ਅਧਿਆਇ-8

ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ (ELECTROMAGNETIC WAVES)

8.1 ਭੂਮਿਕਾ (Introduction)

ਅਧਿਆਇ 4 ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਸਿੱਖਿਆ ਹੈ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਦੋ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਤਾਰਾਂ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਲਗਾਉਂਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ, ਅਧਿਆਇ 6 ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਇਹ ਦੇਖ ਚੁਕੇ ਹਾਂ ਕਿ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਿਵਰਤਨ ਕਰ ਰਿਹਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ, ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਪਰ, ਕੀ ਇਸਦਾ ਉਲਟ ਵੀ ਸੱਚ ਹੈ? ਕੀ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੋਇਆ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ? ਜੇਮਸ ਕਲਾਰਕ ਮੈਕਸਵੈਲ (1831-1879) (James Clerk Maxwell) ਨੇ ਇਹ ਤਰਕ ਪੇਸ਼ ਕੀਤਾ ਕਿ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਅਜਿਹਾ ਹੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਨਾ ਸਿਰਫ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਬਲਕਿ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਬਦਲਣ ਵਾਲਾ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਬਦਲਣ ਵਾਲੇ ਕਰੰਟ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੇ ਬਾਹਰ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪਤਾ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਐਮਪੀਅਰ ਦਾ ਨਿਯਮ ਲਗਾਉਂਦੇ ਸਮੇਂ, ਮੈਕਸਵੈਲ ਦਾ ਧਿਆਨ ਇਸ ਨਿਯਮ ਸੰਬੰਧੀ ਇੱਕ ਅਸੰਗਤੀ ਵਲ ਗਿਆ। ਇਸ ਅਸੰਗਤੀ ਨੂੰ ਦੂਰ ਕਰਨ ਲਈ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਇੱਕ ਹੋਰ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਕਰੰਟ ਦੀ ਹੋਂਦ ਦਾ ਸੁਝਾਅ ਦਿੱਤਾ ਜਿਸ ਨੂੰ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਦਾ ਨਾਮ ਦਿੱਤਾ।

ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਸ੍ਰੋਤਾਂ-ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਕਰੰਟ-ਘਣਤਾ ਨੂੰ ਸ਼ਾਮਿਲ ਕਰਕੇ, ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਦਾ ਇੱਕ ਸਮੂਹ ਸੂਤਰਬੱਧ ਕੀਤਾ। ਇਹਨਾਂ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਨੂੰ ਮੈਕਸਵੈਲ ਸਮੀਕਰਨ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਲੌਰੇਂਜ ਦਾ ਬਲ ਸੂਤਰ (ਅਧਿਆਇ 4) ਹੋਰ ਮਿਲਾ ਲਈਏ ਤਾਂ ਇਹ ਸਮੀਕਰਨ ਬਿਜਲੀ-ਚੁੰਬਕਤਾ ਦੇ ਸਾਰੇ ਮੁੱਢਲੇ ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ ਗਣਿਤਿਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਹਨ।

ਮੈਕਸਵੈਲ ਦੇ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਵਿਚੋਂ ਉਭਰ ਕੇ ਸਾਹਮਣੇ ਆਉਣ ਵਾਲੀ ਸਭ ਤੋਂ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਭਵਿੱਖਬਾਣੀ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਹੋਂਦ ਦਾ ਹੋਣਾ ਹੈ ਜੋ ਪੁਲਾੜ ਵਿੱਚ ਸੰਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹੋਏ, ਸਮੇਂ ਨਾਲ ਬਦਲਦੇ (ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਜੁੜੇ, coupled) ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਹਨ। ਮੈਕਸਵੈਲ ਦੇ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਅਨੁਸਾਰ, ਇਹਨਾਂ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਚਾਲ, ਪ੍ਰਕਾਸ਼ੀ ਮਾਪਣ (Optical measurement)

ਜੇਮਸ ਕਲਾਰਕ ਮੈਕਸਵੇਲ (1831 1879)

ਜੇਮਸ ਕਲਾਰਕ ਮੈਕਸਵੇਲ (1831 1879) (James Clerk Maxwell) ਸਕਾਟਲੈਂਡ ਦੇ ਐਡਿਨ ਵਰਗ ਵਿੱਚ ਜਨਮੇ 19ਵੀਂ ਸਦੀ ਦੇ ਮਹਾਨਤਮ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਵਿਚੋਂ ਇੱਕ ਸਨ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਗੈਸਾਂ ਦੇ ਅਣੂਆਂ ਦੀਆਂ ਤਾਪੀ ਗਤੀਆਂ ਦੀ ਵੰਡ ਦੇ ਲਈ ਵਿਅੰਜਕ ਵਿਉਤਪੰਨ ਕੀਤਾ ਅਤੇ ਉਹ ਉਹਨਾਂ ਪਹਿਲੇ ਲੋਕਾਂ ਵਿਚੋਂ ਇੱਕ ਸਨ ਜਿਹਨਾਂ ਨੇ ਵਿਸਕਾਸਤਾ (viscosity) ਆਦਿ ਮਾਪਨ ਯੋਗ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਅਣਵਿਕ ਪੈਰਾਮੀਟਰਾ ਦੇ ਵਿਸ਼ਵਾਸਯੋਗ ਆਕਲਣ ਕੀਤੇ। ਮੈਕਸਵੇਲ ਦੀ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਡੀ ਉਪਲਬਧੀ, ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕਤਾ ਦੇ (ਕੂਲੌਮ, ਆਰਸਟੇਡ, ਐਮਪੀਅਰ ਅਤੇ ਫੈਰਾਡੇ ਦੁਆਰਾ ਖੋਜੇ ਗਏ) ਨਿਯਮਾਂ ਦੇ ਏਕੀਕਰਨ ਦੁਆਰਾ ਸੰਗਤ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਦਾ ਇੱਕ ਸਮੂਹ ਪੇਸ਼ ਕਰਨਾ ਸੀ, ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਅੱਜ ਅਸੀਂ ਮੈਕਸਵੇਲ ਦੇ ਨਾਮ ਨਾਲ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ। ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਉਹ ਇਸ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਸਿੱਟੇ ਤੇ ਪੁਜੇ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼, ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਹੀ ਹੈ। ਮਜ਼ੇ ਦੀ ਗਲ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਮੈਕਸਵੇਲ, ਫੈਰਾਡੇ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਅਪਘਟਨ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਤੋਂ ਪੈਦਾ ਇਸ ਵਿਚਾਰ ਨਾਲ ਸਹਿਮਤ ਨਹੀਂ ਸਨ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਕਣ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਹੈ।

ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ (3×10^8 m/s) ਦੇ ਲਗਭਗ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਤੋਂ ਅਸੀਂ ਇਸ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਸਿੱਟੇ ਤੇ ਪੁੱਜਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਇੱਕ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਮੈਕਸਵੇਲ ਦੇ ਕਾਰਜ ਨੇ ਬਿਜਲੀ, ਚੁੰਬਕਤਾ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਖੇਤਰਾਂ ਦਾ ਏਕੀਕਰਨ ਕਰ ਦਿੱਤਾ। 1885 ਵਿੱਚ, ਹਰਟਜ਼ ਨੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੁਆਰਾ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਹੋਂਦ ਨੂੰ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ। ਮਾਰਕੋਨੀ (Marconi) ਅਤੇ ਹੋਰ ਖੋਜਕਰਤਾਵਾਂ ਨੇ ਸਮੇਂ-ਸਮੇਂ, ਇਸਦੇ ਤਕਨੀਕੀ ਉਪਯੋਗ ਵਿਚ ਸੰਚਾਰ ਦੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਜੋ ਕ੍ਰਾਂਤੀ ਕੀਤੀ, ਉਸਦੇ ਅੱਜ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਤੱਖ ਦਰਸ਼ੀ ਹਾਂ।

ਇਸ ਅਧਿਆਇ ਵਿਚ, ਪਹਿਲਾਂ ਅਸੀਂ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ (displacement current) ਦੀ ਲੋੜ ਅਤੇ ਉਸਦੇ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿਚ ਚਰਚਾ ਕਰਾਂਗੇ। ਫਿਰ ਅਸੀਂ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਇੱਕ ਵਿਵਰਣਾਤਮਕ ਚਿੱਤਰ ਪੇਸ਼ ਕਰਾਂਗੇ। ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਸੰਪੂਰਣ ਵਰਣਕ੍ਰਮ (broad spectrum) ਜੋ ਗਾਮਾ ਕਿਰਣਾਂ (ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ $\sim 10^{12}$ m) ਤੋਂ ਲੈ ਕੇ ਲੰਬੀਆਂ ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗਾਂ (ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ $\sim 10^6$ m) ਤੱਕ ਫੈਲਿਆ ਹੈ, ਉਸਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿਚ ਚਰਚਾ ਕੀਤੀ ਜਾਵੇਗੀ। ਸੰਚਾਰ ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਭੇਜੀਆਂ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ ਅਤੇ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀਆਂ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ, ਇਸ ਵਿਸ਼ੇ ਦੀ ਅਧਿਆਇ 15 ਵਿਚ ਚਰਚਾ ਕਰਾਂਗੇ।

8.2 ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ

(DISPLACEMENT CURRENT)

ਅਧਿਆਇ 4 ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਦੇਖ ਚੁੱਕੇ ਹਾਂ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਆਪਣੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਇੱਕ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਮੈਕਸਵੇਲ ਨੇ ਦਰਸਾਇਆ ਕਿ ਤਰਕ ਸੰਗਤ ਹੋਣ ਲਈ ਇਹ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ ਕਿ ਬਦਲਣ ਵਾਲੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਨ। ਇਹ ਪ੍ਰਭਾਵ ਬਹੁਤ ਹੀ ਮਹੱਤਵ ਦਾ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਇਹ ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗਾਂ, ਗਾਮਾਂ ਕਿਰਣਾਂ, ਅਤੇ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਇਲਾਵਾ ਵੀ ਹੋਰ ਸਾਰੀਆਂ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਹੋਂਦ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਦਾ ਹੈ।

ਇਹ ਦੇਖਣ ਲਈ ਕਿ ਪਰਿਵਰਤਨਸ਼ੀਲ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਉਤਪੰਨ ਦਾ ਕਾਰਨ ਬਣਦਾ ਹੈ। ਆਓ, ਕਿਸੇ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੇ ਚਾਰਜ ਹੋਣ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ ਅਤੇ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੇ ਬਾਹਰ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਗਿਆਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਸਰਕਟ ਦੇ ਨਿਯਮ (ਅਧਿਆਇ 4)

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \, i(t) \tag{8.1}$$

ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰੋ।

ਚਿੱਤਰ 8.1(a) ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਕੈਪੀਸਟਰ, C ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਜੋ ਇੱਕ ਅਜਿਹੇ ਸਰਕਟ ਦਾ ਭਾਗ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਬਦਲਾਵ ਕਰਦਾ ਕਰੰਟ $i(t)$ ਵਗ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਆਓ, ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੇ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਜਿਵੇਂ ਕਿ P ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਗਿਆਤ ਕਰੀਏ। ਇਸਦੇ ਲਈ, ਅਸੀਂ r ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦਾ ਇੱਕ ਸਮਤਲ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਲੂਪ ਲੈਂਦੇ ਹਾਂ ਜਿਸਦਾ ਤਲ ਕਰੰਟ ਵਾਹਕ ਤਾਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੈ ਅਤੇ ਜਿਸਦਾ ਕੇਂਦਰ ਤਾਰ ਦੇ ਉਪਰ ਹੈ [ਚਿੱਤਰ 8.1(a)]। ਸਮਾਨਤਾ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਅਸੀਂ ਕਹਿ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਲੂਪ ਦੇ ਘੇਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਹੈ ਅਤੇ ਲੂਪ ਦੇ ਹਰੇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੱਕ ਇਸਦਾ ਪਰਿਮਾਣ

ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਇਸ ਕਾਰਨ, ਜੇ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ B ਹੈ ਤਾਂ ਸਮੀਕਰਨ (8.1) ਦਾ ਖੱਬਾ ਪਾਸਾ $B(2\pi r)$ ਹੈ।

$$B(2\pi r) = \mu_0 i(t) \tag{8.2}$$

ਹੁਣ ਇਸੇ ਸੀਮਾ ਵਾਲੀ ਇੱਕ ਹੋਰ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਇਹ ਘੜੇ ਦੇ ਅਕਾਰ ਦੀ ਇੱਕ ਸਤ੍ਹਾ ਹੈ ਜੋ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ਕਿਤੇ ਵੀ ਛੂੰਹਦੀ ਨਹੀਂ ਹੈ [ਚਿੱਤਰ 8.1(b)] ਤੇ ਇਸਦੀ ਤਲੀ ਕੈਪਸਟਰ ਦੀਆਂ ਦੋਨੋਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਹੈ ਅਤੇ ਉਸਦਾ ਮੂੰਹ ਉਪਰ ਵਰਣਨ ਕੀਤਾ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਲੂਪ ਹੈ। ਦੂਸਰੀ ਅਜਿਹੀ ਸਤ੍ਹਾ (ਬਿਨਾਂ ਢੱਕਣ ਦੇ) ਟਿਫਿਨ ਬਾਕਸ ਦੇ ਆਕਾਰ ਦੀ ਹੈ ਚਿੱਤਰ [8.1(c)]।

ਸਮਾਨ ਪੈਰਾਮੀਟਰਾਂ ਵਾਲੀਆਂ ਅਜਿਹੀਆਂ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਲਈ ਐਮਪੀਅਰ ਦਾ ਨਿਯਮ ਲਗਾਉਣ ਤੇ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਸਮੀਕਰਨ (8.1) ਦੇ ਖੱਬੇ ਪਾਸੇ ਦਾ ਮਾਨ ਤਾਂ ਨਹੀਂ ਬਦਲਦਾ ਹੈ ਪਰ ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਦਾ *ਮਾਨ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ ਨਾ ਕਿ* $\mu_0 i(t)$, ਕਿਉਂਕਿ ਚਿੱਤਰ 8.1(b) ਅਤੇ (c) ਵਿਚ ਦਰਸਾਈਆਂ ਗਈਆਂ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਵਿਚੋਂ ਕੋਈ ਕਰੰਟ ਨਹੀਂ ਲੰਘਦਾ ਹੈ। ਇਸਲਈ, ਸਾਡਾ ਸਾਹਮਣਾ ਇੱਕ *ਵਿਰੋਧਾਭਾਸ* (Contradiction) ਨਾਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਗਣਨਾ ਕਰੀਏ ਤਾਂ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਹੈ; ਦੂਸਰੀ ਗਣਨਾ ਕਰੀਏ ਤਾਂ P ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫ਼ਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਇਹ ਵਿਰੋਧਾਭਾਸ ਸਾਡੇ ਦੁਆਰਾ ਲਾਗੂ ਕੀਤੇ ਗਏ ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਸਰਕਟ ਨਿਯਮ ਕੇ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਨਿਯਮ ਵਿੱਚ ਸ਼ਾਇਦ ਕੋਈ ਪਦ ਰਹਿ ਗਿਆ ਹੈ। ਰਹਿ ਗਿਆ ਇਹ ਪਦ ਅਜਿਹਾ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਕਿ ਬੇਸ਼ਕ ਕਿਸੇ ਵੀ ਸਤ੍ਹਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰੀਏ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਸਮਾਨ ਮਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

ਜੇ ਅਸੀਂ ਚਿੱਤਰ 8.1(c) ਨੂੰ ਧਿਆਨਪੂਰਵਕ ਦੇਖੀਏ ਤਾਂ ਰਹਿ ਗਏ ਪਦ ਦਾ ਅਨੁਮਾਨ ਲਗਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਕੀ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿਚਲੀ ਸਤਹਿ S ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਦੀ ਹੋਈ ਕਿਸੇ ਰਾਸ਼ੀ ਦੇ ਮਾਨ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਜੀ ਹਾਂ, ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਵਿਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਬਦਲ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਜੇ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ A ਹੋਵੇ ਅਤੇ ਇਸ ਤੇ ਕੁੱਲ ਚਾਰਜ Q ਹੋਵੇ ਤਾ ਪਲੇਟਾਂ ਵਿਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ $\mathbf{E}$ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ $(Q/A)/\varepsilon_0$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ (ਦੇਖੋ ਸਮੀਕਰਨ 2.41)। ਇਹ ਖੇਤਰ ਚਿੱਤਰ ਚਿੱਤਰ 8.1(c) ਦੀ ਸਤਹਿ S ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਖੇਤਰਫਲ A ਤੇ ਬਰਾਬਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ ਪਰ ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਬਾਹਰ ਸਿਫ਼ਰ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸਲਈ, ਸਤਹਿ S ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਣ ਵਾਲਾ ਬਿਜਲੀ ਫਲਕਸ ਗਾਉਸ (Gauess Law) ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਨਾਲ ਹੇਠ ਅਨੁਸਾਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$\Phi_E = |\mathbf{E}| A = \frac{1}{\varepsilon_0}\frac{Q}{A}A = \frac{Q}{\varepsilon_0} \tag{8.3}$$

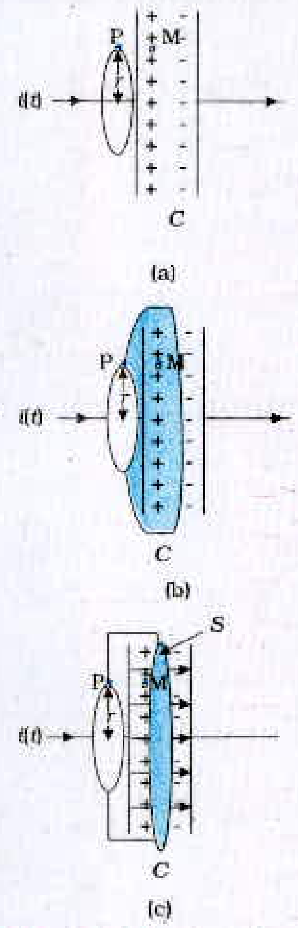
ਹੁਣ ਜੇ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾਂ ਤੇ ਚਾਰਜ Q ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਬਦਲਦਾ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਇਥੇ ਇੱਕ ਕਰੰਟ $i = (\mathrm{d}Q/\mathrm{d}t)$ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸਲਈ ਸਮੀਕਰਨ (8.3) ਤੋਂ

$$\frac{\mathrm{d}\Phi_E}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{Q}{\varepsilon_0}\right) = \frac{1}{\varepsilon_0}\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t}$$

ਇਹ ਨਿਰਦਿਸ਼ਟ ਕਰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਨਿਯਮ ਵਿੱਚ ਸੰਗਤੀ ਲਈ,

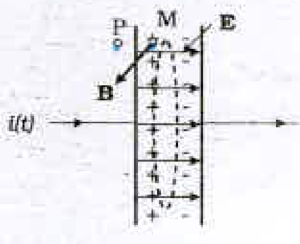
$$\varepsilon_0\left(\frac{\mathrm{d}\Phi_E}{\mathrm{d}t}\right) = i \tag{8.4}$$

ਇਹੀ ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਸਰਕਟ ਨਿਯਮ ਦਾ ਰਹਿ ਗਿਆ ਪਦ ਹੈ। ਜੇ ਅਸੀਂ ਕਿਸੇ ਵੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੋਂ ਹੋਕੇ ਚਾਲਕਾਂ ਦੁਆਰਾ ਵਗਦੇ ਕੁੱਲ ਕਰੰਟ ਵਿੱਚ, ε_0 ਗੁਣਾ ਬਿਜਲੀ ਫਲਕਸ ਦੇ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੀ ਦਰ ਜੋੜੀਏ ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਸਰਕਟ ਨਿਯਮ ਦਾ ਵਿਆਪੀਕਰਨ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਤਾਂ ਸਾਰੀਆਂ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਦੇ ਲਈ ਕਰੰਟ ਦਾ ਮਾਨ i ਸਮਾਨ ਹੋਵੇਗਾ। ਤਾਂ ਕਿਤੇ ਵੀ ਐਮਪੀਅਰ ਦਾ ਵਿਆਪੀਕਰਨ ਨਿਯਮ ਲਗਾਉਣ ਤੇ B ਦੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਮਾਨ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਵਿਸੰਗਤੀ ਨਹੀਂ ਆਵੇਗੀ। ਬਿੰਦੂ P ਤੇ, B ਦਾ ਮਾਨ ਨਾਨ-ਜ਼ੀਰੋ ਹੀ ਹੋਵੇਗਾ ਬੇਸ਼ਕ ਇਸਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਅਸੀਂ ਕੋਈ ਵੀ ਸਤ੍ਹਾ ਲਈਏ। ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਬਾਹਰ, ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ B ਦਾ ਮਾਨ ਉਹੀ ਹੋਵੇਗਾ ਜੋ ਠੀਕ ਦਿੱਸਦੇ ਅੰਦਰ ਬਿੰਦੂ M ਤੇ

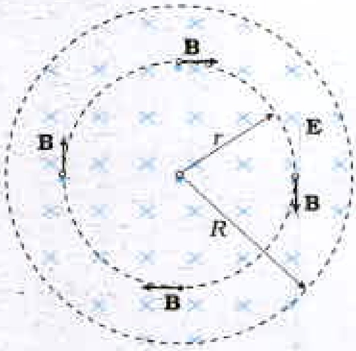


ਚਿੱਤਰ 8.1 ਇੱਕ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਕੈਪੀਸਟਰ C, ਜੋ ਇੱਕ ਅਜਿਹੇ ਸਰਕਟ ਦਾ ਭਾਗ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਿਵਰਤਨਸ਼ੀਲ ਕਰੰਟ $i(t)$ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ; ਅਤੇ (a) ਵਿਚ r ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦਾ ਇੱਕ ਲੂਪ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਜੋ ਲੂਪ ਤੇ ਸਥਿਤ P ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਬਣਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ; (b) ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਘੱਟ ਅਕਾਰ, ਸਤਹਿ ਦਰਸਾਈ ਗਈ ਹੈ ਜੋ ਕੈਪੀਸਟਰਰ ਅੰਦਰ ਇਸਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਦੀ ਹੈ ਅਤੇ (a) ਵਿਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਲੂਪ ਇਸਦਾ ਰਿਮ ਹੈ; (c) ਵਿਚ (ਟਿਫਿਨ ਦੀ ਆਕ੍ਰਿਤੀ ਦੀ) ਇੱਕ ਹੋਰ ਸਤਹਿ ਦਰਸਾਈ ਗਈ ਹੈ, ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਲੂਪ ਜਿਸਦਾ ਰਿਮ ਹੈ ਅਤੇ ਸਮਤਲ ਚੱਕਰ ਆਕਾਰ ਤਲੀ S ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਹੈ। ਤੀਰ ਕੈਪੀਸਟਰ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿਚ ਇੱਕ ਸਮੇਂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹਨ।

ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ [ਚਿੱਤਰ 8.1(a)]। ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਵਗਣ ਦੇ ਕਾਰਨ ਚਾਲਕਾਂ ਵਿਚ ਜੋ ਕਰੰਟ ਵਗਦਾ ਹੈ ਉਸ ਨੂੰ *ਚਾਲਨ ਕਰੰਟ (conduction current)* ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਨ (8.4) ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕਰੰਟ ਇਕ ਨਵਾਂ ਪਦ ਹੈ। ਜੋ ਪਰਿਵਰਤਨਸ਼ੀਲ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ (ਜਾਂ ਬਿਜਲੀ ਵਿਸਥਾਪਣ, ਇੱਕ ਪੁਰਾਣਾ ਪਦ ਜਿਸ ਨੂੰ ਅੱਜ ਵੀ ਕਦੇ-ਕਦੇ ਵਰਤਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ) ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੋਂਦ ਵਿਚ ਆਉਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਇਸਲਈ *ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ* ਜਾਂ ਮੈਕਸਵੇਲ ਦਾ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 8.2; ਉਪਰ ਵਰਣਨ ਕੀਤੇ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੇ ਅੰਦਰ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ।



(a)



(b)

ਚਿੱਤਰ 8.2 (a) ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤ ਬਿੰਦੂ M ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ **E** ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** (b) ਚਿੱਤਰ (a) ਦਾ ਸੈਕਸ਼ਨਲ ਆਰੇਖ

ਮੈਕਸਵੇਲ ਦੁਆਰਾ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਵਿਆਪੀਕਰਨ ਤਦ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹੈ। ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਸ੍ਰੋਤ ਸਿਰਫ ਵਗਦੇ ਚਾਰਜਾਂ ਤੋਂ ਬਣਿਆ ਚਾਲਨ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਹੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ, ਬਲਕਿ ਸਮੇਂ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਬਦਲਾਵ ਦੀ ਦਰ ਵੀ ਇਸਦਾ ਕਾਰਨ ਬਣ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਵਧੇਰੇ ਸਾਫ਼ ਤੌਰ ਤੇ ਇਸ ਗਲ ਨੂੰ ਕਹੀਏ ਤਾਂ ਕੁੱਲ ਕਰੰਟ i, i_c ਦੁਆਰਾ ਨਿਰਦਿਸ਼ਟ ਚਾਲਨ ਕਰੰਟ ਅਤੇ i_d $(= \varepsilon_0\, (d\Phi_E/dt))$ ਦੁਆਰਾ ਨਿਰਦਿਸ਼ਟ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਦੇ ਜੋੜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸਲਈ

$$i = i_c + i_d = i_c + \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \tag{8.5}$$

ਸਾਫ਼ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਇਸਦਾ ਅਰਥ ਹੈ ਕਿ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਬਾਹਰ ਸਿਰਫ਼ ਚਾਲਨ ਕਰੰਟ $i_c = i$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਕੋਈ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ, ਅਰਥਾਤ $i_d = 0$। ਦੂਸਰੇ ਪਾਸੇ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੇ ਅੰਦਰ ਕੋਈ ਚਾਲਨ ਕਰੰਟ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ, ਅਰਥਾਤ $i_c = 0$ ਅਤੇ ਸਿਰਫ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ $i_d = i$.

ਵਿਆਪੀਕਰਨ (ਅਤੇ ਯਥਾਰਥ) ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਸਰਕਟ ਨਿਯਮ ਦਾ ਸਰੂਪ ਸਮੀਕਰਨ (8.1) ਵਰਗਾ ਹੈ। ਬਸ ਸਿਰਫ਼ ਇੱਕ ਅੰਤਰ ਹੈ "ਅਜਿਹੀ ਕੋਈ ਵੀ ਸਤਹਿ, ਜਿਸਦਾ ਘੇਰਾ ਬੰਦ ਲੂਪ ਹੈ, ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਣ ਵਾਲਾ ਕੁੱਲ ਕਰੰਟ ਚਾਲਨ ਕਰੰਟ ਅਤੇ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟਾ ਦਾ ਜੋੜ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।" ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਹ ਨਿਯਮ

$$\oint \mathbf{B}\cdot d\mathbf{l} = \mu_0\, i_c + \mu_0\, \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \tag{8.6}$$

ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ ਐਮਪੀਅਰ ਮੈਕਸਵੇਲ ਨਿਯਮ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

ਕਿਸੇ ਵੀ ਪੱਖ ਤੋਂ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਦੇ ਭੌਤਿਕ ਪ੍ਰਭਾਵ ਚਾਲਨ ਕਰੰਟ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹਨ। ਕੁਝ ਸਥਿਤੀਆਂ ਵਿੱਚ, ਉਦਾਹਰਣ ਲਈ, ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਤਾਰ ਵਿੱਚ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲਈ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਦਾ ਮਾਨ ਸਿਫਰ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਕੋਈ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ **E** ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਕੁਝ ਦੂਸਰੀਆਂ ਸਥਿਤੀਆਂ ਵਿੱਚ, ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਉਪਰ ਦੱਸੇ ਗਏ ਚਾਰਜਿਤ ਹੋ ਰਹੇ ਕੈਸੀਪਸਟਰ ਵਿੱਚ ਚਾਲਨ ਅਤੇ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਦੋਨੋਂ ਹੀ ਮੌਜੂਦ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਪਰ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸਥਾਨਾਂ ਤੇ। ਪਰ ਵਧੇਰੇ ਹਾਲਤਾਂ ਵਿਚ ਦੋਨੋਂ ਹੀ ਇੱਕ ਸਥਾਨ ਤੇ ਮੌਜੂਦ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ ਕਿਉਂਕਿ ਕੋਈ ਵੀ ਮਾਧਿਅਮ ਪੂਰਣ ਚਾਲਕ ਜਾਂ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਸਭ ਤੋਂ ਰੋਚਕ ਤੱਥ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਵਿਸ਼ਾਲ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਜਿਥੇ ਕੋਈ ਵੀ ਚਾਲਨ ਕਰੰਟ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ, ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਿਵਰਤਨਸ਼ੀਲ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਸਿਰਫ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਹੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਅਜਿਹੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ, ਆਸਪਾਸ ਕੋਈ (ਚਾਲਨ) ਕਰੰਟ ਸ੍ਰੋਤ ਨਾ ਹੋਣ ਤੇ ਵੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਮੌਜੂਦ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਦੀ ਹੋਂਦ ਦੀ ਭਵਿੱਖਬਾਨੀ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੁਆਰਾ ਸਾਬਿਤ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ ਚਿੱਤਰ 8.2(a) ਦੇ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾਂ ਵਿਚ (ਮੰਨ ਲਓ ਬਿੰਦੂ M ਤੇ) ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਮਾਪਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਠੀਕ ਓਨਾ ਹੀ ਹੋਵੇਗਾ ਜਿਨਾ ਕਿ ਬਾਹਰ ਦੇ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ (ਮੰਨ ਲਉ P) ਤੇ।

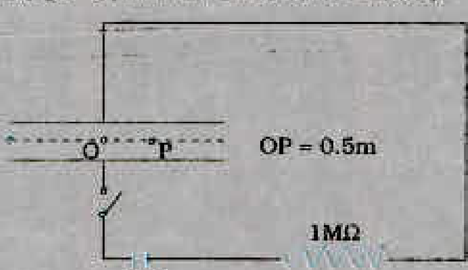
ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਦੇ (ਸ਼ਬਦਾ ਅਨੁਸਾਰ ਹੀ) ਦੂਰਗਾਮੀ ਨਤੀਜੇ ਹਨ। ਇਹ ਤੱਥ ਜਿਸ ਵਲ ਸਾਡਾ ਧਿਆਨ ਇੱਕਦਮ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਉਹ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕਤਾ ਹੁਣ ਹੋਰ ਵੱਧ

