ਅਧਿਆਇ-4

ਗਤੀਮਾਨ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕਤਾ (MOVING CHARGES AND MAGNETISM)

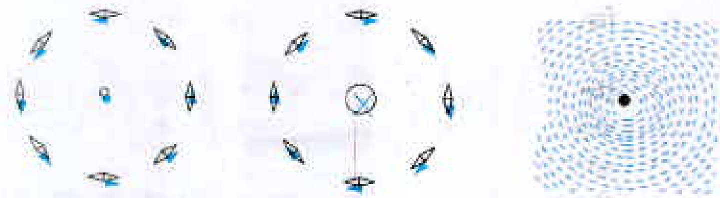
4.1 ਭੂਮਿਕਾ (INTRODUCTION)

2000 ਸਾਲ ਤੋਂ ਵੀ ਪਹਿਲਾਂ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕਤਾ ਦੋਨਾਂ ਦੇ ਬਾਰੇ ਹੀ ਲੋਕਾਂ ਨੂੰ ਗਿਆਨ ਸੀ। ਫਿਰ ਵੀ ਲਗਭਗ 200 ਸਾਲ ਪਹਿਲਾਂ, 1820 ਵਿੱਚ* ਇਹ ਸਪਸ਼ਟ ਅਨੁਭਵ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਿ ਦੋਨਾਂ ਵਿੱਚ ਅਟੁੱਟ ਸੰਬੰਧ ਹੈ। 1820 ਦੀਆਂ ਗਰਮੀਆਂ ਵਿਚ ਡੱਚ ਵਿਗਿਆਨੀ ਹੈਂਸ ਕ੍ਰਿਸ਼ਚੀਅਨ ਆਰਸਟੇਡ (Hans Christian Oersted) ਨੇ ਆਪਣੇ ਇੱਕ ਭਾਸ਼ਨ ਦੌਰਾਨ ਪ੍ਰਯੋਗ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਦੇਖਿਆ ਕਿ ਇੱਕ ਸਿੱਧੀ ਤਾਰ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਕਰਨ ਤੇ ਨੇੜੇ ਰੱਖੀ ਹੋਈ ਚੁੰਬਕੀ ਸੂਈ ਵਿੱਚ ਸਪਸ਼ਟ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸੂਈ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਬਦਲਦੀ ਦੇਖੀ। ਉਸਨੇ ਇਸ ਵਰਤਾਰੇ ਤੇ ਸੋਧ ਸ਼ੁਰੂ ਕੀਤੀ। ਉਸਨੇ ਪਤਾ ਲਗਾਇਆ ਕਿ ਚੁੰਬਕੀ ਸੂਈ ਤਾਰ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਤਲ ਵਿੱਚ ਤਾਰ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਨੂੰ ਕੇਂਦਰ ਵਿਚ ਮੰਨ ਕੇ ਬਣਾਏ ਕਲਪਿਤ ਚੱਕਰ ਦੀ ਸਪਰਸ਼ ਰੇਖਾ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ। [ਚਿੱਤਰ 4.1(b)]. ਤਾਰ ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਵਧਾਉਣ ਜਾਂ ਸੂਈ ਨੂੰ ਤਾਰ ਦੇ ਨੇੜੇ ਲਿਆਉਣ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਸੂਈ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਘੁੰਮਣ ਦੇ ਕੋਣ ਵਿਚ ਵੀ ਵਾਧਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਤਾਰ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਜੇ ਲੋਹੇ ਦਾ ਚੂਰਣ ਛਿੜਕੀਏ ਤਾਂ ਇਸਦੇ ਕਣ ਤਾਰ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਸਮਕੇਂਦਰੀ ਚੱਕਰਾਂ ਵਿਚ ਵਿਵਸਥਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ [ਚਿੱਕਰ 4.1(c)]। ਇਸ ਵਰਤਾਰੇ ਤੋਂ ਆਰਸਟੇਡ ਨੇ ਸਿੱਟਾ ਕਢਿਆ ਕਿ *ਗਤੀਮਾਨ ਚਾਰਜ (ਕਰੰਟ) ਆਪਣੇ ਚਾਰੋਂ ਪਾਸੇ ਇੱਕ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹਨ।*

ਇਸ ਤੋਂ ਬਾਦ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੀ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਹੋਇਆ। ਸਾਲ 1864 ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕਤਾ ਦੇ ਸਵਿਕਾਰਿਤ ਨਿਯਮਾਂ ਦਾ ਜੇਮਸ ਮੈਕਸਵੈੱਲ (James Maxwell) ਨੇ ਏਕੀਕਰਨ ਕਰਕੇ ਨਵੇਂ ਨਿਯਮ ਬਣਾਏ ਅਤੇ ਇਹ ਸਪਸ਼ਟ ਅਨੁਭਵ ਕੀਤਾ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਹਨ। ਹਰਟਜ਼ (Hertz) ਨੇ ਰੇਡਿਓ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਖੋਜ ਕੀਤੀ ਅਤੇ 19ਵੀਂ ਸਦੀ ਦੇ ਅੰਤ ਤੱਕ ਸਰ

* ਪਾਠ-1 ਵਿਚ ਬਾਕਸ ਦੇਖੋ 'ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕਤਾ ਦਾ ਏਕੀਕਰਨ

ਜੇ.ਸੀ ਬੋਸ (Sir J.C.Bose) ਅਤੇ ਜੀ.ਮਾਰਕੋਨੀ (G. Marconi) ਨੇ ਇਹਨਾਂ ਤਰਗਾਂ ਨੂੰ ਪੈਦਾ ਕੀਤਾ। 20ਵੀਂ ਸਦੀ ਵਿੱਚ ਵਿਗਿਆਨ ਅਤੇ ਤਕਨੀਕੀ ਵਿਚ ਹੈਰਾਨੀਜਨਕ ਪੱਧਰ ਤੇ ਉੱਨਤੀ ਹੋਈ। ਇਹ ਉੱਨਤੀ ਸਾਡੇ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕਤਾ ਦੇ ਸਾਡੇ ਵੱਧਦੇ ਗਿਆਨ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਨੂੰ ਪੈਦਾ ਕਰਨ, ਐਮਪਲੀਫਾਈ ਕਰਨ, ਟਰਾਂਸਮਿਟ ਕਰਨ ਅਤੇ ਸੰਸੂਚਨ (detection) ਕਰਨ ਵਾਲੀਆਂ ਯੁਕਤੀਆਂ ਦੀ ਖੋਜ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੋਈ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 4.1 ਇੱਕ ਸਿੱਧੇ ਲੰਬੇ ਕਰੰਟਵਾਹੀ ਤਾਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ। ਤਾਰ, ਕਾਗਜ਼ ਦੇ ਤਲ ਤੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੈ। ਤਾਰ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਚੁੰਬਕੀ ਸੂਈਆਂ ਦਾ ਇੱਕ ਚੱਕਰ ਬਣਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਚੁੰਬਕੀ ਸੂਈਆਂ ਦੀ ਵਿਵਸਥਾ (a) ਜਦੋਂ ਕਰੰਟ ਕਾਗਜ ਦੇ ਤਲ ਦੇ ਬਾਹਰ ਵਗਦਾ ਹੈ। (b) ਜਦੋਂ ਕਰੰਟ ਕਾਗਜ ਦੇ ਤਲ ਦੇ ਅੰਦਰ ਵਲ ਵਗਦਾ ਹੈ। (c) ਲੋਹੇ ਦੇ ਚੂਰਣ ਦੇ ਕਣਾਂ ਦੀ ਤਾਰ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਵਿਵਸਥਾ। ਸੂਈਆਂ ਦੇ ਕਾਲੇ ਸਿਰੇ ਉੱਤਰੀ ਧਰੁਵ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਥੇ ਭੂਮੀ ਚੁੰਬਕਤਾ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੀ ਉਪੇਖਿਆ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ।

⊗

ਹੰਸ ਕ੍ਰਿਸ਼ਚੀਅਨ ਆਰਸਟੇਡ **Hans Christian Oersted (1777 1851)** ਡੇਨਮਾਰਕ ਦੇ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਅਤੇ ਰਸਾਇਣਿਕ ਸ਼ਾਸ਼ਤਰੀ, ਕਾਪੇਨਹੇਗਨ ਵਿਚ ਪ੍ਰੋਫੈਸਰ ਸਨ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਇਹ ਦੇਖਿਆ ਕਿ ਕਿਸੇ ਚੁੰਬਕੀ ਸੂਈ ਨੂੰ ਜਦੋਂ ਇੱਕ ਅਜਿਹੀ ਤਾਰ ਦੇ ਨੇੜੇ ਰਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿਚ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਉਹ ਇੱਕ ਪਾਸੇ ਨੂੰ ਘੁੰਮ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਖੋਜ ਨੇ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਮਾਮਲਿਆਂ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ ਦਾ ਪਹਿਲਾ ਅਨੁਭਾਵਿਕ ਸਬੂਤ (emperical evidence) ਪੇਸ਼ ਕੀਤਾ।

HANS CHRISTIAN OERSTED (1777–1851)

ਇਸ ਪਾਠ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਦੇਖਾਂਗੇ ਕਿ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ; ਜਿਵੇਂ- ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ, ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਤਾਰਾਂ ਤੇ ਬਲ ਲਗਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਵੀ ਸਿਖਾਂਗੇ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਦੇਖਾਂਗੇ ਕਿ ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰੋਨ (Cyclotron) ਵਿੱਚੋਂ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਹੁਤ ਹੀ ਉੱਚ ਊਰਜਾਵਾਂ ਤੱਕ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਗੈਲਵੈਨੋਮੀਟਰ ਦੁਆਰਾ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਅਤੇ ਵੋਲਟੇਜ਼ ਦੇ ਸੰਸੂਚਨ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਵੀ ਅਧਿਐਨ ਕਰਾਂਗੇ।

ਇਸ ਪਾਠ ਅਤੇ ਅੱਗੇ ਆਉਣ ਵਾਲੇ ਚੁੰਬਕਤਾ ਵਾਲੇ ਪਾਠਾਂ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਨਿਮਨਲਿਖਤ ਕਸੌਟੀ ਨੂੰ ਅਪਣਾਵਾਂਗੇ। ਕਾਗਜ ਦੇ ਤਲ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਵਲ ਆ ਰਹੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਜਾਂ ਖੇਤਰ (ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ) ਨੂੰ ਇੱਕ ਬਿੰਦੂ (⊙) ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਾਗਜ਼ ਦੇ ਤਲ ਦੇ ਅੰਦਰ ਵਲ ਜਾਂਦੇ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਜਾਂ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਇਕ ਕ੍ਰਾਂਸ(⊗)• ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 4.1(a) ਅਤੇ 4.1(b) ਕ੍ਰਮਵਾਰ ਇਹਨਾਂ ਦੋ ਸਥਿਤੀਆਂ ਦੇ ਸੰਗਤ ਹੈ।

4.2 ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ MAGNETIC FORCE

4.2.1 ਸ੍ਰੋਤ ਅਤੇ ਖੇਤਰ (Sources and field)

ਕਿਸੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** ਦੀ ਸੰਕਲਪਨਾ ਨੂੰ ਪ੍ਰਸਤਾਵਿਤ ਕਰਨ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਅਸੀਂ ਸੰਖੇਪ ਵਿਚ ਇਹ ਦੋਹਰਾਵਾਂਗੇ ਕਿ ਅਸੀਂ ਪਾਠ 1 ਦੇ ਤਹਿਤ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ **E** ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਕੀ ਸਿਖਿਆ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਦੇਖਿਆ ਹੈ ਕਿ ਦੋ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਵਿਚ ਆਪਸੀ ਕ੍ਰਿਆ ਤੇ ਦੋ ਚਰਨਾਂ ਵਿਚ ਵਿਚਾਰ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਚਾਰਜ Q ਜੋ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਸ੍ਰੋਤ ਹੈ ਇੱਕ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ **E** ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ—

• ਕੋਈ ਡਾਟ (ਬਿੰਦੂ) ਤੁਹਾਡੀ ਵਲ ਇਸ਼ਾਰਾ ਕਰਦੇ ਤੀਰ ਦੀ ਨੋਕ ਵਰਗਾ ਪ੍ਰਤੀਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਕ੍ਰਾਸ ਕਿਸੇ ਤੀਰ ਦੇ ਪੰਖਾਂ ਵਾਲੀ ਪੂਛਲ ਵਰਗਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ।

$$\mathbf{E} = Q\,\hat{\mathbf{r}} \,/\, (4\pi\varepsilon_0) r^2 \qquad (4.1)$$

ਇਥੇ $\hat{\mathbf{r}}$, $\mathbf{r}$ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਇਕਾਈ ਸਦਿਸ਼ ਹੈ ਅਤੇ ਖੇਤਰ $\mathbf{E}$ ਇੱਕ ਸਦਿਸ਼ ਖੇਤਰ ਹੈ। ਕੋਈ ਚਾਰਜ q ਇਸ ਖੇਤਰ ਨਾਲ ਪਰਸਪਰ ਕਿਰਿਆ ਕਰਕੇ ਇੱਕ ਬਲ $\mathbf{F}$ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦਾ ਹੈ

$$\mathbf{F} = q\,\mathbf{E} = q\,Q\,\hat{\mathbf{r}} \,/\, (4\pi\varepsilon_0)\, r^2 \qquad (4.2)$$

ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਪਾਠ 1 ਵਿਚ ਦਸਿਆ ਜਾ ਚੁੱਕਾ ਹੈ ਕਿ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ $\mathbf{E}$ ਸਿਰਫ਼ ਕਲਾ-ਕ੍ਰਿਤ ਹੀ ਨਹੀਂ ਹੈ ਪਰੰਤੂ ਇਸਦੀ ਭੌਤਿਕ ਭੂਮਿਕਾ ਵੀ ਹੈ। ਇਹ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਸੰਚਾਰ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਝਟਪਟ ਹੀ ਸਥਾਪਿਤ ਨਹੀਂ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਬਲਕਿ ਇਸਦੇ ਫੈਲਨ ਨੂੰ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸਮਾਂ ਲਗਦਾ ਹੈ। ਖੇਤਰ ਦੀ ਅਵਧਾਰਨਾ ਨੂੰ ਫੈਰਾਡੇ ਦੁਆਰਾ ਖਾਸ ਮਹੱਤਵ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਅਤੇ ਮੈਕਸਵੇਲ ਨੇ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕਤਾ ਦੇ ਏਕੀਕਰਨ ਵਿੱਚ ਇਸ ਅਵਧਾਰਨਾ ਨੂੰ ਸੰਮਿਲਿਤ ਕੀਤਾ। ਸਪੇਸ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਹੋਣ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਇਹ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਵੀ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ, ਭਾਵ, ਇਹ ਸਮੇਂ ਦਾ ਫਲਨ ਹੈ। ਇਸ ਪਾਠ ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਆਪਣੀ ਚਰਚਾ ਵਿੱਚ, ਇਹ ਮੰਨਾਂਗੇ ਕਿ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ।

ਕਿਸੇ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਇੱਕ ਜਾਂ ਵੱਧ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਇੱਕ ਤੋਂ ਵੱਧ ਚਾਰਜ ਹਨ ਤਾਂ ਉਸ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਸਦਿਸ਼ ਰੂਪ ਵਿਚ ਸੰਯੋਜਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਤੁਸੀਂ ਪਹਿਲੇ ਪਾਠ ਵਿਚ ਇਹ ਸਿੱਖ ਹੀ ਚੁੱਕੇ ਹੋ ਕਿ ਇਸ ਨੂੰ ਸੁਪਰਪੋਜੀਸ਼ਨ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇੱਕ ਵਾਰ ਜੇ ਖੇਤਰ ਪਤਾ ਹੈ ਤਾਂ ਪਰੀਖਣ ਚਾਰਜ (test charge) ਤੇ ਬਲ ਨੂੰ ਸਮੀਕਰਨ (4.2) ਦੁਆਰਾ ਗਿਆਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਥਿਰ ਚਾਰਜ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਜਾਂ ਗਤੀਮਾਨ ਚਾਰਜ (ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ) ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹਨ ਜਿਸ ਨੂੰ $\mathbf{B}\,(\mathbf{r})$ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਵੀ ਇੱਕ ਸਦਿਸ਼ ਖੇਤਰ ਹੈ। ਇਸਦੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸਮਰੂਪ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਮੂਲ ਗੁਣ ਹਨ ਇਸ ਨੂੰ ਸਪੇਸ ਦੇ ਹਰੇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ (ਅਤੇ ਨਾਲ ਹੀ ਸਮੇਂ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ)। ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਇਹ ਮਿਲਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਸੁਪਰਪੋਜੀਸ਼ਨ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤ ਦਾ ਪਾਲਨ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਸੁਪਰਪੋਜ਼ੀਸ਼ਨ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੈ- *ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਸ੍ਰੋਤਾਂ ਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਹਰੇਕ ਇਕੱਲੇ ਸ੍ਰੋਤ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦਾ ਸਦਿਸ਼ ਯੋਗ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।*

HENDRIK ANTOON LORENTZ (1853–1928)

ਹੈਂਡ੍ਰਿਕ ਐਂਟੂਨ ਲੋਰੇਂਜ਼ Hendrik Antoon Lorentz (1853–1928) ਡੈਨਮਾਰਕ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤਕ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ, ਲਿਡੇਨ ਵਿਚ ਪ੍ਰੋਫੈਸਰ ਸਨ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਬਿਜਲੀ, ਚੁੰਬਕਤਾ ਅਤੇ ਯੰਤਰਿਕੀ ਵਿਚ ਸੰਬੰਧ ਦੀ ਖੋਜ ਕੀਤੀ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਉਤਸਰਜਕਾਂ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਪ੍ਰੇਖਤ ਪ੍ਰਭਾਵਾ (ਜ਼ੀਮਾਨ ਪ੍ਰਭਾਵ) ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਇਹਨਾਂ ਨੇ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿਚ ਬਿਜਲੀ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ ਹੋਂਦ ਦੀ ਮਨੌਤ ਪੇਸ਼ ਕੀਤੀ। ਇਸਦੇ ਲਈ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ 1902 ਵਿਚ ਨੋਬਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕੀਤਾ ਗਿਆ। ਇਹਨਾਂ ਨੇ ਕੁਝ ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਉਲਝਣਾਂ ਭਰੇ ਗਣਿਤਕ ਤਰਕਾਂ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਕੁਝ ਰੂਪਾਂਤਰਣ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਦਾ ਇੱਕ ਸਮੂਹ ਵਿਉਤਪੰਨ ਕੀਤਾ ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਨਾਂ ਤੇ ਲੋਰੇਂਜ਼ ਰੂਪਾਂਤਰਨ ਸਮੀਕਰਨ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਨੂੰ ਵਿਉਤਪੰਨ ਕਰਦੇ ਸਮੇਂ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਇਸ ਤੱਥ ਦੀ ਜਾਣਕਾਰੀ ਨਹੀਂ ਸੀ ਕਿ ਇਹ ਸਮੀਕਰਨ ਸਮੇਂ ਅਤੇ ਸਥਾਨ ਦੀ ਨਵੀਂ ਸੰਕਲਪਨਾ ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਸਨ।

4.2.2 ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ, ਲੋਰੇਂਜ਼ ਬਲ (Magnetic Field, Lorentz Force)

ਮੰਨ ਲਉ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ $\mathbf{E}\,(\mathbf{r})$ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ $\mathbf{B}\,(\mathbf{r})$ ਦੋਨਾਂ ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਵਿਚ ਕੋਈ ਬਿੰਦੂ ਚਾਰਜ q (ਵੇਗ $\mathbf{v}$ ਨਾਲ ਗਤੀਮਾਨ ਅਤੇ ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਸਮੇਂ t ਤੇ $\mathbf{r}$ ਤੇ ਸਥਿਤ) ਮੌਜੂਦ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ q ਤੇ ਇਹਨਾਂ ਦੋਨਾਂ ਖੇਤਰਾਂ ਦੁਆਰਾ ਲਗਾਏ ਬਲ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ-

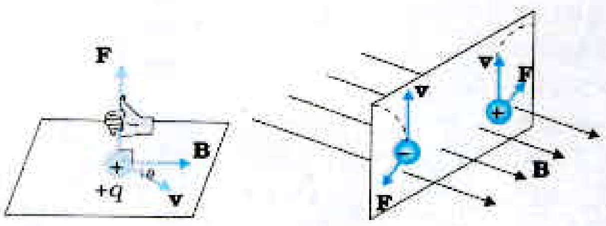
$$\mathbf{F} = q\,[\,\mathbf{E}\,(\mathbf{r}) + \mathbf{v} \times \mathbf{B}\,(\mathbf{r})] \equiv \mathbf{F}_{\text{ਬਿਜਲੀ}} + \mathbf{F}_{\text{ਚੁੰਬਕੀ}} \qquad (4.3)$$

ਇਸ ਬਲ ਨੂੰ ਸਭ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਐਚ.ਏ.ਲੋਰੇਂਜ਼ ਨੇ ਐਮਪੀਅਰ ਅਤੇ ਹੋਰ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਦੁਆਰਾ ਵਿਸਤਾਰਿਤ ਪੈਮਾਨੇ ਤੇ ਕੀਤੇ ਗਏ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਸੀ। ਇਸ ਬਲ ਨੂੰ ਹੁਣ *ਲੋਰੇਂਜ਼ ਬਲ* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਬਲਾਂ ਦੇ ਬਾਰੇ ਵਿੱਚ ਤੁਸੀਂ ਵਿਸਤਾਰ ਨਾਲ ਅਧਿਐਨ ਕਰ ਹੀ ਚੁੱਕੇ ਹੋ। ਜੇ ਅਸੀਂ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਸਪਰ ਕਿਰਿਆ ਤੇ ਧਿਆਨ ਦੇਈਏ ਤਾਂ ਸਾਨੂੰ ਹੇਠ ਲਿਖੀਆਂ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ਤਾਵਾਂ ਮਿਲਦੀਆਂ ਹਨ-

(i) ਇਹ q, $\mathbf{v}$ ਅਤੇ $\mathbf{B}$ (ਕਣ ਦੇ ਚਾਰਜ, ਵੇਗ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ) ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। *ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲਾ ਧਨ ਚਾਰਜ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਬਲ ਦੇ ਉਲਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।*

(ii) ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ $q\,[\,\mathbf{v} \times \mathbf{B}\,]$ ਵੇਗ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਇੱਕ ਸਦਿਸ਼ ਗੁਣਨਫਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਸਦਿਸ਼ ਗੁਣਨਫਲ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਬਲ ਨੂੰ ਸਮਾਪਤ (ਸਿਫਰ) ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਉਦੋਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਬਲ, ਵੇਗ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੋਨਾਂ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੁੰਦਾ ਹੈ (ਕਿਸੇ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ)। ਜਦੋਂ ਵੇਗ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਜਾਂ ਪ੍ਰਤੀਸਮਾਂਤਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਸਦਿਸ਼ ਗੁਣਨਫਲ (ਕ੍ਰਾਸ ਗੁਣਨਫਲ) ਦੇ ਲਈ ਚਿੱਤਰ 4.2. ਵਿਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਪੇਚ ਨਿਯਮ ਜਾਂ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

(iii) ਜੇ ਚਾਰਜ ਗਤੀਮਾਨ ਨਹੀਂ ਹੈ (ਤਾਂ $|\mathbf{v}| = 0$), ਤਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਸਿਰਫ ਗਤੀਮਾਨ ਚਾਰਜ ਹੀ ਬਲ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦਾ ਹੈ।



(a) (b)

ਚਿੱਤਰ 4.2 ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਤੇ ਲਗੇ ਬਲ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ (a) ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** ਨਾਲ θ ਕੋਣ ਬਣਾਂਦੇ ਹੋਏ **v** ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀਮਾਨ ਕੋਈ ਧਨ ਚਾਰਜਿਤ ਕਮ ਬਲ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਸਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। (b) ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਵਿੱਚ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਦੇ ਵਿਖੇਪ q ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ - q ਦੇ ਵਿਖੇਪ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਉਲਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲਈ ਵਿਅੰਜਕ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਮਾਤਰਕ ਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਦੇਣ ਵਿਚ ਸਾਂਝੀ ਸਹਾਇਤਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਬਲ ਦੇ ਸਮੀਕਰਨ ਵਿਚ ਹਲ q, $\mathbf{F}$ ਅਤੇ $\mathbf{v}$ ਸਾਰਿਆਂ ਦਾ ਮਾਨ ਇਕਾਈ ਮੰਨੀਏ ਤਾਂ $\mathbf{F} = q\,[\,\mathbf{v} \times \mathbf{B}] = q\,v\,B \sin\theta\,\hat{\mathbf{n}}$, ਇਥੇ θ ਵੇਗ $\mathbf{v}$ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ $\mathbf{B}$ ਦਾ ਕੋਣ ਹੈ [ਚਿੱਤਰ 4.2 (a) ਦੇਖੋ]. ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ B ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ 1 SI ਮਾਤਰਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਦੋਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਇਕਾਈ ਚਾਰਜ (1 C), ਜੋ ਕਿ $\mathbf{B}$ ਦੇ ਲੰਬ ਰੂਪ 1m/s ਵੇਗ $\mathbf{v}$ ਨਾਲ ਗਤੀਮਾਨ ਹੈ ਤੇ ਲਗਿਆ ਬਲ 1 ਨਿਊਟਨ ਹੋਵੇ।

ਵਿਮੀ ਰਿਤੀ ਤੋਂ ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ $[B] = [F/qv]$ ਅਤੇ $\mathbf{B}$ ਦਾ ਮਾਤਰਕ ਨਿਊਟਨ ਸੈਕੰਡ/ਕੁਲਾਮ ਮੀਟਰ ਹੈ। ਇਸ ਮਾਤਰਕ ਨੂੰ *ਟੇਸਲਾ* (T) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਜਿਸ ਨੂੰ ਨਿਕੋਲਾ ਟੇਸਲਾ (Nicola Tesla) (1856 – 1943) ਦੇ ਨਾਮ ਤੇ ਰਖਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਟੇਸਲਾ ਇੱਕ ਵੱਡਾ ਮਾਤਰਕ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਇੱਕ ਛੋਟੇ *ਮਾਤਰਕ ਗਾਊਸ* ($=10^{-4}$ ਟੇਸਲਾ) ਦੀ ਆਮ ਕਰਕੇ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਵਿਸ਼ਵ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਵਿਸਤਾਰਿਤ ਰੇਂਜ ਨੂੰ ਸਾਰਣੀ 4.1 ਵਿਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਸਾਰਣੀ 4.1 ਵੱਖ-ਵੱਖ ਭੌਤਿਕ ਹਾਲਤਾਂ ਵਿਚ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣਾਂ ਦਾ ਆਰਡਰ
Order of Magnitudes of Magnetic Fields in a Variety of Physical Situations

ਭੌਤਿਕ ਹਾਲਤ (Physical situation)	B ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ (ਟੇਸਲਾ, T ਵਿੱਚ) Magnitude of B (in tesla)
ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਤਾਰੇ ਦੀ ਸਤਹਿ (Surface of a neutron star)	10^{8}
ਪ੍ਰਯੋਗਸ਼ਾਲਾ ਵਿਚ ਪ੍ਰਤੀਨਿਧਕ ਉੱਚ ਖੇਤਰ (Typical large field in a laboratory)	1
ਛੋਟੇ ਛੜ ਚੁੰਬਕ ਦੇ ਨੇੜੇ (Near a small bar magnet)	10^{-2}
ਧਰਤੀ ਦੀ ਸਤਹਿ ਤੇ (On the earths surface)	10^{-5}
ਮਨੁੱਖੀ ਤੰਤਰਿਕਾ ਤੰਤੂ (Human nerve fibre)	10^{-10}
ਅੰਤਰਾ ਤਾਰਕੀ ਸਪੇਸ (Intersteller space)	10^{-12}

4.2.3 ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਚਾਲਕ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ (Magnetic force on a current-carrying conductor)

ਅਸੀਂ ਕਿਸੇ ਇਕੱਲੇ ਗਤੀਮਾਨ ਚਾਰਜ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੁਆਰਾ ਲਗੇ ਬਲ ਦੇ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਨ ਦਾ ਵਿਸਤਾਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਸਿੱਧੀ ਛੜ ਦੇ ਲਈ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਲੰਬਾਈ l ਅਤੇ ਇੱਕ ਸਮਾਨ

ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ A ਦੀ ਕਿਸੇ ਛੜ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਅਸੀਂ ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ (ਜਿਸ ਵਿਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਵਾਹਕ ਹਨ) ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇੱਕ ਹੀ ਕਿਸਮ ਦੇ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਵਾਹਕ ਮਨਾਂਗੇ। ਮੰਨ ਲਓ ਇਹਨਾਂ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਚਾਰਜ ਵਾਹਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਘਣਤਾ n ਹੈ ਤਾਂ ਚਾਲਕ ਵਿੱਚ ਕੁਲ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਚਾਰਜ ਵਾਹਕਾਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ nlA ਹੋਵੇਗੀ। ਇਸ ਚਾਲਕ ਛੜ ਵਿੱਚ ਅਪਰਿਵਰਤੀ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I ਦੇ ਲਈ ਅਸੀਂ ਇਹ ਮੰਨ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਹਰੇਕ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਵਾਹਕ ਦਾ ਡ੍ਰਿਫਟ ਵੇਗ $\mathbf{v_d}$ ਹੈ। (ਪਾਠ 3 ਦੇਖੋ)। ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਵਿਚ ਇਹਨਾਂ ਵਾਹਕਾਂ ਤੇ ਬਲ

$$\mathbf{F} = (nlA)q\,\mathbf{v}_d \times \mathbf{B}$$

ਇਥੇ q ਕਿਸੇ ਵਾਹਕ ਦੇ ਚਾਰਜ ਦਾ ਮਾਨ ਹੈ। ਹੁਣ ਇਥੇ $nq\mathbf{v}_d$ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਘਣਤਾ $\mathbf{j}$ ਅਤੇ $|(nq\,\mathbf{v}_d)|A$ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I ਹੈ। (ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਘਣਤਾ ਤੇ ਚਰਚਾ ਦੇ ਲਈ ਪਾਠ 3 ਦੇਖੋ) ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ

$$\mathbf{F} = [(nq\mathbf{v}_d)lA] \times \mathbf{B} = [\,\mathbf{j}Al\,] \times \mathbf{B}$$

$$= I\mathbf{l} \times \mathbf{B} \qquad (4.4)$$

ਜਿਥੇ $\mathbf{l}$ ਇੱਕ ਸਦਿਸ਼ ਹੈ ਜਿਸਦਾ ਪਰਿਮਾਣ l ਹੈ ਜੋ ਕਿ ਛੜ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਹੈ, ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I ਦੇ ਸਰਬਸਮ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਸਦਿਸ਼ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਨ (4.4) ਦੇ ਅੰਤਿਮ ਚਰਨ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਸਦਿਸ਼ ਚਿੰਨ੍ਹ ਨੂੰ $\mathbf{j}$ ਤੋਂ $\mathbf{l}$ ਵਿੱਚ ਬਦਲਿਆ ਹੈ।

ਸਮੀਕਰਨ (4.4) ਸਿੱਧੀ ਛੜ ਤੇ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਸਮੀਕਰਨ ਵਿਚ **B** ਬਾਹਰੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਹੈ। ਇਹ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹੀ ਛੜ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਖੇਤਰ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਜੇ ਤਾਰ ਦੀ ਜਿਸ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਵੀ ਆਕ੍ਰਿਤੀ ਹੋਵੇ, ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਇਸ ਤੇ ਲਾਰੇਂਜ਼ ਬਲ ਦੀ ਗਣਨਾ, ਇਸ ਨੂੰ ਰੇਖੀ ਪੱਟੀਆਂ $d\mathbf{l}_j$ ਦਾ ਸਮੂਹ ਮੰਨ ਕੇ ਅਤੇ ਜੋੜ ਕਰਕੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ।

$$\mathbf{F} = \sum_j I d\mathbf{l}_j \times \mathbf{B}$$

ਵਧੇਰੇ ਮਾਮਲਿਆਂ ਵਿਚ ਜੋੜ ਨੂੰ ਸਮਾਕਲਨ (integration) ਵਿੱਚ ਬਦਲ ਲਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਪਰਾਬਿਜਲੀਅੰਕ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕਸ਼ੀਲਤਾ (ON PERMITTIVITY AND PERMEABILITY)

ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਦੇ ਸਰਬ ਵਿਆਪਕ ਨਿਯਮ ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਇਹ ਕਹਿੰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਦੋ ਬਿੰਦੂ ਪੁੰਜ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੇ ਬਲ ਲਗਾਉਂਦੇ ਹਨ ਜੋ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜਾਂ m_1, m_2 ਦੇ ਗੁਣਨਫਲ ਦੇ ਸਿੱਧਾ ਅਨੁਪਾਤੀ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ r ਦੇ ਵਰਗ ਦੇ ਉਲਟ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ $F = Gm_1m_2/r^2$ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ, ਇਥੇ G ਸਰਬ ਵਿਆਪੀ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਵਿੱਚ ਕੁਲਾਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਦੋ ਬਿਜਲੀ ਚਾਰਜਾਂ q_1, q_2, ਜਿਹਨਾਂ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ r ਹੈ, ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਬਲ ਨੂੰ $F = kq_1q_2/r^2$ ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ, ਜਿਥੇ k ਇੱਕ ਅਨੁਪਾਤੀ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ। SI ਮਾਤਰਕਾਂ ਵਿੱਚ $k = 1/4\pi\varepsilon$ ਹੈ, ਜਿਥੇ ε ਮਾਧਿਅਮ ਦਾ ਪਰਾ ਬਿਜਲੀ ਅੰਕ ਜਾਂ ਬਿਜਲੀਸ਼ੀਲਤਾ (permittivity) ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚੁੰਬਕਤਾ ਵਿਚ ਵੀ ਸਾਨੂੰ ਇੱਕ ਹੋਰ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। SI ਮਾਤਰਕਾਂ ਵਿਚ ਇਹ ਸਥਿਰ ਅੰਕ $\mu/4\pi$ ਹੈ, ਜਿਥੇ μ ਮਾਧਿਅਮ ਦੀ ਚੁੰਬਕਸ਼ੀਲਤਾ ਹੈ।

ਜਦਕਿ G, ε ਅਤੇ μ ਅਨੁਪਾਤੀ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹਨ, ਪਰ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਅਤੇ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਅੰਤਰ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਕਿ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਦੋ ਵਸਤੂਆਂ ਦੇ ਵਿਚਲੇ ਮਾਧਿਅਮ ਦੇ ਸੁਭਾਅ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ, ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ, ਦੋ ਚਾਰਜਾਂ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕਾਂ ਦੇ ਵਿਚਲੇ ਮਾਧਿਅਮ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ G ਇੱਕ ਸਰਬ ਵਿਆਪੀ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ, ε ਅਤੇ μ ਮਾਧਿਅਮ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਮਾਧਿਅਮਾਂ ਦੇ ਲਈ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਮਾਨ ਹਨ। ਗੁਣਨਫਲ $\varepsilon\mu$ ਦਾ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕਿਰਣਾਂ ਦੀ ਚਾਲ v ਨਾਲ ਇੱਕ ਸੰਬੰਧ $\varepsilon\mu = 1/\,v^2$ ਹੈ।

ਬਿਜਲੀ ਪਰਾਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ε ਇੱਕ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਹੈ ਜੋ ਇਹ ਸਾਫ਼ ਕਰਦੀ ਹੈ ਕਿ ਕੋਈ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਮਾਧਿਅਮ ਕਿਸੇ ਹੋਰ ਮਾਧਿਅਮ ਦੁਆਰਾ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤੇ ਉਸਨੂੰ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਨਿਰਧਾਰਣ ਲਗਾਏ ਗਏ ਖੇਤਰ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਕਾਰਨ ਮਾਧਿਅਮ ਦੇ ਧਰੁਵੀਕਰਨ ਹੋਣ ਦੇ ਗੁਣ, ਜਿਸ ਦੁਆਰਾ ਇਹ ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਅੰਦਰ ਪੈਦਾ ਹੋਏ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਅੰਸ਼ਿਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਘੱਟ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਦੁਆਰਾ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਚੁੰਬਕਸ਼ੀਲਤਾ (permeability) μ ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਚੁੰਬਕੀ-ਗੁਣ (magnetisation) ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਦੀ ਸਮਰਥਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੁਆਰਾ ਪਦਾਰਥ ਨੂੰ ਭੇਦਣ ਦੀ (penetrate) ਸੀਮਾ ਦਾ ਮਾਪ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 4.1

ਉਦਾਹਰਨ 4.1 200 ਗਰਾਮ ਪੁੰਜ ਅਤੇ 1.5 m ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਕਿਸੇ ਸਿੱਧੇ ਤਾਰ ਵਿਚੋਂ 2 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਇਹ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਖਿਤਜੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** (ਚਿੱਤਰ 4.3) ਕਾਰਨ ਹਵਾ ਵਿਚ ਲਟਕ ਰਹੀ ਹੈ। ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਪਤਾ ਕਰੋ।

ਚਿੱਤਰ 4.3

ਹੱਲ— ਸਮੀਕਰਨ (4.4) ਅਨੁਸਾਰ ਤਾਰ ਹਵਾ ਵਿਚ ਲਟਕਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਦੇ ਲਟਕਦੇ ਰਹਿਣ ਲਈ ਇਸ ਉੱਪਰ ਖੜੇਦਾਅ ਉੱਪਰ ਵਲ ਬਲ **F** ਜਿਸਦਾ ਪਰਿਮਾਣ IlB ਹੈ ਲਗਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ਜੋ ਇਸ ਦੇ ਭਾਰ mg ਨੂੰ ਸੰਤੁਲਿਤ ਕਰ ਸਕੇ। ਇਸਲਈ

$$mg = IlB$$

$$B = \frac{mg}{Il}$$

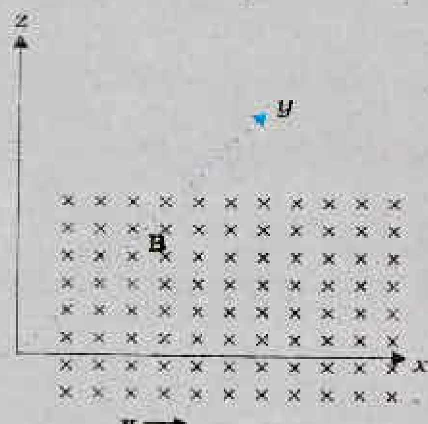
$$= \frac{0.2 \times 9.8}{2 \times 1.5} \quad 0.65\ \text{T}$$

ਧਿਆਨ ਦਿਓ, ਇਥੇ m/l ਭਾਵ ਭਾਰ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਲੰਬਾਈ ਪੁੰਜ ਦਸਣਾ ਕਾਫੀ ਹੈ। ਧਰਤੀ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਮਾਨ ਲਗਭਗ 4×10^{-5} T ਹੈ ਜਿਸਦੀ ਅਸੀਂ ਇਥੇ ਉਪੇਖਿਆ ਕੀਤੀ ਹੈ।

Charged particles moving in a magnetic field.
Interactive demonstration:
(ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ—ਆਪਸੀ ਕਿਰਿਆ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਨ)

ਉਦਾਹਰਨ 4.2

ਉਦਾਹਰਨ 4.2 ਜੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਧਨਾਤਮਕ y-ਧੁਰੇ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਹੈ ਅਤੇ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਧਨਾਤਮਕ x-ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਗਤੀਮਾਨ ਹਨ (ਚਿੱਤਰ 4.4), ਤਾਂ ਲੋਰੇਂਜ ਬਲ ਕਿਸ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਲਗੇਗਾ ਜਦੋਂ ਕਿ ਗਤੀਮਾਨ ਕਣ (a) ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (ਰਿਣ ਚਾਰਜ) (b) ਪ੍ਰੋਟਾਨ (ਧਨ ਚਾਰਜ) ਹੈ।



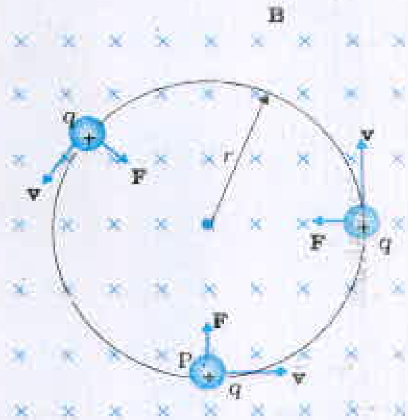
ਚਿੱਤਰ 4.4

ਹੱਲ— ਕਣ ਦੇ ਵੇਗ **v** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ x-ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ y-ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਲੋਰੇਂਜ ਬਲ **v × B** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ z-ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ (ਪੇਚ ਨਿਯਮ ਜਾਂ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਦੇ ਅੰਗੂਠੇ ਦਾ ਨਿਯਮ) ਹੈ। ਇਸਲਈ (a) ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਲਈ ਇਹ ਬਲ, $-z$ ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਅਤੇ (b) ਧਨ ਚਾਰਜ (ਪ੍ਰੋਟਾਨ) ਲਈ, $+z$ ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਹੈ।

4.3 ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਗਤੀ (MOTION IN A MAGNETIC FIELD)

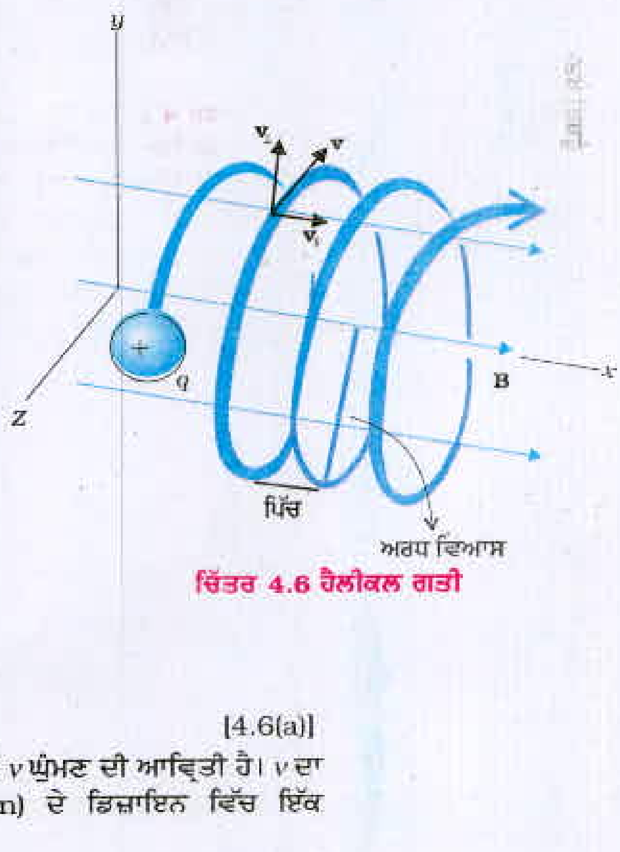
ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਹੋਰ ਵਧੇਰੇ ਵਿਸਤਾਰ ਨਾਲ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਚਾਰਜ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਅਧਿਐਨ ਕਰਾਂਗੇ। ਅਸੀਂ ਯੰਤਰਿਕੀ (ਕਲਾਸ 11 ਦੀ ਪਾਠ ਪੁਸਤਕ ਪਾਠ 16 ਦੇਖੋ) ਵਿੱਚ ਇਹ ਸਿਖਿਆ ਹੈ ਕਿ ਜੇ ਕਿਸੇ ਬਲ ਦਾ ਕਣ ਦੀ ਗਤੀ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ (ਜਾਂ ਉਸਦੇ ਉਲਟ) ਕੋਈ ਕੰਪੋਨੈਂਟ ਹੈ ਤਾਂ ਉਹ ਬਲ ਉਸ ਕਣ ਤੇ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਚਾਰਜ ਦੀ ਗਤੀ ਦੇ ਮਾਮਲੇ ਵਿਚ, ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਕਣ ਦੇ ਵੇਗ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਲੰਬ ਰੂਪ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਕੋਈ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ (ਜਦੋਂਕਿ ਸੰਵੇਗ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। (ਧਿਆਨ ਦਿਓ, ਇਸ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਬਲ, $q\mathbf{E}$, ਤੋਂ ਵੱਖ ਹੈ, ਜਿਸਦਾ ਗਤੀ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ (ਜਾਂ ਪ੍ਰਤੀ ਸਮਾਂਤਰ (antiparallel) ਕੰਪੋਨੈਂਟ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸੰਵੇਗ ਦੇ ਨਾਲ ਨਾਲ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਵੀ ਸਥਾਨਾਂਤਰਿਤ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਅਸੀਂ ਕਿਸੇ *ਇਕਸਮਾਨ* ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਦੀ ਗਤੀ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਾਂਗੇ। ਪਹਿਲਾਂ ਉਸ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ ਜਿਸ ਵਿਚ ਵੇਗ $\mathbf{v}$ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ $\mathbf{B}$ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੈ। ਲੰਬਰੂਪ ਬਲ $q\,\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਚੱਕਰੀ ਗਤੀ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਜੇ $\mathbf{v}$ ਅਤੇ $\mathbf{B}$ *ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੋਣ, ਤਾਂ ਕਣ ਚੱਕਰੀ ਗਤੀ ਕਰੇਗਾ* (ਚਿੱਤਰ 4.5).



ਚਿੱਤਰ 4.5 ਚੱਕਰੀ ਗਤੀ

ਜੇ ਵੇਗ $\mathbf{v}$ ਦਾ ਕੋਈ ਕੰਪੋਨੈਂਟ $\mathbf{B}$ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਹੈ ਤਾਂ ਇਸ ਕੰਪੋਨੈਂਟ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਬਦਲਾਵ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੋ ਰਹੀ ਗਤੀ ਨੂੰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। $\mathbf{B}$ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਕਿਸੇ ਤਲ ਵਿੱਚ ਗਤੀ, ਪਹਿਲਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੀ, ਚੱਕਰੀ ਗਤੀ ਹੈ ਜਿਸ ਕਾਰਨ ਇਹ ਕੰਪੋਨੈਂਟ *ਹੈਲੀਕਲ ਗਤੀ (helical motion)* ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 4.6)।



ਚਿੱਤਰ 4.6 ਹੈਲੀਕਲ ਗਤੀ

ਤੁਸੀਂ ਪਿਛਲੀ ਕਲਾਸ ਵਿਚ ਇਹ ਸਿੱਖ ਲਿਆ ਹੈ (ਦੇਖੋ ਪਾਠ 4 ਕਲਾਸ 11) ਕਿ ਜੇ ਕਿਸੇ ਕਣ ਦੇ ਚੱਕਰ ਆਕਾਰ ਦੇ ਰਸਤੇ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ r ਹੈ ਤਾਂ ਉਸ ਕਣ ਤੇ ਇੱਕ ਬਲ $m\,v^2 / r$ ਚੱਕਰ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਅਤੇ ਰਸਤੇ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਜੇ ਵੇਗ $\mathbf{v}$ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ $\mathbf{B}$ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਸਦਾ ਪਰਿਮਾਣ $q\,v\,B$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਦੋਨੋਂ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲਾਂ ਦੇ ਵਿਅੰਜਕਾਂ ਨੂੰ ਸਮੀਕਰਨ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਲਿਖਣ ਤੇ

$$m\,v^2/r = q\,v\,B,$$

$$r = m\,v / qB \qquad (4.5)$$

ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਵੱਧ ਸੰਵੇਗ ਹੋਵੇਗਾ ਓਨਾਂ ਹੀ ਵਡੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵਾਲਾ ਚੱਕਰ ਹੋਵੇਗਾ ਅਤੇ ਬਣਿਆ ਚੱਕਰ ਵੀ ਵੱਡਾ ਹੋਵੇਗਾ। ਜੇ ਕੋਈ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ω ਹੈ ਤਾਂ $v = \omega\ r$ ਇਸ ਲਈ

$$\omega = 2\pi\,\nu = q\,B/\,m \qquad [4.6(a)]$$

ਕੋਈ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ω ਵੇਗ ਜਾਂ ਊਰਜਾ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦੀ। ਇਥੇ ν ਘੁੰਮਣ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਹੈ। ν ਦਾ ਊਰਜਾ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਾ ਕਰਨਾ, ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ (cyclotron) ਦੇ ਡਿਜ਼ਾਇਨ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਭੂਮਿਕਾ ਨਿਭਾਉਂਦਾ ਹੈ। (ਸੈਕਸ਼ਨ 4.4.2 ਦੇਖੋ)।

ਇੱਕ ਪਰਿਕਰਮਾ ਪੂਰੀ ਕਰਨ ਵਿਚ ਲਗਿਆ ਸਮਾਂ $T = 2\pi/\omega \equiv 1/\nu$, ਜੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਵੇਗ ਦਾ ਕੋਈ ਕੰਪੋਨੈਂਟ ($v_{||}$ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਗਟ ਕੀਤਾ) ਹੈ, ਕਣ ਦਾ ਰਸਤਾ ਹੈਲੀਕਲ ਵਰਗਾ

ਹੋਵੇਗਾ। (ਚਿੱਤਰ 4.6)। ਇੱਕ ਚੱਕਰ ਵਿੱਚ ਕਣ ਦੁਆਰਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਤੈਅ ਕੀਤੀ ਗਈ ਦੂਰੀ ਨੂੰ ਪਿੱਚ ਜਾਂ ਚੂੜੀ ਅੰਤਰਾਲ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਸਮੀਕਰਨ [4.6 (a)] ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$p = v_{\|} T = 2\pi m v_{\|} / qB \qquad [4.6(b)]$$

ਗਤੀ ਦੇ ਚੱਕਰੀ ਘੱਟਕ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਨੂੰ *ਹੈਲੀਕਸ (helix)* ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

ਉਦਾਹਰਨ 4.3 6×10^{-4} T ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ 3×10^{7} m/s ਦੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਗਤੀਮਾਨ ਕਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (ਪੁੰਜ 9×10^{-31} kg ਅਤੇ ਚਾਰਜ 1.6×10^{-19} C) ਦੇ ਰਸਤੇ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਕੀ ਹੈ? ਇਸਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ? ਇਸਦੀ ਊਰਜਾ keV ਵਿਚ ਪਤਾ ਕਰੋ। (1eV = 1.6×10^{-19} J).

ਹੱਲ— ਸਮੀਕਰਨ (4.5) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ

$r = mv / (qB) = 9 \times 10^{-31}\ \text{kg} \times 3 \times 10^{7}\ \text{m s}^{-1} / (1.6 \times 10^{-19}\ \text{C} \times 6 \times 10^{-4}\ \text{T})$

$= 26 \times 10^{-2}\ \text{m} = 26\ \text{cm}$

$\nu = v / (2\pi r) = 2 \times 10^{6}\ \text{s}^{-1} = 2 \times 10^{6}\ \text{Hz} = 2\ \text{MHz}.$

$E = (½)mv^2 = (½)\ 9 \times 10^{-31}\ \text{kg} \times 9 \times 10^{14}\ \text{m}^2/\text{s}^2 = 40.5 \times 10^{-17}\ \text{J}$

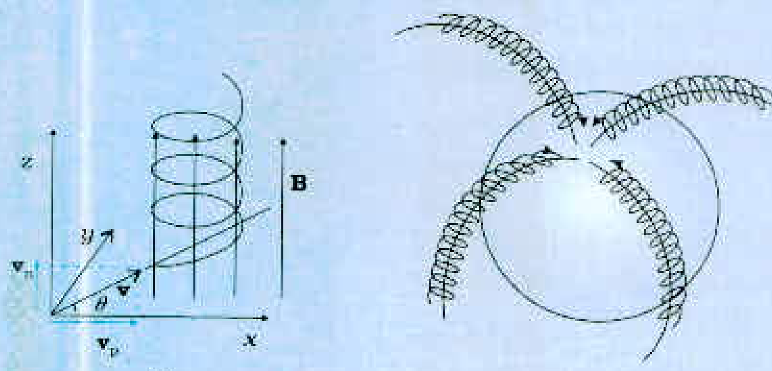
$4 \times 10^{-16}\ \text{J} = 2.5\ \text{KeV}.$

ਉਦਾਹਰਨ 4.1

ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਦੀ ਹੇਲੀਕਲ ਗਤੀ ਅਤੇ ਉੱਤਰੀ ਧਰੁਵ ਦੀ ਜੋਤੀ (HELICAL MOTION OF CHARGED PARTICLES AND AURORA BOREALIS)

ਧਰੁਵੀ ਖੇਤਰਾਂ ਜਿਵੇਂ ਅਲਾਸਕਾ ਅਤੇ ਉੱਤਰੀ ਕਨਾਡਾ ਵਿਚ ਆਕਾਸ਼ ਵਿੱਚ ਰੰਗਾਂ ਦਾ ਬਹੁਤ ਹੀ ਆਲੀਸ਼ਾਨ ਨਜ਼ਾਰਾ ਦਿਖਾਈ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਨਾਚ ਕਰਦੀ ਹਰੀ ਗੁਲਾਬੀ ਰੋਸ਼ਨੀ ਦਾ ਨਜ਼ਾਰਾ ਮਨਮੋਹਣਾ ਅਤੇ ਦਿਲ ਖਿਚਵਾਂ ਹੈ ਓਨਾ ਹੀ ਉਲਝਣ ਭਰਿਆ ਹੈ। ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨ ਵਿਚ ਹੁਣ ਇਸ ਵਰਤਾਰੇ ਦਾ ਸਪਸ਼ਟੀਕਰਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋ ਗਿਆ ਹੈ ਜਿਸਦਾ ਇਸ ਪਾਠ ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਅਧਿਐਨ ਕਰ ਰਹੇ ਹਾਂ ਉਸ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧ ਰੱਖਦਾ ਹੈ।

ਮੰਨ ਲਉ ਪੁੰਜ m ਅਤੇ ਚਾਰਜ q ਦਾ ਕੋਈ ਕਣ ਅਰੰਭਿਕ ਵੇਗ **v** ਨਾਲ ਕਿਸੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** ਵਿਚ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਮੰਨ ਲਉ ਇਸ ਵੇਗ ਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਘਟਕ $\mathbf{v}_p$ ਅਤੇ ਇਸ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਘਟਕ $\mathbf{v}_n$ ਹੈ। ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਕੋਈ ਬਲ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਵੇਗ $\mathbf{v}_p$ ਨਾਲ ਇਹ ਕਣ ਲਗਾਤਾਰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਗਤੀਮਾਨ



(a) (b)

ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਕਣ ਤੇ ਲਗਦੇ ਵੇਗ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਘਟਕ ਦੇ ਕਾਰਨ ਇਸ ਤੇ ਲੋਰੇਂਜ਼ ਬਲ ($\mathbf{v}_n \times \mathbf{B}$) ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਸਦੀ ਦਿਸ਼ਾ $\mathbf{v}_n$ ਅਤੇ **B** ਦੋਨਾ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਸੈਕਸ਼ਨ 4.3.1 ਵਿਚ ਦੇਖ ਚੁੱਕੇ ਹਾਂ, ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਣ ਵਿੱਚ ਚੱਕਰੀ ਗਤੀ ਕਰਨ ਦੀ ਪ੍ਰਵਿਰਤੀ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਚੱਕਰੀ ਗਤੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਤਲ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਇਹ

ਗਤੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਕਣ ਦੀ ਗਤੀ ਨਾਲ ਕਪਲ (couple) ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਪਰਿਣਾਮੀ ਪ੍ਰਖੇਪ ਪਥ, ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਹੈਲੀਕਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਇਥੇ ਚਿੱਤਰ (a) ਵਿਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਜੇ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਮੁੜ ਵੀ ਜਾਣ ਤਾਂ ਵੀ ਹੈਲੀਕਲ ਪਥ ਤੇ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਕਣ ਲੂਪ ਵਿਚ ਫਸ ਕੇ (trapped) ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਚਾਰੋਂ ਪਾਸੇ ਗਤੀ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਮਜਬੂਰ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਲੋਰੇਂਜ਼ ਬਲ ਹਰੇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਵੇਗ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੈ, ਖੇਤਰ ਕਣ ਤੇ ਕੋਈ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਅਤੇ ਵੇਗ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਬਰਾਬਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ।

ਸੋਲਰ ਫਲੇਅਰ (solar flare) ਦੇ ਸਮੇਂ ਸੂਰਜ ਵਿੱਚੋਂ ਬਹੁਤ ਵੱਡੀ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਬਾਹਰ ਨਿਕਲਦੇ ਹਨ। ਉਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕੁਝ ਧਰਤੀ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲੂਪ ਵਿੱਚ ਫਸ ਜਾਂਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੀਆਂ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਹੈਲੀਕਲ ਪਥ ਤੇ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਧਰਤੀ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀਆਂ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਧਰੁਵਾਂ ਤੇ ਬਹੁਤ ਨੇੜੇ-ਨੇੜੇ ਆ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ। (ਦੇਖੋ ਚਿੱਤਰ (b)) ਇਸ ਲਈ ਧਰੁਵਾਂ ਦੇ ਨੇੜੇ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ ਘਣਤਾ ਵੱਧ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਦੇ ਅਣੂਆਂ ਨਾਲ ਅਤੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਉਤੇਜਿਤ ਆਕਸੀਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਹਰੀ ਰੋਸ਼ਨੀ (ਪ੍ਰਕਾਸ਼) ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਉਤੇਜਿਤ ਨਾਈਟ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਗੁਲਾਬੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨ ਵਿਚ ਇਸ ਵਰਤਾਰੇ ਨੂੰ *ਉੱਤਰ ਧਰੁਵੀ ਜੋਤੀ (Aurora Borealis)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

4.4 ਸੰਯੁਕਤ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਗਤੀ (Motion in Combined Electric and Magnetic Fields)

4.4.1 ਵੇਗ ਸਿਲੈਕਟਰ (Velocity selector)

ਤੁਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹੋ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਦੋਵਾਂ ਖੇਤਰਾਂ ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਵਿਚ $\mathbf{v}$ ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀਮਾਨ q ਚਾਰਜ ਦੇ ਕਣ ਤੇ ਸਮੀਕਰਨ (4.3) ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਇੱਕ ਬਲ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

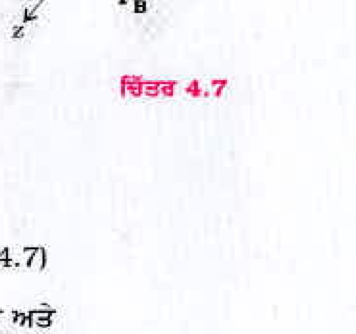
$$\mathbf{F} = q\,(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) = \mathbf{F}_E + \mathbf{F}_B$$

ਅਸੀਂ ਇਥੇ ਚਿੱਤਰ 4.7 ਵਿਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਇੱਕ ਸਰਲ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਾਂਗੇ ਜਿਸ ਵਿਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹਨ ਅਤੇ ਕਣ ਦਾ ਵੇਗ ਇਹਨਾਂ ਦੋਨਾਂ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੈ। ਤੱਦ

$$\mathbf{E} = E\,\hat{\mathbf{j}},\ \mathbf{B} = B\,\hat{\mathbf{k}},\ \mathbf{v} = v\,\hat{\mathbf{i}}$$

$$\mathbf{F}_E = q\mathbf{E} = qE\,\hat{\mathbf{j}},\ \mathbf{F}_B = q\mathbf{v} \times \mathbf{B} = q\left(v\,\hat{\mathbf{i}} \times B\hat{\mathbf{k}}\right) = -qB\,\hat{\mathbf{j}}$$

ਇਸਲਈ



ਚਿੱਤਰ 4.7

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚਿੱਤਰ ਵਿਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਹਨ। ਮੰਨ ਲਓ ਅਸੀਂ $\mathbf{E}$ ਅਤੇ $\mathbf{B}$ ਦੇ ਮਾਨਾਂ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਮਾਯੋਜਿਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਇਹਨਾਂ ਬਲਾਂ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਬਰਾਬਰ ਹੋ ਜਾਣ ਤਾਂ ਚਾਰਜ ਤੇ ਕੁੱਲ ਬਲ ਸਿਫ਼ਰ ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ ਅਤੇ ਚਾਰਜ ਇਹਨਾਂ ਖੇਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਬਿਨਾਂ ਵਿਖੇਪਿਤ ਹੋਏ ਗਤੀ ਕਰੇਗਾ। ਇਹ ਤਦ ਹੋਵੇਗਾ ਜਦੋਂ

$$qE = qvB \text{ ਜਾਂ } v = \frac{E}{B} \tag{4.7}$$

ਇਸ ਸ਼ਰਤ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਵੱਖ ਵੱਖ ਗਤੀ ਨਾਲ ਗਤੀਮਾਨ ਚਾਰਜਾਂ (ਬੇਸ਼ਕ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਪੁੰਜ ਕੁਝ ਵੀ ਹੋਣ) ਦੇ ਪੁੰਜ ਵਿਚੋਂ ਕਿਸੇ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਵੇਗ ਨਾਲ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਚੁਣਨ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਕ੍ਰਾਸ ਕਰਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ *ਵੇਗ ਸਿਲੈਕਟਰ (Velocity Selector)* ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਾਰਜ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਸਿਰਫ E/B ਦੀ ਚਾਲ ਵਾਲੇ ਕਣ ਹੀ ਇਸ ਕ੍ਰਾਸ ਕਰਦੇ ਖੇਤਰਾਂ ਵਾਲੇ ਸਥਾਨ ਤੋਂ ਬਿਨਾਂ ਵਿਖੇਪਿਤ ਹੋਏ ਲੰਘਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਵਿਧੀ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਸਾਲ 1897 ਵਿੱਚ ਜੇ.ਜੇ. ਥਾਮਸਨ ਨੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਚਾਰਜ-ਪੁੰਜ ਅਨੁਪਾਤ (e/m) ਮਾਪਣ ਵਿਚ ਕੀਤਾ ਸੀ। ਇਸ

ਸਿਧਾਂਤ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਪੁੰਜ ਸਪੈਕਟ੍ਰੋਮੀਟਰ (Mass Spectrometer) ਵਿਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਅਜਿਹੀ ਯੁਕਤੀ ਹੈ ਜੋ ਚਾਰਿਜਤ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਆਮ ਕਰਕੇ ਆਇਨਾਂ ਨੂੰ, ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਚਾਰਜ-ਪੁੰਜ ਅਨੁਪਾਤ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਵੱਖ ਕਰਦੀ ਹੈ।

4.4.2 ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ (Cyclotron)

ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਜਾਂ ਆਇਨਾਂ ਨੂੰ ਉੱਚ ਊਰਜਾਵਾਂ ਤੱਕ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕਰਨ ਵਾਲਾ ਯੰਤਰ ਹੈ। ਇਸਦੀ ਖੋਜ ਨਾਭਿਕੀ ਸੰਰਚਨਾ ਦੀ ਤਫ਼ਤੀਸ਼ ਦੇ ਲਈ ਸਾਲ 1934 ਵਿਚ ਈ.ਓ. ਲਾਰੈਂਸ (E.O. Lawrence) ਅਤੇ ਐਮ.ਐਸ. ਲਿਵਿੰਗਸਟੋਨ (M.S. Livingston) ਨੇ ਕੀਤਾ ਸੀ। ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਦੀ ਊਰਜਾ ਵਿਚ ਵਾਧਾ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਵਿੱਚ ਸੰਯੁਕਤ ਰੂਪ ਵਿਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੋਨਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਇਹ ਦੋਨੋਂ ਖੇਤਰ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਲਗਾਏ ਜਾਂਦੇ ਹਨ, ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ *ਕ੍ਰਾਸਡ ਖੇਤਰ (crossed fields)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਵਿਚ ਇਸ ਤਥ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਕਿ "ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਪਰਿਕਰਮਾ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਦੀ ਪਰਿਕ੍ਰਮਾ ਕਰਨ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ (frequency of revolution) ਕਣ ਦੀ ਊਰਜਾ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦੀ।" ਕਣ ਵਧੇਰੇ ਸਮੇਂ ਲਈ ਦੋ ਅੱਧ ਚੱਕਰੀ ਆਕਾਰ ਦੀਆਂ ਚੱਕਰੀ ਵਰਗੀਆਂ ਧਾਤਾਂ ਦੇ ਪਾਤਰਾਂ, D_1 ਅਤੇ D_2 ਦੇ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਧਾਤ ਦੇ ਪਾਤਰਾਂ ਨੂੰ *'ਡੀਜ਼' (Dees)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਕਿਉਂਕਿ ਇਹ ਅੰਗ੍ਰੇਜ਼ੀ ਦੀ ਵਰਣਮਾਲਾ ਦੇ ਅਖਰ 'D' ਵਰਗੀਆਂ ਦਿਖਾਈ ਦਿੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਚਿੱਤਰ 4.8 ਵਿੱਚ ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਵਿਵਸਥਾ ਆਰੇਖ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਧਾਤ ਦੇ ਬਕਸਿਆਂ ਦੇ ਅੰਦਰ ਕਣ ਓਟ ਵਿੱਚ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਬੇਸ਼ਕ ਕਣ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਕਾਰਨ ਉਹ ਇੱਕ 'ਡੀ' ਦੇ ਅੰਦਰ ਚੱਕਰੀ ਗਤੀ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਹਰ ਵਾਰ ਜਦੋਂ ਕਣ ਇੱਕ 'ਡੀ' ਤੋਂ ਦੂਸਰੀ 'ਡੀ' ਵਿਚ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਹਰ ਵਾਰ ਉਸ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਚਿੰਨ੍ਹ ਵਾਰੀ-ਵਾਰੀ ਬਦਲਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਬਦਲਾਵ ਕਣ ਦੀ ਚੱਕਰੀ ਗਤੀ ਦੇ ਨਾਲ ਮੇਲ ਖਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਕਣ ਸਦਾ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਹਰ ਵਾਰ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਕਣ ਦੀ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ-ਜਿਵੇਂ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਹੁੰਦਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਉਸਦੇ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਪੱਥ ਦੇ ਅਰਧਵਿਆਸ ਵਿੱਚ ਵੀ ਵਾਧਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਕਣ ਦਾ ਰਸਤਾ ਚੱਕਰਦਾਰ (spiral) ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

Cyclotron
Interactive demonstration:
http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=33.0

PHYSICS

ਇਸ ਸਾਰੇ ਸੰਯੋਜਨ ਨੂੰ ਹਵਾ ਰਹਿਤ (evacuated) ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਕਿ ਆਇਨਾਂ ਅਤੇ ਹਵਾ ਦੇ ਅਣੂਆਂ ਵਿਚਲੀਆਂ ਟੱਕਰਾਂ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੋ ਜਾਣ। ਡੀਜ਼ ਤੇ ਇੱਕ ਉੱਚ ਮਾਨ ਵਾਲੀ ਪਰਤਵੀਂ ਵੋਲਟੇਜ (alternate voltage) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 4.8 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਗਏ ਆਰੇਖ ਵਿੱਚ ਧਨ ਆਇਨ ਜਾਂ ਧਨ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ (ਕਣ ਪ੍ਰੋਟਾਨ) ਕੇਂਦਰ P ਤੇ ਮੁਕਤ ਕੀਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਕਿਸੇ ਇੱਕ 'ਡੀ' ਵਿੱਚ ਅੱਧੇ ਚੱਕਰ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਰਸਤਾ ਤੈਅ ਕਰਦੇ ਹੋਏ $T/2$ ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿਚ ਦੋਵਾਂ ਡੀਜ਼ ਦੇ ਵਿਚਲੀ ਖਾਲੀ ਥਾਂ ਤੇ ਪੁੱਜਦੇ ਹਨ। ਇਥੇ T ਪਰਿਕ੍ਰਮਾ ਪੂਰੀ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਲਗਿਆ ਸਮਾਂ (period of revolution) ਹੈ। ਜਿਸਦਾ ਮਾਨ ਸਮੀਕਰਨ (4.6) ਅਨੁਸਾਰ

$$T = \frac{1}{\nu_c} = \frac{2\pi m}{qB}$$

ਜਾਂ $$\nu_c = \frac{qB}{2\pi m} \tag{4.8}$$

ਸਪਸ਼ਟ ਤਰਕਾਂ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਇਸ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਨੂੰ *ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਆਵ੍ਰਿਤੀ (cyclotron frequency)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ ν_c ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।.

ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਵਿਚ ਇਸਤੇਮਾਲ ਵੋਲਟੇਜ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ν_a ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਮਾਯੋਜਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਜਿੰਨੇ ਸਮੇਂ ਵਿਚ ਆਇਨ ਆਪਣਾ ਅੱਧਾ ਚੱਕਰ ਪੂਰਾ ਕਰਦਾ ਹੈ ਓਨੇ ਹੀ ਸਮੇਂ ਵਿਚ ਡੀਜ਼ ਦੀ ਧਰੁਵਤਾ ਬਦਲ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਸਦੇ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਸ਼ਰਤ $\nu_a = \nu_c$ ਨੂੰ ਅਨੁਨਾਦ *(resonance)* ਦੀ ਸ਼ਰਤ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਸ੍ਰੋਤ ਦਾ ਕਲਾ ਦਾ ਸਮਾਯੋਜਨ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਜਦੋਂ ਧਨ ਆਇਨ D_1 ਦੇ ਸਿਰੇ ਤੇ ਪੁੱਜਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਉਸ ਸਮੇਂ D_2 ਘੱਟ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਤੇ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ

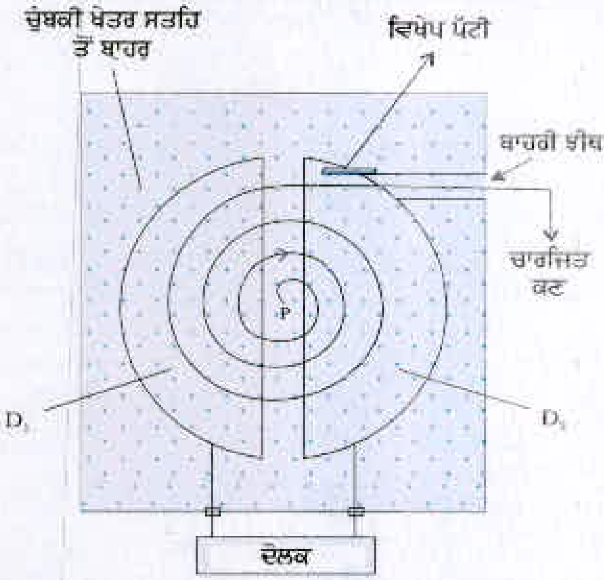
ਆਇਨ ਇਸ ਖਾਲੀ ਥਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਡੀਜ਼ ਦੇ ਅੰਦਰ ਕਣ ਅਜਿਹੇ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਹਨ ਜਿਥੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਹਰ ਵਾਰ ਕਣ ਇੱਕ ਡੀ ਤੋਂ ਦੂਸਰੀ ਡੀ ਤੇ ਜਾਣ ਵਿਚ ਕਣ ਦੀ ਊਰਜਾ ਵਿਚ qV ਦਾ ਵਾਧਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ (ਜਿਥੇ V ਡੀਜ਼ ਦੇ ਵਿਚਲੀ ਉਸ ਸਮੇਂ ਦੀ ਵੋਲਟੇਜ ਹੈ।) ਸਮੀਕਰਨ (4.5) ਤੋਂ ਇਹ ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਕਣਾਂ ਦੇ ਰਸਤਿਆਂ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵਿੱਚ ਹਰ ਵਾਰ, ਗਤਿਜ ਊਰਜਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਹੋਣ ਦੇ ਕਾਰਨ ਵਾਧਾ ਹੁੰਦਾ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਆਇਨ ਡੀਜ਼ ਦੇ ਵਿੱਚ ਵਾਰ-ਵਾਰ ਉਸ ਸਮੇਂ ਤੱਕ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੁੰਦੇ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ ਜਦੋਂ ਤੱਕ ਕਿ ਲਗਭਗ ਡੀਜ਼ ਦੇ ਅਰਧਵਿਆਸ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਅਰਧਵਿਆਸ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਨਹੀਂ ਕਰ ਲੈਂਦੇ। ਉਸ ਸਮੇਂ ਫਿਰ ਤੋਂ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੁਆਰਾ ਵਿਖੇਪਿਤ ਹੋਕੇ ਬਾਹਰੀ ਡੀਥ ਦੁਆਰਾ ਸਿਸਟਮ ਵਿਚੋਂ ਬਾਹਰ ਨਿਕਲ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਸਮੀਕਰਨ (4.5) ਤੋਂ, ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ-

$$v = \frac{qBR}{m} \qquad (4.9)$$

ਇਥੇ R ਨਿਰਗਮ (ਬਾਹਰ, exit) ਤੇ ਪ੍ਰਖੇਪ ਦਾ ਅਰਧਵਿਆਸ ਤੇ ਅਤੇ ਇਹ ਡੀਜ਼ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ।

ਇਸ ਲਈ ਆਇਨਾਂ ਦੀ ਗਤਿਜ਼ ਊਰਜਾ

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2B^2R^2}{2m} \qquad (4.10)$$



ਚਿੱਤਰ 4.8 ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਵਿਵਸਥਾ ਆਰੇਖ। ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਜਾਂ ਆਇਨਾਂ ਦਾ ਸਰੋਤ ਹੈ। ਇਹ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਜਾਂ ਆਇਨ ਇਕ ਸਮਾਨ ਲੰਬਰੂਪ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ B ਦੇ ਕਾਰਨ D_1 ਅਤੇ D_2 ਡੀਜ਼ ਦੇ ਅੰਦਰ-ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਰਸਤੇ ਤੇ ਚਲਦੇ ਹਨ। ਇੱਕ ਪਰਤਵੀਂ ਵੋਲਟੇਜ ਦਾ ਸ੍ਰੋਤ ਇਹਨਾਂ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਉੱਚ ਚਾਲਾਂ ਤੱਕ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਬਾਹਰੀ ਡੀਥ ਵਿੱਚੋਂ ਕੱਢ ਦਿੱਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ।

ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਪ੍ਰਚਾਲਨ (operation) ਇਸ ਤੱਥ ਤੇ ਆਧਾਰਿਤ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਆਇਨ ਦੇ ਇੱਕ ਪਰਿਕਰਮਾ ਪੂਰੀ ਕਰਨ ਦਾ ਸਮਾਂ ਆਇਨ ਦੀ ਚਾਲ ਜਾਂ ਕਕਸ਼ਾ (orbit) ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਇਸਤੇਮਾਨ ਇਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਊਰਜਾ ਯੁਕਤ ਕਣਾਂ ਦੁਆਰਾ ਨਾਭਿਕ ਤੇ ਬੰਬਾਰੀ (Bombard) ਕਰਕੇ ਪਰਿਣਾਮੀ ਨਾਭਿਕੀ ਕ੍ਰਿਆਵਾਂ ਦੇ ਅਧਿਐਨ ਕਰਨ ਲਈ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸਦੀ ਵਰਤੋਂ ਠੋਸਾਂ ਵਿੱਚ ਆਇਨਾਂ ਨੂੰ ਫਿੱਟ ਕਰਕੇ (implant) ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਗੁਣਾਂ ਵਿੱਚ ਸੁਧਾਰ ਕਰਨ ਅਤੇ ਇੱਥੋਂ ਤੱਕ ਕਿ ਨਵੇਂ ਪਦਾਰਥਾਂ ਨੂੰ ਸੰਸ਼ਲੇਸ਼ਿਤ (synthesise) ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਵੀ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਉਪਯੋਗ ਰੇਡਿਓਐਕਟਿਵ ਪਦਾਰਥਾਂ ਨੂੰ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਰੇਡਿਓਐਕਟਿਵ ਪਦਾਰਥਾਂ ਨੂੰ ਹਸਪਤਾਲਾਂ ਵਿੱਚ ਰੋਗੀਆਂ ਦੀ ਜਾਂਚ ਅਤੇ ਉਪਚਾਰ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 4.4 ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਆਸੀਲੇਟਰ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ 10 MHz ਹੈ। ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਓਪਰੇਟਿੰਗ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਮਾਨ ਕਿੰਨਾਂ ਹੋਵੇਗਾ। ਜੇ ਡੀਜ਼ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ 60 cm ਹੈ ਤਾਂ ਐਕਸਲਰੇਟਰ (accelerator) ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਪੁੰਜ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ MeV ਵਿੱਚ ਪਤਾ ਕਰੋ।
($e = 1.60 \times 10^{-19}$ C, $m_p = 1.67 \times 10^{-27}$ kg, 1 MeV $= 1.6 \times 10^{-13}$ J).

ਹੱਲ— ਆਸੀਲੇਟਰ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ, ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦੀ ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਣੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ ਸਮੀਕਰਨਾਂ (4.5) ਅਤੇ [4.6(a)] ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$B = 2\pi\, m\, v/q = 6.3 \times 1.67 \times 10^{-27} \times 10^7 / (1.6 \times 10^{-19}) = 0.66$ T

ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦਾ ਅੰਤਮਿ ਵੇਗ

$v = r \times 2\pi\, v = 0.6 \text{ m} \times 6.3 \times 10^7 = 3.78 \times 10^7$ m/s.

$E = ½\, mv^2 = 1.67 \times 10^{-27} \times 14.3 \times 10^{14} / (2 \times 1.6 \times 10^{-13}) = 7$ MeV.

ਉਦਾਹਰਨ 4.4

ਭਾਰਤ ਵਿਚ ਪ੍ਰਵੇਗਕ (ACCELERATORS IN INDIA)

ਭਾਰਤ ਪ੍ਰਵੇਗਕ-ਆਧਾਰਿਤ ਖੋਜ ਦੇ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਨ ਵਾਲਾ ਮੋਹਰੀ ਦੇਸ਼ ਹੈ। ਡਾ. ਮੇਘਨਾਦ ਸਾਹਾ ਦੀ ਦੂਰਦਰਸ਼ਿਤਾ ਕਾਰਨ ਸਾਲ 1953 ਵਿਚ ਕੋਲਕਾਤਾ ਦੇ ਸਾਹਾ ਨਾਭਿਕੀ ਭੌਤਿਕ ਸੰਸਥਾਨ ਨੇ 37" ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਸਥਾਪਿਤ ਕਰ ਲਿਆ ਸੀ। ਇਸ ਤੋਂ ਬਾਦ ਤਾਂ ਜਲਦੀ ਹੀ ਭਾਰਤ ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸੰਸਥਾਨਾਂ; ਜਿਵੇਂ- ਟਾਟਾ ਇੰਸਟੀਚਿਊਟ ਆਫ ਫੰਡਾਮੈਂਟਲ ਰਿਸਰਚ (TIFR), ਮੁੰਬਈ; ਅਲੀਗੜ ਮੁਸਲਿਮ ਵਿਸ਼ਵਵਿਦਿਆਲਿਆ, ਅਲੀਗੜ; ਬੋਸ ਇੰਸਟੀਚਿਊਟ, ਕੋਲਕਾਤਾ ਅਤੇ ਆਂਧਰਾ ਵਿਸ਼ਵਵਿਦਿਆਲਿਆ, ਵਾਲਟੇਅਰ ਵਿਚ ਕੋਕਰੋਫਟ-ਵਾਲਟਨ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੇ ਕਈ ਪ੍ਰਵੇਗਕ ਸਥਾਪਿਤ ਹੋ ਗਏ।

ਸੱਠ ਦੇ ਦਸ਼ਕ ਵਿੱਚ ਤਾਂ ਕਈ ਵਾਨ ਡੀ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਪ੍ਰਵੇਗਕ ਸਥਾਪਿਤ ਹੋਏ-5.5 MV ਟਰਮੀਨਲ ਮਸ਼ੀਨ ਭਾਭਾ ਪਰਮਾਣੂ ਖੋਜ ਕੇਂਦਰ (BARC), ਮੁੰਬਈ (1963); 2 MV ਟਰਮੀਨਲ ਮਸ਼ੀਨ ਭਾਰਤੀ ਤਕਨੀਕੀ ਸੰਸਥਾਨ ਕਾਨਪੁਰ; 400 kV ਟਰਮੀਨਲ ਮਸ਼ੀਨ ਬਨਾਰਸ ਹਿੰਦੂ ਵਿਸ਼ਵਵਿਦਿਆਲਿਆ, ਵਾਰਾਨਸੀ ਅਤੇ ਪੰਜਾਬੀ ਵਿਸ਼ਵਵਿਦਿਆਲਿਆ, ਪਟਿਆਲਾ। ਅਮਰੀਕਾ ਦੇ ਰੋਸ਼ੇਸਟਰ ਵਿਸ਼ਵਵਿਦਿਆਲਿਆ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤੇ ਗਏ 66 cm ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਪੰਜਾਬ ਵਿਸ਼ਵਵਿਦਿਆਲਿਆ, ਚੰਡੀਗੜ ਵਿਖੇ ਸਥਾਪਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ। ਇੱਕ ਲਘੂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਵੇਗਕ ਪੂਨਾ ਵਿਸ਼ਵਵਿਦਿਆਲਿਆ, ਪੂਨੇ ਵਿੱਚ ਸਥਾਪਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ।

ਸੱਤਰ ਅਤੇ ਅੱਸੀ ਦੇ ਦਹਾਕੇ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਪ੍ਰਮੁੱਖ ਸੂਤਰਪਾਤ ਪਰਿਵਰਤੀ ਉਰਜਾ ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਕੇਂਦਰ (VECC) ਕੋਲਕਾਤਾ ਦੁਆਰਾ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਭਾਰਤੀ ਸੰਸਾਧਨਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਪਰਿਵਰਤੀ ਉਰਜਾ ਸਾਇਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਬਣਾ ਕੇ ਕੀਤਾ ਗਿਆ, ਭਾਭਾ ਪਰਮਾਣੂ ਖੋਜ ਕੇਂਦਰ (BARC) ਮੁੰਬਈ ਨੇ 2 MV ਟੈਂਡਮ (Tandem) ਵਾਨ ਡੀ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਪ੍ਰਵੇਗਕ ਵਿਕਸਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਅਤੇ ਬਣਾਇਆ ਗਿਆ ਅਤੇ ਟਾਟਾ ਇੰਸਟੀਚਿਊਟ ਆਫ ਫੰਡਾਮੈਂਟਲ ਰਿਸਰਚ ਵਿਚ 14 MV ਟੈਂਡਮ ਪੈਲੇਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਵੇਗਕ ਸਥਾਪਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ।

ਇਸਤੋਂ ਬਾਅਦ ਜਲਦੀ ਹੀ ਯੂਨੀਵਰਸਟੀ ਗਰਾਂਟ ਕਮੀਸ਼ਨ (UGC), ਨਵੀਂ ਦਿੱਲੀ ਨੇ ਅੰਤਰ ਵਿਸ਼ਵਵਿਦਿਆਲਿਆ ਸਹੂਲਤ ਲਈ ਅੰਤਰਵਿਸ਼ਵਵਿਦਿਆਲਿਆ ਪ੍ਰਵੇਗਕ ਕੇਂਦਰ (IUAC), ਨਵੀਂ ਦਿਲੀ ਵਿਚ 15MV ਟੈਂਡਮ ਪੈਲੇਟ੍ਰਾਨ; ਭੌਤਿਕੀ ਸੰਸਥਾਨ, ਭੁਵਨੇਸ਼ਵਰ ਵਿੱਚ ਇੱਕ 3 MV ਟੈਂਡਮ ਪੈਲੇਟ੍ਰਾਨ; ਐਟੋਮਿਕ ਮਿਨਰਲ ਡਾਇਰੈਕਟੋਰੇਟ ਫਾਰ ਐਨਸਪਲੋਰੇਸ਼ਨ ਐਂਡ ਰਿਸਰਚ, ਹੈਦਰਾਬਾਦ ਅਤੇ ਇੰਦਰਾ ਗਾਂਧੀ ਪਰਮਾਣੂ ਖੋਜ ਕੇਂਦਰ, ਕਲਪੱਕਮ ਵਿਚ ਦੋ 1.7 MV ਟੈਂਡੇਟ੍ਰਾਨ ਸਥਾਪਿਤ ਕਰਵਾਏ। TIFR ਅਤੇ IUAC ਦੋਵੇਂ ਹੀ ਆਪਣੀਆਂ ਸੁਵਿਧਾਵਾਂ, ਅਤਿਚਾਲਕ (superconducting) LINAC ਮਾਡਿਊਲਥ ਜਿਹਨਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਆਇਨਾਂ ਨੂੰ ਉੱਚ ਉਰਜਾਵਾਂ ਤੱਕ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕਰਨ ਵਿਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਦੇ ਨਾਲ ਅੱਗੇ ਵਧਾ ਰਹੇ ਹਨ।

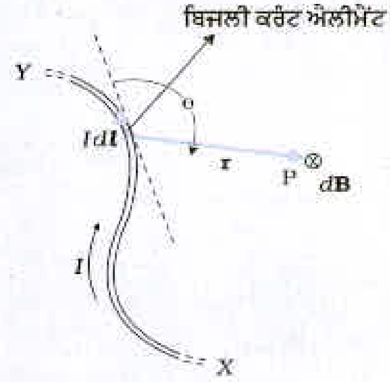
ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰਵੇਗਕਾਂ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਪਰਮਾਣੂ ਉਰਜਾ ਵਿਭਾਗ ਨੇ ਵੀ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਵੇਗਕ ਵਿਕਸਿਤ ਕੀਤੇ ਹਨ। ਰਾਜਾ ਰੱਮਨਾ ਸੈਂਟਰ ਫਾਰ ਐਡਵਾਂਸ ਟੈਕਨਾਲਾਜੀ, ਇੰਦੋਰ ਵਿੱਚ ਇੱਕ 2 GeV ਸਿੰਕ੍ਰੋਟ੍ਰਾਨ ਵਿਕਿਰਣ ਸ੍ਰੋਤ ਬਣਾਇਆ ਜਾ ਰਿਹਾ ਹੈ।

ਪਰਮਾਣੂ ਉਰਜਾ ਵਿਭਾਗ ਭਵਿਖ ਵਿਚ ਵਿਕਲਪ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸ਼ਕਤੀ ਉਤਪਦਾਨ ਅਤੇ ਵਿਖੰਡਨਸ਼ੀਲ ਪਦਾਰਥ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਲਈ ਪ੍ਰਵੇਗਕ ਚਾਲਿਤ ਪ੍ਰਣਾਲੀਆਂ (ADS) ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰ ਰਿਹਾ ਹੈ।

4.5 ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ-ਐਲੀਮੈਂਟ ਦੇ ਕਾਰਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ, ਬਾਯੋ-ਸਾਵਰਟ ਨਿਯਮ (MAGNETIC FIELD DUE TO A CURRENT ELEMENT, BIOT-SAVART LAW)

ਜਿੰਨੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਸਾਨੂੰ ਪਤਾ ਹਨ ਉਹ ਸਾਰੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟਾਂ (ਜਾਂ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਚਾਰਜਾਂ) ਅਤੇ ਕਣਾਂ ਦੇ ਨਿਜੀ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟਾਂ (intrinsic magnetic moments) ਦੇ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਹੋਏ ਹਨ। ਇਥੇ ਅਸੀਂ ਹੁਣ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਅਤੇ ਉਸ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ ਬਾਰੇ ਅਧਿਐਨ ਕਰਾਂਗੇ। ਇਹ ਸੰਬੰਧ ਬਾਯੋ-ਸਾਵਰਟ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 4.9 ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਚਾਲਕ XY ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਚਾਲਕ ਦੇ ਬਹੁਤ ਹੀ ਛੋਟੇ ਐਲੀਮੈਂਟ dl ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਮੰਨ ਲਉ ਅਸੀਂ ਇਸ ਐਲੀਮੈਂਟ

ਦੁਆਰਾ ਇਸ ਤੋਂ **r** ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ d**B** ਦਾ ਮਾਨ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕਰਨਾ ਹੈ। ਮੰਨ ਲਓ ਵਿਸਥਾਪਨ ਸਦਿਸ਼ **r** ਅਤੇ d**l** ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ θ ਕੋਣ ਬਣਦਾ ਹੈ। ਤਦ ਬਾਯੋ-ਸਾਵਰਟ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ d**B** ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I, ਲੰਬਾਈ ਐਲੀਮੈਂਟ $|d\mathbf{l}|$ ਦੇ ਸਿੱਧਾ ਅਨੁਪਾਤੀ ਅਤੇ ਦੂਰੀ r ਦੇ ਵਰਗ ਦੇ ਉਲਟ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ। ਇਸ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ* d**l** ਅਤੇ **r** ਦੇ ਤਲਾਂ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੋਵੇਗੀ। ਇਸ ਲਈ ਸਦਿਸ਼ ਸੰਕੇਤ ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਵਿਚ



ਚਿੱਤਰ 4.9 ਬਾਯੋ-ਸਾਵਰਟ ਨਿਯਮ ਦਾ ਚਿੱਤਰਣ। ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ-ਐਲੀਮੈਂਟ $I\,d\mathbf{l}$, r ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਖੇਤਰ d**B** ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ⊗ ਚਿੰਨ੍ਹ ਇਹ ਦੱਸਦਾ ਹੈ ਕਿ ਖੇਤਰ ਕਾਗਜ਼ ਦੇ ਤਲ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਅੰਦਰ ਵਲ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਹੈ।

$$d\mathbf{B} \propto \frac{I\,d\mathbf{l}\times\mathbf{r}}{r^3}$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\,\mathbf{l}\times\mathbf{r}}{r^3} \qquad [4.11(a)]$$

ਇਥੇ $\mu_0/4\pi$ ਅਨੁਪਾਤਿਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ। ਉਪਰੋਕਤ ਸਮੀਕਰਨ ਤਦ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਮਾਧਿਅਮ ਨਿਰਵਾਯੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

ਇਸ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ

$$|d\mathbf{B}| = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dl\sin\theta}{r^2} \qquad [4.11(b)]$$

ਇਥੇ ਅਸੀਂ ਸਦਿਸ਼ ਗੁਣਨਫਲ ਦੇ ਗੁਣਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਹੈ। ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ [4.11 (a)] ਮੂਲ ਸਮੀਕਰਨ ਹੈ। ਅਨੁਪਾਤਿਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ $\frac{\mu_0}{4\pi}$ ਦਾ ਯਥਾਰਤ ਮਾਨ ਹੈ–

$$\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7}\,\text{Tm/A} \qquad [4.11(c)]$$

ਰਾਸ਼ੀ μ_0 ਨੂੰ ਮੁਕਤ ਅਕਾਸ਼ (ਜਾਂ ਨਿਰਵਾਯੂ) ਦੀ *ਚੁੰਬਕਸ਼ੀਲਤਾ ਸਥਿਰ ਅੰਕ (permeability)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਬਾਯੋ-ਸਾਵਰਟ ਨਿਯਮ ਅਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਦੇ ਕੂਲਾਮ ਨਿਯਮ ਵਿੱਚ ਕੁੱਝ ਸਮਾਨਤਾਵਾਂ ਹਨ ਅਤੇ ਕੁਝ ਅਸਮਾਨਤਾਵਾਂ। ਇਸ ਵਿਚੋਂ ਕੁਝ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹਨ–

(i) ਦੋਨਾਂ ਦੀ ਰੇਂਜ ਦੂਰ ਤੱਕ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਦੋਨੋਂ ਹੀ ਸ੍ਰੋਤ ਤੋਂ ਪਰੀਖਣ ਬਿੰਦੂ ਤੱਕ ਦੀ ਦੂਰੀ ਦੇ ਵਰਗ ਦੇ ਉਲਟ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਦੋਨਾਂ ਹੀ ਖੇਤਰਾਂ ਤੇ ਸੁਪਰਪੋਜੀਸ਼ਨ (superposition) ਸਿਧਾਂਤ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। [ਇਸ ਸੰਬੰਧ ਵਿਚ ਇਹ ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕਿ *ਸ੍ਰੋਤ (source)* I d**l** ਵਿਚ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ *ਰੇਖੀ* (*linear*) ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਆਪਣੇ ਸ੍ਰੋਤ ਬਿਜਲੀ ਚਾਰਜ ਵਿਚ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਰੇਖੀ ਹੈ।

(ii) ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਅਦਿਸ਼ ਸ੍ਰੋਤ, ਜਿਵੇਂ ਬਿਜਲੀ ਚਾਰਜ, ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਇੱਕ ਸਦਿਸ਼ ਸ੍ਰੋਤ ਜਿਵੇਂ, I d**l** ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

(iii) ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਸ੍ਰੋਤ ਨੂੰ ਖੇਤਰ ਦੇ ਬਿੰਦੂ ਨਾਲ ਮਿਲਾਉਣ ਵਾਲੇ ਵਿਸਥਾਪਨ ਸਦਿਸ਼ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿਸਥਾਪਨ ਸਦਿਸ਼ **r** ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਐਲੀਮੈਂਟ I d**l** ਦੋਨਾਂ ਦੇ ਤਲਾਂ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

(iv) ਬਾਯੋ-ਸਾਵਰਟ ਨਿਯਮ ਵਿਚ ਕੋਣ ਤੇ ਨਿਰਭਰਤਾ ਹੈ ਜੋ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਚਿੱਤਰ 4.9 ਵਿੱਚ, ਦਿਸ਼ਾ d**l** (ਡੈਸ਼ ਵਾਲੀ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਵੀ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫ਼ਰ ਹੈ। ਇਸ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ $\theta = 0$, $\sin\theta = 0$ ਅਤੇ ਸਮੀਕਰਨ [4.11(a)], $|d\mathbf{B}| = 0$.

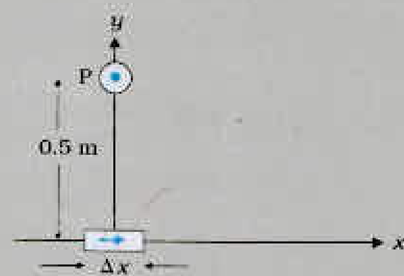
* $d\mathbf{l}\times\mathbf{r}$ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਪੇਚ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਵੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। d**l** ਅਤੇ **r** ਦੇ ਤਲਾਂ ਨੂੰ ਦੇਖੋ। ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ ਕਿ ਤੁਸੀਂ ਪਹਿਲੇ ਸਦਿਸ਼ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਸਦਿਸ਼ ਵਲ ਜਾਂਦੇ ਹੋ। ਇਹ ਗਤੀ ਐਂਟੀਕਲਾਕਵਾਈਜ (anticlockwise) ਹੈ ਤਾਂ ਪਰਿਣਾਮੀ (Resultant) ਤੁਹਾਡੇ ਵਲ ਸੰਕੇਤ ਕਰੇਗਾ। ਜੇ ਇਹ ਕਲਾਕਵਾਈਜ਼ ਹੈ ਤਾਂ ਪਰਿਣਾਮੀ ਤੁਹਾਡੇ ਤੋਂ ਪਰਾਂ ਵਲ ਹੋਵੇਗਾ।

ਮੁਕਤ ਸਪੇਸ ਦੀ ਬਿਜਲੀਸ਼ੀਲਤਾ, ਮੁਕਤ ਸਪੇਸ ਦੀ ਚੁੰਬਕਸ਼ੀਲਤਾ ਅਤੇ ਨਿਰਵਾਯੂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਵੇਗ ਵਿਚ ਇੱਕ ਰੋਚਕ ਸੰਬੰਧ ਹੈ।

$$\varepsilon_0\mu_0 = (4\pi\varepsilon_0)\left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right) = \left(\frac{1}{9\times10^9}\right)(10^{-7}) = \frac{1}{(3\times10^8)^2} = \frac{1}{c^2}$$

ਇਸ ਸੰਬੰਧ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਪਾਠ ਵਿੱਚ ਚਰਚਾ ਕਰਾਂਗੇ। ਕਿਉਂਕਿ ਨਿਰਵਾਯੂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਵੇਗ ਨਿਯਤ ਹੈ, ਗੁਣਨਫਲ $\mu_0\varepsilon_0$ ਪਰਿਮਾਣ ਵਿੱਚ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੈ। ε_0 ਅਤੇ μ_0 ਵਿਚੋਂ ਕਿਸੇ ਵੀ ਇੱਕ ਮਾਨ ਦੀ ਚੋਣ ਕਰਨ ਤੇ ਹੋਰ ਦਾ ਮਾਨ ਖੁਦ ਹੀ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। SI ਮਾਤਰਕਾਂ ਵਿਚ μ_0 ਦਾ ਇੱਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਪਰਿਮਾਣ $4\pi \times 10^{-7}$ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 4.5 ਕੋਈ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਐਲੀਮੈਂਟ $\Delta \boldsymbol{l} = \Delta x\,\hat{\mathbf{i}}$ ਜਿਸ ਵਿਚੋਂ ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਮਾਨ ਵਾਲਾ ਕਰੰਟ $I = 10$ A ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਥਿਤ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 4.10), y-ਧੁਰੇ ਤੇ 0.5 m ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਇਸਦੇ ਕਾਰਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਕੀ ਮਾਨ ਹੈ। $\Delta x = 1$ cm.



ਚਿੱਤਰ 4.10

ਹੱਲ—

$$|d\mathbf{B}| = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dl\sin\theta}{r^2}$$ [ਸਮੀਕਰਨ (4.11) ਦੁਆਰਾ]

$dl = \Delta x = 10^{-2}$ m, $I = 10$ A, $r = 0.5$ m $= y$, $\mu_0/4\pi = 10^{-7}\,\dfrac{\text{Tm}}{\text{A}}$

$\theta = 90^\circ$; $\sin\theta = 1$

$$|d\mathbf{B}| = \frac{10^{-7}\times 10\times10^{-2}}{25\times10^{-2}} = 4\times10^{-8}\ \text{T}$$

ਇਸ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ $+z$-ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਕਾਰਨ ਇਹ ਹੈ ਕਿ

$$d\boldsymbol{l}\times\mathbf{r} = \Delta x\,\hat{\mathbf{i}}\times y\,\hat{\mathbf{j}} = y\,\Delta x\left(\hat{\mathbf{i}}\times\hat{\mathbf{j}}\right) = y\,\Delta x\,\hat{\mathbf{k}}$$

ਇਥੇ ਅਸੀਂ ਤੁਹਾਨੂੰ ਸਦਿਸ਼ ਗੁਣਨਫਲਾਂ ਦੇ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਚੱਕਰੀ ਗੁਣ ਨੂੰ ਯਾਦ ਕਰਵਾਉਂਦੇ ਹਾਂ।

$$\hat{\mathbf{i}}\times\hat{\mathbf{j}} = \hat{\mathbf{k}};\ \hat{\mathbf{j}}\times\hat{\mathbf{k}} = \hat{\mathbf{i}};\ \hat{\mathbf{k}}\times\hat{\mathbf{i}} = \hat{\mathbf{j}}$$

ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਇਸ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਘੱਟ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 4.5

ਅਗਲੇ ਸੈਕਸ਼ਨ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਦੇ ਲੂਪ ਦੇ ਕਾਰਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਬਾਯੋ ਸਾਵਰਟ ਨਿਯਮ ਦਾ ਇਸਤੇਮਾਲ ਕਰਾਂਗੇ।

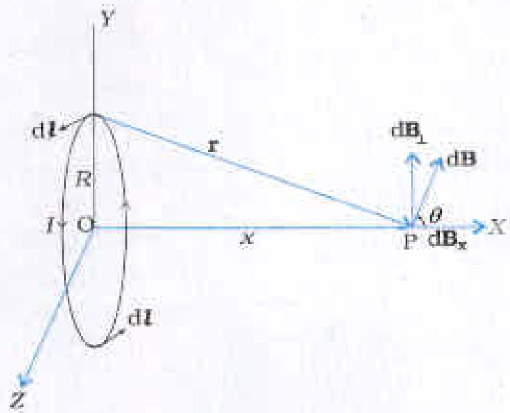
4.6 ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਦੇ ਲੂਪ ਦੇ ਧੁਰੇ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ (MAGNETIC FIELD ON THE AXIS OF A CIRCULAR CURRENT LOOP)

ਇਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਲੂਪ ਦੇ ਕਾਰਨ ਉਸਦੇ ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਮੁਲਾਂਕਨ ਕਰਾਂਗੇ। ਇਸ ਮੁਲਾਂਕਨ ਵਿੱਚ ਪਿਛਲੇ ਸੈਕਸ਼ਨ ਵਿੱਚ ਵਰਣਿਤ ਬਹੁਤ ਹੀ ਛੋਟੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਐਲੀਮੈਂਟਸ ($I\,d\mathbf{l}$) ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵਾਂ ਨੂੰ ਜੋੜਿਆ ਜਾਵੇਗਾ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਮੰਨਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਵਗ ਰਿਹਾ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਅਪਰਿਵਰਤੀ (direct) ਹੈ ਅਤੇ ਮੁਲਾਂਕਨ ਮੁਕਤ ਸਪੇਸ (ਨਿਰਵਾਤ) ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ।

ਚਿੱਤਰ 4.11 ਵਿੱਚ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਦੇ ਲੂਪ ਵਿਚੋਂ ਸਥਾਈ ਬਿਜਲੀ ਧਾਰਾ I ਲੰਘਦੀ ਹੋਈ ਦਰਸਾਈ ਗਈ ਹੈ। ਲੂਪ ਨੂੰ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਤੇ xy ਤਲ ਵਿਚ ਸਥਿਤ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਅਤੇ ਲੂਪ ਦਾ ਅਰਧਵਿਆਸ R ਹੈ। x-ਧੁਰਾ ਹੀ ਲੂਪ ਦਾ ਧੁਰਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਇਸੇ ਧੁਰੇ ਦੇ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪਤਾ ਕਰਨਾ ਹੈ, ਮੰਨ ਲਓ ਬਿੰਦੂ P ਲੂਪ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੋਂ x ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਹੈ।

ਲੂਪ ਦੇ ਚਾਲਕ ਐਲੀਮੈਂਟ $d\mathbf{l}$ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ, ਇਸ ਨੂੰ ਚਿੱਤਰ 4.11 ਵਿਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। $d\mathbf{l}$ ਦੇ ਕਾਰਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਬਾਯੋ-ਸਾਵਰਟ ਨਿਯਮ [ਸਮੀਕਰਨ 4.11(a)] ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I|d\mathbf{l}\times\mathbf{r}|}{r^3} \qquad (4.12)$$



ਚਿੱਤਰ 4.11 ਅਰਧ ਵਿਆਸ R ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਲੂਪ ਦੇ ਧੁਰੇ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ। ਇਸ ਚਿੱਤਰ ਵਿਚ ਰੇਖਾ ਐਲੀਮੈਂਟ $d\mathbf{l}$ ਦੇ ਕਾਰਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ $d\mathbf{B}$ ਅਤੇ ਧੁਰੇ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਕਾਰਜ ਕਰ ਰਹੇ ਇਸਦੇ ਐਲੀਮੈਂਟਸ ਨੂੰ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਹੁਣ $r^2 = x^2 + R^2$। ਨਾਲ ਹੀ, ਲੂਪ ਦਾ ਕੋਈ ਵੀ ਐਲੀਮੈਂਟ, ਇਸ ਐਲੀਮੈਂਟ ਤੋਂ ਧੁਰੇ ਦੇ ਬਿੰਦੂ ਦੇ ਵਿਸਥਾਪਨ ਸਦਿਸ਼ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੋਵੇਗਾ। ਉਦਾਹਰਣ ਲਈ ਚਿੱਤਰ 4.11 ਵਿੱਚ ਐਲੀਮੈਂਟ $d\mathbf{l}$ y-z ਤਲ ਵਿੱਚ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਵਿਸਥਾਪਨ ਸਦਿਸ਼ $\mathbf{r}$ ਐਲੀਮੈਂਟ $d\mathbf{l}$ ਤੋਂ ਧੁਰੇ ਤੇ ਬਿੰਦੂ P ਤਕ x-y ਤਲ ਵਿੱਚ ਹੈ। ਇਸਲਈ $|d\mathbf{l}\times\mathbf{r}| = r\,dl$, ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl}{(x^2+R^2)} \qquad (4.13)$$

$d\mathbf{B}$ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਚਿੱਤਰ 4.11 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਈ ਗਈ ਹੈ। ਇਹ $d\mathbf{l}$ ਅਤੇ $\mathbf{r}$ ਦੁਆਰਾ ਬਣੇ ਤਲ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਇੱਕ x-ਘਟਕ $d\mathbf{B}_x$ ਅਤੇ x-ਧੁਰੇ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਘਟਕ $d\mathbf{B}_\perp$ ਹੈ। ਜਦੋਂ x-ਧੁਰੇ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਘਟਕਾਂ ਨੂੰ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਉਹ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਨਿਰਸਤ ਕਰ ਦਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਸਿਫਰ ਪਰਿਣਾਮ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਣ ਦੇ ਲਈ, ਚਿੱਤਰ 4.11 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ $d\mathbf{l}$ ਦੇ ਕਾਰਨ ਘਟਕ $d\mathbf{B}_\perp$ ਇਸਦੇ ਡਾਇਆਮੀਟ੍ਰੀਕਲੀ ਉਲਟ $d\mathbf{l}$ ਘਟਕ ਦੇ ਕਾਰਨ ਯੋਗਦਾਨ ਦੁਆਰਾ ਕੈਂਸਲ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਿਰਫ x-ਘਟਕ ਹੀ ਬਣਦਾ ਹੈ। x-ਦਿਸ਼ਾ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਨੇਟ ਯੋਗਦਾਨ ਲੂਪ ਦੇ ਉਪਰ $dB_x = dB\cos\theta$ ਨੂੰ ਸਮਾਕਲਿਤ ਕਰਕੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਚਿੱਤਰ 4.11 ਦੇ ਲਈ

$$\cos\theta = \frac{R}{(x^2+R^2)^{1/2}} \qquad (4.14)$$

ਸਮੀਕਰਨਾਂ (4.13) ਅਤੇ (4.14) ਤੋਂ

$$dB_x = \frac{\mu_0 Idl}{4\pi}\frac{R}{(x^2+R^2)^{3/2}}$$

ਸਮੁੱਚੇ ਲੂਪ ਤੇ dl ਐਲੀਮੈਂਟਸ ਦਾ ਜੋੜ, $2\pi R$ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਲੂਪ ਦਾ ਘੇਰਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ

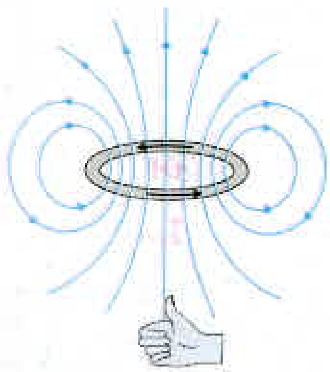
$$\mathbf{B} = B_x \hat{\mathbf{i}} = \frac{\mu_0 I R^2}{2\left(x^2 + R^2\right)^{3/2}} \hat{\mathbf{i}} \tag{4.15}$$

ਉਪਰੋਕਤ ਪਰਿਣਾਮ ਦੀ ਇਕ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਸਥਿਤੀ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਲੂਪ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਥੇ $x = 0$, ਅਤੇ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ,

$$\mathbf{B}_0 = \frac{\mu_0 I}{2R} \hat{\mathbf{i}} \tag{4.16}$$

ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਦੀ ਤਾਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਬੰਦ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਦੇ ਲੂਪ ਬਣਾਉਂਦੀਆਂ ਹਨ। ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਚਿੱਤਰ 4.12 ਵਿਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ (ਇੱਕ ਹੋਰ) *ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਦੇ ਅੰਗੂਠੇ ਦੇ ਨਿਯਮ* ਦੁਆਰਾ ਦੱਸੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਨਿਯਮ ਹੇਠਾਂ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ,

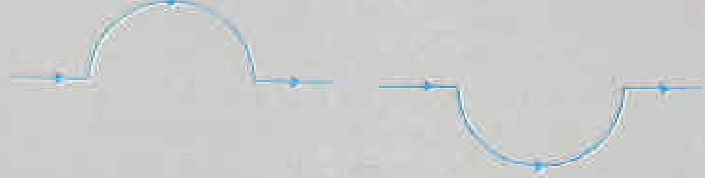
ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਦੀ ਤਾਰ ਦੇ ਚਾਰੋਂ ਪਾਸੇ ਆਪਣੇ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਦੀ ਹਥੇਲੀ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਮੋੜੋ ਕਿ ਉਂਗਲੀਆਂ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਸੰਕੇਤ ਕਰਨ, ਅਤੇ ਇਸ ਹੱਥ ਦਾ ਫੈਲਿਆ ਹੋਇਆ ਅੰਗੂਠਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦਸਦਾ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 4.12 ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਲੂਪ ਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ। ਪਾਠ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਸਤੂ ਵਿਚ ਵਰਣਿਤ ਸੱਜੇ ਦੇ ਅੰਗੂਠੇ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਲੂਪ ਦੇ ਉਪਰਲੇ ਪਾਸੇ ਨੂੰ ਉੱਤਰੀ ਧਰੁਵ ਅਤੇ ਹੇਠਲੇ ਪਾਸੇ ਨੂੰ ਦੱਖਣ ਧਰੁਵ ਮੰਨਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 4.6

ਉਦਾਹਰਨ 4.6 ਚਿੱਤਰ 4.13 ਵਿਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਕਿਸੇ ਸਿੱਧੇ ਤਾਰ ਜਿਸ ਵਿਚ 12 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘਦਾ ਹੈ, ਨੂੰ 2.0 cm ਅਰਧਵਿਆਸ ਦੇ ਅੱਧੇ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਚਾਪ ਵਿਚ ਮੋੜਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਚਾਪ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** ਮੰਨੋ।



ਚਿੱਤਰ 4.13

(a) ਸਿੱਧੇ ਖੰਡਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਕਿੰਨਾਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ?

(b) ਕਿਸ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਅਰਧ ਚੱਕਰ ਦੁਆਰਾ **B** ਨੂੰ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਯੋਗਦਾਨ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਲੂਪ ਦੇ ਯੋਗਦਾਨ ਤੋਂ ਵੱਖ ਹੈ ਅਤੇ ਕਿਸ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਹ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹਨ।

(c) ਕੀ ਤੁਹਾਡੇ ਉੱਤਰ ਵਿਚ ਕੋਈ ਪਰਿਵਰਤਨ ਹੋਵੇਗਾ ਜੇ ਤਾਰ ਨੂੰ ਉਸੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੇ ਅਰਧ ਚੱਕਰ ਵਿੱਚ ਪਹਿਲਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿਚ 4.13(b) ਅਨੁਸਾਰ ਉਲਟੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਮੋੜ ਦੇਈਏ।

ਹੱਲ—

(a) ਸਿੱਧੇ ਖੰਡਾਂ ਦੇ ਹਰੇਕ ਘਟਕ ਦੇ ਲਈ $d\mathbf{l}$ ਅਤੇ $\mathbf{r}$ ਸਮਾਂਤਰ ਹਨ। ਇਸਲਈ $d\boldsymbol{l} \times \mathbf{r} = 0$। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਿੱਧੇ ਖੰਡ $|\mathbf{B}|$ ਨੂੰ ਕੋਈ ਯੋਗਦਾਨ ਨਹੀਂ ਦਿੰਦੇ।

(b) ਅਰਧ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਚਾਪ ਦੇ ਸਾਰੇ ਖੰਡਾਂ ਦੇ ਲਈ, $d\boldsymbol{l} \times \mathbf{r}$ ਸਾਰੇ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਹਨ (ਕਾਗਜ਼ ਦੇ ਤਲ ਵਿਚ ਅੰਦਰ ਜਾਂਦੇ ਹੋਏ) ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਸਾਰੇ ਯੋਗਦਾਨ ਪਰਿਮਾਣ ਵਿੱਚ ਜੁੜ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ ਅਰਧ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਚਾਪ ਦੇ ਲਈ **B** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਲੂਪ ਦੇ ਲਈ **B** ਦਾ ਅੱਧਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ **B** ਦਾ ਮਾਨ 1.9×10^{-4} T ਹੈ ਅਤੇ ਦਿਸ਼ਾ ਕਾਗਜ਼ ਦੇ ਤਲ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਉਸਦੇ ਅੰਦਰ ਜਾਂਦੇ ਹੋਈ ਹੈ।

(c) **B** ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਤਾਂ ਉਹੀ ਹੈ ਜੋ (b) ਵਿੱਚ ਹੈ ਪਰ ਦਿਸ਼ਾ ਉਲਟ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 4.6

ਉਦਾਹਰਨ 4.7 10 cm ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੀ 100 ਕਸਕੇ ਲਪੇਟੇ ਗਏ ਫੇਰਿਆਂ ਦੀ ਕਿਸੇ ਕੁੰਡਲੀ (coil) ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ ਜਿਸ ਵਿਚੋਂ 1 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਕੀ ਹੈ?

ਹੱਲ— ਕਿਉਂਕਿ ਕੁੰਡਲੀ ਕਸਕੇ ਲਪੇਟੀ ਗਈ ਹੈ ਇਸਲਈ ਅਸੀਂ ਹਰੇਕ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਦੇ ਐਲੀਮੇਂਟ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ $R = 10$ cm $= 0.1$ m ਮੰਨ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਫੇਰਿਆਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ $N = 100$ ਹੈ, ਇਸਲਈ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ

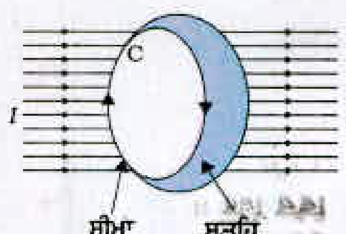
$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10^2 \times 1}{2 \times 10^{-1}} = 2\pi \times 10^{-4} = 6.28 \times 10^{-4}\ \text{T}$$

ਉਦਾਹਰਨ 4.7

4.7 ਐਮਪੀਅਰ ਦਾ ਸਰਕਟ ਦਾ ਨਿਯਮ

(AMPERE S CIRCUITAL LAW)

ਬਾਯੋ ਸਾਵਰਟ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਵਿਅਕਤ ਕਰਨ ਦਾ ਇੱਕ ਹੋਰ ਵਿਕਲਪਿਕ ਅਤੇ ਰੁਚੀ ਭਰਪੂਰ ਉਪਾਅ ਵੀ ਹੈ। ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਸਰਕਟ ਦੇ ਨਿਯਮ ਵਿਚ ਕਿਸੇ ਖੁਲੀ ਸਤਹਿ ਜਿਸਦੀ ਕੋਈ ਸੀਮਾ ਹੋਵੇ (ਚਿੱਤਰ 4.14) ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਸਤਹਿ ਵਿਚੋਂ ਕਰੰਟ ਗੁਜ਼ਰਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਸੀਮਾ ਰੇਖਾ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਛੋਟੇ ਰੇਖਾ ਐਲੀਮੇਂਟਸ ਤੋਂ ਮਿਲ ਕੇ ਬਣੀ ਹੈ। ਅਜਿਹੇ ਇੱਕ ਰੇਖਾ ਐਲੀਮੇਂਟ dl ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਅਸੀਂ ਇਸ ਐਲੀਮੇਂਟ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸਪਰਸ਼ਰੇਖੀ ਘਟਕ $\mathbf{B}_t$ ਦਾ ਮਾਨ ਲਵਾਂਗੇ ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ ਐਲੀਮੇਂਟ $d\boldsymbol{l}$ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਨਾਲ ਗੁਣਾ ਕਰਾਂਗੇ। [ਧਿਆਨ ਦਿਓ $B_t dl = \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}$]। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਸਾਰੇ ਗੁਣਨਫਲ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਨਾਲ ਜੋੜ ਦਿੱਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਅਸੀਂ ਸੀਮਾ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਕਿਉਂਕਿ ਜਿਵੇਂ-ਜਿਵੇਂ ਐਲੀਮੇਂਟਸ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਘਟਦੀ ਹੈ ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ ਵੱਧਦੀ ਹੈ। ਤਦ ਇਹਨਾਂ ਦਾ ਜੋੜ ਇਕ ਸਮਾਕਲਨ ਬਣ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਐਮਪੀਅਰ ਦਾ ਨਿਯਮ ਇਹ ਕਹਿੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਸਮਾਕਲਨ ਸਤਹਿ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਣ ਵਾਲੇ ਕੁੱਲ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦਾ μ_0 ਗੁਣਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਅਰਥਾਤ



ਚਿੱਤਰ 4.14

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\boldsymbol{l} = \mu_0 I \qquad [4.17(a)]$$

ਇਥੇ I ਸਤਹਿ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਣ ਵਾਲਾ ਕੁੱਲ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਹੈ। ਇਸ ਸਮਾਕਲਨ ਨੂੰ ਸਤਹਿ ਦੀ ਸੀਮਾਰੇਖਾ C ਦੇ ਸਹਿਵਰਤੀ ਬੰਦ ਲੂਪ ਦੇ ਉਪਰ ਲਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਉਪਰੋਕਤ ਸੰਬੰਧ ਵਿੱਚ ਦਿਸ਼ਾ ਸ਼ਾਮਿਲ ਹੈ ਜੋ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਦੇ ਨਿਯਮ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਆਪਣੇ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਦੀਆਂ ਉਂਗਲੀਆਂ ਨੂੰ ਉਸ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਮੋੜੋ ਜਿਸ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਲੂਪ ਸਮਾਕਲ $\oint \mathbf{B} \cdot d\boldsymbol{l}$ ਵਿੱਚ ਸੀਮਾਂ ਰੇਖਾ ਮੁੜੀ ਹੈ। ਤਾਂ ਅੰਗੂਠੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਉਸ ਦਿਸ਼ਾ ਨੂੰ ਦਸਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ਧਨਾਤਮਕ ਮੰਨਿਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਇਸਤੇਮਾਲਾਂ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ [4.17(a)] ਦਾ ਕਿਤੇ ਵਧੇਰੇ ਸਰਲ ਰੂਪ ਕਾਫੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਮਨਾਂਗੇ ਕਿ, ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਮਾਮਲਿਆਂ ਵਿੱਚ ਅਜਿਹੇ ਲੂਪ (ਜਿਸ ਨੂੰ ਐਮਪੀਅਰ ਲੂਪ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।) ਦੀ ਚੋਣ ਸੰਭਵ ਹੈ ਜੋ ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਹੈ ਕਿ ਲੂਪ ਦੇ ਹਰੇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਜਾਂ ਤਾਂ

(i) **B** ਲੂਪ ਦੇ ਸਪਰਸ਼ਰੇਖੀ ਹੈ ਅਤੇ ਨਾਨ-ਜ਼ੀਰੋ ਸਥਿਰ ਅੰਕ B ਹੈ, ਜਾਂ

(ii) **B** ਲੂਪ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੈ, ਜਾਂ

(iii) **B** ਨਸ਼ਟ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਹੁਣ ਮੰਨ ਲਓ L ਲੂਪ ਦੀ ਉਹ ਲੰਬਾਈ (ਭਾਗ) ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਲਈ **B** ਸਪਰਸ਼ ਰੇਖੀ ਹੈ। ਮੰਨ ਲਓ ਲੂਪ ਦੁਆਰਾ ਘੇਰਿਆ ਹੋਇਆ (enclosed) ਕਰੰਟ I_e ਹੈ। ਤਾਂ ਸਮੀਕਰਨ (4.17) ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਅਕਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ

$$BL = \mu_0 I_e \qquad [4.17(b)]$$

ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਸਿਸਟਮ ਵਿੱਚ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਸਮਮਿਤੀ (symmetry) ਹੋਵੇ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਚਿੱਤਰ 4.15 ਵਿੱਚ ਸਿੱਧੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਅਨੰਤ ਤਾਰ ਦੇ ਲਈ ਹੈ, ਤਾਂ ਐਮਪੀਅਰ ਦਾ ਨਿਯਮ ਸਾਨੂੰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਇੱਕ ਸਰਲ ਮੁਲਾਂਕਨ ਕਰਨ ਯੋਗ ਬਣਾਉਂਦਾ ਹੈ ਜੋ ਠੀਕ ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੈ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਗਾਉਸ ਨਿਯਮ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕਰਨ ਵਿਚ ਸਾਡੀ ਸਹਾਇਤਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਹੇਠਾਂ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਉਦਾਹਰਨ 4.9 ਵਿਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਲੂਪ ਦੀ ਸੀਮਾ ਰੇਖਾ ਦੀ ਚੋਣ ਇੱਕ ਚੱਕਰ ਹੈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਚੱਕਰ ਦੇ ਘੇਰੇ ਦੇ ਸਪਰਸ਼ ਰੇਖੀ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਨ [4.17 (b)] ਦੇ ਖੱਬੇ ਪਾਸੇ ਦੇ ਲਈ ਇਸ ਨਿਯਮ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਮਾਨ B. $2\pi r$ ਹੈ। ਸਾਨੂੰ ਇਹ ਮਿਲਦਾ ਹੈ ਕਿ ਤਾਰ ਦੇ ਬਾਹਰ r ਦੂਰੀ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਸਪਰਸ਼ਰੇਖੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

$$B \times 2\pi r = \mu_0 I$$

$$B = \mu_0 \; I/(2\pi r) \qquad (4.18)$$

ਉਪਰੋਕਤ ਪਰੀਣਾਮ ਅਨੰਤ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਤਾਰ ਲਈ ਹੈ ਜੋ ਕਈ ਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀਕੋਣਾਂ ਤੋਂ ਰੋਚਕ ਹੈ-

(i) ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਲਗਦਾ ਹੈ ਕਿ r ਅਰਧ-ਵਿਆਸ ਦੇ ਚੱਕਰ ਦੇ ਹਰੇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ (ਤਾਰ ਨੂੰ ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਰਖਦੇ ਹੋਏ) ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਦੂਸਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿਚ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿਚ *ਬੇਲਨਾਕਾਰ ਸਮਤਾ (cylindrical symmetry)* ਹੈ ਜੋ ਖੇਤਰ ਆਮ ਕਰਕੇ ਤਿੰਨ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕਾਂ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ ਸਿਰਫ ਇੱਕ ਹੀ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕ r ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਹੈ। ਜਿਥੇ ਕਿਤੇ ਵੀ ਸਮਤਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਸਮਸਿਆਵਾਂ ਦੇ ਹਲ ਸਰਲ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ।

(ii) ਇਸ ਚੱਕਰ ਦੇ ਕਿਸੇ ਵੀ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਇਸਦੇ ਸਪਰਸ਼ਰੇਖੀ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀਆਂ ਸਥਿਰ ਮਾਨ ਦੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ ਸਾਂਝੇ ਕੇਂਦਰ ਵਾਲੇ ਚੱਕਰ (concentric circles) ਬਣਾਉਂਦੀਆਂ ਹਨ। ਹੁਣ ਚਿੱਤਰ 4.1(c) ਤੇ ਧਿਆਨ ਦਿਓ, ਲੋਹੇ ਦਾ ਚੂਰਣ ਸਾਂਝੇ ਕੇਂਦਰਾਂ ਵਾਲੇ ਚੱਕਰਾਂ ਵਿਚ ਵਿਵਸਥਿਤ ਹੋਇਆ ਹੈ। ਇਹ ਰੇਖਾਵਾਂ ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਬੰਦ ਲੂਪ ਬਣਾਉਂਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਹ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਤੋਂ ਵੱਖ ਹਨ। ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਧਨ ਚਾਰਜਾਂ ਤੋਂ ਸ਼ੁਰੂ ਅਤੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜਾਂ ਤੇ ਸਮਾਪਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਸਿੱਧੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਚਾਲਕ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲਈ ਵਿਅੰਜਕ ਓਰਸਟਡ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤਿਕ ਸਪਸ਼ਟੀਕਰਨ ਕਰਦਾ ਹੈ।

(iii) ਇੱਕ ਹੋਰ ਧਿਆਨ ਦੇਣ ਯੋਗ ਰੋਚਕ ਗਲ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਜਦੋਂ ਕਿ ਤਾਰ ਅਨੰਤ ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਹੈ, ਬੇਸ਼ਕ ਨਾਨ ਜ਼ੀਰੋ ਦੂਰੀ ਤੇ ਇਸ ਕਾਰਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਅਨੰਤ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਹ ਸਿਰਫ ਤਾਰ ਦੇ ਬਹੁਤ ਹੀ ਨੇੜੇ ਆਉਣ ਤੇ ਵਿਸਫੋਟਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਖੇਤਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੇ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਸਰੋਤ (ਅਨੰਤ ਲੰਬਾਈ ਦੇ) ਤੋਂ ਦੂਰੀ ਦੇ ਉਲਟ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ।

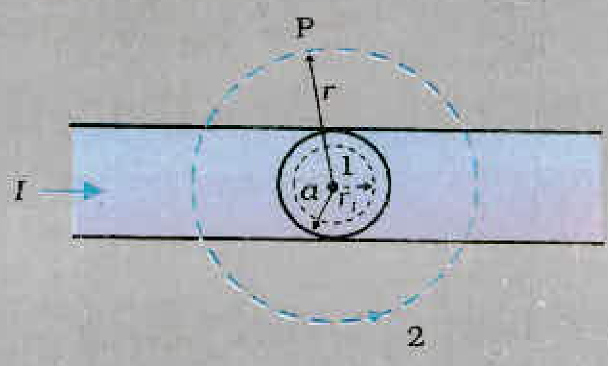
ANDRE AMPERE (1775 1836)

ਆਂਦਰੇ ਐਮਪੀਅਰ (1775 1836) ਆਂਦਰੇ ਮੈਰੀ ਐਮਪੀਅਰ ਇੱਕ ਫਰਾਂਸੀਸੀ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ, ਗਣਿਤ ਮਾਹਿਰ ਅਤੇ ਰਸਾਇਨ ਵਿਗਿਆਨੀ ਸੀ ਜਿਹਨਾਂ ਨੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਡਾਇਨਾਮਿਕਸ (electrodynamics) ਦੀ ਨੀਂਹ ਰਖੀ। ਐਮਪੀਅਰ ਇੱਕ ਬਾਲ ਪ੍ਰਤੀਭਾ (Child prodigy) ਸੀ ਜਿਸਨੇ 12 ਸਾਲ ਦੀ ਉਮਰ ਵਿਚ ਉੱਚ ਗਣਿਤ ਵਿਚ ਮਹਾਰਤ ਹਾਸਿਲ ਕਰ ਲਈ ਸੀ। ਐਮਪੀਅਰ ਨੇ ਆਰਸਟੇਡ ਦੀ ਖੋਜ ਦੀ ਮਹੱਤਾ ਨੂੰ ਸਮਝਿਆ ਅਤੇ ਕਰੰਟ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕਤਾ ਵਿਚ ਸੰਬੰਧ ਖੋਜਣ ਲਈ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੀ ਇੱਕ ਲੰਬੀ ਲੜੀ ਪਾਰ ਕੀਤੀ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਖੋਜਾਂ ਦੀ ਸਿਖਰ 1827 ਵਿਚ, *Mathematical Theory of Electrodynamic Phenomena Deduced Solely from Experiments* ਨਾਮਕ ਪੁਸਤਕ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਨ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਹੋਈ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਕੀਤੀ ਕਿ ਸਾਰੇ ਚੁੰਬਕੀ ਮਾਮਲੇ, ਚੱਕਰ ਵਿਚ ਘੁੰਮਦੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਐਮਪੀਅਰ ਸੁਭਾਅ ਵਿਚ ਬਹੁਤ ਹੀ ਨਰਮ ਅਤੇ ਭੁਲਕੜ ਸਨ। ਇੱਕ ਵਾਰ ਉਹ ਸਮਰਾਟ ਨੈਪੋਲੀਅਨ ਦਾ ਰਾਤ ਦੇ ਭੋਜਨ ਦਾ ਸੱਦਾ ਵੀ ਭੁੱਲ ਗਏ ਸਨ। 61 ਸਾਲ ਦੀ ਉਮਰ ਵਿਚ ਨਿਉਮੋਨੀਆ ਨਾਲ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਮੌਤ ਹੋ ਗਈ। ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਕਬਰ ਦੇ ਪਥਰ ਤੇ ਇਹ ਸਮਾਧੀ ਲੇਖ ਉਕਰਿਆ ਹੋਇਆ ਹੈ- *Tandem Felix* (ਅੰਤ ਵਿਚ ਖੁਸ਼)

(iv) ਲੰਬੇ ਤਾਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਨੂੰ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕਰਨ ਦਾ ਇੱਕ ਸਰਲ ਨਿਯਮ ਹੈ। ਇਸ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਸੱਜਾ ਹੱਥ ਨਿਯਮ* *(right-hand rule)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੈ *ਤਾਰ ਨੂੰ ਆਪਣੇ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਵਿਚ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਫੜੋ ਕਿ ਤੁਹਾਡਾ ਤਣਿਆ ਹੋਇਆ ਅੰਗੂਠਾ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਸੰਕੇਤ ਕਰੇ। ਤਾਂ ਤੁਹਾਡੀਆਂ ਉਂਗਲੀਆਂ ਦੇ ਮੁੜਨ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਹੋਵੇਗੀ।*

ਐਮਪੀਅਰ ਦਾ ਸਰਕਟ ਦਾ ਨਿਯਮ ਬਾਯੋ-ਸਾਵਰਟ ਨਿਯਮ ਤੋਂ ਵੱਖ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਦੋਨੋਂ ਹੀ ਨਿਯਮ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਦੋਨੋਂ ਹੀ ਸਥਾਈ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੀ ਭੌਤਿਕ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਨੂੰ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਜੋ ਸੰਬੰਧ ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਨਿਯਮ ਅਤੇ ਬਾਯੋ-ਸਾਵਰਟ ਨਿਯਮ ਦੇ ਵਿੱਚ ਹੈ ਠੀਕ ਉਹੀ ਸੰਬੰਧ ਗਾਉਸ ਨਿਯਮ ਅਤੇ ਕੂਲਾਮ ਨਿਯਮ ਵਿਚ ਵੀ ਹੈ। ਐਮਪੀਅਰ ਦਾ ਨਿਯਮ ਅਤੇ ਗਾਉਸ ਦਾ ਨਿਯਮ ਦੋਨੋਂ ਹੀ ਸੀਮਾਰੇਖਾ ਜਾਂ ਸੀਮਾ ਸਤਹਿ (boundary or periphery) ਤੇ ਕਿਸੇ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ (ਚੁੰਬਕੀ ਜਾਂ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ) ਦਾ ਸੰਬੰਧ ਕਿਸੇ ਹੋਰ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਵਰਗੇ ਅੰਤਰਿਕ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਮੌਜੂਦ ਸ੍ਰੋਤ (ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਜਾਂ ਚਾਰਜ) ਦੇ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਇਥੇ ਧਿਆਨ ਯੋਗ ਗਲ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਐਮਪੀਅਰ ਦਾ ਸਰਕਟ ਦਾ ਨਿਯਮ ਸਿਰਫ ਉਹਨਾਂ ਸਥਾਈ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟਾਂ ਤੇ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਬਦਲਦੇ ਨਹੀਂ ਹਨ। ਹੇਠ ਲਿਖੀ ਉਦਾਹਰਨ ਸਾਨੂੰ ਘੇਰੇ ਹੋਏ *(enclosed)* ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦਾ ਅਰਥ ਸਮਝਨ ਵਿੱਚ ਸਹਾਇਤਾ ਕਰੇਗੀ।

ਉਦਾਹਰਨ 4.8 ਚਿੱਤਰ 4.15 ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਲੰਬਾ ਸਿੱਧਾ ਚਕਰ ਅਕਾਰ ਦੇ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ (ਜਿਸਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ a ਹੈ) ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹੀ ਤਾਰ ਜਿਸ ਵਿਚੋਂ ਸਥਾਈ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਸਥਾਈ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਇਸ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਤੇ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਵਿਚ ਵੰਡਿਆ ਹੈ। ਖੇਤਰਾਂ $r < a$ ਅਤੇ $r > a$ ਵਿੱਚ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ।



ਚਿੱਤਰ 4.15

ਹੱਲ— (a) ਕੇਸ $r > a$ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਜਿਸ ਲੂਪ ਤੇ 2 ਲਿਖਿਆ ਹੈ ਉਹ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਦੇ ਨਾਲ ਸਾਂਝੇ ਕੇਂਦਰ ਵਾਲੇ ਚੱਕਰ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਐਮਪੀਅਰ ਲੂਪ ਹੈ। ਇਸ ਲੂਪ ਲਈ

$L = 2\pi r$

I_e = ਲੂਪ ਦੁਆਰਾ ਘੇਰਿਆ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ = I

ਇਹ ਪਰਿਣਾਮ ਕਿਸੇ ਸਿੱਧੇ ਲੰਬੇ ਤਾਰ ਲਈ ਜਾਣੇ-ਪਛਾਣੇ ਵਿਅੰਜਕ ਹਨ।

$B(2\pi r) = \mu_0 I$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \qquad [4.19(a)]$$

* ਕ੍ਰਿਪਾ ਧਿਆਨ ਦਿਓ- ਦੋ ਸਪਸ਼ਟ (ਵਖੋ-ਵੱਖ) ਨਿਯਮ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ *ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਦਾ ਨਿਯਮ* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਵਿਚੋਂ ਇੱਕ ਨਿਯਮ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੂਪ ਦੇ ਧੁਰੇ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦਸਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਦੂਸਰਾ ਸਿੱਧੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਚਾਲਕ ਤਾਰ ਦੇ ਲਈ **B** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਨਿਯਮਾਂ ਵਿਚ ਅੰਗੂਠੇ ਅਤੇ ਉਂਗਲੀਆਂ ਦੀ ਵਖਰੀ ਭੂਮਿਕਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 4.8

$$B \propto \frac{1}{r} \quad (r > a)$$

(b) ਕੇਸ $r < a$ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਇਸ ਦੇ ਲਈ ਐਮਪੀਅਰ ਲੂਪ ਦਾ ਚੱਕਰ ਹੈ ਜਿਸ ਤੇ 1 ਲਿਖਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਲੂਪ ਲਈ ਚੱਕਰ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ r ਲੈਣ ਤੇ

$$L = 2\pi r$$

ਹੁਣ ਇਥੇ ਘੇਰੇ ਹੋਏ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I_e ਦਾ ਮਾਨ I ਨਹੀਂ ਹੈ ਪਰ ਇਹ ਇਸ ਮਾਨ ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੀ ਵੰਡ ਇੱਕਸਮਾਨ ਹੈ, ਘੇਰੇ ਗਏ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੇ ਅੰਸ਼ ਦਾ ਮਾਨ

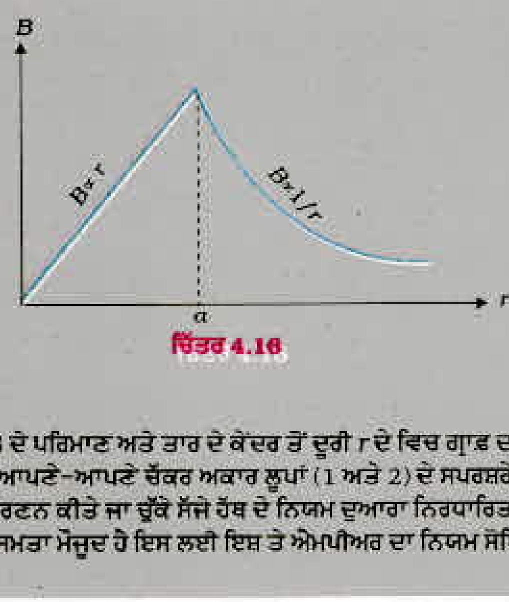
$$I_e = I\left(\frac{\pi r^2}{\pi a^2}\right) = \frac{Ir^2}{a^2}$$

ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ

$$B(2\pi r) = \mu_0 \frac{Ir^2}{a^2}$$

$$B = \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a^2}\right) r \qquad [4.19(b)]$$

$$B \propto r \quad (r < a)$$



ਚਿੱਤਰ 4.16

ਚਿੱਤਰ (4.16) ਵਿਚ **B** ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਅਤੇ ਤਾਰ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੋਂ ਦੂਰੀ r ਦੇ ਵਿਚ ਗ੍ਰਾਫ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਆਪਣੇ-ਆਪਣੇ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਲੂਪਾਂ (1 ਅਤੇ 2) ਦੇ ਸਪਰਸ਼ਰੇਖੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਇਸੇ ਸੈਕਸ਼ਨ ਵਿਚ ਪਹਿਲਾਂ ਵਰਣਨ ਕੀਤੇ ਜਾ ਚੁੱਕੇ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ। ਇਸ ਉਦਾਹਰਨ ਵਿੱਚ ਜ਼ਰੂਰੀ ਸਮਤਾ ਮੌਜੂਦ ਹੈ ਇਸ ਲਈ ਇਸ਼ ਤੇ ਐਮਪੀਅਰ ਦਾ ਨਿਯਮ ਸੌਖਿਆਂ ਲਾਗੂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

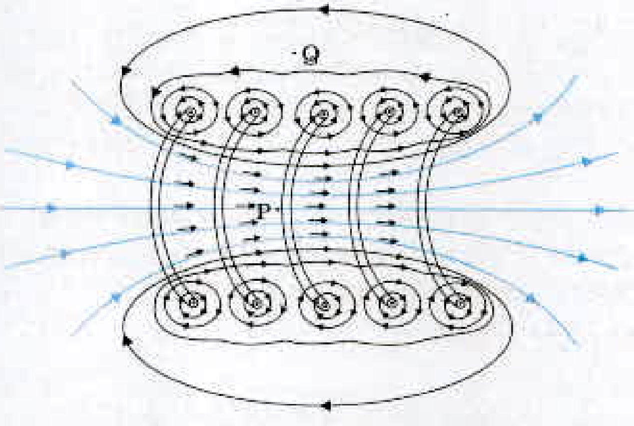
ਇਥੇ ਧਿਆਨ ਦੇਣ ਯੋਗ ਗਲ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਜਦੋਂ ਕਿ ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਸਰਕਟ ਦੇ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਵੀ ਲੂਪ ਤੇ ਲਾਗੂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਪਰ ਇਹ ਹਰੇਕ ਕੇਸ ਵਿਚ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਮੁਲਾਂਕਨ ਸਦਾ ਹੀ ਸੌਖਾ ਨਹੀਂ ਬਣਾਉਂਦਾ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਸੈਕਸ਼ਨ 4.6 ਵਿੱਚ ਵਰਣਨ ਕੀਤੇ ਗਏ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਦੇ ਲੂਪ ਦੇ ਕੇਸ ਵਿੱਚ, ਇਸ ਨੂੰ ਸਰਲ ਵਿਅੰਜਕ $B = \mu_0 I/2R$ [ਸਮੀਕਰਨ (4.16)] ਨੂੰ, ਜੋ ਕਿ ਲੂਪ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲਈ ਹੈ, ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਲਾਗੂ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ। ਬੇਸ਼ਕ ਅਜਿਹੀਆਂ ਬਹੁਤ ਸਾਰੀਆਂ ਹਾਲਤਾਂ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿਚ ਉੱਚ ਸਮਤਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਸੌਖਿਆਂ ਲਾਗੂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਅਗਲੇ ਸੈਕਸ਼ਨ ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਇਸਦੀ ਵਰਤੋਂ ਦੇ ਆਮ ਵਰਤੋਂ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਬਹੁਤ ਹੀ ਉਪਯੋਗੀ ਚੁੰਬਕੀ ਸਿਸਟਮਾਂ-*ਸੌਲੇਨਾਈਡ* *ਅਤੇ* *ਟੋਰਾਈਡ* ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਨੂੰ ਪਰੀਕਲਿਤ ਕਰਨ ਵਿਚ ਕਰਾਂਗੇ।

4.8 ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਅਤੇ ਟੋਰਾਈਡ (THE SOLENOID AND THE TOROID)

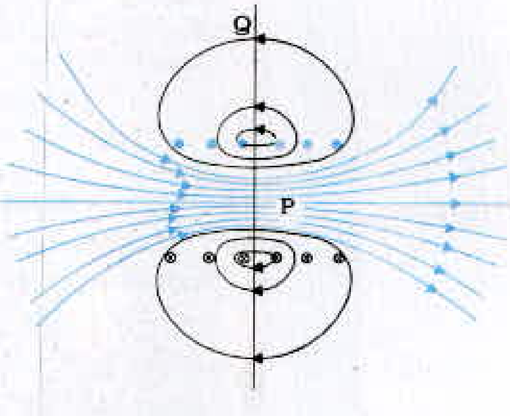
ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਅਤੇ ਟੋਰਾਈਡ ਅਜਿਹੇ ਦੋ ਉਪਕਰਨ ਹਨ ਜੋ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਟੈਲੀਵੀਜ਼ਨ ਵਿੱਚ ਲੋੜੀਂਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਲਈ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਸਿੰਕ੍ਰੋਟ੍ਰਾਨ ਵਿੱਚ ਲੋੜੀਂਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਲਈ ਇਹਨਾਂ ਦੋਨਾਂ ਦਾ ਸੰਯੁਕਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਅਤੇ ਟੋਰਾਈਡ ਦੋਨਾਂ ਵਿੱਚ ਹੀ ਸਾਨੂੰ ਵੱਡੇ ਪੱਧਰ ਤੇ ਸਮਤਾ ਦੀ ਅਜਿਹੀ ਸਥਿਤੀ ਦੇਖਣ ਨੂੰ ਮਿਲਦੀ ਹੈ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਐਮਪੀਅਰ-ਨਿਯਮ ਆਸਾਨੀ ਨਾਲ ਲਾਗੂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

4.8.1 ਸੋਲੇਨਾਈਡ (The Solenoid)

ਅਸੀਂ ਇੱਕ ਲੰਬੇ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿਚ ਚਰਚਾ ਕਰਾਂਗੇ। ਲੰਬੇ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਤੋਂ ਸਾਡਾ ਭਾਵ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਉਸਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿਚ ਵੱਧ ਹੈ। ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਲੰਬਾ ਤਾਰ ਹੈਲੀਕਸ ਦੇ ਆਕਾਰ ਵਿੱਚ ਲਪੇਟਿਆ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਫੇਰਾ ਆਪਣੇ ਨੇੜੇ ਦੇ ਫੇਰੇ ਦੇ ਨਾਲ ਚੰਗੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜੁੜਿਆ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਰੇਕ ਫੇਰੇ ਨੂੰ ਇੱਕ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਦਾ ਲੂਪ



(a)

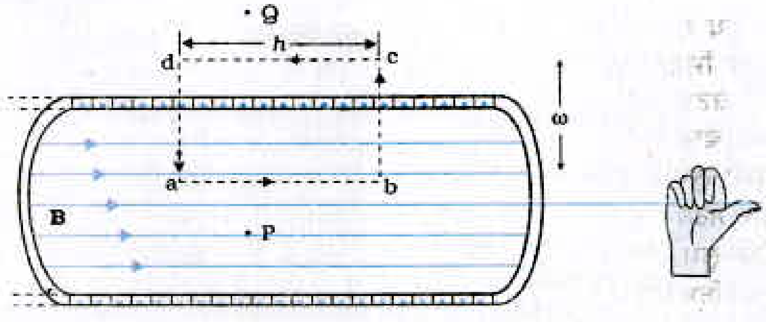


(b)

ਚਿੱਤਰ 4.17 (a) ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਕਿਸੇ ਭਾਗ ਜਿਸ ਨੂੰ ਸਪਸ਼ਟਤਾ ਦੀ ਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਖਿਚਿਆ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ, ਦੇ ਕਾਰਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ। ਸਿਰਫ ਬਾਹਰੀ ਅਰਧ ਚੱਕਰ-ਅਕਾਰ ਭਾਗ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਨਾਲ ਦੇਖੋ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨੇੜੇ-ਨੇੜੇ ਸਥਿਤ ਫੇਰਿਆਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਕੈਂਸਲ ਕਰ ਦਿੰਦੇ ਹਨ। (b) ਕਿਸੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ।

ਮੰਨਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਸਾਰੇ ਫੇਰਿਆਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਕੁੱਲ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਹਰੇਕ ਫੇਰੇ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦਾ ਸਦਿਸ਼ ਯੋਗ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਲਪੇਟਨ ਦੇ ਲਈ ਇਨੈਮਲ ਲੱਗੀਆਂ ਤਾਰਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਤਾਂਕਿ ਫੇਰੇ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੋਂ ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ ਰਹਿਣ।

ਚਿੱਤਰ 4.17 ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 4.17(a). ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਇਸ ਸੋਨੇਲਾਈਡ ਦੇ ਇੱਕ ਖੰਡ ਨੂੰ ਵਿਸਤਾਰਿਤ ਕਰਕੇ ਦਿਖਾਇਆ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 4.17(b) ਵਿੱਚ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਲੂਪ ਤੋਂ ਇਹ ਸਾਫ਼ ਹੈ ਕਿ ਦੋ ਨੇੜੇ-ਨੇੜੇ ਦੇ ਫੇਰਿਆਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਨਸ਼ਟ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 4.17(b) ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਇਹ ਦੇਖਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਅੰਦਰਲੇ ਭਾਗ ਦੇ ਮੱਧ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਇੱਕ ਸਮਾਨ, ਪ੍ਰਬਲ ਅਤੇ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੈ। ਬਾਹਰੀ ਭਾਗ ਦੇ ਮੱਧ ਬਿੰਦੂ Q ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੁਰਬਲ ਹੈ ਅਤੇ ਨਾਲ ਹੀ ਇਹ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਧੁਰੇ ਦੀ



ਚਿੱਤਰ 4.18 ਬਹੁਤ ਲੰਬੇ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ। ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕਰਨ ਲਈ ਅਸੀਂ ਇੱਕ ਆਇਤਾਕਾਰ ਐਮਪੀਅਰ-ਲੂਪ a, b, c, d ਚੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ।

ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਲੰਬਰੂਪ ਜਾਂ ਕੋਈ ਲੰਬਰੂਪ ਘਟਕ ਵੀ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ-ਜਿਵੇਂ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਉਹ ਲੰਬੀ ਵੇਲਨ ਅਕਾਰ ਧਾਤ ਦੀ ਸ਼ੀਟ ਵਰਗਾ ਦਿਖਾਈ ਦੇਣ ਲਗਦਾ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 4.18 ਵਿੱਚ ਇਸ ਦਾ ਆਦਰਸ਼ ਚਿਤਰਣ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਬਾਹਰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋਣ ਲਗਦਾ ਹੈ। ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਅੰਦਰ ਹਰ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਧੁਰੇ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਕਿਸੇ ਆਇਤਾਕਾਰ ਐਮਪੀਅਰ ਲੂਪ abcd ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਉਪਰ ਤਰਕ ਦਿੱਤਾ ਜਾ ਚੁੱਕਾ ਹੈ cd ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਖੇਤਰ ਸਿਫ਼ਰ ਹੈ। ਟਰਾਂਸਵਰਸ ਖੰਡਾਂ bc ਅਤੇ ad ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਘਟਕ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਹ ਦੋਨੋਂ ਖੰਡ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਯੋਗਦਾਨ ਨਹੀਂ ਦਿੰਦੇ। ਮੰਨ ਲਓ ab ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ B ਹੈ, ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਐਮਪੀਅਰ ਲੂਪ ਦੀ ਪ੍ਰਸੰਗਿਕ ਲੰਬਾਈ $L = h$ ਹੈ।

ਮੰਨ ਲਓ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਲੰਬਾਈ ਫੇਰਿਆਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ n ਹੈ, ਤਾਂ ਫੇਰਿਆਂ ਦੀ ਕੁੱਲ ਸੰਖਿਆ nh ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਘੇਰਿਆ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਹੈ $I_e = I\,(n\,h)$, ਇਥੇ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਵਿਚ ਵਗਦਾ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I ਹੈ। ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਸਰਕਟ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ (ਸਮੀਕਰਨ 4.17 (b) ਤੋਂ]

$$BL = \mu_0 I_e, \quad B\,h = \mu_0 I\,(n\,h)$$

$$B = \mu_0\, n\, I \tag{4.20}$$

ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਨਿਯਮ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਆਮ ਕਰਕੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਅਗਲੇ ਪਾਠ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਇਹ ਦੇਖਾਂਗੇ ਕਿ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਵਿਚ ਅੰਦਰ ਨਰਮ ਲੋਹੇ ਦੀ ਕੋਰ ਰੱਖਕੇ ਵਿਸ਼ਾਲ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਨਾ ਸੰਭਵ ਹੈ।

4.8.2 ਟੋਰਾਈਡ (The Toroid)

ਇਹ ਇੱਕ ਚੱਕਰਅਕਾਰ ਖੋਖਲਾ ਛੱਲਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਤੇ ਕਿਸੇ ਤਾਰ ਦੇ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਫੇਰੇ ਨੇੜੇ-ਨੇੜੇ ਜੋੜ ਕੇ ਲਪੇਟੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਨੂੰ ਇੱਕ ਅਜਿਹੀ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵੀ ਦੇਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਬੰਦ ਕਰਨ ਲਈ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਵਿੱਚ ਮੋੜ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਚਿੱਤਰ 4.19(a) ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਵਿਚੋਂ I ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਦੇਖਾਂਗੇ ਕਿ ਟੋਰਾਈਡ ਦੇ ਅੰਦਰ ਖੁਲੇ ਸਥਾਨ ਵਿਚ (ਬਿੰਦੂ P) ਅਤੇ ਟੋਰਾਈਡ ਦੇ ਬਾਹਰ (ਬਿੰਦੂ Q) ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫ਼ਰ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਆਦਰਸ਼ ਟੋਰਾਈਡ ਜਿਸਦੇ ਫੇਰੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਜੋੜ ਦੇ ਲਪੇਟੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਦੇ ਲਈ ਟੋਰਾਈਡ ਦੇ ਅੰਦਰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ।

ਚਿੱਤਰ 4.19(b) ਵਿਚ ਟੋਰਾਈਡ ਦੀ ਸੈਕਸ਼ਨਲ ਕਾਟ ਦਰਸਾਈ ਗਈ ਹੈ। ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਦੇ ਲੂਪਾਂ ਦੇ ਲਈ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਟੋਰਾਈਡ ਦੇ ਅੰਦਰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਕਲਾਸਵਾਈਜ਼ ਹੈ। ਡਾਟਡ ਰੇਖਾਵਾਂ ਜਿਹਨਾਂ ਤੇ 1, 2, 3 ਲਿਖਿਆ ਹੈ, ਇਸਦੇ ਤਿੰਨ ਐਮਪੀਅਰ ਲੂਪ ਹਨ। ਸਮਤਾ ਅਨੁਸਾਰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਇਹਨਾਂ ਲੂਪਾਂ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਦੇ ਸਪਰਸ਼ ਰੇਖੀ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ

ਅਤੇ ਹਰੇਕ ਲੂਪ ਦੇ ਲਈ ਇਸਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਖੇਤਰ ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਲੂਪ 2 ਅਤੇ ਲੂਪ 3 ਦੁਆਰਾ ਘੇਰਿਆ ਗਿਆ ਹੈ ਟੋਰਾਈਡ ਨੂੰ ਕਟਦੇ ਹਨ : ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਤਾਰ ਨੂੰ ਲੂਪ 2 ਦੁਆਰਾ ਇਕ ਵਾਰ ਅਤੇ ਲੂਪ 3 ਦੁਆਰਾ ਦੋ ਵਾਰ ਕਟਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਮੰਨ ਲਉ ਲੂਪ 1 ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ B_1 ਹੈ ਤਾਂ ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਸਰਕਟ ਦੇ ਨਿਯਮ ਵਿਚ [ਸਮੀਕਰਨ 4.17(a)] $L = 2\pi\, r_1$.
ਕਿਉਂਕਿ ਇਸ ਲੂਪ ਦੁਆਰਾ ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ਘੇਰਿਆ ਨਹੀਂ ਗਿਆ, ਇਸ ਲਈ $I_e = 0$। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ

$$B_1\,(2\,\pi\, r_1) = \mu_0(0), \quad B_1 = 0$$

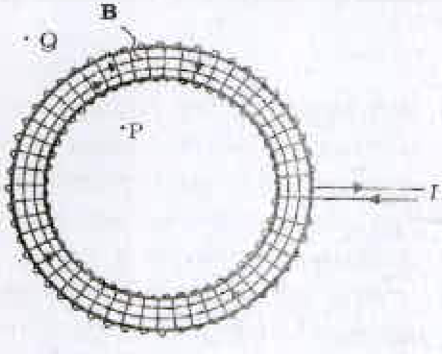
ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਟੋਰਾਈਡ ਦੇ ਅੰਦਰ ਖੁੱਲੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਵੀ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਜ਼ੀਰੋ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

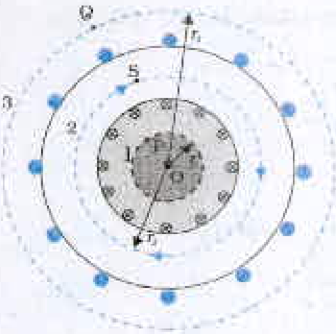
ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਦਰਸਾਵਾਂਗੇ ਕਿ ਇਸੇ ਪ੍ਰਕਾਰ Q ਤੇ ਵੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫਰ ਹੈ। ਮੰਨ ਲਉ ਲੂਪ 3 ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ B_3 ਹੈ। ਇੱਕ ਵਾਰ ਫਿਰ ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਨਿਯਮ ਅਨੁਸਾਰ $L = 2\,\pi\, r_3$, ਸੈਕਸ਼ਨਲ ਕਾਟ ਤੋਂ ਅਸੀਂ ਇਹ ਦੇਖਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕਾਗਜ਼ ਦੇ ਤਲ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਨਿਕਲਦਾ ਕਰੰਟ ਕਾਗਜ ਦੇ ਤਲ ਦੇ ਅੰਦਰ ਜਾਂਦੇ ਕਰੰਟ ਨਾਲ ਠੀਕ-ਠੀਕ ਕੈਂਸਲ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸਲਈ $I_e = 0$, ਅਤੇ $B_3 = 0$। ਮੰਨ ਲਓ ਟੋਰਾਈਡ ਦੇ ਅੰਦਰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ B ਹੈ। ਹੁਣ ਅਸੀਂ S ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਬਾਰੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਾਂਗੇ। ਇੱਕ ਵਾਰ ਫਿਰ ਅਸੀਂ ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ (ਸਮੀਕਰਨ [4.17 (a)] ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ $L = 2\pi\, r$.

ਘੇਰੇ ਗਏ ਕਰੰਟ I_e ਦਾ ਮਾਨ (ਟੋਰਾਈਡ ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ N ਫੇਰਿਆਂ ਲਈ) $N\,I$ ਹੈ।

$$B\,(2\pi r) = \mu_0 NI$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} \tag{4.21}$$





ਚਿੱਤਰ 4.19 (a) ਟੋਰਾਈਡ ਵਿਚੋਂ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I ਲੰਘਦਾ ਹੋਇਆ (b) ਟੋਰਾਈਡ ਦੀ ਸੈਕਸ਼ਨਲ ਕਾਟ ਦਾ ਦ੍ਰਿਸ਼। ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਸਰਕਟ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਟੋਰਾਇਡ ਦੇ ਕੇਂਦਰ O ਤੋਂ ਕਿਸੇ ਵੀ ਦੂਰੀ r ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। 1, 2, 3 ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਈਆਂ ਡਾਟਡ ਰੇਖਾਵਾਂ ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਐਮਪੀਅਰ-ਲੂਪ ਹਨ।

ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਟੋਰਾਈਡ ਅਤੇ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਾਪਤ ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਕਰਾਂਗੇ। ਅਸੀਂ ਸਮੀਕਰਨ (4.21) ਦੇ ਵਿਅੰਜਕ ਦੇ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ (4.20) ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਵਿਅੰਜਕ ਨਾਲ ਤੁਲਨਾ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ (4.21) ਨੂੰ ਦੁਬਾਰਾ ਨਵੇਂ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕਰਾਂਗੇ। ਮੰਨ ਲਓ ਟੋਰਾਈਡ ਦਾ ਔਸਤ ਅਰਧ ਵਿਆਸ r ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਵਿਚ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਲੰਬਾਈ ਫੇਰਿਆਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆਂ n ਹੈ, ਤਾਂ

$N = 2\pi r\, n$ = ਟੋਰਾਈਡ ਦਾ (ਔਸਤ) ਘੇਰਾ

× ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਲੰਬਾਈ ਫੇਰਿਆਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆਂ

ਅਤੇ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ

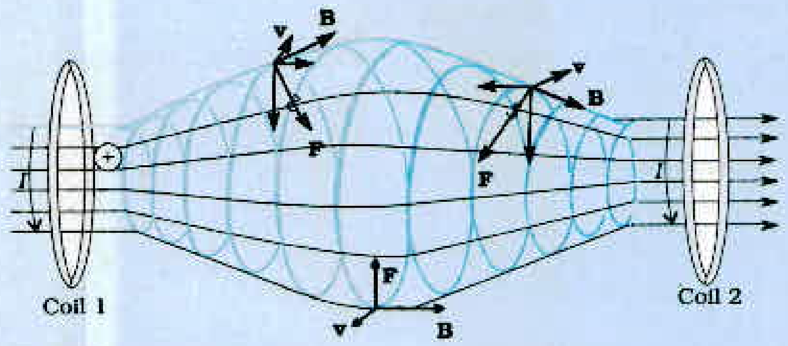
$$B = \mu_0\, n\, I, \tag{4.22}$$

ਅਰਥਾਤ, ਇਹੀ ਪਰਿਣਾਮ ਸਾਨੂੰ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਇਆ ਸੀ।

ਆਦਰਸ਼ ਟੋਰਾਇਡ ਵਿਚ ਕੁੰਡਲੀਆਂ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚੱਕਰ ਆਕਾਰ ਦੀਆਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਅਸਲ ਵਿਚ ਟੋਰਾਈਡ ਦੇ ਫੇਰੇ ਹੇਲੀਕਸ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਬਾਹਰ ਸਦਾ ਹੀ ਇਕ ਖੀਣ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਚੁੰਬਕੀ ਕੈਦ (MAGNETIC CONFINEMENT)

ਅਸੀਂ ਸੈਕਸ਼ਨ 4.3 ਵਿੱਚ ਇਹ ਦੇਖਿਆ ਹੈ (ਇਸ ਪਾਠ ਦੇ ਸ਼ੁਰੂ ਵਿਚ ਬਾਕਸ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਦੀ ਹੈਲੀਕਲ ਗਤੀ ਦਾ ਜ਼ਿਕਰ ਹੈ ਨੂੰ ਦੇਖੋ) ਕਿ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਦੀਆਂ ਕਕਸ਼ਾਵਾਂ ਹੈਲੀਕਲ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਜੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਅਸਮਾਨ ਹੈ, ਪਰ ਇੱਕ ਚੱਕਰੀ ਕਕਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਇਸਦੇ ਮਾਨ ਵਿੱਚ ਵਧੇਰੇ ਪਰਿਵਰਤਨ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਹੈਲੀਕਸ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਪ੍ਰਬਲ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਨ ਤੇ ਘਟੇਗਾ ਅਤੇ ਦੁਰਬਲ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਨ ਤੇ ਵਧੇਗਾ। ਅਸੀਂ ਦੋ ਸੋਲੇਨਾਈਡਾਂ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਜੋ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੋਂ ਕੁਝ ਦੂਰੀ ਤੇ ਹਨ ਅਤੇ ਨਿਰਵਾਯੂ ਪਾਤਰ ਵਿਚ ਬੰਦ ਹਨ। (ਹੇਠਾਂ ਦਿੱਤੇ ਚਿੱਤਰ ਨੂੰ ਦੇਖੋ ਜਿਸ ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਪਾਤਰ ਨੂੰ ਨਹੀਂ ਦਰਸਾਇਆ ਹੈ)। ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਮੱਧ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਆਪਣੀ-ਆਪਣੀ ਗਤੀ ਛੋਟੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਤੋਂ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰਣਗੇ। ਜਿਵੇਂ ਹੀ ਖੇਤਰ ਘੱਟ ਹੋਵੇਗਾ, ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਹੋਵੇਗਾ ਅਤੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵਿੱਚ ਫਿਰ ਕਮੀ ਹੋਵੇਗੀ ਜਦੋਂ ਸੋਲੇਨਾਈਡ 2 ਦੇ ਕਾਰਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਹੋਵੇਗਾ। ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦਰਪਣ ਜਾਂ ਪਰਾਵਰਤਕ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ [ਜਿਵੇਂ ਹੀ ਕਣ ਸੋਲੇਨਾਈਡ 2 ਵਲ ਪੁੱਜਦਾ ਹੈ ਚਿੱਤਰ ਵਿੱਚ ਬਲ **F** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇਖੋ। ਇਸਦਾ ਖਿਤਿਜ ਘਟਕ ਅੱਗੇ ਵਲ ਗਤੀ ਦੇ ਉਲਟ ਹੈ।) ਜਿਸ ਕਾਰਨ ਕਣ ਦੂਸਰੀ ਸੋਲੇਨਾਈਡ 2 ਦੇ ਨੇੜੇ ਪੁੱਜਦੇ ਹੀ ਵਾਪਸ



ਭੇਜ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਵਿਵਸਥਾ ਇੱਕ *ਚੁੰਬਕੀ ਬੋਤਲ* ਜਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਪਾਤਰ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਾਰਜ ਕਰੇਗੀ। ਕਣ ਪਾਤਰ ਦੇ ਦੋਨੋਂ ਪਾਸੇ ਦੀਆਂ ਸੀਮਾਵਾਂ ਨੂੰ ਕਦੇ ਸਪਰਸ਼ ਨਹੀਂ ਕਰੇਗਾ। ਅਜਿਹੀ ਚੁੰਬਕੀ ਬੋਤਲ ਸੰਯੋਜਨ (fusion) ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਵਿਚ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਵੱਧ ਊਰਜਾ 'ਪਲਾਜ਼ਮਾ' (Plasma) ਨੂੰ ਕੈਦ ਕਰਨ ਵਿਚ ਬਹੁਤ ਉਪਯੋਗੀ ਹੈ। ਆਪਣੇ ਉੱਚ ਤਾਪਮਾਨ ਦੇ ਕਾਰਨ 'ਪਲਾਜ਼ਮਾ' ਕਿਸੇ ਵੀ ਪਦਾਰਥ ਦੀਆਂ ਹੋਰ ਅਵਸਥਾਵਾਂ (states of matter) ਨੂੰ ਨਸ਼ਟ ਕਰ ਦੇਵੇਗਾ। ਇੱਕ ਹੋਰ ਉਪਯੋਗੀ ਪਾਤਰ ਟੋਰਾਈਡ ਹੈ। ਟੋਕਾਮੈਕ (Tokamak) ਵਿੱਚ ਟੋਰਾਈਡ ਦੀ ਮੁੱਖ ਭੂਮਿਕਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਟੋਕਾਮੈਕ ਸੰਯੋਜਕ (fusion) ਸ਼ਕਤੀ ਰਿਐਕਟਰਾਂ ਵਿੱਚ ਪਲਾਜ਼ਮਾ ਨੂੰ ਕੈਦ ਕਰਨ ਲਈ ਵਰਤਿਆ ਜਾਂਦਾ ਉਪਕਰਨ ਹੈ। ਇਥੇ ਇੱਕ ਅੰਤਰਰਾਸ਼ਟਰੀ ਸਹਿਯੋਗ ਅੰਤਰਰਾਸ਼ਟਰੀ ਤਾਪਨਾਭਿਕੀ ਪ੍ਰਯੋਗਾਤਮਕ ਰਿਐਕਟਰ (ITER) ਨਿਯੰਤਰਿਤ ਸੰਯੋਜਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ ਫਰਾਂਸ ਵਿੱਚ ਸਥਾਪਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ ਜਿਸਦਾ ਭਾਰਤ ਇੱਕ ਸਹਿਯੋਗੀ ਰਾਸ਼ਟਰ ਹੈ। ITER ਵਿੱਚ ਸਹਿਯੋਗ ਅਤੇ ਪਰਿਯੋਜਨਾ ਸੰਬੰਧੀ ਵਿਸਤਾਰਪੂਰਵਕ ਜਾਣਕਾਰੀ ਦੇ ਲਈ ਦੇਖੋ http://www.iter.org.

ਉਦਾਹਰਨ 4.9 ਕੋਈ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਜਿਸਦੀ ਲੰਬਾਈ 0.5 m ਅਤੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ 1 cm ਹੈ, ਵਿਚ 500 ਲਪੇਟੇ ਜਾਂ ਫੇਰੇ ਹਨ। ਇਸ ਵਿੱਚ 5 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਅੰਦਰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਕੀ ਹੈ?

ਹੱਲ— ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਲੰਬਾਈ ਫੇਰਿਆਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ

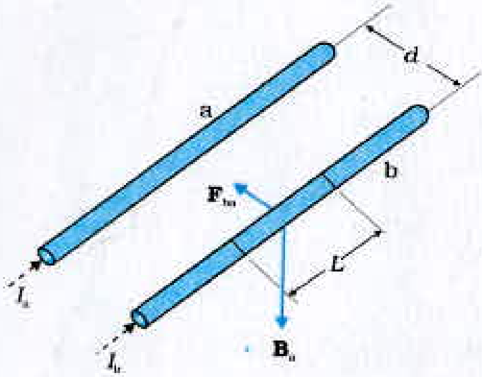
$n = \dfrac{500}{0.5} = 1000$ ਫੇਰੇ ਪ੍ਰਤੀ ਮੀਟਰ

ਲੰਬਾਈ $l = 0.5$ m ਅਤੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ $r = 0.01$ m. ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ $l/a = 50$ ਜਾਂ $l >> a$.
ਇਸ ਲਈ ਅਸੀਂ ਲੰਬੇ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਸੂਤਰ [ਸਮੀਕਰਨ (4.20)] ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ

$$B = \mu_0 n I$$
$$= 4\pi \times 10^{-7} \times 10^{3} \times 5$$
$$= 6.28 \times 10^{-3}\ \mathrm{T}$$

4.9 ਦੋ ਸਮਾਂਤਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟਾਂ ਵਿਚਕਾਰ ਬਲ, ਐਮਪੀਅਰ (ਕਰੰਟ ਦਾ ਮਾਤਰਕ) (FORCE BETWEEN TWO PARALLEL CURRENTS, THE AMPERE)

ਅਸੀਂ ਇਹ ਸਿੱਖ ਚੁੱਕੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਚਾਲਕ ਦੇ ਕਾਰਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਬਾਯੋ ਸਾਵਰਟ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪਾਲਨ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਨਾਲ ਹੀ ਅਸੀਂ ਇਹ ਵੀ ਸਿੱਖਿਆ ਹੈ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਚਾਲਕ ਤੇ ਬਾਹਰੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੁਆਰਾ ਬਲ ਲਗਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਲੋਰੇਂਜ ਬਲ ਸੂਤਰ ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਇਹ ਆਸ਼ਾ ਕਰਨਾ ਤਰਕ ਸੰਗਤ ਹੈ ਕਿ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਨੇੜੇ ਸਥਿਤ ਦੋ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਚਾਲਕ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੇ (ਚੁੰਬਕੀ) ਬਲ ਲਗਾਉਣਗੇ। ਸਾਲ 1820-25 ਦੌਰਾਨ ਐਮਪੀਅਰ ਨੇ ਇਸ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਦੇ ਸੁਭਾਅ, ਇਸ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਚਾਲਕ ਦੀ ਆਕ੍ਰਿਤੀ ਅਤੇ ਸਾਈਜ਼ ਤੇ ਨਿਰਭਰਤਾ ਦੇ ਨਾਲ ਇਹਨਾਂ ਚਾਲਕਾਂ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰਤਾ ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਕੀਤਾ। ਇਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਦੋ ਸਮਾਂਤਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਚਾਲਕਾਂ ਦੇ ਸਰਲ ਉਦਾਹਰਨ ਤੇ ਹੀ ਚਰਚਾ ਕਰਾਂਗੇ ਜੋ ਸ਼ਾਇਦ ਐਮਪੀਅਰ ਦੀ ਸਖਤ ਮਿਹਨਤ ਪ੍ਰਤੀ ਸਤਿਕਾਰ ਦਰਸਾਉਣ ਵਿਚ ਸਾਡੀ ਸਹਾਇਤਾ ਕਰਣਗੇ।



ਚਿੱਤਰ 4.20 ਦੋ ਲੰਬੇ ਸਿੱਧੇ, ਸਮਾਂਤਰ ਚਾਲਕ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਸਥਿਰ ਕਰੰਟ I_a ਅਤੇ I_b ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ ਅਤੇ ਜੋ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੋਂ d ਦੂਰੀ ਤੇ ਰਖੇ ਹਨ। ਚਾਲਕ a ਦੇ ਕਾਰਨ ਚਾਲਕ b ਤੇ ਪੈਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ $\mathbf{B}_a$ ਹੈ।

ਚਿੱਤਰ 4.20 ਵਿੱਚ ਦੋ ਲੰਬੇ ਸਮਾਂਤਰ ਚਾਲਕ a ਅਤੇ b ਦਰਸਾਏ ਗਏ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਦੂਰ d ਹੈ ਅਤੇ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿਚੋਂ (ਸਮਾਂਤਰ) ਕ੍ਰਮਵਾਰ I_a ਅਤੇ I_b ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਚਾਲਕ 'a' ਚਾਲਕ 'b' ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ $\mathbf{B}_a$ ਲਗਾ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਤਦ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਨਿਯਮ ਅਨੁਸਾਰ ਇਸ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਖੜ੍ਹੇਦਾਅ ਹੇਠਾਂ ਵਲ (ਜਦੋਂ ਚਾਲਕ ਖਿਤਿਜ ਰਖਿਆ ਹੁੰਦਾ ਹੈ) ਹੈ। ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਸਰਕਟ ਦੇ ਨਿਯਮ ਜਾਂ [ਸਮੀਕਰਨ [4.19(a)] ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਇਸ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ

$$B_a = \frac{\mu_0 I_a}{2\pi d}$$

ਚਾਲਕ 'b' ਜਿਸ ਵਿੱਚੋਂ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I_b ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ $\mathbf{B}_a$ ਦੇ ਕਾਰਨ ਪਾਸੇ ਵੱਲ ਨੂੰ ਇੱਕ ਬਲ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਬਲ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਚਾਲਕ 'a' ਵਲ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। (ਤੁਸੀਂ ਇਸ ਦੀ ਪੁਸ਼ਟੀ ਖੁਦ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹੋ) ਅਸੀਂ ਇਸ ਬਲ ਨੂੰ $\mathbf{F}_{ba}$ ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ, ਜੋ ਕਿ a ਦੇ ਕਾਰਨ b ਦੇ ਖੰਡ L ਤੇ ਲਗਿਆ ਬਲ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਨ (4.4) ਤੋਂ ਇਸ ਬਲ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ

$$F_{ba} = I_b L B_a$$

$$= \frac{\mu_0 I_a I_b}{2\pi d} L \tag{4.23}$$

ਅਸਲ ਵਿਚ 'b' ਦੇ ਕਾਰਨ 'a' ਤੇ ਬਲ ਦਾ ਪਤਾ ਕਰਨਾ ਸੰਭਵ ਹੈ। ਜਿਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਅਸੀਂ ਉਪਰ ਵਿਚਾਰ ਕੀਤਾ ਸੀ ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਵਿਚਾਰਾਂ ਦੁਆਰਾ ਅਸੀਂ 'b' ਵਿਚ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੇ ਕਾਰਨ a ਦੇ ਖੰਡ L ਤੇ ਲਗਿਆ ਬਲ ਜੋ $\mathbf{F}_{ab}$ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ ਅਤੇ 'b' ਵਲ ਨੂੰ ਹੈ ਤਾ ਪਤਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਹ ਪਰਿਮਾਣ ਵਿਚ $\mathbf{F}_{ba}$ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਅਤੇ 'b' ਵਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ

$$\mathbf{F}_{ba} = -\mathbf{F}_{ab} \tag{4.24}$$

ਧਿਆਨ ਦਿਓ, ਇਹ ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਸੀਂ ਸਮਾਂਤਰ ਚਾਲਕਾਂ ਅਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟਾਂ ਦੇ ਲਈ ਇਹ ਦਰਸਾ ਚੁੱਕੇ ਹਾਂ ਕਿ ਬਾਯੋ-ਸਾਵਰਤ ਨਿਯਮ ਅਤੇ ਲੌਰੇਂਜ ਬਲ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਪਰਿਣਾਮ ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਗਤੀ ਦੇ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਰੂਪ ਹੈ।*

ਅਸੀਂ ਉੱਪਰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਤੋਂ ਇਹ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਹੈ ਕਿ ਇਕੋ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਵੀ ਦਰਸਾ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਅਪਕਰਸ਼ਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ

ਸਮਾਂਤਰ ਕਰੰਟ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰਤੀਸਮਾਂਤਰ ਕਰੰਟ ਅਪਕਰਸ਼ਤ ਕਰਦੇ ਹਨ।

ਇਹ ਨਿਯਮ ਉਸ ਨਿਯਮ ਦੇ ਉਲਟ ਹੈ ਜਿਸ ਦਾ ਅਸੀਂ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਚਾਰਜ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਪਾਠ ਵਿੱਚ ਅਧਿਐਨ ਕੀਤਾ ਸੀ-

"ਸਜਾਤੀ (ਇਕੋ ਚਿੰਨ੍ਹ ਵਾਲੇ) ਚਾਰਜਾਂ ਵਿੱਚ ਅਪਕਰਸ਼ਨ ਅਤੇ ਗੈਰ ਜਾਤੀ ਚਾਰਜਾਂ ਵਿੱਚ ਆਕਰਸ਼ਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।" ਪਰ ਸਜਾਤੀ (ਸਮਾਂਤਰ) ਕਰੰਟ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ।

ਮੰਨ ਲਉ f_{ba} ਬਲ $\mathbf{F}_{ba}$ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਲੰਬਾਈ ਤੇ ਲੱਗੇ ਬਲ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਨੂੰ ਪ੍ਰਗਟ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਤਾਂ ਸਮੀਕਰਨ (4.23) ਤੋਂ,

$$f_{ba} = \frac{\mu_0 I_a I_b}{2\pi d} \tag{4.25}$$

ਉਪਰੋਕਤ ਵਿਅੰਜਕ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੇ ਮਾਤਰਕ ਐਮਪੀਅਰ (A) ਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਸੱਤ SI ਮੂਲ ਮਾਤਰਕਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਇੱਕ ਹੈ।

ਇੱਕ *ਐਮਪੀਅਰ* ਉਹ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਹੈ ਜੋ ਦੋ ਲੰਬੇ, ਸਿੱਧੇ, ਨਿਗੁਣੇ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਵਾਲੇ ਸਮਾਂਤਰ ਚਾਲਕਾਂ, ਜੋ ਨਿਰਵਾਯੂ ਵਿਚ 1m ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਹਨ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਚਾਲਕ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀ ਮੀਟਰ ਲੰਬਾਈ ਤੇ 2×10^{-7} N ਦਾ ਬਲ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਐਮਪੀਅਰ ਦੀ ਇਹ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਸਾਲ 1946 ਵਿਚ ਅਪਨਾਈ ਗਈ ਸੀ। ਇਹ ਸਿਧਾਂਤਿਕ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਹੈ। ਵਿਵਹਾਰ ਵਿਚ ਸਾਨੂੰ ਧਰਤੀ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨੂੰ ਖਤਮ ਕਰਨਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਬਹੁਤ ਲੰਬੀਆਂ ਤਾਰਾਂ ਦੀ ਥਾਂ ਤੇ ਢੁੱਕਵੀਂ ਜਿਆਮਤੀ ਦੇ ਬਹੁਤੇ ਫੇਰਿਆਂ ਵਾਲੀਆਂ ਕੁੰਡਲੀਆਂ (coils) ਲੈਣੀਆਂ ਚਾਹੀਦੀਆਂ ਹਨ। ਇੱਕ ਉਪਕਰਨ, ਜਿਸ ਨੂੰ 'ਕਰੰਟ ਤੁਲਾ' ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਇਸ ਯੰਤਰਿਕ ਬਲ ਦੀ ਮਾਪ ਦੇ ਲਈ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਚਾਰਜ ਦੇ SI ਮਾਤਰਕ, ਜਾਂ ਕੂਲਾਮ ਨੂੰ ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਪਦਾਂ ਚਿ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਵਿਚ 1A ਦਾ ਸਥਿਰ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਉਸ ਦੇ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਵਿੱਚੋਂ ਇੱਕ ਸੈਕੇਂਡ ਵਿਚ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ ਮਾਤਰਾ ਇੱਕ ਕੂਲਾਮ (1C) ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

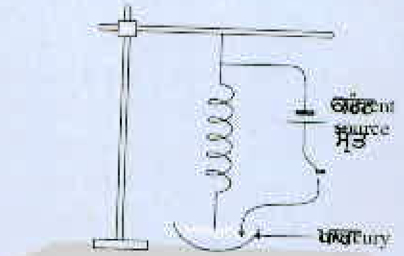
ਸਮਾਂਤਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੇ ਵਿਚ ਆਕਰਸ਼ਨ ਦੇ ਲਈ ਰਾਗੇਟ ਦਾ ਸਪਾਇਰਲ (ROGET'S SPIRAL FOR ATTRACTION BETWEEN PARALLEL CURRENTS)

ਚੁੰਬਕੀ ਪ੍ਰਭਾਵ ਆਮ ਕਰਕੇ ਬਿਜਲੀ ਪ੍ਰਭਾਵਾਂ ਤੋਂ ਘੱਟ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟਾਂ ਵਿੱਚ ਬਲ, ਕਾਰਕ μ ਦੇ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਮੂਲ ਕਾਰਨ, ਘੱਟ ਪਰਿਮਾਣ ਦੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਆਕਰਸ਼ਨ ਜਾਂ ਅਪਕਰਸ਼ਨ ਦੇ ਬਲਾਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਨਾ ਮੁਸ਼ਕਲ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਰੇਕ ਤਾਰ ਵਿਚੋਂ 5 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਅਤੇ 1cm ਦੂਰੀ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਤੀ ਮੀਟਰ ਬਲ 5×10^{-4} N ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਕਿ ਲਗਭਗ 50 mg ਭਾਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੋਵੇਗਾ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਘਿਰਣੀ ਵਿੱਚੋਂ ਡੋਰੀ ਦੁਆਰਾ ਲਟਕਿਆ 50 mg ਭਾਰ ਉਸ ਡੋਰੀ ਨਾਲ ਬੰਨ੍ਹੀ ਤਾਰ ਨੂੰ ਖਿੱਚ ਰਿਹਾ ਹੋਵੇ। ਇਸ ਭਾਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਤਾਰ ਵਿੱਚ ਹੋਇਆ ਵਿਸਥਾਪਨ ਲਗਭਗ ਅਦ੍ਰਿਸ਼ ਹੋਵੇਗਾ।

* ਇਸਦਾ ਇਹ ਅਰਥ ਨਿਕਲਦਾ ਹੈ ਕਿ ਜਦੋਂ ਸਾਡੇ ਕੋਲ ਸਮੇਂ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਜਾਂ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਚਾਰਜ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਚਾਰਜਾਂ/ਚਾਲਨਾਂ ਦੇ ਵਿਚ ਬਲਾਂ ਦੇ ਲਈ ਨਿਊਟਨ ਦਾ ਤੀਸਰਾ ਨਿਯਮ ਲਾਗੂ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਤੀਜਾ ਯੰਤਰਿਕੀ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਆਈਸੋਲੇਟਡ (isolated) ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਸੁਰਖਿਅਣ ਹੈ। ਬੇਸ਼ਕ ਇਹ ਬਿਜਲੀ-ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਸਮੇਂ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਸਥਿਤੀਆਂ ਦੇ ਮਾਮਲਿਆਂ ਤੇ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਪਰ ਇਸ ਸ਼ਰਤ ਦੇ ਨਾਲ ਕਿ ਖੇਤਰਾਂ ਦੁਆਰਾ ਵਹਿਣ ਸੰਵੇਗ ਨੂੰ ਵੀ ਸ਼ਾਮਿਲ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇ।

ਕੋਮਲ ਕਮਾਨੀ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਅਸੀਂ ਸਮਾਂਤਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਲੰਬਾਈ ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਅਤੇ ਪਾਰੇ (mercury) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਅਸੀਂ ਕੁੱਝ ਮਿਲੀਮੀਟਰ ਦੇ ਵਿਸਥਾਪਣਾਂ ਨੂੰ ਵੀ ਪ੍ਰਭਾਵਸ਼ਾਲੀ ਢੰਗ ਨਾਲ ਪ੍ਰੇਖਣੀ ਬਣਾ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਤੁਹਾਨੂੰ ਅਜਿਹੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੀ ਸਪਲਾਈ ਦੀ ਲੋੜ ਵੀ ਹੋਵੇਗੀ ਜੋ ਲਗਭਗ 5 A ਦਾ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰੇ।

ਇੱਕ ਅਜਿਹੀ ਕੋਮਲ ਕਮਾਨੀ ਲਉ ਜਿਸਦਾ ਪ੍ਰਕਿਰਤਕ ਡੋਲਨ ਕਾਲ 0.5 – 1s ਹੋਵੇ। ਇਸ ਨੂੰ ਖੜੇਦਾਅ ਲਟਕਾ ਕੇ ਇਸ ਦੇ ਹੇਠਲੇ ਸਿਰੇ ਤੇ ਚਿੱਤਰ ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਇਕ ਨੋਕ ਜੋੜੋ। ਪਿਆਲੀ ਵਿੱਚ ਥੋੜਾ ਪਾਰਾ ਲਉ ਅਤੇ ਕਮਾਨੀ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਮਾਯੋਜਿਤ ਕਰੋ ਕਿ ਇਸਦੀ ਨੋਕ ਪਾਰੇ ਦੀ ਸਤਹਿ ਦੇ ਠੀਕ ਉਪਰ ਹੋਵੇ। ਇਕ ਦਿਸ਼ਾਵੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ, (DC ਸ੍ਰੋਤ) ਸ੍ਰੋਤ ਲੈਕੇ ਇਸ ਦੇ ਇਕ ਟਰਮੀਨਲ ਨੂੰ ਕਮਾਨੀ ਦੇ ਉਪਰੀ ਸਿਰੇ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਦੂਸਰੇ ਟਰਮੀਨਲ ਨੂੰ ਮਰਕਰੀ (ਪਾਰੇ) ਵਿਚ ਡੁਬੋਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਕਮਾਨੀ ਦੀ ਨੋਕ ਮਰਕਰੀ ਨੂੰ ਸਪਰਸ਼ ਕਰਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਪਾਰੇ ਵਿੱਚੋਂ ਲੰਘਦੇ ਹੋਏ ਬਿਜਲੀ ਸਰਕਟ ਪੂਰਾ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।



ਮੰਨ ਲਉ ਸ਼ੁਰੂ ਵਿਚ DC ਸ੍ਰੋਤ 'ਔਫ' ਹੈ। ਮੰਨ ਲਓ ਕਮਾਨੀ ਦੀ ਨੋਕ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜੋੜੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਕਿ ਉਹ ਮਰਕਰੀ ਦੀ ਸਤਹਿ ਨੂੰ ਸਪਰਸ਼ ਕਰ ਰਹੀ ਹੈ ਹੁਣ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਸ੍ਰੋਤ ਨੂੰ 'ਆਨ' ਕਰੋ ਅਤੇ ਮਨਮੋਹਕ ਨਤੀਜਾ ਦੇਖੋ। ਕਮਾਨੀ ਇੱਕ ਝਟਕੇ ਨਾਲ ਸੁੰਗੜਦੀ ਹੈ, ਨੋਕ ਮਰਕਰੀ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਆ ਜਾਂਦੀ ਹੈ (ਲਗਭਗ 1mm), ਸਰਕਟ ਟੁੱਟ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋਣਾ ਰੁੱਕ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਕਮਾਨੀ ਸਿਥਲ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਆਪਣੀ ਮੂਲ ਸਥਿਤੀ ਵਿਚ ਆਉਣ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕਰਦੀ ਹੈ, ਕਮਾਨੀ ਦੀ ਨੋਕ ਮੁੜ ਮਰਕਰੀ ਦੀ ਸਤਹਿ ਨੂੰ ਸਪਰਸ਼ ਕਰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਸਰਕਟ ਵਿਚ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋਣ ਲਗਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਚੱਕਰ ਟਿਕ, ਟਿਕ, ਟਿਕ ਦੇ ਨਾਲ ਚਲਦਾ ਹੈ। ਤੁਹਾਨੂੰ ਵਧੀਆ ਪ੍ਰਭਾਵ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ ਸ਼ੁਰੂ ਵਿਚ ਕੁੱਝ ਸਮਾਯੋਜਨ ਕਰਨ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਕਿਉਂਕਿ ਮਰਕਰੀ ਦੇ ਵਾਸ਼ਪ ਜ਼ਹਿਰੀਲੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਇਸ ਲਈ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰਦੇ ਸਮੇਂ ਆਪਣਾ ਚਿਹਰਾ ਮਰਕਰੀ ਤੋਂ ਦੂਰ ਰਖੋ। ਕਾਫੀ ਸਮੇਂ ਤੱਕ ਮਰਕਰੀ ਦੇ ਵਾਸ਼ਪ ਦੇ ਨੇੜੇ ਸਾਹ ਨਾ ਖਿਚੋ।

ਉਦਾਹਰਨ 4.10 ਕਿਸੇ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਸਥਾਨ ਤੇ ਧਰਤੀ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਖਿਤਿਜੀ ਘਟਕ 3.0×10^{-5} T ਹੈ, ਅਤੇ ਇਸ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਭੂਗੋਲਿਕ ਦੱਖਣ ਤੋਂ ਭੂਗੋਲਿਕ ਉੱਤਰ ਵੱਲ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਬਹੁਤ ਲੰਬੇ ਸਿੱਧੇ ਚਾਲਕ ਵਿੱਚੋਂ 1A ਦਾ ਸਥਿਰ ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਇਸ ਤਾਰ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਖਿਤਿਜ ਮੇਜ਼ ਤੇ ਰੱਖਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੇ ਪ੍ਰਵਾਹ ਦੀਆਂ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ (a) ਪੂਰਵ ਤੋਂ ਪਛਮ ਵਲ; (b) ਦੱਖਣ ਤੋਂ ਉੱਤਰ ਵਲ ਹੋ ਤਾਂ ਤਾਰ ਦੀ ਹਰੇਕ ਇਕਾਈ ਲੰਬਾਈ ਤੇ ਬਲ ਕਿੰਨਾ ਹੋਵੇਗਾ?

ਹੱਲ— $\mathbf{F} = I\mathbf{l} \times \mathbf{B}$

$F = IlB \sin\theta$

ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਲੰਬਾਈ ਤੇ ਬਲ

$f = F/l = I\,B \sin\theta$

(a) ਜਦੋਂ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਪੂਰਵ ਤੋਂ ਪਛੱਮ ਵਲ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਤਾਂ

$\theta = 90°$

ਇਸ ਲਈ

$f = I\,\mathrm{B}$

$= 1 \times 3 \times 10^{-5} = 3 \times 10^{-5}\ \mathrm{N\,m^{-1}}$

ਇਹ ਐਮਪੀਅਰ ਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਵਿਚ ਵਰਣਿਤ ਬਲ ਦੇ ਮਾਨ $2\times10^{-7}\ \mathrm{Nm^{-1}}$ ਤੋਂ ਵੱਡਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਐਮਪੀਅਰ ਦਾ ਮਾਣਕੀਕਰਨ ਕਰਨ ਲਈ ਧਰਤੀ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਅਤੇ ਹੋਰ ਭੂਲੇ-ਭਟਕੇ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵਾਂ ਨੂੰ ਸਮਾਪਤ ਕਰਨਾ ਮਹਤੱਵਪੂਰਨ ਹੈ। ਬਲ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਖੜੇਦਾਅ ਹੇਠਾਂ ਵਲ ਹੈ।

ਇਸ ਦਿਸ਼ਾ ਨੂੰ 'ਸਦਿਸ਼ਾਂ ਦੇ ਸਦਿਸ਼ ਗੁਣਨਫਲ' ਦੇ ਦਿਸ਼ਾ ਵਾਲੇ ਗੁਣ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

(b) ਜਦੋਂ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੇ ਪ੍ਰਵਾਹ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੱਖਣ ਤੋਂ ਉੱਤਰ ਵਲ ਹੈ, ਤਾਂ

$\theta = 0°$

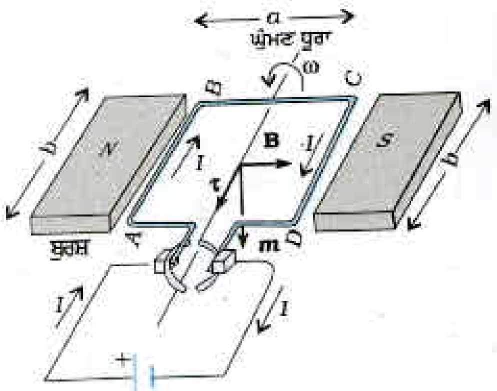
$f = 0$

ਇਸ ਲਈ ਚਾਲਕ ਤੇ ਕੋਈ ਬਲ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ।

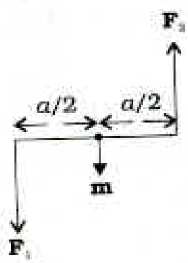
4.10 ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੂਪ ਤੇ ਟਾਰਕ, ਚੁੰਬਕੀ ਦੋ-ਧਰੁਵ (Torque on Current Loop, Magnetic Dipole)

4.10.1 ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਆਇਤਾਕਾਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੂਪ ਤੇ ਟਾਰਕ (Torque on a rectangular current loop in a uniform magnetic field)

ਹੁਣ ਤੁਸੀਂ ਤੁਹਾਨੂੰ ਇਹ ਦਿਖਾਵਾਂਗੇ ਕਿ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤ ਕੋਈ ਆਇਤਾਕਾਰ ਲੂਪ ਜਿਸ ਵਿਚੋਂ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ ਇੱਕ ਟਾਰਕ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤੇ ਕੋਈ ਨੇਟ ਬਲ ਨਹੀਂ ਲਗਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਵਿਵਹਾਰ ਉਸ ਦੋ ਧਰੁਵੀ (dipole) ਦੇ ਵਿਵਹਾਰ ਦੇ ਸਮਰੂਪ ਹੈ ਜੋ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ। (ਸੈਕਸ਼ਨ 1.10 ਦੇਖੋ).



(a)



(b)

ਚਿੱਤਰ 4.21 (a) ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤ ਕੋਈ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਆਇਤਾਕਾਰ ਕੁੰਡਲੀ। ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ **m** ਖੜੇਦਾਅ ਹੇਠਾਂ ਵਲ ਨੂੰ ਸੰਕੇਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਟਾਰਕ **τ** ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਕੁੰਡਲੀ ਨੂੰ ਐਂਟੀਕਲਾਕਵਾਈਜ਼ ਘੁਮਾਉਣ ਦੀ ਹੈ। (b) ਕੁੰਡਲੀ ਤੇ ਬਲ ਯੁਗਮ (couple) ਲਗਦਾ ਹੋਇਆ।

ਪਹਿਲਾਂ ਅਸੀਂ ਉਸ ਸਰਲ ਮਾਮਲੇ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਜਿਸ ਵਿੱਚ (ਜੋੜਾ) ਆਇਤਾਕਾਰ ਲੂਪ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਥਿਤ ਹੈ ਕਿ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** ਲੂਪ ਦੇ ਤਲ ਵਿੱਚ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਚਿੱਤਰ 4.21(a) ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਲੂਪ ਦੀਆਂ ਦੋਨੋਂ ਭੁਜਾਵਾਂ AD ਅਤੇ BC ਤੇ ਕੋਈ ਬਲ ਨਹੀਂ ਲਗਾਉਂਦਾ। ਇਹ ਲੂਪ ਦੀ ਭੁਜਾ AB ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਤੇ ਬਲ $\mathbf{F}_1$ ਲਗਦਾ ਹੈ ਜਿਸਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਲੂਪ ਦੇ ਤਲ ਅੰਦਰ ਵਲ ਹੈ। ਇਸ ਬਲ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਹੈ।

$$F_1 = I\,b\,B$$

ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਭੁਜਾ CD ਤੇ ਇੱਕ ਬਲ F_2 ਲਗਦਾ ਹੈ ਜੋ ਲੂਪ ਦੇ ਤਲ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਵਲ ਹੈ। ਇਸ ਬਲ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਹੈ :

$$F_2 = I\,b\,B = F_1$$

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲੂਪ ਤੇ ਲਗਿਆ *ਨੇਟ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ* ਹੈ। ਬਲਾਂ $\mathbf{F}_1$ ਅਤੇ $\mathbf{F}_2$ ਦੇ ਜੋੜਿਆਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਲੂਪ ਤੇ ਇੱਕ ਟਾਰਕ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 4.21(b) ਵਿੱਚ AD ਸਿਰੇ ਤੇ ਲੂਪ ਦਾ ਇੱਕ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਹ ਸਪਸ਼ਟ ਕਰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਟਾਰਕ ਲੂਪ ਵਿਚ ਐਂਟੀ ਕਲਾਕਵਾਈਜ਼ ਘੁੰਮਣ ਦੀ ਪ੍ਰਵਿਰਤੀ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਟਾਰਕ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਹੈ :

$$\tau = F_1\frac{a}{2} + F_2\frac{a}{2}$$

$$= IbB\frac{a}{2} + IbB\frac{a}{2} = I(ab)B$$

$$= I\,A\,B \qquad (4.26)$$

ਇਥੇ $A = ab$ ਆਇਤ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ ਹੈ।

ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਅੱਗੇ ਉਸ ਮਾਮਲੇ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਾਂਗੇ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਲੂਪ ਦਾ ਤਲ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਨਹੀਂ ਹੈ, ਪਰ ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਕੋਣ ਬਣਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ B ਅਤੇ ਕੁੰਡਲੀ ਤੇ ਲੰਬ ਦੇ ਵਿਚ ਕੋਣ θ ਲੈਂਦੇ ਹਾਂ (ਪਹਿਲਾ ਮਾਮਲਾ $\theta = \pi/2$ ਦੇ ਸੰਗਤ ਹੈ)। ਚਿੱਤਰ 4.22 ਵਿੱਚ ਇਹ ਮਾਮਲਾ ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਭੁਜਾਵਾਂ BC ਅਤੇ DA ਤੇ ਲਗਦੇ ਬਲ ਪਰਿਮਾਣ ਵਿਚ ਸਮਾਨ, ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਉਲਟ ਅਤੇ ਕੁੰਡਲੀ

ਦੇ ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਕਾਰਜ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਬਲ BC ਅਤੇ DA ਦੇ ਪੁੰਜ ਕੇਂਦਰਾਂ ਨੂੰ ਜੋੜਦੇ ਹਨ। ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਸਮਰੇਖੀ (Collinear) ਹੋਣ ਦੇ ਕਾਰਨ ਇਹ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਕੈਂਸਲ ਕਰਦੇ ਹਨ, ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਕੋਈ ਨੇਟ ਬਲ ਜਾਂ ਟਾਰਕ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਭੁਜਾਵਾਂ AB ਅਤੇ CD ਤੇ ਕਾਰਜ ਕਰਦੇ ਬਲ $\mathbf{F}_1$ ਅਤੇ $\mathbf{F}_2$ ਹਨ। ਇਹ ਵੀ ਪਰਿਮਾਣ ਸਮੇਤ ਸਮਾਨ ਅਤੇ ਉਲਟ ਹਨ।

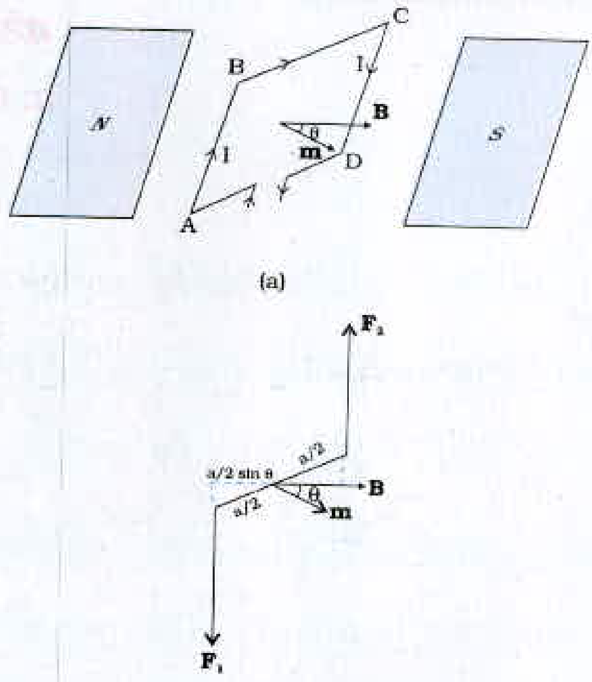
$$F_1 = F_2 = I\,b\,B$$

ਪਰ ਇਹ ਸਮਰੇਖੀ (collinear) ਨਹੀਂ ਹਨ। ਇਸ ਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇੱਕ ਬਲ-ਜੋੜਾ (Couple) ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਬੇਸ਼ਕ ਪਿਛਲੇ ਮਾਮਲਿਆਂ ਵਿੱਚ ਲੂਪ ਦਾ ਤਲ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਸੀ, ਇਸਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਟਾਰਕ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਹੁਣ ਘੱਟ ਹੈ। ਇਸ ਦਾ ਕਾਰਨ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਬਲ-ਜੋੜੇ ਬਣਾਉਣ ਵਾਲੇ ਬਲਾਂ ਦੇ ਵਿਚਲੀ ਲੰਬਰੂਪ ਦੂਰੀ ਘੱਟ ਹੋ ਗਈ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 4.22(b) ਵਿੱਚ ਸਿਰੇ AD ਤੋਂ ਇਸ ਵਿਵਸਥਾ ਦਾ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਵਿੱਚ ਇਹ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਦੋ ਬਲ ਇੱਕ ਬਲ-ਜੋੜਾ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਲੂਪ ਤੇ ਟਾਰਕ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਹੈ :

$$\tau = F_1 \frac{a}{2}\sin\theta + F_2 \frac{a}{2}\sin\theta$$

$$= I\,ab\,B\sin\theta$$

$$= I\,A\,B\sin\theta \qquad (4.27)$$



ਚਿੱਤਰ 4.22 (a) ਲੂਪ ABCD ਦਾ ਖੇਤਰ ਸਦਿਸ਼ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਨਾਲ ਕੋਈ ਵੀ ਕੋਣ θ ਬਣਾਉਂਦਾ ਹੈ। (b) ਲੂਪ ਦਾ ਉਪਰਲੀ ਦ੍ਰਿਸ਼। ਭੁਜਾਵਾਂ AB ਅਤੇ CD ਤੇ ਲਗੇ ਬਲ $\mathbf{F}_1$ ਅਤੇ $\mathbf{F}_2$ ਦਰਸਾਏ ਗਏ ਹਨ।

ਜਿਵੇਂ-ਜਿਵੇਂ $\theta \to 0$, ਬਲ-ਜੋੜੇ ਦੇ ਬਲਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਲੰਬਰੂਪ ਦੂਰੀ ਵੀ ਜ਼ੀਰੋ ਵਲ ਵੱਧਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਨਾਲ ਬਲ ਸਮਰੇਖੀ ਬਣ ਜਾਂਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਨੇਟ ਬਲ ਅਤੇ ਟਾਰਕ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਸਮੀਕਰਨਾਂ (4.26) ਅਤੇ (4.27) ਦੇ ਟਾਰਕਾਂ ਨੂੰ ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸਦਿਸ਼ ਗੁਣਨਫਲ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੂਪ ਦੇ *ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ* ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ

$$\mathbf{m} = I\mathbf{A} \qquad (4.28)$$

ਇਥੇ ਖੇਤਰ ਸਦਿਸ਼ **A** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਦੇ ਅੰਗੂਠੇ ਦੇ ਨਿਯਮ ਅਨੁਸਾਰ ਕਾਗਜ ਦੇ ਤਲ ਦੇ ਅੰਦਰ ਵਲ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 4.21 ਦੇਖੋ) ਕਿਉਂਕਿ **m** ਅਤੇ **B** ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਕੋਣ θ ਹੈ, ਸਮੀਕਰਨਾਂ (4.26) ਅਤੇ (4.27) ਨੂੰ ਸਿਰਫ ਇੱਕ ਵਿਅੰਜਕ ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

$$\tau = \mathbf{m} \times \mathbf{B} \qquad (4.29)$$

ਇਹ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਦੇ ਮਾਮਲੇ ਵਰਗਾ ਹੈ। (ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ **E** ਵਿਚ ਦੋ ਧਰੁਵੀ ਮੋਮੈਂਟ $\mathbf{p}_e$ ਦਾ ਬਿਜਲਈ ਦੋ ਧਰੁਵ).

$$\tau = \mathbf{p}_e \times \mathbf{E}$$

ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਸਮੀਕਰਨ (4.28) ਤੋਂ ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ, ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ $[AL^2]$ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਮਾਤਰਕ Am^2 ਹੈ।

ਸਮੀਕਰਨ (4.29) ਤੋਂ ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਜਦੋਂ **m** ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਜਾਂ ਪ੍ਰਤੀ ਸਮਾਂਤਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਟਾਰਕ τ ਲੁਪਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਕੁੰਡਲੀ ਤੇ ਟਾਰਕ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਤਾਂ ਇਹ ਸੰਤੁਲਿਤ ਅਵਸਥਾ ਵਲ ਇਸ਼ਾਰਾ ਕਰਦਾ ਹੈ (ਇਹ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ **m** ਦੀ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਤੇ ਵੀ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ)। ਜਦੋਂ **m** ਅਤੇ **B** ਸਮਾਂਤਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਸੰਤੁਲਿਤ ਅਵਸਥਾ ਸਥਾਈ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਕੁੰਡਲੀ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਵੀ ਘੁੰਮਣ ਗਤੀ ਹੋਣ ਤੇ ਇੱਕ ਟਾਰਕ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਇਸ ਘੁੰਮਣ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਟਾਰਕ ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੀ ਛੋਟੇ ਚੁੰਬਕੀ ਜਾਂ ਕੋਈ ਚੁੰਬਕੀ ਡਾਈਪੋਲ ਬਾਹਰੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਨਾਲ ਖੁਦ ਨੂੰ ਸਮਰੇਖਿਤ ਕਰ ਲੈਂਦਾ ਹੈ।

ਜੇ ਲੂਪ ਦੇ ਨੇੜੇ-ਨੇੜੇ ਜੁੜੇ ਹੋਏ N ਫੇਰੇ ਹਨ ਤਾਂ ਟਾਰਕ ਦੇ ਲਈ ਵਿਅੰਜਕ, ਸਮੀਕਰਨ (4.29) ਹੁਣ ਵੀ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਤਦ ਇਹ ਵਿਅੰਜਕ ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ

$$\mathbf{m} = N I \mathbf{A} \tag{4.30}$$

ਉਦਾਹਰਨ 4.11 10cm ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੀ ਕਿਸੇ ਕੁੰਡਲੀ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਨੇੜੇ-ਨੇੜੇ ਜੋੜੇ ਹੋਏ 100 ਫੇਰੇ ਹਨ, ਵਿੱਚ 3.2 A. ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ। (a) ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਕਿੰਨਾਂ ਹੈ? (b) ਇਸ ਕੁੰਡਲੀ ਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਕੀ ਹੈ?

ਇਹ ਕੁੰਡਲੀ ਖੜੇਦਾਅ ਉਪਰ ਵਾਲੇ ਤਲ ਵਿੱਚ ਰੱਖੀ ਹੈ ਅਤੇ ਕੋਈ ਖਿਤਿਜੀ ਧੁਰਾ ਜੋ ਉਸ ਦੇ ਵਿਆਸ ਦੇ ਸਮਰੇਖੀ ਹੋ ਦੇ ਆਲੇ ਦੁਆਲੇ ਘੁੰਮਣ ਗਤੀ ਕਰਨ ਲਈ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ 2T ਦਾ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਖਿਤਿਜੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੈ ਜੋ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੈ ਕਿ ਸ਼ੁਰੂ ਵਿੱਚ ਕੁੰਡਲੀ ਦਾ ਧੁਰਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੈ। ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਵਿੱਚ ਕੁੰਡਲੀ 90° ਦੇ ਕੋਣ ਤੇ ਘੁੰਮ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। (c) ਆਰੰਭਿਕ ਅਤੇ ਅੰਤਿਮ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਕੁੰਡਲੀ ਤੇ ਟਾਰਕ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਕੀ ਹਨ? (d) 90° ਤੇ ਘੁੰਮਣ ਦੇ ਬਾਦ ਕੁੰਡਲੀ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੋਣੀ ਚਾਲ ਕਿੰਨੀ ਹੈ? ਕੁੰਡਲੀ ਦਾ ਜੜਤਾ ਮੋਮੈਂਟ (moment of inertia) 0.1 kg m² ਹੈ।

ਹੱਲ—

(a) ਸਮੀਕਰਨ (4.16) ਤੋਂ

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2R}$$

ਇਥੇ $N = 100$; $I = 3.2$ A. ਅਤੇ $R = 0.1$ m. ਇਸ ਲਈ

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10^{2} \times 3.2}{2 \times 10^{-1}} = \frac{4 \times 10^{-5} \times 10}{2 \times 10^{-1}} \quad (\pi \times 3.2 = 10 \text{ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ})$$

$$= 2 \times 10^{-3} \text{ T}$$

B ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਅੰਗੂਠੇ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

(b) ਸਮੀਕਰਨ (4.30) ਤੋਂ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ

$$m = N I A = N I \pi r^2 = 100 \times 3.2 \times 3.14 \times 10^{-2} = 10 \text{ A m}^2$$

ਇਸ ਵਾਰ ਵੀ ਦਿਸ਼ਾ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਦੇ ਅੰਗੂਠੇ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

(c) $\tau = |\mathbf{m} \times \mathbf{B}|$ [ਸਮੀਕਰਨ (4.29) ਤੋਂ]

$$= mB \sin\theta$$

ਸ਼ੁਰੂ ਵਿਚ $\theta = 0$, ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਰੰਭਿਕ ਟਾਰਕ $\tau_i = 0$, ਅੰਤ ਵਿੱਚ $\theta = \pi/2$ (ਜਾਂ 90°) ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅੰਤਿਮ ਟਾਰਕ $\tau_f = m B = 10 \times 2 = 20$ N m.

(d) ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਤੋਂ

$$\mathcal{I} \frac{d\omega}{dt} = mB \sin\theta$$

ਜਿਥੇ $\mathcal{I}$ ਕੁੰਡਲੀ ਦਾ ਜੜਤਾ ਮੋਮੈਂਟ ਹੈ। ਲੜੀ ਨਿਯਮ (Chain rule) ਤੋਂ

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{d\omega}{d\theta}\frac{d\theta}{dt} = \frac{d\omega}{d\theta}\omega$$

ਇਸ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ

$$\mathcal{I}\, \omega\, d\omega = mB \sin\theta\, d\theta$$

ਉਦਾਹਰਨ 4.11

$\theta = 0$ to $\theta = \pi/2$ ਤੱਕ ਸਮਾਕਲਨ ਕਰਨ ਤੇ

$$\mathscr{I} \int_0^{\omega_f} \omega \, d\omega = mB \int_0^{\pi/2} \sin\theta \, d\theta$$

$$\mathscr{I} \frac{\omega_f^2}{2} = -mB\cos\theta \Big|_0^{\pi/2} = mB$$

$$\omega_f = \left(\frac{2mB}{\mathscr{I}}\right)^{1/2} = \left(\frac{2\times 20}{10^{-1}}\right)^{1/2} = 20 s^{-1}$$

ਉਦਾਹਰਨ 4.12

(a) ਕਿਸੇ ਚਿਕਣੇ ਖਿਤਿਜੀ ਤਲ ਤੇ ਕੋਈ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਲੂਪ ਰੱਖਿਆ ਹੈ। ਕੀ ਇਸ ਲੂਪ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਅਜਿਹਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਸਥਾਪਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਲੂਪ ਆਪਣੇ ਧੁਰੇ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਖੁਦ ਚੱਕਰ ਲਗਾਏ (ਅਰਥਾਤ ਖੜੇਦਾਅ ਧੁਰੇ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ)

(b) ਕੋਈ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਚੱਕਰ ਆਕਾਰ ਲੂਪ ਕਿਸੇ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਬਾਹਰੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤ ਹੈ। ਜੇ ਇਹ ਲੂਪ ਘੁੰਮਣ ਲਈ ਮੁਕਤ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਸ ਦੇ ਸਥਾਈ ਸੰਤੁਲਨ ਦੀ ਓਰੀਐਂਟੇਸ਼ਨ (Orientation) ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ। ਇਹ ਦਰਸਾਓ ਕਿ ਇਸ ਵਿੱਚ ਕੁੱਲ ਖੇਤਰ (ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ + ਲੂਪ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਖੇਤਰ) ਦਾ ਫਲਕਸ ਅਧਿਕਤਮ ਹੋਵੇਗਾ।

(c) ਬੇਤਰਤੀਬ ਆਕ੍ਰਿਤੀ ਦਾ ਕੋਈ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਲੂਪ ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤ ਹੈ। ਜੇ ਤਾਰ ਲਚਕੀਲਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਹ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਆਕ੍ਰਿਤੀ ਕਿਉਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਲੈਂਦਾ ਹੈ?

ਹੱਲ—

(a) ਨਹੀਂ, ਕਿਉਂਕਿ ਇਸ ਦੇ ਲਈ ਖੜੇਦਾਅ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਟਾਰਕ τ ਦੀ ਲੋੜ ਹੋਵੇਗਾ। ਪਰ $\tau = I\,\mathbf{A} \times \mathbf{B}$ ਅਤੇ ਕਿਉਂਕਿ ਖਿਤਿਜੀ ਲੂਪ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ ਸਦਿਸ਼ $\mathbf{A}$ ਖੜੇਦਾਅ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੈ, τ ਨੂੰ $\mathbf{B}$ ਦੇ ਕਿਸੇ ਮਾਨ ਦੇ ਲਈ ਲੂਪ ਦੇ ਤਲ ਵਿਚ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

(b) ਸਥਾਈ ਸੰਤੁਲਨ ਵਾਲੀ ਓਰੀਐਂਟੇਸ਼ਨ ਉਹ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿਚ ਲੂਪ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ ਸਦਿਸ਼ $\mathbf{A}$ ਬਾਹਰੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਓਰੀਐਂਟੇਸ਼ਨ ਵਿੱਚ ਲੂਪ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੀ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਦੋਨੋਂ ਖੇਤਰ ਲੂਪ ਦੇ ਤਲ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੋਣ ਦੇ ਕਾਰਨ ਕੁੱਲ ਖੇਤਰ ਦਾ ਅਧਿਕਤਮ ਫਲਕਸ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਦਾ ਹੈ।

(c) ਇਹ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਤਲ ਵਿੱਚ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਲੂਪ ਦਾ ਰੂਪ ਇਸ ਲਈ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਲੈਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਕਿ ਇਸ ਵਿੱਚੋਂ ਹੋ ਕੇ ਅਧਿਕਤਮ ਫਲਕਸ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਸਕੇ। ਕਿਉਂਕਿ ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਘੇਰੇ ਲਈ ਚੱਕਰ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ ਕਿਸੇ ਵੀ ਹੋਰ ਆਕ੍ਰਿਤੀ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਅਧਿਕਤਮ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 4.12

4.10.2 ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੂਪ ਚੁੰਬਕੀ ਡਾਈਪੋਲ (Circular current loop as a magnetic dipole)

ਇਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਮੁਢਲੇ ਚੁੰਬਕੀ ਤੱਤ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੂਪ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਵਿਚਾਰ ਕਰਾਂਗੇ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਦਰਸਾਵਾਂਗੇ ਕਿ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੂਪ ਦੇ ਕਾਰਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ (ਵੱਧ ਦੂਰੀਆਂ ਤੇ) ਦਾ ਵਿਵਹਾਰ ਬਿਜਲੀ ਡਾਈਪੋਲ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਨਾਲ ਬਹੁਤ ਹਦ ਤਕ ਮੇਲ ਖਾਂਦਾ ਹੈ। ਸੈਕਸ਼ਨ 4.6 ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ R ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੇ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਲੂਪ ਜਿਸ ਵਿੱਚੋਂ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਦੇ ਕਾਰਨ ਲੂਪ ਦੇ ਧੁਰੇ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਮੁਲਾਂਕਨ ਕੀਤਾ ਸੀ। ਇਸ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ [(ਸਮੀਕਰਨ (4.15)],

$$B = \frac{\mu_0 I R^2}{2\left(x^2 + R^2\right)^{3/2}}$$

ਅਤੇ ਇਸ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਸੀ ਜਿਸ ਨੂੰ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਦੇ ਅੰਗੂਠਾ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ

ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਸੀ (ਚਿੱਤਰ 4.12)। ਇਥੇ x ਲੂਪ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੋਂ ਉਸਦੇ ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਦੂਰੀ ਹੈ। ਜੇ $x >> R$ ਹੈ, ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਉਪਰੋਕਤ ਵਿਅੰਜਕ ਦੇ ਹਰ ਵਿੱਚ R^2 ਦੀ ਉਪੇਖਿਆ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ

$$B = \frac{\mu_0 R^2}{2x^3}$$

ਧਿਆਨ ਦਿਉ ਲੂਪ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ $A = \pi R^2$, ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ

$$B = \frac{\mu_0 IA}{2\pi x^3}$$

ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਪਹਿਲਾਂ ਅਸੀਂ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ $\mathbf{m}$ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ

$\mathbf{m} = I\,\mathbf{A}$ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਸੀ

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 \mathbf{m}}{2\pi x^3}$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\mathbf{m}}{x^3} \qquad [4.31(a)]$$

ਸਮੀਕਰਨ [4.31(a)] ਦਾ ਇਹ ਵਿਅੰਜਕ ਕਿਸੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲਈ ਡਾਈਪੋਲ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲਈ ਪਹਿਲਾਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੇ ਜਾ ਚੁਕੇ ਵਿਅੰਜਕ ਨਾਲ ਕਾਫੀ ਮੇਲ ਖਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਸਮਾਨਤਾ ਨੂੰ ਦੇਖਣ ਲਈ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਤਿਸਥਾਪਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ

$\mu_0 \to 1/\varepsilon_0$

$\mathbf{m} \to \mathbf{p}_e$ (ਸਥਿਰ ਬਿਜਲਈ ਡਾਈਪੋਲ)

$\mathbf{B} \to \mathbf{E}$ (ਸਥਿਰ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ)

ਤਾਂ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ,

$$\mathbf{E} = \frac{2\mathbf{p}_e}{4\pi\varepsilon_0 x^3}$$

ਜੋ ਕਿ ਯਥਾਰਥ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਡਾਈਪੋਲ ਦਾ ਉਸਦੇ ਧੁਰੇ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਹੈ। ਇਸ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਪਾਠ 1 ਸੈਕਸ਼ਨ 1.10 [ਸਮੀਕਰਨ (1.20)] ਵਿੱਚ ਅਧਿਐਨ ਕੀਤਾ ਸੀ।

ਇਹ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਉਪਰੋਕਤ ਦ੍ਰਿਸ਼ਟਾਂਤ ਨੂੰ ਅੱਗੇ ਵੀ ਲੈ ਜਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਸੀ ਕਿ ਡਾਈਪੋਲ ਦੇ ਲੰਬ ਸਮਦੋਭਾਜਕ (perpendicular bisector) ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ (ਸਮੀਕਰਨ (1.21) ਦੇਖੋ]

$$\mathbf{E} \approx \frac{\mathbf{p}_e}{4\pi\varepsilon_0 x^3}$$

ਇਥੇ x ਡਾਈਪੋਲ ਤੋਂ ਦੂਰੀ ਹੈ। ਜੇ ਅਸੀਂ ਉਪਰੋਕਤ ਸੰਬੰਧ ਵਿੱਚ $\mathbf{p} \to \mathbf{m}$ ਅਤੇ $\mu_0 \to 1/\varepsilon_0$ ਨਾਲ ਪ੍ਰਤਿਸਥਾਪਿਤ ਕਰੀਏ ਤਾਂ ਅਸੀਂ *ਲੂਪ ਦੇ ਤਲ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ* ਜਿਸ ਦੀ ਕੇਂਦਰ ਤੋਂ ਦੂਰੀ x ਹੈ, ਦੇ ਲਈ $\mathbf{B}$ ਦੇ ਪਰਿਣਾਮ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ। $x >> R$ ਦੇ ਲਈ

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{\mathbf{m}}{x^3}; \qquad x >> R \qquad [4.31(b)]$$

ਕਿਸੇ *ਬਿੰਦੂ ਚੁੰਬਕੀ ਡਾਈਪੋਲ* ਦੇ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨਾਂ [4.31(a)] ਅਤੇ [4.31(b)] ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪਰਿਣਾਮ ਯਥਾਰਥ ਬਣ ਜਾਂਦੇ ਹਨ

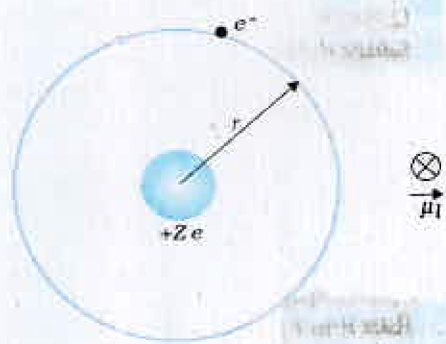
ਉਪਰੋਕਤ ਪਰਿਣਾਮ ਕਿਸੇ ਵੀ ਸਮਤਲ ਲੂਪ ਤੇ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦੇ ਦਰਸਾਏ ਜਾ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਸਮਤਲ

ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੂਪ ਕਿਸੇ ਚੁੰਬਕੀ ਡਾਈਪੋਲ ਦੇ ਤੁੱਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ $\mathbf{m} = I\mathbf{A}$, ਹੈ। ਜੋ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਡਾਈਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ $\mathbf{p}$ ਦੇ ਸਦ੍ਰਿਸ਼ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਓ, ਇਨਾ ਹੁੰਦੇ ਹੋਏ ਵੀ ਇੱਕ ਮੂਲ ਅੰਤਰ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਕੋਈ ਬਿਜਲਈ ਡਾਈਪੋਲ ਦੋ ਮੂਲ ਇਕਾਈਆਂ- ਚਾਰਜਾਂ (ਜਾਂ ਬਿਜਲੀ ਮੋਨੋਪੋਲ) ਤੋਂ ਮਿਲਕੇ ਬਣਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਕਿ ਚੁੰਬਕਤਾ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਚੁੰਬਕੀ ਡਾਈਪੋਲ (ਜਾਂ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੂਪ) ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਹੀ ਮੂਲ ਤੱਤ ਹੈ। ਚੁੰਬਕਤਾ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਸਮਤੁੱਲ ਜਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਇੱਕ ਧਰੁਵਾਂ ਦੀ ਹੋਂਦ ਅਜੇ ਤੱਕ ਨਹੀਂ ਸਾਬਿਤ ਹੋਈ ਹੈ।

ਅਸੀਂ ਇਹ ਦਰਸਾਇਆ ਕਿ ਕੋਈ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੂਪ (i) ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 4.12 ਦੇਖੋ) ਅਤੇ ਵੱਧ ਦੂਰੀਆਂ ਤੇ ਇੱਕ ਚੁੰਬਕੀ ਡਾਈਪੋਲ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਵਹਾਰ ਕਰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ (ii) ਤੇ ਇੱਕ ਟਾਰਕ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਚੁੰਬਕੀ ਸੂਈ। ਇਸ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਐਮਪੀਅਰ ਨੇ ਇਹ ਸੁਝਾਅ ਦਿੱਤਾ ਸੀ ਕਿ ਸਮੂਚੀ ਚੁੰਬਕਤਾ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਕਰੰਟ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੈ। ਇਹ ਅੰਸ਼ਿਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸੱਚ ਪ੍ਰਤੀਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਹੁਣ ਤੱਕ ਕੋਈ ਵੀ ਚੁੰਬਕੀ ਇਕ ਧਰੁਵ ਨਹੀਂ ਦੇਖਿਆ ਜਾ ਸਕਿਆ ਹੈ। ਬੇਸ਼ਕ ਮੂਲ ਕਣ ਜਿਵੇਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਜਾਂ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦੇ ਵੀ ਨਿਜੀ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਹਨ ਜੋ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਨਹੀਂ ਹਨ।

4.10.3 ਪਰਕਰਮਾ ਕਰਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਡਾਈਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ (The magnetic dipole moment of a revolving electron)

ਪਾਠ 12 ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਅਧਿਐਨ ਕਰਾਂਗੇ। ਸ਼ਾਇਦ ਤੁਸੀਂ ਇਸ ਮਾਡਲ ਬਾਰੇ ਸੁਣਿਆ ਹੋਵੇਗਾ। ਜਿਸ ਨੂੰ ਡੇਨਮਾਰਕ ਦੇ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਨੀਲ ਬੋਹਰ (Niels Bohr) ਨੇ ਸਾਲ 1911 ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਸਤਾਵਿਤ ਕੀਤਾ ਸੀ ਅਤੇ ਜੋ ਨਵੇਂ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੀ ਯੰਤਰਿਕੀ ਜਿਸ ਨੂੰ ਕਵਾਂਟਮ ਯੰਤਰਿਕੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਦੇ ਲਈ ਮੀਲ ਦਾ ਪੱਥਰ ਸੀ। ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (ਇਕ ਰਿਣ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ) ਕਿਸੇ ਧਨ ਚਾਰਜਿਤ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰੋਂ ਪਾਸੇ ਠੀਕ ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪਰਕਰਮਾ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕੋਈ ਗ੍ਰਹਿ ਸੂਰਜ ਦੀ ਪਰਕਰਮਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਮਾਮਲੇ ਵਿੱਚ ਬਲ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ (ਕੂਲਾਮ ਬਲ) ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਸੂਰਜ ਗ੍ਰਹਿ ਮਾਮਲੇ ਵਿੱਚ ਇਹ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 4.23 ਵਿੱਚ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 4.23 ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਵਰਗੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਵਿੱਚ ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਵਾਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਧਨ ਚਾਰਜ ($+Z\,e$) ਦੇ ਚਾਰੋਂ ਪਾਸੇ ਇਕ-ਸਮਾਨ ਚਾਲ ਨਾਲ ਘੁੰਮ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਇਕ ਸਮਾਨ ਚੱਕਰੀ ਗਤੀ ਇੱਕ ਕਰੰਟ ਲੂਪ ਬਣਾਉਂਦੀ ਹੈ। ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਕਾਗਜ਼ ਦੇ ਤਲ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਅੰਦਰ ਵਲ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ ਵਖਰੇ ਚਿੰਨ੍ਹ ⊗ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਕਿਸੇ ਸਥਿਰ ਭਾਰੀ ਨਾਭਿਕ ਜਿਸਦਾ ਚਾਰਜ $+Ze$ ਹੈ, ਦੇ ਚਾਰੋਂ ਪਾਸੇ $(-e)$ ਚਾਰਜ ਦਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ($e = +\,1.6 \times 10^{-19}$ C) ਇਕਸਮਾਨ ਚੱਕਰੀ ਗਤੀ ਕਰਦਾ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤੋਂ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I ਬਣਦਾ ਹੈ। ਇਥੇ

$$I = \frac{e}{T} \tag{4.32}$$

ਇਥੇ T ਪਰਕਰਮਾ ਵਿੱਚ ਲਗਿਆ ਆਵਰਤ ਕਾਲ ਹੈ। ਜੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਕਕਸ਼ਾ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ r ਅਤੇ ਕਕਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਇਸ ਦੀ ਚਾਲ v ਹੈ, ਤਾਂ

$$T = \frac{2\pi r}{v} \tag{4.33}$$

ਸਮੀਕਰਨ ਵਿਚ T ਦਾ ਮਾਨ ਪ੍ਰਤਿਸਥਾਪਤ ਕਰਨ ਤੇ $I = ev/2\pi r$.

ਇਸ ਘੁੰਮਣ ਵਾਲੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੇ ਨਾਲ ਇੱਕ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਸੰਬੰਧਤ ਹੋਵੇਗਾ ਜਿਸ ਨੂੰ ਆਮ ਕਰਕੇ μ_l ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਗਟ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਸਮੀਕਰਨ (4.28) ਵਿੱਚ ਇਸ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਹੈ $\mu_l = I\pi r^2 = evr/2$.

ਚਿੱਤਰ 4.23. ਵਿੱਚ ਇਸ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਕਾਗਜ਼ ਦੇ ਤਲ ਵਿੱਚ ਅੰਦਰ ਵਲ ਹੈ। [ਇਸ ਪਰਿਣਾਮ ਤੇ ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਵਰਣਨ ਕੀਤੇ ਜਾ ਚੁੱਕੇ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਨਿਯਮ ਅਤੇ ਇਸ ਤੱਥ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਪਹੁੰਚੇ ਹਾਂ ਕਿ ਰਿਣ ਚਾਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਐਂਟੀਕਲਾਕਵਾਈਜ ਗਤੀ ਕਰ ਰਿਹਾ ਹੈ ਜਿਸ ਦੇ ਨਤੀਜੇ

ਵਜੋਂ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਕਲਾਕਵਲਾਈਜ਼ ਹੈ।] ਉਪਰੋਕਤ ਵਿਅੰਜਕ ਦੇ ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਨੂੰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਪੁੰਜ m_e ਨਾਲ ਗੁਣਾ ਅਤੇ ਭਾਗ ਕਰਨ ਤੇ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$\mu_l = \frac{e}{2m_e}(m_e v r)$$

$$= \frac{e}{2m_e} l \qquad [4.34(a)]$$

ਇਥੇ, l ਕੇਂਦਰੀ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਆਲੇ ਦੁਆਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਹੈ। ਸਦਿਸ਼ ਰੂਪ ਵਿੱਚ

$$\boldsymbol{\mu}_l = -\frac{e}{2m_e}\mathbf{l} \qquad [4.34(b)]$$

ਇਥੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਚਿੰਨ੍ਹ ਇਥੇ ਇਹ ਸੰਕੇਤ ਦਿੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਉਲਟ ਹੈ। ਜੇ ਅਸੀਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (ਜਿਸ ਤੇ ਚਾਰਜ (e) ਹੈ) ਦੇ ਸਥਾਨ ਤੇ ($+q$) ਚਾਰਜ ਦਾ ਕੋਈ ਕਣ ਲਿਆ ਹੁੰਦਾ ਤਾਂ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਦੋਨੋ ਇੱਕ ਹੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਅਨੁਪਾਤ

$$\frac{\mu_l}{l} = \frac{e}{2m_e} \qquad (4.35)$$

ਇਸ ਨੂੰ *ਜਾਈਰੋਮੈਗਨੇਟਿਕ ਅਨੁਪਾਤ (gyromagnetic ratio)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਹ ਇੱਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਲਈ ਇਸ ਅਨੁਪਾਤ ਦਾ ਮਾਨ 8.8×10^{10} C /kg ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਸਿੱਧ ਕੀਤਾ ਜਾ ਚੁੱਕਾ ਹੈ।

ਇਹ ਤੱਥ ਕਿ ਪਰਮਾਣਵੀ ਪੱਧਰ ਤੱਕ ਵੀ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਮੌਜੂਦ ਹੈ ਪਰਮਾਣਵੀ ਮੋਮੈਂਟ ਸੰਬੰਧੀ ਐਮਪੀਅਰ ਦੀ ਸਾਹਸੀ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਦੀ ਪੁਸ਼ਟੀ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ, ਇਹ ਪਦਾਰਥਾਂ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਗੁਣਾਂ ਨੂੰ ਚੰਗੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਪਸ਼ਟ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਸਹਾਇਕ ਹੈ। ਕੀ ਅਸੀਂ ਉਸ ਪਰਮਾਣਵੀ ਡਾਈਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਨੂੰ ਕੋਈ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਮਾਨ ਦੇ ਸਕਦੇ ਹਾਂ? ਇਸ ਦਾ ਉੱਤਰ ਹੈ- ਹਾਂ। ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ ਦੇ ਘੇਰੇ ਵਿੱਚ ਅਜਿਹਾ ਕੀਤਾ ਜਾਣਾ ਸੰਭਵ ਹੈ। ਬੋਹਰ ਨੇ ਇਹ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਕੀਤੀ ਸੀ ਕਿ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਇੱਕ ਡਿਸਕ੍ਰੀਟ ਮਾਨਾਂ ਦਾ ਸਮੂਹ ਹੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਅਰਥਾਤ

$$l = \frac{nh}{2\pi} \qquad (4.36)$$

ਇਥੇ n ਇੱਕ ਪ੍ਰਕਿਰਤਕ ਸੰਖਿਆ, n = 1, 2, 3, ... ਅਤੇ h ਇੱਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਵਿਗਿਆਨੀ ਮੈਕਸ ਪਲਾਂਕ ਦੇ ਨਾਮ ਤੇ (ਪਲਾਂਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਦਾ ਮਾਨ $h = 6.626 \times 10^{-34}$ J s ਹੈ। ਕੋਣੀ ਵੇਗ ਦੀ ਡਿਸਕ੍ਰੀਟਨੇਸ ਸੰਬੰਧੀ ਸ਼ਰਤ ਨੂੰ *ਬੋਹਰ ਕਵਾਂਟੀਕਰਨ ਸ਼ਰਤ (Bohr quantisation condition)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਪਾਠ 12 ਵਿੱਚ ਵਿਸਤਾਰ ਵਿੱਚ ਚਰਚਾ ਕਰਾਂਗੇ। ਇਥੇ ਸਾਡਾ ਉਦੇਸ਼ ਸਿਰਫ ਮੁਢਲੇ ਡਾਈਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਇਸ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨੀ ਹੈ। $n = 1$ ਲੈਣ ਤੇ ਸਮੀਕਰਨ (4.34) ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ,

$$(\mu_l)_{min} = \frac{e}{4\pi m_e}h$$

$$= \frac{1.60 \times 10^{-19} \times 6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 9.11 \times 10^{-31}}$$

$$= 9.27 \times 10^{-24}\ \mathrm{Am^2} \qquad (4.37)$$

Conversion of galvanometer into ameter and voltmeter:
ਗੈਲਵੈਨੋਮੀਟਰ ਦਾ ਐਮੀਟਰ ਜਾਂ ਵੋਲਟਮੀਟਰ ਵਿਚ ਰੂਪਾਂਤਰ
www.citycollegiate.com/galvanometer_XIIa.htm

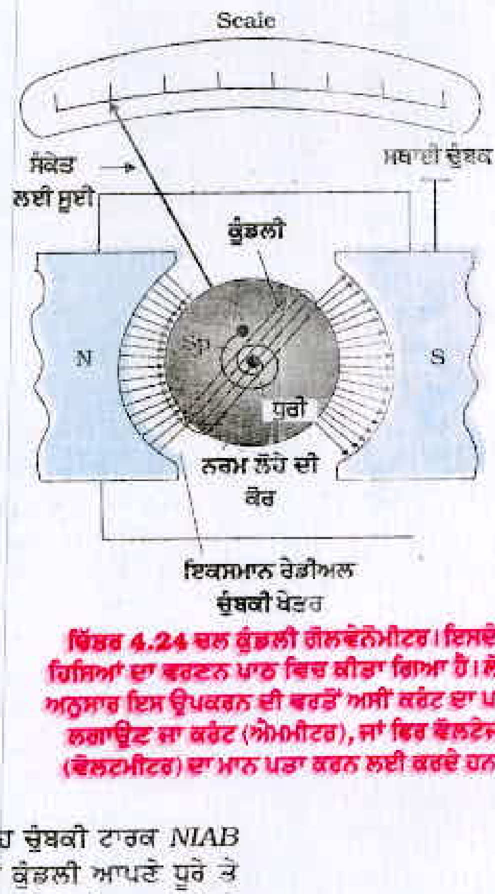
PHYSICS

ਇਥੇ ਪੈਰ ਵਿੱਚ ਲਿਖੇ min ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਲਈ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ। ਇਸ ਨਿਊਨਤਮ ਮਾਨ ਨੂੰ *ਬੋਹਰ ਮੈਗਨੇਟਾਨ (Bohr magneton)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚੱਕਰੀ ਗਤੀ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਹਰੇਕ ਚਾਰਜ ਦੇ ਕੋਲ ਕੋਈ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੀ ਸੰਬੰਧਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਸਮੀਕਰਨ (4.34) ਦੇ ਸਮਾਨ ਕਿਸੇ ਵਿਅੰਜਕ ਨਾਲ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਡਾਈਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਨੂੰ *ਆਰਬੀਟਲ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ (orbital magnetic moment)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ μ_l ਵਿੱਚ ਪੈਰ ਵਿਚ '*l*' ਲਗਿਆ ਹੈ। ਆਰਬੀਟਲ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਇੱਕ ਨਿਜੀ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਵੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਦਾ ਅੰਕਿਕ ਮਾਨ ਉਹੀ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਸਮੀਕਰਨ (4.37) ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਮੋਮੈਂਟ ਨੂੰ *ਸਪਿਨ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ (spin magnetic moment)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਪਰੰਤੂ ਅਸੀਂ ਜਲਦੀ ਹੀ ਇਹ ਸਪਸ਼ਟ ਕਰ ਦੇਣਾ ਚਾਹੁੰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਇਸ ਦਾ ਇਹ ਅਰਥ ਨਹੀਂ ਹੈ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਘੁੰਮਣ ਗਤੀ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਇੱਕ ਮੂਲ ਕਣ ਹੈ ਅਤੇ ਘੁੰਮਦੇ ਹੋਏ ਲਾਟੂ (top) ਜਾਂ ਧਰਤੀ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਸ ਦਾ ਆਪਣਾ ਕੋਈ ਘੁੰਮਣ ਧੁਰਾ ਨਹੀਂ ਹੈ ਜਿਸ ਤੇ ਇਹ ਘੁੰਮ ਸਕੇ। ਇਨਾ ਹੋਣ ਤੇ ਵੀ ਇਸ ਦਾ ਇੱਕ ਨਿਜੀ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਲੋਹੇ ਅਤੇ ਹੋਰ ਚੁੰਬਕੀ ਪਦਾਰਥਾਂ ਵਿੱਚ ਚੁੰਬਕਨ ਦੀਆਂ ਸੂਖਮ ਜੜ੍ਹਾਂ ਇਸੇ ਨਿਜੀ ਸਪਿਨ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਵਿੱਚੋਂ ਨਿਕਲਦੀਆਂ ਪ੍ਰਤੀਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ।

4.11 ਚਲ ਕੁੰਡਲੀ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ (THE MOVING COIL GALVANOMETER)

ਪਾਠ 3 ਦੇ ਤਹਿਤ ਬਿਜਲੀ ਸਰਕਟਾਂ ਵਿੱਚ ਵਗਦੇ ਕਰੰਟਾਂ ਅਤੇ ਵੋਲਟੇਜਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਵਿਸਤਾਰ ਨਾਲ ਚਰਚਾ ਕੀਤੀ ਜਾ ਚੁੱਕੀ ਹੈ। ਪਰ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਮਾਪਦੇ ਹਾਂ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਹਿ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ 1.5 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ ਜਾਂ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧਕ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਵਿੱਚ 1.2 V ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 4.24 ਵਿੱਚ ਇਸੇ ਉਦੇਸ਼ ਲਈ ਵਰਤਿਆ ਜਾਣ ਵਾਲਾ ਉਪਯੋਗੀ ਉਪਕਰਣ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ *ਚਲ ਕੁੰਡਲੀ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ (moving coil galvanometer* – MCG) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਇੱਕ ਅਜਿਹੀ ਯੁਕਤੀ ਹੈ ਜਿਸ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤ ਨੂੰ ਸਾਡੇ ਦੁਆਰਾ ਸੈਕਸ਼ਨ 4.10 ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਗਈ ਚਰਚਾ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਸਮਝਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 4.24 ਚਲ ਕੁੰਡਲੀ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ। ਇਸਦੇ ਹਿੱਸਿਆਂ ਦਾ ਵਰਣਨ ਪਾਠ ਵਿਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਲੋੜ ਅਨੁਸਾਰ ਇਸ ਉਪਕਰਨ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਅਸੀਂ ਕਰੰਟ ਦਾ ਪਤਾ ਲਗਾਉਣ ਜਾ ਕਰੰਟ (ਐਮੀਟਰ), ਜਾਂ ਫਿਰ ਵੋਲਟੇਜ (ਵੋਲਟਮੀਟਰ) ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਕਰਦੇ ਹਨ।

ਚਲ ਕੁੰਡਲੀ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਇਕਸਮਾਨ ਅਰਧ ਵਿਆਸ (ਰੇਡੀਅਲ, radial) ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਧੁਰੇ ਤੇ ਘੁੰਮਣ ਗਤੀ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਅਨੇਕ ਫੇਰਿਆਂ ਵਾਲੀ ਇੱਕ ਕੁੰਡਲੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। (ਚਿੱਤਰ 4.24)। ਇਸ ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ ਅੰਦਰ ਇੱਕ ਵੇਲਨ ਅਕਾਰ ਨਰਮ ਲੋਹੇ ਦੀ ਕੋਰ ਜੋ ਸਿਰਫ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਰੇਡੀਅਲ ਹੀ ਨਹੀਂ ਬਣਾਉਂਦਾ ਬਲਕਿ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਪ੍ਰਬਲਤਾ ਵਿੱਚ ਵੀ ਵਾਧਾ ਕਰ ਦਿੰਦੀ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਇਸ ਕੁੰਡਲੀ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਸ ਤੇ ਇੱਕ ਟਾਰਕ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਨ (4.26) ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਇਸ ਟਾਰਕ τ ਦਾ ਮਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$\tau = NI\,AB$$

ਇਥੇ, ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਕਾਂ ਦੇ ਆਪਣੇ ਸਾਧਾਰਨ ਅਰਥ ਹਨ। ਕਿਉਂਕਿ ਡਿਜਾਈਨ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਰੇਡੀਅਲ ਹੈ, ਅਸੀਂ ਟਾਰਕ ਦੇ ਲਈ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਉਪਰੋਕਤ ਵਿਅੰਜਕ ਵਿੱਚ $\sin\theta = 1$ ਲਿਆ ਹੈ। ਇਹ ਚੁੰਬਕੀ ਟਾਰਕ $NIAB$ ਕੁੰਡਲੀ ਵਿੱਚ ਘੁੰਮਣ ਦੀ ਪ੍ਰਵਿਰਤੀ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਕੁੰਡਲੀ ਆਪਣੇ ਧੁਰੇ ਤੇ ਘੁੰਮਣ ਗਤੀ ਕਰ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਕੁੰਡਲੀ ਨਾਲ ਜੁੜੀ ਕਮਾਨੀ S_p ਵਿੱਚ ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ ਘੁੰਮਣ ਗਤੀ ਦੇ ਵਿਰੋਧ ਵਿੱਚ ਟਾਰਕ $k\phi$ ਪੈਦਾ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜੋ ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ ਟਾਰਕ $NIAB$ ਨੂੰ ਸੰਤੁਲਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ;

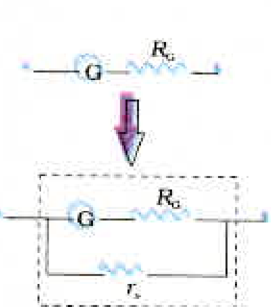
ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਕੁੰਡਲੀ ਵਿੱਚ ϕ ਕੋਣ ਦਾ ਸਥਾਈ ਕੋਣੀ ਵਿਖੇਪ ਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਸੰਤੁਲਿਤ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ

$$k\phi = NI\,AB$$

ਜਿਥੇ k ਕਮਾਨੀ ਦਾ ਟੋਰਜਨਲ (torsional, ਏਂਠਨ ਜਾਂ ਵਟ) ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ, ਅਰਥਾਤ ਰਿਸਟੋਰਿੰਗ ਟਾਰਕ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਟਵਿਸਟ (Restoring torque per unit twist) ਹੈ। ਵਿਖੇਪ ϕ ਦੀ ਪੜ੍ਹਤ (reading) ਕਮਾਨੀ ਨਾਲ ਜੁੜੀ ਸੰਕੇਤਕ ਸੂਈ ਦੁਆਰਾ ਸਕੇਲ ਤੇ ਲਈ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਉਪਰੋਕਤ ਵਿਅੰਜਕ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ϕ ਦਾ ਮਾਨ ਹੈ

$$\phi = \left(\frac{NAB}{k}\right) I \qquad (4.38)$$

ਬ੍ਰੈਕਟ ਦੀ ਰਾਸ਼ੀ ਦਾ ਮਾਨ ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਦੇ ਲਈ ਇੱਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਅੰਕ ਹੈ। ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਨਾਲ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਇੱਕ ਸੰਸੂਚਕ (detector) ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਹ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ ਜਾਂ ਨਹੀਂ। ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਅਸੀਂ ਵਹੀਟਸਟੋਨ ਬਰੀਜ਼ ਵਿਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਸੀ। ਜਦੋਂ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਸੰਸੂਚਕ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ ਇਸ ਦੀ ਸੰਕੇਤਕ ਸੂਈ ਸੰਤੁਲਤ ਅਵਸਥਾ (ਜ਼ੀਰੋ ਵਿਖੇਪ ਸਥਿਤੀ ਜਾਂ ਜਦੋਂ ਕੁੰਡਲੀ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ) ਸਕੇਲ ਦੇ ਵਿੱਚ ਕਾਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਨਾ ਕਿ ਖੱਬੇ ਪਾਸੇ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਚਿੱਤਰ 4.24 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਦੀ ਸੰਕੇਤਕ ਸੂਈ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਅਨੁਸਾਰ ਸੱਜੇ ਜਾਂ ਖੱਬੇ ਵਲ ਵਿਖੇਪਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।



ਐਮਮੀਟਰ

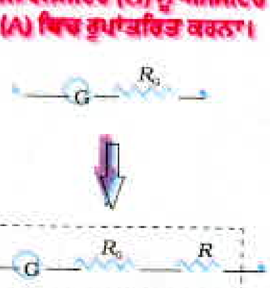
ਚਿੱਤਰ 4.25 ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਹੀ ਘੱਟ ਮਾਨ ਦਾ ਸ਼ੰਟ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ r_s ਸਮਾਂਤਰ ਵਿਚ ਲਗਾ ਕੇ ਕਿਸੇ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ (G) ਨੂੰ ਐਮਮੀਟਰ (A) ਵਿਚ ਰੂਪਾਂਤਰਿਤ ਕਰਨਾ।

ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਿਸੇ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ਮਾਪਣ ਦੇ ਲਈ ਐਮਮੀਟਰ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਦੇ। ਇਸ ਦੇ ਦੋ ਕਾਰਨ ਹਨ (i) ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਹੀ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲ (sensitive) ਯੁਕਤੀ ਹੈ, ਇਹ μA ਆਰਡਰ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੇ ਲਈ ਪੂਰਣ ਪੈਮਾਨਾ ਵਿਖੇਪ ਦਿੰਦਾ ਹੈ (ii) ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ਮਾਪਣ ਲਈ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਨੂੰ ਸਰਕਟ ਵਿਚ ਲੜੀਵੱਧ ਢੰਗ ਨਾਲ ਜੋੜਨਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਇਸ ਦਾ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ ਵੱਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ ਵੱਗਦੇ ਕਰੰਟ ਦੇ ਮਾਨ ਨੂੰ ਬਦਲ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਪਰੇਸ਼ਾਨੀ ਨੂੰ ਦੂਰ ਕਰਨ ਲਈ ਇੱਕ ਘੱਟ ਮਾਨ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ r_s ਜਿਸ ਨੂੰ ਸ਼ੰਟ *(shunt)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਦੀ ਕੁੰਡਲੀ ਨਾਲ ਸਮਾਂਤਰ ਵਿੱਚ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਧੇਰੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਇਸ ਵਿਚੋਂ ਹੀ ਲੰਘ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਵਿਵਸਥਾ ਦਾ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ ਹੇਠ ਅਨੁਸਾਰ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ-

$$R_G\, r_s \,/\, (R_G + r_s) \;\simeq\; r_s \qquad \text{if} \quad R_G >> r_s$$

ਜੇ ਸਰਕਟ ਦੇ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ R_c ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ r_s ਦਾ ਮਾਨ ਘੱਟ ਹੈ ਤਾਂ ਮਾਪਕ ਯੰਤਰ ਨੂੰ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ ਜੋੜਨ ਦਾ ਪ੍ਰਭਾਵ ਵੀ ਘੱਟ ਹੋਵੇਗਾ। ਜਿਸਦੀ ਉਪੇਖਿਆ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਵਿਵਸਥਾ ਦਾ ਇੱਕ ਯੋਜਨਾ ਆਰੇਖ ਚਿੱਤਰ 4.25 ਵਿਚ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਬਣੇ ਐਮਮੀਟਰ ਦੇ ਪੈਮਾਨੇ ਦਾ ਅੰਸ਼ ਅੰਕਨ ਕਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਕਿ ਸੌਖਿਆਂ ਕਰੰਟ ਦਾ ਮਾਨ ਪੜਿਆ ਜਾ ਸਕੇ। ਐਮਮੀਟਰ ਦੀ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲਨਾ ਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਅਸੀਂ ਵਿਖੇਪ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਕਰੰਟ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਸਮੀਕਰਨ (4.38) ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਕਰੰਟ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲਨਾ (Current sensitivity) ਹੈ,

$$\frac{\phi}{I} = \frac{NAB}{k} \qquad (4.39)$$



ਵੋਲਟਮੀਟਰ

ਚਿੱਤਰ 4.26 ਲੜੀਵਾਰ ਢੰਗ ਨਾਲ ਇੱਕ ਵੱਡੀ ਮੁੱਲ ਦੇ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ R ਨੂੰ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ (G) ਨਾਲ ਜੋੜ ਕੇ ਵੋਲਟਮੀਟਰ (V) ਵਿਚ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਕਰਨਾ।

ਕਿਸੇ ਵੀ ਉਤਪਾਦਕ ਦੇ ਲਈ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਦੀ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲਨਾ ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਕਰਨ ਦਾ ਸਰਲ ਉਪਾਅ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਉਹ ਕੁੰਡਲੀ ਵਿਚ ਫੇਰਿਆਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ N ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਕਰ ਦੇਦਾਂ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਆਪਣੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੀ ਲੋੜ ਅਨੁਸਾਰ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਦੀ ਚੋਣ ਕਰਦੇ ਹਾਂ।

ਕਰੰਟਮਾਪਕ ਯੰਤਰ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਸਰਕਟ ਦੇ ਕਿਸੇ ਅੰਸ਼ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਵਿੱਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਵੋਲਟੇਜ ਮਾਪਕ ਯੰਤਰ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਉਦੇਸ਼ ਦੇ ਲਈ ਇਸ ਨੂੰ ਸਰਕਟ ਦੇ ਉਸ ਅੰਸ਼ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਵਿੱਚ ਲਗਾਉਣਾ ਹੋਵੇਗਾ। ਅਤੇ ਫਿਰ, ਇਸ ਵਿੱਚੋਂ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਕਰੰਟ ਲੰਘਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ, ਨਹੀਂ ਤਾਂ ਵੋਲਟੇਜ ਦਾ ਮਾਪ, ਮੂਲ ਵਿਵਸਥਾ ਨੂੰ ਬੁਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਕਰ ਦੇਵੇਗਾ। ਆਮ

ਕਰਕੇ ਅਸੀਂ ਮਾਪਕ ਯੰਤਰਾਂ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਡਿਸਟਰਬੈਂਸ ਨੂੰ ਇੱਕ ਪ੍ਰਤਿਸ਼ਤ ਤੋਂ ਘੱਟ ਰਖਦੇ ਹਨ। ਮਾਪ ਦੀ ਸ਼ੁਧਤਾ ਨੂੰ ਬਣਾਈ ਰੱਖਣ ਲਈ, ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਦੇ ਲੜੀਵਧ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਵੱਡਾ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ R ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਵਿਵਸਥਾ ਦਾ ਯੋਜਨਾ ਆਰੇਖ ਚਿੱਤਰ 4.26 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕਿ ਹੁਣ ਵੋਲਟਮੀਟਰ ਦਾ ਕੁੱਲ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ,

$R_G + R \simeq R$: ਅਰਥਾਤ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹੈ।

ਵੋਟਮੀਟਰ ਦੀ ਸਕੇਲ ਦਾ ਅੰਸ਼ ਅੰਕਨ ਕਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾ ਕਿ ਸੰਖਿਆਂ ਵੋਲਟੇਜ ਦਾ ਮਾਨ ਪੜ੍ਹਿਆ ਜਾ ਸਕੇ। ਕਿਸੇ ਵੋਲਟਮੀਟਰ ਦੀ ਵੋਲਟੇਜ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲਤਾ ਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਅਸੀਂ ਵਿਖੇਪ ਪ੍ਰਤਿ ਇਕਾਈ ਵੋਲਟੇਜ ਨਾਲ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਸਮੀਕਰਨ (4.38) ਤੋਂ

$$\frac{\phi}{V} = \left(\frac{NAB}{k}\right)\frac{I}{V} = \left(\frac{NAB}{k}\right)\frac{1}{R} \qquad (4.40)$$

ਇਥੇ ਇਹ ਰੋਚਕ ਤੱਥ ਧਿਆਨ ਦੇਣ ਯੋਗ ਹੈ ਕਿ ਕਰੰਟ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲਤਾ ਵਿਚ ਵਾਧਾ ਕਰਨ ਤੇ ਇਹ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਹੀਂ ਹੈ ਕਿ ਵੋਲਟੇਜ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲਤਾ ਵਿਚ ਵੀ ਵਾਧਾ ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ। ਆਓ ਸਮੀਕਰਨ (4.39) ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ ਜੋ ਕਰੰਟ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲਤਾ ਦਾ ਮਾਪ ਦਸਦੀ ਹੈ। ਜੇ $N \to 2N$ ਭਾਵ ਜੇ ਫੇਰਿਆਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦੋ ਗੁਣਾਂ ਕਰ ਦਿੱਤੀ ਜਾਵੇ, ਤਾਂ

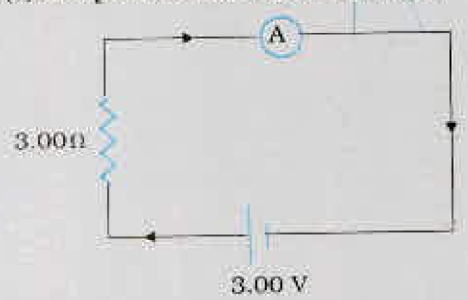
$$\frac{\phi}{I} \to 2\frac{\phi}{I}$$

ਅਰਥਾਤ ਕਰੰਟ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲਤਾ ਵੀ ਦੋ ਗੁਣੀ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਪਰ, ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਦਾ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ ਵੀ ਦੋ ਗੁਣਾ ਹੋ ਜਾਣ ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਇਹ ਤਾਰ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਸਿੱਧਾ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਨ (4.40) ਵਿੱਚ $N \to 2N$ ਅਤੇ $R \to 2R$, ਇਸ ਲਈ ਵੋਲਟੇਜ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲਤਾ,

$$\frac{\phi}{V} \to \frac{\phi}{V}$$

ਵਿੱਚ ਬਦਲਾਵ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਇਸ ਲਈ ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿਚ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਤੋਂ ਐਮਮੀਟਰ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਵਖਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਸੋਧ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 4.13 ਹੇਠਾਂ ਦਿਖਾਏ ਗਏ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ ਕਰੰਟ ਦਾ ਮਾਨ ਕੀ ਹੈ ਜੇ ਵਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਐਮਮੀਟਰ, (a) R_G = 60.00 Ω ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ ਦਾ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਹੈ। (b) ਭਾਗ (a) ਵਿਚ ਦਸਿਆ ਗਿਆ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਹੀ ਹੈ ਪਰ ਇਸਨੂੰ r_s = 0.02 Ω ਦਾ ਸ਼ੰਟ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ ਲਗਾ ਕੇ ਐਮਮੀਟਰ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। (c) ਜ਼ੀਰੋ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ ਦਾ ਇੱਕ ਆਦਰਸ਼ ਐਮਮੀਟਰ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 4.27

ਹੱਲ—

(a) ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ ਕੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਹੈ

$R_G + 3 = 63\,\Omega$. ਇਸਲਈ $I = 3/63 = 0.048$ A.

ਉਦਾਹਰਨ 4.13

(b) ਐਮਮੀਟਰ ਵਿੱਚ ਬਦਲਨ ਤੇ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਦਾ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ

$$\frac{R_G r_s}{R_G + r_s} = \frac{60 \ \Omega \times 0.02\Omega}{(60 + 0.02)\Omega} = 0.02 \ \Omega$$

ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ ਕੁੱਲ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ

$0.02\Omega + 3\Omega = 3.02\Omega$ ਇਸਲਈ $I = 3/3.02 = 0.99$ A.

(c) ਸਿਫਰ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ ਦੇ ਆਦਰਸ਼ ਐਮਮੀਟਰ ਦੇ ਲਈ

$I = 3/3 = 1.00$ A

ਸਾਰ (SUMMARY)

1. ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ **E** ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ **v** ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀਮਾਨ ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ q ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਕੁੱਲ ਬਲ ਨੂੰ ਲੋਰੇਂਜ ਬਲ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਨੂੰ ਹੇਠਾਂ ਦਿੱਤੇ ਵਿਅੰਜਕ ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

   $\mathbf{F} = q\,(\mathbf{v} \times \mathbf{B} + \mathbf{E})$

   ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ $q\,(\mathbf{v} \times \mathbf{B})$, **v** ਲੰਬਰੂਪ ਹੈ ਅਤੇ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਸਿਫਰ ਹੈ।

2. l ਲੰਬਾਈ ਤੇ ਕਿਸੇ ਸਿੱਧੇ ਚਾਲਕ ਜਿਸ ਵਿੱਚੋਂ ਸਥਾਈ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਕਿਸੇ ਇਕਸਮਾਨ ਬਾਹਰੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਬਲ **F** ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦਾ ਹੈ,

   $\mathbf{F} = I\mathbf{l} \times \mathbf{B}$

   ਜਿਥੇ $|\mathbf{l}| = l$ ਅਤੇ **l** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੁਆਰਾ ਦੱਸੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

3. ਕਿਸੇ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ, ਕੋਈ ਚਾਰਜ q, **B** ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਤਲ ਵਿੱਚ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਆਰਬਿਟ ਵਿਚ ਗਤੀਮਾਨ ਹੈ। ਇਸ ਦੀ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚੱਕਰੀ ਗਤੀ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਨੂੰ *ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਆਵ੍ਰਿਤੀ (cyclotron frequency)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਜਿਸ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ-

   $$\nu_c = \frac{qB}{2\pi m}$$

   ਇਹ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਕਣ ਦੀ ਚਾਲ ਅਤੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦੀ। ਇਸ ਤੱਥ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ ਨਾਮਕ ਮਸ਼ੀਨ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਜੋ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕਰਨ ਲਈ ਉਪਯੋਗ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

4. ਬਾਯੋ-ਸਾਵਰਟ ਨਿਯਮ ਅਨੁਸਾਰ $d\mathbf{l}$ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਕਿਸੇ ਐਲੀਮੈਂਟ ਜਿਸ ਵਿੱਚੋਂ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਦੇ ਕਾਰਨ r ਸਦਿਸ਼ ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ $d\mathbf{B}$ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ-

   $$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{r^3}$$

   P ਤੇ ਕੁੱਲ ਖੇਤਰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਇਸ ਸਦਿਸ਼ ਵਿਅੰਜਕ ਨੂੰ ਚਾਲਕ ਦੀ ਸਮੂਚੀ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਲਈ ਸਮਾਕਲਿਤ ਕਰਨਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

5. ਅਰਧ ਵਿਆਸ R ਦੀ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਕੁੰਡਲੀ ਜਿਸ ਵਿੱਚੋਂ I ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਦੇ ਕਾਰਨ ਕੇਂਦਰ ਤੋਂ ਧੂਰੇ ਵੱਲ ਦੂਰੀ x ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ

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

   ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਇਸ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ

   $$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

6. *ਐਮਪੀਅਰ ਦਾ ਸਰਕਟ ਦਾ ਨਿਯਮ :* ਮੰਨ ਲਉ ਕੋਈ ਖੁਲੀ ਸਤਹਿ S ਕਿਸੇ ਲੂਪ C ਦੁਆਰਾ ਘੇਰਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਤਾਂ ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ $\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I$ ਜਿਥੇ I ਸਤਹਿ S ਵਿੱਚੋਂ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਹੈ। I ਦਾ ਚਿੰਨ੍ਹ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਇਥੇ ਇਸ ਨਿਯਮ ਦੇ ਸੌਖੇ ਰੂਪ ਦੀ ਚਰਚਾ ਕੀਤੀ ਹੈ। ਜੇ **B** ਬੰਦ ਵਕ੍ਰ ਦਾ ਘੇਰਾ L ਦੇ ਹਰ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਪਰਸ਼ੀ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੈ ਤਾਂ ਘੇਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਇਸ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੈ ਤਾਂ

$BL = \mu_0 I_e$

ਜਿਥੇ I_e ਬੰਦ ਸਰਕਟ ਦੁਆਰਾ ਘੇਰਿਆ ਨੇਟ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਹੈ।

7. ਕਿਸੇ ਲੰਬੇ ਸਿੱਧੇ ਤਾਰ ਜਿਸ ਵਿੱਚੋਂ I ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਤੋਂ R ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਤਾਰ ਦੇ ਨਾਲ ਸਾਂਝੇ ਕੇਂਦਰ ਵਾਲੇ ਚੱਕਰ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ।

8. ਕਿਸੇ ਲੰਬੇ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਜਿਸ ਵਿੱਚ I ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਗ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਦੇ ਅੰਦਰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ B ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ

$B = \mu_0 nI$

ਇਥੇ n ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੀ ਪ੍ਰਤਿ ਇਕਾਈ ਲੰਬਾਈ ਵਿੱਚ ਫੇਰਿਆਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਟੋਰਾਈਡ ਦੇ ਲਈ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ B ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ

$$B \quad \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$$

ਇਥੇ N ਫੇਰਿਆਂ ਦੀ ਕੁੱਲ ਸੰਖਿਆ ਅਤੇ r ਔਸਤ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਹੈ।

9. ਸਮਾਂਤਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਅਤੇ ਪ੍ਰਤਿਸਮਾਂਤਰ ਕਰੰਟ ਅਪਕਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ।

10. ਬਹੁਤ ਨੇੜੇ ਲਪੇਟੇ N ਫੇਰਿਆਂ ਅਤੇ A ਖੇਤਰਫਲ ਦੇ ਸਮਤਲੀ ਲੂਪ ਜਿਸ ਵਿੱਚੋਂ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ ਦਾ ਇਕ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ **m** ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$\mathbf{m} = N I \mathbf{A}$

ਅਤੇ **m** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਅੰਗੂਠੇ ਨਿਯਮ ਨਾਲ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਨਿਯਮ ਅਨੁਸਾਰ, "ਆਪਣੇ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਦੀ ਹਥੇਲੀ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲੂਪ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਮੋੜੋ ਕਿ ਉਂਗਲੀਆਂ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਸੰਕੇਤ ਕਰਨ ਤਾਂ, ਬਾਹਰ ਵਲ ਖਿਚਿਆ ਅੰਗੂਠਾ **m** (ਅਤੇ **A**) ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦਸਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਇਹ ਲੂਪ ਕਿਸੇ ਇਕਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** ਵਿੱਚ ਰਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਸ ਤੇ ਲਗਿਆ ਬਲ

$F = 0$

ਅਤੇ ਇਸ ਤੇ ਟਾਰਕ

$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{m} \times \mathbf{B}$

ਕਿਸੇ ਚਲ ਕੁੰਡਲੀ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਵਿੱਚ ਇਸ ਟਾਰਕ ਨੂੰ ਕਮਾਨੀ ਦੁਆਰਾ ਲਗਾਏ ਪ੍ਰਤਿਟਾਰਕ ਦੁਆਰਾ ਸੰਤੁਲਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤੇ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ

$k\phi = NI AB$

ਜਿਥੇ ϕ ਸੰਤੁਲਿਨ ਵਿਖੇਪ ਹੈ ਅਤੇ k ਕਮਾਨੀ ਦਾ ਟਾਰਜਨ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ

11. ਕੇਂਦਰੀ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਆਲੇ ਦੁਆਲੇ ਘੁੰਮਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ μ_l ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੈ-

$$\mu_l = \frac{e}{2m} l$$

ਜਿਥੇ l, ਕੇਂਦਰੀ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਆਲੇ ਦੁਆਲੇ ਚੱਕਰੀ ਗਤੀ ਕਰਕੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਕੋਈ ਸੰਵੇਗ ਹੈ। μ_l ਦੇ ਨਿਊਨਤਮ ਮਾਨ ਨੂੰ ਬੋਹਰ ਮੈਗਨੇਟਾਨ μ_B ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ $\mu_B = 9.27 \times 10^{-24}$ J/T

12. ਇੱਕ ਚਲ ਕੁੰਡਲੀ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਨੂੰ ਐਮਮੀਟਰ ਵਿੱਚ ਬਦਲਨ ਲਈ ਇਸ ਦੇ ਸਮਾਨਤਰ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸ਼ੰਟ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ r_s ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਦਾ ਮਾਨ ਬਹੁਤ ਹੀ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਵੋਲਟਮੀਟਰ ਵਿੱਚ ਵੀ ਬਦਲਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਇਸ ਲਈ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਦੇ ਨਾਲ ਲੜੀਵੱਧ ਉੱਚ ਮਾਨ ਵਾਲਾ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ (Physical Quantity)	ਸੰਕੇਤ (Symbol)	ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ (Nature)	ਵਿਮਾਵਾਂ (Dimensions)	ਮਾਤਰਕ (Units)	ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਟਿਪਣੀ (Remarks)
ਮੁਕਤ ਸਪੇਸ ਦੀ ਚੁੰਬਕਸ਼ੀਲਤਾ (Permeability of free space)	μ_0	ਸਕੇਲਰ	$[MLT^{-2}A^{-2}]$	$T\ m\ A^{-1}$	$4\pi \times 10^{-7}\ T\ m\ A^{-1}$
ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ (Magnetic Field)	**B**	ਵੈਕਟਰ	$[M\ T^{-2}A^{-1}]$	T (telsa)	
ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ (Magnetic Moment)	**m**	ਵੈਕਟਰ	$[L^2A]$	$A\ m^2$ or J/T	
ਟਾਰਜਨ ਸਥਿਰ ਅੰਕ (Torsion Constant)	k	ਸਕੇਲਰ	$[M\ L^2T^{-2}]$	$N\ m\ rad^{-1}$	MCG ਵਿਚ ਵਰਤੋਂ

ਵਿਚਾਰਣਯੋਗ ਵਿਸ਼ੇ (POINTS TO PONDER)

1. ਸਥਿਰ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਧਨ ਚਾਰਜ ਤੋਂ ਸ਼ੁਰੂ ਹੋ ਕੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਤੇ ਸਮਾਪਤ ਹੋ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ ਪਰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਸਦਾ ਬੰਦ ਲੂਪ ਬਣਾਉਂਦੀਆਂ ਹਨ।
2. ਇਸ ਪਾਠ ਵਿੱਚ ਸਿਰਫ ਸਥਿਰ ਕਰੰਟਾਂ ਬਾਰੇ ਚਰਚਾ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ ਜੋ ਸਮੇਂ ਨਾਲ ਬਦਲਦੇ ਨਹੀਂ ਹਨ। ਜਦੋਂ ਕਰੰਟ ਸਮੇਂ ਨਾਲ ਬਦਲਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਨਿਊਟਨ ਦਾ ਤੀਸਰਾ ਨਿਯਮ ਤਾਂ ਹੀ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੇ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸੰਵੇਗ ਨੂੰ ਵੀ ਵਿਚਾਰਿਆ ਜਾਵੇ।
3. ਲੋਰੇਂਜ ਬਲ ਦੇ ਵਿਅੰਜਕ ਨੂੰ ਯਾਦ ਕਰੋ,

   $\mathbf{F} = q\,(\mathbf{v} \times \mathbf{B} + \mathbf{E})$

   ਇਸ ਵੇਗ ਤੇ ਨਿਰਭਰਤਾ ਰਖਦੇ ਬਲ ਨੇ ਕਈ ਮਹਾਨ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਵਿਚਾਰਕਾਂ ਦਾ ਧਿਆਨ ਖਿਚਿਆ। ਜੇ ਕੋਈ ਪ੍ਰੇਖਕ ਇਕ ਅਜਿਹੇ ਫਰੇਮ ਵਿੱਚ ਪੁਜ ਜਾਵੇ ਜਿਥੇ ਉਸ ਦਾ ਤੱਤਕਾਲੀ ਵੇਗ **v** ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਬਲ ਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਭਾਗ ਸਿਫਰ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਤਾਂ ਚਾਰਿਜਤ ਕਣ ਦੀ ਗਤੀ ਇਹ ਮੰਨ ਕੇ ਸਮਝਾਈ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ ਕਿ ਇਸ ਨਵੇਂ ਫਰੇਮ ਵਿੱਚ ਇਕ ਢੁਕਵਾਂ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਮੌਜੂਦ ਹੈ। ਇਸ ਯੰਤਰਿਕੀ ਦੇ ਵਿਸਤਾਰ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਨਹੀਂ ਜਾਵਾਂਗੇ। ਇਸ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਤੁਸੀਂ ਅਗਲੀਆਂ ਕਲਾਸਾਂ ਵਿੱਚ ਪੜ੍ਹੋਗੇ। ਪਰ ਇਸ ਗਲ ਤੇ ਜ਼ੋਰ ਦੇਣਾ ਚਾਹਾਂਗੇ ਕਿ ਇਸ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਭਾਗ ਦਾ ਸਮਾਧਾਨ ਇਸ ਤੱਥ ਵਿੱਚ ਲੁਕਿਆ ਹੈ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕਤਾ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਮਾਮਲੇ ਹਨ (ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕਤਾ) ਅਤੇ ਲੋਰੇਂਜ ਬਲ ਦਾ ਵਿਅੰਜਕ, ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਸਰਬਵਿਆਪਕ ਤਰਜੀਹੀ ਸੰਦਰਭ ਫਰੇਮ ਵਿੱਚ ਸ਼ਾਮਿਲ ਨਹੀਂ ਹੈ।
4. ਐਮਪੀਅਰ ਦਾ ਸਰਕਟ ਦਾ ਨਿਯਮ ਬਾਯੋ-ਸਾਵਰਤ ਨਿਯਮ ਤੋਂ ਵੱਖ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਹ ਬਾਯੋ ਸਾਵਰਟ ਨਿਯਮ ਤੋਂ ਵਿਉਤਪੰਨ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਬਾਯੋ ਸਾਵਰਟ ਨਿਯਮ ਨਾਲ ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਾ ਸੰਬੰਧ ਹੈ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਾ ਗਾਉਸ ਨਿਯਮ ਦਾ ਕੂਲਮ ਨਿਯਮ ਨਾਲ।

ਅਭਿਆਸ (EXERCISES)

4.1 ਤਾਰ ਦੀ ਇੱਕ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਕੁੰਡਲੀ ਵਿੱਚ 100 ਲਪੇਟੇ ਹਨ, ਹਰੇਕ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ 8.0 cm ਹੈ ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਵਿਚੋਂ 0.40 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਗ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਕੀ ਹੈ?

4.2 ਇੱਕ ਲੰਬੇ, ਸਿੱਧੇ ਤਾਰ ਵਿੱਚ 35 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਤਾਰ ਵਿੱਚੋਂ 20 cm ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਕੀ ਹੈ?

4.3 ਖਿਤਿਜੀ ਤਲ ਵਿੱਚ ਰੱਖੇ ਇੱਕ ਲੰਬੇ ਸਿੱਧੇ ਤਾਰ ਵਿੱਚ 50 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਉੱਤਰ ਤੋਂ ਦੱਖਣ ਵਲ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਤਾਰ ਦੇ ਪੂਰਵ ਵਿੱਚ 2.5 m ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਅਤੇ ਉਸਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

4.4 ਉਚਾਈ ਤੇ ਖਿਚੀ ਖਿਤਿਜੀ ਬਿਜਲੀ ਦੀ ਤਾਰ ਵਿਚ 90 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਪੂਰਵ ਤੋਂ ਪੱਛਮ ਵਲ ਵਗ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਤਾਰ ਦੇ 1.5 m ਹੇਠਾਂ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਅਤੇ ਦਿਸ਼ਾ ਕੀ ਹੈ?

4.5 ਇੱਕ ਤਾਰ ਜਿਸ ਵਿਚ 8 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ, 0.15 T ਦੇ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ, ਖੇਤਰ ਨਾਲ 30° ਦਾ ਕੋਣ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹੋਏ ਰੱਖਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਦੀ ਇਕਾਈ ਲੰਬਾਈ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਬਲ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਅਤੇ ਇਸ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਕੀ ਹੈ?

4.6 ਇੱਕ 3.0 cm ਲੰਬਾ ਤਾਰ ਜਿਸ ਵਿੱਚ 10 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਇੱਕ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਅੰਦਰ ਉਸਦੇ ਧੁਰੇ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਰਖਿਆ ਹੈ। ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਅੰਦਰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਮਾਨ 0.27 T ਹੈ। ਤਾਰ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲਾ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਕੀ ਹੈ?

4.7 ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੋਂ 4.0 cm ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ ਰਖੇ ਦੋ ਲੰਬੇ, ਸਿੱਧੇ, ਸਮਾਂਤਰ ਤਾਰਾਂ A ਅਤੇ B ਵਿੱਚੋਂ ਕ੍ਰਮਵਾਰ 8.0 A ਅਤੇ 5.0 A ਦੇ ਕਰੰਟ ਇੱਕ ਹੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਵਗ ਰਹੇ ਹਨ। ਤਾਰ A ਦੇ 10 cm ਖੰਡ ਤੇ ਬਲ ਪਤਾ ਕਰੋ।

4.8 ਨੇੜੇ-ਨੇੜੇ ਜੁੜੇ ਫੇਰਿਆਂ ਵਾਲੇ ਇੱਕ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੀ ਲੰਬਾਈ 80 cm ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਵਿੱਚ 5 ਪਰਤਾਂ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਹਰੇਕ ਵਿੱਚ 400 ਫੇਰੇ ਹਨ। ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦਾ ਵਿਆਸ 1.8 cm ਹੈ। ਜੇ ਇਸ ਵਿੱਚੋਂ 8.0 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘਦਾ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਅੰਦਰ ਕੇਂਦਰ ਦੇ ਨੇੜੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਦਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

4.9 ਇੱਕ ਵਰਗ ਅਕਾਰ ਕੁੰਡਲੀ ਜਿਸ ਦੀ ਹਰੇਕ ਭੁਜਾ 10 cm ਹੈ, ਵਿੱਚ 20 ਫੇਰੇ ਹਨ ਅਤੇ ਉਸ ਵਿੱਚੋਂ 12 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਕੁੰਡਲੀ ਖੜੇਦਾਅ ਲਟਕੀ ਹੋਈ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਤਲ ਤੇ ਖਿਚਿਆ ਗਿਆ ਲੰਬ 0.80 T ਦੇ ਇਕਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਨਾਲ 30° ਦਾ ਕੋਣ ਬਣਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਕੁੰਡਲੀ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਕਪਲ (Couple) ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਕੀ ਹੈ?

4.10 ਦੋ ਚਲ ਕੁੰਡਲੀ ਗੈਲਨੇਵੋਮੀਟਰਾਂ M_1 ਅਤੇ M_2 ਦੇ ਵੇਰਵੇ ਅੱਗੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ :

$R_1 = 10\ \Omega,\ N_1 = 30,$

$A_1 = 3.6 \times 10^{-3}\ \text{m}^2,\ B_1 = 0.25\ \text{T}$

$R_2 = 14\ \Omega,\ N_2 = 42,$

$A_2 = 1.8 \times 10^{-3}\ \text{m}^2,\ B_2 = 0.50\ \text{T}$

(ਦੋਨੋ ਮੀਟਰਾਂ ਲਈ ਸਪਰਿੰਗ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਬਰਾਬਰ ਹਨ)।

(a) M_2 ਅਤੇ M_1 ਦੀ ਕਰੰਟ-ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲਤਾਵਾਂ, (b) M_2 ਅਤੇ M_1 ਦੀ ਵੋਲਟੇਜ-ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲਤਾ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਪਤਾ ਕਰੋ।

4.11 ਇੱਕ ਚੈਂਬਰ ਵਿੱਚ 6.5 G ($1\ \text{G} = 10^{-4}\ \text{T}$) ਦਾ ਇਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਬਣਾ ਕੇ ਰਖਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ $4.8 \times 10^6\ \text{m s}^{-1}$ ਦੇ ਵੇਗ ਨਾਲ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਭੇਜਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਵਿਆਖਿਆ ਕਰੋ ਕਿ ਇਸ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਰਸਤਾ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਕਿਉਂ ਹੋਵੇਗਾ? ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਕਕਸ਼ਾ (orbit) ਦਾ ਅਰਧਵਿਆਸ ਪਤਾ ਕਰੋ। ($e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg)

4.12 ਪ੍ਰਸ਼ਨ 4.11 ਵਿੱਚ, ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਕਕਸ਼ਾ ਵਿਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਪਰਕਰਮਾ ਕਰਨ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰੋ। ਕੀ ਇਹ ਉੱਤਰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਵੇਗ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ? ਵਿਆਖਿਆ ਕਰੋ।

4.13 (a) 30 ਫੇਰਿਆਂ ਵਾਲੀ ਇੱਕ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਕੁੰਡਲੀ ਜਿਸ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ 8.0 cm ਹੈ ਅਤੇ ਜਿਸ ਵਿੱਚ 6.0 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ, 1.0 T ਦੇ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਖਿਤਿਜੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ

ਖੜ੍ਹੇਦਾਅ ਲਟਕੀ ਹੈ। ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ ਨਾਲ $60°$ ਦਾ ਕੋਣ ਬਣਾਉਂਦੀ ਹੈ। ਕੁੰਡਲੀ ਨੂੰ ਘੁਮਾਉਣ ਤੋਂ ਰੋਕਣ ਲਈ ਜੋ ਪ੍ਰਤਿਟਾਰਕ (counter torque) ਲਗਾਇਆ ਜਾਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਉਸਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਪਤਾ ਕਰੋ।

(b) ਜੇ (a) ਵਿੱਚ ਦਸੀ ਗਈ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਕੁੰਡਲੀ ਨੂੰ ਉਸ ਖੇਤਰਫਲ ਦੀ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤ ਆਕ੍ਰਿਤੀ ਦੀ ਸਮਤਲੀ ਕੁੰਡਲੀ ਨਾਲ ਪ੍ਰਤਿਸਥਾਪਿਤ ਕਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ (ਬਾਕੀ ਸਾਰੇ ਵੇਰਵੇ ਉਹੀ ਹਨ) ਤਾਂ ਕੀ ਤੁਹਾਡਾ ਉੱਤਰ ਬਦਲ ਜਾਵੇਗਾ?

ਹੋਰ ਅਭਿਆਸ (ADDITIONAL EXERCISES)

4.14 ਦੋ ਸਮਕੇਂਦਰੀ ਚੱਕਰਅਕਾਰ ਕੁੰਡਲੀਆਂ X ਅਤੇ Y ਜਿਹਨਾਂ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਕ੍ਰਮਵਾਰ 16 cm ਅਤੇ 10 cm ਹਨ, ਉੱਤਰ ਦਖਣ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਬਰਾਬਰ ਖੜ੍ਹੇਦਾਅ ਤਲ ਵਿੱਚ ਰਖੀਆਂ ਹਨ। ਕੁੰਡਲੀ X ਵਿੱਚ 20 ਲਪੇਟੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਵਿੱਚੋਂ 16 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਕੁੰਡਲੀ Y ਵਿੱਚ 25 ਫੇਰੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਵਿੱਚ 18 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਪਛੱਮ ਵਲ ਮੂੰਹ ਕਰਕੇ ਖੜਾ ਇੱਕ ਪ੍ਰੇਖਕ ਦੇਖਦਾ ਹੈ ਕਿ X ਵਿੱਚ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹ ਐਂਟੀਕਲਾਕਵਾਈਜ਼ ਹੈ ਅਤੇ Y ਵਿੱਚ ਕਲਾਕਵਾਈਜ਼ ਹੈ। ਕੁੰਡਲੀਆਂ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ, ਉਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੇ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਕੁੱਲ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਅਤੇ ਦਿਸ਼ਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

4.15 10 cm ਲੰਬਾਈ ਅਤੇ 10^{-3} m^2 ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਦੇ ਇੱਕ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ 100 G (1 G = 10^{-4} T) ਦਾ ਇਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਜਿਸ ਤਾਰ ਨਾਲ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਬਣਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਉਸ ਵਿੱਚ ਅਧਿਕਤਮ 15 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਸਕਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਕੋਰ ਤੇ ਅਧਿਕਤਮ 1000 ਫੇਰੇ ਪ੍ਰਤੀ ਮੀਟਰ ਲਪੇਟੇ ਜਾ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਉਦੇਸ਼ ਲਈ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਨਿਰਮਾਣ ਦਾ ਵੇਰਵਾ ਸੁਝਾਓ। ਇਹ ਮੰਨ ਲਉ ਕਿ ਕੋਰ ਲੋਹ ਚੁੰਬਕੀ ਨਹੀਂ ਹੈ।

4.16 I ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ, N ਫੇਰਿਆਂ ਅਤੇ R ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵਾਲੀ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ ਲਈ, ਇਸਦੇ ਧੁਰੇ ਤੇ, ਕੇਂਦਰ ਤੋਂ x ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਲਈ ਹੇਠ ਲਿਖਿਆ ਵਿਅੰਜਕ ਹੈ।

$$B = \frac{\mu_0 I R^2 N}{2\left(x^2 + R^2\right)^{3/2}}$$

(a) ਸਪਸ਼ਟ ਕਰੋ, ਇਸ ਵਿੱਚ ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲਈ ਜਾਣਿਆ ਪਛਾਣਿਆ ਪਰਿਣਾਮ ਕਿਵੇਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

(b) ਬਰਾਬਰ ਅਰਧਵਿਆਸ R, ਅਤੇ ਫੇਰਿਆਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ N, ਵਾਲੀਆਂ ਦੋ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਕੁੰਡਲੀਆਂ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੋਂ R ਦੂਰੀ ਤੇ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ, ਧੁਰੇ ਮਿਲਾ ਕੇ ਰੱਖੀਆਂ ਗਈਆਂ ਹਨ। ਦੋਨਾਂ ਵਿਚ ਬਰਾਬਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਇੱਕ ਹੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਵਗ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਦਰਸਾਓ ਕਿ ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ ਧੁਰੇ ਦੇ ਲਗਭਗ ਮੱਧ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਖੇਤਰ ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਛੋਟੀ ਦੂਰੀ ਦੇ ਲਈ ਜੋ ਕਿ R ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੈ, ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਖੇਤਰ ਦਾ ਲਗਭਗ ਮਾਨ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹੈ

$$B = 0.72 \frac{\mu_0 N I}{R}$$

(ਬਹੁਤ ਛੋਟੇ ਜਿਹੇ ਖੇਤਰ ਤੇ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਲਈ ਬਣਾਈ ਗਈ ਉਪਰ ਦਸੀ ਗਈ ਵਿਵਸਥਾ ਨੂੰ *ਹੇਲਮਹੋਲਟਜ਼ ਕੁੰਡਲੀਆਂ* ਦੇ ਨਾਂ ਨਾਲ ਜਾਣਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ)

4.17 ਇੱਕ ਟੋਰਾਈਡ (ਅਲੋਹ ਚੁੰਬਕੀ) ਕੋਰ ਦਾ ਅੰਤਰਿਕ ਅਰਧ ਵਿਆਸ 25 cm ਅਤੇ ਬਾਹਰੀ ਅਰਧ ਵਿਆਸ 26 cm ਹੈ। ਇਸ ਦੇ ਉਪਰ ਕਿਸੇ ਤਾਰ ਦੇ 3500 ਫੇਰੇ ਲਪੇਟੇ ਗਏ ਹਨ। ਜੇ ਤਾਰ ਵਿੱਚ ਲੰਘਦਾ ਕਰੰਟ 11 A ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਮਾਨ ਕੀ ਹੋਵੇਗਾ (i) ਟੋਰਾਈਡ ਦੇ ਬਾਹਰ (ii) ਟੋਰਾਈਡ ਦੇ ਕੋਰ ਵਿੱਚ (iii) ਟੋਰਾਈਡ ਦੁਆਰਾ ਘੇਰੀ ਹੋਈ ਖਾਲੀ ਜਗ੍ਹਾ ਵਿੱਚ।

4.18 ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਪ੍ਰਸ਼ਨਾਂ ਦੇ ਉੱਤਰ ਦਿਓ।

(a) ਕਿਸੇ ਚੈਂਬਰ ਵਿੱਚ ਇਕ ਅਜਿਹਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਸਥਾਪਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ ਜਿਸ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਤਾਂ ਇੱਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬਦਲਦਾ ਹੈ, ਪਰ ਦਿਸ਼ਾ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ (ਪੂਰਵ ਤੋਂ ਪੱਛਮ)। ਇਸ ਚੈਂਬਰ ਵਿੱਚ ਇੱਕ

ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਬਿਨਾਂ ਕਿਸੇ ਵਿਚਲਨ ਦੇ ਇੱਕ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਅਚਲ ਵੇਗ ਨਾਲ ਚਲਦਾ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਤੁਸੀਂ ਕਣ ਦੇ ਅਰੰਭਿਕ ਵੇਗ ਬਾਰੇ ਕੀ ਕਹਿ ਸਕਦੇ ਹੋ?

(b) ਇੱਕ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ, ਇੱਕ ਅਜਿਹੇ ਸ਼ਕਤੀਸ਼ਾਲੀ ਅਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਅਤੇ ਦਿਸ਼ਾ ਦੋਨੋਂ ਇੱਕ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬਦਲਦੇ ਹਨ, ਇੱਕ ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਰਸਤੇ ਤੇ ਚਲਦੇ ਹੋਏ ਇਸ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਇਹ ਮੰਨ ਲਈਏ ਕਿ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਇਸਦੀ ਕਿਸੇ ਵੀ ਦੂਸਰੇ ਕਣ ਨਾਲ ਟੱਕਰ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ ਤਾਂ ਕੀ ਇਸ ਦੀ ਅੰਤਿਮ ਚਾਲ, ਅਰੰਭਿਕ ਚਾਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇਗੀ?

(c) ਪੱਛਮ ਤੋਂ ਪੂਰਵ ਵਲ ਚਲਦਾ ਹੋਇਆ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਇੱਕ ਅਜਿਹੇ ਚੈਂਬਰ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਉੱਤਰ ਤੋਂ ਦਖਣ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਇਕ ਸਮਾਨ ਇਕ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਹੈ। ਉਹ ਦਿਸ਼ਾ ਦਸੋ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਸਥਾਪਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਆਪਣੇ ਸਰਲ ਰੇਖੀ ਰਸਤੇ ਤੋਂ ਵਿੱਚਲਿਤ ਹੋਣ ਤੋਂ ਰੋਕਿਆ ਜਾ ਸਕੇ।

4.19 ਤਾਪਿਤ ਕੈਥੋਡ ਤੋਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਅਤੇ 2.0 kV ਦੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਦੇ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ 0.15T ਦੇ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਟ੍ਰੈਜੇਕਟਰੀ ਪਤਾ ਕਰੋ ਜੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ (a) ਅਰੰਭਿਕ ਵੇਗ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੈ (b) ਅਰੰਭਿਕ ਵੇਗ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਨਾਲ 30° ਦਾ ਕੋਣ ਬਣਾਉਂਦਾ ਹੈ।

4.20 ਪ੍ਰਸ਼ਨ 4.16 ਵਿੱਚ ਵਰਣਿਤ ਹੇਲਮਹੋਲਟਜ਼ ਕੁੰਡਲੀਆਂ ਦਾ ਇਸਤੇਮਾਲ ਕਰਕੇ ਕਿਸੇ ਛੋਟੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ 0.75 T ਦਾ ਇਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਸਥਾਪਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਇਕ ਸਮਾਨ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਕੁੰਡਲੀਆਂ ਦੇ ਸਾਂਝੇ ਧੁਰੇ ਦੇ ਲੰਬ ਰੂਪ ਲਗਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। (ਇਕ ਹੀ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੇ) ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾ ਦਾ 15 kV ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਤੇ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਇਕ ਸੰਕੀਰਣ ਕਿਰਣ ਪੁੰਜ ਇਸ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਦੋਨਾਂ ਕੁੰਡਲੀਆਂ ਦੇ ਧੁਰਿਆਂ ਅਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਲੰਬ ਦਿਸ਼ਾ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਇਹ ਕਿਰਣ ਪੁੰਜ 9.0×10^{-5} V m^{-1} ਸਥਿਰ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਅਵਿਖੇਪਿਤ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਹ ਅੰਦਾਜਾ ਲਗਾਓ ਕਿ ਕਿਰਣ ਪੁੰਜ ਵਿੱਚ ਕਿਹੜੇ ਕਣ ਹਨ। ਇਸ ਸਪਸ਼ਟ ਕਰੋ ਕਿ ਇਹ ਉੱਤਰ ਇੱਕ ਮਾਤਰ ਉੱਤਰ ਕਿਉਂ ਨਹੀਂ ਹੈ।

4.21 ਇੱਕ ਸਿੱਧੀ, ਖਿਤਿਜੀ ਚਾਲਕ ਛੜ ਜਿਸ ਦੀ ਲੰਬਾਈ 0.45 m ਅਤੇ ਪੁੰਜ 60 g ਹੈ ਇਹ ਆਪਣੇ ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ ਜੁੜੇ ਦੋ ਖੜੇਦਾਅ ਤਾਰਾਂ ਤੇ ਲਟਕੀ ਹੋਈ ਹੈ। ਤਾਰਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਹੋ ਕੇ ਛੜ ਵਿੱਚ 5.0 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵੱਗ ਰਿਹਾ ਹੈ।

(a) ਚਾਲਕ ਦੇ ਲੰਬ ਰੂਪ ਕਿੰਨਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਲਗਾਇਆ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਕਿ ਤਾਰਾਂ ਵਿੱਚ ਤਨਾਅ ਸਿਫਰ ਹੋਵੇ।

(b) ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਨਾ ਬਦਲਕੇ ਜੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਉਲਟੇ ਪਾਸੇ ਕਰ ਦਿੱਤੀ ਜਾਵੇ ਤਾਰਾਂ ਵਿੱਚ ਕੁੱਲ ਕਿੰਨਾਂ ਤਣਾਵ ਹੋਵੇਗਾ? (ਤਾਰਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦੀ ਉਪੇਖਿਆ ਕਰੋ) $g = 9.8$ m s^{-2}.

4.22 ਇੱਕ ਸਵੈਚਾਲਿਤ ਵਾਹਨ ਦੀ ਬੈਟਰੀ ਨਾਲ ਇਸਦੀ ਮੋਟਰ ਨੂੰ ਜੋੜਨ ਵਾਲੀਆਂ ਤਾਰਾਂ ਵਿੱਚ 300 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ (ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਸਮੇਂ ਲਈ) ਵਗਦਾ ਹੈ। ਤਾਰਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤਿ ਇਕਾਈ ਲੰਬਾਈ ਤੇ ਕਿੰਨਾਂ ਬਲ ਲਗਦਾ ਹੈ ਜੇ ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਲੰਬਾਈ 70 cm ਅਤੇ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ 1.5 cm ਹੋਵੇ। ਇਹ ਬਲ ਅਪਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਹੈ ਜਾਂ ਆਕਰਸ਼ਨ ਬਲ?

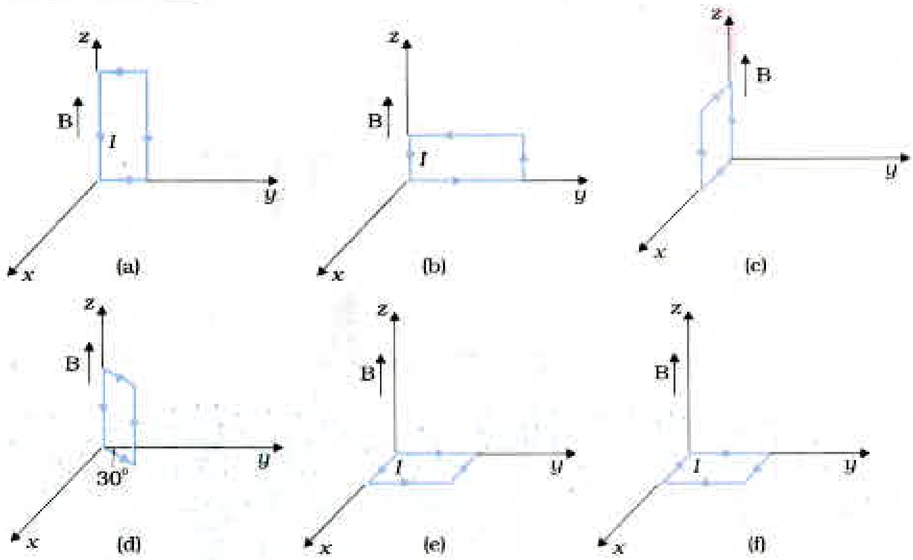
4.23 1.5 T ਦਾ ਇੱਕ ਇਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ 10.0 cm ਅਰਧਵਿਆਸ ਦੇ ਵੇਲਨਅਕਾਰ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਹੈ। ਇਸਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਧੁਰੇ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਪੂਰਵ ਤੋਂ ਪੱਛਮ ਵਲ ਹੈ। ਇੱਕ ਤਾਰ ਜਿਸ ਵਿਚ 7.0 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਗ ਰਿਹਾ ਹੈ ਇਸ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚੋਂ ਹੋ ਕੇ ਉੱਤਰ ਤੋਂ ਦਖਣ ਵਲ ਲੰਘਦਾ ਹੈ। ਤਾਰ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਬਲ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਅਤੇ ਦਿਸ਼ਾ ਕੀ ਹੈ, ਜੇ

(a) ਤਾਰ ਧੁਰੇ ਨੂੰ ਕਟਦੀ ਹੈ,

(b) ਤਾਰ N-S ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚੋਂ ਘੁਮਾਕੇ ਉੱਤਰ, ਪੂਰਵ-ਉੱਤਰ, ਪੱਛਮ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਕਰ ਦਿੱਤੀ ਜਾਵੇ।

(c) N-S ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਰਖਦੇ ਹੋਏ ਹੀ ਤਾਰ ਨੂੰ ਧੁਰੇ ਤੋਂ 6.0 cm ਹੇਠਾਂ ਉਤਾਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ।

4.24 ਧਨਾਤਮਕ z-ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ 3000 G ਦਾ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਲਗਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇੱਕ ਆਇਤਾਕਾਰ ਲੂਪ ਜਿਸਦੀਆਂ ਭੁਜਾਵਾਂ 10 cm ਅਤੇ 5 cm ਅਤੇ ਜਿਸ ਵਿੱਚੋਂ 12 A ਕਰੰਟ ਵਗ ਰਿਹਾ ਹੈ ਇਸ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਰਖਿਆ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 4.28 ਵਿੱਚ ਦਿਖਾਈ ਗਈ ਲੂਪ ਦੀਆਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸਥਿਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਇਸ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲਾ ਬਲ-ਜੋੜੇ ਮੋਮੈਂਟ ਕੀ ਹੈ? ਹਰੇਕ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਬਲ ਕਿੰਨਾਂ ਹੈ? ਸਥਾਈ ਸੰਤੁਲਨ ਵਾਲੀ ਸਥਿਤੀ ਕਿਹੜੀ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 4.28

4.25 ਇੱਕ ਚਕਰਅਕਾਰ ਕੁੰਡਲੀ ਜਿਸ ਵਿੱਚ 20 ਫੇਰੇ ਹਨ ਅਤੇ ਜਿਸ ਦਾ ਅਰਧਵਿਆਸ 10 cm ਹੈ ਇਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਰਖੀ ਹੈ ਜਿਸਦਾ ਪਰਿਮਾਣ 0.10 T ਅਤੇ ਜੋ ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ ਤਲ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੈ। ਜੇ ਕੁੰਡਲੀ ਵਿੱਚ 5.0 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੋਵੇ ਤਾਂ

(a) ਕੁੰਡਲੀ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲਾ ਕੁੱਲ ਬਲ ਜੋੜਾ ਮੋਮੈਂਟ ਕੀ ਹੈ?

(b) ਕੁੰਡਲੀ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲਾ ਕੁੱਲ ਪਰਿਣਾਮੀ ਬਲ ਕੀ ਹੈ?

(c) ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ ਹਰੇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲਾ ਕੁੱਲ ਔਸਤ ਬਲ ਕੀ ਹੈ? (ਕੁੰਡਲੀ 10^{-5} m^2 ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਖੇਤਰ ਵਾਲੇ ਤਾਂਬੇ ਦੇ ਤਾਰ ਤੋਂ ਬਣੀ ਹੈ ਅਤੇ ਤਾਂਬੇ ਵਿੱਚ ਮੁਕਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਘਣਤਾ 10^{29} m^{-3} ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਹੈ।

4.26 ਇਕ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਜੋ 60 cm ਲੰਬਾ ਹੈ, ਜਿਸ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ 4.0 cm ਹੈ ਅਤੇ ਜਿਸ ਵਿੱਚ 300 ਫੇਰਿਆਂ ਵਾਲੀਆਂ 3 ਪਰਤਾਂ ਲਪੇਟੀਆਂ ਗਈਆਂ ਹਨ। ਇਸ ਦੇ ਅੰਦਰ ਇੱਕ 2.0 cm ਲੰਬਾ, 2.5 g ਪੁੰਜ ਦਾ ਤਾਰ ਇਸ ਦੇ (ਕੇਂਦਰ ਦੇ ਨੇੜੇ) ਧੁਰੇ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਰੱਖਿਆ ਹੈ। ਤਾਰ ਅਤੇ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦਾ ਧੁਰਾ ਦੋਨੋਂ ਖਿਤਿਜੀ ਤਲ ਵਿੱਚ ਹਨ। ਤਾਰ ਨੂੰ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਦੋ ਵਾਹੀ ਸੰਯੋਜਕਾ ਦੁਆਰਾ ਇੱਕ ਬਾਹਰੀ ਬੈਟਰੀ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਗਿਆ ਹੈ ਜੋ ਇਸ ਵਿਚ 6.0 A ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਕਿਸ ਮਾਨ ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ (ਵਗਣ ਦੀ ਉਚਿਤ ਦਿਸ਼ਾ ਨਾਲ) ਇਸ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਫੇਰਿਆਂ ਵਿੱਚ ਵਗਣ ਤੇ ਤਾਰ ਦਾ ਭਾਰ ਸੰਭਾਲ ਸਕੇਗੀ? $g = 9.8$ m s^{-2}.

4.27 ਕਿਸੇ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਦੀ ਕੁੰਡਲੀ ਦਾ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ 12 Ω ਹੈ। 4 mA ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਗਣ ਤੇ ਇਹ ਪੂਰਣ ਸਕੇਲ ਵਿਖੇਪ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਨੂੰ 0 ਤੋਂ 18 V ਰੇਂਜ ਵਾਲੇ ਵੋਲਟਮੀਟਰ ਵਿਚ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਦਲਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ?

4.28 ਕਿਸੇ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਦੀ ਕੁੰਡਲੀ ਦਾ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ 15 Ω ਹੈ। 4 mA ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਵਗਣ ਤੇ ਇਹ ਪੂਰਣਸਕੇਲ ਵਿਖੇਪ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਤੁਸੀਂ ਇਸ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਨੂੰ 0 ਤੋਂ 6 A ਰੇਂਜ ਵਾਲੇ ਐਮਮੀਟਰ ਵਿੱਚ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਦਲੋਗੇ?