ਅਧਿਆਇ-3

ਕਰੰਟ/ਧਾਰਾ ਬਿਜਲੀ (CURRENT ELECTRICITY)

3.1 ਭੂਮਿਕਾ (INTRODUCTION)

ਪਾਠ 1 ਵਿੱਚ ਸਾਰੇ ਚਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਬੇਸ਼ਕ ਉਹ ਸੁਤੰਤਰ ਹੋਣ ਜਾਂ ਬੰਨ੍ਹੇ ਹੋਏ, ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਮੰਨਿਆ ਗਿਆ ਸੀ। ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਚਾਰਜ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਅਜਿਹੇ ਕਰੰਟ, ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਕਈ ਸਥਿਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਮਿਲਦੇ ਹਨ। ਆਸਮਾਨੀ ਬਿਜਲੀ ਦਾ ਲਿਸ਼ਕਣਾ ਇੱਕ ਅਜਿਹਾ ਹੀ ਵਰਤਾਰਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜ ਬਦਲਾਂ ਤੋਂ ਧਰਤੀ ਤੱਕ ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਤੋਂ ਹੋ ਕੇ ਪੁੱਜਦਾ ਹੈ, ਜਿਹਨਾਂ ਦਾ ਨਤੀਜਾ ਕਈ ਵਾਰ ਬੜਾ ਖ਼ਤਰਨਾਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਆਸਾਮਾਨੀ ਬਿਜਲੀ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜ ਦਾ ਪ੍ਰਵਾਹ ਸਥਾਈ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ, ਪਰ ਅਸੀਂ ਆਪਣੇ ਰੋਜ਼ਾਨਾ ਜੀਵਨ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਸਾਰੀਆਂ ਯੁਕਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਗਦਾ ਦੇਖਦੇ ਹਾਂ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਦੀਆਂ ਵਿੱਚ ਪਾਣੀ ਵਗਦਾ ਹੈ। ਟਾਰਚ ਅਤੇ ਸੈਲ ਨਾਲ ਚਲਨ ਵਾਲੀ ਘੜੀ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਯੁਕਤੀ ਦੇ ਉਦਾਹਰਨ ਹਨ। ਇਸ ਪਾਠ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਅਪਰਤਵੇਂ ਜਾਂ ਸਥਾਈ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ (steady electric currents) ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਕੁਝ ਮੂਲ ਨਿਯਮਾਂ ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਕਰਾਂਗੇ।

3.2 ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ (ELECTRIC CURRENT)

ਚਾਰਜ ਦੇ ਵਗਣ ਦੀ ਗਤੀ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਇੱਕ ਲਘੂ ਖੇਤਰਫਲ ਦੀ ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ। ਇਸ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਹੋ ਕੇ ਧਨਾਤਮਕ ਅਤੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਦੋਨੋਂ ਹੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਚਾਰਜ ਅਗਾਂਹ ਅਤੇ ਪਿਛਾਂਹ ਵਲ ਵਗਦੇ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਮੰਨ ਲਓ, ਕਿਸੇ ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ t ਵਿੱਚ ਇਸ ਖੇਤਰ ਵਿਚੋਂ ਵਗਦੇ ਨੇਟ ਅਗਾਂਹ ਵਲ ਨੂੰ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਧਨ ਚਾਰਜ q_+ (ਭਾਵ ਅਗਾਂਹ ਅਤੇ ਪਿਛਾਂਹ ਵਲ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਚਾਰਜਾਂ ਦਾ ਅੰਤਰ) ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਮੰਨ ਲਓ ਕਿਸੇ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਨੇਟ ਅਗਾਂਹ ਵਲ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜ q_- ਹਨ। ਤਾਂ ਇਸ ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ t ਵਿਚ ਇਸ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਵਗਦੇ ਨੇਟ ਚਾਰਜ $q = q_+ - q_-$

ਹਨ। ਸਥਾਈ ਕਰੰਟ ਦੇ ਲਈ ਇਹ t ਦੇ ਉਲਟ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹਨ ਅਤੇ ਭਾਗਫਲ

$$I = \frac{q}{t} \tag{3.1}$$

ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਹੋ ਕੇ ਅਗਾਂਹ ਵਲ ਵਗਦੇ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। (ਜੇ ਇਹ ਸੰਖਿਆ ਰਿਣਾਤਮਕ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਸੰਕੇਤ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਪਿਛਾਂਹ ਵਲ ਨੂੰ ਹੈ)

ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਸਦਾ ਇਕ ਦਿਸ਼ਾਵੀ ਤੇ ਸਥਿਰ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ, ਇਸ ਲਈ ਵਧੇਰੇ ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਬਿਜਲਈ ਧਾਰਾ ਨੂੰ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਮੰਨ ਲਓ ਸਮਾਂ-ਅੰਤਰਾਲ Δt [ਜਾਂ ਸਮਾਂ t ਅਤੇ $(t + \Delta t)$ ਦੇ ਵਿੱਚ] ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਵਿਚੋਂ ਵਗਦਾ ਨੇਟ ਚਾਰਜ ΔQ ਹੈ। ਤਾਂ ਸਮਾਂ t ਤੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਇਸ ਕ੍ਰਾਸ-ਸੈਕਸ਼ਨ ਵਿਚੋਂ ਵਗਦੇ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ΔQ ਅਤੇ Δt ਦੇ ਅਨੁਪਾਤ ਦੇ ਮਾਨ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ Δt ਦੀ ਸੀਮਾ ਸਿਫਰ ਤੱਕ ਪੁੱਜਣ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਵਿਚ ਹੈ, (tending to zero),

$$I(t) \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} \tag{3.2}$$

SI ਮਾਤਰਕਾਂ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਦਾ ਮਾਤਰਕ ਐਮਪੀਅਰ (ampere) ਹੈ। ਇਕ ਐਮਪੀਅਰ ਨੂੰ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਦੇ ਚੁੰਬਕੀ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੁਆਰਾ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿਸਦਾ ਅਸੀਂ ਅਗਲੇ ਪੈਰੇ ਵਿੱਚ ਅਧਿਐਨ ਕਰਾਂਗੇ। ਘਰੇਲੂ ਬਿਜਲਈ-ਉਪਕਰਨਾਂ ਵਿਚੋਂ ਵਗਣ ਵਾਲੇ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੂਪੀ ਪਰਿਮਾਣ ਦਾ ਆਰਡਰ ਇਕ ਐਮਪੀਅਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜਿੱਥੇ ਇੱਕ ਪਾਸੇ ਕਿਸੇ ਔਸਤ ਆਸਮਾਨੀ ਬਿਜਲੀ ਵਿੱਚ ਹਜ਼ਾਰਾਂ ਐਮਪੀਅਰ ਆਰਡਰ ਦਾ ਕਰੰਟ ਵਗ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਉਥੇ ਦੂਜੇ ਪਾਸੇ ਸਾਡੀਆਂ ਤੰਤਰੀਕਾਵਾਂ (nerves) ਵਿਚੋਂ ਵਗਣ ਵਾਲਾ ਕਰੰਟ ਸਿਰਫ ਕੁਝ ਮਾਈਕ੍ਰੋਐਮਪੀਅਰ ਆਰਡਰ ਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

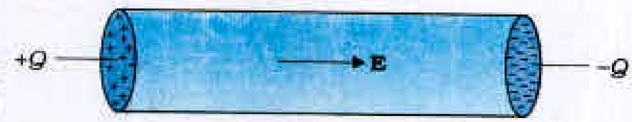
3.3 ਚਾਲਕਾਂ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ (Electric Currents in Conductors)

ਜੇ ਕਿਸੇ ਬਿਜਲਈ ਚਾਰਜ ਤੇ ਕੋਈ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਇਸਤੇਮਾਲ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਉਹ ਇਕ ਬਲ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰੇਗਾ। ਜੇ ਇਹ ਗਤੀ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਸੁਤੰਤਰ ਹੈ ਤਾਂ ਇਹ ਵੀ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਆ ਜਾਵੇਗਾ ਅਤੇ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਪੈਦਾ ਕਰੇਗਾ। ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਦੀਆਂ ਉਪਰਲੀਆਂ ਪਰਤਾਂ ਜਿਸ ਨੂੰ *ਆਇਨਮੰਡਲ (ionosphere)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਮੁਕਤ ਚਾਰਜਤ ਕਣ ਮਿਲਦੇ ਹਨ। ਬੇਸ਼ਕ, ਅਣੂਆਂ ਅਤੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਵਿੱਚ ਰਿਣ ਚਾਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਧਨ ਚਾਰਜਿਤ ਕੇਂਦਰਕ (nucleus) ਇਕ ਦੂਸਰੇ ਨਾਲ ਬੰਨ੍ਹੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਸਥੂਲ ਪਦਾਰਥ (Bulk matter) ਅਨੇਕ ਅਣੂਆਂ ਤੋਂ ਬਣਿਆਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਇੱਕ ਗ੍ਰਾਮ ਪਾਣੀ ਵਿੱਚ ਲਗਭਗ 10^{22} ਅਣੂ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਅਣੂ ਇਨੀ ਨੇੜੇ-ਨੇੜੇ ਕਸਕੇ ਪੈਕ ਕੀਤੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਹੁਣ ਇੱਕ ਨਾਭਿਕ ਜਾਂ ਕੇਂਦਰਕ ਦਾ ਨਿਜੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨਹੀਂ ਰਹਿੰਦਾ। ਕੁਝ ਪਦਾਰਥਾਂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਜੇ ਵੀ ਬੰਨ੍ਹੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਭਾਵ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਇਸਤੇਮਾਲ ਕਰਨ ਤੇ ਵੀ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ। ਕੁਝ ਦੂਸਰੇ ਪਦਾਰਥਾਂ ਵਿੱਚ ਖਾਸ ਕਰਕੇ ਧਾਤਾਂ ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸਥੂਲ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਅੰਦਰ ਅਸਲ ਰੂਪ ਵਿੱਚ, ਗਤੀ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਸੁਤੰਤਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਪਦਾਰਥਾਂ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਆਮ ਕਰਕੇ ਚਾਲਕ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਇਸਤੇਮਾਲ ਕਰਨ ਤੇ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਪੈਦਾ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਜੇ ਅਸੀਂ ਠੋਸ ਚਾਲਕ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ ਤਾਂ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਨੇੜੇ, ਕਸ ਕੇ ਜੁੜੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਜਿਸ ਕਾਰਨ ਰਿਣ ਚਾਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਦੇ ਵਾਹਕ (Carrier) ਬਣਦੇ ਹਨ। ਬੇਸ਼ਕ, ਹੋਰ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੇ ਚਾਲਕ ਵੀ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਜਿਵੇਂ ਬਿਜਲਈ ਅਪਘਟਨ ਘੋਲ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਧਨ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਦੋਨੋਂ ਗਤੀ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਅਸੀਂ

ਆਪਣੀ ਚਰਚਾ ਨੂੰ ਠੋਸ ਚਾਲਕਾਂ ਤੇ ਹੀ ਕੇਂਦਰਿਤ ਰਖਾਂਗੇ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਸਥਿਰ ਧਨ ਆਇਨਾਂ ਦੀ ਪਿੱਠ ਭੂਮੀ ਵਿੱਚ ਰਿਣ ਚਾਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਦੇ ਵਾਹਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

ਪਹਿਲਾਂ ਅਸੀਂ ਅਜਿਹੀ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਜਿਥੇ ਕੋਈ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਮੌਜੂਦ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਤਾਪੀ ਗਤੀ (thermal motion) ਕਰਦੇ ਸਮੇਂ ਇੱਕ ਜਗ੍ਹਾ ਟਿਕੇ ਜਾਂ ਬੱਝੇ ਆਇਨਾਂ ਨਾਲ ਟੱਕਰਾਂ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਟੱਕਰਾਂ ਤੋਂ ਬਾਦ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਚਾਲ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਅੰਤਰ ਨਹੀਂ ਆਉਂਦਾ। ਇਸ ਲਈ ਟਕਰਾਉਣ ਤੋਂ ਬਾਦ ਚਾਲ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਕਿਸੇ ਵੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਹੋਏ ਸਮੇਂ ਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਚਾਲ ਦੀ ਕਿਸੇ ਵੀ ਦਿਸ਼ਾ ਨੂੰ ਕੋਈ ਤਰਜੀਹ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ। ਇਸਲਈ ਔਸਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਇੱਕ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਗਤੀ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ, ਉਸ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਠੀਕ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ ਦੇ ਠੀਕ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਕੋਈ ਨੇਟ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ।



ਚਿੱਤਰ 3.1 ਧਾਰ ਦੇ ਬੇਲਨ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ ਰਖੇ +Q ਅਤੇ −Q ਚਾਰਜ। ਚਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਉਦਾਸੀਨ ਕਰਨ ਲਈ ਪੈਦਾ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਡ੍ਰਿਫਟ ਕਰਨਗੇ। ਜੇ ਚਾਰਜ +Q ਅਤੇ −Q ਦੀ ਮੁੜ ਪੂਰਤੀ ਲਗਾਤਾਰ ਨਾ ਕੀਤੀ ਗਈ ਤਾਂ ਕੁਝ ਦੇਰ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਦਾ ਵਗਣਾ ਸਮਾਪਤ ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ।

ਆਓ, ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਇਹ ਦੇਖੀਏ ਕਿ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਕਿਸੇ ਟੁਕੜੇ ਤੇ ਕੋਈ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਇਸਤੇਮਾਲ ਕਰਨ ਤੇ ਕੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਆਪਣੇ ਵਿਚਾਰਾਂ ਨੂੰ ਕੇਂਦਰਿਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ R ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੇ ਬੇਲਨਾਕਾਰ ਚਾਲਕ ਦੀ ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ (ਚਿੱਤਰ 3.1)। ਮੰਨ ਲਉ ਪਰਾ-ਬਿਜਲਈ (dielectric) ਪਦਾਰਥ ਦੀਆਂ ਬਣੀਆਂ ਦੋ ਪਤਲੀਆਂ ਚੱਕਰ ਆਕਾਰ ਦੀਆਂ ਡਿਸਕਾਂ ਲੈਂਦੇ ਹਾਂ ਜਿਹਨਾਂ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਚਾਲਕ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹਨ ਅਤੇ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਧਨ ਚਾਰਜ $+Q$ ਅਤੇ ਦੂਸਰੇ ਤੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜ $-Q$ ਇਕ ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵੰਡੇ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਦੋਨਾਂ ਡਿਸਕਾਂ ਨੂੰ ਬੇਲਨ ਦੀਆਂ ਦੋ ਚਪਟੀਆਂ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਨਾਲ ਜੋੜ ਦਿੰਦੇ ਹਾਂ। ਅਜਿਹਾ ਕਰਨ ਤੇ ਇੱਕ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ ਜਿਸਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਧਨ ਚਾਰਜ ਤੋਂ ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਵਲ ਹੋਵੇਗੀ। ਇਸ ਖੇਤਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ $+Q$ ਵਲ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੋਣਗੇ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਹ ਚਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਉਦਾਸੀਨ ਕਰਨ ਲਈ ਗਤੀ ਕਰਣਗੇ। ਜਦੋਂ ਤੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਪ੍ਰਵਾਹ ਬਣਿਆ ਰਹੇਗਾ, ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਬਣਿਆ ਰਹੇਗਾ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਚਾਰ ਅਧੀਨ ਹਾਲਤਾਂ ਵਿੱਚ ਘਟ ਸਮੇਂ ਦੇ ਲਈ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਵਗੇਗਾ ਅਤੇ ਬਾਦ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਕਰੰਟ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ।

ਅਸੀਂ ਅਜਿਹੀਆਂ ਯੁਕਤੀਆਂ ਦੀ ਵੀ ਕਲਪਨਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਜੋ ਬੇਲਨ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ, ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਉਦਾਸੀਨ ਸਾਰੇ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ ਨਵੇਂ ਚਾਰਜਾਂ ਨਾਲ ਮੁੜ ਪੂਰਤੀ ਕਰਵਾਉਣ। ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਚਾਲਕ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸਥਾਈ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਸਥਾਪਿਤ ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ, ਜਿਸਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਜੋ ਕਰੰਟ ਪੈਦਾ ਹੋਵੇਗਾ ਉਹ ਘਟ ਸਮੇਂ ਲਈ ਨਾ ਹੋ ਕੇ, ਲਗਾਤਾਰ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਥਾਈ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਵਾਲੀਆਂ ਯੁਕਤੀਆਂ ਬਿਜਲੀ ਸੈਲ ਜਾਂ ਬੈਟਰੀਆਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਇਸ ਅਧਿਆਇ ਵਿੱਚ ਅੱਗੇ ਅਧਿਐਨ ਕਰਾਂਗੇ। ਅਗਲੇ ਸੈਕਸ਼ਨਾਂ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਚਾਲਕਾਂ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਸਥਾਈ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਕਰਾਂਗੇ।

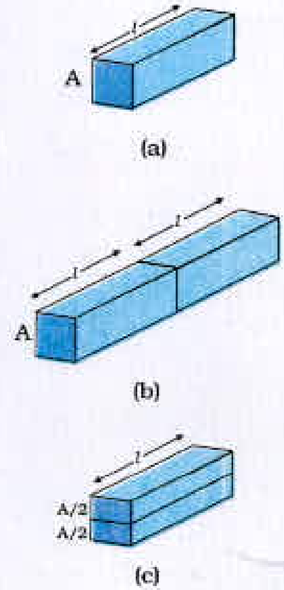
3.4 ਓਹਮ ਦਾ ਨਿਯਮ (Ohm s Law)

ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਦੇ ਵਗਨ ਲਈ ਜ਼ਿੰਮੇਵਾਰ ਭੌਤਿਕ ਯੁਕਤੀਆਂ ਦੀ ਖੋਜ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਪਹਿਲਾਂ ਜੀ.ਐਸ. ਓਹਮ ਨੇ ਸਾਲ 1828 ਵਿੱਚ ਕਰੰਟ ਦੇ ਵਗਣ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਤ ਇੱਕ ਮੂਲ ਨਿਯਮ ਦੀ ਖੋਜ ਕਰ ਲਈ ਸੀ। ਇੱਕ ਚਾਲਕ ਦੀ ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ ਜਿਸ ਵਿਚੋਂ ਕਰੰਟ I ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ ਅਤੇ ਮੰਨ ਲਓ V, ਚਾਲਕ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਹੈ। ਤਾਂ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਕਥਨ ਹੈ ਕਿ

$$V \propto I$$

ਜਾਂ $$V = RI \tag{3.3}$$

ਇਥੇ ਅਨੁਪਾਤ ਲਈ ਸਥਿਰ ਅੰਕ R, ਚਾਲਕ ਦਾ *ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ (Resistance)* ਕਹਾਉਂਦਾ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 3.2 ਲੰਬਾਈ l ਅਤੇ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਖੇਤਰਫਲ A ਦੀ ਆਇਤਾਕਾਰ ਸਿੱਲੀ ਦੇ ਸੰਬੰਧ $R = \rho l/A$ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਣ ਲਈ ਚਿੱਤਰ

ਜਾਰਜ ਸਾਈਮਨ ਓਹਮ (17871854)

ਜਾਰਜ ਸਾਈਮਨ ਓਹਮ Georg Simon Ohm (17871854) ਜਰਮਨ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ, ਮਿਊਨਿਖ (Munich) ਵਿਚ ਪ੍ਰੋਫੈਸਰ ਸਨ। ਓਹਮ ਨੂੰ ਆਪਣੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਖੋਜ ਤਾਪ-ਚਾਲਨ ਦੀ ਤਰਜ਼ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਕੀਤੀ। ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਤਾਪਮਾਨ ਗ੍ਰੇਡੀਐਂਟ (temperature gradient) ਦੇ ਤੁੱਲ ਹੈ ਅਤੇ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਤਾਪ ਊਰਜਾ ਦੇ ਪ੍ਰਵਾਹ ਦੇ।

ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦਾ SI ਮਾਤਰਕ ਓਹਮ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ ਚਿੰਨ੍ਹ Ω ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R ਚਾਲਕ ਦੇ ਸਿਰਫ ਪਦਾਰਥ ਤੇ ਹੀ ਨਹੀਂ ਬਲਕਿ ਚਾਲਕ ਦੇ ਵਿਸਤਾਰ ਤੇ ਵੀ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੀ ਚਾਲਕ ਦੇ ਵਿਸਤਾਰ ਤੇ ਨਿਰਭਰਤਾ ਹੇਠਾਂ ਦਿੱਤੇ ਅਨੁਸਾਰ ਸੌਖਿਆਂ ਪਤਾ ਲਗਾਈ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ।

ਲੰਬਾਈ l ਅਤੇ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਖੇਤਰਫਲ A ਦੀ ਕਿਸੇ ਆਇਤਾਕਾਰ ਸਿੱਲੀ (slab) ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ ਜੋ ਸਮੀਕਰਨ (3.3) ਨੂੰ ਸੰਤੁਸ਼ਟ ਕਰਦਾ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 3.2)। ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ ਅਜਿਹੀਆਂ ਦੋ ਸਰਬਸਮ ਸਿੱਲੀਆਂ ਸਿਰੇ ਨਾਲ ਸਿਰੇ ਨੂੰ ਮਿਲਾ ਕੇ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਰੱਖੀਆਂ ਹਨ ਕਿ ਸੰਯੋਜਨ ਦੀ ਲੰਬਾਈ $2l$ ਹੋ ਜਾਵੇ। ਇਸ ਸੰਯੋਜਨ ਵਿਚੋਂ ਉਨਾਂ ਹੀ ਕਰੰਟ ਵਗੇਗਾ ਜਿਨਾਂ ਕਿ ਦੋਵਾਂ ਵਿਚੋਂ ਕਿਸੇ ਇਕ ਸਿੱਲੀ ਵਿੱਚ ਵਗਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਪਹਿਲੀ ਸਿੱਲੀ ਦੇ ਸਿਰਿਆ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V ਹੈ, ਤਾਂ ਦੂਸਰੀ ਸਿੱਲੀ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਵੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V ਹੋਵੇਗਾ, ਕਿਉਂਕਿ ਦੂਸਰੀ ਸਿੱਲੀ ਪਹਿਲੀ ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੈ ਅਤੇ ਦੋਨਾਂ ਵਿੱਚ ਸਮਾਨ ਕਰੰਟ ਲੰਘਦਾ ਹੈ। ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਦੋ ਵਖੋ-ਵਖਰੀਆਂ ਸਿੱਲੀਆਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਦਾ ਜੋੜ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ $2V$ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਸੰਯੋਜਨ ਵਿਚੋਂ ਹੋਕੇ ਵਗਦਾ ਕਰੰਟ I ਹੈ ਤਾਂ ਸਮੀਕਰਨ (3.3) ਤੋਂ ਸੰਯੋਜਨ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R_C

$$R_C = \frac{2V}{I} = 2R \tag{3.4}$$

ਕਿਉਂਕਿ $V/I = R$, ਦੋਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕਿਸੇ ਇੱਕ ਸਿੱਲੀ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚਾਲਕ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਦੋਗੁਣੀ ਕਰਨ ਤੇ ਇਸ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੋ ਗੁਣਾ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਤਦ ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਸਿੱਧਾ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$R \propto l \tag{3.5}$$

ਇਸਦੇ ਬਾਦ ਸਿੱਲੀ ਨੂੰ ਲੰਬਾਈ ਵਿੱਚ ਦੋ ਸਮਾਨ ਭਾਗਾਂ ਵਿੱਚ ਵੰਡ ਕਰਨ ਦੀ ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ ਜਿਸ ਨਾਲ ਕਿ ਸਿੱਲੀ ਨੂੰ ਲੰਬਾਈ l ਦੀਆਂ ਦੋ ਸਰਬ ਸਮ ਸਿੱਲੀਆਂ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਦਾ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਖੇਤਰਫਲ $A/2$ ਹੈ, ਦੇ ਸੰਯੋਜਨ ਵਰਗਾ ਸਮਝਿਆ ਜਾ ਸਕੇ (ਚਿੱਤਰ 3.2(c)].

ਸਿੱਲੀ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਵਿਚਕਾਰ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V ਦੇ ਲਈ ਜੇ ਪੂਰੀ ਸਿੱਲੀ ਵਿੱਚੋਂ ਲੰਘਦਾ ਕਰੰਟ I ਹੈ ਤਾਂ ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਹਰੇਕ ਅੱਧੀ ਸਿੱਲੀ ਵਿੱਚੋਂ ਲੰਘਣ ਵਾਲਾ ਕਰੰਟ $I/2$ ਹੋਵੇਗਾ। ਕਿਉਂਕਿ ਅੱਧੀ ਸਿੱਲੀ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V ਹੈ, ਅਰਥਾਤ ਓਨਾ ਹੀ ਹੈ ਜਿਨਾਂ ਕਿ ਪੂਰੀ ਸਿੱਲੀ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਹੈ, ਇਸਲਈ ਹਰੇਕ ਅੱਧੀ ਸਿੱਲੀ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R_1 ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

$$R_1 = \frac{V}{(I/2)} = 2\frac{V}{I} = 2R. \tag{3.6}$$

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚਾਲਕ ਦੇ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਖੇਤਰਫਲ ਨੂੰ ਅੱਧਾ ਕਰਨ ਤੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੋ ਗੁਣਾ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਤਦ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R, ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਖੇਤਰਫਲ A ਦੇ ਉਲਟ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਭਾਵ ਹੈ ਕਿ

$$R \propto \frac{1}{A} \tag{3.7}$$

ਸਮੀਕਰਣ (3.5) ਅਤੇ (3.7) ਨੂੰ ਮਿਲਾ ਕੇ

$$R \propto \frac{1}{A} \tag{3.8}$$

ਇਸਲਈ ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਚਾਲਕ ਲਈ

$$R = \rho \frac{l}{A} \tag{3.9}$$

ਇਥੇ ρ ਇੱਕ ਅਨੁਪਾਤਿਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ ਜੋ ਚਾਲਕ ਦੇ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਇਸਦੇ ਵਿਸਤਾਰ ਤੇ ਨਹੀਂ। ρ ਨੂੰ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ (resistivity) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

ਸਮੀਕਰਨ (3.9) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ, ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

$$V = I \times R = \frac{I\rho l}{A} \tag{3.10}$$

ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਖੇਤਰਫਲ (ਕਰੰਟ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਲਿਆ ਗਿਆ) I/A *ਕਰੰਟ ਘਣਤਾ (Current density)* ਕਹਾਉਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ j ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਰੰਟ ਘਣਤਾ ਦਾ SI ਮਾਤਰਕ A/m^2 ਹੈ। ਇਸਦੇ ਇਲਾਵਾ ਜੇ ਇਕ ਸਮਾਨ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ E ਦੇ ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਦੀ ਲੰਬਾਈ l ਹੈ ਤਾਂ ਇਸ ਚਾਲਕ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਦੇ ਵਿਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ El ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ ਸਮੀਕਰਨ (3.10) ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਹਨ

$$E\, l = j\, \rho\, l$$

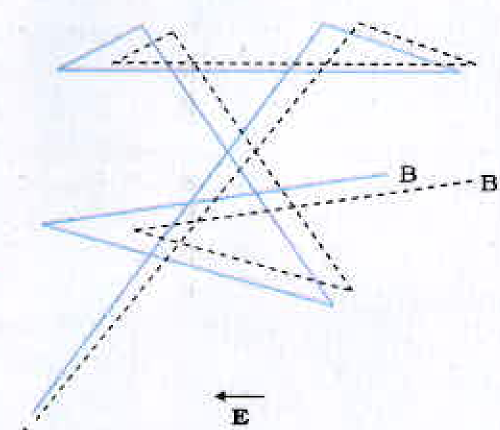
ਜਾਂ $$E = j\,\rho \tag{3.11}$$

E ਅਤੇ ***j*** ਦੇ ***ਪਰਿਮਾਣ*** ਦੇ ਲਈ ਉਪਰੋਕਤ ਸਮੀਕਰਨ ਨੂੰ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੀ *ਸਦਿਸ਼* ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਕਰੰਟ ਘਣਤਾ (ਜਿਸ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਕਰੰਟ ਦੇ ***ਲੰਬਰੂਪ ਪ੍ਰਤੀ*** ਇਕਾਈ ਖੇਤਰਫਲ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਹੈ) ਵੀ **E** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਹੈ ਅਤੇ $\mathbf{j}$ ($\equiv j\,\mathbf{E}/E$) ਇੱਕ ਸਦਿਸ਼ ਵੀ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਮੀਕਰਨ (3.11) ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ

$$\mathbf{E} = \mathbf{j}\rho \tag{3.12}$$

ਜਾਂ $$\mathbf{j} = \sigma\,\mathbf{E} \tag{3.13}$$

ਜਿਥੇ $\sigma \equiv 1/\rho$ ਨੂੰ ***ਚਾਲਕਤਾ (Conductivity)*** ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਅਕਸਰ ਸਮੀਕਰਨ (3.3) ਦੇ ਇਲਾਵਾ ਸਮੀਕਰਨ (3.13) ਦੁਆਰਾ ਵੀ ਸਮਤੁੱਲ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਅਗਲੇ ਪੈਰੇ ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਉਦਗਮ (Origin) ਨੂੰ ਇਸ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਮਝਣ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕਰਾਂਗੇ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਇਹ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਡ੍ਰਿਫਟ ਦੇ ਲਛਣਾਂ ਤੋਂ ਪੈਦਾ ਹੋਇਆ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 3.3 ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ A ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਬਿੰਦੂ B ਤੱਕ ਬਾਰ ਬਾਰ ਟੱਕਰਾਂ ਦੁਆਰਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤੀ ਅਤੇ ਟਕਰਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਰੇਖੀ ਗਤੀ ਦਾ ਆਰੇਖੀ ਚਿੱਤਰਣ (ਪੂਰੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ)। ਜੇ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਕੋਈ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਲਗਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ B' ਤੇ ਰੁਕ ਜਾਂਦਾ ਹੈ (ਟੁੱਟਵੀਆਂ ਰੇਖਾਵਾਂ)। ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਦੇ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਮਾਮੂਲੀ ਡ੍ਰਿਫਟ ਦਿਖਾਈ ਦੇ ਰਿਹਾ ਹੈ।

3.5 ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਡ੍ਰਿਫਟ ਅਤੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਦਾ ਉਦਗਮ (DRIFT OF ELECTRONS AND THE ORIGIN OF RESISTIVITY)

ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਇਹ ਦੇਖਿਆ ਹੈ ਕਿ ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਕਿਸੇ ਭਾਰੀ ਆਇਨ ਨਾਲ ਟੱਕਰ ਕਰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਟੱਕਰ ਦੇ ਬਾਅਦ ਉਸੇ ਚਾਲ ਨਾਲ ਚਲਦਾ ਹੈ ਪਰ ਇਸ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਜੋ ਮਰਜ਼ੀ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਜੇ ਅਸੀਂ ਸਾਰੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ ਤਾਂ ਉਹਨਾਂ ਦਾ ਔਸਤ ਵੇਗ ਸਿਫ਼ਰ ਹੋਵੇਗਾ, ਕਿਉਂਕਿ ਉਹਨਾਂ ਦੀਆਂ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਜੋ ਮਰਜ਼ੀ ਹਨ। ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ i ਵੇਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (i = 1, 2, 3, ...N) ਦਾ ਵੇਗ ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ $\mathbf{v}_i$, ਹੋਵੇ ਤਾਂ

$$\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \mathbf{v}_i = 0 \tag{3.14}$$

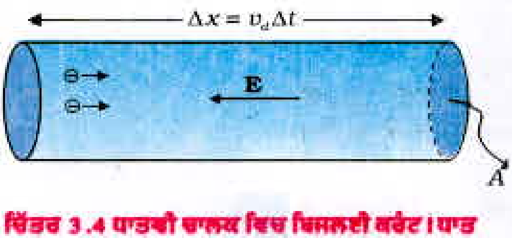
ਹੁਣ ਅਜਿਹੀ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ ਜਦੋਂ ਇਹ ਚਾਲਕ ਕਿਸੇ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਹੈ। ਇਸ ਖੇਤਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਗ ਪੈਦਾ ਹੋਵੇਗਾ

$$\mathbf{a} = \frac{-e\mathbf{E}}{m} \qquad (3.15)$$

ਜਿਥੇ $-e$ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਚਾਰਜ ਹੈ ਅਤੇ m ਇਸਦਾ ਪੁੰਜ ਹੈ। ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਸਮੇਂ t ਵਿਚ i ਵੇਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਤੇ ਮੁੜ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ। ਇਹ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ t ਤੋਂ ਕੁਝ ਸਮਾਂ ਪਹਿਲਾਂ ਆਖਰੀ ਟੱਕਰ ਕਰੇਗਾ ਅਤੇ ਮੰਨ ਲਓ, t_i ਇਸਦੇ ਆਖਰੀ ਟੱਕਰ ਦੇ ਬਾਅਦ ਬਤੀਤ ਸਮਾਂ ਹੈ। ਜੇ $\mathbf{v}_i$ ਆਖਰੀ ਟੱਕਰ ਦੇ ਤੁਰੰਤ ਬਾਅਦ ਦਾ ਵੇਗ ਸੀ ਤਾਂ ਸਮਾਂ t ਤੇ ਇਸਦਾ ਵੇਗ

$$\mathbf{V}_i = \mathbf{v}_i - \frac{e\mathbf{E}}{m}t_i \qquad (3.16)$$

ਕਿਉਂਕਿ ਆਪਣੀ ਆਖਰੀ ਟੱਕਰ ਤੋਂ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰਨ ਦੇ ਬਾਅਦ ਇਹ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਕਿਸੇ ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ t_i ਦੇ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ (3.15) ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦੇ ਨਾਲ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੋਇਆ ਸੀ। ਸਾਰੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ ਸਮੇਂ t ਤੇ ਔਸਤ ਵੇਗ ਸਾਰੀਆਂ $\mathbf{V}_i$ ਦਾ ਔਸਤ ਹੈ। $\mathbf{v}_i$ ਦਾ ਔਸਤ ਸਿਫਰ ਹੈ [ਸਮੀਕਰਨ (3.14)] ਕਿਉਂਕਿ ਟੱਕਰ ਦੇ ਤੁਰੰਤ ਬਾਅਦ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਵੇਗ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਕੁਝ ਵੀ (random) ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀਆਂ ਟੱਕਰਾਂ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲਾਂ ਤੇ ਨਾ ਹੋ ਕੇ ਜੋ ਮਰਜ਼ੀ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਜੇ ਲਗਾਤਾਰ (ਕ੍ਰਮਵਾਰ) ਟਕਰਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਔਸਤ ਸਮੇਂ ਨੂੰ ਅਸੀਂ τ ਨਾਲ ਦਰਸਾਈਏ ਤਾਂ ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ τ ਤੋਂ ਜ਼ਿਆਦਾ ਅਤੇ ਕੁਝ τ ਤੋਂ ਘਟ ਸਮਾਂ ਬਤੀਤ ਕਰਦੇ ਹੋਣਗੇ। ਦੂਸਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ, ਜਿਵੇਂ-ਜਿਵੇਂ ਅਸੀਂ $i = 1, 2$ ..... N ਵੱਖ-ਵੱਖ ਮਾਨ ਦਿੰਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ ਸਮੀਕਰਨ (3.16) ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਸਮਾਂ t_i ਦੇ ਮਾਨ ਕੁਝ ਦੇ ਲਈ τ ਤੋਂ ਵੱਧ ਅਤੇ ਕੁਝ ਲਈ τ ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੋਣਗੇ। ਤਦ t_i ਦਾ ਔਸਤ ਮਾਨ τ ਹੋਵੇਗਾ (ਜਿਸ ਨੂੰ ***ਰਿਲੈਕਸੇਸ਼ਨ ਸਮਾਂ* (relaxation time)** ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ)। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਸਮੇਂ t ਤੇ N ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ (3.16) ਦਾ ਔਸਤ ਲੈਣ ਤੇ ਸਾਨੂੰ ਔਸਤ ਵੇਗ $\mathbf{v}_d$ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ



ਚਿੱਤਰ 3.4 ਧਾਤਵੀ ਚਾਲਕ ਵਿਚ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ। ਧਾਤ ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਘਣਤਾ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਇਕਾਈ ਖੇਤਰਫਲ ਅਤੇ v_d ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਬੇਲਨ ਵਿੱਚ ਸਮਾਏ ਹੋਏ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ।

$$\mathbf{v}_d = (\mathbf{V}_i)_{\text{ਔਸਤ}} = (\mathbf{v}_i)_{\text{ਔਸਤ}} - \frac{e\mathbf{E}}{m}(t_i)_{\text{ਔਸਤ}}$$

$$= 0 - \frac{e\mathbf{E}}{m}\tau = -\frac{e\mathbf{E}}{m}\tau \qquad (3.17)$$

ਇਹ ਆਖਰੀ ਨਤੀਜਾ ਹੈਰਾਨ ਕਰਨ ਵਾਲਾ ਹੈ। ਇਹ ਸਾਨੂੰ ਦਸਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ, ਬੇਸ਼ਕ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੈ, ਇੱਕ ਔਸਤ ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਜੋ ਸਮੇਂ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਵਰਤਾਰਾ *ਡ੍ਰਿਫਟ* (*drift*) ਹੈ ਅਤੇ ਸਮੀਕਰਨ (3.17) ਦਾ ਵੇਗ $\mathbf{v}_d$ ***ਡ੍ਰਿਫਟ ਵੇਗ*** ਕਹਾਉਂਦਾ ਹੈ।

ਡ੍ਰਿਫਟ ਦੇ ਕਾਰਨ, ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ $\mathbf{E}$ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਕਿਸੇ ਖੇਤਰ ਵਿਚੋਂ ਹੋਕੇ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ ਨੇਟ ਆਵਾਜਾਈ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਇਕ ਸਮਤਲ ਖੇਤਰ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ ਜੋ ਕਿ $\mathbf{E}$ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਖੇਤਰ ਤੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 3.4)। ਤਦ ਡ੍ਰਿਫਟ ਦੇ ਕਾਰਨ, ਬਹੁਤ ਹੀ ਘਟ ਸਮੇਂ Δt ਵਿਚ, ਖੇਤਰ ਦੇ ਖੱਬੇ ਪਾਸੇ ਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੇ $|\mathbf{v}_d|\Delta t$ ਦੂਰੀ ਪਾਰ ਕਰ ਲਈ ਹੋਵੇਗੀ। ਜੇ ਚਾਲਕ ਵਿਚ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਆਇਤਨ ਵਿੱਚ ਮੁਕਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ n ਹੈ ਤਾਂ $n\,\Delta t\,|\mathbf{v}_d|A$ ਅਜਿਹੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਹੋਣਗੇ। ਕਿਉਂਕਿ ਹਰੇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਤੇ ਚਾਰਜ $-e$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, Δt ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਖੇਤਰ A ਦੇ ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਗਿਆ ਕੁੱਲ ਚਾਰਜ $-ne\,A|\mathbf{v}_d|\Delta t$. ਹੈ। $\mathbf{E}$ ਖੱਬੇ ਪਾਸੇ ਵਲ ਨੂੰ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਹੋਕੇ $\mathbf{E}$ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਵਗਦਾ ਕੁਲ ਚਾਰਜ ਇਸਦੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੋਵੇਗਾ। ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਅਨੁਸਾਰ (ਸਮੀਕਰਨ (3.2)) ਖੇਤਰ A ਨੂੰ ਸਮੇਂ Δt ਵਿਚ ਪਾਰ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਚਾਰਜ $I\,\Delta t$ ਹੋਣਗੇ, ਇਥੇ I ਕਰੰਟ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਹੈ। ਇਸਲਈ

$$I\Delta t = +n\,e\,A\,|\mathbf{v}_d|\,\Delta t \qquad (3.18)$$

$|\mathbf{v}_d|$ ਦੇ ਮਾਨ ਨੂੰ ਸਮੀਕਰਨ (3.17) ਵਿੱਚ ਰਖਣ ਤੇ

$$I\,\Delta t = \frac{e^2 A}{m}\tau\, n\,\Delta t\,|\mathbf{E}| \qquad (3.19)$$

ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਅਨੁਸਾਰ, ਕਰੰਟ ਘਣਤਾ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ $|\mathbf{j}|$ ਨਾਲ I ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੈ

$$I = |\mathbf{j}|A \qquad (3.20)$$

ਇਸ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ (3.19) ਅਤੇ (3.20) ਤੋਂ

$$|\mathbf{j}| = \frac{ne^2}{m}\tau\,|\mathbf{E}| \qquad (3.21)$$

ਸਦਿਸ਼ $\mathbf{j}$, $\mathbf{E}$ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਹੈ, ਇਸਲਈ ਅਸੀਂ ਸਮੀਕਰਨ (3.21) ਨੂੰ ਸਦਿਸ਼ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ

$$\mathbf{j} = \frac{ne^2}{m}\tau\mathbf{E} \qquad (3.22)$$

ਜੇ ਅਸੀਂ ਚਾਲਕਤਾ σ ਦੀ ਪਛਾਣ ਇਸਤਰ੍ਹਾਂ ਕਰੀਏ

$$\sigma = \frac{ne^2}{m}\tau \qquad (3.23)$$

ਤਾਂ ਸਮੀਕਰਨ (3.13) ਨਾਲ ਤੁਲਨਾ ਕਰਨ ਤੇ ਇਹ ਪਤਾ ਲਗਦਾ ਹੈ ਕਿ ਸਮੀਕਰਨ (3.22) ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਓਹਮ ਦਾ ਨਿਯਮ ਹੀ ਹੈ। ਜੇ ਅਸੀਂ ਚਾਲਕਤਾ ਨੂੰ σ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਈਏ ਤਾਂ

$$\sigma = \frac{ne^2}{m}\tau$$

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਸੀਂ ਦੇਖਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਬਿਜਲਈ ਚਾਲਕਤਾ ਦਾ ਇਹ ਬਹੁਤ ਸਰਲ ਚਿੱਤਰਣ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੀ ਇਹ ਮੰਨ ਲਿਆ ਹੈ ਕਿ τ ਅਤੇ n ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹਨ। ਅਗਲੇ ਪੈਰੇ ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੀਆਂ ਸੀਮਾਵਾਂ ਦਾ ਵਿਵੇਚਨ ਕਰਾਂਗੇ।

ਉਦਾਹਰਨ 3.1 (a) $1.0 \times 10^{-7}\ m^2$ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਖੇਤਰਫਲ ਵਾਲੇ ਤਾਂਬੇ ਦੀ ਤਾਰ ਵਿੱਚ 1.5 A ਕਰੰਟ ਵਗ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਇਸ ਵਿਚ ਚਾਲਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਔਸਤ ਡ੍ਰਿਫਟ ਚਾਲ ਦਾ ਪਤਾ ਕਰੋ। ਮੰਨ ਲਓ ਕਿ ਤਾਂਬੇ ਦਾ ਹਰੇਕ ਪਰਮਾਣੂ ਕਰੰਟ ਦੇ ਵਗਣ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਚਾਲਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਯੋਗਦਾਨ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਤਾਂਬੇ ਦੀ ਘਣਤਾ $9.0 \times 10^3\ kg/m^3$ ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ 63.5 u ਹੈ। (b) ਉੱਪਰ ਪਤਾ ਕੀਤੀ ਗਈ ਡ੍ਰਿਫਟ ਚਾਲ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਹੇਠ ਲਿਖੀਆਂ ਉਦਾਹਰਨਾਂ ਨਾਲ ਕਰੋ। (i) ਸਾਧਾਰਨ ਤਾਪਮਾਨ ਤੇ ਤਾਂਬੇ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਤਾਪੀ ਚਾਲ (ii) ਚਾਲਕ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸੰਚਾਰ ਦੀ ਚਾਲ ਜੋ ਡ੍ਰਿਫਟ ਗਤੀ ਪੈਦਾ ਕਰਦੀ ਹੈ।

ਹੱਲ—

(a) ਚਾਲਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਡ੍ਰਿਫਟ ਵੇਗ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਉਲਟ ਹੈ ਅਰਥਾਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵਧਦੇ ਹੋਏ ਪ੍ਰੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਡ੍ਰਿਫਟ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਡ੍ਰਿਫਟ ਚਾਲ v_d ਸਮੀਕਰਨ (3.18) ਨਾਲ ਵਿਅਕਤ ਹੋਵੇਗੀ।

$v_d = (I/neA)$

ਹੁਣ $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, $A = 1.0 \times 10^{-7} m^2$, $I = 1.5$ A ਹੈ। ਚਾਲਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਘਣਤਾ, n ਪ੍ਰਤੀ ਘਣ ਮੀਟਰ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ (ਮੰਨ ਲਓ ਕਿ ਪ੍ਰਤੀ ਤਾਂਬਾ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਚਾਲਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਹੈ ਜੋ ਸੰਯੋਜਕਤਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਿਣਤੀ 1 ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਠੀਕ ਹੈ)। ਇੱਕ ਘਣ ਮੀਟਰ ਤਾਂਬੇ ਦਾ ਪੁੰਜ 9.0×10^3 kg ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ 6.0×10^{23} ਤਾਂਬੇ ਤੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦਾ ਪੁੰਜ 63.5 g ਹੈ, ਇਸਲਈ

$$n \quad \frac{6.0 \quad 10^{23}}{63.5} \quad 9.0 \quad 10^{6} = 8.5 \times 10^{28}\ m^{-3}$$

ਉਦਾਹਰਨ 3.1

ਜਿਸ ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਡ੍ਰਿਫਟ ਚਾਲ ਦਾ ਨਿਮਨ ਮਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ :

$$v_d \; \frac{1.5}{8.5\times10^{-28} \;\; 1.6\times10^{-19} \;\; 1.0\times10^{7}} = 1.1\times10^{-3}\ \mathrm{m\,s^{-1}} = 1.1\ \mathrm{mm\,s^{-1}}$$

(b) (i) ਤਾਪਮਾਨ T ਤੇ M ਪੁੰਜ ਦੇ ਤਾਂਬੇ ਦੇ ਇੱਕ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਤਾਪੀ ਚਾਲ* (thermal speed) $\sqrt{k_B T/M}$ ਦੇ ਆਰਡਰ ਦੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜਿਸ ਨੂੰ [$<(1/2)\ Mv^2> = (3/2)\ k_B T$] ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਜਿਥੇ k_B ਬੋਲਟਜਮੈਨ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ। 300 K ਤੇ ਤਾਂਬੇ ਦੇ ਲਈ ਇਹ ਲਗਭਗ 2×10^2 m/s ਹੈ। ਇਹ ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਵਿਚ ਤਾਂਬੇ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਜੋ ਮਰਜ਼ੀ ਕੰਪਨ ਚਾਲ ਵਲ ਇਸ਼ਾਰਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਡ੍ਰਿਫਟ ਚਾਲ ਬਹੁਤ ਘਟ ਹੈ। ਸਾਧਾਰਨ ਤਾਪਮਾਨ ਤੇ ਇਹ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੂਪੀ ਤਾਪੀ ਚਾਲ ਦੀ ਲਗਭਗ 10^{-5} ਗੁਣਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

(ii) ਚਾਲਕ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਦੀ ਚਾਲ ਕਿਸੇ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ ਦੀ ਚਾਲ ਅਰਥਾਤ $3.0\times10^{8}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ (ਇਸਦੇ ਨਿਯਮ ਤੁਸੀਂ ਪਾਠ 8 ਵਿੱਚ ਪੜ੍ਹੋਗੇ) ਇਸ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿਚ ਡ੍ਰਿਫਟ ਚਾਲ ਬਹੁਤ ਹੀ ਘਟ ਹੈ, 10^{-11} ਗੁਣਕ ਦੁਆਰਾ ਘਟ।

ਉਦਾਹਰਨ 3.2

(a) ਉਦਾਹਰਣ 3.1 ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਐਮਪੀਅਰ ਕਰੰਟ ਦੀ ਰੇਂਜ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਡ੍ਰਿਫਟ ਗਤੀ ਸਿਰਫ਼ ਕੁਝ mm s^{-1} ਹੀ ਪਤਾ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ। ਤਾਂ ਸਰਕਟ ਬੰਦ ਕਰਦੇ ਹੀ ਲਗਭਗ ਉਸੇ ਛਿਣ ਕਰੰਟ ਕਿਵੇਂ ਸਥਾਪਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ?

(b) ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਡ੍ਰਿਫਟ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਵਿਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਮਹਿਸੂਸ ਕੀਤੇ ਗਏ ਬਲ ਦੇ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਪਰ ਬਲ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਪੈਦਾ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਤਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸਥਾਈ ਔਸਤ ਡ੍ਰਿਫਟ ਵੇਗ ਕਿਉਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਲੈਂਦੇ ਹਨ?

(c) ਜੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਡ੍ਰਿਫਟ ਵੇਗ ਇਨ੍ਹਾਂ ਘਟ ਹੈ ਅਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਚਾਰਜ ਵੀ ਘੱਟ ਹੈ ਤਾਂ ਫਿਰ ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਵਧ ਮਾਤਰਾ ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਕਿਵੇਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ?

(d) ਜੇ ਕਿਸੇ ਧਾਤ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਘਟ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਤੋਂ ਵੱਧ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਵਲ ਡ੍ਰਿਫਟ ਕਰਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਕੀ ਇਸਦਾ ਭਾਵ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਧਾਤ ਵਿੱਚ ਸਾਰੇ ਮੁਕਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਇੱਕ ਹੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀਮਾਨ ਹਨ?

(e) ਕੀ ਲਗਾਤਾਰ ਕ੍ਰਮਵਾਰ ਟੱਕਰਾਂ (ਧਾਤ ਦੇ ਧਨ ਆਇਨਾਂ ਦੇ ਨਾਲ) ਦੇ ਵਿਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਰਸਤੇ (i) ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਦੀ ਗੈਰ ਮੌਜੂਦਗੀ ਵਿੱਚ (ii) ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਵਿੱਚ ਸਰਲ ਰੇਖੀ ਹੈ?

ਹੱਲ—

(a) ਪੂਰੇ ਸਰਕਟ ਵਿਚ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਲਗਭਗ ਤਤਕਾਲ ਸਥਾਪਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ (ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਵੇਗ ਨਾਲ) ਜੋ ਹਰੇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ *ਸਥਾਨਿਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (local electron)* ਡ੍ਰਿਫਟ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਸਰਕਟ ਵਿਚ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਸਥਾਪਿਤ ਹੋਣ ਦੇ ਲਈ ਇਹ ਉਡੀਕ ਨਹੀਂ ਕਰਨੀ ਪੈਂਦੀ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਚਾਲਕ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸਿਰੇ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਸਿਰੇ ਤੱਕ ਜਾਣਗੇ। ਫਿਰ ਵੀ, ਕਰੰਟ ਸਥਾਈ ਮਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਵਿਚ ਸਮਾਂ ਤਾਂ ਲੈਂਦਾ ਹੈ ਜੋ ਕਿ ਬਹੁਤ ਹੀ ਜ਼ਿਆਦਾ ਘਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

(b) ਹਰੇਕ ਮੁਕਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ ਉਸ ਦੀ ਡ੍ਰਿਫਟ ਚਾਲ ਉਦੋਂ ਤੱਕ ਵੱਧਦੀ ਹੈ ਜਦੋਂ ਤੱਕ ਉਹ ਧਾਤ ਦੇ ਧਨ ਆਇਨਾਂ ਨਾਲ ਟੱਕਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਟੱਕਰਾਂ ਦੇ ਬਾਅਦ ਇਹ ਆਪਣੀ ਡ੍ਰਿਫਟ ਚਾਲ ਗੁਆ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਪਰ ਇਹ ਮੁੜ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਮੁੜ ਇਸਦੇ ਡ੍ਰਿਫਟ ਵੇਗ ਵਿੱਚ ਉਦੋਂ ਤੱਕ ਵਾਧਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਇਹ ਮੁੜ ਟੱਕਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਅਤੇ ਇਹ ਕ੍ਰਮ ਚਲਦਾ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਔਸਤਨ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸਿਰਫ਼ ਡ੍ਰਿਫਟ ਚਾਲ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਪਾਂਦਾ ਹੈ।

(c) ਸਰਲ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਚਾਲਕ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸੰਖਿਆ ਘਣਤਾ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ($\sim10^{29}\ \mathrm{m^{-3}}$ ਹੈ)।

(d) ਕਿਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਹੀਂ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਡ੍ਰਿਫਟ ਚਾਲ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ ਜੋ ਮਰਜ਼ੀ ਵੇਗ ਤੇ ਸੁਪਰਇੰਪੋਜ਼ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

(e) ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਦੀ ਗੈਰ ਮੌਜੂਦਗੀ ਵਿੱਚ ਰਸਤਾ ਸਰਲ ਰੇਖੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਵਿਚ ਰਸਤਾ ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਕ੍ਰੀ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

* ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨ ਦੀ ਪਾਠ ਪੁਸਤਕ, ਕਲਾਸ 11, ਪਾਠ 13 ਦਾ ਸਮੀਕਰਨ (13.23.) ਦੇਖੋ।

3.5.1 ਗਤੀਸ਼ੀਲਤਾ (Mobility)

ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਅਸੀਂ ਦੇਖ ਚੁਕੇ ਹਾਂ, ਚਾਲਕਤਾ (Conductivity) ਗਤੀ ਮਾਨ ਚਾਰਜ ਵਾਹਕਾ ਤੋਂ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਧਾਤਾਂ ਵਿਚ ਇਹ ਗਤੀਮਾਨ ਚਾਰਜ-ਵਾਹਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਹਨ। ਆਇਨਤ ਗੈਸ ਵਿਚ ਇਹ ਚਾਰਜ-ਵਾਹਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਧਨ ਚਾਰਜਿਤ ਆਇਨ ਹਨ, ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਲਾਈਟ (Electrolyte) ਵਿਚ ਇਹ ਧਨ ਆਇਨ ਅਤੇ ਰਿਣ ਆਇਨ ਦੋਨੋਂ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ।

ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਰਾਸ਼ੀ *ਗਤੀਸ਼ੀਲਤਾ (mobility)* μ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਦੇ ਡ੍ਰਿਫਟ ਵੇਗ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ

$$\mu = \frac{|\mathbf{v}_d|}{E} \qquad (3.24)$$

ਗਤੀਸ਼ੀਲਤਾ ਦਾ SI ਮਾਤਰਕ m^2/Vs ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਮਾਤਰਕ (cm^2/Vs) ਦਾ 10^4 ਗੁਣਾ ਹੈ। ਗਤੀਸ਼ੀਲਤਾ ਧਨਾਤਮਕ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਨ 3.17 ਵਿੱਚ

$$v_d = \frac{e\,\tau\,E}{m}$$

ਇਸਲਈ

$$\mu = \frac{v_d}{E} = \frac{e\tau}{m} \qquad (3.25)$$

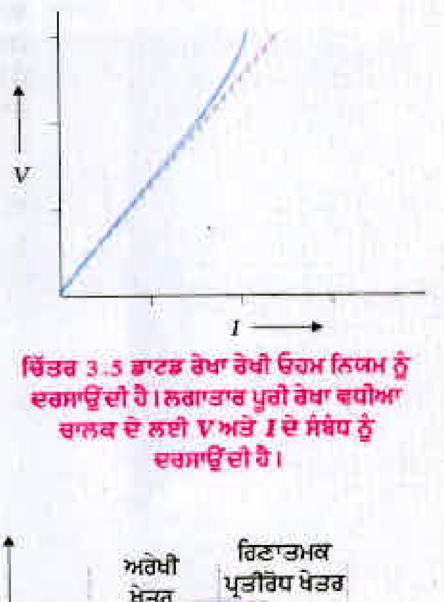
ਜਿਥੇ τ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਲਈ ਟਕਰਾਂ ਵਿਚਲਾ ਔਸਤ ਸਮਾਂ ਹੈ।

3.6 ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੀਆਂ ਸੀਮਾਵਾਂ
LIMITATIONS OF OHM S LAW

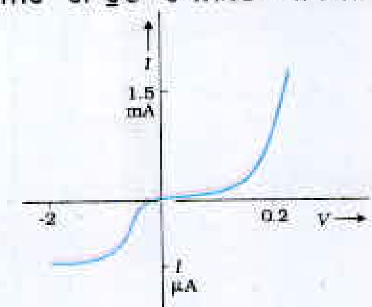
ਜਦਕਿ ਓਹਮ ਦਾ ਨਿਯਮ ਪਦਾਰਥਾਂ ਦੇ ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਵਰਗ ਦੇ ਲਈ ਸਵਿਕਾਰਤ ਹੈ, ਬਿਜਲਈ ਸਰਕਟਾਂ ਵਿੱਚ ਉਪਯੋਗ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਕੁਝ ਅਜਿਹੇ ਪਦਾਰਥ ਅਤੇ ਯੁਕਤੀਆਂ ਮੌਜੂਦ ਹਨ ਜਿੱਥੇ V ਅਤੇ I ਦੀ ਅਨੁਪਾਤਿਕਤਾ ਲਾਗੂ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਮੋਟੇ ਤੌਰ ਤੇ, ਇਹ ਵਿਚਲਨ (deviations) ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਵਿਚੋਂ ਇੱਕ ਜਾਂ ਵੱਧ ਕਿਸਮ ਦਾ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ।

(a) V ਦੀ I ਤੋਂ ਅਨੁਪਾਤਿਕਤਾ ਸਮਾਪਤ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 3.5)

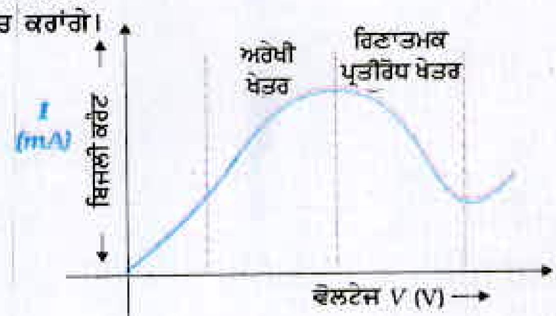
(b) V ਅਤੇ I ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਸੰਬੰਧ V ਦੇ ਚਿੰਨ੍ਹ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਦੂਸਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਜੇ ਕਿਸੇ V ਦੇ ਲਈ ਕਰੰਟ I ਹੈ, ਤਾਂ V ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਸਥਿਰ ਰੱਖ ਕੇ ਇਸਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਬਦਲਣ ਤੇ, ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ I ਦੇ ਸਮਾਨ ਪਰਿਮਾਣ ਦਾ ਕਰੰਟ ਪੈਦਾ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 3.6)। ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ, ਡਾਇਓਡ ਵਿੱਚ ਅਜਿਹਾ ਹੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸਦਾ ਅਧਿਐਨ ਅਸੀਂ ਪਾਠ 14 ਵਿੱਚ ਕਰਾਂਗੇ।



ਚਿੱਤਰ 3.5 ਡਾਟਡ ਰੇਖਾ ਰੇਖੀ ਓਹਮ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਂਦੀ ਹੈ। ਲਗਾਤਾਰ ਪੂਰੀ ਰੇਖਾ ਵਧੀਆ ਚਾਲਕ ਦੇ ਲਈ V ਅਤੇ I ਦੇ ਸੰਬੰਧ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਂਦੀ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 3.6 ਡਾਇਓਡ ਦਾ ਕਰੈਕਟਰਿਸਟਕ ਵਕ੍ਰ। ਵੋਲਟੇਜ ਅਤੇ ਕਰੰਟ ਦੇ ਰਿਣ ਅਤੇ ਧਨ ਮਾਨਾਂ ਦੇ ਲਈ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪੈਮਾਨਿਆਂ ਨੂੰ ਨੋਟ ਕਰੋ।



ਚਿੱਤਰ 3.7 GaAs ਵਿੱਚ ਵੋਲਟੇਜ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਕਰੰਟ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ

(c) V ਅਤੇ I ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਇਕੋ ਇੱਕ ਸੰਬੰਧ ਨਹੀਂ ਹੈ ਭਾਵ ਉਸ ਹੀ ਕਰੰਟ I ਦੇ ਲਈ V ਦੇ ਇੱਕ ਤੋਂ ਵੱਧ ਮਾਨ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ (ਚਿੱਤਰ 3.7)

ਪਦਾਰਥ ਅਤੇ ਯੁਕਤੀਆਂ ਜੋ ਸਮੀਕਰਨ (3.3) ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪਾਲਨ ਨਹੀਂ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ, ਅਸਲ ਵਿੱਚ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਸਰਕਟਾਂ ਵਿੱਚ ਵੱਡੇ ਪੱਧਰ ਤੇ ਵਰਤੀਆਂ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ। ਬੇਸ਼ਕ, ਇਸ ਪਾਠ ਅਤੇ ਹੋਰ ਅਗਲੇ ਪਾਠਾਂ ਵਿੱਚ, ਅਸੀਂ ਉਸ ਪਦਾਰਥ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਕਰਾਂਗੇ ਜੋ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪਾਲਨ ਕਰਦੇ ਹਨ।

3.7 ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪਦਾਰਥਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ (Resistivity of Various Materials)

ਵੱਖ ਵੱਖ ਸਧਾਰਨ ਪਦਾਰਥਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਸਾਰਨੀ 3.1 ਵਿਚ ਸੂਚੀ ਵਧ ਹੈ। ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਤੇ ਨਿਰਭਰਤਾ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਵਧਦੇ ਹੋਏ ਮਾਨਾਂ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪਦਾਰਥਾਂ ਦਾ ਵਰਗੀਕਰਨ ਚਾਲਕ, ਅਰਧ ਚਾਲਕ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਧਾਤਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ $10^{-8}\,\Omega m$ ਤੋਂ $10^{-6}\,\Omega m$ ਦੀ ਰੇਂਜ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।ਇਸਦੇ ਉਲਟ ਸਿਰਾਮਿਕ (Ceramic), ਰਬੜ ਅਤੇ ਪਲਾਸਟਿਕ ਵਰਗੇ ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ ਪਦਾਰਥ ਵੀ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ, ਧਾਤਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾਂ ਵਿੱਚ 10^{18} ਗੁਣੀ ਜਾਂ ਵੱਧ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਦੋਨਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਅਰਧਚਾਲਕ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ, ਬੇਸ਼ਕ ਤਾਪਮਾਨ ਵਧਾਉਣ ਤੇ ਘੱਟਦੀ ਹੈ। ਅਰਧਚਾਲਕ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਅਸ਼ੁੱਧੀਆਂ ਦੀ ਘੱਟ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦਗੀ ਨਾਲ ਵੀ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਆਖਰੀ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ਤਾ ਦਾ ਲਾਭ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਯੁਕਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਉਪਯੋਗ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਅਰਧਚਾਲਕਾਂ ਦੇ ਨਿਰਮਾਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ?

Table 3.1 ਕੁੱਝ ਪਦਾਰਥਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ Resistivities of some materials

ਪਦਾਰਥ (Material)	ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ (Resistivity), ρ (Ω m) at 0°C	ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਦਾ ਤਾਪ ਗੁਣਾਂਕ (Temperature coefficient of resistivity), $\alpha\,(^\circ C)^{-1}$ $\frac{1}{\ }\frac{d}{dT}$ at 0 C
ਚਾਲਕ (Conductors)		
ਚਾਂਦੀ (Silver)	1.6×10^{-8}	0.0041
ਤਾਂਬਾ (Copper)	1.7×10^{-8}	0.0068
ਐਲੂਮੀਨੀਅਮ (Aluminium)	2.7×10^{-8}	0.0043
ਟੰਗਸਟਨ (Tungsten)	5.6×10^{-8}	0.0045
ਲੋਹਾ (Iron)	10×10^{-8}	0.0065
ਪਲਾਟੀਨਮ (Platinum)	11×10^{-8}	0.0039
ਪਾਰਾ (Mercury)	98×10^{-8}	0.0009
ਨਾਈਕ੍ਰੋਮ (Nichrome) (Ni, Fe, Cr ਦੀ ਮਿਸ਼ਰਧਾਤੂ)	$\sim 100 \times 10^{-8}$	0.0004
ਮੈਂਗਾਨੀਨ (Manganin (ਮਿਸ਼ਰਧਾਤੂ)	48×10^{-8}	0.002×10^{-3}
ਅਰਧ ਚਾਲਕ (Semiconductors)		
ਕਾਰਬਨ (ਗ੍ਰੇਫਾਈਟ) (Carbon (graphite)	3.5×10^{-5}	0.0005
ਜਰਮੇਨੀਅਮ (Germanium)	0.46	0.05
ਸੀਲੀਕਾਨ (Silicon)	2300	0.07
ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ (Insulators)		
ਸ਼ੁਧ ਪਾਣੀ (Pure Water)	2.5×10^{5}	
ਕੱਚ (ਗਲਾਸ) (Glass)	$10^{10} - 10^{14}$	
ਕਠੋਰ ਰਬੜ (Hard Rubber)	$10^{13} - 10^{16}$	
ਨਮਕ (NaCl)	$\sim 10^{14}$	
ਫਿਊਜ਼ਡ ਕੁਆਰਟਜ਼ (Fused Quartz)	$\sim 10^{16}$	

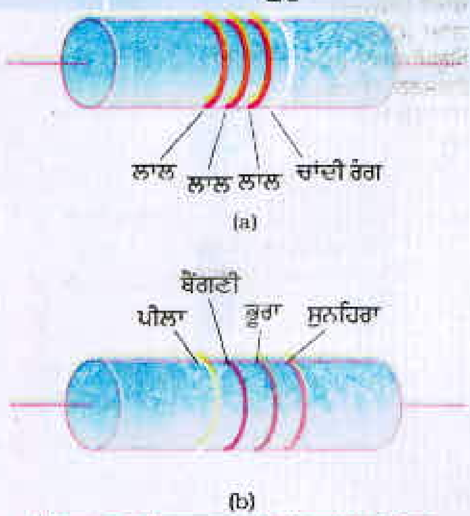
ਘਰੇਲੂ ਜਾਂ ਪ੍ਰਯੋਗਸ਼ਾਲਾ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਯੋਗ ਲਈ ਵਪਾਰਿਕ ਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀਕੋਣ ਤੋਂ ਬਣਾਏ ਜਾਣ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਮੁੱਖ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਦੋ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ- *ਤਾਰ ਨੂੰ ਬੰਨ੍ਹ ਕੇ ਬਣਾਏ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ* (Wire wound resistors) ਅਤੇ *ਕਾਰਬਨ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ* (Carbon resistors)। ਤਾਰ ਨੂੰ ਬੰਨ੍ਹ ਕੇ ਬਣਾਏ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਕਿਸੇ ਮਿਸ਼ਰਤ ਧਾਤੂ ਜਿਵੇਂ ਮੈਂਗਨਿਨ, ਕਾਨਸਟੇਨਟਨ, ਨਾਈਕ੍ਰੋਮ ਜਾਂ ਉਹਨਾਂ ਵਰਗੀਆਂ ਤਾਰਾਂ ਨੂੰ ਲਪੇਟ ਕੇ ਬਣਾਏ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਬਹੁਤੀ ਵਾਰ ਇਹਨਾਂ ਪਦਾਰਥਾਂ ਦੀ ਚੋਣ ਇਸ ਤੱਥ ਤੇ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਕਿ ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਤੇ ਤਾਪਮਾਨ ਦਾ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨਿਗੁਣਾ ਹੈ।

ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਾਂ ਦੀ ਰੇਂਜ ਇਕ ਓਹਮ ਦੇ ਕਿਸੇ ਅੰਸ਼ ਤੋਂ ਲੈ ਕੇ ਕੁਝ ਸੌ ਓਹਮ ਤੱਕ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਵੱਧ ਰੇਂਜ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਮੁਖ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕਾਰਬਨ ਤੋਂ ਬਣਾਏ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਕਾਰਬਨ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਆਕਾਰ ਵਿੱਚ ਛੋਟੇ ਅਤੇ ਸਸਤੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਸਰਕਟਾਂ ਵਿੱਚ ਵੱਡੇ ਪੱਧਰ ਤੇ ਵਰਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਕਾਰਬਨ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਦਾ ਆਕਾਰ ਛੋਟਾ ਹੋਣ ਕਾਰਨ ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਮੁੱਲ ਕਲਰ ਕੋਡ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਏ ਕੀਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ।

ਸਾਰਨੀ 3.2 ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਰੰਗ ਕੋਡ (RESISTOR COLOUR CODES)

ਰੰਗ (Colour)	ਅੰਕ (Number)	ਗੁਣਕ (Multiplier)	ਟਾਲਰੈਂਸ (%) (Tolerance)
ਕਾਲਾ (Black)	0	1	
ਭੂਰਾ (Brown)	1	10^1	
ਲਾਲ (Red)	2	10^2	
ਸੰਤਰੀ (Orange)	3	10^3	
ਪੀਲਾ (Yellow)	4	10^4	
ਹਰਾ (Green)	5	10^5	
ਨੀਲਾ (Blue)	6	10^6	
ਬੈਂਗਨੀ (Violet)	7	10^7	
ਗ੍ਰੇ (Grey)	8	10^8	
ਸਫੇਦ (White)	9	10^9	
ਸੁਨਿਹਰਾ (Golden)		10^{-1}	5
ਚਾਂਦੀ ਰੰਗ (Silver)		10^{-2}	10
ਰੰਗਹੀਣ (No Colour)			20

ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ 'ਤੇ ਸਮਾਨ ਧੁਰੇ ਵਾਲੇ ਰੰਗੀਨ ਚੱਕਰਾਂ ਦੇ ਸਮੂਹ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਦਾ ਮਹੱਤਵ ਸਾਰਨੀ 3.2 ਵਿੱਚ ਸੂਚੀ ਵੱਧ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਸਿਰੇ ਤੋਂ ਪਹਿਲੀਆਂ ਦੋ ਧਾਰੀਆਂ ਓਹਮ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਦੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਨੂੰ ਦਸਦੀਆਂ ਹਨ ਤੀਸਰੀ ਧਾਰੀ ਦਸ਼ਮਲਵ ਗੁਣਕ ਨੂੰ ਦਸਦੀ ਹੈ (ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਸਾਰਣੀ 3.2 ਵਿੱਚ ਸੂਚੀ ਦਿੱਤੀ ਹੈ) ਅਤੇ ਆਖਰੀ ਧਾਰੀ ਟਾਲਰੈਂਸ ਜਾਂ ਦਸੇ ਮਾਨ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਵਿੱਚ ਸੰਭਾਵਿਤ ਵਿਚਲਨ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਂਦੀ ਹੈ। ਕਦੇ-ਕਦੇ ਇਹ ਆਖਰੀ ਧਾਰੀ ਨਹੀਂ ਵੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਦਾ ਭਾਵ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਟਾਲਰੈਂਸ 20% ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 3.8)। ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ, ਜੇ ਚਾਰ ਰੰਗ ਸੰਤਰੀ, ਨੀਲਾ, ਪੀਲਾ ਅਤੇ ਸੁਨਹਿਰੀ ਹੈ ਤਾਂ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦਾ ਮਾਨ 5% ਟਾਲਰੈਂਸ ਮਾਨ ਦੇ ਨਾਲ $36 \times 10^4\ \Omega$ ਹੋਵੇਗਾ।



ਚਿੱਤਰ 3.8 ਰੰਗਦਾਰ ਧਾਰੀਆਂ ਲਗਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ
(a) $(22 \times 10^2\ \Omega) \pm 10\%$,
(b) $(47 \times 10\ \Omega) \pm 5\%$.

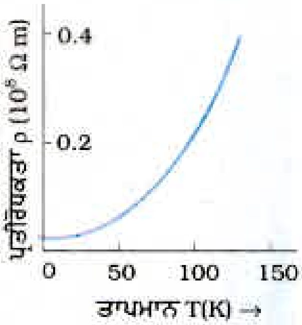
3.8 ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਦੀ ਤਾਪਮਾਨ ਤੇ ਨਿਰਭਰਤਾ
TEMPERATURE DEPENDENCE OF RESISTIVITY

ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਦੀ ਤਾਪਮਾਨ ਤੇ ਨਿਰਭਰਤਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪਦਾਰਥ ਇਕੋ ਜਿਹੀ ਨਿਰਭਰਤਾ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਨਹੀਂ ਕਰਦੇ। ਇੱਕ ਸੀਮਤ ਤਾਪਮਾਨ ਰੇਂਜ ਵਿੱਚ, ਜੋ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ, ਕਿਸੇ ਧਾਤਵੀ ਚਾਲਕ ਦੀ ਲਗਭਗ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ

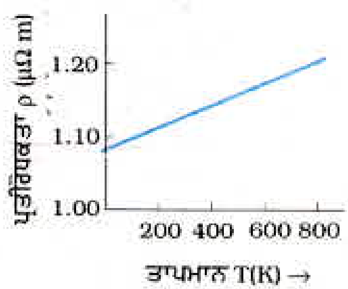
$$\rho_T = \rho_0 \left[1 + \alpha \left(T - T_0\right)\right] \qquad (3.26)$$

ਇਥੇ ρ_T, ਤਾਪਮਾਨ T ਤੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਹੈ ਅਤੇ ρ_0, ਸੰਦਰਭ ਤਾਪਮਾਨ T_0 ਤੇ ਇਸਦਾ ਮਾਪ ਹੈ। α ਨੂੰ *ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਤਾਪਮਾਨ ਗੁਣਾਂਕ* (temperature coefficient of resistance) ਅਤੇ ਸਮੀਕਰਨ (3.26) ਤੋਂ α ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ (ਤਾਪਮਾਨ)$^{-1}$ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀਆ ਹਨ। ਧਾਤਾਂ ਦੇ ਲਈ α ਦਾ ਮਾਨ ਧਨਾਤਮਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ T_0 = 0°C ਤੇ ਧਾਤਾਂ ਦੇ ਲਈ α ਦਾ ਮਾਨ ਸਾਰਨੀ 3.1 ਵਿਚ ਦਿੱਤਾ ਹੈ।

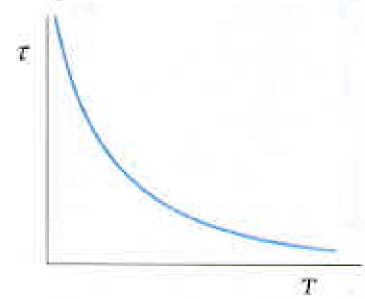
ਸਮੀਕਰਨ (3.26) ਦੇ ਸੰਬੰਧ ਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ ਕਿ T ਅਤੇ ρ_T ਦੇ ਵਿੱਚ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਇਕ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਬੇਸ਼ਕ, 0°C ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਤਾਪਮਾਨਾਂ ਤੇ, ਗ੍ਰਾਫ ਇੱਕ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਵਿਚਲਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 3.9 ਤਾਪਮਾਨ T ਦੇ ਫਲਨ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਤਾਂਬੇ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ρ_T



ਚਿੱਤਰ 3.10 ਪਰਮ ਤਾਪਮਾਨ T ਦੇ ਫਲਨ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਨਾਈਕ੍ਰੋਮ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ



ਚਿੱਤਰ 3.11 ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਅਰਧ ਚਾਲਕ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਦੀ ਤਾਪਮਾਨ ਨਿਰਭਰਤਾ

ਇਸ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ (3.26) ਦੀ, ਕਿਸੇ ਸੰਦਰਭ ਤਾਪਮਾਨ T_0 ਦੀ, ਲਗਭਗ ਕਿਸੇ ਸੀਮਿਤ ਰੇਂਜ ਵਿੱਚ, ਵਰਤੋਂ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਜਿਥੇ ਗ੍ਰਾਫ ਲਗਭਗ ਇੱਕ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਹੋਵੇਗਾ।

ਕੁਝ ਪਦਾਰਥ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਨਾਈਕ੍ਰੋਮ (ਜੋ ਕਿ ਨੀਕਲ, ਲੋਹਾ ਅਤੇ ਕ੍ਰੋਮੀਅਮ ਦੀ ਮਿਸ਼ਰਤ ਧਾਤ ਹੈ) ਬਹੁਤ ਕਮਜ਼ੋਰ ਤਾਪਮਾਨ ਨਿਰਭਰਤਾ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। (ਚਿੱਤਰ 3.10)। ਮੈਂਗਨੀਨ ਅਤੇ ਕਾਂਸਟੇਂਟਨ ਵਿਚ ਵੀ ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਗੁਣ ਹਨ। ਕਿਉਂਕਿ ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੀ ਤਾਪਮਾਨ ਤੇ ਨਿਰਭਰਤਾ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੈ ਇਸਲਈ ਇਹ ਪਦਾਰਥ ਤਾਰ ਬੰਨ੍ਹ ਕੇ ਬਣਾਏ ਮਿਆਰੀ (Standard) ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਦੇ ਨਿਰਮਾਣ ਵਿੱਚ ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਸਤੇਮਾਲ ਕੀਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ।

ਧਾਤਾਂ ਦੇ ਉਲਟ, ਅਰਧਚਾਲਕਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਤਾਪਮਾਨ ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਹੋਣ ਤੇ ਘੱਟ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਨਿਰਭਰਤਾ ਨੂੰ ਚਿੱਤਰ 3.11 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਅਸੀਂ ਸਮੀਕਰਨ (3.23) ਵਿੱਚ ਵਿਉਤਪਨ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਦੀ ਤਾਪਮਾਨ ਨਿਰਭਰਤਾ ਨੂੰ ਗੁਣਾਤਮਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਮਝ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਸਮੀਕਰਨ ਦੁਆਰਾ ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਦਰਸਾਈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{m}{ne^2\tau} \qquad (3.27)$$

ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਆਇਤਨ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ ਅਤੇ ਉਸ ਵਿੱਚ ਹੋਣ ਵਾਲੀਆਂ ਟੱਕਰਾਂ ਤੇ ਉਲਟਕ੍ਰਮ ਢੰਗ (reciprocal) ਨਾਲ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ-ਜਿਵੇਂ ਅਸੀਂ ਤਾਪਮਾਨ ਵਧਾਉਂਦੇ ਹਾਂ, ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਔਸਤ ਚਾਲ ਵਧਦੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਟੱਕਰਾਂ ਦੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਵੀ ਵੱਧਦੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਟੱਕਰਾਂ ਦਾ ਔਸਤ ਸਮਾਂ τ, ਤਾਪਮਾਨ ਦੇ ਨਾਲ ਘੱਟਦਾ ਹੈ।

ਧਾਤਾਂ ਵਿੱਚ n ਦੀ ਤਾਪਮਾਨ ਨਿਰਭਰਤਾ ਉਪੇਖਿਤ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ, ਇਸਲਈ ਤਾਪਮਾਨ ਵਧਨ ਨਾਲ τ ਦੇ ਮਾਨ ਦੇ ਘਟਨ ਦੇ ਕਾਰਨ ρ ਵੱਧਦਾ ਹੈ, ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰੇਖਣ ਕੀਤਾ ਹੈ।

ਬੇਸ਼ਕ ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ ਅਤੇ ਅਰਧਚਾਲਕਾਂ ਵਿੱਚ ਤਾਪਮਾਨ ਵਿੱਚ ਵਾਧੇ ਦੇ ਨਾਲ n ਵਿੱਚ ਵੀ ਵਾਧਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਵਾਧਾ ਸਮੀਕਰਨ (3.23) ਵਿੱਚ τ ਵਿੱਚ ਹੋਣ ਵਾਲੀ ਕਿਸੇ ਵੀ ਕਮੀ ਤੋਂ ਵੀ ਵੱਧ ਦਾ ਘਾਟਾ ਪੂਰਾ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਅਜਿਹੇ ਪਦਾਰਥਾਂ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ρ ਦਾ ਮਾਨ ਤਾਪਮਾਨ ਦੇ ਨਾਲ ਘੱਟ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 3.3— ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਟੋਸਟਰ ਵਿੱਚ ਨਾਈਕ੍ਰੋਮ ਦੇ ਬਣੇ ਹੀਟੀਂਗ ਐਲੀਮੈਂਟ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਦੋਂ ਇਸ ਵਿੱਚ ਇਕ ਬਹੁਤ ਹੀ ਘੱਟ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਲੰਘਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਕਮਰੇ ਦੇ ਤਾਪਮਾਨ ਤੇ (27.0 °C) ਇਸਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ 75.3 Ω ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਇਸ ਟੋਸਟਰ ਨੂੰ 230 V ਸਪਲਾਈ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਕੁਝ ਸੈਕੰਡ ਵਿਚ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ 2.68 A ਦਾ ਸਥਾਈ ਕਰੰਟ ਸਥਾਪਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਨਾਈਕ੍ਰੋਮ-ਐਲੀਮੈਂਟ ਦਾ ਸਥਾਈ ਤਾਪਮਾਨ ਕੀ ਹੈ? ਨਾਈਕ੍ਰੋਮ ਦਾ ਵਰਤੋਂ ਵਿੱਚ ਆਈ ਤਾਪਮਾਨ ਰੇਂਜ ਵਿੱਚ ਔਸਤ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਤਾਪ ਗੁਣਾਂਕ $1.70 \times 10^{-4}\ °C^{-1}$ ਹੈ।

ਹੱਲ— ਜਦੋਂ ਐਲੀਮੈਂਟ ਵਿੱਚ ਕਰੰਟ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੈ ਤਾਂ ਤਾਪੀ ਪ੍ਰਭਾਵਾਂ ਦੀ ਉਪੇਖਿਆ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਤਦ ਐਲੀਮੈਂਟ ਦਾ ਤਾਪਮਾਨ T_1 ਕਮਰੇ ਦੇ ਤਾਪਮਾਨ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਟੋਸਟਰ ਨੂੰ ਸਪਲਾਈ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਆਰੰਭਿਕ ਕਰੰਟ ਸਥਾਈ ਮਾਨ 2.68 A ਤੋਂ ਕੁਝ ਵੱਧ ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ ਪਰ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਦੇ ਤਾਪੀ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੇ ਕਾਰਨ ਤਾਪਮਾਨ ਵਧੇਗਾ। ਇਹ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਨੂੰ ਵਧਾਏਗਾ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਕਮੀ ਆਵੇਗੀ। ਕੁਝ ਸੈਕੰਡ ਵਿੱਚ ਸਥਾਈ ਅਵਸਥਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋ ਜਾਵੇਗੀ ਅਤੇ ਤਾਪਮਾਨ ਹੋਰ ਨਹੀਂ ਵਧੇਗਾ। ਐਲੀਮੈਂਟ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਅਤੇ ਸਪਲਾਈ ਤੋਂ ਲਿਆ ਗਿਆ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਦੋਨੋਂ ਹੀ ਸਥਾਈ ਮਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਲੈਣਗੇ ਤਾਂ ਸਥਾਈ ਤਾਪਮਾਨ T_2 ਤੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R_2 ਦਾ ਮਾਨ

$$R_2 = \frac{230\text{V}}{2.68\text{A}} = 85.8\ \Omega$$

ਸੰਬੰਧ $R_2 = R_1\,[1 + \alpha\,(T_2 - T_1)]$ ਦੀ ਵਰਤੋਂ, ਸੰਬੰਧ

$\alpha = 1.70 \times 10^{-4}\ °C^{-1}$, ਦੇ ਨਾਲ ਕਰਨ ਤੇ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$T_2 - T_1 = \frac{(85.8-75.3)}{(75.3)\times 1.70\times 10^{-4}} = 820\ °C$$

ਅਰਥਾਤ $T_2 = (820 + 27.0)\ °C = 847\ °C$

ਇਸ ਤਰਾਂ, ਹੀਟਿੰਗ ਐਲੀਮੈਂਟ ਦਾ ਤਾਪਮਾਨ (ਜਦੋਂ ਕਰੰਟ ਦੇ ਕਾਰਨ ਤਾਪੀ ਪ੍ਰਭਾਵ ਆਲੇ ਦੁਆਲੇ ਵਿੱਚ ਹੋਏ ਤਾਪ ਊਰਜਾ ਦੇ ਪੈ ਕੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ) 847 °C ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 3.4— ਪਲਾਟੀਨਮ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਤਾਪਮਾਪੀ ਦੇ ਪਲਾਟੀਨਮ ਦੇ ਤਾਰ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਬਰਫ਼ ਦੇ ਜਮਣ ਤਾਪਮਾਨ ਤੇ 5 Ω ਹੈ ਅਤੇ ਭਾਫ਼ ਬਿੰਦੂ ਤੇ 5.23 Ω ਹੈ। ਜਦੋਂ ਤਾਪਮਾਪੀ (ਥਰਮਾਮੀਟਰ) ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਹੱਟ ਬਾਥ (hot bath) ਵਿਚ ਪਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਪਲਾਟੀਨਮ ਦੇ ਤਾਰ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ 5.795 Ω ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਬਾਥ ਦਾ ਤਾਪਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ— $R_0 = 5\ \Omega$, $R_{100} = 5.23\ \Omega$ ਅਤੇ $R_t = 5.795\ \Omega$

ਹੁਣ, $$t = \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0}\times 100, \qquad R_t = R_0\,(1+\alpha\, t)$$

$$= \frac{5.795-5}{5.23-5} \times 100$$

$$= \frac{0.795}{0.23} \times 100 = 345.65\ ^\circ C$$

3.9 ਬਿਜਲਈ ਊਰਜਾ, ਸ਼ਕਤੀ (ELECTRICAL ENERGY, POWER)

ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ AB ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ ਜਿਸ ਵਿੱਚ A ਤੋਂ B ਵੱਲ I ਕਰੰਟ ਵਗ ਰਿਹਾ ਹੈ। A ਅਤੇ B ਤੇ ਬਿਜਲਈ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਕ੍ਰਮਵਾਰ V(A) ਅਤੇ V(B) ਨਾਲ ਦਰਸਾਏ ਗਏ ਹਨ। ਕਿਉਂਕਿ ਕਰੰਟ A ਤੋਂ B ਵਲ ਵਗਦਾ ਪਿਆ ਹੈ, $V(A) > V(B)$ (V_A ਦਾ ਮੁੱਲ V_B ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੈ) ਅਤੇ ਚਾਲਕ AB ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਦੇ ਵਿਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ $V = V(A) - V(B) > 0$ ਹੈ।

Δt ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ, ਚਾਰਜ ਦੀ ਇੱਕ ਮਾਤਰਾ $\Delta Q = I\,\Delta t$ A ਤੋਂ B ਵਲ ਚਲਦੀ ਹੈ। ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਅਨੁਸਾਰ ਬਿੰਦੂ A ਤੇ ਚਾਰਜ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ $Q\ V$(A) ਸੀ ਅਤੇ ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਿੰਦੂ B ਤੇ ਚਾਰਜ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ $Q\ V$(B) ਹੈ। ਇਸਲਈ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਇਹ ਪਰਿਵਰਤਨ ΔU_{pot} ਹੈ

ΔU_{pot} = ਅੰਤਿਮ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ − ਆਰੰਭਿਕ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ

$$= \Delta Q[(V(B) - V(A)] = -\Delta Q\ V$$

$$= -I\ V\Delta t < 0 \qquad (3.28)$$

ਜੇ ਚਾਰਜ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਬਿਨਾਂ ਟੱਕਰ ਕੀਤੇ ਗਤੀਮਾਨ ਹਨ ਤਾਂ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਗਤੀਜ ਊਰਜਾ ਵੀ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ ਕਿ ਸਾਰੀ ਊਰਜਾ ਅਪਰਵਰਤਿਤ ਰਹੇ। ਸਾਰੀ ਊਰਜਾ ਦੇ ਸੁਰਖਿਅਣ ਤੋਂ ਇਹ ਪਰਿਣਾਮ ਨਿਕਲਦਾ ਹੈ ਕਿ

$$\Delta K = -\Delta U_{pot} \qquad (3.29)$$

ਜਾਂ

$$\Delta K = I\ V\Delta t > 0 \qquad (3.30)$$

ਇਸ ਲਈ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਕਾਰਨ ਜੇ ਚਾਰਜ ਮੁਕਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਗਤੀਜ਼ ਊਰਜਾ ਵਧ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਬੇਸ਼ਕ, ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਸਮਝਿਆ ਹੈ ਕਿ ਆਮ ਕਰਕੇ, ਚਾਰਜ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਗਤੀ ਨਾਲ ਨਹੀਂ ਚਲਦੇ ਬਲਕਿ ਅਪਰਿਵਰਤੀ ਡ੍ਰਿਫਟ ਵੇਗ ਨਾਲ ਚਲਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਲੰਘਣ ਦੇ ਸਮੇਂ ਦੌਰਾਨ ਆਇਨਾਂ ਅਤੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਨਾਲ ਟੱਕਰਾਂ ਕਾਰਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਟੱਕਰਾਂ ਦੇ ਸਮੇਂ ਚਾਰਜਾਂ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀ ਗਈ ਊਰਜਾ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਨਾਲ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਵੰਡ ਲਈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਪਰਮਾਣੂ ਵਧੇਰੇ ਪ੍ਰਬਲ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕੰਪਨ ਕਰਦੇ ਹਨ ਭਾਵ ਚਾਲਕ ਗਰਮ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਕ ਅਸਲੀ ਚਾਲਕ ਵਿੱਚ ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ Δt ਵਿਚ ਤਾਪ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਖੈ ਊਰਜਾ ਦੀ ਮਿਕਦਾਰ

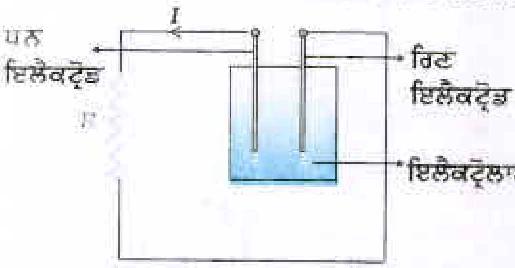
$$\Delta W = I\ V\Delta t \qquad (3.31)$$

ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਖੈ ਹੋਈ ਊਰਜਾ ਖੋ ਹੋਈ ਸ਼ਕਤੀ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ $P = \Delta W/\Delta t$ ਅਤੇ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ

$$P = I\,V \qquad (3.32)$$

ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ $V = IR$ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ

$$P = I^2 R = V^2/R \qquad (3.33)$$



ਚਿੱਤਰ 3.12 ਸੈਲ ਦੇ ਟਰਮੀਨਲਾਂ ਨਾਲ ਜੋੜੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ R ਵਿੱਚ ਤਾਪ ਊਰਜਾ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ R ਵਿੱਚ ਖੈ ਹੋਈ ਊਰਜਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਲਾਈਟ ਦੀ ਰਸਾਇਣਿਕ ਊਰਜਾ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

ਜੋ ਕਿ R ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੇ ਚਾਲਕ ਜਿਸ ਵਿਚੋਂ I ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਵਿਚ ਹੋਣ ਵਾਲੀ ਸ਼ਕਤੀ ਦਾ ਖੈ (ਓਹਮੀ ਖੈ) ਹੈ। ਇਹ ਓਹੀ ਸ਼ਕਤੀ ਹੈ ਜੋ, ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ ਕਿਸੇ ਤਾਪਦੀਪਤ (Incandescence) ਬਿਜਲਈ ਬਲਬ ਦੀ ਕੁੰਡਲੀ ਨੂੰ ਰੋਸ਼ਨ ਕਰਦੀ ਹੈ, ਜਿਸ ਕਾਰਨ ਉਹ ਤਾਪ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਵਿਕਿਰਣ ਕਰਦਾ ਹੈ।

ਇਹ ਸ਼ਕਤੀ ਕਿਥੋਂ ਆਉਂਦੀ ਹੈ? ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਹੀ ਸਪਸ਼ਟ ਕਰ ਚੁਕੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਵਿਚ ਸਥਾਈ ਕਰੰਟ ਦਾ ਪ੍ਰਵਾਹ ਬਣਾਏ ਰੱਖਣ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਇੱਕ ਬਾਹਰੀ ਸ੍ਰੋਤ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਸਪਸ਼ਟ ਤੌਰ ਤੇ ਇਹੀ ਸ੍ਰੋਤ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਇਸ ਸ਼ਕਤੀ ਦੀ ਪੂਰਤੀ ਕਰਨੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ (3.12) ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਸੈਲ ਦੇ ਨਾਲ ਦਰਸਾਏ ਗਏ ਇੱਕ ਸਰਲ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ ਇਹ ਸੈਲ ਦੀ ਹੀ ਰਸਾਇਣਿਕ ਊਰਜਾ ਹੈ ਜੋ ਇਸ ਸ਼ਕਤੀ ਦੀ ਪੂਰਤੀ ਜਦੋਂ ਤੱਕ ਕਰ ਸਕੇ, ਕਰਦੀ ਹੈ।

ਸਮੀਕਰਨਾਂ (3.32) ਅਤੇ (3.33) ਵਿੱਚ ਸ਼ਕਤੀ ਨੂੰ ਲਈ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਵਿਅੰਜਕ ਤੋਂ ਇਹ ਸਾਫ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ R ਵਿੱਚ ਖੈ ਹੋਈ ਸ਼ਕਤੀ ਉਸ ਚਾਲਕ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਦੇ ਕਰੰਟ ਅਤੇ ਉਸਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਦੀ ਵੋਲਟੇਜ ਤੇ ਕਿਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ।

ਸਮੀਕਰਨ (3.33) ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਸ਼ਕਤੀ ਸੰਚਾਰ ਵਿੱਚ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਇਸਤੇਮਾਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਬਿਜਲਈ ਸ਼ਕਤੀ ਦਾ ਸੰਚਾਰ ਪਾਵਰ ਸਟੇਸ਼ਨ ਤੋਂ ਘਰਾਂ ਅਤੇ ਕਾਰਖਾਨਿਆਂ ਵਿੱਚ ਸੰਚਾਰ, ਕੇਬਲ ਦੁਆਰਾ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜੋ ਕਿ ਸੈਂਕੜੇ ਮੀਲ ਦੂਰ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਸਾਫ਼ ਹੈ ਕਿ ਅਸੀਂ ਪਾਵਰ ਸਟੇਸ਼ਨਾਂ ਤੋਂ ਘਰਾਂ ਅਤੇ ਕਾਰਖਾਨਿਆਂ ਨਾਲ ਜੋੜਨ ਵਾਲੇ ਸੰਚਾਰ ਕੇਬਲ ਵਿੱਚ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਸ਼ਕਤੀ ਖੈ ਨੂੰ ਨਿਊਨਤਮ ਕਰਨਾ ਚਾਹਾਂਗੇ। ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਸਮਝਾਂਗੇ ਕਿ ਇਸ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਫਲ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇੱਕ ਯੁਕਤੀ R ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ ਜਿਸ ਵਿੱਚ R_c ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਵਾਲੀ ਸੰਚਾਰ ਕੇਬਲ ਵਿੱਚੋਂ ਹੋਕੇ ਸ਼ਕਤੀ P ਨੂੰ ਪਹੁੰਚਾਉਂਣਾ ਹੈ, ਜਿਸ ਨੇ ਆਖਿਰ ਵਿਚ ਖੈ ਹੋਣਾ ਹੈ ਜੇ R ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਵਿੱਚ ਵੋਲਟੇਜ V ਹੈ ਅਤੇ ਉਸ ਵਿਚੋਂ I ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ ਤਾਂ

$$P = VI \tag{3.34}$$

ਪਾਵਰ ਸਟੇਸ਼ਨ ਨਾਲ ਯੁਕਤੀ ਨੂੰ ਜੋੜਨ ਵਾਲੀਆਂ ਸੰਯੋਜੀ ਤਾਰਾਂ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਸੀਮਿਤ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ R_c ਹੈ। ਸੰਯੋਜਕ ਤਾਰਾਂ ਵਿਚ ਊਰਜਾ ਖੈ P_c ਜੋ ਕਿ ਫਾਲਤੂ ਵਿੱਚ ਹੀ ਖਰਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$P_c = I^2 R_c$$

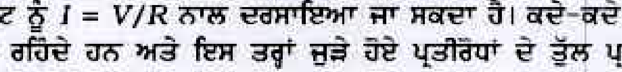
$$\frac{P^2 R_c}{V^2} \tag{3.35}$$

ਸਮੀਕਰਨ (3.32) ਤੋਂ। ਇਸਲਈ ਸ਼ਕਤੀ P ਦਾ ਕਿਸੇ ਯੁਕਤੀ ਨੂੰ ਸੰਚਾਲਿਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ, ਸੰਯੋਜਕ ਤਾਰ ਵਿੱਚ ਸ਼ਕਤੀ ਦੀ ਹਾਨੀ V^2 ਦੇ ਉਲਟ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ। ਪਾਵਰ ਸਟੇਸ਼ਨ ਤੋਂ ਆਉਣ ਵਾਲੀਆਂ ਸੰਚਾਰ ਕੇਬਲਾਂ ਸੈਂਕੜਿਆਂ ਮੀਲ ਲੰਬੀਆਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R_c ਕਾਫੀ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਸੰਚਾਰ ਵਿੱਚ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਸ਼ਕਤੀ ਖੈ P_c ਨੂੰ ਘੱਟ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਇਹਨਾਂ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹੀ ਤਾਰਾਂ ਵਿਚੋਂ ਵੱਡੇ ਮਾਨ ਵਾਲੀ ਵੋਲਟੇਜ V ਤੇ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ਭੇਜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਹੀ ਕਾਰਨ ਹੈ ਕਿ ਇਹਨਾਂ ਸ਼ਕਤੀ ਸੰਚਾਰ ਲਾਈਨਾਂ ਤੇ ਉੱਚ ਵੋਲਟੇਜ ਦੇ ਖਤਰੇ ਦਾ ਚਿੰਨ੍ਹ ਬਣਿਆ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜੋ ਕਿ ਆਬਾਦੀ ਵਾਲੇ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਦੂਰ ਜਾਣ ਤੇ ਇੱਕ ਆਮ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਹੈ। ਇਨ੍ਹੀ ਉੱਚ ਵੋਲਟੇਜ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਕਰੰਟ ਦੀ ਵੋਲਟੇਜ ਨੂੰ ਵਰਤੋਂ ਲਈ ਢੁਕਵੇਂ ਮਾਨ ਤੱਕ ਇੱਕ ਯੁਕਤੀ ਦੁਆਰਾ ਜਿਸ ਨੂੰ ਟਰਾਂਸਫਾਰਮਰ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਘਟ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

3.10 ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਾਂ ਨੂੰ ਜੋੜਨਾ-ਲੜੀਵੱਧ ਅਤੇ ਸਮਾਂਤਰ

(Combination of Resistors S eries and Parallel)

ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਤੋਂ, ਇੱਕ ਇਕੱਲੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ R ਜਿਸਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V ਹੈ, ਵਿਚੋਂ ਵਗਦੇ ਕਰੰਟ ਨੂੰ $I = V/R$ ਨਾਲ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਕਦੇ-ਕਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜੁੜੇ ਹੋਏ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਾਂ ਦੇ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦਾ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਕੁਝ ਸਰਲ ਨਿਯਮ ਹਨ।

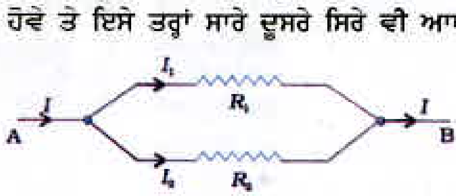


ਚਿੱਤਰ 3.13 ਦੋ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ R_1 ਅਤੇ R_2 ਨੂੰ ਲੜੀਵੱਧ ਜੋੜਨਾ।

ਦੋ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ *ਲੜੀਵੱਧ ਜੁੜੇ* ਕਹੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ ਜਦੋਂ ਉਹਨਾਂ ਦਾ ਸਿਰਫ ਇੱਕ ਸਿਰਾ ਹੀ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 3.13)। ਜੇ ਇੱਕ ਤੀਸਰਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ, ਦੋਨਾਂ ਨਾਲ ਲੜੀ ਵਿੱਚ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 3.14) ਤਾਂ ਤਿੰਨੇ ਲੜੀ ਵੱਧ ਜੁੜੇ ਕਹੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਇਸ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਦਾ ਵਿਸਤਾਰ ਕਈ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਨੂੰ ਲੜੀ ਵਿੱਚ ਜੋੜਨ ਲਈ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

ਚਿੱਤਰ 3.14 ਤਿੰਨ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ R_1, R_2 ਅਤੇ R_3 ਨੂੰ ਲੜੀਵੱਧ ਜੋੜਨਾ।

ਦੋ ਜਾਂ ਵੱਧ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਸਮਾਂਤਰ ਵਿੱਚ ਜੁੜੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਜੇ ਸਾਰੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਦਾ ਇੱਕ ਸਿਰਾ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਜੁੜਿਆ ਹੋਵੇ ਤੇ ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਾਰੇ ਦੂਸਰੇ ਸਿਰੇ ਵੀ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਜੁੜੇ ਹੋਣ (ਚਿੱਤਰ 3.15)



ਚਿੱਤਰ 3.15 ਦੋ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ R_1 ਅਤੇ R_2 ਨੂੰ ਸਮਾਂਤਰ ਵਿੱਚ ਜੋੜਨਾ।

ਦੋ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ R_1 ਅਤੇ R_2 ਦੇ ਲੜੀਵੱਧ ਜੋੜਨ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਜੋ ਚਾਰਜ R_1 ਵਿਚੋਂ ਜਾ ਰਿਹਾ ਹੈ ਉਸ ਨੂੰ R_2 ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਨਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ, ਚਾਰਜ ਦੇ ਵਗਣ ਦੀ ਦਰ ਦਾ ਮਾਪ ਹੈ ਇਸ ਦਾ ਅਰਥ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਕਰੰਟ R_1 ਅਤੇ R_2 ਤੋਂ ਹੋਕੇ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਤੋਂ—

R_1 ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ $= V_1 = I R_1$, ਅਤੇ

R_2 ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ $= V_2 = I R_2$.

ਜੋੜਨ ਤੋਂ ਬਾਦ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V, V_1+V_2 ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ, ਇਸਲਈ

$$V = V_1 + V_2 = I(R_1 + R_2) \tag{3.36}$$

ਇਹ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਜੋੜਨ ਦੇ ਬਾਦ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ R_{eq} ਹੁੰਦਾ, ਜੋ ਕਿ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਤੋਂ

$$R_{eq} \equiv \frac{V}{I} = (R_1 + R_2) \tag{3.37}$$

ਜੇ ਸਾਡੇ ਕੋਲ ਤਿੰਨ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਲੜੀਵੱਧ ਜੁੜੇ ਹਨ ਤਾਂ ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ

$$V = I R_1 + I R_2 + I R_3 = I(R_1 + R_2 + R_3). \tag{3.38}$$

ਸਾਫ਼ ਤੌਰ ਤੇ ਇਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਦੀ ਕਿਸੇ ਵੀ ਸੰਖਿਆ n, R_1, R_2 ...... R_n ਦੇ ਲੜੀਵੱਧ ਜੋੜਾਂ ਲਈ ਵਿਸਤਾਰਿਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R_{eq} ਹੋਵੇਗਾ।

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \ldots + R_n \tag{3.39}$$

ਹੁਣ ਦੋ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਜੁੜਨ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ (ਚਿੱਤਰ 3.15)। ਜੋ ਚਾਰਜ, A ਦੇ ਖੱਬੇ ਪਾਸੇ ਤੋਂ ਅੰਦਰ ਲੰਘਦਾ ਹੈ, ਉਸ ਦਾ ਕੁਝ ਅੰਸ਼ R_1 ਵਿਚੋਂ ਅਤੇ ਕੁਝ ਅੰਸ਼ R_2 ਵਿਚੋਂ ਹੋਕੇ ਬਾਹਰ ਵਗ ਜਾਵੇਗਾ। ਚਿੱਤਰ ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ I, I_1, I_2 ਦਰਸਾਏ ਬਿੰਦੂਆਂ ਤੇ ਚਾਰਜ ਦੇ ਵਗਣ ਦੀ ਦਰ ਹਨ। ਇਸਲਈ

$$I = I_1 + I_2 \tag{3.40}$$

R_1 ਤੇ ਓਹਮ ਦਾ ਨਿਯਮ ਲਾਗੂ ਕਰਨ ਤੇ, A ਅਤੇ B ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ

$$V = I_1 R_1 \tag{3.41}$$

ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ, R_2 ਤੇ ਓਹਮ ਦਾ ਨਿਯਮ ਲਾਗੂ ਕਰਨ ਤੇ

$$V = I_2 R_2 \tag{3.42}$$

$$\therefore I = I_1 + I_2 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \tag{3.43}$$

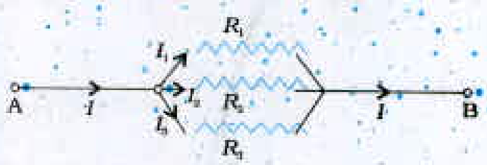
ਜੇ ਜੋੜ ਨੂੰ ਇੱਕ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R_{eq} ਨਾਲ ਬਦਲਿਆ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਤੋਂ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਾਂਗੇ

$$I = \frac{V}{R_{eq}} \tag{3.44}$$

ਇਸਲਈ

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} \quad \frac{1}{R_2} \tag{3.45}$$

ਅਸੀਂ ਸੌਖਿਆਂ ਹੀ ਇਹ ਸਮਝ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਤਿੰਨ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਨੂੰ ਸਮਾਂਤਰ ਜੋੜਨ ਤੇ ਇਸ ਨੂੰ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਸਤਾਰਿਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ (ਚਿੱਤਰ 3.16)।



ਠੀਕ ਪਹਿਲਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \tag{3.46}$$

ਅਤੇ R_1, R_2 ਅਤੇ R_3 ਤੇ ਓਹਮ ਦਾ ਨਿਯਮ ਲਾਗੂ ਕਰਨ ਤੇ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ

$$V = I_1 R_1,\ V = I_2 R_2,\ V = I_3 R_3 \tag{3.47}$$

ਜਿਸ ਤੋਂ ਕਿ

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) \tag{3.48}$$

ਇੱਕ ਸਮਤੁਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R_{eq} ਜੋ ਕਿ ਜੋੜੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਦੀ ਥਾਂ ਲੈ ਲਵੇ ਤਾਂ

$$I = \frac{V}{R_{eq}} \tag{3.49}$$

ਇਸ ਲਈ

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \tag{3.50}$$

ਸਮਾਂਤਰ ਵਿੱਚ ਜੁੜੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਦੀ ਕੋਈ ਵੀ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਲਈ ਇਸੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਅਸੀਂ ਵਿਅੰਜਕ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਸਮਾਂਤਰ ਵਿਚ ਜੁੜੇ n ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ R_1, R_2 . . . .R_n ਦਾ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਹੈ

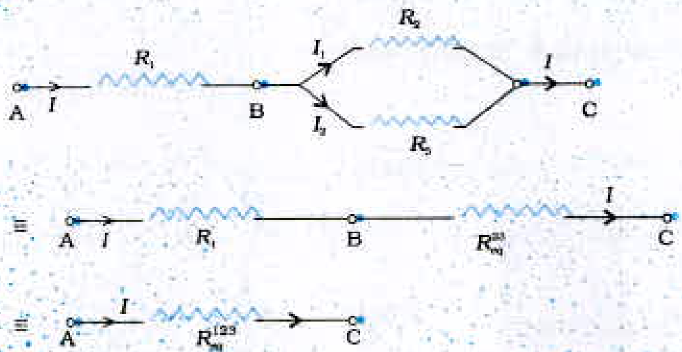
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n} \tag{3.51}$$

ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਦੇ ਇਹਨਾਂ ਸੂਤਰਾਂ [ਸਮੀਕਰਨ (3.39) ਅਤੇ ਸਮੀਕਰਨ (3.51) ਨੂੰ ਵੱਧ ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਸਰਕਟਾਂ ਦੇ ਕਰੰਟ ਅਤੇ ਵੋਲਟੇਜ ਪਤਾ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਵਰਤਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਚਿੱਤਰ (3.17) ਦੇ ਸਰਕਟ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ, ਜਿਥੇ ਤਿੰਨ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ] R_1, R_2

ਅਤੇ R_3 ਹਨ। R_2 ਅਤੇ R_3 ਸਮਾਂਤਰ ਵਿਚ ਜੁੜੇ ਹਨ, ਇਸਲਈ ਅਸੀਂ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਬਿੰਦੂਆਂ B ਅਤੇ C ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਇੱਕ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R_{eq}^{23} ਨਾਲ ਬਦਲ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

$$\frac{1}{R_{eq}^{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\text{or, } R_{eq}^{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \qquad (3.52)$$



ਚਿੱਤਰ 3.17 ਤਿੰਨ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ R_1, R_2 ਅਤੇ R_3 ਨੂੰ ਜੋੜਨਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ R_1 ਦੇ ਨਾਲ ਲੜੀਵਾਰ ਢੰਗ ਨਾਲ ਜੁੜੇ R_2 ਅਤੇ R_3 ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਦਾ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ
ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ R_1, R_2 ਅਤੇ R_3 ਦਾ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ

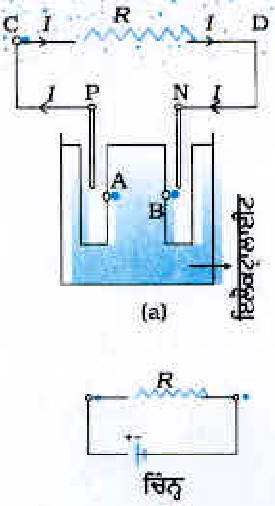
ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ ਹੁਣ R_1 ਅਤੇ R_{eq}^{23} ਲੜੀਵੱਧ ਵਿੱਚ ਹਨ, ਇਸ ਲਈ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਜੋੜ ਨੂੰ ਇੱਕ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R_{eq}^{123} ਨਾਲ ਬਦਲ ਸਕਦੇ ਹਾਂ

$$R_{eq}^{123} = R_{eq}^{23} + R_1 \qquad (3.53)$$

ਜੇ A ਅਤੇ C ਵਿਚਕਾਰ ਵੋਲਟੇਜ V ਹੈ ਤਾਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਦਾ ਮਾਨ

$$I = \frac{V}{R_{eq}^{123}} = \frac{V}{R_1 + [R_2 R_3 / (R_2 + R_3)]}$$

$$= \frac{V(R_2 + R_3)}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} \qquad (3.54)$$



ਚਿੱਤਰ 3.18 (a) ਧਨਾਤਮਕ ਟਰਮੀਨਲ P ਅਤੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਟਰਮੀਨਲ N ਦੇ ਨਾਲ ਇਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਲੀਟੀਕ ਸੈਲ ਦਾ ਰੇਖਾ ਚਿੱਤਰ। ਸਪਸ਼ਟਤਾ ਦੇ ਲਈ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਦੂਰੀ ਵਧਾਈ ਗਈ ਹੈ। ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਲਾਈਟ ਵਿੱਚ A ਅਤੇ B ਬਿੰਦੂ P ਅਤੇ N ਦੇ ਨੇੜੇ ਹਨ (b) ਇੱਕ ਸੈਲ ਦਾ ਸੰਕੇਤ + ਚਿੰਨ੍ਹ P ਨੂੰ ਅਤੇ – ਦਾ ਚਿੰਨ੍ਹ N ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡ ਨੂੰ ਦੱਸਦਾ ਹੈ। ਸੈਲ ਦੇ ਨਾਲ ਬਿਜਲਈ ਜੋੜ P ਅਤੇ N ਨਾਲ ਬਣਾਏ ਜਾਂਦੇ ਹਨ।

3.11 ਸੈਲ, ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ (EMF), ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ (CELLS, EMF, INTERNAL RESISTANCE)

ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਹੀ ਦਸਿਆ ਹੈ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਲੀਟੀਕ ਸੈਲ (Electrolytic Cell) ਬਿਜਲਈ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ ਸਥਾਈ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ਬਣਾਈ ਰੱਖਣ ਲਈ ਸਰਲ ਯੁਕਤੀ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਚਿੱਤਰ 3.18 ਵਿੱਚ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ, ਮੂਲ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਕ ਸੈਲ ਦੇ ਦੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਜੋ ਕਿ ਧਨਾਤਮਕ (P) ਅਤੇ ਰਿਣਾਤਮਕ (N) ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਲਾਈਟ (Electrolyte) ਵਿੱਚ ਡੁਬੇ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਘੋਲ ਵਿੱਚ ਡੁਬੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਲਾਈਟ ਦੇ ਨਾਲ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ ਅਦਲਾ-ਬਦਲੀ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਧਨਾਤਮਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡ ਦੇ ਬਿਲਕੁਲ ਨੇੜੇ ਬਿਜਲਈ ਅਪਘਟਨੀ ਘੋਲ ਦੇ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ A ਤੇ [ਚਿੱਤਰ (3.18(a)] ਅਤੇ ਇਸ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡ ਦੇ ਵਿਚ ਇਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V_+ $(V_+ > 0)$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਰਿਣਾਤਮਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡ ਆਪਣੇ ਬਿਲਕੁਲ ਨੇੜੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਲਾਈਟ (Electrolyte) ਦੇ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ B ਦੇ ਸਾਖੇਪ ਇੱਕ ਰਿਣਾਤਮਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ–(V_-) $(V_- \geq 0)$ ਤੇ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਨਹੀਂ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੁੰਦਾ ਤਾਂ ਸਾਰਾ ਬਿਜਲਈ ਅਪਘਟਨੀ ਘੋਲ ਦਾ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਿਸ ਨਾਲ P ਅਤੇ N ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ $V_+ - (-V) = V_+ + V_-$ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਅੰਤਰ ਨੂੰ ਸੈਲ ਦਾ *ਬਿਜਲਈ ਵਾਹਕ ਬਲ (electromotive force* (emf)) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ ε ਨਾਲ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ

$$\varepsilon = V_+ + V_- > 0 \qquad (3.55)$$

ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕਿ ε ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਹੈ, ਬਲ ਨਹੀਂ। ਬੇਸ਼ਕ, ਦਿਸਦੇ ਨਾਮ ਦੇ ਲਈ ਬਿਜਲਈ ਵਾਹਕ ਬਲ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਇਤਿਹਾਸਿਕ ਕਾਰਨ ਕਰਕੇ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ

ਇਹ ਨਾਮ ਉਸ ਸਮੇਂ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਸੀ ਜਦੋਂ ਇਹ ਵਰਤਾਰਾ ਸਹੀ ਢੰਗ ਨਾਲ ਸਮਝਿਆ ਨਹੀਂ ਗਿਆ ਸੀ।

ε ਦਾ ਮਹੱਤਵ ਸਮਝਣ ਦੇ ਲਈ, ਸੈਲ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਇੱਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ R ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ (ਚਿੱਤਰ 3.18)। R ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਕੇ ਇੱਕ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ C ਤੋਂ D ਵੱਲ ਵਗਦਾ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਪਹਿਲਾਂ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ ਜਾ ਚੁਕੀ ਹੈ। ਇਕ ਸਥਾਈ ਕਰੰਟ ਬਣਾ ਕੇ ਰਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਲਾਈਟ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਕੇ N ਤੋਂ P ਵਲ ਵਗਦਾ ਹੈ। ਸਾਫ ਹੈ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਲਾਈਟ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਕੇ ਇਹ ਕਰੰਟ N ਤੋਂ P ਵੱਲ ਵਗਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂਕਿ R ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਕੇ ਇਹੀ ਕਰੰਟ P ਤੋਂ N ਵੱਲ ਵਗਦਾ ਹੈ।

ਜਿਸ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਲਾਈਟ ਵਿਚੋਂ ਦੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘਦਾ ਹੈ ਉਸਦਾ ਇੱਕ ਸੀਮਿਤ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ r ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਸੈਲ ਦਾ *ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ* (internal resistance) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਪਹਿਲਾਂ ਅਸੀਂ ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ ਜਦੋਂ R ਅਨੰਤ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ ਕਿ $I = V/R = 0$, ਜਿਥੇ V, P ਅਤੇ N ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਹੈ। ਹੁਣ

V = P ਅਤੇ A ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ

+ A ਅਤੇ B ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ

+ B ਅਤੇ N ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ

$$= \varepsilon \tag{3.56}$$

ਇਸ ਲਈ ਬਿਜਲਈ ਵਾਹਕ ਬਲ ε ਇੱਕ ਖੁਲੇ ਸਰਕਟ ਵਿਚ (ਅਰਥਾਤ ਜਦੋਂ ਸੈਲ ਵਿਚੋਂ ਦੀ ਕਰੰਟ ਨਾ ਲੰਘਦਾ ਹੋਵੇ) ਧਨਾਤਮਕ ਅਤੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਹੈ

ਬੇਸ਼ਕ, R ਸੀਮਿਤ ਹੈ ਤਾਂ I ਸਿਫਰ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ। ਉਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ P ਅਤੇ N ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ

$$V = V_{+} + V_{-} - I\,r$$

$$= \varepsilon - I\,r \tag{3.57}$$

A ਅਤੇ B ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਦੇ ਲਈ ਵਿਅੰਜਕ ($I\,r$) ਵਿੱਚ ਰਿਣਾਤਮਕ ਚਿੰਨ੍ਹ ਤੇ ਧਿਆਨ ਦਿਓ। ਇਹ ਇਸਲਈ ਹੈ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਲਾਈਟ ਵਿਚ ਕਰੰਟ I, B ਤੋਂ A ਵਲ ਵਗਦਾ ਹੈ।

ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਗਣਨਾਵਾਂ ਤੋਂ, ਜਦੋਂ ਕਰੰਟ I ਅਜਿਹਾ ਹੈ ਕਿ $\varepsilon >> I\,r$, ਤਾਂ ਸਰਕਟ ਵਿਚ ਸੈਲ ਦੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਨੂੰ ਨਿਗੁਣਾ ਮੰਨਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਸੈਲ ਦੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੇ ਅਸਲ ਮਾਨ, ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸੈਲਾਂ ਦੇ ਲਈ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਬੇਸ਼ਕ, ਸੁੱਕੇ ਸੈਲ (dry cell) ਦੇ ਲਈ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ, ਆਮ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਲੀਟੀਕ ਸੈਲ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਅਸੀਂ ਇਹ ਵੀ ਪੜਚੋਲ ਕੀਤੀ ਹੈ ਕਿ ਜਦੋਂ R ਵਿਚੋਂ I ਕਰੰਟ ਲੰਘਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਸਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V ਹੈ ਤਾਂ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਤੋਂ

$$V = I\,R \tag{3.58}$$

ਸਮੀਕਰਨ (3.57) ਅਤੇ (3.58) ਨੂੰ ਮਿਲਾ ਕੇ

$$I\,R = \varepsilon - I\,r$$

ਜਾਂ $$I = \frac{\varepsilon}{R \quad r} \tag{3.59}$$

$R = 0$ ਦੇ ਲਈ ਸੈਲ ਦਾ ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ (ਅਧਿਕਤਮ, maximum) ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। $I_{\text{maximum}} = \varepsilon/r$. ਬੇਸ਼ਕ ਵਧੇਰੇ ਸੈਲਾਂ ਵਿੱਚ ਅਧਿਕਤਮ ਸਵਿਕਾਰਤ ਕਰੰਟ ਇਸ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਘਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ ਸੈਲ ਨੂੰ ਸਥਾਈ ਹਾਨੀ ਤੋਂ ਬਚਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਬੱਦਲਾਂ ਵਿਚ ਚਾਰਜ CHARGES IN CLOUDS

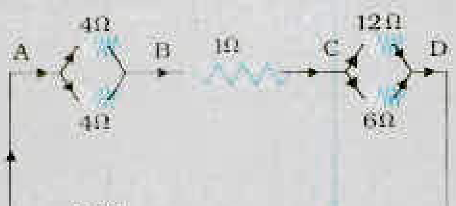
ਪੁਰਾਤਣ ਕਾਲ ਵਿੱਚ ਆਸਮਾਨੀ ਬਿਜਲੀ (lightning) ਨੂੰ ਅਲੌਕਿਕ ਉਦਗਮ ਦੀ ਵਾਯੂਮੰਡਲੀ ਕੁਝ ਛਿਣਾਂ ਦੀ ਚਮਕ ਸਮਝਿਆ ਗਿਆ। ਇਸ ਨੂੰ ਰੱਬ ਦਾ ਮਹਾਨ ਹਥਿਆਰ ਮੰਨਿਆ ਗਿਆ। ਪਰ ਅੱਜ ਆਸਮਾਨੀ ਬਿਜਲੀ ਦੇ ਵਰਤਾਰੇ ਦੀ, ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨ ਦੇ ਮੁੱਢਲੇ ਸਿਧਾਂਤਾਂ ਦੁਆਰਾ, ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ।

ਵਾਯੂਮੰਡਲੀ ਬਿਜਲੀ, ਬਿਜਲਈ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਵਖ ਹੋਣ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਆਇਨਮੰਡਲ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕ ਮੰਡਲ ਵਿੱਚ ਸੂਰਜ ਅਤੇ ਧਰਤੀ ਦੀ ਆਪਸੀ ਕਿਰਿਆ ਨਾਲ ਤੇਜ਼ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਹੇਠਲੇ ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਕਮਜ਼ੋਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਬੱਦਲਾਂ ਦੇ ਗਰਜਨ ਨਾਲ ਬਿਜਲੀ ਚਮਕਦੀ ਹੈ।

ਬੱਦਲਾਂ ਵਿਚ ਬਰਫ ਦੇ ਕਣ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਜੋ ਵੱਡੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਟਕਰਾਂਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਟੁਕੜੇ-ਟੁਕੜੇ ਹੋ ਕੇ ਵਖਰੇ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਛੋਟੇ ਵਾਲੇ ਕਣ ਧਨਾਤਮਕ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਵੱਡੇ ਵਾਲੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਚਾਰਜ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਬੱਦਲਾਂ ਦੀ ਉਪਰ ਵਲ ਨੂੰ ਡ੍ਰਿਫਟ ਅਤੇ ਧਰਤੀ ਦੀ ਖਿਚ ਕਾਰਨ ਵੱਖਰੇ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਬੱਦਲਾਂ ਦੇ ਉਪਰਲੇ ਹਿਸੇ ਤੇ ਧਨਾਤਮਕ ਅਤੇ ਮੱਧ ਭਾਗ ਤੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਚਾਰਜ ਪੈਦਾ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਿਸ ਕਾਰਕ ਦੋਧਰੁਵੀ ਰਚਨਾ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਕਦੇ-ਕਦੇ ਬੱਦਲਾਂ ਦੇ ਤਲ ਤੇ ਇਕ ਬਹੁਤ ਹੀ ਕਮਜ਼ੋਰ ਚਾਰਜ ਪੈਦਾ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਬੱਦਲਾਂ ਦੀ ਗਰਜਨਾਂ ਅਤੇ ਬਿਜਲਈ ਦੀ ਚਮਕ ਸਮੇਂ ਧਰਤੀ ਧਨ ਚਾਰਜਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਨਾਲ ਹੀ, ਕਾਸਮਿਕ (Cosmic) ਅਤੇ ਰੇਡੀਓਐਕਟੀਵ ਵਿਕਿਰਣਾਂ ਹਵਾ ਨੂੰ ਧਨ ਅਤੇ ਰਿਣ ਆਇਨਾਂ ਵਿੱਚ ਆਇਨਤ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ ਅਤੇ ਹਵਾ ਬਿਜਲਈ ਚਾਲਕ (ਕਮਜ਼ੋਰ ਰੂਪ ਵਿੱਚ) ਬਣ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਧਰਤੀ ਅਤੇ ਬੱਦਲਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਫਾਲਤੂ ਚਾਰਜਾਂ ਦਾ ਵਖਰੇਵਾਂ ਬੱਦਲਾਂ ਦੇ ਅੰਦਰ ਵੀ ਵੱਡੀ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਦਸ ਲੱਖੀ ਵੋਲਟਤਾ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਆਖਿਰ ਵਿੱਚ ਹਵਾ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਪਤੀਰੋਧ, ਭੰਗ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਆਸਮਾਨੀ ਬਿਜਲੀ ਦੀ ਚਮਕ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਤੇ ਹਜ਼ਾਰਾਂ ਐਮਪੀਅਰ ਕਰੰਟ ਵਗਦਾ ਹੈ। ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ 10^5 V/m ਦੇ ਆਰਡਰ ਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ ਵਾਰ ਦੀ ਬਿਜਲੀ ਦੀ ਚਮਕ ਔਸਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਚਾਰ ਸਟ੍ਰੋਕਾਂ ਦੀਆਂ ਲੜੀਆਂ ਵਿਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਹਰੇਕ ਚਮਕ ਜਾ ਲਿਸ਼ਕ ਨੂੰ ਲਗਿਆ ਸਮਾਂ ਲਗਭਗ 30 seconds ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਹਰੇਕ ਸਟ੍ਰੋਕ ਦੀ ਔਸਤ ਸ਼ੀਰਸ਼ ਸਮਰਥਾ ਲਗਭਗ 10^{12} watts ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਸੁੱਕੇ ਮੌਸਮ ਵਿੱਚ ਵੀ ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਖੁਸ਼ਕ ਮੌਸਮ ਦਾ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ, ਆਇਨਮੰਡਲ ਤੋਂ ਧਰਤੀ ਦੀ ਸਤਹਿ ਤੇ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹ (ਜੋ ਕਿ ਪੀਕੋਐਮਪੀਅਰ ਪ੍ਰਤੀ ਵਰਗ ਮੀਟਰ ਆਰਡਰ ਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ) ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਧਰਤੀ ਦੀ ਸਤਹਿ ਤੇ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ ਦੀ ਹੋਂਦ ਅਤੇ ਵਾਯੂਮੰਡਲੀ ਚਾਲਕਤਾ ਦੇ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਧਰਤੀ ਦਾ ਸਤਹੀ ਚਾਰਜ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਹੇਠਾਂ ਵਲ ਨਿਰਦੇਸ਼ਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਧਰਤੀ ਤੇ ਔਸਤ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਲਗਭਗ 120 V/m ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ -1.2×10^{-9} C/m^2 ਸਤਹਿ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ ਦੇ ਸੰਗਤ ਹੈ। ਧਰਤੀ ਦੀ ਸਮੂਚੀ ਸਤਹਿ ਤੇ, ਕੁਲ ਰਿਣਾਤਮਕ ਚਾਰਜ ਦੀ ਮਾਤਰਾ ਲਗਭਗ 600 kC ਹੈ। ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਵਿੱਚ ਬਰਾਬਰ ਮਾਤਰਾ ਵਿਚ ਧਨਾਤਮਕ ਚਾਰਜ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਆਪਣੇ ਰੋਜ਼ਾਨਾ ਜੀਵਨ ਵਿੱਚ ਅਨੁਭਵ ਨਹੀਂ ਕਰ ਪਾਂਦੇ। ਇਸਦਾ ਕਾਰਨ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਸਾਡੇ ਸ਼ਰੀਰ ਸਹਿਤ, ਸਾਰੀਆਂ ਵਸਤੂਆਂ ਹਵਾ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿਚ ਚਾਲਕ ਹਨ।

ਉਦਾਹਰਨ 3.5 ਚਿੱਤਰ 3.17 ਵਿਚ ਦਿਖਾਏ ਗਏ ਅਨੁਸਾਰ 1Ω ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੇ 16 V ਦੀ ਇਕ ਬੈਟਰੀ ਨਾਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਾਂ ਦੇ ਇਕ ਨੈਟਵਰਕ ਨੂੰ ਜੋੜਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। (a) ਨੈਟਵਰਕ ਦੇ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਪਤਾ ਕਰੋ। (b) ਹਰੇਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰੋ ਅਤੇ (c) ਵੋਲਟੇਜ ਡ੍ਰਾਪ V_{AB}, V_{BC} ਅਤੇ V_{CD} ਪਤਾ ਕਰੋ।



ਚਿੱਤਰ 3.17

ਉਦਾਹਰਨ 3.5

ਹਲ—

(a) ਨੈਟਵਰਕ ਲੜੀਵੱਧ ਅਤੇ ਸਮਾਂਤਰ ਵਿੱਚ ਜੁੜੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਦਾ ਸਰਲ ਸਰਕਟ ਹੈ। ਪਹਿਲਾਂ 4Ω ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਵਿਚਲੇ ਦੋ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਾਂ ਦੇ ਸਮਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ = [(4 × 4)/(4 + 4)] Ω = 2 Ω ਹੈ।

ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ, 12 Ω ਅਤੇ 6 Ω ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਵਿਚ ਜੁੜੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਦਾ ਸਮਤੁਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਹੈ

[(12 × 6)/(12 + 6)] Ω = 4 Ω.

ਇਹਨਾਂ ਦੋਨਾਂ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਾਂ (2 Ω ਅਤੇ 4 Ω) ਨੂੰ 1 Ω ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਦੇ ਨਾਲ ਲੜੀ ਵਿਚ ਜੋੜ ਕੇ ਨੈਟਵਰਕ ਦੇ ਸਮਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R ਪਤਾ ਕਰ ਲੈਂਦੇ ਹਾਂ, ਅਰਥਾਤ

R = 2 Ω + 4 Ω + 1 Ω = 7 Ω.

(b) ਸਰਕਟ ਵਿਚ ਕੁਲ ਕਰੰਟ

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{16\,V}{(7+1)\,\Omega}=2\text{A}$$

A ਅਤੇ B ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਜੇ 4 Ω ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਵਿਚ ਕਿਸੇ ਇੱਕ ਵਿੱਚ ਕਰੰਟ I_1 ਹੈ ਅਤੇ ਦੂਸਰੇ ਵਿੱਚ I_2 ਹੈ ਤਾਂ

$I_1 \times 4 = I_2 \times 4$

ਅਰਥਾਤ $I_1 = I_2$ ਜੋ ਭੁਜਾਵਾਂ ਦੀ ਸਮਮਿਤੀ ਤੋਂ ਵੀ ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ। ਪਰ $I_1 + I_2 = I$ = 2 A। ਇਸਲਈ $I_1 = I_2$ = 1 A ਅਰਥਾਤ ਹਰੇਕ 4 Ω ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਵਿਚ ਕਰੰਟ 1 A ਹੈ। ਬਿਂਦੂਆਂ B ਅਤੇ C ਵਿਚਕਾਰ ਜੁੜੇ 1 Ω ਤੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਦੇ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਕਰੰਟ ਦਾ ਮਾਨ 2 A ਹੈ।

ਮੁੜ C ਅਤੇ D ਵਿਚਕਾਰ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਜੇ 12 Ω ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਵਿਚ ਕਰੰਟ I_3 ਅਤੇ 6 Ω ਪ੍ਰਤੀਰਧਕ ਵਿਚ ਕਰੰਟ I_4 ਹੋਵੇ, ਤਾਂ

$I_3 \times 12 = I_4 \times 6$, ਜਾਂ $I_4 = 2I_3$

ਪਰ2 A $\quad I_3 + I_4 = I$ = 2 A

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ $I_3 = \left(\frac{2}{3}\right)$ A, $I_4 = \left(\frac{4}{3}\right)$ A

ਭਾਵ 12 Ω ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਵਿਚ ਕਰੰਟ (2/3) A ਜਦੋਂ ਕਿ 6 Ω ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਵਿਚ ਕਰੰਟ (4/3) A ਹੈ।

(c) AB ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਵੋਲਟੇਜ ਡ੍ਰਾਪ

$V_{AB} = I_1 \times 4\ \Omega = 1\ \text{A} \times 4\ \Omega = 4$ V.

ਜਿਸ ਨੂੰ A ਅਤੇ B ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਕੁਲ ਕਰੰਟ ਨੂੰ A ਅਤੇ B ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਸਮਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੇ ਗੁਣਨਫਲ ਤੋਂ ਵੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਅਰਥਾਤ

$V_{AB} = 2\ \text{A} \times 2\ \Omega = 4$ V

BC ਵਿਚਕਾਰ ਵੋਲਟੇਜ ਡ੍ਰਾਪ

$V_{BC} = 2\ \text{A} \times 1\ \Omega = 2$ V

ਅੰਤ ਵਿਚ, CD ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਵੋਲਟੇਜ ਡ੍ਰਾਪ

$$V_{CD} = 12\ \Omega \times I_3 = 12\ \Omega \times \left(\frac{2}{3}\right)\text{A} = 8\ \text{V}.$$

ਜਿਸ ਨੂੰ C ਅਤੇ D ਵਿਚਕਾਰ ਕੁਲ ਕਰੰਟ ਨੂੰ C ਅਤੇ D ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਸਮਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੇ ਗੁਣਨਫਲ ਤੋਂ ਵੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਅਰਥਾਤ

$V_{CD} = 2\ \text{A} \times 4\ \Omega = 8$ V

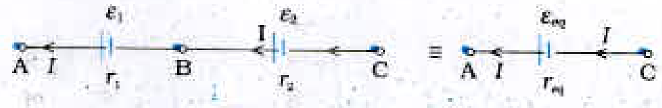
ਧਿਆਨ ਦਿਉ ਕਿ AD ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਕੁਲ ਵੋਲਟੇਜ ਡ੍ਰਾਪ 4 V + 2 V + 8 V = 14 V ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬੈਟਰੀ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਵਿਚ ਵੋਲਟੇਜ 14 V ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ 16 V ਹੈ। ਵੋਲਟੇਜ ਵਿਚ ਹਾਨੀ (= 2 V) ਬੈਟਰੀ ਦੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ = 1 Ω ਦੁਆਰਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, 2 A × 1 Ω = 2 V.

ਉਦਾਹਰਣ 3.5

3.12 ਲੜੀਵੱਧ ਅਤੇ ਸਮਾਂਤਰ ਵਿੱਚ ਸੈਲ

CELLS IN SERIES AND IN PARALLEL

ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਬਿਜਲਈ ਸਰਕਟਾਂ ਵਿਚ ਸੈਲਾਂ ਨੂੰ ਵੀ ਜੋੜਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਦੀ ਹੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਰਕਟ ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਅਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਸੈਲਾਂ ਦੇ ਜੋੜਾਂ ਨੂੰ ਇੱਕ ਤੁੱਲ ਸੈਲ ਨਾਲ ਬਦਲਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 3.20 ਬਿਜਲਈ ਵਾਹਕ ਬਲ ε_1 ਅਤੇ ε_2 ਦੇ ਦੋ ਸੈਲ ਲੜੀਵੱਧ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਜੋੜੇ ਗਏ ਹਨ। r_1 ਅਤੇ r_2 ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਹਨ। A ਅਤੇ C ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਸੰਬੰਧ ਬਣਾਉਣ ਲਈ ਸੰਯੋਜਨ ਨੂੰ ਬਿਜਲਈ ਵਾਹਕ ਬਲ ε_{eq} ਅਤੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ r_{eq} ਦੇ ਇੱਕ ਸੈਲ ਦੁਆਰਾ ਸਮਝਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਪਹਿਲਾਂ ਲੜੀਵੱਧ ਤਰੀਕੇ ਵਿਚ ਜੁੜੇ ਦੋ ਸੈਲਾਂ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ (ਚਿੱਤਰ 3.20), ਜਿਥੇ ਹਰੇਕ ਦੇ ਇੱਕ ਟਰਮੀਨਲ ਨੂੰ ਖੁਲਾ ਛੱਡਕੇ ਦੋਨੋ ਸੈਲਾਂ ਦੇ ਇੱਕ ਟਰਮੀਨਲ ਨੂੰ ਇਕ ਦੂਸਰੇ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਹੈ। ε_1, ε_2 ਦੋਨੋਂ ਸੈਲਾਂ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ਹਨ, ਅਤੇ r_1, r_2 ਕ੍ਰਮਵਾਰ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਹਨ।

ਚਿੱਤਰ 3.20 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਮੰਨ ਲਓ ਬਿੰਦੂ A, B ਅਤੇ C ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਕ੍ਰਮਵਾਰ V(A), V(B) ਅਤੇ V(C) ਹੈ। ਤਦ V(A) − V(B) ਪਹਿਲੇ ਸੈਲ ਦੇ ਧਨਾਤਮਕ ਅਤੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਟਰਮੀਨਲ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਨ (3.57) ਵਿਚ ਇਸ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਹੀ ਪਤਾ ਕਰ ਲਿਆ ਹੈ, ਇਸਲਈ

$$V_{AB} \equiv V(A) - V(B) = \varepsilon_1 - I r_1 \tag{3.60}$$

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ

$$V_{BC} \equiv V(B) - V(C) = \varepsilon_2 - I r_2 \tag{3.61}$$

ਇਸ ਲਈ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਟਰਮੀਨਲ A ਅਤੇ C ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ

$$V_{AC} \equiv V(A) - V(C) = \left[V(A) - V(B)\right] + \left[V(B) - V(C)\right]$$

$$= (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) - I(r_1 + r_2) \tag{3.62}$$

ਜਦੋਂ ਅਸੀਂ ਸੰਯੋਜਨ ਨੂੰ A ਅਤੇ C ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਕਿਸੇ ਇਕੱਲੇ ਸੈਲ ਨਾਲ ਬਦਲਣਾ ਚਾਹੁੰਦੇ ਹਾਂ ਜਿਸਦਾ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ε_{eq} ਅਤੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ r_{eq} ਹੋਵੇ, ਤਾਂ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੰਦਾ ਹੈ,

$$V_{AC} = \varepsilon_{eq} - I r_{eq} \tag{3.63}$$

ਸਮੀਕਰਨਾਂ (3.62) ਅਤੇ (3.63) ਨੂੰ ਸੰਯੋਜਿਤ ਕਰਨ ਤੇ

$$\varepsilon_{eq} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \tag{3.64}$$

ਅਤੇ $$r_{eq} = r_1 + r_2 \tag{3.65}$$

ਚਿੱਤਰ 3.20 ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਸੈਲ ਦੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡ ਨੂੰ ਦੂਸਰੇ ਸੈਲ ਦੇ ਧਨਾਤਮਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਡ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਹੈ। ਇਸਦੇ ਸਥਾਨ ਤੇ ਜੇ ਅਸੀਂ ਦੋਨਾਂ ਸੈਲਾਂ ਦੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਟਰਮੀਨਲਾਂ ਨੂੰ ਜੋੜੀਏ ਤਾਂ ਸਮੀਕਰਨ (3.61) ਤੋਂ $V_{BC} = -\varepsilon_2 - Ir_2$ ਅਤੇ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ :

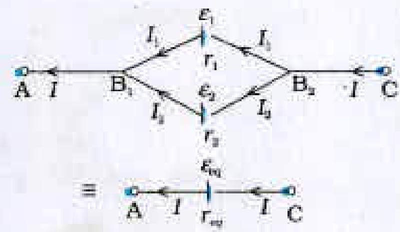
$$\varepsilon_{eq} = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 \qquad (\varepsilon_1 > \varepsilon_2) \tag{3.66}$$

ਸਾਫ਼ ਹੈ ਲੜੀਵੱਧ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਜੋੜ ਦੇ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਸੈਲਾਂ ਦੀ ਕਿਸੇ ਵੀ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਲਈ ਵਿਸਤਾਰਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ :

(i) n ਸੈਲਾਂ ਦੇ ਲੜੀਵੱਧ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਸੰਯੋਜਨ ਦਾ ਤੁੱਲ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਨਿਜੀ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲਾਂ ਦਾ ਜੋੜ ਹੈ ਅਤੇ

(ii) n ਸੈਲਾਂ ਦੇ ਲੜੀ ਵੱਧ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਸੰਯੋਜਨ ਦਾ ਤੁੱਲ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਾਂ ਦਾ ਜੋੜ ਹੈ।

ਅਜਿਹਾ ਤਦ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਰੰਟ ਹਰੇਕ ਸੈਲ ਦੇ ਧਨਾਤਮਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡ ਤੋਂ ਨਿਕਲਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਇਸ ਸੰਯੋਜਨ ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਕਿਸੇ ਸੈਲ ਦੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਡ ਵਿਚੋਂ ਨਿਕਲੇ ਤਾਂ ε_{eq} ਦੇ ਵਿਅੰਜਕ ਵਿਚ ਸੈਲ ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ਰਿਣਾਤਮਕ ਚਿੰਨ੍ਹ ਦੇ ਨਾਲ ਸ਼ਾਮਿਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਸਮੀਕਰਨ (3.66) ਵਿਚ ਹੋਇਆ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 3.21 ਦੋ ਸੈਲਾਂ ਦਾ ਸਮਾਂਤਰ ਜੋੜ A ਅਤੇ C ਦੇ ਵਿਚ ਇਸ ਸੰਯੋਜਨ ਨੂੰ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ r_{eq} ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ε_{eq} (ਜਿਹਨਾਂ ਦੇ ਮਾਨ ਸਮੀਕਰਨ (3.65) ਅਤੇ (3.66) ਵਿਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ) ਦੇ ਕਿਸੇ ਇਕੱਲੇ ਸੈਲ ਨਾਲ ਬਦਲ ਸਕਦੇ ਹਾਂ

ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਸੈਲਾਂ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਸੰਯੋਜਨ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। I_1 ਅਤੇ I_2 ਸੈਲ ਦੇ ਧਨਾਤਮਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਡ ਤੋਂ ਨਿਕਲਣ ਵਾਲੇ ਕਰੰਟ ਹਨ। ਦੋ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I_1 ਅਤੇ I_2 ਬਿੰਦੂ B ਵਿਚ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਦੇ ਹਨ ਜਦੋਂ ਕਿ ਇਸ ਬਿੰਦੂ ਵਿਚੋਂ I ਕਰੰਟ ਬਾਹਰ ਨਿਕਲਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਓਨੇ ਹੀ ਚਾਰਜ ਅੰਦਰ ਲੰਘਦੇ ਹਨ ਜਿਨੇ ਕਿ ਬਾਹਰ, ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$I = I_1 + I_2 \tag{3.67}$$

ਮੰਨ ਲਉ ਬਿੰਦੂ B_1 ਅਤੇ B_2 ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਕ੍ਰਮਵਾਰ $V(B_1)$ ਅਤੇ $V(B_2)$ ਹਨ। ਤਾਂ ਪਹਿਲੇ ਸੈਲ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਨ ਤੇ ਇਸਦੇ ਟਰਮੀਨਲਾਂ ਵਿਚਕਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ $V(B_1)$ $V(B_2)$ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ (3.57) ਤੋਂ

$$V \equiv V(B_1) - V(B_2) = \varepsilon_1 - I_1 r_1 \tag{3.68}$$

ਬਿੰਦੂ B_1 ਅਤੇ B_2 ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਠੀਕ-ਠੀਕ ਦੂਸਰੇ ਸੈਲਾਂ ਨਾਲ ਵੀ ਜੁੜੇ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ ਇਥੇ ਦੂਸਰੇ ਸੈਲ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਨ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$V \equiv V(B_1) - V(B_2) = \varepsilon_2 - I_2 r_2 \tag{3.69}$$

ਪਿਛਲੇ ਤਿੰਨੇ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਨੂੰ ਮਿਲਾਉਣ ਤੇ

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 \\ &= \frac{\varepsilon_1 - V}{r_1} + \frac{\varepsilon_2 - V}{r_2} = \left(\frac{\varepsilon_1}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_2}\right) - V\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right) \end{aligned} \tag{3.70}$$

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ V ਦਾ ਮਾਨ ਹੈ

$$V = \frac{\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1}{r_1 + r_2} - I\frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \tag{3.71}$$

ਜੇ ਸੈਲਾਂ ਦੇ ਇਸ ਸੰਯੋਜਨ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਬਿੰਦੂ B_1 ਅਤੇ B_2 ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਕਿਸੇ ਅਜਿਹੇ ਇੱਕਲੇ ਸੈਲ ਨਾਲ ਬਦਲ ਦਿੰਦੇ ਹਾਂ ਜਿਸਦਾ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ε_{eq} ਅਤੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ r_{eq} ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$V = \varepsilon_{eq} - I r_{eq} \tag{3.72}$$

ਸਮੀਕਰਨ (3.71) ਅਤੇ (3.72) ਬਰਾਬਰ ਹੋਣੇ ਚਾਹੀਦੇ ਹਨ ਇਸਲਈ

$$\varepsilon_{eq} = \frac{\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1}{r_1 + r_2} \tag{3.73}$$

$$r_{eq} \quad \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \tag{3.74}$$

ਗੁਸਤਾਵ ਰਾਬਰਟ ਕਿਰਚੋਫ (1824 1887)

ਗੁਸਤਾਵ ਰਾਬਰਟ ਕਿਰਚੋਫ Gustav Robert Kirchhoff (1824 1887) ਜਰਮਨੀ ਦੇ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਹੀਡਲਬਰਗ ਅਤੇ ਬਰਲਿਨ ਵਿਚ ਪ੍ਰੋਫੈਸਰ ਰਹੇ। ਮੁਖ ਰੂਪ ਵਿਚ ਸਪੈਕਟ੍ਰੋਸਕੋਪੀ ਦੇ ਵਿਕਾਸ ਲਈ ਜਾਣੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਗਣਿਤਕ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿਚ ਵੀ ਬਹੁਤ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਯੋਗਦਾਨ ਪਾਇਆ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਸਰਕਟਾਂ ਦੇ ਲਈ ਪਹਿਲੇ ਅਤੇ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਸ਼ਾਮਿਲ ਹਨ।

ਇਹਨਾਂ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਹੋਰ ਸਰਲ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ

$$\frac{1}{r_{eq}}=\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2} \tag{3.75}$$

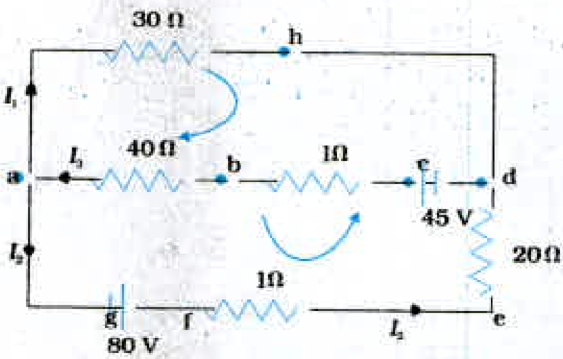
$$\frac{\varepsilon_{eq}}{r_{eq}}=\frac{\varepsilon_1}{r_1}+\frac{\varepsilon_2}{r_2} \tag{3.76}$$

ਚਿੱਤਰ (3.21) ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਦੋਨਾਂ ਟਰਮੀਨਲਾਂ ਨੂੰ ਨਾਲੋ ਨਾਲ ਅਤੇ ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੋਨੋਂ ਰਿਣ ਟਰਮੀਨਲਾਂ ਨੂੰ ਵੀ ਨਾਲ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ I_1 ਅਤੇ I_2 ਧਨ ਟਰਮੀਨਲਾਂ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਨਿਕਲਦੇ ਹਨ। ਜੇ ਦੂਸਰੇ ਦਾ ਰਿਣ ਟਰਮੀਨਲ ਪਹਿਲੇ ਦੇ ਧਨ ਟਰਮੀਨਲ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਵੀ ਸਮੀਕਰਨ (3.75) ਅਤੇ (3.76) $\varepsilon_2 \to -\varepsilon_2$ ਦੇ ਨਾਲ ਸਵਿਕਾਰਿਤ ਹੋਣਗੇ।

ਸਮੀਕਰਨ (3.75) ਅਤੇ (3.76) ਨੂੰ ਸੌਖਿਆਂ ਹੀ ਵਿਸਤਾਰਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਸਾਡੇ ਕੋਲ n ਸੈਲ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ $\varepsilon_1, \varepsilon_2 \ldots \varepsilon_n$ ਅਤੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ $r_1, \ldots r_n$ ਹਨ ਅਤੇ ਉਹ ਸਮਾਂਤਰ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਹਨ ਤਾਂ ਇਹ ਸੰਯੋਜਨ ਉਸ ਇਕੱਲੇ ਸੈਲ ਦੇ ਤੁੱਲ ਹੋਵੇਗਾ ਜਿਸਦਾ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ε_{eq} ਅਤੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ r_{eq} ਹੈ ਜਿਸ ਤੋਂ ਕਿ

$$\frac{1}{r_{eq}}=\frac{1}{r_1}+\cdots+\frac{1}{r_n} \tag{3.77}$$

$$\frac{\varepsilon_{eq}}{r_{eq}}=\frac{\varepsilon_1}{r_1}+\cdots+\frac{\varepsilon_n}{r_n} \tag{3.78}$$



ਬਿਜਲੀ ਸਰਕਟਾਂ ਵਿਚ ਕਦੇ-ਕਦੇ ਕਈ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਅਤੇ ਸੈਲ ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਢੰਗ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਲੜੀ ਵੱਧ ਅਤੇ ਸਮਾਂਤਰ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਜੁੜਿਆਂ ਲਈ ਜੋ ਸੂਤਰ ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਵਿਉਤਪੰਨ ਕੀਤੇ ਹਨ, ਉਹ ਸਰਕਟ ਦੇ ਸਾਰੇ ਕਰੰਟਾਂ ਅਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰਾਂ ਦੇ ਲਈ ਹਮੇਸ਼ਾਂ ਕਾਫੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ। ਦੋ ਨਿਯਮ, ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਕਿਰਚੋਫ ਦੇ ਨਿਯਮ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਬਿਜਲੀ ਸਰਕਟਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਨ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਉਪਯੋਗੀ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਹਰੇਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਵਿੱਚ ਲੰਘਦੇ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਤੀਕ ਜਿਵੇਂ I ਨਾਲ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹੋਏ ਅਤੇ ਤੀਰ ਦੇ ਚਿੰਨ੍ਹ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਦੇ ਕਰੰਟ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹਾਂ। ਜੇ ਆਖਿਰ ਵਿਚ I ਧਨਾਤਮਕ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਦੀ ਅਸਲੀ ਦਿਸ਼ਾ, ਤੀਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਹੈ। ਜੇ ਇਹ ਰਿਣਾਤਮਕ ਨਿਕਲਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਤੀਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਉਲਟ ਵੱਗਦਾ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਰੇਕ ਸ੍ਰੋਤ (ਅਰਥਾਤ ਸੈਲ ਜਾਂ ਬਿਜਲੀ ਸ਼ਕਤੀ ਦਾ ਕੋਈ ਦੂਸਰਾ ਸ੍ਰੋਤ) ਦੇ ਲਈ ਧਨਾਤਮਕ ਅਤੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਡ ਨੂੰ, ਸੈਲ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਦੇ ਕਰੰਟ ਦੇ ਸੰਕੇਤ ਦੇ ਇਲਾਵਾ ਇੱਕ ਨਿਰਦੇਸ਼ਿਤ ਤੀਰ ਦੇ

ਚਿੰਨ੍ਹ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਸਾਨੂੰ ਧਨਾਤਮਕ ਟਰਮੀਨਲ P ਅਤੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਟਰਮੀਨਲ N ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪੂਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਦਸੇਗਾ, $V = V(P) - V(N) = \varepsilon - I\,r$ [ਸਮੀਕਰਨ (3.57) I ਇਥੇ ਸੈਲ ਦੇ ਅੰਦਰ N ਤੋਂ ਹੋ ਕੇ P ਵਲ ਵਗਣ ਵਾਲਾ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਹੈ]। ਜੇ ਸੈਲ ਤੋਂ ਹੋ ਕੇ ਵਗਣ ਵਾਲੇ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹੋਏ ਅਸੀਂ P ਤੋਂ N ਵਲ ਵੱਧਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ

$$V = \varepsilon + I\,r \tag{3.79}$$

ਚਿਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਬਣਾਉਣ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਨੂੰ ਸਪਸ਼ਟ ਕਰਨ ਦੇ ਬਾਦ ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਨਿਯਮਾਂ ਅਤੇ ਪਰੂਫਾਂ ਬਾਰੇ ਦਸਾਂਗੇ :

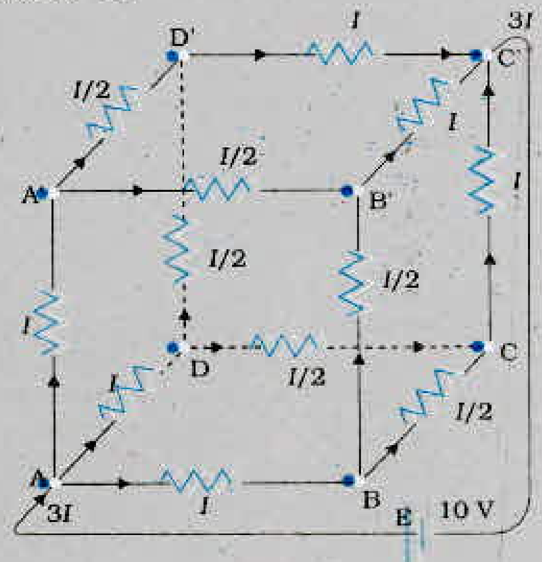
(a) *ਜੰਕਸ਼ਨ ਨਿਯਮ : ਕਿਸੇ ਜੰਕਸ਼ਨ ਤੇ ਜੰਕਸ਼ਨ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟਾਂ ਦਾ ਜੋੜ ਇਸ ਜੰਕਸ਼ਨ ਵਿਚੋਂ ਨਿਕਲਨ ਵਾਲੇ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟਾਂ ਦੇ ਜੋੜਾਂ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 3.22)।*

ਇਸ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪ੍ਰਮਾਣ ਇਸ ਤੱਥ ਤੋਂ ਸਮਝਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਜਦੋਂ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਸਥਾਈ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਕਿਸੇ ਜੰਕਸ਼ਨ ਜਾਂ ਚਾਲਕ ਦੇ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਚਾਰਜ ਇਕੱਠਾ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਸਾਰੇ ਕਰੰਟ (ਜੋ ਕਿ ਜੰਕਸ਼ਨ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜ ਦੇ ਪ੍ਰਵਾਹ ਦੀ ਦਰ ਹੈ) ਬਾਹਰ ਨਿਕਲਣ ਵਾਲੇ ਕੁੱਲ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟਾਂ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

(b) *ਲੂਪ ਨਿਯਮ : ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਅਤੇ ਸੈਲਾਂ ਵਿਚ ਸ਼ਾਮਿਲ ਕਿਸੇ ਬੰਦ ਲੂਪ ਦੇ ਚਾਰੋਂ ਪਾਸੇ ਪੂਟੈਂਸ਼ਲ ਵਿਚ ਪਰਿਵਰਤਨਾ ਦਾ ਬੀਜਗਣਿਤਕ ਜੋੜ ਸਿਫਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 3.22)।*

ਇਹ ਨਿਯਮ ਵੀ ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਬਿਜਲਈ ਪੂਟੈਂਸ਼ਲ ਬਿੰਦੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਚਲ ਕੇ ਜੇ ਅਸੀਂ ਵਾਪਿਸ ਉਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਆਉਂਦੇ ਹਾਂ, ਤਾਂ ਕੁੱਲ ਪਰਿਵਰਤਨ ਸਿਫਰ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ ਬੰਦ ਲੂਪ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਆਰੰਭਿਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਪਰਤ ਆਉਂਦੇ ਹਾਂ ਇਹ ਨਿਯਮ ਇਸ ਲਈ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 3.6 10 V ਅਤੇ ਨਿਗੁਣੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੀ ਬੈਟਰੀ ਇੱਕ ਘਣ ਆਕਾਰ ਦੇ ਸਰਕਟ ਜਾਲ (ਨੈਟਵਰਕ) ਦੇ ਵਿਕਰਨੀ ਆਮ੍ਹਨੇ-ਸਾਮ੍ਹਣੇ ਕੋਨਿਆਂ ਨਾਲ ਜੁੜੀ ਹੈ। ਸਰਕਟ ਜਾਲ ਵਿੱਚ 1 Ω ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੇ 12 ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਹਨ (ਚਿੱਤਰ 3.23)। ਸਰਕਟ ਜਾਲ ਦਾ ਸਮਤੁਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਅਤੇ ਘਣ ਦੇ ਹਰੇਕ ਕਿਨਾਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਪਤਾ ਕਰੋ।



ਚਿੱਤਰ 3.23

ਹੱਲ ਸਰਕਟ ਜਾਲ ਨੂੰ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਦੇ ਸਰਲ ਲੜੀ ਵੱਧ ਤਰੀਕੇ ਅਤੇ ਸਮਾਂਤਰ ਸੰਯੋਜਨ ਵਿਚ ਬਦਲਿਆ ਨਹੀਂ ਜਾ ਸਕਦਾ। ਪਰ, ਫਿਰ ਵੀ, ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਵਿੱਚ ਸਪਸ਼ਟ ਸਮਮਿਤੀ ਹੈ ਜਿਸਦੀ ਵਰਤੋਂ ਦੁਆਰਾ ਸਰਕਟ ਜਾਲ ਦੇ ਸਮਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਨੂੰ ਪਤਾ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 3.6

ਉਦਾਹਰਨ 3.6

AA′, AD ਅਤੇ AB ਰਸਤਿਆਂ ਨੂੰ ਸਰਕਟ ਜਾਲ ਵਿੱਚ ਸਮਮਿਤੀ ਵਿਧੀ ਵਿੱਚ ਰਖਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਹਰੇਕ ਵਿਚ ਬਰਾਬਰ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ, ਮੰਨ ਲਓ I ਵਗਦਾ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ A′, B ਅਤੇ D ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ ਆਏ ਕਰੰਟ I ਨੂੰ ਦੋ ਬਰਾਬਰ ਆਉਟਪੁਟ ਸ਼ਾਖਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਟੁੱਟਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਘਣ ਦੇ ਸਾਰੇ 12 ਕਿਨਾਰਿਆਂ ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ਸੰਖਿਆਂ I ਦੇ ਪਦ ਵਿੱਚ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਵਿਚ ਕਿਰਚੋਫ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਨਿਯਮ ਅਤੇ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਦੀ ਸਮਮਿਤੀ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ।

ਅੱਗੇ ਇੱਕ ਬੰਦ ਲੂਪ ਜਿਵੇਂ ABCC′EA ਲਓ ਅਤੇ ਉਸ ਤੇ ਕਿਰਚੋਫ ਦਾ ਦੂਸਰਾ ਨਿਯਮ ਲਾਗੂ ਕਰੋ

$$-IR-(1/2)\ IR - IR + \varepsilon = 0$$

ਜਿਥੇ ਹਰੇਕ ਕਿਨਾਰੇ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R ਹੈ ਅਤੇ ਬੈਟਰੀ ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ε ਹੈ।

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ,

$$\varepsilon = \frac{5}{2} I R$$

ਸਰਕਟ ਜਾਲ (ਨੈੱਟਵਰਕ) ਦਾ ਸਮਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R_{eq} ਹੈ

$$R_{eq} = \frac{\varepsilon}{3I} = \frac{5}{6} R$$

$R = 1\ \Omega$ ਦੇ ਲਈ $R_{eq} = (5/6)\ \Omega$ ਅਤੇ $\varepsilon = 10$ V ਦੇ ਲਈ, ਸਰਕਟ ਜਾਲ (ਨੈੱਟਵਰਕ) ਵਿਚ ਕੁੱਲ ਕਰੰਟ ਹੈ

$$3I = 10\ \text{V}/(5/6)\ \Omega = 12\ \text{A} \text{ ਅਰਥਾਤ } I = 4\ \text{A}$$

ਹਰੇਕ ਕਿਨਾਰੇ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਦੇ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ਹੁਣ ਚਿੱਤਰ 3.23 ਤੋਂ ਜਾਣਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

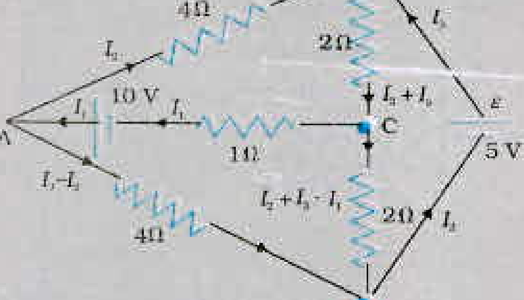
ਇਸ ਗਲ ਤੇ ਧਿਆਨ ਦੇਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ਕਿ ਸਰਕਟ ਨੈਟਵਰਕ ਦੀ ਸਮਮਿਤੀ ਦੇ ਕਾਰਨ ਉਦਾਹਰਨ 3.6 ਵਿੱਚ ਕਿਰਚੌਫ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਵਿਸ਼ਾਲ ਸ਼ਕਤੀ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਨਹੀਂ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ। ਇੱਕ ਸਾਧਾਰਨ ਸਰਕਟ ਨੈਟਵਰਕ ਵਿੱਚ ਸਮਮਿਤੀ ਦੇ ਕਾਰਨ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਾ ਸਰਲੀਕਰਨ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਇਸ ਲਈ ਜੰਕਸ਼ਨਾਂ ਅਤੇ ਬੰਦ ਲੂਪਾਂ ਵਿੱਚ (ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਓਨੀ ਹੋਣੀ ਚਾਹੀਦੀ ਜਿਨੀਆਂ ਕਿ ਨੈਟਵਰਕ ਵਿੱਚ ਅਗਿਆਤ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਹਨ) ਕਿਰਚੌਫ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਦੁਆਰਾ ਸਮਸਿਆ ਨੂੰ ਹਲ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਨੂੰ ਉਦਾਹਰਨ 3.7 ਵਿੱਚ ਸਪਸ਼ਟ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ।

Simulation for application of Kirchhoff's rules:
http://www.phys.hawaii.edu/~teb/optics/java/kirch3/

PHYSICS

ਉਦਾਹਰਨ 3.7

ਉਦਾਹਰਨ 3.7 ਚਿੱਤਰ 3.24 ਵਿਚ ਦਿਖਾਏ ਗਏ ਨੈਟਵਰਕ ਦੀ ਹਰੇਕ ਸ਼ਾਖਾ ਵਿੱਚ ਕਰੰਟ ਪਤਾ ਕਰੋ।



ਚਿੱਤਰ 3.24

ਹੱਲ:— ਨੈਟਵਰਕ ਦੀ ਹਰੇਕ ਸ਼ਾਖਾ ਦੇ ਲਈ ਅਗਿਆਤ ਕਰੰਟ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਕਿਰਚੋਫ ਦੇ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਲਾਗੂ ਕਰਕੇ ਗਿਆਤ ਕਰਨਾ ਹੈ। ਸ਼ੁਰੂ ਵਿਚ ਹੀ ਅਗਿਆਤਾਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ ਘੱਟ ਕਰਨ ਲਈ ਹਰੇਕ ਸ਼ਾਖਾ ਵਿਚ ਅਗਿਆਤ ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ ਨੂੰ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਕਿਰਚੋਫ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ।

ਉਦਾਹਰਨ 3.7

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਾਡੇ ਕੋਲ ਤਿੰਨ ਅਗਿਆਤ ਕਰੰਟ I_1, I_2 ਅਤੇ I_3 ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਤਿੰਨ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਲੂਪਾਂ ਵਿਚ ਕਿਰਚੋਫ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਪਤਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ

ਬੰਦ ਲੂਪ ADCA ਵਿਚ ਕਿਰਚੋਫ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਸਾਨੂੰ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਵਿਅੰਜਕ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ—

$$10-4\,(I_1-I_2)+2(I_2+I_3-I_1)-I_1=0 \qquad [3.80(a)]$$

ਅਰਥਾਤ $7I_1-6I_2-2I_3=10$

ਬੰਦ ਲੂਪ ABCA, ਲਈ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ

$$10-4I_2-2\,(I_2+I_3)-I_1=0$$

ਅਰਥਾਤ $I_1+6I_2+2I_3=10$ [3.80(b)]

ਬੰਦ ਲੂਪ BCDEB, ਕੀ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ

$$5-2\,(I_2+I_3)-2\,(I_2+I_3-I_1)=0$$

ਅਰਥਾਤ $2I_1-4I_2-4I_3=-5$ [3.80(c)]

ਸਮੀਕਰਨ (a), (b) ਅਤੇ (c) ਤਿੰਨ ਸਮਕਾਲੀ ਸਮੀਕਰਨ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿਚ ਤਿੰਨ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਅਗਿਆਤ ਹਨ, ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਆਮ ਵਿਧੀ ਨਾਲ ਹਲ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ

$$I_1=2.5\text{A},\quad I_2=\frac{5}{8}\text{ A},\quad I_3=1\frac{7}{8}\text{ A}$$

ਸਰਕਟ ਜਾਲ ਦੀਆਂ ਵੱਖ ਵੱਖ ਸ਼ਾਖਾਵਾਂ ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੈ :

$$\text{AB}: \frac{5}{8}\text{ A},\quad \text{CA}: \quad\text{ A},\quad \text{DEB}: 1\frac{7}{8}\text{ A}$$

$$\text{AD}: 1\frac{7}{8}\text{ A},\quad \text{CD}: 0\text{ A},\quad \text{BC}: 2\frac{1}{2}\text{ A}$$

ਇਹ ਸੌਖਿਆਂ ਸਾਬਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਜੇ ਕਿਰਚੋਫ ਦੇ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਵਰਤਿਆ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਸਾਨੂੰ ਕੋਈ ਹੋਰ ਸੁਤੰਤਰ ਸਮੀਕਰਨ ਨਹੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਵੇਗਾ ਅਰਥਾਤ ਕਰੰਟਾਂ ਦੇ ਉਪਰੋਕਤ ਮਾਨ ਨੈੱਟਵਰਕ ਦੇ ਹਰ ਬੰਦ ਲੂਪ ਲਈ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਸੰਤੁਸ਼ਟ ਕਰਨਗੇ। ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਤੌਰ ਤੇ ਬੰਦ ਸਰਕਟ BADEB ਦੇ ਲਈ ਕੁਲ ਵੋਲਟੇਜ ਡ੍ਰਾਪ

$$5\text{ V}+\left(\frac{5}{8}\times4\right)\text{V}-\left(\frac{15}{8}\times4\right)\text{V}$$

ਸਿਫ਼ਰ ਹੋਵੇਗਾ, ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਕਿਰਚੋਫ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਲੋੜੀਂਦਾ ਹੈ।

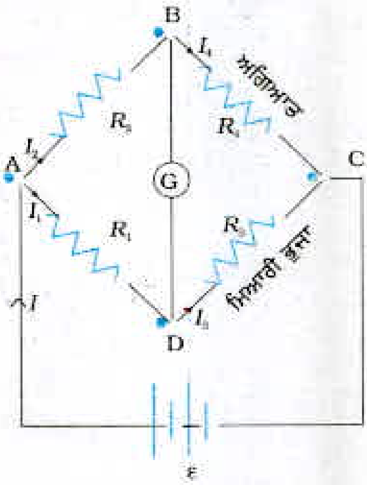
3.14 ਵ੍ਹੀਟਸਟੋਨ ਬ੍ਰਿਜ (WHEATSTONE BRIDGE)

ਕਿਰਚੋਫ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਲਈ ਚਿੱਤਰ 3.25 ਵਿਚ ਦਿਖਾਏ ਸਰਕਟ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ, ਜੋ ਕਿ ਵ੍ਹੀਟਸਟੋਨ ਬ੍ਰਿਜ ਕਹਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਬ੍ਰਿਜ ਵਿਚ ਚਾਰ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ R_1, R_2, R_3 ਅਤੇ R_4 ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਵਿਕਰਣ ਦੇ ਆਮ੍ਹਣੇ ਸਾਹਮਣੇ (diagonally opposite) ਵਾਲੇ ਬਿੰਦੂਆਂ (ਚਿੱਤਰ ਵਿਚ A ਅਤੇ C) ਦੇ ਇਕ ਜੋੜੇ ਨਾਲ ਕੋਈ ਬਿਜਲਈ ਸ੍ਰੋਤ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ (ਭਾਵ AC) ਨੂੰ ਬੈਟਰੀ ਭੁਜਾ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਦੂਸਰੇ ਦੋ ਸ਼ੀਰਸ਼ ਬਿੰਦੂਆਂ, B ਅਤੇ D ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਇਕ ਗੈਲਵੈਨੋਮੀਟਰ (ਜੋ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਦੀ ਭਾਲ ਦੀ ਇੱਕ ਯੁਕਤੀ ਹੈ) ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਲਾਈਨ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਚਿੱਤਰ ਵਿਚ BD ਨਾਲ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ, ਗੈਲਵੈਨੋਮੀਟਰ ਭੁਜਾ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਸਰਲਤਾ ਲਈ ਅਸੀਂ ਕਲਪਨਾ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਸੈਲ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਆਮ ਕਰਕੇ G ਵਿਚੋਂ ਹੋ ਕੇ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ I_g ਅਤੇ ਸਾਰੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਵਿਚੋਂ ਹੋ ਕੇ ਵੀ ਕਰੰਟ ਲੰਘਦਾ ਹੋਵੇਗਾ। ਉਸ ਸੰਤੁਲਿਤ ਬ੍ਰਿਜ ਦਾ ਉਦਾਹਰਨ ਇਕ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਮਹੱਤਵ ਰੱਖਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਅਜਿਹੇ ਹੋਣ ਕਿ $I_g=0$। ਅਸੀਂ ਆਸਾਨੀ ਨਾਲ ਅਜਿਹੀ ਸੰਤੁਲਨ ਅਵਸਥਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ

ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਜਿਸ ਨਾਲ G ਵਿਚੋਂ ਹੋਕੇ ਕੋਈ ਕਰੰਟ ਨਹੀਂ ਲੰਘਦਾ। ਅਜਿਹੇ ਮਾਮਲੇ ਵਿੱਚ, ਜੰਕਸ਼ਨ D ਅਤੇ B ਦੇ ਲਈ (ਚਿੱਤਰ ਦੇਖੋ) ਕਿਰਚੋਫ ਦੇ ਜੰਕਸ਼ਨ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਸਾਨੂੰ ਸੰਬੰਧ $I_1 = I_3$ ਅਤੇ $I_2 = I_4$ ਤੁਰੰਤ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਉਸਦੇ ਬਾਦ, ਅਸੀਂ ਬੰਦ ਲੂਪਾਂ ADBA ਅਤੇ CBDC ਤੇ ਕਿਰਚੋਫ ਦੇ ਲੂਪ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਪਹਿਲੇ ਲੂਪ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$-I_1 R_1 + 0 + I_2 R_2 = 0 \qquad (I_g = 0) \tag{3.81}$$



ਅਤੇ $I_3 = I_1$, $I_4 = I_2$ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ ਦੂਸਰੇ ਲੂਪ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$I_2 R_4 + 0 - I_1 R_3 = 0 \tag{3.82}$$

ਸਮੀਕਰਨ (3.81) ਤੋਂ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

ਜਦੋਂ ਕਿ ਸਮੀਕਰਨ (3.82) ਤੋਂ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_4}{R_3}$$

ਇਸਲਈ ਅਸੀਂ ਇਹ ਸ਼ਰਤ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} \tag{3.83(a)}$$

ਚਾਰ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਵਿਚ ਸੰਬੰਧ ਦਿਖਾਉਣ ਵਾਲੇ ਸਮੀਕਰਨ [3.83(a)] ਨੂੰ ਗੈਲਵੈਨੋਮੀਟਰ ਵਿੱਚ ਸਿਫ਼ਰ ਜਾਂ ਨਿਗੁਣੇ ਵਿਚਲਨ ਦੇ ਲਈ *ਸੰਤੁਲਨ ਸ਼ਰਤ (Balanced Condition)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

ਵ੍ਹੀਟਸਟੋਨ ਬ੍ਰਿਜ ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਸੰਤੁਲਨ *ਸ਼ਰਤ* ਅਗਿਆਤ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ ਦੇ ਨਿਰਧਾਰਨ ਦੇ ਲਈ ਇੱਕ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਵਿਧੀ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ ਕਿ ਸਾਡੇ ਕੋਲ ਕੋਈ ਅਗਿਆਤ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਚੌਥੀ ਭੁਜਾ ਵਿਚ ਲਗਾਉਂਦੇ ਹਾਂ; ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ R_4 ਗਿਆਤ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਗਿਆਤ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ R_1 ਅਤੇ R_2 ਨੂੰ ਬ੍ਰਿਜ ਦੀ ਪਹਿਲੀ ਅਤੇ ਦੂਸਰੀ ਭੁਜਾ ਵਿਚ ਰਖਦੇ ਹੋਏ, ਅਸੀਂ R_3 ਨੂੰ ਉਦੋਂ ਤੱਕ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਕਰਦੇ ਜਾਂਦੇ ਹਾਂ ਜਦੋਂ ਤੱਕ ਗੈਲਵੈਨੋਮੀਟਰ ਨਿਗੁਣੇ ਵਿਚਲਨ ਨਹੀਂ ਦਿਖਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਬ੍ਰਿਜ ਤਦ ਸੰਤੁਲਿਤ ਹੈ ਅਤੇ ਸੰਤੁਲਨ ਸ਼ਰਤ ਤੋਂ ਅਗਿਆਤ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R_4 ਦਾ ਮਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ,

$$R_4 = R_3 \frac{R_2}{R_1} \tag{3.83(b)}$$

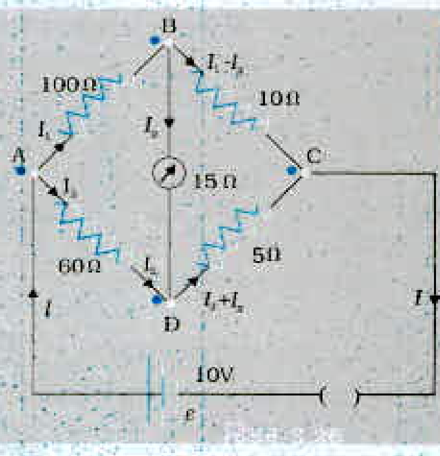
ਇਸ ਸਿਧਾਂਤ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਵਾਲੀ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਯੁਕਤੀ ਮੀਟਰ ਬ੍ਰਿਜ ਕਹਾਉਂਦੀ ਹੈ। ਇਸਦੀ ਵਿਵੇਚਨਾ ਅਗਲੇ ਪੈਰੇ ਵਿਚ ਕੀਤੀ ਜਾਵੇਗੀ।

ਉਦਾਹਰਨ 3.8

ਵ੍ਹੀਟਸਟੋਨ ਬ੍ਰਿਜ ਦੀਆਂ ਚਾਰ ਭੁਜਾਵਾਂ (ਚਿੱਤਰ 3.26) ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਇਸਤਰ੍ਹਾਂ ਹਨ—

AB = 100Ω, BC = 10Ω, CD = 5Ω, ਅਤੇ DA = 60Ω.

15Ω ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੇ ਇੱਕ ਗੈਲਵੈਨੋਮੀਟਰ ਨੂੰ BD ਦੇ ਵਿਚ ਜੋੜਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਗੈਲਵੈਨੋਮੀਟਰ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਦੇ ਕਰੰਟ ਦਾ ਪਤਾ ਕਰੋ। AC ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ 10 V ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਹੈ।



ਲੂਪ BADB ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਨ ਤੇ

$$100I_1 + 15I_g - 60\ I_2 = 0$$

ਜਾਂ $20I_1 + 3I_g - 12\ I_2 = 0$ [3.84(a)]

ਲੂਪ BCDB, ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਨ ਤੇ

$$10\ (I_1 - I_g) - 15I_g - 5\ (I_2 + I_g) = 0$$

$$10I_1 - 30\ I_g - 5\ I_2 = 0$$

$$2I_1 - 6I_g - I_2 = 0 \qquad [3.84(b)]$$

ਲੂਪ ADCEA, ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਨ ਤੇ

$$60I_2 + 5\ (I_2 + I_g) = 10$$

$$65I_2 + 5I_g = 10$$

$$13I_2 + I_g = 2 \qquad [3.84(c)]$$

ਸਮੀਕਰਨ (3.84b) ਨੂੰ 10 ਨਾਲ ਗੁਣਾ ਕਰਨ ਤੇ

$$20I_1 - 60I_g - 10I_2 = 0 \qquad [3.84(d)]$$

ਸਮੀਕਰਨਾਂ (3.84(d)) ਅਤੇ (3.84(a)) ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਵਿਅੰਜਕ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$63I_g - 2I_2 = 0$$

$$I_2 = 31.5I_g \qquad [3.84(e)]$$

I_2 ਦੇ ਮਾਨ ਨੂੰ ਸਮੀਕਰਨ [3.84(c)] ਵਿਚ ਭਰਨ ਤੇ

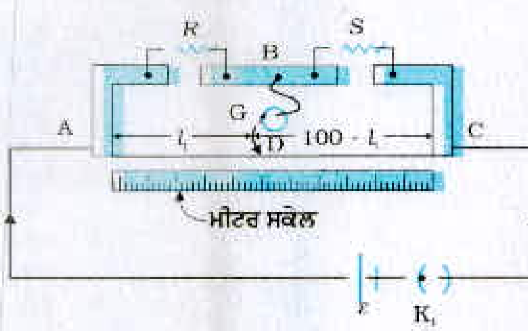
$$13\ (31.5I_g) + I_g = 2$$

$$410.5\ I_g = 2$$

$$I_g = 4.87 \text{ mA.}$$

ਮੀਟਰ ਬ੍ਰਿਜ (Meter Bridge)

ਮੀਟਰ ਬ੍ਰਿਜ ਨੂੰ ਚਿੱਤਰ 3.27 ਵਿਚ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਹ ਇਕ ਮੀਟਰ ਲੰਬੇ ਇਕ-ਸਮਾਨ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਖੇਤਰਫਲ ਵਾਲੇ ਤਾਰ ਤੋਂ ਬਣਿਆ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਲੰਬੇ ਦਾਅ ਧਾਤ ਦੀਆਂ ਦੋ ਮੋਟੀਆਂ ਪੱਤੀਆਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਕਸ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਧਾਤਵਿਕ ਪੱਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਦੋ ਖਾਲੀ ਥਾਵਾਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਨੂੰ ਜੋੜਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਅੰਤਲੇ ਬਿੰਦੂ ਜਿਥੇ ਤਾਰ ਕਸੇ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਇੱਕ ਕੁੰਜੀ ਦੁਆਰਾ ਸੈਲ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਗੈਲਵੈਨੋਮੀਟਰ ਦਾ ਇੱਕ ਸਿਰਾ ਖਾਲੀ ਥਾਵਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਵਿੱਚੋ ਵਿੱਚ ਧਾਤਵੀ ਪੱਤੀ ਨਾਲ ਜੁੜਿਆ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਗੈਲਵੈਨੋਮੀਟਰ ਦਾ ਦੂਸਰਾ ਸਿਰਾ ਜਾੱਕੀ ਨਾਲ ਜੁੜਿਆ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਜਾੱਕੀ, ਅਸਲ ਵਿਚ ਇਕ ਧਾਤਵਿਕ ਛੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਦਾ ਇੱਕ ਸਿਰਾ ਚਾਕੂ ਦੀ ਧਾਰ ਵਰਗਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਜਿਸ ਨੂੰ ਬਿਜਲਈ ਸੰਯੋਜਨ ਬਣਾਉਣ ਲਈ ਤਾਰ ਤੇ ਉਪਰ ਸਰਕਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।



R ਇੱਕ ਅਗਿਆਤ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਹੈ ਜਿਸਦਾ ਮਾਨ ਅਸੀਂ ਪਤਾ ਲਗਾਉਣਾ ਚਾਹੁੰਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਨੂੰ ਦੋਨਾਂ ਵਿਚੋਂ ਕਿਸੇ ਇੱਕ ਖਾਲੀ ਥਾਂ ਵਿੱਚ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਦੂਸਰੀ ਖਾਲੀ ਥਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਇੱਕ ਮਿਆਰੀ ਗਿਆਤ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ S ਜੋੜਦੇ ਹਾਂ। ਜੌਕੀ ਨੂੰ ਤਾਰ ਤੇ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ D ਜੋ ਕਿ ਸਿਰੇ A ਤੋਂ l cm ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ ਹੈ, ਸਪਰਸ਼ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਜੌਕੀ ਨੂੰ ਤਾਰ ਦੇ ਨਾਲ ਨਾਲ ਸਰਕਾ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਤਾਰ ਦੇ AD ਭਾਗ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ $R_{cm}l$ ਹੈ ਜਿਥੇ R_{cm} ਤਾਰ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ cm ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਹੈ। ਇੰਸ ਪ੍ਰਕਾਰ DC ਭਾਗ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R_{cm} $(100-l)$ ਹੈ।

ਚਾਰ ਭੁਜਾਵਾਂ AB, BC, DA ਅਤੇ CD [ਜਿਹਨਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਕ੍ਰਮਵਾਰ R, S, $R_{cm}\,l$ ਅਤੇ $R_{cm}(100-l)$ ਹਨ] ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ AC ਬੈਟਰੀ ਭੁਜਾ ਅਤੇ BD ਗੈਲਵੈਨੋਮੀਟਰ ਭੁਜਾ ਦੇ ਨਾਲ ਇੱਕ ਵ੍ਹੀਟਸਟੋਨ ਬ੍ਰਿਜ ਦਾ ਨਿਰਮਾਣ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਜੇ ਜੌਕੀ ਨੂੰ ਤਾਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਸਰਕਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇੱਕ ਸਥਾਨ (ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ) ਅਜਿਹਾ ਆਵੇਗਾ ਜਿਥੇ ਗੈਲਵੈਨੋਮੀਟਰ ਕੋਈ ਕਰੰਟ ਨਹੀਂ ਦਰਸਾਏਗਾ। ਮੰਨ ਲਉ ਕਿ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਿਰੇ ਤੋਂ ਜੌਕੀ ਦੀ ਦੂਰੀ $l = l_1$ ਹੈ। ਤਾਂ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬ੍ਰਿਜ ਦੇ ਚਾਰ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਾਂ ਦੇ ਮਾਨ R, S, $R_{cm}\,l_1$ ਅਤੇ $R_{cm}(100-l_1)$ ਹਨ। ਸੰਤੁਲਨ ਸ਼ਰਤ ਦੇ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ [3.83(a)] ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ

$$\frac{R}{S}=\frac{R_{cm}\,l_1}{R_{cm}\,(100-l_1)}=\frac{l_1}{100-l_1} \tag{3.85}$$

ਇਸਲਈ ਜਿਵੇਂ ਹੀ ਅਸੀਂ l_1 ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰਦੇ ਹਾਂ, ਮਿਆਰੀ ਗਿਆਤ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ S ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਅਗਿਆਤ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R ਦਾ ਮਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ

$$R=S\,\frac{l_1}{100-l_1} \tag{3.86}$$

S ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਮਾਨਾਂ ਦੀ ਚੋਣ ਕਰਨ ਤੇ ਅਸੀਂ l_1 ਦੇ ਵੱਖ ਵੱਖ ਮਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਅਤੇ ਹਰ ਵਾਰ R ਦਾ ਪਤਾ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਬੇਸ਼ਕ l_1 ਦੇ ਮਾਪਣ ਵਿੱਚ ਤਰੁੱਟੀ ਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ R ਵਿਚ ਤਰੁੱਟੀ ਆ ਜਾਵੇਗੀ। ਇਹ ਦਿਖਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ ਨੂੰ ਬ੍ਰਿਜ ਦੇ ਤਾਰ ਦੇ ਮੱਧ ਦੇ ਨੇੜੇ ਅਰਥਾਤ l_1 ਨੂੰ 50 cm ਦੇ ਨੇੜੇ ਰਖਕੇ ਸਮਾਯੋਜਨ ਕਰਨ ਨਾਲ (ਇਸ ਦੇ ਲਈ S ਦੀ ਉਚਿਤ ਚੋਣ ਕਰਨੀ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ) R ਵਿਚ ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ ਨੂੰ ਘਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 3.9 ਚਿੱਤਰ 3.27 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਗਏ ਮੀਟਰ ਬ੍ਰਿਜ ਵਿਚ ਬਿੰਦੂ A ਤੋਂ 33.7 cm ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਿਫਰ ਬਿੰਦੂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। S ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਵਿੱਚ 12Ω ਦਾ ਇੱਕ ਹੋਰ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਸੰਯੋਜਿਤ ਕਰਨ ਤੇ ਸਿਫਰ ਬਿੰਦੂ 51.9 cm ਦੂਰੀ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। R ਅਤੇ S ਦੇ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ— ਪਹਿਲੇ ਸਿਫ਼ਰ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ :

$$\frac{R}{S}=\frac{33.7}{66.3} \tag{3.87}$$

ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ S ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਵਿਚ 12Ω ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਸੰਯੋਜਿਤ ਕਰਨ ਤੇ ਕੁਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ S ਤੋਂ S_{eq} ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਿਥੇ

$$S_{eq}=\frac{12S}{S+12}$$

ਅਤੇ ਨਵੇਂ ਸੰਤੁਲਨ ਪ੍ਰਤੀਬੰਧ ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$\frac{51.9}{48.1}=\frac{R}{S_{eq}}=\frac{R(S+12)}{12S} \tag{3.88}$$

ਸਮੀਕਰਨ (3.87) ਤੋਂ R/S ਦਾ ਮਾਨ ਰੱਖਣ ਤੇ

$$\frac{51.9}{48.1}=\frac{S+12}{12}\,g\,\frac{33.7}{66.3}$$

S = 13.5Ω ਸਮੀਕਰਨ (3.87) ਵਿੱਚ S ਦਾ ਮਾਨ ਰੱਖਣ ਤੇ, R = 6.86 Ω.

ਉਦਾਹਰਨ 3.9

3.16 ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ (POTENTIOMETER)

ਇਹ ਇੱਕ ਬਹੁਮੁਖੀ ਉਪਕਰਨ ਹੈ। ਮੌਲਿਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਹ ਇਕਸਮਾਨ ਤਾਰ ਦਾ ਇਕ ਲੰਬਾ ਟੁਕੜਾ ਹੈ, ਬਹੁਤੀ ਵਾਰ ਤਾਰ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਕੁਝ ਮੀਟਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਮਿਆਰੀ ਸੈਲ (B) ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਅਸਲ ਬਨਾਵਟ ਵਿਚ ਤਾਰ ਨੂੰ ਕਦੇ-ਕਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਅਗਲ-ਬਗਲ ਰਖ ਕੇ ਕਈ ਟੁਕੜਿਆਂ ਵਿਚ ਕੱਟ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ ਇੱਕ ਮੋਟੀ ਧਾਤ ਦੀ ਪੱਤੀ ਜੋੜ ਦਿੱਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 3.28)। ਚਿੱਤਰ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਤਾਰ A ਤੋਂ C ਤੱਕ ਫੈਲੀ ਹੋਈ ਹੈ। ਛੋਟਾ ਖੜੇਵਾਅ ਹਿੱਸਾ ਧਾਤ ਦੀ ਮੋਟੀ ਪੱਤੀ ਹੈ ਜੋ ਤਾਰ ਦੇ ਵੱਖ ਵੱਖ ਹਿੱਸਿਆਂ ਨੂੰ ਜੋੜਦੀ ਹੈ।

ਤਾਰ ਵਿੱਚੋਂ ਲੰਘ ਦੇ ਕੋਈ ਕਰੰਟ I ਵਗਦਾ ਹੈ ਜਿਸਨੂੰ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਕਰੰਟ ਨਿਯੰਤਰਕ ਦੁਆਰਾ ਬਦਲਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਤਾਰ ਇਕ ਸਮਾਨ ਹੈ ਇਸਲਈ ਅੰਤ A ਅਤੇ A ਤੋਂ l ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ

$$\varepsilon(l)=\phi l \tag{3.89}$$

ਜਿਥੇ ϕ, ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਲੰਬਾਈ ਵੋਲਟੇਜ ਡ੍ਰਾਪ ਹੈ।

ਚਿੱਤਰ 3.28 (a) ਦੇ ਸੈਲਾਂ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ε_1 ਅਤੇ ε_2 ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਦੇ ਲਈ ਪੁਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਦਿਖਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਬਿੰਦੂ 1, 2, 3 ਦੋ ਮਾਰਗੀ ਕੁੰਜੀ ਦੀ ਰਚਨਾ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਪਹਿਲਾਂ ਕੁੰਜੀ ਦੀ ਉਸ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ ਜਿਥੇ 1 ਅਤੇ 3 ਸੰਯੋਜਿਤ ਹਨ ਜਿਸ ਨਾਲ ਕਿ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ε_1 ਨਾਲ ਜੁੜਿਆ ਹੈ। ਜੌਕੀ ਨੂੰ ਤਾਰ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਉਦੋਂ ਤੱਕ ਸਰਕਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਤੱਕ A ਤੋਂ l_1 ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ, ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ N_1 ਤੇ, ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਵਿਚਲਨ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਬੰਦ ਲੂਪ AN_1G31A ਤੇ ਕਿਰਚੋਫ ਦਾ ਨਿਯਮ ਲਾਗੂ ਕਰਨ ਤੇ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ

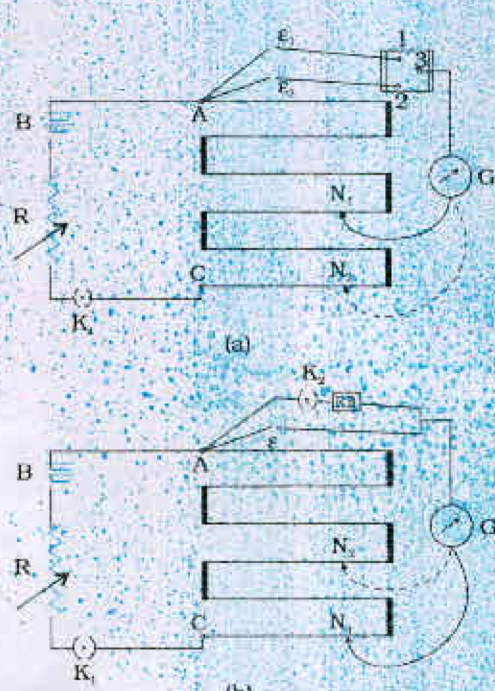
$$\phi\, l_1 + 0 - \varepsilon_1 = 0 \tag{3.90}$$

ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜੇ ਦੂਸਰੇ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ε_2 ਦੇ ਲਈ ਤਾਰ ਦੀ ਲੰਬਾਈ $(AN_2) = l_2$ ਤੇ ਸੰਤੁਲਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ

$$\phi\, l_2 + 0 - \varepsilon_2 = 0 \tag{3.91}$$

ਪਿਛਲੇ ਦੋ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਤੋਂ

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}=\frac{l_1}{l_2} \tag{3.92}$$



ਚਿੱਤਰ 3.28 ਇਕ ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ, G ਇਕ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਅਤੇ R ਇਕ ਕਰੰਟ ਨਿਯੰਤਰਕ ਹੈ। 1, 2, 3 ਦੋ ਮਾਰਗੀ ਕੁੰਜੀ ਦੇ ਸਿਰੇ ਹਨ। (a) ਦੋ ਸੈਲ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਦੇ ਲਈ ਸਰਕਟ (b) ਸੈਲ ਦਾ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਗਿਆਤ ਕਰਨ ਲਈ ਸਰਕਟ।

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਸਰਲ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਵਿਵਸਥਾ ਤੋਂ ਦੋ ਸ੍ਰੋਤਾਂ $(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਵਿਵਹਾਰ ਵਿਚ, ਦੋਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਇੱਕ ਸੈਲ ਦੀ ਚੋਣ ਮਿਆਰੀ ਸੈਲ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਮਿਆਰੀ ਸੈਲ ਦਾ, ਜਿਸਦਾ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ਉੱਚ ਕੋਟੀ ਦੀ ਸ਼ੁਧਤਾ ਨਾਲ ਪਤਾ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਤਾਂ ਸਮੀਕਰਨ (3.92) ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਸੈਲ ਦੇ ਬਿਜਲਈ ਵਾਹਕ ਬਲ ਨੂੰ ਆਸਾਨੀ ਨਾਲ ਪਤਾ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਕਿਸੇ ਸੈਲ ਦੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੇ ਮਾਪਣ ਦੇ ਲਈ ਵੀ ਵਰਤ ਸਕਦੇ ਹਾਂ [ਚਿੱਤਰ 3.28 (b)]। ਇਸਦੇ ਲਈ ਸੈਲ (emf ε), ਜਿਸਦਾ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ (r) ਗਿਆਤ ਕਰਨਾ ਹੈ, ਨੂੰ ਇੱਕ ਕੁੰਜੀ K_2 ਨੂੰ ਖੁਲਾ ਰੱਖ ਕੇ, ਲੰਬਾਈ $AN_1 = l_1$ ਤੇ ਸੰਤੁਲਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਤਾਂ,

$$\varepsilon = \phi\, l_1 \tag{3.93(a)}$$

ਜਦੋਂ K_2 ਨੂੰ ਬੰਦ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ ਸੈਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਬੌਕਸ (R) ਤੋਂ ਹੋਕੇ ਇੱਕ ਕਰੰਟ I ਭੇਜਦਾ ਹੈ। ਜੇ

V ਸੈਲ ਦਾ ਟਰਮੀਨਲ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਹੈ ਅਤੇ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ ਲੰਬਾਈ $AN_2 = l_2$ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ,

$$V = \phi\, l_2 \qquad [3.93(b)]$$

ਇਸ ਲਈ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ $\varepsilon / V = l_1 / l_2$ [3.94(a)]

ਪਰ $\varepsilon = I\,(r + R)$ ਅਤੇ $V = IR$. ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$\varepsilon / V = (r + R)/R \qquad [3.94(b)]$$

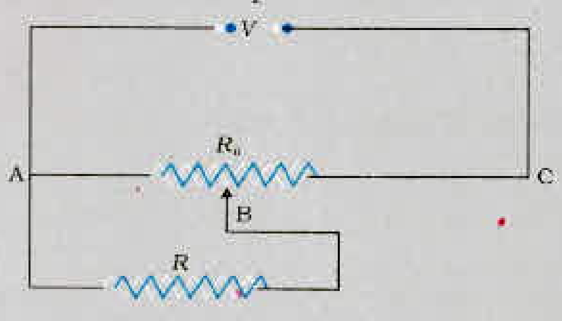
ਸਮੀਕਰਨ [3.94(a)] ਅਤੇ [3.94(b)] ਤੋਂ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ

$$(R + r)/R = l_1 / l_2$$

$$r = R\left(\frac{l_1}{l_2} - 1\right) \qquad (3.95)$$

ਸਮੀਕਰਨ (3.95) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਅਸੀਂ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਸੈਲ ਦੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਗਿਆਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਦਾ ਇੱਕ ਲਾਭ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਮਾਪੇ ਜਾ ਰਹੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸ੍ਰੋਤ ਨਾਲ ਕੋਈ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਾਪਤ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਇਸ ਦੁਆਰਾ ਕੀਤੇ ਗਏ ਮਾਪ ਸ੍ਰੋਤ ਦੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ।

$R\,\Omega$ ਦਾ ਕੋਈ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਇੱਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਇੱਕ ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ ਨਾਲ ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ ਦਾ ਕੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ $R_0\,\Omega$ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 3.29)। ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ ਨੂੰ ਵੋਲਟੇਜ V ਦੀ ਸਪਲਾਈ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਸਲਾਈਡਿੰਗ ਸੰਪਰਕ ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ ਦੇ ਤਾਰ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਹੋਵੇ ਤਾਂ R ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ ਵੋਲਟੇਜ ਦੇ ਲਈ ਵਿਅੰਜਕ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰੋ।



ਚਿੱਤਰ 3.29

ਜਦੋਂ ਜੌਕੀ ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ ਦੀ ਤਾਰ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਹਨ ਤਾਂ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਅੱਧੀ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਕੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ $(R_0/2)$ ਹੋਵੇਗਾ। ਹੁਣ ਕਿਉਂਕਿ A ਅਤੇ B ਦੇ ਵਿਚ R_0 ਅਤੇ R ਸਮਾਂਤਰ ਵਿਚ ਹਨ, ਇਸ ਲਈ ਉਹਨਾਂ ਵਿਚ ਦਾ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R_1 ਬਿੰਦੂਆਂ A ਅਤੇ B ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਸਿਰਫ ਉਸਦੇ ਅੱਧੇ ਵਿਚ ਦਾ ਕੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ $(R_0/2)$ ਹੋਵੇਗਾ। R_1 ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਵਿਅੰਜਕ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇਗਾ।

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R} + \frac{1}{(R_0/2)}$$

$$R_1 = \frac{R_0 R}{R_0 + 2R}$$

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ A ਅਤੇ C ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਕੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ A ਅਤੇ B ਦੇ ਵਿਚ ਅਤੇ B ਅਤੇ C ਦੇ ਵਿਚ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੇ ਜੋੜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇਗਾ, ਅਰਥਾਤ $R_1 + R_0/2$ ਹੋਵੇਗਾ

$\therefore$ ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਦਾ ਕਰੰਟ ਹੋਵੇਗਾ

$$I = \frac{V}{R_1 + R_0/2} = \frac{2V}{2R_1 + R_0}$$

ਉਦਾਹਰਨ 3.10

ਪੋਟਾਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ ਤੋਂ ਲਈ ਗਈ ਵੋਲਟੇਜ V_1 ਕਰੰਟ I ਅਤੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R_1 ਦੇ ਗੁਣਨਫਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$V_1 = I\,R_1 = \left(\frac{2V}{2R_1 + R_0}\right) \times R_1$$

R_1 ਦਾ ਮਾਨ ਰੱਖਣ ਤੇ ਹੇਠ ਲਿਖਿਆ ਮਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਵੇਗਾ

$$V_1 = \frac{2V}{2\left(\dfrac{R_0 \times R}{R_0 + 2R}\right) + R_0} \times \frac{R_0 \times R}{R_0 + 2R}$$

$$V_1 = \frac{2VR}{2R + R_0 + 2R}$$

ਜਾਂ $$V_1 = \frac{2VR}{R_0 + 4R}$$

ਸਾਰ (SUMMARY)

1. ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਖੇਤਰਫਲ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਦਾ ਕਰੰਟ *(Current)* ਉਸ ਖੇਤਰਫਲ ਤੋਂ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਸਮੇਂ ਵਿਚ ਲੰਘਣ ਵਾਲਾ ਨੇਟ ਚਾਰਜ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।
2. ਇੱਕ ਸਥਾਈ ਕਰੰਟ ਬਣਿਆ ਰਹੇ ਇਸ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਇੱਕ ਬੰਦ ਸਰਕਟ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿਚ ਇਕ ਬਾਹਰੀ ਸ੍ਰੋਤ ਬਿਜਲਈ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਨਿਮਨ ਤੋਂ ਉੱਚ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਵਲ ਭੇਜਦਾ ਹੈ। ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਨਿਮਨ ਤੋਂ ਉੱਚ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ (ਅਰਥਾਤ ਸ੍ਰੋਤ ਦੇ ਇੱਕ ਟਰਮੀਨਲ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਤੱਕ) ਵਲ ਲੈ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਸ੍ਰੋਤ ਦੁਆਰਾ ਇਕਾਈ ਚਾਰਜ ਤੇ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਸ੍ਰੋਤ ਦਾ ਬਿਜਲਈ ਵਾਹਕ ਬਲ *(electro motive force)* ਜਾਂ *emf* ਕਹਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕਿ emf ਇਕ ਬਲ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਬਲਕਿ ਇਹ ਖੁਲੇ ਸਰਕਟ ਵਿਚ ਸ੍ਰੋਤ ਦੇ ਦੋਨੋਂ ਟਰਮੀਨਲਾਂ ਦੇ ਵਿਚ ਵੋਲਟੇਜ ਦਾ ਅੰਤਰ ਹੈ।
3. *ਓਹਮ ਦਾ ਨਿਯਮ* : ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਵਿਚੋਂ ਵਗਦਾ ਕਰੰਟ I ਉਸਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਵਿਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V ਦੇ ਸਿੱਧਾ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ ਅਰਥਾਤ $V \propto I$ ਜਾਂ $V = RI$, ਜਿਥੇ R ਨੂੰ ਚਾਲਕ ਦਾ *ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ (Resistance)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦਾ ਮਾਤਰਕ ਓਹਮ ਹੈ— $1\Omega = 1\ \mathrm{V\,A^{-1}}$.
4. ਚਾਲਕ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R, ਦੀ ਨਿਰਭਰਤਾ ਇਸਦੀ ਲੰਬਾਈ l ਅਤੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨਲ ਖੇਤਰਫਲ A ਤੇ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹੈ

   $$R = \frac{\rho l}{A}$$

   ਜਿਥੇ ρ, ਨੂੰ *ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ (resistivity)* ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਗੁਣ ਹੈ ਅਤੇ ਤਾਪਮਾਨ ਅਤੇ ਦਬਾਉ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਹੈ।
5. ਪਦਾਰਥਾਂ ਦੀ ਬਿਜਲਈ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਵਿਸਤਾਰਿਤ ਰੇਂਜ ਵਿਚ ਬਦਲ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਧਾਤਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਘਟ ($10^{-8}\ \Omega\,\mathrm{m}$ ਤੋਂ $10^{-6}\ \Omega\,\mathrm{m}$ ਰੇਂਜ ਵਿਚ) ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ ਪਦਾਰਥ ਜਿਵੇਂ ਕੱਚ ਜਾਂ ਰਬੜ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ 10^{22} ਤੋਂ 10^{24} ਗੁਣਾਂ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਲਾਗਰਿਥਮਿਕ ਪੈਮਾਨੇ ਤੇ, ਅਰਧਚਾਲਕਾਂ ਜਿਵੇਂ Si ਅਤੇ Ge ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਉਸਦੇ ਵਿਚਕਾਰਲੀ ਰੇਂਜ ਵਿਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।
6. ਵਧੇਰੇ ਪਦਾਰਥਾਂ ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਦੇ ਵਾਹਕ ਇਲੈੱਕਟ੍ਰਾਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਕੁਝ ਸਥਿਤੀਆਂ ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਆਇਨੀ ਕ੍ਰਿਸਟਲਾਂ ਅਤੇ ਇਲੈੱਕਟ੍ਰੋਲੀਟਿਕ ਘੋਲ, ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਵਗਣ ਲਈ ਜ਼ਿੰਮੇਵਾਰ ਧਨ ਆਇਨ ਅਤੇ ਰਿਣ ਆਇਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।
7. *ਕਰੰਟ ਘਣਤਾ (Current density)* $\mathbf{j}$ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕੰਡ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਵਗਣ ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ, ਖੇਤਰਫਲ ਵਿਚੋਂ ਵਗਦੇ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ ਮਾਤਰਾ ਦਿੰਦਾ ਹੈ

   $\mathbf{j} = nq\,\mathbf{v}_d$

   ਜਿਥੇ n ਚਾਰਜ ਵਾਹਕਾਂ, ਜਿਹਨਾਂ ਵਿਚ ਹਰੇਕ ਦਾ ਚਾਰਜ q ਹੈ, ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਘਣਤਾ (ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਆਇਤਨ ਵਿਚ ਸੰਖਿਆ) ਅਤੇ ਚਾਰਜ ਵਾਹਕਾਂ ਦਾ *ਡ੍ਰਿਫਟ ਵੇਗ* $\mathbf{v}_d$ ਹੈ। ਇਲੈੱਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਲਈ $q = -e$ ਹੈ। ਜੇ $\mathbf{j}$ ਇੱਕ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ **A** ਦੇ ਲੰਬਰੂਪ ਹੈ ਅਤੇ ਖੇਤਰਫਲ ਤੇ ਇਕਸਮਾਨ ਹੈ ਤਾਂ ਖੇਤਰਫਲ ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ I $(= nev_d A)$ ਹੈ।

8. $E = V/l$, $I = nev_d A$. ਅਤੇ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਨਿਮਨ ਵਿਅੰਜਕ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$\frac{eE}{m} = \rho \frac{ne^2}{m} v_d$$

ਜੇ ਅਸੀਂ ਮੰਨ ਲਈਏ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਧਾਤ ਦੇ ਆਇਨਾਂ ਨਾਲ ਟੱਕਰਾਂ ਕਰਦੇ ਹਨ ਜੋ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਕੋਈ ਵੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਵਿਖੇਪਿਤ ਕਰ ਦਿੰਦੀਆਂ ਹਨ ਤਾਂ ਬਾਹਰੀ ਬਲ E ਦੇ ਕਾਰਨ ਧਾਤ ਵਿਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਬਲ eE ਅਤੇ ਡ੍ਰਿਫਟ ਵੇਗ v_d (ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਹੀਂ) ਵਿਚ ਅਨੁਪਾਤਿਕਤਾ ਨੂੰ ਸਮਝਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਅਜਿਹੀਆਂ ਟੱਕਰਾਂ ਔਸਤ ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ τ ਵਿਚ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਤਾਂ

$$v_d = a\tau = eE\tau/m$$

ਜਿਥੇ a ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਹੈ। ਇਸਲਈ

$$\rho = \frac{m}{ne^2\tau}$$

9. ਉਸ ਤਾਪਮਾਨ ਰੇਂਜ ਜਿਸ ਵਿਚ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਤਾਪਮਾਨ ਦੇ ਨਾਲ ਰੇਖੀ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵੱਧਦੀ ਹੈ, *ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ* ਦੇ ਤਾਪ ਗੁਣਾਂਕ α ਨੂੰ ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਈ ਤਾਪਮਾਨ ਵਾਧੇ ਨਾਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਵਿਚ ਭਿੰਨਾਤਮਕ ਵਾਧੇ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

10. ਓਹਮ ਤੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪਾਲਨ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਪਦਾਰਥ ਕਰਦੇ ਹਨ ਪਰੰਤੂ ਇਹ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਦਾ ਮੂਲਭੂਤ ਨਿਯਮ ਨਹੀਂ ਹੈ ਇਹ ਅਸਫਲ ਹੈ ਜੇ

   (a) V ਅਰੇਖੀ ਰੂਪ ਵਿਚ I ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਹੈ।

   (b) V ਦੇ ਉਸੇ ਪਰਮ ਮਾਨ ਦੇ ਲਈ V ਅਤੇ I ਵਿਚ ਸੰਬੰਧ V ਦੇ ਚਿੰਨ੍ਹ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਹੈ।

   (c) V ਅਤੇ I ਵਿਚ ਸੰਬੰਧ ਵਿਲੱਖਣ ਨਹੀਂ ਹੈ।

   (a) ਦਾ ਇੱਕ ਉਦਾਹਰਨ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਜਦੋਂ ρ , I ਦੇ ਨਾਲ ਵਧਦਾ ਹੈ (ਜੇ ਤਾਪਮਾਨ ਨੂੰ ਸਥਿਰ ਰੱਖਦੇ ਹਾਂ) ਇਕ ਰੈਕਟੀਫਾਈਅਰ (rectifier) (a) ਅਤੇ (b) ਲਛਣਾਂ ਨੂੰ ਸੰਯੋਜਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। GaAs (c) ਲਛਣ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ।

11. ਜਦੋਂ ε ਬਿਜਲਈ ਵਾਹਕ ਬਲ ਦੇ ਇੱਕ ਸ੍ਰੋਤ ਨੂੰ ਬਾਹਰੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R ਵਿਚ ਸੰਯੋਜਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ R ਤੇ ਵੋਲਟੇਜ $V_{\text{ਬਾਹਰੀ}}$ ਨਿਮਨ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤੀ ਜਾਂਦਾ ਹੈ

$$V_{\text{ਬਾਹਰੀ}} = IR = \frac{\varepsilon}{R+r} R$$

ਜਿਥੇ r, ਸ੍ਰੋਤ ਦਾ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਹੈ।

12. (a) ਲੜੀ ਵਧ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਜੁੜੇ n ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਾਂ ਦਾ ਕੁਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R

$$R = R_1 + R_2 + \ldots\ldots + R_n$$

   (b) ਸਮਾਂਤਰ ਵਿਚ ਜੁੜੇ n ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਾਂ ਦਾ ਕੁਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ R

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots\ldots + \frac{1}{R_n}$$

   ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ

13. ਕਿਰਚੋਫ ਦੇ ਨਿਯਮ—

   (a) *ਪਹਿਲਾ ਨਿਯਮ (ਜੰਕਸ਼ਨ ਨਿਯਮ)* : ਸਰਕਟ ਦੇ ਘਟਕਾਂ ਦੇ ਕਿਸੇ ਜੰਕਸ਼ਨ ਤੇ ਆ ਰਹੇ ਕਰੰਟ ਦਾ ਜੋੜ, ਆਉਟਪੁਟ ਕਰੰਟਾਂ ਦੇ ਜੋੜ ਦੇ ਤੁੱਲ ਹੋਣੇ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

   (b) *ਦੂਸਰਾ ਨਿਯਮ (ਲੂਪ ਨਿਯਮ)* : ਕਿਸੇ ਬੰਦ ਲੂਪ ਦੇ ਚਾਰੋਂ ਪਾਸੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਵਿਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦਾ ਬੀਜਗਣਿਤਕ ਜੋੜ ਸਿਫਰ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

14. ਵ੍ਹੀਟਸਟੋਨ ਬ੍ਰਿਜ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਪਾਠ ਪੁਸਤਕ ਵਿਚ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ, ਚਾਰ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਾਂ – R_1, R_2, R_3, R_4 ਦੀ ਵਿਵਸਥਾ ਹੈ ਅਤੇ ਸਿਫਰ ਵਿਖੇਪ ਅਵਸਥਾ ਵਿਚ

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

ਹੋਵੇਗਾ। ਜੇ ਤਿੰਨ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਪਤਾ ਹੋਣ ਤਾਂ ਚੌਥੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

15. *ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ* ਪੁਟੈਂਸ਼ਲਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਕਰਨ ਵਾਲੀ ਇੱਕ ਯੁਕਤੀ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਇਸ ਵਿਧੀ ਵਿਚ ਕੋਈ

ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਨਾ ਹੋਣ ਵਾਲੀ ਸਥਿਤੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਇਹ ਯੁਕਤੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਮਾਪਣ; ਕਿਸੇ ਸੈਲ ਦਾ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਮਾਪਣ ਅਤੇ ਦੋ ਸ੍ਰੋਤਾਂ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲਾਂ emf ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਕਰਨ ਲਈ ਇਸਤੇਮਾਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ Physical Quantity	ਸੰਕੇਤ Symbol	ਵਿਮ Dimensions	ਇਕਾਈ Unit	ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਕਥਨ Remark
ਬਿਜਲਈ ਕਰੰਟ (Electric current)	I	[A]	A	SI ਆਧਾਰੀ ਮਾਤਰਕ
ਚਾਰਜ (Charge)	Q, q	[T A]	C	
ਵੋਲਟੇਜ, ਬਿਜਲਈ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ (Voltage, Electric potential difference)	V	$[M L^2 T^{-3} A^{-1}]$	V	ਕਾਰਜ/ਚਾਰਜ
ਬਿਜਲਈ ਵਾਹਕ ਬਲ (Electromotive force)	ε	$[M L^2 T^{-3} A^{-1}]$	V	ਕਾਰਜ/ਚਾਰਜ
ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ (Resistance)	R	$[M L^2 T^{-3} A^{-2}]$	Ω	$R = V/I$
ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ (Resistivity)	ρ	$[M L^3 T^{-3} A^{-2}]$	Ω m	$R = \rho l/A$
ਬਿਜਲਈ ਚਾਲਕਤਾ (Electrical conductivity)	σ	$[M^{-1} L^{-3} T^3 A^2]$	S	$\sigma = 1/\rho$
ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ (Electric field)	$\mathbf{E}$	$[M L T^{-3} A^{-1}]$	V m^{-1}	$\dfrac{\text{ਬਿਜਲਈ ਬਲ}}{\text{ਚਾਰਜ}}$
ਡ੍ਰਿਫਟ ਵੇਗ (Drift speed)	v_d	$[L T^{-1}]$	m s^{-1}	$v_d = \dfrac{e E \tau}{m}$
ਰਿਲੇਕਸੇਸ਼ਨ ਸਮਾਂ (Relaxation time)	τ	[T]	s	
ਕਰੰਟ ਘਣਤਾ (Current density)	$\mathbf{j}$	$[L^{-2} A]$	A m^{-2}	ਕਰੰਟ/ਖੇਤਰਫਲ
ਗਤੀਸ਼ੀਲਤਾ (Mobility)	μ	$[M L^3 T^{-4} A^{-1}]$	$m^2 V^{-1} s^{-1}$	v_d / E

ਵਿਚਾਰਣਯੋਗ ਵਿਸ਼ੇ (POINTS TO PONDER)

1. ਕਰੰਟ ਇਕ ਸਕੇਲਰ ਰਾਸ਼ੀ ਹੈ ਬੇਸ਼ਕ ਅਸੀਂ ਕਰੰਟ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਨੂੰ ਸਰਕਟ ਵਿਚ ਤੀਰ ਨਾਲ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹਾਂ। ਕਰੰਟ ਸਦਿਸ਼ ਜੋੜ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪਾਲਨ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਕਰੰਟ ਇੱਕ ਅਦਿਸ਼ ਹੈ, ਇਸ ਨੂੰ ਇਸਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਤੋਂ ਵੀ ਸਮਝ ਸਕਦੇ ਹਾਂ : ਕਿਸੇ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਦੇ ਕਰੰਟ I ਨੂੰ ਦੋ ਸਦਿਸ਼ਾਂ ਦੇ ਅਦਿਸ਼ ਗੁਣਨਫਲ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ

   $$I = \mathbf{j} \cdot \Delta \mathbf{S}$$

   ਜਿਥੇ $\mathbf{j}$ ਅਤੇ $\Delta\mathbf{S}$ ਸਦਿਸ਼ ਹਨ।

2. ਪਾਠ ਵਿਚ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਅਤੇ ਕਿਸੇ ਡਾਇਓਡ ਦੇ V-I ਵਕ੍ਰ ਤੇ ਧਿਆਨ ਦਿਓ। ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪਾਲਨ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂਕਿ ਡਾਇਓਡ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਕਹਿਣਾ ਕਿ $V = IR$ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਕਥਨ ਹੈ, ਸਚ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਹ ਸਮੀਕਰਨ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਨੂੰ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ ਸਾਰੀਆਂ ਚਾਲਕ ਯੁਕਤੀਆਂ ਵਿਚ ਵਰਤਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਚਾਹੇ ਉਹ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪਾਲਨ ਕਰਦੀ ਹੋ ਜਾਂ ਨਹੀਂ। ਓਹਮ ਦਾ ਨਿਯਮ ਦਾਵਾ ਕਰਦਾ ਹੈ ਕਿ V ਅਤੇ I ਦੇ ਵਿਚ ਗ੍ਰਾਫ ਰੇਖੀ ਹੈ ਅਰਥਾਤ R, V ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਸਮੀਕਰਨ

   $$\mathbf{E} = \rho \mathbf{j}$$

ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਕਥਨ ਵਲ ਲੈ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਅਰਥਾਤ ਕੋਈ ਚਾਲਕ ਪਦਾਰਥ ਓਦੋਂ ਹੀ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪਾਲਨ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਉਸ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਲਗਾਏ ਗਏ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਅਤੇ ਦਿਸ਼ਾ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀ ਕਰਦੀ।

3. **ਸਮਅੰਗੀ ਚਾਲਕ** ਜਿਵੇਂ ਸਿਲਵਰ ਜਾਂ ਅਰਧਚਾਲਕ ਜਿਵੇਂ ਸ਼ੁਧ ਜਰਮੇਨੀਅਮ ਜਾਂ ਅਸ਼ੁਧੀ ਵਾਲਾ ਜਰਮੇਨੀਅਮ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਮਾਨ ਦੀ ਕੁਝ ਰੇਂਜ ਵਿਚ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪਾਲਨ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਜੇ ਖੇਤਰ ਬਹੁਤ ਪ੍ਰਬਲ ਹੈ ਤਾਂ ਸਾਰੀਆਂ ਉਦਾਹਰਨਾਂ ਵਿਚ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪਾਲਨ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ।
4. ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ $\mathbf{E}$ ਵਿਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤੀ (i) ਕਿਸੇ ਵੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਟੱਕਰਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ (ii) $\mathbf{E}$ ਦੇ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਗਤੀਆਂ ਦੇ ਜੋੜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਜਿਸ ਕਿਸ ਵੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਟੱਕਰਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਗਤੀ ਦਾ ਔਸਤ ਸਿਫਰ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ v_d (ਡ੍ਰਿਫਟ ਵੇਗ) ਵਿੱਚ ਯੋਗਦਾਨ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ (ਦੇਖੋ ਪਾਠ 11, ਕਲਾਸ XI ਦੀ ਪਾਠ ਪੁਸਤਕ)। ਇਸ਼ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਡ੍ਰਿਫਟ ਵੇਗ v_d ਸਿਰਫ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਤੇ ਲਗਾਏ ਗਏ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੀ ਹੈ।
5. ਸੰਬੰਧ $\mathbf{j} = \rho\, \mathbf{v}$ ਹਰੇਕ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਚਾਰਜ ਵਾਹਕ ਤੇ ਵੱਖੋ ਵੱਖ ਵਰਤਿਆ ਜਾਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਤਾਰ ਵਿਚ ਕੁੱਲ ਕਰੰਟ ਅਤੇ ਕਰੰਟ ਘਣਤਾ ਧਨ ਅਤੇ ਰਿਣ ਦੋਨੋਂ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਚਾਰਜਾਂ ਤੋਂ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ

   $\mathbf{j} = \rho_+ \mathbf{v}_+ + \rho_- \mathbf{v}_-$

   ਇੱਕ ਉਦਾਸੀਨ ਤਾਰ ਜਿਸ ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਵਿਚ

   $\rho_+ = -\rho_-$

   ਇਸਤੋਂ ਇਲਾਵਾ $v_+ \sim 0$ ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਕਾਰਨ ਅਸੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ

   $\rho = 0$

   $\mathbf{j} = \rho_-\, \mathbf{v}$

   ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸੰਬੰਧ $\mathbf{j} = \rho\, \mathbf{v}$ ਕੁਲ ਕਰੰਟ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ ਤੇ ਲਾਗੂ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ।
6. ਕਿਰਚੋਫ ਦਾ ਜੰਕਸ਼ਨ ਨਿਯਮ ਚਾਰਜ ਸੁਰਖਿਅਨ ਨਿਯਮ ਤੇ ਆਧਾਰਿਤ ਹੈ : ਕਿਸੇ ਜੰਕਸ਼ਨ ਤੇ ਆਉਟਪੁਟ ਕਰੰਟ ਦਾ ਜੋੜ ਜੰਕਸ਼ਨ ਤੇ ਆ ਰਹੇ ਕਰੰਟਾਂ ਦੇ ਜੋੜ ਦੇ ਤੁੱਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਤਾਰਾਂ ਨੂੰ ਮੋੜਨ ਜਾ ਮੁੜ ਵਿਵਸਥਿਤ ਕਰਨ ਦੇ ਕਾਰਨ ਕਿਰਚੋਫ ਦੇ ਜੰਕਸ਼ਨ ਨਿਯਮ ਦੀ ਮਾਨਤਾ ਨਹੀਂ ਬਦਲਦੀ।

ਅਭਿਆਸ (EXERCISES)

3.1 ਕਿਸੇ ਕਾਰ ਦੀ ਸਟੋਰੇਜ਼ ਬੈਟਰੀ ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ 12 V ਹੈ। ਜੇ ਬੈਟਰੀ ਦਾ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ 0.4 Ω ਹੋਵੇ, ਤਾਂ ਬੈਟਰੀ ਤੋਂ ਲਏ ਜਾਣ ਵਾਲੇ ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ ਕਰੰਟ ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰੋ।

3.2 10 V ਬਿਜਲਈ ਵਾਹਕ ਬਲ ਵਾਲੀ ਬੈਟਰੀ ਜਿਸਦਾ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ 3 Ω ਹੈ, ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਨਾਲ ਜੁੜੀ ਹੈ। ਜੇ ਸਰਕਟ ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਦਾ ਮਾਨ 0.5 A ਹੋਵੇ, ਤਾਂ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਕੀ ਹੈ? ਜਦੋਂ ਸਰਕਟ ਬੰਦ ਹੈ ਤਾਂ ਸੈਲ ਦੀ ਟਰਮੀਨਲ ਵੋਲਟੇਜ ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ?

3.3 (a) 1 Ω, 2 Ω, ਅਤੇ 3 Ω ਦੇ ਤਿੰਨ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਲੜੀਵੱਧ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਹਨ। ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਦੇ ਜੋੜ ਦਾ ਕੁਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਕੀ ਹੈ?

(b) ਜੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਦਾ ਸੰਯੋਜਨ ਕਿਸੇ 12 V ਦੀ ਬੈਟਰੀ ਜਿਸਦਾ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਨਿਗੁਣਾ ਹੈ, ਨਾਲ ਕੀਤਾ ਹੈ ਤਾਂ ਹਰੇਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ ਵੋਲਟੇਜ ਪਤਾ ਕਰੋ।

3.4 (a) 2 Ω, 4 Ω ਅਤੇ 5 Ω ਦੇ ਤਿੰਨ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਸਮਾਂਤਰ ਵਿਚ ਜੁੜੇ ਹਨ। ਸੰਯੋਜਨ ਦਾ ਕੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਕੀ ਹੋਵੇਗਾ?

(b) ਜੇ ਸੰਯੋਜਨ ਨੂੰ 20 V ਦੇ ਬਿਜਲਈ ਵਾਹਕ ਬਲ ਦੀ ਬੈਟਰੀ ਜਿਸਦਾ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਨਿਗੁਣਾ ਹੈ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਹਰੇਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਣ ਵਾਲੇ ਕਰੰਟ ਅਤੇ ਬੈਟਰੀ ਤੋਂ ਲਿਆ ਗਿਆ ਕੁੱਲ ਕਰੰਟ ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰੋ।

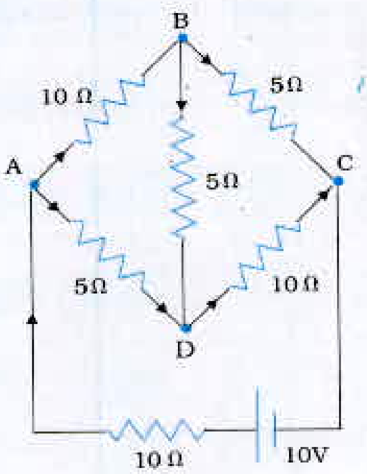
3.5 ਕਮਰੇ ਦੇ ਤਾਪਮਾਨ (27.0 °C) ਤੇ ਕਿਸੇ ਤਾਪਨ ਐਲੀਮੈਂਟ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ 100 Ω ਹੈ। ਜੇ ਤਾਪਨ ਐਲੀਮੈਂਟ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ 117 Ω ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਐਲੀਮੈਂਟ ਦਾ ਤਾਪਮਾਨ ਕੀ ਹੋਵੇਗਾ? ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਦੇ ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਤਾਪ-ਗੁਣਾਂਕ $1.70 \times 10^{-4}\ °C^{-1}$ ਹੈ।

3.6 15 ਮੀਟਰ ਲੰਬੇ ਅਤੇ $6.0 \times 10^{-7}\ m^2$ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਵਾਲੇ ਤਾਰ ਵਿਚੋਂ ਉਪੇਖਿਤ ਕਰੰਟ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ 5.0 Ω ਮਾਪਿਆ ਗਿਆ। ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਤਾਪਮਾਨ ਤੇ ਤਾਰ ਦੇ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ?

3.7 ਚਾਂਦੀ ਦੇ ਕਿਸੇ ਤਾਰ ਦਾ 27.5 °C ਤੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ 2.1 Ω ਅਤੇ 100 °C ਤੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ 2.7 Ω ਹੈ। ਚਾਂਦੀ ਦੀ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧਕਤਾ ਤਾਪ ਗੁਣਾਂਕ ਪਤਾ ਕਰੋ।

3.8 ਨਾਈਕ੍ਰੋਮ ਦਾ ਇੱਕ ਤਾਪਨ-ਐਲੀਮੈਂਟ 230 V ਦੀ ਸਪਲਾਈ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਹੈ ਅਤੇ 3.2 A ਦਾ ਆਰੰਭਿਕ ਕਰੰਟ ਲੈਂਦਾ ਹੈ ਜੋ ਕੁਝ ਸੈਕੰਡ ਵਿਚ 2.8 A ਤੇ ਸਥਾਈ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਕਮਰੇ ਦਾ ਤਾਪਮਾਨ 27.0 °C ਹੈ ਤਾਂ ਤਾਪਨ-ਐਲੀਮੈਂਟ ਦਾ ਸਥਾਈ ਤਾਪਮਾਨ ਕੀ ਹੋਵੇਗਾ? ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਤਾਪਮਾਨ ਰੇਂਜ ਵਿਚ ਨਾਈਕ੍ਰੋਮ ਦਾ ਔਸਤ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦਾ ਤਾਪ ਗੁਣਾਂਕ $1.70 \times 10^{-4}\ °C^{-1}$ ਹੈ।

3.9 ਚਿੱਤਰ 3.30 ਵਿਚ ਦਰਸਾਏ ਨੈਟਵਰਕ ਦੀ ਹਰੇਕ ਸ਼ਾਖਾ ਵਿਚੋਂ ਲੰਘਦੇ ਕਰੰਟ ਦਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।



ਚਿੱਤਰ 3.30

3.10 (a) ਕਿਸੇ ਮੀਟਰ-ਬ੍ਰਿਜ ਵਿਚ (ਚਿੱਤਰ 3.27) ਜਦੋਂ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ S = 12.5 Ω ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ, ਸਿਰੇ A ਤੋਂ 39.5 cm ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। *R* ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਪਤਾ ਕਰੋ। ਵ੍ਹੀਟਸਟੋਨ ਬ੍ਰਿਜ ਜਾਂ ਮੀਟਰ ਬ੍ਰਿਜ ਵਿਚ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਾਂ ਦੇ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਲਈ ਮੋਟੀਆਂ ਕਾਪਰ ਦੀਆਂ ਪੱਤੀਆਂ ਕਿਉਂ ਵਰਤੀਆਂ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ?

(b) *R* ਅਤੇ *S* ਨੂੰ ਆਪਸ ਵਿਚ ਬਦਲ ਕੇ ਉਪਰੋਕਤ ਬ੍ਰਿਜ ਦਾ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ ਪਤਾ ਕਰੋ।

(c) ਜੇ ਬ੍ਰਿਜ ਦੇ ਸੰਤੁਲਨ ਦੀ ਅਵਸਥਾ ਵਿਚ ਗੈਲਵੈਨੋਮੀਟਰ ਅਤੇ ਸੈਲ ਨੂੰ ਆਪਸ ਵਿਚ ਬਦਲ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਕੀ ਗੈਲਵੇਨੋਮੀਟਰ ਕੋਈ ਕਰੰਟ ਦਰਸਾਏਗਾ?

3.11 8V ਬਿਜਲਈ ਵਾਹਕ ਬਲ ਦੀ ਇੱਕ ਸਟੋਰੇਜ ਬੈਟਰੀ ਜਿਸਦਾ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ 0.5 Ω ਹੈ, ਨੂੰ ਲੜੀ ਵਧ ਤਰੀਕੇ ਵਿਚ 15.5 Ω ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ 120 V ਦੇ dc ਸੋਮੇ ਦੁਆਰਾ ਚਾਰਜ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਚਾਰਜ ਹੁੰਦੇ ਸਮੇਂ ਬੈਟਰੀ ਦੀ ਟਰਮੀਨਲ ਵੋਲਟੇਜ ਕਿੰਨੀ ਹੋਵੇਗੀ? ਚਾਰਜਿੰਗ ਸਰਕਟ ਵਿਚ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਨੂੰ ਲੜੀ ਵੱਧ ਤਰੀਕੇ ਵਿੱਚ ਜੋੜਨ ਦਾ ਕੀ ਉਦੇਸ਼ ਹੈ।

3.12 ਕਿਸੇ ਪੋਟੈਸ਼ਿ ਮੀਟਰ ਵਿਵਸਥਾ ਵਿਚ, 1.25 V ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ਦੇ ਇਕ ਸੈਲ ਦਾ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ ਤਾਰ ਦੇ 35.0 cm ਲੰਬਾਈ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਇਸ ਸੈਲ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਹੋਰ ਸੈਲ ਦੁਆਰਾ ਬਦਲ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ 63.0 cm ਤੇ ਚਲਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਦੂਸਰੇ ਸੈਲ ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ ਕੀ ਹੈ?

3.13 ਕਿਸੇ ਤਾਂਬੇ ਦੇ ਚਾਲਕ ਵਿਚ ਮੁਕਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਘਣਤਾ ਉਦਾਹਰਨ 3.1 ਵਿਚ $8.5 \times 10^{28}\ m^{-3}$ ਪਤਾ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। 3 m ਲੰਬੇ ਤਾਰ ਦੇ ਇੱਕ ਸਿਰੇ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਸਿਰੇ ਤੱਕ ਡ੍ਰਿਫਟ ਕਰਨ ਵਿਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਕਿਨ੍ਹਾਂ ਸਮਾਂ ਲੈਂਦਾ ਹੈ? ਤਾਰ ਦਾ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ $2.0 \times 10^{-6}\ m^2$ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਵਿਚ 3.0 A ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ।

ਹੋਰ ਅਭਿਆਸ (ADDITIONAL EXERCISES)

3.14 ਧਰਤੀ ਦੀ ਸਤਹਿ ਤੇ ਰਿਣ ਸਤਹਿ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ 10^{-9} C m^{-2} ਹੈ। ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਦੇ ਉਪਰਲੇ ਭਾਗ ਅਤੇ ਧਰਤੀ ਦੇ ਸਤਹਿ ਦੇ ਵਿਚ 400 kV ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ (ਹੇਠਲੇ ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਦੀ ਘੱਟ ਚਾਲਕਤਾ ਦੇ ਕਾਰਨ) ਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਸਮੂਚੀ ਧਰਤੀ ਤੇ ਸਿਰਫ 1800 A ਦਾ ਕਰੰਟ ਹੈ। ਜੇ ਵਾਯੂਮੰਡਲੀ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਬਣਾਈ ਰਖਣ ਲਈ ਕੋਈ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਨਾ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਧਰਤੀ ਦੀ ਸਤਹਿ ਨੂੰ ਉਦਾਸੀਨ ਕਰਨ ਲਈ (ਲਗਭਗ) ਕਿੰਨ੍ਹਾਂ ਸਮਾਂ ਲਗੇਗਾ? (ਵਿਵਹਾਰਿਕ ਰੂਪ ਵਿਚ ਇਹ ਕਦੇ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਕਿਉਂਕਿ ਬਿਜਲਈ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ ਮੁੜ ਪੂਰਤੀ ਦੀ ਇੱਕ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਹੈ ਅਤੇ ਧਰਤੀ ਦੇ ਵੱਖ ਵੱਖ ਭਾਗਾਂ ਵਿਚ ਲਗਾਤਾਰ ਬਿਜਲੀ ਚਮਕਦੀ ਤੇ ਬੱਦਲ ਗਰਜਦੇ ਹਨ)। (ਧਰਤੀ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ = 6.37×10^6 m.)

3.15 (a) ਛੇ ਲੇਡ ਐਸਿਡ ਸਟੋਰੇਜ ਸੈਲਾਂ ਨੂੰ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿਚ ਹਰਕੇ ਦਾ ਬਿਜਲਈ ਵਾਹਕ ਬਲ 2 V ਅਤੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ 0.015 Ω ਹੈ, ਦੇ ਸੰਯੋਜਨ ਨਾਲ ਇੱਕ ਬੈਟਰੀ ਬਣਾਈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਬੈਟਰੀ ਦੀ ਵਰਤੋਂ 8.5 Ω ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਜੋ ਇਸ ਨਾਲ ਲੜੀ ਵੱਧ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਜੁੜਿਆ ਹੈ, ਵਿਚ ਕਰੰਟ ਦੀ ਸਪਲਾਈ ਲਈ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਬੈਟਰੀ ਵਿਚੋਂ ਕਿਨ੍ਹਾਂ ਕਰੰਟ ਲਿਆ ਗਿਆ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਟਰਮੀਨਲ ਵੋਲਟੇਜ ਕਿੰਨੀ ਹੈ?

(b) ਇੱਕ ਲੰਬੇ ਸਮੇਂ ਤੱਕ ਵਰਤੋਂ ਵਿਚ ਲਿਆਏ ਗਏ ਸਟੋਰੇਜ ਸੈਲ ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ 1.9 V ਅਤੇ ਜ਼ਿਆਦਾ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ 380 Ω ਹੈ। ਸੈਲ ਤੋਂ ਕਿੰਨਾ ਵਧ ਤੋਂ ਵਧ ਕਰੰਟ ਲਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ? ਕੀ ਸੈਲ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਇਹ ਕਰੰਟ ਕਿਸੇ ਕਾਰ ਦੀ ਸਟਾਰਟਿੰਗ ਮੋਟਰ ਨੂੰ ਚਾਲੂ ਕਰਨ ਦੇ ਸਮਰਥ ਹੈ?

3.16 ਦੋ ਬਰਾਬਰ ਲੰਬਾਈ ਦੀਆਂ ਤਾਰਾਂ ਵਿਚ ਇੱਕ ਐਲੂਮੀਨੀਅਮ ਦੀ ਅਤੇ ਦੂਸਰੀ ਕਾਪਰ ਦੀ ਬਣੀ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਬਰਾਬਰ ਹਨ? ਦੋਨਾਂ ਤਾਰਾਂ ਵਿਚੋਂ ਕਿਹੜੀ ਹਲਕੀ ਹੈ? ਇਸ ਲਈ ਸਮਝਾਓ ਕਿ ਉਪਰੋਂ ਜਾਣ ਵਾਲੀਆਂ ਬਿਜਲੀ ਕੇਬਲਾਂ ਵਿਚ ਐਲਮੀਨੀਅਮ ਦੀਆਂ ਤਾਰਾਂ ਨੂੰ ਕਿਉਂ ਪਸੰਦ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ? ($\rho_{Al} = 2.63 \times 10^{-8}$ Ω m, $\rho_{Cu} = 1.72 \times 10^{-8}$ Ω m, Al ਦੀ ਸਾਪੇਖੀ ਘਣਤਾ = 2.7, ਕਾਪਰ ਦੀ ਸਾਪੇਖੀ ਘਣਤਾ = 8.9.)

3.17 ਮਿਸ਼ਰਤ ਧਾਤੂ ਮੈਂਗਨਿਨ ਦੇ ਬਣੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਤੇ ਲਏ ਗਏ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਤੋਂ ਤੁਸੀਂ ਕੀ ਸਿੱਟਾ ਕਢ ਸਕਦੇ ਹੋ?

ਕਰੰਟ A	ਵੋਲਟੇਜ V	ਕਰੰਟ A	ਵੋਲਟੇਜ V
0.2	3.94	3.0	59.2
0.4	7.87	4.0	78.8
0.6	11.8	5.0	98.6
0.8	15.7	6.0	118.5
1.0	19.7	7.0	138.2
2.0	39.4	8.0	158.0

3.18 ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਪ੍ਰਸ਼ਨਾਂ ਦੇ ਉਤਰ ਦਿਓ—

(a) ਕਿਸੇ ਅਸਮਾਨ ਕ੍ਰਾਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਕਾਟ ਵਾਲੇ ਧਾਤਵੀ ਚਾਲਕ ਤੋਂ ਇਕ ਸਮਾਨ ਕਰੰਟ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਵਿਚੋਂ ਚਾਲਕ ਵਿਚ ਕੀ ਸਥਿਰ ਹੈ- ਕਰੰਟ, ਕਰੰਟ ਘਣਤਾ, ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ, ਡ੍ਰਿਫਟ ਚਾਲ।

(b) ਕੀ ਸਾਰੇ ਸਰਕਟ ਐਲੀਮੈਂਟਾਂ ਦੇ ਲਈ ਓਹਮ ਦਾ ਨਿਯਮ ਸਰਬ ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿਚ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ? ਜੇ ਨਹੀਂ, ਤਾਂ ਉਹਨਾਂ ਐਲੀਮੈਂਟਾਂ ਦੇ ਉਦਾਹਰਨ ਦਿਓ ਜੋ ਓਹਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪਾਲਨ ਨਹੀਂ ਕਰਦੇ।

(c) ਕਿਸੇ ਨਿਮਨ ਵੋਲਟੇਜ ਸਪਲਾਈ ਜਿਸ ਤੋਂ ਉੱਚ ਕਰੰਟ ਲੈਣਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਦਾ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਬਹੁਤ ਘਟ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ, ਕਿਉਂ?

(d) ਕਿਸੇ ਉੱਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ (HT) ਸਪਲਾਈ, ਮੰਨ ਲਉ 6 kV, ਦਾ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ, ਕਿਉਂ?

3.19 ਸਹੀ ਵਿਕਲਪ ਚੁਣੋ—

(a) ਮਿਸ਼ਰਤ ਧਾਤਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਆਮ ਕਰਕੇ ਉਹਨਾਂ ਵਿਚਲੀਆਂ ਘਟਕ ਧਾਤਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿਚ (ਵੱਧ/ਘਟ) ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

(b) ਆਮਤੌਰ ਤੇ ਮਿਸ਼ਰਤਧਾਤਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦਾ ਤਾਪ ਗੁਣਾਂਕ, ਸ਼ੁਧ ਧਾਤਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੇ ਤਾਪ-ਗੁਣਾਂਕ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਘਟ/ਵੱਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

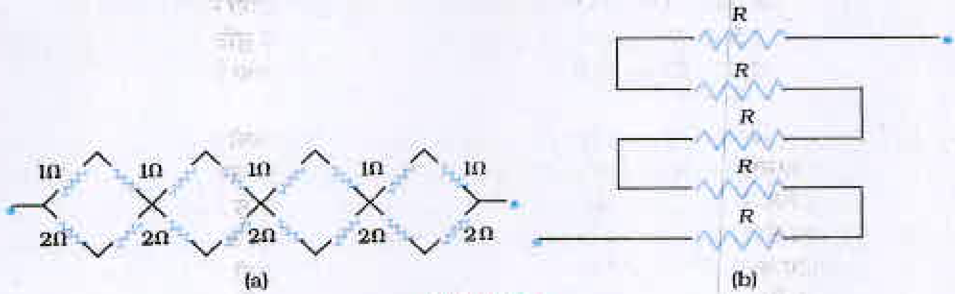
(c) ਮਿਸ਼ਰਤ ਧਾਤ ਮੈਂਗਨੀਨ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਤਾਪਮਾਨ ਵਿਚ ਵਾਧੇ ਦੇ ਨਾਲ ਲਗਭਗ (ਸੁਤੰਤਰ ਹੈ/ਤੇਜ਼ੀ ਨਾਲ ਵਧਦੀ ਹੈ)

(d) ਕਿਸੇ ਨਮੂਨੇ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ (ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਐਂਬਰ) ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਕਿਸੇ ਧਾਤ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕਤਾ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿਚ ($10^{22}/10^{23}$) ਆਰਡਰ ਦੇ ਗੁਣਾਂਕ ਤੋਂ ਵੱਡੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

3.20 (a) ਤੁਹਾਨੂੰ R ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਵਾਲੇ n ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ (i) ਵਧ ਤੋਂ ਵਧ (ii) ਘਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ ਤੁਸੀਂ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸੰਯੋਜਿਤ ਕਰੋਗੇ? ਵਧ ਤੋਂ ਵਧ ਅਤੇ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਾਂ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਕੀ ਹੋਵੇਗਾ?

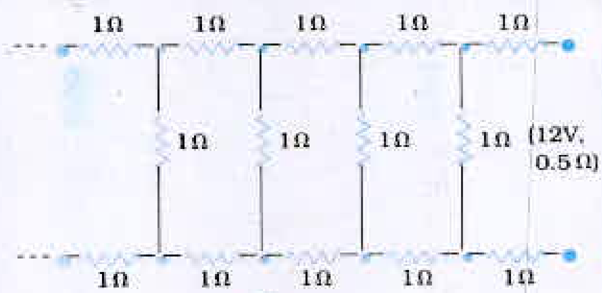
(b) ਜੇ 1 Ω, 2 Ω, 3 Ω ਦੇ ਤਿੰਨ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹੋਣ ਤਾਂ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਤੁਸੀਂ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜੋੜੋਗੇ ਕਿ ਪ੍ਰਾਪਤ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੋਣ : (i) (11/3) Ω (ii) (11/5) Ω, (iii) 6 Ω, (iv) (6/11) Ω?

(c) ਚਿੱਤਰ 3.31 ਵਿਚ ਦਿਖਾਏ ਨੈਟਵਰਕਾਂ ਦਾ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰੋ।



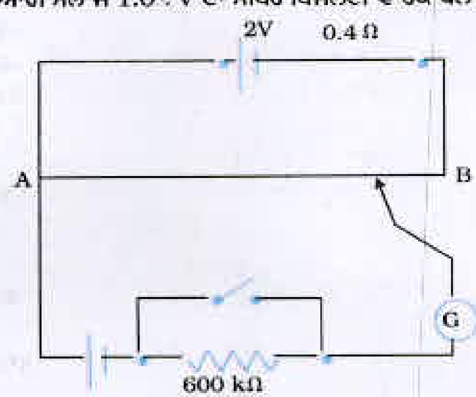
ਚਿੱਤਰ 3.31

3.21 ਕਿਸੇ 0.5Ω ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਵਾਲੇ 12V ਦੀ ਇਕ ਸਪਲਾਈ ਤੋਂ ਚਿੱਤਰ 3.32 ਵਿਚ ਦਰਸਾਏ ਗਏ ਅਨੰਤ ਨੈਟਵਰਕ ਦੁਆਰਾ ਲਏ ਗਏ ਕਰੰਟ ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰੋ। ਹਰੇਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦਾ ਮਾਨ 1Ω ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 3.32

3.22 ਚਿੱਤਰ 3.33 ਵਿਚ ਇਕ ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਇੱਕ 2.0 V ਅਤੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ 0.40 Ω ਦਾ ਕੋਈ ਸੈਲ, ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਤਾਰ AB ਤੇ ਵੋਲਟੇਜ ਡ੍ਰਾਪ ਬਣਾਏ ਰਖਦਾ ਹੈ। ਕੋਈ ਮਿਆਰੀ ਸੈਲ ਜੋ 1.02 V ਦਾ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲਈ ਵਾਹਕ ਬਲ ਬਣਾਏ ਰੱਖਦਾ ਹੈ (ਕੁਝ mA



ਚਿੱਤਰ 3.33

ਤੱਕ ਦੇ ਮਾਨਾਂ ਵਾਲੇ ਮਾਡਰੇਟ (Moderate) ਕਰੰਟ) ਤਾਰ ਦੀ 67.3 cm ਲੰਬਾਈ ਤੇ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਮਿਆਰੀ ਸੈਲ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਘਟ ਕਰੰਟ ਲੈਣਾ ਯਕੀਨੀ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਇਸਦੇ ਨਾਲ ਸਰਕਟ ਵਿਚ ਲੜੀਵੱਧ 600 kΩ ਦਾ ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਉੱਚ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਇਸਦੇ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ ਦੇ ਨੇੜੇ ਸ਼ਾਰਟ ਕਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਦੇ ਬਾਅਦ ਮਿਆਰੀ ਸੈਲ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਅਗਿਆਤ ਬਿਜਲਈ ਵਾਹਕ ਬਲ ε ਦੇ ਸੈਲ ਨਾਲ ਬਦਲ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ ਤਾਰ ਦੀ 82.3 cm ਲੰਬਾਈ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

(a) ε ਦਾ ਮਾਨ ਕੀ ਹੈ ?

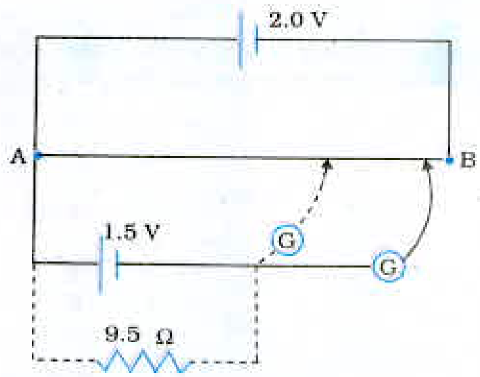
(b) 600 kΩ ਦੇ ਉੱਚ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦਾ ਕੀ ਮੰਤਵ ਹੈ?

(c) ਕੀ ਇਸ ਉੱਚ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਨਾਲ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ?

(d) ਉਪਰੋਕਤ ਸਥਿਤੀ ਵਿਚ ਜੇ ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ ਦਾ ਓਪਰੇਟਿੰਗ ਸੈਲ ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ 2.0V ਦੇ ਸਥਾਨ ਤੇ 1.0V ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਕੀ ਇਹ ਤਰੀਕਾ ਫਿਰ ਵੀ ਸਫਲ ਰਹੇਗਾ?

(e) ਕੀ ਇਹ ਸਰਕਟ ਕੁਝ mV ਦੇ ਆਰਡਰ ਦੇ ਬਹੁਤ ਘਟ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲਾਂ (ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਨਮੂਨੇ ਦੇ ਥਰਮੋਕਪਲ ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਵਾਹਕ ਬਲ) ਦੇ ਨਿਰਧਾਰਨ ਵਿਚ ਸਫਲ ਹੋਵੇਗਾ? ਜੇ ਨਹੀਂ ਤਾਂ ਤੁਸੀਂ ਇਸ ਵਿਚ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸੋਧ ਕਰੋਗੇ?

3.23 ਚਿੱਤਰ 3.34 ਵਿਚ ਕਿਸੇ 1.5 V ਦੇ ਸੈਲ ਦਾ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਮਾਪਣ ਦੇ ਲਈ ਇੱਕ 2.0 V ਦਾ ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਖੁਲੇ ਸਰਕਟ ਵਿਚ ਸੈਲ ਦਾ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ 76.3 cm ਤੇ ਮਿਲਦਾ ਹੈ। ਸੈਲ ਦੇ ਬਾਹਰੀ ਸਰਕਟ ਵਿਚ 9.5 Ω ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦਾ ਇੱਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧਕ ਜੋੜਨ ਤੇ ਸੰਤੁਲਨ ਬਿੰਦੂ ਪੋਟੈਂਸ਼ਿਓਮੀਟਰ ਦੇ ਤਾਰ ਵੀ 64.8 cm ਲੰਬਾਈ ਤੇ ਪੁੱਜ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਸੈਲ ਦੇ ਅੰਤਰਿਕ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰੋ।



ਚਿੱਤਰ 3.34