ਸਮਤਾ* ਵਾਲੇ ਹੋ ਗਏ ਹਨ। ਫੈਰਾਡੇ ਦੇ ਪ੍ਰੇਰਣ ਸੰਬੰਧੀ ਨਿਯਮ ਇਹ ਦੱਸਦੇ ਹਨ ਕਿ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ਚੁੰਬਕੀ ਫਲਕਸ *ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੀ ਦਰ ਦੇ ਬਰਾਬਰ* ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਹੁਣ, ਕਿਉਂਕਿ ਦੋ ਬਿੰਦੂਆਂ 1 ਅਤੇ 2 ਦੇ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ, ਬਿੰਦੂ 1 ਤੋਂ ਬਿੰਦੂ 2 ਤੱਕ ਇਕਾਈ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਲੈ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਹੈ। ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਇੱਕ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਵਲ ਇਸ਼ਾਰਾ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਫੈਰਾਡੇ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਪ੍ਰੇਰਣ ਸੰਬੰਧੀ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਦੂਸਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵੀ ਕਹਿ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਿਵਰਤਨਸ਼ੀਲ *ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ, ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ* ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਤੱਥ ਕਿ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਿਵਰਤਨਸ਼ੀਲ *ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ, ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ* ਕਰਦਾ ਹੈ, ਫੈਰਾਡੇ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਸਮਤਾ ਵਾਲਾ ਪ੍ਰਤਿਰੂਪ ਹੈ ਅਤੇ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਸ੍ਰੋਤ ਹੋਣ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਸਮੇਂ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੀ ਉਤਪਤੀ ਦਾ ਕਾਰਨ ਹਨ। ਫੈਰਾਡੇ ਦਾ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਪ੍ਰੇਰਣ ਦ ਨਿਯਮ ਅਤੇ ਮੈਕਸਵੇਲ ਐਂਮਪੀਅਰ ਦਾ ਸਰਕਟ ਦਾ ਨਿਯਮ ਇਸ ਕਥਨ ਦੀ ਮਾਤਰਾਤਮਕ ਪ੍ਰਸਤੁਤੀ ਹੈ। ਜਿਥੇ ਕਰੰਟ, ਕੁੱਲ ਕਰੰਟ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਸਮੀਕਰਨ (8.5) ਵਿਚ ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ। ਇਸ ਸਮਤਾ ਦਾ ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਹੀ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਸਿੱਟਾ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਹੋਂਦ ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਅਗਲੇ ਸੈਕਸ਼ਨ ਵਿੱਚ ਚਰਚਾ ਕਰਾਂਗੇ।

ਮੈਕਸਵੇਲ ਦੇ ਸਮੀਕਰਨ (MAXWELL S EQUATIONS)

1. $\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = Q/\varepsilon_0$ (ਬਿਜਲੀ ਸੰਬੰਧੀ ਗਾਸ ਨਿਯਮ)
2. $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$ (ਚੁੰਬਕਤਾ ਸੰਬੰਧੀ ਗਾਸ ਨਿਯਮ)
3. $\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \dfrac{-d\Phi_B}{dt}$ (ਫੈਰਾਡੇ ਨਿਯਮ)
4. $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 i_c + \mu_0 \varepsilon_0 \dfrac{d\Phi_E}{dt}$ (ਐਂਮਪੀਅਰ ਮੈਕਸਵੇਲ ਨਿਯਮ)

ਉਦਾਹਰਨ 8.1 ਇਕ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਕੈਪੀਸਟਰ ਜਿਸ ਦੀਆਂ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਪਲੇਟਾਂ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ 1 m ਹੈ, ਧਾਰਿਤਾ (capacitance) 1 nF ਹੈ। ਸਮਾਂ $t = 0$ ਤੇ ਇਸਨੂੰ ਚਾਰਜਿਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ $R = 1\ \mathrm{M}\Omega$ ਦੇ ਇਕ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧਕ ਦੇ ਨਾਲ ਲੜੀਵੱਧ ਵਿੱਚ 2V ਦੀ ਬੈਟਰੀ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਗਿਆ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 8.3)। 10^{-3}s ਦੇ ਬਾਦ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੇ ਵਿੱਚ ਦੋਨਾਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਘੇਰੇ ਦੇ ਬਿਲਕੁਲ ਵਿਚਕਾਰ ਸਥਿਤ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਤਾ ਕਰੋ। (ਸਮੇਂ t ਤੇ ਕੈਪੀਸਟਰ ਤੇ ਚਾਰਜ $q(t) = CV [1 - \exp(-t/\tau)]$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਿਥੇ ਸਮਾਂ ਸਥਿਰਅੰਕ $\tau = CR$ ਹੈ)



ਚਿੱਤਰ 8.3

ਹੱਲ— CR ਸਰਕਟ ਦਾ ਸਮਾਂ ਸਥਿਰ ਅੰਕ $\tau = CR = 10^{-3}$s. ਇਸ ਲਈ

$$q(t) = CV[1 - \exp(-t/\tau)]$$
$$= 2 \times 10^{-9}[1 - \exp(-t/10^{-3})]$$

t ਸਮੇਂ ਤੇ ਪਲੇਟਾਂ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ

ਉਦਾਹਰਨ 8.1

* ਇਹ ਅੱਜੇ ਵੀ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਮਤਾ ਵਾਲਾ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਲਈ ਬਿਜਲੀ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸ੍ਰੋਤ (ਚੁੰਬਕੀ ਇਕੱਲੇ ਧਰੁਵ, magnetic monopole) ਗਿਆਤ ਨਹੀਂ ਹਨ।

ਉਦਾਹਰਨ 8.1

$$E=\frac{q(t)}{\varepsilon_0 A}=\frac{q}{\pi\varepsilon_0}\ ;\ A=\pi(1)^2\ \mathrm{m}^2 = \text{ਪਲੇਟ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ}$$

ਹੁਣ ਬਿੰਦੂ P ਤੋਂ ਗੁਜਰਦੇ ਹੋਏ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਇੱਕ (1/2) m ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੇ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਲੂਪ ਦੀ ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ। ਲੂਪ ਦੇ ਹਰੇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B** ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਬਰਾਬਰ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਲੂਪ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਹੈ। ਲੂਪ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਣ ਵਾਲੇ ਫਲਕਸ Φ_E ਦਾ ਮਾਨ ਹੈ–

$\Phi_E = E \times$ ਲੂਪ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ

$$= E\times\pi\times\left(\frac{1}{2}\right)^2=\frac{\pi E}{4}=\frac{q}{4\varepsilon_0}$$

ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ

$$i_d=\varepsilon_0\frac{d\Phi_E}{dt}=\frac{1}{4}\frac{dq}{dt}=0.5\times10^{-6}\exp(-1)$$

$t = 10^{-3}$s. ਰੱਖਣ ਤੇ ਹੁਣ ਲੂਪ ਦੇ ਲਈ ਐਮਪੀਅਰ ਦਾ ਨਿਯਮ ਲਾਗੂ ਕਰਨ ਤੇ,

$$B\times2\pi\times\left(\frac{1}{2}\right)=\mu_0\left(i_c+i_d\right)=\mu_0\left(0+i_d\right)=0.5\times10^{-6}\mu_0\exp(-1)$$

ਜਾਂ, $B = 0.74 \times 10^{-13}$T

8.3 ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ (ELECTROMAGNETIC WAVES)

8.3.1 ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਸ੍ਰੋਤ (Sources of electromagnetic waves)

ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ (electromagnetic ਸੰਖੇਪ ਵਿੱਚ em) ਤਰੰਗਾਂ ਕਿਵੇਂ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ? ਨਾ ਤਾਂ ਸਥਿਰ ਚਾਰਜ, ਨਾ ਹੀ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਨਾਲ ਚਲਦੇ ਹੋਏ ਚਾਰਜ (ਸਥਿਰ ਕਰੰਟ), ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਸ੍ਰੋਤ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਕਿਉਂਕਿ, ਸਥਿਰ ਚਾਰਜ ਤਾਂ ਸਿਰਫ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹਨ ਜਦੋਂ ਕਿ ਗਤੀਮਾਨ ਚਾਰਜ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵੀ ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹਨ ਪਰ ਉਹ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਮੈਕਸਵੇਲ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤ ਦਾ ਇਹ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਸਿੱਟਾ ਹੈ ਕਿ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਚਾਰਜ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਵਿਕਿਰਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਮੁੱਢਲੇ ਸਿੱਟੇ ਦਾ ਪ੍ਰਮਾਣ ਇਸ ਪੁਸਤਕ ਦੇ ਵਿਸਤਾਰ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਪਰੇ ਹੈ, ਪਰ ਅਸੀਂ ਇਸ ਨੂੰ ਮੋਟੇ ਤੌਰ ਤੇ ਗੁਣਾਤਮਕ ਵਿਵੇਚਨ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਮੰਨ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਮੰਨ ਲਓ ਕਿ ਇਕ ਚਾਰਜ ਹੈ ਜੋ ਕਿਸੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਨਾਲ ਦੋਲਨ ਕਰ ਰਿਹਾ ਹੈ (ਕੋਈ ਦੋਲਨ ਕਰਦਾ ਹੋਇਆ ਚਾਰਜ ਵੀ ਇੱਕ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਚਾਰਜ ਦਾ ਉਦਾਹਰਨ ਹੈ)। ਇਹ ਉਸ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਦੋਲਨ ਕਰਦੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਮੁੜ ਇੱਕ ਦੋਲਨ ਕਰਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਜਨਮ ਦਿੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਫਿਰ ਇੱਕ ਦੋਲਨ ਕਰਦੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਉਤਪਤੀ ਦਾ ਕਾਰਨ ਬਣਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਚਲਦੀ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਦੋਲਨ ਕਰਦੇ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹਨ ਜਾਂ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਹਿ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਤਰੰਗ ਗਤੀ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਕੁਦਰਤੀ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ, ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਦੋਲਨਾਂ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਤਰੰਗਾਂ ਨਾਲ ਜੁੜੀ ਊਰਜਾ, ਸ੍ਰੋਤ ਜਾਂ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਚਾਰਜ ਦੀ ਊਰਜਾ ਤੋਂ ਹੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਪਿਛਲੀ ਚਰਚਾ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਇਹ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਸ ਭਵਿੱਖਬਾਨੀ ਦਾ ਪ੍ਰੀਖਣ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਹੈ, ਸੌਖੇ ਹੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਵਿਚਾਰ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ (ਮੰਨ ਲਉ ਪੀਲਾ) ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਬਸ ਇੱਕ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਉਸ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਨਾਲ ਡੋਲਨ ਕਰਵਾਉਣ ਲਈ ਇੱਕ ac ਸਰਕਟ ਦੀ ਲੋੜ ਹੈ। ਪਰ ਅਫਸੋਸ ਦੀ ਗਲ ਹੈ ਕਿ ਅਜਿਹਾ ਸੰਭਵ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਪੀਲੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਲਗਭਗ 6×10^{14} Hz ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਬਹੁਤ ਹੀ ਆਧੁਨਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਸਰਕਟਾਂ ਤੋਂ ਵੀ ਜੋ ਅਧਿਕਤਮ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਉਹ ਲਗਭਗ 10^{11} Hz ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹੀ ਕਾਰਨ ਹੈ ਕਿ ਜਦੋਂ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਨ ਹੋਇਆ ਤਾਂ ਉਹ ਨਿਮਨ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੀਆਂ ਤਰੰਗਾਂ (ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਰੇਂਜ ਵਿਚ) ਦੇ ਲਈ ਹੀ ਹੋਇਆ, ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਹਰਟਜ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗ (1887) ਦੇ ਮਾਮਲੇ ਵਿਚ ਦੇਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

ਮੈਕਸਵੇਲ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਪਰੀਖਣ ਦੇ ਲਈ ਕੀਤੇ ਗਏ ਹਰਟਜ ਦੇ ਸਫਲ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨੇ ਸਨਸਨੀ ਫੈਲਾ ਦਿੱਤੀ ਅਤੇ ਇਹ ਪ੍ਰਯੋਗ ਇਸ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਹੋਰ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਕਾਰਜਾਂ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰੇਰਣਾ ਦਾ ਆਧਾਰ ਬਣੇ। ਇਸ ਸੰਬੰਧ ਵਿੱਚ ਦੋ ਮਹੱਤਵਪਰੂਣ ਉਪਲਬਧੀਆਂ ਦਾ ਉਲੇਖ ਕੀਤਾ ਜਾਣਾ ਬਣਦਾ ਹੈ। ਹਰਟਜ਼ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੇ ਸੱਤ ਸਾਲ ਬਾਅਦ, ਜਗਦੀਸ਼ ਚੰਦਰ ਬੋਸ (Jagdish Chander Bose) ਨੇ ਕਲਕੱਤਾ ਵਿਚ ਕਾਰਜ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਕਾਫੀ ਘੱਟ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ (25 mm ਤੋਂ 5 mm) ਦੀਆਂ ਬਿਜਲੀ ਤਰੰਗਾਂ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰੇਖਿਤ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਸਫਲਤਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀ। ਉਹਨਾਂ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਵੀ ਹਰਟਜ਼ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੀ ਸੀਮਿਤ ਰਿਹਾ।

ਲਗਭਗ ਉਸ ਸਮੇਂ ਇਟਲੀ ਵਿਚ ਗੁਗਲੀਓ ਮਾਰਕੋਨੀ (Guglielmo Marconi) ਨੇ ਹਰਟਜ਼ ਦੇ ਕਾਰਜ ਨੂੰ ਦੋਹਰਾਇਆ ਅਤੇ ਕਈ ਕਿਲੋਮੀਟਰ ਤੱਕ ਦੀਆਂ ਦੂਰੀਆਂ ਤੱਕ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਭੇਜਣ ਵਿੱਚ ਸਫਲਤਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀ। ਮਾਰਕੋਨੀ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨਾਲ ਸੰਚਾਰ ਦੇ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਉਪਯੋਗ ਦੀ ਸ਼ੁਰੂਆਤ ਹੋਈ।

ਹੇਨਰਿਕ ਰੁਡੋਲਫ ਹਰਟਜ਼
Heinrich Rudolf Hertz (1857 1894) ਜਰਮਨ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ, ਜਿਹਨਾਂ ਨੇ ਪਹਿਲੀ ਵਾਰ ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗਾਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰਸਾਰਿਤ ਕੀਤਾ ਅਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਪੈਦਾ ਕੀਤੀਆਂ, ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਅਕਾਸ਼ ਵਿਚ ਭੇਜਿਆ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਅਤੇ ਚਾਲ ਪਤਾ ਕੀਤੀ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਦਰਸਾਇਆ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਕੰਬਣ ਦੀ ਪ੍ਰਾਕ੍ਰਿਤੀ, ਪਰਾਵਰਤਨ ਅਤੇ ਅਪਵਰਤਨ ਠੀਕ ਉਸੇ ਹੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਨ ਜਿਵੇਂ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਅਤੇ ਤਾਪ ਤਰੰਗਾਂ ਵਿੱਚ, ਅਤੇ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪਹਿਲੀ ਵਾਰ ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਹੋਂਦ ਸਿੱਧ ਕੀਤੀ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਗੈਸਾਂ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਵਿਸਰਜਨ ਸੰਬੰਧ ਖੋਜ ਦੀ ਅਗਵਾਈ ਕੀਤੀ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੀ ਖੋਜ ਕੀਤੀ।

ਹੇਨਰਿਕ ਰੁਡੋਲਫ ਹਰਟਜ਼ (1857-1894)

8.3.2 ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਸੁਭਾਅ (Nature of electromagnetic waves)

ਮੈਕਸਵੇਲ ਦੀਆਂ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਇਹ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਗਤੀ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਵੀ। ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਤੇ ਕੀਤੀ ਗਈ ਚਰਚਾ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਵੀ ਇਹ ਤਰਕ ਸੰਗਤ ਪ੍ਰਤੀਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 8.2. ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਕੈਪੀਸਟਰ ਵਿੱਚ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿਚਲਾ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਕੈਪਸਟਰ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਚੱਕਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ **B** ਅਤੇ **E** ਆਪਸ ਵਿਚ ਲੰਬਰੂਪ ਹਨ। ਇਹ ਇੱਕ ਆਮ ਲੱਛਣ ਹੈ।

ਚਿੱਤਰ 8.4 ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ z ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਗਤੀ ਕਰਦੀ ਹੋਈ ਇੱਕ ਸਮਤਲ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਦਾ ਨਮੂਨੇ ਦਾ ਉਦਾਹਰਨ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਹੈ (ਕਿਸੇ ਸਮੇਂ t ਤੇ, ਖੇਤਰਾਂ ਨੂੰ z-ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕ ਦੇ ਫਲਨ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ)। ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ E_x, x-ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਹੈ ਅਤੇ ਕਿਸੇ ਸਮੇਂ t ਤੇ z ਦੇ ਨਾਲ ਸਾਈਨ (Sine) ਵਕ੍ਰ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ B_y, y-ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਵੀ z ਦੇ ਨਾਲ ਸਾਈਨ (Sine) ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ E_x ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ B_y ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਲੰਬ ਹਨ ਅਤੇ ਗਤੀ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ z ਦੇ ਲੰਬ ਰੂਪ ਹਨ। E_x ਅਤੇ B_y ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅਨੁਸਾਰ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ-

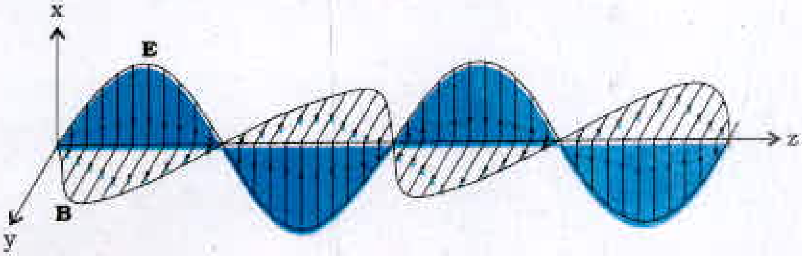
$$E_x = E_0 \sin(kz - \omega t) \quad [8.7(a)]$$

$$B_y = B_0 \sin(kz - \omega t) \quad [8.7(b)]$$

ਇਥੇ k ਅਤੇ ਤਰੰਗ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ λ ਵਿਚ ਨਿਮਨਲਿਖਤ ਸੰਬੰਧ ਹੈ-

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (8.8)$$

ਅਤੇ ਇਥੇ ω ਕੋਣੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਹੈ, k ਤਰੰਗ ਸਦਿਸ਼ (ਜਾਂ ਗਤੀ ਸਦਿਸ਼) **k** ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ



ਚਿੱਤਰ 8.4 ਇੱਕ ਰੇਖੀ ਧਰੁਵਿਤ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਜੋ z-ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰ ਰਹੀ ਹੈ ਅਤੇ ਜਿਸਦਾ ਦੋਲਨ ਕਰਦਾ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ **E**, x-ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਅਤੇ ਦੋਲਨ ਕਰਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **B**, y-ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਹੈ।

ਹੈ। k ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਤਰੰਗ ਦੀ ਗਤੀ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਨੂੰ ਵਰਣਿਤ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਤਰੰਗ ਦੀ ਗਤੀ ਚਾਲ (ω/k) ਹੈ। E_x ਅਤੇ B_y ਦੇ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨਾਂ [8.7(a) ਅਤੇ (b)] ਅਤੇ ਮੈਕਸਵੇਲ ਦੇ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਤੁਸੀਂ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਪਰਿਣਾਮ ਤੇ ਪੁੱਜ ਸਕਦੇ ਹੋ—

$$\omega = ck, \text{ ਜਿਥੇ, } c = 1/\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0} \qquad [8.9(a)]$$

ਸਮੀਕਰਨ $\omega = ck$, ਸਾਰੀਆਂ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਮਾਣਿਕ ਸੰਬੰਧ ਹੈ (ਦੇਖੋ ਕਲਾਸ XI ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨ ਦੀ ਪਾਠ ਪੁਸਤਕ, ਸੈਕਸ਼ਨ 15.4) ਆਮ ਕਰਕੇ ਇਸ ਸੰਬੰਧ ਨੂੰ ਆਵ੍ਰਿਤੀ, $\nu\ (=\omega/2\pi)$ ਅਤੇ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ, $\lambda\ (=2\pi/k)$ ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਇਸ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਲਿਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ-

$$2\pi\nu = c\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \qquad \text{ਜਾਂ}$$

$$\nu\lambda = c \qquad [8.9(b)]$$

ਮੈਕਸਵੇਲ ਦੇ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਇਸ ਸਿੱਟੇ ਤੇ ਪੁੱਜਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਨਿਮਨਲਿਖਿਤ ਸਮੀਕਰਨ ਦੁਆਰਾ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹਨ-

$$B_0 = (E_0/c) \qquad (8.10)$$

ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਕੁਝ ਲੱਛਣਾਂ ਤੇ ਟਿੱਪਣੀਆਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਇਹ ਮੁਕਤ ਸਥਾਨ ਜਾਂ ਨਿਰਵਾਤ ਵਿੱਚ, ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਸਵੈਪੋਸ਼ਿਤ ਡੋਲਨ ਹਨ। ਇਹ ਇਸ ਅਰਥ ਵਿੱਚ ਅਜੇ ਤੱਕ ਸਾਡੇ ਦੁਆਰਾ ਅਧਿਐਨ ਕੀਤੀਆਂ ਗਈਆਂ ਹੋਰ ਤਰੰਗਾਂ ਤੋਂ ਵੱਖ ਹਨ ਕਿ ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਡੋਲਨਾਂ ਦੇ ਲਈ ਕਿਸੇ *ਭੌਤਿਕ ਮਾਧਿਅਮ* ਦੀ ਲੋੜ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ। ਹਵਾ ਵਿਚ ਧੁਨੀ ਤਰੰਗਾਂ ਲਾਂਗੀਚਿਉਡੀ ਤਰੰਗਾਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਜੋ ਗਤੀ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਨਪੀੜਨਾਂ ਅਤੇ ਵਿਰਲਣਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਚਲਦੀਆਂ ਹਨ। ਪਾਣੀ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਟਰਾਂਸਵਰਸ ਤਰੰਗਾਂ ਵਿੱਚ, ਜਿਵੇਂ-ਜਿਵੇਂ ਤਰੰਗਾਂ ਖਿਤਿਜੀ ਤਲ ਵਿੱਚ ਬਾਹਰ ਵਲ ਫੈਲਦੀਆਂ ਹਨ ਪਾਣੀ ਦੇ ਕਣ ਉੱਪਰ-ਥੱਲੇ ਵਲ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਦ੍ਰਿੜ ਅਤੇ ਵਿਰੂਪਣ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਠੋਸਾਂ ਵਿੱਚ ਵੀ ਟਰਾਂਸਵਰਸ ਇਲਾਸਟਿਕ ਤਰੰਗਾਂ ਗਤੀ ਕਰ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ। ਉੱਨੀਵੀਂ ਸਦੀ ਦੇ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਨੂੰ ਇਸ ਯੰਤਰਿਕ ਚਿੱਤਰ ਦੀ ਅਜਿਹੀ ਆਦਤ ਹੋ ਗਈ ਸੀ ਕਿ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਇੱਕ ਅਜਿਹੇ ਸਰਬਵਿਆਪੀ ਮਾਧਿਅਮ ਦੀ ਕਲਪਨਾ ਕੀਤੀ ਜੋ ਸਾਰੀਆਂ ਥਾਵਾਂ ਅਤੇ ਸਾਰੇ ਪਦਾਰਥਾਂ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਸੀ ਅਤੇ ਜੋ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਤਿ ਅਜਿਹੀ ਕਿਰਿਆ-ਪ੍ਰਤਿਕਿਆ ਕਰਦਾ ਸੀ ਜਿਵੇਂ ਕੋਈ ਵੀ ਇਲਾਸਟਿਕ ਮਾਧਿਅਮ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਇਸ ਮਾਧਿਅਮ ਨੂੰ *ਈਥਰ* (ether) ਨਾਮ ਦਿੱਤਾ। ਉਹ ਇਸ ਈਥਰ ਮਾਧਿਅਮ ਦੀ ਸਚਾਈ ਦੇ ਲਈ ਇਨ੍ਹੇ ਭਰੋਸੇ ਵਿੱਚ ਸਨ ਕਿ *ਸਰ ਆਰਥਰ ਕਾਨਨ ਡਾਇਲ* (*Sir Arthur Conan Doyle*) (ਜੋ ਕਿ ਮਸ਼ਹੂਰ ਜਸੂਸ ਸ਼ਰਲਕ ਹੋਲਮਸ ਦੇ ਰਚਨਾ ਕਰਤਾ) ਨੇ *ਦ ਪਾਈਜ਼ਨ ਬੈਲਟ* (*Poison Belt*) ਨਾਮਕ ਨਾਵਲ ਦੀ ਰਚਨਾ ਕੀਤੀ ਜਿਸ ਵਿਚ ਸੌਰ ਮੰਡਲ ਇੱਕ ਜ਼ਹਿਰੀਲੇ ਈਥਰ ਵਾਲੇ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਲੰਘਦਾ ਮੰਨਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਕਿਸੇ ਭੌਤਿਕ ਮਾਧਿਅਮ ਦੀ ਲੋੜ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਮਾਈਕਲਸਨ ਅਤੇ ਮੋਰਲੇ (Michelson and Morley) ਦੇ 1887 ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਗਏ ਮਸ਼ਹੂਰ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨੇ *ਈਥਰ* ਦੀ ਕਲਪਨਾ ਨੂੰ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਢੇ-ਢੇਰੀ ਕਰ ਦਿੱਤਾ। ਸਪੇਸ ਅਤੇ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਡੋਲਨ ਕਰਦੇ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ, ਨਿਰਵਾਤ ਵਿੱਚ ਵੀ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਪੋਸ਼ਿਤ ਕਰਕੇ ਬਣਾਏ ਰੱਖ ਸਕਦੇ ਹਨ।

ਪਰ, ਜੇ ਇਕ ਭੌਤਿਕ ਮਾਧਿਅਮ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਕੀ ਹੋਵੇਗਾ? ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਹੀ ਹਨ; ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ ਕੱਚ ਵਿਚੋਂ ਗਤੀ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਪਹਿਲਾਂ ਹੀ ਦੇਖ ਚੁੱਕੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਮਾਧਿਅਮ ਵਿੱਚ ਕੁੱਲ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਨੂੰ ਉਸ ਮਾਧਿਅਮ ਦੀ ਸਾਪੇਖਿਕ ਬਿਜਲੀਸ਼ੀਲਤਾ ε ਅਤੇ ਸਾਪੇਖਿਕ ਚੁੰਬਕਸ਼ੀਲਤਾ μ ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਦਸਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ (ਇਹ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦਸਦੀਆਂ ਹਨ ਕਿ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਕੁੱਲ ਖੇਤਰ ਕਿੰਨੇ ਗੁਣਾ ਹੈ)। ਮੈਕਸਵੇਲ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਵਿਵਰਣ ਵਿੱਚ ε_0 ਅਤੇ μ_0 ਦਾ ਸਥਾਨ ਇਹ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਲੈ ਲੈਂਦੀਆਂ ਹਨ। ਸਾਪੇਖੀ ਬਿਜਲੀਸ਼ੀਲਤਾ ε ਅਤੇ ਸਾਪੇਖੀ ਚੁੰਬਕਸ਼ੀਲਤਾ μ,

ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਸਾਰ ਦੇ ਅਨੁਕਰਣ
Simulate propagation of electromagnetic waves
(i) http://www.amanogawa.com/waves.html
(ii) http://www.phys.hawaii.edu/~teb/java/ntnujava/emWave/emWave.html

ਵਾਲੇ ਕਿਸੇ ਮਾਧਿਅਮ ਵਿਚ, ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਵੇਗ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}} \tag{8.11}$$

ਇਸ ਲਈ ਕਿਸੇ ਮਾਧਿਅਮ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਵੇਗ ਉਸ ਮਾਧਿਅਮ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਗੁਣਾਂ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਅਗਲੇ ਪਾਠ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਦੇਖਾਂਗੇ ਕਿ ਇੱਕ ਮਾਧਿਅਮ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਦੂਸਰੇ ਮਾਧਿਅਮ ਦਾ *ਅਪਵਰਤਨਅੰਕ* ਇਹਨਾਂ ਦੋ ਮਾਧਿਅਮਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਵੇਗ ਦੇ ਅਨੁਪਾਤ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਮੁਕਤ ਅਕਾਸ਼ ਜਾਂ ਨਿਰਵਾਤ ਵਿਚ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਵੇਗ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ, ਮੁੱਢਲਾ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ। ਵੱਖ-ਵੱਖ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਦੀਆਂ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਤੇ ਕੀਤੇ ਗਏ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਨੇ ਇਹ ਦਰਸਾਇਆ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਵੇਗ (ਜੋ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਹੈ) ਸਾਰਿਆਂ ਲਈ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਮਾਨ 3×10^8 m/s ਤੋਂ ਕੁਝ ਮੀਟਰ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕੰਡ ਘੱਟ ਜਾਂ ਵੱਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਨਿਰਵਾਤ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਵੇਗ ਦਾ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੋਣਾ, ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਇਨ੍ਹੀ ਦ੍ਰਿੜਤਾ ਨਾਲ ਸਾਬਿਤ ਹੋ ਚੁਕਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਮਾਨ ਬਹੁਤ ਹੀ ਯਥਾਰਥਤਾ ਨਾਲ ਗਿਆਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਚੁੱਕਾ ਹੈ ਕਿ ਇਸਨੂੰ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਮਾਨਕ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਵਿਕਾਰ ਕਰ ਲਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਅਰਥਾਤ ਮੀਟਰ ਨੂੰ ਹੁਣ ਉਸ ਦੂਰੀ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਜੋ ਦੂਰੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੁਆਰਾ $(1/c)$ ਸਮੇਂ ਵਿਚ ਤੈਅ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ [$(1/c)$ ਸੈਕੰਡ = $(2.99792458 \times 10^8)^1$ ਸੈਕੰਡ]। ਇਹ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਕਾਰਨ ਕਰਕੇ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਹੈ। ਸਮੇਂ ਦੇ ਮੂਲ ਮਾਤਰਕ ਨੂੰ ਕੁਝ ਪਰਮਾਣੂ ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਅਰਥਾਤ ਕਿਸੇ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਪਰਮਾਣੂ ਦੁਆਰਾ ਉਤਸਰਜਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਚੰਗੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਯਥਾਰਥਕਤਾ ਨਾਲ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਪਰ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਮੂਲ ਮਾਤਰਕ ਨੂੰ ਸਿੱਧੇ-ਸਿੱਧੇ ਇਨ੍ਹੀ ਹੀ ਯਥਾਰਥਕਤਾ ਨਾਲ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਨਾ ਮੁਸ਼ਕਿਲ ਹੈ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ c ਦੇ ਲਈ ਪਹਿਲਾਂ ਦੇ ਮਾਪਾਂ ਵਿੱਚ, ਤਤੱਕਾਲਿਕ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਮਾਤਰਕ (ਮੀਟਰ ਛੜ) ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰਕੇ ਪਤਾ ਕੀਤੇ ਗਏ ਮਾਨ ਲਗਭਗ 2.9979246×10^8 m/s ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਏ। ਕਿਉਂਕਿ c ਦਾ ਮਾਨ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸੰਖਿਆ ਹੈ ਇਸਲਈ ਲੰਬਾਈ ਨੂੰ c ਅਤੇ ਸਮੇਂ ਦੇ ਮਾਤਰਕ ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਹਰਟਜ਼ ਨੇ ਨਾ ਸਿਰਫ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਹੋਂਦ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕੀਤੀ ਸਗੋਂ ਇਹ ਵੀ ਦਰਸਾਇਆ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਕਰੋੜ ਗੁਣਾ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੀਆਂ ਤਰੰਗਾਂ ਵਿਵਰਤਿਤ (diffracted), ਅਪਵਰਤਿਤ (refracted) ਅਤੇ ਧਰੁਵਿਤ (polarised) ਹੋ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਵਿਕਿਰਨਾਂ ਦੀ ਤਰੰਗ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਨੂੰ ਨਿਰਨਾਇਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਥਾਪਿਤ ਕਰ ਦਿੱਤਾ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਪੈਦਾ ਕੀਤੀਆਂ ਅਤੇ ਦੋ ਕ੍ਰਮਵਾਰ ਨੋਡਾਂ (Successive Nodes) ਦੇ ਵਿੱਚ ਦੀ ਦੂਰੀ ਮਾਪ ਕੇ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਪਤਾ ਕੀਤੀ। ਕਿਉਂਕਿ ਤਰੰਗ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ (ਆਸੀਲੇਟਰ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੋਣ ਦੇ ਕਾਰਨ) ਗਿਆਤ ਸੀ, ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਸੂਤਰ $v = \nu\lambda$ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰ ਕੇ ਇਹਨਾਂ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਚਾਲ ਪਤਾ ਕੀਤੀ ਅਤੇ ਪਾਇਆ ਕਿ ਇਹ ਤਰੰਗਾਂ ਵੀ ਉਨੀ ਹੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਚਲਦੀਆਂ ਹਨ ਜਿਸ ਨਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਚਲਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਤੱਥ ਨੂੰ ਕਿ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਧਰੁਵਿਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਕਿਸੇ ਪੋਰਟੇਬਲ AM ਰੇਡੀਓ ਦੇ ਸਟੇਸ਼ਨ ਦੇ ਪ੍ਰਤਿ ਵਿਵਹਾਰ ਦੁਆਰਾ ਸੋਖਿਆਂ ਸਾਬਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਕਿਸੇ AM ਰੇਡੀਓ ਵਿੱਚ ਦੂਰਦਰਸ਼ੀ ਐਂਟੀਨਾ ਲੱਗਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਹ ਸਿਗਨਲ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਭਾਗ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀ ਕਿਰਿਆ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਐਂਟੀਨਾ ਨੂੰ ਖਿਤਿਜੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਕਰ ਦਿੰਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ ਸਿਗਨਲ ਬਹੁਤ ਹੀ ਘੱਟ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕੁਝ ਪੋਰਟੇਬਲ ਰੇਡੀਓ ਵਿੱਚ ਖਿਤਿਜੀ ਐਂਟੀਨਾ ਲਗੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਜੋ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਘਟਕ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਰੇਡੀਓ ਦੇ ਐਂਟੀਨਾ ਨੂੰ ਸਿਗਨਲ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਖਿਤਿਜ ਰਹਿਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਸਥਿਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਸਿਗਨਲ ਦੀ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਪ੍ਰਾਪਤੀ ਰੇਡੀਓ ਦੇ ਪ੍ਰਸਾਰਨ ਸਟੇਸ਼ਨ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਓਰੀਐਂਟੈਸ਼ਨ ਤੇ ਵੀ ਨਿਰਭਰ ਕਰੇਗੀ।

ਕੀ ਹੋਰ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਵੀ ਉਰਜਾ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਵਹਿਨ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ? ਜੀ ਹਾਂ, ਉਹ ਉਰਜਾ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਵਹਿਨ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ। ਅਧਿਆਇ 2 ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਅਧਿਐਨ ਕੀਤਾ

ਸੀ ਕਿ ਕਿਸੇ ਮੁਕਤ ਜਾਂ ਨਿਰਵਾਤਿਤ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਜੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ E ਮੌਜੂਦ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਉਸ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਉਰਜਾ ਘਣਤਾ $(\varepsilon_0 E^2/2)$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ B ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਚੁੰਬਕੀ ਉਰਜਾ ਘਣਤਾ $(B^2/2\mu_0)$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੋਨੋਂ ਹੀ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਸਦੇ ਨਾਲ ਇੱਕ ਨਾਨ-ਜ਼ੀਰੋ ਉਰਜਾ ਘਣਤਾ ਜੁੜੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਹੁਣ ਮੰਨ ਲਉ ਕਿ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਦੀ ਗਤੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਕੋਈ ਤਲ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 8.4)। ਜੇ ਇਸ ਤਲ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਬਿਜਲੀ ਚਾਰਜ ਹੋਣਗੇ ਤਾਂ ਉਹ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਆਕੇ ਉਸ ਗਤੀ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਬਣੇ ਰਹਿਣਗੇ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਹ ਚਾਰਜ, ਤਰੰਗਾਂ ਤੋਂ ਉਰਜਾ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਤੱਥ ਸਪਸ਼ਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ (ਹੋਰ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ) ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਵੀ ਉਰਜਾ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਵਹਿਨ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ। ਕਿਉਂਕਿ ਇਹ ਸੰਵੇਗ ਵਹਿਨ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ ਇਸਲਈ ਇੱਕ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਦਬਾਉ ਪਾਂਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ *ਵਿਕਿਰਨ ਦਬਾਓ* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

ਜੇ t ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਸਥਾਨਾਂਤਰਿਤ ਕੁੱਲ ਉਰਜਾ U ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਇਹ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਸ ਸਤ੍ਹਾ ਨੂੰ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕੀਤਾ ਕੁੱਲ ਸੰਵੇਗ (ਇਹ ਮੰਨਦੇ ਹੋਏ ਕਿ ਸਤ੍ਹਾ ਦੁਆਰਾ ਕੁੱਲ ਉਰਜਾ ਸੋਖਿਤ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ) ਹੋਵੇਗਾ,

$$p = \frac{U}{c} \tag{8.12}$$

ਜਦੋਂ ਤੇਜ਼ ਧੁੱਪ ਤੁਹਾਡੇ ਹੱਥ ਤੇ ਪੈਂਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਤੁਸੀਂ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦੇ ਹੋ ਕਿ ਤੁਹਾਡੇ ਹੱਥ ਦੁਆਰਾ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਸੋਖਿਤ ਕੀਤੀਆਂ ਜਾ ਰਹੀਆਂ ਹਨ (ਤੁਹਾਡਾ ਹੱਥ ਗਰਮ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ)। ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਤੁਹਾਡੇ ਹੱਥ ਤੇ ਸੰਵੇਗ ਵੀ ਸਥਾਨਾਂਤਰਿਤ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ, ਪਰ ਕਿਉਂਕਿ c ਦਾ ਮਾਨ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹੈ, ਇਸਲਈ ਸਥਾਨਾਂਤਰਿਤ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਤੁਹਾਨੂੰ ਦਬਾਉ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। 1903 ਵਿੱਚ, ਅਮਰੀਕੀ ਵਿਗਿਆਨਕਾਂ ਨਿਕੋਲਸ ਅਤੇ ਹੁਲ (Nicols and Hull) ਨੇ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਵਿਕਿਰਨ ਦਬਾਉ ਮਾਪਨ ਵਿੱਚ ਸਫਲਤਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀ ਅਤੇ ਸਮੀਕਰਨ (8.12) ਦੀ ਪੁਸ਼ਟੀ ਕੀਤੀ। ਇਹ $7 \times 10^{-6}\ \mathrm{N/m^2}$ ਦੀ ਨੇੜਤਾ ਦਾ ਪਾਇਆ ਗਿਆ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ $10\ \mathrm{cm^2}$ ਖੇਤਰਫਲ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਵਿਕਿਰਨ ਦੇ ਕਾਰਨ ਬਲ ਸਿਰਫ $7 \times 10^{-9}\ \mathrm{N}$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਵੱਡਾ ਤਕਨੀਕੀ ਮਹੱਤਵ, ਇਹਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਇੱਕ ਸਥਾਨ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਸਥਾਨ ਤੱਕ ਉਰਜਾ ਵਹਿਨ ਕਰਨ ਦੀ ਸਮਰਥਾ ਨਾਲ ਹੀ ਵਿਸਫੋਟਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਰੇਡੀਓ ਅਤੇ ਟੀ.ਵੀ. ਸਿਗਨਲਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਸਾਰਨ ਸਟੇਸ਼ਨਾਂ ਤੋਂ ਇਹੀ ਉਰਜਾ ਅਭਿਗ੍ਰਾਹਕਾਂ ਤੱਕ ਪੁੱਜ ਕੇ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਕਿਰਿਆਸ਼ੀਲ ਬਣਾਉਂਦੀ ਹੈ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸੂਰਜ ਤੋਂ ਉਰਜਾ ਧਰਤੀ ਤਕ ਪੁੱਜਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਕਾਰਨ ਧਰਤੀ ਤੇ ਜੀਵਨ ਸੰਭਵ ਹੋਇਆ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 8.2 25 MHz ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੀ ਇੱਕ ਸਮਤਲ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਨਿਰਵਾਤ ਵਿੱਚ x-ਦਿਸ਼ਾ ਵੱਲ ਗਤੀਮਾਨ ਹੈ। ਖਿਲਾਅ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਇਸ ਦਾ $\mathbf{E} = 6.3\ \hat{\mathbf{j}}\ \mathrm{V/m}$ ਹੈ। ਇਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ $\mathbf{B}$ ਦਾ ਮਾਨ ਕੀ ਹੈ?

ਹੱਲ— $\mathbf{B}$ ਅਤੇ $\mathbf{E}$ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨਾਲ ਨਿਮਨਲਿਖਤ ਸਮੀਕਰਨ ਦੁਆਰਾ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹਨ–

$$B = \frac{E}{c}$$

$$= \frac{6.3\mathrm{V/m}}{3\times10^8\ \mathrm{m/s}} = 2.1\times10^{-8}\ \mathrm{T}$$

ਇਸ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਸੰਬੰਧ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ $\mathbf{E}$ y-ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਹੈ ਅਤੇ ਤਰੰਗ x-ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਗਤੀ ਕਰ ਰਹੀ ਹੈ। ਇਸਲਈ $\mathbf{B}$, x ਅਤੇ y-ਧੁਰਿਆਂ ਦੋਨਾਂ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਸਦਿਸ਼ ਬੀਜ ਗਣਿਤ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ, $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ ਨੂੰ x-ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ $(+\hat{\mathbf{j}})\times(+\hat{\mathbf{k}}) = \hat{\mathbf{i}}$,

ਉਦਾਹਰਨ 8.2

B, z-ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਹੈ।

ਇਸਲਈ $\mathbf{B} = 2.1 \times 10^{-8}\, \hat{\mathbf{k}}\ \mathrm{T}$

ਉਦਾਹਰਨ 8.3 ਕਿਸੇ ਸਮਤਲ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ $B_y = 2 \times 10^{-7} \sin (0.5{\times}10^3 x{+}1.5{\times}10^{11} t)$ T ਹੈ

(a) ਤਰੰਗ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਅਤੇ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਕੀ ਹੈ?

(b) ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲਈ ਵਿਅੰਜਕ ਲਿਖੋ।

ਹੱਲ—

(a) ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਸਮੀਕਰਨ ਦੀ ਨਿਮਨ ਸਮੀਕਰਨ

$$B_y = B_0 \sin\left[2\pi\left(\frac{x}{\lambda}+\frac{t}{T}\right)\right]$$ ਨਾਲ ਤੁਲਨਾ ਕਰਨ ਤੇ

$$\lambda = \frac{2\pi}{0.5\times10^3}\,\mathrm{m} = 1.26\ \mathrm{cm}.$$

ਅਤੇ $$\frac{1}{T} = \nu = \left(1.5\times10^{11}\right)/2\pi = 23.9\ \mathrm{GHz}$$

(b) $E_0 = B_0 c = 2{\times}10^{7}\ \mathrm{T} \times 3 \times 10^8\ \mathrm{m/s} = 6 \times 10^1\ \mathrm{V/m}$

ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਘਟਕ ਤਰੰਗ ਦੀ ਗਤੀ ਦਿਸ਼ਾ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਘਟਕ z-ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸਮੀਕਰਨ ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਹੋਵੇਗਾ।

$$E_z = 60 \sin (0.5 \times 10^3 x + 1.5 \times 10^{11}\, t)\ \mathrm{V/m}$$

ਉਦਾਹਰਨ 8.3

ਉਦਾਹਰਨ 8.4 $18\ \mathrm{W/cm^2}$ ਦੇ ਊਰਜਾ ਫਲਕਸ ਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਿਸੇ ਅਪਰਾਵਰਤਕ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਲੰਬਰੂਪ ਆਪਾਤੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜੇ ਸਤ੍ਹਾ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ $20\ \mathrm{cm^2}$ ਹੋਵੇ ਤਾਂ 30 ਮਿੰਟ ਦੇ ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਲੱਗਣ ਵਾਲੇ ਔਸਤ ਬਲ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ—

ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਪੈਣ ਵਾਲੀ ਊਰਜਾ

$$U = (18\ \mathrm{W/cm^2}) \times (20\ \mathrm{cm^2}) \times (30 \times 60)$$
$$= 6.48 \times 10^5\ \mathrm{J}$$

ਇਸਲਈ, ਇਸ ਸਤ੍ਹਾ ਨੂੰ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਕੁੱਲ ਸੰਵੇਗ (ਪੂਰਣ ਸੋਖਣ ਲਈ)

$$p = \frac{U}{c} = \frac{6.48\times10^5\ \mathrm{J}}{3\times10^8\ \mathrm{m/s}} = 2.16 \times 10^{-3}\ \mathrm{kg\ m/s}$$

ਇਸਲਈ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਲਗਿਆ ਔਸਤ ਬਲ ਹੈ

$$F = \frac{p}{t} = \frac{2.16\times10^{-3}}{0.18\times10^4} = 1.2\times10^{-6}\ \mathrm{N}$$

ਜੇ ਸਤ੍ਹਾ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪਰਾਵਰਤਕ ਹੁੰਦੀ ਤਾਂ ਤੁਹਾਡਾ ਉੱਤਰ ਕੀ ਹੁੰਦਾ?

ਉਦਾਹਰਨ 8.4

ਉਦਾਹਰਨ 8.5 3m ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ 100 W ਬਲਬ ਤੋਂ ਆ ਰਹੇ ਵਿਕਿਰਨ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ। ਤੁਸੀਂ ਇਹ ਜਾਣਦੇ ਹੋ ਕਿ ਬਲਬ ਦੀ ਸਮਰਥਾ 2.5% ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਇਕ ਬਿੰਦੂ ਸ੍ਰੋਤ ਹੈ।

ਹੱਲ— ਬਿੰਦੂ ਸ੍ਰੋਤ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਬਲਬ ਸਾਰੀਆਂ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਵਿਚ ਬਰਾਬਰ ਰੂਪ ਵਿਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਵਿਕਿਰਿਤ ਕਰਦਾ

ਉਦਾਹਰਨ 8.5

ਉਦਾਹਰਨ 8.5

ਹੈ। 3 m ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ ਇਸਨੂੰ ਘੇਰਣ ਵਾਲੀ ਗੋਲ ਅਕਾਰ ਸਤ੍ਹਾ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ

$$A = 4\pi r^2 = 4\pi (3)^2 = 113\,\text{m}^2$$

ਇਸਲਈ ਇਸ ਦੂਰੀ ਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ

$$I = \frac{\text{ਸ਼ਕਤੀ}}{\text{ਖੇਤਰਫਲ}} = \frac{100\,\text{W} \times 2.5\%}{113\,\text{m}^2}$$

$$= 0.022\ \text{W/m}^2$$

ਇਸ ਤੀਬਰਤਾ ਵਿਚ ਅੱਧਾ ਯੋਗਦਾਨ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਅੱਧਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ।

$$\frac{1}{2} I = \frac{1}{2}\left(\varepsilon_0 E_{rms}^2 c\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left(0.022\text{W/m}^2\right)$$

$$E_{rms} \quad \sqrt{\frac{0.022}{8.85 \quad 10^{-12} \quad 3 \quad 10^{8}}}\ \text{V/m}$$

$$= 2.9\ \text{V/m}$$

ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਇਹ ਸਾਰਾ ਵਰਗ ਮੱਧ ਮੂਲ ਮਾਨ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਪੁੰਜ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਾਈਨ (Sine) ਵਕ੍ਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। E_0 ਦਾ ਮਾਨ

$$E_0 = \sqrt{2}E_{rms} \quad \sqrt{2} \times 2.9\text{V/m}$$

$$= 4.07\ \text{V/m}$$

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਤੁਸੀਂ ਦੇਖਦੇ ਹੋ ਕਿ ਉਹ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਜਿਸਦੀ ਵਰਤੋਂ ਤੁਸੀਂ ਪੜ੍ਹਨ ਦੇ ਲਈ ਕਰਦੇ ਹੋ ਉਸਦਾ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਕਾਫੀ ਵੱਡਾ ਹੈ। ਇਸਦੀ ਤੁਲਨਾ ਟੀ.ਵੀ. ਜਾਂ FM ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਸ਼ਕਤੀ ਨਾਲ ਕਰੋ ਜੋ ਕੁਝ ਮਾਈਕ੍ਰੋ ਵੋਲਟ ਪ੍ਰਤੀ ਮੀਟਰ ਦੇ ਨੇੜੇ ਦੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

ਹੁਣ, ਆਓ ਅਸੀਂ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਦਾ ਪਤਾ ਕਰੀਏ।

$$B_{rms} = \frac{E_{rms}}{c} = \frac{2.9\ \text{V m}^{-1}}{3 \times 10^8\,\text{m s}^{-1}} = 9.6 \times 10^{-9}\,\text{T}$$

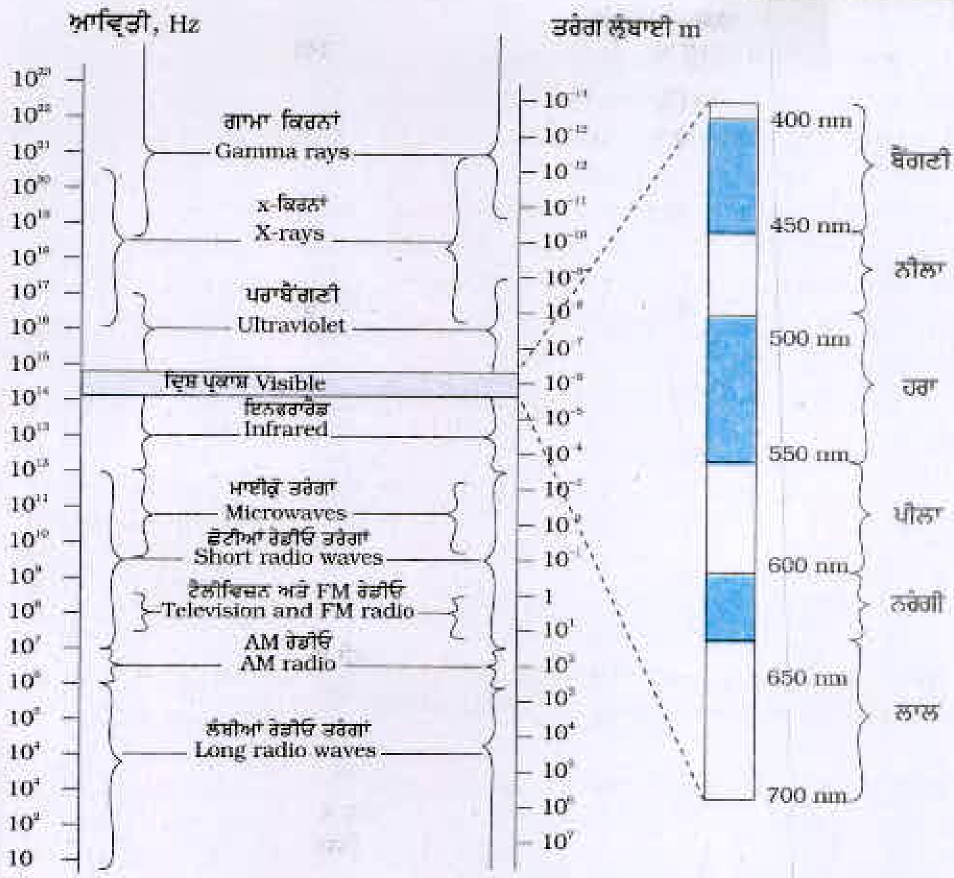
ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਪੁੰਜ ਵਿੱਚ ਖੇਤਰ ਸਾਈਨ ਵਕ੍ਰ ਹੈ, ਸ਼ਿਖਰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ, $B_0 = \sqrt{2}\ B_{rms} = 1.4 \times 10^{-8}\,\text{T}$। ਧਿਆਨ ਦੇਣ ਯੋਗ ਗਲ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਬੇਸ਼ਕ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ, ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੈ।

ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ Electromagnetic spectrum
http://www.fnal.gov/pub/inquiring/more/light
http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/

PHYSICS

8.4 ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ (ELECTROMAGNETIC SPECTRUM)

ਜਿਸ ਸਮੇਂ ਮੈਕਸਵੈੱਲ ਨੇ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਸੰਬੰਧੀ ਅਪਣਾ ਸਿਧਾਂਤ ਪੇਸ਼ ਕੀਤਾ ਸੀ ਤਾਂ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਤਰੰਗਾਂ ਹੀ ਇੱਕ ਮਾਤਰ ਜਾਣੀਆ ਪਛਾਣੀਆਂ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ (em) ਤਰੰਗਾਂ ਸਨ। ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਅਤੇ ਇਨਫਰਾਰੈਡ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਹੋਂਦ ਅੱਜੇ ਮੁਸ਼ਕਲ ਨਾਲ ਸਾਬਿਤ ਹੋ ਪਾਈ ਸੀ। ਉਨੀਂਵੀ ਸਦੀ ਦੇ ਅੰਤ ਤੱਕ X-ਕਿਰਨਾਂ ਅਤੇ ਗਾਮਾ ਕਿਰਨਾਂ ਵੀ ਖੋਜ ਲਈਆਂ ਗਈਆਂ ਸਨ। ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਤਰੰਗਾਂ, X-ਕਿਰਨਾਂ, ਗਾਮਾ ਕਿਰਨਾਂ, ਰੇਡਿਓ ਤਰੰਗਾਂ, ਸੂਖਮ (ਮਾਈਕ੍ਰੋ) ਤਰੰਗਾਂ, ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਤਰੰਗਾਂ ਅਤੇ ਇਨਫਰਾਰੈਡ ਤਰੰਗਾਂ ਇਹ ਸਾਰੀਆਂ em ਤਰੰਗਾਂ ਹਨ। ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੇ ਕ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਵਰਗੀਕਰਨ (ਚਿੱਤਰ 8.5) *ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ (electromagnetic spectrum)* ਕਹਾਉਂਦਾ ਹੈ। *ਇੱਕ ਕਿਸਮ ਦੀ ਤਰੰਗ ਅਤੇ ਉਸਦੇ ਨੇੜਲੀ ਦੂਸਰੇ ਕਿਸਮ ਦੀ ਤਰੰਗ ਦੇ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਸਪਸ਼ਟ ਰੇਖਾ ਨਹੀਂ ਹੈ।* ਵਰਗੀਕਰਨ ਮੋਟੇ ਤੌਰ ਤੇ ਇਸ ਗੱਲ ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ ਕਿ ਤਰੰਗਾਂ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪੈਦਾ ਅਤੇ/ਜਾਂ ਸੰਸੂਚਿਤ ਕੀਤੀਆਂ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ।



ਚਿੱਤਰ 8.5 ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਜਿਸਦੇ ਵੱਖ ਵੱਖ ਭਾਗਾਂ ਦੇ ਆਮ ਨਾਮ ਦਰਸਾਏ ਗਏ ਹਨ। ਵੱਖ-ਵੱਖ ਭਾਗਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਸਪਸ਼ਟ ਵਿਭਾਜਨ ਰੇਖਾ ਨਹੀਂ ਹੈ।

ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਇਹਨਾਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪ੍ਰਕਾਰਾਂ ਦਾ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਘੱਟਦੀ ਹੋਈ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਕ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਵਰਣਨ ਕਰਾਂਗੇ। ਅਸੀਂ ਇਹਨਾਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੀਆਂ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਘੱਟਦੇ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਕਰਮ ਵਿੱਚ, ਸੰਖੇਪ ਵਿੱਚ ਵਰਣਨ ਕਰ ਰਹੇ ਹਾਂ।

8.4.1 ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗਾਂ (Radio waves)

ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗਾਂ ਚਾਲਕ ਤਾਰਾਂ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜ ਦੀ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਗਤੀ ਤੋਂ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਰੇਡੀਓ ਅਤੇ ਦੂਰਦਰਸ਼ਨ ਦੀਆਂ ਸੰਚਾਰ ਪ੍ਰਣਾਲੀਆਂ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਰੇਂਜ ਆਮ ਕਰਕੇ 500 kHz ਤੋਂ ਲਗਭਗ 1000 MHz ਦੇ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। AM (ਆਯਾਮ ਮਾਡੂਲਿਤ) ਬੈਂਡ 530 kHz ਤੋਂ 1710 kHz ਦੇ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸਤੋਂ ਵੱਧ 54 MHz ਤੱਕ ਦੀਆਂ ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਲਘੂਤਰੰਗ ਬੈਡਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਉਪਯੋਗ ਕੀਤੀਆਂ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ। ਟੀ.ਵੀ. ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਰੇਂਜ 54 MHz ਤੋਂ 890 MHz ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। FM (ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਮਾਡੂਲਿਤ) ਰੇਡੀਓ ਬੈਂਡ 88 MHz ਤੋਂ 108 MHz ਦੇ ਵਿੱਚ ਫੈਲਿਆ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਸੈਲੂਲਰ ਫੋਨਾਂ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਉੱਚ ਆਵ੍ਰਿਤੀ (UHF) ਬੈਂਡ ਦੀਆਂ ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਧੁਨੀ ਸੰਦੇਸ਼ਾਂ ਦੇ ਅਦਾਨ-ਪ੍ਰਦਾਨ ਦੀ ਵਿਵਸਥਾ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਤਰੰਗਾਂ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਸਾਰਿਤ ਅਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀਆਂ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ, ਇਸਦਾ ਵਰਣਨ ਪਾਠ 15 ਵਿਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ।

8.4.2 ਸੂਖਮ ਤਰੰਗਾਂ (Microwaves)

ਸੂਖਮ ਤਰੰਗਾਂ (ਲਘੂ ਤਰੰਗਲੰਬਾਈ ਦੀਆਂ ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗਾਂ) ਦੀਆਂ ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਗੀਗਾ ਹਰਟਜ਼

(GHz) ਰੇਂਜ ਵਿਚ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਇਹ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੀਆਂ ਨਿਰਵਾਤ ਟਿਊਬਾਂ (vacuum tubes) ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਕਲਾਈਸਟ੍ਰੋਨ, ਮੈਗਨੇਟ੍ਰਾਨ ਜਾਂ ਗਨ ਡਾਇਓਡ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਹ ਆਪਣੀ ਲਘੂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਕਾਰਨ ਜਹਾਜ ਸੰਚਾਲਨ ਵਿਚ ਰਾਡਾਰ ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਲਈ ਢੁੱਕਵੀਆਂ ਹਨ। ਰਾਡਾਰ, ਤੇਜ਼ ਗੇਂਦਾ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਟੈਨਿਸ ਵਿਚ ਸਰਵ ਕੀਤੀਆਂ ਗਈਆਂ ਗੇਂਦਾਂ ਜਾਂ ਵਾਹਨਾਂ ਦੀ ਗਤੀ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਵਰਤੋਂ ਵਿੱਚ ਲਿਆਏ ਜਾਣ ਵਾਲੇ ਯੰਤਰ, ਚਾਲ ਗਨਾਂ (speed guns), ਗਨਾਂ ਦੀ ਕਾਰਜ ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਦਾ ਵੀ ਅਧਾਰ ਹੈ। ਮਾਈਕ੍ਰੋਵੇਵ ਔਵਨ ਇਹਨਾਂ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਇੱਕ ਰੋਚਕ ਘਰੇਲੂ ਇਸਤੇਮਾਲ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਔਵਨਾਂ ਵਿੱਚ ਸੂਖਮ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚੁਣੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਕਿ ਉਹ ਪਾਣੀ ਦੇ ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਅਨੁਨਾਦ (resonance) ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਨਾਲ ਮੇਲ ਖਾ ਸਕਣ, ਤਾਕਿ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਵਧਾਉਣ ਲਈ ਸਥਾਨਾਂਤਰਿਤ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕੇ। ਇਸ ਨਾਲ ਕਿਸੇ ਵੀ ਪਾਣੀ ਵਾਲੇ ਖਾਦ ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਤਾਪਮਾਨ ਵੱਧ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਮਾਈਕ੍ਰੋਵੇਵ ਔਵਨ

ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕਿਰਨਾਂ ਦੇ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦਾ ਇਕ ਭਾਗ *ਸੂਖਮ ਤਰੰਗਾਂ* ਕਹਿਲਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਅਤੇ ਊਰਜਾ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਤੋਂ ਘੱਟ ਅਤੇ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਇਸ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਮਾਈਕ੍ਰੋਵੇਵ ਔਵਨ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ ਕੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਕਿਵੇਂ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ?

ਸਾਡਾ ਉਦੇਸ਼ ਭੋਜਨ ਨੂੰ ਪਕਾਉਣਾ ਜਾਂ ਗਰਮ ਕਰਨ ਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਸਾਰੇ ਭੋਜਨ ਪਦਾਰਥ, ਜਿਵੇਂ- ਫਲਾਂ, ਸਬਜੀਆਂ, ਮਾਸ, ਅਨਾਜ ਆਦਿ ਦਾ ਇੱਕ ਘਟਕ ਪਾਣੀ ਵੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਅਸੀਂ ਕਹਿੰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕੋਈ ਪਿੰਡ ਗਰਮ ਹੋ ਗਿਆ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਸਤੋਂ ਸਾਡਾ ਕੀ ਭਾਵ ਹੁੰਦਾ ਹੈ? ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਦਾ ਤਾਪਮਾਨ ਵੱਧਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਸਦੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਅਤੇ ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵੀ ਗਤੀ ਦੀ ਊਰਜਾ ਵੱਧ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਉਹ ਵੱਧ ਊਰਜਾ ਨਾਲ ਚਲਣ, ਡੋਲਣ ਕਰਨ ਜਾਂ ਘੁੰਮਣ ਲੱਗ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਪਾਣੀ ਦੇ ਅਣੂਆਂ ਦੇ ਘੁੰਮਣ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਲਗਭਗ 300 ਕਰੋੜ ਜਾਂ 3 ਗੀਗਾ ਹਰਟਜ਼ (GHz) ਹੈ। ਜੇ ਪਾਣੀ ਨੂੰ ਇਸ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੀਆਂ ਸੂਖਮ ਤਰੰਗਾਂ ਮਿਲ ਜਾਣ ਤਾਂ ਉਸ ਦੇ ਅਣੂ ਇਹਨਾਂ ਵਿਕਿਰਣਾਂ ਨੂੰ ਸੋਖਿਤ ਕਰ ਲੈਣਗੇ ਜੋ ਪਾਣੀ ਨੂੰ ਗਰਮ ਕਰਨ ਦੇ ਤੁੱਲ ਹੈ। ਇਹ ਅਣੂ ਇਸ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਨੇੜਲੇ ਭੋਜਨ ਅਣੂਆਂ ਦੇ ਨਾਲ ਵੰਡ ਲੈਂਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਭੋਜਨ ਗਰਮ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਮਾਈਕ੍ਰੋਵੇਵ ਔਵਨ ਵਿੱਚ ਤੁਹਾਨੂੰ ਚੀਨੀ ਮਿਟੀ ਦੇ ਬਰਤਨਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ। ਧਾਤ ਦੇ ਵਰਤਨਾਂ ਦੀ ਨਹੀਂ, ਨਹੀਂ ਤਾਂ ਇੱਕਠੇ ਹੋਏ ਬਿਜਲੀ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਤੁਹਾਨੂੰ ਝਟਕਾ ਲਗ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਧਾਤਾਂ ਬਹੁਤ ਹੀ ਤਾਪ ਦੇ ਕਾਰਨ ਪਿਘਲ ਵੀ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ। ਚੀਨੀ ਮਿੱਟੀ ਦਾ ਭਾਂਡਾ ਅਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਅਤੇ ਠੰਡਾ ਬਣਿਆ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਇਸਦੇ ਵਿਸ਼ਾਲ ਅਣੂ ਹੋਰਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿਚ ਘੱਟ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਵਿੱਚ ਘੁੰਮਣ ਅਤੇ ਕੰਪਨ ਕਰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਕਾਰਨ ਸੂਖਮ ਤਰੰਗਾਂ ਨੂੰ ਸੋਖਿਤ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਦੇ। ਇਸ ਲਈ ਇਹ ਗਰਮ ਵੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ।

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਮਾਈਕ੍ਰੋਵੇਵ ਔਵਨ ਦਾ ਮੂਲ ਸਿਧਾਂਤ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਇਸਦੇ ਜਿਸ ਸਥਾਨ ਤੇ ਅਸੀਂ ਭੋਜਨ ਰੱਖਦੇ ਹਾਂ ਉਥੇ ਢੁਕਵੀਂ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੀਆਂ ਸੂਖਮ ਤਰੰਗਾਂ ਪੈਦਾ ਕੀਤੀਆਂ ਜਾਣ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਰਤਨ ਨੂੰ ਗਰਮ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਵਿਅਰਥ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ। ਪਰੰਪਰਿਕ ਵਿਧੀ ਵਿੱਚ ਪਹਿਲਾਂ ਬਰਣਰ ਤੇ ਰੱਖਿਆ ਬਰਤਨ ਗਰਮ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਫਿਰ ਇਸ ਤੋਂ ਊਰਜਾ ਬਰਤਨ ਵਿਚ ਰੱਖੇ ਭੋਜਨ ਨੂੰ ਸਥਾਨਾਂਤਰਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਜਦੋਂਕਿ ਮਾਈਕ੍ਰੋਵੇਵ ਔਵਨ ਊਰਜਾ ਸਿੱਧੇ ਪਾਣੀ ਦੇ ਅਣੂਆਂ ਨੂੰ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਤੋਂ ਸੰਪੂਰਣ ਭੋਜਨ ਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

8.4.3 ਇਨਫਰਾਰੈਡ ਤਰੰਗਾਂ (Infrared waves)

ਇਨਫਰਾਰੈਡ ਤਰੰਗਾਂ (Infrared waves) ਗਰਮ ਪਿੰਡਾਂ ਅਤੇ ਅਣੂਆਂ ਤੋਂ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਹ ਬੈਂਡ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਨਿਮਨ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਜਾਂ ਦਿਰਘ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਸਿਰੇ ਨਾਲ ਜੁੜਿਆ ਹੈ। ਇਨਫਰਾਰੈਡ ਤਰੰਗਾਂ ਨੂੰ ਕਦੇ-ਕਦੇ *ਤਾਪ ਤਰੰਗਾਂ* (heat waves) ਵੀ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਅਜਿਹਾ ਇਸਲਈ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਵਧੇਰੇ ਪਦਾਰਥਾਂ ਵਿਚ ਮੌਜੂਦ ਪਾਣੀ ਦੇ ਅਣੂ ਇਨਫਰਾਰੈਡ ਤਰੰਗਾਂ ਨੂੰ ਤੁਰੰਤ

ਸੋਖਿਤ ਕਰ ਲੈਂਦੇ ਹਨ (ਕਈ ਹੋਰ ਅਣੂ, ਜਿਵੇਂ, CO_2, NH_3 ਆਦਿ ਵੀ ਇਨਫਰਾਰੈਡ ਤਰੰਗਾਂ ਨੂੰ ਸੋਖਿਤ ਕਰ ਲੈਂਦੇ ਹਨ)। ਸੋਖਣ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਤਾਪੀ ਗਤੀ ਵੱਧ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਅਰਥਾਤ ਉਹ ਗਰਮ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਆਪਣੇ ਆਲੇ ਦੁਆਲੇ ਨੂੰ ਗਰਮ ਕਰਨ ਲੱਗਦੇ ਹਨ। ਇਨਫਰਾਰੈਡ ਲੈਂਪਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਫਿਜ਼ੀਕਲ ਥੈਰੇਪੀ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਨਫਰਾਰੈਡ ਕਿਰਨਾਂ ਕਾਰਨ ਧਰਤੀ ਦੀ ਗਰਮੀ ਅਰਥਾਤ ਔਸਤ ਤਾਪਮਾਨ ਬਣਾਏ ਰੱਖਣ ਵਿੱਚ ਹਰਾ ਘਰ ਪ੍ਰਭਾਵ (green house effect) ਦੀ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਭੂਮਿਕਾ ਹੈ। ਧਰਤੀ ਤੇ ਆਉਣ ਵਾਲਾ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ (ਜੋ ਸੋਖਿਆਂ ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਧਰਤੀ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਦੁਆਰਾ ਸੋਖਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਵੱਡੀਆਂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੀਆਂ ਇਨਫਰਾ ਰੈਡ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਮੁੜ ਵਿਕਿਰਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਵਿਕਿਰਿਣ, ਕਾਰਬਨ ਡਾਇਆਕਸਾਈਡ ਅਤੇ ਪਾਣੀ ਵਾਸ਼ਪ ਵਰਗੇ ਹਰੇ ਘਰ ਦਾ ਪ੍ਰਭਾਵ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਵਾਲੀਆਂ ਗੈਸਾਂ ਦੁਆਰਾ ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਵਿਚ ਰੋਕ ਲਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਉਪਕਰਨਾਂ ਵਿਚ ਲੱਗੇ ਇਨਫਰਾਰੈਡ ਸੰਸੂਚਕਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਫੌਜੀ ਉਦੇਸ਼ਾਂ ਅਤੇ ਫਸਲਾਂ ਦੇ ਵਾਧੇ ਦੇ ਪ੍ਰੇਖਣ ਕਰਨ ਲਈ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਯੁਕਤੀਆਂ (ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਉਤਸਰਜਕ ਡਾਇਓਡ) ਵੀ ਇਨਫਰਾਰੈਡ ਤਰੰਗਾਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ ਅਤੇ ਘਰੇਲੂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਪ੍ਰਣਾਲੀਆਂ ਜਿਵੇਂ ਟੀ.ਵੀ. ਸੈਟ, ਵੀਡੀਓ ਰਿਕਾਰਡਰ ਅਤੇ ਹਾਈ ਫਾਈ ਪ੍ਰਣਾਲੀਆਂ ਦੇ ਰਿਮੋਟ ਨਿਯੰਤਰਕਾਂ ਵਿੱਚ ਵੱਡੇ ਪੱਧਰ ਤੇ ਵਰਤੀਆਂ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ।

8.4.4 ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਤਰੰਗਾਂ (Visible rays)

ਇਹ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਜਾਣਿਆ ਪਛਾਣਿਆ ਰੂਪ ਹੈ। ਇਹ ਉਸ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦਾ ਭਾਗ ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਲਈ ਮਨੁੱਖੀ ਅੱਖਾਂ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਸਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਰੇਂਜ ਲਗਭਗ 4×10^{14} ਹਰਟਜ਼ ਤੋਂ 7×10^{14} ਹਰਟਜ਼ ਜਾਂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਰੇਂਜ ਲਗਭਗ 700 400 nm ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਸਾਡੇ ਚਾਰੋਂ ਪਾਸੇ ਦੀਆਂ ਵਸਤੂਆਂ ਤੋਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਜਾਂ ਪਰਾਵਰਤਿਤ ਹੋਣ ਵਾਲਾ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਜਗਤ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਸਾਰੀਆਂ ਸੂਚਨਾਵਾਂ ਸਾਨੂੰ ਉਪਲਬਧ ਕਰਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਸਾਡੀਆਂ ਅੱਖਾਂ ਤਰੰਗਲੰਬਾਈ ਦੀ ਇਸ ਰੇਂਜ ਦੇ ਲਈ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲ ਹਨ। ਵੱਖ-ਵੱਖ ਜੰਤੂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੀਆਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਰੇਂਜਾਂ ਦੇ ਲਈ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਸੱਪ ਇਨਫਰਾਰੈਡ ਤਰੰਗਾਂ ਨੂੰ ਸੰਸੂਚਿਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਕਈ ਕੀਟਾਂ ਦੀ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਰੇਂਜ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਤਰੰਗਾਂ ਤੱਕ ਪੁੱਜਦੀ ਹੈ।

8.4.5 ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਤਰੰਗਾਂ (Ultraviolet rays)

ਇਸ ਵਿੱਚ ਲਗਭਗ 4×10^{-7} m (400 nm) ਤੋਂ 6×10^{-10}m (0.6 nm) ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਰੇਂਜ ਦੀਆਂ ਤਰੰਗਾਂ ਸ਼ਾਮਿਲ ਹਨ। ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ (UV) ਵਿਕਿਰਣ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਲੈਂਪਾਂ ਅਤੇ ਬਹੁਤ ਗਰਮ ਪਿੰਡਾਂ ਤੋਂ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਸੂਰਜ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਸ੍ਰੋਤ ਹੈ। ਪਰ, ਖੁਸ਼ਕਿਸਮਤੀ ਨਾਲ ਇਸਦਾ ਵਧੇਰੇ ਭਾਗ ਵਾਯੂ ਮੰਡਲ ਦੀ ਲਗਭਗ 40 50 km. ਦੀ ਉਚਾਈ ਤੇ ਸਥਿਤ ਓਜ਼ੋਨ ਪਰਤ ਵਿੱਚ ਸੋਖਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਵਧੇਰੇ ਮਾਤਰਾ ਵਿਚ UV ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਆਉਣ ਦਾ ਮਨੁੱਖਾਂ ਤੇ ਹਾਨੀਕਾਰਕ ਪ੍ਰਭਾਵ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। UV ਵਿਕਿਰਣਾਂ ਦੇ ਪੈਣ ਨਾਲ ਚਮੜੀ ਵਿਚ ਵੱਧ ਮੈਲਾਨੀਨ ਦਾ ਉਤਪਾਦਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਚਮੜੀ ਤਾਂਬੇ ਰੰਗੀ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। UV ਵਿਕਿਰਣ ਆਮ ਕਰਕੇ ਕੱਚ ਦੁਆਰਾ ਸੋਖਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ ਕੱਚ ਲਗੀ ਖਿੜਕੀ ਵਿਚੋਂ ਛਾਣਕੇ ਆਉਣ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਕਾਰਨ ਧੁਪ ਦਾ ਸਾੜ੍ਹਾ (sunburn) ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਵੈਲਡਿੰਗ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਲੋਕ, ਵੈਲਡਿੰਗ ਚਿੰਗਾਰੀਆਂ ਵਿਚੋਂ ਨਿਕਲਨ ਵਾਲੀਆਂ UV ਕਿਰਨਾਂ ਤੋਂ ਆਪਣੀਆਂ ਅੱਖਾਂ ਦੀ ਸੁਰਖਿਆ ਦੇ ਲਈ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਕੱਚ ਯੁਕਤ ਧੁਪ ਦੇ ਚਸ਼ਮੇ ਪਹਿਣਦੇ ਹਨ ਜਾਂ ਕੱਚ ਦੀਆਂ ਖਿੜਕੀਆਂ ਲਗੇ ਮੁਖੋਟੇ ਆਪਣੇ ਚਿਹਰੇ ਤੇ ਲਗਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਆਪਣੀ ਛੋਟੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਕਾਰਨ, ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਕਿਰਨਾਂ ਨੂੰ ਬਹੁਤ ਹੀ ਧਿਆਨਪੂਰਵਕ ਇਸਤੇਮਾਲਾਂ ਜਿਵੇਂ (LASIK *Laser-assisted in situ keratomileusis*) ਅੱਖਾਂ ਦੀ ਸਰਜਰੀ ਵਿਚ ਵਰਤੋਂ ਲਈ ਬਹੁਤ ਹੀ ਸੰਕੀਰਨ ਕਿਰਨ-ਪੁੰਜ ਵਿੱਚ ਫੋਕਸ ਕਰਕੇ ਵਰਤਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਪਾਣੀ ਸਾਫ਼ ਕਰਨ ਲਈ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ (UV) ਲੈਂਪਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਜੀਵਾਣੂਆਂ ਨੂੰ ਮਾਰਨ ਵਿਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਕਿਉਂਕਿ ਓਜੋਨ ਪਰਤ ਇੱਕ ਸੁਰਖਿਅਕ ਦੀ ਭੂਮਿਕਾ ਨਿਭਾਉਂਦੀ ਹੈ ਇਸਲਈ ਕਲੋਰੋਫਲੋਰੋ ਕਾਰਬਨ (CFCs) ਗੈਸਾਂ ਜਿਵੇਂ (ਫਰੀਆਨ) ਦੁਆਰਾ ਇਸਦੀ ਹਾਨੀ ਅੰਤਰ-ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਪੱਧਰ ਤੇ ਚਿੰਤਾ ਦਾ ਵਿਸ਼ਾ ਹੈ।

8.4.6 X-ਕਿਰਨਾਂ (X-rays)

ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੇ UV ਭਾਗ ਦੇ ਬਾਅਦ X-ਕਿਰਨਾਂ ਦਾ ਖੇਤਰ ਹੈ। ਡਾਕਟਰੀ ਵਰਤੋਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਅਸੀਂ X-ਕਿਰਨਾਂ ਤੋਂ ਜਾਣੂ ਹਾਂ। ਇਸਦੀ ਰੇਂਜ 10^{8} m (10 nm) ਤੋਂ ਲੈਕੇ ਹੇਠਾਂ 10^{13} m (10^{4} nm) ਤੱਕ ਫੈਲੀ ਹੋਈ ਹੈ। X-ਕਿਰਨਾਂ ਦੇ ਪੈਦਾ ਹੋਣ ਦੀ ਇੱਕ ਆਮ ਵਿਧੀ ਕਿਸੇ ਧਾਤੂ ਦੇ ਟਾਰਗੇਟ ਤੇ ਉੱਚ ਊਰਜਾ ਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਬੌਛਾਰ ਕਰਨਾ ਹੈ। ਡਾਕਟਰੀ ਵਿਚ X-ਕਿਰਨਾਂ ਨੂੰ ਨਿਦਾਨ ਸਾਧਨ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਅਤੇ ਕੁਝ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੇ ਕੈਂਸਰ ਦੇ ਇਲਾਜ ਲਈ ਵਰਤਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਬੇਲੋੜੀ ਜਾਂ ਵੱਧ ਅਨਾਵਰਣ ਤੋਂ ਬਚਾਅ ਵਿੱਚ ਸਾਵਧਾਨੀ ਵਰਤਨੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ।

8.4.7 ਗਾਮਾ ਕਿਰਨਾਂ (Gamma rays)

ਇਹ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਸੈਪਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਉਪਰਲੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਲਗਭਗ 10^{-10}m ਤੋਂ ਲੈਕੇ 10^{-14}m ਤੋਂ ਵੀ ਘੱਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਉੱਚ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦਾ ਇਹ ਵਿਕਿਰਨ ਨਾਭਿਕੀ ਕਿਰਿਆਵਾਂ ਵਿੱਚ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਰੇਡੀਓਐਕਟੀਵ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੁਆਰਾ ਵੀ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਡਾਕਟਰੀ ਵਿੱਚ ਕੈਂਸਰ ਕੋਸ਼ੀਕਾਵਾਂ ਨੂੰ ਨਸ਼ਟ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਵੀ ਉਪਯੋਗੀ ਹਨ।

ਸਾਰਨੀ 8.1 ਵਿਚ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੀਆਂ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ, ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਉਤਪਾਦਨ ਅਤੇ ਸੰਸੂਚਨ ਨੂੰ ਸਾਰ ਰੂਪ ਵਿਚ ਪੇਸ਼ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਪਹਿਲਾਂ ਦਸਿਆ ਗਿਆ ਹੈ, ਵੱਖ-ਵੱਖ ਕਿਰਨਾਂ ਦੇ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਕੋਈ ਸਪਸ਼ਟ ਸੀਮਾਵਾਂ ਨਹੀਂ ਹਨ ਅਤੇ ਇਹ ਦੂਸਰੇ ਖੇਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਵੀ ਵਿਆਪਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

ਸਾਰਨੀ 8.1 ਵੱਖ ਵੱਖ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਲੱਛਣ

ਕਿਸਮ Type	ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਰੇਂਜ Wavelength range	ਉਤਪਾਦਨ Production	ਸੰਸੂਚਨ Detection
ਰੇਡੀਓ (Radio)	> 0.1 m	ਏਰੀਅਲ (aerial) ਵਿਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ ਤੇਜ਼ ਪ੍ਰਵੇਗ ਜਾਂ ਮੰਦਨ	ਰਿਸੀਵਰ ਦੇ ਏਰੀਅਲ
ਸੂਖਮ ਤਰੰਗਾਂ (Microwave)	0.1m ਤੋਂ 1 mm	ਕਲੀਸਟ੍ਰਾਨ ਜਾਂ ਮੇਗਨਾਟ੍ਰਾਨ ਵਾਲਵ	ਬਿੰਦੂ ਸੰਪਰਕ ਡਾਇਓਡ
ਇਨਫਰਾਰੈਡ (Infra-red)	1mm ਤੋਂ 700 nm	ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਅਤੇ ਅਣੂਆਂ ਦੇ ਕੰਪਣ	ਥਰਮੋਪਾਈਲ, ਬੋਲੋਮੀਟਰ, ਇਨਫਰਾ ਫੋਟੋਗ੍ਰਾਫਿਕ ਫਿਲਮ
ਪ੍ਰਕਾਸ਼ (Light)	700 nm ਤੋਂ 400 nm	ਪਰਮਾਣੂ ਵਿਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ, ਜਦੋਂ ਉੱਚ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰ ਤੋਂ ਨਿਮਨ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰ ਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ	ਮਨੁੱਖੀ ਅੱਖ, ਫੋਟੋ ਸੈਲ, ਫੋਟੋਗ੍ਰਾਫਿਕ ਫਿਲਮ
ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ (Ultraviolet)	400 nm ਤੋਂ 1nm	ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਅੰਤਰਿਕ ਸ਼ੈਲਾਂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਇੱਕ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰ ਤੇ ਜਾਣਾ	ਫੋਟੋ ਸੈਲ, ਫੋਟੋਗ੍ਰਾਫਿਕ ਫਿਲਮ
X-ਕਿਰਨਾਂ (X-rays)	1nm ਤੋਂ 10^{-3}nm	X-ਕਿਰਨ ਟਿਊਬ ਅਤੇ ਅੰਦਰੂਨੀ ਆਰਬਿਟਾਂ ਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ	ਫੋਟੋਗ੍ਰਾਫਿਕ ਫਿਲਮ, ਗੀਗਰ ਟਿਊਬ, ਆਇਨੀਕਰਨ ਚੈਂਬਰ
ਗਾਮਾ ਕਿਰਨਾਂ (Gamma rays)	$<10^{-3}$nm	ਨਾਭਿਕਾਂ ਦਾ ਰੇਡੀਓ ਐਕਟੀਵ ਖੈ	ਫੋਟੋਗ੍ਰਾਫਿਕ ਫਿਲਮ, ਗੀਗਰ ਟਿਊਬ, ਆਈਨੀਕਰਨ ਚੈਂਬਰ

ਸਾਰ (SUMMARY)

1. ਮੈਕਸਵੇਲ ਨੂੰ ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਨਿਯਮ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਵਿਸੰਗਤੀ ਬਾਰੇ ਪਤਾ ਲੱਗਿਆ ਅਤੇ ਇਸ ਵਿਸੰਗਤੀ ਨੂੰ ਦੂਰ ਕਰਨ ਲਈ ਇੱਕ ਹੋਰ ਕਰੰਟ ਦੀ ਹੋਂਦ ਦਾ ਸੁਝਾਅ ਦਿੱਤਾ ਜਿਸ ਨੂੰ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

$$i_d = \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

ਇਹ ਠੀਕ ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸ੍ਰੋਤ ਦਾ ਕਾਰਜ ਕਰਦੀ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਚਾਲਨ ਕਰੰਟ।

2. ਇੱਕ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਚਾਰਜ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਹਾਰਮੋਨੀਕ ਢੰਗ ਨਾਲ, v ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਨਾਲ ਡੋਲਨ ਕਰਦਾ ਇੱਕ ਬਿਜਲੀ ਚਾਰਜ ਉਸੇ ਆਵ੍ਰਿਤੀ v ਦੀ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਨੂੰ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ ਬਿਜਲੀ-ਦੋ-ਧਰੁਵ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਮੁੱਢਲਾ ਸ੍ਰੋਤ ਹੈ।

3. ਕੁਝ ਮੀਟਰ ਦੇ ਨੇੜੇ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਵਾਲੀਆਂ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਪ੍ਰਯੋਗਸ਼ਾਲਾ ਵਿੱਚ ਸਭ ਤੋਂ ਪਹਿਲੇ 1887 ਵਿਚ ਹਰਟਜ਼ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਅਤੇ ਸੰਸੂਚਿਤ ਕੀਤੀਆਂ ਗਈਆਂ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਮੈਕਸਵੇਲ ਦੀ ਮੌਲਿਕ ਭਵਿੱਖਬਾਣੀ ਦੀ ਪੁਸ਼ਟੀ ਕੀਤੀ।

4. ਕਿਸੇ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ, ਖਿਲਾਅ ਵਿੱਚ ਸਾਈਨ-ਵਕ੍ਰੀ (sinosidal) ਢੰਗ ਨਾਲ ਡੋਲਨ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਡੋਲਨਸ਼ੀਲ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ **E** ਅਤੇ **B** ਆਪਸ ਵਿਚ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਦੇ ਸੰਚਾਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। z-ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਸੰਚਾਰਿਤ ਆਵ੍ਰਿਤੀ v ਅਤੇ ਤਰੰਗਲੰਬਾਈ λ ਦੀ ਕਿਸੇ ਤਰੰਗ ਦੇ ਲਈ ਨਿਮਨਲਿਖਤ ਸੂਤਰ ਉਪਲਬਧ ਹੈ-

$$E = E_x(t) = E_0 \sin (kz - \omega t)$$

$$= E_0 \sin \left[2\pi\left(\frac{z}{\lambda} - vt\right)\right] = E_0 \sin\left[2\pi\left(\frac{z}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right]$$

$$B = B_y(t) = B_0 \sin (kz - \omega t)$$

$$= B_0 \sin\left[2\pi\left(\frac{z}{\lambda} - vt\right)\right] = B_0 \sin\left[2\pi\left(\frac{z}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right]$$

ਇਹ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਨਿਮਨਲਿਖਿਤ ਸੂਤਰ ਦੁਆਰਾ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹਨ : $E_0/B_0 = c$.

5. ਨਿਰਵਾਤ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਦੀ ਚਾਲ c, μ_0 ਅਤੇ ε_0 (ਚੁੰਬਕ ਸ਼ੀਲਤਾ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀਸ਼ੀਲਤਾ) ਨਾਲ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੈ $c = 1/\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}$। c ਦਾ ਮਾਨ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ੀ ਮਾਪਾਂ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਇੱਕ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਹੈ ਇਸਲਈ c ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਵੀ ਚਾਲ ਹੈ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਇਲਾਵਾ ਸਾਰੀਆਂ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਮੁਕਤ ਅਕਾਸ ਵਿੱਚ ਉਹੀ ਚਾਲ c ਹੈ।

ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਜਾਂ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਕਿਸੇ ਭੌਤਿਕ ਮਾਧਿਅਮ ਵਿਚ ਚਾਲ $v = 1/\sqrt{\mu\varepsilon}$ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਥੇ μ ਮਾਧਿਅਮ ਦੀ ਚੁੰਬਕਸ਼ੀਲਤਾ ਅਤੇ ε ਬਿਜਲੀ ਸ਼ੀਲਤਾ ਹੈ।

6. ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਜਦੋਂ ਖਿਲਾਅ (space) ਵਿੱਚ ਸੰਚਾਰ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ ਤਾਂ ਆਪਣੇ ਨਾਲ ਊਰਜਾ ਵਹਿਨ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ ਅਤੇ ਇਹ ਊਰਜਾ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਵੰਡੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਵੀ ਵਹਿਨ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ। ਜਦੋਂ ਇਹ ਤਰੰਗਾਂ ਕਿਸੇ ਸਤਹਿ ਤੇ ਪੈਂਦੀਆਂ ਹਨ ਤਾਂ ਉਹ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਦਬਾਉ ਪਾਉਂਦੀਆਂ ਹਨ। ਜੇ t ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਸਤ੍ਹਾ ਨੂੰ ਸਥਾਨਾਂਤਰਿਤ ਸੰਪੂਰਨ ਊਰਜਾ U ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਸਤਹਿ ਨੂੰ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਕੁੱਲ ਸੰਵੇਗ $p = U/c$ ਹੋਵੇਗਾ।

7. ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਸੈਪਕਟ੍ਰਮ ਸਿਧਾਂਤਕ ਤੌਰ ਤੇ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਅਨੰਤ ਰੇਂਜ ਵਿਚ ਫੈਲੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। 10^{-2} Å ਜਾਂ 10^{-12} m ਤੋਂ 10^{6} m ਤੱਕ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਵੱਧਦੇ ਹੋਏ ਕ੍ਰਮ ਵਿਚ ਸਮਾਯੋਜਿਤ ਕਰਨ ਤੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਭਾਗ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਨਾਮ ਨਾਲ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜਾਣੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ, γ-ਕਿਰਨਾਂ, X-ਕਿਰਨਾਂ, ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਕਿਰਨਾਂ, ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼, ਇਨਫਰਾ ਰੇਡ ਪ੍ਰਕਾਸ਼, ਸੂਖਮ ਤਰੰਗਾਂ ਅਤੇ ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗਾਂ।

ਇਹ ਪਦਾਰਥ ਨਾਲ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਦੁਆਰਾ ਆਪਸੀ ਕਿਰਿਆ ਕਰਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ ਸਾਰੇ ਪਦਾਰਥਾਂ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਚਾਰਜ ਡੋਲਨ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰ ਦਿੰਦੇ ਹਨ। ਵਿਸਤਾਰਿਤ ਆਪਸੀ ਕਿਰਿਆ ਅਤੇ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸੋਖਣ, ਖਿੰਡਣ (scattering) ਆਦਿ ਦੀ ਕਿਰਿਆ ਵਿਧੀ em ਤਰੰਗ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਅਤੇ ਮਾਧਿਅਮ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਅਤੇ ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ।

ਵਿਚਾਰਨਯੋਗ ਵਿਸ਼ੇ (POINTS TO PONDER)

1. ਵੱਖ -ਵੱਖ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਮੁੱਢਲਾ ਅੰਤਰ ਉਹਨਾਂ ਦੀਆਂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਜਾਂ ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਲੁਕਿਆ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਇਹ ਸਾਰੀਆਂ ਨਿਰਵਾਤ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਹੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਲੰਘਦੀਆਂ ਹਨ। ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ, ਤਰੰਗਾਂ ਪਦਾਰਥ ਨਾਲ ਆਪਣੀ ਆਪਸੀ ਕਿਰਿਆ ਕਰਨ ਦੀ ਵਿਧੀ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਵੱਖ ਹੈ।
2. ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਚਾਰਜ ਕਣ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਊਰਜਾ ਵਿਕਿਰਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਆਮ ਕਰਕੇ ਤਰੰਗ ਵਿਕਿਰਨ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਸਾਈਜ਼ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਇਸ਼ ਤਰ੍ਹਾਂ γ-ਕਿਰਨ ਜਿਸਦੀ ਤਰੰਗਲੰਬਾਈ 10^{14} m ਤੋਂ 10^{15} m ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਹੈ, ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂ ਨਾਭਿਕ ਤੋਂ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। X-ਕਿਰਨਾਂ ਭਾਰੀ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਤੋਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਕਿਸੇ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਤੋਂ ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗਾਂ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਇੱਕ ਟਰਾਂਸਮੀਟਰ ਐਂਟੀਨਾ ਬਹੁਤ ਹੀ ਦਕਸ਼ਤਾ ਨਾਲ ਉਹਨਾਂ ਤਰੰਗਾਂ ਨੂੰ ਵਿਕਿਰਿਤ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ ਜਿਹਨਾਂ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਉਸੇ ਪਰਿਮਾਣ ਦੀ ਹੈ, ਜਿਸ ਪਰਿਮਾਣ ਦਾ ਐਂਟੀਨਾਂ ਹੈ ਬੇਸ਼ਕ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੁਆਰਾ ਉਤਸਰਜਿਤ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਆਕਾਰ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।
3. ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਦਾ ਡੋਲਨਸ਼ੀਲ ਖੇਤਰ ਚਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਡੋਲਨਸ਼ੀਲ ਕਰੰਟ ਪੈਦਾ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਪਤਾ ਲਗਾਉਣ ਲਈ ਜੋ ਉਪਕਰਨ ਨਿਰਮਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਉਹ ਇਸੇ ਤੱਥ ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਹਨ। ਹਰਟਜ਼ ਦਾ ਮੌਲਿਕ 'ਰਿਸੀਵਰ' ਠੀਕ ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕੰਮ ਕਰਦਾ ਸੀ। ਸਾਰੀਆਂ ਆਧੁਨਿਕ ਵਿਵਹਾਰਿਕ ਯੁਕਤੀਆਂ ਵਿਚ ਇਸੇ ਮੂਲ ਸਿਧਾਂਤ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਉੱਚ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੀਆਂ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਪਤਾ ਦੂਸਰੀ ਵਿਧੀ ਨਾਲ ਲਗਾਉਂਦੇ ਹਾਂ ਜੋ ਉਹਨਾਂ ਭੌਤਿਕ ਪ੍ਰਭਾਵਾਂ ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ, ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਉਹ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਨਾਲ ਆਪਸੀ ਕਿਰਿਆ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹਨ।
4. ਇਨਫਰਾਰੈਡ ਤਰੰਗਾਂ ਜਿਹਨਾਂ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਨਾ ਸਿਰਫ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੂੰ ਕੰਪਨ ਕਰਵਾਉਂਦੀਆਂ ਹਨ ਬਲਕਿ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਸਾਰੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਜਾਂ ਅਣੂਆਂ ਨੂੰ ਕੰਬਾਉਂਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਹ ਕੰਪਨ ਅੰਤਰਿਕ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਵਧਾਉਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਤਾਪ ਨੂੰ ਵੀ। ਇਹੀ ਕਾਰਨ ਹੈ ਕਿ ਇਨਫਰਾਰੈਡ ਤਰੰਗਾਂ ਨੂੰ ਅਕਸਰ *ਤਾਪੀ ਤਰੰਗਾਂ* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।
5. ਸਾਡੀ ਅੱਖ ਦੀ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲਤਾ ਦਾ ਕੇਂਦਰ ਸੂਰਜ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਵੰਡ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਪੈਂਦਾ ਹੈ। ਅਜਿਹਾ ਇਸਲਈ ਹੋਇਆ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਮਨੁੱਖ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਕਸਿਤ ਹੋਇਆ ਹੈ ਕਿ ਉਸਦੀ ਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀ ਉਹਨਾਂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲ ਹੈ ਜੋ ਸੂਰਜ ਦੀਆਂ ਵਿਕਿਰਨਾਂ ਵਿਚੋਂ ਸਭ ਤੋਂ ਪ੍ਰਬਲ ਹੈ।

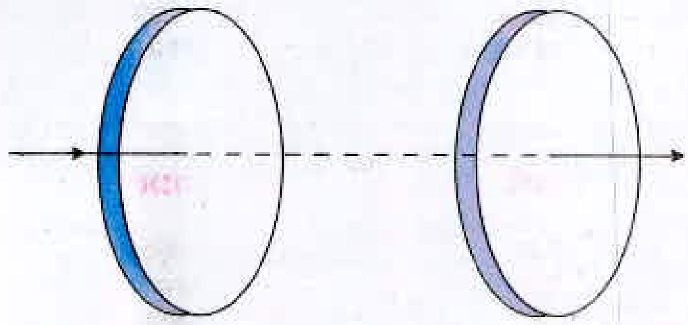
ਅਭਿਆਸ (EXERCISES)

8.1 ਚਿੱਤਰ 8.6 ਵਿਚ ਇੱਕ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਜੋ 12 cm ਅਰਧਵਿਆਸ ਦੀਆਂ ਦੋ ਚੱਕਰ ਆਕਾਰ ਪਲੇਟਾਂ ਨੂੰ 5.0 cm ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ ਰੱਖਕੇ ਬਣਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਕੈਪੀਸਟਰ ਨੂੰ ਇਕ ਬਾਹਰੀ ਸ੍ਰੋਤ (ਜੋ ਚਿੱਤਰ ਵਿੱਚ ਨਹੀਂ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ) ਦੁਆਰਾ ਚਾਰਜਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਚਾਰਜ ਕਰਨ ਵਾਲਾ ਕਰੰਟ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਮਾਨ ਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਮਾਨ 0.15A ਹੈ।

(a) ਕੈਪੀਸਟੀ ਅਤੇ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੀ ਦਰ ਦਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

(b) ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿਚ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਪਤਾ ਕਰੋ।

(c) ਕੀ ਕਿਰਚੋਫ ਦਾ ਪਹਿਲਾਂ ਨਿਯਮ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੀ ਹਰੇਕ ਪਲੇਟ ਤੇ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ? ਸਪਸ਼ਟ ਕਰੋ।



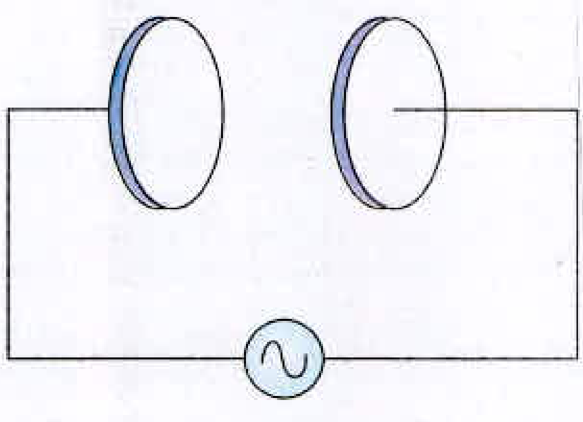
ਚਿੱਤਰ 8.6

8.2 ਇੱਕ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਕੈਪੀਸਟਰ (ਚਿੱਤਰ 8.7), $R = 6.0$ cm ਅਰਧਵਿਆਸ ਦੀਆਂ ਦੋ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਪਲੇਟਾਂ ਤੋਂ ਬਣਿਆ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਕੈਪੀਸਟੀ $C = 100$ pF ਹੈ। ਕੈਪੀਸਟਰ ਨੂੰ 230 V, 300 rad s^{-1} ਦੀ (ਕੋਣੀ) ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦੇ ਕਿਸੇ ਸ੍ਰੋਤ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਗਿਆ ਹੈ।

(a) ਚਾਲਨ ਕਰੰਟ ਦਾ rms ਮਾਨ ਕੀ ਹੈ?

(b) ਕੀ ਚਾਲਨ ਕਰੰਟ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ?

(c) ਪਲੇਟਾਂ ਵਿੱਚ ਧੁਰੇ ਤੋਂ 3.0 cm ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਬਿੰਦੂ ਤੇ **B** ਦਾ ਆਯਾਮ ਪਤਾ ਕਰੋ।



ਚਿੱਤਰ 8.7

8.3 10^{10} m ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੀਆਂ X-ਕਿਰਨਾਂ, 6800 Å ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਅਤੇ 500m ਦੀਆਂ ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗਾਂ ਦੇ ਲਈ ਕਿਸ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਦਾ ਮਾਨ ਬਰਾਬਰ ਹੈ?

8.4 ਇੱਕ ਸਮਤਲ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਨਿਰਵਾਤ ਵਿੱਚ z-ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਚਲ ਰਹੀ ਹੈ। ਇਸਦੇ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਸਦਿਸ਼ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਬਾਰੇ ਤੁਸੀਂ ਕੀ ਕਹੋਗੇ? ਜੇ ਤਰੰਗ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ 30 MHz ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਉਸਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਕਿੰਨੀ ਹੋਵੇਗੀ?

8.5 ਇੱਕ ਰੇਡੀਓ 7.5 MHz ਤੋਂ 12 MHz ਬੈਂਡ ਦੇ ਕਿਸੇ ਸਟੇਸ਼ਨ ਨਾਲ ਟਿਊਨ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਸੰਗਤ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਬੈਂਡ ਕੀ ਹੋਵੇਗਾ?

8.6 ਇੱਕ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਆਪਣੀ ਮੱਧ ਸਥਿਤੀ ਦੇ ਦੋਨੋਂ ਪਾਸੇ 10^9 Hz ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਨਾਲ ਡੋਲਨ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਡੋਲਨ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਕਿੰਨੀ ਹੈ?

8.7 ਨਿਰਵਾਤ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਆਵਰਤ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਾਲੇ ਭਾਗ ਦਾ ਆਯਾਮ $B_0 = 510$ nT ਹੈ। ਤਰੰਗ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਾਲੇ ਭਾਗ ਦਾ ਆਯਾਮ ਕੀ ਹੈ?

8.8 ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ ਕਿ ਇੱਕ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਦੇ ਬਿਜਲ ਖੇਤਰ ਦਾ ਆਯਾਮ $E_0 = 120$ N/C ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ $\nu = 50.0$ MHz ਹੈ। (a) B_0, ω, k ਅਤੇ λ ਗਿਆਤ ਕਰੋ, (b) **E** ਅਤੇ **B** ਦੇ ਲਈ ਵਿਅੰਜਕ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰੋ।

8.9 ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਭਾਗਾਂ ਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਪਾਠ ਪੁਸਤਕ ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਹੈ। ਸੂਤਰ $E = h\nu$ (ਵਿਕਰਣ ਦੇ ਇੱਕ ਕਵਾਂਟਮ ਦੀ ਊਰਜਾ ਦੇ ਲਈ : ਫੋਟਾਨ) ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰੋ ਅਤੇ em ਵਰਣਕ੍ਰਮ ਦੇ ਵੱਖ ਵੱਖ ਭਾਗਾਂ ਦੇ ਲਈ eV ਦੇ ਮਾਤਰਕ ਵਿਚ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਕੱਢੋ। ਫੋਟਾਨ ਊਰਜਾ ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪਰਿਮਾਣ ਤੁਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹੋ ਉਹ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਸਰੋਤਾਂ ਨਾਲ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹਨ?

8.10 ਇਕ ਸਮਤਲ em ਤਰੰਗ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲ ਖੇਤਰ, 2.0×10^{10} Hz ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਅਤੇ $48\ V\ m^{-1}$ ਆਯਾਮ ਨਾਲ ਸਾਈਨ ਵਕ੍ਰੀ ਢੰਗ (sinusoidal) ਨਾਲ ਡੋਲਨ ਕਰਦਾ ਹੈ।
(a) ਤਰੰਗ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਕਿੰਨੀ ਹੈ?
(b) ਡੋਲਨਸ਼ੀਲ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਆਯਾਮ ਕੀ ਹੈ?
(c) ਇਹ ਦਰਸਾਓ ਕਿ **E** ਖੇਤਰ ਦੀ ਔਸਤ ਊਰਜਾ ਘਣਤਾ, **B** ਖੇਤਰ ਦੀ ਔਸਤ ਊਰਜਾ ਘਣਤਾ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। [$c = 3 \times 10^8$ m s^{-1}]

ਹੋਰ ਅਭਿਆਸ (ADDITIONAL EXERCISES)

8.11 ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ ਕਿ ਨਿਰਵਾਤ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਦਾ ਬਿਜਲ ਖੇਤਰ

$$\mathbf{E} = \{(3.1\ \text{N/C}) \cos [(1.8\ \text{rad/m})\ y + (5.4 \times 10^6\ \text{rad/s})t]\}\,\hat{\mathbf{i}}\,.$$

(a) ਤਰੰਗ ਸੰਚਾਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਕੀ ਹੈ?
(b) ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ λ ਕਿੰਨੀ ਹੈ?
(c) ਆਵ੍ਰਿਤੀ ν ਕਿੰਨੀ ਹੈ?
(d) ਤਰੰਗ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਸਦਿਸ਼ ਦਾ ਆਯਾਮ ਕਿੰਨਾਂ ਹੈ?

8.12 100 W ਬਿਜਲੀ ਬਲਬ ਦੀ ਸ਼ਕਤੀ ਦਾ ਲਗਭਗ 5% ਦ੍ਰਿਸ਼ ਵਿਕਿਰਣ ਵਿੱਚ ਬਦਲ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।
(a) ਬਲਬ ਤੋਂ 1m ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ,
(b) 10 m ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਔਸਤ ਤੀਬਰਤਾ ਕਿੰਨੀ ਹੈ?
ਇਹ ਮੰਨੋ ਕਿ ਵਿਕਿਰਣ ਸਮਦਿਸ਼ਾਵੀ (isotropic) ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਪਰਾਵਰਤਨ ਦੀ ਉਪੇਖਿਆ ਕਰੋ।

8.13 em ਵਰਣਕ੍ਰਮ ਦੇ ਵੱਖ ਵੱਖ ਭਾਗਾਂ ਦੇ ਲਈ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਤਾਪਮਾਨ ਰੇਂਜਾਂ ਨੂੰ ਗਿਆਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ $\lambda_m T = 0.29$ cmK ਸੂਤਰ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰੋ। ਜੋ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਤੁਹਾਨੂੰ ਮਿਲਦੀਆਂ ਹਨ ਉਹ ਕੀ ਦਸਦੀਆਂ ਹਨ?

8.14 ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕਿਰਣ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੇਠਾਂ ਕੁਝ ਮਸ਼ਹੂਰ ਅੰਕ, ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਹੋਰ ਪ੍ਰਸੰਗ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ। ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਉਸ ਭਾਗ ਦਾ ਉਲੇਖ ਕਰੋ ਜਿਸ ਨਾਲ ਇਹਨਾਂ ਵਿਚੋਂ ਹਰੇਕ ਸੰਬੰਧਤ ਹੈ।
(a) 21 cm (ਅੰਤਰ-ਤਾਰਕੀ ਅਕਾਸ਼ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣਵੀ ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਦੁਆਰਾ ਉਤਸਰਜਿਤ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ)
(b) 1057 MHz (ਲੈਂਬ ਵਿਚਲਨ (lamb shift) ਨਾਮ ਨਾਲ ਮਸ਼ਹੂਰ, ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਵਿੱਚ, ਨੇੜੇ ਜਾਣ ਵਾਲੇ ਦੋ ਨੇੜਲੇ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰਾਂ ਤੋਂ ਪੈਦਾ ਵਿਕਿਰਨ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ)
(c) 2.7 K [ਸੰਪੂਰਨ ਪੁਲਾੜ ਵਿੱਚ ਭਰਨ ਵਾਲਾ ਸਮਦਿਸ਼ਾਵੀ ਵਿਕਿਰਣ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਤਾਪਮਾਨ ਅਜਿਹਾ ਵਿਚਾਰ ਜੋ ਵਿਸ਼ਵ ਵਿੱਚ ਵੱਡੇ ਧਮਾਕੇ 'ਬਿਗ ਬੈਂਗ' ਦੇ ਉਦਭਵ ਦਾ ਅਵਸ਼ੇਸ਼ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ]।
(d) 5890 Å - 5896 Å [ਸੋਡੀਅਮ ਦੀਆਂ ਦੋਹਰੀਆਂ ਲਾਈਨਾਂ]
(e) 14.4 keV [^{57}Fe ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਇੱਕ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਸੰਕ੍ਰਮਨ (particular transition) ਦੀ ਊਰਜਾ ਜੋ ਮਸ਼ਹੂਰ ਉੱਚ ਵਿਭੇਦਨ ਦੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮੀ ਵਿਧੀ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੈ (ਮਾਸਬੋਰ ਸਪੈਕਟ੍ਰੋਸਕਾਪੀ, Mössbauer spectroscopy)

8.15 ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਪ੍ਰਸ਼ਨਾਂ ਦਾ ਉੱਤਰ ਦਿਓ :

(a) ਲੰਬੀ ਦੂਰੀ ਦੇ ਰੇਡੀਓ ਪ੍ਰਸਾਰਨ ਲਘੂ ਤਰੰਗ ਬੈਂਡ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਕਿਉਂ?

(b) ਲੰਬੀ ਦੂਰੀ ਦੇ TV ਟਰਾਂਸਮੀਸ਼ਨ ਦੇ ਲਈ ਉਪਗ੍ਰਹਿ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ। ਕਿਉਂ?

(c) ਪ੍ਰਕਾਸ਼ੀ ਅਤੇ ਰੇਡੀਓ ਦੂਰਦਰਸ਼ੀ ਧਰਤੀ ਤੇ ਨਿਰਮਿਤ ਕੀਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ ਪਰ X-ਕਿਰਨ ਖਗੋਲ ਵਿਗਿਆਨ ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਧਰਤੀ ਦੀ ਪਰਕਰਮਾ ਕਰਕੇ ਉਪਗ੍ਰਹਿਆਂ ਦੁਆਰਾ ਹੀ ਸੰਭਵ ਹਨ। ਕਿਉਂ?

(d) ਸਮਤਾਪਮੰਡਲ (stratosphere) ਦੇ ਉਪਰੀ ਸਿਰੇ ਤੇ ਛੋਟੀ ਜਿਹੀ ਓਜੋਨ ਪਰਤ ਮਨੁੱਖੀ ਜੀਵਨ ਦੇ ਲਈ ਨਿਰਨਾਇਕ ਹੈ। ਕਿਉਂ?

(e) ਜੇ ਧਰਤੀ ਤੇ ਵਾਯੂ ਮੰਡਲ ਨਾ ਹੁੰਦਾ ਤਾਂ ਉਸਦੇ ਧਰਾਤਲ ਦਾ ਔਸਤ ਤਾਪਮਾਨ ਵਰਤਮਾਨ ਤਾਪਮਾਨ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੁੰਦਾ ਜਾਂ ਘੱਟ?

(f) ਕੁਝ ਵਿਗਿਆਨਿਕਾਂ ਨੇ ਭਵਿੱਖਬਾਣੀ ਕੀਤੀ ਹੈ ਕਿ ਧਰਤੀ ਤੇ ਨਾਭਿਕੀ ਵਿਸ਼ਵ ਯੁੱਧ ਦੇ ਬਾਅਦ 'ਪ੍ਰਚੰਡ ਨਾਭਿਕੀ ਸ਼ੀਤਕਾਲ' ਹੋਵੇਗਾ ਜਿਸਦਾ ਧਰਤੀ ਦੇ ਜੀਵਾਂ ਤੇ ਵਿਨਾਸ਼ਕਾਰੀ ਪ੍ਰਭਾਵ ਪਵੇਗਾ। ਇਸ ਭਵਿੱਖਬਾਣੀ ਦਾ ਕੀ ਅਧਾਰ ਹੋਵੇਗਾ?

ਉੱਤਰ (ANSWERS)

ਪਾਠ 1

1.1 6×10^{-3} N (ਅਪਕਰਸ਼ਨ)

1.2 (a) 12 cm
(b) 0.2 N (ਆਕਰਸ਼ਨ)

1.3 2.4×10^{39}. ਇਹ ਇੱਕ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਅਤੇ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (ਬਰਾਬਰ ਦੂਰੀਆਂ ਤੇ ਸਥਿਤ ਹੋਣ ਤੇ) ਦੇ ਵਿੱਚ ਲੱਗੇ ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਅਤੇ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਹੈ।

1.5 ਚਾਰਜ ਪੈਦਾ ਜਾਂ ਨਸ਼ਟ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਇਹ ਸਿਰਫ ਇੱਕ ਵਸਤੂ ਤੋਂ ਦੂਸਰੀ ਵਸਤੂ ਵਿੱਚ ਸਥਾਨਾਂਤਰਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

1.6 0 N

1.8 (a) 5.4×10^{6} N C^{-1} OB ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ
(b) 8.1×10^{-3} N OA ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ

1.9 ਕੁੱਲ ਚਾਰਜ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ। ਦੋ ਧਰੁਵੀ ਮੋਮੈਂਟ $= 7.5 \times 10^{-8}$ C m ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ

1.10 10^{-4} N m

1.11 (a) 2×10^{12}, ਊਨ ਤੋਂ ਪਾਲੀਥੀਨ ਤੇ
(b) ਹਾਂ, ਪਰ ਨਿਗੁਣੀ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ($= 2 \times 10^{-18}$ kg ਉਦਾਹਰਨ ਵਿੱਚ)

1.12 (a) 1.5×10^{-2} N
(b) 0.24 N

1.13 5.7×10^{-3} N

1.14 ਚਾਰਜ 1 ਅਤੇ 2 ਰਿਣ ਹਨ, ਚਾਰਜ 3 ਧਨ ਹੈ। ਕਣ 3 ਦਾ ਚਾਰਜ ਪੁੰਜ ਅਨੁਪਾਤ ਅਧਿਕਤਮ ਹੈ।

1.15 25.98 N m^2/C

1.16 ਜ਼ੀਰੋ/ਘਣ ਵਿਚ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਨ ਵਾਲੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਘਣ ਤੋਂ ਨਿਕਲਣ ਵਾਲੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹਨ।

1.17 (a) 0.07 μC
(b) ਨਹੀਂ, ਸਿਰਫ ਇਹ ਕਿ ਵਰਗ ਦੇ ਅੰਦਰ ਨੇਟ ਚਾਰਜ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ।

1.18 2.2×10^{5} N m^2/C

1.19 1.9×10^{5} N m^2/C

1.20 (a) -10^{3} N m^2/C; ਕਿਉਂਕਿ ਦੋਨੋ ਮਾਮਲਿਆਂ ਵਿੱਚ ਘਿਰਿਆ ਚਾਰਜ ਬਰਾਬਰ ਹੈ।
(b) −8.8 nC

1.21 −6.67 nC

1.22 (a) 1.45×10^{-3} C
(b) 1.6×10^{8} Nm^2/C

1.23 10 μC/m

1.24 (a) ਜ਼ੀਰੋ (b) ਜ਼ੀਰੋ (c) 1.9 N/C

1.25 9.81×10^{-4} mm.

1.26 ਸਿਰਫ (c) ਠੀਕ ਹੈ, ਬਾਕੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਨਹੀਂ ਦਰਸਾ ਸਕਦੇ। (a) ਗਲਤ ਹੋਣ ਦਾ ਕਾਰਨ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਚਾਲਕ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੋਣੀਆਂ ਚਾਹੀਦੀਆਂ ਹਨ। (b) ਗਲਤ ਹੋਣ ਦਾ ਕਾਰਨ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਤੋਂ ਸ਼ੁਰੂ ਨਹੀਂ ਹੋ ਸਕਦੀਆਂ, (d) ਗਲਤ ਹੋਣ ਦਾ ਕਾਰਨ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਨਹੀਂ ਕੱਟ ਸਕਦੀਆਂ, (e) ਗਲਤ ਹੋਣ ਦਾ ਕਾਰਨ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਬੰਦ ਲੂਪ ਨਹੀਂ ਬਣਾ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ।

1.27 ਇਹ ਬਲ ਰਿਣਾਤਮਕ $-z$ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ 10^{-2} N ਅਰਥਾਤ ਇਹ ਘਟਦੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹਨ। ਤੁਸੀਂ ਇਹ ਮਿਲਾਨ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹੋ ਕਿ ਇਹ ਦੋ ਧਰੁਵੀ ਦੀ ਘਟਦੀ ਸਥਿਤਜ ਊਰਜਾ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵੀ ਹੈ। ਟਾਰਕ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ।

1.28 (a) *ਸੰਕੇਤ :* ਅਜਿਹੀ ਗਾਊਸ ਸਤਹਿ ਚੁਣੋ ਜੋ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚਾਲਕ ਤੇ ਹੋਵੇ ਅਤੇ ਕਟੋਰੇ ਨੂੰ ਘੇਰ ਲਏ।

(b) ਗਾਊਸ ਨਿਯਮ (a) ਜਿਵੇਂ ਸਤਹਿਵਾਂ ਦੇ ਲਈ ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ q ਨੂੰ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਸਤਹਿ ਤੇ $-q$ ਚਾਰਜ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਕਰਨਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

(c) ਉਪਕਰਨ ਨੂੰ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਧਾਤ ਦੀ ਬਣੀ ਸਤਹਿ ਨਾਲ ਘੇਰਿਆ ਜਾਵੇ।

1.29 *ਸੰਕੇਤ :* ਛੇਦਾਂ ਵਾਲੇ ਚਾਲਕ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਤਾਂ ਬਿਲਕੁਲ ਇਸਦੇ ਬਾਹਰ ਖੇਤਰ $(\sigma/\varepsilon_0)\,\hat{\mathbf{n}}$ ਹੈ ਅਤੇ ਅੰਦਰ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ। ਇਸ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪ੍ਰੇਖਣ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਰੋ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਇਹ ਭਰੇ ਹੋਏ ਛੇਦ ਦੇ ਕਾਰਨ ਖੇਤਰ ਅਤੇ ਬਾਕੀ ਚਾਰਜਿਤ ਚਾਲਕ ਦੇ ਕਾਰਨ ਖੇਤਰ ਸੁਪਰਪੋਜ਼ ਹਨ। ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਇਹ ਦੋਨੋਂ ਖੇਤਰ ਬਰਾਬਰ ਅਤੇ ਉਲਟ ਹਨ। ਬਾਹਰ ਇਹ ਦੋਨੋਂ ਖੇਤਰ ਪਰਿਮਾਣ ਅਤੇ ਦਿਸ਼ਾ ਦੋਨਾਂ ਦੇ ਵਿਚ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਚਾਲਕ ਦੇ ਬਾਕੀ ਭਾਗ ਦੁਆਰਾ ਖੇਤਰ $\left(\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)\hat{\mathbf{n}}$ ਹੈ।

1.31 p;uud; n;udd.

1.32 (a) *ਸੰਕੇਤ :* ਇਸ ਨੂੰ ਖੰਡਨ ਦੁਆਰਾ ਸਿੱਧ ਕਰੋ। ਮੰਨ ਲਉ ਸੰਤੁਲਨ ਸਥਾਈ ਹੈ; ਤਾਂ ਪਰੀਖਣ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਵੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਥੋੜਾ ਵਿਸਥਾਪਿਤ ਕਰਨ ਤੇ ਉਹ ਜ਼ੀਰੋ ਵਿਖੇਪ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਰਿਸਟੋਰਿੰਗ ਬਲ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰੇਗਾ, ਅਰਥਾਤ, ਜ਼ੀਰੋ ਵਿਖੇਪ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਦੇ ਨੇੜੇ ਸਾਰੀਆਂ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਜ਼ੀਰੋ ਵਿਖੇਪ ਸਥਿਤੀ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਅੰਦਰ ਵਲ ਨਿਰਦੇਸ਼ਿਤ ਹੋਣਗੀਆਂ। ਅਰਥਾਤ ਜ਼ੀਰੋ ਵਿਖੇਪ ਸਥਿਤੀ ਦੇ ਸਾਰੇ ਪਾਸੇ ਬੰਦ ਸਤਹਿ ਵਿੱਚੋਂ ਹੋ ਕੇ ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਨੇਟ ਅੰਦਰਵਲ ਫਲੱਕਸ ਲੰਘੇਗਾ। ਪਰ ਗਾਊਸ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਅਜਿਹੀ ਸਤਹਿ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਣ ਵਾਲਾ ਫਲਕਸ, ਜਿਸ ਦੁਆਰਾ ਕੋਈ ਚਾਰਜ ਘੇਰਿਆ ਨਾ ਗਿਆ ਹੋਵੇ, ਜ਼ੀਰੋ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਇਹ ਸੰਤੁਲਨ ਸਥਾਈ ਨਹੀਂ ਹੋ ਸਕਦਾ।

(b) ਦੋ ਚਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਮਿਲਾਉਣ ਵਾਲੀ ਰੇਖਾ ਦਾ ਮੱਧ ਬਿੰਦੂ ਸਿਖਰ ਵਿਖੇਪ ਬਿੰਦੂ ਹੈ। ਪਰੀਖਣ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਇਸ ਰੇਖਾ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਇਸ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਥੋੜਾ ਵਿਸਥਾਪਿਤ ਕਰੋ। ਰੀਸਟੋਰਿੰਗ ਬਲ ਪੈਦਾ ਹੋਵੇਗਾ। ਪਰ ਇਸ ਨੂੰ ਰੇਖਾ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਸਥਾਪਿਤ ਕਰੋ ਤੁਹਾਨੂੰ ਇਹ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਵੇਗਾ ਕਿ ਨੇਟ ਬਲ ਇਸ ਨੂੰ ਜ਼ੀਰੋ ਵਿਖੇਪ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਦੂਰ ਲੈ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਯਾਦ ਰੱਖ, ਸੰਤੁਲਨ ਦੇ ਸਥਾਈ ਹੋਣ ਨੂੰ ਸਾਰੀਆਂ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਵਿਚ ਰੀਸਟੋਰਿੰਗ ਬਲ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

1.34 1.6 cm

ਪਾਠ 2

2.1 10 cm, 40 cm ਚਾਰਜ ਤੋਂ ਦੂਰ ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਵਲ।

2.2 2.7×10^{6} V

2.3 (a) AB ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਮੱਧ ਬਿੰਦੂ ਵਿਚੋਂ ਹੋਕੇ ਜਾਣ ਵਾਲੇ ਤਲ ਦੇ ਹਰੇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ।

(b) ਤਲ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ AB ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ।

2.4 (a) ਜ਼ੀਰੋ

(b) 10^5 N C^{-1}

(c) 4.4×10^4 N C^{-1}

2.5 96 pF

2.6 (a) 3 pF

(b) 40 V

2.7 (a) 9 pF

(b) 2×10^{-10} C, 3×10^{-10} C, 4×10^{-10} C

2.8 18 pF, 1.8×10^{-9} C

2.9 (a) $V = 100$ V, $C = 108$ pF, $Q = 1.08 \times 10^{-8}$ C

(b) $Q = 1.8 \times 10^{-9}$ C, $C = 108$ pF, $V = 16.6$ V

2.10 1.5×10^{-8} J

2.11 6×10^{-6} J

2.12 1.2 J; ਬਿੰਦੂ R ਉੱਤਰ ਦੇ ਅਪ੍ਰਸੰਗਿਕ ਹੈ।

2.13 ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ = $4q/(\sqrt{3}\,\pi\,\varepsilon_0\, b)$; ਖੇਤਰ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਸਮਤਾ ਤੋਂ ਉਮੀਦ ਹੈ।

2.14 (a) 2.4×10^5 V; 4.0×10^5 Vm^{-1} ਚਾਰਜ 2.5 μC ਤੋਂ 1.5 μC ਤੱਕ

(b) 2.0×10^5 V; 6.6×10^5 Vm^{-1} ਚਾਰਜ 2.5 μC ਤੋਂ 1.5 μC ਨੂੰ ਮਿਲਾਉਣ ਵਾਲੀ ਰੇਖਾ ਤੋਂ ਲਗਭਗ 69° ਦੇ ਕੋਣ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ।

2.15 (a) $-q/(4\pi r_1^2)$, $(Q+q)/(4\pi r_2^2)$

(b) ਕੈਵੀਟੀ ਨੂੰ ਘੇਰਨ ਵਾਲੀ ਅੰਤਰਿਕ ਸਤ੍ਹਾ (ਜਿਸ ਤੇ ਕੋਈ ਚਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੈ) ਤੇ ਗਾਊਸ ਦੇ ਨਿਯਮ ਨਾਲ ਨੇਟ ਚਾਰਜ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਜਿਹੋ ਜਿਹੀ ਮਰਜ਼ੀ ਆਕ੍ਰਿਤੀ ਵਾਲੀ ਕੈਵੀਟੀ ਦੇ ਲਈ ਇਹ ਕਾਫੀ ਨਹੀਂ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਦਾਵਾ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇ ਕਿ ਉਸਦੇ ਅੰਦਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫਰ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਕੈਵੀਟੀ ਤੇ ਰਿਣ ਅਤੇ ਧਨ ਚਾਰਜ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ ਜਿਸ ਨਾਲ ਕੁਲ ਚਾਰਜ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋਵੇ। ਇਸ ਸੰਭਾਵਨਾ ਨੂੰ ਖ਼ਤਮ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ, ਇੱਕ ਬੰਦ ਲੂਪ ਲਉ ਜਿਸਦਾ ਇੱਕ ਭਾਗ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਕੈਵੀਟੀ ਵਿੱਚ ਹੋਵੇ ਅਤੇ ਬਾਕੀ ਭਾਗ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ। ਕਿਉਂਕਿ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ, ਇਹ ਬੰਦ ਲੂਪ ਤੇ ਇੱਕ ਪਰੀਖਣ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਲੈ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੁਆਰਾ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਨੇਟ ਕਾਰਜ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲਈ ਇਹ ਅਸੰਭਵ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਕੈਵੀਟੀ ਦੇ ਅੰਦਰ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਨਹੀਂ ਹਨ (ਅਰਥਾਤ ਕੋਈ ਖੇਤਰ ਨਹੀਂ), ਅਤੇ ਚਾਹੇ ਉਸਦੀ ਕਿਹੋ ਜਿਹੀ ਵੀ ਆਕ੍ਰਿਤੀ ਹੋਵੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਸਤਹਿ ਤੇ ਕੋਈ ਚਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ।

2.17 $\lambda/(2\pi\varepsilon_0 r)$, ਜਿਥੇ ਵੇਲਨੇ ਦੇ ਸਾਂਝੇ ਧੁਰੇ ਤੋਂ ਬਿੰਦੂ ਦੀ ਦੂਰੀ r ਹੈ। ਖੇਤਰ ਧੁਰੇ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ, ਰੇਡੀਅਲ ਹੈ।

2.18 (a) –27.2 eV

(b) 13.6 eV

(c) –13.6 eV, 13.6 eV : ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕਿ ਪਹਿਲੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਕੁੱਲ ਊਰਜਾ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ।

2.19 –19.2 eV; ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦਾ ਜ਼ੀਰੋ ਅਨੰਤ ਤੇ ਲਿਆ ਗਿਆ ਹੈ।

2.20 ਪਹਿਲੇ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ (b/a) ਹੈ। ਚਪਟੇ ਭਾਗ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਇੱਕ ਵੱਡੇ ਅਰਧਵਿਆਸ ਵਾਲੇ ਗੋਲੇ ਦੇ ਕਿਸੇ ਭਾਗ ਨਾਲ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਅਤੇ ਨੁਕੀਲੇ ਭਾਗ ਨੂੰ ਘੱਟ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵਾਲੇ ਗੋਲੇ ਦੇ ਕਿਸੇ ਭਾਗ ਨਾਲ।

2.21 (a) ਦੋ ਧਰੁਵੀ ਦੇ ਧੁਰੇ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ $(\pm\, 1/4\,\pi\,\varepsilon_0)$ $p/(x^2 - a^2)$ ਹੈ, ਇਥੇ $p=2qa$ ਦੋ ਧਰੁਵੀ ਮੋਮੇਂਟ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਹੈ, + ਚਿੰਨ੍ਹ ਉਸ ਸਮੇਂ ਜਦੋਂ ਬਿੰਦੂ q ਦੇ ਨੇੜੇ ਹੈ ਅਤੇ – ਚਿੰਨ੍ਹ ਉਥੇ, ਜਿਥੇ ਬਿੰਦੂ $-q$ ਦੇ ਨੇੜੇ ਹੈ। ਧੁਰੇ ਦੇ ਲੰਬ $(x, y, 0)$ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ।

(b) r ਤੇ ਨਿਰਭਰਤਾ $1/r^2$ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੈ।

(c) ਜ਼ੀਰੋ, ਨਹੀਂ ਕਿਉਂਕਿ ਦੋ ਬਿੰਦੂਆਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੁਆਰਾ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਬਿੰਦੂਆਂ ਦੇ ਮਿਲਾਉਣ ਵਾਲੇ ਮਾਰਗ ਤੋਂ ਆਜ਼ਾਦ ਹੈ ਅਰਥਾਤ ਰਸਤੇ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ।

2.22 ਵੱਧ r ਦੇ ਲਈ, ਚਾਰ ਧਰੁਵੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ $1/r^3$ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਦੋ ਧਰੁਵੀ ਦਾ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ $1/r^2$ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਤੇ ਇਕੱਲੇ ਧਰੁਵ ਦਾ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ $(1/r)$ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਦਲਦਾ ਹੈ।

2.23 1 μF ਵਾਲੇ 18 ਕੈਪੀਸਟਰਾਂ ਨੂੰ 6 ਸਮਾਂਤਰ ਲਾਈਨਾਂ ਵਿੱਚ ਵਿਵਸਥਿਤ ਕੀਤਾ ਹੈ। ਹਰੇਕ ਲਾਈਨ ਵਿੱਚ 3 ਕੈਪੀਸਟਰ ਲੜੀਵਧ ਢੰਗ ਨਾਲ ਲਗੇ ਹਨ।

2.24 1130 km^2

2.25 ਕੁੱਲ ਕੈਪੀਸਟੀ = $200/3$ pF

$Q_1 = 10^{-8}$ C, $V_1 = 100$ V ; $Q_2 = Q_3 = 10^{-8}$ C

$V_2 = V_3 = 50$ V

$Q_4 = 2.55 \times 10^{-8}$ C, $V_4 = 200$ V

2.26 (a) 2.55×10^{-6} J

(b) $u = 0.113$ J m^{-3}, $u = (½)\,\varepsilon_0 E^2$

2.27 2.67×10^{-2} J

2.28 *ਸੰਕੇਤ :* ਮੰਨ ਲਓ ਕਿ ਪਲੇਟਾਂ ਦੀ ਦੂਰੀ, Δx ਨਾਲ ਵਧਾ ਦਿੱਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ (ਬਾਹਰੀ ਸ੍ਰੋਤ ਦੁਆਰਾ) = $F\Delta x$ । ਇਹ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੀ ਸਥਿਤੀਜ ਊਰਜਾ ਨੂੰ $u\,a\,\Delta x$ ਨਾਲ ਵਧਾਉਣ ਦੇ ਕੰਮ ਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਜਿਥੇ u ਊਰਜਾ ਘਣਤਾ ਹੈ। ਇਸਲਈ $F = u\,a$ ਜੋ $u = (1/2)\,\varepsilon_0 E^2$ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ $(1/2)\,QE$ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਬਲ ਸੂਤਰ ਵਿਚ 1/2 ਘਟਕ ਦਾ ਭੌਤਿਕ ਮੂਲ ਇਸ ਤੱਥ ਵਿਚ ਲੁਕਿਆ ਹੈ ਕਿ ਚਾਲਕ ਦੇ ਬਿਲਕੁਲ ਬਾਹਰ ਖੇਤਰ E ਹੈ ਅਤੇ ਅੰਦਰ ਇਹ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਬਲ ਵਿਚ ਔਸਤ $E/2$ ਦਾ ਯੋਗਦਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

2.30 (a) 5.5×10^{-9} F

(b) 4.5×10^{2} V

(c) 1.3×10^{-11} F

2.31 (a) ਨਹੀਂ ਕਿਉਂਕਿ ਗੋਲਿਆਂ ਤੇ ਚਾਰਜ ਵੰਡ ਬਰਾਬਰ ਨਹੀਂ ਹੈ।

(b) ਨਹੀਂ

(c) ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਹੀਂ (ਸਿਰਫ ਤਾਂ ਹੀ ਸੱਚ ਹੈ ਜਦੋਂ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਹੋਵੇ)। ਆਮ ਕਰਕੇ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੱਸਦੀਆਂ ਹਨ, ਨਾ ਕਿ ਵੇਗ ਦੀ।

(d) ਜ਼ੀਰੋ, ਪੂਰੇ ਔਰਬਿਟ ਦੀ ਆਕ੍ਰਿਤੀ ਕੁਝ ਵੀ ਹੋਵੇ, ਅੰਤਰ ਨਹੀਂ ਪੈਂਦਾ।

(e) ਨਹੀਂ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਨਿਰੰਤਰ ਹੈ।

(f) ਇੱਕ ਇਕਾਈ ਚਾਲਕ ਇੱਕ ਕੈਪੀਸਟਰ ਹੈ ਜਿਸਦੀ ਦੂਸਰੀ ਪਲੇਟ ਅਨੰਤ ਤੇ ਹੈ।

(g) ਪਾਣੀ ਦੇ ਇੱਕ ਅਣੂ ਵਿੱਚ ਸਥਾਈ ਦੋ ਧਰੁਵੀ ਮੋਮੈਂਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਫਿਰ ਵੀ ਬਿਜਲੀਸ਼ੀਲਤਾ ਦਾ ਵਿਸਤਾਰਪੂਰਵਕ ਵਰਣਨ ਸੂਖਮ ਸਿਧਾਂਤ ਤੇ ਆਧਾਰਿਤ ਜੋ ਇਸ ਪੁਸਤਕ ਦੇ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਹੈ।

2.32 1.2×10^{-10} F, 2.9×10^{4} V

2.33 19 cm^2

2.34 (a) ਸਤਹਿ x-y ਤਲ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ

(b) ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜਿਵੇਂ (a) ਵਿੱਚ, ਸਿਵਾਏ ਇਸਦੇ ਕਿ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਵਾਲੇ ਤਲ ਆਪਸ ਵਿੱਚ, ਜਦੋਂ ਖੇਤਰ ਵੱਧਦਾ ਹੈ, ਨੇੜੇ ਆ ਜਾਂਦੇ ਹਨ।

(c) ਸਮਕੇਂਦਰੀ ਗੋਲੇ, ਕੇਂਦਰ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਤੇ।

(d) ਗ੍ਰਿਡ ਦੇ ਨੇੜੇ ਸਮੇਂ ਸਮੇਂ ਤੇ ਬਦਲਦੀ ਆਕ੍ਰਿਤੀ ਜੋ ਹੌਲੀ-ਹੌਲੀ ਗ੍ਰਿਡ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਦੂਰ ਸਮਾਂਤਰ ਸਮਤਲਾਂ ਵਿਚ ਬਦਲ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

2.35 30 cm

2.36 *ਸੰਕੇਤ :* ਗੋਲੇ ਅਤੇ ਖੋਲ ਦੇ ਵਿਚ ਖੇਤਰ ਦਾ, ਗਾਊਸ ਨਿਯਮ ਤੋਂ, ਸਿਰਫ q_1 ਦੁਆਰਾ ਹੀ ਨਿਰਧਾਰਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਗੋਲੇ ਅਤੇ ਖੋਲ ਦੇ ਵਿੱਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ q_2 ਤੋਂ ਸੁਤੰਤਰ ਹੈ। ਜੇ q_1 ਧਨ ਚਾਰਜ ਹੈ ਤਾਂ ਇਹ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਸਦਾ ਧਨ ਹੋਵੇਗਾ?

2.37 (a) ਸਾਡਾ ਸਰੀਰ ਅਤੇ ਧਰਤੀ ਸਾਮਾਨ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤਿਹ ਬਣਾਉਂਦੀਆਂ ਹਨ ਜਿਵੇਂ ਹੀ ਅਸੀ ਬਾਹਰ ਨਿਕਲਦੇ ਤਾਂ ਹਵਾ ਦੀ ਮੂਲ ਸਮਾਨ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤਿਹ ਬਦਲ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਸਾਡਾ ਸਿਰ ਅਤੇ ਧਰਤੀ ਦਾ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਬਰਾਬਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ।

(b) ਹਾਂ, ਵਾਯੂ ਮੰਡਲ ਵਿਚ ਸਥਿਰ ਵਿਸਰਜਨ ਕਰੰਟ ਹੌਲੀ-ਹੌਲੀ ਐਲੂਮੀਨਿਅਮ ਦੀ ਚਾਦਰ ਨੂੰ ਚਾਰਜਿਤ ਕਰਕੇ, ਉਸ ਸੀਮਾ ਤਕ ਇਸਦੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਨੂੰ ਵਧਾਉਂਦੀ ਹੈ ਜੋ ਕੈਪੀਸਟਰ (ਜੋ ਚਾਦਰ, ਸਲੈਬ ਅਤੇ ਧਰਤੀ-ਸਤਹਿ ਤੋਂ ਬਣਦਾ ਹੈ) ਦੀ ਕਪੈਸਟੀ ਦੇ ਉਪਰ ਨਿਰਭਰ ਹੈ।

(c) ਸਾਰੇ ਸੰਸਾਰ ਵਿੱਚ ਵਾਯੂ ਮੰਡਲ ਲਗਾਤਾਰ ਬਿਜਲੀ ਦੀ ਲਿਸ਼ਕ ਅਤੇ ਗਰਜਨਾ ਨਾਲ ਚਾਰਜਿਤ ਹੁੰਦਾ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਸਧਾਰਨ ਮੌਸਮ ਦੇ ਖੇਤਰਾਂ ਵਿਚੋਂ ਹੋ ਕੇ ਵਿਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਦੋਨੋਂ ਵਿਰੋਧੀ ਕਰੰਟ, ਔਸਤਨ ਸੰਤੁਲਨ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

(d) ਅਸਮਾਨੀ ਬਿਜਲੀ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਉਰਜਾ ਲੁਕੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਨਾਲ ਹੋ ਰਹੀ ਗਰਜਨਾ ਵਿੱਚ ਤਾਪ ਅਤੇ ਧੁਨੀ ਉਰਜਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਪਾਠ 3

3.1 30 A

3.2 17 Ω, 8.5 V

3.3 (a) 6 Ω

(b) 2 V, 4 V, 6 V

3.4 (a) (20/19) Ω

(b) 10A, 5 A, 4A; 19A

3.5 1027 °C

3.6 2.0×10^{-7} Ωm

3.7 0.0039 $°C^{-1}$

3.8 867 °C

3.9 ਸ਼ਾਖਾ AB ਵਿੱਚ ਕਰੰਟ = (4/17) A;

ਸ਼ਾਖਾ AD ਵਿੱਚ ਕਰੰਟ = (6/17) A;

ਸ਼ਾਖਾ BC ਵਿੱਚ ਕਰੰਟ = (6/17) A;

ਸ਼ਾਖਾ BD ਵਿੱਚ ਕਰੰਟ = (–2/17) A;

ਸ਼ਾਖਾ CD ਵਿੱਚ ਕਰੰਟ = (–4/17) A; ਅਤੇ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ ਕੁੱਲ ਕਰੰਟ = (10/17) A.

3.10 (a) $X = 8.2$ Ω; ਕੁਨੈਕਸ਼ਨ ਦੇ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ ਨੂੰ ਘੱਟੋ ਘੱਟ ਕਰਨ ਲਈ, ਜਿਸਦੀ ਗਣਨਾ ਬ੍ਰਿਜ ਸੂਤਰ ਵਿੱਚ ਨਹੀਂ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ।

(b) A ਤੋਂ 60.5 cm ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ

(c) ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਕੋਈ ਕਰੰਟ ਨਹੀਂ ਦਰਸਾਏਗਾ।

3.11 11.5 V ਲੜੀਵੱਧ ਢੰਗ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧਕ ਬਾਹਰੀ ਸ੍ਰੋਤ ਤੋਂ ਲਏ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ਸੀਮਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸਦੀ ਗੈਰ ਹਾਜ਼ਰੀ ਵਿੱਚ ਕਰੰਟ ਖਤਰਨਾਕ ਢੰਗ ਨਾਲ ਵੱਧ ਜਾਵੇਗੀ।

3.12 2.25 V

3.13 2.7×10^4 s (7.5 h)

3.14 ਧਰਤੀ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ 6.37×10^6 m ਲਓ ਅਤੇ ਧਰਤੀ ਦਾ ਕੁੱਲ ਚਾਰਜ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰੋ। ਸਮਾਂ = 283 s ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ ਕਰੰਟ ਨਾਲ ਇਸ ਨੂੰ ਭਾਗ ਕਰੋ। ਹੁਣ ਵੀ ਇਹ ਵਿਧੀ ਤੁਹਾਨੂੰ ਸਿਰਫ ਅਨੁਮਾਨ ਹੀ ਦੱਸੇਗੀ। ਇਹ ਪੂਰਣ ਤੌਰ ਤੇ ਸਹੀ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਕਿਉਂ?

3.15 (a) 1.4 A, 11.9 V

(b) 0.005 A; ਅਸੰਭਵ, ਕਿਉਂਕਿ ਮੋਟਰ ਸਟਾਰਟਰ ਨੂੰ ਕੁਝ ਸਕਿੰਡਾ ਦੇ ਲਈ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਕਰੰਟ (~ 100 A) ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

3.16 ਕਾਪਰ ਦਾ ਐਲੂਮੀਨੀਅਮ ਦੇ ਪੁੰਜ (ਜਾਂ ਭਾਰ) ਨਾਲ ਅਨੁਪਾਤ $(1.72/2.63) \times (8.9/2.7) \cong 2.2$। ਕਿਉਂਕਿ ਐਲੂਮੀਨੀਅਮ ਹਲਕਾ ਹੈ, ਇਸਲਈ ਵੱਧ ਉਚਾਈ ਤੇ ਲੱਗੇ ਕੇਬਲਾਂ ਦੇ ਲਈ ਇਸ ਨੂੰ ਵੱਧ ਪਸੰਦ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

3.17 ਓਹਮ ਦਾ ਨਿਯਮ ਉੱਚ ਯਥਾਰਥਤਾ ਤੱਕ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਮਿਸ਼ਰਤ ਧਾਤ ਮੈਂਗਨੀਨ ਦੀ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧਕਤਾ ਤਾਪਮਾਨ ਦੇ ਬਦਲਣ ਨਾਲ ਲਗਭਗ ਅਪ੍ਰਭਾਵੀ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ।

3.18 (a) ਸਿਰਫ ਕਰੰਟ (ਕਿਉਂਕਿ ਇਹ ਸਥਾਈ ਹੈ, ਅਜਿਹਾ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ) ਹੋਰ ਸਾਰੀਆਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਦੇ ਖੇਤਰਫਲ ਦੇ ਉਲਟ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹਨ।

(b) ਨਹੀਂ, ਨਾਨ-ਓਹਮੀ ਐਲੀਮੈਂਟ ਦੇ ਉਦਾਹਰਨ : ਨਿਰਵਾਤ ਡਾਇਓਡ, ਅਰਧਚਾਲਕ ਡਾਇਓਡ।

(c) ਕਿਉਂਕਿ ਸ੍ਰੋਤ ਤੋਂ ਲਿਆ ਗਿਆ ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ ਕਰੰਟ = ε/r

(d) ਜੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਨਹੀਂ ਹੈ ਅਤੇ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ (ਦੁਰਘਟਨਾਵਸ਼) ਸ਼ਾਰਟ ਸਰਕਟ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਲਿਆ ਗਿਆ ਕਰੰਟ ਸੁਰਖਿਆ ਸੀਮਾ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ।

3.19 (a) ਵੱਧ (b) ਘੱਟ (c) ਲਗਭਗ ਅਪ੍ਰਭਾਵੀ ਰਹੇਗਾ (d) 10^{22}.

3.20 (a) (i) ਲੜੀਵਧ ਢੰਗ (ii) ਸਾਰੇ ਸਮਾਂਤਰ ਵੱਧ ਢੰਗ ਵਿਚ; n^2.

(b) (i) 1 Ω ਅਤੇ 2 Ω ਨੂੰ ਸਮਾਂਤਰ ਵਿੱਚ ਅਤੇ ਇਸ ਸੰਯੋਜਨ ਨੂੰ 3Ω ਨਾਲ ਲੜੀਵੱਧ ਵਿੱਚ ਜੋੜੋ। (ii) 2 Ω ਅਤੇ 3 Ω ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਸੰਯੋਜਨ ਨੂੰ 1 Ω, ਦੇ ਨਾਲ ਲੜੀਵੱਧ ਵਿਚ ਜੋੜੋ (iii) ਸਾਰੇ ਲੜੀਵੱਧ (iv) ਸਾਰੇ ਸਮਾਂਤਰ

(c) (i) (16/3) Ω, (ii) 5 R.

3.21 *ਸੰਕੇਤ :* ਮੰਨ ਲਓ ਕਿ ਅਨੰਤ ਨੈਟਵਰਕ ਦਾ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ X ਹੈ। ਸਾਫ ਹੈ $2 + X/(X+1) = X$ ਜਿਸ ਅਨੁਸਾਰ $X = (1 + \sqrt{3})\ \Omega$ ਇਸਲਈ ਕਰੰਟ = 3.7 A ਹੈ।

3.22 (a) $\varepsilon = 1.25$ V.

(b) ਜਦੋਂ ਚਲ-ਸੰਪਰਕ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਦੂਰ ਹੈ ਤਾਂ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਘੱਟ ਕਰਨ ਲਈ।

(c) ਨਹੀਂ

(d) ਨਹੀਂ, ਜੇ ਪ੍ਰਟੈਂਸ਼ੀਮੀਟਰ ਦੇ ਚਾਲਕ ਸੈਲ ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ε ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਤਾਰ AB ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ।

(e) ਸਰਕਟ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਰੂਪ ਵਿਚ ਢੁਕਵਾਂ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ, ਕਿਉਂਕਿ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ (ਜਦੋਂ ε ਕੁਝ mV ਦੇ ਆਰਡਰ ਦਾ) ਸਿਰੇ A ਦੇ ਕਾਫੀ ਨੇੜੇ ਹੋਵੇਗਾ ਅਤੇ ਮਾਪਨ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤਿਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਹੋਵੇਗੀ। ਤਾਰ AB ਦੇ ਲੜੀਵੱਧ ਵਿੱਚ ਢੁਕਵਾਂ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ R ਨੂੰ ਜੋੜ ਕੇ ਸਰਕਟ ਨੂੰ ਰੂਪਾਂਤਰਿਤ ਕਰ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਜਿਸ ਨਾਲ ਕਿ AB ਦੇ ਆਰ ਪਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਡ੍ਰਾਪ, ਮਾਪਿਤ ਬਿਜਲੀਵਾਹਕ ਬਲ ਤੋਂ ਸਿਰਫ ਥੋੜਾ ਜਿਹਾ ਹੀ ਵੱਧ ਹੋਵੇਗਾ। ਤਦ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ ਤਾਰ ਦੀ ਹੋਰ ਵੱਧ ਲੰਬਾਈ ਤੇ ਹੋਵੇਗਾ ਅਤੇ ਪ੍ਰਤਿਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੋਵੇਗੀ।

3.23 1.7 Ω

ਪਾਠ 4

4.1 $\pi \times 10^{-4}$ T $\simeq 3.1 \times 10^{-4}$ T

4.2 3.5×10^{-5} T

4.3 4×10^{-6} T, ਖੜੇਵਾਅ : ਉਪਰ ਵਲ

4.4 1.2×10^{-5} T, ਦੱਖਣ ਵਲ

4.5 0.6 N m^{-1}

4.6 8.1×10^{-2} N; ਬਲ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਫਲੇਮਿੰਗ ਦੇ ਖੱਬੇ ਹੱਥ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

4.7 2×10^{-5} N; ਆਕਰਸ਼ਨ ਬਲ, A ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ B ਵਲ।

4.8 $8\pi \times 10^{-3}$ T $\simeq 2.5 \times 10^{-2}$ T

4.9 0.96 N m

4.10 (a) 1.4, (b) 1

4.11 4.2 cm

4.12 18 MHz

4.13 (a) 3.1 Nm, (b) ਨਹੀਂ, ਉੱਤਰ ਨਹੀਂ ਬਦਲਦਾ ਕਿਉਂਕਿ ਸੂਤਰ ($\boldsymbol{\tau} = NI\mathbf{A} \times \mathbf{B}$) ਕਿਸੇ ਵੀ ਅਕਾਰ ਦੇ ਸਮਤਲ ਲੂਪ ਲਈ ਸਹੀ ਹੈ।

4.14 $5\pi \times 10^{-4}$ T $= 1.6 \times 10^{-3}$ T ਪੱਛਮ ਵਲ

4.15 ਲੰਬਾਈ ਲਗਭਗ 50 cm, ਅਰਧਵਿਆਸ ਲਗਭਗ 4 cm, ਫੇਰਿਆਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ ਲਗਭਗ 400, ਕਰੰਟ ਲਗਭਗ 10 A। ਇਹ ਵਿਵਰਣ ਇੱਕ ਮਾਤਰ ਮਾਨ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਕੁਝ ਸੀਮਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਸਮਾਯੋਜਨ ਸੰਭਵ ਹੈ।

4.16 (b) ਕੁੰਡਲੀਆਂ ਦੇ ਵਿਚ ਮੱਧ ਬਿੰਦੂ ਦੇ ਆਸ ਪਾਸ $2d$ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਇੱਕ ਛੋਟੇ ਜਿਹੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ

$$B = \frac{\mu_0 IR^2N}{2} \times \left[\left\{\left(\frac{R}{2}+d\right)^2 + R^2\right\}^{-3/2} + \left\{\left(\frac{R}{2}-d\right)^2 + R^2\right\}^{-3/2}\right]$$

$$\simeq \frac{\mu_0 IR^2N}{2} \times \left(\frac{5R^2}{4}\right)^{-3/2} \times \left[\left(1+\frac{4d}{5R}\right)^{-3/2} + \left(1-\frac{4d}{5R}\right)^{-3/2}\right]$$

$$\simeq \frac{\mu_0 IR^2N}{2R^3} \times \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \times \left[1-\frac{6d}{5R}+1+\frac{6d}{5R}\right]$$

ਉਪਰ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਦੂਸਰੇ ਅਤੇ ਤੀਸਰੇ ਚਰਨ ਵਿੱਚ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ d^2/R^2 ਜਾਂ d/R ਦੀਆਂ ਵੱਡੀਆਂ ਘਾਤਾਂ ਸ਼ਾਮਿਲ ਸਨ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਛੱਡ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ (ਕਿਉਂਕਿ $\frac{d}{R} << 1$) ਜੋ ਪਦ d/R ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਰੇਖੀ ਹੈ, ਕੈਂਸਲ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ ਇੱਕ ਛੋਟੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਬਰਾਬਰ ਖੇਤਰ B ਹੋਵੇਗਾ।

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{\mu_0 IN}{R} = 0.72\frac{\mu_0 IN}{R}$$

4.17 *ਸੰਕੇਤ :* ਟੋਰਾਈਡ ਦੇ ਲਈ B ਦਾ ਸੂਤਰ ਉਹੀ ਹੈ ਜੋ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਲਈ $B = \mu_0\, nI$। ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਅਨੁਸਾਰ $n = \frac{N}{2\pi r}$ । ਖੇਤਰ ਸਿਰਫ ਘੇਰਿਆਂ ਨਾਲ ਘਿਰੇ ਹੋਏ ਕੋਰ ਦੇ ਅੰਦਰ ਜ਼ੀਰੋ ਨਹੀਂ ਹੈ। (a) ਜ਼ੀਰੋ (b) 3.0×10^{-2} T ਅਤੇ (c) ਜ਼ੀਰੋ। ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕਿ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਟੋਰਾਈਡ ਦੀ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਤੇ ਅੰਦਰ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਆਉਣ ਤੇ ਥੋੜਾ ਪਰਿਵਰਤਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ r ਦਾ ਮਾਨ ਬਦਲਦਾ ਹੈ। ਉੱਤਰ (b) ਔਸਤ ਅਰਧ ਵਿਆਸ r = 25.5 cm ਦੇ ਸੰਗਤ ਮਾਨ ਹੈ।

4.18 (a) ਅਰੰਭਿਕ ਵੇਗ $\mathbf{v}$ ਜਾਂ ਤਾਂ $\mathbf{B}$ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਹੋ ਜਾਂ ਪ੍ਰਤਿਸਮਾਂਤਰ।

(b) ਹਾਂ, ਕਿਉਂਕਿ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ $\mathbf{v}$ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਤਾਂ ਬਦਲ ਸਕਦਾ ਹੈ ਇਸਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਨਹੀਂ ਬਦਲ ਸਕਦਾ।

(c) $\mathbf{B}$ ਨੂੰ ਖੜੇਦਾਅ ਹੇਠਾਂ ਵਲ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ।

4.19 (a) $\mathbf{B}$ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ 1.0 mm ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦਾ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਰਸਤਾ।

(b) 0.5 mm ਦਾ ਕੁੰਡਲੀਵਾਰ ਰਸਤਾ (helical trajectory) 2.3×10^7 m s^{-1} ਦਾ ਵੇਗ ਦਾ ਘਟਕ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹਵੇ।

4.20 ਡਿਊਟੀਰੀਅਮ ਆਇਨਾਂ ਜਾਂ ਡਿਊਟਰਾਨਸ-ਉੱਤਰ ਇਕੱਲਾ ਨਹੀਂ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਸਿਰਫ ਕਣ ਦੇ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਪੁੰਜ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਹੀ ਗਿਆਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਹੋਰ ਸੰਭਾਵਿਤ ਉੱਤਰ He^{++}, Li^{+++} ਆਦਿ ਹਨ।

4.21 (a) ਇੱਕ ਖਿਤਿਜੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਜਿਸਦਾ ਪਰਿਮਾਣ 0.26 T ਹੈ ਅਤੇ ਜੋ ਚਾਲਕ ਦੇ ਲੰਬ ਰੂਪ ਇਸ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਲਗਿਆ ਹੈ ਕਿ ਫਲੇਮਿੰਗ ਦਾ ਖੱਬੇ ਹੱਥ ਦਾ ਨਿਯਮ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਖੜੇਦਾਅ ਉਪਰ ਬਲ ਦੱਸੇ।

(b) 1.176 N.

4.22 $1.2\ \mathrm{N\ m^{-1}}$; ਅਪਕਰਸ਼ਨ ਬਲ। ਟਿੱਪਣੀ : ਤਾਰ ਤੇ ਕੁੱਲ ਬਲ $1.2 \times 0.7 = 0.84$ N ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨਾ ਸਿਰਫ ਲਗਭਗ ਠੀਕ ਹੈ; ਕਿਉਂਕਿ ਸੂਤਰ $F = \dfrac{\mu_0}{2\pi r} I_1 I_2$ ਜੋ ਪ੍ਰਤਿ ਇਕਾਈ ਲੰਬਾਈ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਬਲ ਦੇ ਲਈ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ, ਸਿਰਫ ਅਨੰਤ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਚਾਲਕਾਂ ਲਈ ਹੀ ਮੰਨਣਯੋਗ ਹੈ।

4.23 (a) 2.1 N ਖੜੇਦਾਅ ਹੇਠਾਂ ਵਲ।

(b) 2.1 N ਖੜੇਦਾਅ ਹੇਠਾਂ ਵਲ (ਕਰੰਟ ਅਤੇ **B** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਵੀ ਕੋਣ ਦੇ ਲਈ ਸੱਚ $l \sin\theta$ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੈ = 20 cm)

(c) 1.68 N ਖੜੇਦਾਅ ਹੇਠਾਂ ਵਲ

4.24 ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰੋ $\boldsymbol{\tau} = I\mathbf{A} \times \mathbf{B}$ ਅਤੇ $\mathbf{F} = I(\mathbf{l} \times \mathbf{B})$

(a) 1.8×10^{-2} N m, $-y$ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ

(b) ਓਹੀ ਜੋ (a) ਵਿੱਚ ਹੈ।

(c) 1.8×10^{-2} N m, $-x$ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ

(d) 1.8×10^{-2} N m, $+x$ ਦਿਸ਼ਾ ਨਾਲ 240° ਦਾ ਕੋਣ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹੋਏ।

(e) ਜ਼ੀਰੋ

(f) ਜ਼ੀਰੋ

ਬਲ ਹਰੇਕ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ। ਸਥਿਤੀ (e) ਸਥਾਈ ਸੰਤੁਲਨ ਅਤੇ ਸਥਿਤੀ (f) ਅਸਥਾਈ ਸੰਤੁਲਨ ਹੈ।

4.25 (a) ਜ਼ੀਰੋ (b) ਜ਼ੀਰੋ (c) ਹਰੇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਤੇ ਬਲ ਹੈ $evB = IB/(nA) = 5 \times 10^{-25}$ N ਟਿੱਪਣੀ : ਉੱਤਰ (c) ਸਿਰਫ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਸੂਚਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ।

4.26 108 A

4.27 ਲੜੀਵੱਧ ਵਿਚ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ = 5988 Ω

4.28 ਸ਼ੰਟ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ = 10 mΩ

ਪਾਠ 5

5.1 (a) ਚੁੰਬਕੀ ਡਿਕਲੀਨੇਸ਼ਨ, ਡਿਪ ਕੋਣ, ਧਰਤੀ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਖਿਤਿਜੀ ਘਟਕ।

(b) ਬ੍ਰਿਟੇਨ ਵਿੱਚ ਵੱਧ ਹੈ (ਲਗਭਗ 70°), ਕਿਉਂਕਿ ਬ੍ਰਿਟੇਨ ਚੁੰਬਕੀ ਦੱਖਣੀ ਧਰੁਵ ਦੇ ਨੇੜੇ ਹੈ।

(c) ਧਰਤੀ ਦੀਆਂ ਚੁੰਬਕੀ ਰੇਖਾਵਾਂ **B** ਸਤਹਿ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਆਉਂਦੀ ਹੋਈ ਪ੍ਰਤੀਤ ਹੋਵੇਗੀ।

(d) ਚੁੰਬਕੀ ਸੂਈ ਖਿਤਿਜੀ ਤਲ ਵਿੱਚ ਘੁੰਮਣ ਦੇ ਲਈ ਸੁਤੰਤਰ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਧਰਤੀ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਚੁੰਬਕੀ ਧਰੁਵਾਂ ਤੇ ਠੀਕ ਖੜੇਦਾਅ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਇੱਥੇ ਸੂਈ ਕਿਸੇ ਵੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਸੰਕੇਤ ਕਰ ਸਕਦੀ ਹੈ।

(e) **m** ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਵਾਲੇ ਦੋ ਧਰੁਵੀ ਦੇ ਲੰਬ ਸਮਦੋਭਾਜਕ ਤੇ ਖੇਤਰ **B** ਦੇ ਲਈ ਸੂਤਰ

$\mathbf{B}_A = -\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{\mathbf{m}}{r^3}$ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰੋ।

$m = 8 \times 10^{22}\ \mathrm{J\ T^{-1}}$, $r = 6.4 \times 10^6$ m ਰੱਖਣ ਤੇ ਤੁਹਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਵੇਗਾ B=0.3G ਜੋ ਧਰਤੀ ਤੇ ਪ੍ਰੇਖਿਤ ਖੇਤਰ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਦੇ ਆਰਡਰ ਦਾ ਹੈ।

(f) ਕਿਉਂ ਨਹੀਂ? ਧਰਤੀ ਦਾ ਖੇਤਰ, ਸਿਰਫ ਦੋ ਧਰੁਵੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲਗਭਗ ਹੈ। ਸਥਾਨਿਕ N-S ਧਰੁਵ ਪੈਦਾ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ, ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਚੁੰਬਕੀ ਖਣਿਜ ਭੰਡਾਰਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ।

5.2 (a) ਹਾਂ, ਇਹ ਸਮੇਂ ਨਾਲ ਬਦਲਦਾ ਹੈ। ਸਾਫ਼ ਦਿਖਾਈ ਦੇਣ ਵਾਲੇ ਅੰਤਰ ਦੇ ਲਈ ਸਮਾਂ-ਅੰਤਰਾਲ ਕੁਝ ਸੌ ਸਾਲ ਹੈ। ਪਰ ਕੁਝ ਸਾਲ ਦੇ ਛੋਟੇ ਪੈਮਾਨੇ ਤੇ ਵੀ ਇਸ ਵਿੱਚ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਪਰਿਵਰਤਨ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਉਪੇਖਣੀ ਨਹੀਂ ਹਨ।

(b) ਕਿਉਂਕਿ ਪਿਘਲਿਆ ਹੋਇਆ ਲੋਹਾ (ਜੋ ਕਿ ਕੋਰ ਦੇ ਉੱਚ ਤਾਪ ਤੇ ਲੋਹੇ ਦਾ ਫੇਜ਼ ਹੈ) ਲੋਹ ਚੁੰਬਕੀ ਨਹੀਂ ਹੈ।

(c) ਇੱਕ ਸੰਭਾਵਨਾ ਧਰਤੀ ਦੇ ਅੰਦਰ ਰੇਡੀਓ ਕਿਰਿਆਸ਼ੀਲਤਾ ਹੈ। ਪਰ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਜਾਣਕਾਰੀ ਕਿਸੇ ਨੂੰ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਨੂੰ ਇੱਕ ਉਚਿਤ ਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀਕੋਣ ਬਣਾਉਣ ਲਈ ਤੁਹਾਨੂੰ ਭੂਮੀ-ਚੁੰਬਕਤਾ ਤੇ ਕੋਈ ਚੰਗੀ ਆਧੁਨਿਕ ਪਾਠ ਪੁਸਤਕ ਪੜ੍ਹਨੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ।

(d) ਕੁਝ ਚਟਾਨਾਂ ਜਦੋਂ ਠੋਸ ਰੂਪ ਗ੍ਰਹਣ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ ਤਾਂ ਧਰਤੀ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਇੱਕ ਧੁੰਧਲਾ ਜਿਹਾ ਅਭਿਲੇਖਣ ਉਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਚਟਾਨਾਂ ਵਿੱਚ ਲੁਕੀ ਇਹਨਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਅਭਿਲੇਖਣਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਨ ਨਾਲ ਅਸੀਂ ਭੂ-ਚੁੰਬਕੀ ਇਤਿਹਾਸ ਸੰਬੰਧੀ ਸਿੱਟਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

(e) ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਦੂਰੀ ਤੇ (ਧਰਤੀ ਦੇ ਆਇਨਮੰਡਲ ਵਿੱਚ) ਆਇਨਾਂ ਦੀ ਗਤੀ ਦੇ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਧਰਤੀ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਬਦਲਾਵ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਆਇਮੰਡਲ ਭੂ-ਬਾਹਰੀ ਵਿਚਲਨਾਂ, ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਸੋਲਰ ਪੌਣ ਆਦਿ ਦੇ ਪ੍ਰਤਿ ਬਹੁਤ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲ ਹੈ।

(f) ਵਿਅੰਜਕ $R=\dfrac{mv}{eB}$ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ, ਇਕ ਬਹੁਤ ਹੀ ਖੀਣ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਬਹੁਤ ਵੱਡੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵਾਲੇ ਚੱਕਰ ਅਕਾਰ ਦੀ ਕਕਸ਼ਾ ਤੇ ਲੈ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਘੱਟ ਦੂਰੀ ਦੇ ਲਈ, ਇੰਨੀ ਵੱਡੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵਾਲੇ ਚੱਕਰੀ ਕਕਸ਼ਾ ਦੇ ਲਈ ਵਿਖੇਪਣ ਸੰਭਵ ਹੈ ਕਿ ਧਿਆਨ ਦੇਣ ਯੋਗ ਨਾ ਹੋਵੇ, ਪਰ ਅਤਿ ਵਿਸ਼ਾਲ ਅੰਤਰ ਤਾਰਕੀ ਦੂਰੀਆਂ ਲਈ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ (ਜਿਵੇਂ-ਕਾਸਮਿਕ ਕਿਰਨਾਂ) ਦੇ ਰਸਤੇ ਨੂੰ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਢੰਗ ਨਾਲ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ।

5.3 0.36 J/T

5.4 (a) **m**, **B** ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਹੈ। $U = -mB = -4.8 \times 10^{-2}$ J; ਸਥਾਈ।

(b) **m**, **B** ਦੇ ਪ੍ਰਤਿਸਮਾਂਤਰ ਹੈ। $U = +mB = +4.8 \times 10^{-2}$ J; ਅਸਥਾਈ

5.5 0.60 JT^{-1} ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ, ਕਰੰਟ ਵਗਣ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਤੇ ਨਿਰਭਰ।

5.6 7.5×10^{-2} J

5.7 (a) (i) 0.33 J (ii) 0.66 J

(b) (i) 0.33 J ਪਰਿਮਾਣ ਦਾ ਟਾਰਕ ਜੋ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਸਦਿਸ਼ ਨੂੰ **B** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਲਿਆਉਣ ਦੀ ਪ੍ਰਵਿਰਤੀ ਰੱਖਦਾ ਹੈ। (ii) ਜ਼ੀਰੋ।

5.8 (a) 1.28 A m^2 ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ, ਕਰੰਟ ਵਗਣ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਤੇ ਨਿਰਭਰ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਦੇ ਪੇਚ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਪਤਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

(b) ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ; ਟਾਰਕ = 0.048 Nm ਜਿਸਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਅਜਿਹੀ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਸੋਲੇਨਾਈਡ ਦੇ ਧੁਰੇ ਨੂੰ (ਅਰਥਾਤ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ ਸਦਿਸ਼ ਨੂੰ) **B** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਲਿਆਉਣ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕਰਦਾ ਹੈ।

5.9 $\mathscr{I} = mB/(4\pi^2\nu^2)$; $m = NIA$ ਨੂੰ ਵਰਤ ਕੇ $\mathscr{I} = 1.2\times10^{-4}$ kg m^2.

5.10 B = 0.35 sec 22° □ 0.38 G.

5.11 ਧਰਤੀ ਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਭੂਗੋਲਿਕ ਮਰੀਡੀਅਨ ਤੋਂ ਪੱਛਮ ਵਲ 12° ਦਾ ਕੋਣ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹੋਏ ਇਕ ਖੜੇਦਾਅ ਤਲ ਵਿੱਚ, ਖਿਤਿਜ (ਚੁੰਬਕੀ ਦੱਖਣ ਤੋਂ ਚੁੰਬਕੀ ਉੱਤਰ ਵਲ) ਤੋਂ ਉਪਰ ਵਲ 60° ਦਾ ਕੋਣ ਬਣਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਪਰਿਮਾਣ 0.32 G ਹੈ।

5.12 (a) 0.96 G, S-N ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ

(b) 0.48 G, N-S ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ

5.13 0.54 G ਧਰਤੀ ਦੀ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ

5.14 $14 \times 10^{-1/3} = 11.1$ cm ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ ਲੰਬ ਸਮਦੋਭਾਜਕ ਤੇ।

5.15 (a) $(\mu_0 m)/(4\pi r^3) = 0.42\times10^{-4}$ ਜਿਸ ਤੋਂ $r = 5.0$ cm ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

(b) $(2\mu_0 m)/(4\pi r_1^{\ 3}) = 0.42\times10^{-4}$ ਜਾਂ, $r_1 = 2^{1/3}\ r = 6.3$ cm.

5.16 (a) ਨਿਮਨ ਤਾਪਮਾਨ ਤੇ, ਜਿਸ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਵੀ ਤਾਪੀ ਗਤੀ ਘੱਟ ਹੋਣ ਦੇ ਕਾਰਨ ਦੋ ਧਰੁਵਾਂ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਸਮਾਯੋਜਨ ਨੂੰ ਭੰਗ ਕਰਨ ਵਾਲੀ ਪ੍ਰਵਿਰਤੀ ਘੱਟ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

(b) ਪ੍ਰਤਿਚੁੰਬਕੀ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਨਮੂਨੇ ਵਿੱਚ, ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਚੁੰਬਕੀ ਮੋਮੈਂਟ, ਸਦਾ ਚੁੰਬਕਕਾਰੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਬੇਸ਼ਕ ਇਸਦੇ ਅੰਦਰ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਗਤੀ ਕਿਹੋ ਜਿਹੀ ਵੀ ਹੋਵੇ।

(c) ਥੋੜਾ ਜਿਹਾ ਘੱਟ, ਕਿਉਂਕਿ ਬਿਸਮਥ ਪ੍ਰਤਿਚੁੰਬਕੀ ਪਦਾਰਥ ਹੈ।

(d) ਨਹੀਂ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਚੁੰਬਕਣ ਵਕ੍ਰ ਤੋਂ ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ। ਚੁੰਬਕਣ ਵਕ੍ਰ ਦੇ ਢਲਾਨ ਤੋਂ ਇਹ ਵੀ ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਨਿਮਨ ਸ਼ਕਤੀ ਵਾਲੇ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਲਈ μ ਦਾ ਮਾਨ ਵੱਧ ਹੈ।

(e) (ਬਹੁਤ ਵਿਵਹਾਰਕ ਵਰਤੋਂ ਵਾਲੇ) ਇਸ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਤੱਥ ਦਾ ਪ੍ਰਮਾਣ, ਦੋ ਮਾਧਿਅਮਾਂ ਨੂੰ ਵੱਖ ਕਰਨ ਵਾਲੀ ਸਾਂਝੀ ਸਤਹਿ ਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ (**B** ਅਤੇ **H**) ਦੀ ਸੀਮਾ ਸ਼ਰਤਾਂ ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਇੱਕ ਮਾਧਿਅਮ ਲਈ $\mu >> 1$, ਤਾਂ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਇਸ ਮਾਧਿਅਮ ਤੇ ਲੰਬਰੂਪ ਮਿਲਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਸ ਤੋਂ ਵੱਧ ਵਿਸਤਾਰਿਤ ਵਿਆਖਿਆ ਇਸ ਪੁਸਤਕ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ-ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਹੈ।

(f) ਹਾਂ। ਦੋ ਵੱਖ ਪਦਾਰਥਾਂ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦੋ ਧਰੁਵਾਂ ਦੀ ਸ਼ਕਤੀ ਵਿੱਚ ਥੋੜੇ ਜਿਹੇ ਅੰਤਰ ਦੀ ਗਲ ਛੱਡ ਦੇਈਏ, ਤਾਂ ਸੰਤ੍ਰਿਪਤ ਚੁੰਬਕਣ ਦੀ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਪੈਰਾਮੈਗਨੇਟਿਕ ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਚੁੰਬਕਣ ਉਸੇ ਆਰਡਰ ਦਾ ਹੋਵੇਗਾ। ਪਰ, ਸੱਚ ਗਲ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਸੰਤ੍ਰਿਪਤ ਚੁੰਬਕਣ ਦੇ ਲਈ, ਗੈਰ ਵਿਵਹਾਰਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਉੱਚ ਚੁੰਬਕਕਾਰੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੀ ਲੋੜ ਹੋਵੇਗੀ।

5.17 (b) ਕਾਰਬਨ ਸਟੀਲ ਦਾ ਟੁਕੜਾ। ਕਿਉਂਕਿ ਪ੍ਰਤੀ ਚੱਕਰ ਪੈਦਾ ਹਿਸਟੀਰਿਸੀਸ ਲੂਪ ਦੇ ਖੇਤਰਫਲ ਦੇ ਸਿੱਧਾ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ।

(c) ਕਿਸੇ ਲੋਹ ਚੁੰਬਕ (ਫੈਰੋਮੈਗਨੇਟ) ਦਾ ਚੁੰਬਕਣ ਚੁੰਬਕਾਰੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਇਕੋ ਮਾਨ ਵਾਲਾ ਫਲਨ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇੱਕ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲਈ ਇਸਦਾ ਮਾਨ ਚੁੰਬਕਣ ਦੇ ਇਤਿਹਾਸ ਤੇ ਵੀ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ (ਅਰਥਾਤ ਕਿੰਨੇ ਚੁੰਬਕਣ ਚੱਕਰਾਂ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘ ਚੁੱਕਾ ਹੈ, ਆਦਿ)। ਦੂਸਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਕਹੀਏ ਤਾਂ ਚੁੰਬਕਨ ਦਾ ਮਾਨ, ਚੁੰਬਕਣ ਚੱਕਰਾਂ ਦੀ ਯਾਦ ਦਾ ਅਭਿਲੇਖ ਹੈ। ਜੇ ਹਰ ਚੱਕਰ ਨੂੰ ਸੂਚਨਾ ਬਿਟ (information bits) ਦੇ ਸੰਗਤ ਬਣਾ ਦੇਈਏ ਤਾਂ ਹਿਸਟਿਰਿਸਸ ਲੂਪ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਨ ਵਾਲੀ ਵਿਵਸਥਾ ਸੂਚਨਾ ਸੰਗ੍ਰਹਿ ਕਰਨ ਵਾਲੀ ਯੁਕਤੀ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਾਰਜ ਕਰੇਗੀ।

(d) ਸਿਰੇਮਿਕ (ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਰੂਪ ਨਾਲ ਤਿਆਰ ਬੇਰੀਅਮ ਲੋਹ ਆਕਸਾਈਡ) ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਫੈਰਾਈਟਸ ਵੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

(e) ਉਸ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਨਰਮ ਲੋਹੇ ਦੇ ਛੱਲਿਆਂ ਨਾਲ ਘੇਰ ਕੇ। ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਛੱਲਿਆਂ ਵਿਚ ਸਮਾ ਜਾਣਗੀਆਂ ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਨਾਲ ਘਿਰਿਆ ਹੋਇਆ ਖੇਤਰ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਮੁਕਤ ਰਹੇਗਾ। ਪਰ ਇਹ ਲਗਭਗ ਸੁਰਖਿਅਤ ਹੀ ਹੋਵੇਗਾ। ਉਂਝ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸੁਰਖਿਅਤ ਨਹੀਂ, ਜਿਵੇਂ ਕਿਸੇ ਕੈਵੀਟੀ ਨੂੰ ਇੱਕ ਚਾਲਕ ਨਾਲ ਘੇਰ ਕੇ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਸੁਰਖਿਅਤ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

5.18 ਕੇਬਲ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਉਪਰ ਵਲ 1.5 cm ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ।

5.19 $R_h = 0.39 \cos35^\circ - 0.2$

$= 0.12$ G

$R_v = 0.39 \sin35^\circ = 0.22$ G

$$R = \sqrt{R_h^{\ 2} + R_v^{\ 2}} = 0.25\text{G}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{R_v}{R_h} = 62^\circ$$

ਕੇਬਲ ਦੇ ਉਪਰ

$R_h = 0.39 \cos35^0 + 0.2$

$= 0.52$ G

$R_v = 0.224$ G

$R = 0.57$ G, $\theta \approx 23^0$

5.20 (a) $B_h = (\mu_0 IN/2r)\cos 45^\circ = 0.39\,G$

(b) ਪੂਰਵ ਤੋਂ ਪੱਛਮ ਅਰਥਾਤ ਸੂਈ ਆਪਣੀ ਮੂਲ ਦਿਸ਼ਾ ਨੂੰ ਉਲਟ ਲਵੇਗੀ।

5.21 ਦੂਸਰੇ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ

$$= \frac{1.2\times10^{-2}\times\sin15^\circ}{\sin45^\circ}$$

$$= 4.4\times10^{-3}\ T$$

5.22 $R = \dfrac{meV}{eB}$

$$= \frac{\sqrt{2m_e \times \text{ਗਤੀਜ ਊਰਜਾ}}}{eB}$$

$= 11.3$ m

ਉਪਰ ਜਾਂ ਹੇਠਾਂ ਵਿਖੇਪਣ $= R\,(1-\cos\theta)$ ਜਿਥੇ $\sin\theta = 0.3/11.3$. ਇਸ ਲਈ ਵਿਖੇਪਣ 4 mm ਹੈ।

5.23 ਸ਼ੁਰੂ ਵਿੱਚ, ਕੁੱਲ ਦੋ ਧਰੁਵੀ ਮੋਮੈਂਟ

$= 0.15 \times 1.5 \times 10^{-23} \times 2.0 \times 10^{24}$

$= 4.5\ J\ T^{-1}$

ਅੰਤਿਮ ਦੋ ਧਰੁਵੀ ਮੋਮੈਂਟ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ ਕਿਊਰੀ ਦੇ ਨਿਯਮ $m \propto B/T$ ਤੋਂ

$= 4.5 \times (0.98/0.84) \times (4.2/2.8)$

$= 7.9\ J\ T^{-1}$

5.24 $B = \dfrac{\mu_r \mu_0 NI}{2\pi R}$ ਜਿਥੇ μ_r (ਸਾਪੇਖੀ ਚੁੰਬਕਸ਼ੀਲਤਾ) ਸੂਤਰ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਵੇਗਾ।

$B = 4.48$ T.

5.25 ਦੋਨਾਂ ਵਿੱਚ ਇਹ ਸੰਬੰਧ $\mu_l = -(e/2m)\,\boldsymbol{l}$ ਕਲਾਸੀਕਲ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹੈ। ਇਹ μ_l ਅਤੇ $\boldsymbol{l}$ ਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਵਰਤ ਕੇ ਸੌਖਿਆਂ ਵਿਉਤਪੰਨ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ

$$\mu_l = IA = (e/T)\pi r^2$$

$$l = mvr = m\frac{2\pi r^2}{T}$$

ਜਿਥੇ r ਚੱਕਰਅਕਾਰ ਕਕਸ਼ਾ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਹੈ ਜਿਸ ਤੇ m ਪੁੰਜ ਅਤੇ $(-e)$ ਚਾਰਜ ਵਾਲਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ T ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਪਰਕਰਮਾ ਪੂਰੀ ਕਰਦਾ ਹੈ ਸਾਫ਼ ਹੈ $\mu_l/l = e/2m$.

ਕਿਉਂਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਤੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਹੈ, μ ਅਤੇ $\boldsymbol{l}$ ਪ੍ਰਤਿਸਮਾਂਤਰ ਹਨ ਅਤੇ ਦੋਨਾਂ ਆਰਬਿਟਾਂ ਦੇ ਤਲ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੈ। ਇਸਲਈ $\mu_l = -(e/2m)\boldsymbol{l}$.

ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕਿ μ_l/l ਦੇ ਉਲਟ μ_s/S ਦਾ ਮਾਨ e/m ਹੈ ਅਰਥਾਤ ਕਲਾਸੀਕਲ ਅਧਾਰ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਮਾਨ ਦਾ ਦੋਗੁਣਾ। ਇਹ ਬਾਦ ਵਾਲਾ ਸਿੱਟਾ (ਜਿਸਦੀ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੁਆਰਾ ਪੁਸ਼ਟੀ ਹੋ ਚੁੱਕੀ ਹੈ) ਆਧੁਨਿਕ ਕਵਾਂਟਮ ਸਿਧਾਂਤ ਦੀ ਇਕ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਉਪਲਬਧੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਨੂੰ ਕਲਾਸੀਕਲ ਸਿਧਾਂਤਾ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਵਿਉਤਪੰਨ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ।

ਪਾਠ 6

6.1 (a) qrpq ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ

(b) prq ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ, yzx ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ

(c) yzx ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ

(d) zyx ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ

(e) xry ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ

(f) ਕੋਈ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਕਰੰਟ ਨਹੀਂ ਕਿਉਂਕਿ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਲੂਪ ਤਲ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤ ਹੈ।

6.2 (a) adcd ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ (ਅਕਾਰ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੇ ਸਮੇਂ ਸਤਹਿ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਣ ਵਾਲਾ ਫਲਕਸ ਵੱਧਦਾ ਹੈ, ਇਸਲਈ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਕਰੰਟ, ਨਿਰੋਧੀ ਫਲਕਸ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ)।

(b) a′d′c′b′ ਦੀ ਦਿਸਾ ਵਲ (ਇਸ ਮਾਮਲੇ ਵਿੱਚ ਫਲਕਸ ਘੱਟਦੀ ਹੈ)

6.3 7.5×10^{-6} V

6.4 (a) 2.4×10^{-4} V, ਜੋ 2 s ਤੱਕ ਬਣਿਆ ਰਹੇਗਾ।

(b) 0.6×10^{-4} V, ਜੋ 8 s ਤੱਕ ਬਣਿਆ ਰਹੇਗਾ।

6.5 100 V

6.6 ਲੂਪ ਦੇ ਹਰੇਕ ਫੇਰੇ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਣ ਵਾਲੀ ਫਲਕਸ $= \pi r^2 B \cos(\omega t)$

$\varepsilon = -N \omega \pi r^2 B \sin(\omega t)$

$\varepsilon_{\text{ਅਧਿਕਤਮ}} = -N \omega \pi r^2 B$

$= 20 \times 50 \times \pi \times 64 \times 10^{-4} \times 3.0 \times 10^{-2} = 0.603$ V

$_{\text{ਔਸਤ}}$ ਦਾ ਮਾਨ ਪੂਰਣ ਚੱਕਰ ਵਿੱਚ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ।

$_{\text{ਅਧਿਕਤਮ}} = 0.0603$ A

$$_{\text{ਔਸਤ}} = \frac{1}{2} \varepsilon_{\text{ ਅਧਿਕਤਮ}} I_{\text{ ਅਧਿਕਤਮ}} = 0.018\ W$$

ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਕਰੰਟ ਕੁੰਡਲੀ ਤੇ ਇੱਕ ਬਲ ਜੋੜਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ ਜੋ ਕੁੰਡਲੀ ਦੇ ਘੁੰਮਣ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਇੱਕ ਬਾਹਰੀ ਕਾਰਕ (ਰੋਟਰ) ਦੁਆਰਾ ਕੁੰਡਲੀ ਤੇ ਬਲ ਜੋੜਾ ਲਗਾਉਣਾ ਹੋਵੇਗਾ ਜੋ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਕਰੰਟ ਦੁਆਰਾ ਲਗੇ ਬਲ ਜੋੜੇ ਦੇ ਅਸਰ ਨੂੰ ਖਤਮ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਕੁੰਡਲੀ ਨੂੰ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਨਾਲ ਘੁਮਾਵੇ (ਅਰਥਾਤ ਕਾਰਜ ਕਰੇ)। ਇਸਲਈ ਉਹ ਸ਼ਕਤੀ ਜਿਸਦੀ ਕੁੰਡਲੀ ਵਿਚ ਥੈ ਤਾਪ ਉਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ ਉਸਦਾ ਸ੍ਰੋਤ ਬਾਹਰੀ ਕਾਰਕ ਰੋਟਰ ਹੈ।

6.7 (a) 1.5×10^{-3} V, (b) ਪੱਛਮ ਤੋਂ ਪੂਰਵ ਵਲ (c) ਪੂਰਵੀ ਸਿਰਾ

6.8 4H

6.9 30 Wb

6.10 **B** ਦਾ ਖੜੇਦਾਅ ਘਟਕ

$= 5.0 \times 10^{-4} \sin 30°$

$= 2.5 \times 10^{-4}$ T

$\varepsilon = Blv$

$\varepsilon = 2.5 \times 10^{-4} \times 25 \times 500$

$= 3.125$ V

ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ 3.1 V (ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ).

ਇਸ ਉੱਤਰ ਲਈ ਪੱਖਾਂ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਮਹੱਤਵਹੀਣ ਹੈ (ਜਦੋਂ ਤੱਕ ਉਹ ਖਿਤਿਜੀ ਹੈ)

6.11 ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ $= 8 \times 2 \times 10^{-4} \times 0.02 = 3.2 \times 10^{-5}$ V

ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਕਰੰਟ $= 2 \times 10^{-5}$ A

ਸ਼ਕਤੀ ਦੀ ਹਾਨੀ $= 6.4 \times 10^{-10}$ W

ਇਸ ਸ਼ਕਤੀ ਦਾ ਸ੍ਰੋਤ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਕਰਨ ਵਾਲਾ ਬਾਹਰੀ ਕਾਰਕ ਹੈ।

6.12 ਸਮੇਂ ਤੇ ਨਿਰਭਰ B ਦੇ ਕਾਰਨ ਫਲਕਸ ਵਿੱਚ ਬਦਲਾਵ ਦੀ ਦਰ

$= 144 \times 10^{-4}\ m^2 \times 10^{-3}\ T\ s^{-1}$

$= 1.44 \times 10^{-5}\ Wb\ s^{-1}$

ਲੂਪ ਦੇ ਅਸਮਾਨ B ਵਿੱਚ ਗਤੀਮਾਨ ਹੋਣ ਦੇ ਕਾਰਨ ਫਲਕਸ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੀ ਦਰ

$= 144 \times 10^{-4}\ m^2 \times 10^{-3}\ T\ cm^{-1} \times 8\ cm\ s^{-1}$

$= 11.52 \times 10^{-5}\ Wb\ s^{-1}$

ਕਿਉਂਕਿ ਦੋਨਾਂ ਹੀ ਧਨਾਤਮਕ z-ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਫਲਕਸ ਨੂੰ ਘੱਟ ਕਰਦੇ ਹਨ, ਇਸ ਲਈ ਦੋਨਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਜੁੜ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ = 12.96×10^{-5} V; ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਕਰੰਟ = 2.88×10^{-2} A। ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਕਰੰਟ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਉਹ ਹੋਵੇਗੀ ਜੋ ਲੂਪ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਧਨਾਤਮਕ z-ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਫਲਕਸ ਨੂੰ ਵਧਾਏ। ਜੇ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰੇਖਕ ਲਈ ਲੂਪ ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਹੈ ਤਾਂ ਲੂਪ ਵਿੱਚ ਕਰੰਟ ਘੜੀ ਦੀ ਸੂਈ ਦੇ ਘੁੰਮਣ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਉਲਟ ਹੋਵੇਗਾ। ਸਮਸਿਆ ਦਾ ਹਲ ਕਰਨ ਲਈ ਹੇਠ ਲਿਖੀ ਵਿਧੀ ਹੈ-

$$\Phi(t) = \int_0^a aB(x,t)\,dx$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = a\int_0^a dx\,\frac{dB(x,t)}{dt}$$

$$\frac{dB}{dt} = \frac{\partial B}{\partial t} + \frac{\partial B}{\partial x}\frac{dx}{dt}$$

$$= \left[\frac{\partial B}{\partial t} + v\frac{\partial B}{\partial x}\right]$$

ਇਸਲਈ

$$\frac{d\Phi}{dt} = a\int_0^a dx\left[\frac{\partial B(x,t)}{\partial t} + v\frac{\partial B(x,t)}{\partial x}\right]$$

$$= A\left[\frac{\partial B}{\partial t} + v\frac{\partial B}{\partial x}\right]$$

ਇਥੇ $A = a^2$

ਹਲ ਦਾ ਅੰਤਿਮ ਪਦ $\left(\frac{\partial B}{\partial t}\right),\left(\frac{\partial B}{\partial x}\right)$ ਅਤੇ v ਦੇ ਮਾਨ ਅਚਲ ਹੋਣ ਦੇ ਕਾਰਨ ਮੰਨਣਯੋਗ ਹਨ। ਉਪਰੋਕਤ ਓਪਚਾਰਿਕ ਹਲ ਜੇ ਸਮਝ ਨਾ ਆਉਣ (ਕਿਉਂਕਿ ਇਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ ਕਲਨ (Calculus) ਦਾ ਸਮੁਚਾ ਗਿਆਨ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ), ਤਾਂ ਵੀ ਇਹ ਤੱਥ ਧਿਆਨ ਵਿੱਚ ਰਖਣਾ ਕਾਫੀ ਹੈ ਕਿ ਫਲਕਸ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਲੂਪ ਦੀ ਗਤੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੋਨਾਂ ਕਾਰਨ ਸੰਭਵ ਹੈ।

6.13

$$Q = \int_{t_i}^{t_f} I\,dt$$

$$= \frac{1}{R}\int_{t_i}^{t_f} \varepsilon\,dt$$

$$= -\frac{N}{R}\int_{\Phi_i}^{\Phi_f} d\Phi$$

$N = 25,\ R = 0.50\ \Omega,\ Q = 7.5 \times 10^{-3}\ \text{C}$ ਦੇ ਲਈ
$\Phi_f = 0,\ A = 2.0 \times 10^{-4}\ \text{m}^2,\ \Phi_i = 1.5 \times 10^{-4}\ \text{Wb}$
$B = \Phi_i/A = 0.75\ \text{T}$

6.14 $|\varepsilon| = vBl = 0.12 \times 0.50 \times 0.15 = 9.0\ \text{mV}$;

P ਧਨਾਤਮਕ ਸਿਰਾ ਅਤੇ Q ਰਿਣਾਤਮਕ ਸਿਰਾ

(b) ਹਾਂ। ਜਦੋਂ K ਬੰਦ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਲਗਾਤਾਰ ਕਰੰਟ ਦੇ ਵਗਣ ਨਾਲ ਫਾਲਤੂ ਚਾਰਜ ਬਣਿਆ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ।

(c) ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ, ਬਿਜਲਈ ਬਲ ਕਾਰਨ ਕੈਂਸਲ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਬਿਜਲਈ ਬਲ ਛੜ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ ਉਲਟ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਦੇ ਵਾਧੂ ਚਾਰਜਾਂ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਹੋਇਆ ਹੈ।

(d) ਮੰਦਿਤ ਬਲ = IBl

$$= \frac{9\,\text{mV}}{9\,\text{m}\Omega} \times 0.5\ \text{T} \times 0.15\ \text{m}$$

$$= 75 \times 10^{-3}\ \text{N}$$

(e) ਛੜ ਨੂੰ $12\ \text{cm s}^{-1}$ ਤੇ ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਬਣਾਈ ਰੱਖਣ ਲਈ ਬਾਹਰੀ ਸ੍ਰੋਤ ਦੁਆਰਾ ਉਪਰੋਕਤ ਮੰਦਿਤ ਬਲ ਦੇ ਵਿਰੁੱਧ ਖਰਚ ਹੋਈ ਸ਼ਕਤੀ

$= 75 \times 10^{-3} \times 12 \times 10^{-2} = 9.0 \times 10^{-3}\ \text{W}$

ਜਦੋਂ K ਖੁਲਾ ਹੈ ਤਾਂ ਕੋਈ ਸ਼ਕਤੀ ਖਰਚ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ।

(f) $I^2R = 1 \times 1 \times 9 \times 10^{-3} = 9.0 \times 10^{-3}\ \text{W}$

ਇਸ ਸ਼ਕਤੀ ਦਾ ਸ੍ਰੋਤ, ਬਾਹਰੀ ਸ੍ਰੋਤ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਦੀ ਉਪਰ ਗਣਨਾ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ।

(g) ਜ਼ੀਰੋ; ਛੜ ਦੀ ਗਤੀ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਨੂੰ ਕੱਟਦੀ ਨਹੀਂ ਹੈ [ਨੋਟ: PQ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਨੂੰ ਰੇਲਾਂ ਵਿੱਚਲੀ ਦੂਰੀ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਮੰਨਿਆ ਹੈ]

6.15 $$B = \frac{\mu_0 N I}{l}$$

(ਸੋਲੇਨਾਇਡ ਦੇ ਅੰਦਰ ਸਿਰਿਆਂ ਤੋਂ ਦੂਰ)

$$\Phi = \frac{\mu_0 N I}{l} A$$

ਪੂਰਨ ਫਲੱਕਸ ਦੀ ਸੰਯੋਜਨ = $N\Phi$

$$= \frac{\mu_0 N^2 A}{l} I$$

(**B** ਵਿੱਚ ਸਿਰਿਆਂ ਦੇ ਬਦਲਾਵ ਦੀ ਉਪੇਖਿਆ ਕਰੋ)

$$|\varepsilon| = \frac{d}{dt}(N\Phi)$$

$$|\varepsilon|_{av} = \frac{\text{ਫਲੱਕਸ ਵਿਚ ਕੁੱਲ ਪਰਿਵਰਤਨ}}{\text{ਕੁੱਲ ਸਮਾਂ}}$$

$$|\varepsilon|_{av} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 25 \times 10^{-4}}{0.3 \times 10^{-3}} \times (500)^2 \times 2.5$$

$= 6.5\ \text{V}$

6.16 $M = \dfrac{\mu_0 a}{2\pi} \ln\left(1 + \dfrac{a}{x}\right)$

$\varepsilon = 1.7 \times 10^{-5}$ V

6.17 $-\dfrac{B\pi a^2 \lambda}{MR}\hat{\mathbf{k}}$

ਪਾਠ 7

7.1 (a) 2.20 A

(b) 484 W

7.2 (a)

(b) $10\sqrt{2} = 14.1$ A

7.3 15.9 A

7.4 2.49 A

7.5 ਹਰੇਕ ਅਵਸਥਾ ਵਿਚ ਜ਼ੀਰੋ।

7.6 125 s^{-1}; 25

7.7 1.1×10^3 s^{-1}

7.8 0.6 J, ਬਾਅਦ ਵਿੱਚ ਵੀ ਬਰਾਬਰ ਰਹੇਗਾ।

7.9 2,000 W

7.10 $\nu = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{1}{LC}}$, i.e., $C = \dfrac{1}{4\pi^2\nu^2 L}$

L = 200 μH ਲਈ, ν = 1200 kHz, C = 87.9 pF.

L = 200 μH ਲਈ, ν = 800 kHz, C = 197.8 pF.

ਪਰਿਵਰਤੀ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੀ ਕੈਪੀਸਟੀ ਦੀ ਰੇਂਜ ਲਗਭਗ 88 pF ਤੋਂ 198 pF ਤੱਕ ਹੋਣੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ।

7.11 (a) 50 rad s^{-1}

(b) 40 Ω, 8.1 A

(c) $V_{Lrms} = 1437.5$ V, $V_{Crms} = 1437.5$ V, $V_{Rrms} = 230$ V

$$V_{LCrms} = I_{rms}\left(\omega_0 L - \frac{1}{\omega_0 C}\right) = 0$$

7.12 (a) 1.0 J. ਹਾਂ, L ਅਤੇ C ਵਿੱਚ ਇਕੱਠੀ ਊਰਜਾ ਦਾ ਜੋੜ ਸੁਰਖਿਅਤ ਹੈ ਜੇ $R = 0$।

(b) $\omega = 10^3$ rad s^{-1}, $\nu = 159$ Hz

(c) $q = q_0 \cos \omega t$

(i) $t = 0, \dfrac{T}{2}, T, \dfrac{3T}{2}, \ldots..$ ਤੇ ਇਕੱਠੀ ਊਰਜਾ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਿਜਲੀ ਊਰਜਾ ਹੈ।

(ii) $t = \frac{T}{4}, \frac{3T}{4}, \frac{5T}{4}, \ldots\ldots$, ਇਥੇ $T = \frac{1}{\nu} = 6.3\,\text{ms}$ ਤੇ ਇਕੱਠੀ ਊਰਜਾ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚੁੰਬਕੀ ਹੈ। ਅਰਥਾਤ ਬਿਜਲੀ ਊਰਜਾ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ)

(d) $t = \frac{T}{8}, \frac{3T}{8}, \frac{5T}{8}, \ldots\ldots$, ਤੇ ਕਿਉਂਕਿ $q = q_0 \cos\frac{\omega T}{8}$

ਇਸਲਈ

ਬਿਜਲੀ ਊਰਜਾ $= \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2}\left(\frac{q_0^2}{2C}\right)$ ਜੋ ਕੁੱਲ ਊਰਜਾ ਦੀ ਅੱਧੀ ਹੈ।

(e) ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅੰਤ ਵਿਚ R, LC ਡੋਲਨਾਂ ਨੂੰ ਅਵਮੰਦਿਤ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਕੁੱਲ ਅਰੰਭਿਕ ਊਰਜਾ (= 1.0 J) ਤਾਪ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਖੇ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

7.13 LR ਸਰਕਟ ਲਈ, ਜੇ $V = V_0 \sin\omega t$

$$I = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \sin(\omega t - \phi), \text{ ਜਿਥੇ } \tan\phi = (\omega L / R).$$

(a) $I_0 = 1.82$ A

(b) $t = 0$ ਤੇ V ਅਧਿਕਤਮ ਹੈ ਅਤੇ $t = (\phi / \omega)$ ਤੇ I is ਅਧਿਕਤਮ ਹੈ।

ਹੁਣ, $\tan\phi = \frac{2\pi\nu L}{R} = 1.571$ ਜਾਂ $\phi = 57.5°$

ਇਸ ਲਈ ਟਾਈਮ ਲੈਗ $\frac{\phi}{\omega} = 1.55$ ms

7.14 (a) $I_0 = 1.1 \times 10^{-2}$ A

(b) $\tan\phi = 100\pi$, ϕ, $\pi/2$ ਦੇ ਨੇੜੇ ਹੈ।

I_0 ਨਿਮਨ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਅਵਸਥਾ (ਅਭਿਆਸ 7.13) ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਕਾਫੀ ਘੱਟ ਹੈ ਜੋ ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਉੱਚ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਤੇ L ਖੁੱਲ ਸਰਕਟ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ dc ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ (ਸਥਾਈ ਅਵਸਥਾ ਦੇ ਬਾਅਦ) $\omega = 0$, ਜਿਥੇ L ਇੱਕ ਸ਼ੁੱਧ ਚਾਲਕ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ।

7.15 RC ਸਰਕਟ ਲਈ, ਜੇ $V = V_0 \sin\omega t$ ਹੋਵੇ ਤਾਂ

$$I = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}} \sin(\omega t + \phi) \text{ ਇਥੇ } \tan\phi = \frac{1}{\omega CR}$$

(a) $I_0 = 3.23$ A

(b) $\phi = 33.5°$

ਇਸਲਈ ਟਾਈਮ ਲੈਗ $= \frac{\phi}{\omega} = 1.55$ ms

7.16 (a) $I_0 = 3.88$ A

(b) $\phi \approx 0.2$ ਉੱਚ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਤੇ ਇਹ ਲਗਭਗ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਉੱਚ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਤੇ C, ਚਾਲਕ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ dc ਸਰਕਟ ਲਈ ਸਥਾਈ ਅਵਸਥਾ ਦੇ ਬਾਅਦ $\omega = 0$ ਅਤੇ C ਇੱਕ ਖੁਲੇ ਸਰਕਟ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ।

7.17 ਸਮਾਂਤਰ LCR ਸਰਕਟ ਦੀ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਪ੍ਰਤਿਵਾਧਾ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਿੱਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}$$

ਜੋ $\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ਤੇ ਨਿਊਨਤਮ ਹੈ

ਇਸਲਈ $|Z|$, $\omega = \omega_0$ ਤੇ ਅਧਿਕਤਮ ਹੈ ਅਤੇ ਕੁੱਲ ਕਰੰਟ ਆਯਾਮ ਨਿਊਨਤਮ ਹੈ।

ਸ਼ਾਖਾ R ਵਿਚ, $I_{Rrms} = 5.75$ A

ਸ਼ਾਖਾ L ਵਿਚ, $I_{Lrms} = 0.92$ A

ਸ਼ਾਖਾ C ਵਿਚ, $I_{Crms} = 0.92$ A

ਧਿਆਨ ਦਿਓ : ਕੁੱਲ ਕਰੰਟ $I_{rms} = 5.75$ A, ਕਿਉਂਕਿ L ਅਤੇ C ਸ਼ਾਖਾਵਾਂ ਵਿਚ ਕਰੰਟ 180° ਉਲਟ ਕਲਾ ਵਿੱਚ ਹਨ ਅਤੇ ਚੱਕਰ ਦੇ ਹਰੇਕ ਛਿਣ ਤੇ ਇਹਨਾਂ ਦਾ ਵੇਗ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ।

7.18 (a) $V = V_0 \sin \omega t$ ਲਈ

$$\boldsymbol{I} = \frac{\boldsymbol{V}_0}{\left|\omega \boldsymbol{L} - \frac{1}{\omega \boldsymbol{C}}\right|} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right); \text{ ਜੇ } \boldsymbol{R} = 0$$

ਇਥੇ '–' ਚਿੰਨ੍ਹ ਲੈਂਦੇ ਹਨ ਜੇ $\omega L > 1/\omega C$, ਅਤੇ '+' ਚਿੰਨ੍ਹ ਲੈਂਦੇ ਹਨ ਜੇ $\omega L < 1/\omega C$.

$I_0 = 11.6$ A, $I_{rms} = 8.24$ A

(b) $V_{Lrms} = 207$ V, $V_{Crms} = 437$ V

(*ਧਿਆਨ ਦਿਓ*: 437 V – 207 V = 230 V ਵਰਤੀ ਗਈ rms ਵੋਲਟੇਜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। L ਅਤੇ C ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ ਵੋਲਟੇਜ 180° ਉਲਟ ਕਲਾ ਵਿੱਚ ਹੋਵੇ ਦੇ ਕਾਰਨ ਘਟਾ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

(c) L ਵਿਚ ਕਰੰਟ I ਬੇਸ਼ਕ ਕੁੱਝ ਵੀ ਹੋਵੇ, ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਵੋਲਟੇਜ, ਕਰੰਟ ਨਾਲੋਂ $\pi/2$ ਅੱਗੇ ਹੈ। ਇਸਲਈ C ਦੁਆਰਾ ਖਰਚੀ ਗਈ ਸ਼ਕਤੀ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ।

(d) C ਲਈ ਵੋਲਟੇਜ ਕਰੰਟ ਤੋਂ $\pi/2$ ਪਿਛੇ ਹੈ। ਮੁੜ C ਦੁਆਰਾ ਖਰਚ ਕੀਤੀ ਸ਼ਕਤੀ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ।

(e) ਕੁੱਲ ਖਰਚ ਕੀਤੀ ਸ਼ਕਤੀ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ।

7.19 $I_{rms} = 7.26$ A

ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ R ਦੁਆਰਾ ਖਰਚ ਕੀਤੀ ਸ਼ਕਤੀ R =

L ਦੁਆਰਾ ਖਰਚ ਕੀਤੀ ਸ਼ਕਤੀ = C ਦੁਆਰਾ ਖਰਚ ਕੀਤੀ ਸ਼ਕਤੀ = 0

ਕੁੱਲ ਖਰਚ ਕੀਤੀ ਸ਼ਕਤੀ = 791 W

7.20 (a) $\omega_0 = 4167$ rad s^{-1}; $\nu_0 = 663$ Hz

$I_0^{max} = 14.1$ A

(b) $\bar{P} = (1/2) I_0^2 R$ ਜੋ ਉਸੇ ਆਵ੍ਰਿਤੀ (663 Hz) ਤੇ ਅਧਿਕਤਮ ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਲਈ I_0 ਅਧਿਕਤਮ ਹੈ। $\bar{P}_{max} = (1/2)(I_{max})^2 R = 2300$ W.

(c) At $\omega = \omega_0 \pm \Delta\omega$ ਤੇ (ਲਗਭਗ ਠੀਕ ਹੈ ਜੇ $(R/2L) << \omega_0$).
$\Delta\omega = R/2L = 95.8$ rad s^{-1}; $\Delta\nu = \Delta\omega/2\pi = 15.2$ Hz.
$\nu = 648$ Hz ਅਤੇ 678 Hz ਤੇ ਸਿਖਰ ਸ਼ਕਤੀ, ਖਰਚ ਕੀਤੀ ਸ਼ਕਤੀ ਦੀ ਅੱਧੀ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ

ਆਵ੍ਰਿਤੀਆਂ ਤੇ ਕਰੰਟ ਆਯਾਮ I_0^{max} ਦਾ $(1/\sqrt{2})$ ਗੁਣਾ ਹੈ ਅਰਥਾਤ ਕਰੰਟ ਆਯਾਮ (ਸ਼ਿਖਰ ਸ਼ਕਤੀ ਬਿੰਦੂਆਂ ਦੇ ਅੱਧੇ ਤੇ) 10 A ਹੈ।

(d) $Q = 21.7$

7.21 $\omega_0 = 111$ rad s^{-1}; $Q = 45Q$ ਦਾ ਮਾਨ ਦੋਗੁਣਾ ਕਰਨ ਲਈ ω_0 ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਕੀਤੇ ਬਿਨਾਂ R ਨੂੰ 3.7 Ω ਤੱਕ ਘੱਟ ਕਰੋ।

7.22 (a) ਹਾਂ। ਇਹ rms ਵੋਲਟੇਜ ਦੇ ਲਈ ਸੱਚ ਨਹੀਂ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਵੱਖ ਵੱਖ ਘਟਕਾਂ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ ਵੋਲਟੇਜ ਬਰਾਬਰ ਕਲਾ ਵਿੱਚ ਨਹੀਂ ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਅਭਿਆਸ 7.18 ਦਾ ਉੱਤਰ ਦੇਖੋ।

(b) ਜਦੋਂ ਸਰਕਟ ਖੰਡਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਉੱਚ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਕਰੰਟ ਕੈਪੀਸਟਰ ਨੂੰ ਚਾਰਜਿਤ ਕਰਨ ਲਈ ਵਰਤਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜੋ ਚਿੰਗਾਰੀ (ਸਪਾਰਕ) ਤੋਂ ਬਚਾਅ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਆਦਿ।

(c) dc ਕਰੰਟ ਲਈ, L ਦੀ ਪ੍ਰਤਿਵਾਧਾ ਉਪੇਖਣੀ ਹੈ ਅਤੇ C ਦੀ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ (ਅਨੰਤ) ਹੈ, ਇਸਲਈ dc ਕਰੰਟ ਸੰਕੇਤ C ਦੇ ਸਿਰੇ ਤੇ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਉੱਚ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ac ਕਰੰਟ ਲਈ, L ਦੀ ਪ੍ਰਤਿਵਾਧਾ ਉੱਚ ਹੈ ਅਤੇ C ਦੀ ਬਹੁਤ ਘੱਟ। ਇਸ ਲਈ ac ਕਰੰਟ ਸੰਕੇਤ L ਦੇ ਸਿਰੇ ਤੇ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

(d) ਸਥਾਈ ਅਵਸਥਾ dc ਕਰੰਟ ਲਈ L ਦਾ ਕੋਈ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨਹੀਂ ਹੈ ਚਾਹੇ ਇਸ ਨੂੰ ਲੋਹੇ ਦੀ ਕੋਰ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨਾਲ ਕਿਉਂ ਨਾ ਵਧਾਇਆ ਜਾਵੇ। ac ਕਰੰਟ ਲਈ, ਲੈਂਪ ਚੋਕ ਦੀ ਵਾਲਤੂ ਪ੍ਰਤਿਵਾਧਾ ਦੇ ਕਾਰਨ ਚਮਕ ਡਿਮ ਦਿਖਾਈ ਦੇਵੇਗੀ। ਇਥੇ ਲੋਹ-ਕੋਰ ਦੇ ਨਿਵੇਸ਼ਨ ਨਾਲ ਚੋਕ ਦੀ ਪ੍ਰਤਿਵਾਧਾ ਵਿਚ ਵਾਧਾ ਹੋਵੇਗਾ ਜਿਸ ਕਾਰਨ ਬਲਬ ਦੀ ਰੋਸ਼ਨੀ ਹੋਰ ਵੀ ਘੱਟ ਚਮਕ ਵਾਲੀ ਹੋ ਜਾਵੇਗੀ।

(e) ਸ਼ਕਤੀ ਦਾ ਖੈ ਕੀਤੇ ਬਿਨਾਂ ਇੱਕ ਚੋਕ ਕੁੰਡਲੀ ਟਿਊਬ ਦੇ ਆਲੇ ਦੁਆਲੇ ਵੋਲਟੇਜ ਨੂੰ ਘੱਟ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਪ੍ਰਤਿਰੋਧਕ ਤਾਪ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਸ਼ਕਤੀ ਦਾ ਖੈ ਕਰਦਾ ਹੈ।

7.23 400

7.24 ਪਣ ਬਿਜਲੀ ਸ਼ਕਤੀ $= h\rho g \times A \times v = h\rho g\,\beta$

ਜਿਥੇ $\beta = Av$ ਪ੍ਰਵਾਹ ਹੈ (ਕਿਸੇ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਦੇ ਪਾਰ ਵਗਦੇ ਪਾਣੀ ਦਾ ਆਇਤਨ ਪ੍ਰਤਿ ਸੈਕੰਡ)

ਉਪਲਬਧ ਬਿਜਲੀ ਸ਼ਕਤੀ $= 0.6 \times 300 \times 10^3 \times 9.8 \times 100$ W

$= 176$ MW

7.25 ਲਾਈਨ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ $= 30 \times 0.5 = 15\ \Omega$.

ਲਾਈਨ ਵਿਚ rms ਕਰੰਟ $= \dfrac{800 \times 1000\,\text{W}}{4000\,\text{V}} = 200\,\text{A}$

(a) ਲਾਈਨ ਵਿਚ ਬਿਜਲੀ ਖੈ $= (200\ \text{A})^2 \times 15\ \Omega = 600$ kW.

(b) ਸੰਯੰਤਰ ਦੁਆਰਾ ਬਿਜਲੀ ਸਪਲਾਈ = 800 kW + 600 kW = 1400 kW.

(c) ਲਾਈਨ ਵਿਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਡ੍ਰਾਪ $= 200\ \text{A} \times 15\ \Omega = 3000$ V.

ਸੰਯੰਤਰ ਵਿਚ ਸਟੈਪ ਅਪ ਟ੍ਰਾਂਸਫਾਰਮਰ 440 V – 7000 V ਹੈ।

7.26 ਕਰੰਟ $= \dfrac{800 \times 1000\,\text{W}}{40{,}000\,\text{V}} = 20\,\text{A}$

(a) ਲਾਈਨ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੈ $= (20\ \text{A})^2 \times (15\ \Omega) = 6$ kW.

(b) ਸੰਯੰਤਰ ਦੁਆਰਾ ਬਿਜਲੀ ਸਪਲਾਈ = 800 kW + 6 kW = 806 kW.

(c) ਲਾਈਨ ਵਿਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਡ੍ਰਾਪ $= 20\ \text{A} \times 15\ \Omega = 300$ V.

ਸੰਯੰਤਰ ਵਿਚ ਸਟੈਪ ਅਪ ਟ੍ਰਾਂਸਫਰਮਰ 440 V – 40, 300 V ਹੈ। ਇਹ ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਉੱਚ ਵੋਲਟੇਜ ਸੰਚਾਰ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਸ਼ਕਤੀ ਖੈ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਪਾਠ 7.25 ਵਿਚ, ਇਹ ਸ਼ਕਤੀ ਖੈ $(600/1400) \times 100 = 43\%$ ਹੈ। ਇਸ ਪਾਠ ਵਿਚ ਸਿਰਫ਼ $(6/806) \times 100 = 0.74\%$ ਹੈ।

ਪਾਠ 8

8.1 (a) $C = \varepsilon_0 A/d = 80.1\text{pF}$

$$\frac{dQ}{dt} = C\frac{dV}{dt}$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{0.15}{80.1 \times 10^{-12}} = 1.87 \times 10^{9}\,\text{V s}^{-1}$$

(b) $i_d = \varepsilon_0 \dfrac{d}{dt}\Phi_E$. ਹੁਣ ਜਦੋਂ ਸਿਰਿਆਂ ਦੀਆਂ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਦੀ ਉਪੇਖਿਆ ਕਰ ਦਈਏ ਤਾਂ ਕੈਪੀਸਟਰ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿਚ $\Phi_E = EA$

ਇਸਲਈ $i_d = \varepsilon_0 A \dfrac{d\Phi_E}{dt}$

$\therefore E = \dfrac{Q}{\varepsilon_0 A}$. $\therefore \dfrac{dE}{dt} = \dfrac{i}{\varepsilon_0 A}$, ਇਸਨੂੰ ਵਰਤ ਕੇ $i_d = i = 0.15$ A.

(c) ਜੀ ਹਾਂ, ਸ਼ਰਤ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਕਰੰਟ ਤੋਂ ਸਾਡਾ ਭਾਵ ਚਾਲਨ ਅਤੇ ਵਿਸਥਾਪਨ ਕਰੰਟ ਦਾ ਜੋੜ ਹੈ।

8.2 (a) $I_{rms} = V_{rms}\,\omega C = 6.9\mu\text{A}$

(b) ਹਾਂ, ਅਭਿਆਸ 8.1(b) ਦੀ ਵਿਉਤਪਤੀ ਤਦ ਹੀ ਸਹੀ ਹੋਵੇਗੀ ਜਦੋਂ i ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਡੋਲਨ ਕਰ ਰਿਹਾ ਹੋਵੇ।

(c) ਸੂਤਰ $B = \dfrac{\mu_0}{2\pi}\dfrac{r}{R^2} i_d$

ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਵੀ ਜਦੋਂ i_d (ਅਤੇ ਇਸਲਈ B) ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਡੋਲਨ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਸੂਤਰ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਉਹ ਕਲਾ ਵਿਚ ਡੋਲਨ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਕਿਉਂਕਿ $i_d = i$ ਇਸਲਈ

$B_0 = \dfrac{\mu_0}{2\pi}\dfrac{r}{R^2} i_0$, ਜਿਥੇ B_0 ਅਤੇ i_0 ਕ੍ਰਮਵਾਰ ਡੋਲਨ ਕਰਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਅਤੇ ਕਰੰਟ ਦੇ ਆਯਾਮ ਹਨ। $i_0 = \sqrt{2}I_{rms} = 9.76\ \mu\text{A}$. $r = 3$ cm ਅਤੇ $R = 6$ cm; $B_0 = 1.63 \times 10^{-11}$ T.

8.3 ਨਿਰਵਾਤ ਵਿਚ ਸਾਰੀਆਂ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਚਾਲ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। $c = 3 \times 10^{8}$ m s^{-1}.

8.4 **E** ਅਤੇ **B** x-y ਸਮਤਲ ਵਿੱਚ ਹਨ ਅਤੇ ਆਪਸ ਵਿਚ ਲੰਬਰੂਪ ਹਨ, 10 m.

8.5 ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਬੈਂਡ : 40 m – 25 m.

8.6 10^{9} Hz

8.7 153 N/C

8.8 (a) 400 nT, 3.14×10^{8} rad/s, 1.05 rad/m, 6.00 m.

(b) $\mathbf{E} = \{ (120\ \text{N/C}) \sin[(1.05\ \text{rad/m})]x - (3.14 \times 10^{8}\ \text{rad/s})t]\}$

$\mathbf{B} = \{ (400\ \text{nT}) \sin[(1.05\ \text{rad/m})]x - (3.14 \times 10^{8}\ \text{rad/s})t]\}\ \hat{\mathbf{k}}$

8.9 ਫੋਟਾਨ ਉਰਜਾ ($\lambda = 1$ m ਲਈ)

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{1.6\times10^{-19}}\,\text{eV} = 1.24\times10^{-6}\,\text{eV}$$

ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਚਿੱਤਰ ਵਿੱਚ ਹੋਰ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈਆਂ ਲਈ ਫੋਟਾਨ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ 10 ਦੀਆਂ ਲਗਭਗ ਨੇੜਲੀਆਂ ਘਾਤਾਂ ਨਾਲ ਗੁਣਾ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਸ੍ਰੋਤ ਦੁਆਰਾ ਉਤਸਰਜਿਤ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਊਰਜਾ ਸ੍ਰੋਤ ਦੇ ਸੁਸੰਗਤ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰਾਂ ਦੇ ਅੰਤਰਾਲ ਵਲ ਇਸ਼ਾਰਾ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਫੋਟਾਨ ਊਰਜਾ = 1.24×10^{6} eV = 1.24 MeV ਦੇ ਸੰਗਤ ਤਰੰਗਲੰਬਾਈ $\lambda = 10^{-12}$ m ਹੈ। ਇਹ ਇਸ਼ਾਰਾ ਕਰਦੀ ਹੈ ਕਿ ਨਾਭਿਕੀ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰਾਂ ਵਿੱਚ (ਜਿਹਨਾਂ ਪੱਧਰਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਟਰਾਂਜ਼ੀਸ਼ਨ ਕਾਰਨ γ ਕਿਰਨਾਂ ਪੈਦ ਹੁੰਦੀਆ ਹਨ) ਨਮੂਨੇ ਵਜੋਂ ਲਗਭਗ 1 MeV ਦਾ ਊਰਜਾ ਅੰਤਰਾਲ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਦ੍ਰਿਸ਼ ਤਰੰਗਲੰਬਾਈ $\lambda = 5 \times 10^{-7}$ m ਦੇ ਸੰਗਤ ਫੋਟਾਨ ਊਰਜਾ = 2.5 eV ਹੈ। ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰਾਂ (ਜਿਹਨਾਂ ਪੱਧਰਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਟਰਾਂਜ਼ੀਸ਼ਨ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਵਿਕਿਰਣ ਦਿੰਦਾ ਹੈ) ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਨਮੂਨੇ ਵਜੋਂ ਕੁਝ eV ਦਾ ਅੰਤਰਾਲ ਹੈ।

8.10 (a) $\lambda = (c/\nu) = 1.5 \times 10^{-2}$ m

(b) $B_0 = (E_0/c) = 1.6 \times 10^{-7}$ T

(c) **E** ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਘਣਤਾ $u_E = (1/2)\varepsilon_0 E^2$

B ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਘਣਤਾ $u_B = (1/2\mu_0)B^2$

$E = cB$ ਅਤੇ $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}$ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨਾਲ $u_E = u_B$

8.11 (a) $-\mathbf{j}$. (b) 3.5 m, (c) 86 MHz, (d) 100 nT,

(e) {(100 nT) cos[(1.8 rad/m)y + (5.4 × 10^{8} rad/s)t]}

8.12 (a) 0.4 W/m^2, (b) 0.004 W/m^2

8.13 ਤਾਪਮਾਨ T ਦਾ ਪਿੰਡ, ਤਰੰਗਲੰਬਾਈ ਦਾ ਇੱਕ ਲਗਾਤਾਰ ਸੈਪਕਟ੍ਰਮ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਦੇ ਲਈ ਵਿਕਿਰਣ ਦੀ ਅਧਿਕਤਮ ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਸੰਗਤ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਪਲਾਂਕ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਹੈ : λ_m=0.29 cm K/T. λ_m=10^{-6} m, T = 2900 K ਦੇ ਲਈ। ਹੋਰ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਸੰਗਤ ਤਾਪਮਾਨ ਵੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੇ ਜਾ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਬਿਜਲਚੁੰਬਕੀ ਸਪੈਕਟ੍ਰਮ ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਭਾਗਾਂ ਵਿੱਚ ਵਿਕਰਣਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਾਪਤੀ ਲਈ ਤਾਪਮਾਨ ਰੇਂਜ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਦੱਸਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਕਿਰਣ ਦੀ ਪ੍ਰਾਪਤੀ ਲਈ, ਮੰਨ ਲਉ $\lambda = 5 \times 10^{-7}$ m ਤਾਂ ਸ੍ਰੋਤ ਦਾ ਤਾਪਮਾਨ ਲਗਭਗ 6000 K ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। *ਧਿਆਨ ਦਿਓ*: ਕਿ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਤਾਪਮਾਨ ਵੀ ਇਸ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਨੂੰ ਪੈਦਾ ਕਰੇਗਾ ਪਰ ਉਸਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗੀ।

8.14 (a) ਰੇਡੀਓ (ਲਘੂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਸਿਰਾ)

(b) ਰੇਡੀਓ (ਲਘੂ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਸਿਰਾ)

(c) ਸੂਖਮ ਤਰੰਗਾਂ

(d) ਦ੍ਰਿਸ਼ ਵਿਕਿਰਣਾਂ (ਪੀਲਾ)

(e) X-ਕਿਰਨਾਂ (ਜਾਂ ਸਾਵਟ γ-ਕਿਰਨ) ਖੇਤਰ

8.15 (a) ਆਇਨਮੰਡਲ ਇਹਨਾਂ ਬੈਂਡਾ ਦੀਆਂ ਤਰੰਗਾਂ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਕਰਦਾਹੈ।

(b) ਦੂਰਦਰਸ਼ਨ ਸੰਕੇਤ ਆਇਨਮੰਡਲ ਦੁਆਰਾ ਸਮੁਚਿਤ ਰੂਪ ਵਿਚ ਪਰਾਵਰਤਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ ਹਨ (ਪਾਠ ਪੁਸਤਕ ਦੇਖੋ) ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪਰਾਵਰਤਨ ਉਪਗ੍ਰਹਿਆਂ ਦੁਆਰਾ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

(c) ਵਾਯੂ ਮੰਡਲ X-ਕਿਰਨਾਂ ਨੂੰ ਸੋਖਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂਕਿ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਅਤੇ ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗਾਂ ਇਸ ਵਿਚੋਂ ਪਾਰ ਜਾ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ।

(d) ਇਹ ਸੂਰਜ ਤੋਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਪਰਾਬੈਂਗਣੀ ਵਿਕਿਰਣਾਂ ਨੂੰ ਸੋਖਿਤ ਕਰ ਲੈਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਧਰਤੀ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਪੁੱਜਨ ਤੋਂ ਰੋਕਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਜੀਵਨ ਨੂੰ ਨਸ਼ਟ ਹੋਣ ਤੋਂ ਬਚਾਉਂਦਾ ਹੈ।

(e) ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਦੇ ਗ੍ਰੀਨ ਹਾਊਸ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੀ ਗੈਰ ਹਾਜ਼ਰੀ ਦੇ ਕਾਰਨ ਧਰਤੀ ਦਾ ਤਾਪਮਾਨ ਘੱਟ ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ।

(f) ਨਾਭਿਕੀ ਵਿਸ਼ਵ ਯੁੱਧ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਬੱਦਲ ਸ਼ਾਇਦ ਅਕਾਸ਼ ਦੇ ਵੱਡੇ ਭਾਗ ਨੂੰ ਢੱਕ ਲੈਣਗੇ ਅਤੇ ਵਿਸ਼ਵ ਦੇ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਹਿੱਸਿਆਂ ਵਿਚ ਸੂਰਜੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨਹੀਂ ਪੁੱਜਣ ਦੇਣਗੇ। ਇਸ ਕਾਰਨ ਸ਼ੀਤਕਾਲ ਆਰੰਭ ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ।