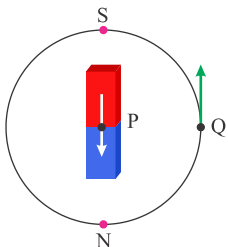




گزینه ۳

۱

وقتی یک آهنربا را آویزان می‌کنیم، مشاهده می‌کنیم که قطب N آن به سمت قطب شمال جغرافیایی زمین و قطب S آن به سمت قطب جنوب جغرافیایی می‌ایستد؛ پس می‌توانیم نتیجه‌گیری کنیم که قطب شمال جغرافیایی زمین، قطب S مغناطیسی آن و قطب جنوب جغرافیایی زمین، قطب N مغناطیسی آن است. از آنجاکه میدان مغناطیسی درون آهنربا از قطب S به قطب N است، پس در نقطه P جهت میدان رو به سمت پایین بوده و از آنجاکه در خارج آن از قطب N به قطب S است، پس جهت میدان در نقطه Q روبه بالا است.

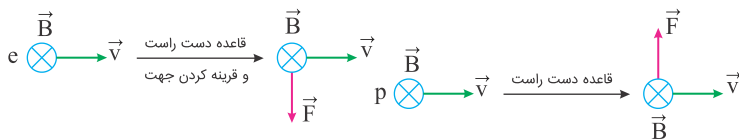


گزینه ۱

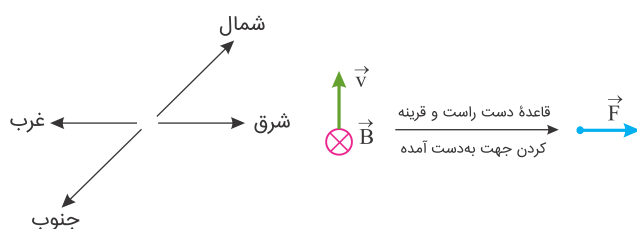
۲

طبق قاعده دست راست، نیروی مغناطیسی وارد بر e و هسته اتم ^1_1H (پروتون) را تعیین می‌کنیم.

بنابراین e به سمت پایین و P به سمت بالا منحرف می‌شود. چون جرم الکترون از پروتون کمتر است و به آن‌ها نیروی هم‌اندازه‌ای وارد می‌شود، الکترون انحراف بیشتری پیدا می‌کند و سریع‌تر از مسیرش منحرف می‌شود. پس گزینه (۱) درست است.



گام اول: ابتدا جهت نیروی وارد بر ذره باردار را تعیین می‌کنیم.



بنابراین نیرو به سمت شرق است.

گام دوم: با استفاده از رابطه $F = |q|vB \sin \alpha$ داریم:

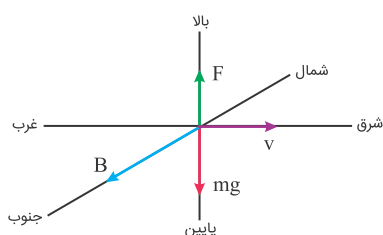
$$F = |q|vB \sin \alpha \Rightarrow F = 4 \times 10^{-6} \times 10^3 \times 200 \times 10^{-4} \times 1 \Rightarrow F = 8 \times 10^{-5} \text{ N}$$

گام اول: همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌کنید خطوط میدان مغناطیسی به هر دو قطب وارد شده‌اند، بنابراین X و Y قطب S هستند.

گام دوم: تراکم خطوط میدان در اطراف قطب X بیشتر است (همچنین می‌توان گفت که قطب X خطوط میدان را بیشتر به سمت خط واصل دو قطب هل داده است)؛ بنابراین خاصیت مغناطیسی (آهنربایی) قطب X از Y بیشتر بوده و قطب X قوی‌تر از قطب Y است.

به زاویه‌ای که عقربه مغناطیسی در بیشتر نقاط زمین با سطح افق می‌سازد، شیب مغناطیسی می‌گویند.

نیروی مغناطیسی باید نیروی وزن را خنثی کند. پس داریم:



$$F = mg \Rightarrow qvB = mg$$

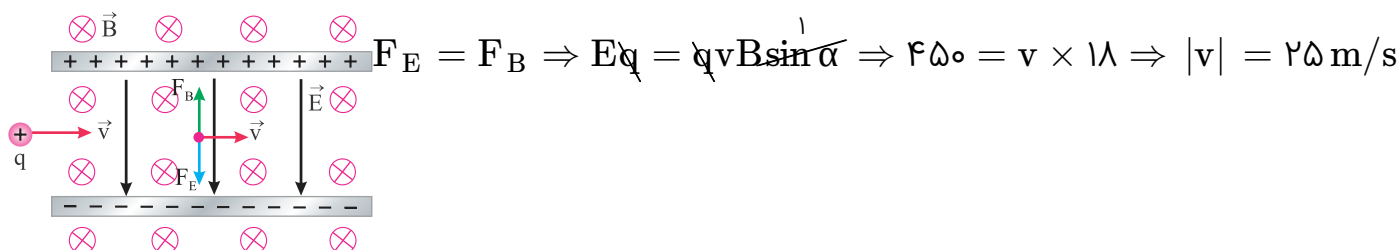
$$v = \frac{mg}{qB} = \frac{10^{-10} \times 10}{25 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^{-3}} = \frac{1}{200} = 0.005$$

نیروی الکتریکی همواره در راستای حرکت ذره و نیروی مغناطیسی در راستای عمود بر حرکت ذره است؛ پس نیروهای الکتریکی و مغناطیسی وارد بر ذره بر یکدیگر عمودند و بزرگی برآیندشان از رابطه فیثاغورس به دست می‌آید.

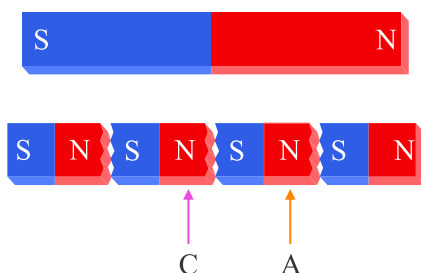
$$F = \sqrt{2^2 + 1^2} = \sqrt{5} \text{ N}$$

باتوجه به شکل زیر:

باید اندازه نیروهای F_E و F_B باهم برابر باشد:



می‌دانیم که در طبیعت تک‌قطبی مغناطیسی وجود ندارد. بنابراین هر یک از قطعه‌ها تشکیل یک آهن‌ربا با قطب‌های S و N می‌دهند. این در حالی است که آهن‌ربا به‌گونه‌ای شکسته می‌شود که قطب‌های ناهمنام قطعه‌های جدید، کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. بنابراین داریم:

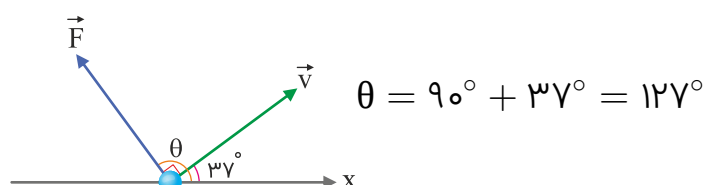


ابتدا با استفاده از رابطه $F = |q|vB \sin \theta$ ، بزرگی نیروی وارد بر ذره را حساب می‌کنیم. توجه کنید θ در اینجا برابر 90° است.

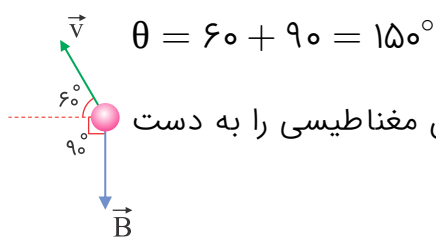
$$F = |q|vB \sin \theta = (20 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^4) \times (400 \times 10^{-4}) \times \sin 90^\circ$$

$$\Rightarrow F = 16 \times 10^{-3} \text{ N} = 16 \text{ mN}$$

حالا به سراغ جهت نیروی وارد بر ذره می‌رویم. طبق قاعده دست راست و عکس کردن جهت به دست آمده (بار منفی است)، بردار نیروی وارد بر ذره در جهت نشان داده شده است و زاویه آن با جهت مثبت محور X برابر است با:



گام اول: ابتدا زاویه بین بردار $\vec{B}$ و $\vec{v}$ را تعیین می‌کنیم.



گام دوم: با استفاده از رابطه نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار، اندازه میدان مغناطیسی را به دست می‌آوریم:

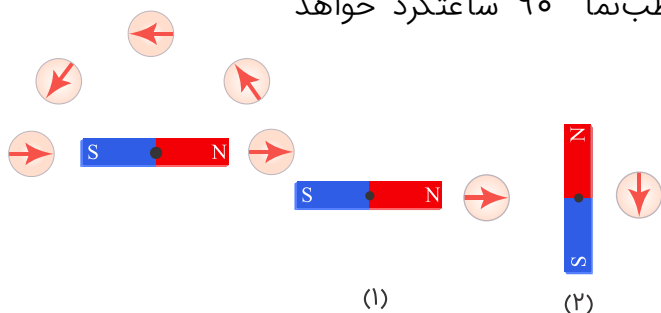
$$F_B = |q| v B \sin \theta \Rightarrow B = \frac{F_B}{|q| v \sin \theta}$$

$$\Rightarrow B = \frac{4 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-6} \times 8000 \times \sin 150^\circ} \xrightarrow{\sin 150^\circ = \sin(\pi - 30^\circ) = \sin 30^\circ = \frac{1}{2}} B = \frac{4 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-6} \times 8000 \times \frac{1}{2}}$$

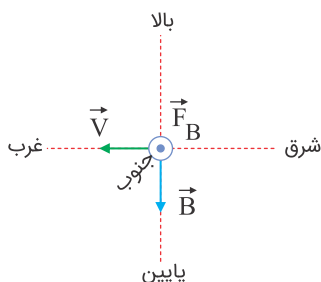
$$\Rightarrow B = \frac{4 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^3} = \frac{1}{5} \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-4} \text{ T} \Rightarrow B = 2 \text{ G}$$

وضعیت قطب‌نما را در ابتدا و میانه و پایان مسیر در نظر بگیرید. مشخص است که عقربه قطب‌نما 360° پادساعتگرد خواهد چرخید.

در مرحله دوم با چرخش آهنربا، می‌توان دریافت که قطب‌نما 90° ساعتگرد خواهد چرخید.



باید نیروی الکتریکی F_E و نیروی مغناطیسی F_B اثر یکدیگر را خنثی کنند؛ با استفاده از قاعده دست راست، نیروی F_B مطابق شکل به سمت جنوب به دست می‌آید.



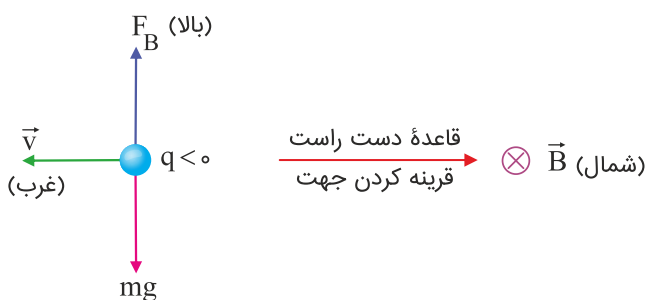
بنابراین نیروی F_E باید هم‌اندازه با آن و در جهت شمال به ذره وارد شود تا ذره از مسیر خود منحرف نشود:

$$V = 500 \text{ m/s}, B = 10^2 \text{ G} = 10^2 \times 10^{-4} \text{ T}, \theta = 90^\circ$$

$$|F_B| = |F_E| \Rightarrow qVB \sin \theta = qE \Rightarrow E = VB \sin \theta$$

$$\Rightarrow E = 500 \times 10^2 \times 10^{-4} \times 1 = 5 \text{ N/C}$$

برای این که ذره از مسیری منحرف نشود، نیروی مغناطیسی باید نیروی وزن را خنثی کند. بنابراین باید جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره به سمت بالا باشد. اندازه و جهت میدان به صورت زیر است:



$$F_B = mg \Rightarrow |q|vB \sin \theta = mg \Rightarrow 5 \times 10^{-8} \times 2/5 \times 10^5 \times B \times \sin 90^\circ = 5 \times 10^{-8} \times 10 \Rightarrow B_{\min} = 0.4 \text{ T}$$

توجه کنید که کمینه مقدار B به ازای $\theta = 90^\circ$ به دست می‌آید.

باتوجه به قاعده دست راست، اگر بار الکتریکی منفی باشد، آهنربا به بار الکتریکی نیرویی روبه‌بالا وارد خواهد کرد؛ پس بار متحرک هم به آهنربا نیروی روبه‌پایین وارد می‌کند و در نتیجه عدد نشان داده شده توسط ترازو افزایش می‌یابد.