ਅਧਿਆਇ-2

ਸਥਿਰ ਬਿਜਲਈ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅਤੇ ਧਾਰਣਤਾ (ELECTROSTATIC POTENTIAL AND CAPACITANCE)

2.1. ਭੂਮਿਕਾ (INTRODUCTION)

ਅਧਿਆਇ 6 ਅਤੇ 8 (ਜਮਾਤ 11) ਵਿੱਚ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੀ ਧਾਰਣਾ ਨਾਲ ਤੁਹਾਨੂੰ ਜਾਣੂ ਕਰਵਾਇਆ ਗਿਆ ਸੀ। ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਬੱਲ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਨੂੰ ਇੱਕ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਬਿੰਦੂ ਤੱਕ, ਕਿਸੇ ਹੋਰ ਬੱਲ; ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਸਪਰਿੰਗ ਬੱਲ, ਗੁਰਤਾਕਰਸ਼ਣ ਬੱਲ ਅਤੇ ਹੋਰ ਦੇ ਵਿਪਰੀਤ ਲੈ ਕੇ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਉਸ ਬੱਲ ਵਲੋਂ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਉਸ ਵਸਤੂ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸੰਚਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਬਾਹਰੀ ਬੱਲ ਹਟਾ ਲਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਵਸਤੂ ਗਤੀ ਕਰਣ ਲੱਗ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਕੁੱਝ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਲੈਂਦੀ ਹੈ, ਅਤੇ ਉਸ ਵਸਤੂ ਦੀ ਉਨੀਂ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਘੱਟ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਸਤੂ ਦੀ ਗਤਿਜ ਅਤੇ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦਾ ਜੋੜ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਬੱਲ ਨੂੰ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਬੱਲ (Conservative Forces) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਸਪਰਿੰਗ ਅਤੇ ਗੁਰਤਾਕਰਸ਼ਣ ਬੱਲ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਬੱਲਾਂ ਦੇ ਉਦਾਹਰਣ ਹਨ।

ਗੁਰਤਾਕਰਸ਼ਣ ਬੱਲ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੋ ਸਥਿਰ ਆਵੇਸ਼ਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਲਗਣ ਵਾਲਾ ਕੂੱਲਮ (Coulomb) ਬਲ ਵੀ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਬੱਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਕੋਈ ਹੈਰਾਣੀ ਦੀ ਗੱਲ ਨਹੀਂ ਕਿਉਂਕਿ ਗਣਿਤਿਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਹ ਬੱਲ ਗੁਰਤਾਕਰਸ਼ਣ ਬਲ ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੈ; ਦੋਨਾਂ ਵਿੱਚ ਦੂਰੀ ਦੀ ਉਲਟ ਵਰਗ (Inverse Square) ਨਿਰਭਰਤਾ ਹੈ ਅਤੇ ਪ੍ਰਮੁੱਖ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਅਨੁਪਾਤੀ ਸਥਿਰਅੰਕਾਂ ਵਿੱਚ ਭਿੰਨਤਾ ਹੈ। ਗੁਰਤਾਕਰਸ਼ਣ ਨਿਯਮ ਵਿੱਚ ਪੁੰਜਾਂ ਦੀ ਥਾਂ ਤੇ ਕੂਲਮ ਨਿਯਮ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਰੱਖ ਲਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਗੁਰਤਵੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਪੁੰਜਾਂ ਦੀ ਸਥਿਤਿੱਜ ਊਰਜਾ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੀ ਅਸੀਂ ਕਿਸੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜ ਦੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ (configuration) ਦੇ ਕਾਰਨ ਕਿਸੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ **E** ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਸਰਲਤਾ ਦੇ ਲਈ ਪਹਿਲੇ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ Q ਦੇ ਕਾਰਨ ਖੇਤਰ **E** ਤੇ ਵਿਚਾਰ

ਚਿੱਤਰ 2.1 ਇੱਕ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ q (> 0) ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਥਿਤ ਚਾਰਜ Q (> 0) ਦੇ ਕਾਰਣ ਉਸ ਤੇ ਲਗੇ ਪ੍ਰਤਿਕਰਸ਼ੀ ਬੱਲ ਦੇ ਉਲਟ ਬਿੰਦੂ R ਤੋਂ ਬਿੰਦੂ P ਤਕ ਲੈ ਜਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ ਕਿ ਅਸੀਂ ਕੋਈ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ q ਨੂੰ ਚਾਰਜ Q ਦੇ ਕਾਰਨ ਚਾਰਜ q ਤੇ ਲਗੇ ਪ੍ਰਤਿਕਰਸ਼ੀ ਬੱਲ ਦੇ ਉਲਟ, ਬਿੰਦੂ R ਤੋਂ ਬਿੰਦੂ P ਤੱਕ ਲੈ ਜਾਂਦੇ ਹਾਂ। ਚਿੱਤਰ 2.1 ਤੋਂ ਇਹ ਉਦੋਂ ਹੀ ਸੰਭਵ ਹੈ ਜਦੋਂ Q ਅਤੇ q ਦੋਨੋ ਧਨਾਤਮਕ ਹੋਣ ਜਾਂ ਦੋਵੇਂ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੋਣ। ਪੱਕਾ ਕਰਣ ਲਈ ਅਸੀਂ ਮੰਨਦੇ ਹਾਂ $Q.\ q > 0$

ਇੱਥੇ ਦੋ ਗੱਲਾਂ ਕੀਤੀਆਂ ਜਾ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ। ਪਹਿਲੀ ਅਸੀ ਮੰਨਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਟੇਸਟ ਆਵੇਸ਼ q ਇਨਾਂ ਛੋਟਾ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਮੁੱਢਲੀ ਤਰਤੀਬ, ਮਤਲਬ ਕਿ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਥਿਤ ਚਾਰਜ q ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਹਲਚੱਲ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। (ਜਾਂ ਅਸੀਂ ਹੋਰ ਕਿਸੇ ਬੱਲ ਨਾਲ ਚਾਰਜ Q ਨੂੰ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਥਿਰ ਰਖਿਏ), ਦੂਜੀ ਗੱਲ ਚਾਰਜ q ਨੂੰ R ਤੋਂ P ਤੱਕ ਲੈ ਜਾਣ ਲਈ ਅਸੀਂ ਇੱਕ ਬਾਹਰੀ ਬੱਲ $\mathbf{F}_{ext}$ ਲਾਉਂਦੇ ਹਾਂ ਜੋ ਕਿ ਪ੍ਰਤਿਕਰਸ਼ੀ ਬਿਜਲੀ ਬੱਲ $\mathbf{F}_E$ (ਮਤਲਬ $\mathbf{F}_{ext} = -\mathbf{F}_E$) ਨੂੰ ਪ੍ਰਭਾਵਹੀਨ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਅਰਥ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ q ਨੂੰ R ਤੋਂ P ਤੱਕ ਲੈ ਕੇ ਆਉਂਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ ਉਸ ਤੇ ਕੋਈ ਨੇਟ ਬੱਲ ਜਾਂ ਫੇਰ ਸੰਵੇਗ ਕੰਮ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਇਸ ਨੂੰ ਬਹੁਤ ਹੀ ਹੌਲੀ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਚਾਲ ਨਾਲ ਲਿਆਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ, ਬਾਹਰੀ ਬੱਲ ਵਲੋਂ ਆਵੇਸ਼ ਤੇ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕੰਮ ਬਿਜਲੀ ਬੱਲ ਵਲੋਂ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕੰਮ ਦਾ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਅਤੇ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਾਲ ਚਾਰਜ q ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸੰਚਿਤ ਹੋ ਜਾਣਾ ਹੈ। ਜੇਕਰ P ਤੇ ਪਹੁੰਚ ਕੇ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਨੂੰ ਹੱਟਾ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਚਾਰਜ q ਨੂੰ Q ਤੋਂ ਦੂਰ ਭੇਜ ਦੇਵੇਂਗਾ। P ਤੇ ਸੰਚਿਤ ਊਰਜਾ (ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ) ਚਾਰਜ q ਨੂੰ ਗਤਿ ਦੇਣ ਵਿੱਚ ਖਰਚ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਇਸ ਢੰਗ ਨਾਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦਾ ਜੋੜ ਸੰਰਖਿਅਤ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਵਲੋਂ ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ q ਨੂੰ ਬਿੰਦੂ R ਤੋਂ P ਤੱਕ ਲੈ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕੰਮ

$$W_{RP} = \int_R^P \mathbf{F}_{ext} \cdot d\mathbf{r}$$

$$= -\int_R^P \mathbf{F}_E \cdot d\mathbf{r} \qquad (2.1)$$

ਇਹ ਕਾਰਜ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਪ੍ਰਤਿਕਰਸ਼ੀ ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਦੇ ਉਲਟ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸੰਚਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਹਰੇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ q ਆਵੇਸ਼ ਦੇ ਕਿਸੇ ਕਣ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਪੱਕੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਕਣ ਤੇ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਇਹ ਕਾਰਜ ਇਸ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਇਨਾਂ ਵਾਧਾ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ ਜੋ R ਅਤੇ P ਬਿੰਦੂਆਂ ਦੇ ਵਿਚਲੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਅੰਤਰ

$$\Delta U = U_P - U_R = W_{RP} \qquad (2.2)$$

(ਧਿਆਨ ਦਿਉ, ਇਥੇ ਇਹ ਵਿਸਥਾਪਣ ਬਿਜਲੀ ਬੱਲ ਦੇ ਵਿਪਰੀਤ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਲੋਂ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੈ, ਮਤਲਬ $-W_{RP}$)

ਇਸ ਲਈ ਦੋ ਬਿੰਦੂਆਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਅੰਤਰ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ- ਕਿਸੇ ਆਰਬਿਟਰੇਰੀ (arbitrary) ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ (configuration) ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਇਹ ਅੰਤਰ, ਚਾਰਜ q ਨੂੰ ਇੱਕ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਤੱਕ (ਬਿਨਾ ਸੰਵੇਗ ਕੀਤੇ) ਲੈ ਜਾਣ ਦੇ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਵੱਲੋਂ ਕੀਤੇ ਜਾਣ ਵਾਲੇ ਘੱਟੋ ਘੱਟ ਬਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਘਟਣਾਕ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਦੋ ਜ਼ਰੂਰੀ ਗੱਲਾਂ ਕੀਤੀਆਂ ਜਾ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ।

(i) ਸਮੀਕਰਣ (2.2) ਦਾ ਖੱਬਾ ਪਾਸਾ ਚਾਰਜ ਦੀ ਕੇਵਲ ਸ਼ੁਰੂਆਤੀ ਅਤੇ ਆਖਰੀ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਹੀ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਮਤਲਬ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵੱਲੋਂ ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ

ਨੂੰ ਇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਬਿੰਦੂ ਤੱਕ ਲੈ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕੰਮ ਕੇਵਲ ਸ਼ੁਰੂਆਤੀ ਅਤੇ ਆਖਰੀ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਉਸ ਪੱਥ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਜਿਸ ਤੋਂ ਹੋ ਕੇ ਉਹ ਚਾਰਜ ਇੱਕ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਬਿੰਦੂ ਤੱਕ ਜਾਂਦਾ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 2.2)। ਇਹ ਕਿਸੇ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਬਲ ਦਾ ਮੁੱਢਲਾ ਸੁਭਾਅ ਹੈ। ਜੇਕਰ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਪੱਥ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਹੋ ਜਾਏਗਾ ਤਾਂ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੀ ਧਾਰਣਾ ਦਾ ਕੋਈ ਅਰਥ ਨਹੀਂ ਰਹੇਗਾ। ਕਿਸੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵੱਲੋਂ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ ਦਾ ਪੱਥ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਾ ਹੋਣਾ ਕੂਲਮ (coulomb) ਦੇ ਨਿਯਮ ਤੋਂ ਸਿੱਧ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਦਾ ਸਬੂਤ ਅਸੀਂ ਇਥੇ ਛੱਡ ਦਿੰਦੇ ਹਾਂ।

(ii) ਸਮੀਕਰਣ (2.2) ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਅੰਤਰ ਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਨੂੰ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਅਨੁਸਾਰ ਇਕ ਅਰਥਪੂਰਣ ਰਾਸ਼ੀ ਕਾਰਜ ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਦੱਸਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੈ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਕਿਸੀ ਜੋੜਾਤਮਕ ਸਥਿਰਅੰਕ ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਇਹ ਅਰਥ ਹੈ ਕਿ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦਾ ਵਾਸਤਵਿਕ ਮਾਨ ਭੌਤਿਕ ਰੂਪ ਵਿਚ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ; ਕੇਵਲ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦਾ ਅੰਤਰ ਹੀ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਹਮੇਸ਼ਾ ਹੀ ਕੋਈ ਆਰਬਿਟਰੇਰੀ (arbitrary) ਸਿਥਰਅੰਕ α ਹਰ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਨਾਲ ਜੋੜ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਕਿਉਂਕੀ ਇਸ ਨਾਲ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਅੰਤਰ ਦੇ ਮਾਨ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਪਰਿਵਰਤਨ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ।

$$(U_P + \alpha) - (U_R + \alpha) = U_P - U_R$$

ਇਸ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵੀ ਦੱਸ ਸਕਦੇ ਹਾਂ : ਕਿ ਜਿੱਥੇ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਸਿਫਰ ਹੈ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਦੀ ਚੋਣ ਦੀ ਆਜ਼ਾਦੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇੱਕ ਸੁਵਿਧਾਜਨਕ ਚੋਣ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਅਸੀਂ ਅਨੰਤ ਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਸਿਫਰ ਮੰਨ ਲੈਂਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਚੋਣ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਜੇਕਰ ਅਸੀਂ ਕਿਸੀ ਬਿੰਦੂ R ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੇ ਮੰਨੀਏ, ਤਾਂ ਸਮੀਕਰਣ (2.2) ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$W_{\infty P} = U_P - U_{\infty} = U_P \tag{2.3}$$

ਕਿਉਂਕਿ ਬਿੰਦੂ P ਆਰਬਿਟਰੇਰੀ (arbitrary) ਹੈ, ਸਮੀਕਰਣ (2.3) ਤੋਂ ਅਸੀਂ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਚਾਰਜ q ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ (ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਦੇ ਕਾਰਣ ਖੇਤਰ ਦੀ ਉਪਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ) ਬਾਹਰੀ ਬਲ (ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਦੇ ਸਮਾਨ ਅਤੇ ਉਲਟ) ਵਲੋਂ ਚਾਰਜ q ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੱਕ ਲੈ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

2.2 ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ

ELECTROSTATIC POTENTIAL

ਕਿਸੇ ਵਿਆਪਕ ਸਥਿਰ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਅਸੀਂ ਕਿਸੇ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ q ਦੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਊਰਜਾ ਨੂੰ q ਤੇ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਸੀ। ਇਹ ਕਾਰਜ ਸਪਸ਼ਟ ਰੂਪ ਵਿੱਚ q ਦੇ ਸਮਾਨ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ q ਤੇ ਕਿਸੇ ਵੀ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬੱਲ $q\mathbf{E}$ ਲਗਦਾ ਹੈ, ਜਿੱਥੇ $\mathbf{E}$ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਕਾਰਣ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਹੋਣ ਵਾਲਾ ਬਿਜਲਈ ਖੇਤਰ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ ਨੂੰ ਚਾਰਜ ਨਾਲ ਭਾਗ ਕਰਨਾ ਸੁਵਿਧਾਜਨਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਪਰਿਣਾਮ ਵਿੱਚ ਜੋ ਰਾਸ਼ੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਉਹ q ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦੀ। ਦੂਜੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤਿ ਯੂਨਿਟ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ ਤੇ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਮੁੱਢਲਾ ਗੁਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਦੇ ਕਾਰਨ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੀ ਜਾਣਕਾਰੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

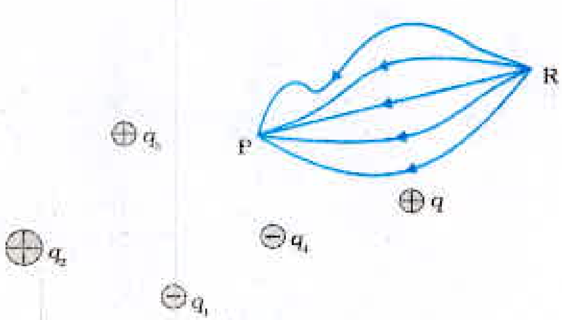
ਕਾਉਂਟ ਅਲੈਸੈਂਨਡਰੋ ਵੋਲਟਾ (1745-1827) (Count Alessandro Volta) ਇਟਾਲਿਅਨ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਆਨੀ, ਪਾਵਿਆ (Pavia) ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਫੈਸਰ ਸੀ। ਵੋਲਟਾ ਨੇ ਇਹ ਸਿੱਧ ਕੀਤਾ ਕਿ ਲੁਇਗੀ ਗੈਲਵਨੀ (1937-1798) ਵੱਲੋਂ ਦੋ ਵਖਰੀਆਂ ਧਾਤਾਂ ਦੇ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਡੱਡੂ ਦੀਆਂ ਮਾਸਪੇਸ਼ੀਆ ਦੇ ਟਿਸ਼ੂ ਵਿੱਚ ਦਿਖਾਈ ਗਈ ਜੈਵਿਕ ਬਿਜਲੀ ਜੈਵਿਕ ਟਿਸ਼ੂ ਦਾ ਕੋਈ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਗੁਣ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਹ ਉਦੋਂ ਵੀ ਪੈਦਾ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਗਿੱਲੀ ਵਸਤੂ ਦੋ ਅਸਮਾਨ ਧਾਤੂਆਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਰੱਖੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਨਾਲ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੇ ਪਹਿਲੇ ਵੋਲਟਾਇਕ ਪਾਈਲ (Pile), ਜਾਂ ਬੈਟਰੀ ਦਾ ਵਿਕਾਸ ਕੀਤਾ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਧਾਤੂ ਦੀਆਂ ਡਿੱਸਕਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਗੱਤੇ ਦੀਆਂ ਗਿੱਲੀਆਂ ਡਿਸਕਾਂ ਰੱਖ ਕੇ ਇੱਕ ਵੱਡਾ ਪੁੰਜ ਬਣਾਇਆ ਗਿਆ।

ਸਮੀਕਰਣ 2.1 ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ :

ਬਾਹਰੀ ਬੱਲ ਵੱਲੋਂ ਕਿਸੇ ਯੂਨਿਟ ਧਨਚਾਰਜ ਨੂੰ ਬਿੰਦੂ R ਤੋਂ P ਤੱਕ ਲਿਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ

$$= V_P - V_R \left(= \frac{U_P - U_R}{q} \right) \tag{2.4}$$

ਇਥੇ V_P ਅਤੇ V_R ਬਿੰਦੂ P ਅਤੇ R ਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਉ ਕਿ ਇਥੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦਾ ਅਸਲ ਮੁੱਲ ਉਨਾਂ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਨਹੀਂ ਹੈ ਜਿਨਾਂ ਕਿ ਭੌਤਿਕ ਨਿਯਮਾਂ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਹੈ। ਜੇਕਰ ਪਹਿਲੇ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਸੀਂ ਅਨੰਤ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਿਫ਼ਰ ਮਨ ਲਈਏ ਤਾਂ ਸਮੀਕਰਨ (2.4) ਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ ਕਿ-



ਚਿੱਤਰ 2.2 ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਦੇ ਕਾਰਣ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵੱਲੋਂ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ q ਤੇ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਪੱਥ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ, ਇਹ ਕੇਵਲ ਅੰਤਿਮ ਅਤੇ ਆਰੰਭਿਕ ਸਥਿਤਿਆਂ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ।

ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਦੁਆਰਾ ਕਿਸੇ ਯੂਨਿਟ ਧਨਚਾਰਜ ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੱਕ ਲਿਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ = ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ (V)।

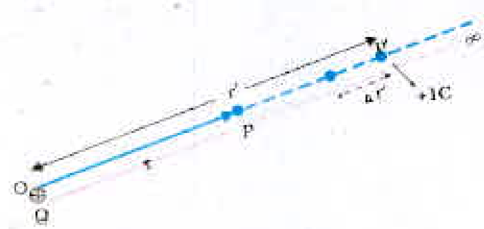
ਦੂਸਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਪ੍ਰਦੇਸ਼ ਦੇ ਕਿਸੀ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ (V) ਉਹ ਘਟੋ ਘੱਟ ਕਾਰਜ ਹੈ ਜੋ ਕਿਸੇ ਯੂਨਿਟ ਧਨਚਾਰਜ ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੱਕ ਲਿਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਪਹਿਲਾਂ ਕੀਤੀ ਗਈ ਵਿਸ਼ੇਸ ਟਿਪਣੀ ਪੁਟੈਂਸਲ ਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਤੇ ਵੀ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਪ੍ਰਤਿ ਯੂਨਿਟ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ ਤੇ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ, ਅਸੀਂ ਬਹੁਤ-ਬਹੁਤ-ਬਹੁਤ ਛੋਟਾ (infinitesimally small) ਟੈਸਟ ਆਵੇਸ਼ δq ਲੈਣਾ ਹੈ, ਇਸ ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੱਕ ਲਿਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ δW ਪਤਾ ਕਰਕੇ $\delta W/\delta q$ ਦਾ ਅਨੁਮਾਨ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕਰਨਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਨਾਲ ਹੀ ਪੱਥ ਦੇ ਹਰੇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲਾ ਬਾਹਰੀ ਬੱਲ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਰੱਖੇ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਅਤੇ ਉਲਟ ਹੋਣਾ ਚਾਹਿਦਾ ਹੈ।

2.3 ਬਿੰਦੂ ਆਵੇਸ਼ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸਲ

POTENTIAL DUE TO A POINT CHARGE

ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਚਾਰਜ Q ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ (ਚਿੱਤਰ 2.3)। ਸਪਸ਼ਟਤਾ ਦੇ ਲਈ Q ਨੂੰ ਧਨਾਤਮਕ ਮੰਨ ਲੈਂਦੇ ਹਾਂ। ਅਸੀਂ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਜਿਸ ਦਾ ਪੋਜਿਸ਼ਨ ਸਦਿਸ਼ **r** ਹੇ ਪੁਟੈਂਸਲ ਪਤਾ ਕਰਨਾ ਚਾਹੁੰਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਦੇ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਯੂਨਿਟ ਧਨਚਾਰਜ ਨੂ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਲਿਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਪਤਾ ਕਰਨਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ $Q > 0$ ਤਾਂ, ਪ੍ਰਤਿਕਰਸ਼ੀ ਬਲ ਵਲੋਂ ਟੈਸਟ ਆਵੇਸ਼ ਤੇ ਕੀਤਾ ਕਾਰਜ ਧਨਾਤਮਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਪੱਥ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ, ਅਸੀਂ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਬਿੰਦੂ P ਤੱਕ ਰੇਡਿਅਲ (radial) ਦਿਸ਼ਾ ਵੱਲ ਇੱਕ ਸੁਵਿਧਾਜਨਕ ਪੱਥ ਚੁਣਦੇ ਹਾਂ। ਪੱਥ ਦੇ ਕਿਸੇ ਵਿਚਲੇ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ, ਕਿਸੇ ਯੂਨਿਟ ਧਨਚਾਰਜ ਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਬਲ



ਚਿੱਤਰ 2.3 ਚਾਰਜ Q ਦੇ ਕਾਰਣ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਪੁਅਟੈਂਸਲ, ਚਾਰਜ Q ($Q > 0$) ਦੇ ਪ੍ਰਤਿਕਰਸ਼ੀ ਬੱਲ ਦੇ ਉਲਟ ਯੂਨਿਟ ਧਨਾਤਮਕ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਲਿਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$\frac{Q \times 1}{4\pi\varepsilon_0 r'^2} \hat{\mathbf{r}}' \tag{2.5}$$

ਜਿਥੇ $\hat{\mathbf{r}}'$, OP′ ਵੱਲ ਇੱਕ ਯੂਨਿਟ ਸਦਿਸ਼ ਹੈ, $\mathbf{r}'$ ਤੋਂ $\mathbf{r}' + \Delta\mathbf{r}'$ ਤੱਕ ਯੂਨਿਟ ਧਨਚਾਰਜ ਨੂੰ ਲੈ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ

$$\Delta W = -\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r'^2}\Delta r' \tag{2.6}$$

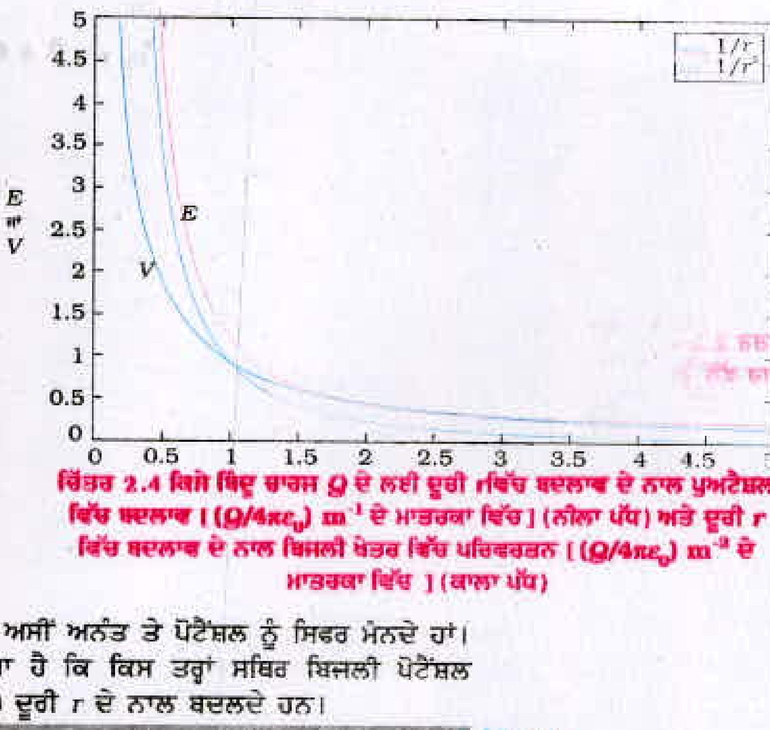
ਇਥੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਨਿਸ਼ਾਨ ਇਹ ਦਿਖਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿ $\Delta r' < 0$ ਅਤੇ ΔW ਧਨਾਤਮਕ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਣ (2.6) ਨੂੰ $r' = \infty$ ਤੋਂ $r' = r$ ਤਕ ਇੰਟੇਗ੍ਰੇਟ (Integrate) ਕਰਨ ਤੇ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਵੱਲੋਂ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕੁੱਲ ਕਾਰਜ (W) ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਵੇਗਾ।

$$W = -\int_{\infty}^{r}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r'^2}dr' = \left.\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r'}\right|_{\infty}^{r} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r} \tag{2.7}$$

ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਇਹ ਚਾਰਜ Q ਦੇ ਕਾਰਨ P ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਹੈ ਇਸਲਈ

$$V(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r} \tag{2.8}$$

ਸਮੀਕਰਣ (2.8) Q ਦੇ ਕਿਸੇ ਵੀ ਨਿਸ਼ਾਨ ਲਈ ਸਹੀ ਹੈ, ਪਰ ਇਸ ਨਤੀਜੇ ਤੇ ਪਹੁੰਚਨ ਲਈ ਅਸੀਂ ਮੰਨਿਆ ਹੈ ਕਿ $Q > 0$ ਜੇਕਰ $Q < 0$ ਤਾਂ $V < 0$, ਮਤਲਬ ਦੀ ਯੂਨਿਟ ਧਨਾਤਮਕ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਬਿੰਦੂ ਤੱਕ ਲਿਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ (ਬਾਹਰੀ ਬੱਲ ਦੁਆਰਾ) ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵੀ ਕਹਿ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਯੂਨਿਟ ਧਨ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ P ਤੱਕ ਲਿਆਉਣ ਵਿੱਚ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਵੱਲੋਂ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਧਨਾਤਮਕ ਹੈ। ਇਹ ਅਜਿਹਾ ਹੈ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਸ ਨੂੰ ਹੋਣਾ ਚਾਹਿਦਾ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ $Q < 0$ ਦੇ ਲਈ ਯੂਨਿਟ ਧਨ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ ਤੇ ਬਲ ਆਕਰਸ਼ੀ ਹੈ, ਇਸਲਈ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਅਤੇ ਵਿਸਥਾਪਨ (ਅਨੰਤ ਤੋਂ P ਤੱਕ) ਦੋਨੋਂ ਇੱਕ ਹੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹਨ। ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਜੇਕਰ ਅਸੀਂ ਸਮੀਕਰਣ 2.8 ਤੇ ਧਿਆਨ ਦੇਈਏ, ਤਾਂ ਸਾਨੂੰ ਪਤਾ ਲਗ ਜਾਵੇਗਾ ਕਿ ਇਹ ਸਮੀਕਰਣ ਸਾਡੀ ਉਸ ਚੋਣ ਨਾਲ ਮੇਲ ਖਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਅਨੰਤ ਤੇ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ ਨੂੰ ਸਿਫਰ ਮੰਨਦੇ ਹਾਂ।



ਚਿੱਤਰ 2.4 ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਚਾਰਜ Q ਦੇ ਲਈ ਦੂਰੀ r ਵਿੱਚ ਬਦਲਾਵ ਦੇ ਨਾਲ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਵਿੱਚ ਬਦਲਾਵ [$(Q/4\pi\varepsilon_0)\ m^{-1}$ ਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਵਿੱਚ] (ਨੀਲਾ ਪੱਧ) ਅਤੇ ਦੂਰੀ r ਵਿੱਚ ਬਦਲਾਵ ਦੇ ਨਾਲ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ [$(Q/4\pi\varepsilon_0)\ m^{-2}$ ਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਵਿੱਚ] (ਕਾਲਾ ਪੱਧ)

ਚਿੱਤਰ 2.4 ਵਿੱਚ ਇਹ ਦਰਸ਼ਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ ($\propto 1/r$) ਅਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ($\propto 1/r^2$) ਦੂਰੀ r ਦੇ ਨਾਲ ਬਦਲਦੇ ਹਨ।

ਉਦਾਹਰਣ 2.1

(a) ਚਾਰਜ 4×10^{-7} C ਦੇ ਕਾਰਨ ਇਸ ਤੋਂ 9 cm ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਪਤਾ ਕਰੋ।

(b) ਹੁਣ, ਚਾਰਜ 2×10^{-9} C ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਬਿੰਦੂ P ਤੱਕ ਲਿਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਪਤਾ ਕਰੋ। ਕਿ ਉੱਤਰ ਇਸ ਗੱਲ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਕਿਸ ਪੱਥ ਤੇ ਲਿਆਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਹੱਲ

(a) $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r} = 9 \times 10^9\ \mathrm{Nm^2\ C^{-2}} \times \frac{4 \times 10^{-7}\ \mathrm{C}}{0.09\ \mathrm{m}} = 4 \times 10^4\ \mathrm{V}$

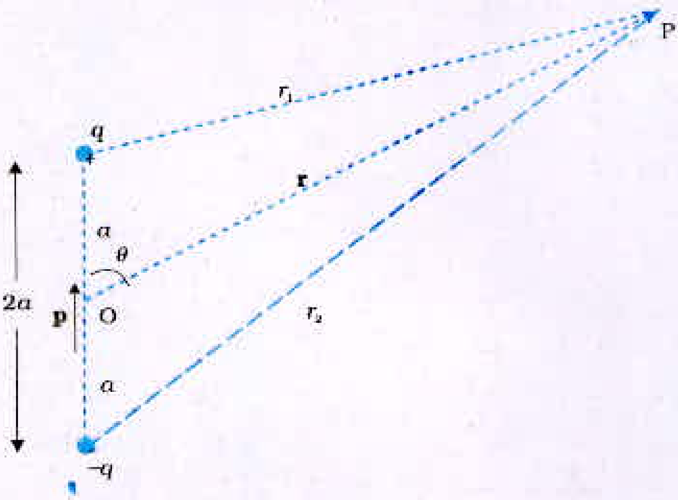
(b) $W = qV = 2 \times 10^{-9}\ \mathrm{C} \times 4 \times 10^4\ \mathrm{V} = 8 \times 10^{-5}\ \mathrm{J}$

ਨਹੀਂ ਕਾਰਜ ਪੱਥ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰੇਗਾ। ਕੋਈ ਵੀ ਆਰਬਿਟਰੇਰੀ ਇਨਫਿਨਟੇਸਮਲ (arbitrary Infinitesimal) ਪੱਥ ਦੇ ਲੰਬ ਵਿਸਥਾਪਨਾਂ ਵਿਚ (Resolve) ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਕ r ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਅਤੇ ਦੂਸਰਾ r ਦੇ ਲੰਬ। ਬਾਅਦ ਦੇ ਹਿੱਸੇ ਲਈ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਸਿਫ਼ਰ ਹੋਵੇਗਾ।

ਉਦਾਹਰਣ 2.1

2.4 ਬਿਜਲੀ ਡਾਇਪੋਲ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ
POTENTIAL DUE TO AN ELECTRIC DIPOLE

ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਅਸੀਂ ਪਿਛਲੇ ਅਧਿਆਇ ਵਿੱਚ ਜਾਣ ਚੁਕੇ ਹਾਂ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਡਾਇਪੋਲ (Dipole) ਦੋ ਬਿੰਦੂ ਚਾਰਜਾ q ਅਤੇ q ਤੋਂ ਮਿੱਲਕੇ ਬਣਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਨ੍ਹਾਂ ਚਾਰਜਾ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਦੂਰੀ $2a$ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਦਾ ਕੁੱਲ ਚਾਰਜ ਸਿਫ਼ਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਦੋ ਧਰੁਵ ਸਦਿਸ਼ **p** ਜਿਸਦਾ ਪਰਿਮਾਣ $q \times 2a$ ਅਤੇ ਦਿਸ਼ਾ q ਤੋਂ q ਵੱਲ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਮੁੱਢਲੇ ਗੁਣ ਨਾਲ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 2.5)। ਅਸੀਂ ਇਹ ਵੀ ਦੇਖਿਆ ਹੈ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਦੋ ਧਰੁਵ ਦਾ ਪੋਜਿਸ਼ਨ ਸਦਿਸ਼ $\vec{\mathbf{r}}$ ਸਹਿਤ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਰਫ਼ **r** ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਤੇ ਹੀ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਪਰ $\vec{\mathbf{r}}$ ਅਤੇ $\vec{\mathbf{p}}$ ਦੇ ਵਿਚਲੇ ਕੋਣ ਤੇ ਵੀ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਨਾਲ ਹੀ ਵੱਧ ਦੂਰੀਆਂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ $1/r^2$ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਨਹੀਂ ਘਟਦਾ (ਜੋ ਯੂਨਿਟ ਆਵੇਸ਼ ਦੇ ਕਾਰਨ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਲਈ ਹੈ) ਬਲਕਿ $1/r^3$ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਘੱਟਦੀ ਹੈ। ਇਥੇ ਅਸੀਂ ਦੋ ਧਰੁਵ ਦੇ ਕਾਰਣ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦਾ ਪਤਾ ਕਰਾਂਗੇ ਅਤੇ ਇਸ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਇਕ ਆਵੇਸ਼ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਨਾਲ ਕਰਾਂਗੇ।



ਚਿੱਤਰ 2.5- ਦੋ ਧਰੁਵ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੀ ਗਣਨਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸ਼ਾਮਿਲ ਰਾਸ਼ੀਆ

ਪਹਿਲੇ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਸੀਂ, ਦੋ ਧਰੁਵ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਨੂੰ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਰੱਖਦੇ ਹਾਂ। ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਉੱਪਰ ਸਥਾਪਨ ਸਿਧਾਂਤ (superposition principle) ਦਾ ਪਾਲਣ ਕਰਦੇ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਪੁਟੈਸ਼ਲ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਲੋਂ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੈ, ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸਲ ਵੀ ਉਪਰ-ਸਥਾਪਨ ਸਿਧਾਂਤ ਦਾ ਪਾਲਣ ਕਰਦਾ ਹੈ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਦੋ ਧਰੁਵ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ q ਅਤੇ $-q$ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦਾ ਯੋਗ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{r_1} - \frac{q}{r_2}\right) \tag{2.9}$$

ਇਥੇ r_1 ਅਤੇ r_2 ਬਿੰਦੂ P ਤੋਂ q ਅਤੇ q. ਤੋਂ ਦੂਰੀਆਂ ਹਨ। ਹੁਣ ਜਿਆਮਤੀ (Geometry) ਤੋਂ

$$r_1^2 = r^2 + a^2 - 2ar\cos\theta$$

$$r_2^2 = r^2 + a^2 + 2ar\cos\theta \tag{2.10}$$

ਅਸੀਂ r ਨੂੰ a ਦੇ ਮੁਕਾਬਲੇ ਬਹੁਤ ਵੱਡਾ ($r \gg a$) ਮੰਨਦੇ ਹਾਂ ਅਤੇ ਕੇਵਲ a/r ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਕੋਟਿ ਦੇ ਪਦਾਂ ਨੂੰ ਹੀ ਸ਼ਾਮਿਲ ਕਰਦੇ ਹਾਂ :

$$r_1^2 = r^2\left(1 - \frac{2a\cos\theta}{r} + \frac{a^2}{r^2}\right)$$

$$\cong r^2\left(1 - \frac{2a\cos\theta}{r}\right) \tag{2.11}$$

ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾ

$$r_2^2 \cong r^2\left(1 + \frac{2a\cos\theta}{r}\right) \tag{2.12}$$

ਬਾਇਨੋਮੀਅਲ ਥਿਓਰਮ (Binomial Theorem) ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰਕੇ a/r ਦੇ ਪਹਿਲੀ ਕੋਟਿ ਦੇ ਪਦਾਂ ਨੂੰ ਸ਼ਾਮਿਲ ਕਰਨ ਤੇ

$$\frac{1}{r_1} \cong \frac{1}{r}\left(1-\frac{2a\cos\theta}{r}\right)^{-1/2} \cong \frac{1}{r}\left(1+\frac{a}{r}\cos\theta\right) \quad [2.13(a)]$$

$$\frac{1}{r_2} \cong \frac{1}{r}\left(1+\frac{2a\cos\theta}{r}\right)^{-1/2} \cong \frac{1}{r}\left(1-\frac{a}{r}\cos\theta\right) \quad [2.13(b)]$$

ਸਮੀਕਰਣ (2.9) ਅਤੇ (2.13) ਅਤੇ $p = 2qa$ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰਨ ਤੇ,

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2a\cos\theta}{r^2} = \frac{p\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \quad (2.14)$$

ਅਤੇ $p\cos\theta = \mathbf{p}\cdot\hat{\mathbf{r}}$

ਜਿੱਥੇ $\hat{\mathbf{r}}$, **OP** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵੱਲ ਯੂਨਿਟ ਸਦਿਸ਼ ਹੈ। ਤਾਂ ਕਿਸੇ ਦੋਧਰੁਵ ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\mathbf{p}\cdot\hat{\mathbf{r}}}{r^2}; \qquad (r >> a) \quad (2.15)$$

ਜਿਦਾਂ ਕਿ ਇਸ਼ਾਰਾ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ, ਸਮੀਕਰਣ (2.15) ਕੇਵਲ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੂਰੀਆਂ ਦੇ ਲਈ ਹੈ ਜੋ ਦੋ ਧਰੁਵ ਦੇ ਅਕਾਰ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਵੱਡੀ ਹੈ। ਜਿਸਦੇ ਕਾਰਣ a/r ਦੇ ਵੱਡੀ ਸ਼ਕਤੀ ਦੇ ਪਦਾਂ ਨੂੰ ਨਿਗੂਣਾ ਮੰਨ ਕੇ ਛੱਡ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਦੋ ਧਰੁਵ **p** ਦੇ ਲਈ ਜੋ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਹੋ ਸਮੀਕਰਣ (2.15) ਸੱਚ ਹੈ।

ਸਮੀਕਰਣ (2.15) ਤੋਂ ਦੋ ਧਰੁਵੀ ਧੁਰੇ ($\theta = 0, \pi$) ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

$$V = \pm\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p}{r^2} \quad (2.16)$$

(ਧਨਾਤਮਕ ਚਿੰਨ੍ਹ $\theta = 0$ ਦੇ ਲਈ ਅਤੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਚਿੰਨ੍ਹ $\theta = \pi$ ਦੇ ਲਈ ਹੈ)। ਇਕੁਟੋਰਿਅਲ (Equatorial) ਸਮਤਲ ($\theta = \pi/2$) ਦੇ ਲਈ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਿਫ਼ਰ ਹੈ।

ਕਿਸੇ ਦੋ ਧਰੁਵ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅਤੇ ਯੂਨਿਟ ਆਵੇਸ਼ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੇ ਤੁਲਨਾਤਮਕ ਮਹੱਤਵਪੂਨ ਗੁਣ ਸਮੀਕਰਣਾਂ (2.8) ਅਤੇ (2.15) ਤੋਂ ਸਪਸ਼ਟ ਹਨ।

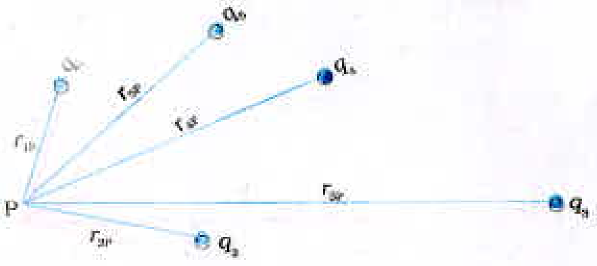
(i) ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਦੋ ਧਰੁਵ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਕੇਵਲ ਦੂਰੀ **r** ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ, ਬਲਕਿ ਸਥਿਤੀ (position) ਸਦਿਸ਼ **r** ਅਤੇ ਦੋ ਧਰੁਵ **P** ਦੇ ਵਿਚਲੇ ਕੋਣ ਤੇ ਵੀ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। (ਫਿਰ ਵੀ ਇਹ **P** ਦੇ ਐਕਸ਼ੀਅਲੀ (axially) ਸਮਰੂਪਿਤ (symmetric) ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਜੇਕਰ ਤੁਸੀਂ **p** ਦੇ ਆਲੇ ਦੁਆਲੇ ਪੋਜਿਸ਼ਨ ਸਦਿਸ਼ **r** , θ ਸਥਿਰ ਰੱਖਦੇ ਹੋਏ ਘੁੰਮਦੇ ਹੋ, ਤਾਂ ਬਿੰਦੂ **p** ਦੇ ਅਨੁਸਾਰੀ (corresponding) ਘੁੰਮਣ ਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਬਣੇ ਸ਼ੰਕੂ ਦੇ ਬਿੰਦੂਆਂ ਤੇ ਉਹੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਹੋਵੇਗਾ ਜੋ ਬਿੰਦੂ **p** ਤੇ ਹੈ।

(ii) ਜਿਆਦਾ ਦੂਰਿਆ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਦੋ ਧਰੁਵ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ $1/r^2$ ਦੇ ਅਨੁਪਾਤ ਵਿੱਚ ਘੱਟਦਾ ਹੈ, ਨਾ ਕਿ $1/r$ ਦੇ ਅਨੁਪਾਤ ਵਿੱਚ, ਜੋ ਕਿ ਯੂਨਿਟ ਆਵੇਸ਼ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦਾ ਇੱਕ ਮੁੱਢਲਾ ਗੁਣ ਹੈ। (ਇਸਦੇ ਲਈ ਅਸੀਂ ਚਿੱਤਰ 2.4 ਵਿੱਚ ਦਿਖਾਏ r ਤੇ $1/r^2$ ਅਤੇ $1/r$ ਤੇ r ਦੇ ਵਿੱਚ ਪੱਥਾਂ ਦਾ ਜ਼ਿਕਰ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਹੋਰ ਕੰਮ ਲਈ ਖਿਚਿਆ ਗਿਆ ਸੀ।

2.5 ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ

POTENTIAL DUE TO A SYSTEM OF CHARGES

ਕਿਸੇ ਚਾਰਜਾਂ $q_1, q_2, ..., q_n$ ਦੇ ਅਜਿਹੇ ਸਿਸਟਮ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਕਿਸੇ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਪੋਜਿਸ਼ਨ ਸਦਿਸ਼ $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, ..., \mathbf{r}_n$ ਹੋਣ (ਚਿੱਤਰ (2.6)) ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਚਾਰਜ q_1 ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ



ਚਿੱਤਰ 2.6— ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਇਕਲੇ ਇਕਲੇ ਚਾਰਜ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲਾ ਦੇ ਜੋੜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$V_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r_{1P}}$$

ਇਥੇ r_{1P} ਬਿੰਦੂ P ਅਤੇ ਚਾਰਜ q_1 ਦੇ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਚਾਰਜ q_2 ਦੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ V_2 ਅਤੇ q_3 ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ V_3 ਨੂੰ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

$$V_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{r_{2P}}, \; V_3 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_3}{r_{3P}}$$

ਜਿੱਥੇ r_{2P} ਅਤੇ r_{3P} ਬਿੰਦੂ P ਦੀਆਂ ਪਰਸਪਰ q_2 ਅਤੇ q_3 ਤੋਂ ਦੂਰੀਆਂ ਹਨ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਸੀਂ ਹੋਰ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਲਿੱਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਉੱਪਰ ਸਥਾਪਣ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਸਾਰੀ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਦੇ ਕਾਰਨ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ V, ਤਰਤੀਬ ਦੇ ਇਕਲੇ-ਇਕਲੇ ਚਾਰਜ ਦੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੇ ਬੀਜਗਣਿਤਿਕ ਜੋੜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇਗਾ।

$$V = V_1 + V_2 + \ldots + V_n \tag{2.17}$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1}{r_{1P}} + \frac{q_2}{r_{2P}} + \ldots\ldots + \frac{q_n}{r_{nP}}\right) \tag{2.18}$$

ਜੇਕਰ ਸਾਡੇ ਕੋਲ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ 'ρ' ਦੇ ਮੁੱਢਲੇ ਗੁਣ ਦਾ ਕੋਈ ਨਿਰੰਤਰ (continuous) ਚਾਰਜ ਵਿਤਰਣ ਹੈ ਤਾਂ ਪਹਿਲਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਉਸ ਨੂੰ ਅਸੀਂ Δv ਅਕਾਰ ਦੇ ਅਤੇ $\rho\Delta v$ ਚਾਰਜ ਦੇ ਛੋਟੇ ਛੋਟੇ ਆਇਤਨ ਅੰਸ਼ਾਂ ਵਿੱਚ ਵੰਡ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਫਿਰ ਅਸੀਂ ਹਰੇਕ ਆਇਤਨ ਚਾਰਜ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕਰਕੇ ਅਤੇ ਸਾਰੇ ਅੰਸ਼ਾਂ ਦਾ ਜੋੜ ਕਰਕੇ (ਸਹੀ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਸਮਾਕਲਨ (Integrate) ਕਰਕੇ) ਸਾਰੀ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਕਰਕੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਪਤਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

ਅਸੀਂ ਅਧਿਆਇ 1 ਵਿੱਚ ਦੇਖਿਆ ਹੈ ਕਿ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਆਵੇਸ਼ਿਤ ਗੋਲ ਖੋਲ ਦੇ ਕਾਰਣ ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਮੰਨ ਲਉ ਖੋਲ ਦਾ ਸਾਰਾ ਚਾਰਜ ਉਸ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਕੇਂਦਰਿਤ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਖੋਲ ਦੇ ਬਾਹਰ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਚਾਰਜਿਤ ਖੋਲ ਦੇ ਕਾਰਨ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r} \quad (r \geq R) \tag{2.19(a)}$$

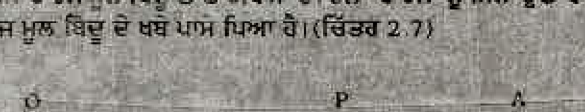
ਇਥੇ q ਗੋਲ ਖੋਲ ਤੇ ਸਾਰਾ ਚਾਰਜ ਅਤੇ R ਗੋਲ ਖੋਲ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਹੈ। ਖੋਲ ਦੇ ਅੰਦਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫ਼ਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ (ਦੇਖੋ ਅਨੁਭਾਗ 2.6) ਕਿ ਖੋਲ ਦੇ ਅੰਦਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਥਿਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ (ਕਿਉਂਕਿ ਖੋਲ ਦੇ ਅੰਦਰ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਗਤਿ ਕਰਵਾਉਣ ਨਾਲ ਕੋਈ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ) ਇਸਲਈ ਇਹ ਖੋਲ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{R} \tag{2.19(b)}$$

ਉਦਾਹਰਣ 2.2

ਉਦਾਹਰਣ 2.2— ਦੋ ਚਾਰਜ 3×10^{-8} C ਅਤੇ 2×10^{-8} ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੋਂ 15 cm ਦੂਰੀ ਤੇ ਰੱਖੇ ਹੋ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਦੋਵਾਂ ਚਾਰਜਾ ਨੂੰ ਮਿਲਾਉਣ ਵਾਲੀ ਰੇਖਾ ਦੇ ਕਿਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਿਫ਼ਰ ਹੈ। ਅਨੰਤ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਿਫਰ ਲਵੋ।

ਹੱਲ— ਮੰਨ ਲਉ ਧਨ ਚਾਰਜ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ O ਤੇ ਰਖਿਆ ਹੈ। ਦੋਨਾਂ ਚਾਰਜਾ ਨੂੰ ਮਿਲਾਉਣ ਵਾਲੀ ਰੇਖਾ x ਧੁਰਾ ਹੈ। ਅਤੇ ਰਿਣਚਾਰਜ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਦੇ ਖਬੇ ਪਾਸੇ ਪਿਆ ਹੈ। (ਚਿੱਤਰ 2.7)



ਚਿੱਤਰ 2.7

ਮੰਨ ਲਓ x ਧੁਰੇ ਤੇ ਉਹ ਲੋੜੀਂਦਾ ਬਿੰਦੂ P ਹੈ ਜਿਥੇ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਿਫ਼ਰ ਹੈ। ਜੇਕਰ ਬਿੰਦੂ P ਦਾ x ਨਿਰਦੇਸ਼ਅੰਕ x ਹੈ, ਤੇ ਸਪਸ਼ਟ ਰੂਪ ਵਿੱਚ x ਧਨਾਤਮਕ ਹੋਣਾ ਚਾਹਿਦਾ ਹੈ। ($x < 0$ ਦੇ ਲਈ ਇਹ ਸੰਭਵ ਨਹੀਂ ਹੋ ਸਕਦਾ ਕਿ ਦੋ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਕਾਰਣ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਿਫ਼ਰ ਹੋ ਜਾਵੇ) ਜੇਕਰ x ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ O ਅਤੇ A ਦੇ ਵਿੱਚ ਕਿਤੇ ਸਥਿਤ ਹੈ, ਤਾਂ

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{3\times10^{-8}}{x\times10^{-2}}-\frac{2\times10^{-8}}{(15-x)\times10^{-2}}\right]=0$$

ਜਿੱਥੇ x ਨੂੰ cm ਵਿੱਚ ਲਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਮਤਲਬ $\frac{3}{x}-\frac{2}{15-x}=0$

ਜਾਂ ਫੇਰ $x = 9$ cm.

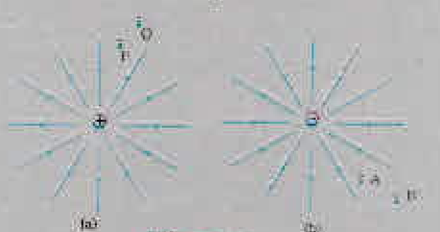
ਜੇਕਰ ਬਿੰਦੂ x ਵੱਧੀ ਹੋਈ ਰੇਖਾ OA ਤੇ ਹੈ, ਤਾਂ ਲੋੜੀਂਦੀ ਸ਼ਰਤ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ $\frac{3}{x}-\frac{2}{15-x}=0$

ਜਾਂ $x = 45$ cm

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਧਨ ਚਾਰਜ ਤੋਂ 9 cm ਅਤੇ 45 cm ਦੂਰ ਰਿਣਚਾਰਜ ਦੇ ਵੱਲ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਿਫ਼ਰ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਉ ਇਥੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੀ ਗਣਨਾ ਲਈ ਇਸਤੇਮਾਲ ਕੀਤੇ ਸੂਤਰ ਵਿੱਚ ਅਨੰਤ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਿਫ਼ਰ ਮੰਨਣਾ ਲੋੜਿਦਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਣ 2.2

ਉਦਾਹਰਣ 2.3— ਚਿੱਤਰ 2.3(a) ਅਤੇ (b) ਵਿੱਚ ਯੂਨਿਟ ਧਨ ਅਤੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀਆਂ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦਿਖਾਈਆਂ ਗਈਆਂ ਹਨ।



ਚਿੱਤਰ 2.8

(a) ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ $V_P - V_Q$; $V_B - V_A$ ਦੇ ਚਿੰਨ੍ਹ ਦੱਸੋ।

(b) ਬਿੰਦੂ Q ਅਤੇ P; A ਅਤੇ B ਦੇ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਛੋਟੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦਾ ਚਿੰਨ੍ਹ ਦੱਸੋ।

(c) Q ਤੋਂ P ਤੱਕ ਇੱਕ ਛੋਟੇ ਧਨਚਾਰਜ ਨੂੰ ਲੈ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਖੇਤਰ ਵੱਲੋਂ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ ਦਾ ਚਿੰਨ੍ਹ ਦੱਸੋ।

(d) B ਤੋਂ A ਤੱਕ ਇੱਕ ਛੋਟੇ ਰਿਣ ਆਵੇਸ਼ ਨੂੰ ਲੈ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਬਾਹਰੀ ਸਾਧਨ ਵੱਲੋਂ ਕੀਤੇ ਕਾਰਜ ਦਾ ਚਿੰਨ੍ਹ ਦੱਸੋ।

(e) B ਤੋਂ A ਤੱਕ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਕਿ ਇੱਕ ਛੋਟੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਦੀ ਊਰਜਾ ਵਧੇਗੀ ਜਾਂ ਘਟੇਗੀ?

ਹੱਲ—

(a) ਕਿਉਂਕਿ $V \propto \frac{1}{r}$, $V_P > V_Q$ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ $(V_P - V_Q)$, ਧਨਾਤਮਕ ਹੈ ਅਤੇ V_A ਤੋਂ V_B ਘੱਟ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੈ। ਇਸਲਈ $V_B > V_A$ ਜਾਂ ਫੇਰ $(V_B - V_A)$ ਧਨਾਤਮਕ।

(b) ਕੋਈ ਛੋਟਾ ਰਿਣਚਾਰਜ ਧਨਚਾਰਜ ਦੇ ਵੱਲ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਰਿਣਚਾਰਜ ਸਥਿਤਿਜ ਵੱਧ ਊਰਜਾ ਤੋਂ ਘੱਟ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਵੱਲ ਗਤਿ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ Q ਅਤੇ P ਦੇ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਛੋਟੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਅੰਤਰ ਦਾ ਚਿੰਨ੍ਹ ਧਨਾਤਮਕ ਹੈ।
ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, (ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ)$_A$ > (ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ)$_B$ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਅੰਤਰ ਦਾ ਚਿੰਨ੍ਹ ਧਨਾਤਮਕ ਹੈ।

(c) ਕਿਸੇ ਛੋਟੇ ਧਨਚਾਰਜ ਨੂੰ Q ਤੋਂ P ਤੱਕ ਲੈ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਬਾਹਰੀ ਏਜੰਸੀ ਨੂੰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਉਲਟ ਕੰਮ ਕਰਨਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵੱਲੋਂ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੈ।

(d) ਕਿਸੇ ਲਘੂ ਰਿਣਾਤਮਕ ਚਾਰਜ ਨੂੰ B ਤੋਂ A ਤੱਕ ਲੈ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਬਾਹਰੀ ਏਜੰਸੀ ਨੂੰ ਕਾਰਜ ਕਰਨਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਧਨਾਤਮਕ ਹੈ।

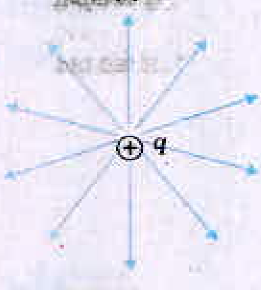
(e) ਰਿਣਚਾਰਜ ਤੇ ਪ੍ਰਤਿਕਰਸ਼ੀ ਬੱਲ ਲਗਣ ਦੇ ਕਾਰਣ ਵੇਗ ਘੱਟਦਾ ਹੈ ਇਸਲਈ B ਤੋਂ A ਤੇ ਲੈ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਉਸ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਘੱਟ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਣ 2.3

PHYSICS

Electric potential, equipotential surfaces:
http://video.mit.edu/watch/4-electrostatic-potential-electric-energy-ev-conservative-field-equipotential-sufaces-12584/

(a)



(b)

ਚਿੱਤਰ 2.9— ਕਿਸੇ ਯੂਨਿਟ ਆਵੇਸ਼ q ਦੇ ਲਈ (a) ਸਮ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਸਮਕੇਂਦਰੀ ਗੋਲਾਕਾਰ ਸਤ੍ਹਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਆਵੇਸ਼ ਸਥਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ (b) ਜੇਕਰ $q > 0$ ਹੈ, ਤਾਂ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਆਵੇਸ਼ ਤੋਂ ਸ਼ੁਰੂ ਹੋਣ ਵਾਲੀਆਂ ਰੇਡੀਅਲ (Radial) ਰੇਖਾਵਾਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ।

2.6 ਸਮ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ EQUIPOTENTIAL SURFACES

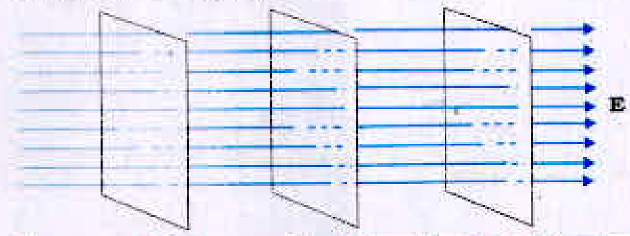
ਕੋਈ ਸਮ-ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਅਜਿਹੀ ਸਤ੍ਹਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਹਰ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਥਿਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਯੂਨਿਟ ਚਾਰਜ ਦੇ ਲਈ ਸਮੀਕਰਣ (2.8) ਤੋਂ ਬਿਜਲੀ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$$

ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਪ੍ਰਕਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਜੇਕਰ r ਸਥਿਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ V ਵੀ ਸਥਿਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਿਸੇ ਯੂਨਿਟ ਚਾਰਜ ਦੇ ਲਈ ਸਮ-ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਸਮਕੇਂਦਰੀ ਗੋਲੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਉਹ ਚਾਰਜ ਸਥਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

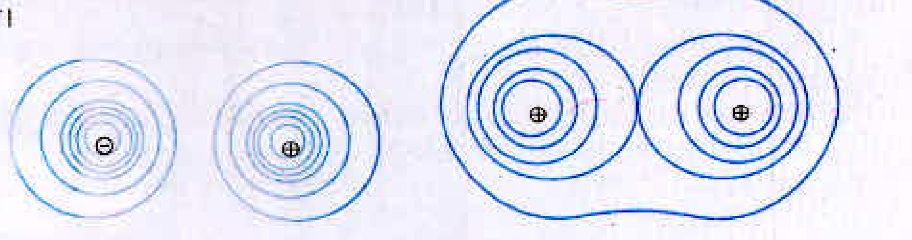
ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਯੂਨਿਟ ਚਾਰਜ q ਦੇ ਲਈ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਚਾਰਜ ਤੋਂ ਸ਼ੁਰੂ ਹੋਣ ਵਾਲੀ ਜਾਂ ਉਸ ਚਾਰਜ ਤੇ ਸਮਾਪਤ ਹੋਣ ਵਾਲੀ (ਇਹ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਚਾਰਜ q ਧਨਾਤਮਕ ਹੈ ਜਾਂ ਰਿਣਾਤਮਕ) ਰੇਡੀਅਲ ਰੇਖਾਵਾਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ, ਕਿਸੇ ਸਮ-ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਕਿਸੇ ਵੀ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਦਾ ਹੀ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਲੰਬ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸੱਚ ਹੈ: *ਕਿਸੇ ਵੀ ਆਵੇਸ਼ ਤਰਤੀਬ ਦੇ ਲਈ ਕਿਸੇ ਵੀ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਗੁਜਰਨ ਵਾਲੀ ਸਮ ਪੁਟੈਂਸਲ ਸਤ੍ਹਾ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਜੋ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਹੈ ਉਸ ਦੇ ਲੰਬ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਕਥਨ ਦਾ ਸਬੂਤ ਸਰਲ ਹੈ।*

ਜੇਕਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਮ-ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਲੰਬ ਨਹੀਂ ਹੈ; ਤਾਂ ਇਸ ਸਤ੍ਹਾ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵੱਲ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਕੋਈ ਘਟਕ ਹੋਵੇਗਾ। ਕਿਸੇ ਯੂਨਿਟ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਖੇਤਰ ਦੇ ਇਸ ਘੱਟਕ ਦੀ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਗਤਿ ਕਰਨ ਲਈ ਕੁਝ ਕਾਰਜ ਕਰਨਾ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ ਇਹ ਕਿਸੇ ਸਮ-ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਦੇ ਉਲਟ ਹੈ : ਸਮਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਕਿਸੇ ਦੋ ਵਿਦਿਆ ਦੇ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਅਤੇ ਇਸ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਕਿਸੇ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਗੰਤਿ ਕਰਾਨ ਦੇ ਲਈ ਕੋਈ ਕਾਰਜ ਕਰਨਾ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਇਸਲਈ ਕਿਸੇ ਸਮ-ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਸਾਰੇ ਬਿੰਦੂਆਂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਲੰਬ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਸਮ-ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸਿਆਂ ਦੀ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੇ ਦ੍ਰਿਸ਼ਾਂ ਤੋਂ ਵੱਖ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪੇਸ਼ ਕਰਦਾ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 2.10 ਕਿਸੇ ਇਕ ਸਮਾਨ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲਈ ਸਮ-ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ।

ਕਿਸੇ ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ, ਮਨ ਲੋ x-ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਇੱਕ ਸਮਾਨ (Uniform) ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ **E** ਦੇ ਕਈ, ਸਮ-ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ x-ਧੁਰੇ ਦੇ ਲੰਬ ਮਤਲਬ y-z ਤੱਲ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਤਲ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। (ਚਿੱਤਰ 2.10)। ਚਿੱਤਰ 2.11 ਵਿੱਚ (a) ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਦੋ ਧਰੁਵ ਅਤੇ (b) ਵਿੱਚ ਦੋ ਇਕੋ ਜਿਹੇ ਧਨਾਤਮਕ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਸਮ-ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦਿਖਾਈਆਂ ਗਈਆਂ ਹਨ।

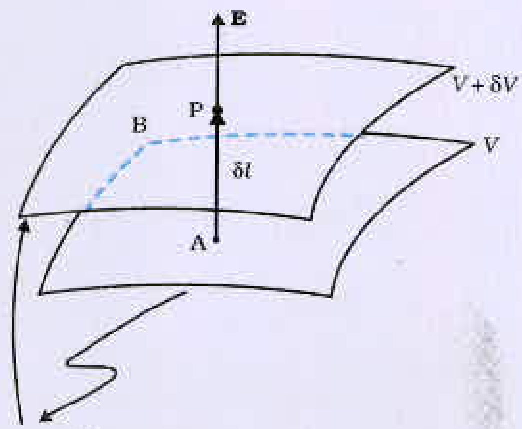


(a) (b)

ਚਿੱਤਰ 2.11 (a) ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਦੋ ਧਰੁਵ ਅਤੇ (b) ਦੋ ਇਕ ਸਮਾਨ ਧਨਚਾਰਜਾ ਦੇ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲਈ ਸਮ-ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ।

2.6.1 ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ
Relation between Electric field and potential

ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਲਾਗੇ ਰੱਖੀਆਂ ਦੋ ਸਮ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ A ਅਤੇ B (ਚਿੱਤਰ 2.12) ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦਾ ਮਾਨ V ਅਤੇ $V + \delta V$ ਹੈ, ਇੱਥੇ δV ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ $\mathbf{E}$ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ V ਚ ਹੋਇਆ ਪਰਿਵਰਤਨ ਹੈ। ਮੰਨ ਲਉ ਸਤ੍ਹਾ B ਤੇ ਕੋਈ ਬਿੰਦੂ P ਹੈ ਅਤੇ ਸਤ੍ਹਾ B ਦੀ ਬਿੰਦੂ P ਤੋਂ ਲੰਬਾਤਮਕ ਦੂਰੀ δl ਹੈ। ਇਹ ਵੀ ਮੰਨ ਲਉ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਉਲਟ ਕੋਈ ਯੂਨਿਟ ਧਨ ਚਾਰਜ ਇਸ ਲੰਬ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਸਤ੍ਹਾ B ਤੋਂ ਸਤ੍ਹਾ A ਸਤ੍ਹਾ A ਤੱਕ ਲੈ ਜਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ $|\vec{\mathbf{E}}|\delta l$ ਹੈ।



ਸਮਪਅਟੈਂਸਲ ਸਤ੍ਹਾ

ਚਿੱਤਰ 2.12 ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਤੋਂ ਖੇਤਰ ਤੱਕ

ਇਹ ਕਾਰਜ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ $V_A - V_B$ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ।

ਇਸ ਤਰਾਂ

$$|\mathbf{E}|\delta l = V - (V + \delta V) = -\delta V$$

ਮਤਲਬ
$$|\mathbf{E}| = -\frac{\delta V}{\delta l} \qquad (2.20)$$

ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕੀ δV ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੈ $\delta V = \ \ |\delta V|$ ਅਸੀਂ ਸਮੀਕਰਣ (2.20) ਨੂੰ ਦੁਬਾਰਾ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ

$$|\mathbf{E}| = -\frac{\delta V}{\delta l} = +\frac{|\delta V|}{\delta l} \qquad (2.21)$$

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਸੀਂ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਦੋ *ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਨਤੀਜਿਆਂ* ਤੇ ਪਹੁੰਚਦੇ ਹਾਂ।

(i) *ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਉਸ ਦਿਸ਼ਾ ਵੱਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਹੜੇ ਪਾਸੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਵਿੱਚ ਸੱਭ ਤੋਂ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹਾਨੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।*

(ii) *ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਣਾਮ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਮ-ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਲੰਬ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤਿ ਯੂਨਿਟ ਵਿਸਥਾਪਣ ਬਦਲਾਵ ਨਾਲ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।*

2.7 ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ
POTENTIAL ENERGY OF A SYSTEM OF CHARGES

ਪਹਿਲਾਂ ਅਸੀਂ ਇਕ ਸਰਲ ਅਵਸਥਾ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਦੇ ਸਾਪੇਖ $\mathbf{r}_1$ ਅਤੇ $\mathbf{r}_2$ ਪੋਜਿਸ਼ਨ ਸਦਿਸ਼ਾਂ ਵਾਲੇ ਦੋ ਚਾਰਜ q_1 ਅਤੇ q_2 ਹਨ। ਆਉ ਇਸ ਤਰਤੀਬ ਦੀ ਬਣਤਰ ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੀਏ। ਇਸ ਦਾ ਮਤਲਬ ਹੈ ਕਿ ਪਹਿਲਾਂ ਆਰੰਭ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਦੋਵੇਂ ਚਾਰਜਾਂ q_1 ਅਤੇ q_2 ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੇ ਮੰਨਦੇ ਹਾਂ ਅਤੇ ਬਾਅਦ ਵਿੱਚ ਬਾਹਰੀ ਏਜੰਸੀ ਵਲੋਂ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਆਪਣੀ ਵਰਤਮਾਨ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਮਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਕਾਰਜ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੀਏ। ਮੰਨ ਲਉ, ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਆਵੇਸ਼ q_1 ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਬਿੰਦੂ $\mathbf{r}_1$ ਤਕ ਲੈ ਕੇ ਆਉਂਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿਚ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਜਿਸ ਦੇ ਉਲਟ ਕਾਰਜ ਕਰਨ ਦੀ ਲੋੜ ਪਵੇ, ਇਸ ਲਈ q_1 ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ $\mathbf{r}_1$ ਤੱਕ ਲਿਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਸਿਫਰ ਹੈ। ਇਹ ਚਾਰਜ ਦਿੱਤੇ ਸਥਾਨ ਤੇ ਇੱਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ।

$$V_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r_{1P}}$$

ਜਿਥੇ r_{1P} ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ P ਦੀ ਬਿੰਦੂ q_1 ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਤੋਂ ਦੂਰੀ ਹੈ। ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਤੋਂ, ਚਾਰਜ q_2 ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਬਿੰਦੂ $\vec{\mathbf{r}}_2$ ਤਕ ਲੈ ਕੇ ਆਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਕਾਰਜ $\mathbf{r}_2$ ਤੇ q_1 ਵੱਲੋਂ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦਾ q_2 ਨਾਲ ਗੁਣਨਫਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$q_2 \text{ ਤੇ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qq_2}{r_{12}}$$

ਚਿੱਤਰ 2.13 ਚਾਰਜਾਂ q_1 ਅਤੇ q_2 ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਗੁਣਨਫਲ ਦੇ ਅਨੁਪਾਤੀ ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ ਦੇ ਉਲਟ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਇਥੇ r_{12} ਬਿੰਦੂ 1 ਅਤੇ 2 ਦੀ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ ਹੈ।

ਕਿਉਂਕਿ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਹੈ, ਇਹ ਕਾਰਜ ਸਿਸਟਮ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਜਮ੍ਹਾਂ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਦੋ ਚਾਰਜਾ q_1 ਅਤੇ q_2 ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ

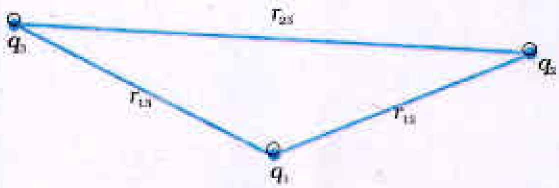
$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r_{12}} \qquad (2.22)$$

ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਜੇਕਰ ਪਹਿਲਾਂ q_2 ਨੂੰ ਉਸਦੀ ਵਰਤਮਾਨ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਲੈ ਕੇ ਆਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਉਸ ਤੋਂ ਬਾਅਦ q_1 ਨੂੰ ਲੈ ਕੇ ਆਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਵੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ U ਹੀ ਹੋਵੇਗੀ। ਅਧਿਕ ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਮੀਕਰਣ (2.22) ਵਿੱਚ ਦਰਸ਼ਾਈ ਗਈ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਲਈ ਵਿਅੰਜਕ ਹਮੇਸ਼ਾਂ ਹੀ ਨਾ ਬਦਲਣ ਯੋਗ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਚਾਹੇ ਦਿੱਤੇ ਸਥਾਨਾਂ ਤੇ ਚਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਵੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਗਾਇਆ ਜਾਵੇ। ਇਹ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਬਲਾਂ ਦੇ ਲਈ ਕਾਰਜ ਦੇ ਪੱਥ ਤੇ ਨਾ ਨਿਰਭਰ ਕਰਨ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੈ।

ਸਮੀਕਰਣ (2.22) q_1 ਅਤੇ q_2 ਦੇ ਕਿਸੇ ਵੀ ਚਿਨ੍ਹ ਦੇ ਲਈ ਸੱਚ ਹੈ। ਜੇਕਰ $q_1q_2 > 0$ ਤਾਂ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਧਨਾਤਮਕ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਆਪੇਕਸ਼ਿਤ ਵੀ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਇਕੋ ਚਿੰਨ੍ਹ ਵਾਲੇ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਲਈ ($q_1 q_2 > 0$), ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਪ੍ਰਤਿਕਰਸ਼ੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਆਵੇਸ਼ਾਂ ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਕਿਸੇ ਸੀਮਿਤ ਦੂਰੀ ਤੱਕ ਇਸ ਪ੍ਰਤਿਕਰਸ਼ੀ ਬਲ ਦੇ ਉਲਟ ਧਨਾਤਮਕ ਕਾਰਜ ਕਰਨਾ ਪੈਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਦੇ ਉਲਟ ਦੋ ਵੱਖਰੇ ਚਿੰਨ੍ਹ ਵਾਲੇ ਚਾਰਜਾਂ ($q_1 q_2 < 0$) ਦੇ ਲਈ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਬੱਲ ਆਕਰਸ਼ੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਸਥਿਤਿਆਂ ਤੋਂ ਅਨੰਤ ਤੱਕ ਇਸ ਆਕਰਸ਼ੀ ਬਲ ਦੇ ਉਲਟ ਲੈ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਧਨਾਤਮਕ ਕਾਰਜ ਕਰਨਾ ਪੈਂਦਾ ਹੈ। ਦੂਸਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ, ਉਲਟ ਪੱਥ (ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਵਰਤਮਾਨ ਸਥਿਤੀਆਂ ਤੱਕ) ਦੇ ਲਈ ਕਾਰਜ ਦੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਪਰਿਮਾਣ ਦੀ ਜ਼ਰੂਰਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜਿਸਦੇ ਕਾਰਨ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਸਮੀਕਰਣ (2.22) ਨੂੰ ਅਸਾਨੀ ਨਾਲ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ ਕਿਸੇ ਵੀ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਲਈ ਵਿਆਪਕ ਬਣਾਈਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਆਉ ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਤਿੰਨ ਚਾਰਜਾਂ q_1, q_2 ਅਤੇ q_3 ਜੋ ਪਰਸਪਰ $\mathbf{r}_1$, $\mathbf{r}_2$ ਅਤੇ $\mathbf{r}_3$ ਤੇ ਸਥਿਤ ਹਨ, ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰਕੇ ਦੇਖੀਏ। ਪਹਿਲਾਂ q_1 ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ $\mathbf{r}_1$ ਤੱਕ ਲੈ ਕੇ ਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੋਇਆ। ਉਸ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਅਸੀਂ q_2 ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ $\mathbf{r}_2$ ਤੱਕ ਲੈ ਕੇ ਆਉਂਦੇ ਹਾਂ। ਪਹਿਲਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ

$$q_2 V_1(\mathbf{r}_2) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qq_2}{r_{12}} \qquad (2.23)$$



ਚਿੱਤਰ 2.14 ਚਿੱਤਰ ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਸੰਕੇਤਾਂ ਸਹਿਤ ਸਮੀਕਰਣ (2.26) ਵਿੱਚ ਤਿੰਨ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਹੈ।

ਚਾਰਜ q_1 ਅਤੇ q_2 ਆਪਣੇ ਚਾਰੋ ਪਾਸੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹਨ, ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਇਹ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ

$$V_{1,2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1}{r_{1P}} + \frac{q_2}{r_{2P}}\right) \qquad (2.24)$$

ਚਾਰਜ q_3 ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਬਿੰਦੂ $\mathbf{r}_3$ ਤੱਕ ਲੈ ਕੇ ਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ $\mathbf{r}_3$ ਤੇ $V_{1,2}$ ਦਾ q_3 ਗੁਣਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$\text{ਇਸਲਈ } q_3 V_{1,2}(\mathbf{r}_3) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1q_3}{r_{13}} + \frac{q_2q_3}{r_{23}}\right) \qquad (2.25)$$

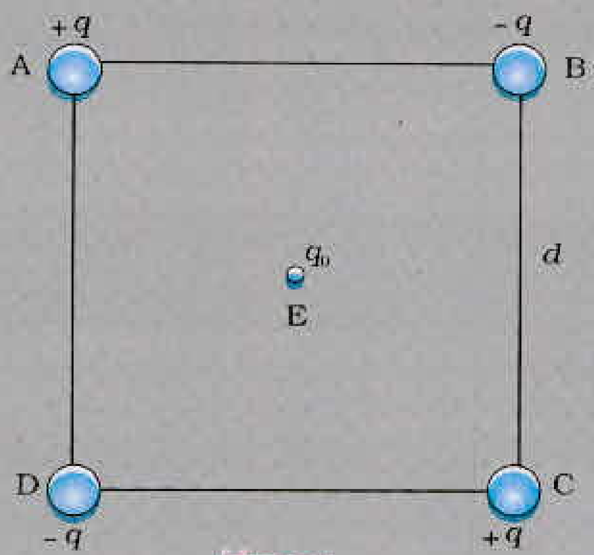
ਚਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਦਿੱਤੀਆ ਗਈਆਂ ਸਥਿਤੀਆਂ ਤੇ ਇੱਕਤਰ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕੁੱਲ ਕਾਰਜ ਅਲਗ-ਅਲਗ ਸਥਿਤਿਆਂ ਵਿੱਚ [ਸਮੀਕਰਣ (2.23) ਅਤੇ ਸਮੀਕਰਣ (2.25)] ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜਾਂ ਦਾ ਜੋੜ ਕਰਨ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1q_2}{r_{12}} + \frac{q_1q_3}{r_{13}} + \frac{q_2q_3}{r_{23}}\right) \tag{2.26}$$

ਇਥੇ ਫਿਰ ਸਥਿਰਬਿਜਲੀ ਬਲ ਦੇ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਹੋਣ ਦੇ ਕਾਰਣ (ਜਾਂ ਫੇਰ ਸਮਕਾਲੀ ਰੂਪ ਵਿੱਚ, ਕਾਰਜ ਦੀ ਪੱਥ ਅਜ਼ਾਦੀ) ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ U ਦਾ ਅੰਤਿਮ ਵਿਅੰਜਕ (ਸਮੀਕਰਮ 2.26), ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਨੂੰ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਰੱਚਿਆ ਗਿਆ ਹੈ ਉਸ ਦੇ ਕੰਮ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ।

ਸਥਿਰ ਊਰਜਾ ਤਰਤੀਬ ਦੀ ਵਰਤਮਾਨ ਸਥਿਤੀ ਦਾ ਮੁਢਲਾ ਗੁਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਇਸ ਗੱਲ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਕਿ ਇਸ ਤਰਤੀਬ ਨੂੰ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ।

ਉਦਾਹਰਣ 2.4— ਚਿੱਤਰ 2.15 ਵਿੱਚ ਦਿਖਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਚਾਰ ਚਾਰਜ ਭੁਜਾ d ਵਾਲੇ ਕਿਸੇ ਵਰਗ ABCD ਦੇ ਸਿਖਰਾਂ ਤੇ ਰੱਖੇ ਗਏ ਹਨ। (a) ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਨੂੰ ਇੱਕ ਸਾਰ ਬਣਨ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਪੱਤਾ ਕਰੋ (b) ਕੋਈ ਚਾਰਜ q_0 ਵਰਗ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਵਿੱਚ E ਤੱਕ ਲੈ ਕੇ ਆਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਚਾਰੇ ਚਾਰਜ ਸਿਖਰਾਂ ਤੇ ਸਥਿਰ ਰਹਿੰਦੇ ਹੈ ਇਹ ਕਰਨ ਲਈ ਕਿੰਨਾ ਹੋਰ ਕਾਰਜ ਕਰਨਾ ਪਵੇਗਾ।



ਚਿੱਤਰ 2.15

ਹੱਲ—

(a) ਕਿਉਂਕਿ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ ਅੰਤਿਮ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਇਸ ਗੱਲ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਕਿ ਇਹ ਚਾਰਜ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਰੱਖੇ ਗਏ। ਅਸੀਂ ਚਾਰਜਾ ਨੂੰ A, B, C ਅਤੇ D ਤੇ ਰੱਖਣ ਦੇ ਇੱਕ ਤਰੀਕੇ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਕਾਰਜ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰਾਂਗੇ। ਮੰਨ ਲਓ ਪਹਿਲੇ q ਨੂੰ A ਤੇ ਰਖਿਆ ਗਿਆ, ਉਸ ਤੋਂ ਬਾਅਦ $-q$, $+q$ ਅਤੇ $-q$ ਨੂੰ ਪਰਸਪਰ B, C ਅਤੇ D ਤੇ ਲਿਆ ਕੇ ਰਖਿਆ ਗਿਆ। ਕੀਤੇ ਗਏ ਕੁੱਲ ਕਾਰਜ ਦੀ ਗਣਨਾ ਹੇਠ ਦਿੱਤੇ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ।

(i) ਚਾਰਜ $+q$ ਨੂੰ A ਤੇ ਲਿਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਵੀ ਚਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੈ : ਇਹ ਸਿਫਰ ਹੈ।

(ii) ਚਾਰਜ $-q$ ਨੂੰ B ਤੇ ਲਿਆਨ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਜਦੋਂ $+q$ ਸਿਖਰ A ਤੇ ਹੈ। ਇਹ (B ਤੇ ਚਾਰਜ) × (A ਤੇ ਚਾਰਜ $+q$ ਦੇ ਕਾਰਨ ਬਿੰਦੂ B ਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ)

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

ਉਦਾਹਰਣ 2.4

(iii) ਚਾਰਜ $+q$ ਨੂੰ C ਤੇ ਲਿਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਜੱਦ $+q$ ਸ਼ਿਖਰ A ਤੇ ਅਤੇ q ਸ਼ਿਖਰ B ਤੇ ਹੈ। ਇਹ (C ਤੇ ਚਾਰਜ) × (A ਅਤੇ B ਤੇ ਚਾਰਜਾ ਕਾਰਣ C ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ

$$= +q\left(\frac{+q}{4\pi\varepsilon_0 d\sqrt{2}} + \frac{-q}{4\pi\varepsilon_0 d}\right)$$

$$= \frac{-q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

(iv) ਚਾਰਜ q ਨੂੰ D ਤੇ ਲਿਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ਜਦੋਂ $+q$ ਸ਼ਿਖਰ A, q ਸ਼ਿਖਰ B ਤੇ ਅਤੇ $+q$ ਸ਼ਿਖਰ C ਤੇ ਹੈ। ਇਹ (D ਤੇ ਚਾਰਜ) × (A, B ਅਤੇ C ਤੇ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ D ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ)

$$= -q\left(\frac{+q}{4\pi\varepsilon_0 d} + \frac{-q}{4\pi\varepsilon_0 d\sqrt{2}} + \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 d}\right)$$

$$= \frac{-q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(2 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

ਸਟੈਪਸ (i), (ii), (iii) ਅਤੇ (iv) ਦੇ ਕਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਜੋੜਣ ਤੇ ਕੁੱਲ ਕਾਰਜ

$$= \frac{-q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left\{(0) + (1) + \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) + \left(2 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)\right\}$$

$$= \frac{-q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(4 - \sqrt{2}\right)$$

ਇਹ ਕਾਰਜ ਕੇਵਲ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਇਸ ਗੱਲ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਕਿ ਇਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਕਿੰਦਾ ਇਕਠਾ ਕੀਤਾ ਗਿਆ। ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਇਹ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ ਕੁੱਲ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਊਰਜਾ ਹੈ। (ਵਿਦਿਆਰਥੀ ਅਪਣੀ ਇੱਛਾ ਅਨੁਸਾਰ ਚਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਵੀ ਹੋਰ ਕ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਲੈ ਕੇ ਇਸ ਕਾਰਜ/ਊਰਜਾ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰਨ ਦਾ ਯਤਨ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਦੇਖ ਕੇ ਸਿੱਧ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹੈ ਕਿ ਹਰ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਊਰਜਾ ਸਮਾਨ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ।

(b) ਜਦਕਿ ਚਾਰੇ ਚਾਰਜ A, B, C ਅਤੇ D ਤੇ ਹੈ, ਚਾਰਜ q_0 ਨੂੰ ਬਿੰਦੂ E ਤੇ ਲਿਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ q_0 × (A, B, C ਅਤੇ D ਤੇ ਪਏ ਚਾਰਜਾ ਦੇ ਕਾਰਨ E ਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਿਫਰ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ A ਅਤੇ C ਤੇ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ B ਅਤੇ D ਵੱਲੋਂ ਨਿਰਸਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਬਿੰਦੂ E ਤੱਕ ਕਿਸੇ ਵੀ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਲਿਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਕਰਨਾ ਪੈਂਦਾ।

2.8 ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ
POTENTIAL ENERGY IN EXTERNAL FIELD

2.8.1 Potential energy of a single charge

ਸੈਕਸ਼ਨ 2.7 ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸੋਮੇ ਦਾ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਵਿਆਖਿਆਨ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਸਥਿਤਿਆਂ ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ। ਇਸ ਸੈਕਸ਼ਨ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਇਸ ਦੇ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਪਰੰਤੂ ਅਲਗ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਪੁਛਾਂਗੇ। ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ q ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ? ਵਾਸਤਵ ਵਿੱਚ ਇਹ ਪ੍ਰਸ਼ਣ ਆਰੰਭਿਕ ਬਿੰਦੂ ਸੀ ਜੋ ਸਾਨੂੰ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੀ ਧਾਰਨਾ ਦੇ ਵੱਲ ਲੈ ਕੇ ਗਿਆ ਸੀ। (ਦੇਖੋ ਸੈਕਸ਼ਨ 2.1 ਅਤੇ 2.2) ਪਰੰਤੂ ਇਹੀ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਅਸੀਂ ਫਿਰ ਦੁਬਾਰਾ ਇਹ ਸਪਸ਼ਟ ਕਰਣ ਲਈ ਪੁੱਛ ਰਿਹੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕਿਸ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਹ ਸੈਕਸ਼ਨ 2.7 ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਗਈ ਚਰਚਾ ਤੋਂ ਅਲਗ ਹੈ।

ਇਥੇ ਮੁੱਖ ਅੰਤਰ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਇਥੇ ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜ (ਜਾ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ) ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਚਰਚਾ ਕਰ ਰਿਹੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਵਿੱਚ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ **E** ਉਨ੍ਹਾਂ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਚਾਰਜਾਂ ਵੱਲੋਂ ਪੈਦਾ ਨਹੀਂ ਕਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਜਿਨ੍ਹਾ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੀ ਅਸੀਂ ਗਣਨਾ ਕਰਨੀ ਚਾਹੁੰਦੇ ਹਾਂ। ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ **E** ਉਸ ਸੋਮੇ ਵੱਲੋਂ ਪੈਦਾ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜੋ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਚਾਰਜ (ਜਾਂ ਚਾਰਜਾਂ) ਦੀ ਨਜ਼ਰ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਬਾਹਰੀ ਸੋਮੇ ਦਾ ਪਤਾ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ਪਰ ਜ਼ਿਆਦਾਤਰ ਇਹ ਸੋਮਾ ਅਗਿਆਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਾਂ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਜੋ ਕੁਛ ਵੀ ਇਥੇ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਉਹ ਹੈ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ **E** ਜਾਂ ਬਾਹਰੀ ਸੋਮੇ ਦੇ ਕਾਰਨ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ V। ਅਸੀਂ ਇਹ ਸੁਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਚਾਰਜ q ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਸੋਮੇ ਨੂੰ ਸਹੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਾਲ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਜੇਕਰ q ਬਹੁਤ ਛੋਟਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਹ ਸੱਚ ਹੈ ਨਹੀਂ ਤਾਂ ਕੁਝ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਨਾਂ ਕੀਤੇ ਬਲਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਵਿੱਚ ਬਾਹਰੀ ਸੋਮਿਆਂ ਨੂੰ ਸਥਿਰ ਰੱਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਜੇਕਰ q ਸੀਮਿਤ ਹੈ ਤਾਂ ਵੀ ਇਸ ਦੇ ਬਾਹਰੀ ਸੋਮਿਆਂ ਤੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੀ ਉਨ੍ਹਾਂ ਸਥਿਤਿਆਂ ਵਿੱਚ ਉਪੇਖਿਆ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਦੂਰ ਅਨੰਤ ਤੇ ਸਥਿਤ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਤਗੜਾ ਸੋਮਾ ਸਾਡੀ ਰੁਚੀ ਦੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਇਕ ਸੀਮਿਤ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਫਿਰ ਧਿਆਨ ਦਿਉ ਕਿ ਸਾਡੀ ਰੁਚੀ ਚਾਰਜ q (ਅਤੇ ਬਾਅਦ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਸਿਸਟਮ) ਦੀ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਊਰਜਾ ਪਤਾ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਹੈ। ਸਾਡੀ ਰੁਚੀ ਉਨ੍ਹਾਂ ਸੋਮੇਆਂ ਦੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਨਹੀਂ ਹੈ ਜੋ ਕੀ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਦੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹੈ।

ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ **E** ਅਤੇ ਉਸਦੇ ਸਮਰੂਪੀ ਬਾਹਰੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ V ਦਾ ਮਾਨ ਇੱਕ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਬਦਲੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ, ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ V ਯੂਨਿਟ ਧਨ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਉਸ ਬਿੰਦੂ P ਤੱਕ ਲੈ ਕੇ ਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। (ਅਸੀਂ ਹਮੇਸ਼ਾਂ ਹੀ ਅਨੰਤ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਿਫਰ ਮਣਦੇ ਹਾਂ) ਇਸਲਈ ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ q ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ P ਤੱਕ ਲੈ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ qV ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਕਾਰਜ ਚਾਰਜ q ਵਿੱਚ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਕੱਠਾ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜੇਕਰ P ਬਿੰਦੂ ਦਾ ਕਿਸੇ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਕੋਈ ਪੋਜਿਸ਼ਨ ਸਦਿਸ਼ **r** ਹੈ ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ :

ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜ q ਦੀ **r** ਤੇ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ

$$= qV(\mathbf{r}) \tag{2.27}$$

ਇਥੇ $V(\mathbf{r})$ ਬਿੰਦੂ **r** ਤੇ ਬਾਹਰੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਹੈ।

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਸੀਂ ਚਾਰਜ $q = e = 1.6\times10^{-19}$ C ਦੇ ਕਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਕਿਸੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ $\Delta V = 1$ ਦੇ ਨਾਲ ਸੰਵੇਗ ਕਰਵਾਈਏ ਤਾਂ ਉਹ ਊਰਜਾ $q\Delta V = 1.6 \times 10^{-19}$J ਇਕੱਠੀ ਕਰ ਲੈਂਦਾ ਹੈ। ਊਰਜਾ ਦੇ ਇਸ ਮਾਤਰਕ ਨੂੰ 1 ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵੋਲਟ ਜਾਂ 1eV = 1.6×10^{-19}J ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। eV ਤੇ ਆਧਾਰਿਤ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦਾ ਸੱਭ ਤੋਂ ਜ਼ਿਆਦਾ ਉਪਯੋਗ, ਨਾਭਿਕ ਅਤੇ ਕਣ (Particle) ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। (1 keV = 10^3eV = 1.6×10^{-16}J, 1 MeV = 10^6eV = 1.6×10^{-13}J, 1 GeV = 10^9eV = 1.6×10^{-10}J ਅਤੇ 1 TeV = 10^{12}eV = 1.6×10^{-7}J) [ਇਸ ਨੂੰ ਭੌਤਿਕੀ ਭਾਗ 1 ਕਲਾਸ 11 ਸਾਰਣੀ 6.1 ਵਿੱਚ ਪਹਿਲੇ ਹੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਚੁੱਕਾ ਹੈ।]

2.8.2 ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਦੋ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ Potential energy of a system of two charges in an external field

ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਇਹ ਪੁਛਦੇ ਹਾਂ : ਕਿਸੀ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਪਰਸਪਰ $\mathbf{r}_1$ ਅਤੇ $\mathbf{r}_2$ ਤੇ ਸਥਿਤ ਦੋ ਚਾਰਜਾਂ q_1 ਅਤੇ q_2 ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਕੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ? ਇਸ ਤਰਤੀਬ ਦੀ ਉਸਾਰੀ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਆਓ ਇਹ ਕਲਪਨਾ ਕਰਿਏ ਕਿ ਪਹਿਲਾਂ ਅਸੀਂ ਚਾਰਜ q ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ **r** ਤੱਕ ਲੈ ਕੇ ਆਏ ਹਾਂ। ਸਮੀਕਰਣ 2.27 ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ, ਇਸ ਸਟੈਪ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ

ਕਾਰਜ $q_1 V(\mathbf{r}_1)$ ਹੈ। ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਚਾਰਜ q_2 ਨੂੰ $\mathbf{r}_2$ ਤੱਕ ਲੈ ਕੇ ਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਸਟੈਪ ਵਿੱਚ ਕੇਵਲ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ **E** ਦੇ ਉਲਟ ਹੀ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ, ਬਲਕਿ q_1 ਦੇ ਕਾਰਨ ਖੇਤਰ ਦੇ ਉਲਟ ਵੀ ਕਾਰਜ ਕਰਨਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ q_2 ਤੇ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਉਲਟ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ = $q_2 V(\mathbf{r}_2)$

q_2 ਤੇ q_1 ਦੇ ਕਾਰਣ ਖੇਤਰ ਦੇ ਉਲਟ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ $= \dfrac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}}$

ਇਥੇ r_{12} ਚਾਰਜਾਂ q_1 ਅਤੇ q_2 ਦੇ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ ਹੈ। ਉਤੇ ਅਸੀਂ ਸਮੀਕਰਣ (2.27) ਅਤੇ (2.22) ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕੀਤਾ ਹੈ। ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਲਈ ਉਪਰ ਸਥਾਪਨ ਸਿਧਾਂਤ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਅਸੀਂ q_2 ਤੇ (**E** ਅਤੇ q_1 ਦੇ ਕਾਰਣ ਖੇਤਰ) ਦੇ ਉਲਟ ਕਾਰਜਾ ਨੂੰ ਜੋੜਦੇ ਹਾਂ ਇਸਲਈ

$$q_2 \text{ ਨੂੰ } \mathbf{r}_2 \text{ ਤੱਕ ਲਿਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ} = q_2 V(\mathbf{r}_2) + \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}} \quad (2.28)$$

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ

= ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਨਿਰਮਾਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ

$$= q_1 V(\mathbf{r}_1) + q_2 V(\mathbf{r}_2) + \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}} \quad (2.29)$$

ਉਦਾਹਰਣ 2.5

(a) ਦੋ ਚਾਰਜਾਂ 7 μC ਅਤੇ -2 μC ਜੋ 9 cm, 0, 0) ਅਤੇ (9 cm, 0, 0) ਤੇ ਸਥਿਤ ਹੈ, ਦੇ ਇਹੋ ਜਿਹੇ ਸਿਸਟਮ (ਜਿਸ ਤੇ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਨਹੀਂ ਹੈ) ਦੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

(b) ਦੋ ਚਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਇਕ ਦੂਸਰੇ ਤੋਂ ਅਨੰਤ ਦੂਰੀ ਤੱਕ ਅਲਗ ਕਰਣ ਲਈ ਕਿੰਨੇ ਕਾਰਜ ਦੀ ਲੋੜ ਹੋਵੇਗੀ?

(c) ਮੰਨ ਲਉ ਕਿ ਹੁਣ ਇਸ ਚਾਰਜ ਸਿਸਟਮ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ $E = A\,(1/r^2)$; $A = 9 \times 10^5\,\mathrm{C\,m^2}$ ਵਿੱਚ ਰਖਿਆ ਗਿਆ। ਇਸ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਊਰਜਾ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ।

ਉੱਤਰ—

(a) $U = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q_1 q_2}{r} = 9 \times 10^9 \times \dfrac{7 \times (-2) \times 10^{-12}}{0.18} = -0.7\ \mathrm{J}.$

(b) $W = U_2 - U_1 = 0 - U = 0 - (0.7) = 0.7\ \mathrm{J}.$

(c) ਦੋ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ ਆਪਸੀ ਇਟਰੈਕਸ਼ਨ (interaction) ਊਰਜਾ ਦਾ ਬਦਲਣ ਯੋਗ ਹੈ। ਨਾਲ ਹੀ ਇੱਥੇ ਦੋ ਚਾਰਜਾਂ ਦੀ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਨਾਲ ਇੰਟਰੈਕਸ਼ਨ ਕਿਰਿਆ ਦੀ ਊਰਜਾ ਵੀ ਹੈ।

$$q_1 V(\mathbf{r}_1) + q_2 V(\mathbf{r}_2) + \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}} = A\frac{7\,\mu\mathrm{C}}{0.09\,\mathrm{m}} + A\frac{-2\,\mu\mathrm{C}}{0.09\,\mathrm{m}} - 0.7\mathrm{J}$$

$$= 70 - 20 - 0.7 = 49.3\ \mathrm{J}$$

ਉਦਾਹਰਣ 2.5

2.8.3 ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਦੋ-ਧਰੁਵ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ Potential energy of a dipole in an external field

ਚਿੱਤਰ 2.16 ਵਿੱਚ ਦਰਸ਼ਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਕਿਸੇ ਇਕਸਮਾਨ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਰੱਖੇ ਚਾਰਜਾਂ $q_1 = +q$ ਅਤੇ $q_2 = -q$ ਦੇ ਦੋ-ਧਰੁਵ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ।

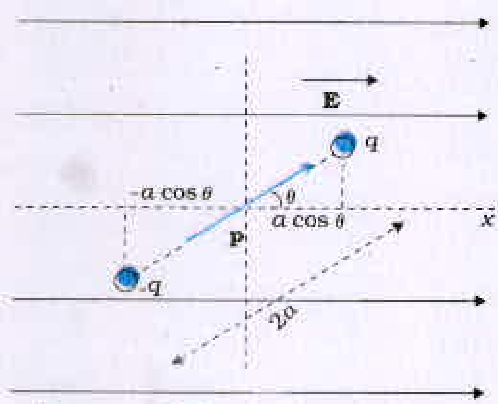
ਜਿਵੇਂ ਕੀ ਅਸੀ ਪਿਛਲੇ ਅਧਿਆਇ ਵਿੱਚ ਦੇਖਿਆ ਹੈ, ਇਕ ਸਮਾਨ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਦੋ-ਧਰੁਵ ਕਿਸੇ ਨੈੱਟ ਬਲ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ; ਪਰ ਇਕ ਬਲ ਟੋਰਕ (Torque) ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੈ

$$\tau = \mathbf{p} \times \mathbf{E} \tag{2.30}$$

ਇਹ ਟੋਰਕ ਇਸ ਨੂੰ ਘੁਮਾਵੇਗਾ (ਜੇਕਰ **p** ਅਤੇ **E** ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਜਾਂ (ਉਲਟ ਸਮਾਂਤਰ ਨਹੀਂ ਹੋ) ਮੰਨ ਲਉ ਕਿ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਟੋਰਕ τ_{ext} ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲੱਗਦਾ ਹੈ ਕਿ ਉਹ ਇਸ ਟੋਰਕ ਬੱਲ ਨੂੰ ਉਦਾਸੀਨ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ ਕਾਗਜ ਦੇ ਤੱਲ ਵਿੱਚ ਬਿਨਾਂ ਕਿਸੇ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਦੇ ਬਹੁਤ ਹੀ ਘੱਟ ਕੋਣੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਕੋਣ θ_0 ਤੋਂ ਕੋਣ θ_1 ਤਕ ਘੁੰਮਾ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਬਾਹਰੀ ਟੋਰਕ ਵੱਲੋਂ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ

$$W = \int_{\theta_0}^{\theta_1} \tau_{ext}(\theta) d\theta = \int_{\theta_0}^{\theta_1} pE \sin\theta \, d\theta$$

$$= pE(\cos\theta_0 - \cos\theta_1) \tag{2.31}$$



ਚਿੱਤਰ 2.16 ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਦੋ-ਧਰੁਵ ਦੀ ਇਕ ਸਮਾਨ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ

ਇਹ ਕਾਰਜ ਸਿਸਟਮ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਕੱਠਾ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਉਦੋਂ ਅਸੀਂ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਊਰਜਾ $U(\theta)$ ਦਾ ਦੋ ਧਰੁਵ ਦੇ ਇਨਕਲੀਨੇਸ਼ਨ (inclination) θ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧ ਪਤਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਹੋਰ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾਵਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਥੇ ਸਾਨੂੰ ਉਸ ਕੋਣ ਦੀ ਚੋਣ ਕਰਨ ਦੀ ਅਜ਼ਾਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਤੇ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ U ਨੂੰ ਸਿਫ਼ਰ ਮੰਨਿਆ ਜਾਵੇ। ਪ੍ਰਕਿਰਤਿਕ ਚੋਣ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ $\theta_0 = \pi/2$ ਲਿਆ ਜਾਣਾ ਚਾਹਿਦਾ ਹੈ। (ਇਸ ਦਾ ਸਪਸ਼ਟੀਕਰਨ ਚਰਚਾ ਦੇ ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ)। ਉਦੋਂ ਅਸੀਂ ਇਹ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ

$$U(\theta) = pE\left(\cos\frac{\pi}{2} - \cos\theta\right) = -pE\cos\theta = -\mathbf{p}\cdot\mathbf{E} \tag{2.32}$$

ਦੂਸਰੇ ਰੂਪ ਨਾਲ ਇਸ ਵਿਅੰਜਕ ਨੂੰ ਸਮੀਕਰਣ (2.29) ਤੋਂ ਵੀ ਸਮਝਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਸਮੀਕਰਣ (2.29) ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੋ ਚਾਰਜਾਂ $+q$ ਅਤੇ $-q$ ਦੇ ਵਰਤਮਾਨ ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਲਈ ਵੀ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਫੇਰ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਵਿਅੰਜਕ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ

$$U'(\theta) = q[V(\mathbf{r}_1) - V(\mathbf{r}_2)] - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 \times 2a} \tag{2.33}$$

ਇਥੇ $\mathbf{r}_1$ ਅਤੇ $\mathbf{r}_2$ ਦੋ ਚਾਰਜਾ $+q$ ਅਤੇ $-q$ ਦੀ ਪੋਜੀਸ਼ਨ ਸਦਿਸ਼ਾਂ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹੋ। ਹੁਣ $\mathbf{r}_1$ ਅਤੇ $\mathbf{r}_2$ ਦੇ ਵਿੱਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਯੂਨਿਟ ਧਨ-ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਖੇਤਰ ਦੇ ਉਲਟ $\mathbf{r}_2$ ਤੋਂ $\mathbf{r}_1$ ਤੱਕ ਲੈ ਕੇ ਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਬਲ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਵਿਸਥਾਪਣ $2a \cos\theta$ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ $[V(\mathbf{r}_1) - V(\mathbf{r}_2)] = -E \times 2a\cos\theta$ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$U'(\theta) = -pE\cos\theta - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 \times 2a} = -\mathbf{p}\cdot\mathbf{E} - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 \times 2a} \tag{2.34}$$

ਧਿਆਨ ਦਿਉ ਕਿ $U'(\theta)$ ਅਤੇ $U(\theta)$ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਰਾਸ਼ੀ ਦਾ ਅੰਤਰ ਹੈ ਜੋ ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਦੋ-ਧਰੁਵ ਲਈ ਇੱਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ। ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਲਈ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਹੀਂ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਸਮੀਕਰਣ (2.34) ਵਿੱਚੋਂ ਅਸੀਂ ਦੂਸਰਾ ਭਾਗ ਛੱਡ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਹ ਸਮੀਕਰਣ (2.32) ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਸਮਝ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਅਸੀਂ $\theta_0 = \pi/2$ ਕਿਉਂ ਲਿਆ ਸੀ। ਇਸ ਸਟੇਪ ਵਿੱਚ $+q$ ਅਤੇ $-q$ ਨੂੰ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ **E** ਦੇ ਉਲਟ ਲਿਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ ਸਮਾਨ ਅਤੇ ਉਲਟ ਹੋ ਅਤੇ ਉਦਾਸੀਨ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹੋ, ਮਤਲਬ $q[V(\mathbf{r}_1) - V(\mathbf{r}_2)] = 0$.

ਉਦਾਹਰਣ 2.6

ਉਦਾਹਰਣ 2.6— ਇੱਕ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਅਣੂ ਵਿਚ 10^{-29} C m ਦਾ ਸਥਾਈ ਦੋ ਧਰੁਵ ਮੋਮੈਂਟ (moment) ਹੈ।10^{6} Vm^{-1} ਪਰਿਮਾਣ ਦੇ ਇਕ ਸ਼ਕਤੀਸ਼ਾਲੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਲਗਾਕੇ ਇਸ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਇੱਕ ਮੋਲ (mole) (ਘੱਟ ਤਾਪ ਤੇ) ਦਾ ਧਰੁਵੀਕਰਣ ਕੀਤਾ ਗਿਆ। ਅਚਾਨਕ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ 60° ਕੋਣ ਤੇ ਬਦਲ ਦਿੱਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਖੇਤਰ ਦੀ ਨਵੀਂ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਦੋ ਧਰੁਵਾਂ ਨੂੰ ਇੱਕ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਕਰਨ ਚ ਕਿੰਨੀ ਊਰਜਾ ਨਿਕਲਦੀ ਹੈ (Release) ਪਤਾ ਕਰੋ। ਆਸਾਨੀ ਦੇ ਲਈ ਨਮੂਨੇ ਦਾ ਧਰੁਵੀਕਰਣ 100% ਮੰਨਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਹੱਲ— ਹਰੇਕ ਅਣੂ ਦਾ ਦੋ ਧਰੁਵ ਮੋਮੈਂਟ (moment) = 10^{-29} C m

ਕਿਉਂਕਿ ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਇਕ ਮੋਲ ਵਿੱਚ 6×10^{23} ਅਣੂ ਹੁੰਦੇ ਹੈ, ਇਸਲਈ ਸਾਰੇ ਆਣੂਆ ਦਾ ਕੁੱਲ ਦੋ ਧਰੁਵੀ ਮੋਮੈਂਟ $p = 6 \times 10^{23} \times 10^{-29}$ C m $= 6 \times 10^{-6}$ C m

ਆਰੰਭਿਕ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ $U_i = -pE \cos \theta = -6 \times 10^{-6} \times 10^{6} \cos 0° = 6$ J

ਅੰਤਿਮ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ (ਜਦੋਂ $\theta = 60°$), $U_f = -6 \times 10^{-6} \times 10^{6} \cos 60° = -3$ J

ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ = -3 J-(-6J) = 3 J

ਇਸਲਈ ਇੱਥੇ ਊਰਜਾ ਦੀ ਹਾਨੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਪਦਾਰਥ ਵੱਲੋਂ ਦੋ-ਧਰੁਵਾਂ ਨੂੰ ਇੱਕ ਰੇਖਾ ਵਿਚ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਗਰਮੀ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਨਿਕਲਦੀ ਹੈ।

2.9 ਚਾਲਕਾਂ ਦੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ
ELECTROSTATICS OF CONDUCTORS

ਅਧਿਆਇ 1 ਵਿੱਚ ਚਾਲਕਾਂ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ ਪਦਾਰਥਾਂ ਦਾ ਸੰਖੇਪ ਬਖਾਨ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਚਾਲਕਾਂ ਵਿੱਚ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਚਾਰਜ ਕੈਰਿਅਰ ਵਾਹਕ (Carrier) ਹੁੰਦੇ ਹੈ। ਧਾਤੂ (Metallic) ਚਾਲਕਾਂ ਵਿੱਚ ਇਹ ਵਾਹਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਹੁੰਦੇ ਹੈ। ਧਾਤੂਆਂ ਵਿੱਚ ਬਾਹਰੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਆਪਣੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਤੋਂ ਅਲਗ ਹੋਕੇ ਗਤੀਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਅਜ਼ਾਦ ਹੁੰਦੇ ਹੈ ਪਰੰਤੂ ਧਾਤੂ ਤੋਂ ਮੁਕਤ ਨਹੀਂ ਹੋ ਸਕਦੇ। ਇਹ ਮੁਕਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਇੱਕ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੀ ਗੈਸ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਪਰਸਪਰ ਅਤੇ ਆਇਨਾਂ (Ions) ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਂਦੇ ਹਨ ਅਲੱਗ-ਅਲੱਗ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਬੇਤਰਤੀਬੀ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਇਹ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਉਲਟ ਵਹਿੰਦੇ ਹੈ। ਨਾਭਿਕਾਂ (nuclei) ਤੋਂ ਬਣੇ ਧਨ ਆਇਨ ਅਤੇ ਬੱਝੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਆਪਣੀਆਂ ਸਥਿਰ ਸਥਿਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਲਾਇਟ (ELectrolyte) ਚਾਲਕਾਂ ਵਿੱਚ ਧਨ ਅਤੇ ਰਿਣ ਆਇਨ ਦੋਨੋਂ ਹੀ ਚਾਰਜ ਵਾਹਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ— ਚਾਰਜ ਵਾਹਕਾਂ ਦੀ ਗਤੀ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਰਸਾਇਣਿਕ ਬਲਾਂ (ਅਧਿਆਇ 3 ਦੇਖੋ) ਵੱਲੋਂ ਵੀ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਥੇ ਅਸੀਂ ਅਪਣੀ ਚਰਚਾ ਠੋਸ ਧਾਤਵਿਕ ਚਾਲਕਾਂ ਲਈ ਹੀ ਕਰਾਂਗੇ। ਆਓ ਚਾਲਕ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਕੁੱਝ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਤੇ ਧਿਆਨ ਦੇਈਏ।

1. ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫ਼ਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।
Inside a conductor, electrostatic field is zero

ਕਿਸੇ ਨਿਰਪਖ ਜਾਂ ਚਾਰਜਿਤ ਚਾਲਕ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਇਥੇ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਸਟੈਟਿਕ (Static) ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਜਦੋਂ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਜਾ ਉਸਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਕੋਈ ਬਿਜਲੀ ਧਾਰਾ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ, ਉਦੋਂ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਹਰ ਜਗ੍ਹਾ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫ਼ਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤੱਥ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਨੂੰ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਣ ਦੇ ਗੁਣ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਮੰਨਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਚਾਲਕ ਵਿੱਚ ਸੁਤੰਤਰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਜਦੋਂ ਤੱਕ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫ਼ਰ ਨਹੀਂ ਹੈ ਸੁਤੰਤਰ ਚਾਰਜ ਵਾਹਕ ਇਕ ਬੱਲ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰੇਗਾ ਅਤੇ ਉਸ ਵਿੱਚ ਬਹਾਵ ਹੋਵੇਗਾ। ਸਟੈਟਿਕ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਸੁਤੰਤਰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਆਪਣੇ-ਆਪ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਤਰਿਤ ਕਰ ਲੈਂਦੇ ਹੈ ਕਿ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਹਰ ਜਗ੍ਹਾ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫ਼ਰ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫ਼ਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

2. ਚਾਰਜ ਹੋਏ ਚਾਲਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ, ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਹਰੇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਲੰਬ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

At the surface of a charged conductor, electrostatic field must be normal to the surface at every point

ਜੇਕਰ **E** ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਲੰਬ ਨਹੀਂ ਹੈ ਤਾਂ ਉਸ ਦਾ ਸਤ੍ਹਾ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵੱਲ ਕੋਈ ਸਿਫਰ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਘੱਟਕ ਹੋਵੇਗਾ। ਉਦੋਂ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਸੁਤੰਤਰ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਕਿਸੇ ਬਲ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਨਗੇ ਅਤੇ ਗਤੀ ਕਰਨਗੇ। ਇਸ ਲਈ ਸਟੈਟਿਕ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ **E** ਦਾ ਕੋਈ ਸਪਰਸ਼ ਰੇਖੀ ਘਟਕ ਨਹੀਂ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਿਸੇ ਚਾਰਜਿਤ ਚਾਲਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਹਰ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਲੰਬ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। (ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਲਈ ਜਿਸ ਤੇ ਕੋਈ ਸਤਹੀ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ ਨਹੀਂ ਹੈ, ਉਸ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਵੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।) (ਪਰਿਣਾਮ 5 ਦੇਖੋ)

3. ਸਟੈਟਿਕ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ ਦੇ ਅੰਦਰ ਕੋਈ ਵਾਧੂ ਚਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੋ ਸਕਦਾ

The interior of a conductor can have no excess charge in the static situation

ਕਿਸੇ ਉਦਾਸੀਨ ਚਾਲਕ ਦੇ ਹਰੇਕ ਛੋਟੇ ਆਇਤਨ ਜਾ ਸਤਹੀ ਹਿੱਸੇ ਵਿੱਚ ਧਨਾਤਮਕ ਜਾ ਰਿਣਾਤਮਕ ਚਾਰਜ ਸਮਾਨ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੇ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਨੂੰ ਚਾਰਜਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਸਟੈਟਿਕ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਵਾਧੂ ਚਾਰਜ ਕੇਵਲ ਉਸ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਹੀ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਗਾਸ (Gauss) ਦੇ ਨਿਯਮ ਤੋਂ ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਕਿਸੇ ਆਰਬਿਟਰੈਰੀ ਆਇਤਨ ਐਲੀਮੇਂਟ v ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਆਇਤਨ ਐਲੀਮੇਂਟ ਨੂੰ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਕਿਸੇ ਬੰਦ ਸਤ੍ਹਾ S ਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ S ਤੋਂ ਗੁਜਰਨ ਵਾਲਾ ਕੁੱਲ ਫਲਕਸ ਸਿਫਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਗਾਸ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ S ਤੇ ਪ੍ਰਤਿਬੰਧ ਕੋਈ ਨੈੱਟ ਚਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ ਸਤ੍ਹਾ S ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਛੋਟਾ ਚਾਹੀਏ ਉਨਾਂ ਛੋਟਾ ਬਣਾ ਸਕਦੇ ਹਾਂ, ਮਤਲਬ ਆਇਤਨ v ਨੂੰ ਅਲੋਪ ਹੋਣ ਦੀ ਸੀਮਾ ਤੱਕ ਛੋਟਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਦਾ ਮਤਲਬ ਇਹ ਹੋਇਆ ਕਿ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਕੋਈ ਨੈੱਟ ਚਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੈ ਜੇਕਰ ਕੋਈ ਵਾਧੂ ਚਾਰਜ ਹੈ ਤਾਂ ਉਹ ਉਸ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਹੈ।

4. ਚਾਲਕ ਦੀ ਸਾਰੇ ਆਇਤਨ ਵਿੱਚ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਥਿਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਦਾ ਮਾਨ ਇਸ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਵੀ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

Electrostatic potential is constant throughout the volume of the conductor and has the same value (as inside) on its surface

ਇਹ ਨਤੀਜਾ 1 ਅਤੇ 2 ਤੋਂ ਸਿੱਧ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ **E** = 0 ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਕੋਈ ਸਪਰਸ਼ ਰੇਖੀ ਘੱਟਕ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਦੇ ਅੰਦਰ ਅਤੇ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਕਿਸੇ ਛੋਟੇ ਟੇਸਟ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਗਤੀਕਰਨ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਮਤਲਬ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਅਤੇ ਉਸ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਦੋ ਬਿੰਦੂਆਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਇਹੀ ਲੋੜੀਂਦਾ ਪਰਿਣਾਮ ਹੈ। ਜੇਕਰ ਚਾਲਕ ਚਾਰਜਿਤ ਹੈ ਤਾਂ ਚਾਲਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਲੰਬ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ; ਇਸ ਦਾ ਮਤਲਬ ਹੈ ਕਿ ਚਾਲਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਦਾ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਚਾਲਕ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਨੇੜਲੇ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਪੁਟੈਂਸਲ ਅਲੱਗ ਹੋਵੇਗਾ।

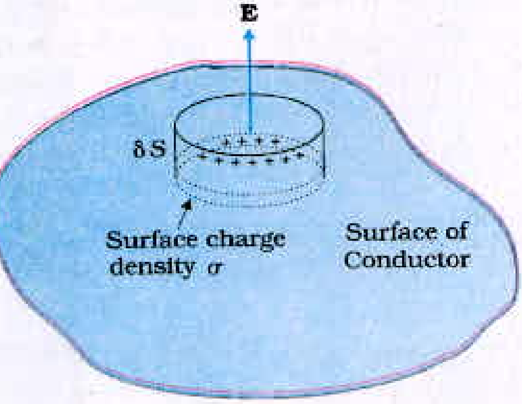
ਕਿਸੇ ਆਰਬਿਟਰੈਰੀ ਆਕਾਰ, ਸ਼ਕਲ ਅਤੇ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਦੇ ਚਾਲਕਾਂ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਚਾਲਕ ਦਾ ਅਪਣੇ ਇਕ ਸਥਿਰ ਮਾਨ ਦਾ ਮੁਢਲਾ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਹੋਵੇਗਾ, ਪਰੰਤੂ ਇਹ ਸਥਿਰ ਮਾਨ ਇੱਕ ਚਾਲਕ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਚਾਲਕ ਦਾ ਅਲਗ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ।

5. ਚਾਰਜ ਹੋਏ ਚਾਲਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ
Electric field at the surface of a charged conductor

$$\mathbf{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\hat{\mathbf{n}} \qquad (2.35)$$

ਇਥੇ σ ਸਤਹੀ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ ਅਤੇ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਲੰਬ ਬਾਹਰੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਇਕ ਯੂਨਿਟ ਸਦਿਸ਼ ਹੈ।

ਇਸ ਪਰਿਣਾਮ ਨੂੰ ਪਤਾ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ, ਕੋਈ ਡਿੱਬਾ (ਇੱਕ ਛੋਟਾ ਬੇਲਨਾਕਾਰ ਖੋਖਲਾ ਬਰਤਨ) ਚਿੱਤਰ 2.17 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ, ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ P ਦੇ ਆਲੇ-ਦੁਆਲੇ ਗੌਸ਼ਿਅਨ (Gaussian) ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਚੁਣੋ। ਇਸ ਡਿੱਬੇ ਦਾ ਕੁੱਝ ਭਾਗ ਚਾਲਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਬਾਹਰ ਅਤੇ ਕੁੱਝ ਭਾਗ ਚਾਲਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਅੰਦਰ ਹੈ ਇਸ ਦੀ ਦੂਸਰ ਕਾਟ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ δS ਅਤੇ ਬਹੁਤ ਛੋਟਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਦੀ ਉਚਾਈ ਵੀ ਨਾਮ ਮਾਤਰ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 2.17 ਕਿਸੇ ਚਾਰਜਿਤ ਚਾਲਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲਈ ਸਮੀਕਰਣ (2.35) ਸਿੱਧ ਕਰਨ ਲਈ ਚੁਣੀ ਗਈ ਗੌਸ਼ਿਅਨ ਸਤ੍ਹਾ

ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਬਿਲਕੁਲ ਲਾਗੇ ਅੰਦਰਲੇ ਪਾਸੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫਰ ਹੈ; ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਬਿਲਕੁਲ ਲਾਗੇ ਬਾਹਰਲੇ ਪਾਸੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਲੰਬ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਡਿੱਬੇ ਵਿਚੋਂ ਗੁਜਰਨ ਵਾਲਾ ਕੁੱਲ ਫਲਕਸ ਕੇਵਲ ਡਿੱਬੇ ਦੀ ਬਾਹਰੀ (ਚੱਕਰੀ) ਦੂਸਾਰ ਕਾਟ ਵਿੱਚੋਂ ਆਉਂਦਾ ਹੈ। ਇਹ $\pm E\delta S$ ($\sigma > 0$ ਦੇ ਲਈ ਧਨਾਤਮਕ, $\sigma < 0$ ਦੇ ਲਈ ਰਿਣਾਤਮਕ), ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ, ਇਸਲਈ ਚਾਲਕ ਦੇ ਛੋਟੇ ਖੇਤਰ δS ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ E ਨੂੰ ਸਥਿਰ ਮੰਨਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਨਾਲ ਹੀ E ਅਤੇ δS ਸਮਾਂਤਰ ਜਾਂ ਉਲਟ ਸਮਾਂਤਰ ਹਨ। ਡਿੱਬੇ ਵੱਲੋਂ ਪ੍ਰਤਿਬੱਧ, ਚਾਰਜ $\sigma\delta S$ ਹੈ। ਗਾਸ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ

$$E\delta S = \frac{|\sigma|\delta S}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{|\sigma|}{\varepsilon_0} \qquad (2.36)$$

ਇਸ ਤੱਥ ਨੂੰ ਮੰਨਦੇ ਹੋਏ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਲੰਬ ਹੈ, ਸਾਨੂੰ ਸਮੀਕਰਨ (2.35) ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਦਿਸ਼ ਸੰਬੰਧ ਮਿਲਦਾ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਉ ਸਮੀਕਰਣ (2.35) ਚਾਰਚ ਘਣਤਾ σ ਦੇ ਦੋਵੇਂ ਨਿਸ਼ਾਨਾਂ ਦੇ ਲਈ ਸੱਚ ਹੈ। $\sigma > 0$, ਦੇ ਲਈ, ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਬਾਹਰੀ ਪਾਸੇ ਲੰਬ ਹੈ ਅਤੇ $\sigma < 0$ ਦੇ ਲਈ, ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਅੰਦਰਲੇ ਪਾਸੇ ਲੰਬ ਹੈ।

2.9. ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਸ਼ੀਲਡਿੰਗ (Electrostatic shielding)

ਕਿਸੇ ਇਹੋ ਜਿਹੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿਚ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਕੈਵੀਟੀ (cavity) ਹੋਵੇ ਅਤੇ ਉਸ ਕੈਵੀਟੀ ਦੇ ਅੰਦਰ ਕੋਈ ਚਾਰਜ ਨਾ ਹੋਵੇ। ਇੱਕ ਅਸਾਧਾਰਣ ਪਰਿਣਾਮ ਇਹ ਦੇਖਣ ਨੂੰ ਮਿਲੇਗਾ ਕਿ ਚਾਹੇ ਕੈਵੀਟੀ ਦੀ ਕੋਈ ਵੀ ਬਨਾਵਟ ਜਾਂ ਅਕਾਰ ਕਿਉਂ ਨਾ ਹੋਵੇ, ਜਾਂ ਉਸ ਚਾਲਕ ਤੇ ਕਿੰਨੇ ਵੀ ਪਰਿਮਾਣ ਦਾ ਚਾਰਜ ਹੋਵੇ ਅਤੇ ਕਿੰਨੀ ਵੀ ਤੀਬਰਤਾ ਦੇ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਉਸ ਨੂੰ ਕਿਉਂ ਨਾ ਰਖਿਆ ਹੋਵੇ, ਕੇਵਟੀ ਦੇ ਅੰਦਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਪਰਿਣਾਮ ਦੇ ਇੱਕ ਸਰਲ ਸਟੈਪ ਨੂੰ ਅਸੀਂ

ਉੱਤਰ—

(a) ਇਸਦਾ ਕਾਰਨ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਕੰਘਾ ਰਗੜ ਕਾਰਣ ਚਾਰਜ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਲੈਂਦਾ ਹੈ। ਚਾਰਜਿਤ ਕੰਘੇ ਦੇ ਕਾਰਨ ਪੇਪਰ ਦੇ ਕਣ ਚਾਰਜ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ, ਜਿਸ ਪਰਿਣਾਮ ਵਜੋਂ ਇੱਕ ਨੇਟ ਆਕਰਸ਼ੀ ਬੱਲ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜੇਕਰ ਬਾਲਾਂ ਵਿੱਚ ਨਮੀ ਹੈ ਤਾਂ ਬਾਲਾਂ ਦੇ ਵਿਚ ਰਗੜ ਘੱਟ ਹੋਵੇਗਾ ਅਤੇ ਕੰਘਾ ਚਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸ ਲਈ ਇਹ ਕਾਗਜ ਦੇ ਟੁਕੜਿਆਂ ਨੂੰ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ।

(b) ਜਿਸ ਦੇ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਹੋਏ ਚਾਰਦ ਦਾ ਧਰਤੀ ਵੱਲ ਚਲਨਾ ਹੋ ਸਕੇ। ਕਿਉਂਕਿ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਚਾਰਜ ਵੱਧ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ਟਾਇਰਾਂ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਇਕੱਠਾ ਹੋ ਕੇ ਚੰਗਾਰੀ ਪੈਦਾ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ ਅੱਗ ਲੱਗ ਸਕਦੀ ਹੈ।

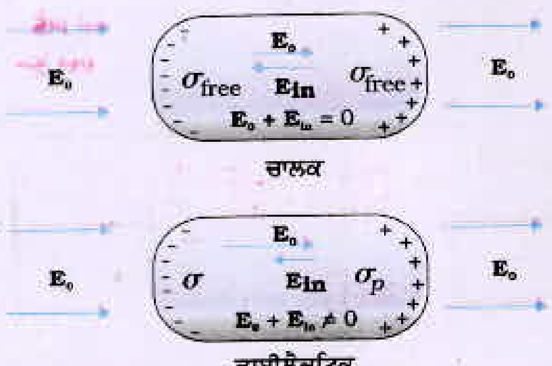
(c) ਕਾਰਣ (b) ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੈ।

(d) ਬਿਜਲੀ ਧਾਰਾ ਉਦੋਂ ਹੀ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਦੋਂ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

2.10 ਡਾਈਲੈਕਟ੍ਰਿਕਸ ਅਤੇ ਪੋਲਰਾਈਜੇਸ਼ਨ

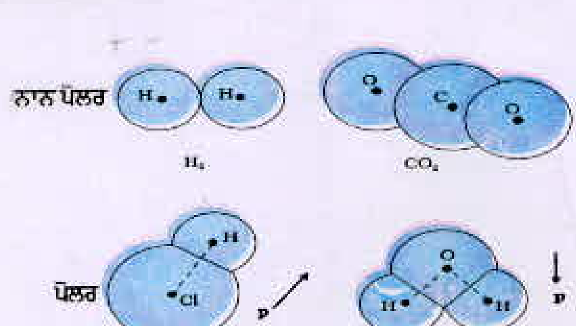
DIELECTRICS AND POLARISATION

ਡਾਈਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਕੁਚਾਲਕ ਪਦਾਰਥ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਚਾਲਕਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਚਾਰਜ ਵਾਹਕ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਸੈਕਸ਼ਨ 2.9 ਨੂੰ ਯਾਦ ਕਰੋ, ਕੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਨੂੰ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਰੱਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਸੁਤੰਤਰ ਚਾਰਜ ਕੈਰੀਅਰ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਸੰਯੋਜਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ ਕਿ ਪਰੇਰਿਤ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਉਦੋਂ ਤੱਕ ਹੁੰਦਾ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਤੱਕ ਕੀ ਸਥਿਰ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਦੋਨੋ ਖੇਤਰ ਇੱਕ ਦੂਜੇ ਨੂੰ ਖਤਮ ਨਹੀਂ ਕਰ ਦਿੰਦੇ ਅਤੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅਦੰਰ ਨੇਟ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਬੱਲ ਸਿਫਰ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਡਾਈਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜ ਦੀ ਇਹ ਸੁਤੰਤਰ ਗਤੀ ਸੰਭਵ ਨਹੀਂ। ਫੇਰ ਵੀ ਇਹ ਪਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਕੀ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਕੁਝ ਚਾਰਜ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਇਕ ਅਜਿਹਾ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ ਚਾਲਕ ਨੂੰ ਅਲਗ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਖਤਮ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਇਹ ਕੇਵਲ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਘੱਟਾ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦਾ ਵਿਸਤਾਰ ਡਾਈਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨੂੰ ਸਮਝਣ ਲਈ ਕਿਸੇ ਡਾਈਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਪਦਾਰਥ ਵਿੱਚ ਅਣਵਿਕ ਪਧਰ ਤੇ ਚਾਰਜ ਵਿਤਰਣ ਦੇ ਅਧਿਅਨ ਦੀ ਜ਼ਰੂਰਤ ਹੋਵੇਗੀ।



ਚਿੱਤਰ 2.20 ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਅਤੇ ਡਾਈਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦੇ ਵਰਤਾਰੇ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ

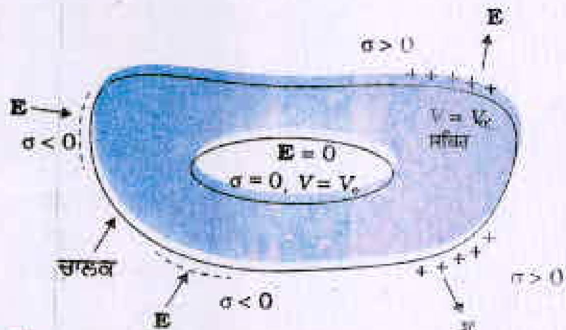
ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਅਣੂ ਪੋਲਰ ਜਾਂ ਨਾਨ ਪੋਲਰ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਕਿਸੇ ਨਾਲ ਪੋਲਰ ਅਣੂ ਵਿੱਚ ਧਨਚਾਰਜ ਅਤੇ ਰਿਣਚਾਰਜ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਸੰਪਾਤੀ ਹੁੰਦੇ ਹੈ। ਉਦੋਂ ਅਣੂ ਦਾ ਕੋਈ ਸਥਾਈ (ਜਾ ਆਂਤਰਿਕ) ਡਾਈਪੋਲ ਮੋਮੰਟ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। O_2 ਆਕਸੀਜਨ ਅਤੇ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ (H_2) ਅਣੂ ਨਾਲ ਪੋਲਰ ਅਣੂਆਂ ਦੇ ਉਦਾਹਰਣ ਹਨ, ਜਿੰਨ੍ਹਾ ਵਿੱਚ ਸਮਮਿਤੀ ਦੇ ਕਾਰਨ ਕੋਈ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੰਟ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਦੂਸਰੇ ਪਾਸੇ ਪੋਲਰ ਅਣੂ ਉਹ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਧਨ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਦਾ ਕੇਂਦਰ ਅਲਗ-ਅਲਗ (ਉਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿਚ ਵੀ ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਨਾ ਹੋਵੇ) ਹੁੰਦੇ ਹੈ। ਅਜਿਹੇ ਅਣੂਆਂ ਵਿੱਚ ਸਥਾਈ ਡਾਈਪੋਲ ਮੋਮੰਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। HCl ਵਰਗਾ ਆਈਨੀ (ionic) ਅਣੂ ਜਾਂ ਜਲ (H_2O) ਦਾ ਕੋਈ ਅਣੂ ਪੋਲਰ ਅਣੂਆ ਦੇ ਉਦਾਹਰਣ ਹਨ।



ਚਿੱਤਰ 2.21 ਪੋਲਰ ਅਤੇ ਨੋਨ ਪੋਲਰ ਅਣੂਆ ਦੇ ਉਦਾਹਰਣ

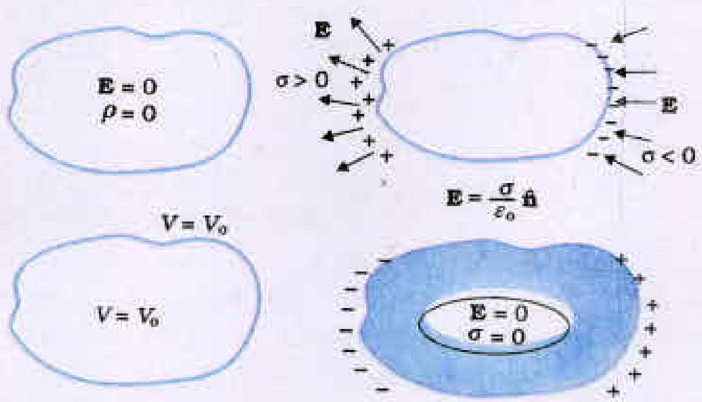
ਕਿਸੀ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਨਾਨ ਪੋਲਰ ਅਣੂ ਦੇ ਧਨਚਾਰਜ ਅਤੇ ਰਿਣਚਾਰਜ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਵਿਸਥਾਪਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਵਿਸਥਾਪਣ ਉਦੋਂ ਰੁਕਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਅਣੂ ਦੇ ਘਟਕ

ਪਹਿਲਾਂ ਵੀ ਸਿੱਧ ਕਰ ਚੁਕੇ ਹਾਂ : ਕਿਸੇ ਚੱਕਰੀ ਖੋਲ ਦੇ ਅੰਦਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਖੋਲ ਦੇ ਲਈ ਪਰਿਣਾਮ ਸਿੱਧ ਕਰਨ ਵਾਸਤੇ ਅਸੀਂ ਖੋਲ ਦੀ ਚੱਕਰੀ ਸਮਮਿਤੀ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕੀਤਾ ਸੀ। (ਅਧਿਆਈ 1 ਦੇਖੋ) ਪਰੰਤੂ ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਦੀ (ਚਾਰਜ ਰਹਿਤ) ਕੈਵੀਟੀ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਵਿਲੋਪਣ ਜਿਦਾਂ ਕਿ ਪਹਿਲਾਂ ਦਸਿਆ ਹੈ, ਇਕ ਬਹੁਤ ਹੀ ਵਿਆਪਕ ਪਰਿਣਾਮ ਹੈ। ਇਸ ਦੇ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਇੱਕ ਹੋਰ ਪਰਿਣਾਮ ਇਹ ਵੀ ਹੈ ਕਿ ਜੇਕਰ ਚਾਲਕ ਚਾਰਜਿਤ ਵੀ ਹੈ, ਜਾਂ ਫੇਰ ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਲੋਂ ਉਦਾਸੀਨ ਚਾਲਕ ਚਾਰਜ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਕਿਉਂ ਨਾ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੋਵੇ, ਸਾਰਾ ਚਾਰਜ ਕੇਵਲ ਚਾਲਕ ਕੈਵੀਟੀ ਸਮੇਤ ਉਸ ਦੀ ਬਾਹਰੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 2.18 ਕਿਸੇ ਵੀ ਚਾਲਕ ਦੀ ਕੈਵੀਟੀ ਦੇ ਅੰਦਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਚਾਲਕ ਦਾ ਸਾਰਾ ਚਾਰਜ ਕੈਵੀਟੀ ਸਮੇਤ ਉਸ ਚਾਲਕ ਦੀ ਕੇਵਲ ਬਾਹਰੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। (ਕੈਵੀਟੀ ਦੇ ਅੰਦਰ ਕੋਈ ਚਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੈ।)

ਚਿੱਤਰ 2.18 ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਨਤੀਜੇ ਇੱਥੇ ਸਿੱਧ ਨਹੀਂ ਕੀਤੇ ਗਏ। ਬਾਹਰ ਚਾਹੇ ਜੋ ਵੀ ਚਾਰਜ ਜਾਂ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਹੋਵੇ, ਚਾਲਕ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਵੀ ਕੈਵੀਟੀ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਤੋਂ ਬਚੀ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ; ਕੈਵੀਟੀ ਦੇ ਅੰਦਰ ਖੇਤਰ ਹਮੇਸ਼ਾ ਸਿਫਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਸ਼ੀਲਡਿੰਗ ਕਹਿੰਦੇ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਸੰਵੇਦਨਸ਼ੀਲ ਉਪਕਰਣਾਂ ਨੂੰ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਪ੍ਰਭਾਵਾਂ ਤੋਂ ਬਚਾਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 2.19 ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਜ਼ਰੂਰੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਗੁਣਾਂ ਦਾ ਸਾਰਾਂਸ਼ ਦਿੱਤਾ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 2.19 ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਕੁਝ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਗੁਣ

ਉਦਾਹਰਣ 2.7

(a) ਸੁੱਕੇ ਵਾਲਾਂ ਵਿੱਚ ਕੰਘਾ ਘੁਮਾਣ ਦੇ ਬਾਅਦ ਉਹ ਕਾਗਜ ਦੇ ਟੁਕੜਿਆਂ ਨੂੰ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਕਰ ਲੈਂਦਾ ਹੈ, ਕਿਉਂ?
ਜੇਕਰ ਵਾਲ ਗਿੱਲੇ ਹੋਣ ਜਾ ਬਾਰਿਸ਼ ਦਾ ਦਿਨ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਕਿ ਹੋਵੇਗਾ (ਧਿਆਨ ਰਿਹੇ ਕਾਗਜ ਬਿਜਲੀਚਾਲਕ ਨਹੀਂ ਹੈ)

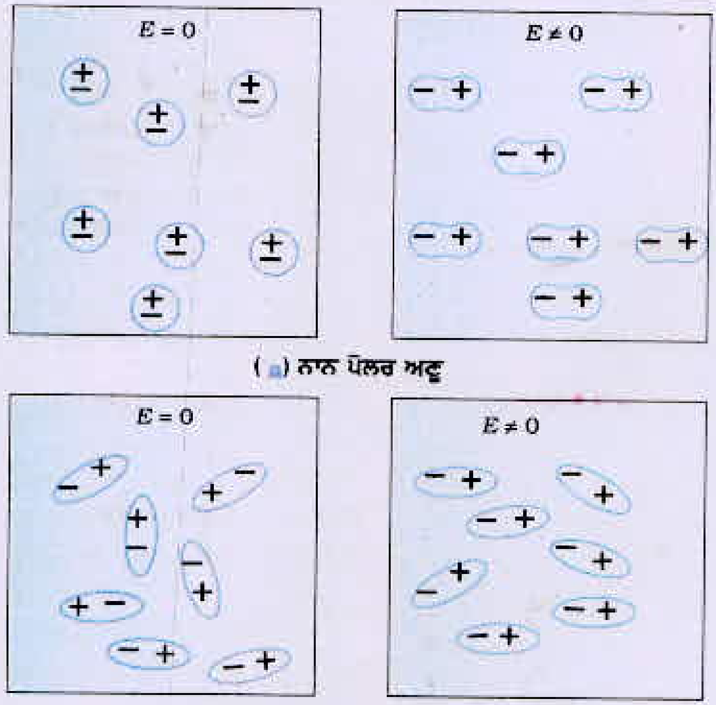
(b) ਸਾਧਾਰਣ ਰਬੜ ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ ਹਵਾਈ ਜਹਾਜ ਦੇ ਚਕੇ ਹਲਕੇ ਚਾਲਕ ਬਣਾਏ ਜਾਂਦੇ ਹੈ। ਇਹ ਕਿਉਂ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ।

(c) ਜੋ ਵਾਹਨ ਜਲਨ ਵਾਲਾ ਪਦਾਰਥ ਲੈ ਕੇ ਜਾਂਦੇ ਹੈ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਧਾਤੂ ਦੀਆਂ ਰਸੀਆਂ (ਜੰਜੀਰਾਂ) ਵਾਹਨ ਦੀ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਹੋਣ ਤੇ ਵੀ ਧਰਤੀ ਨੂੰ ਛੂੰਦੀਆਂ ਰਹਿੰਦੀਆਂ ਹਨ, ਕਿਉਂ

(d) ਇੱਕ ਚਿੜੀ ਇੱਕ ਹਾਈ ਪਾਵਰ ਬਿਜਲੀ ਦੇ ਤਾਰ ਤੇ ਬੈਠੀ ਹੈ, ਪਰ ਉਸ ਨੂੰ ਕੁੱਝ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਧਰਤੀ ਤੇ ਖੜਾ ਇੱਕ ਬੰਦਾ ਉਸ ਨੂੰ ਸੰਪਰਕ ਕਰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਉਸ ਨੂੰ ਘਾਤਕ ਝਟਕਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂ?

ਚਾਰਜਾਂ ਤੇ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਰਿਸਟੋਰਿੰਗ (Restoring) ਬਲ (ਅਣੂ ਦੇ ਅੰਦਰੂਨੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ) ਵੱਲੋਂ ਸੰਤੁਲਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਨਾਨ ਪੋਲਰ ਅਣੂ ਇੱਕ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ (Dipole moment) ਪੈਦਾ ਕਰ ਲੈਂਦਾ ਹੈ। ਉਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਨੂੰ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਵੱਲੋਂ ਪੋਲਰਾਇਜਡ (Polarised) ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਅਸੀਂ ਕੇਵਲ ਉਸ ਸਰਲ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਾਂਗੇ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਖੇਤਰ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਦੀ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। (ਪਦਾਰਥ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਲਈ ਇਹ ਧਾਰਨਾ ਸਹੀ ਹੈ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ *ਰੇਖੀ ਆਈਸੋਟਰੋਪਿਕ* (isotropic) *ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ* ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ)। ਅਲਗ-ਅਲਗ ਅਣੂਆ ਦੇ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨਾਲ ਜੁੜ ਕੇ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਹਾਜ਼ਰੀ ਵਿੱਚ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦਾ ਨੇਟ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਦਾ ਹੈ।



(a) ਨਾਨ ਪੋਲਰ ਅਣੂ

(b) ਪੋਲਰ ਅਣੂ

ਚਿੱਤਰ 2.22 ਕਿਸੀ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇੱਕ ਨੇਟ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਵਿਕਸਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। (a) ਨਾਨ ਪੋਲਰ ਅਣੂ (b) ਪੋਲਰ ਅਣੂ

ਪੋਲਰ ਅਣੂਆਂ ਦਾ ਕੋਈ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਨੈੱਟ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਵੀ ਪੈਦਾ ਕਰ ਲੈਂਦਾ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ ਇਸ ਦਾ ਕਾਰਨ ਅਲੱਗ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਨਾ ਹੋਣ ਦੀ ਸੂਰਤ ਵਿੱਚ, ਤਾਪ ਊਰਜਾ ਦੇ ਕਾਰਣ ਅਲਗ-ਅਲਗ ਸਥਾਈ ਡਾਇਪੋਲ ਬੇਤਰਤੀਬੀ ਨਾਲ ਲੱਗੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ; ਇਸ ਲਈ ਉਨਾਂ ਦਾ ਕੁੱਲ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਸਿਫ਼ਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਲਗਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਕੱਲਾ-ਇਕੱਲਾ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਆਪਣੇ ਆਪ ਨੂੰ ਉਸ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਰੱਖਣ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਸਾਰੇ ਅਣੂਆਂ ਦਾ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਮਿਲਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਇਕ ਨੈੱਟ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਮਿਲਦਾ ਹੈ। ਮਤਲਬ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਪੋਲਰਾਲਿਜਡ (Polarised) ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਪੋਲਰਾਇਜੇਸ਼ਨ ਦੀ ਸੀਮਾ ਦੋ ਪਰਸਪਰ ਉਲਟ ਕਾਰਕਾਂ ਦੀ ਤੀਬਰਤਾ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ ਜੋ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਨ : ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਡਾਇਪੋਲ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਜੋ ਡਾਇਪੋਲ ਨੂੰ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਰਖਣ ਦਾ ਯਤਨ ਕਰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਤਾਪ ਊਰਜਾ ਜੋ ਡਾਇਪੋਲ ਨੂੰ ਬੇਤਰਤੀਬੀ ਨਾਲ ਘੁਮਾਉਣ ਦਾ ਯਤਨ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਨਾਨ ਪੋਲਰ ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਥੇ ਵੀ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਦਾ ਪ੍ਰਭਾਵ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ, ਪਰੰਤੂ ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪੋਲਰ ਅਣੂਆਂ ਲਈ ਇਕ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਰਹਿਣ ਦਾ ਪ੍ਰਭਾਵ ਜ਼ਿਆਦਾ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਹੈ।

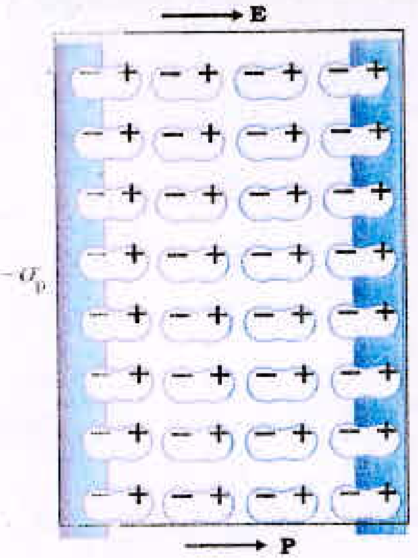
ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੋਵਾਂ ਸਥਿਤਿਆ ਵਿੱਚ ਚਾਹੇ ਪੋਲਰ ਹੈ ਜਾਂ ਨਾਨ ਪੋਲਰ, ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਹਾਜਰੀ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਨੈੱਟ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਪੈਦਾ ਕਰ ਲੈਂਦਾ ਹੈ। ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਪ੍ਰਤਿ ਯੂਨਿਟ ਆਇਤਨ ਪੋਲਰਾਇਜੇਸ਼ਨ *(Polarisation)* ਕਹਾਉਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ $\mathbf{P}$ ਨਾਲ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਰੇਖੀ ਆਇਸੋਟਰੋਪਿਕ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਲਈ

$$\mathbf{P} = \chi_e \mathbf{E} \tag{2.37}$$

ਇਥੇ χ_e ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦਾ ਸਥਿਰ ਮੁੱਢਲਾ ਗੁਣ ਹੈ। ਜਿਸ ਨੂੰ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਮਾਧਿਅਮ ਦੀ ਬਿਜਲੀ ਸੁਸੇਪਟੀਬਿਲਟੀ *(Susceptibility)* ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

ਇਥੇ χ_e ਨੂੰ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਅਣਵਿਕ ਗੁਣ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਕਰਨਾ ਸੰਭਵ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ ਅਸੀਂ ਇਥੇ ਇਸ ਤੇ ਚਰਚਾ ਨਹੀਂ ਕਰਾਂਗੇ।

ਹੁਣ ਸਵਾਲ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਕੋਈ ਪੋਲਰ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਆਪਣੇ ਅੰਦਰ ਕਿਸੇ ਮੂਲ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਦਲਦਾ ਹੈ? ਸਰਲਤਾ ਦੇ ਲਈ ਅਸੀਂ ਇਹੋ ਜਿਹੇ ਆਯਤਾਕਾਰ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਗੁਟਕੇ ਤੇ



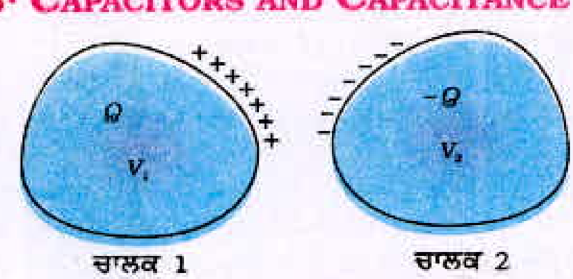
ਚਿੱਤਰ 2.23 ਕਿਸੇ ਇਕੋ ਜਿਹੇ ਪੋਲਰਾਇਜ਼ਡ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਸਤ੍ਹਾ ਚਾਰਜ ਸੰਘਣਤਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਪਰ ਕੋਈ ਆਇਤਨ ਚਾਰਜ ਸੰਘਣਤਾ ਨਹੀਂ।

ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਜੋ ਕਿਸੇ ਇਕ ਸਮਾਨ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ $\mathbf{E}_0$ ਵਿੱਚ ਰੱਖਿਆ ਹੈ, ਜੋ ਗੁਟਕੇ ਦੇ ਦੋ ਫਲਕਾਂ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਹੈ। ਖੇਤਰ ਦੇ ਕਾਰਨ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਵਿੱਚ ਇਕਸਮਾਨ ਪੋਲਾਰਾਇਜ਼ੇਸ਼ਨ $\mathbf{P}$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਗੁਟਕੇ ਦੇ ਹਰੇਕ ਆਇਤਨ ਅੰਸ਼ Δv ਦੇ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ $\mathbf{P}\,\Delta v$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਵਡੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਆਇਤਨ ਅੰਸ਼ Δv ਛੋਟਾ ਹੈ, ਪਰੰਤੂ ਇਸ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ਆਣਵਿਕ ਡਾਇਪੋਲ ਹੁੰਦੇ ਹੈ। ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਕਿਸੇ ਵੀ ਸਥਾਨ ਤੇ ਆਇਤਨ ਅੰਸ਼ Δv ਤੇ ਕੋਈ ਨੈੱਟ ਚਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ (ਪਰ ਇਸਦਾ ਨੇਟ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ) ਇਸਦਾ ਕਾਰਣ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਇੱਕ ਡਾਇਪੋਲ ਦਾ ਧਨ ਚਾਰਜ ਆਪਣੇ ਨਾਲ ਦੇ ਡਾਇਪੋਲ ਦੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਦੇ ਲਾਗੇ ਹੁੰਦੇ ਹੈ। ਪਰ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਤੇ ਲੰਬ ਕੋਈ ਨਾ ਕੋਈ ਨੇਟ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਚਿੱਤਰ 2-23 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਖੱਬੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਡਾਇਪੋਲ ਦੇ ਧਨਾਤਮਕ ਸਿਰੇ ਅਤੇ ਸੱਜੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਡਾਇਪੋਲ ਦੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਸਿਰੇ ਬਿਨਾ ਚਾਰਜ (unneutrialised) ਰਹਿ ਜਾਂਦੇ ਹੈ। ਅਸੰਤੁਲਿਤ ਚਾਰਜ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਕਾਰਨ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਚਾਰਜ ਹੁੰਦੇ ਹੈ।

ਇਸਲਈ ਪੋਲਰਾਜ਼ਿਡ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦੋ ਚਾਰਜ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਸਤ੍ਹਾ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ σ_p ਅਤੇ $-\sigma_p$ ਹੈ। ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਇਨ੍ਹਾਂ ਸਤ੍ਹਾ ਚਾਰਜ ਵੱਲੋਂ ਪੈਦਾ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਡਾਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਵਿੱਚ ਕੁੱਲ ਖੇਤਰ, ਉਸ ਸਟੇਪ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਨਹੀਂ ਹੈ ਘੱਟ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਥੇ ਧਿਆਨ ਦੇਣ ਵਾਲੀ ਗੱਲ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਸਤ੍ਹਾ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ $\pm\sigma_p$ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਵਿੱਚ ਸੁਤੰਤਰ ਚਾਰਜਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਨਹੀਂ ਪਰ ਬਾਊਂਡ (Bound) ਚਾਰਜਾਂ ਤੋਂ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

2.11 ਧਾਰਕ ਅਤੇ ਧਾਰਕਤਾ CAPACITORS AND CAPACITANCE

ਕੋਈ ਧਾਰਕ ਕੁਚਾਲਕ ਵੱਲੋਂ ਅਲੱਗ ਕੀਤੇ ਦੋ ਚਾਲਕਾਂ ਦਾ ਸਿਸਟਮ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। (ਚਿੱਤਰ 2.24). ਚਾਲਕਾਂ ਤੇ ਚਾਰਜ Q_1 ਅਤੇ Q_2 ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ V_1 ਅਤੇ V_2 ਹਨ। ਜ਼ਿਆਦਾਤਰ; ਦੋ ਚਾਲਕਾਂ ਤੇ ਚਾਰਜ $+Q$ ਅਤੇ $-Q$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਵਿੱਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ $V = V_1 - V_2$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਸਿਰਫ ਧਾਰਕ ਦੀ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਬਾਰੇ ਗੱਲ ਕਰਾਂਗੇ। (ਇੱਕ ਇਕੱਲੇ ਚਾਲਕ ਨੂੰ ਵੀ ਧਾਰਕ ਮਨ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਜੇਕਰ ਦੂਸਰੇ ਚਾਲਕ ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੇ ਮੰਨੀਏ। ਦੋਨਾਂ ਚਾਲਕਾ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਬੈਟਰੀ ਦੇ ਦੋ ਟਰਮਿਨਲਾਂ ਨਾਲ ਜੋੜ ਕੇ ਚਾਰਜ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। Q ਨੂੰ ਧਾਰਕ ਦਾ ਚਾਰਜ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਜਦੋਂ ਕਿ ਤੱਥ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਇੱਕ ਧਾਰਕ ਦਾ ਚਾਰਜ ਹੈ ਅਤੇ ਧਾਰਕ ਦਾ ਕੁੱਲ ਚਾਰਜ ਸਿਫਰ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 2.24 ਕੁਚਲਕ ਵੱਲੋਂ ਅਲਗ ਕੀਤੇ ਦੋ ਚਾਲਕਾ ਦਾ ਸਿਸਟਮ ਜੋ ਇੱਕ ਕੁਚਾਲਕ ਬਣਾਉਂਦਾ ਹੈ।

ਚਾਲਕਾਂ ਦੇ ਵਿਚਲਾ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਚਾਰਜ Q ਦੇ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ। ਮਤਲਬ ਜੇਕਰ ਧਾਰਕ ਤੇ ਚਾਰਜ ਦੁੱਗਣਾ ਕਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਹਰ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੋਗੁਣਾ ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ। (ਇਹ ਕੁਲਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਅਤੇ ਉਪਰ ਸਥਾਪਨ ਸਿਧਾਂਤ ਤੋ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਅਤੇ ਚਾਰਜ ਦੀ ਅਨੁਪਾਤਕਤਾ ਤੋਂ ਸਿੱਧ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਹੁਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V ਕਿਸੇ ਛੋਟੇ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਖੇਤਰ ਦੇ ਉੱਲਟ ਚਾਲਕ 2 ਤੋਂ 1 ਤੱਕ ਲੈ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤਿ ਯੂਨਿਟ ਧਨ ਚਾਰਜ ਵੱਲੋਂ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਾਰਜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵੱਜੋਂ V ਵੀ Q ਦੇ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ ਅਤੇ ਅਨੁਪਾਤ Q ਇੱਕ ਸਿਥਰਅੰਕ ਹੈ-

$$C = \frac{Q}{V} \qquad (2.38)$$

ਇੱਥੇ C ਇੱਕ ਸਥਿਰਅੰਕ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਧਾਰਕ ਦੀ *ਧਾਰਕਤਾ* (Capacity) ਕਹਿੰਦੇ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਪਹਿਲਾਂ ਦੱਸਿਆ ਜਾ ਚੁੱਕਾ ਹੈ। ਧਾਰਕਤਾ C ਚਾਰਜ Q ਅਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦੀ। ਧਾਰਕਤਾ C ਕੇਵਲ ਦੋ ਚਾਲਕਾਂ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਜਿਆਮਿਤੀ ਸਿਸਟਮ (ਅਕਾਰ, ਬਣਾਵਟ ਅਤੇ ਦੂਰੀ) ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ। [ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਅਸੀਂ ਅੱਗੇ ਦੇਖਾਂਗੇ, ਇਨ੍ਹਾਂ ਦੋਨਾਂ ਚਾਲਕਾ ਨੂੰ ਅਲਗ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਮਾਧਿਅਮਾਂ ਮਤਲਬ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਧਾਰਕਤਾ ਦਾ SI ਮਾਤਰਕ

1 ਫੈਰਡ (farad) =1 ਕੂਲਮ ਪ੍ਰਤਿ ਵੋਲਟ ਜਾਂ $1\ F = 1\ C\ V^{-1}$ ਹੈ। ਸਥਿਰ ਧਾਰਕਤਾ ਦੇ ਧਾਰਕ ਦਾ ਚਿੰਨ੍ਹ ⊣⊢, ਜਦਕਿ ਬਦਲਦੀ ਧਾਰਕਤਾ ਦੇ ਧਾਰਕ ਦਾ ਚਿੰਨ੍ਹ ⫲ ਹੈ।

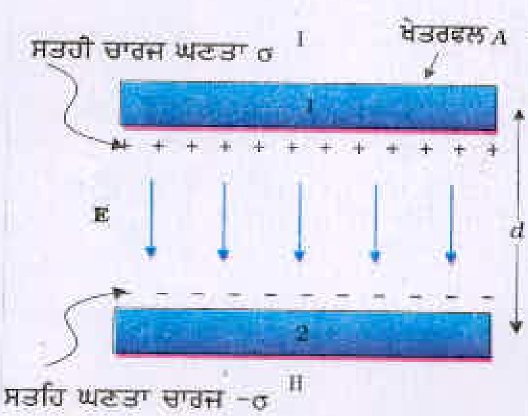
ਸਮੀਕਰਣ 2.38 ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦੀ ਹੈ ਕਿ ਵੱਡੇ C ਦੇ ਲਈ ਜੇਕਰ Q ਸਥਿਰ ਹੈ ਤਾਂ V ਘੱਟ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸਦਾ ਅਰਥ ਹੈ ਕਿ ਵੱਡੀ ਧਾਰਕਤਾ ਵਾਲਾ ਧਾਰਕ ਘੱਟ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ ਤੇ ਜ਼ਿਆਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਦਾ ਚਾਰਜ ਧਾਰਣ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਦੀ ਵਿਹਾਰਿਕ ਮਹੱਤਤਾ ਹੈ। ਵੱਡੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਤੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਚਾਰੋਂ ਪਾਸੇ ਤਗੜਾ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕੋਈ ਤਗੜਾ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਚਾਰੋ ਪਾਸੇ ਦੀ ਹਵਾ ਨੂੰ ਆਯੋਨਾਇਜ (ionise) ਕਰਕੇ ਚਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਸੰਵੇਗਿਤ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ ਜੋ ਉਲਟ ਧਾਰਕ ਪਲੇਟਾਂ ਤੇ ਪਹੁੰਚ ਕੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਨਿਰਪੱਖ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਦੂਸਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਧਾਰਕ ਦਾ ਚਾਰਜ ਉਸ ਦੇ ਵਿਚਲੇ ਮਾਧਿਅਮ ਦੀ ਸ਼ਕਤੀ ਦੇ ਘਟਣ ਕਰਕੇ ਲੀਕ (Leak) ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਉਹ ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਜਿਸ ਨੂੰ ਕੋਈ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਬਿਨਾਂ ਬਰੇਕ ਡਾਉਨ (Break down) ਹੋਏ ਸਹਿਨ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਡੈਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਸਾਮਰਥ (Dielectric Strength) ਕਹਿਲਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਵਾਯੂ ਦੇ ਲਈ ਇਹ ਲਗਭਗ $3 \times 10^6\ Vm^{-1}$ ਹੈ। ਦੋ ਚਾਲਕਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ1 cm ਦੀ ਦੂਰੀ ਲਈ ਇਹ 3×10^4 V ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਕਿਸੇ ਧਾਰਕ ਨੂੰ ਬਿਨਾ ਲੀਕ (Leak) ਕੀਤੇ ਵੱਧ ਚਾਰਜ ਸਟੋਰ ਕਰਨ ਲਈ ਆਪਣੀ ਧਾਰਕਤਾ ਨੂੰ ਇਨ੍ਹਾਂ ਕੁ ਵਧਾਉਣਾ ਪਵੇਗਾ ਕਿ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਪਲੇਟਾਂ ਵਿੱਚਲਾ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ, ਬਰੇਕ ਡਾਉਨ ਸੀਮਾ ਤੋਂ ਨਾ ਲੰਘੇ। ਇਸ ਨੂੰ ਵਖਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵੀ ਕਹਿ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਧਾਰਕ ਦੀ ਬਿਨਾਂ ਲੀਕ ਕੀਤੇ ਚਾਰਜ ਧਾਰਨ ਕਰਣ ਦੀ ਇੱਕ ਸੀਮਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਵਿਵਹਾਰ ਵਿਚ 1 ਫੈਰਡ, ਧਾਰਕਤਾ ਦਾ ਬਹੁਤ ਵੱਡਾ ਮਾਤਰਕ ਹੈ ਆਮਤੌਰ ਤੇ ਇਸ ਮਾਤਰਕ ਦੇ ਗੁਣਜ ਇਸਤੇਮਾਲ ਕੀਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ $1\ \mu F = 10^{-6}\ F$, $1\ nF = 10^{-9}\ F$, $1\ pF = 10^{-12}\ F$, ਅਤੇ ਹੋਰ। ਚਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਇਕੱਠਾ ਕਰਨ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਧਾਰਕ ਏ.ਸੀ. ਸੱਰਕਟਾਂ ਦਾ ਇਕ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹਿੱਸਾ ਹੈ ਜੋ ਕਿ ਅਧਿਆਇ 7 ਵਿੱਚ ਦੱਸਿਆ ਗਿਆ ਹੈ।

2.12 ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟਾਂ ਵਾਲਾ ਧਾਰਕ

THE PARALLEL PLATE CAPACITOR

ਕਿਸੇ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਧਾਰਕ ਵਿੱਚ ਦੋ ਵੱਡੀਆਂ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਚਾਲਕ ਪਲੇਟਾਂ ਹੁੰਦਿਆਂ ਹਨ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਦੂਰੀ ਘੱਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ (2.25)। ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਦੋਨਾਂ ਪਲੇਟਾਂ ਵਿੱਚਲੇ ਮਾਧਿਅਮ ਨੂੰ ਖਲਾਅ ਲੈ ਲੈਂਦੇ ਹਾਂ। ਅਗਲੇ ਸੈਕਸ਼ਨ ਚ ਪਲੇਟਾਂ ਵਿੱਚਕਾਰ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਮਾਧਿਅਮ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦਾ ਜਿਕਰ ਕਰਾਂਗੇ। ਮੰਨ ਲਉ ਹਰੇਕ ਪਲੇਟ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ A ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ d ਹੈ। ਦੋਨਾਂ ਪਲੇਟਾਂ ਤੇ ਚਾਰਜ Q ਅਤੇ $-Q$ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਰੇਖੀ ਆਯਾਮਾਂ ਦੇ ਮੁਕਾਬਲੇ ਵਿੱਚ d ਬਹੁਤ ਛੋਟਾ ਹੈ ($d^2 << A$), ਅਸੀਂ ਅਨੰਤ ਫੈਲੀ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਸਤ੍ਹਾਈ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ ਵਾਲੀ ਪਲੇਟ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਨਤੀਜਾ ਇਸਤੇਮਾਲ ਕਰਾਂਗੇ। (ਸੈਕਸ਼ਨ 1.15) ਪਲੇਟ 1 ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ$\sigma = Q/A$ ਅਤੇ ਪਲੇਟ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ $-\sigma$ ਸਮੀਕਰਣ (1.33) ਨੂੰ ਇਸਤੇਮਾਲ ਕਰਨ ਤੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਖੇਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ



ਚਿੱਤਰ 2.25 ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟਾਂ ਵਾਲਾ ਧਾਰਕ

ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ I (ਪਲੇਟ 1 ਦਾ ਉਤਲਾ ਖੇਤਰ)

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = 0 \qquad (2.39)$$

ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ II (ਪਲੇਟ 2 ਦਾ ਹੇਠਲਾ ਖੇਤਰ)

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = 0 \tag{2.40}$$

ਪਲੇਟ 1 ਅਤੇ 2 ਦਾ ਵਿੱਚਲਾ ਖੇਤਰ, ਦੋਨਾਂ ਚਾਰਜ ਪਲੇਟਾਂ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਜੁੜ ਜਾਂਦੇ ਹਨ

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} + \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon_0 A} \tag{2.41}$$

ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਧਨਾਤਮਕ ਪਲੇਟ ਤੋਂ ਰਿਣਾਤਮਕ ਪਲੇਟ ਵੱਲ ਹੋਵੇਗੀ।

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੋ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿਚਲਾ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਥਾਨਿਕ (localised) ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇੱਕ ਸਿਰੇ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਸਿਰੇ ਤੱਕ ਇਕ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਸੀਮਿਤ ਖੇਤਰ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਲਈ, ਇਹ ਪਲੇਟਾਂ ਦੀਆਂ ਬਾਹਰੀ ਸੀਮਾਵਾਂ ਲਈ ਸਹੀ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ। ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਕਿਨਾਰਿਆ ਤੇ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਬਾਹਰ ਨੂੰ ਮੁੜ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਸ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨੂੰ- ਖੇਤਰ ਦੀ ਫਰਿੰਜਿੰਗ fringing of field ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਇਸ਼ਾਰਾ ਮਿਲਦਾ ਹੈ ਕਿ ਸਾਰੀ ਪਲੇਟ ਤੇ ਸਤ੍ਹਾਈ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ σ ਵਿਵਹਾਰਿਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ। [E ਅਤੇ σ ਸਮੀਕਰਣ (2.35) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਨਾਲ ਇਕ ਦੂਜੇ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਤ ਹਨ] ਇਸਲਈ $d^2 << A$ ਦੇ ਲਈ ਇਹ ਪ੍ਰਭਾਵ ਕਿਨਾਰਿਆਂ ਤੋਂ ਕਾਫ਼ੀ ਦੂਰ ਦੇ ਖੇਤਰਾਂ ਲਈ ਨਾਮ ਮਾਤਰ ਹੈ ਅਤੇ ਉਥੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਮੀਕਰਣ (2.41) ਨਾਲ ਦਿੱਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਹੁਣ ਇਕਸਮਾਨ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਲਈ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ, ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਅਤੇ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚਲੀ ਦੂਰੀ ਦੇ ਗੁਣਨਫਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਮਤਲਬ

$$V = Ed = \frac{1}{\varepsilon_0}\frac{Qd}{A} \tag{2.42}$$

ਉਦੋਂ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਧਾਰਕ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ C

$$C = \frac{Q}{V} = = \frac{\varepsilon_0 A}{d} \tag{2.43}$$

ਜੋ ਕਰ, ਸੋਚੇ ਅਨੁਸਾਰ, ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਜਿਆਮਿਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਮਿਸਾਲੀ ਤੌਰ ਤੇ $A = 1\ \text{m}^2$, $d = 1$ mm. ਦੇ ਲਈ

$$C = \frac{8.85\times10^{-12}\,\text{C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}\times 1\,\text{m}^2}{10^{-3}\,\text{m}} = 8.85\times10^{-9}\,\text{F} \tag{2.44}$$

[ਤੁਸੀਂ ਇਹ ਜਾਂਚ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹੋ ਕਿ $1\text{F} = 1\text{C V}^{-1} = 1\text{C (NC}^{-1}\text{m)}^{1} = 1\ \text{C}^2\,\text{N}^{-1}\,\text{m}^{1}$] ਇਸਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਲਗਦਾ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਪਹਿਲਾਂ ਦਸਿਆ ਜਾ ਚੁਕਿਆ ਹੈ ਕਿ 1F ਵਿਵਹਾਰਿਕ ਤੌਰ ਤੇ ਧਾਰਕਤਾ ਦੀ ਬਹੁਤ ਵੱਡੀ ਯੂਨਿਟ ਹੈ। 1F ਦੀ ਵਿਸ਼ਾਲਤਾ ਨੂੰ ਦੇਖਣ ਦਾ ਇੱਕ ਤਰੀਕਾ ਹੋਰ ਵੀ ਹੈ ਕਿ ਅਸੀਂ ਇਹ ਪਤਾ ਕਰੀਏ ਕਿ 1F ਧਾਰਕਤਾ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਧਾਰਕ ਦੀ ਪਲੇਟਾਂ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ, ਜੇਕਰ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ 1 cm ਹੋਵੇ, ਤਾਂ ਕਿੰਨਾ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਹੁਣ ਕਿਉਂਕਿ

$$A = \frac{Cd}{\varepsilon_0} = \frac{1\text{F}\times10^{-2}\,\text{m}}{8.85\times10^{-2}\,\text{C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}} = 10^9\text{m}^2 \tag{2.45}$$

ਮਤਲਬ ਪਲੇਟ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਅਤੇ ਚੌੜਾਈ 30 km ਹੋਣੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ।

2.13 ਧਾਰਕਤਾ ਤੇ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦਾ ਅਸਰ

EFFECT OF DIELECTRIC ON CAPACITANCE

ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦੇ ਵਰਤਾਅ ਬਾਰੇ ਜਾਣਕਾਰੀ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਆਉ ਅਸੀਂ ਹੁਣ ਇਹ ਦੇਖੀਏ ਕਿ ਕਿਸੇ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਧਾਰਕ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ ਕਿਸੇ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦੀ ਹਾਜਰੀ ਨਾਲ

ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਦਲੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਪਹਿਲਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਥੇ ਵੀ ਸਾਡੇ ਕੋਲ ਦੋ ਵੱਡੀਆ ਪਲੇਟਾਂ ਹਨ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ A ਹੈ। ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੋਂ d ਦੂਰੀ ਤੋਂ ਅਲਗ ਹੈ। ਪਲੇਟਾਂ ਤੇ ਚਾਰਜ $\pm Q$ ਹੈ, ਜੋ ਕਿ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ $\pm\sigma$ (ਜਿਥੇ $\sigma = Q/A$) ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹੈ। ਜੱਦ ਦੋ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਖਲਾਅ ਹੋਵੇ, ਉਦੋ

$$E_0 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

ਅਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V_0 ਹੈ।

$$V_0 = E_0 d$$

ਇਸ ਸਟੈਪ ਵਿੱਚ ਧਾਰਕਤਾ C_0 ਹੈ

$$C_0 = \frac{Q}{V_0} = \varepsilon_0 \frac{A}{d} \tag{2.46}$$

ਇਸ ਦੇ ਬਾਅਦ ਅਸੀਂ ਉਸ ਸਟੈਪ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਦੋ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਦੇ ਸਾਰੇ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਨਾਲ ਭਰ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੋਵੇ। ਖੇਤਰ ਕਾਰਨ ਸਾਰਾ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਪੋਲਰਾਇਜਡ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਉੱਤੇ ਸਪਸ਼ਟ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ, ਇਹ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੋਂ ਚਾਰਜ ਪਲੇਟਾਂ (ਡਾਈਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਖੇਤਰ ਦੇ ਲੰਬ) ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੈ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ σ_p ਅਤੇ $-\sigma_p$ ਹੈ। ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਉਸ ਸਟੈਪ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਰਨਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਪਲੇਟਾਂ ਤੇ ਨੈੱਟ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ $\pm(\sigma - \sigma_p)$ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਮਤਲਬ

$$E = \frac{\sigma - \sigma_P}{\varepsilon_0} \tag{2.47}$$

ਅਤੇ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਸਿਰਿਆ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ

$$V = Ed = \frac{\sigma - \sigma_P}{\varepsilon_0} d \tag{2.48}$$

ਰੇਖੀ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦੇ ਲਈ, ਅਸੀਂ ਆਸ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ σ_p, E_0, ਅਤੇ σ ਦੇ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੋਵੇ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ $(\sigma - \sigma_p)$, σ ਦੇ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ ਅਤੇ ਅਸੀਂ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕੀ

$$\sigma - \sigma_P = \frac{\sigma}{K} \tag{2.49}$$

ਇਥੇ K ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦਾ ਇਕ ਸਥਿਰ ਮੁੱਢਲਾ ਗੁਣ ਹੈ। ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ $K > 1$, ਉਦੋਂ

$$V = \frac{\sigma d}{\varepsilon_0 K} = \frac{Qd}{A\varepsilon_0 K} \tag{2.50}$$

ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਹੋਣ ਤੇ ਧਾਰਕਤਾ C

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\varepsilon_0 KA}{d} \tag{2.51}$$

ਗੁਣਨਫਲ $\varepsilon_0 K$ ਨੂੰ ਮਾਧਿਅਮ ਦੀ ਪਰਮਿਟੀਵਿਟੀ *(Permittivity)* ਕਹਿੰਦੇ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਨੂੰ ε ਦੇ ਨਾਲ ਲਿਖਦੇ ਹੈ।

$$\varepsilon = \varepsilon_0 K \tag{2.52}$$

ਖਲਾਅ ਦੇ ਲਈ $K = 1$, ਅਤੇ $\varepsilon = \varepsilon_0$; ε_0 ਨੂੰ ਖਲਾਅ ਦੀ ਪਰਮਿਟੀਵਿਟੀ *(Permittivity)* ਕਹਿੰਦੇ ਹੈ। K ਬਿਨਾ ਇਸ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਹੈ

$$K = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \tag{2.53}$$

PHYSICS

Factors affecting capacitance, capacitors in action
Interactive Java tutorial
http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/capacitance/

ਇਸ ਨੂੰ ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਸਥਿਰਅੰਕ ਕਹਿੰਦੇ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਪਹਿਲਾਂ ਦੱਸਿਆ ਜਾ ਚੁਕਿਆ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਣ 2.49 ਤੋਂ ਇਹ ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ $K = 1$ ਮਤਲਬ K ਦਾ ਮਾਨ 1 ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਣ (2.46) ਅਤੇ (2.51) ਤੋਂ

$$K = \frac{C}{C_0} \tag{2.54}$$

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਸਥਿਰਅੰਕ ਇੱਕ ਕਾਰਕ (>1) ਹੈ ਜਿਸ ਵੱਲੋ ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਧਾਰਕ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦੀ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਭਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਉਸ ਦੇ ਧਾਰਕਤਾ ਦੇ ਮਾਨ ਵਿੱਚ ਖਲਾਅ ਸਮੇਂ ਜੋ ਮਾਨ ਸੀ ਉਸ ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਧਾਰਕ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਮੀਕਰਣ (2.54) ਤੇ ਪਹੁੰਚੇ ਹਾਂ, ਪਰ ਇਹ ਹਰ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਧਾਰਕਾਂ ਤੇ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਵਿਵਹਾਰਿਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਸ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਸਥਿਰਅੰਕ ਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵੀ ਦੇਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਬਿਜਲੀ ਵਿਸਥਾਪਨ ELECTRIC DISPLACEMENT

ਅਸੀਂ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦੀ ਧਾਰਨਾ ਤੋਂ ਤੁਹਾਨੂੰ ਜਾਣੂ ਕਰਵਾਇਆ ਹੈ ਅਤੇ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ σ_p ਅਤੇ ਪੋਲਰਾਇਜੇਸ਼ਨ **P** ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਸਹੀ ਸੰਬੰਧ ਦੱਸੇ ਬਿਨਾਂ ਹੀ ਸਮੀਕਰਣ 2.54 ਤੱਕ ਪਹੁੰਚੇ ਹਾਂ।

ਅਸੀਂ ਸਿੱਧ ਕੀਤੇ ਬਿਨਾਂ ਇਹ ਨਤੀਜਾ ਲਵਾਂਗੇ।

$$\sigma_p = \mathbf{P}\cdot\hat{\mathbf{n}}$$

ਇਥੇ $\hat{\mathbf{n}}$ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਬਾਹਰੀ ਪਾਸੇ ਨੂੰ ਲੰਬ ਵੱਲ ਯੂਨਿਟ ਸਦਿਸ਼ ਹੈ। ਉੱਤੇ ਦਿੱਤਾ ਸਮੀਕਰਣ ਵਿਆਪਕ ਹੈ, ਇਹ ਸਾਰੀ ਆਕ੍ਰਿਤਿਆਂ ਦੇ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕਾਂ ਤੇ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 2.23 ਵਿੱਚ ਗੁਟਕੇ ਦੇ ਲਈ **P** ਖੱਬੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ $\hat{\mathbf{n}}$ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵੱਲ ਹੈ ਅਤੇ ਸਹੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ $\hat{\mathbf{n}}$ ਦੇ ਉਲਟ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਖੱਬੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਪਰਿਤ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ ਧਨਾਤਮਕ ਅਤੇ ਸੱਜੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੈ, ਜਿੰਦਾ ਕੀ ਅਸੀਂ ਪਹਿਲੇ ਹੀ ਰਿਣਾਤਮਕ (Qualitative) ਚਰਚਾ ਵਿੱਚ ਅਨੁਮਾਨ ਲਗਾ ਚੁਕੇ ਹਾਂ। ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸਦਿਸ਼ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਮੀਕਰਣ ਲਿਖਣ ਤੇ

$$\mathbf{E}\cdot\hat{\mathbf{n}} = \frac{\sigma - \mathbf{P}\cdot\hat{\mathbf{n}}}{\varepsilon_0}$$

ਜਾਂ $(\varepsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P})\cdot\hat{\mathbf{n}} = \sigma$

ਰਾਸ਼ੀ $\varepsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P}$ ਨੂੰ ਬਿਜਲੀ ਵਿਸਥਾਪਣ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ **D** ਨਾਲ ਲਿਖਦੇ ਹੈ। **D** ਇਕ ਸਦਿਸ਼ ਰਾਸ਼ੀ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ

$$\mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P},\ \mathbf{D}\cdot\hat{\mathbf{n}} = \sigma,$$

D ਦੀ ਸਾਰਥਕਤਾ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਖਲਾਅ ਵਿੱਚ **E** ਸੁਤੰਤਰ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ σ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਮਾਧਿਅਮ ਹੋਵੇ ਤਾਂ **E** ਦੀ ਜਗ੍ਹਾ **D** ਵਲੋਂ ਲੈ ਲਈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਕਿਸੀ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਮਾਧਿਅਮ ਦੇ ਲਈ ਸੁਤੰਤਰ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ σ ਨਾਲ **D** ਦਾ ਸਿੱਧਾ ਸੰਬੰਧ ਹੈ , **E** ਨਾਲ ਨਹੀਂ। ਕਿਉਂਕਿ **P** ਅਤੇ **E** ਦੀਆਂ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਸਮਾਨ ਹੈ, ਤਿੰਨਾਂ ਸਦਿਸ਼ਾਂ **P**, **E** ਅਤੇ **D** ਇਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਹੈ।

D ਅਤੇ **E** ਦੇ ਪਰਿਮਾਣਾਂ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ

$$\frac{D}{E} = \frac{\sigma\varepsilon_0}{\sigma - \sigma_p} = \varepsilon_0 K$$

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ

$$\mathbf{D} = \varepsilon_0 K \mathbf{E}$$

ਅਤੇ $\mathbf{P} = \mathbf{D} - \varepsilon_0\mathbf{E} = \varepsilon_0 (K-1)\mathbf{E}$

ਇਸ ਸਮੀਕਰਣ (2.37) ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਬਿਜਲੀ ਸਸੇਪਟੇਬਿਲਟੀ χ_e ਦਾ ਮੂਲ ਦਸਦਾ ਹੈ।

$$\chi_e = \varepsilon_0 (K-1)$$

80

ਉਦਾਹਰਣ 2.8— K ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਸਥਿਰਅੰਕ ਵਾਲੇ ਇੱਕ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਕਿਸੇ ਗੁਟਕੇ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਧਾਰਕ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਖੇਤਰਫਲ ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੈ ਪਰੰਤੂ ਗੁਟਕੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ $(3/4d)$ ਹੈ। ਇਥੇ d ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ ਹੈ। ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਗੁਟਕੇ ਨੂੰ ਰੱਖਣ ਤੇ ਧਾਰਕ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ ਵਿੱਚ ਕੀ ਬਦਲਾਵ ਹੋਵੇਗਾ।

ਉੱਤਰ— ਮੰਨ ਲੋ ਜਦੋਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਕੋਈ ਡਾਈਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਨਹੀਂ ਹੈ ਤਾਂ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ $E_0 = V_0/d$ ਹੈ ਅਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V_0 ਹੈ। ਜੇਕਰ ਹੁਣ ਕੋਈ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਪਦਾਰਥ ਰੱਖ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ $E = E_0/K$ ਹੋਵੇਗਾ। ਉਸ ਵੇਲੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਹੋਵੇਗਾ

$$V = E_0(\frac{1}{4}d) + \frac{E_0}{K}(\frac{3}{4}d)$$

$$= E_0 d(\frac{1}{4} + \frac{3}{4K}) = V_0 \frac{K+3}{4K}$$

ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ $(K + 3)/4K$ ਦੇ ਗੁਣਨ ਨਾਲ ਘੱਟ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਦਕਿ ਪਲੇਟਾਂ ਤੇ ਚਾਰਜ Q_0 ਨਹੀਂ ਬਦਲਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਧਾਰਕ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

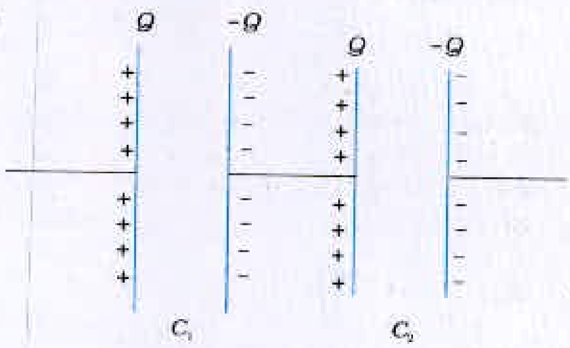
$$C = \frac{Q_0}{V} = \frac{4K}{K+3}\frac{Q_0}{V_0} = \frac{4K}{K+3}C_0$$

ਉਦਾਹਰਣ 2.8

2.14 ਧਾਰਕਾਂ ਦਾ ਇਕੱਠ (COMBINATION OF CAPACITORS)

ਅਸੀਂ ਕਈ ਧਾਰਕਾਂ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾਂ C_1, C_2,.... C_n ਹੈ, ਦੇ ਇਕੱਠ ਨਾਲ ਇਕ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਧਾਰਕਤਾ C ਦਾ ਸਿਸਟਮ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਹ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਧਾਰਕਤਾ ਉਸ ਤਰੀਕੇ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਧਾਰਕਾ ਨੂੰ ਇਕੱਠੇ ਜੋੜਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਦੋ ਸਰਲ ਤਰੀਕੇ ਜਿਸ ਨਾਲ ਧਾਰਕਾਂ ਨੂੰ ਇਕੱਠਾ ਕੀਤਾ ਹੈ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਨ।

2.14.1 ਧਾਰਕਾਂ ਦਾ ਲੜੀਬੱਧ ਇਕੱਠ (Capacitors in series)

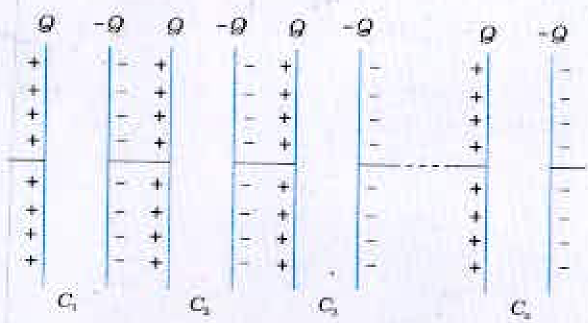


ਚਿੱਤਰ 2.26 ਦੋ ਧਾਰਕਾ ਦਾ ਲੜੀਬੱਧ ਇਕੱਠ

ਚਿੱਤਰ 2.26 ਵਿੱਚ ਦੋ ਧਾਰਕ ਲੜੀਬੱਧ (series) ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਇਕੱਠੇ ਦਿਖਾਏ ਗਏ ਹਨ।

C_1 ਦੀ ਸੱਜੀ ਅਤੇ C_2 ਦੀ ਖੱਬੀ ਪਲੇਟ ਬੈਟਰੀ ਦੇ ਦੋ ਟਰਮੀਨਲਾਂ ਨਾਲ ਜੋੜੀ ਗਈ ਹੈ ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਤੇ Q ਅਤੇ $-Q$ ਚਾਰਜ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਮਤਲਬ ਇਹ ਹੈ ਕਿ C_1 ਦੀ ਖੱਬੀ ਪਲੇਟ ਤੇ $-Q$ ਅਤੇ C_2 ਦੀ ਸੱਜੀ ਪਲੇਟ ਤੇ $+Q$ ਚਾਰਜ ਹੈ। ਜੇਕਰ ਇਦਾਂ ਨਹੀਂ ਹੈ, ਤੇ ਧਾਰਕ ਦੀਆਂ ਦੋਨਾਂ ਪਲੇਟਾਂ ਤੇ ਨੇਟ ਚਾਰਜ ਸਿਫਰ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵੱਜੋਂ C_1 ਅਤੇ C_2 ਨੂੰ ਇਕੱਠਾ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਚਾਲਕ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਹੋਵੇਗਾ ਅਤੇ C_1 ਅਤੇ C_2 ਵਿੱਚ ਚਾਰਜ ਉਸ ਸਮੇਂ ਤੱਕ ਵਹਿੰਦਾ ਰਹੇਗਾ, ਜੱਦ ਤੱਕ ਦੀ ਹਰੇਕ ਧਾਰਕ C_1 ਅਤੇ C_2 ਨੂੰ ਇਕੱਠਾ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਚਾਲਕ ਵਿਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫਰ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਇਸ ਲਈ ਲੜੀਬੱਧ ਇਕੱਠ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਧਾਰਕ ਦੀਆਂ ਦੋਵਾਂ ਪਲੇਟਾਂ ਤੇ ਚਾਰਜ $(\pm Q)$ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਧਾਰਕਾਂ ਦੇ ਇਕੱਠ ਦੇ ਦੁਆਲੇ ਕੁੱਲ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਡਰਾਪ (Drop) V ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਡਰਾਪ V_1 ਅਤੇ V_2 ਜੋ ਕਿ C_1 ਅਤੇ C_2 ਦੇ ਦੁਆਲੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਹੈ ਦੇ ਜੋੜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ।

$$V = V_1 + V_2 = \frac{Q}{C_1} \quad \frac{Q}{C_2} \qquad (2.55)$$



ਚਿੱਤਰ 2.27 ਧਾਰਕਾਂ ਦਾ ਲੜੀਬੱਧ ਇਕੱਠ

$$\frac{V}{Q}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}. \quad (2.56)$$

ਅਸੀਂ ਇਸ ਇਕੱਠ ਨੂੰ ਇਕ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਧਾਰਕ ਮੰਨ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਜਿਸ ਤੇ ਚਾਰਜ Q ਅਤੇ ਜਿਸ ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V ਹੋਵੇ। ਉਸ ਵੇਲੇ ਇਕੱਠ ਦੀ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਧਾਰਕਤਾ

$$C=\frac{Q}{V} \quad (2.57)$$

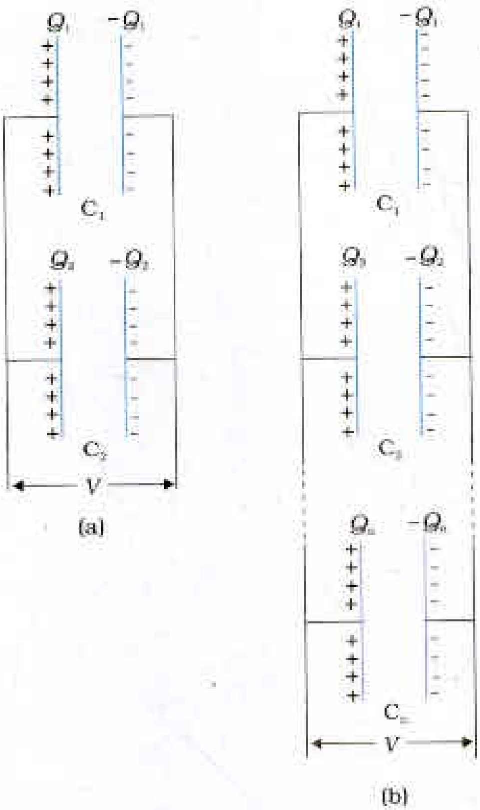
ਸਮੀਕਰਣ (2.57) ਦੀ ਸਮੀਕਰਣੀ (2.56) ਨਾਲ ਤੁਲਨਾ ਕਰਨ ਤੇ ਅਸੀਂ ਹੇਠ ਲਿਖਿਆ ਸੰਬੰਧ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਹੈ।

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2} \quad (2.58)$$

ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਇਹ ਸਬੂਤ ਕਿੰਨੇ ਵੀ ਧਾਰਕਾਂ ਲਈ ਸਹੀ ਹੈ ਜੋ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਕੱਠੇ ਕੀਤੇ ਗਏ ਹਨ। n ਧਾਰਕਾਂ ਲਈ ਸਮੀਕਰਣ (2.55) ਦਾ ਵਿਆਪੀਕਰਣ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ

$$V=V_1+V_2+\ldots+V_n=\frac{Q}{C_1}+\frac{Q}{C_2}+\ldots+\frac{Q}{C_n} \quad (2.59)$$

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\ldots+\frac{1}{C_n} \quad (2.60)$$



ਚਿੱਤਰ 2.28 **(a)** ਦੋ ਧਾਰਕ **(b) n** ਧਾਰਕਾਂ ਦਾ ਸਮਾਂਤਰ ਇਕੱਠ

2.14.2 ਧਾਰਕਾਂ ਦਾ ਸਮਾਂਤਰ ਇਕੱਠ (Capacitors in parallel)

ਚਿੱਤਰ 2.28 (a) ਵਿੱਚ ਦੋ ਧਾਰਕਾਂ ਦਾ ਸਮਾਂਤਰ ਇਕੱਠ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਸਟੈਪ ਵਿੱਚ ਦੋਨੋਂ ਧਾਰਕਾਂ ਤੇ ਸਮਾਨ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਲਗਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ ਧਾਰਕ 1 ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾ ਤੇ ਚਾਰਜ ($\pm Q_1$) ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਧਾਰਕ 2 ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾ ਤੇ ਚਾਰਜ $\pm Q_2$) ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੋਣਾ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਹੀਂ ਹੈ

$$Q_1=C_1V,\ Q_2=C_2V \quad (2.61)$$

ਇਨ੍ਹਾਂ ਦੋਨਾਂ ਧਾਰਕਾਂ ਦੇ ਸਮਾਨ ਕਿਸੇ ਧਾਰਕ ਤੇ ਚਾਰਜ

$$Q=Q_1+Q_2 \quad (2.62)$$

ਅਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V ਹੈ :

$$Q=CV=C_1V+C_2V \quad (2.63)$$

ਤਾਂ ਸਮੀਕਰਣ 2.63 ਤੋਂ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਧਾਰਕਤਾ C

$$C=C_1+C_2 \quad (2.64)$$

n ਧਾਰਕਾਂ ਦੇ .... ਇਕੱਠ ਲਈ ਅਸਰਦਾਰ ਧਾਰਕਤਾ C ਦੇ ਲਈ ਵਿਆਪਕ ਸੂਤਰ, ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ

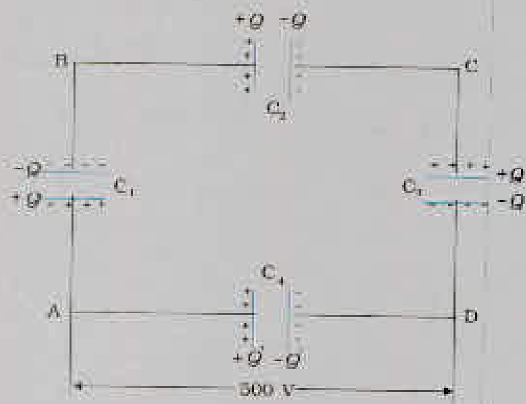
$$Q=Q_1+Q_2+\ldots+Q_n \quad (2.65)$$

ਮਤਲਬ $CV=C_1V+C_2V+\ldots C_nV$ (2.66)

ਇਸਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$C=C_1+C_2+\ldots C_n \quad (2.67)$$

ਉਦਾਹਰਣ 2.9— ਚਿੱਤਰ 2.29 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ 10 μF ਦੇ ਚਾਰ ਧਾਰਕਾਂ ਦੇ ਕਿਸੇ ਨੈੱਟਵਰਕ ਨੂੰ 500 V ਦੇ ਸੋਮੇ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆਂ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। (a) ਨੈੱਟਵਰਕ ਦੀ ਕੁੱਲ ਧਾਰਕਤਾ ਅਤੇ (b) ਹਰੇਕ ਧਾਰਕ ਤੇ ਚਾਰਜ ਪਤਾ ਕਰੋ। (ਨੋਟ : ਕਿਸੇ ਧਾਰਕ ਤੇ ਚਾਰਜ ਉਨ੍ਹਾਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਕਿ ਉਸ ਦੀ ਉਸ ਪਲੇਟ ਤੇ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਦਾ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਵੱਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਉਹ ਚਾਰਜ ਘੱਟ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਵਾਲੀ ਪਲੇਟ ਤੇ ਜੋ ਚਾਰਜ ਹੈ ਉਸ ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।)



ਚਿੱਤਰ 2.29

ਉੱਤਰ—

(a) ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਨੈੱਟਵਰਕ ਵਿੱਚ ਨੈੱਟਵਰਕ ਵਿੱਚ ਤਿੰਨ ਧਾਰਕ C_1, C_2 ਅਤੇ C_3 ਲੜੀਬੱਧ ਲਗਾਏ ਗਏ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਤਿੰਨ ਧਾਰਕਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਧਾਰਕਤਾ C' ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਿੱਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$ $C_1 = C_2 = C_3 = 10\ \mu F$, $C' = (10/3)\ \mu F$. ਨੈਟਵਰਕ ਵਿੱਚ C_4 ਨੂੰ C' ਸਮਾਂਤਰ ਲਗਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਸਮਸਤ ਨੈੱਟਵਰਕ ਦੀ ਕੁੱਲ ਧਾਰਕਤਾ

$$C = C' + C_4 = \left(\frac{10}{3} + 10\right)\ \mu F = 13.3\mu F$$

(b) ਚਿੱਤਰ ਤੋਂ ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ C_1, C_2 ਅਤੇ C_3 ਹਰੇਕ ਤੇ ਸਮਾਨ ਚਾਰਜ ਹੈ ਮੰਨ ਲਓ Q. ਮੰਨ ਲਓ C_4 ਤੇ ਚਾਰਜ Q' ਹੈ। ਹੁਣ ਕਿਉਂਕਿ AB ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ Q/C_1, BC ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ Q/C_2 ਅਤੇ CD ਦੇ ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ Q/C_3 ਹੈ ਇਸਲਈ

$$\frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} = 500\text{V} \text{ ਅਤੇ } Q'/C_4 = 500\ \text{V}.$$

ਇਸ ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਧਾਰਕਾਂ ਦੀ ਅਲਗ ਧਾਰਕਤਾ ਦੇ ਦਿੱਤੇ ਮਾਨਾਂ ਦੇ ਲਈ

$$Q = 500\ V \times \frac{10}{3}\ \mu F = 1.7 \times 10^{-3}\ C \text{ ਅਤੇ}$$

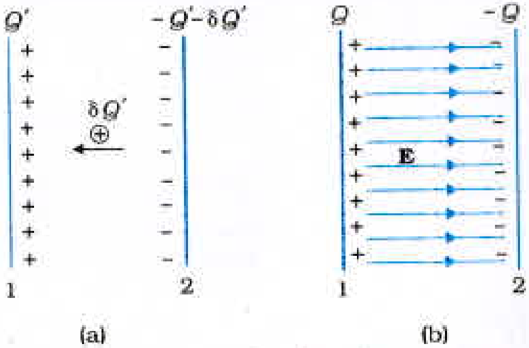
$$Q' = 500\ V \times 10\ \mu F = 5.0 \times 10^{-3}\ C$$

ਉਦਾਹਰਣ 2.9

2.15 ਧਾਰਕ ਵਿੱਚ ਸੰਚਿਤ ਊਰਜਾ

ENERGY STORED IN A CAPACITOR

ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਅਸੀਂ ਉੱਤੇ ਦਿੱਤੀ ਚਰਚਾ ਵਿੱਚ ਅਧਿਐਨ ਕੀਤਾ ਹੈ, ਧਾਰਕ ਦੇ ਚਾਲਕਾਂ ਦਾ ਅਜਿਹਾ ਸਿਸਟਮ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਤੇ ਚਾਰਜ $+Q$ ਅਤੇ $-Q$ ਹੁੰਦੇ ਹੈ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਦੂਰੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਸਿਸਟਮ ਵੱਚ ਇਕੱਠੀ ਊਰਜਾ ਪਤਾ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਸ਼ੁਰੂ ਵਿੱਚ ਦੋਨਾਂ ਚਾਰਜ ਚਾਲਕ 1 ਅਤੇ 2 ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਹੁਣ ਚਾਲਕ 2 ਤੋਂ ਚਾਲਕ 1 ਤੇ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਛੋਟੇ ਛੋਟੇ ਹਿੱਸਿਆ ਵਿੱਚ ਲੈ ਕੇ ਆਉ, ਤਾਕਿ ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਚਾਲਕ 1 ਤੇ Q ਚਾਰਜ ਆ ਜਾਏ। ਚਾਰਜ ਸੁਰਖਿਅਨ *(Conservation)* ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਚਾਲਕ 2 ਤੇ $-Q$ ਚਾਰਜ ਹੋਵੇਗਾ (ਚਿੱਤਰ 2.30)।



ਚਿੱਤਰ 2.30 (a) ਚਾਲਕ 1 ਤੇ Q'' ਤੋਂ $Q'' + \delta Q''$ ਚਾਰਜ ਇਕੱਠਾ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਕਾਰਜ
(b) ਧਾਰਕ ਨੂੰ ਚਾਰਜ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਕੁਲ ਕਾਰਜ ਧਾਰਕ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਕੱਠਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਚਾਰਜ ਨੂੰ 2 ਤੋਂ 1 ਤੇ ਲਿਆਉਣ ਲਈ ਬਾਹਰੀ ਕਾਰਜ ਕਰਨਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਹਰ ਸਟੈਪ ਤੇ ਚਾਲਕ 2 ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਚਾਲਕ 1 ਤੇ ਜ਼ਿਆਦਾ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕੁੱਲ ਕਾਰਜ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ, ਪਹਿਲੇ ਅਸੀਂ ਛੋਟੇ ਛੋਟੇ ਸਟੈਪਾਂ ਵਿੱਚ ਇਕ ਪਲੇਟ ਤੋਂ ਦੂਸਰੀ ਪਲੇਟ ਤੇ ਭੇਜੇ ਗਏ ਚਾਰਜ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰਾਂਗੇ। ਉਸ ਵਿੱਚਲੀ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ ਜਿੱਸ ਵਿੱਚ ਚਾਲਕ 1 ਅਤੇ 2 ਤੇ ਚਾਰਜ Q' ਅਤੇ $-Q'$ ਹੈ। ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਚਾਲਕ 1 ਅਤੇ 2 ਦੇ ਵਿੱਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ $V' = Q'/C$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਇਥੇ C ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ ਹੈ। ਹੁਣ ਇਹ ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ ਕਿ ਲਾਗੂ ਚਾਰਜ $\delta Q'$ ਚਾਲਕ 2 ਤੋਂ 1 ਤੇ ਭੇਜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਸਟੈਪ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ ($\delta W'$) ਜਿਸਦੇ ਪਰਿਣਾਮ ਵਿੱਚ ਚਾਲਕ 1 ਤੇ ਚਾਰਜ Q' ਤੋਂ ਵੱਧਕੇ $Q' + \delta Q'$ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਿਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ

$$\delta W = V'\delta Q' = \frac{Q'}{C}\delta Q' \qquad (2.68)$$

ਕਿਉਂਕਿ $\delta Q'$ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਚਾਹੇ ਛੋਟਾ ਬਣਾ ਸਕਦੇ ਹਾਂ, ਸਮੀਕਰਣ (2.68) ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

$$\delta W = \frac{1}{2C}[(Q' + \delta Q')^2 - Q'^2] \qquad (2.69)$$

ਸਮੀਕਰਣ (2.69) ਵਿੱਚ $\delta Q'$, ਦੇ ਦੂਜੀ ਸ਼ਕਤੀ ਦੇ ਪਦ $\delta Q'^2/2C$ ਦੀ $\delta Q'$ ਦੇ ਆਰਬਿਟਰੇਰੀ ਛੋਟੇ ਹੋਣ ਦੇ ਕਾਰਣ ਨਾ ਮਾਤਰ ਮੰਨ ਕੇ ਛੱਡ ਦਿੱਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਸਮੀਕਰਣ (2.68) ਅਤੇ (2.69) ਇਕੋ ਜਿਹੇ ਹੈ। ਕੁੱਲ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ (W) ਚਾਰਜ Q' ਨੂੰ ਸਿਫਰ ਤੋਂ Q ਤੱਕ ਵਿਧਾਨ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਚਰਣਾਂ ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਗਏ ਲਘੂ ਕਾਰਜਾਂ (δW) ਦਾ ਯੋਗ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$W = \sum_{\text{ਸਾਰੇ ਸਟੈਪਾ ਦਾ ਜੋੜ}} \delta W$$

$$= \sum_{\text{ਸਾਰੇ ਸਟੈਪਾ ਦਾ ਜੋੜ}} \frac{1}{2C}[(Q' + \delta Q')^2 - Q'^2] \qquad (2.70)$$

$$= \frac{1}{2C}[\{\delta Q'^2 - 0\} + \{(2\delta Q')^2 - \delta Q'^2\} + \{(3\delta Q')^2 - (2\delta Q')^2\} + \ldots$$

$$+ \{Q^2 - (Q - \delta Q)^2\}] \qquad (2.71)$$

$$= \frac{1}{2C}[Q^2 - 0] = \frac{Q^2}{2C} \qquad (2.72)$$

ਇਹ ਪਰਿਣਾਮ ਸਿੱਧੇ ਹੀ ਸਮੀਕਰਣ (2.68) ਤੋਂ ਇੰਟੇਗ੍ਰੇਟ (Integrate) ਕਰਕੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ

$$W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}QV \qquad (2.73)$$

ਕਿਉਂਕਿ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਹੈ, ਇਹ ਕਾਰਜ ਸਿਸਟਮ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਕੱਠੀ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਹੀ ਕਾਰਣ ਹੈ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦਾ ਆਖਿਰੀ ਪਰਿਣਾਮ, ਸਮੀਕਰਣ (2.73), ਜਿਸ ਢੰਗ ਨਾਲ ਧਾਰਕ ਦੀ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਬਣਦੀ ਹੈ। ਉਸ ਢੰਗ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਧਾਰਕ ਚਾਰਜ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਉਸ ਤੇ ਇਕੱਠੀ ਊਰਜਾ ਆਜ਼ਾਦ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਧਾਰਕ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਕੱਠੀ ਹੋਈ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਸਮਝਣਾ ਸੌਖਾ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਦੇਖਣ ਲਈ ਸਰਲ ਤਰੀਕਾ ਇਹ ਹੈ, ਕਿ ਕਿਸੀ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ (ਹਰੇਕ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ A)

ਧਾਰਕ ਜਿਸ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਦੂਰੀ d ਹੈ, ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ।

ਧਾਰਕ ਵਿੱਚ ਇਕੱਠੀ ਊਰਜਾ

$$= \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{(A\sigma)^2}{2} \times \frac{d}{\varepsilon_0 A} \tag{2.74}$$

ਸਤ੍ਹਾ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ σ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ E ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੈ।

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \tag{2.75}$$

ਸਮੀਕਰਣਾ (2.74) ਅਤੇ (2.75) ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

ਧਾਰਕ ਵਿੱਚ ਇਕੱਠੀ ਊਰਜਾ

$$U = (1/2)\varepsilon_0 E^2 \times A d \tag{2.76}$$

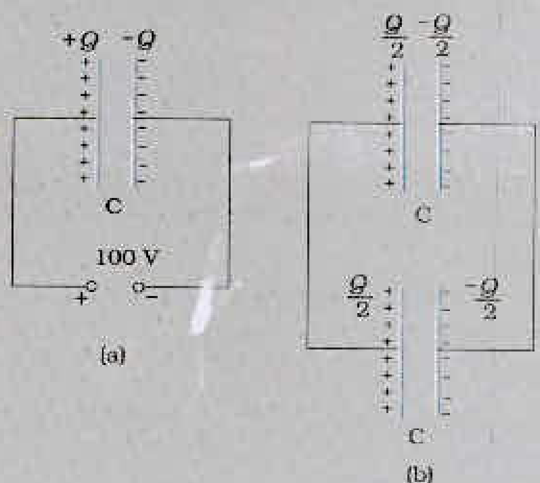
ਧਿਆਨ ਦਿਉ, Ad ਦੋਵਾਂ ਪਲੇਟਾ ਦੇ ਵਿਚਲੇ ਖੇਤਰ ਦਾ ਆਇਤਨ ਹੈ। ਜੇਕਰ ਅਸੀਂ ਊਰਜਾ ਘਣਤਾ ਨੂੰ ਖਲਾਅ ਦੇ ਪ੍ਰਤਿ ਯੂਨਿਟ ਆਇਤਨ ਵਿੱਚ ਇਕੱਠੀ ਹੋਈ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰੀਏ, ਤਾਂ ਸਮੀਕਰਣ 2.76 ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ

ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਊਰਜਾ ਘਣਤਾ

$$u = (1/2)\varepsilon_0 E^2 \tag{2.77}$$

ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਸਮੀਕਰਣ (2.77) ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਧਾਰਕ ਦੇ ਲਈ ਸਿੱਧ ਕੀਤਾ ਹੈ, ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਊਰਜਾ ਘਣਤਾ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਪਰਿਣਾਮ ਵਾਸਤਵ ਵਿੱਚ, ਬਹੁਤ ਵਿਆਪਕ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਕਿਸੇ ਵੀ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਦੇ ਕਾਰਨ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਤੇ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਣ 2.10 : 900 pF ਕਿਸੇ ਧਾਰਕ ਨੂੰ 100 V ਬੈਟਰੀ ਨਾਲ ਚਾਰਜ ਕੀਤਾ ਗਿਆ [ਚਿੱਤਰ 2.31(a)] ਧਾਰਕ ਵਿੱਚ ਇਕੱਠੀ ਕੁੱਲ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਊਰਜਾ ਕਿੰਨੀ ਹੈ? (b) ਇਸ ਧਾਰਕ ਨੂੰ ਬੈਟਰੀ ਤੋਂ ਹਟਾ ਕੇ ਕਿਸੇ ਹੋਰ 900 pF ਦੇ ਧਾਰਕ ਨਾਲ ਜੋੜ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ। ਸਿਸਟਮ ਵੱਲੋਂ ਇਕੱਠੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਊਰਜਾ ਕਿੰਨੀ ਹੈ?



ਚਿੱਤਰ 2.31

ਹੱਲ—

(a) ਧਾਰਕ ਤੇ ਚਾਰਜ

$Q = CV = 900 \times 10^{-12}\ \mathrm{F} \times 100\ \mathrm{V} = 9 \times 10^{-8}\ \mathrm{C}$

ਧਾਰਕ ਵੱਲੋਂ ਇਕੱਠੀ ਊਰਜਾ

$= (1/2)\ CV^2 = (1/2)\ QV$

$= (1/2) \times 9 \times 10^{8}\ \mathrm{C} \times 100\ \mathrm{V} = 4.5 \times 10^{-6}\ \mathrm{J}$

ਉਦਾਹਰਣ 2.10

ਉਦਾਹਰਣ 2.10

(b) ਸਥਾਈ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ, ਦੋਨੋਂ ਧਾਰਕਾਂ ਦੀਆਂ ਧਨਾਤਮਕ ਪਲੇਟਾ ਸਮਾਨ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਤੇ ਹੈ; ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਰਿਣਾਤਮਕ ਪਲੇਟਾ ਉਸੇ ਸਮਾਨ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਤੇ ਹੈ। ਮੰਨ ਲਉ ਸਾਂਝਾਂ (Common) ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ V' ਹੈ। ਉਦੋਂ ਹਰੇਕ ਧਾਰਕ ਤੇ ਚਾਰਜ $Q' = CV'$। ਚਾਰਜ ਸੁਰਖਿਅਣ ਨਾਲ $Q' = Q/2$ ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ $V' = V/2$ ਉਦੋਂ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਕੁੱਲ ਊਰਜਾ

$$= 2 \times \frac{1}{2} Q'V' = \frac{1}{4} QV = 2.25 \times 10^{-6}\,\mathrm{J}$$

ਇਸਲਈ (a) ਤੋਂ (b) ਵਿੱਚ ਜਾਨ ਤੇ ਚਾਰਜ ਦੀ ਕੋਈ ਹਾਨੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ, ਫੇਰ ਵੀ ਅੰਤਿਮ ਊਰਜਾ ਸ਼ੁਰੂਆਤੀ ਊਰਜਾ ਦੀ ਕੇਵਲ ਅੱਧੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਫੇਰ ਬਾਕੀ ਊਰਜਾ ਕਿੱਥੇ ਚਲੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ? ਸਿਸਟਮ ਨੂੰ ਸਥਿਤੀ (b) ਵਿੱਚ ਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੁੱਝ ਸਮਾਂ ਲੱਗਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਪਹਿਲੇ ਧਾਰਕ ਤੋਂ ਦੂਜੇ ਧਾਰਕ ਤੱਕ ਇੱਕ ਅਸਥਾਈ ਧਾਰਾ ਵਹਿੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਗਰਮੀ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕਿਰਣਾਂ (radiation) ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕੁੱਝ ਊਰਜਾ ਹਾਨੀ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

2.16 ਵੈਨ ਡੀ ਗਰਾਫ ਜੇਨਰੇਟਰ VAN DE GRAAFF GENERATOR

Van de Graaff generator, principle and demonstration:
http://www.physics.gla.ac.uk/~kskeldon/PubSci/exhibits/E10/

ਇਹ ਇੱਕ ਅਜਿਹੀ ਮਸ਼ੀਨ ਹੈ ਜੋ ਕੁੱਝ ਮਿਲਿਅਨ ਵੋਲਟ ਦੀ ਸ਼ਕਤੀ ਦੀ ਵੋਲਟਤਾ ਪੈਦਾ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਵੋਲਟਤਾਵਾਂ ਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵੱਜੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਬਹੁਤ ਵੱਡੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਚਾਰਜ ਕਣਾਂ (ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ, ਪ੍ਰੋਟਾਨ, ਆਯਨ) ਨੂੰ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕਰਕੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਊਰਜਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਊਰਜਾ ਵਾਲੇ ਚਾਰਜ ਕਣਾਂ ਦੀ ਜ਼ਰੂਰਤ ਛੋਟੇ ਪੱਧਰ ਤੇ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਸੰਰਚਨਾ ਦੇ ਟੈਸਟ ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਜਾਣ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਮਸ਼ੀਨ ਦੇ ਕਾਰਜ ਕਰਨ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹੈ।

ਮੰਨ ਲਉ ਸਾਡੇ ਕੋਲ R ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦਾ ਇੱਕ ਵੱਡਾ ਗੋਲ ਚਾਲਕ ਖੋਲ ਹੈ ਜਿਸਨੂੰ ਅਸੀਂ Q ਚਾਰਜ ਦਿੱਤਾ ਹੈ। ਇਹ ਚਾਰਜ ਆਪ ਹੀ ਗੋਲੇ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਇਕ ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਫੈਲ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ ਕੀ ਅਸੀਂ ਸੈਕਸ਼ਨ 1.14 ਵਿੱਚ ਦੇਖ ਚੁੱਕੇ ਹਾਂ, ਗੋਲੇ ਦੀ ਬਾਹਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਠੀਕ ਇਹੋ ਜਿਹਾ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਕੀ ਗੋਲੇ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਬਿੰਦੂ ਚਾਰਜ Q ਦੇ ਕਾਰਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਦਕਿ ਗੋਲੇ ਦੇ ਅੰਦਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਖ਼ਤਮ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਗੋਲੇ ਦੇ ਬਾਹਰ ਬਿੰਦੂ ਚਾਰਚ ਦਾ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਗੋਲੇ ਦੇ ਅੰਦਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਥਿਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਮਤਲਬ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦਾ ਮਾਨ ਅਰਧ ਵਿਆਸ R ਤੇ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸਲਈ

ਚਾਰਜ Q ਵਾਲੇ ਅਤੇ R ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਗੋਲੇ ਚਾਲਕ ਖੋਲ ਦੇ ਅੰਦਰ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਥਿਰ ਹੈ ਇਸਦਾ ਮਾਨ ਹੈ।

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{R} \tag{2.78}$$

ਹੁਣ ਜਿਵੇਂ ਚਿੱਤਰ 2.32 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ, ਅਸੀ ਇਹ ਮੰਨਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਕਾਰ ਨਾਲ ਚਾਰਜ q ਵਾਲਾ ਅਤੇ r ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਛੋਟਾ ਗੋਲਾ ਗੋਲੇ ਦੇ ਅੰਦਰ ਉਸਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਰੱਖ ਦਿੰਦੇ ਹਾਂ। ਹੁਣ ਸਪਸ਼ਟ ਰੂਪ ਨਾਲ ਇਸ ਨਵੇਂ ਚਾਰਜ q ਦੇ ਕਾਰਣ ਚਿੱਤਰ ਦਰਸਾਏ ਗਏ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲਾਂ ਦੇ ਹੇਠ ਦਿੱਤੇ ਮਾਨ ਹੋਣਗੇ

q ਚਾਰਜ ਅਤੇ r ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੇ ਛੋਟੇ ਗੋਲੇ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ

$= \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} \dfrac{q}{r}$ ਛੋਟੇ ਗੋਲੇ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ

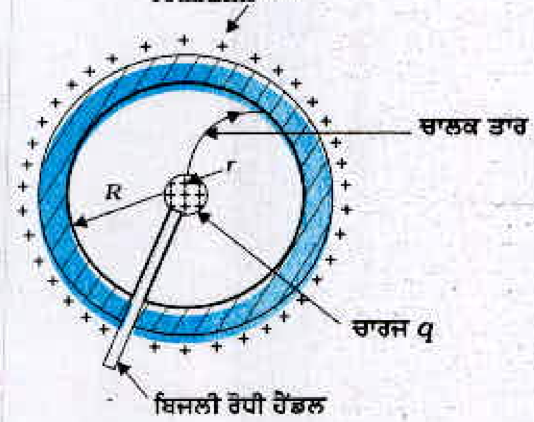
$= \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} \dfrac{q}{R}$ ਅਰਧ ਵਿਆਸ R ਦੇ ਵੱਡੇ ਗੋਲੇ ਤੇ (2.79)

q ਅਤੇ Q ਦੋਨਾਂ ਚਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਧਿਆਨ ਵਿੱਚ ਰੱਖਦੇ ਹੋਏ ਸਾਨੂੰ ਕੁੱਲ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ V ਅਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਦੇ ਮਾਨ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੇ ਹੈ

$$V(R) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{Q}{R} + \frac{q}{R}\right)$$

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{Q}{R} + \frac{q}{r}\right)$$

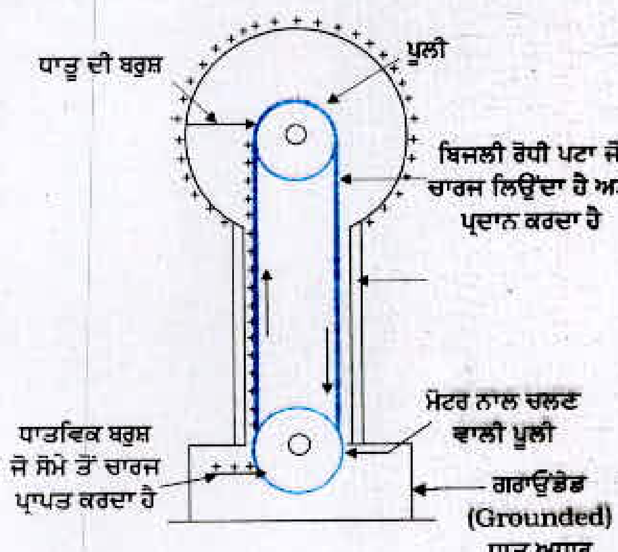
$$V(r) - V(R) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right) \qquad (2.80)$$



ਚਿੱਤਰ 2.32 ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਜੈਨਰੇਟਰ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤ ਦਾ ਸਪਸ਼ਟੀਕਰਣ

ਹੁਣ ਇਹ ਮੰਨੋ q ਧਨਾਤਮਕ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਚਾਹੇ ਵੱਡੇ ਖੋਲ ਤੇ ਕਿੰਨਾ ਵੀ ਚਾਰਜ ਇਕੱਠਾ ਕਿਉਂ ਨਾ ਹੋ ਜਾਵੇ ਅਤੇ ਜੇਕਰ ਉਹ ਧਨਾਤਮਕ ਵੀ ਹੈ, ਤਾਂ ਵੀ ਅੰਦਰ ਵਾਲਾ ਗੋਲਾ ਹਮੇਸ਼ਾ ਵੱਧ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਤੇ ਹੁੰਦਾ ਹੈ $V(r)-V(R)$ ਅੰਤ ਹਮੇਸ਼ਾ ਧਨਾਤਮਕ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। Q ਦੇ ਕਾਰਨ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅਰਧ ਵਿਆਸ R ਤੱਕ ਸਥਿਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ, ਇਸਲਈ ਅੰਤਰ ਕਰਦੇ ਵੇਲੇ ਉਹ ਖ਼ਤਮ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਇਸਦਾ ਮਤਲਬ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਜੇਕਰ ਛੋਟੇ ਅਤੇ ਵੱਡੇ ਗੋਲੇ ਨੂੰ ਤਾਰ ਨਾਲ ਜੋੜ ਦਵਾਂਗੇ, ਤਾਂ ਉਸੇ ਵੇਲੇ ਚਾਰਜ ਛੋਟੇ ਗੋਲੇ ਤੋਂ ਵੱਡੇ ਗੋਲੇ ਵਿੱਚ ਵਹਿ ਜਾਵੇਗਾ ਭਾਵੇ ਚਾਰਜ Q ਦਾ ਮਾਨ ਕਾਫੀ ਵੱਧ ਹੈ। ਧਨ ਚਾਰਜ ਆਪਣੀ ਪਰਕਿਰਤੀ ਦੇ ਕਾਰਣ ਵੱਧ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਤੋਂ ਘੱਟ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਵੱਲ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਸ਼ਰਤੇ ਅਸੀਂ ਕਿਸੇ ਵੀ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਛੋਟੇ ਚਾਰਜ ਗੋਲੇ ਨੂੰ ਵੱਡੇ ਗੋਲੇ ਦੇ ਅੰਦਰ ਰੱਖਣ ਵਿੱਚ ਸਫਲ ਹੋ ਜਾਈਏ, ਅਸੀਂ ਇਸ ਤਰੀਕੇ ਵੱਡੇ ਗੋਲੇ ਤੇ ਚਾਰਜ ਦਾ ਅੰਬਾਰ ਲਗਾ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਸਮੀਕਰਨ (2.78) ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਬਾਹਰੀ ਗੋਲੇ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਵੀ ਵੱਧਦਾ ਜਾਵੇਗਾ ਅਤੇ ਇਸ ਵਿੱਚ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਉਸ ਸਮੇਂ ਤੱਕ ਵਾਧਾ ਹੁੰਦਾ ਹੀ ਰਹੇਗਾ, ਜਦੋਂ ਤੱਕ ਅਸੀਂ ਹਵਾ ਦੇ ਬਰੇਕਡਾਊਨ ਖੇਤਰ ਤੱਕ ਨਹੀਂ ਪਹੁੰਚਦੇ ਇਹੀ ਵਾਨ ਡੀ ਗ੍ਰਾਫ (Van de Graaff) ਜੈਨਰੇਟਰ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ ਹੈ ਇਹ ਇੱਕ ਅਜਿਹੀ ਮਸ਼ੀਨ ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਨਾਲ ਕਈ ਮਿਲੀਅਨ ਵੋਲਟ ਦਾ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਅਤੇ ਹਵਾ ਦੇ ਬਰੇਕਡਾਊਨ (Break-down) ਵੋਲਟੇਜ ਦੇ ਲਗਭਗ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਪੈਦਾ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 2.33 ਵਿੱਚ ਵੈਨ ਡੀ ਗ੍ਰਾਫ ਦੀ ਬਣਤਰ ਆਲੇਖ ਰਾਹੀਂ ਦਰਸਾਈ ਗਈ ਹੈ। ਕਈ ਮੀਟਰ ਉੱਚਾ ਇਕ ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ ਸਤੰਭ ਇੱਕ ਵਿਸ਼ਾਲ ਚਾਲਕ ਖੋਲ (ਜਿਸਦਾ ਅੱਰਧ ਵਿਆਸ ਕਈ ਮੀਟਰ ਹੈ) ਨੂੰ ਸੰਭਾਲ ਕੇ ਰੱਖਦਾ ਹੈ ਇਸ ਵਿੱਚ ਦੋ ਪੁਲੀਆਂ ਹਨ ਜਿਸ ਵਿੱਚੋਂ ਇਕ ਪੁਲੀ ਖੋਲ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਅਤੇ ਦੂਸਰੀ ਫਰਸ਼ ਤੇ ਹੈ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਦੋਨਾਂ ਤੋਂ ਹੋ ਕੇ ਇਕ ਲੰਬਾ ਪਤਲਾ, ਬਿਨਾ ਸਿਰੇ ਵਾਲਾ, ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ ਪਦਾਰਥ ਜਿਵੇਂ ਕੀ (ਰਬੜ ਜਾਂ ਰੇਸ਼ਮ) ਦਾ ਪੱਟਾ ਗੁਜ਼ਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਪੱਟੇ ਨੂੰ ਹੇਠਲੀ ਪੁਲੀ ਨਾਲ ਜੁੜੀ ਇੱਕ ਮੋਟਰ ਨਾਲ ਲਗਾਤਾਰ ਘੁਮਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਇਹ ਪੱਟਾ ਹਮੇਸ਼ਾ ਹੀ ਉਸ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਜੋ ਹੇਠ ਲੱਗੇ ਬਰੁਸ਼ ਨਾਲ ਪੱਟੇ ਤੇ ਛਿੜਕਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਉੱਤੇ ਲੈ ਕੇ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਥੇ ਇਹ ਆਪਣੇ ਧਨ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਵੱਡੇ ਖੋਲ ਨਾਲ ਜੋੜੇ ਦੂਸਰੇ ਚਾਲਕ ਬਰੁਸ਼ ਨੂੰ ਦੇ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਧਨ ਚਾਰਜ ਬਾਹਰੀ ਖੋਲ ਤੇ ਜਾ ਕੇ ਉਸਦੀ ਬਾਹਰ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਫੈਲ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ, ਇਸ ਢੰਗ ਨਾਲ 6 ਜਾਂ 8 ਮਿਲਿਯਨ ਵੋਲਟ ਤੱਕ ਦਾ ਉਚ ਵੋਲਟਤਾ ਦਾ ਅੰਤਰ ਬਣਾਕੇ ਰਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 2.33 ਵੈਨ ਡੀ ਗ੍ਰਾਫ ਜੈਨਰੇਟਰ ਦੀ ਬਣਤਰ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ

ਸਾਰ (SUMMARY)

1. ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਬੱਲ ਇੱਕ ਸੰਰਿਖਤ ਬੱਲ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਬੱਲ (ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਬੱਲ ਦੇ ਸਮਾਨ ਅਤੇ ਉਲਟ) ਵੱਲੋਂ ਚਾਰਜ q ਨੂੰ ਬਿੰਦੂ R ਤੋਂ ਬਿੰਦੂ P ਤੱਕ ਲਿਆਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਾਰਜ $V_P - V_R$, ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜੋ ਕਿ ਅੰਤਿਮ ਬਿੰਦੂ ਅਤੇ ਆਰੰਭਿਕ ਬਿੰਦੂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਉਰਜਾਵਾਂ ਦਾ ਅੰਤਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

2. ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ (ਕਿਸੇ, ਬਾਹਰੀ ਅਜੈਂਸੀ) ਪਰੰਤੂ ਯੂਨਿਟ ਧਨਚਾਰਜ ਤੇ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਉਹ ਕਾਰਜ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਉਸ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਅਨੰਤ ਤੋਂ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਲਿਆਉਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਕਿਸੇ ਜੋੜਾਤਮਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਦੇ ਹੇਠਾਂ ਆਰਬਿਟਰੇਰੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਜੋ ਰਾਸ਼ੀ ਭੌਤਿਕ ਰੂਪ ਤੋਂ ਮਹੱਤਵਪੂਰਣ ਹੈ ਉਹ ਦੋ ਬਿੰਦੂਆਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਹੈ। ਜੇਕਰ ਅਨੰਤ ਤੇ ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਨੂੰ ਸਿਫਰ ਮੰਨੀਏ ਤਾਂ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਰਖੇ ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ Q ਦੇ ਕਾਰਣ ਸਥਿਤੀ ਸਦਿਸ਼ $\mathbf{r}$ ਵਾਲੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ

$$V(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{Q}{r}$$

3. ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਥਿਤ ਬਿੰਦੂ ਡਾਇਪੋਲ ਦੇ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੈਂਟ $\mathbf{p}$ ਦੇ ਕਾਰਣ ਸਦਿਸ਼ $\mathbf{r}$ ਦੇ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ

$$V(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{\mathbf{p}\cdot\hat{\mathbf{r}}}{r^2}$$

ਇਹ ਪਰਿਣਾਮ ਕਿਸੇ ਡਾਇਪੋਲ (ਜਿਸ ਦੇ ਚਾਰਜ $-q$ ਅਤੇ q ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੋਂ $2a$ ਦੂਰੀ ਤੇ ਹੈ)

4. ਸਥਿਤੀ ਸਦਿਸ਼ $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \ldots \mathbf{r}_n$ ਦੇ ਚਾਰਜਾ $q_1, q_2, \ldots q_n$ ਦੇ ਚਾਰਜ ਦਾ ਉਪਰ ਸਥਾਪਣ ਸਿਧਾਂਤ ਨਾਲ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1}{r_{1P}} + \frac{q_2}{r_{2P}} + \ldots + \frac{q_n}{r_{nP}}\right)$$

5. ਸਮ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਇੱਕ ਏਸੀ ਸਤ੍ਹਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਦੇ ਸਾਰੇ ਬਿੰਦੂਆਂ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਮਾਨ ਮਾਨ ਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਚਾਰਜ ਦੇ ਲਈ, ਉਸ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਕੇਂਦਰ ਮੰਨ ਕੇ ਖਿਚੇ ਗਏ ਸਮਕੇਂਦਰੀ ਗੋਲੇ ਸਮਾਨ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਹੁੰਦੇ ਹੈ। ਸਮ-ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ $\mathbf{E}$ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਲੰਬ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। $\mathbf{E}$ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਉਹੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ ਤੇਜੀ ਨਾਲ ਘੱਟਦਾ ਹੈ।

6. ਕਿਸੇ ਚਾਰਜਾ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਵਿੱਚ ਇਕੱਠੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ (ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਬੱਲ ਵੱਲੋਂ) ਚਾਰਜਾ ਨੂੰ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਸਥਿਤਿਆਂ ਤੇ ਲਿਆਕੇ ਇਕੱਠਾ ਕੀਤੇ ਜਾਣ ਵਾਲੇ ਕਾਰਜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਦੋ ਚਾਰਜਾ q_1 ਅਤੇ q_2 ਦੀ $\mathbf{r}_1$ ਅਤੇ $\mathbf{r}_2$ ਤੇ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r_{12}}$$

ਇਥੇ r_{12} ਦੋ ਚਾਰਜਾ q_1 ਅਤੇ q_2 ਦੇ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ ਹੈ।

7. ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ $V(\mathbf{r})$ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜ q ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ $qV(\mathbf{r})$ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਕਸਮਾਨ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ $\mathbf{E}$ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਡਾਈਪੋਲ $\mathbf{p}$ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ $-\mathbf{p}\cdot\mathbf{E}$ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

8. ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ $\mathbf{E}$ ਸਿਫਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ ਚਾਲਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਲਾਗੇ ਬਾਹਰਲੇ ਪਾਸੇ $\mathbf{E}$ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਲੰਬ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$\mathbf{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\hat{\mathbf{n}}$, ਇਥੇ $\hat{\mathbf{n}}$ ਬਾਹਰਲੇ ਪਾਸੇ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਲੰਬ ਯੂਨਿਟ ਸਦਿਸ਼ ਹੈ ਅਤੇ σ ਸਤ੍ਹਾ ਚਾਰਜ ਸੰਘਣਤਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਤੇ ਚਾਰਜ ਉਸ ਦੀ ਸਤਾ ਤੇ ਹੀ ਰਹਿ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਅਤੇ ਉਸ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਹਰ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਥਿਰ ਹੈ। ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਕਿਸੇ ਕੈਵਿਟੀ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

9. ਧਾਰਕ ਦੋ ਏਸੇ ਚਾਲਕਾ ਦਾ ਸਿਸਟਮ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ ਨਾਲ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੋਂ ਅਲੱਗ ਰਹਿੰਦੇ ਹੈ। ਇਸ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ C ਨੂੰ $C = Q/V$ ਨਾਲ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਥੇ Q ਅਤੇ $-Q$ ਇਸਦੇ

ਦੋ ਚਾਲਕਾ ਤੇ ਚਾਰਜ ਅਤੇ V ਇਨ੍ਹਾਂ ਦੋਨਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਹੈ। ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ C ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਾਲ ਚਾਲਕ ਦੀ ਜਿਆਮਿਤੀ ਆਕ੍ਰਿਤੀ, ਅਕਾਰ, ਤੇ ਦੋ ਚਾਲਕਾ ਦੀ ਅਪਸੀ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਧਾਰਕਤਾ ਦੀ ਯੂਨਿਟ ਫੈਰਡ ਹੈ : $1F = 1\ C\ V^{-1}$ ਕਿਸੇ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਧਾਰਕ ਦੇ ਲਈ (ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਖਲਾਅ)

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

10. ਜੇਕਰ ਕਿਸੇ ਧਾਰਕ ਦੀਆਂ ਦੋ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਬਿਜਲਈਰੋਧੀ ਪਦਾਰਥ (ਡਾਈਲੈਕਟ੍ਰਿਕ) ਰੱਖਿਆ ਹੈ, ਤਾਂ ਚਾਰਜ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਕਾਰਣ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਵਿੱਚ ਨੈੱਟ ਡਾਇਪੋਲ ਮੋਮੇਂਟ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸਦੇ ਨਾਲ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਦੇ ਵਿੱਚ ਨੈੱਟ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਅਤੇ ਇਸਲਈ ਪਲੇਟਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਘੱਟ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਧਾਰਕ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ C_1, C_0 (ਜਦਕਿ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਮਾਧਿਅਮ ਨਹੀਂ ਮਤਲਬ ਖਲਾਹ ਹੈ) ਨਾਲ ਵੱਧ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

$C = KC_0$ ਜਿਥੇ K ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ।

11. ਧਾਰਕਾ ਦੇ ਲੜੀ ਬੱਧ ਇਕੱਠ ਦੇ ਲਈ ਕੁਲ ਧਾਰਕਤਾ C ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸੰਬੰਧ ਨਾਲ ਦਰਸ਼ਾਈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots$$

ਸਮਾਂਤਰ ਇਕੱਠ ਦੇ ਲਈ ਕੁੱਲ ਧਾਰਕਤਾ C ਹੁੰਦੀ ਹੈ

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots$$

12. ਚਾਰਜ Q, ਵੋਲਟਤਾ V ਅਤੇ ਧਾਰਕਤਾ C ਦੇ ਕਿਸੇ ਧਾਰਕ ਵਿੱਚ ਇਕੱਠੀ ਊਰਜਾ E ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸੰਬੰਧਾਂ ਨਾਲ ਦਿੱਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

$$U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

ਕਿਸੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸਥਾਨ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਚਾਰਜ ਸੰਘਣਤਾ (ਪ੍ਰਤਿ ਯੂਨਿਟ ਆਇਤਨ ਊਰਜਾ) $(1/2)\varepsilon_0 E^2$ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

13. ਵੈਨ ਡੀ ਗ੍ਰਾਫ ਜੈਨੇਰੇਟਰ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਵਿਸ਼ਾਲ ਗੋਲ ਚਾਲਕ ਖੋਲ (ਕੁਛ ਮੀਟਰ ਵਿਆਸ) ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ ਪਲੇਟ ਅਤੇ ਉਚਿਤ ਬਰੁਸ਼ ਦੀ ਸਹਾਇਤਾ ਨਾਲ ਖੋਲ ਤੇ ਨਿਰੰਤਰ ਚਾਰਜ ਸਥਾਂਨਾਂਤਰਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਕਈ ਮੀਲੀਅਨ ਵੋਲਟ ਕੋਟੀ ਦਾ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਬਣ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿਸਦੀ ਵਰਤੋਂ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ	ਪ੍ਰਤੀਕ	ਵਿਮਾ	[illegible]	[illegible]
ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ (Potential)	ϕ ਜਾਂ V	$[M^1L^2T^{-3}A^{-1}]$	V	ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਭੌਤਿਕ ਨਜਰੀਏ ਤੋਂ ਜਰੂਰੀ ਹੈ
ਧਾਰਕਤਾ	C	$[M^{-1}L^{-2}T^{4}A^{2}]$	F	
ਪੋਲਰਾਇਜੇਸ਼ਨ (Polarisation)	**P**	$[L^{-2}AT]$	$C\ m^{-2}$	ਡਾਈਪੋਲ ਮੋਮੇਂਟ ਪ੍ਰਤੀ ਯੂਨਿਟ ਆਇਤਨ
ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਸਥਿਰਅੰਕ	K	[ਵਿਮਹੀਨ]		

ਵਿਚਾਰਨ ਯੋਗ ਵਿਸ਼ਾ (POINTS TO PONDER)

1. ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਵਿੱਚ ਸਥਿਰ ਚਾਰਜਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਬੱਲ ਦਾ ਅਧਿਅਨ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਪਰ ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ ਤੇ ਬੱਲ ਲੱਗ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾ ਉਹ ਅਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਕਿਵੇਂ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ? ਜਦੋਂ ਦੋ ਚਾਰਜਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਬੱਲ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਚਰਚਾ ਕਰਦੇ ਹਾਂ, ਇਹ ਸਮਝ ਜਾਣਾ ਚਾਹੀਦਾ

ਹੈ ਕੀ ਹਰੇਕ ਚਾਰਜ ਕੁਝ ਨਾ ਜ਼ਰੂਰੀ ਬੱਲਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ, ਜੋ ਉਸ ਚਾਰਜ ਤੇ ਲਗੇ ਨੈੱਟ ਕੁਲਮ ਬੱਲ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦੇ ਹੈ, ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਵਿੱਚ ਅਰਾਮ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਹੈ।

2. ਕੋਈ ਧਾਰਕ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਤਰਤੀਬਵਾਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਉਹ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਨੂੰ ਇਕ ਛੋਟੇ ਖੇਤਰ ਤੱਕ ਸੀਮਿਤ ਕਰੀ ਰੱਖਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਕਾਫੀ ਵੱਡਾ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ ਧਾਰਕ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾਂ ਵਿੱਚ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

3. ਕਿਸੇ ਗੋਲ ਚਾਰਜ ਖੋਲ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਆਰ ਪਾਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਡਿਸਕੰਟੀਨਯੂਸ (discontinous) ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਗੋਲੇ ਦੇ ਅੰਦਰ ਇਹ ਸਿਫਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਬਾਹਰ $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}\hat{\mathbf{n}}$ ਪਰੰਤੂ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਆਰ ਪਾਰ ਕੰਟਿਨਯੂਸ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਇਸ ਦਾ ਮਾਨ $q/4\pi\varepsilon_0 R$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

4. ਕਿਸੇ ਡਾਇਪੋਲ ਤੇ ਲੱਗਾ ਟੋਰਕ $\mathbf{p} \times \mathbf{E}$ ਇਸ ਨੂੰ $\mathbf{E}$. ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵੱਲ ਡੋਲਣ ਕਰਵਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਕੇਵਲ ਉਦੋਂ ਹੀ ਜਦੋਂ ਮੈਕਾਨਿਜ਼ਮ (Mechanism) ਖੇਕਾਰੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਡੋਲਣ ਢਾਪੰਡ (Damped) ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਡਾਇਪੋਲ $\mathbf{E}$ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵੱਲ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

5. ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ q ਦੇ ਕਾਰਣ ਆਪਣੀ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ –ਇਹ ਅਨੰਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

6. ਕਿਸੇ ਚਾਰਜ q ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਵਿਅੰਜਕ $qV(\mathbf{r})$ ਵਿੱਚ, $V(\mathbf{r})$ ਬਾਹਰੀ ਚਾਰਜਾ ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਹੈ ਅਤੇ q ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਜਿਦਾ ਕੀ ਬਿੰਦੂ 5 ਵਿੱਚ ਦੇਖਿਆ ਗਿਆ ਹੈ, ਇਹ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਉਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਜਦੋਂ $V(\mathbf{r})$ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜ q ਦੇ ਕਾਰਣ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਹੋਵੇ।

7. ਕਿਸੇ ਚਾਲਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਕੈਵਿਟੀ ਬਾਹਰੀ ਬਿਜਲੀ ਪ੍ਰਭਾਵ ਤੋਂ ਬਚੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇੱਥੇ ਇਹ ਗੱਲ ਧਿਆਨ ਦੇਣ ਵਾਲੀ ਹੈ ਕਿ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਸ਼ੀਲਡਿੰਗ (sheilding) ਉਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਨਹੀਂ ਰਹਿੰਦੀ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਕੈਵਿਟੀ ਦੇ ਅੰਦਰ ਚਾਰਜ ਰੱਖ ਦਿੰਦੇ ਹਾਂ, ਉਦੋਂ ਤਾ ਚਾਲਕ ਦਾ ਬਾਹਰੀ ਭਾਗ ਅੰਦਰ ਦੇ ਚਾਰਜਾ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਨਹੀਂ ਰਹਿੰਦਾ।

ਅਭਿਆਸ (EXERCISES)

2.1 5×10^{-8} C ਅਤੇ -3×10^{-8} C ਦੇ ਦੋ ਚਾਰਜ 16 cm ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਹੈ। ਦੋਨਾਂ ਚਾਰਜਾ ਨੂੰ ਮਿਲਾਉਣ ਵਾਲੀ ਰੇਖਾ ਦੇ ਕਿਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਿਫਰ ਹੋਵੇਗਾ? (ਅਨੰਤ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਿਫਰ ਲਵੋ)

2.2 10ਸਮ ਭੁਜਾ ਵਾਲੇ ਇੱਕ ਸਮ ਛੇ ਭੁਜ ਦੇ ਹਰੇਕ ਸਿਖਰ ਤੇ 5 μC ਦੇ ਚਾਰਜ ਹੈ। ਛੇ ਭੁਜ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ।

2.3 6 cm ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਦੋ ਬਿੰਦੂਆਂ A ਅਤੇ B ਤੇ ਦੋ ਚਾਰਜ 2 μC ਅਤੇ –2 μC ਰੱਖੇ ਹੈ।

(a) ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਸਮਾਨ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਦੀ ਪਹਿਚਾਣ ਕਰੋ।

(b) ਇਸ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਹਰੇਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਕੀ ਹੈ?

2.4 12 cm ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵਾਲੇ ਇੱਕ ਗੋਲ ਚਾਲਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ 1.6×10^{-7} C ਦਾ ਚਾਰਜ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵੰਡਿਆ ਹੈ।

(a) ਗੋਲੇ ਦੇ ਅੰਦਰ

(b) ਗੋਲੇ ਦੇ ਠੀਕ ਬਾਹਰ

(c) ਗੋਲੇ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੋਂ 18 cm ਤੇ ਰੱਖੇ, ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਕੀ ਹੋਵੇਗਾ?

2.5 ਇੱਕ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਧਾਰਕ, ਜਿਸ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਹਵਾ ਹੈ, ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ 8 pF ($1\text{pF} = 10^{-12}$ F) ਹੈ। ਜੇਕਰ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਦੀ ਦੂਰੀ ਨੂੰ ਅੱਧਾ ਕਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾਏ ਅਤੇ ਇਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ 6 ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਦਾ ਇੱਕ ਪਦਾਰਥ ਭਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾ ਇਸ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ ਕੀ ਹੋਵੇਗੀ?

2.6 9 pF ਧਾਰਕਤਾ ਵਾਲੇ ਤਿੰਨ ਧਾਰਕਾਂ ਨੂੰ ਲੜੀਵਾਰ ਜੋੜਿਆ ਗਿਆ ਹੈ।

(a) ਇਕੱਠ ਦੀ ਕੁੱਲ ਧਾਰਕਤਾ ਕੀ ਹੈ?

(b) ਜੇਕਰ ਇਕੱਠ ਨੂੰ 120 V ਦੀ ਸਪਲਾਈ ਨਾਲ ਜੋੜ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਹਰੇਕ ਧਾਰਕ ਦਾ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਕੀ ਹੋਵੇਗਾ?

2.7 2 pF, 3 pF ਅਤੇ 4 pF ਧਾਰਕਤਾ ਵਾਲੇ ਤਿੰਨ ਧਾਰਕ ਸਮਾਂਤਰ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਜੋੜੇ ਗਏ ਹੈ।

(a) ਇਨਾ ਦੀ ਕੁੱਲ ਧਾਰਕਤਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

(b) ਜੇਕਰ ਇੰਨਾ ਨੂੰ 100 V ਦੀ ਸਪਲਾਈ ਨਾਲ ਜੋੜ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਹਰੇਕ ਧਾਰਕ ਦਾ ਚਾਰਜ ਪਤਾ ਕਰੋ।

2.8 ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਹਵਾ ਵਾਲੇ ਇੱਕ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਧਾਰਕ ਦੀ ਹਰੇਕ ਪਲੇਟ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ 6×10^{-3} m^2 ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ 3 mm ਹੈ। ਧਾਰਕ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ। ਜੇਕਰ ਇਸ ਧਾਰਕ ਨੂੰ 100 V ਦੀ ਸਪਲਾਈ ਨਾਲ ਜੋੜ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਧਾਰਕ ਦੀ ਹਰੇਕ ਪਲੇਟ ਤੇ ਕਿੰਨਾ ਚਾਰਜ ਹੋਵੇਗਾ?

2.9 ਅਭਿਆਸ 2.8 ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਧਾਰਕ ਦੀਆਂ ਪਲੇਟਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਜੇਕਰ 3 mm ਮੋਟੀ ਮਾਈਕਾ (mica) ਦੀ ਸ਼ੀਟ (ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ = 6) ਰੱਖ ਦਿੱਤੀ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਸਪਸ਼ਟ ਕਰੋ ਕਿ ਕੀ ਹੋਵੇਗਾ ਜਦੋਂ।

(a) ਵੋਲਟੇਜ ਸਪਲਾਈ ਜੁੜੀ ਹੀ ਰਹੇਗੀ।

(b) ਸਪਲਾਈ ਹਟਾ ਲਈ ਜਾਵੇਗੀ।

2.10 12pF ਦਾ ਇੱਕ ਧਾਰਕ 50V ਦੀ ਬੈਟਰੀ ਨਾਲ ਜੁੜਿਆ ਹੈ। ਧਾਰਕ ਵਿੱਚ ਕਿੰਨੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਊਰਜਾ ਇਕੱਠੀ ਹੋਵੇਗੀ?

2.11 200 ਵੋਲਟ ਸਪਲਾਈ ਨਾਲ ਇੱਕ 600pF ਦਾ ਧਾਰਕ ਚਾਰਜ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਫਿਰ ਇਸ ਨੂੰ ਸਪਲਾਈ ਤੋਂ ਹਟਾ ਕੇ ਇੱਕ ਹੋਰ 600 pF ਵਾਲੇ ਚਾਰਜ ਧਾਰਕ ਨਾਲ ਜੋੜ ਦਿੰਦੇ ਹੈ। ਇਸ ਕੰਮ ਵਿੱਚ ਕਿੰਨੀ ਊਰਜਾ ਦੀ ਹਾਨੀ ਹੋਵੇਗੀ?

ਹੋਰ ਅਭਿਆਸ (ADDITIONAL EXERCISES)

2.12 ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਇੱਕ 8 mC ਦਾ ਚਾਰਜ ਰੱਖਿਆ ਹੈ। 2×10^{-9} C ਦੇ ਇੱਕ ਛੋਟੇ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਬਿੰਦੂ P (0, 0, 3 cm) ਤੋਂ ਬਿੰਦੂ R (0, 6 cm, 9 cm) ਤੋਂ ਹੋਕੇ, ਬਿੰਦੂ Q (0, 4 cm, 0) ਤੱਕ ਲੈ ਕੇ ਜਾਣ ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਕਾਰਜ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ।

2.13 b ਭੁਜਾ ਵਾਲੇ ਇੱਕ ਘਣ ਦੀ ਹਰੇਕ ਸਿਖਰ ਤੇ q ਚਾਰਜ ਹੈ। ਇਸ ਚਾਰਜ ਤਰਤੀਬ ਦੇ ਕਾਰਣ ਘਣ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਪਤਾ ਕਰੋ।

2.14 1.5 μC ਅਤੇ 2.5 μC ਚਾਰਜ ਵਾਲੇ ਦੋ ਛੋਟੇ ਗੋਲੇ 30 cm ਦੂਰ ਹਨ।

(a) ਦੋਨਾਂ ਚਾਰਜਾ ਨੂੰ ਮਿਲਾਣ ਵਾਲੀ ਰੇਖਾ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਅਤੇ

(b) ਕੇਂਦਰ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਹੋ ਕੇ ਜਾਣ ਵਾਲੀ ਰੇਖਾ ਦੇ ਲੰਬ ਤੱਲ ਵਿੱਚ 10 cm ਦੂਰ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਪੱਤਾ ਕਰੋ।

2.15 ਅੰਦਰੂਨੀ ਅਰਧ ਵਿਆਸ r_1 ਅਤੇ ਬਾਹਰੀ ਅਰਧ ਵਿਆਸ r_2 ਵਾਲੇ ਇੱਕ ਗੋਲ ਚਾਲਕ ਖੋਲ ਤੇ Q ਚਾਰਜ ਹੈ।

(a) ਖੋਲ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਇੱਕ ਚਾਰਜ q ਰਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਖੋਲ ਦੀ ਅੰਦਰੂਨੀ ਅਤੇ ਬਾਹਰੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਸਤ੍ਹਾ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ ਕੀ ਹੈ?

(b) ਕਿ ਕਿਸੇ ਕੇਵਿਟੀ (ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੈ) ਦੇ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਸਿਫਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਚਾਹੇ ਖੋਲ ਗੋਲ ਨਾ ਹੋਕਰ ਕਿਸੇ ਵੀ ਅਨਿਯਮਿਤ ਅਕਾਰ ਦਾ ਹੋਵੇ? ਸਪਸ਼ਟ ਕਰੋ।

2.16 (a) ਦਰਸਾਓ ਕੀ ਚਾਰਜ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਇਕ ਪਾਸੇ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਪਾਸੇ ਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਲੰਬ ਘੱਟਕ ਡਿਸਕੰਟੀਨੁਯਸ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$(\mathbf{E}_2 - \mathbf{E}_1) \cdot \hat{\mathbf{n}} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

ਨਾਲ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਿਥੇ $\mathbf{n}$ ਇੱਕ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਲੰਬ ਇਕ ਯੂਨਿਟ ਸਦਿਸ਼ ਹੈ ਅਤੇ σ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਤ੍ਹਾ ਆਵੇਸ਼ ਘਣਤਾ ਹੈ, ($\hat{\mathbf{n}}$ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਪਾਸੇ 1 ਤੋਂ ਦੂਜੇ ਪਾਸੇ ਦੇ ਵੱਲ ਹੈ।

(b) ਦਰਸਾਓ ਕਿ ਚਾਰਜ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਇੱਕ ਪਾਸੇ ਤੋਂ ਦੂਜੇ ਪਾਸੇ ਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਸਪਰਸ਼ ਘਟਕ ਕੰਟਿਨਿਊਸ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

2.17 ਰੇਖੀ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ λ ਵਾਲਾ ਇੱਕ ਲੰਬਾ ਚਾਰਜ ਬੇਲਨ ਇੱਕ ਖੋਖਲੇ ਕੋ-ਐਕਸ਼ੀਅਲ (axial) ਚਾਰਜ ਬੇਲਨ ਵੱਲੋਂ ਘਿਰਿਆ ਹੈ। ਦੋਨਾਂ ਬੇਲਨਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਦੇ ਸਥਾਨ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਕਿੰਨਾ ਹੈ?

2.18 ਇੱਕ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ 0.53 Å ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ ਬਾਊਂਡ (Bound) ਹਨ।

(a) ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੀ eV ਵਿੱਚ ਗਣਨਾ ਕਰੋ। ਜਦੋਂ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਤੋਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੋਂ ਅਨੰਤ ਦੂਰੀ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਸਿਫਰ ਮੰਨਿਆ ਹੋਵੇ।

(b) ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਸੁਤੰਤਰ ਕਰਨ ਲਈ ਕਿੰਨਾ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਕਾਰਜ ਕਰਨਾ ਪਵੇਗਾ, ਜੇਕਰ ਇਹ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ ਤਾਂ ਇਸ ਦੇ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ (a) ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਾਪਤ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੀ ਅੱਧੀ ਹੈ।

(c) ਜੇਕਰ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਨੂੰ 1.06 Å ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਿਫਰ ਲੈ ਲਿਆ ਜਾਵੇ ਤਾਂ, ਉੱਤੇ ਦਿੱਤੇ (a) ਅਤੇ (b) ਦੇ ਉਤਰ ਕੀ ਹੋਣਗੇ।

2.19 ਜੇਕਰ H_2 ਅਣੂ ਦੇ ਵਿੱਚੋਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਹਟਾ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਆਣਵਿਕ ਆਯਨ (H_2^+) ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਾਂਗੇ। (H_2^+) ਦੀ ਗਰਾਊਂਡ (Ground) ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦੇ ਵਿੱਚਲੀ ਦੂਰੀ ਲਗਭਗ 1.5 Å ਹੈ ਅਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਹਰੇਕ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਤੋਂ 1 Å ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ ਹੈ। ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਪਤਾ ਕਰੋ। ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰੋ। ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੀ ਸਿਫ਼ਰ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਦੀ ਚੋਣ ਦਾ ਜ਼ਿਕਰ ਕਰੋ।

2.20 a ਅਤੇ b ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵਾਲੇ ਦੋ ਚਾਰਜ ਚਾਲਕ ਗੋਲੇ ਇੱਕ ਤਾਰ ਨਾਲ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨਾਲ ਜੋੜੇ ਗਏ ਹੈ। ਦੋਨਾਂ ਗੋਲਿਆਂ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਕੀ ਅਨੁਪਾਤ ਹੈ? ਪ੍ਰਾਪਤ ਨਤੀਜੇ ਨੂੰ ਇਹ ਸਮਝਾਉਣ ਵਿੱਚ ਇਸਤੇਮਾਲ ਕਰੋ ਕਿ ਕਿਸੇ ਇੱਕ ਚਾਲਕ ਦੇ ਤਿੱਖੇ ਅਤੇ ਨੋਕਿਲੇ ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਚਪਟੇ ਭਾਗਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਜ਼ਿਆਦਾ ਕਿਉਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

2.21 ਬਿੰਦੂ $(0, 0, -a)$ ਅਤੇ $(0, 0, a)$ ਤੇ ਦੋ ਚਾਰਜ $-q$ ਅਤੇ $+q$ ਸਥਿਰ ਹੈ।

(a) ਬਿੰਦੂਆਂ $(0, 0, z)$ ਅਤੇ $(x, y, 0)$ ਤੇ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਕੀ ਹੈ?

(b) ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਦੀ ਦੂਰੀ r ਤੇ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ ਦੀ ਨਿਰਭਰਤਾ ਪਤਾ ਕਰੋ ਜਦ ਕਿ $r/a >> 1$ ਹੈ।

(c) x-ਧੁਰੇ ਤੇ ਬਿੰਦੂ $(5,0,0)$ ਤੋਂ ਬਿੰਦੂ $(-7,0,0)$ ਤੱਕ ਇੱਕ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਲੈ ਕੇ ਜਾਨ ਵਿੱਚ ਕਿੰਨਾ ਕਾਰਜ ਕਰਨਾ ਹੋਵੇਗਾ? ਜੇਕਰ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ ਨੂੰ ਉਨ੍ਹਾਂ ਬਿੰਦੂਆਂ ਦੇ ਵਿੱਚ x-ਧੁਰੇ ਤੋਂ ਹੋ ਕੇ ਨਾਂ ਲੈ ਕੇ ਜਾਈਏ ਤਾਂ ਕੀ ਉੱਤਰ ਬਦਲ ਜਾਵੇਗਾ।

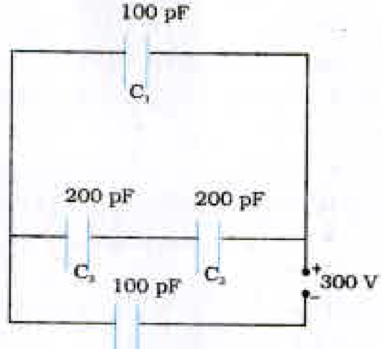
2.22 ਹੇਠਾਂ ਦਿੱਤੇ ਚਿੱਤਰ 2.34 ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਚਾਰਜ ਸਿਸਟਮ ਜਿਸ ਨੂੰ ਬਿਜਲੀ ਕੁਆਡਰੋਪੋਲ *(quadrupole)* ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਦਰਸ਼ਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਕੁਆਡਰੋਪੋਲ ਦੇ ਧੁਰੇ ਤੇ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਦੇ ਲਈ r ਤੇ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਦੀ ਨਿਰਭਰਤਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰੋ ਜਿਥੇ $r/a >> 1$ ਆਪਣੇ ਪਰਿਣਾਮ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਇੱਕ ਬਿਜਲੀ ਡਾਇਪੋਲ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਮੋਨੋਪੋਲ (monopole) ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਾਪਤ ਪਰਿਣਾਮਾ ਨਾਲ ਕਰੋ।

ਚਿੱਤਰ 2.34

2.23 ਇੱਕ ਬਿਜਲੀ ਟੈਕਨੀਸ਼ਿਅਨ ਨੂੰ 1 kV ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਦੇ ਸਰਕਟ ਵਿੱਚ 2 μF ਧਾਰਕ ਦੀ ਜ਼ਰੂਰਤ ਹੈ। 1 μF ਦੇ ਧਾਰਕ ਉਸ ਨੂੰ ਵੱਡੀ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ਮਿਲਦੇ ਹਨ ਜੋ 400 V ਤੋਂ ਅਧਿਕ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਅੰਤਰ ਸਹਿਨ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਦੇ। ਕੋਈ ਸੰਭਵ ਤਰਤੀਬ ਸਮਝਾਓ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਧਾਰਕਾਂ ਦੀ ਜ਼ਰੂਰਤ ਹੋਵੇ।

2.24 2 F ਵਾਲੇ ਇੱਕ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਧਾਰਕ ਦੀ ਪਲੇਟਾਂ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ ਕੀ ਹੈ। ਜਦਕਿ ਪਲੇਟਾਂ ਦੀ ਦੂਰੀ 0.5 cm ਹੈ। [ਆਪਣੇ ਉੱਤਰ ਤੋਂ ਅਸੀਂ ਇਹ ਸਮਝ ਜਾਵਾਂਗੇ ਕਿ ਆਮਤੌਰ ਤੇ ਧਾਰਕ μF ਜਾਂ ਘੱਟ ਮਾਨ ਦੇ ਕਿਉਂ ਹੁੰਦੇ ਹੈ? ਫੇਰ ਵੀ, ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਲਾਇਟ (Electrolytic) ਧਾਰਕਾਂ ਦੀ ਕਿੱਤੇ ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। (0.1 F) ਕਿਉਂਕਿ ਚਾਲਕਾਂ ਦੀ ਵਿੱਚਲੀ ਦੂਰੀ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

2.25 ਚਿੱਤਰ 2.35 ਦੇ ਨੈਟਵਰਕ (ਜਾਲ) ਦੀ ਕੁੱਲ ਧਾਰਕਤਾ ਪਤਾ ਕਰੋ। 300 V ਸਪਲਾਈ ਦੇ ਨਾਲ ਹਰੇਕ ਧਾਰਕ ਦਾ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਉਸ ਦੀ ਵੋਲਟਤਾ ਪੱਤਾ ਕਰੋ।



ਚਿੱਤਰ 2.35

2.26 ਕਿਸੇ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਧਾਰਕ ਦੀ ਹਰੇਕ ਪਲੇਟ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ 90 cm^2 ਹੈ ਅਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ 2.5 mm ਹੈ। 400 V ਸਪਲਾਈ ਨਾਲ ਧਾਰਕ ਨੂੰ ਚਾਰਜ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ।

(a) ਧਾਰਕ ਕਿੰਨੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਊਰਜਾ ਇਕੱਠੀ ਕਰਦਾ ਹੈ।

(b) ਇਸ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਇਕੱਠੀ ਸਮਝ ਕੇ ਪ੍ਰਤਿ ਯੂਨਿਟ ਆਇਤਨ ਊਰਜਾ u ਪਤਾ ਕਰੋ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ E ਦੇ ਪਰਿਣਾਮ ਅਤੇ u ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ ਪਤਾ ਕਰੋ।

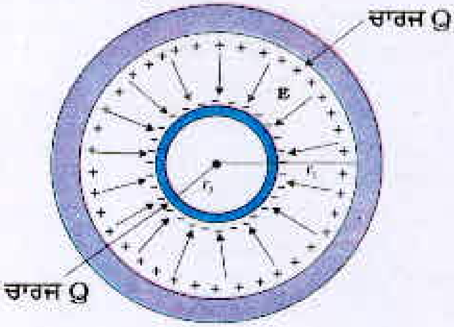
2.27 ਇੱਕ 4 μF ਦੇ ਧਾਰਕ ਨੂੰ 200 V ਸਪਲਾਈ ਨਾਲ ਚਾਰਜ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਫਿਰ ਸਪਲਾਈ ਹਟਾ ਕੇ ਇਸ ਨੂੰ ਇੱਕ ਹੋਰ ਚਾਰਜ 2 μF ਦੇ ਧਾਰਕ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਪਹਿਲੇ ਧਾਰਕ ਦੀ ਕਿੰਨੀ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਊਰਜਾ ਦੀ ਗਰਮੀ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਹਾਨੀ ਹੋਵੇਗੀ।

2.28 ਦਰਸਾਓ ਕਿ ਇੱਕ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਧਾਰਕ ਦੀ ਹਰੇਕ ਪਲੇਟ ਤੇ ਬੱਲ ਦਾ ਪਰਿਣਾਮ (½) QE ਹੈ ਜਿਥੇ Q ਧਾਰਕ ਦਾ ਚਾਰਜ ਹੈ ਅਤੇ E ਪਲੇਟਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਹੈ। ਘੱਟਕ ½ ਦੇ ਮੂਲ ਨੂੰ ਸਮਝਾਓ।

2.29 ਜੋ ਸਮਕੇਂਦਰੀ ਗੋਲ ਚਾਲਕ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਸਹੀ ਬਿਜਲੀ ਰੋਧੀ ਸਹਾਰੇ ਨਾਲ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਰੱਖਿਆ ਗਿਆ ਹੈ ਦੇ ਨਾਲ ਮਿਲਕੇ ਇੱਕ ਗੋਲਾ ਧਾਰਕ ਬਣਿਆ ਹੈ। (ਚਿੱਤਰ 2.36) ਵਿੱਚ ਦਰਸ਼ਾਏ ਗਏ ਗੋਲ ਧਾਰਕ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ C ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਿੱਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

$$C = \frac{4\pi\varepsilon_0 \, r_1 r_2}{r_1 - r_2}$$

ਇਥੇ r_1 ਅਤੇ r_2 ਬਾਹਰੀ ਅਤੇ ਅੰਦਰੂਨੀ ਗੋਲਿਆਂ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 2.36

2.30 ਇੱਕ ਗੋਲ ਧਾਰਕ ਦੇ ਅੰਦਰੂਨੀ ਗੋਲੇ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ 12 cm ਅਤੇ ਬਾਹਰੀ ਗੋਲੇ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ 13 cm ਹੈ। ਬਾਹਰੀ ਗੋਲੇ ਦੀ ਅਰਥਿੰਗ (Earthing) ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ ਅਤੇ ਅੰਦਰੂਨੀ ਗੋਲੇ ਤੇ 2.5 μF ਦਾ ਚਾਰਜ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਸਮਕੇਂਦਰੀ ਗੋਲਿਆਂ ਦੇ ਵਿੱਚ 32 ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਸਥਿਰਅੰਕ ਦਾ ਪਦਾਰਥ ਭਰਿਆ ਹੈ।

(a) ਧਾਰਕ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ ਪੱਤਾ ਕਰੋ।

(b) ਅੰਦਰੂਨੀ ਗੋਲੇ ਦਾ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਕੀ ਹੈ?

(c) ਇਸ ਧਾਰਕ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਇੱਕ 12 cm ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵਾਲੇ ਆਇਸੋਲੇਟਿਡ (Isolated) ਗੋਲੇ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ ਨਾਲ ਕਰੋ ਦੱਸੋ ਕੀ ਗੋਲੇ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ ਇੰਨੀ ਘੱਟ ਕਿਉਂ ਹੈ।

2.31 ਸਾਵਧਾਨੀ ਪੂਰਵਕ ਉੱਤਰ ਦੋ :

(a) ਦੋ ਵੱਡੇ ਚਾਲਕ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਤੇ ਚਾਰਜ Q_1 ਅਤੇ Q_2 ਹੈ, ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਕੋਲ ਲੈ ਕੇ ਆਏ ਜਾਂਦੇ ਹੈ ਕਿ ਇਨਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਬੱਲ ਦਾ ਪਰਿਣਾਮ $Q_1 Q_2/4\pi\varepsilon_0 r^2$ ਨਾਲ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਇਥੇ r ਇਨ੍ਹਾਂ ਕੇਂਦਰਾਂ ਦੇ ਬਿਜਲੀ ਦੂਰੀ ਹੈ।

(b) ਜੇਕਰ ਕੂਲਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਵਿੱਚ $1/r^3$ ਦੀ ਨਿਰਭਰਤਾ ਹੋਵੇ ($1/r^2$ ਦੀ ਥਾਂ) ਤਾਂ ਕੀ ਗੋਸ ਦਾ ਨਿਯਮ ਹਾਲੇ ਵੀ ਸੱਚ ਹੋਵੇਗਾ।

(c) ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਤਰਤੀਬ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਛੋਟਾ ਟੈਸਟ ਚਾਰਜ ਕਿਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਸਥਿਰ ਛੱਡਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਿ ਇਹ ਉਸ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਹੋ ਕੇ ਜਾਣ ਵਾਲੀ ਰੇਖਾ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਚਲੇਗਾ?

(d) ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵੱਲੋਂ ਇੱਕ ਗੋਲ ਪੱਧ ਪੂਰਾ ਕਰਣ ਵਿੱਚ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਖੇਤਰ ਵੱਲੋ ਕਿੰਨਾ ਕਾਰਜ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ? ਜੇਕਰ ਪੱਥ ਦੀਰਘ ਗੋਲਾਕਾਰ ਹੋਵੇਗਾ ਤਾਂ ਕਿੰਨਾ ਕਾਰਜ ਹੋਵੇਗਾ।

(e) ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਇਕ ਗੋਲ ਚਾਲਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਆਰ ਪਾਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਡਿਸਕੰਟਿਨਿਉਸ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕੀ ਉਥੇ ਬਿਜਲੀ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਵੀ ਡਿਸਕੰਟਿਨੀਉਸ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

(f) ਕਿਸੇ ਯੂਨਿਟ ਚਾਲਕ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ ਤੋਂ ਤੁਹਾਡਾ ਕੀ ਮਤਲਬ ਹੈ?

(g) ਇੱਕ ਸੰਭਾਵਿਤ ਉਤਰ ਦੀ ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ ਕਿ ਪਾਨੀ ਦਾ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ (= 80), ਮਾਇਕੇ (mica) ਦਾ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ (= 6) ਤੋਂ ਵੱਧ ਕਿਉਂ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ?

2.32 ਇੱਕ ਬੇਲਨਾਕਾਰ ਧਾਰਕ ਵਿੱਚ 15 cm ਲੰਬਾਈ ਅਤੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ 1.5 cm ਅਤੇ 1.4 cm ਦੇ ਕੋ-ਏਕਸੀਅਲ (Co-axial) ਬੇਲਣ ਹੈ। ਬਾਹਰੀ ਬੇਲਣ ਦੀ ਅਰਥਿੰਗ ਹੈ ਅਤੇ ਅੰਦਰੂਨੀ ਬੇਲਣ ਨੂੰ 3.5 μC ਦਾ ਚਾਰਜ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਧਾਰਕਤਾ ਅਤੇ ਅੰਦਰੂਨੀ ਬੇਲਣ ਦਾ ਪੋਟੈਂਸ਼ਲ ਪਤਾ ਕਰੋ। (ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ ਖੇਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੇ ਮੁੜਨ) ਨੂੰ ਨਾਮਮਾਤਰ (Neglect) ਮੰਨ ਸਕਦੇ ਹੋ।

2.33 3 ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਅਤੇ 10^7 Vm^{-1} ਦੀ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਤੀਬਰਤਾ (Strength) ਵਾਲੇ ਇੱਕ ਪਦਾਰਥ ਤੋਂ 1 kV ਵੋਲਟਤਾ ਰੇਟਿੰਗ (Rating) ਇਕ ਸਮਾਂਤਰ ਪਲੇਟ ਧਾਰਕ ਦੀ ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ। [ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਤੀਬਰਤਾ ਉਹ ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਕੋਈ ਪਦਾਰਥ ਬਿਨਾ ਬਰੇਕਡਾਉਨ (Breakdown) ਹੋਵੇ ਸਹਿ ਸਕਦਾ ਹੈ] ਸੁਰੱਖਿਆ ਦੇ ਨਜਰੀਏ ਤੋਂ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਵੀ ਡਾਈਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਤੀਬਰਤਾ 10% ਤੋਂ ਵੱਧ ਨਹੀਂ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ। 50 pF ਧਾਰਕਤਾ ਦੇ ਲਈ ਪਲੇਟਾਂ ਦਾ ਕਿਨ੍ਹਾਂ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਖੇਤਰਫਲ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ?

2.34 ਸਕਿਮੈਟੀਕਲੀ (Schematically) ਹੇਠ ਲਿਖਿਆਂ ਵਿੱਚ ਸੰਗਤ ਸਮਪੋਟੈਂਸ਼ਲ ਸਤ੍ਹਾ ਦਾ ਬਖਾਣ ਕਰੋ।

(a) z-ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ।

(b) ਇੱਕ ਖੇਤਰ ਜੋ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵੱਧ ਦਾ ਹੈ। ਪਰ ਇਕ ਹੀ ਦਿਸ਼ਾ (ਮਨ ਲੋ z-ਦਿਸ਼ਾ) ਵਿੱਚ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ।

(c) ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਕੋਈ ਯੂਨਿਟ ਧਨ ਆਵੇਸ਼ ਅਤੇ

(d) ਇੱਕ ਸਮਤਲ ਵਿੱਚ ਸਮਾਨ ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਮਾਂਤਰ ਲੰਬ ਚਾਰਜ ਤਾਰਾ ਤੋਂ ਬਣਿਆ ਇਕ ਸਮਾਨ ਜਾਲ।

2.35 ਕਿਸੇ ਵੈਨ ਡੀ ਗ੍ਰਾਫ ਦੇ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੇ ਜੈਨਰੇਟਰ ਵਿੱਚ ਇਕ ਗੋਲ ਧਾਤੂ ਖੋਲ 15×10^6 V ਦਾ ਇਕ ਇਲੈਕਟਰੋਡ (Electrode) ਬਣਾਉਨਾ ਹੈ। ਇਲੈਕਟਰੋਡ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਦੀ ਗੈਸ ਦਾ ਡਾਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਤੀਬਰਤਾ 5×10^7 Vm^{-1} ਹੈ। ਗੋਲ ਖੋਲ ਦਾ ਜ਼ਰੂਰੀ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਕੀ ਹੈ। (ਇਸ ਅਭਿਆਸ ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਇਹ ਪੱਤਾ ਹੋਵੇਗਾ ਕਿ ਇੱਕ ਛੋਟੇ ਗੋਲ ਖੋਲ ਤੋਂ ਅਸੀਂ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਜੈਨਰੇਟਰ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਵੱਧ ਪੁਟੈਂਸ਼ਲ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ ਘੱਟ ਚਾਰਜ ਦੀ ਜ਼ਰੂਰਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਨਹੀਂ ਬਣਾ ਸਕਦੇ।)

2.36 r_1 ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਅਤੇ q_1 ਚਾਰਜ ਵਾਲਾ ਇੱਕ ਛੋਟਾ ਗੋਲਾ, r_2 ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਅਤੇ q_2 ਚਾਰਜ ਦੇ ਗੋਲ ਖੋਲ ਤੋਂ ਘਿਰਿਆ ਹੈ। ਦਰਸਾਉ ਜੇਕਰ ਧਨਾਤਮਕ ਹੈ ਤਾਂ (ਜਦੋਂ ਦੋਨਾਂ ਨੂੰ ਇਕ ਤਾਰ ਨਾਲ ਜੋੜ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ) ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ ਕਿ ਚਾਰਜ ਗੋਲੇ ਤੋਂ ਖੋਲ ਵੱਲ ਹੀ ਵਹਿੰਦਾ ਹੋਵੇਗਾ, ਚਾਹੇ ਖੋਲ ਤੇ ਚਾਰਜ q ਕੁਝ ਵੀ ਹੋਵੇ।

2.37 ਹੇਠ ਲਿਖਿਆਂ ਦੇ ਉੱਤਰ ਦੇ।

(a) ਧਰਤੀ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੋਂ ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਦੀ ਉਪਰੀ ਪਰਤ ਲਗਭਗ 400 kV ਤੇ ਹੈ। ਜਿਸ ਦਾ ਸੰਗਤ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਉਚਾਈ ਵੱਧਣ ਨਾਲ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਧਰਤੀ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਕਰੀਬ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਲਗਭਗ 100 Vm^{-1} ਹੈ। ਤਾਂ ਫੇਰ ਜਦੋਂ ਅਸੀਂ ਘਰ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਖੁੱਲੇ ਵਿੱਚ ਜਾਂਦੇ ਹਾਂ, ਤਾਂ ਸਾਨੂੰ ਬਿਜਲੀ ਦਾ ਝੱਟਕਾ ਕਿਉਂ ਨਹੀਂ ਲੱਗਦਾ? (ਘਰ ਨੂੰ ਲੋਹੇ ਦਾ ਪਿੰਜਰਾ ਮੰਨ ਲਉ, ਅਤੇ ਇਸ ਦੇ ਅੰਦਰ ਕੋਈ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਨਹੀਂ ਹੈ)

(b) ਇੱਕ ਇਨਸਾਨ ਸ਼ਾਮ ਦੇ ਸਮੇਂ ਘਰ ਦੇ ਬਾਹਰ 2m ਉੱਚੇ ਇੰਸੂਲੇਟਿੰਗ (Insulating) ਸਲੈਬ ਤੇ ਖੜਾ ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਸਿਖਰ ਤੇ $1m^2$ ਖੇਤਰਫਲ ਦੀ ਇੱਕ ਵੱਡੀ ਏਲੂਮਿਨਿਅਮ (aluminium) ਦੀ ਚਾਦਰ ਹੈ। ਅਗਲੀ ਸਵੇਰ ਉਹ ਜੇਕਰ ਧਾਤੂ ਦੀ ਚਾਦਰ ਨੂੰ ਛੋਹਦਾਂ ਹੈ ਤਾਂ ਕੀ ਉਸਨੂੰ ਬਿਜਲੀ ਦਾ ਝਟਕਾ ਲਗੇਗਾ?

(c) ਹਵਾ ਦੀ ਥੋੜੀ ਜਿਹੀ ਚਾਲਕਤਾ ਦੇ ਕਾਰਨ ਸਾਰੇ ਸੰਸਾਰ ਵਿੱਚ ਔਸਤਨ ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਡਿਸਚਾਰਜਿੰਗ (Discharging) ਧਾਰਾ (ਕਰੰਟ) 1800 A ਮੰਨੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਫੇਰ ਉਸ ਸਮੇਂ ਵਾਤਾਵਰਣ ਆਪ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਾਲ ਨਿਰਪਖ ਹੋ ਕੇ ਨਿਉਟ੍ਰਲ (Neutral) ਕਿਉ ਨਹੀਂ ਹੋ ਜਾਂਦੀ। ਦੂਸਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਵਾਤਾਵਰਣ ਨੂੰ ਕੌਨ ਚਾਰਜ ਰੱਖਦਾ ਹੈ?

(d) ਬਿਜਲੀ ਡਿਗਣ ਦੇ ਵੇਲੇ ਵਾਤਾਵਰਣ ਦੀ ਬਿਜਲੀ ਉਰਜਾ, ਉਰਜਾ ਦੇ ਕਿਨ੍ਹਾਂ ਰੂਪਾਂ ਵਿੱਚ ਖੇ ਹੋਂਦੀ ਹੈ?

(ਸੰਕੇਤ : ਸਤ੍ਹਾ ਚਾਰਜ ਘਣਤਾ = 10^{-9} C m^{-2} ਦੇ ਵਾਂਗੂੰ ਧਰਤੀ ਦੀ (ਸਤ੍ਹਾ) ਤੇ ਹੇਠਾਂ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਲਗਭਗ 100 Vm^1 ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਖੇਤਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਲਗਭਗ 50 km ਉਚਾਈ ਤੱਕ (ਜਿਸ ਦੇ ਬਾਹਰ ਇਹ ਚੰਗਾ ਚਾਲਕ ਹੈ) ਵਾਤਾਵਰਣ ਦੀ ਥੋੜੀ ਜਿਹੀ ਚਾਲਕਤਾ ਦੇ ਕਾਰਣ ਲਗਭਗ + 1800 C ਦਾ ਚਾਰਜ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕੰਡ ਧਰਤੀ ਤੋਂ ਪੰਪ ਹੁੰਦਾ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਫੇਰ ਵੀ ਧਰਤੀ ਚਾਰਜ ਵਹੀਨ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ, ਕਿਉਂਕਿ ਸੰਸਾਰ ਵਿੱਚ ਹਰ ਸਮੇਂ ਲਗਾਤਾਰ ਤੂਫਾਨ (Thunderstorm) ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਡਿਗਣ ਦਾ ਕੰਮ ਹੁੰਦਾ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਸਮਾਨ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ਰਿਣ ਚਾਰਜ ਧਰਤੀ ਚ ਪੰਪ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ)