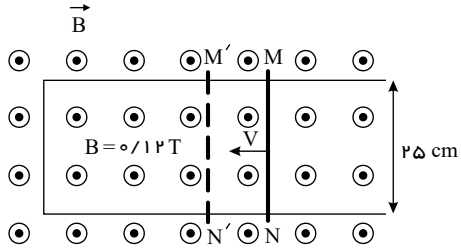



$\odot \vec{B}_۲$ و $B_۱ > B_۲$

بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز حلقه، بیشتر از بقیهٔ نقاط و میدان در بیرون حلقه بسیار ضعیف‌تر از مرکز حلقه است. با توجه به آنچه آموخته‌ایم، اگر انگشت شست دست راست در جهت جریان قرار گیرد میدان در مرکز حلقه درون‌سو و در بیرون حلقه برون‌سو خواهد بود.

مبحث القا ۹۸ به بعد

**۲۰** میلهٔ فلزی $MN$ را روی رسانای $U$ شکل با سرعت ثابت $v$ در مدت $\Delta t$ از وضع $MN$ به وضع $M'N'$ درمی‌آوریم. اگر نیروی محرکهٔ القاشده ۰٫۱۵ ولت باشد، سرعت حرکت میله چند متر بر ثانیه و جهت جریان القاشده در میله، کدام است؟




۱) ۵ و از $N$ به‌طرف $M$

۲) ۵ و از $M$ به‌طرف $N$

۳) ۷٫۵ و از $N$ به‌طرف $M$

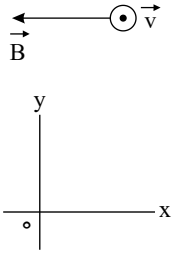
۴) ۷٫۵ و از $M$ به‌طرف $N$

پاسخ: **گزینه ۱** اگر سیم یا میله‌ای روی یک قاب $U$ شکل با سرعت $v$ حرکت کند و میدان مغناطیسی عمود بر قاب باشد نیروی محرکهٔ القایی از رابطهٔ $\bar{\varepsilon} = BLv$ به دست می‌آید. داریم:

$$\bar{\varepsilon} = B\ell v \rightarrow v = \frac{۰٫۱۵}{۰٫۲۵ \times ۰٫۱۲} = ۵\ m/s$$

با حرکت میله به‌طرف چپ، مساحت و شار عبوری کاهش می‌یابد. طبق قانون لنز باید میدان القایی هم‌جهت با میدان اصلی باشد. طبق قاعدهٔ دست راست، جریان القایی در قاب پادساعتگرد و از $N$ به $M$ است.

**۲۱** مطابق شکل، الکترونی با سرعتی به بزرگی $۲ \times ۱۰^{۵}\frac{m}{s}$ وارد فضایی می‌شود که میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $۴۰G$ و میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ در آنجا وجود دارد و الکترون بدون انحراف به حرکت خود ادامه می‌دهد. $\vec{E}$ در $SI$ کدام است؟ (از جرم الکترون صرف‌نظر کنید.)




۱) $(-۲ \times ۱۰^{۵})\vec{j}$

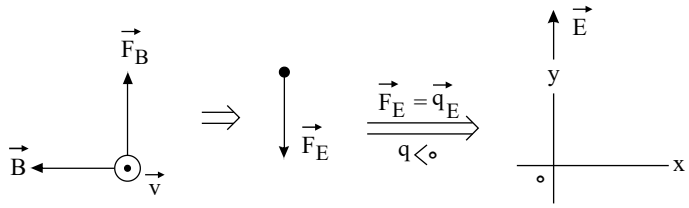
۲) $(۲ \times ۱۰^{۵})\vec{j}$

۳) $(-۸ \times ۱۰^{۲})\vec{j}$

۴) $(۸ \times ۱۰^{۲})\vec{j}$

پاسخ: **گزینه ۴** گام اول: از وزن الکترون صرف‌نظر شده است. پس شرط این‌که الکترون بدون انحراف به مسیر خود ادامه دهد این است که:

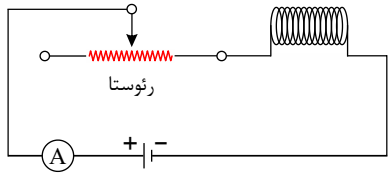
$$F_B = F_E \Rightarrow |q|vB\sin\theta = |q|E \xrightarrow[\sin\theta=۱]{\theta=۹۰} E = vB = (۲ \times ۱۰^{۵})(۴۰ \times ۱۰^{-۴}) \Rightarrow E = ۸۰۰\frac{N}{C}$$




گام دوم: با توجه به قانون دست راست (در اینجا برای بار منفی)، جهت نیروی مغناطیسی به سمت بالا می‌شود. بنابراین باید نیروی الکتریکی به سمت پایین باشد تا نیروی مغناطیسی را خنثی کند. حالا چون نیروی الکتریکی وارد بر بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی است، بنابراین میدان الکتریکی به سمت بالا می‌باشد.

$$\vec{E} = ۸۰۰\vec{j} = (۸ \times ۱۰^{۲})\vec{j}$$

**۲۲** در شکل زیر، ضریب القاوری (خود القایی) سیملوله $۰٫۰۵H$ است و انرژی ذخیره‌شده در آن $۰٫۴J$ است. اگر سیملوله دارای ۱۰۰ حلقه و طولش $۸cm$ باشد، میدان مغناطیسی داخل آن چند گاوس است؟ $(\mu_{۰} = ۱۲ \times ۱۰^{-۷}\frac{T \cdot m}{A})$




۱) ۶۰

۲) ۹۰

۳) ۱۲۰

۴) ۱۸۰



مبحث القا ۹۸ به بعد

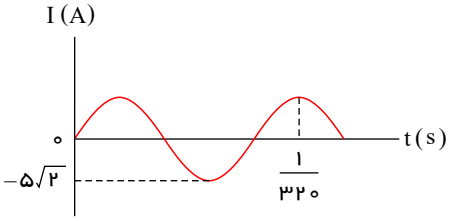
پاسخ: **گزینه ۱**

ابتدا به کمک رابطهٔ انرژی ذخیره‌شده در القاگر، جریان عبوری از آن را می‌یابیم و سپس میدان مغناطیسی داخل سیملوله را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} L = ۰/۰۵H \\ U = ۰/۴J \end{cases} \rightarrow U = \frac{۱}{۲}LI^۲ \rightarrow ۰/۴ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۰۵ \times I^۲ \xrightarrow{\times ۱۰۰} I^۲ = \frac{۴۰ \times ۲}{۵} = ۱۶ \Rightarrow I = ۴A$$

$$\begin{cases} N = ۱۰۰ \\ L = ۸cm = ۸ \times ۱۰^{-۲}m \\ I = ۴A \end{cases} \Rightarrow B = \frac{\mu_۰ NI}{L} = \frac{(۱۲ \times ۱۰^{-۷})(۱۰۰)(۴)}{(۸ \times ۱۰^{-۲})} \Rightarrow B = ۶ \times ۱۰^{-۳}T = ۶۰G$$

**۲۳** نمودار تغییرات یک جریان متناوب سینوسی به‌صورت شکل زیر است. اندازهٔ جریان در لحظهٔ $\frac{۱}{۳۲۰۰}$ ثانیه چند آمپر است؟




۱) ۲٫۵

۲) $۲٫۵\sqrt{۲}$

۳) ۵

۴) $۵\sqrt{۲}$

پاسخ: **گزینه ۳** با توجه به نمودار داریم:

$$\frac{۱}{۳۲۰} = ۵\frac{T}{۴} \Rightarrow T = \frac{۱}{۴۰۰}s$$

حالا معادلهٔ جریان متناوب برحسب زمان را می‌نویسیم و با قرار دادن $t = \frac{۱}{۳۲۰۰}s$ جریان را در این لحظه به دست می‌آوریم:

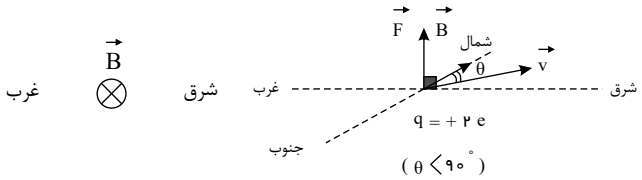
$$I = I_m \sin(\frac{۲\pi}{T}) = ۵\sqrt{۲}\sin(۸۰۰\pi t)$$

$$t = \frac{۱}{۳۲۰۰}s \Rightarrow I = ۵\sqrt{۲}\sin(\underbrace{۸۰۰\pi \times \frac{۱}{۳۲۰۰}}_{\frac{\pi}{۴}}) = ۵\sqrt{۲} \times \frac{\sqrt{۲}}{۲} = ۵A \Rightarrow I = ۵A$$

**۲۴** در مکانی، میدان مغناطیسی، یکنواخت و افقی و جهت آن به سمت شمال جغرافیایی است. اگر در این مکان یک ذرهٔ آلفا با سرعت $v$ در راستای افقی به سمت شمال شرقی در حرکت باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر ذره در آن لحظه به کدام جهت است؟

۱) راستای قائم به سمت بالا ۲) افقی به سمت شمال غربی ۳) راستای قائم به سمت پایین ۴) افقی به سمت جنوب شرقی

پاسخ: **گزینه ۱** فرض کنید شمال جغرافیایی در مقابل ما قرار دارد.

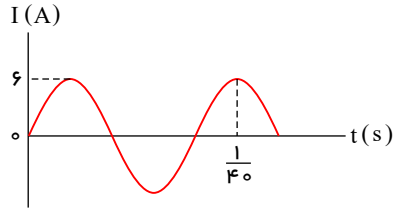



ذرهٔ $\alpha$، هستهٔ اتم هلیوم بوده و بار الکتریکی آن: $q = +۲e$ می‌باشد. طبق قانون دست راست اگر چهار انگشت دست راست در جهت حرکت به گونه‌ای قرار گیرد که بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ $\alpha$ در امتداد قائم رو به بالا است.



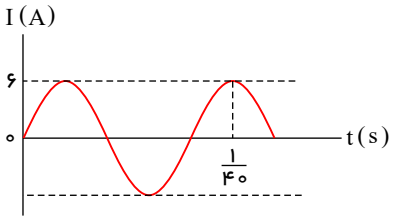
مخ القا ۹۸ به بعد

**۲۵** از یک سیملولهٔ آرمانی، جریان متناوب سینوسی که نمودار تغییرات آن برحسب زمان به‌صورت شکل زیر است، عبور می‌کند. اگر انرژی ذخیره شده در سیملوله در لحظهٔ $\frac{۱}{۴۰۰}$ ثانیه برابر ۷۲ میلی ژول باشد، ضریب القاوری سیملوله چند میلی‌هانری است؟




۱) ۸
۲) ۶
۳) ۴
۴) ۳

پاسخ: **گزینه ۱** ابتدا به کمک نمودار داده‌شده معادلهٔ جریان متناوب را به دست می‌آوریم و سپس با قراردادن $t = \frac{۱}{۴۰۰}s$ جریان در این لحظه را می‌یابیم:



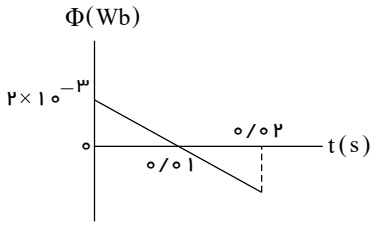

$$\begin{cases} \frac{۱}{۴۰}s = ۵\frac{T}{۴} \Rightarrow T = \frac{۱}{۵۰}s \Rightarrow \frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{(\frac{۱}{۵۰})} = ۱۰۰\pi \frac{rad}{s} \\ I = I_m \sin(\frac{۲\pi}{T}t) = ۶\sin(۱۰۰\pi t) \end{cases}$$

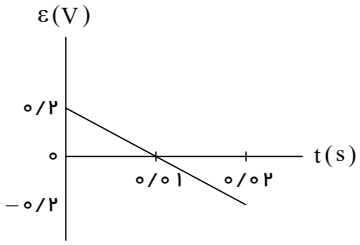
$$t = \frac{۱}{۴۰۰}s \Rightarrow I = ۶\sin(۱۰۰\pi \times \frac{۱}{۴۰۰}) = ۶ \times \frac{\sqrt{۲}}{۲} = ۳\sqrt{۲}A$$

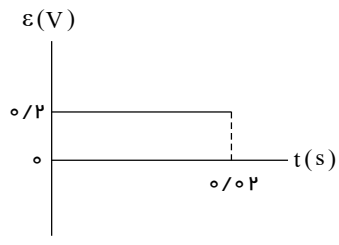
و در نهایت به کمک رابطهٔ انرژی ذخیره‌شده در القاگر خواهیم داشت:

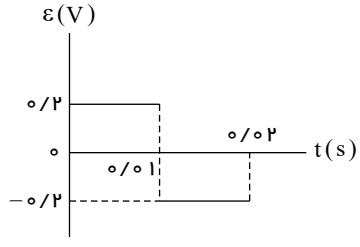
$$U = \frac{۱}{۲}LI^۲ \Rightarrow ۷۲mJ = \frac{۱}{۲}L \times (۳\sqrt{۲})^۲ = ۹L \Rightarrow L = ۸mH$$

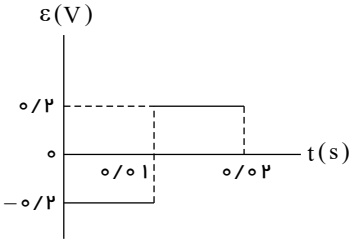
**۲۶** نمودار شار مغناطیسی‌ای که از یک حلقه می‌گذرد، در شکل زیر، نشان داده شده است. نمودار نیروی محرکهٔ القایی در این مدت کدام است؟




۱)



۲)



۳)



۴)


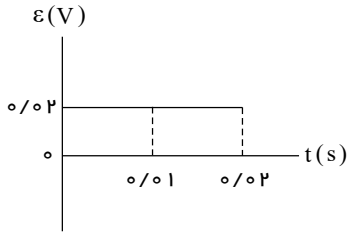

پاسخ: **گزینه ۲** چون نمودار $(\phi - t)$ به‌صورت یک خط مایل با شیب ثابت است بنابراین $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ در هر بازهٔ زمانی در این نمودار داده‌شده ثابت است. برای سهولت و تسریع در



مخ القا ۹۸ به بعد

حل بازهٔ زمانی $t=0$ تا $t=0/01s$ را انتخاب می‌کنیم:

$$\varepsilon=\bar{\varepsilon}=-N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}=-(1)(\frac{0-2\times10^{-3}}{0/01-0})=0/2V$$




**۲۷** حلقه‌ای به مساحت $200cm^2$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $B=0/004T$ قرار دارد و خطوط میدان با سطح حلقه زاویهٔ ۶۰ درجه می‌سازند. شار مغناطیسی که از حلقه می‌گذرد، چند وبر است؟

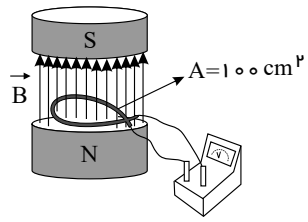
۱) $2\times10^{-3}$ ۲) $4\times10^{-5}$ ۳) $4\sqrt{3}\times10^{-3}$ ۴) $4\sqrt{3}\times10^{-5}$

پاسخ: گزینه ۴

در رابطهٔ $\Phi=AB\ cos\theta$، $\theta$ زاویهٔ بین میدان و خط عمود بر حلقه است، بنابراین:

$$\begin{cases}\varphi=AB\cos\theta=(200\times10^{-4})(4\times10^{-3})\underbrace{(\cos30^\circ)}_{\frac{\sqrt{3}}{2}}\Rightarrow\varphi=4\sqrt{3}\times10^{-5}Wb\\ \theta=90^\circ-(\text{زاویه بین میدان و سطح حلقه})\Rightarrow\theta=30^\circ\end{cases}$$

**۲۸** در شکل زیر، میدان مغناطیسی بین قطب‌های یک آهن‌ربای الکتریکی که بر سطح حلقه عمود است، با زمان تغییر می‌کند و در مدت $0/25s$ از $0/1$ تسلا روبه‌بالا به $0$ تسلا روبه‌پایین می‌رسد. بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه در این مدت چند میلی‌ولت است؟

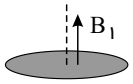



۱) صفر
۲) ۲
۳) ۴
۴) ۸

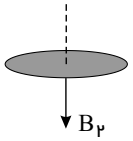
پاسخ: گزینه ۴

$A=100cm^2=100\times10^{-4}m^2=10^{-2}m^2$ و $\Delta t=0/25s$

جهت نیم‌خط عمود بر سطح را روبه‌بالا درنظر می‌گیریم. سپس شار مغناطیسی در حالت اول و دوم را به دست می‌آوریم. داریم:

حالت اول: 

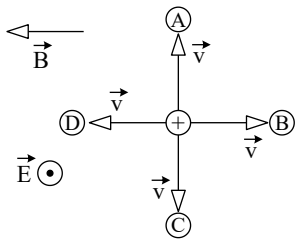

$$\Rightarrow\theta_1=0\Rightarrow\Phi_1=AB_1\cos0=AB_1=10^{-2}\times10^{-1}=10^{-3}Wb$$

حالت دوم: 


$$\Rightarrow\theta_2=180^\circ\Rightarrow\Phi_2=AB_2\cos180^\circ=-AB_2=-10^{-2}\times10^{-1}=-10^{-3}Wb$$

$$\Rightarrow\begin{cases}|\bar{\varepsilon}|=|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|=|-(1)(\frac{-10^{-3}-(10^{-3})}{0/25s})|=4\times2\times10^{-3}=0/008V\Rightarrow|\bar{\varepsilon}|=8mV\\ \Delta t=0/25s=\frac{1}{4}s\end{cases}$$

**۲۹** مطابق شکل زیر، دو میدان یکنواخت الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم در یک محیط قرار دارند. ذره‌ای با بار الکتریکی مثبت در آن فضا با سرعت $\vec{v}$ به کدام جهت حرکت کند، تا بزرگی نیروی خالص وارد بر آن بیشینه شود؟ (اثر وزن ذره ناچیز است.)

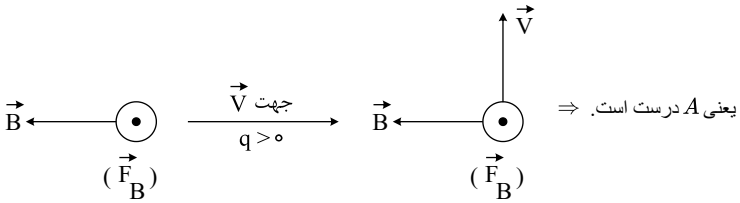



۱) $A$
۲) $B$
۳) $C$
۴) $D$

پاسخ: **گزینه ۱** گام اول: برای اینکه نیروی وارده بیشینه شود باید نیروی وارده از طرف میدان الکتریکی بر ذره یعنی $\vec{F_E}$ و نیروی وارده از طرف میدان مغناطیسی بر ذره یعنی $\vec{F_B}$ هم‌جهت باشند. چون تعیین تکلیف $\vec{F_E}$ راحت‌تر است از $\vec{F_E}$ شروع می‌کنیم. (چرا؟)

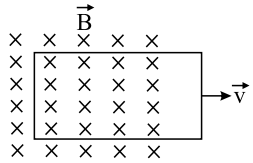
گام دوم: چون $q > 0$ و $\vec{E} \odot$ درنتیجه $\vec{F_E} \odot$ (برون‌سو است)

گام سوم: چون $\vec{F_E}$ برون‌سو است برای اینکه $(F_{net})$ بیشینه باشد بایستی $\vec{F_B}$ هم برون‌سو (هم‌جهت $\vec{F_E}$) باشد. چون $q > 0$ و جهت $\vec{B}$ از راست به چپ داده شده $(\vec{\leftarrow})$ اگر از قانون دست راست کمک بگیریم:




$\Rightarrow$ یعنی $A$ درست است.

**۳۰** در شکل زیر، یک حلقهٔ رسانا با تندی ثابت از یک میدان مغناطیسی خارج می‌شود و شار مغناطیسی در هر میلی‌ثانیه ۰٫۰۲ وبر کاهش می‌یابد. جریان الکتریکی القایی در کدام جهت است و نیروی محرکهٔ القایی متوسط چند ولت است؟



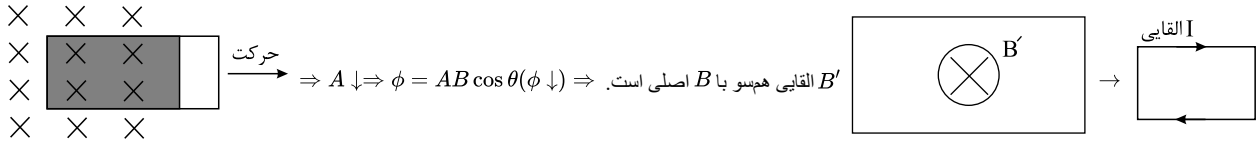

۱) ساعتگرد، ۰٫۲
۲) ساعتگرد، ۲۰
۳) پادساعتگرد، ۰٫۲
۴) پادساعتگرد، ۲۰

پاسخ: **گزینه ۲** در هر میلی‌ثانیه $(\Delta t = 10^{-3} s)$، شار مغناطیسی ۰٫۰۲ وبر کاهش می‌یابد $(\Delta\phi = -0{,}02 Wb)$، بنابراین:

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -(1)\left(\frac{-0{,}02}{10^{-3}}\right) = 20V \rightarrow \bar{\varepsilon} = 20V$$

و جهت جریان القایی:

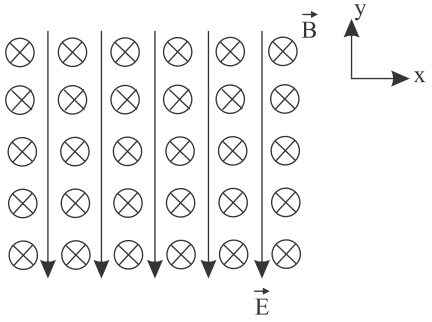
با خارج شدن حلقهٔ رسانا از میدان مغناطیسی $\leftarrow$ مساحتی از حلقه که داخل میدان است کاهش می‌یابد. $\leftarrow$ بنابراین میدان مغناطیسی القایی به‌گونه‌ای به وجود می‌آید که با کاهش شار مغناطیسی $\phi$ مخالفت کند یعنی $B'$ القایی با $B$ اصلی (اولیهٔ موجود در شکل سؤال) هم‌جهت باشد. $\leftarrow$ طبق قانون دست راست جهت جریان القایی می‌بایست ساعتگرد باشد تا این $B'$ القایی به وجود آمده باشد. (جریان القایی این $B'$ القایی را به وجود آورده است.)




$\Rightarrow A \downarrow \Rightarrow \phi = AB\cos\theta(\phi \downarrow) \Rightarrow$ $B'$ القایی هم‌سو با $B$ اصلی است.

مخ القا ۹۸ به بعد

**۳۱** در شکل زیر، میدان‌های یکنواخت الکتریکی $E = ۱۰۰۰\frac{N}{C}$ و مغناطیسی $B = ۱۰۰۰G$ نشان داده شده است. در این فضا، یک ذرهٔ آلفا با تندی چند متر بر ثانیه در چه جهتی در حرکت باشد، تا بدون انحراف به حرکت خود ادامه دهد؟ (اثر وزن ناچیز است.)




۱) $۱۰^{۴}$ در جهت محور $x$

۲) $۵ \times ۱۰^{۳}$ در جهت محور $x$

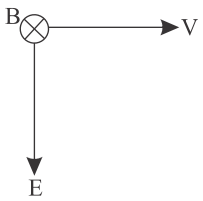
۳) $۱۰^{۴}$ در خلاف جهت محور $x$

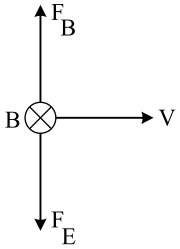
۴) $۵ \times ۱۰^{۳}$ در خلاف جهت محور $x$

پاسخ: گزینه ۱ برای اینکه این ذره بتواند در این دو میدان مغناطیسی و الکتریکی عمود بر هم، بدون انحراف حرکت کند، باید نیروهای الکتریکی و مغناطیسی وارد بر ذره، یکدیگر را خنثی می‌کنند، یعنی:

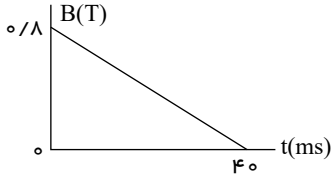
$$F_{net} = ۰ \to F_E = F_B \to E \cdot q = qvB \to E = v \cdot B \to v = \frac{E}{B} = \frac{۱۰^{۳}}{۱۰۰۰ \times ۱۰^{-۴}} \to v = ۱۰^{۴}\frac{m}{s}$$

و در اینجا است، اگر چهار انگشت دست راست در جهت میدان الکتریکی $E$ به گونه‌ای قرار گیرد که برداری میدان مغناطیسی $B$ از کف دست خارج شود، انگشت شست، جهت سرعت ذره را نمایش می‌دهد، یعنی در اینجا:






**۳۲** پیچه‌ای دارای ۵۰۰ حلقه و مساحت سطح هر حلقهٔ آن $۴۰cm^{۲}$ است و طوری در یک میدان مغناطیسی قرار گرفته است که خط‌های میدان عمود بر سطح حلقه‌های پیچه‌اند. اگر نمودار تغییرات میدان برحسب زمان به‌صورت شکل زیر باشد، نیروی محرکهٔ القایی متوسط در پیچه در بازهٔ زمانی $t_۱ = ۰$ تا $t_۲ = ۳۰ms$ چند ولت است؟




۱) ۱۲۰

۲) ۴۰

۳) ۳۰

۴) ۱۶

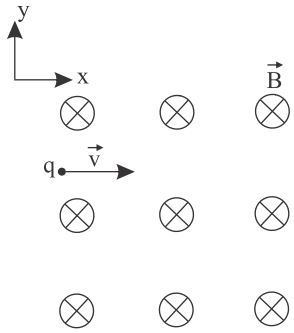
پاسخ: گزینه ۲ در نمودار $B-t$ شیب نمودار برابر $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ است و چون شیب نمودار ثابت است $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ در تمام بازه‌های زمانی یکسان است، بنابراین برای محاسبهٔ $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ دربازهٔ ۰ تا ۳۰$ms$، مقدار آن را دربازهٔ ۰ تا ۴۰$ms$ پیدا می‌کنیم. داریم:

$$(\frac{\Delta B}{\Delta t})_{۰-۳۰ms} = (\frac{\Delta B}{\Delta t})_{۰-۴۰ms} = \frac{۰ - ۰/۸}{۴۰ - ۰} = -\frac{۸}{۴۰۰}(\frac{T}{ms}) = -\frac{۱}{۵۰}\frac{T}{ms} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}cos\alpha \xrightarrow[cos۰=۱]{\alpha=۰} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -(۵۰۰)(۴۰ \times ۱۰^{-۴})(-\frac{۱}{۵۰ \times ۱۰^{-۳}}) \Rightarrow \bar{\varepsilon} = ۴۰V$$



مخ القا ۹۸ به بعد

**۳۳** مطابق شکل زیر، پروتونی با سرعت $\vec{v}=(۱۰^{۴}\frac{m}{s})\vec{i}$ وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت، به بزرگی $۱۷۰G$ می‌شود. اگر تنها نیروی مغناطیسی به پروتون وارد شود، شتاب حرکتش در این لحظه در $SI$ ، کدام است؟ (بار الکتریکی پروتون $۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹}C$ و جرم آن $۱٫۷\times ۱۰^{-۲۷}kg$ است.)




۱) $۱٫۶\times ۱۰^{۱۰}\vec{j}$

۲) $۱٫۶\times ۱۰^{۱۰}\vec{i}$

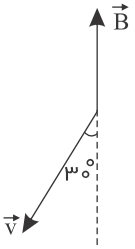
۳) $۱٫۶\times ۱۰^{۸}\vec{j}$

۴) $۱٫۶\times ۱۰^{۸}\vec{i}$

پاسخ: **گزینه ۱** بدیهی که با استفاده از قانون دست راست، اگر چهار انگشت دست راست در جهت $\vec{v}$ به گونه‌ای قرار گیرد که بردار میدان $\vec{B}$ از کف دست خارج شود، انگشت شست جهت نیروی وارد بر آن را در جهت $+j$ نشان می‌دهد، پس شتاب نیز در همان جهت است.

$$F=qVB\sin\theta \xrightarrow{\vec{F}=m\vec{a}} m\vec{a}=qVB\sin\theta \rightarrow \vec{a}=\frac{qVB\sin\theta}{m} \rightarrow \vec{a}=\frac{۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹}\times ۱۰^{۴}\times ۱۷۰\times ۱۰^{-۴}\times (۱)}{۱٫۷\times ۱۰^{-۲۷}} \rightarrow \vec{a}=۱٫۶\times ۱۰^{۱۰}\vec{j}$$

**۳۴** الکترونی با تندی $v=۵\times ۱۰^{۴}\frac{m}{s}$ در میدان مغناطیسی یکنواخت $B=۲۰۰۰G$ مطابق شکل زیر در حرکت است. در این لحظه، نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون چند نیوتون و در کدام جهت است؟ $(e=۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹}C)$



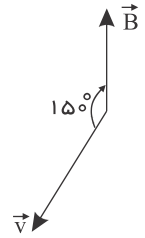

۱) $\odot, ۸\sqrt{۳}\times ۱۰^{-۱۲}$

۲) $\otimes, ۸\sqrt{۳}\times ۱۰^{-۱۲}$

۳) $\otimes, ۸\times ۱۰^{-۱۶}$

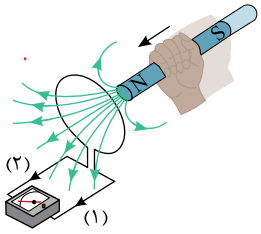
۴) $\odot, ۸\times ۱۰^{-۱۶}$

پاسخ: **گزینه ۴** قبل از هر چیز، دقت کنید که بار الکتریکی منفی است (الکترون است) پس اگر از قاعدهٔ دست راست استفاده کردیم، باید جهت نهایی یافته شده را عکس کنیم یا از همان اول از قاعدهٔ دست چپ استفاده کنیم که در این صورت نیروی وارد بر الکترون برون‌سو خواهد بود. (چهارانگشت دست چپ را روی $V$ قرار داده و به گونه‌ای ببندید که چهار انگشت در امتداد $B$ قرار گیرد، در اینصورت نیروی وارد بر ذره، هم‌سو با انگشت شست، یعنی در اینجا برون‌سو خواهد بود.)




$$F=qVB\sin\theta=۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹}\times \times ۱۰^{۴}\times ۲۰۰\times ۱۰^{-۴}\times \frac{۱}{۲} \rightarrow F=۸\times ۱۰^{-۱۶}N\odot$$

**۳۵** با توجه به جهت حرکت آهن‌ربا، جریان القایی در کدام جهت است و نیروی مغناطیسی که حلقه به آهن‌ربا وارد می‌کند. چگونه است؟




۱) (۱)، جاذبه

۲) (۱)، دافعه

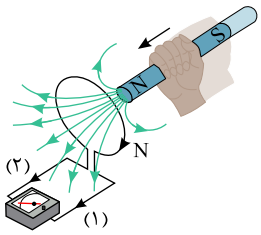
۳) (۲)، جاذبه

۴) (۲)، دافعه

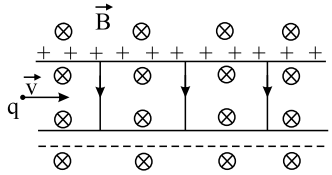
مخ القا ۹۸ به بعد

پاسخ: گزینه ۲

با توجه به جهت حرکت آهن‌ربا، با توجه به قانون لنز، در سمت راست حلقه، قطب $N$ آهن‌ربای القایی ایجاد می‌شود تا با نزدیک شدن آهن‌ربا به حلقه و افزایش شار مغناطیسی مخالفت کند، پس جهت جریان القایی در جهت (۱) است و نیروی دافعه خواهیم داشت.



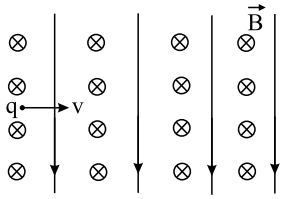

**۳۶** مطابق شکل زیر، ذره‌ای به بار $q = ۲\mu C$ با جرم ناچیز با تندی $v = ۲ \times ۱۰^{۴} \frac{m}{s}$ در جهت نشان داده شده که عمود بر میدان‌های یکنواخت $B = ۰/۰۲T$ و $E = ۵۰۰ \frac{N}{C}$ است، وارد فضای این میدان‌ها می‌شود. نیروی خالص وارد بر ذره در لحظهٔ ورود به میدان‌ها چند نیوتون است؟



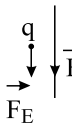

۱) صفر
۲) $۳ \times ۱۰^{-۴}$
۳) $۲ \times ۱۰^{-۴}$
۴) $۱/۸ \times ۱۰^{-۳}$

پاسخ: گزینه ۳

$$\begin{cases} q = ۲\mu C = ۲ \times ۱۰^{-۶} C > ۰ \\ v = ۲ \times ۱۰^{۴} \frac{m}{s} \\ B = ۰/۰۲T \\ E = ۵۰۰ \frac{N}{C} \end{cases}$$




گام اول: از طرف میدان الکتریکی به بار $q > ۰$ نیروی $F_E = qE$ هم‌جهت با میدان الکتریکی $\vec{E}$ به بار $q$ وارد می‌شود.

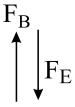



$$F_E = qE = (۲ \times ۱۰^{-۶})(۵۰۰) = ۱۰^{-۳}(N)$$

گام دوم: از طرف میدان مغناطیسی نیز به بار $q$ نیروی $\vec{F_B}$ وارد می‌شود:

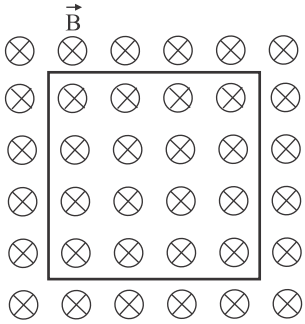
$$F_B = qvB \sin ۹۰^{\circ} = qvB = (۲ \times ۱۰^{-۶})(۲ \times ۱۰^{۴})(۲ \times ۱۰^{-۲}) = ۸ \times ۱۰^{-۴}(N) = ۰/۸ \times ۱۰^{-۳}$$

جهت $F_B$ طبق قانون دست راست و مثبت بودن $q$ به طرف بالا است:




$F_{net} = F_E - F_B = ۱۰^{-۳} - ۰/۸ \times ۱۰^{-۳} = ۰/۲ \times ۱۰^{-۳} = ۲ \times ۱۰^{-۴} N$ رو به پایین $(F_E > F_B)$

**۳۷** در شکل زیر، حلقهٔ رسانایی به مساحت $۶۰۰cm^۲$ عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی قرار دارد و میدان مغناطیسی بدون تغییر جهت، در مدت یک میلی‌ثانیه ۲۰۰ گاوس کاهش می‌یابد. در این مدت، نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه چند ولت است و جهت جریان القایی چگونه است؟




۱) ۱٫۲، پادساعتگرد

۲) ۰٫۶، پادساعتگرد

۳) ۰٫۶، ساعتگرد

۴) ۱٫۲، ساعتگرد

پاسخ: گزینه ۴ چون جهت میدان مغناطیسی درون‌سو و در حال کاهش است، پس جریان القایی باید به‌گونه‌ای باشد که میدان مغناطیسی القایی نیز درون‌سو بوده تا از کاهش میدان جلوگیری کند بنابراین، جهت جریان القایی ساعتگرد است. حال داریم:

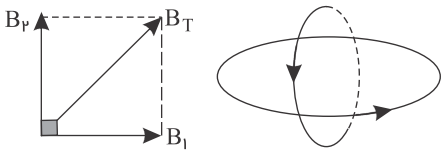
$$|\bar{\varepsilon}| = |\frac{\Delta\phi}{\Delta t}| = |\frac{A(\Delta B)\cos ۰}{\Delta t}| = \frac{۶۰۰ \times ۱۰^{-۴} \times ۲۰۰ \times ۱۰^{-۴}}{۱۰^{-۳}} \rightarrow |\bar{\varepsilon}| = ۱٫۲V$$

**۳۸** شعاع حلقهٔ رسانایی $۲٫۵cm$ است و از آن جریان الکتریکی $۲۰A$ می‌گذرد و شعاع حلقهٔ دیگری $۳cm$ است و از آن جریان الکتریکی $۱۸A$ می‌گذرد. حلقه‌ها به‌صورت هم‌مرکز قرار دارند و سطح آنها بر هم عمود است، میدان مغناطیسی در مرکز مشترک حلقه‌ها چند گاوس است؟ $(\mu_۰ = ۴\pi \times ۱۰^{-۷}\frac{T \cdot m}{A})$

۱) $۲\pi$ ۲) $۲٫۸\pi$ ۳) $۳٫۶\pi$ ۴) $۴\pi$

پاسخ: گزینه ۱

چون سطح حلقه‌های هم‌مرکز بر هم عمود است، میدان مغناطیسی در مرکز آنها نیز بر هم عمود است، داریم:

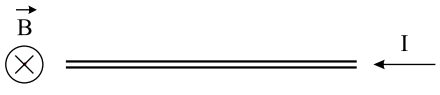



برای هر حلقه که $N = ۱$ است، داریم:

$$B = \frac{\mu_۰ I}{۲r} \rightarrow \begin{cases} B_۱ = \frac{۴\pi \times ۱۰^{-۷} \times ۲۰}{۲ \times ۲٫۵ \times ۱۰^{-۲}} = ۱٫۶\pi \times ۱۰^{-۴}T \\ B_۲ = \frac{۴\pi \times ۱۰^{-۷} \times ۱۸}{۲ \times ۳ \times ۱۰^{-۲}} = ۱٫۲\pi \times ۱۰^{-۴}T \end{cases}$$

$$B_T = \sqrt{(۱٫۲\pi \times ۱۰^{-۴})^۲ + (۱٫۶\pi \times ۱۰^{-۴})^۲} = ۲\pi \times ۱۰^{-۴}T \rightarrow B = ۲\pi G$$

**۳۹** مطابق شکل زیر، سیم مستقیمی به طول $۲٫۴m$ حامل جریان $۲٫۵A$ از شرق به غرب است. اندازهٔ میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم $۰٫۵G$ و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارد بر این سیم، کدام است؟




۱) $۳ \times ۱۰^{-۵}N$، بالا ۲) $۳ \times ۱۰^{-۴}N$، بالا ۳) $۳ \times ۱۰^{-۵}N$، پایین ۴) $۳ \times ۱۰^{-۴}N$، پایین

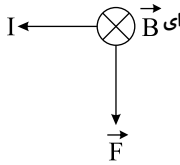
پاسخ: گزینه ۴ در ابتدا بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را می‌یابیم:

$$F = I\ell B\sin\theta \xrightarrow[B=۰٫۵G=۵\times۱۰^{-۵}T,\theta=۹۰^\circ]{I=۲٫۵A,\ell=۲٫۴m} F = (۲٫۵)(۲٫۴)(۵ \times ۱۰^{-۵})(\sin ۹۰^\circ) \Rightarrow F = ۳ \times ۱۰^{-۴}N$$

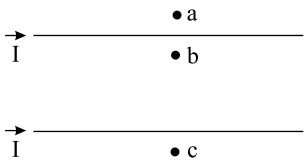


مخ القا ۹۸ به بعد

حال با استفاده از قاعدهٔ دست راست، جهت این نیرو را به دست می‌آوریم، به گونه‌ای که اگر چهار انگشت دست راست خود را روی سیم در جهت جریان به گونه‌ای قرار دهیم که کف دست روی صفحه قرار گیرد (بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود که در اینجا درون‌سو است) انگشت شست جهت نیروی وارد بر سیم را نشان می‌دهد که در اینجا رو به پایین است.



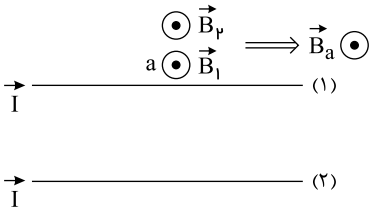

**۴۰** جهت میدان مغناطیسی برایند (خالص) ناشی از سیم‌های موازی و بلند حامل جریان یکسان، در هر یک از نقطه‌های $a$، $b$ و $c$ به‌ترتیب کدام است؟

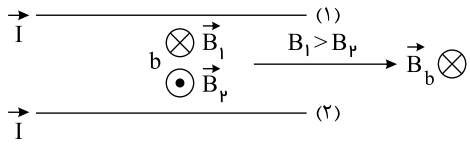


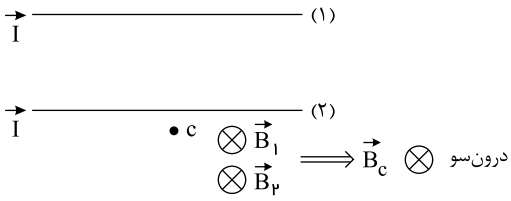

۱) درون‌سو – درون‌سو – برون‌سو
۲) برون‌سو – درون‌سو – درون‌سو
۳) درون‌سو – برون‌سو – برون‌سو
۴) برون‌سو – برون‌سو – درون‌سو

پاسخ: **گزینه ۲**

قبل از هر چیز می‌دانیم که بزرگی میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم راست؛ (۱) با جریان عبوری از سیم رابطهٔ مستقیم دارد. (۲) با فاصله از سیم رابطهٔ عکس دارد. حال به تحلیل میدان مغناطیسی برآیند در نقاط داده‌شده می‌پردازیم. نقطهٔ $a$: اگر انگشت شست دست راست خود را در جهت جریان $I$ و بر روی سیم قرار دهیم، چهارانگشت در حالت بسته شدن، جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم را نشان می‌دهند و از آنجا که بردار میدان مغناطیسی مماس بر خط میدان در هر نقطه است، داریم:



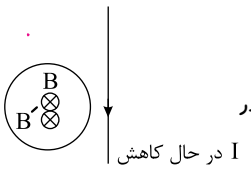



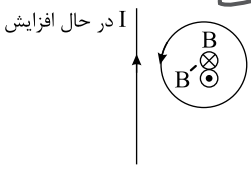

**۴۱** در کدام شکل، جهت جریان القایی حلقه صحیح است؟

پاسخ: **گزینه ۱** به بررسی یک‌به‌یک گزینه‌ها می‌پردازیم:

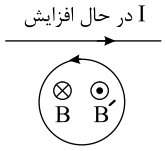
۱) درست؛ میدان ناشی از سیم راست در مرکز حلقهٔ درون‌سو است که با کاهش جریان، میدان مغناطیسی و شارگذرنده از حلقه در حال کاهش خواهد بود. پس با توجه به قوانین القای الکترومغناطیسی فاراده و لنز، جریان القایی به‌گونه‌ای خواهد بود که با کاهش شار مخالفت کند و میدان مغناطیسی القایی درون‌سو و در مرکز حلقه ایجاد می‌کند، بنابراین جریان حلقه ساعتگرد خواهد بود. ($B'$ میدان مغناطیسی‌ای است که در اثر جریان القایی حلقه، در مرکز حلقه ایجاد می‌شود.)



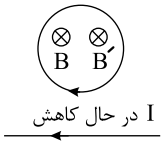
۲) نادرست؛ جهت درست جریان القایی در حلقه پادساعتگرد است.



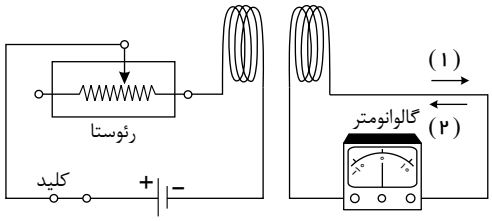

۳) نادرست؛ جهت درست جریان القایی در حلقه پادساعتگرد است.




۴) نادرست؛ جهت درست جریان القایی در حلقه ساعتگرد است.




**۴۲** **در شکل زیر، در لحظهٔ وصل کلید، جهت جریان القایی کدام است و در حالتی که کلید وصل است، اگر مقاومت رئوستا را به‌تدریج کاهش دهیم، جهت جریان القایی، در کدام جهت می‌شود؟**




۱) (۱) و (۱)

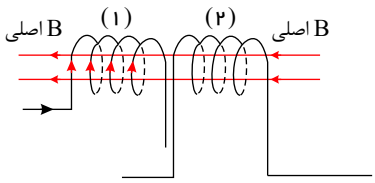
۲) (۱) و (۲)

۳) (۲) و (۱)

۴) (۲) و (۲)

پاسخ: گزینه ۴ در لحظهٔ وصل کلید، جریان و در نتیجه میدان مغناطیسی ایجادشده در سیملولهٔ سمت چپ و به‌تبع آن میدان مغناطیسی و شار مغناطیسی ایجادشده و گذرنده از سیملولهٔ سمت راست افزایش می‌یابد. بنابراین:

$B'$ القایی در سیملولهٔ (سمت راست) باید خلاف جهت $B$ باشد $\Rightarrow$ تا با افزایش $\Phi_{(۲)}$ مخالفت کند $\Rightarrow B_{\text{اصلی}} \uparrow \Rightarrow$ با بستن کلید $K$




پس جریان القایی باید در جهت (۲) باشد.

حالا اگر مقاومت رئوستا کاهش یابد، جریان در سیملولهٔ (۱) افزایش می‌یابد و نتیجه‌ای مشابه بالا حاصل می‌شود.

بنابراین مانند حالت قبل جریان القایی در سیملولهٔ (۲) در جهت (۲) است.

**۴۳** **طول سیملولهٔ $A$، دو برابر طول سیملولهٔ $B$ و تعداد حلقه‌های آن نیز دو برابر تعداد حلقه‌های سیملولهٔ $B$ است. اگر شدت جریان الکتریکی عبوری از اینها با هم برابر باشد، به‌ترتیب انرژی ذخیره‌شده در سیملولهٔ $A$، چند برابر انرژی سیملولهٔ $B$ است و میدان مغناطیسی درون سیملولهٔ $A$ چند برابر میدان درون سیملولهٔ $B$ است؟ (سیملوله‌ها بدون هستهٔ آهنی و قطر حلقه‌های آنها با هم برابر است.)**

۱) ۱ و ۱

۲) ۲ و ۱

۳) ۲ و ۲

۴) ۴ و ۲

پاسخ: گزینه ۲ ابتدا رابطهٔ بین ضریب القاوری آنها را می‌یابیم:

$$L = \frac{\mu_{\circ} \cdot N^{۲} A}{\ell}$$



مخ القا ۹۸ به بعد

$$\begin{cases} \ell_A = ۲\ell_B \ \ (۱) \\ N_A = ۲N_B \ \ (۲) \\ I_A = I_B \\ \text{قطر حلقه‌ها برابر است} \rightarrow A_A = A_B \ \ (۳) \end{cases}$$

$$\frac{L_A}{L_B} = (\frac{N_A}{N_B})^۲(\frac{A_A}{A_B})(\frac{\ell_B}{\ell_A}) = (۴)(۱)(\frac{۱}{۲}) = ۲ \rightarrow L_A = ۲L_B$$

انرژی ذخیره‌شده در القاگر از رابطهٔ $U = \frac{۱}{۲}LI^۲$ به دست می‌آید، داریم:

$$\frac{U_A}{U_B} = (\frac{L_A}{L_B})(\frac{I_A}{I_B})^۲ = (۲)(۱)^۲ = ۲$$

میدان مغناطیسی : $B = \mu_۰ \cdot \frac{NI}{\ell} \Rightarrow (\frac{B_A}{B_B}) = (\frac{N_A}{N_B})(\frac{I_A}{I_B})(\frac{\ell_B}{\ell_A}) = (۲)(۱)(\frac{۱}{۲}) = ۱$

**۴۴** **طول سیملولهٔ $A$، دو برابر طول سیملولهٔ $B$ و تعداد حلقه‌های سیملولهٔ $B$ است و از آنها جریان الکتریکی یکسان می‌گذرد. اگر سطح مقطع آنها نیز برابر باشد، میدان مغناطیسی درون سیملوله و ضریب القاوری سیملولهٔ $A$، به‌ترتیب چند برابر میدان مغناطیسی و ضریب القاوری سیملولهٔ $B$ است؟ (درون سیملوله‌ها هوا است.)**

**۱** ۲ و ۲ **۲** ۲ و ۴ **۳** ۱ و ۲ **۴** ۱ و ۱

پاسخ: گزینه ۳ در ابتدا با توجه به رابطهٔ مربوط به میدان مغناطیسی سیملوله داریم:

$$B = \frac{\mu_۰ NI}{l} \Rightarrow \frac{B_A}{B_B} = \frac{N_A}{N_B} \times \frac{I_A}{I_B} \times \frac{l_B}{l_A} = ۲ \times ۱ \times \frac{۱}{۲} = ۱$$

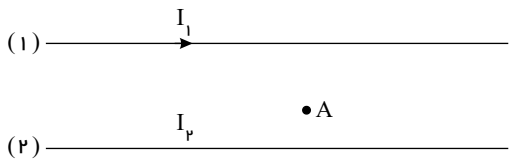
و برای ضریب القاوری داریم:

$$L = \frac{\mu_۰ N^۲ A}{l} \Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = (\frac{N_A}{N_B})^۲ \times \frac{A_A}{A_B} \times \frac{l_B}{l_A} = (۲)^۲ \times ۱ \times \frac{۱}{۲} = ۲$$

# پاسخنامه تشریحی

**۱** گزینه ۴

گام اول: میدان ناشی از سیم $I_1$ در محل $A$، درون‌سو است. بنابراین برای اینکه میدان مغناطیسی برآیند حاصل از دو سیم در $A$ صفر شود بایستی میدان مغناطیسی حاصل از سیم $I_2$ در $A$، برون‌سو شود و لازمهٔ این کار این است که جریان $I_2$ هم‌جهت $I_1$ باشد.




گام دوم: چون نقطهٔ $A$ به سیم (۲) نزدیک‌تر است، جریان $I_1$ باید از $I_2$ بزرگ‌تر باشد تا جبران فاصلهٔ بیشتر $I_2$ از نقطهٔ $A$ را بنماید.

(تذکر: به‌طور کلی، اگر در نقطه‌ای بین دو سیم راست و موازی حامل جریان، میدان مغناطیسی برایند صفر شود، جریان سیم‌ها همسو بوده و نقطهٔ موردنظر به سیم حامل جریان کمتر، نزدیک‌تر است.)

**۲** گزینه ۲

با کاهش جریان الکتریکی (خارجی) عبوری از القاگر، القاگر یک جریان خودالقایی در جهت جریان اصلی در مدار ایجاد می‌کند و این یعنی القاگر مقداری انرژی آزاد می‌کند.

**۳** گزینه ۱

محاسبهٔ نیروی وارد بر ذرهٔ $\alpha$:

$$F = ma \Rightarrow |q|vB\sin\alpha = ma \Rightarrow B = \frac{ma}{|q|v\sin\alpha} = \frac{(۶٫۶۸ \times ۱۰^{-۲۷})(۴ \times ۱۰^{۵})}{(۲ \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹})(۵۰)(۱)} \Rightarrow B = \frac{۲۶٫۷۲ \times ۱۰^{-۲۲}}{۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۷}} = ۱۶٫۷ \times ۱۰^{-۵}T$$

$$= ۱٫۶۷ \times ۱۰^{-۴}T = ۱٫۶۷G$$

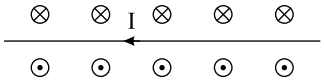
**۴** گزینه ۲

می‌دانیم که معادلهٔ جریان متناوب در $SI$ به صورت زیر است، بنابراین داریم:

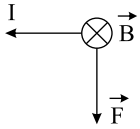
$$I = I_{max}\sin\frac{۲\pi}{T}t \xrightarrow[T=۰٫۰۲s]{I_{max}=۲A} I = ۲\sin\frac{۲\pi}{۰٫۰۲}t \rightarrow I = ۲\sin ۱۰۰\pi t$$

**۵** گزینه ۳

اگر انگشت شست دست راست روی سیم و در جهت جریان قرار گیرد، چهار انگشت در حالت بسته شدن، جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم حامل جریان را نشان می‌دهند که با توجه به جهت میدان مغناطیسی نشان داده‌شده جهت جریان در سیم به طرف چپ است.

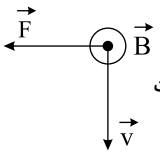



حال اگر این سیم در یک میدان مغاطیسی خارجی درون‌سو قرار گیرد، از طرف میدان نیروی $F$ به طرف پایین به آن وارد می‌شود. (قاعدهٔ دست راست)



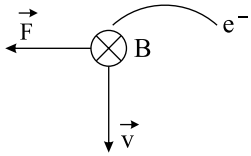

**۶** گزینه ۳

با توجه به قاعدهٔ دست راست، اگر چهار انگشت دست راست خود را بر روی صفحه در جهت سرعت ذره به گونه‌ای قرار دهیم که انگشت شست در جهت نیروی $F$ قرار گیرد، بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج می‌شود که در اینجا برای بار مثبت برون‌سو خواهد بود. بدیهی است که چون الکترون دارای بار منفی است



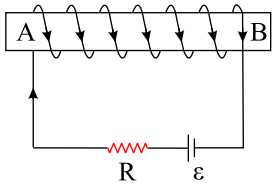

جهت میدان در خلاف جهتی است که با قاعدهٔ دست راست یافته‌ایم، یعنی در اینجا درون‌سو خواهد بود.

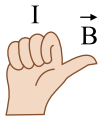
تذکر: از همان ابتدا با استفاده از دست چپ هم می‌توان به پاسخ رسید.



**۷** گزینه ۲

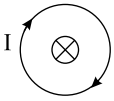
با توجه به جهت جریان در سیملوله، اگر چهار انگشت دست راست روی سیملوله در جهت جریان قرار گیرد، جهت میدان مغناطیسی و قطب $N$ آهنربا، توسط انگشت شست معلوم شده و به‌صورت زیر است:






**۸** گزینه ۲

می‌دانیم که اگر انگشت شست دست راست روی سیم در جهت جریان قرار گیرد، چهار انگشت در حالت بسته شدن، جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم را نشان می‌دهد. بنابراین در اینجا جریان حلقه ساعتگرد بوده و جهت میدان مغناطیسی در مرکز حلقه، درون‌سو است.




**۹** گزینه ۴

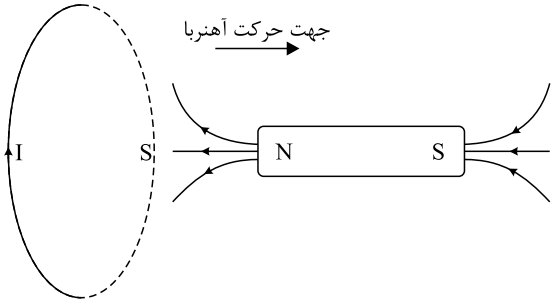
در ابتدا معادلهٔ جریان متناوب را می‌نویسیم، سپس با قرار دادن مقدار $t = \frac{۳}{۴۰۰}s$ جریان را می‌یابیم.

$$I = I_{max}\sin\frac{۲\pi}{T}t \Rightarrow I = ۵\sin\frac{۲\pi}{\frac{۱}{۵۰}} \times \frac{۳}{۴۰۰}$$

$$\Rightarrow I = ۵\sin\frac{۳\pi}{۴} \Rightarrow I = \frac{۵\sqrt{۲}}{۲}A$$

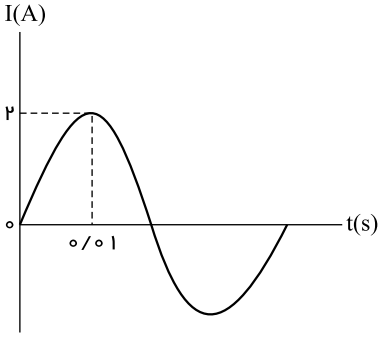
**۱۰** گزینه ۲

با توجه به جهت جریان القایی، سمت راست حلقه قطب $S$ القایی به وجود آمده و در این صورت قطب $A$، قطب $N$ آهنربا است (با توجه به خط‌های میدان آهنربا) و در حال دور شدن از حلقه است.



**۱۱** گزینه ۲

برای نوشتن معادلهٔ شدت جریان متناوب، باید مقدار $I_{max}$ (جریان بیشینه) و دورهٔ ($T$) را بدانیم. بنابراین با توجه به نمودار داده‌شده داریم:




$$I_{max} = ۲A$$

$$\frac{T}{۴} = ۰/۰۱ \Rightarrow T = ۰/۰۴s$$

$$I = I_{max}\sin\frac{۲\pi}{T}t \xrightarrow[T=۰/۰۴s]{I_{max}=۲A} I = ۲\sin\frac{۲\pi}{۰/۰۴}t \Rightarrow I = ۲\sin ۵۰\pi t$$

**۱۲** گزینه ۱ با توجه به تغییر شار مغناطیسی داریم:

$$|\bar{I}| = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{N\Delta\phi}{R\Delta t} = \frac{۲۰ \times ۰/۰۱۵}{۱۵ \times ۰/۱} \Rightarrow \bar{I} = ۲A$$

**۱۳** گزینه ۴ در یک مبدل آرمانی داریم:

$$\frac{V_۲}{V_۱} = \frac{N_۲}{N_۱} \xrightarrow[V_۱=۲۴۰V]{N_۱=۵۰,N_۲=۹۰۰} \frac{V_۲}{۲۴۰} = \frac{۹۰۰}{۵۰} \rightarrow V_۲ = ۴۳۲۰V$$

**۱۴** گزینه ۴ با استفاده از قانون القای فاراده داریم:

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

اگر زاویهٔ بین نیم‌خط عمود بر حلقه را در ابتدا برابر $\theta_۱ = ۰$ بگیریم در نهایت این زاویه برابر $\theta_۲ = ۱۸۰^\circ$ می‌شود.

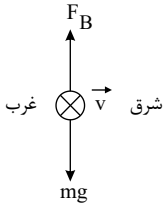
$$\Delta\phi = \phi_۲ - \phi_۱ = (AB\cos\theta_۲ - AB\cos\theta_۱) = -۰/۰۸ \times ۵۰ \times ۱۰^{-۴}Wb$$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = \frac{-۱۰۰۰ \times \frac{-۸}{۱۰۰} \times ۵۰ \times ۱۰^{-۴}}{\frac{۱}{۱۰۰}} = ۴۰$$

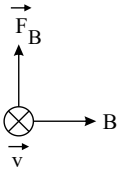
**۱۵** گزینه ۴

$$m = ۵gr \quad , \quad v = ۲/۵ \times ۱۰^{۳}\, m/s \quad , \quad q = -۵۰\mu C$$

اگر رو به شمال قرار گیریم ذره در امتداد عمود بر صفحهٔ کاغذ و درون‌سو (جنوب به شمال)، پرتاب شده است:




$\vec{B}$ جهت : $q < ۰$ :




$\rightarrow$ غرب به شرق : $\vec{B}$ جهت

$\vec{B}$ اندازهٔ : (برای عدم انحراف ذره در حین حرکت ) $\rightarrow F_B = mg \rightarrow |q|vB\underbrace{\sin ۹۰^\circ}_{\text{ذره جنوب به شمال پرتاب شده است.}} = mg$

**با نگاهی به گزینه‌ها (هرچند در متن سؤال اشاره‌ای نشده است.) درمی‌یابیم که $\vec{v}$ و $\vec{B}$ بر هم عمودند.**

$$\rightarrow (۵۰ \times ۱۰^{-۶})(۲٫۵ \times ۱۰^{۳})(B)(۱) = (۵ \times ۱۰^{-۳})(۱۰)$$

$$\rightarrow B = \frac{۵ \times ۱۰^{-۲}}{۱۲۵ \times ۱۰^{-۳}} = ۰٫۴T$$

**۱۶ گزینه ۴** **با استفاده از قانون القای فاراده داریم:**

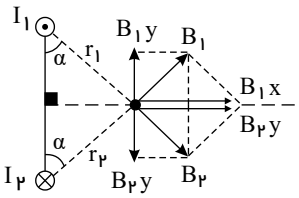
$$\Phi_۱ = ۴ \times ۱۰^{-۳}\cos(۱۰۰\pi \times \frac{۱}{۲۰۰}) = ۴ \times ۱۰^{-۳} \times \underbrace{\cos\frac{\pi}{۲}}_{۰} = ۰$$

$$\Phi_۲ = ۴ \times ۱۰^{-۳}\cos(۱۰۰\pi \times \frac{۱}{۱۰۰}) = ۴ \times ۱۰^{-۳} \times \underbrace{\cos\pi}_{-۱} = -۴ \times ۱۰^{-۳}Wb$$

$$|\bar{\varepsilon}| = |-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}| = ۶۰ \times \frac{۴ \times ۱۰^{-۳}}{\frac{۱}{۱۰۰} - \frac{۱}{۲۰۰}} = ۴۸\ V$$

**۱۷ گزینه ۱**

**چون $I_۱ = I_۲$ و $r_۱ = r_۲$ (تقارن در شکل) در می‌یابیم: $B_۱ = B_۲$ و $B_{۱y} = B_{۲y}$ پس $B_T = B_{۱x} + B_{۲x}$**




**۱۸ گزینه ۳** **کافی است از قانون لنز کمک بگیریم.**

هنگام ورود آهن‌ربا به حلقه $\rightarrow B\uparrow \rightarrow \Phi\uparrow$

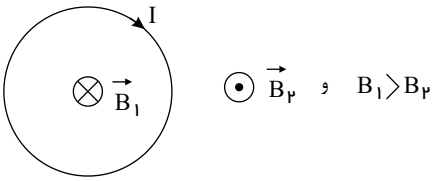
**$I$ القایی پادساعتگرد $\rightarrow$ $B'$ القایی در خلاف جهت $B$ اصلی در حلقه به وجود می‌آید تا با افزایش $\Phi$ مخالفت کند**

**$B'$ القایی هم‌سو با $B$ اصلی در حلقه به وجود می‌آید تا با کاهش $\Phi$ مخالفت کند** هنگام خروج آهن‌ربا از حلقه $\rightarrow B\downarrow \rightarrow \Phi\downarrow \rightarrow$

**$I$ القایی از دید ناظر بالای حلقه، ساعتگرد است.** $\rightarrow$

**۱۹ گزینه ۲**

**به تراکم خطوط میدان مغناطیسی درون حلقه و بیرون آن در شکل کتاب درسی توجه فرمائید.**




**بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز حلقه، بیشتر از بقیهٔ نقاط و میدان در بیرون حلقه بسیار ضعیف‌تر از مرکز حلقه است. با توجه به آنچه آموخته‌ایم، اگر انگشت شست دست راست در جهت جریان قرار گیرد میدان در مرکز حلقه درون‌سو و در بیرون حلقه برون‌سو خواهد بود.**

**۲۰ گزینه ۱** **اگر سیم یا میله‌ای روی یک قاب $U$ شکل با سرعت $v$ حرکت کند و میدان مغناطیسی عمود بر قاب باشد نیروی محرکهٔ القایی از رابطهٔ $\bar{\varepsilon} = BLv$ به دست می‌آید. داریم:**

$$\bar{\varepsilon} = B\ell v \rightarrow v = \frac{۰٫۱۵}{۰٫۲۵ \times ۰٫۱۲} = ۵\ m/s$$

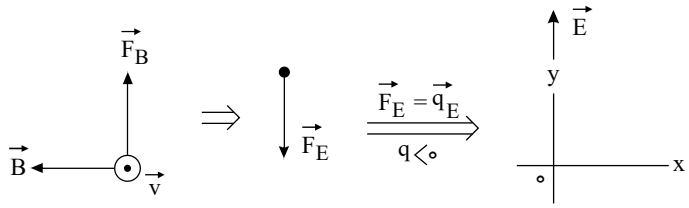
**با حرکت میله به‌طرف چپ، مساحت و شار عبوری کاهش می‌یابد. طبق قانون لنز باید میدان القایی هم‌جهت با میدان اصلی باشد. طبق قاعدهٔ دست راست، جریان القایی در قاب پادساعتگرد و از $N$ به $M$ است.**

**۲۱ گزینه ۴** **گام اول: از وزن الکترون صرف‌نظر شده است. پس شرط این‌که الکترون بدون انحراف به مسیر خود ادامه دهد این است که:**

$$F_B = F_E \Rightarrow |q|vB\sin\theta = |q|E \xrightarrow[\sin\theta=۱]{\theta=۹۰} E = vB = (۲ \times ۱۰^{۵})(۴۰ \times ۱۰^{-۴}) \Rightarrow E = ۸۰۰\frac{N}{C}$$



مخ القا ۹۸ به بعد




گام دوم: با توجه به قانون دست راست (در اینجا برای بار منفی)، جهت نیروی مغناطیسی به سمت بالا می‌شود. بنابراین باید نیروی الکتریکی به سمت پایین باشد تا نیروی مغناطیسی را خنثی کند. حالا چون نیروی الکتریکی وارد بر بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی است، بنابراین میدان الکتریکی به سمت بالا می‌باشد.

$$\vec{E} = ۸۰۰\vec{j} = (۸ \times ۱۰^{۲})\vec{j}$$

**۲۲** گزینه ۱

ابتدا به کمک رابطهٔ انرژی ذخیره‌شده در القاگر، جریان عبوری از آن را می‌یابیم و سپس میدان مغناطیسی داخل سیملوله را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} L = ۰/۰۵H \\ U = ۰/۴J \end{cases} \rightarrow U = \frac{۱}{۲}LI^{۲} \rightarrow ۰/۴ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۰۵ \times I^{۲} \xrightarrow{\times ۱۰۰} I^{۲} = \frac{۴۰ \times ۲}{۵} = ۱۶ \Rightarrow I = ۴A$$

$$\begin{cases} N = ۱۰۰ \\ L = ۸cm = ۸ \times ۱۰^{-۲}m \\ I = ۴A \end{cases} \Rightarrow B = \frac{\mu_{۰} NI}{L} = \frac{(۱۲ \times ۱۰^{-۷})(۱۰۰)(۴)}{(۸ \times ۱۰^{-۲})} \Rightarrow B = ۶ \times ۱۰^{-۳}T = ۶۰G$$

**۲۳** گزینه ۳ با توجه به نمودار داریم:

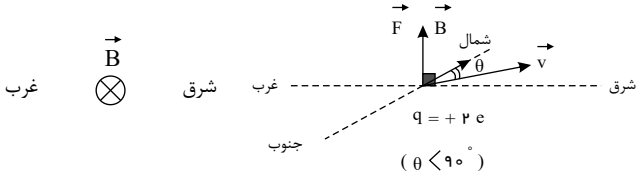
$$\frac{۱}{۳۲۰} = ۵\frac{T}{۴} \Rightarrow T = \frac{۱}{۴۰۰}s$$

حالا معادلهٔ جریان متناوب برحسب زمان را می‌نویسیم و با قرار دادن $t = \frac{۱}{۳۲۰۰}s$ جریان را در این لحظه به دست می‌آوریم:

$$I = I_m \sin(\frac{۲\pi}{T}) = ۵\sqrt{۲}\sin(۸۰۰\pi t)$$

$$t = \frac{۱}{۳۲۰۰}s \Rightarrow I = ۵\sqrt{۲}\sin(\underbrace{۸۰۰\pi \times \frac{۱}{۳۲۰۰}}_{\frac{\pi}{۴}}) = ۵\sqrt{۲} \times \frac{\sqrt{۲}}{۲} = ۵A \Rightarrow I = ۵A$$

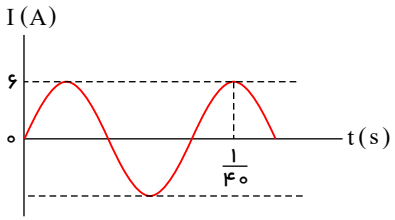
**۲۴** گزینه ۱ فرض کنید شمال جغرافیایی در مقابل ما قرار دارد.




ذرهٔ $\alpha$، هستهٔ اتم هلیوم بوده و بار الکتریکی آن: $q = +۲e$ می‌باشد. طبق قانون دست راست اگر چهار انگشت دست راست در جهت حرکت به گونه‌ای قرار گیرد که بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ $\alpha$ در امتداد قائم رو به بالا است.

**۲۵** گزینه ۱ ابتدا به کمک نمودار داده‌شده معادلهٔ جریان متناوب را به دست می‌آوریم و سپس با قراردادن $t = \frac{۱}{۴۰۰}s$ جریان در این لحظه را می‌یابیم:

$$\begin{cases} \frac{۱}{۴۰}s = ۵\frac{T}{۴} \Rightarrow T = \frac{۱}{۵۰}s \Rightarrow \frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{(\frac{۱}{۵۰})} = ۱۰۰\pi\frac{rad}{s} \\ I = I_m \sin(\frac{۲\pi}{T}t) = ۶\sin(۱۰۰\pi t) \end{cases}$$




$$t = \frac{۱}{۴۰۰}s \Rightarrow I = ۶\sin(۱۰۰\pi \times \frac{۱}{۴۰۰}) = ۶ \times \frac{\sqrt{۲}}{۲} = ۳\sqrt{۲}A$$

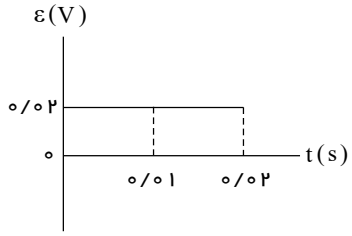
و در نهایت به کمک رابطهٔ انرژی ذخیره‌شده در القاگر خواهیم داشت:

$$U = \frac{۱}{۲}LI^{۲} \Rightarrow ۷۲mJ = \frac{۱}{۲}L \times (۳\sqrt{۲})^{۲} = ۹L \Rightarrow L = ۸mH$$

**۲۶** گزینه ۲ چون نمودار $(\phi - t)$ به‌صورت یک خط مایل با شیب ثابت است بنابراین $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ در هر بازهٔ زمانی در این نمودار داده‌شده ثابت است. برای سهولت و تسریع در حل

بازهٔ زمانی $t=0$ تا $t=0/01s$ را انتخاب می‌کنیم:

$$\varepsilon=\bar{\varepsilon}=-N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}=-(1)(\frac{0-2\times10^{-3}}{0/01-0})=0/2V$$




**۲۷** گزینه ۴

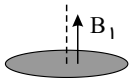
در رابطهٔ $\Phi=AB\ cos\theta$، $\theta$ زاویهٔ بین میدان و خط عمود بر حلقه است، بنابراین:

$$\begin{cases}\varphi=AB\cos\theta=(200\times10^{-4})(4\times10^{-3})\underbrace{(\cos30^\circ)}_{\frac{\sqrt{3}}{2}}\Rightarrow\varphi=4\sqrt{3}\times10^{-5}Wb\\ \theta=90^\circ-(\text{زاویه بین میدان و سطح حلقه})\Rightarrow\theta=30^\circ\end{cases}$$

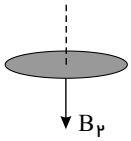
**۲۸** گزینه ۴

$A=100cm^2=100\times10^{-4}m^2=10^{-2}m^2$ و $\Delta t=0/25s$

جهت نیم‌خط عمود بر سطح را روبه‌بالا درنظر می‌گیریم. سپس شار مغناطیسی در حالت اول و دوم را به دست می‌آوریم. داریم:

حالت اول: 

$\Rightarrow\theta_1=0\Rightarrow\Phi_1=AB_1\cos0=AB_1=10^{-2}\times10^{-1}=10^{-3}Wb$

حالت دوم: 

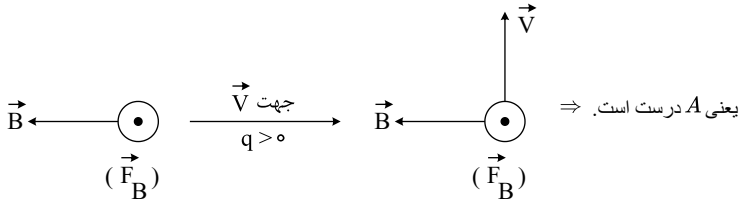
$\Rightarrow\theta_2=180^\circ\Rightarrow\Phi_2=AB_2\cos180^\circ=-AB_2=-10^{-2}\times10^{-1}=-10^{-3}Wb$

$$\Rightarrow\begin{cases}|\bar{\varepsilon}|=|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|=|-(1)(\frac{-10^{-3}-(10^{-3})}{0/25s})|=4\times2\times10^{-3}=0/008V\Rightarrow|\bar{\varepsilon}|=8mV\\ \Delta t=0/25s=\frac{1}{4}s\end{cases}$$

**۲۹** گزینه ۱ گام اول: برای اینکه نیروی وارده بیشینه شود باید نیروی وارده از طرف میدان الکتریکی بر ذره یعنی $\vec{F_E}$ و نیروی وارده از طرف میدان مغناطیسی بر ذره یعنی $\vec{F_B}$ هم‌جهت باشند. چون تعیین تکلیف $\vec{F_E}$ راحت‌تر است از $\vec{F_E}$ شروع می‌کنیم. (چرا؟)

گام دوم: چون $q<0$ و $\vec{E}\odot$ درنتیجه $\vec{F_E}\odot$ (برون‌سو است)

گام سوم: چون $\vec{F_E}$ برون‌سو است برای اینکه $(F_{net})$ بیشینه باشد بایستی $\vec{F_B}$ هم برون‌سو (هم‌جهت $\vec{F_E}$) باشد. چون $q<0$ و جهت $\vec{B}$ از راست به چپ داده شده $(\vec{\leftarrow})$ اگر از قانون دست راست کمک بگیریم:



$\Rightarrow$ یعنی $A$ درست است.

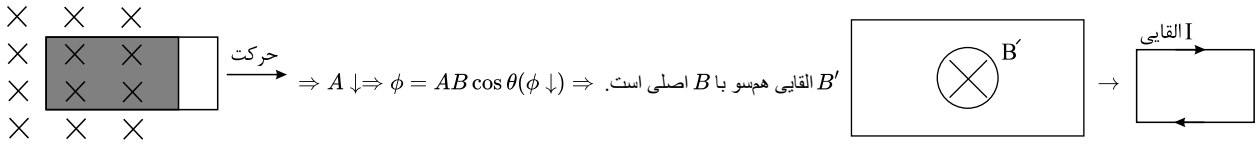
**۳۰** گزینه ۲ در هر میلی‌ثانیه $(\Delta t=10^{-3}s)$، شار مغناطیسی ۰/۰۲ وبر کاهش می‌یابد $(\Delta\phi=-0/02Wb)$، بنابراین:

$$\bar{\varepsilon}=-N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}=-(1)(\frac{-0/02}{10^{-3}})=20V\rightarrow\bar{\varepsilon}=20V$$

و جهت جریان القایی:

با خارج شدن حلقهٔ رسانا از میدان مغناطیسی ← مساحتی از حلقه که داخل میدان است کاهش می‌یابد. ← بنابراین میدان مغناطیسی القایی به‌گونه‌ای به وجود می‌آید که با کاهش شار

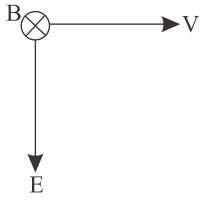
مغناطیسی $\phi$ مخالفت کند یعنی $B'$ القایی با $B$ اصلی (اولیهٔ موجود در شکل سؤال) هم‌جهت باشد. ← طبق قانون دست راست جهت جریان القایی می‌بایست ساعتگرد باشد تا این $B'$ القایی به وجود آمده باشد. (جریان القایی این $B'$ القایی را به وجود آورده است.)

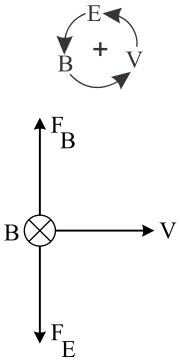



**۳۱** **گزینه ۱** برای اینکه این ذره بتواند در این دو میدان مغناطیسی و الکتریکی عمود بر هم، بدون انحراف حرکت کند، باید نیروهای الکتریکی و مغناطیسی وارد بر ذره، یکدیگر را خنثی می‌کنند، یعنی:

$$F_{net} = ۰ \rightarrow F_E = F_B \rightarrow E\cdot q = qvB \rightarrow E = v\cdot B \rightarrow v = \frac{E}{B} = \frac{۱۰^{۳}}{۱۰۰۰ \times ۱۰^{-۴}} \rightarrow v = ۱۰^{۴}\frac{m}{s}$$

و در اینجا است، اگر چهار انگشت دست راست در جهت میدان الکتریکی $E$ به گونه‌ای قرار گیرد که برداری میدان مغناطیسی $B$ از کف دست خارج شود، انگشت شست، جهت سرعت ذره را نمایش می‌دهد، یعنی در اینجا:



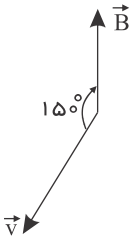

**۳۲** **گزینه ۲** در نمودار $B-t$ شیب نمودار برابر $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ است و چون شیب نمودار ثابت است $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ در تمام بازه‌های زمانی یکسان است، بنابراین برای محاسبهٔ $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ دربازهٔ ۰ تا $۳۰ms$، مقدار آن را دربازهٔ ۰ تا $۴۰ms$ پیدا می‌کنیم. داریم:

$$(\frac{\Delta B}{\Delta t})_{۰-۳۰ms} = (\frac{\Delta B}{\Delta t})_{۰-۴۰ms} = \frac{۰ - ۰/۸}{۴۰ - ۰} = -\frac{۸}{۴۰۰}(\frac{T}{ms}) = -\frac{۱}{۵۰}\frac{T}{ms} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}cos\alpha \xrightarrow[cos۰=۱]{\alpha=۰} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -(۵۰۰)(۴۰ \times ۱۰^{-۴})(-\frac{۱}{۵۰ \times ۱۰^{-۳}}) \Rightarrow \bar{\varepsilon} = ۴۰V$$

**۳۳** **گزینه ۱** بدیهی که با استفاده از قانون دست راست، اگر چهار انگشت دست راست در جهت $\vec{v}$ به گونه‌ای قرار گیرد که بردار میدان $\vec{B}$ از کف دست خارج شود، انگشت شست جهت نیروی وارد بر آن را در جهت $+j$ نشان می‌دهد، پس شتاب نیز در همان جهت است.

$$F = qVB\sin\theta \xrightarrow{\vec{F}=m\vec{a}} m\vec{a} = qVB\sin\theta \rightarrow \vec{a} = \frac{qVB\sin\theta}{m} \rightarrow \vec{a} = \frac{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times ۱۰^{۴} \times ۱۷۰ \times ۱۰^{-۴} \times (۱)}{۱/۷ \times ۱۰^{-۲۷}} \rightarrow \vec{a} = ۱/۶ \times ۱۰^{۱۰}\vec{j}$$

**۳۴** **گزینه ۴**

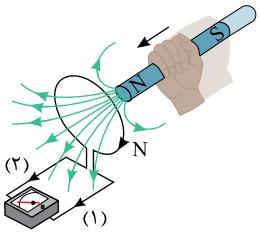



قبل از هر چیز، دقت کنید که بار الکتریکی منفی است (الکترون است) پس اگر از قاعدهٔ دست راست استفاده کردیم، باید جهت نهایی یافته شده را عکس کنیم یا از همان اول از قاعدهٔ دست چپ استفاده کنیم که در این صورت نیروی وارد بر الکترون برون‌سو خواهد بود. (چهارانگشت دست چپ را روی $V$ قرار داده و به گونه‌ای ببندید که چهار انگشت در امتداد $B$ قرار گیرد، در اینصورت نیروی وارد بر ذره، هم‌سو با انگشت شست، یعنی در اینجا برون‌سو خواهد بود.)

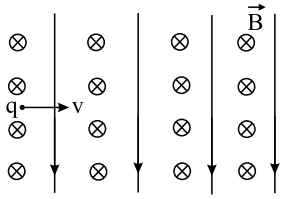
$$F = qVB\sin\theta = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times \times ۱۰^{۴} \times ۲۰۰ \times ۱۰^{-۴} \times \frac{۱}{۲} \rightarrow F = ۸ \times ۱۰^{-۱۶} N \odot$$

**۳۵** گزینه ۲

با توجه به جهت حرکت آهن‌ربا، با توجه به قانون لنز، در سمت راست حلقه، قطب $N$ آهن‌ربای القایی ایجاد می‌شود تا با نزدیک شدن آهن‌ربا به حلقه و افزایش شار مغناطیسی مخالفت کند، پس جهت جریان القایی در جهت (۱) است و نیروی دافعه خواهیم داشت.

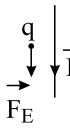



**۳۶** گزینه ۳




$$\begin{cases} q = ۲\mu C = ۲ \times ۱۰^{-۶} C > ۰ \\ v = ۲ \times ۱۰^{۴} \frac{m}{s} \\ B = ۰٫۰۲ T \\ E = ۵۰۰ \frac{N}{C} \end{cases}$$

گام اول: از طرف میدان الکتریکی به بار $q > ۰$ نیروی $F_E = qE$ هم‌جهت با میدان الکتریکی $\vec{E}$ به بار $q$ وارد می‌شود.

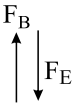



$$F_E = qE = (۲ \times ۱۰^{-۶})(۵۰۰) = ۱۰^{-۳}(N)$$

گام دوم: از طرف میدان مغناطیسی نیز به بار $q$ نیروی $\vec{F_B}$ وارد می‌شود:

$$F_B = qvB\sin ۹۰^\circ = qvB = (۲ \times ۱۰^{-۶})(۲ \times ۱۰^{۴})(۲ \times ۱۰^{-۲}) = ۸ \times ۱۰^{-۴}(N) = ۰٫۸ \times ۱۰^{-۳}$$

جهت $F_B$ طبق قانون دست راست و مثبت بودن $q$ به طرف بالا است:




$F_{net} = F_E - F_B = ۱۰^{-۳} - ۰٫۸ \times ۱۰^{-۳} = ۰٫۲ \times ۱۰^{-۳} = ۲ \times ۱۰^{-۴} N$ رو به پایین $(F_E > F_B)$

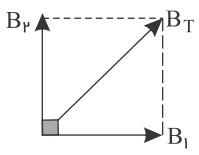
**۳۷** گزینه ۴

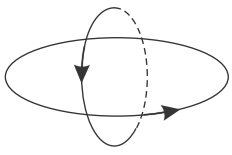
چون جهت میدان مغناطیسی درون‌سو و در حال کاهش است، پس جریان القایی باید به‌گونه‌ای باشد که میدان مغناطیسی القایی نیز درون‌سو بوده تا از کاهش میدان جلوگیری کند بنابراین، جهت جریان القایی ساعتگرد است. حال داریم:

$$|\bar{\varepsilon}| = |\frac{\Delta\phi}{\Delta t}| = |\frac{A(\Delta B)\cos ۰}{\Delta t}| = \frac{۶۰۰ \times ۱۰^{-۴} \times ۲۰۰ \times ۱۰^{-۴}}{۱۰^{-۳}} \rightarrow |\bar{\varepsilon}| = ۱٫۲ V$$

**۳۸** گزینه ۱

چون سطح حلقه‌های هم‌مرکز بر هم عمود است، میدان مغناطیسی در مرکز آنها نیز بر هم عمود است، داریم:



برای هر حلقه که $N = ۱$ است، داریم:

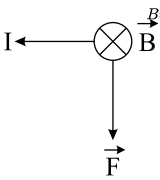
$$B = \frac{\mu_۰ I}{۲r} \rightarrow \begin{cases} B_۱ = \frac{۴\pi \times ۱۰^{-۷} \times ۲۰}{۲ \times ۲٫۵ \times ۱۰^{-۲}} = ۱٫۶\pi \times ۱۰^{-۴} T \\ B_۲ = \frac{۴\pi \times ۱۰^{-۷} \times ۱۸}{۲ \times ۳ \times ۱۰^{-۲}} = ۱٫۲\pi \times ۱۰^{-۴} T \end{cases}$$

$$B_T = \sqrt{(۱٫۲\pi \times ۱۰^{-۴})^۲ + (۱٫۶\pi \times ۱۰^{-۴})^۲} = ۲\pi \times ۱۰^{-۴} T \rightarrow B = ۲\pi G$$

**۳۹** **گزینه ۴** در ابتدا بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را می‌یابیم:

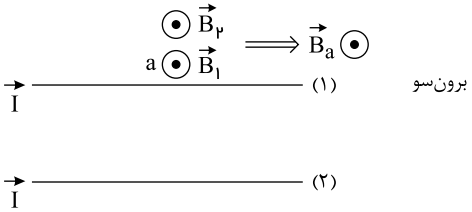
$$F = I\ell B\sin\theta \xrightarrow{I=۲٫۵A,\ell=۲٫۴m,B=۰٫۵G=۵\times۱۰^{-۵}T,\theta=۹۰^\circ} F=(۲٫۵)(۲٫۴)(۵\times۱۰^{-۵})(\sin۹۰^\circ)\Rightarrow F=۳\times۱۰^{-۴}N$$

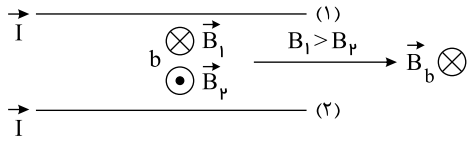
حال با استفاده از قاعدهٔ دست راست، جهت این نیرو را به دست می‌آوریم، به گونه‌ای که اگر چهار انگشت دست راست خود را روی سیم در جهت جریان به گونه‌ای قرار دهیم که کف دست روی صفحه قرار گیرد (بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود که در اینجا درون‌سو است) انگشت شست جهت نیروی وارد بر سیم را نشان می‌دهد که در اینجا رو به پایین است.

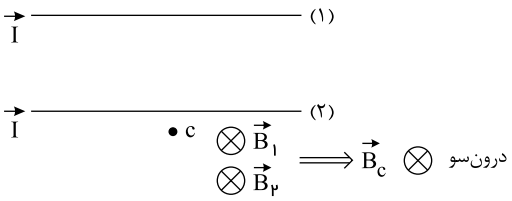



**۴۰** **گزینه ۲**

قبل از هر چیز می‌دانیم که بزرگی میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم راست؛ (۱) با جریان عبوری از سیم رابطهٔ مستقیم دارد. (۲) با فاصله از سیم رابطهٔ عکس دارد. حال به تحلیل میدان مغناطیسی برآیند در نقاط داده‌شده می‌پردازیم. نقطهٔ $a$: اگر انگشت شست دست راست خود را در جهت جریان $I$ و بر روی سیم قرار دهیم، چهارانگشت در حالت بسته شدن، جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم را نشان می‌دهند و از آنجا که بردار میدان مغناطیسی مماس بر خط میدان در هر نقطه است، داریم:

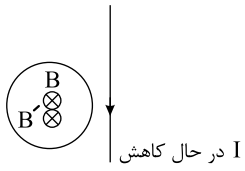


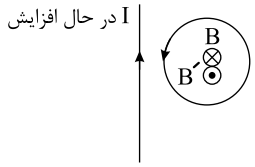




**۴۱** **گزینه ۱** به بررسی یک‌به‌یک گزینه‌ها می‌پردازیم:

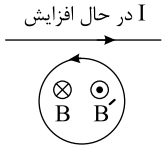
۱) درست؛ میدان ناشی از سیم راست در مرکز حلقهٔ درون‌سو است که با کاهش جریان، میدان مغناطیسی و شارگذرنده از حلقه در حال کاهش خواهد بود. پس با توجه به قوانین القای الکترومغناطیسی فاراده و لنز، جریان القایی به‌گونه‌ای خواهد بود که با کاهش شار مخالفت کند و میدان مغناطیسی القایی درون‌سو و در مرکز حلقه ایجاد می‌کند، بنابراین جریان حلقه ساعتگرد خواهد بود. ($B'$ میدان مغناطیسی‌ای است که در اثر جریان القایی حلقه، در مرکز حلقه ایجاد می‌شود.)



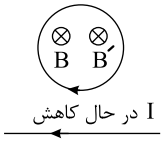

۲) نادرست؛ جهت درست جریان القایی در حلقه پادساعتگرد است.



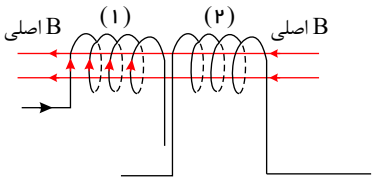

۳) نادرست؛ جهت درست جریان القایی در حلقه پادساعتگرد است.



۴) نادرست؛ جهت درست جریان القایی در حلقه ساعتگرد است.




**۴۲** **گزینه ۴** در لحظهٔ وصل کلید، جریان و در نتیجه میدان مغناطیسی ایجادشده در سیملولهٔ سمت چپ و به‌تبع آن میدان مغناطیسی و شار مغناطیسی ایجادشده و گذرنده از سیملولهٔ سمت راست افزایش می‌یابد. بنابراین:




$B'$ القایی در سیملولهٔ (سمت راست) باید خلاف جهت $B$ باشد $\Rightarrow$ تا با افزایش $\Phi_{(۲)}$ مخالفت کند $\Rightarrow B_{\text{اصلی}} \uparrow \Rightarrow$ با بستن کلید $K$

پس جریان القایی باید در جهت (۲) باشد.

حالا اگر مقاومت رئوستا کاهش یابد، جریان در سیملولهٔ (۱) افزایش می‌یابد و نتیجه‌ای مشابه بالا حاصل می‌شود.

بنابراین مانند حالت قبل جریان القایی در سیملولهٔ (۲) در جهت (۲) است.

**۴۳** **گزینه ۲** ابتدا رابطهٔ بین ضریب القاوری آنها را می‌یابیم:

$$L = \frac{\mu_{\circ} \cdot N^{۲} A}{\ell}$$

$$\begin{cases} \ell_A = ۲\ell_B \quad (۱) \\ N_A = ۲N_B \quad (۲) \\ I_A = I_B \\ \text{قطر حلقه‌ها برابر است} \rightarrow A_A = A_B \quad (۳) \end{cases}$$

$$\frac{L_A}{L_B} = (\frac{N_A}{N_B})^{۲}(\frac{A_A}{A_B})(\frac{\ell_B}{\ell_A}) = (۴)(۱)(\frac{۱}{۲}) = ۲ \rightarrow L_A = ۲L_B$$

انرژی ذخیره‌شده در القاگر از رابطهٔ $U = \frac{۱}{۲}LI^{۲}$ به دست می‌آید، داریم:

$$\frac{U_A}{U_B} = (\frac{L_A}{L_B})(\frac{I_A}{I_B})^{۲} = (۲)(۱)^{۲} = ۲$$

میدان مغناطیسی : $B = \mu_{\circ} \cdot \frac{NI}{\ell} \Rightarrow (\frac{B_A}{B_B}) = (\frac{N_A}{N_B})(\frac{I_A}{I_B})(\frac{\ell_B}{\ell_A}) = (۲)(۱)(\frac{۱}{۲}) = ۱$

**۴۴** **گزینه ۳** در ابتدا با توجه به رابطهٔ مربوط به میدان مغناطیسی سیملوله داریم:

$$B = \frac{\mu_{\circ} NI}{l} \Rightarrow \frac{B_A}{B_B} = \frac{N_A}{N_B} \times \frac{I_A}{I_B} \times \frac{l_B}{l_A} = ۲ \times ۱ \times \frac{۱}{۲} = ۱$$

و برای ضریب القاوری داریم:

$$L = \frac{\mu_{\circ} N^{۲} A}{l} \Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = (\frac{N_A}{N_B})^{۲} \times \frac{A_A}{A_B} \times \frac{l_B}{l_A} = (۲)^{۲} \times ۱ \times \frac{۱}{۲} = ۲$$

# پاسخنامه کلیدی

| | |
|---|---|
| ۱ | ۴ |
| ۲ | ۲ |
| ۳ | ۱ |
| ۴ | ۲ |
| ۵ | ۳ |
| ۶ | ۳ |
| ۷ | ۲ |
| ۸ | ۲ |
| ۹ | ۴ |

| | |
|---|---|
| ۱۰ | ۲ |
| ۱۱ | ۲ |
| ۱۲ | ۱ |
| ۱۳ | ۴ |
| ۱۴ | ۴ |
| ۱۵ | ۴ |
| ۱۶ | ۴ |
| ۱۷ | ۱ |
| ۱۸ | ۳ |

| | |
|---|---|
| ۱۹ | ۲ |
| ۲۰ | ۱ |
| ۲۱ | ۴ |
| ۲۲ | ۱ |
| ۲۳ | ۳ |
| ۲۴ | ۱ |
| ۲۵ | ۱ |
| ۲۶ | ۲ |
| ۲۷ | ۴ |

| | |
|---|---|
| ۲۸ | ۴ |
| ۲۹ | ۱ |
| ۳۰ | ۲ |
| ۳۱ | ۱ |
| ۳۲ | ۲ |
| ۳۳ | ۱ |
| ۳۴ | ۴ |
| ۳۵ | ۲ |
| ۳۶ | ۳ |

| | |
|---|---|
| ۳۷ | ۴ |
| ۳۸ | ۱ |
| ۳۹ | ۴ |
| ۴۰ | ۲ |
| ۴۱ | ۱ |
| ۴۲ | ۴ |
| ۴۳ | ۲ |
| ۴۴ | ۳ |