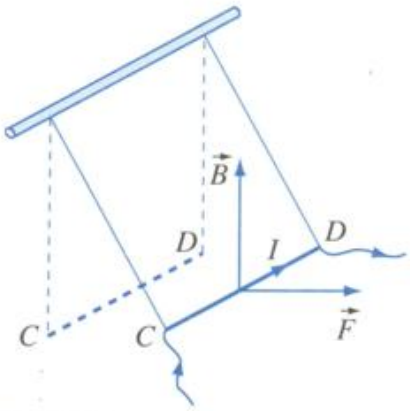
36 BÀI TẬP VỀ LỰC TỪ

1. Một đoạn dây đồng CD dài 20 cm, khối lượng 10 g được treo ở hai đầu bằng hai sợi dây mềm cách điện sao cho đoạn dây CD nằm ngang. Đưa đoạn dây đồng vào trong từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0,2$ T và các đường sức từ là những đường thẳng đứng. Dây treo có thể chịu được lực kéo lớn nhất $F_k = 0,06$ N. Hỏi có thể cho dòng điện qua dây đồng CD có cường độ lớn nhất bằng bao nhiêu để dây treo không bị đứt ? Coi khối lượng của hai sợi dây treo rất nhỏ. Lấy $g = 10$ m/s^2.



Hình 36.1

Bài giải

Vì vectơ cảm ứng từ có phương thẳng đứng nên khi cho dòng điện qua dây CD thì lực từ tác dụng lên CD có phương nằm ngang. Vì lực từ có phương nằm ngang nên đoạn dây CD sẽ lệch ra khỏi vị trí ban đầu. Giả sử khi cân bằng CD nằm ở vị trí như Hình 36.1.

Độ lớn của lực từ tác dụng lên CD bằng :

$$F = IBl$$

Gọi trọng lượng của dây CD là P và lực căng của mỗi dây là T. Khi CD nằm cân bằng ta có thể viết :

$$F^2 + P^2 = (2T)^2$$

T phải thoả mãn điều kiện $T \le F_k$ nên có thể viết :

$$I^2B^2l^2 + P^2 \le 4F_k^2$$

Từ công thức vừa viết ta rút ra :

$$I^2 \le \frac{4F_k^2 - P^2}{B^2l^2}$$

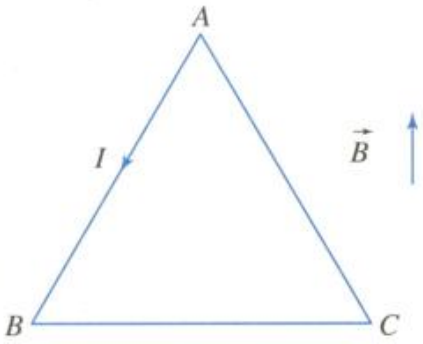
Thay số vào công thức trên ta tìm được :

$$I^2 \le \frac{4.0,06^2 - 0,1^2}{0,2^2.0,2^2} = 2,75$$

Vậy :

$$I \le \sqrt{2,75} \approx 1,66\ A$$

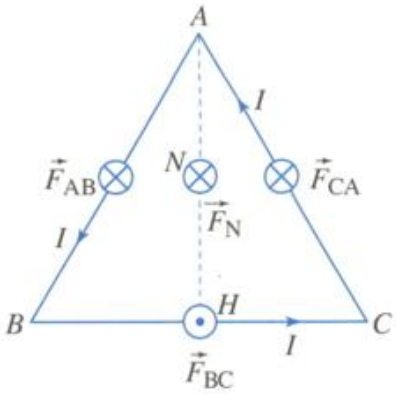
2. Cho một khung dây có dạng hình tam giác đều *ABC* (Hình 36.2). Khung dây được đặt trong từ trường đều sao cho các đường sức từ song song với mặt phẳng khung dây và vuông góc với cạnh *BC* của khung. Cho biết cạnh của khung dây bằng *a* và dòng điện trong khung có cường độ *I*. Hãy chỉ ra các lực từ tác dụng lên các cạnh của khung và thành lập công thức momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung.



Hình 36.2

Bài giải

Trước hết ta có nhận xét rằng góc hợp bởi đoạn dòng điện *AB* và vectơ $\vec{B}$ bằng 150°, hợp bởi đoạn dòng điện *CA* và $\vec{B}$ bằng 30°, hợp bởi đoạn dòng điện *BC* và $\vec{B}$ bằng 90°.



Hình 36.3

Từ công thức (28.2) ta suy ra :

$$F_{AB} = IBa\sin 150^o = \frac{1}{2}IBa$$

$$F_{CA} = IBa\sin 30^o = \frac{1}{2}IBa$$

$$F_{BC} = IBa\sin 90^o = IBa$$

Chiều của các lực $\vec{F}_{AB}$, $\vec{F}_{CA}$ và $\vec{F}_{BC}$ được chỉ rõ trên Hình 36.3.

Gọi $\vec{F}_N$ là tổng hợp lực của $\vec{F}_{AB}$ và $\vec{F}_{CA}$ thì

$$F_N = \frac{1}{2}IBa + \frac{1}{2}IBa = IBa$$

$\vec{F}_N$ đặt tại trung điểm *N* của *AH* và có chiều như trên Hình 36.3.

$\vec{F}_N$ và $\vec{F}_{BC}$ tạo thành ngẫu lực tác dụng lên khung. Momen của ngẫu lực đó là :

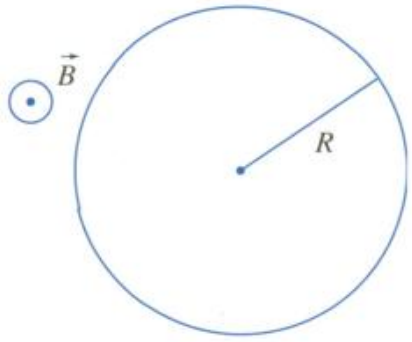
$$M = F_N \,.\, NH$$

$$NH = \frac{1}{2}AH = a\frac{\sqrt{3}}{4}$$

Vậy :

$$M = IBa.\frac{a\sqrt{3}}{4} = IB\frac{\sqrt{3}}{4}a^2$$

Chú ý rằng $\frac{\sqrt{3}}{4}a^2 = \frac{1}{2}a\frac{a\sqrt{3}}{2} = S$ là diện tích hình tam giác ABC, tức diện tích mặt phẳng khung dây. Từ đó ta nhận thấy công thức (33.1) không chỉ đúng đối với khung dây hình chữ nhật mà đúng đối với khung dây phẳng có dạng bất kì.



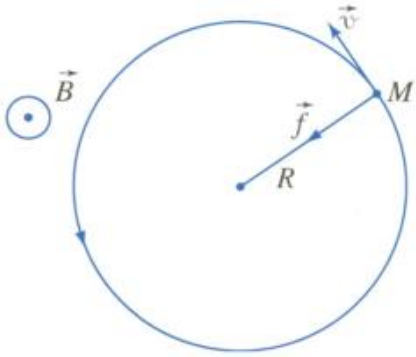
Hình 36.4

3. Một chùm êlectron hẹp được tăng tốc bởi hiệu điện thế $U = 220$V, sau đó đi vào trong từ trường đều theo phương vuông góc với các đường sức từ. Dưới tác dụng của lực Lo-ren-xơ các êlectron trong chùm chuyển động theo quỹ đạo tròn. Coi rằng vòng tròn quỹ đạo đó nằm trong mặt phẳng hình vẽ và các đường sức từ có chiều như trên Hình 36.4.

a) Hãy chỉ ra chiều chuyển động của êlectron trên quỹ đạo.

b) Trong trường hợp đang xét, lực Lo-ren-xơ tác dụng lên êlectron đóng vai trò lực hướng tâm. Hãy tính bán kính R của vòng tròn quỹ đạo.

Cho biết $B = 0{,}005\ T$; trước khi tăng tốc, tốc độ của êlectron rất nhỏ.



Hình 36.5

Bài giải

a) Vì quỹ đạo của êlectron là đường tròn nên lực Lo-ren-xơ tác dụng lên êlectron đóng vai trò lực hướng tâm ($\vec{f}$ trên Hình 36.5).

Áp dụng quy tắc bàn tay trái ta xác định được chiều chuyển động của êlectron như đã chỉ rõ trên Hình 36.5. (Đặt úp bàn tay trái để đường sức từ đâm xuyên vào lòng bàn tay. Ngón cái choãi ra 90^o hướng ngược chiều với chiều của lực $\vec{f}$ (vì êlectron mang điện tích âm). Khi đó chiều từ cổ tay đến bốn ngón kia chỉ chiều chuyển động của êlectron tại M).

b) Vì $\vec{v}$ vuông góc với $\vec{B}$ nên lực Lo-ren-xơ tác dụng lên êlectron có độ lớn là eBv. Mặt khác biểu thức của lực hướng tâm có dạng $\frac{mv^2}{R}$. Vì lực Lo-ren-xơ đóng vai trò của lực hướng tâm nên ta có thể viết :

$$evB = \frac{mv^2}{R}$$

Suy ra $$R = \frac{mv}{eB} \qquad (1)$$

Trước khi tăng tốc, tốc độ của êlectron rất nhỏ, có thể bỏ qua, do đó :

$$\frac{mv^2}{2} = eU$$

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \qquad (2)$$

Thay (2) vào (1) ta được :

$$R = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{e}}$$

Thay số :

$m = 9{,}11.10^{-31}$ kg ; $e = 1{,}6.10^{-19}$ C ; $U = 220$ V ; $B = 0{,}005$ T

Cuối cùng ta có :

$$R = \frac{1}{0{,}005}\sqrt{\frac{2.9{,}11.10^{-31}.220}{1{,}6.10^{-19}}} = 0{,}01 \text{ m.}$$