ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨ

(ਗਿਆਰ੍ਹਵੀਂ ਸ਼੍ਰੇਣੀ ਲਈ)

ਭਾਗ - I

ਪੰਜਾਬ ਸਕੂਲ ਸਿੱਖਿਆ ਬੋਰਡ
ਸਾਹਿਬਜ਼ਾਦਾ ਅਜੀਤ ਸਿੰਘ ਨਗਰ

© ਪੰਜਾਬ ਸਰਕਾਰ

ਪਹਿਲਾ ਐਡੀਸ਼ਨ 2016 .... 10,000 ਕਾਪੀਆਂ

[This book has been adopted with the kind permission of the
National Council of Educational Research and Training, New Delhi]

All rights, including those of translation, reproduction
and annotation etc., are reserved by the
Punjab Government

ਸੰਯੋਜਕ : ਉਪਨੀਤ ਕੌਰ ਗਰੇਵਾਲ, (ਵਿਸ਼ਾ ਮਾਹਿਰ)
ਪੰਜਾਬ ਸਕੂਲ ਸਿੱਖਿਆ ਬੋਰਡ

ਚਿੱਤਰਕਾਰ : ਮਨਜੀਤ ਸਿੰਘ ਢਿੱਲੋਂ, ਪ.ਸ.ਸ.ਬ

ਚੇਤਾਵਨੀ

1. ਕੋਈ ਵੀ ਏਜੰਸੀ-ਹੋਲਡਰ ਵਾਧੂ ਪੈਸੇ ਵਸੂਲਣ ਦੇ ਮੰਤਵ ਨਾਲ ਪਾਠ-ਪੁਸਤਕਾਂ 'ਤੇ ਜਿਲਦ-ਸਾਜ਼ੀ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਦਾ। (ਏਜੰਸੀ-ਹੋਲਡਰਾਂ ਨਾਲ ਹੋਏ ਸਮਝੌਤੇ ਦੀ ਧਾਰਾ ਨੰ. 7 ਅਨੁਸਾਰ)
2. ਪੰਜਾਬ ਸਕੂਲ ਸਿੱਖਿਆ ਬੋਰਡ ਦੁਆਰਾ ਛਪਵਾਈਆਂ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਤ ਪਾਠ-ਪੁਸਤਕਾਂ ਦੇ ਜਾਲ੍ਹੀ ਨਕਲੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਨਾਂ (ਪਾਠ-ਪੁਸਤਕਾਂ) ਦੀ ਛਪਾਈ, ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਨ, ਸਟਾਕ ਕਰਨਾ, ਜਮ੍ਹਾਂਖੋਰੀ ਜਾਂ ਵਿਕਰੀ ਆਦਿ ਕਰਨਾ ਭਾਰਤੀ ਦੰਡ ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਫ਼ੌਜਦਾਰੀ ਜੁਰਮ ਹੈ।

   (ਪੰਜਾਬ ਸਕੂਲ ਸਿੱਖਿਆ ਬੋਰਡ ਦੀਆਂ ਪਾਠ-ਪੁਸਤਕਾਂ ਬੋਰਡ ਦੇ 'ਵਾਟਰ ਮਾਰਕ' ਵਾਲੇ ਕਾਗਜ਼ ਉੱਪਰ ਹੀ ਛਪਵਾਈਆਂ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ।)

ਮੁੱਲ : ₹ 143.00

ਸਕੱਤਰ, ਪੰਜਾਬ ਸਕੂਲ ਸਿੱਖਿਆ ਬੋਰਡ, ਵਿੱਦਿਆ ਭਵਨ, ਫੇਜ਼-8, ਸਾਹਿਬਜ਼ਾਦਾ ਅਜੀਤ ਸਿੰਘ ਨਗਰ-160062 ਰਾਹੀਂ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਤ ਅਤੇ ਮੈਸ. ਨੋਵਾ ਪਬਲੀਕੇਸ਼ਨਜ਼, ਸੀ-51, ਫੋਕਲ ਪੁਆਇੰਟ ਐਕਸਟੈਨਸ਼ਨ, ਜਲੰਧਰ ਦੁਆਰਾ ਛਾਪੀ ਗਈ।

ਦੋ ਸ਼ਬਦ

ਪੰਜਾਬ ਸਕੂਲ ਸਿੱਖਿਆ ਬੋਰਡ ਪਾਠ-ਪੁਸਤਕਾਂ ਅਤੇ ਪਾਠ-ਕ੍ਰਮਾ ਨੂੰ ਸੋਧਣ ਅਤੇ ਤਿਆਰ ਕਰਨ ਦੇ ਕੰਮ ਵਿੱਚ ਜੁੱਟਿਆ ਹੋਇਆ ਹੈ। ਅੱਜ ਜਿਸ ਦੌਰ ਵਿੱਚੋਂ ਅਸੀਂ ਲੰਘ ਰਹੇ ਹਾਂ, ਉਸ ਵਿੱਚ ਬੱਚਿਆਂ ਨੂੰ ਸਹੀ ਵਿੱਦਿਆ ਦੇਣਾ ਮਾਪਿਆਂ ਅਤੇ ਅਧਿਆਪਕਾਂ ਦੀ ਸਾਂਝੀ ਜ਼ਿੰਮੇਵਾਰੀ ਬਣਦੀ ਹੈ। ਇਸੇ ਜ਼ਿੰਮੇਵਾਰੀ ਅਤੇ ਵਿੱਦਿਅਕ ਜ਼ਰੂਰਤਾਂ ਨੂੰ ਸਮਝਦਿਆਂ ਵਿਗਿਆਨ ਵਿਸ਼ੇ ਦੀਆਂ ਪਾਠ-ਪੁਸਤਕਾਂ ਅਤੇ ਪਾਠ-ਕ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਨੈਸ਼ਨਲ ਕਰੀਕੁਲਮ ਫਰੇਮਵਰਕ-2005 ਅਨੁਸਾਰ ਕੁਝ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਪਰਿਵਰਤਨ ਕੀਤੇ ਗਏ ਹਨ।

ਸਕੂਲ ਕਰੀਕੁਲਮ ਵਿੱਚ ਵਿਗਿਆਨ ਵਿਸ਼ੇ ਦਾ ਯੋਗਦਾਨ ਬਹੁਤ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਲੋੜੀਂਦੇ ਨਤੀਜੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ ਚੰਗੀ ਪਾਠ-ਪੁਸਤਕ ਦਾ ਹੋਣਾ ਪਹਿਲੀ ਜ਼ਰੂਰਤ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਪਾਠ-ਪੁਸਤਕ ਵਿੱਚ ਵਿਸ਼ਾ ਸਮੱਗਰੀ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਥਾਪਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ ਵਿਦਿਆਰਥੀਆਂ ਦੀ ਤਰਕ ਸ਼ਕਤੀ ਤਾਂ ਪ੍ਰਫੁਲਿਤ ਹੋਵੇਗੀ ਹੀ ਸਗੋਂ ਵਿਸ਼ੇ ਨੂੰ ਸਮਝਣ ਦੀ ਯੋਗਤਾ ਵਿੱਚ ਵੀ ਵਾਧਾ ਹੋਵੇਗਾ। ਅਭਿਆਸ ਦੇ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਵਿਦਿਆਰਥੀਆਂ ਦੇ ਮਾਨਸਿਕ ਪੱਧਰ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਤਿਆਰ ਕੀਤੇ ਗਏ ਹਨ। ਇਹ ਪੁਸਤਕ ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਵਿੱਦਿਆ ਖੋਜ ਅਤੇ ਸਿਖਲਾਈ ਸੰਸਥਾ (ਐਨ. ਸੀ. ਈ. ਆਰ. ਟੀ.) ਵੱਲੋਂ ਗਿਆਰ੍ਹਵੀਂ ਸ਼੍ਰੇਣੀ ਲਈ ਤਿਆਰ ਕੀਤੀ ਗਈ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨ ਵਿਸ਼ੇ ਦੀ ਪੁਸਤਕ ਦੀ ਅਨੁਸਾਰਤਾ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਕਦਮ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਇਕਸਾਰਤਾ ਲਿਆਉਣ ਲਈ ਚੁੱਕਿਆ ਗਿਆ ਹੈ ਤਾਂ ਜੋ ਵਿਦਿਆਰਥੀਆਂ ਨੂੰ ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਪੱਧਰ ਦੇ ਇਮਤਿਹਾਨਾਂ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਵੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਔਕੜ ਨਾ ਆਵੇ।

ਇਸ ਪਾਠ-ਪੁਸਤਕ ਨੂੰ ਵਿਦਿਆਰਥੀਆਂ ਅਤੇ ਅਧਿਆਪਕਾਂ ਦੇ ਲਈ ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ ਉਪਯੋਗੀ ਬਣਾਉਣ ਦਾ ਭਰਪੂਰ ਯਤਨ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਪੁਸਤਕ ਨੂੰ ਹੋਰ ਚੰਗੇਰਾ ਬਣਾਉਣ ਲਈ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚੋਂ ਆਏ ਸੁਝਾਵਾਂ ਦਾ ਸਤਿਕਾਰ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇਗਾ।

ਚੇਅਰਪਰਸਨ

ਪੰਜਾਬ ਸਕੂਲ ਸਿੱਖਿਆ ਬੋਰਡ

NCERT ਦੀ ਪਾਠ-ਪੁਸਤਕ ਤਿਆਰ ਕਰਨ ਵਾਲੀ ਕਮੇਟੀ

ਵਿਗਿਆਨ ਅਤੇ ਗਣਿਤ ਦੀਆਂ ਪਾਠ-ਪੁਸਤਕਾਂ ਦੀ ਸਲਾਹਕਾਰ ਕਮੇਟੀ ਅਤੇ ਚੇਅਰਮੈਨ

ਜੇ. ਵੀ. ਨਾਰਲੀਕਰ, ਐਮਰਾਇਟਸ ਪ੍ਰੋਫ਼ੈਸਰ, ਚੇਅਰਮੈਨ, ਸਲਾਹਕਾਰ ਕਮੇਟੀ, ਯੂਨੀਵਰਸਿਟੀ ਸੈਂਟਰ ਆਫ਼ ਐਸਟਰੋਨਾਮੀ ਐਂਡ ਐਸਟਰੋਫਿਜ਼ਿਕਸ (IUCAA), ਗਣੇਸ਼ਖੰਡ, ਪੂਨਾ ਯੂਨੀਵਰਸਿਟੀ, ਪੂਨਾ।

ਮੁੱਖ ਸਲਾਹਕਾਰ :

ਏ.ਡਬਲਿਯੂ ਜੋਸ਼ੀ, ਪ੍ਰੋਫ਼ੈਸਰ, ਔਨਰੇਰੀ ਵਿਜੀਟਿੰਗ ਸਾਇੰਟਿਸਟ, ਐਨ.ਸੀ.ਆਰ.ਏ., ਪੂਨੇ (ਡਿਪਾਰਟਮੈਂਟ ਆਫ਼ ਫਿਜ਼ਿਕਸ, ਯੂਨੀਵਰਸਿਟੀ ਆਫ਼ ਪੂਨੇ)

ਮੈਂਬਰ :

- ਅਨੁਰਾਧਾ ਮਾਧੁਰ ਪੀ.ਜੀ.ਟੀ, ਰਾਜਕੀ ਪ੍ਰਤੀਭਾ ਵਿਕਾਸ ਵਿਦਿਆਲਯ, ਤਿਆਗਰਾਜ ਨਗਰ, ਲੋਧੀ ਰੋਡ, ਨਵੀਂ ਦਿੱਲੀ।
- ਚਿਤਰਾ ਗੋਯਲ, ਪੀ.ਜੀ.ਟੀ., ਰਾਜਕੀ ਪ੍ਰਤੀਭਾ ਵਿਦਿਆਲਯ, ਤਿਆਗ ਨਗਰ, ਲੋਧੀ ਰੋਡ, ਨਵੀਂ ਦਿੱਲੀ।
- ਗਗਨ ਗੁਪਤਾ, ਰੀਡਰ, ਡੀ.ਈ.ਐਸ.ਐਮ., ਐਨ.ਸੀ.ਈ.ਆਰ.ਟੀ., ਨਵੀਂ ਦਿੱਲੀ।
- ਐਚ.ਸੀ. ਪ੍ਰਧਾਨ, ਪ੍ਰੋਫ਼ੈਸਰ, ਹੋਮੀ ਭਾਬਾ ਸੈਂਟਰ ਆਫ਼ ਸਾਇੰਸ ਐਜੂਕੇਸ਼ਨ, ਟਾਟਾ ਇੰਸਟੀਚਿਊਟ ਆਫ਼ ਫੰਡਾਮੈਂਟਲ ਰਿਸਰਚ, ਵੀ.ਐਨ. ਧਰੁਵ ਮਾਰਗ, ਮਾਨਖੁਰਦ ਮੁੰਬਈ।
- ਐਨ. ਪੰਚਾਪਕੇਸਨ, ਪ੍ਰੋਫ਼ੈਸਰ (ਅਵਕਾਸ਼ ਪ੍ਰਾਪਤ) ਡਿਪਾਰਟਮੈਂਟ ਆਫ਼ ਫਿਜ਼ਿਕਸ ਐਂਡ ਐਸਟਰੋਫਿਜ਼ਿਕਸ, ਦਿੱਲੀ ਯੂਨੀਵਰਸਿਟੀ, ਦਿੱਲੀ।
- ਪੀ.ਕੇ. ਸ੍ਰੀ ਵਾਸਤਵਾ, ਪ੍ਰੋਫ਼ੈਸਰ (ਅਵਕਾਸ਼ ਪ੍ਰਾਪਤ), ਡਾਇਰੈਕਟਰ, ਸੀ.ਐਸ.ਈ.ਸੀ. ਦਿੱਲੀ ਯੂਨੀਵਰਸਿਟੀ, ਦਿੱਲੀ।
- ਪੀ.ਕੇ. ਮੋਹੰਤੀ, ਪੀ.ਜੀ.ਟੀ., ਸੈਨਿਕ ਸਕੂਲ, ਭੁਵਨੇਸ਼ਵਰ।
- ਪੀ.ਸੀ. ਅਗਰਵਾਲ, ਰੀਡਰ, ਰਿਜਨਲ ਇੰਸੀਟਚਿਊਟ ਆਫ਼ ਐਜੂਕੇਸ਼ਨ, ਐਨ.ਸੀ.ਈ.ਆਰ.ਟੀ., ਸਬੀਵਾਲਯ ਮਾਰਗ, ਭੁਵਨੇਸ਼ਵਰ।
- ਆਰ.ਜੋਸ਼ੀ, ਲੈਕਚਰਾਰ (ਐਸ. ਜੀ.), ਡੀ.ਈ.ਐਸ.ਐਮ., ਐਨ.ਸੀ.ਈ.ਆਰ.ਟੀ., ਨਵੀਂ ਦਿੱਲੀ।
- ਐਸ ਰਾਏ ਚੌਧਰੀ, ਪ੍ਰੋਫ਼ੈਸਰ, ਡਿਪਾਰਟਮੈਂਟ ਆਫ਼ ਫਿਜ਼ਿਕਸ ਐਂਡ ਐਸਟਰੋਫਿਜ਼ਿਕਸ, ਦਿੱਲੀ ਯੂਨੀਵਰਸਿਟੀ, ਦਿੱਲੀ।
- ਐਸ.ਕੇ. ਡੈਸ਼, ਰੀਡਰ, ਡੀ.ਈ.ਐਸ.ਐਮ., ਐਨ.ਸੀ.ਈ. ਆਰ. ਟੀ., ਨਵੀਂ ਦਿੱਲੀ।
- ਸ਼ੇਰ ਸਿੰਘ, ਪੀ.ਜੀ.ਟੀ., ਐਨ.ਡੀ.ਐਮ.ਸੀ., ਨਵਯੁਗ ਸਕੂਲ, ਲੋਧੀ ਰੋਡ, ਨਵੀਂ ਦਿੱਲੀ।
- ਐਸ.ਐਨ.ਪ੍ਰਭਾਕਾਰਾ, ਪੀ.ਜੀ.ਟੀ., ਡੀ.ਐਮ. ਸਕੂਲ, ਰੀਜਨਲ ਇੰਸਟੀਚਿਊਟ ਆਫ਼ ਐਜੂਕੇਸ਼ਨ, ਐਨ.ਸੀ.ਈ.ਆਰ.ਟੀ., ਮੈਸੂਰ।
- ਥੀਆਮ ਜਕੇਂਦਰ ਸਿੰਘ, ਪ੍ਰੋਫ਼ੈਸਰ, ਡਿਪਾਰਟਮੈਂਟ ਆਫ਼ ਫਿਜ਼ਿਕਸ ਮਨੀਪੁਰ ਯੂਨੀਵਰਸਿਟੀ, ਇੰਫਾਲ।
- ਵੀ.ਪੀ. ਸ੍ਰੀਵਾਸਤਵਾ, ਰੀਡਰ, ਡੀ.ਈ.ਐਸ.ਐਮ., ਐਨ.ਸੀ.ਈ.ਆਰ.ਟੀ., ਨਵੀਂ ਦਿੱਲੀ।

10+1 ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨ (ਫ਼ਿਜ਼ਿਕਸ) ਦੀ ਪਾਠ-ਪੁਸਤਕ ਦੀ PSEB ਦੀ ਸੋਧ ਕਮੇਟੀ

1. ਸ੍ਰੀ ਸੰਜੀਵਨ ਸਿੰਘ ਡਢਵਾਲ, ਮੁੱਖ ਅਧਿਆਪਕ, ਸ. ਹ. ਸ. ਪਤਾਰਾ, ਜਲੰਧਰ।
2. ਸ੍ਰੀਮਤੀ ਜਸਵਿੰਦਰ ਕੌਰ, ਲੈਕਚਰਾਰ, ਸ. ਕੰ. ਸ. ਸ. ਸ. ਕੁਰਾਲੀ, ਐਸ.ਏ.ਐਸ. ਨਗਰ।
3. ਸ੍ਰੀ ਯੋਗੇਸ਼ ਕੁਮਾਰ, ਲੈਕਚਰਾਰ, ਸ. ਕੰ. ਸ. ਸ. ਸ. ਅਲਾਵਲਪੁਰ, ਜਲੰਧਰ।
4. ਸ੍ਰੀ ਸੰਤੋਖ ਸਿੰਘ, ਲੈਕਚਰਾਰ, ਸ. ਕੰ. ਸ. ਸ. ਸ. ਰਾਹੋਂ, ਸ਼ਹੀਦ ਭਗਤ ਸਿੰਘ ਨਗਰ।
5. ਸ੍ਰੀ ਉਦੇਯ ਠਾਕੁਰ, 509, ਤਾਰਾ ਸਿੰਘ ਐਵੀਨਿਊ, ਗਲੀ ਨੰ. 7, ਬਸਤੀ ਬਾਵਾ ਖੇਲ, ਜਲੰਧਰ।
6. ਸ੍ਰੀ ਸੰਦੀਪ ਸਾਗਰ ਗੁਪਤਾ, ਸ. ਸ. ਸ. ਸ. ਕਾਦੀਆਂਵਾਲੀ, ਜਲੰਧਰ।
7. ਸ੍ਰੀ ਸੁਮੀਤ ਗੁਪਤਾ, ਸ. ਕੰ. ਸ. ਸ. ਸ. ਆਦਰਸ਼ ਨਗਰ, ਜਲੰਧਰ।
8. ਸ੍ਰੀ ਪਰਮਜੀਤ ਸਿੰਘ, ਸ. ਸ. ਸ. ਸ. ਗੁਮਟਾਲਾ, ਜਲੰਧਰ।
9. ਸ਼੍ਰੀ ਮਨਦੀਪ ਸਿੰਘ ਕਾਹਲੋਂ, ਸ. ਹ. ਸ. ਜਲਭੈ, ਜਲੰਧਰ।
10. ਸ੍ਰੀ ਦਿਨੇਸ਼ ਕੁਮਾਰ, ਸ. ਮ. ਸ. ਮੁਹੱਲਾ ਪੁਰੀਆਂ, ਜਲੰਧਰ।
11. ਮਿਸ ਨੀਰੂ ਹਾਂਡਾ, ਸ. ਹ. ਸ. ਕਾਲਾ ਬਾਹੀਆਂ, ਜਲੰਧਰ।

ਵਿਸ਼ਾ ਸੂਚੀ

ਲੜੀ ਨੰ.	ਪਾਠ ਦਾ ਨਾਂ	ਪੰਨਾ ਨੰਬਰ
	ਭਾਗ-I	
ਪਾਠ 1.	ਭੌਤਿਕ ਜਗਤ	1
ਪਾਠ 2.	ਮਾਤਰਕ ਅਤੇ ਮਾਪਨ	18
ਪਾਠ 3.	ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ	42
ਪਾਠ 4.	ਸਮਤਲ ਵਿੱਚ ਗਤੀ	70
ਪਾਠ 5.	ਗਤੀ ਦੇ ਨਿਯਮ	96
ਪਾਠ 6.	ਕਾਰਜ, ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਸ਼ਕਤੀ	122
ਪਾਠ 7.	ਕਣਾਂ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਅਤੇ ਘੁੰਮਣ ਗਤੀ	150
ਪਾਠ 8.	ਗੁਰੂਤਾ ਆਕਰਸ਼ਣ	195

ਪਾਠ-1

ਭੌਤਿਕ ਜਗਤ

(PHYSICAL WORLD)

1.1 ਭੌਤਿਕੀ ਕੀ ਹੈ ?
1.2 ਭੌਤਿਕੀ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਜਨ ਤੇ ਉਤੇਜਨਾ
1.3 ਭੌਤਿਕੀ, ਤਕਨੀਕੀ ਅਤੇ ਸਮਾਜ
1.4 ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਵਿੱਚ ਮੂਲ ਬਲ
1.5 ਭੌਤਿਕ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ
ਸਾਰ
ਅਭਿਆਸ

1.1 ਭੌਤਿਕੀ ਕੀ ਹੈ ? (WHAT IS PHYSICS)

ਮਨੁੱਖ ਅੰਦਰ ਹਮੇਸ਼ਾਂ ਆਪਣੇ ਆਲ਼ੇ-ਦੁਆਲ਼ੇ ਫੈਲੀ ਦੁਨੀਆ ਬਾਰੇ ਜਾਨਣ ਦੀ ਚਾਹਤ ਰਹੀ ਹੈ। ਮੁੱਢ-ਕਦੀਮ ਤੋਂ ਹੀ ਰਾਤ ਨੂੰ ਅਸਮਾਨ ਵਿਚ ਚਮਕਣ ਵਾਲੇ ਖਗੋਲੀ ਪਿੰਡ ਉਸ ਨੂੰ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਰਹੇ ਹਨ। ਦਿਨ-ਰਾਤ ਦੀ ਲਗਾਤਾਰ ਅਦਲਾ-ਬਦਲੀ, ਮੌਸਮੀ ਸਲਾਨਾ ਚੱਕਰ, ਗ੍ਰਹਿਣ, ਜਵਾਰ-ਭਾਟੇ, ਜਵਾਲਾਮੁਖੀ, ਸਤਰੰਗੀ ਪੀਂਘ ਹਮੇਸ਼ਾਂ ਹੀ ਉਸ ਦੀ ਖਿੱਚ ਦੇ ਕਾਰਕ ਰਹੇ ਹਨ। ਵਿਸ਼ਵ ਵਿੱਚ ਪਦਾਰਥਾਂ ਦੀਆਂ ਹੈਰਾਨ ਕਰਨ ਵਾਲੀਆਂ ਕਿਸਮਾਂ ਅਤੇ ਜੀਵਨ ਅਤੇ ਵਿਵਹਾਰ ਦੀਆਂ ਹੈਰਾਨ ਕਰਨ ਵਾਲੀਆਂ ਵਿਭਿੰਨਤਾਵਾਂ ਹਨ। ਕੁਦਰਤ ਦੇ ਅਜਿਹੇ ਅਜੂਬਿਆਂ ਅਤੇ ਅਚੰਭਿਆਂ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀ ਮਨੁੱਖ ਦਾ ਕਲਪਨਾਸ਼ੀਲ ਅਤੇ ਖੋਜੀ ਦਿਮਾਗ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪ੍ਰਕਾਰ ਨਾਲ ਆਪਣੀਆਂ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆਵਾਂ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਆਦਿ ਕਾਲ ਤੋਂ ਹੀ ਮਨੁੱਖ ਦੀ ਇੱਕ ਕਿਸਮ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਇਹ ਰਹੀ ਹੈ ਕਿ ਉਸਨੇ ਆਪਣੇ ਭੌਤਿਕ ਵਾਤਾਵਰਨ ਦਾ ਸਾਵਧਾਨੀ ਪੂਰਵਕ ਪ੍ਰੇਖਣ ਕੀਤਾ ਹੈ, ਕੁਦਰਤੀ ਵਰਤਾਰਿਆਂ (Phenomena) ਵਿੱਚ ਅਰਥ ਪੂਰਨ ਤਰਤੀਬ ਅਤੇ ਸੰਬੰਧਾਂ ਦੀ ਖੋਜ ਕੀਤੀ ਹੈ, ਕੁਦਰਤ ਦੇ ਨਾਲ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਕਰ ਸਕਣ ਲਈ ਨਵੇਂ ਸੰਦਾਂ ਨੂੰ ਬਣਾਇਆ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਹੈ। ਲੰਮੇ ਸਮੇਂ ਤੋਂ ਮਨੁਖ ਦੀਆਂ ਇਹ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ਾਂ ਨਾਲ ਆਧੁਨਿਕ ਵਿਗਿਆਨ ਅਤੇ ਤਕਨਾਲੋਜੀ ਦਾ ਰਸਤਾ ਖੁਲ੍ਹਿਆ ਹੈ।

ਅੰਗ੍ਰੇਜ਼ੀ ਭਾਸ਼ਾ ਦਾ ਸ਼ਬਦ ਸਾਇੰਸ (Science) ਲਾਤੀਨੀ ਭਾਸ਼ਾ (Latin) ਦੇ ਸ਼ਬਦ ਸਿੰਟਿਆ (Scientia) ਤੋਂ ਪੈਦਾ ਹੋਇਆ ਹੈ, ਇਸ ਦਾ ਅਰਥ ਹੈ 'ਜਾਨਣਾ'। ਸੰਸਕ੍ਰਿਤ ਭਾਸ਼ਾ ਦਾ ਸ਼ਬਦ 'ਵਿਗਿਆਨ' ਅਤੇ ਅਰਬੀ ਭਾਸ਼ਾ ਦਾ ਸ਼ਬਦ 'ਇਲਮ' ਵੀ ਇਹੀ ਅਰਥ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹਨ ਜਿਸ ਦਾ ਭਾਵ ਹੈ "ਗਿਆਨ"। ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਰੂਪ ਵਿਚ ਵਿਗਿਆਨ ਉੱਨਾਂ ਹੀ ਪੁਰਾਤਨ ਹੈ ਜਿੰਨੀ ਕੀ ਮਨੁੱਖੀ ਸੱਭਿਅਤਾ। ਮਿਸਰ, ਭਾਰਤ, ਚੀਨ, ਯੂਨਾਨ, ਮੈਸੋਪੋਟਾਮੀਆ ਅਤੇ ਸੰਸਾਰ ਦੇ ਹੋਰ ਦੇਸ਼ਾਂ ਦੀਆਂ ਪੁਰਾਤਨ ਸਭਿਅਤਾਵਾਂ ਨੇ ਵਿਗਿਆਨ ਦੀ ਤਰੱਕੀ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਹੀ ਜ਼ਰੂਰੀ ਯੋਗਦਾਨ ਦਿੱਤਾ ਹੈ। ਸੋਲਵੀਂ ਸਦੀ ਤੋਂ ਯੂਰਪ ਵਿੱਚ ਵਿਗਿਆਨ ਦੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਤਰੱਕੀ ਹੋਈ। ਵੀਹਵੀਂ ਸਦੀ ਦੇ ਅੱਧ ਤੱਕ ਵਿਗਿਆਨ, ਅਸਲ ਵਿੱਚ, ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਨਾਲ ਹੋਣ ਵਾਲਾ ਕਾਰਜ ਬਣ ਗਿਆ, ਜਿਸਦੇ ਅੰਤਰਰਾਸ਼ਟਰੀ (ਕੌਮਾਂਤਰੀ) ਵਿਕਾਸ ਲਈ ਅਨੇਕ ਸੱਭਿਅਤਾਵਾਂ ਅਤੇ ਦੇਸ਼ਾਂ ਨੇ ਆਪਣਾ ਯੋਗਦਾਨ ਪਾਇਆ।

ਵਿਗਿਆਨ ਕੀ ਹੈ ਅਤੇ ਜਿਸ ਨੂੰ **ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਵਿਧੀ (Scientific Method)** ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਕੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ? ਵਿਗਿਆਨ ਕੁਦਰਤੀ ਵਰਤਾਰਿਆਂ (phenomena) ਨੂੰ ਜਿੱਥੋਂ ਤੱਕ ਸੰਭਵ ਹੋਵੇ ਵਿਸਥਾਰਪੂਰਵਕ ਅਤੇ ਡੂੰਘਾਈ

ਨਾਲ ਸਮਝਣ ਲਈ ਚੰਗੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਿਯੋਜਿਤ ਢੰਗ ਨਾਲ ਕੀਤੀਆਂ ਜਾਣ ਵਾਲੀਆਂ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ਾਂ ਹਨ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੇ ਗਿਆਨ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਦੀ ਭਵਿੱਖਬਾਣੀ, ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਸੋਧਾਂ ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਤੇ ਕਾਬੂ ਪਾਉਣ ਲਈ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਜੋ ਕੁਝ ਵੀ ਅਸੀਂ ਆਪਣੇ ਆਲ਼ੇ-ਦੁਆਲ਼ੇ ਦੇਖਦੇ ਹਾਂ ਉਸਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਖੋਜ ਕਰਨਾ, ਤਜ਼ਰਬੇ ਕਰਨਾ ਅਤੇ ਭਵਿੱਖਬਾਣੀ ਕਰਨਾ ਵਿਗਿਆਨ ਹੈ। ਸੰਸਾਰ ਬਾਰੇ ਸਿੱਖਣ ਦੀ ਲਾਲਸਾ, ਕੁਦਰਤ ਦੇ ਰਹੱਸਾਂ ਨੂੰ ਸੁਲਝਾਉਣਾ, ਇਹ ਵਿਗਿਆਨ ਦੀ ਖੋਜ ਵੱਲ ਪਹਿਲਾਂ ਕਦਮ ਹੈ। 'ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਵਿਧੀ' ਵਿਚ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧਿਤ ਪਗ ਹਨ; ਨਿਯੋਜਿਤ ਪ੍ਰੇਖਣ, ਨਿਯੰਤਰਿਤ ਤਜ਼ਰਬੇ, ਗੁਣਾਤਮਕ (qualitative) ਅਤੇ ਮਾਤਰਾਤਮਕ (quantitative) ਤਰਕ ਜਾਂ ਦਲੀਲਾਂ, ਗਣਿਤਕ ਪ੍ਰਤੀਰੂਪਣ, ਭਵਿੱਖਬਾਣੀ, ਸਿਧਾਂਤਾਂ ਦੀ ਪੜਚੋਲ ਕਰਕੇ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਸਥਾਪਿਤ ਕਰਨਾ ਜਾਂ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਝੁਠਲਾਉਣਾ। ਕਿਸੇ ਅਧਾਰ ਤੋਂ ਬਿਨਾਂ ਕਲਪਨਾਵਾਂ ਅਤੇ ਅਨੁਮਾਨ (ਅੰਦਾਜ਼ਾ) ਲਗਾਉਣ ਨੂੰ ਵੀ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਵਿੱਚ ਥਾਂ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਹੈ। ਪਰ ਆਖ਼ਰ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਸਿਧਾਂਤ ਨੂੰ ਮੰਨਣ ਯੋਗ ਬਣਾਉਣ ਲਈ ਉਸਨੂੰ ਪ੍ਰਸੰਗਿਕ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਜਾਂ ਤਜ਼ਰਬਿਆਂ ਦੁਆਰਾ ਇਸ ਦੀ ਸੱਚਾਈ ਨੂੰ ਸਥਾਪਿਤ ਕਰਨਾ ਬਹੁਤ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਵਿਗਿਆਨ ਦੇ ਸੁਭਾਅ ਅਤੇ ਵਿਧੀਆਂ ਬਾਰੇ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਦਾਰਸ਼ਨਿਕ ਵਾਦ-ਵਿਵਾਦ ਹਨ, ਜਿਹਨਾਂ ਬਾਰੇ ਇੱਥੇ ਚਰਚਾ ਕਰਨਾ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਹੀਂ ਹੈ।

ਸਿਧਾਂਤ ਅਤੇ ਪ੍ਰੇਖਣ (ਜਾਂ ਤਜ਼ਰਬੇ, ਪ੍ਰਯੋਗ) ਦਾ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ 'ਤੇ ਅਸਰ ਵਿਗਿਆਨ ਦੀ ਤਰੱਕੀ ਦਾ ਮੂਲ ਅਧਾਰ ਹੈ। ਵਿਗਿਆਨ ਹਮੇਸ਼ਾਂ ਹੀ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਹੈ। ਵਿਗਿਆਨ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਵੀ ਸਿਧਾਂਤ ਅੰਤਿਮ ਨਹੀਂ ਹੈ ਅਤੇ ਵਿਗਿਆਨਿਕਾਂ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਵੀ ਨਿਰਵਿਵਾਦ ਮਾਹਿਰ ਜਾਂ ਸੱਤਾ ਪੱਖ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ-ਜਿਵੇਂ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਦੇ ਵਿਸਥਾਰਪੂਰਵਕ ਵਿਵਰਣ ਵਿੱਚ ਸੋਧਾਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ, ਜਾਂ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਨਵੇਂ ਨਤੀਜੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ, ਵੈਸੇ ਜੇ ਲੋੜ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਉਹਨਾਂ ਸੋਧਾਂ ਨੂੰ ਸਿਧਾਂਤਾਂ ਵਿੱਚ ਸ਼ਾਮਲ ਕਰਕੇ ਹੋਰ ਸਪੱਸ਼ਟ ਕੀਤਾ ਜਾਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਕਈ ਵਾਰ ਕਈ ਸੋਧਾਂ ਸਥਾਪਿਤ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਢਾਂਚੇ ਦੇ ਅੰਦਰ ਹੀ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਅਤੇ ਬਿਲਕੁਲ ਹੀ ਵੱਖਰੀਆਂ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀਆਂ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਜਦੋਂ ਜੋਹਾਨਸ ਕੇਪਲਰ (Johannes Kepler) (1571-1630) ਨੇ ਟਾਇਕੋ ਬ੍ਰਾਹੇ (Tycho Brahe) (1546-1601) ਦੁਆਰਾ ਗ੍ਰਹਿ ਗਤੀ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਇੱਕਠੇ ਕੀਤੇ ਗਏ ਅੰਕੜਿਆਂ ਦਾ ਪ੍ਰੀਖਣ ਕੀਤਾ, ਤਾਂ ਨਿਕੋਲਸ ਕਾਪਰਨਿਕਸ (Nicolas Copernicus) (1473–1543) ਦੁਆਰਾ ਕਲਪਨਾ ਕੀਤੇ ਹੋਏ **ਸੂਰਜ ਕੇਂਦਰੀ ਸਿਧਾਂਤ (Heliocentric theory)** (ਜਿਸ ਅਨੁਸਾਰ ਸੂਰਜ ਸੌਰ ਪਰਿਵਾਰ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਸਥਿਤ ਹੈ) ਵਾਲੇ ਚੱਕਰਾਕਾਰ ਆਰਬਿਟਾਂ (circular orbits) ਨੂੰ ਅੰਡਾਕਾਰ ਆਰਬਿਟਾਂ (elliptical orbits) ਨਾਲ ਪ੍ਰਤੀਸਥਾਪਿਤ ਕਰਨਾ ਪਿਆ, ਤਾਂ ਜੋ ਇੱਕਠੇ ਕੀਤੇ ਅੰਕੜਿਆਂ ਅਤੇ ਅੰਡਾਕਾਰ ਆਰਬਿਟਾਂ ਵਿੱਚ ਅਨੁਰੂਪਤਾ ਹੋ ਸਕੇ। ਕਈ ਵਾਰ, ਸਥਾਪਿਤ ਹੋ ਚੁੱਕੇ ਸਿਧਾਂਤ ਨਵੇਂ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਦਾ ਸਪਸ਼ਟੀਕਰਨ ਕਰਨ ਵਿਚ ਅਸਮਰੱਥ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਪ੍ਰੇਖਣ ਹੀ ਵਿਗਿਆਨ ਵਿੱਚ ਮਹਾਨ ਕ੍ਰਾਂਤੀ ਦਾ ਕਾਰਨ ਬਣਦੇ ਹਨ। ਵੀਹਵੀਂ ਸਦੀ ਦੇ ਸ਼ੁਰੂ ਵਿੱਚ ਇਹ ਮਹਿਸੂਸ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਿ ਉਸ ਸਮੇਂ ਦਾ ਸਭ ਤੋਂ ਸਫ਼ਲ ਨਿਊਟਨ ਦਾ ਯੰਤਰਕੀ ਸਿਧਾਂਤ (Newtonian mechanics), ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਦੇ ਕੁਝ ਮੂਲ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਲੱਛਣਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਨ ਦੇ ਅਸਮਰਥ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਉਸ ਸਮੇਂ ਤੱਕ ਸਥਾਪਿਤ ਹੋ ਚੁੱਕਾ "ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਤਰੰਗ ਸਿਧਾਂਤ" (wave picture of light) ਵੀ ਫੋਟੋਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਪ੍ਰਭਾਵ (photoelectric effect) ਨੂੰ ਸਮਝਾਉਣ ਦੇ ਅਸਮਰਥ ਰਿਹਾ। ਇਸ ਨਾਲ ਪਰਮਾਣਵੀ (atomic) ਅਤੇ ਅਣੂਵਿਕ (molecular) ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਨ ਲਈ ਬਿਲਕੁਲ ਨਵੇਂ ਸਿਧਾਂਤ ਕੁਆਂਟਮ ਯੰਤਰਕੀ (Quantum Mechanics) ਦੇ ਵਿਕਾਸ ਦਾ ਰਸਤਾ ਖੁੱਲ ਗਿਆ।

ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕੋਈ ਨਵਾਂ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਿਸੇ ਵਿਕਲਪਕ ਸਿਧਾਂਤਕ ਮਾਡਲ ਨੂੰ ਪ੍ਰਸਤਾਵਿਤ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ, ਠੀਕ ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਿਸੇ ਸਿਧਾਂਤਕ ਪ੍ਰਗਤੀ ਨਾਲ ਇਹ ਸੁਝਾਅ ਵੀ ਮਿਲ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਕੁਝ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਵਿੱਚ ਕੀ ਪ੍ਰੇਖਣ ਕੀਤੇ ਜਾਣੇ ਹਨ। ਅਰਨੇਸਟ ਰਦਰਫੋਰਡ (Ernest Rutherford 1871–1937) ਦੁਆਰਾ ਸਾਲ 1911 ਵਿੱਚ ਸੋਨ ਪੱਤਰ (Gold foil) ਤੇ ਕੀਤੇ ਗਏ ਅਲਫਾ ਕਣਾਂ (Alpha particles) ਦੇ ਸਕੈਟਰਿੰਗ (scattering) ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੇ ਨਤੀਜੇ ਨੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਨਾਭਿਕੀ ਮਾਡਲ (Nuclear Model) ਨੂੰ ਸਥਾਪਿਤ ਕੀਤਾ, ਜੋ ਬਾਦ ਵਿੱਚ ਨੀਲ ਬੋਹਰ (Niels Bohr (1885-1962)) ਦੁਆਰਾ ਸਾਲ 1913 ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਕੁਆਂਟਮ ਸਿਧਾਂਤ (quantum theory of Hydrogen atom) ਦਾ ਅਧਾਰ ਬਣਿਆ। ਦੂਜੇ ਪਾਸੇ, ਪਾਲ ਡਿਰਾੱਕ (Paul Dirac (1902–1984)) ਦੁਆਰਾ ਸਾਲ 1930 ਵਿੱਚ ਸਭ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਸਿਧਾਂਤਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤੀ ਕਣ (antiparticle) ਦੀ ਸੰਕਲਪਨਾ ਕੀਤੀ ਗਈ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਦੋ ਸਾਲ ਬਾਦ ਕਾਰਲ ਐਂਡਰਸਨ (Carl Anderson) ਨੇ ਪਾਜ਼ੀਟਰਾਨ (positron) (ਪ੍ਰਤੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (antielectron)) ਦੀ ਪ੍ਰਯੋਗੀ ਖੋਜ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਮਾਣਿਤ ਕੀਤਾ।

ਕੁਦਰਤੀ ਵਿਗਿਆਨਾਂ (Natural Sciences) ਦੀ ਸ਼੍ਰੇਣੀ ਦਾ ਇੱਕ ਮੂਲ ਵਿਸ਼ਾ ਭੌਤਿਕੀ ਹੈ। ਇਸ ਸ਼੍ਰੇਣੀ ਵਿੱਚ ਹੋਰ ਵਿਸ਼ੇ ਜਿਵੇਂ ਰਸਾਇਣ ਵਿਗਿਆਨ ਅਤੇ ਜੀਵ ਵਿਗਿਆਨ ਵੀ ਸ਼ਾਮਲ ਹਨ। ਭੌਤਿਕੀ ਨੂੰ ਅੰਗ੍ਰੇਜ਼ੀ ਵਿੱਚ **Physics** ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਜੋ ਯੂਨਾਨੀ ਭਾਸ਼ਾ (Greek) ਦੇ ਇੱਕ ਅੱਖਰ ਤੋਂ ਵਿਉਤਪਤ ਹੋਇਆ ਹੈ, ਜਿਸਦਾ ਅਰਥ ਹੈ "ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ"। ਇਸਦਾ ਤੁੱਲ ਸੰਸਕ੍ਰਿਤ ਭਾਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਸ਼ਬਦ "ਭੌਤਿਕੀ" ਹੈ ਜਿਸਦੀ ਵਰਤੋਂ ਭੌਤਿਕ ਜਗਤ ਦੇ ਅਧਿਐਨ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੈ। ਇਸ ਵਿਸ਼ੇ ਦੀ ਯਥਾਰਥ ਭਾਸ਼ਾ ਦੇਣਾ ਨਾ ਤਾਂ ਸੰਭਵ ਹੈ ਤੇ ਨਾ ਹੀ ਜ਼ਰੂਰੀ। ਮੋਟੇ ਤੌਰ 'ਤੇ ਅਸੀਂ ਭੌਤਿਕੀ ਨੂੰ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਦੇ ਮੂਲ ਨਿਯਮਾਂ ਅਤੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਕੁਦਰਤੀ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਗਟਾਅ ਦੇ ਅਧਿਐਨ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਰਣਿਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

ਅਗਲੇ ਖੰਡ ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਕਾਰਜ ਖੇਤਰ ਦੇ ਵਿਸਥਾਰ ਦਾ ਸੰਖੇਪ ਵਰਣਨ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਇੱਥੇ ਅਸੀਂ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਦੋ ਮੁੱਖ ਵਿਚਾਰਾਂ ਏਕੀਕਰਨ **(unification)** ਅਤੇ ਨਿਊਨੀਕਰਨ **(reduction)** ਤੇ ਹੀ ਟਿੱਪਣੀ ਕਰਾਂਗੇ।

ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਅਸੀਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਭੌਤਿਕ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ **ਕੁਝ ਸੰਕਲਪਾਂ ਅਤੇ ਨਿਯਮਾਂ ਦੇ ਪਦਾਂ (in terms of a few concepts and laws)** ਵਿੱਚ ਕਰਨ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਇਸਦਾ ਉਦੇਸ਼ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰਾਂ ਅਤੇ ਹਾਲਤਾਂ ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕ ਜਗਤ ਨੂੰ ਕੁਝ ਯੂਨੀਵਰਸਲ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਗਟਾਅ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਦੇਖਣ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਦਾ ਇੱਕੋ ਨਿਯਮ (ਜਿਸ ਨੂੰ ਨਿਊਟਨ ਨੇ ਸਥਾਪਿਤ ਕੀਤਾ ਸੀ) ਧਰਤੀ 'ਤੇ ਕਿਸੇ ਸੇਬ ਦਾ ਡਿਗਣਾ, ਧਰਤੀ ਦੇ ਆਲ਼ੇ-ਦੁਆਲ਼ੇ ਚੰਨ ਦੀ ਪਰਿਕਰਮਾ ਅਤੇ ਸੂਰਜ ਦੇ ਆਲ਼ੇ-ਦੁਆਲ਼ੇ ਗ੍ਰਹਿਆਂ ਦੀ ਗਤੀ ਦੀਆਂ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕਤਾ (Electromagnetism) ਦੇ ਆਧਾਰਭੂਤ ਸਿਧਾਂਤ (ਮੈਕਸਵੇਲ ਸਮੀਕਰਨ (Maxwell's equations)) ਸਾਰੀਆਂ ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਪਰੀਘਟਨਾਵਾਂ ਨੂੰ ਨਿਯੰਤਰਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਕੁਦਰਤ ਵਿਚਲੇ ਮੂਲ ਬਲਾਂ ਨੂੰ ਏਕੀਕ੍ਰਿਤ ਕਰਨ ਦੀਆਂ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ਾਂ (ਅਨੁਭਾਗ 1.4) ਏਕੀਕਰਨ ਦੀ ਇਸੇ ਖੋਜ ਨੂੰ ਪ੍ਰਤੀਬਿੰਬਤ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ।

ਕਿਸੇ ਤੁਲਨਾਤਮਕ ਵੱਡੇ, ਵੱਧ ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਗੁਣਾਂ ਨੂੰ ਇਸ ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਛੋਟੇ ਭਾਗਾਂ ਦੀਆਂ ਆਪਸੀ ਕਿਰਿਆਵਾਂ ਅਤੇ ਗੁਣਾਂ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨਾ ਇੱਕ ਸੰਬੰਧਿਤ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਹੈ। ਇਸ ਤਰੀਕੇ ਨੂੰ **ਨਿਊਨੀਕਰਨ** ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਹ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਦਿਲ ਵਿੱਚ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਉਨ੍ਹੀਵੀਂ ਸਦੀ ਵਿਚ ਵਿਕਸਿਤ ਵਿਸ਼ਾ ਥਰਮੋਡਾਈਨਾਮਿਕਸ (thermodynamics) ਜੋ ਕਿ ਬਲਕ ਸਿਸਟਮਸ (Bulk systems) ਬਾਰੇ ਸਥੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਤਾਪਮਾਨ, ਆਂਤਰਿਕ ਊਰਜਾ, ਐਨਟਰਾਪੀ ਆਦਿ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਵਿਵਹਾਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਬਾਅਦ ਵਿੱਚ, ਅਣੂਗਤੀ ਸਿਧਾਂਤ ਅਤੇ ਅੰਕੜਾ ਯੰਤਰਕੀ (Kinetic theory and statistical mechanics) ਵਿਸ਼ਿਆਂ ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਇਹਨਾਂ ਹੀ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਬਲਕ ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਆਣਵਿਕ ਹਿੱਸਿਆਂ ਦੇ (ਗੁਣਾਂ ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਗਈ। ਖਾਸ ਕਰਕੇ, ਤਾਪ ਨੂੰ ਹਿੱਸਿਆਂ ਦੇ) ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਔਸਤ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਪਾਇਆ ਗਿਆ।

1.2 ਭੌਤਿਕੀ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਜਨ ਅਤੇ ਉਤੇਜਨਾ

ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਕਾਰਜ ਖੇਤਰ ਵਿਸਥਾਰ ਬਾਰੇ ਅਸੀਂ ਕੁਝ ਜਾਣਕਾਰੀ ਇਸਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਉਪਵਿਸ਼ਿਆਂ ਨੂੰ ਦੇਖ ਕੇ ਲੈ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਮੂਲ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਸਦੇ ਦੋ ਦਿਲਚਸਪ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰ ਸਥੂਲ ਅਤੇ ਸੂਖਮ ਹਨ : (macroscopic and microscopic)।

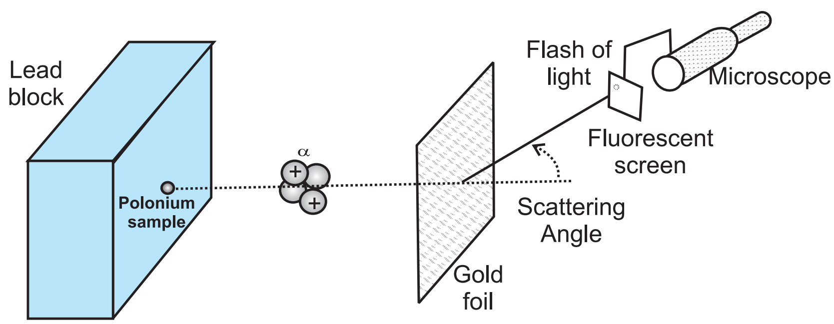
ਸਥੂਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਯੋਗਸ਼ਾਲਾ, ਧਰਤੀ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ (terrestrial) ਅਤੇ ਖਗੋਲੀ ਪੱਧਰ (astronomical scale) ਦੀਆਂ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਸ਼ਾਮਲ ਹਨ। ਜਦੋਂ ਕਿ ਸੂਖਮ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰ ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਪਰਮਾਣਵੀਂ, ਆਣਵਿਕ ਅਤੇ ਨਾਭਿਕੀ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਆਉਂਦੀਆਂ ਹਨ।* **ਕਲਾਸੀਕਲ ਭੌਤਿਕੀ (Classical Physics)** ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਮੁੱਖ ਰੂਪ ਵਿਚ ਸਥੂਲ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ 'ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਇਸ ਵਿੱਚ **ਮਕੈਨਿਕਸ (Mechanics)**, **ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਡਾਇਨਾਮਿਕਸ (Electrodynamics)**, **ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਕੀ (Optics)** **ਅਤੇ ਥਰਮੋਡਾਇਨਾਮਿਕਸ (Thermodynamics)** ਵਰਗੇ ਵਿਸ਼ੇ ਸ਼ਾਮਲ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਮੈਕਨਿਕਸ ਵਿਸ਼ਾ ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਗਤੀ ਨਿਯਮਾਂ ਅਤੇ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ (gravitation) ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਸੰਬੰਧ ਕਣਾਂ, ਦ੍ਰਿੜ ਅਤੇ ਵਿਰੂਪਣਸ਼ੀਲ ਪਿੰਡਾਂ (rigid and deformable bodies) ਅਤੇ ਕਣਾਂ ਦੇ ਵਿਆਪਕ (general) ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਗਤੀ (ਜਾਂ ਸੰਤੁਲਨ) ਨਾਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜੇਟ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਨਿਕਲਦੀਆਂ ਗੈਸਾਂ ਦੁਆਰਾ ਰਾਕੇਟ ਨੋਦਨ (Rocket propulsion), ਜਲ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਸੰਚਾਰ, ਹਵਾ ਵਿੱਚ ਧੁਨੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਸੰਚਾਰ (Propagation of sound waves in air), ਕਿਸੇ ਬਲ ਕਾਰਨ ਝੁਕੀ ਹੋਈ ਛੜ ਦਾ ਸੰਤੁਲਨ, ਮਕੈਨਿਕਸ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਕੁਝ ਸਮੱਸਿਆਵਾਂ ਹਨ। ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਡਾਇਨਾਮਿਕਸ, ਚਾਰਜਿਤ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਵਸਤੂਆਂ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਨਾਲ ਡੀਲ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਮੁੱਢਲੇ ਨਿਯਮ ਕੂਲਮ (Coulomb), ਆਰਸਟਡ (Oersted), ਐਮਪੀਅਰ (Ampere), ਅਤੇ ਫੈਰਾਡੇ (Faraday), ਨੇ ਦਿੱਤੇ ਸਨ, ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਮੈਕਸਵੇਲ (Maxwell) ਨੇ ਆਪਣੀਆਂ ਮਸ਼ਹੂਰ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਵਿੱਚ ਇਕੱਠਾ ਕਰ ਦਿੱਤਾ। ਕਿਸੇ ਕਰੰਟ ਵਾਹੀ ਚਾਲਕ ਦੀ ਕਿਸੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਗਤੀ, ਕਿਸੇ ਬਿਜਲਈ ਸਰਕਟ ਦੀ ਪਰਤਵੀਂ ਵੋਲਟੇਜ (Signal) ਵਿੱਚ ਅਣੁਕਿਰਿਆ, ਕਿਸੇ ਐਨਟੀਨਾ (antenna) ਦੀ ਕਾਰਜ ਪ੍ਰਣਾਲੀ, ਆਇਨੋ ਸਫੀਅਰ (ionosphere) ਵਿੱਚੋਂ ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਸੰਚਾਰ ਆਦਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰੋਡਾਇਨਾਮਿਕਸ ਦੀਆਂ ਸਮੱਸਿਆਵਾਂ ਹਨ। ਆਪਟਿਕਸ (optics) ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ 'ਤੇ ਆਧਾਰਿਤ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ 'ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਦੂਰਬੀਨ (Telescope) ਅਤੇ ਸੂਖਸਦਰਸ਼ੀ ਜਾਂ ਖੁਰਦਬੀਨ (Microscope) ਦੀ ਕਾਰਜ ਪ੍ਰਣਾਲੀ, ਪਤਲੀ ਝਿੱਲੀ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਏ ਜਾਂਦੇ ਰੰਗ ਆਦਿ ਆਪਟਿਕਸ (optics) ਦੇ ਉਪ ਵਿਸ਼ੇ ਹਨ। ਮੈਕਨਿਕਸ (Mechanics) ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਥਰਮੋਡਾਇਨਾਮਿਕਸ (thremodynamics) ਉਪ ਵਿਸ਼ੇ ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਵਸਤੂਆਂ ਦੀ ਸਮੁੱਚੀ ਗਤੀ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ, ਬਲਕਿ ਅਜਿਹੀਆਂ ਪ੍ਰਣਾਲੀਆਂ (systems) ਨਾਲ ਵਿਵਹਾਰ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜੋ ਕਿ ਸਥੂਲ ਸੰਤੁਲਨ (macroscopic equilibrium) ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਸੰਬੰਧ ਬਾਹਰੀ ਕਾਰਜ (external work) ਅਤੇ ਤਾਪ ਸਥਾਨਾਂਤਰਨ (transfer of heat) ਦੁਆਰਾ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਆਂਤਰਿਕ ਊਰਜਾ (internal energy), ਤਾਪਮਾਨ (temperature), ਐਨਟਰਾਪੀ (entropy) ਆਦਿ ਵਿੱਚ ਹੋ ਰਹੇ ਅੰਤਰ ਨਾਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਤਾਪ ਇੰਜਣ (heat engine) ਅਤੇ ਫਰਿੱਜ਼ (refrigerator) ਦੀ ਦਕਸ਼ਤਾ (efficiency), ਭੌਤਿਕ (physical) ਜਾਂ ਰਸਾਇਣਿਕ (chemical) ਪ੍ਰਕਿਰਿਆਵਾਂ ਆਦਿ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ, ਥਰਮੋਡਾਇਨਾਮਿਕਸ ਦੀਆਂ ਰੁਚੀਕਰ ਸਮੱਸਿਆਵਾਂ ਹਨ।

* ਕੁਝ ਸਮਾਂ ਪਹਿਲਾਂ ਹੀ ਖੋਜ ਦੇ ਉਤੇਜਨਾਪੂਰਣ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਨਵੇਂ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰ (ਜਿਸਨੂੰ ਮੀਸੋਸਕੋਪਿਕ ਭੌਤਿਕੀ (mesoscopic physics) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ)ਦਾ ਅਰੰਭ ਹੋਇਆ ਹੈ ਜੋ ਸਥੂਲ ਅਤੇ ਸੂਖਮ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਹੈ। ਇਸਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਕੁਝ ਦਸ ਜਾਂ ਸੈਂਕੜੇਂ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਨਾਲ ਵਿਵਹਾਰ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਸੂਖਮ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰ (microscopic domain) ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਅਤੇ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਪੱਧਰ ਦੇ ਬਹੁਤ ਹੀ ਸੂਖਮ ਪੈਮਾਨੇ ਤੇ (ਅਤੇ ਇਸ ਤੋਂ ਵੀ ਘੱਟ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਪੈਮਾਨੇ ਤੇ) ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਸੰਘਟਨ ਅਤੇ ਸੰਰਚਨਾ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪ੍ਰੋਬ (Probe) ਜਿਵੇਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਅਤੇ ਹੋਰ ਮੂਲ ਕਣਾਂ ਨਾਲ ਇੰਟਰਐਕਸ਼ਨ (interaction) ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਲਾਸੀਕਲ ਭੌਤਿਕੀ (Classical Physics) ਇਸ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰ ਨਾਲ ਨਜਿੱਠਣ (deal) ਲਈ ਨਾਕਾਫ਼ੀ ਸਾਬਿਤ ਹੋਈ ਹੈ ਅਤੇ ਕੁਝ ਸਮਾਂ ਪਹਿਲਾਂ ਹੀ ਕੁਆਂਟਮ ਸਿਧਾਂਤ (quantum theory) ਨੂੰ ਹੀ ਸੂਖਮ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ (microscopic phenomenon) ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਨ ਲਈ ਉਚਿਤ ਢਾਂਚਾ ਮੰਨ੍ਹਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਸਮੁੱਚੇ ਤੌਰ 'ਤੇ, ਭੌਤਿਕੀ ਦੀ ਇਮਾਰਤ ਸੁੰਦਰ ਅਤੇ ਆਲੀਸ਼ਾਨ ਹੈ ਅਤੇ ਜਿਵੇਂ-ਜਿਵੇਂ ਤੁਸੀਂ ਇਸ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿਚ ਅੱਗੇ ਵੱਧਦੇ ਜਾਉਗੇ ਇਸਦੇ ਮਹੱਤਵ ਨੂੰ ਤੁਸੀਂ ਹੋਰ ਸਲਾਹੁਣ ਲੱਗ ਜਾਉਗੇ।

ਹੁਣ ਤੁਸੀਂ ਇਹ ਕਲਪਨਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹੋ ਕਿ ਭੌਤਿਕੀ ਦਾ ਕਾਰਜ ਖੇਤਰ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਵਿਸ਼ਾਲ ਹੈ। ਇਹ ਲੰਬਾਈ, ਪੁੰਜ, ਸਮਾਂ, ਊਰਜਾ ਆਦਿ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ (Physical quantities) ਦੇ ਪਰਿਮਾਣਾਂ (magnitudes) ਦੀ ਬੇਪਨਾਹ ਰੇਂਜ ਨੂੰ ਕਵਰ ਕਰਦੀ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 1.1 ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਸਿਧਾਂਤ ਅਤੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਚੱਲਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇੱਕ-ਦੂਸਰੇ ਦੀ ਉੱਨਤੀ ਵਿੱਚ ਸਹਾਇਤਾ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਰਦਰਫੋਰਡ ਅਲਫਾ ਪ੍ਰਕੀਰਣ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਨਿਊਕਲੀਅਰ ਮਾਡਲ ਨੂੰ ਸਥਾਪਿਤ ਕੀਤਾ।

ਇੱਕ ਪਾਸੇ ਇਸਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ, ਪ੍ਰੋਟਾਨ, ਆਦਿ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਦਾ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਅਤਿ ਸੂਖਮ ਪੈਮਾਣੇ (10^{-14} m ਜਾਂ ਇਸ ਤੋਂ ਵੀ ਘੱਟ) ਤੇ ਅਧਿਐਨ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਉਲਟ, ਦੂਸਰੇ ਪਾਸੇ ਇਸਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਖਗੋਲੀ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਅਕਾਸ਼ ਗੰਗਾਵਾਂ (galaxies) ਦੇ ਵਿਸਤਾਰਾਂ ਜਾਂ ਸਾਰੇ ਸੰਸਾਰ ਦੇ ਪੈਮਾਨੇ, ਜਿਸਦਾ ਵਿਸਤਾਰ 10^{26} m ਕੋਟੀ (order) ਦਾ ਹੈ, 'ਤੇ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਇਹਨਾਂ ਦੋ ਪੈਮਾਨਿਆਂ ਵਿੱਚ 10^{40} ਜਾਂ ਹੋਰ ਵੀ ਵੱਧ ਗੁਣਕ ਦਾ ਅੰਤਰ ਹੈ। ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਪੈਮਾਨੇ (scale) ਦੀ ਰੇਂਜ ਨੂੰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਭਾਗ ਕਰਕੇ ਸਮੇਂ ਦੇ ਪੈਮਾਨਿਆਂ ਦੀ ਰੇਂਜ 10^{-22}s ਤੋਂ 10^{18}s ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪੁੰਜਾਂ ਦੀ ਰੇਂਜ ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ 10^{-30}kg (ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਪੁੰਜ) ਤੋਂ 10^{55}kg (ਗਿਆਤ ਪ੍ਰੇਖਿਤ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਦਾ ਪੁੰਜ) ਤੱਕ ਹੈ। ਧਰਤੀ ਤੇ ਹੋਣ ਵਾਲੀਆਂ (Terrestrial) ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਇਸ ਰੇਂਜ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਕੀਤੀਆਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ।

ਭੌਤਿਕੀ ਕਈ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਾਲ ਉਤੇਜਕ ਹੈ। ਕੁਝ ਵਿਅਕਤੀ ਇਸਦੇ ਮੂਲ ਸਿਧਾਂਤਾਂ ਦੀ ਸੁੰਦਰਤਾ ਅਤੇ ਵਿਸ਼ਵ ਵਿਆਪਕਤਾ ਨਾਲ ਇਸ ਤੱਥ ਨੂੰ ਲੈ ਕੇ ਉਤੇਜਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ ਕਿ ਭੌਤਿਕੀ ਦੀਆਂ ਕੁਝ ਮੂਲ ਸੰਕਲਪਨਾਵਾਂ ਅਤੇ ਨਿਯਮਾਂ ਦੁਆਰਾ ਵੱਡੀ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ਾਲ ਪਰਿਸਰ ਨੂੰ ਕਵਰ ਕਰਨ ਵਾਲੀਆਂ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਕੁਝ ਹੋਰਾਂ ਲਈ ਕੁਦਰਤ ਦੇ ਰਹੱਸਾਂ ਤੋਂ ਪਰਦਾ ਚੁੱਕਣ ਲਈ ਕਲਪਨਾਸ਼ੀਲ ਨਵੇਂ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰਨ ਦੀ ਚੁਨੌਤੀ, ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ ਸੱਚ ਸਿੱਧ ਕਰਨਾ ਜਾਂ ਝੂਠਾ ਸਾਬਿਤ ਕਰਨਾ ਰੋਮਾਂਚਕਾਰੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਅਨੁਪ੍ਰਯੁਕਤ ਭੌਤਿਕੀ (Applied Physics) ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਵਿਚ ਮਹਤਵਪੂਰਨ ਹੈ। ਭੌਤਿਕ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਅਤੇ ਸਵਾਰਥ ਸਾਧਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਉਪਯੋਗੀ ਯੁਕਤੀਆਂ (devices) ਨੂੰ ਬਣਾਉਣਾ ਭੌਤਿਕੀ ਦਾ ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਹੀ ਰੋਚਕ ਅਤੇ ਉਤੇਜਨਾਪੂਰਨ ਭਾਗ ਹੈ, ਜਿਸ ਲਈ ਬਹੁਤ ਹੀ ਕੁਸ਼ਲਤਾ ਅਤੇ ਲਗਾਤਾਰ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ਾਂ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਪਿਛਲੀਆਂ ਕੁਝ ਸ਼ਤਾਬਦੀਆਂ ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਹੋਈ ਅਸਾਧਾਰਨ ਉੱਨਤੀ ਦਾ ਕੀ ਰਹੱਸ ਹੈ? ਬਹੁਤ ਵੱਡੇ ਪੱਧਰ ਦੀ ਤਰੱਕੀ ਅਕਸਰ ਸਾਡੇ ਮੂਲ ਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀਕੋਣ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨਾਂ ਨਾਲ ਜੁੜੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਪਹਿਲਾਂ ਇਹ ਮਹਿਸੂਸ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਿ ਵਿਗਆਨਿਕ ਤਰੱਕੀ ਲਈ ਸਿਰਫ਼ ਗੁਣਾਤਮਕ ਸੋਚ ਹੋਣਾ, ਬਿਨਾਂ ਸ਼ੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਹੈ, ਪਰ ਕਾਫ਼ੀ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਭੌਤਿਕੀ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਕੁਦਰਤੀ ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ ਸਪਸ਼ੱਟ ਤੌਰ 'ਤੇ ਗਣਿਤਕ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ, ਵਿੱਚ ਵਿਗਿਆਨ ਵਿਕਾਸ ਲਈ ਮਾਤਰਾਤਮਕ ਮਾਪਣ ਪ੍ਰਮੁੱਖ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਦੂਸਰੀ ਬਹੁਤ ਹੀ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਅੰਤਰ ਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀ ਇਹ ਸੀ ਕਿ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਮੂਲ ਨਿਯਮ ਵਿਸ਼ਵ ਵਿਆਪੀ ਹਨ — ਸਮਾਨ ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪ੍ਰਸੰਗਾਂ ਵਿੱਚ ਲਾਗੂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਅੰਜਾਜਨ ਦਾ ਸਮਾਯੋਜਨ (strategy of approximation) ਬਹੁਤ ਸਫ਼ਲ ਸਿੱਧ ਹੋਈ। ਰੋਜ਼ਾਨਾ ਜੀਵਨ ਦੀਆਂ ਬਹੁਤੀਆਂ ਪ੍ਰੇਖਿਤ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਮੂਲ ਨਿਯਮਾਂ ਦਾ ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਅਭਿਵਿਅਕਤੀ ਹੀ

ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਨੇ ਕਿਸੇ ਪਰਿਘਟਨਾ ਦੀਆਂ ਸਾਰਭੂਤ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ਤਾਵਾਂ ਦੇ ਸਾਰ ਕੱਢਣ ਲਈ ਮਹੱਤਵ ਦੀ ਪਛਾਣ ਉਸ ਪਰਿਘਟਨਾ ਦੇ ਤੁਲਨਾਤਮਕ ਘੱਟ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਪਹਿਲੂਆਂ ਨਾਲ ਕੀਤੀ। ਕਿਸੇ ਪਰਿਘਟਨਾ ਦੀਆਂ ਸਾਰੀਆਂ ਗੁੰਝਲਾਂ ਨੂੰ ਇੱਕਠਿਆਂ ਇੱਕੋ ਵੇਲੇ ਹੀ ਸਪੱਸ਼ਟ ਕਰ ਪਾਉਣਾ ਵਿਵਹਾਰਕ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇੱਕ ਵਧੀਆ ਯੁਕਤੀ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਪਹਿਲਾਂ ਕਿਸੇ ਪਰਿਘਟਨਾ ਦੇ ਬਹੁਤ ਹੀ ਜ਼ਰੂਰੀ ਲਛੱਣਾਂ 'ਤੇ ਧਿਆਨ ਕੇਂਦਰਿਤ ਕਰਕੇ ਉਸਦੇ ਮੂਲ ਸਿਧਾਂਤਾਂ ਨੂੰ ਲੱਭਿਆ ਜਾਵੇ ਅਤੇ ਫਿਰ ਸੋਧਾਂ ਕਰਕੇ ਉਸਨੂੰ ਸੁਧਾਰਿਆ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਕਿ ਪਰਿਘਟਨਾ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤਾਂ ਨੂੰ ਹੋਰ ਵੀ ਸਪੱਸ਼ਟ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕੇ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਕਿਸੇ ਪੱਥਰ ਅਤੇ ਖੰਭ ਨੂੰ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਉਚਾਈ ਤੋਂ ਇੱਕੋ ਸਮੇਂ ਸੁੱਟਣ ਤੇ ਇੱਕੋ ਵੇਲੇ ਧਰਤੀ 'ਤੇ ਨਹੀਂ ਡਿਗਦੇ। ਇਸ ਦਾ ਕਾਰਨ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਪਰਿਘਟਨਾ ਦੇ ਜ਼ਰੂਰੀ ਪਹਿਲੂ ਅਰਥਾਤ "ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਦੇ ਤਹਿਤ ਫ੍ਰੀ ਫਾਲ" (Free fall under gravity) ਨੂੰ ਹਵਾ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੀ ਮੌਜੂਦਗੀ ਨੇ ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਬਣਾ ਦਿੱਤਾ ਹੈ। ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਦੇ ਅਧੀਨ ਫ੍ਰੀ ਫਾਲ ਦਾ ਨਿਯਮ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ ਇਹ ਉਚਿਤ ਹੋਵੇਗਾ ਕਿ ਅਜਿਹੇ ਹਾਲਾਤ ਪੈਦਾ ਕੀਤੇ ਜਾਣ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਹਵਾ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਨਾ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇ ਅਤੇ ਅਜਿਹਾ ਕੀਤਾ ਵੀ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ, ਪੱਥਰ ਅਤੇ ਖੰਭ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਨਿਰਵਾਯੂ ਵਾਲੀ ਲੰਬੀ ਨਲੀ (evacuated tube) ਵਿੱਚ ਨਾਲੋਂ-ਨਾਲ ਡਿਗਣ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ। ਇਸ ਕੇਸ ਵਿੱਚ, ਦੋਵੇਂ ਵਸਤੂਆਂ (ਪੱਥਰ ਅਤੇ ਖੰਭ) ਲਗਭਗ ਇਕੋ ਸਮੇਂ ਡਿਗਣਗੀਆਂ ਜਿਸ ਨਾਲ ਸਾਨੂੰ ਇਹ ਮੂਲ ਨਿਯਮ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਵੇਗਾ ਕਿ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨੀ ਪ੍ਰਵੇਗ (acceleration due to gravity) ਵਸਤੂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਨਿਯਮ ਨਾਲ ਅਸੀਂ ਮੁੜ ਖੰਭ ਵਾਲੇ ਕੇਸ ਤੇ ਜਾ ਸਕਦੇ ਹਾਂ, ਹਵਾ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੇ ਕਾਰਨ ਸੋਧ ਸ਼ਾਮਲ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ, ਪੁਰਾਣੇ ਸਿਧਾਂਤ ਵਿੱਚ ਸੋਧ ਕਰਕੇ ਅਤੇ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਧਰਤੀ ਤੇ ਡਿਗਦੀਆਂ ਵਸਤੂਆਂ (objects) ਲਈ ਵਧੇਰੇ ਯਥਾਰਥਕ ਸਿਧਾਂਤ ਬਣਾਉਣ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

ਪਰਿਕਲਪਨਾਵਾਂ, ਸਵੈ-ਸਿੱਧ, ਮਾਡਲ

ਕਿਸੇ ਨੂੰ ਇਹ ਨਹੀਂ ਸਮਝਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਕਿ ਭੌਤਿਕੀ ਅਤੇ ਗਣਿਤ ਦੁਆਰਾ ਸਭ ਕੁਝ ਸਿੱਧ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਸਮੁੱਚੀ ਭੌਤਿਕੀ ਅਤੇ ਗਣਿਤ ਵੀ ਕਲਪਨਾਵਾਂ 'ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਹਰੇਕ ਨੂੰ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਪਰਿਕਲਪਨਾ, ਸਵੈ-ਸਿੱਧ ਜਾਂ ਮਾਡਲ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਨਿਊਟਨ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਦਾ ਵਿਸ਼ਵਵਿਆਪੀ ਨਿਯਮ ਇੱਕ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਹੈ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਉਸ ਨੇ ਆਪਣੀ ਕੁਸ਼ਲਤਾ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਸਤਾਵਿਤ ਕੀਤਾ ਸੀ। ਇਸ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਉਸ ਕੋਲ ਸੂਰਜ ਦੇ ਆਲ਼ੇ-ਦੁਆਲ਼ੇ ਗ੍ਰਹਿਆਂ ਦੀ ਗਤੀ, ਧਰਤੀ ਦੇ ਆਲ਼ੇ-ਦੁਆਲ਼ੇ ਚੰਨ ਦੀ ਗਤੀ, ਡੋਲਕ, ਧਰਤੀ ਵੱਲ ਡਿਗਦੇ ਪਿੰਡ ਆਦਿ ਦੇ ਸੰਬੰਧ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਪ੍ਰੇਖਣ, ਤਜ਼ਰਬੇ ਅਤੇ ਅੰਕੜੇ ਮੌਜੂਦ ਸਨ। ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਹਰੇਕ ਲਈ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸਪੱਸ਼ਟੀਕਰਨਾਂ ਦੀ ਲੋੜ ਸੀ ਜੋ ਕਿ ਕਰੀਬ-ਕਰੀਬ ਗੁਣਾਤਮਕ ਸਨ। ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਦੇ ਵਿਸ਼ਵਵਿਆਪੀ ਨਿਯਮ ਦਾ ਜੋ ਕੁਝ ਕਹਿਣਾ ਹੈ, ਉਹ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਜੇ ਅਸੀਂ ਇਹ ਕਲਪਨਾ ਕਰੀਏ ਕਿ ਇਸ ਵਿਸ਼ਵ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਦੋ ਪਿੰਡ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਇੱਕ ਬਲ ਦੁਆਰਾ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਇਹ ਬਲ (force) ਇਹਨਾਂ ਦੋਨਾਂ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜਾਂ (masses) ਦੇ ਗੁਣਨਫਲ (Product) ਦੇ ਸਿੱਧਾ ਅਨੁਪਾਤੀ (directly proportional) ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਵਿਚਲੀ ਦੂਰੀ ਦੇ ਵਰਗ (square) ਦੇ ਉਲਟ ਅਨੁਪਾਤੀ (inversely proportional) ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਇਹਨਾਂ ਸਾਰੇ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਸਿਰਫ਼ ਇੱਕੋ ਹੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਵਿਚ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਹ ਸਿਰਫ਼ ਇਹਨਾਂ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਦੀ ਹੀ ਵਿਆਖਿਆ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ, ਬਲਕਿ ਇਹ ਭਵਿੱਖ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੇ ਸਿੱਟਿਆਂ ਦੀ ਭਵਿੱਖਬਾਣੀ ਕਰਨ ਦੀ ਸਾਨੂੰ ਆਗਿਆ ਵੀ ਦਿੰਦਾ ਹੈ।

ਕੋਈ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਇੱਕ ਅਜਿਹਾ ਅੰਦਾਜ਼ਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਉਸ ਦੀ ਸਚਾਈ ਸਾਬਿਤ ਕੀਤੇ ਬਿਨਾਂ ਲਗਾਇਆ ਲੀ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਨੂੰ ਵੀ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਦੇ ਵਿਸ਼ਵਵਿਆਪੀ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਪ੍ਰਮਾਣਿਤ ਕਰਨ ਲਈ ਕਹਿਣਾ ਨਿਆ ਸੰਗਤ ਨਹੀਂ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਇਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰਮਾਣਿਤ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ। ਇਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਅਤੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਜਾਂਚਿਆ ਅਤੇ ਸਿੱਧ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਐਗਜ਼ੀਅਮ (axiom) ਇੱਕ ਸਵੈ-ਸਿੱਧ ਸੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਕੋਈ ਮਾਡਲ ਪ੍ਰੇਖਤ ਪਰਿਘਟਨਾ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਲਈ ਪ੍ਰਸਤਾਵਿਤ ਇੱਕ ਸਿਧਾਂਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਤੁਹਾਨੂੰ ਇਸ ਪੱਧਰ ਤੇ ਇਹਨਾਂ ਸ਼ਬਦਾਂ ਦੇ ਉਪਯੋਗ ਵਿੱਚ ਅਰਥ ਭੇਦ ਕਰਨ ਲਈ ਚਿੰਤਾ ਕਰਨ ਦੀ ਕੋਈ ਲੋੜ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਤੁਸੀਂ ਅਗਲੇ ਸਾਲ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਬੋਹਰ ਮਾਡਲ (Bohr Model) ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਅਧਿਐਨ ਕਰਨਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਬੋਹਰ ਨੇ ਇਹ ਕਲਪਨਾ ਕੀਤੀ ਸੀ ਕਿ "ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਕੁਝ ਨਿਯਮਾਂ ਮਨੌਤੀਆਂ (postulates) ਦੀ ਪਾਲਣਾ ਕਰਦੇ ਹਨ।" ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਅਜਿਹਾ ਕਿਉਂ ਕੀਤਾ ਸੀ ? ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਕੋਲ ਵਡੀ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ਸਪੈਕਟਰਮੀ ਅੰਕੜੇ ਉਪਲਬਧ ਸਨ। ਜਿਹਨਾਂ ਦੀ ਹੋਰ ਕੋਈ ਸਿਧਾਂਤ ਵਿਆਖਿਆ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਿਆ ਸੀ। ਇਸ ਲਈ ਬੋਹਰ ਨੇ ਕਿਹਾ ਸੀ ਕਿ ਜੇ ਅਸੀਂ ਇਹ ਕਲਪਨਾ ਕਰ ਲਈਏ ਕਿ ਕੋਈ ਪਰਮਾਣੂ ਇਸ ਢੰਗ ਨਾਲ ਵਿਵਹਾਰ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਤੁਰੰਤ ਹੀ ਇਹਨਾਂ ਸਾਰੀਆਂ ਘਟਨਾਵਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

ਆਈਨਸਟੀਨ (Einstein) ਦਾ ਸਾਪੇਖਤਾ ਦਾ ਵਿਸ਼ਿਸ਼ਟ ਸਿਧਾਂਤ (special theory of relativity) ਵੀ ਦੋ ਮਨੌਤੀਆਂ (postulates) "ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕਿਰਨਾਂ (electromagnetic radiation) ਦੀ ਚਾਲ ਦੀ ਸਥਿਰਤਾ" ਅਤੇ "ਸਾਰੇ ਜੜ੍ਹ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਤੰਤਰਾਂ (inertial frame of reference) ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕ ਨਿਯਮਾਂ ਦਾ ਜਾਇਜ਼ (valid) ਹੋਣਾ" 'ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ। ਸਾਡੇ ਲਈ ਕਿਸੇ ਨੂੰ ਇਹ ਕਹਿਣਾ ਸਿਆਣਪ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗੀ ਕਿ ਉਹ ਪ੍ਰਮਾਣਿਤ ਕਰੇ ਕਿ "ਨਿਰਵਾਯੂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ ਸਥਿਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ" ਸ੍ਰੋਤ ਜਾਂ ਪ੍ਰੇਖਕ 'ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦੀ।

ਗਣਿਤ ਵਿੱਚ ਵੀ ਸਾਨੂੰ ਪਰਿਕਲਪਨਾਵਾਂ ਅਤੇ ਐਗਜ਼ੀਅਮਾਂ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਯੂਕਲਿਡ (Euclid) ਦਾ ਇਹ ਕਥਨ ਕਿ ਸਮਾਂਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਕਦੇ ਨਹੀਂ ਮਿਲਦੀਆਂ, ਇੱਕ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਇਹ ਅਰਥ ਹੈ ਕਿ ਜੇ ਅਸੀਂ ਇਸ ਕਥਨ ਨੂੰ ਅਪਣਾ ਲਈਏ ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਸਮਾਂਤਰ ਰੇਖਾਵਾਂ ਦੇ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਗੁਣਾਂ ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਤੋਂ ਬਣੀਆਂ ਦੋ ਜਾਂ ਤਿੰਨ ਵਿਭਾਂ (dimensions) ਵਾਲੀਆਂ ਆਕ੍ਰਿਤੀਆਂ (figures) ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਪਰ ਜੇ ਤੁਸੀਂ ਇਸ ਨੂੰ ਨਹੀਂ ਅਪਣਾਉਂਦੇ, ਤਾਂ ਤੁਸੀਂ ਇੱਕ ਅਲੱਗ ਐਗਜ਼ੀਅਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਲਈ ਅਜ਼ਾਦ ਹੋ ਅਤੇ ਇੱਕ ਨਵੀਂ ਜਿਉਮੈਟਰੀ (geometry) ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ, ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਪਿਛਲੀਆਂ ਕੁਝ ਸਦੀਆਂ ਅਤੇ ਦਸ਼ਕਾਂ ਵਿੱਚ ਘਟਿਤ ਹੋਇਆ ਹੈ।

1.3 ਭੌਤਿਕੀ, ਤਕਨੀਕੀ ਅਤੇ ਸਮਾਜ (PHYSICS, TECHNOLOGY AND SOCIETY)

ਭੌਤਿਕੀ, ਤਕਨੀਕੀ ਅਤੇ ਸਮਾਜ ਦੇ ਵਿਚ ਆਪਸੀ ਸੰਬੰਧਾਂ ਨੂੰ ਬਹੁਤ ਸਾਰੀਆਂ ਉਦਾਹਰਨਾਂ ਵਿੱਚ ਦੇਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਥਰਮੋਡਾਈਨਾਮਿਕਸ (Thermodynamics) ਵਿਸ਼ੇ ਦਾ ਅਰੰਭ ਤਾਪ ਇੰਜਣਾਂ ਦੀ ਕਾਰਜ ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਨੂੰ ਸਮਝਣ ਅਤੇ ਉਸ ਵਿਚ ਸੋਧ ਕਰਨ ਦੀ ਲੋੜ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੋਇਆ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਇੰਜਣ ਨੂੰ, ਇੰਗਲੈਂਡ ਵਿੱਚ ਅਠਾਰ੍ਹਵੀਂ ਸ਼ਤਾਬਦੀ ਵਿੱਚ ਹੋਈ ਉਦਯੋਗਿਕ ਕ੍ਰਾਂਤੀ, ਜਿਸ ਨੇ ਮਨੁੱਖੀ ਸਭਿਅਤਾ ਨੂੰ ਬਹੁਤ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਕੀਤਾ ਸੀ, ਤੋਂ ਵੱਖ ਕਰ ਕੇ ਨਹੀਂ ਵੇਖ ਸਕਦੇ। ਕਈ ਵਾਰ ਕੋਈ ਤਕਨੀਕੀ ਨਵੀਂ ਭੌਤਿਕੀ ਨੂੰ ਜਨਮ ਦਿੰਦੀ ਹੈ, ਕਈ ਵਾਰ ਭੌਤਿਕੀ ਨਵੀਂ ਤਕਨੀਕੀ ਨੂੰ ਪੈਦਾ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਭੌਤਿਕੀ ਦੁਆਰਾ ਨਵੀਂ ਤਕਨੀਕੀ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਦੀ ਉਦਾਹਰਨ ਬੇਤਾਰ ਸੰਚਾਰ ਤਕਨੀਕੀ (wireless communication technology) ਹੈ। ਜਿਸਦਾ ਵਿਕਾਸ 19ਵੀਂ ਸਦੀ ਵਿੱਚ ਹੋਈ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕਤਾ ਦੇ ਮੂਲ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਖੋਜ ਕਾਰਨ ਹੋਇਆ। ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਅਣੂਪ੍ਰਯੋਗਾਂ (Applications) ਦਾ ਹਮੇਸ਼ਾਂ ਪੂਰਵ ਗਿਆਨ ਰੱਖਣਾ ਸੌਖਾ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਸਾਲ 1933 ਤੱਕ ਮਹਾਨ ਵਿਗਿਆਨੀ ਅਰਨਸਟ ਰਦਰਫੋਰਡ (Ernest Rutherford) ਨੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਤੋਂ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਾਪਤੀ ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਨੂੰ ਨਕਾਰ ਦਿੱਤਾ ਸੀ। ਪਰ ਕੁਝ ਹੀ ਸਾਲਾਂ ਬਾਅਦ ਸਾਲ 1938 ਵਿੱਚ ਹੇਨ ਅਤੇ ਮਾਈਟਨਰ (Hahn and Meitner) ਨੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਯੂਰੇਨੀਅਮ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਵਿਖੰਡਨ (fission) ਦੀ ਪਰਿਘਟਨਾ ਦੀ ਖੋਜ ਕੀਤੀ, ਜੋ ਨਿਊਕਲੀ ਸ਼ਕਤੀ ਰਿਐਕਟਰ ਅਤੇ ਨਿਊਕਲੀ ਹਥਿਆਰਾਂ (Nuclear weapons) ਦਾ ਅਧਾਰ ਬਣਿਆ। ਭੌਤਿਕੀ ਤੋਂ ਇੱਕ ਨਵੀਂ ਤਕਨੀਕੀ ਦੇ ਜਨਮ ਦਾ ਇੱਕ ਹੋਰ ਉਦਾਹਰਨ ਸਿਲੀਕਾਨ 'ਚਿਪ' ਹੈ, ਜਿਸਨੇ ਵੀਹਵੀਂ ਸਦੀ ਦੇ ਅੰਤਿਮ ਤਿੰਨ ਦਸ਼ਕਾ ਵਿੱਚ ਕੰਪਿਊਟਰ ਕ੍ਰਾਂਤੀ ਨੂੰ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਕੀਤਾ। ਇੱਕ ਹੋਰ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਖੇਤਰ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕੀ ਦਾ ਯੋਗਦਾਨ ਹੈ ਅਤੇ ਭਵਿੱਖ ਵਿੱਚ ਵੀ ਰਹੇਗਾ, ਉਹ ਹੈ "ਵਿਕਲਪੀ ਊਰਜਾ ਸੰਸਾਧਨਾਂ ਦਾ ਵਿਕਾਸ।" ਸਾਡੇ ਗ੍ਰਹਿ 'ਤੇ ਪਥਰਾਟ ਬਾਲਣ (fossil fuel) ਬਹੁਤ ਹੀ ਤੇਜ਼ ਗਤੀ ਨਾਲ ਖਾਤਮੇ ਵੱਲ ਵੱਧ ਰਹੇ ਹਨ ਅਤੇ ਨਵੇਂ ਤੇ ਸਸਤੇ ਊਰਜਾ ਸਰੋਤਾਂ ਦੀ ਖੋਜ ਬਹੁਤ ਹੀ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ। ਇਸ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਪਹਿਲਾਂ ਹੀ ਬਹੁਤ ਤਰੱਕੀ ਹੋ ਚੁੱਕੀ ਹੈ। (ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਸੌਰ ਊਰਜਾ, ਭੂ-ਤਾਪੀ ਊਰਜਾ ਆਦਿ ਦਾ ਬਿਜਲੀ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਰੂਪਾਂਤਰਨ), ਪਰ ਅਜੇ ਹੋਰ ਵੀ ਬਹੁਤ ਕੁਝ ਕਰਨਾ ਬਾਕੀ ਹੈ।

ਸਾਰਨੀ 1.1 ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਮਹਾਨ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ, ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਮੁੱਖ ਯੋਗਦਾਨ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਮੂਲ ਦੇਸ਼ਾਂ ਦੀ ਸੂਚੀ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਹੈ। ਇਸ ਦੁਆਰਾ ਤੁਸੀਂ ਵਿਗਿਆਨਕ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ਾਂ ਦੇ ਬਹੁ-ਸੰਸਕ੍ਰਿਤਕ, ਅੰਤਰਰਾਸ਼ਟਰੀ ਸਰੂਪ ਦਾ ਮੁਲਾਂਕਨ ਕਰੋਗੇ। ਸਾਰਨੀ 1.2 ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਤਕਨਾਲਜੀਆਂ ਅਤੇ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਉਹਨਾਂ ਸਿਧਾਂਤਾਂ, ਜਿਹਨਾਂ ਤੇ ਇਹ ਅਧਾਰਿਤ ਹਨ,

ਸਾਰਨੀ 1.1 ਸੰਸਾਰ ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਦੇਸ਼ਾਂ ਦੇ ਕੁਝ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਦੇ ਪ੍ਰਮੁੱਖ ਯੋਗਦਾਨ

ਨਾਮ	ਪ੍ਰਮੁੱਖ ਯੋਗਦਾਨ/ਖੋਜ	ਮੂਲ ਦੇਸ਼
ਆਰਕੀਮਿਡੀਜ਼	buoyancy ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ, ਉਤੋਲਕ (lever) ਦਾ ਨਿਯਮ	ਯੂਨਾਨ
ਗੈਲਿਲੀਓ ਗੈਲੀਲੀ	ਜੜ੍ਹਤਾ ਦਾ ਨਿਯਮ (law of inertia)	ਇਟਲੀ
ਕ੍ਰਿਸ਼ਚਿਅਨ ਹਾਈਗੇਨਸ	ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਤਰੰਗ ਸਿਧਾਂਤ	ਹਾਲੈਂਡ
ਆਈਜ਼ਕ ਨਿਊਟਨ	ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਦਾ ਵਿਸ਼ਵਵਿਆਪਕ ਨਿਯਮ, ਗਤੀ ਦੇ ਨਿਯਮ, ਪਰਾਵਰਤੀ ਦੂਰਬੀਨ	ਇੰਗਲੈਂਡ
ਮਾਈਕਲ ਫੈਰਾਡੇ	ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਪ੍ਰੇਰਣਾ ਦੇ ਨਿਯਮ	ਇੰਗਲੈਂਡ
ਜੇਮਸ ਕਲਾਰਕ ਮੈਕਸਵੇਲ	ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਸਿਧਾਂਤ, ਪ੍ਰਕਾਸ਼ : ਇੱਕ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗ	ਇੰਗਲੈਂਡ
ਹੈਨਰੀਕ ਰੂਡੋਲਫ ਹਰਟਜ਼	ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ	ਜਰਮਨੀ
ਜਗਦੀਸ਼ ਚੰਦਰ ਬੋਸ	ਅਤੀਲਘੂ ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗਾਂ	ਭਾਰਤ
ਡਬਲਯੂ.ਕੇ. ਰੌਂਜਨ	ਐਕਸ-ਕਿਰਨਾਂ	ਜਰਮਨੀ
ਜੇ.ਜੇ.ਟੱਮਸਨ	ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ	ਇੰਗਲੈਂਡ
ਮੈਰੀ ਸਕਲੋਡੋਸਕਾ ਕਿਊਰੀ	ਰੇਡੀਅਮ ਅਤੇ ਪੋਲੋਨੀਅਮ ਦੀ ਖੋਜ, ਕੁਦਰਤੀ ਰੇਡੀਓ ਐਕਟਿਵਤਾ ਦਾ ਅਧਿਐਨ	ਪੋਲੈਂਡ
ਐਲਬਰਟ ਆਈਨਸਟੀਨ	ਫੋਟੋਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਪ੍ਰਭਾਵ, ਸਾਪੇਖਤਾ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ	ਜਰਮਨੀ
ਵਿਕਟਰ ਫਰਾਂਸਿਸ ਹੈਸ	ਕਾਸਮਿਕ ਵਿਕਿਰਨਾਂ	ਆਸਟਰੀਆ
ਆਰ.ਏ. ਮਿਲਿਕਨ	ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਚਾਰਜ ਦਾ ਮਾਪ	ਅਮਰੀਕਾ

ਨਾਮ	ਪ੍ਰਮੁੱਖ ਯੋਗਦਾਨ/ਖੋਜ	ਮੂਲ ਦੇਸ਼
ਅਰਨਸਟ ਰਦਰਫੋਰਡ	ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਨਿਊਕਲੀ ਮਾਡਲ	ਨਿਊਜ਼ੀਲੈਂਡ
ਨੀਲ ਬੋਹਰ	ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਕੁਆਂਟਮ ਮਾਡਲ	ਡੇਨਮਾਰਕ
ਚੰਦਰਸ਼ੇਖਰ ਵੇਂਕਟਰਮਨ	ਅਣੂਆਂ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਇਨਇਲਾਸਟਿਕ ਸਕੈਟਰਿੰਗ (Inelastic scattering)	ਭਾਰਤ
ਲੁਈਸ ਵਿਕਟਰ ਡੀ-ਬ੍ਰੋਗਲੀ	ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਤਰੰਗ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ	ਭਾਰਤ
ਮੇਘਨਾਥ ਸਾਹਾ	ਥਰਮਲ ਆਇਉਨਾਈਜੇਸ਼ਨ	ਭਾਰਤ
ਸਤੇਂਦਰ ਨਾਥ ਬੋਸ	ਕੁਆਂਟਮ ਸੰਖਿਅਕੀ	ਭਾਰਤ
ਵਾਲਫਗੈਂਗ ਪਾੱਲੀ	ਐਕਸਕਲੂਜ਼ਨ ਨਿਯਮ (Exclusion principle)	ਆਸਟਰੀਆ
ਐਨਰੀਕੋ ਫਰਮੀ	ਨਿਯੰਤਰਿਤ ਨਿਊਕਲੀ ਵਿਖੰਡਨ	ਇਟਲੀ
ਵਰਨਰ ਹੇਜਨਵਰਗ	ਕੁਆਂਟਮ ਯੰਤਰਿਕੀ; ਅਨਿਸ਼ਚਤਤਾ ਸਿਧਾਂਤ (Uncertainty principle)	ਜਰਮਨੀ
ਪਾਲ ਡਿਰਾਕ	ਸਾਪੇਖੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸਿਧਾਂਤ; ਕੁਆਂਟਮ ਸੰਖਿਅਕੀ	ਇੰਗਲੈਂਡ
ਐਡਵੀਨ ਹਬੱਲ	ਐਕਸਪੈਂਡਿੰਗ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ (Expanding universe)	ਅਮਰੀਕਾ
ਅਰਨਸਟ ਔਰਲੈਂਡੋ ਲਾਰੇਂਸ	ਸਾਈਕਲੋਟ੍ਰਾਨ	ਅਮਰੀਕਾ
ਜੇਮਸ ਚੈਡਵਿਕ	ਨਿਊਟਰਾੱਨ	ਇੰਗਲੈਂਡ
ਹਿਡੇਕੀ ਯੁਕਾਵਾ	ਨਿਊਕਲੀ ਬਲਾਂ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ	ਜਾਪਾਨ
ਹੋਮੀ ਜਹਾਂਗੀਰ ਭਾਭਾ	ਕਾਸਮਿਕ ਵਿਕਿਰਨਾਂ ਦੀ ਕਾਸਕੇਡ ਪ੍ਰੋਸੈਸ	ਭਾਰਤ
ਲੇਵ ਡੇਵੀਡੋਵਿਕ ਲੈਂਡੋ	ਕੰਡੈਸਡ (condensed) ਪਦਾਰਥ ਸਿਧਾਂਤ, ਤਰਲ ਹੀਲੀਅਮ	ਰੂਸ
ਐਸ ਚੰਦਰਸ਼ੇਖਰ	ਚੰਦਰਸ਼ੇਖਰ ਸੀਮਾ, ਤਾਰਿਆਂ ਦੀ ਸੰਰਚਨਾ ਅਤੇ ਵਿਕਾਸ	ਭਾਰਤ
ਜਾੱਨ ਬਾਰਡੀਨ	ਟਰਾਂਜਿਸਟਰ, ਸੁਪਰ ਕੰਡਕਟੀਵਿਟੀ ਸਿਧਾਂਤ (super conductivity)	ਅਮਰੀਕਾ
ਸੀ.ਐਚ. ਟਾਊਨਸ	ਮੇਸਰ, ਲੇਸਰ	ਅਮਰੀਕਾ
ਅਬਦੁਸ ਸਲਾਮ	ਦੁਰਬਲ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਇੰਟਰਐਕਸ਼ਨ ਦਾ ਏਕੀਕਰਨ (Unification of weak and electromagnetic interaction)	ਪਾਕਿਸਤਾਨ

ਦੀ ਸੂਚੀ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਹੈ। ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਸੂਚੀਆਂ ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਨਹੀਂ ਹਨ। ਅਸੀਂ ਤੁਹਾਨੂੰ ਅਨੁਰੋਧ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਤੁਸੀਂ ਆਪਣੇ ਅਧਿਆਪਕਾਂ ਦੀ ਸਹਾਇਤਾ, ਵਧੀਆ ਪੁਸਤਕਾਂ ਅਤੇ ਵਿਗਿਆਨ ਦੀ ਵੈਬਸਾਈਟ ਦੁਆਰਾ ਇਹਨਾਂ ਸਾਰਨੀਆਂ ਵਿਚ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਨਾਂ ਅਤੇ ਹੋਰ ਸੰਬੰਧਤ ਜਾਣਕਾਰੀ ਲਿਖ ਕੇ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਹੋਰ ਵਿਆਪਕ ਬਣਾਉਣ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕਰੋ। ਤੁਹਾਨੂੰ ਇਹ ਅਭਿਆਸ ਬਹੁਤ ਹੀ ਸਿੱਖਿਆਦਾਇਕ ਅਤੇ ਮਨੋਰੰਜਕ ਲਗੇਗਾ। ਸਾਨੂੰ ਪੂਰਾ ਵਿਸ਼ਵਾਸ਼ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਸੂਚੀ ਕਦੇ ਖ਼ਤਮ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗੀ। ਵਿਗਿਆਨ ਦੀ ਤਰੱਕੀ ਲਗਾਤਾਰ ਹੁੰਦੀ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ।

ਭੌਤਿਕੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ (nature) ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਿਰਤਕ ਪਰੀਘਟਨਾਵਾਂ (natural phenomenon) ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਹੈ। ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ, ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ 'ਤੇ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਣਾਂ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਵਿੱਚ ਕਿਰਿਆਤਮਕ ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ ਖੋਜਣ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਭੌਤਿਕੀ, ਪ੍ਰਕਿਰਤਕ ਜਗਤ ਨੂੰ ਨਿਯੰਤਰਿਤ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਕੁਝ ਮੂਲ ਨਿਯਮਾਂ/ਸਿਧਾਂਤਾਂ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੈ। ਭੌਤਿਕ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਕੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਹੈ? ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਮੂਲ ਬਲਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਅਤੇ ਇਸ ਭੌਤਿਕੀ ਜਗਤ ਨੂੰ ਨਿਯੰਤਰਿਤ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਵੱਖ ਵੱਖ ਨਿਯਮਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ਿਆਂ ਵਿਚ ਚਰਚਾ ਕਰਾਂਗੇ।

1.4 ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਵਿੱਚ ਮੂਲ ਬਲ (FUNDAMENTAL FORCES IN NATURE)*

ਸਾਡੇ ਸਾਰਿਆਂ ਵਿੱਚ ਬਲ ਬਾਰੇ ਇੱਕ ਸਹਿਜ ਧਾਰਨਾ ਬਣੀ ਹੋਈ ਹੈ। ਸਾਡੇ ਸਾਰਿਆਂ ਦਾ ਇਹ ਅਨੁਭਵ ਹੈ ਕਿ ਵਸਤੂਆਂ ਨੂੰ

* ਸੈਕਸ਼ਨ 1.4 ਅਤੇ 1.5 ਵਿੱਚ ਅਜਿਹੀਆਂ ਕਈ ਕਲਪਨਾਵਾਂ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਪਹਿਲੀ ਵਾਰ ਅਧਿਐਨ ਕਰਨ ਤੇ ਸਮਝਣ ਵਿੱਚ ਤੁਹਾਨੂੰ ਮੁਸ਼ਕਲ ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਕਰਕੇ, ਅਸੀਂ ਤੁਹਾਨੂੰ ਇਹ ਸਲਾਹ ਦਿੰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਤੁਸੀਂ ਇਹਨਾਂ ਦਾ ਸਾਵਧਾਨੀਪੂਰਵਕ ਅਧਿਐਨ ਕਰੋ ਤਾਂ ਜੋ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਕੁਝ ਮੂਲ ਪਹਿਲੂਆਂ ਦਾ ਬੋਧ ਵਿਕਸਿਤ ਹੋ ਜਾਵੇ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕੁਝ ਖੇਤਰ ਅਜਿਹੇ ਹਨ ਜੋ ਵਰਤਮਾਨ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਨੂੰ ਲਗਾਤਾਰ ਕਾਰਜ ਵਿੱਚ ਲਗਾ ਕੇ ਰਖ ਰਹੇ ਹਨ।

ਸਾਰਨੀ 1.2 ਤਕਨਾਲੋਜੀ ਅਤੇ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ

ਤਕਨਾਲੋਜੀ	ਵਿਗਿਆਨਕ ਸਿਧਾਂਤ
ਭਾਫ਼ ਇੰਜਣ	ਥਰਮੋਡਾਇਨਾਮਿਕਸ ਦੇ ਨਿਯਮ
ਨਿਊਕਲੀ ਰਿਐਕਟਰ	ਨਿਯੰਤਰਿਤ ਨਿਊਕਲੀ ਵਿਖੰਡਨ (fission)
ਰੇਡੀਓ ਅਤੇ ਟੈਲੀਵਿਜ਼ਨ	ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਉਤਪਾਦਨ, ਸੰਚਾਰਨ (propagation) ਅਤੇ ਸੰਸੂਚਨ (detection)।
ਕੰਪਿਊਟਰ	ਡਿਜ਼ੀਟਲ ਲੱਾਜਿਕ
ਲੇਸਰ	ਲਾਈਟ ਐਂਪਲੀਫਿਕੇਸ਼ਨ ਬਾਯ ਸਟੀਮੂਲੇਟਡ ਅਮੀਸ਼ਨ ਆਫ਼ ਰੇਡੀਏਸ਼ਨ
ਅਲਟਰਾ ਹਾਈ ਚੁਬੰਕੀ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰ ਦਾ ਉਤਪਾਦਨ	ਅਤੀਚਾਲਕਤਾ (Superconductivity)
ਰਾਕੇਟ ਪ੍ਰੋਪਲਸ਼ਨ	ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਗਤੀ ਦੇ ਨਿਯਮ
ਬਿਜਲੀ ਜਨਰੇਟਰ	ਫੈਰਾਡੇ ਦੇ ਬਿਜਲ-ਚੁੰਬਕੀ ਪ੍ਰੇਰਣ (electromagnetic induction) ਦੇ ਨਿਯਮ
ਹਾਈਡ੍ਰੋਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਪਾਵਰ	ਗੁਰੂਤਵੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦਾ ਬਿਜਲ ਊਰਜਾ ਵਿਚ ਰੂਪਾਂਤਰਨ
ਹਵਾਈ ਜਹਾਜ	ਤਰਲ ਗਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਬਰਨੌਲੀ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤ (Bernoulli's principle in fluid dynamics)
ਪਾਰਟੀਕਲ ਐਕਸਲਰੇਟਰ	ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਦੀ ਗਤੀ
ਸੋਨਾਰ	ਅਲਟਰਾਸੋਨਿਕ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਪਰਾਵਰਤਨ (reflection)
ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਕ ਰੇਸ਼ੇ (Optical fibres)	ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਪੂਰਨ ਆਂਤਰਿਕ ਪਰਾਵਰਤਨ (Total internal reflection of light)
ਅਪਰਾਵਰਤੀ ਆਵਰਨ (Non-reflecting coatings)	ਪਤਲੀਫਿਲਮ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ੀ ਵਿਅਕਤੀਕਰਨ Thin film optical interference
ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ/(microscope)	ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਤਰੰਗ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਤੀ
ਫੋਟੋਸੈਲ	ਫੋਟੋਇਲੈਕਟ੍ਰਿਕ ਪ੍ਰਭਾਵ
ਸੰਯੋਜਨ ਪਰੀਖਣ ਰਿਐਕਟਰ (ਟੋਕਾਮੈਕ) Fusion test reactor (Tokamak)	ਪਲਾਜਮਾ ਦਾ ਚੁੰਬਕੀ ਪਰੀਰੋਧ (Magnetic confinement of plasma)
ਜਾਇੰਟ ਮੀਟਰ ਵੇਵ ਰੇਡਿਓ ਟੈਲੀਸਕੋਪ (GMRT)	ਕਾਸਮਿਕ ਰੇਡਿਓ ਕਿਰਨਾਂ ਦਾ ਸੰਸੂਚਨ (Detection of radio cosmic waves)
ਬੋਸ-ਆਈਨਸਟੀਨ ਕੰਡਨਸੇਟ	ਲੇਸਰ ਪੁੰਜਾਂ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੁਆਰਾ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਟਰੈਪਿੰਗ ਅਤੇ ਕੂਲਿੰਗ (Trapping and cooling of atoms by laser beams and magnetic fields)

ਅਲਬਰਟ ਆਈਨਸਟੀਨ (1879-1955)

ਸਾਲ 1879 ਵਿੱਚ, ਉਲਮ, ਜਰਮਨੀ ਵਿੱਚ ਜਨਮੇ ਅਲਬਰਟ ਆਈਨਸਟੀਨ ਨੂੰ ਅੱਜ ਤੱਕ ਦੇ ਸਭ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਾਲ ਮਹਾਨ ਮੰਨੇ ਜਾਣ ਵਾਲੇ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਵਿੱਚੋਂ ਇੱਕ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਉਹਨਾਂ ਦਾ ਅਸਚਰਜ ਵਾਲਾ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਜੀਵਨ ਉਹਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਸਾਲ 1905 ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਤ ਤਿੰਨ ਕ੍ਰਾਂਤੀਕਾਰੀ ਸੋਧ ਪੱਤਰਾਂ ਨਾਲ ਸ਼ੁਰੂ ਹੋਇਆ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਆਪਣੇ ਪਹਿਲੇ ਸੋਧ ਪੱਤਰ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਵਾਂਟਾ (ਜਿਸ ਨੂੰ ਫੋਟਾਨ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ) ਦੀ ਧਾਰਨਾ ਨੂੰ ਪ੍ਰਸਤਾਵਿਤ ਕੀਤਾ ਅਤੇ ਇਸ ਧਾਰਨਾ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਪ੍ਰਭਾਵ (photoelectric effect) ਦੇ ਉਸ ਲੱਛਣ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਨ ਲਈ ਕੀਤੀ ਜਿਸ ਨੂੰ ਵਿਕਿਰਨਾਂ ਦੇ ਕਲਾਸੀਕਲ ਤਰੰਗ ਸਿਧਾਂਤ ਦੁਆਰਾ ਸਪੱਸ਼ਟ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਿਆ ਸੀ। ਆਪਣੇ ਦੂਸਰੇ ਸੋਧ ਪੱਤਰ ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਬਰਾਉਨੀ ਗਤੀ (Brownian motion) ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ ਵਿਕਸਿਤ ਕੀਤਾ ਜਿਸਦੀ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਪੁਸ਼ਟੀ ਕੁਝ ਸਾਲ ਬਾਦ ਹੋਈ। ਇਸ ਸਿਧਾਂਤ ਨੇ ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਪਰਮਾਣਵੀ ਚਿੱਤਰ ਦੇ ਵਿਸ਼ਵਾਸਯੋਗ ਪ੍ਰਮਾਣ ਪੇਸ਼ ਕੀਤੇ। ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਤੀਸਰੇ ਸੋਧ ਪੱਤਰ ਨੇ ਸਾਪੇਖਤਾ ਦੇ ਵਿਸ਼ਿਸ਼ਟ ਸਿਧਾਂਤ ਨੂੰ ਜਨਮ ਦਿੱਤਾ ਜਿਸ ਨੇ ਆਈਨਸਟੀਨ ਨੂੰ ਇੱਕ ਖ਼ਾਸ ਮਸ਼ਹੂਰ ਵਿਗਿਆਨੀ ਬਣਾ ਦਿੱਤਾ। ਅਗਲੇ ਦਸ਼ਕ ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਨਵੇਂ ਸਿਧਾਂਤਾਂ ਦੇ ਸਿੱਟਿਆ ਦਾ ਅਨਵੇਸ਼ਨ ਕੀਤਾ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਹੋਰ ਤੱਥਾਂ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਪਦਾਰਥ-ਊਰਜਾ ਦੀ ਬਰਾਬਰੀ ਨੂੰ ਇੱਕ ਪ੍ਰਸਿੱਧ ਸਮੀਕਰਨ $E = mc^2$ ਦੁਆਰਾ ਸਥਾਪਿਤ ਕੀਤਾ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਸਾਪੇਖਤਾ ਦੀ ਵਿਆਪਕ ਵਿਆਖਿਆ (ਸਾਪੇਖਤਾ ਦਾ ਵਿਆਪਕ ਸਿਧਾਂਤ, general theory of relativity) ਦੀ ਰਚਨਾ ਵੀ ਕੀਤੀ ਜੋ ਕਿ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਦਾ ਆਧੁਨਿਕ ਸਿਧਾਂਤ ਹੈ। ਆਈਨਸਟੀਨ ਦੇ ਬਾਅਦ ਵਾਲੇ ਬਹੁਤ ਹੀ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਯੋਗਦਾਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕੁਝ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਨ : ਉਦੀਪਤ ਉਤਸਰਜਨ (stimulated emission) ਦੀ ਧਾਰਨਾ ਨੂੰ ਪਲਾਂਕ ਬਲੈਕਬਾੱਡੀ ਵਿਕਿਰਨ ਨਿਯਮ (Planck's blackbody radiation) ਵਿੱਚ ਵਿਕਲਪੀ ਵਿਉਤਪਤੀ ਦੇ ਪ੍ਰਸਤਾਵ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪੇਸ਼ ਕਰਨਾ, ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਦਾ ਸਟੈਟਿਕ ਮਾਡਲ (static model) ਜਿਸ ਨੇ ਆਧੁਨਿਕ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਵਿਗਿਆਨ (cosmology) ਦੀ ਸ਼ੁਰੂਆਤ ਕੀਤੀ, ਭਾਰੇ ਬੋਸਾਨ (Massive Boson) ਦੀ ਗੈਸ ਦੀ ਕੁਆਂਟਮ ਸਾਂਖਿਅਕੀ ਅਤੇ ਕੁਆਂਟਮ ਮਕੈਨਕੀ ਦੇ ਮੂਲ ਅਧਾਰਾਂ ਦਾ ਅਲੋਚਨਾਤਮਕ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਣ। ਸਾਲ 2005 ਨੂੰ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਅੰਤਰਰਾਸ਼ਟਰੀ ਸਾਲ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਘੋਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਸੀ। ਇਹ ਘੋਸ਼ਣਾ ਆਈਨਸਟੀਨ ਦੁਆਰਾ ਸਾਲ 1905 ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਚਿਰਸਥਾਈ ਯੋਗਦਾਨ, ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਕ੍ਰਾਂਤੀਕਾਰੀ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਸੰਕਲਪਨਾਵਾਂ ਦਾ ਵਿਵਰਣ ਹੈ ਜੋ ਸਾਡੇ ਆਧੁਨਿਕ ਜੀਵਨ ਨੂੰ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਕਰਦੀਆਂ ਰਹੀਆਂ ਹਨ, ਦੇ ਆਦਰ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਗਈ ਸੀ।

ਧੱਕਣ, ਲੈ ਜਾਣ ਜਾਂ ਸੁੱਟਣ, ਨਿਰੂਪਤ ਕਰਨ (deform) ਜਾਂ ਉਸਨੂੰ ਤੋੜਨ ਲਈ ਬਲ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਆਪਣੇ ਉੱਪਰ ਬਲਾਂ ਦੇ ਅਘਾਤ ਜਿਵੇਂ ਕਿਸੇ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਵਸਤੂ ਦਾ ਸਾਡੇ ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਂਦੇ ਸਮੇਂ ਜਾਂ "ਮੈਰੀ ਗੋ ਰਾਊਂਡ ਝੂਲੇ" ਵਿਚ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਸਮੇਂ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਸਹਿਜ ਧਾਰਨਾਂ ਤੋਂ ਚੱਲ ਕੇ ਬਲ ਦੀ ਸਹੀ ਵਿਗਿਆਨਕ ਸੰਕਲਪਨਾ ਤਕ ਪੁੱਜਣਾ ਸੌਖਾ ਕੰਮ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਪਹਿਲੇ ਵਿਚਾਰਕ ਜਿਵੇਂ ਅਰਸਤੂ ਦੀ ਬਲ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿਚ ਸੰਕਲਪਨਾ ਗ਼ਲਤ ਸੀ। ਬਲ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਸਾਨੂੰ ਸਹੀ ਧਾਰਨਾ ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਗਤੀ ਦੇ ਮਸ਼ਹੂਰ ਨਿਯਮਾਂ ਤੋਂ ਮਿਲੀ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਦੋ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਦੇ ਲਈ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਪੱਸ਼ਟ ਸੂਤਰ ਵੀ ਦਿੱਤਾ। ਅਗਲੇ ਅਧਿਆਵਾਂ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ਿਆਂ ਵਿੱਚ ਅਧਿਐਨ ਕਰਾਂਗੇ।

ਸਥੂਲ ਜਗਤ ਵਿੱਚ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਅਸੀਂ ਹੋਰ ਵੀ ਕਈ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਬਲਾਂ ਨਾਲ ਟਾਕਰਾ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਪੇਸ਼ੀ ਬਲ, ਪਿੰਡਾਂ ਵਿਚ ਸਪਰਸ਼ ਬਲ, ਰਗੜ ਬਲ (ਇਹ ਵੀ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਛੂਹਣ ਵਾਲੀਆਂ ਸਤਿਹਾਂ ਵਿੱਚ ਸਪਰਸ਼ ਬਲ ਹੈ), ਨਪੀੜੇ ਅਤੇ ਖਿੱਚ ਕੇ ਲੰਬੇ ਕੀਤੇ ਸਪਰਿੰਗ ਅਤੇ ਖਿੱਚੀ ਹੋਈ ਰੱਸੀ ਅਤੇ ਡੋਰੀ (ਤਨਾਅ) ਦੁਆਰਾ ਲੱਗਿਆ ਬਲ, ਜਦੋਂ ਠੋਸ, ਤਰਲਾਂ ਨਾਲ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਬੁਆਂਸੀ (buoyancy) ਅਤੇ ਵਿਸਕਸ (viscous) ਬਲ, ਕਿਸੇ ਤਰਲ ਦੇ ਦਬਾਅ ਕਾਰਨ ਬਲ, ਕਿਸੇ ਤਰਲ ਦੀ ਸਤਹਿ ਤੇ ਤਨਾਅ ਕਾਰਨ ਬਲ ਆਦਿ। ਚਾਰਜਿਤ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਵਸਤੂਆਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਵੀ ਬਲ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਸੂਖਮ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਵੀ ਸਾਡੇ ਕੋਲ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ, ਨਿਊਕਲੀ ਬਲ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਸ਼ਾਮਲ ਹਨ, ਅੰਤਰ ਪ੍ਰਮਾਣਵਿਕ ਅਤੇ ਅੰਤਰ ਆਣਵਿਕ ਬਲ ਆਦਿ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕੁਝ ਬਲਾਂ ਨਾਲ ਅਸੀਂ ਪਾਠਕ੍ਰਮ ਦੇ ਬਾਅਦ ਵਾਲੇ ਭਾਗ ਵਿੱਚ ਜਾਣੂ ਹੋਵਾਂਗੇ।

ਵੀਹਵੀਂ ਸਦੀ ਦੀ ਇੱਕ ਮਹਾਨ ਅੰਤਰਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸੰਦਰਭਾਂ ਵਿਚ ਮਿਲਣ ਵਾਲੇ ਕਈ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਬਲ, ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਕੁਦਰਤ ਦੇ ਕੁਝ ਮੂਲ ਬਲਾਂ ਤੋਂ ਹੀ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਣ ਦੇ ਲਈ ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਕਮਾਨੀ (spring) ਲੰਬੀ/ਨਪੀੜੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਕਮਾਨੀ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ, ਜੋ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਨੇੜੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਵਿੱਚ ਪੈਦਾ ਨੇਟ ਆਕਰਸ਼ਨ/ਪ੍ਰਤੀਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਦੇ ਕਾਰਨ ਇਲਾਸਟਿਕ ਬਲ (elastic force) ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਨੇਟ ਆਕਰਸ਼ਨ ਪ੍ਰਤੀਕਰਸ਼ਨ ਦੀ ਖੋਜ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਚਾਰਜਿਤ ਅਵਯਵਾਂ (constituents) ਦੇ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲੀ ਬਲਾਂ ਦੇ ਯੋਗ ਬਲਾਂ (ਅਸੰਤੁਲਿਤ) ਤੱਕ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ।

ਸਿਧਾਂਤਕ ਰੂਪ ਵਿਚ ਇਸ ਦਾ ਭਾਵ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਵਿਉਤਪੰਨ ਬਲਾਂ (derived forces) ਜਿਵੇਂ ਕਮਾਨੀ ਬਲ, ਰਗੜ ਬਲ) ਦੇ ਨਿਯਮ ਕੁਦਰਤ ਦੇ ਮੂਲ ਬਲਾਂ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਤੋਂ ਅਜ਼ਾਦ ਨਹੀਂ ਹਨ। ਬੇਸ਼ੱਕ ਇਹਨਾਂ ਬਲਾਂ ਦਾ ਮੂਲ ਅਧਾਰ ਬਹੁਤ ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਹੈ।

ਆਪਣੀ ਸਮਝ ਦੀ ਵਰਤਮਾਨ ਸਟੇਜ ਤੇ ਅਸੀਂ ਚਾਰ ਮੂਲ ਬਲਾਂ ਨੂੰ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਦਾ ਇੱਥੇ ਸੰਖੇਪ ਵਿੱਚ ਵਰਣਨ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ।

1.4.1 ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ (Gravitational Force)

ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਕੋਈ ਦੋ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜਾ ਦੇ ਕਾਰਨ ਲੱਗਣ ਵਾਲਾ ਆਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਹੈ। ਇਹ ਇੱਕ ਵਿਸ਼ਵ ਵਿਆਪੀ ਬਲ ਹੈ। ਵਿਸ਼ਵ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਪਿੰਡ ਕਿਸੇ ਵੀ ਹੋਰ ਪਿੰਡ ਦੇ ਕਾਰਨ ਬਲ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਇਸ ਧਰਤੀ 'ਤੇ ਰੱਖੀ ਹਰੇਕ ਵਸਤੂ ਧਰਤੀ ਦੇ ਕਾਰਨ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਖ਼ਾਸ ਗੱਲ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਧਰਤੀ ਦੇ ਆਲੇ ਦੁਆਲੇ ਚੰਨ ਅਤੇ ਮਨੁੱਖ ਦੁਆਰਾ ਤਿਆਰ ਉਪਗ੍ਰਹਿਆਂ ਦੀ ਗਤੀ, ਸੂਰਜ ਦੇ ਆਲ਼ੇ-ਦੁਆਲ਼ੇ ਧਰਤੀ ਅਤੇ ਗ੍ਰਹਿਆਂ ਦੀ ਗਤੀ ਅਤੇ ਅਸਲ ਵਿਚ ਧਰਤੀ ਤੇ ਡਿਗਦੇ ਪਿੰਡਾਂ ਦੀ ਗਤੀ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਦੁਆਰਾ ਹੀ ਨਿਯੰਤਰਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਵਿਸ਼ਵ ਵਿੱਚ ਵੱਡੇ ਪੱਧਰ ਦੀਆਂ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਜਿਵੇਂ ਤਾਰਿਆਂ, ਆਕਾਸ਼ ਗੰਗਾਵਾਂ (galaxies) ਅਤੇ ਅਕਾਸ਼ ਗੰਗਾਵਾਂ ਦੇ ਗੁੱਛਿਆ (galactic clusters) ਆਦਿ ਦੇ ਬਣਨ ਅਤੇ ਵਿਕਸਿਤ ਹੋਣ ਵਿੱਚ ਇਸ ਬਲ ਦੀ ਪ੍ਰਮੁੱਖ ਭੂਮਿਕਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

1.4.2 ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ (Electromagnetic Force)

ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਵਿੱਚ ਲੱਗਣ ਵਾਲਾ ਬਲ ਹੈ। ਸਧਾਰਨ ਹਾਲਤ ਵਿੱਚ ਜਦੋਂ ਚਾਰਜ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਤਾਂ ਇਸ ਬਲ ਨੂੰ ਕੂਲਾਮ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ (Coulomb's law) ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ : "ਇੱਕੋ ਕਿਸਮ ਦੇ (ਸਜਾਤੀ) ਚਾਰਜਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤੀਕਰਸ਼ਣ ਅਤੇ ਉਲਟ ਕਿਸਮ ਦੇ (ਵਿਜਾਤੀ) ਚਾਰਜਾਂ ਵਿੱਚ ਆਕਰਸ਼ਣ।" ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਚਾਰਜ ਚੁੰਬਕੀ ਪ੍ਰਭਾਵ ਪੈਦਾ ਕਰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਚਾਰਜਾਂ ਤੇ ਬਲ ਲਗਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਚੁੰਬਕੀ ਅਤੇ ਬਿਜਲੀ ਬਲਾਂ ਨੂੰ ਇੱਕ-ਦੂਸਰੇ ਤੋਂ ਵੱਖ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ। ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਬਲ ਨੂੰ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੀ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਵੀ ਬਹੁਤ ਲੰਬੀਆਂ ਦੂਰੀਆਂ ਤੱਕ ਅਸਰਕਾਰਕ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਵਿਚੋਲੇ ਮਾਧਿਅਮ ਦੀ ਲੋੜ ਵੀ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਇਹ ਬਲ ਬਹੁਤ ਪ੍ਰਬਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਕਿਸੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਦੂਰੀ ਦੇ ਲਈ ਦੋ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਵਿਚਲਾ ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਲਗੇ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਦਾ 10^{36} ਗੁਣਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਪਦਾਰਥ, ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਸਾਨੂੰ ਪਤਾ ਹੈ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਵਰਗੇ ਮੂਲ ਚਾਰਜਿਤ ਕਣਾਂ ਤੋਂ ਮਿਲ ਕੇ ਬਣਿਆ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਹੀ ਪ੍ਰਬਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਆਣਵਿਕ ਅਤੇ ਪਰਮਾਣਵਿਕ ਪੈਮਾਨੇ ਦੀਆਂ ਸਾਰੀਆਂ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਤੇ ਹਾਵੀ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। (ਹੋਰ ਦੋ ਬਲ, ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਅਸੀਂ ਅੱਗੇ ਦੇਖਾਂਗੇ, ਸਿਰਫ ਨਿਊਕਲੀ ਪੈਮਾਨੇ ਤੇ ਹੀ ਕਿਰਿਆਸ਼ੀਲ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।) ਇਸ ਲਈ ਪਰਮਾਣੂ ਅਤੇ ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਸੰਰਚਨਾ, ਰਸਾਇਣਿਕ ਅਭਿਕਿਰਿਆਵਾਂ ਦੀ ਡਾਇਨਾਮਿਕਸ (dynamics) ਮਕੈਨੀਕਲ, ਥਰਮਲ ਅਤੇ ਹੋਰ ਗੁਣਾਂ ਦਾ ਸੰਚਾਲਨ ਮੁੱਖ ਤੌਰ 'ਤੇ ਬਿਜਲ ਬਲ ਦੁਆਰਾ ਹੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਇਹ 'ਤਨਾਅ', 'ਰਗੜ', 'ਆਮ ਬਲ', 'ਕਮਾਨੀ ਬਲ' ਆਦਿ ਵਰਗੇ ਸਥੂਲ ਬਲਾਂ ਦੇ ਮੂਲ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਸਦਾ ਹੀ ਆਕਰਸ਼ੀ ਬਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਦੋਂ ਕਿ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਆਕਰਸ਼ੀ ਜਾਂ ਅਪਕਰਸ਼ੀ ਵੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵੀ ਕਹਿ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਪਦਾਰਥ ਸਿਰਫ਼ ਇੱਕ ਹੀ ਤਰ੍ਹਾਂ (ਰਿਣਾਤਮਕ ਪਦਾਰਥ ਵਰਗਾ ਕੁਝ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ।) ਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਦੋਂ ਕਿ ਚਾਰਜ ਦੋ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ; ਧਨ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਰਿਣ ਚਾਰਜ। ਇਹੀ ਇਹਨਾਂ ਸਾਰੇ ਅੰਤਰਾਂ ਦਾ ਕਾਰਨ ਹੈ। ਪਦਾਰਥ ਆਮ ਕਰਕੇ ਬਿਜਲੀ ਪੱਖ ਤੋਂ ਉਦਾਸੀਨ (ਨੇਟ ਚਾਰਜ ਜ਼ੀਰੋ) ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਵਧੇਰੇ

ਸਾਰਨੀ 1.3 ਕੁਦਰਤ ਵਿਚ ਮੂਲ ਬਲ

ਬਲ ਦਾ ਨਾਂ	ਤੁਲਨਾਤਮ ਪ੍ਰਬਲਤਾ	ਰੇਂਜ	ਜਿਹਨਾਂ ਵਿਚ ਲਗਦਾ ਹੈ
ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ	10^{-39}	ਅਨੰਤ	ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਸਾਰੇ ਪਿੰਡ
ਦੁਰਬਲ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ (Weak nuclear force)	10^{-13}	ਬਹੁਤ ਘੱਟ, ਸਬ-ਨਿਊਕਲੀ ਸਾਈਜ਼ ($\sim10^{-16}$m)	ਕੁਝ ਮੂਲ ਕਣ, ਖ਼ਾਸ ਕਰਕੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਨਿਊਟਰੀਨੋ
ਬਿਜਲੀ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ	10^{-2}	ਅਨੰਤ	ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ
ਪ੍ਰਬਲ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ (Strong nuclear force)	1	ਘੱਟ, ਨਿਊਕਲੀ ਸਾਈਜ਼ ($\sim10^{-15}$m)	ਨਿਊਕਲੀਆਨ, ਭਾਰੀ ਮੂਲ ਕਣ

ਕਰਕੇ ਜ਼ੀਰੋ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਧਰਤੀ ਤੇ ਹੋਣ ਵਾਲੀਆਂ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਹੀ ਹਾਵੀ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਬਿਜਲੀ ਬਲ ਆਪਣੇ ਆਪ ਵਾਤਾਵਰਨ ਵਿੱਚ, ਜਿੱਥੇ ਪਰਮਾਣੂ ਆਇਨਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਪ੍ਰਗਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਲਈ ਅਸਮਾਨੀ ਬਿਜਲੀ ਚਮਕਦੀ ਹੈ।

ਜੇ ਅਸੀਂ ਥੋੜ੍ਹਾ ਸੋਚ-ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ, ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਆਪਣੇ ਰੋਜ਼ਾਨਾ ਜੀਵਨ ਦੀਆਂ ਘਟਨਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਆਪਣੇ ਆਪ ਹੀ ਸਪੱਸ਼ਟ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਹ ਦੇਖਾਂਗੇ ਕਿ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਵਧੇਰੇ ਸ਼ਕਤੀਸ਼ਾਲੀ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਅਸੀਂ ਕਿਸੇ ਕਿਤਾਬ ਨੂੰ ਹੱਥ ਤੇ ਰੱਖਦੇ ਹਾਂ, ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਆਪਣੇ ਹੱਥ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕੀਤੇ ਜਾਣ ਵਾਲੇ 'ਸਧਾਰਨ ਬਲ' ਨਾਲ ਧਰਤੀ ਦੇ ਵਿਸ਼ਾਲ ਪੁੰਜ ਦੇ ਕਾਰਨ ਕਿਤਾਬ ਤੇ ਲੱਗੇ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਨੂੰ ਸੰਤੁਲਿਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਇਹ 'ਸਾਧਾਰਨ ਬਲ' ਹੋਰ ਕੁਝ ਨਹੀਂ ਬਲਕਿ ਸਾਡੇ ਹੱਥ ਅਤੇ ਪੁਸਤਕ ਦੀਆਂ ਸੰਪਰਕ ਵਿਚ ਆਉਣ ਵਾਲੀਆਂ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਚਾਰਜਤ ਘਟਕਾਂ ਕਾਰਨ ਲਗ ਰਿਹਾ ਨੇਟ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ (Net electromagnetic force) ਹੈ।

ਜੇ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਆਪਣੇ ਆਪ ਵਿੱਚ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਨਾਲੋਂ ਵਧੇਰੇ ਸ਼ਕਤੀਸ਼ਾਲੀ ਨਾ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਕਿਸੇ ਵੀ ਤਗੜੇ ਤੋਂ ਤਗੜੇ ਵਿਅਕਤੀ ਦਾ ਹੱਥ ਇੱਕ ਪੰਖ ਦੇ ਭਾਰ ਕਾਰਨ ਹੀ ਟੁਕੜੇ-ਟੁਕੜੇ ਹੋ ਕੇ ਵਿਖਰ ਜਾਵੇਗਾ। ਅਸਲ ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਇਸ ਨਾਲ ਸੰਤੁਲਨ ਰੱਖਦੇ ਹੋਏ ਅਜਿਹੇ ਹਾਲਤਾਂ ਵਿੱਚ ਆਪਣੇ ਭਾਰ ਕਾਰਨ ਹੀ ਟੁਕੜੇ-ਟੁਕੜੇ ਹੋ ਕੇ ਬਿਖਰ ਜਾਂਦੇ।

1.4.3 ਪ੍ਰਬਲ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ (Strong Nuclear Force)

ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਬਲ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੂੰ ਬੰਨ੍ਹ ਕੇ ਰਖਦਾ ਹੈ। ਸਪਸ਼ੱਟ ਹੈ ਕਿ ਬਿਨਾਂ ਕਿਸੇ ਆਕਰਸ਼ੀ ਬਲ ਦੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਵਿਚ ਆਪਸੀ ਅਪਕਰਸ਼ਣ ਹੋਣ ਦੇ ਕਾਰਨ, ਕੋਈ ਵੀ ਨਾਭਿਕ ਅਸੰਤੁਲਿਤ ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ। ਕਿਉਂਕਿ ਬਿਜਲਈ ਬਲਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿਚ ਗੁਰਤਾ ਬਲ ਬਹੁਤ ਹੀ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਇਹ ਬਲ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਨਹੀਂ ਹੋ ਸਕਦਾ। ਇਸ ਲਈ ਇੱਕ ਨਵੇਂ ਬਲ ਦੀ ਯੋਜਨਾ ਬਣਾਉਣਾ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ। ਇਹ ਪ੍ਰਬਲ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ ਸਾਰੇ ਮੂਲ ਬਲਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਪ੍ਰਬਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਕਿ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਨਾਲੋਂ 100 ਗੁਣਾਂ ਵਧੇਰੇ ਸ਼ਕਤੀਸ਼ਾਲੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਚਾਰਜ ਦੀ ਕਿਸਮ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ-ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਵਿਚ, ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ-ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਵਿੱਚ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ-ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਵਿਚ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਦੀ ਰੇਂਜ ਬਹੁਤ ਘੱਟ, ਲਗਭਗ ਨਾਭਿਕ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ (nuclear dimensions) (10^{-15}m), ਦੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਕਿਸੇ ਵੀ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਸਥਿਰਤਾ ਲਈ ਜ਼ਿੰਮੇਵਾਰ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਉ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਇਸ ਬਲ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ।

ਪਰ, ਨਵੇਂ ਹੋਏ ਵਿਕਾਸਾਂ ਨੇ ਇਹ ਸੂਚਿਤ ਕੀਤਾ ਹੈ ਕਿ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਹੋਰ ਵੀ ਵਧੇਰੇ ਮੂਲ ਘਟਕਾਂ, ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਕਵਾਰਕ (quarks) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਤੋਂ ਮਿਲਕੇ ਬਣੇ ਹਨ।

1.4.4 ਦੁਰਬਲ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ (Weak Nuclear Force)

ਦੁਰਬਲ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ ਸਿਰਫ਼ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਨਾਭਿਕੀ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆਵਾਂ, ਜਿਵੇਂ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ β-ਖੈ (β-decay) ਸਮੇਂ ਪ੍ਰਗਟ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। β-ਖੈ ਵਿਚ ਨਾਭਿਕ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਇੱਕ ਅਣਚਾਰਜਿਤ ਕਣ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਨਿਊਟਰੀਨੋ (neutrino) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਦੁਰਬਲ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ, ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਜਿੰਨ੍ਹਾਂ ਕਮਜ਼ੋਰ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਪਰ ਪ੍ਰਬਲ ਨਾਭਿਕੀ ਅਤੇ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਕਮਜ਼ੋਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਦੁਰਬਲ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ ਦੀ ਰੇਂਜ ਬਹੁਤ ਛੋਟੀ 10^{-16} m ਆਰਡਰ ਦੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

1.4.5 ਬਲਾਂ ਦੇ ਏਕੀਕਰਨ ਵੱਲ (Towards Unification of Forces)

ਅਸੀਂ ਅਨੁਭਾਗ 1.1 ਵਿੱਚ ਇਹ ਟਿੱਪਣੀ ਕੀਤੀ ਹੈ ਕਿ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿਚ, ਏਕੀਕਰਨ ਦੀ ਭਾਲ ਜਾਂ ਖੋਜ, ਇੱਕ ਮੂਲ ਮਕਸਦ ਹੈ। ਭੌਤਿਕੀ ਦੀ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਉਨੱਤੀ ਅਕਸਰ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸਿਧਾਂਤਾਂ ਅਤੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰਾਂ ਦੇ ਏਕੀਕਰਨ ਵੱਲ ਲੈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਨਿਊਟਨ ਨੇ ਧਰਤੀ ਅਤੇ ਖਗੋਲੀ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰਾਂ ਨੂੰ ਆਪਣੇ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਦੇ ਵਿਸ਼ਵਵਿਆਪੀ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਏਕੀਕ੍ਰਿਤ ਕੀਤਾ। ਆਰਸਟਡ (Oersted) ਅਤੇ ਫੈਰਾਡੇ (Faraday) ਨੇ ਪ੍ਰਯੋਗੀ ਖੋਜਾਂ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਕਿ ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਨੂੰ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੋਂ ਵੱਖ ਕਰਕੇ ਨਹੀਂ ਦੇਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ।

ਮੈਕਸਵੇਲ (Maxwell) ਦੀ ਇਸ ਖੋਜ ਨੇ, ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਹਨ, ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕਤਾ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਕੀ ਨੂੰ (Electromagnetic and optics) ਨੂੰ ਏਕੀਕ੍ਰਿਤ ਕੀਤਾ। ਆਈਨਸਟੀਨ ਨੇ ਗੁਰੂਤਾ ਅਤੇ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕਤਾ ਨੂੰ ਏਕੀਕ੍ਰਿਤ ਕਰਨ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕੀਤੀ ਪਰ ਆਪਣੇ ਇਸ ਸਾਹਸੀ ਕਾਰਜ ਵਿੱਚ ਸਫ਼ਲ ਨਹੀਂ ਹੋ ਸਕਿਆ। ਪਰ ਇਸ ਨਾਲ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਦੀ, ਬਲਾਂ ਦੇ ਏਕੀਕਰਨ ਦੇ ਉਦੇਸ਼ ਲਈ ਉਤਸਾਹਪੂਰਵਕ ਅੱਗੇ ਵੱਧਣ ਦੀ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਆ ਰੁਕੀ ਨਹੀਂ।

ਪਿਛਲੇ ਕੁਝ ਦਹਾਕਿਆਂ ਵਿਚ ਇਸ ਖੇਤਰ ਨੇ ਬਹੁਤ ਉੱਨਤੀ ਦੇਖੀ ਹੈ। ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਅਤੇ ਦੁਰਬਲ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ ਹੁਣ ਏਕੀਕ੍ਰਿਤ ਹੋ ਚੁੱਕੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਇੱਕਲੇ "ਬਿਜਲ-ਦੁਰਬਲ" ਬਲ (electro weak force) ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਦੇਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਏਕੀਕਰਣ ਦਾ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਕੀ ਮਤਲਬ ਹੈ ਇਸ ਨੂੰ ਇੱਥੇ ਸਪੱਸ਼ਟ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ। ਬਿਜਲ-ਦੁਰਬਲ ਅਤੇ ਪ੍ਰਬਲ ਬਲ ਨੂੰ ਏਕੀਕ੍ਰਿਤ ਕਰਨ ਅਤੇ ਇੱਥੋਂ ਤੱਕ ਕਿ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਨੂੰ ਹੋਰ ਸਾਰੇ ਬਲਾਂ ਨਾਲ ਏਕੀਕ੍ਰਿਤ ਕਰਨ ਦੀਆਂ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ਾਂ ਕੀਤੀਆਂ ਗਈਆਂ ਹਨ (ਅਤੇ ਹੁਣ ਵੀ ਜਾਰੀ ਹਨ)। ਬਹੁਤ ਸਾਰੀਆਂ ਅਜਿਹੀਆਂ ਧਾਰਨਾਵਾਂ ਅਜੇ ਵੀ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤ ਅਤੇ ਅਨਿਰਣਾਇਕ ਬਣੀਆਂ ਹੋਈਆਂ ਹਨ। ਸਾਰਣੀ 1.4 ਵਿੱਚ ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਮੂਲ ਬਲਾਂ ਦੇ ਏਕੀਕਰਨ ਦੀ ਉੱਨਤੀ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਮੀਲ ਪੱਥਰਾਂ ਨੂੰ ਸਾਰਾਂਸ਼ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਸਤੇਂਦਰਨਾਥ ਬੋਸ *(1894-1974)*

ਸਾਲ 1894 ਵਿੱਚ ਕਲਕੱਤਾ ਵਿਚ ਸਤੇਂਦਰਨਾਥ ਬੋਸ ਉਹਨਾਂ ਮਹਾਨ ਭਾਰਤੀ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਵਿੱਚੋਂ ਇੱਕ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਨੇ ਵੀਹਵੀਂ ਸਦੀ ਵਿੱਚ ਵਿਗਿਆਨ ਦੀ ਤਰੱਕੀ ਵਿੱਚ ਮੌਲਿਕ ਯੋਗਦਾਨ ਦਿੱਤਾ ਸੀ। ਵਿਦਿਆਰਥੀ ਜੀਵਨ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਚਮਕਦੇ ਤਾਰੇ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਚਰੇ, ਬੋਸ ਨੇ ਸਾਲ 1916 ਵਿੱਚ ਕਲਕੱਤਾ ਯੂਨੀਵਰਸਿਟੀ ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਲੈਕਚਰਾਰ ਦੇ ਤੌਰ 'ਤੇ ਆਪਣਾ ਸੇਵਾਕਾਲ ਸ਼ੁਰੂ ਕੀਤਾ, ਪੰਜ ਸਾਲ ਬਾਦ ਉਹ ਢਾਕਾ ਯੂਨੀਵਰਸਿਟੀ ਚਲੇ ਗਏ। ਇੱਥੇ ਸਾਲ 1924 ਵਿਚ ਆਪਣੀ ਪ੍ਰਤਿਭਾਸ਼ਾਲੀ ਅੰਤਰਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀ ਨਾਲ ਪਲਾਂਕ ਨਿਯਮ ਦੀ ਨਵੀਂ ਵਿਉਤਪਤੀ ਪ੍ਰਸਤੁਤ ਕੀਤੀ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਵਿਕਿਰਨਾਂ ਨੂੰ ਫੋਟਾਨ ਦੀ ਗੈਸ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਮੰਨਿਆ ਅਤੇ ਫੋਟਾਨ ਅਵਸਥਾਵਾਂ ਦੀ ਗਣਨਾ ਲਈ ਨਵੀਆਂ ਸਾਂਖਿਅਕੀ ਵਿਧੀਆਂ (statistical methods) ਨੂੰ ਅਪਣਾਇਆ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਇਸ ਵਿਸ਼ੇ ਤੇ ਇੱਕ ਸ਼ੋਧ ਪੱਤਰ ਲਿੱਖ ਕੇ ਉਸ ਨੂੰ ਆਇਨਸਟੀਨ (Einstein) ਨੂੰ ਭੇਜਿਆ, ਜਿਹਨਾਂ ਨੇ ਤੁਰੰਤ ਇਸ ਦੇ ਵਿਸ਼ਾਲ ਮਹੱਤਵ ਨੂੰ ਪਹਿਚਾਣਦੇ ਹੋਏ ਇਸਦਾ ਜਰਮਨ ਭਾਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਅਨੁਵਾਦ ਕਰਕੇ ਇਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਨ ਲਈ ਭੇਜ ਦਿੱਤਾ। ਆਇਨਸਟੀਨ ਨੇ ਇਸ ਵਿਧੀ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਗੈਸ ਦੇ ਅਣੂਆਂ ਤੇ ਕੀਤੀ।

ਬੋਸ ਦੇ ਕੰਮ ਵਿੱਚ ਨਵੀਆਂ ਸੰਕਲਪਨਾਵਾਂ ਅਨੁਸਾਰ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੋਂ ਵੱਖ ਨਹੀਂ ਮੰਨਿਆ ਗਿਆ ਜੋ ਕਿ ਉਹਨਾਂ ਕਲਪਨਾਵਾਂ ਤੋਂ ਮੂਲ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਭਿੰਨ ਸੀ ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਕਲਾਸੀਕਲ ਮੈਕਸਵੇਲ–ਬੋਲਟਮੈਨ ਸੰਖਿਅਕੀ (Classical Maxwell-Boltzmann statistics) ਦੇ ਅਧਾਰ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਲਦੀ ਹੀ ਇਹ ਅਨੁਭਵ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਕਿ ਬੋਸ–ਆਇਨਸਟੀਨ ਸੰਖਿਅਕੀ ਨੂੰ (Bose-Einstein statistics) ਸਿਰਫ਼ ਪੂਰਣਾਂਕ ਸਪਿਨ (integer spin) ਵਾਲੇ ਕਣਾਂ ਤੇ ਹੀ ਲਾਗੂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ, ਅਤੇ ਅਰਧ ਪੂਰਣਾਂਕ ਸਪਿਨ (half integral spin) ਵਾਲੇ ਕਣਾਂ ਲਈ ਜੋ ਪਾਊਲੀ ਅਪਵਰਜਨ ਸਿਧਾਂਤ (Pauli's exclusion principle) ਨੂੰ ਮੰਨਦੇ ਹਨ ਲਈ ਇੱਕ ਨਵੀਂ ਕੁਆਂਟਮ ਸੰਖਿਅਕੀ (Fermi-Dirac statistics) ਦੀ ਲੋੜ ਹੈ। ਬੋਸ ਦੇ ਸਤਿਕਾਰ ਵਜੋਂ, ਪੂਰਣਾਂਕ ਸਪਿਨ ਵਾਲੇ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਬੋਸਾਨ (Boson) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

ਬੋਸ ਆਈਨਸਟੀਨ ਸੰਖਿਅਕੀ ਦਾ ਇੱਕ ਮਹਤਵਪੂਰਨ ਨਿਚੋੜ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਕਿਸੇ ਗੈਸ ਦਾ ਇਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਤਾਪਮਾਨ ਤੋਂ ਘੱਟ ਤਾਪਮਾਨ ਤੇ (ਅਵਸਥਾ ਪਰਿਵਰਤਨ) (Phase transition) ਅਜਿਹੀ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿਥੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦਾ ਬਹੁਤ ਵੱਡਾ ਹਿੱਸਾ ਸਮਾਨ ਨਿਊਨਤਮ ਊਰਜਾ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਬੋਸ ਦੀ ਪੱਖ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਕ ਧਾਰਨਾ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਆਇਨਸਟੀਨ ਨੇ ਅੱਗੇ ਵਿਕਸਿਤ ਕੀਤਾ, ਦਾ ਪ੍ਰਭਾਵਸ਼ਾਲੀ ਪ੍ਰਮਾਣੀ–ਕਰਨ ਲਗਭਗ 70 ਸਾਲ ਬਾਅਦ ਅਲਟਰਾ ਕੋਲਡ ਅਲਕਲੀ (ultra cold alkali) ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਤਨੁ ਗੈਸ (Dilute-gas) ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਨਵੀਂ ਤਰਲ ਅਵਸਥਾ ਬੋਸ–ਆਇਨਸਟੀਨ ਸੰਘਣਿਤ (Bose Eintein condensate) ਦੇ ਪ੍ਰੇਖਣ ਦੁਆਰਾ ਹੋਇਆ।

ਸਾਰਨੀ 1.4 ਕੁਦਰਤ ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਬਲਾਂ/ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਏਕੀਕਰਨ ਵਿੱਚ ਉਨੱਤੀ

ਭੌਤਿਕੀ ਵਿਗਿਆਨੀ	ਸਾਲ	ਏਕੀਕਰਨ ਸੰਬੰਧੀ ਉਪਲਬਧੀਆਂ
ਆਈਜ਼ਕ ਨਿਊਟਨ (Issac Newton)	1687	ਖਗੋਲੀ ਅਤੇ ਧਰਤੀ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਯਾਂਤਰਕੀ ਨੂੰ ਏਕੀਕ੍ਰਿਤ ਕੀਤਾ। ਇਹ ਦਰਸਾਇਆ ਕਿ ਦੋਵੇਂ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰਾਂ ਤੇ ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਦੇ ਨਿਯਮ ਅਤੇ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਨਿਯਮ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।
ਹੇਂਸ ਕ੍ਰਿਸ਼ਚਿਅਨ ਆਰਸਟਡ (Hans christian oersted) ਮਾਈਕਲ ਫੈਰਾਡੇ (Michael Faraday)	1820 1830	ਇਹ ਦਰਸਾਇਆ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਇੱਕ ਏਕੀਕ੍ਰਿਤ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰ–ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕਤਾ ਦੇ ਨਾ ਵੱਖ ਕੀਤੇ ਜਾਣ ਵਾਲੇ ਰੂਪ ਹਨ
ਜੇਮਸ ਕਲਾਰਕ ਮੈਕਸਵੇਲ (James Clerk Maxwell)	1873	ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕਤਾ ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਕੀ ਨੂੰ ਏਕੀਕ੍ਰਿਤ ਕੀਤਾ : ਇਹ ਦਰਸਾਇਆ ਕਿ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਤਰੰਗਾਂ ਹਨ।
ਸ਼ੈਲਡਨ ਗਲਾਸ਼ੋਬ, ਅਬਦੁਸ ਸਲਾਮ, ਸਵੀਵਨ ਵੀਨਵਰਗ (Sheldon Glashow, Abdus slam, Steven weinberg)	1979	ਇਹ ਦਰਸਾਇਆ ਕਿ 'ਦੁਰਬਲ' ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ ਅਤੇ ਬਿਜਲ–ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਨੂੰ ਏਕਲ 'ਬਿਜਲ ਦੁਰਬਲ' ਬਲ ਦੇ ਵੱਖ–ਵੱਖ ਰੂਪਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵੇਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।
ਕਾਰਲੋ ਰੂਬੀਆ, ਸਾਈਮਨ ਵਾਂਡਰ ਮਿਅਰ (Carlo Rubia, Simon Vander Meer)	1984	'ਬਿਜਲ–ਦੁਰਬਲ' ਬਲ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਪੂਰਵ ਅਨੁਮਾਨਾਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਤਿਆਪਨ ਕੀਤਾ।

1.5 ਭੌਤਿਕ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ (NATURE OF PHYSICAL LAWS)

ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਦੀ ਖੋਜਬੀਨ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਅਨੁਸੰਧਾਨ ਵਿਗਿਆਨਕ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆਵਾਂ 'ਤੇ ਆਧਾਰਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਰੇਂਜ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਸਾਈਜ਼ ਤੋਂ ਵੀ ਘੱਟ ਕਣਾਂ ਦੇ ਸਾਈਜ਼ ਤੋਂ ਲੈ ਕੇ ਬਹੁਤ ਦੂਰੀ ਵਾਲੇ ਤਾਰਿਆਂ ਦੇ ਸਾਈਜ਼ ਤੱਕ ਹੈ। ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਅਤੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਤੱਥਾਂ ਨੂੰ ਖੋਜਣ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਉਹਨਾਂ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਖੋਜ ਕਰਨ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕਰਦੇ ਹਨ ਜੋ ਇਹਨਾਂ ਤੱਥਾਂ ਦਾ ਸਾਰ (ਆਮ ਕਰਕੇ ਗਣਿਤਕ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਵਿੱਚ) ਹੋਣ। ਵੱਖ-ਵੱਖ ਬਲਾਂ ਦੁਆਰਾ ਨਿਯੰਤਰਿਤ ਕਿਸੇ ਵੀ ਭੌਤਿਕ ਪਰੀਘਟਨਾ ਵਿੱਚ ਕਈ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਸਮੇਂ ਨਾਲ ਬਦਲ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ। ਪਰ ਇੱਕ ਵਿਲੱਖਣ ਤੱਥ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਕੁਝ ਖ਼ਾਸ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਸਮੇਂ ਦੇ ਬਦਲਣ ਨਾਲ ਸਥਿਰ ਰਹਿੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਪ੍ਰੇਖਿਤ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਦੀ ਮਾਤਰਤਮਕ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਇਹਨਾਂ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮਾਂ (conservation laws) ਨੂੰ ਸਮਝਣਾ ਬਹੁਤ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਹੈ।

ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਬਲ ਦੇ ਅਧੀਨ ਗਤੀ ਲਈ, ਕੁਲ ਯੰਤਰਿਕ ਊਰਜਾ ਅਰਥਾਤ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦਾ ਯੋਗ ਸਥਿਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਗੁਰੁਤਾ ਬਲ ਦੇ ਅਧੀਨ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਦਾ ਸੁਤੰਤਰ ਡਿੱਗਣਾ (free fall) ਇਸਦਾ ਇੱਕ ਆਮ ਪ੍ਰਚੱਲਿਤ ਉਦਾਹਰਨ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਉਸਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਲਗਾਤਾਰ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਪਰ ਇਸਦਾ ਯੋਗ ਸਥਿਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਵਸਤੂ ਨੂੰ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚੋਂ ਮੁਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇ, ਤਾਂ ਭੂਮੀ ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਣ ਤੋਂ ਠੀਕ ਪਹਿਲਾਂ ਵਸਤੂ ਦੀ ਸੰਪੂਰਨ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ, ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਬਦਲ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਬਲ ਲਈ ਪ੍ਰਤੀਬੰਧਿਤ ਇਸ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਅਲੱਗ-ਥਲੱਗ ਸਿਸਟਮ (isolated system) ਦੇ ਲਈ ਵਿਆਪਕ ਊਰਜਾ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ (ਜੋ ਕਿ ਥਰਮੋਡਾਇਨਾਮਿਕਸ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਅਧਾਰ ਹੈ) ਨਾਲ ਉਲਝਾਉਣਾ ਨਹੀਂ ਚਾਹੀਦਾ।

ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਦੀ ਸੰਕਲਪਨਾ ਪ੍ਰਮੁੱਖ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਸਾਰੇ ਭੌਤਿਕ ਸਿਸਟਮਾਂ ਲਈ ਊਰਜਾ ਦੇ ਸਮੀਕਰਨ ਲਿਖੇ ਜਾ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਜਦੋਂ ਊਰਜਾ ਦੇ ਸਾਰੇ ਰੂਪਾਂ, ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਤਾਪ, ਯੰਤਰਿਕ ਊਰਜਾ, ਬਿਜਲੀ ਊਰਜਾ ਦੀ ਵੀ ਗਣਨਾ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਇਹ ਨਤੀਜਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਊਰਜਾ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ। ਊਰਜਾ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਦਾ ਵਿਆਪਕ ਨਿਯਮ ਸਾਰੇ ਬਲਾਂ ਅਤੇ ਸਾਰੇ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੇ ਊਰਜਾ ਰੂਪਾਂਤਰਨਾਂ ਲਈ ਸੱਚ ਹੈ। ਡਿਗ ਰਹੀਆਂ ਵਸਤੂਆਂ ਦੇ ਉਦਾਹਰਨ ਵਿੱਚ ਜੇ ਤੁਸੀਂ ਡਿਗ ਰਹੀ ਵਸਤੂ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਹਵਾ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੇ ਅਸਰ ਨੂੰ ਵੀ ਸ਼ਾਮਲ ਕਰ ਲਉ ਅਤੇ ਵਸਤੂ ਦੇ ਭੂਮੀ ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਣ ਅਤੇ ਉੱਥੇ ਰੁਕਣ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਨੂੰ ਦੇਖੋ ਤਾਂ ਤੁਸੀਂ ਇਹ ਨਤੀਜਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰੋਗੇ ਕਿ, ਕੁਲ ਯੰਤਰਿਕ ਊਰਜਾ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਨਹੀਂ ਹੋਈ ਹੈ। ਪਰ, ਊਰਜਾ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਦਾ ਵਿਆਪਕ ਨਿਯਮ ਅਜੇ ਵੀ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਪੱਥਰ ਦੀ ਆਰੰਭਿਕ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ, ਦਾ ਰੂਪਾਂਤਰਨ ਊਰਜਾ ਦੇ ਹੋਰ ਰੂਪਾਂ, ਤਾਪ ਅਤੇ ਧੁਨੀ (ਆਖਿਰ ਵਿੱਚ ਸੋਖਿਤ ਹੋ ਕੇ ਧੁਨੀ ਵੀ ਤਾਪ ਵਿੱਚ ਬਦਲ ਜਾਂਦੀ ਹੈ) ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਅਲੱਗ-ਥਲੱਗ ਸਿਸਟਮ (ਪੱਥਰ ਅਤੇ ਆਲ਼ਾ- ਦੁਆਲ਼ਾ) ਦੀ ਕੁਲ ਊਰਜਾ ਅਪਰਿਵਰਤਿਤ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ।

ਊਰਜਾ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਦੇ ਸਾਰੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰਾਂ, ਸੂਖਮ ਤੋਂ ਸਥੂਲ ਤੱਕ, ਲਈ ਠੀਕ (valid) ਮੰਨਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਰੁਟੀਨ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣਵੀਂ, ਨਿਊਕਲੀ ਅਤੇ ਮੂਲ ਕਣਾਂ ਦੀਆਂ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆਵਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਣ ਵਿਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਦੂਜੇ ਪਾਸੇ, ਹਰ ਸਮੇਂ ਸਾਰੇ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਚੰਡ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਰਹਿੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਫਿਰ ਵੀ, ਸਾਰੇ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ (ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਆਦਰਸ਼ ਅਲੱਗ-ਥਲੱਗ ਸਿਸਟਮ) ਦੀ ਕੁਲ ਊਰਜਾ ਬਰਕਰਾਰ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ, ਅਜਿਹਾ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਆਈਨਸਟੀਨ ਦੇ ਸਾਪੇਖਤਾ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤ ਦੀ ਖੋਜ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ, ਪਦਾਰਥ ਨੂੰ ਨਾ ਨਸ਼ਟ ਹੋਣ ਯੋਗ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਸੀ। ਇਸ ਲਈ ਪੁੰਜ (mass) ਦੇ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਕੁਦਰਤ ਦਾ ਇੱਕ ਹੋਰ ਮੂਲ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਸੀ। ਇਸ ਨੂੰ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਨਿਯਮ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਰਤਿਆ ਜਾਂਦਾ ਸੀ (ਅਜੇ ਵੀ ਵਰਤਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ), ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਰਸਾਣਿਇਕ ਪ੍ਰਤਿਕਿਰਿਆਵਾਂ (chemical reactions) ਦੇ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਣ ਵਿੱਚ। ਇੱਕ ਰਸਾਇਣਿਕ ਪ੍ਰਤਿਕਿਰਿਆ ਮੂਲ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਅਣੂਆਂ (molecules) ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂਆਂ (atoms) ਦੀ ਪੁਨਰ ਵਿਵਸਥਾ ਹੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜੇ ਪ੍ਰਤਿਕਾਰਕ (Reactant) ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਕੁਲ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ (Binding energy) ਉਤਪਾਦਿਤ (Products) ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਕੁਲ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਊਰਜਾ ਦਾ ਇਹ ਅੰਤਰ ਤਾਪ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਗਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਪ੍ਰਤਿਕਿਰਿਆ ਤਾਪਨਿਕਾਸੀ (Exothermic) ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਤਾਪਸੋਖੀ (Endothermic) ਪ੍ਰਤਿਕਿਰਿਆਵਾਂ ਵਿੱਚ ਇਸ ਤੋਂ ਉਲਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਪਰ, ਕਿਉਂਕਿ ਰਸਾਇਣਿਕ ਪ੍ਰਤਿਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਸਿਰਫ਼ ਪੁਨਰ ਵਿਵਸਥਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਨਸ਼ਟ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ, ਇਸ ਲਈ ਪ੍ਰਤਿਕਾਰਕਾਂ ਦਾ ਕੁਲ ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਉਤਪਾਦਾਂ ਦਾ ਕੁਲ ਪੁੰਜ ਬਰਾਬਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਹੋਣ ਵਾਲਾ ਪਰਿਵਰਤਨ ਇੰਨਾ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਉਸ ਨੂੰ ਪੁੰਜ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਨਾਪਣਾ ਬਹੁਤ ਮੁਸ਼ਕਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਆਇਨਸਟੀਨ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤ ਅਨੁਸਾਰ ਪੁੰਜ m, ਊਰਜਾ E ਦੇ ਤੁਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਸੰਬੰਧ $E=mc^2$ ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ, ਇੱਥੇ c ਨਿਰਵਾਯੂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ ਹੈ।

ਨਾਭਿਕੀ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆਵਾਂ ਵਿੱਚ ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ (ਜਾਂ ਇਸ ਦਾ ਉਲਟ ਵੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ)। ਇਹ ਉਹੀ ਊਰਜਾ ਹੈ ਜੋ ਨਾਭਿਕੀ ਸ਼ਕਤੀ ਜਨਨ (Power generation) ਅਤੇ ਨਾਭਿਕੀ ਵਿਸਫੋਟਾਂ (Nuclear explosions) ਵਿੱਚ ਮੁਕਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਊਰਜਾ ਇੱਕ ਸਕੇਲਰ ਰਾਸ਼ੀ ਹੈ। ਪਰ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਹੋਣ ਵਾਲੀਆਂ ਸਾਰੀਆਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਸਕੇਲਰ ਹੀ ਹੋਣ ਇਹ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਅਲੱਗ-ਥਲੱਗ ਸਿਸਟਮ (isolated system) ਦਾ ਕੁਲ ਰੇਖੀ ਸੰਵੇਗ (linear momentum), ਅਤੇ ਕੁਲ ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ (angular momentum) (ਦੋਵੇਂ ਵੈਕਟਰ, ਸਦਿਸ਼ ਰਾਸ਼ੀਆਂ) ਵੀ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ

ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਸੁਰਖਿਅਣ ਦੇ ਨਿਯਮ
(Conservation laws in physics)

ਊਰਜਾ, ਸੰਵੇਗ (momentum), ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ(angular momentum), ਚਾਰਜ ਆਦਿ ਦੇ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨੂੰ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਮੂਲ ਨਿਯਮ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਵਰਤਮਾਨ ਸਮੇਂ ਵਿਚ ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੇ ਕਈ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਹਨ। ਉਪਰੋਕਤ ਚਾਰ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਹੋਰ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮਾਂ ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਵਧੇਰੇ ਕਰਕੇ ਨਾਭਿਕੀ ਅਤੇ ਪਾਰਟੀਕਲ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿਚ ਪ੍ਰਸਤਾਵਿਤ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕੁਝ ਇੱਕ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਹਨ, ਸਪਿਨ, ਬੈਰਿਆਨ ਸੰਖਿਆ, ਸਟਰੇਂਜਨੈਸ, ਹਾਈਪਰਚਾਰਜ ਆਦਿ। ਪਰ ਤੁਹਾਨੂੰ ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਚਿੰਤਾ ਕਰਨ ਦੀ ਕੋਈ ਲੋੜ ਨਹੀਂ ਹੈ।

ਕੋਈ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਇਕ ਪਰਿਕਲਪਨਾ (hypothesis), ਜੋ ਕਿ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਅਤੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਕਲਪਨਾ ਹੈ, ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇੱਥੇ ਇਹ ਯਾਦ ਰਖਣਾ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਪ੍ਰਮਾਣਿਤ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ। ਇਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਰਾਹੀ ਸੱਚ ਸਾਬਿਤ ਜਾਂ ਖੰਡਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਕੋਈ ਪ੍ਰਯੋਗ ਜਿਸਦੇ ਨਤੀਜੇ ਕਿਸੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਉਹ ਉਸ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਸੱਚ ਸਾਬਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਾਂ ਉਸਦਾ ਪ੍ਰਮਾਣ ਪ੍ਰਸਤੁਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਪਰ ਉਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰਮਾਣਿਤ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਦੂਸਰੇ ਪਾਸੇ ਜੇ ਕੋਈ ਇੱਕ ਪ੍ਰਯੋਗ ਜਿਸਦੇ ਨਤੀਜੇ ਕਿਸੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਵਿਰੁੱਧ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋ ਜਾਣ ਤਾਂ ਇਹ ਉਹ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਖੰਡਿਤ ਕਰਨ ਲਈ ਕਾਫੀ ਹੈ।

ਕਿਸੇ ਨੂੰ ਵੀ ਊਰਜਾ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਪ੍ਰਮਾਣਿਤ ਕਰਨ ਲਈ ਕਹਿਣਾ ਉਚਿਤ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਹ ਨਿਯਮ ਸਾਡੇ ਕਈ ਸਦੀਆਂ ਦੇ ਅਨੁਭਵਾਂ ਦਾ ਨਤੀਜਾ ਹਨ, ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਯੰਤਰਕੀ, ਥਰਮੋਡਾਇਨਾਮਿਕਸ, ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕਤਾ, ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਕੀ, ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਅਤੇ ਨਾਭਿਕੀ ਭੌਤਿਕੀ ਜਾਂ ਹੋਰ ਕਿਸੇ ਵੀ ਖੇਤਰ ਦੇ ਸਾਰੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਵਿੱਚ ਸਹੀ ਪਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਕੁਝ ਵਿਦਿਆਰਥੀ ਅਜਿਹਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦੇ ਹਨ ਕਿ ਉਹ ਗੁਰੁਤਾ ਦੇ ਅਧੀਨ ਮੁਕਤ ਪਤਨ ਕਰਦੀ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਦੀ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦਾ ਜੋੜ ਕਰਕੇ ਇਹ ਦਰਸਾ ਕੇ ਕਿ ਇਹ ਜੋੜ ਸਥਿਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ, ਊਰਜਾ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਪ੍ਰਮਾਣਿਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਪਹਿਲਾਂ ਕਿਹਾ ਜਾ ਚੁੱਕਾ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਸਿਰਫ਼ ਇਸ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਸੱਚ ਸਾਬਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਇਸ ਦੀ ਉਤਪਤੀ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ।

ਯੰਤਰਕੀ ਵਿੱਚ ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਗਤੀ ਨਿਯਮਾਂ ਤੋਂ ਵਿਉਤਪਨ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਪਰ ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਵੈਲੀਡਿਟੀ ਯੰਤਰਕੀ ਦੇ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਵੀ ਹੈ। ਇਹ ਸਾਰੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰਾਂ ਇੱਥੋਂ ਤੱਕ ਕਿ ਜਿੱਥੇ ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਨਿਯਮ ਵੀ ਵੈਲਿਡ ਨਹੀਂ ਹਨ, ਵਿਚ ਕੁਦਰਤ ਦੇ ਮੂਲ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਨਿਯਮ ਹਨ।

ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਬਹੁਤ ਹੀ ਸਰਲਤਾ ਅਤੇ ਵਿਆਪਕਤਾ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਦੇ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਵਿਵਹਾਰ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਹੀ ਉਪਯੋਗੀ ਹਨ। ਅਜਿਹਾ ਅਕਸਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਬਲਾਂ ਅਤੇ ਕਣਾਂ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਕਿਸੇ ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਸਮੱਸਿਆ ਦੀ ਸਾਰੀ ਗਤਿਕੀ (full dynamics) ਨੂੰ ਹਲ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ। ਪਰ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਅਜਿਹੇ ਹਾਲਾਤਾਂ ਵਿੱਚ ਵੀ ਉਪਯੋਗੀ ਨਤੀਜੇ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਣ ਲਈ, ਦੋ ਸਵੈਚਾਲਿਤ ਵਾਹਨਾਂ ਦੀ ਟੱਕਰ ਦੀ ਅਵਧੀ ਵਿੱਚ ਲੱਗਣ ਵਾਲੇ ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਬਲਾਂ ਦੀ ਸਾਨੂੰ ਕੋਈ ਜਾਣਕਾਰੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ, ਫਿਰ ਵੀ ਸੰਵੇਗ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਸਾਨੂੰ ਇਸ ਯੋਗ ਬਣਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਅਸੀਂ ਗੁੰਝਲਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਬਾਹਰ ਨਿਕਲ ਕੇ, ਟੱਕਰ ਦੇ ਸੰਭਾਵਿਤ ਸਿੱਟਿਆਂ ਦਾ ਅੰਦਾਜ਼ਾ ਲਗਾਈਏ ਜਾਂ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਨਿਯਮਾਂ ਦੇ ਵਿਰੁੱਧ ਘੋਸ਼ਿਤ ਕਰੀਏ। ਨਿਊਕਲੀ ਅਤੇ ਮੂਲ ਕਣਾਂ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਣ ਵਿੱਚ ਵੀ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਸਾਧਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਅਸਲ ਵਿੱਚ β-ਖੈ ਦੇ ਲਈ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮਾਂ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰਕੇ ਵੁਲਫਗੈਂਗ ਪਾਉਲੀ (Wolfgang Pauli 1900-1958) ਨੇ ਸਾਲ 1931 ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਨਾਲ ਉਤਸਰਜਿਤ ਇੱਕ ਨਵੀਨ ਕਣ (ਜਿਸ ਨੂੰ ਹੁਣ ਨਿਊਟਰੀਨੋ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।) ਦੇ ਮੌਜੂਦ ਹੋਣ ਦਾ ਸਹੀ ਪੂਰਵ ਅਨੁਮਾਨ ਲਗਾਇਆ ਸੀ।

ਕੁਦਰਤ ਦੀਆਂ ਸਮਮਿਤੀਆਂ (symmetries of nature) ਦਾ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮਾਂ ਨਾਲ ਡੂੰਘਾ ਸੰਬੰਧ ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਤੁਸੀਂ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਵਧੇਰੇ ਉੱਨਤ ਪਾਠਕ੍ਰਮਾਂ ਵਿੱਚ ਜਾਣਕਾਰੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰੋਗੇ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਇਹ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਪ੍ਰੇਖਣ ਹੈ ਕਿ ਕੁਦਰਤ ਦੇ ਨਿਯਮ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ। ਜੇ ਤੁਸੀਂ ਅੱਜ ਆਪਣੀ ਪ੍ਰਯੋਗਸ਼ਾਲਾ ਵਿਚ ਕੋਈ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰੋ ਅਤੇ ਆਪਣੇ ਉਸੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨੂੰ(ਇੱਕੋ ਜਿਹੇ ਹਾਲਾਤਾਂ ਵਿੱਚ, ਉਹਨਾਂ ਹੀ ਵਸਤੂਆਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ) ਇੱਕ ਸਾਲ ਬਾਅਦ ਫਿਰ ਦੁਹਰਾਇਆ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਤੁਹਾਨੂੰ ਪਹਿਲਾਂ ਵਾਲੇ ਨਤੀਜੇ ਹੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਣਗੇ। ਇਸ ਦਾ ਇਹ ਅਰਥ ਨਿਕਲਦਾ ਹੈ ਕਿ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਸਥਾਨਾਂਤਰਨ (ਜਾਂ ਵਿਸਥਾਪਨ) ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਕੁਦਰਤ ਦੀ ਇਹ ਸਮਮਿਤੀ (symmetry), ਊਰਜਾ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਦੇ ਤੁੱਲ ਹੈ, ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਪੇਸ ਸਮਅੰਗੀ ਹੈ ਅਤੇ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਵਿੱਚ (ਮੂਲਭੂਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ) ਕੋਈ ਵੀ ਸਥਾਨ ਅਜਿਹਾ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਜਿਸ ਨੂੰ ਪਹਿਲ (preferred) ਦਿੱਤੀ ਜਾਵੇ। ਇਸ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਪੱਸ਼ਟ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਵਿੱਚ ਕੁਦਰਤ ਦੇ ਨਿਯਮ ਹਰ ਸਥਾਨ ਤੇ ਬਰਾਬਰ ਹਨ। (ਸਾਵਧਾਨ: ਵੱਖ-ਵੱਖ ਥਾਂਵਾਂ ਤੇ ਵੱਖਰੇ ਹਾਲਾਤਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਸਥਾਨ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੋ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਣ ਲਈ, ਚੰਨ 'ਤੇ ਗੁਰੁਤਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਧਰਤੀ ਦੇ ਗੁਰੁਤਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦਾ 1/6 ਭਾਗ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਪਰ ਚੰਦਰਮਾ ਅਤੇ ਧਰਤੀ ਦੋਹਾਂ ਲਈ **ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਦਾ ਨਿਯਮ** ਬਰਾਬਰ ਹੀ ਹੈ।) ਸਪੇਸ ਵਿੱਚ ਸਥਾਨਾਂਤਰਨ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਕੁਦਰਤ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਇਸ ਸਮਮਿਤਤਾ ਨਾਲ ਰੇਖੀ ਸੰਵੇਗ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸੇ ਪ੍ਰਕਾਰ ਸਪੇਸ ਦੀ ਆਇਸੋਟਰਾਪੀ (ਸਮਦਿਸ਼ਾਵੀਂ ਹੋਣਾ) (ਸਪੇਸ ਵਿੱਚ ਮੂਲਭੂਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਅਜਿਹੀ ਦਿਸ਼ਾ ਨਹੀਂ ਹੈ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਪਹਿਲ ਦਿੱਤੀ ਜਾਵੇ), ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ ਸੁਰੱਖਿਆਣ ਨਿਯਮ ਦਾ ਅਧਾਰ ਹੈ ਚਾਰਜ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਅਤੇ ਮੂਲ ਕਣਾਂ ਦੇ ਹੋਰ ਲਛੱਣਾਂ ਨੂੰ ਵੀ ਅਮੂਰਤ ਸਮਮਿਤੀਆਂ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਸਪੇਸ ਅਤੇ ਸਮੇਂ ਦੀਆਂ ਸਮਮਿਤੀਆਂ ਅਤੇ ਹੋਰ ਅਮੂਰਤ ਸਮਮਿਤੀਆਂ ਕੁਦਰਤ ਦੇ ਮੂਲ ਬਲਾਂ ਦੇ ਆਧੁਨਿਕ ਸਿਧਾਂਤਾਂ ਵਿੱਚ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਭੂਮਿਕਾ ਨਿਭਾਉਂਦੀਆਂ ਹਨ।

* ਪਾਠ 7 ਦੇਖੋ

ਸਰ ਸੀ.ਵੀ.ਰਮਨ *(Sir C.V. Raman) (1888-1970)*

ਚੰਦਰਸ਼ੇਖਰ ਵੇਂਕਟਰਮਨ ਦਾ ਜਨਮ 07 ਨਵੰਬਰ 1888 ਈ. ਨੂੰ ਥਿਰੂਵਨਾਈਕਵੱਲ ਵਿੱਚ ਹੋਇਆ ਸੀ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਆਪਣੀ ਸਕੂਲੀ ਸਿੱਖਿਆ ਗਿਆਰਾਂ ਸਾਲ ਦੀ ਉਮਰ ਵਿਚ ਪੂਰੀ ਕਰਕੇ ਪ੍ਰੇਸੀਡੇਂਸੀ ਕਾਲਜ, ਮਦਰਾਸ ਤੋਂ ਸਨਾਤਕ ਦੀ ਡਿਗਰੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀ। ਸਿੱਖਿਆ ਸਮਾਪਤ ਕਰਨ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਭਾਰਤ ਸਰਕਾਰ ਦੀਆਂ ਵਿੱਤੀ ਸੇਵਾਵਾਂ ਵਿਚ ਕਾਰਜਭਾਰ ਸੰਭਾਲਿਆ।

ਕੋਲਕਾਤਾ ਵਿੱਚ ਰਹਿੰਦੇ ਹੋਏ, ਸ਼ਾਮ ਸਮੇਂ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਡਾ: ਮਹਿੰਦਰ ਲਾਲ ਸਿਰਕਾਰ ਦੁਆਰਾ ਸਥਾਪਿਤ ਇੰਡੀਅਨ ਐਸੋਸੀਏਸ਼ਨ ਫਾਰ ਕਲਟੀਵੇਸ਼ਨ ਔੱਫ ਸਾਇੰਸ (Indian Association for Cultivation of Science) ਵਿੱਚ ਆਪਣੀ ਰੁਚੀ ਦੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਕਾਰਜ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰ ਦਿੱਤਾ। ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਰੁਚੀ ਦੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਕੰਪਨ (vibration) ਵੱਖ-ਵੱਖ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਸੰਗੀਤ ਯੰਤਰ (variety of musical instruments), ਪਰਾਸਰਵਣ ਤਰੰਗਾਂ (ultrasonics), ਵਿਵਰਤਨ (diffraction) ਆਦਿ ਸ਼ਾਮਲ ਸਨ। ਸਾਲ 1917 ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਕੋਲਕਾਤਾ ਯੂਨੀਵਰਸਿਟੀ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰੋਫੈਸਰ ਦਾ ਪਦ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ। ਸਾਲ1924 ਵਿੱਚ ਲੰਦਨ ਦੀ ਰਾਇਲ ਸੋਸਾਇਟੀ ਨੇ ਇਹਨਾਂ ਦਾ ਸੋਸਾਇਟੀ ਦੇ ਫੈਲੋ ਦੇ ਲਈ ਚੁਨਾਵ ਕੀਤਾ ਅਤੇ ਸਾਲ 1930 ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਹੁਣ **ਰਮਨ-ਪ੍ਰਭਾਵ** ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਦੇ ਲਈ ਨੋਬਲ ਪੁਰਸਕਾਰ ਨਾਲ ਸਨਮਾਨਿਤ ਕੀਤਾ।

ਰਮਨ ਪ੍ਰਭਾਵ ਵਿੱਚ ਮਾਧਿਅਮ ਦੇ ਅਣੂਆਂ, ਜਦੋਂ ਉਹ ਕੰਪਨ ਊਰਜਾ ਤੱਕ ਉਤੇਜਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਖਿੰਡਾਉ (scattering) ਦੀ ਪਰਿਘਟਨਾ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਇਸ ਕਾਰਜ ਨੇ ਅੱਗੇ ਆਉਣ ਵਾਲੇ ਕਈ ਸਾਲਾਂ ਦੇ ਲਈ ਅਨੁਸੰਧਾਨਾਂ ਦਾ ਇੱਕ ਪੂਰਨ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਨਵਾਂ ਰਸਤਾ ਖੋਲ੍ਹ ਦਿੱਤਾ।

ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਆਪਣੇ ਜੀਵਨ ਦੇ ਅੰਤਿਮ ਸਾਲ ਬੰਗਲੋਰ ਵਿਚ ਪਹਿਲੇ ਭਾਰਤੀ ਵਿਗਿਆਨ ਸੰਸਥਾਨ ਅਤੇ ਬਾਅਦ ਵਿੱਚ ਰਮਨ ਅਨੁਸੰਧਾਨ ਵਿਚ ਬਤੀਤ ਕੀਤੇ।

ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਕਾਰਜ ਨੇ ਨੌਜਵਾਨ ਵਿਦਿਆਰਥੀਆਂ ਦੀ ਪੀੜ੍ਹੀ ਨੂੰ ਪ੍ਰੋਤਸਾਹਿਤ ਕੀਤਾ ਹੈ।

ਸਾਰ (SUMMARY)

1. ਭੌਤਿਕੀ ਦਾ ਸੰਬੰਧ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਤੀ ਦੇ ਮੂਲ ਨਿਯਮਾਂ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੀਆਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਅਭਿਵਿਅਕਤੀ ਦੇ ਅਧਿਐਨ ਤੋਂ ਹੈ। ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਮੂਲ ਨਿਯਮ ਵਿਸ਼ਵਵਿਆਪੀ ਹਨ ਅਤੇ ਵੱਡੇ ਪੱਧਰ 'ਤੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸੰਦਰਭਾ ਅਤੇ ਹਾਲਾਤਾਂ ਵਿੱਚ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।
2. ਭੌਤਿਕੀ ਦਾ ਖੇਤਰ ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦਾ ਬਹੁਤ ਵਿਸ਼ਾਲ ਪਸਾਰਾ ਹੈ।
3. ਭੌਤਿਕੀ ਅਤੇ ਤਕਨਾਲੋਜੀ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹਨ। ਕਈ ਵਾਰ ਤਕਨੀਕੀ ਨਵੀਂ ਭੌਤਿਕੀ ਨੂੰ ਜਨਮ ਦਿੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਕਿਸੇ ਸਮੇਂ ਤੇ ਭੌਤਿਕੀ ਨਵੀਂ ਤਕਨੀਕੀ ਨੂੰ ਜਨਮ ਦਿੰਦੀ ਹੈ, ਦੋਹਾਂ ਦਾ ਸਮਾਜ ਵਿੱਚ ਸਿੱਧਾ ਪ੍ਰਭਾਵ ਹੈ।
4. ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਚਾਰ ਮੂਲ ਬਲ ਹਨ ਜੋ ਸਥੂਲ ਅਤੇ ਸੂਖਮ ਜਗਤ ਦੀਆਂ ਵਿਭਿੰਨ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਨੂੰ ਨਿਯੰਤਰਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਚਾਰ ਬਲ ਹਨ- 'ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ', 'ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ', 'ਪ੍ਰਬਲ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ' ਅਤੇ 'ਦੁਰਬਲ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ'। ਕੁਦਰਤ ਵਿਚ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਬਲਾਂ/ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰਾਂ ਦਾ ਏਕੀਕਰਨ ਭੌਤਿਕੀ ਦੀ ਇੱਕ ਮੂਲ ਖੋਜ ਹੈ।
5. ਅਜਿਹੀਆਂ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਜੋ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ ਅਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹਨ, ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਕਹਾਉਂਦੀਆਂ ਹਨ। ਕੁਦਰਤ ਦੇ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮਾਂ ਵਿੱਚ ਸ਼ਾਮਲ ਕੁਝ ਨਿਯਮ ਹਨ- ਪੁੰਜ, ਊਰਜਾ, ਰੇਖੀ ਸੰਵੇਗ, ਕੋਣੀ ਸੰਵੇਗ, ਚਾਰਜ, ਪੈਰਿਟੀ (ਸਮਤਾ) ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ। ਕੁਝ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਇੱਕ ਮੂਲ ਬਲ ਦੇ ਲਈ ਤਾਂ ਸਹੀਂ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਪਰ ਕਿਸੇ ਹੋਰ ਬਲ ਲਈ ਸਹੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ।
6. ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮਾਂ ਦਾ ਕੁਦਰਤ ਦੀਆਂ ਸਮਮਿਤੀਆਂ ਨਾਲ ਗਹਿਰਾ ਸੰਬੰਧ ਹੈ। ਸਪੇਸ ਅਤੇ ਸਮੇਂ ਦੀਆਂ ਸਮਮਿਤੀਆਂ ਅਤੇ ਹੋਰ ਸਮਮਿਤੀਆਂ ਦੀ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਤੀ ਵਿੱਚ ਮੂਲ ਬਲਾਂ ਦੇ ਆਧੁਨਿਕ ਸਿਧਾਂਤਾਂ ਵਿੱਚ ਕੇਂਦਰੀ ਭੂਮਿਕਾ ਹੈ।

ਅਭਿਆਸ (EXERCISE)

ਵਿਦਿਆਰਥੀਆਂ ਦੇ ਲਈ ਸੰਕੇਤ

ਇੱਥੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਅਭਿਆਸਾਂ ਦਾ ਉਦੇਸ਼ ਤੁਹਾਨੂੰ ਵਿਗਿਆਨ, ਤਕਨੀਕੀ ਅਤੇ ਸਮਾਜ ਨੂੰ ਘੇਰ ਕੇ ਰੱਖਣ ਵਾਲੀਆਂ ਸਮੱਸਿਆਵਾਂ ਤੋਂ ਜਾਣੂ ਕਰਵਾਉਣਾ ਹੈ ਅਤੇ ਆਪ ਨੂੰ ਇਹਨਾਂ ਵਿਸ਼ਿਆਂ ਬਾਰੇ ਸੋਚਣ ਅਤੇ ਆਪਣੇ ਵਿਚਾਰਾਂ ਦਾ ਸੰਗ੍ਰਹਿ ਕਰਨ ਲਈ ਪ੍ਰੋਤਸਾਹਿਤ ਕਰਨਾ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰਸ਼ਨਾਂ ਦੇ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ, ਸਪੱਸ਼ਟ 'ਵਸਤੂਨਿਸ਼ਠ' ਉੱਤਰ ਨਾ ਹੋਣ।

ਅਧਿਆਪਕਾਂ ਦੇ ਲਈ ਸੰਕੇਤ

ਇਥੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਅਭਿਆਸ ਕਿਸੇ ਓਪਚਾਰਿਕ ਪ੍ਰੀਖਿਆ ਲਈ ਨਹੀਂ ਹਨ।

1.1 ਵਿਗਿਆਨ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਕੁਝ ਬਹੁਤ ਹੀ ਗਹਿਰੇ ਕਥਨ ਅੱਜ ਤੱਕ ਦੇ ਮਹਾਨਤਮ ਵਿਗਿਆਨਿਕਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਇੱਕ ਅਲਬਰਟ ਆਇਨਸਟੀਨ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕੀਤੇ ਗਏ ਹਨ। ਤੁਹਾਡੇ ਵਿਚਾਰ ਵਿੱਚ ਆਇਨਸਟੀਨ ਦਾ ਉਸ ਸਮੇਂ ਕੀ ਭਾਵ ਸੀ, ਜਦੋਂ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਕਿਹਾ ਸੀ "ਸੰਸਾਰ ਬਾਰੇ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਨਾਸਮਝਦਾਰੀ ਵਾਲਾ ਵਿਸ਼ਾ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਇਸ ਨੂੰ ਸਮਝਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।"

1.2 "ਹਰ ਇੱਕ ਮਹਾਨ ਭੌਤਿਕ ਸਿਧਾਂਤ ਅਪਸਿਧਾਂਤ (Heresy) ਤੋਂ ਸ਼ੁਰੂ ਹੋ ਕੇ ਧਰਮ ਸਿਧਾਂਤ (dogma) ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਮਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।" ਇਸ ਤਿੱਖੀ ਟਿੱਪਣੀ ਦੀ ਵੈਧੱਤਾ ਲਈ ਵਿਗਿਆਨ ਦੇ ਇਤਿਹਾਸ ਵਿੱਚੋਂ ਕੁਝ ਉਦਾਹਰਨ ਲਿਖੋ।

1.3 "ਸੰਭਵ ਦੀ ਕਲਾ ਹੀ ਰਾਜਨੀਤੀ ਹੈ।" ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ "**ਸਮਾਧਾਨ** ਦੀ ਕਲਾ ਹੀ ਵਿਗਿਆਨ ਹੈ।" ਵਿਗਿਆਨ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਅਤੇ ਵਿਵਹਾਰ ਤੇ ਇਸ ਸੁੰਦਰ ਸੂਕਤੀ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰੋ।

1.4 ਜਦੋਂ ਕਿ ਹੁਣ ਭਾਰਤ ਵਿੱਚ ਵਿਗਿਆਨ ਅਤੇ ਤਕਨੀਕੀ ਦਾ ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਅਧਾਰ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਤੇਜ਼ੀ ਨਾਲ ਫੈਲ ਵੀ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਪਰ ਫਿਰ ਵੀ ਇਸ ਨੂੰ ਵਿਗਿਆਨ ਦੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਵਿਸ਼ਵ ਨੇਤਾ ਬਣਨ ਦੀ ਆਪਣੀ ਸਮਰੱਥਾ ਨੂੰ ਸਿੱਧ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਦੂਰੀ ਤੈਅ ਕਰਨੀ ਹੈ। ਅਜਿਹੇ ਕੁਝ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਕਾਰਕ ਲਿਖੋ ਜੋ ਤੁਹਾਡੇ ਵਿਚਾਰ ਨਾਲ ਭਾਰਤ ਵਿੱਚ ਵਿਗਿਆਨ ਦੇ ਵਿਕਾਸ ਵਿੱਚ ਰੁਕਾਵਟਾਂ ਬਣ ਰਹੇ ਹਨ ?

1.5 ਕਿਸੇ ਵੀ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਨੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਕਦੇ ਵੀ ਦਰਸ਼ਨ ਨਹੀਂ ਕੀਤੇ ਹਨ। ਪਰ ਫਿਰ ਵੀ ਸਾਰੇ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਦਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਹੋਂਦ ਵਿੱਚ ਵਿਸ਼ਵਾਸ ਹੈ। ਕੋਈ ਬੁੱਧੀਮਾਨ ਪਰੰਤੂ ਅੰਧਵਿਸ਼ਵਾਸੀ ਵਿਅਕਤੀ ਇਸ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰਕ ਨਾਲ ਅੱਗੇ ਵਧਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਬੇਸ਼ਕ ਕਿਸੇ ਨੇ 'ਦੇਖਿਆ' ਨਹੀਂ ਹੈ ਪਰ 'ਭੂਤਾਂ' ਦੀ ਹੋਂਦ ਹੈ। ਤੁਸੀਂ ਇਸ ਤਰਕ ਦਾ ਖੰਡਨ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਰੋਗੇ ?

1.6 ਜਾਪਾਨ ਦੇ ਇੱਕ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਸਮੁੰਦਰ ਤੱਟੀ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਮਿਲਣ ਵਾਲੇ ਕੇਕੜੇ ਦੇ ਖੋਲਾਂ **ਵਿੱਚੋਂ ਕਈ ਸਮੁਰਾਵੀ ਦੇ ਅਣੂਸ਼ਰੂਤ ਚਿਹਰੇ ਨਾਲ** ਮਿਲਦੇ-ਜੁਲਦੇ ਲੱਗਦੇ ਹਨ ? ਹੇਠਾਂ ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰੇਖਿਤ ਤੱਥਾਂ ਦੀਆਂ ਦੋ ਵਿਆਖਿਆਵਾਂ ਦਿੱਤੀਆਂ ਗਈਆਂ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਵਿਚੋਂ ਤੁਹਾਨੂੰ ਕਿਹੜਾ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਸਪੱਸ਼ਟੀਕਰਨ ਲਗਦਾ ਹੈ ?

(a) ਕਈ ਸਦੀਆਂ ਪਹਿਲਾਂ ਕਿਸੇ ਭਿਆਨਕ ਸਮੁੰਦਰੀ ਦੁਰਘਟਨਾ ਵਿੱਚ **ਇੱਕ ਜਵਾਨ ਸਮੁਰਾਈ ਡੁੱਬ ਗਿਆ ਸੀ।** ਉਸ ਦੀ ਬਹਾਦਰੀ ਨੂੰ ਸ਼ਰਧਾਂਜਲੀ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕੁਦਰਤ ਨੇ ਗੂੜ੍ਹ ਤਰੀਕਿਆਂ ਦੁਆਰਾ ਉਸਦੇ ਚਿਹਰੇ ਨੂੰ ਕੇਕੜੇ ਦੇ ਕਵਚ 'ਤੇ ਅੰਕਿਤ ਕਰਕੇ ਉਸ ਨੂੰ ਉਸ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਅਮਰ ਬਣਾ ਦਿੱਤਾ।

(b) ਸਮੁੰਦਰੀ ਦੁਰਘਟਨਾ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਉਸ ਖੇਤਰ ਦੇ ਮੁਛਿਆਰੇ ਆਪਣੇ ਮ੍ਰਿਤ ਨੇਤਾ ਲਈ ਆਦਰ ਦਾ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਨ ਕਰਨ ਲਈ ਉਸ ਹਰ ਕੇਕੜੇ ਦੇ ਕਵਚ ਨੂੰ ਜਿਸਦੀ ਆਕ੍ਰਿਤੀ ਸੰਯੋਗ ਵਸ਼ ਸਮੂਰਾਈ ਨਾਲ ਮਿਲਦੀ-ਮਿਲਦੀ ਲੱਗਦੀ ਸੀ, ਉਸ ਨੂੰ ਵਾਪਸ ਸਮੁੰਦਰ ਵਿਚ ਸੁੱਟ ਦਿੰਦੇ ਸਨ। ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਕੇਕੜੇ ਦੇ ਕਵਚਾਂ ਦੀਆਂ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਆਕ੍ਰਿਤੀਆਂ ਵਧੇਰੇ ਸਮੇਂ ਤੱਕ ਮੌਜੂਦ ਰਹੀਆਂ ਅਤੇ ਇਸ ਲਈ ਲੰਬੇ ਸਮੇਂ ਦੌਰਾਨ ਇਸ ਆਕ੍ਰਿਤੀ ਦਾ ਅਣੂਵੇਸ਼ਨ ਜਨਨ ਹੋਇਆ। ਇਹ ਬਣਾਵਟੀ ਚੁਨਾਵ ਦੁਆਰਾ ਵਿਕਾਸ ਦਾ ਇੱਕ ਉਦਾਹਰਨ ਹੈ।

[**ਨੋਟ :** ਇਹ ਰੋਚਕ ਉਦਾਹਰਣ ਕਾਰਲ ਸਾਗਨ (Carl Sagan's) ਦੀ ਪੁਸਤਕ "ਦੀ ਕੌਸਮਾਸ" (The Cosmos) ਤੋਂ ਲਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਹ ਇਸ ਤੱਥ ਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਪਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਅਕਸਰ ਵਿਲੱਖਣ ਅਤੇ ਗੂੜ੍ਹ ਤੱਥ ਜੋ ਪਹਿਲੀ ਨਜ਼ਰੇ ਅਲੌਕਿਕ ਲੱਗਦੇ ਹਨ। ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਸਾਧਾਰਨ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਵਿਆਖਿਆਵਾਂ ਦੁਆਰਾ ਸਪਸ਼ਟ ਹੋਣ ਯੋਗ ਬਣ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਹੋਰ ਉਦਾਹਰਨਾਂ 'ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ ॥.

1.7 ਦੋ ਸਦੀਆਂ ਤੋਂ ਵੀ ਵੱਧ ਸਮਾਂ ਪਹਿਲਾਂ ਇੰਗਲੈਂਡ ਅਤੇ ਪੱਛਮੀ ਯੂਰਪ ਵਿੱਚ ਜੋ ਤਕਨੀਕੀ ਕ੍ਰਾਂਤੀ ਹੋਈ ਸੀ ਉਸਦੀ ਚਿੰਗਾਰੀ ਦਾ ਕਾਰਨ ਕੁਝ ਪ੍ਰਮੁੱਖ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਅਤੇ ਤਕਨੀਕੀ ਉਪਲਬਧੀਆਂ ਸਨ। ਇਹ ਉਪਲਬਧੀਆਂ ਕੀ ਸਨ ?

1.8 ਅਕਸਰ ਇਹ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਸੰਸਾਰ ਹੁਣ ਦੂਸਰੀ ਤਕਨੀਕੀ ਕ੍ਰਾਂਤੀ ਦੇ ਦੌਰ ਵਿੱਚੋਂ ਲੰਘ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਜੋ ਸਮਾਜ ਵਿਚ ਪਹਿਲੀ ਕ੍ਰਾਂਤੀ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਮੌਲਿਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਬਦਲਾਵ ਲਿਆ ਦੇਵੇਗੀ। ਵਿਗਿਆਨ ਅਤੇ ਤਕਨੀਕੀ ਦੇ ਉਹਨਾਂ ਪ੍ਰਮੁੱਖ ਸਮਕਾਲੀਨ ਖੇਤਰਾਂ ਦੀ ਸੂਚੀ ਬਣਾਓ ਜੋ ਇਸ ਕ੍ਰਾਂਤੀ ਲਈ ਜ਼ਿੰਮੇਵਾਰ ਹਨ।

1.9 ਬਾਈਵੀਂ ਸਦੀ ਦੇ ਵਿਗਿਆਨ ਅਤੇ ਤਕਨੀਕੀ ਤੇ ਆਪਣੀਆਂ ਨਿਰਾਧਾਰ ਕਲਪਨਾਵਾਂ ਨੂੰ ਆਧਾਰ ਮੰਨ ਕੇ ਲਗਭਗ 1000 ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਕਹਾਣੀ ਲਿਖੋ।

1.10 'ਵਿਗਿਆਨ ਦੇ ਵਿਵਹਾਰ' ਤੇ ਆਪਣੇ "ਨੈਤਿਕ" ਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀਕੋਣਾਂ ਨੂੰ ਰਚਣ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕਰੋ। ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ ਕਿ ਤੁਸੀਂ ਖ਼ੁਦ ਕਿਸੇ ਸੰਯੋਗ ਕਾਰਨ ਕਿਸੇ ਅਜਿਹੀ ਖੋਜ ਵਿੱਚ ਲੱਗੇ ਹੋ ਜੋ ਕਿ ਅਕਾਦਮਿਕ ਪੱਖ ਤੋਂ ਰੋਚਕ ਹੈ ਪਰੰਤੂ ਉਸਦੇ ਨਤੀਜੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਮਨੁੱਖੀ ਸਮਾਜ ਦੇ ਲਈ ਖਤਰਨਾਕ ਹੋਣ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਕੁਝ ਨਹੀਂ ਹੋਣਗੇ। ਫਿਰ ਵੀ ਜੇ ਅਜਿਹਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਸ ਉਲਝਣ ਦੇ ਹੱਲ ਦੇ ਲਈ ਕੀ ਕਰੋਗੇ ?

1.11 ਕਿਸੇ ਵੀ ਗਿਆਨ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਗਿਆਨ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਵੀ, ਚੰਗੀ ਜਾਂ ਮਾੜੀ ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਅੱਗੇ ਵਿਗਿਆਨ ਦੇ ਕੁੱਝ ਇਸਤੇਮਾਲ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ। ਖ਼ਾਸ ਕਰਕੇ ਕਿਹੜਾ ਇਸਤੇਮਾਲ ਚੰਗਾ ਹੈ, ਬੁਰਾ ਹੈ ਜਾਂ ਅਜਿਹਾ ਹੈ ਕਿ ਜਿਸ ਨੂੰ ਸਪੱਸ਼ਟ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਰਗੀਕ੍ਰਿਤ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਇਸਦੇ ਬਾਰੇ ਵਿੱਚ ਆਪਣੇ ਨਜ਼ਰੀਏ ਨੂੰ ਸੂਚੀਬੱਧ ਕਰੋ :

(i) ਆਮ ਜਨਤਾ ਨੂੰ ਚੇਚਕ ਦੇ ਟੀਕੇ ਲਗਾ ਕੇ ਇਸ ਰੋਗ ਨੂੰ ਦਬਾਉਣ ਅਤੇ ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਇਸ ਰੋਗ ਤੋਂ ਜਨਤਾ ਨੂੰ ਮੁਕਤੀ ਦਿਲਾਉਣਾ। (ਭਾਰਤ ਵਿੱਚ ਇਸ ਨੂੰ ਪਹਿਲਾਂ ਹੀ ਸਫ਼ਲਤਾਪੂਰਵਕ ਕਰ ਲਿਆ ਗਿਆ ਹੈ।)

(ii) ਅਨਪੜ੍ਹਤਾ ਦਾ ਖ਼ਾਤਮਾ ਕਰਨ ਅਤੇ ਸਮਾਚਾਰਾਂ ਅਤੇ ਧਾਰਨਾਵਾਂ ਦੇ ਜਨਸੰਚਾਰ ਲਈ ਟੈਲੀਵਿਜ਼ਨ।

(iii) ਜਨਮ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਲਿੰਗ ਨਿਰਧਾਰਨ।

(iv) ਕਾਰਜ ਸਮਰਥਾ ਵਿੱਚ ਵਾਧੇ ਲਈ ਕੰਪਿਊਟਰ।

(v) ਧਰਤੀ ਦੇ ਆਲ਼ੇ-ਦੁਆਲ਼ੇ ਆਰਬਿਟ ਵਿੱਚ ਬਣਾਵਟੀ ਉਪਗ੍ਰਹਿ ਦੀ ਸਥਾਪਨਾ।

(vi) ਨਿਊਕਲੀ ਹਥਿਆਰਾਂ ਦਾ ਵਿਕਾਸ

(vii) ਰਸਾਇਣਿਕ ਅਤੇ ਜੈਵਿਕ ਯੁੱਧ ਦੀਆਂ ਨਵੀਆਂ ਅਤੇ ਸ਼ਕਤੀਸ਼ਾਲੀ ਤਕਨੀਕਾਂ ਦਾ ਵਿਕਾਸ।

(viii) ਪੀਣ ਲਈ ਪਾਣੀ ਨੂੰ ਸ਼ੁੱਧ ਕਰਨਾ।

(ix) ਪਲਾਸਟਿਕ ਸਰਜਰੀ

(x) ਕਲੋਨਿੰਗ।

1.12 ਭਾਰਤ ਵਿੱਚ ਗਣਿਤ, ਖਗੋਲ ਵਿਗਿਆਨ, ਭਾਸ਼ਾ ਵਿਗਿਆਨ ਤਰਕ ਅਤੇ ਨੈਤਿਕਤਾ ਵਿੱਚ ਮਹਾਨ ਵਿਦਵਤਾ ਦੀ ਇੱਕ ਲੰਬੀ ਅਤੇ ਅਟੁੱਟ ਪਰੰਪਰਾ ਰਹੀ ਹੈ। ਫਿਰ ਵੀ ਇਸਦੇ ਨਾਲ ਅਤੇ ਸਮਾਂਤਰ ਸਾਡੇ ਸਮਾਜ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਅੰਧਵਿਸ਼ਵਾਸ ਅਤੇ ਰੂੜੀਵਾਦੀ ਨਜ਼ਰੀਆ ਫਲਿਆ ਫੁੱਲਿਆ ਹੈ ਅਤੇ ਬਦਕਿਸਮਤੀ ਨਾਲ ਅਜਿਹਾ ਅਜੇ ਵੀ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ ਅਤੇ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਸਿੱਖਿਅਤ ਲੋਕਾਂ ਵਿੱਚ ਵੀ ਵਿਆਪਤ ਹੈ। ਨਜ਼ਰੀਏ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਨ ਲਈ ਆਪਣੀ ਰਣਨੀਤੀ ਬਣਾਉਣ ਵਿੱਚ ਤੁਸੀਂ ਆਪਣੇ ਵਿਗਿਆਨ ਦੇ ਗਿਆਨ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਰੋਗੇ ?

1.13 ਜਦੋਂ ਕਿ ਭਾਰਤ ਵਿੱਚ ਇਸਤਰੀ ਅਤੇ ਪੁਰਸ਼ ਨੂੰ ਬਰਾਬਰ ਅਧਿਕਾਰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹਨ, ਫਿਰ ਵੀ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਲੋਕ ਮਹਿਲਾਵਾਂ ਦੀ ਸੁਭਾਵਿਕ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਤੀ, ਸਮਰੱਥਾ, ਬੁੱਧੀਮਾਨੀ ਦੇ ਬਾਰੇ ਵਿੱਚ ਅਵਿਗਿਆਨਿਕ ਵਿਚਾਰ ਰੱਖਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਵਿਵਹਾਰ ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਘੱਟ ਮਹੱਤਵ ਅਤੇ ਭੂਮਿਕਾ ਦਿੰਦੇ ਹਨ। ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਤਰਕਾਂ ਅਤੇ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਅਤੇ ਹੋਰ ਖੇਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਮਹਾਨ ਮਹਿਲਾਵਾਂ ਦਾ ਉਦਾਹਰਣ ਦੇ ਕੇ ਇਹਨਾਂ ਵਿਚਾਰਾਂ ਨੂੰ ਢਾਹ ਢੇਰੀ ਕਰੋ ਅਤੇ ਆਪਣੇ ਆਪ ਨੂੰ ਅਤੇ ਦੂਸਰਿਆਂ ਨੂੰ ਵੀ ਸਮਝਾਉ ਕਿ ਬਰਾਬਰ ਮੌਕੇ ਦਿੱਤੇ ਜਾਣ 'ਤੇ ਮਹਿਲਾਵਾਂ, ਪੁਰਖਾਂ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ।

1.14 "ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਵਿੱਚ ਸੁੰਦਰਤਾ ਹੋਣਾ ਉਹਨਾਂ ਦਾ ਤਜ਼ਰਬਿਆਂ ਨਾਲ ਸਹਿਮਤ ਹੋਣ ਦੀ ਬਜਾਏ ਵਧੇਰੇ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਹੈ।" ਇਹ ਵਿਚਾਰ ਬ੍ਰਿਟਿਸ਼ ਵਿਗਿਆਨੀ ਪੀ.ਏ.ਐਮ.ਡਿਰਾਕ (P. A. M. Dirac) ਦਾ ਸੀ। ਇਸ ਨਜ਼ਰੀਏ ਦੀ ਸਮੀਖਿਆ ਕਰੋ। ਇਸ ਪੁਸਤਕ ਵਿੱਚ ਅਜਿਹੇ ਸੰਬੰਧਾਂ ਅਤੇ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਦੀ ਖੋਜ ਕਰੋ ਜੋ ਤੁਹਾਨੂੰ ਸੁੰਦਰ ਲੱਗਦੇ ਹਨ।

1.15 ਬੇਸ਼ੱਕ ਉਪਰ ਦੱਸਿਆ ਬਿਆਨ ਵਿਵਾਦਿਤ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ਪਰ ਵਧੇਰੇ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਦਾ ਇਹ ਵਿਚਾਰ ਹੈ ਕਿ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਮਹਾਨ ਨਿਯਮ ਨਾਲੋਂ ਨਾਲ ਸਰਲ ਅਤੇ ਸੁੰਦਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਡਿਰਾਕ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਜਿਹੜੇ ਮਸ਼ਹੂਰ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਨੇ ਅਜਿਹਾ ਮਹਿਸੂਸ ਕੀਤਾ ਉਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕੁਝ ਦੇ ਨਾਂ ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਹਨ : ਆਇਨਸਟੀਨ, ਬੋਹਰ, ਹਾਈਸਨਬਰਗ, ਚੰਦਰਸ਼ੇਖਰ ਅਤੇ ਫੇਮੈਨ। ਤੁਹਾਨੂੰ ਇਹ ਅਨੁਰੋਧ ਹੈ ਕਿ ਤੁਸੀਂ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਇਹਨਾਂ ਵਿਦਵਾਨਾਂ ਅਤੇ ਹੋਰ ਮਹਾਨਾਇਕਾਂ ਦੁਆਰਾ ਰਚੀਆਂ ਆਮ ਪੁਸਤਕਾਂ ਅਤੇ ਲੇਖਾਂ ਤੱਕ ਪਹੁੰਚਣ ਦੇ ਲਈ ਖਾਸ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ਾਂ ਜ਼ਰੂਰ ਕਰੋ। (ਇਸ ਪੁਸਤਕ ਦੇ ਅੰਤ ਵਿਚ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਗ੍ਰੰਥ ਸੂਚੀ ਵੇਖੋ।) ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਲੇਖ ਸੱਚਮੁੱਚ ਪ੍ਰੇਰਕ ਹਨ।

1.16 ਵਿਗਿਆਨ ਦੀਆਂ ਪਾਠ-ਪੁਸਤਕਾਂ ਤੁਹਾਡੇ ਮਨ ਵਿੱਚ ਇਹ ਗਲਤ ਧਾਰਨਾ ਪੈਦਾ ਕਰ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ ਕਿ ਵਿਗਿਆਨ ਪੜ੍ਹਨਾ ਖੁਸ਼ਕ ਅਤੇ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਗੰਭੀਰ ਹੈ ਅਤੇ ਵਿਗਿਆਨੀ ਭੁਲੱਕੜ, ਅੰਤਰਮੁਖੀ, ਕਦੇ ਨਾ ਹੱਸਣ ਵਾਲੇ ਅਤੇ ਖਿਝਣ ਵਾਲੇ ਵਿਅਕਤੀ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਵਿਗਿਆਨ ਅਤੇ ਵਿਗਿਆਨਿਕਾਂ ਦਾ ਇਹ ਚਿੱਤਰਨ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਧਾਰਹੀਣ ਹੈ। ਹੋਰ ਸਮੁਦਾਇ ਦੇ ਮਨੁੱਖਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਗਿਆਨੀ ਵੀ ਮਜ਼ਾਕੀਆ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਵਿਗਿਆਨੀਆਂ ਨੇ ਤਾਂ ਆਪਣੇ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਕਾਰਜਾਂ ਨੂੰ ਗੰਭੀਰਤਾ ਨਾਲ ਪੂਰਾ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਬਹੁਤ ਵਿਨੋਦੀ ਸੁਭਾਅ ਅਤੇ ਸਾਹਸਿਕ ਕਾਰਜ ਕਰਕੇ ਆਪਣਾ ਜੀਵਨ ਬਤੀਤ ਕੀਤਾ ਹੈ। ਗੈਮੋ (Gamow) ਅਤੇ ਫੇਮੈਨ (Feynman) ਇਸੇ ਸ਼ੈਲੀ ਦੇ ਦੋ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ ਹਨ। ਗ੍ਰੰਥ ਸੂਚੀ ਵਿੱਚ ਇਹਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਰਚੀਆਂ ਪੁਸਤਕਾਂ ਨੂੰ ਪੜ੍ਹ ਕੇ ਤੁਹਾਨੂੰ ਅਨੰਦ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਵੇਗਾ।

*****

ਪਾਠ-2

ਮਾਤਰਕ ਅਤੇ ਮਾਪਨ

(UNITS AND MEASUREMENT)

2.1 ਭੂਮਿਕਾ

2.2 ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਅੰਤਰ-ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਪ੍ਰਣਾਲੀ

2.3 ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਮਾਪ

2.4 ਪੁੰਜ ਦਾ ਮਾਪ

2.5 ਸਮੇਂ ਦਾ ਮਾਪ

2.6 ਸ਼ੁੱਧਤਾ, ਯੰਤਰਾਂ ਦੀ ਵਿਸ਼ੁਧਤਾ ਅਤੇ ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਤਰੁੱਟੀ (Accuracy, precision of instruments and errors in measurement)

2.7 ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ (Significant figures)

2.8 ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ (dimensions)

2.9 ਵਿਮੀ ਸੂਤਰ ਅਤੇ ਵਿਮੀ ਸਮੀਕਰਨਾਂ (Dimensional formulae and dimensional equations)

2.10 ਵਿਮੀ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਨ ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ

ਸਾਰ

ਅਭਿਆਸ

ਵਾਧੂ ਅਭਿਆਸ

2.1 ਭੂਮਿਕਾ (INTRODUCTION)

ਕਿਸੇ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਦਾ ਮਾਪ, ਇੱਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ, ਅਧਾਰਭੂਤ, ਮਨਮਰਜ਼ੀ ਨਾਲ ਚੁਣੇ ਗਏ ਅੰਤਰ-ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਪੱਧਰ 'ਤੇ ਮਾਨਤਾ ਪ੍ਰਾਪਤ, ਇੱਕ ਸੰਦਰਭ-ਮਿਆਰ (reference standard) ਨਾਲ ਤੁਲਨਾ ਕਰਕੇ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਸੰਦਰਭ-ਮਿਆਰ ਨੂੰ **ਮਾਤਰਕ (unit)** ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਵੀ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਦੇ ਮਾਪ ਨੂੰ ਮਾਤਰਕ ਦੇ ਅੱਗੇ ਇੱਕ ਸੰਖਿਆ (ਜਾਂ ਗਿਣਤੀ ਵਾਲਾ ਅੰਕ) ਲਿਖ ਕੇ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਭਾਵੇਂ, ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਪ੍ਰਤੀਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਪਰ ਸਾਨੂੰ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਣ ਲਈ, ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਸੀਮਿਤ ਸੰਖਿਆ ਦੀ ਹੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਇਹ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹਨ। ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ (fundamental quantities) ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਣ ਲਈ ਵਰਤੇ ਜਾਣ ਵਾਲੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਨੂੰ **ਮੂਲ ਮਾਤਰਕ (fundamental units)** ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਹੋਰ ਸਾਰੀਆਂ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਨੂੰ ਮੂਲ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਸੰਯੋਜਨ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਗਟਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀਆਂ ਗਈਆਂ ਵਿਉਤਪਾਦਤ (derived) ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਨੂੰ **ਵਿਉਤਪਾਦਤ ਮਾਤਰਕ (derived units)** ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਮੂਲ ਮਾਤਰਕਾਂ ਅਤੇ ਵਿਉਤਪਾਦਤ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਸੰਪੂਰਨ ਸਮੂਹ ਨੂੰ **ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਣਾਲੀ** (system of units) ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

2.2 ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਅੰਤਰ-ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਪ੍ਰਣਾਲੀ (THE INTERNATIONAL SYSTEM OF UNITS)

ਬਹੁਤ ਸਾਲਾਂ ਤੱਕ ਮਾਪ ਲਈ, ਵੱਖ-ਵੱਖ ਦੇਸ਼ਾਂ ਦੇ ਵਿਗਿਆਨੀ, ਵੱਖ-ਵੱਖ ਮਾਪ ਪ੍ਰਣਾਲੀਆਂ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰਦੇ ਸਨ। ਹੁਣ ਤੋਂ ਕੁਝ ਸਮਾਂ ਪਹਿਲਾਂ ਤੱਕ ਅਜਿਹੀਆਂ ਤਿੰਨ ਪ੍ਰਣਾਲੀਆਂ - CGS ਪ੍ਰਣਾਲੀ, FPS (ਜਾਂ ਬ੍ਰਿਟਿਸ਼) ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਅਤੇ MKS ਪ੍ਰਣਾਲੀ, ਮੁੱਖ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਰਤੋਂ ਵਿੱਚ ਲਿਆਈਆਂ ਜਾਂਦੀਆਂ ਸਨ।

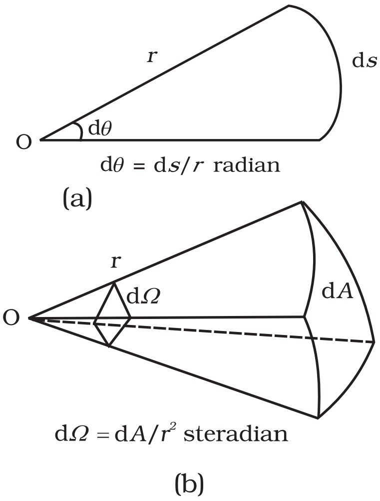
ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰਣਾਲੀਆਂ ਵਿੱਚ ਲੰਬਾਈ (length), ਪੁੰਜ (mass) ਅਤੇ ਸਮਾਂ (time) ਦੇ ਮੂਲ ਮਾਤਰਕ ਵਾਰੀ ਸਿਰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਨ।

- CGS ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਵਿੱਚ, ਸੈਂਟੀਮੀਟਰ, ਗ੍ਰਾਮ ਅਤੇ ਸੈਕੰਡ।
- FPS ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਵਿੱਚ, ਫੁੱਟ, ਪਾਉਂਡ ਅਤੇ ਸੈਕੰਡ।
- MKS ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਵਿੱਚ, ਮੀਟਰ, ਕਿਲੋਗ੍ਰਾਮ ਅਤੇ ਸੈਕੰਡ।

ਅੱਜਕਲ੍ਹ ਅੰਤਰ-ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਪੱਧਰ ਤੇ ਮਾਨਤਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਪ੍ਰਣਾਲੀ "ਸਿਸਟਮ ਇੰਟਰਨੈਸ਼ਨਲ ਡਿ ਯੂਨਿਟਸ" (Systèm International d' Units) (ਇਹ ਫਰੈਂਚ ਭਾਸ਼ਾ ਵਿੱਚ "ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਅੰਤਰ-ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਪ੍ਰਣਾਲੀ" ਲਈ ਵਰਤਿਆ ਗਿਆ ਹੈ) ਇਸ ਨੂੰ ਸੰਕੇਤ ਅੱਖਰਾਂ ਵਿੱਚ SI ਲਿਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। SI ਪ੍ਰਤੀਕਾਂ, ਮਾਤਰਕਾਂ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਸੰਕੇਤ ਅੱਖਰਾਂ ਦੀ ਯੋਜਨਾ ਦੀ 1971 ਵਿੱਚ, ਮਾਪਤੋਲ ਦੇ ਮਹਾਸੰਮੇਲਨ ਦੁਆਰਾ ਵਿਕਸਿਤ ਕਰਕੇ, ਵਿਗਿਆਨਿਕ, ਤਕਨੀਕੀ,

ਉਦਯੋਗਿਕ ਅਤੇ ਵਪਾਰਿਕ ਕਾਰਜਾਂ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ-ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਪੱਧਰ ਤੇ ਵਰਤੋਂ ਲਈ ਸਿਫਾਰਿਸ਼ ਕੀਤੀ ਗਈ। SI ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ 10 ਦੀਆਂ ਘਾਤਾਂ ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ (ਦਾਸ਼ਮਕ) ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਦੇ ਕਾਰਨ, ਇਸ ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਰੂਪਾਂਤਰਨ ਬਹੁਤ ਸੌਖਾ ਅਤੇ ਸੁਵਿਧਾਜਨਕ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਇਸ ਪੁਸਤਕ ਵਿੱਚ SI ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਹੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਾਂਗੇ।

SI ਵਿੱਚ ਸੱਤ ਮੂਲ ਮਾਤਰਕ ਹਨ, ਜੋ ਸਾਰਣੀ 2.1 ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਸੱਤ ਮੂਲ ਮਾਤਰਕਾਂ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਦੋ ਪੂਰਕ ਮਾਤਰਕ (supplementary units) ਵੀ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ (i) ਸਮਤਲੀ ਕੋਣ (plane cone), $d\theta$ ਚਿੱਤਰ 2.1 (a) ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਚੱਕਰ ਦੇ ਚਾਪ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ds ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਅਰਧ-ਵਿਆਸ r ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਅਤੇ (ii) ਘਣ ਕੋਣ, $d\Omega$ ਚਿੱਤਰ 2.1 (b) ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਨੋਕ O ਦੀ ਕੇਂਦਰ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਉਸਦੇ ਆਲ੍ਹੇ-ਦੁਆਲ੍ਹੇ ਬਣੇ ਗੋਲੇ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਅਵਰੋਧਿਤ ਖੇਤਰ (intercepted area) dA ਅਤੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ r ਦੇ ਵਰਗ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਸਮਤਲੀ ਕੋਣ ਦਾ ਮਾਤਰਕ ਰੇਡੀਅਨ (radian) ਹੈ। ਜਿਸਦਾ ਪ੍ਰਤੀਕ rad ਹੈ ਅਤੇ ਘਣ ਕੋਣ (solid angle) ਦਾ ਮਾਤਰਕ ਸਟੇਰੇਡਿਅਨ (Steradian) ਹੈ ਜਿਸਦਾ ਪ੍ਰਤੀਕ sr ਹੈ। ਇਹ ਦੋਵੇਂ ਹੀ ਵਿਮਰਹਿਤ (dimensionless) ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਹਨ।



ਚਿੱਤਰ **2.1** *(a)* ਸਮਤਲੀ ਕੋਣ $d\theta$ ਅਤੇ *(b)* ਘਣ ਕੋਣ $d\Omega$ ਦਾ ਆਰੇਖੀ ਵਿਵਰਨ।

ਸਾਰਣੀ 2.1 SI ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਮਾਤਰਕ*

ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀ	SI ਮਾਤਰਕ		
	ਨਾਂ	ਪ੍ਰਤੀਕ	ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ
ਲੰਬਾਈ	ਮੀਟਰ	m	ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੁਆਰਾ ਨਿਰਵਾਯੂ (vacuum) ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸੈਕੰਡ ਦੇ 299,792,458 ਵੇਂ ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਤੈਅ ਕੀਤੇ ਗਏ ਰਸਤੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਇੱਕ ਮੀਟਰ ਹੈ। (1983 ਤੋਂ ਮਾਨਤਾ ਪ੍ਰਾਪਤ)
ਪੁੰਜ	ਕਿਲੋਗ੍ਰਾਮ	kg	ਫਰਾਂਸ ਵਿੱਚ ਪੇਰਿਸ ਦੇ ਨੇੜੇ ਸੇਵਰਿਸ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤ ਅੰਤਰ-ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਮਾਪ ਤੋਲ ਬਿਊਰੋ ਵਿੱਚ ਰੱਖੇ ਕਿਲੋਗ੍ਰਾਮ ਦੇ ਅੰਤਰ-ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਅਸਲ ਰੂਪ (prototype) (ਪਲੈਟੀਨਮ-ਇਰੀਡੀਅਮ ਮਿਸ਼ਰਧਾਤ ਤੋਂ ਬਣੇ ਸਿਲੰਡਰ) ਦਾ ਪੁੰਜ ਇੱਕ ਕਿਲੋਗ੍ਰਾਮ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। (1889 ਤੋਂ ਮਾਨਤਾ ਪ੍ਰਾਪਤ)
ਸਮਾਂ	ਸੈਕੰਡ	s	ਇੱਕ ਸੈਕੰਡ ਉਹ ਅੰਤਰਾਲ ਹੈ ਜੋ ਸੀਜ਼ੀਅਮ-133 ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਨਿਊਨਤਮ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰ ਦੇ ਦੋ ਅਤਿਸੂਖਮ ਪੱਧਰਾਂ ਵਿਚਕਾਰ ਤਬਦੀਲੀ ਦੇ ਅਨੁਰੂਪ ਵਿਕਿਰਣ ਦੇ 9,192,631,770 ਆਵਰਤ ਕਾਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ।
ਬਿਜਲੀ ਧਾਰਾ	ਐਮਪੀਅਰ	A	ਇੱਕ ਐਮਪੀਅਰ ਉਹ ਸਥਿਰ ਬਿਜਲੀ ਧਾਰਾ ਹੈ ਜੋ ਕਿ ਨਿਰਵਾਯੂ ਵਿਚ। ਮੀਟਰ ਦੀ ਦੂਰੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਦੋ ਸਿੱਧੇ ਅਨੰਤ ਲੰਬਾਈ ਵਾਲੇ ਸਮਾਨਾਂਤਰ ਅਤੇ ਨਾਂ-ਮਾਤਰ ਚੱਕਰਾਕਾਰ ਕਾਟ ਖੇਤਰ (cross-section) ਦੇ ਚਾਲਕਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵਾਹਿਤ ਹੋਣ ਤੇ, ਇਹਨਾਂ ਚਾਲਕਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤੀ ਮੀਟਰ ਲੰਬਾਈ ਤੇ 2×10^{-7} ਨਿਊਟਨ ਦਾ ਬਲ ਪੈਦਾ ਕਰਦੀ ਹੈ। (1948 ਤੋਂ ਮਾਨਤਾ ਪ੍ਰਾਪਤ)
ਥਰਮੋਡਾਇ-ਨਾਮਿਕਸ ਤਾਪਮਾਨ	ਕੇਲਵਿਨ	K	ਪਾਣੀ ਦੇ ਤ੍ਰਿਕ-ਬਿੰਦੂ (triple point)ਦੇ ਥਰਮੋਡਾਇਨਾਮਿਕਸ ਤਾਪਮਾਨ ਦੇ 1/273.16 ਵੇਂ ਭਾਗ ਨੂੰ 1 ਕੇਲਵਿਨ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। (1967 ਤੋਂ ਮਾਨਤਾ ਪ੍ਰਾਪਤ)
ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਮਾਤਰਾ	ਮੋਲ	Mol	ਇੱਕ ਮੋਲ ਕਿਸੇ ਸਿਸਟਮ ਵਿੱਚ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਉਹ ਮਾਤਰਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਉਨੀਆਂ ਹੀ ਮੂਲ ਵਸਤੂ ਇਕਾਈਆਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਜਿੰਨੀਆਂ ਕਿ 0.012 Kg ਕਾਰਬਨ- 12 ਵਿਚ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। (1971 ਤੋਂ ਮਾਨਤਾ ਪ੍ਰਾਪਤ)
ਜੋਤੀ ਤੀਬਰਤਾ	ਕੈਂਡੇਲਾ	cd	ਕੈਂਡੇਲਾ, ਕਿਸੇ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ 540×10^{12} HZ (ਹਰਟਜ਼) ਆਵਰਤੀ ਵਾਲੇ ਸਰੋਤ ਦੀ ਜੋਤੀ ਤੀਬਰਤਾ ਹੈ ਜੋ ਉਸ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ (1/683) ਵਾਟ ਪ੍ਰਤਿ ਸਟੇਰੇਡਿਅਨ ਦੀ ਵਿਕਿਰਣ ਤੀਬਰਤਾ ਦਾ ਇੱਕ ਰੰਗੀ (monochromatic) ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ।

ਸਾਰਣੀ 2.2 ਆਮ ਵਰਤੋਂ ਲਈ SI ਮਾਤਰਕਾਂ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਕੁਝ ਹੋਰ ਮਾਤਰਕ।

ਨਾਂ	ਪ੍ਰਤੀਕ	SI ਮਾਤਰਕਾਂ ਵਿੱਚ ਮਾਨ
ਮਿੰਟ (minute)	min	60s
ਘੰਟਾ (hour)	h	60 min = 3600s
ਦਿਨ	d	24h = 86400s
ਸਾਲ (ਵਰ੍ਹਾ)	y	365·25d = 3·156 × 10^7s
ਡਿਗਰੀ	º	1° = (π/180) rad
ਲਿਟਰ	L	$1dm^3 = 10^{-3}m^3$
ਟਨ	t	10^3 kg
ਕੈਰਟ	c	200 mg
ਬਾਰ	bar	0·1 M Pa = 10^5 Pa
ਕਿਊਰੀ	Ci	3·7 × 10^{10} s^{-1}
ਰੌਂਜਨ	R	2·58 × 10^{-4} C Kg^{-1}
ਕਵਿੰਟਲ	q	100 kg
ਬਾਰਨ	b	100 fm^2 = 10^{-28} m^2
ਆਰ	a	1 dam^2 = 10^2 m^2
ਹੈਕਟੇਅਰ	ha	1 hm = 10^4m^2
ਮਾਣਕ ਵਾਯੂਮੰਡਲੀ ਦਬਾਅ	atm	101325 Pa = 1·013 × 10^5 Pa

ਧਿਆਨ ਦਿਓ, ਮੋਲ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਸਮੇਂ ਮੂਲ ਵਸਤੂ ਇਕਾਈ ਦਾ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਤੌਰ 'ਤੇ ਜ਼ਿਕਰ ਕਰਨਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਮੂਲ ਵਸਤੂ ਇਕਾਈਆਂ ਪਰਮਾਣੂ, ਅਣੂ, ਆਇਨ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ, ਜਾਂ ਕੋਈ ਕਣ ਜਾਂ ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਕਣਾਂ ਦਾ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸਮੂਹ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਅਸੀਂ ਅਜਿਹੀਆਂ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦਾ ਵੀ ਉਪਯੋਗ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਸੱਤ ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਤੋਂ ਵਿਉਤਪੰਨ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ (ਅੰਤਕਾ A 6)। SI ਮੂਲ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਪਦਾ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕੁਝ ਵਿਉਤਪੰਨ ਮਾਤਰਕ (ਅੰਤਕਾ A 6.1) ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ। ਕੁਝ ਵਿਉਤਪੰਨ ਮਾਤਰਕਾਂ ਨੂੰ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਨਾਂ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ। (ਅੰਤਕਾ A 6.2) ਅਤੇ ਕੁਝ ਵਿਉਤਪੰਨ SI ਮਾਤਰਕ ਇਹਨਾਂ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਨਾਮਾਂ ਵਾਲੇ ਵਿਉਤਪੰਨ ਮਾਤਰਕਾਂ ਅਤੇ ਸੱਤ ਮੂਲ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਸੰਯੋਜਨ ਨਾਲ ਬਣਦੇ ਹਨ। (ਅੰਤਕਾ A 6.3)। ਤੁਹਾਨੂੰ ਝਟਪਟ ਸੰਦਰਭ ਅਤੇ ਮਾਰਗਦਰਸ਼ਨ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਨ ਲਈ ਇਹਨਾਂ ਮਾਤਰਕਾਂ ਨੂੰ ਅੰਤਕਾ (A 6.2) ਅਤੇ (A 6.3) ਵਿੱਚ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਆਮ ਵਿਵਹਾਰ ਵਿੱਚ ਆਉਣ ਵਾਲੇ ਹੋਰ ਮਾਤਰਕ ਸਾਰਣੀ 2.2 ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ।

SI ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਆਮ ਗੁਣਜ (multiple) ਅਤੇ ਸਬਮਲਟੀਪਲ ਵਿਅਕਤ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਉਪਸਰਗ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਕ ਅੰਤਕਾ (A2) ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ। ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ, ਰਸਾਇਣਿਕ ਤੱਤਾਂ ਅਤੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੇ ਸੰਕੇਤਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਸੰਬੰਧੀ ਆਮ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਤਕਾ (A7) ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ। ਅਤੇ ਤੁਹਾਡੇ ਮਾਰਗਦਰਸ਼ਨ ਅਤੇ ਤੁਰੰਤ ਸੰਦਰਭ ਦੇ ਲਈ SI ਮਾਤਰਕਾਂ ਅਤੇ ਹੋਰ ਮਾਤਰਕਾਂ ਸੰਬੰਧੀ ਨਿਰੇਦਸ਼ ਅੰਤਕਾ (A8) ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ।

2.3 ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਮਾਪ (MEASUREMENT OF LENGTH)

ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਮਾਪ ਦੀਆਂ ਕੁਝ ਪ੍ਰਤੱਖ ਵਿਧੀਆਂ ਤੋਂ ਤੁਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਹੀ ਜਾਣੂ ਹੋ। ਉਦਾਹਰਣ ਲਈ, ਤੁਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹੋ ਕਿ 10^{-3} m ਤੋਂ 10^2 m ਤੱਕ ਦੀਆਂ ਲੰਬਾਈਆਂ ਮੀਟਰ ਪੈਮਾਨੇ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਪਤਾ ਕੀਤੀਆਂ ਜਾ ਸਕਦੀਆਂ ਹਨ। 10^{-4} m ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਨੂੰ ਸ਼ੁੱਧਤਾ ਨਾਲ ਮਾਪਣ ਲਈ ਅਸੀਂ ਵਰਨੀਅਰ ਕੈਲੀਪਰ (vernier callipers) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਸਕਰੂ-ਗੇਜ਼ (screw gauge) ਅਤੇ ਸਫੈਰੋਮੀਟਰ (spherometer) ਦੀ ਵਰਤੋਂ 10^{-5} m ਤੱਕ ਦੀਆਂ ਲੰਬਾਈਆਂ ਨੂੰ ਮਾਪਣ ਲਈ ਅਸੀਂ ਕੁਝ ਅਪ੍ਰਤੱਖ ਵਿਧੀਆਂ ਦੀ ਸਹਾਇਤਾ ਲੈਂਦੇ ਹਾਂ।

2.3.1 ਵੱਡੀਆਂ ਦੂਰੀਆਂ ਦਾ ਮਾਪ (Measurement of Large Distances)

ਬਹੁਤ ਵੱਡੀਆਂ ਦੂਰੀਆਂ, ਜਿਵੇਂ ਕਿਸੇ ਗ੍ਰਹਿ ਜਾਂ ਤਾਰੇ ਦੀ ਧਰਤੀ ਤੋਂ ਦੂਰੀ, ਪ੍ਰਤੱਖ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਮੀਟਰ ਪੈਮਾਨੇ ਦੀ ਸਹਾਇਤਾ ਨਾਲ ਪਤਾ ਨਹੀਂ ਕੀਤੀਆਂ ਜਾ ਸਕਦੀਆਂ। ਅਜਿਹੀ ਹਾਲਤ ਵਿੱਚ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਵਿਧੀ ਜਿਸ ਨੂੰ **ਲੰਬਨ-ਵਿਧੀ**

* ਇਹਨਾਂ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾਵਾਂ ਵਿਚ ਵਰਤੀਆਂ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਦੇ ਮਾਨ, ਨਾ ਤਾਂ ਯਾਦ ਰੱਖਣ ਦੀ ਲੋੜ ਹੈ, ਨਾ ਪ੍ਰੀਖਿਆ ਵਿੱਚ ਪੁੱਛੇ ਜਾਣ ਦੀ। ਇਹ ਇੱਥੇ ਸਿਰਫ਼ ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਮਾਪ ਦੀ ਵਾਸਤਵਿਕਤਾ ਦੀ ਸੀਮਾ ਦਾ ਸੰਕੇਤ ਦੇਣ ਲਈ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ। ਤਕਨੀਕੀ ਦੇ ਵਿਕਾਸ ਦੇ ਨਾਲ ਮਾਪ ਦੀਆਂ ਤਕਨੀਕਾਂ ਵਿੱਚ ਵੀ ਸੁਧਾਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਮਾਪ ਹੋਰ ਵੀ ਸ਼ੁੱਧਤਾ ਨਾਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰੱਕੀ ਨਾਲ ਤਾਲਮੇਲ ਬਣਾ ਕੇ ਰੱਖਣ ਲਈ ਮੂਲ ਮਾਤਰਕਾਂ ਨੂੰ ਸ਼ੋਧਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

(parallax method) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

ਜਦੋਂ ਤੁਸੀਂ ਕਿਸੇ ਪੈਂਸਿਲ ਨੂੰ ਆਪਣੇ ਸਾਹਮਣੇ ਫੜਦੇ ਹੋ ਅਤੇ ਪਿੱਠ ਭੂਮੀ (ਮੰਨ ਲਉ ਕੰਧ) ਦੇ ਕਿਸੇ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਬਿੰਦੂ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਪੈਂਸਿਲ ਨੂੰ ਪਹਿਲਾਂ ਆਪਣੀ ਖੱਬੀ ਅੱਖ A ਤੋਂ (ਸੱਜੀ ਅੱਖ ਬੰਦ ਰੱਖਦੇ ਹੋਏ) ਦੇਖਦੇ ਹਾਂ, ਅਤੇ ਫਿਰ ਸੱਜੀ ਅੱਖ B ਤੋਂ (ਖੱਬੀ ਅੱਖ ਬੰਦ ਰਖਦੇ ਹੋਏ), ਤਾਂ ਤੁਸੀਂ ਨੋਟਿਸ ਕਰੋਗੇ, ਕਿ ਕੰਧ ਦੀ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਪੈਂਸਿਲ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੁੰਦੀ ਪ੍ਰਤੀਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ **ਲੰਬਨ (parallax ਪੈਰਲੈਕਸ)** ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਦੋ ਪ੍ਰੇਖਣ ਬਿੰਦੂਆਂ (A ਅਤੇ B) ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਦੀ ਦੂਰੀ ਨੂੰ ਅਧਾਰ (basis) ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਉਦਾਹਰਨ ਵਿੱਚ ਦੋਵੇਂ ਅੱਖਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਦੀ ਦੂਰੀ ਅਧਾਰ ਹੈ।

ਪੈਰੇਲੈਕਸ ਵਿਧੀ ਦੁਆਰਾ ਕਿਸੇ ਦੂਰ ਦੁਰਾਡੇ ਗ੍ਰਹਿ S ਦੀ ਦੂਰੀ D ਪਤਾ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ, ਅਸੀਂ ਇਸਨੂੰ ਧਰਤੀ ਤੇ ਦੋ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸਥਿਤੀਆਂ (ਨਿਰੀਖਣਸ਼ਾਲਾ (observatory) A ਅਤੇ B ਤੋਂ, ਇੱਕ ਹੀ ਸਮੇਂ ਤੇ ਦੇਖਦੇ ਹਾਂ। A ਅਤੇ B ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਦੂਰੀ $AB=b$ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 2.2 ਦੇਖੋ। ਇਹਨਾਂ ਦੋਵੇਂ ਸਥਿਤੀਆਂ ਤੋਂ ਗ੍ਰਹਿ ਦੀ ਪ੍ਰੇਖਣ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਵਿਚਲਾ ਕੋਣ ਮਾਪ ਲਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 2.2 ਵਿੱਚ θ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਇਹ ਕੋਣ $\angle ASB$ ਪੈਰੇਲੈਕਸ ਕੋਣ ਜਾਂ ਪੈਰਾਲੈਕਟਿਕ ਕੋਣ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

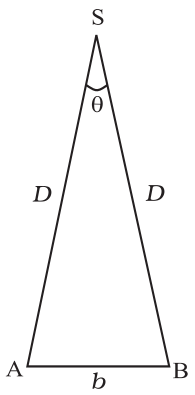
ਕਿਉਂਕਿ ਗ੍ਰਹਿ ਦੀ ਧਰਤੀ ਤੋਂ ਦੂਰੀ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹੈ $\frac{b}{D} << 1$, ਅਤੇ ਇਸ ਲਈ ਕੋਣ θ ਬਹੁਤ ਹੀ ਛੋਟਾ ਹੈ। ਅਜਿਹੀ ਹਾਲਤ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ AB ਨੂੰ, ਕੇਂਦਰ ਅਤੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ D ਵਾਲੇ ਚੱਕਰ ਦੀ, ਲੰਬਾਈ b ਵਾਲੀ ਚਾਪ ਮੰਨ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

$\therefore$ ਅਰਧਵਿਆਸ $AS = BS$

$\therefore$ $AB = b = D\theta$

ਜਿੱਥੇ θ ਰੇਡੀਅਨ ਵਿਚ ਹੈ।

$$D = \frac{b}{\theta} \qquad \text{...(2.1)}$$



ਚਿੱਤਰ **2.2** ਪੈਰਾਲੈਕਸ ਵਿਧੀ

D ਦੇ ਨਿਰਧਾਰਨ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਅਸੀਂ ਇਸ ਵਿਧੀ ਦੁਆਰਾ ਗ੍ਰਹਿ ਦਾ ਸਾਈਜ਼ ਜਾਂ ਕੋਣੀ ਵਿਆਸ ਵੀ ਨਿਰਧਾਰਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਜੇ 'd' ਗ੍ਰਹਿ ਦਾ ਵਿਆਸ ਅਤੇ 'α' ਉਸਦਾ ਕੋਣੀ ਸਾਈਜ਼ (d ਦੁਆਰਾ ਧਰਤੀ ਦੇ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਬਣਿਆ ਕੋਣ) ਹੋਵੇ, ਤਾਂ

$$\alpha = d/D \qquad \text{...(2.2)}$$

ਕੋਣ α ਨੂੰ ਧਰਤੀ ਦੇ ਇੱਕ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਸਥਾਨ ਤੋਂ ਨਾਪਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਗ੍ਰਹਿ ਦੇ ਕਿਸੇ ਇੱਕ ਵਿਆਸ ਦੇ ਦੋਵਾਂ ਸਿਰਿਆਂ ਨੂੰ ਦੂਰਬੀਨ ਦੁਆਰਾ ਦੇਖਣ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਦੋ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਬਣਿਆ ਕੋਣ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ D ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਹੈ, ਇਸਲਈ ਗ੍ਰਹਿ ਦੇ ਵਿਆਸ d ਦਾ ਮਾਨ ਸਮੀਕਰਨ (2.2) ਦੀ ਸਹਾਇਤਾ ਨਾਲ ਪਤਾ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 2.1*** (a) 1° (ਡਿਗਰੀ) (b) 1′ (1 ਆਰਕ ਮਿਨਟ) ਅਤੇ (c) 1″(1 ਆਰਕ ਸੈਕੰਡ) ਦੇ ਕੋਣਾਂ ਦੇ ਮਾਨ ਦੀ ਰੇਡੀਅਨ ਵਿੱਚ ਗਣਨਾ ਕਰੋ। ($360° = 2\pi$ rad, $1° = 60'$ ਅਤੇ $1' = 60''$ ਲਓ।

ਹੱਲ: (a) ਸਾਨੂੰ ਪਤਾ ਹੈ $360° = 2\pi$ rad

$1° = (\pi/180)$ rad $= 1.745 \times 10^{-2}$ rad

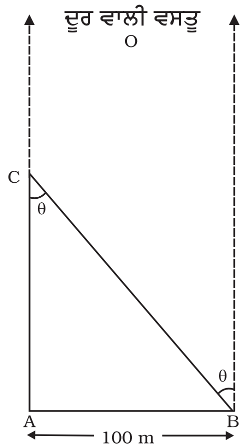
(b) $1° = 60' = 1.745 \times 10^{-2}$ rad

$1' = 2.908 \times 10^{-4}$ rad $\simeq 2.91 \times 10^{-4}$ rad

(c) $1' = 60'' = 2.908 \times 10^{-4}$ rad

$1'' = 4.847 \times 10^{-4}$ rad $\simeq 4.85 \times 10^{-4}$ rad ◀

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 2.2*** ਇੱਕ ਵਿਅਕਤੀ ਨੇੜੇ ਦੀ ਕਿਸੇ ਮਿਨਾਰ ਦੀ ਆਪਣੇ ਤੋਂ ਦੂਰੀ ਦਾ ਅਨੁਮਾਨ ਲਗਾਉਣਾ ਚਾਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਉਹ ਮਿਨਾਰ C ਦੇ ਸਾਹਮਣੇ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ A ਤੇ ਖੜ੍ਹਾ ਹੈ ਅਤੇ AC ਦੀ ਸੇਧ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਦੂਰ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ O ਨੂੰ ਦੇਖਦਾ ਹੈ। ਫਿਰ ਉਹ AC ਦੇ ਲੰਬ ਰੂਪ 100 m ਦੂਰ ਸਥਿਤ ਬਿੰਦੂ B ਤੱਕ ਚਲਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਉੱਥੋਂ O ਅਤੇ C ਨੂੰ ਫਿਰ ਦੇਖਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ O ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਦੂਰੀ ਤੇ ਹੈ, BO ਅਤੇ AO ਦੀਆਂ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਵਿਵਹਾਰਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਹੀ ਹਨ। ਪਰ ਉਹ ਦੇਖਦਾ ਹੈ ਕਿ C ਦੀ ਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀ ਰੇਖਾ ਮੂਲ ਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀ ਰੇਖਾ ਦੇ ਸਾਪੇਖ $\theta = 40°$ ਤੇ ਘੁੰਮ ਗਈ ਹੈ (θ ਨੂੰ ਪੈਰੇਲੈਕਸ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ)। ਉਸਦੀ ਮੂਲ ਸਥਿਤੀ A ਤੋਂ ਮਿਨਾਰ C ਦੀ ਦੂਰੀ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ।



ਚਿੱਤਰ **2.3**

ਹੱਲ : ਦਿੱਤਾ ਹੈ, ਪੈਰੇਲੈਕਸ ਕੋਣ $\theta = 40°$

ਚਿੱਤਰ 2.3 ਤੋਂ, AB = AC tan θ

$$AC = AB/\tan\theta = 100 \text{ m}/\tan 40°$$
$$= 100 \text{ m}/0.8391 = 119 \text{ m}$$

ਉਦਾਹਰਨ 2.3 ਧਰਤੀ ਦੇ ਇੱਕ ਵਿਆਸ ਦੇ ਦੋਵੇਂ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾਵੀ ਸਿਰਿਆਂ ਤੇ ਬਿੰਦੂ A ਅਤੇ B ਤੋਂ ਚੰਨ ਦਾ ਪ੍ਰੇਖਣ ਕੀਤਾ ਗਿਆ। ਪ੍ਰੇਖਣ ਦੀਆਂ ਦੋ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਚੰਦਰਮਾ ਦੇ ਬਣੇ ਕੋਣ ਦਾ ਮਾਪ $1° 54'$ ਹੈ। ਧਰਤੀ ਦਾ ਵਿਆਸ ਲਗਭਗ 1.276×10^7 m ਹੈ। ਧਰਤੀ ਤੋਂ ਚੰਦਰਮਾ ਦੀ ਦੂਰੀ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ : ਸਾਨੂੰ ਪਤਾ ਹੈ $\theta = 1° 54' = 114'$

$$= (114 \times 60)'' \times (4.85 \times 10^{-6}) \text{ rad}$$
$$= 3.32 \times 10^{-2} \text{ rad},$$

ਕਿਉਂਕਿ $1'' = 4.85 \times 10^{-6} rad.$

ਅਤੇ $b = AB = 1.276 \times 10^7 \text{ m}$

ਇਸ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ (2.1) ਤੋਂ, ਧਰਤੀ ਤੋਂ ਚੰਦਰਮਾ ਦੀ ਦੂਰੀ

$$D = b/\theta$$
$$= \frac{1.276 \times 10^7}{3.32 \times 10^{-2}} = 3.84 \times 10^8 \text{ m}$$

ਉਦਾਹਰਨ 2.4 ਸੂਰਜ ਦੇ ਕੋਣੀ ਵਿਆਸ ਦਾ ਮਾਪ 1920″ ਹੈ। ਧਰਤੀ ਤੋਂ ਸੂਰਜ ਦੀ ਦੂਰੀ *D*, 1.496×10^{11} m ਹੈ, ਸੂਰਜ ਦੇ ਵਿਆਸ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ : ਸੂਰਜ ਦਾ ਕੋਣੀ ਵਿਆਸ α

$$= 1920''$$
$$= 1920 \times 4.85 \times 10^{-6} \text{ rad}$$
$$= 9.31 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

ਸੂਰਜ ਦਾ ਵਿਆਸ

$$d = \alpha D$$
$$= (9.31 \times 10^{-3}) \times (1.496 \times 10^{11}) \text{ m}$$
$$= 1.39 \times 10^9 \text{ m}$$

2.3.2 ਅਤਿ ਸੂਖਮ ਦੂਰੀਆਂ ਦਾ ਮਾਪ : ਅਣੂ ਦਾ ਆਕਾਰ Estimation of Very Small Distances: Size of a Molecule

ਅਣੂ ਦੇ ਵਿਆਸ (10^{-8} m to 10^{-10} m) ਵਰਗੀਆਂ ਬਹੁਤ ਹੀ ਸੂਖਮ ਦੂਰੀਆਂ ਦੇ ਮਾਪ ਦੇ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਵਿਧੀਆਂ ਨੂੰ ਅਪਨਾਉਣਾ ਪੈਂਦਾ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਲਈ ਅਸੀਂ ਸਕਰੂ ਗੇਜ ਵਰਗੇ ਮਾਪ-ਯੰਤਰਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਦੇ। ਇੱਥੋਂ ਤੱਕ ਕਿ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਦੀਆਂ ਵੀ ਆਪਣੀਆਂ ਕੁਝ ਸੀਮਾਵਾਂ ਹਨ। ਇੱਕ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ੀ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਦੁਆਰਾ ਕਿਸੇ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਜਾਂਚ ਦੇ ਲਈ ਦਿਖਣਯੋਗ-ਪ੍ਰਕਾਸ਼ (visible light) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਲੱਛਣ ਤਰੰਗ ਵਰਗੇ ਹੋਣ ਦੇ ਕਾਰਨ, ਪ੍ਰਕਾਸ਼ੀ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਨੂੰ, ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ, ਵਰਤੇ ਗਏ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤਰੰਗ-ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਵਿਭੇਦਨ (resolution) ਲਈ ਹੀ ਵਰਤੋਂ ਵਿੱਚ ਲਿਆਉਂਦਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। (ਇਸ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਵਿਵੇਚਨ ਤੁਹਾਨੂੰ ਕਲਾਸ XII ਦੀ ਭੌਤਿਕੀ ਦੀ ਪਾਠ-ਪੁਸਤਕ ਵਿੱਚ ਮਿਲੇਗਾ।) ਦਿੱਖਣ ਯੋਗ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ (visible light) ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਰੇਂਜ 4000 Å ਤੋਂ 7000 Å ਹੈ। (1 Å = 10^{-10} m) ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ੀ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਇਸ ਤੋਂ ਛੋਟੇ ਅਕਾਰ ਦੇ ਕਣਾਂ ਦਾ ਵਿਭੇਦਨ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਦਾ। ਦਿਖਣਯੋਗ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਥਾਂ ਤੇ ਅਸੀਂ, ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਬੀਮ (electron-beam) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਬੀਮ ਨੂੰ ਸਹੀ ਢੰਗ ਨਾਲ ਡਿਜਾਈਨ ਕੀਤੇ ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਦੁਆਰਾ ਫੋਕਸ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਦਾ ਵਿਭੇਦਨ (resolution) ਵੀ ਆਖ਼ਰ ਵਿੱਚ ਇਸੇ ਤੱਥ ਦੁਆਰਾ ਸੀਮਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵੀ ਤਰੰਗਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਵਹਾਰ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਨ ! (ਇਸ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਵਿਸਥਾਰ ਨਾਲ ਤੁਸੀਂ ਕਲਾਸ XII ਵਿੱਚ ਪੜ੍ਹੋਗੇ)। ਕਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ 1 Å ਅੰਸ਼ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਘੱਟ ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ। 0.6Å ਵਿਭੇਦਨ (resolution) ਸਮਰੱਥਾ ਤੱਕ ਦੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਵਿਕਸਿਤ ਕੀਤੇ ਜਾ ਚੁੱਕੇ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਦੁਆਰਾ, ਲਗਭਗ, ਪਦਾਰਥਾਂ ਦੇ ਅਣੂਆਂ ਅਤੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦਾ ਵਿਭੇਦਨ ਸੰਭਵ ਹੋ ਗਿਆ ਹੈ। ਹਾਲ ਹੀ ਦੇ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਵਿਕਸਿਤ ਸੁਰੰਗਨ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ (tunnelling microscope) ਦੁਆਰਾ ਵੀ 1 Å ਤੋਂ ਵੀ ਸੂਖਮ ਵਿਭੇਦਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਲਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਹੁਣ ਅਣੂਆਂ ਦੇ ਆਕਾਰ ਦਾ ਪਤਾ ਲਗਾਉਣਾ ਸੰਭਵ ਹੋ ਗਿਆ ਹੈ।

ਔਲੀਕ ਅਮਲ (oleic acid) ਦੇ ਅਣੂ ਦੇ ਸਾਈਜ਼ ਦਾ ਅੰਦਾਜ਼ਾ ਲਗਾਉਣ ਦੀ ਇੱਕ ਸੌਖੀ ਵਿਧੀ ਹੇਠਾਂ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਹੈ। ਔਲੀਕ ਅਮਲ ਇੱਕ ਸਾਬਣੀ ਤਰਲ ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਅਣੂ ਦਾ ਸਾਈਜ਼ 10^{-9} m ਕੋਟੀ (order) ਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਵਿਧੀ ਦਾ ਮੂਲ ਅਧਾਰ, ਪਾਣੀ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਔਲੀਕ ਅਮਲ ਦੀ ਇੱਕ ਇਕਅਣਵੀਂ ਪਰਤ ਬਣਾਉਣਾ ਹੈ।

ਇਸਦੇ ਲਈ ਪਹਿਲਾਂ ਅਸੀਂ 1 cm^3 ਔਲੀਕ ਅਮਲ ਨੂੰ ਐਲਕੋਹਲ ਵਿੱਚ ਘੋਲ ਕੇ 20 cm^3 ਘੋਲ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਘੋਲ ਦਾ 1 cm^3 ਲੈ ਕੇ ਐਲਕੋਹਲ ਵਿਚ ਮੁੜ 20 cm^3 ਘੋਲ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹਾਂ। ਹੁਣ ਇਸ ਘੋਲ ਦੀ ਸਾਂਦਰਤਾ (Concentration) $\left(\frac{1}{20 \times 20}\right) cm^3$ ਔਲੀਕ ਅਮਲ/cm^3 ਘੋਲ ਹੋਈ। ਇਸ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਇੱਕ ਵੱਡੇ ਟਰੋਫ਼ (Trough) ਵਿਚ ਪਾਣੀ ਲੈ ਕੇ, ਉਸ ਉੱਪਰ ਲਾਈਕੋ-ਪੋਡੀਅਮ ਪਾਊਡਰ ਦੀ ਇੱਕ ਪਤਲੀ ਫਿਲਮ ਪਾਣੀ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਉਪਰ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹਾਂ। ਫਿਰ ਔਲੀਕ ਅਮਲ ਦੇ ਪਹਿਲਾਂ ਬਣਾਏ ਗਏ ਘੋਲ ਦੀ ਇੱਕ ਬੂੰਦ ਇਸਦੇ ਉੱਪਰ ਰੱਖਦੇ ਹਾਂ। ਔਲੀਕ ਅਮਲ ਦੀ ਇਹ ਬੂੰਦ

ਪਾਣੀ ਦੀ ਸਤਹ ਦੇ ਉੱਪਰ ਲਗਭਗ ਚੱਕਰਾਕਾਰ, ਇੱਕ ਅਣੂ ਮੋਟਾਈ ਦੀ ਫਿਲਮ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਫੈਲ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਣੀ ਮਹੀਨ ਫਿਲਮ ਦਾ ਵਿਆਸ ਮਾਪ ਕੇ ਇਸਦਾ ਖੇਤਰਫਲ A ਪਤਾ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਮੰਨ ਲਉ ਕਿ ਅਸੀਂ ਪਾਣੀ ਦੀ ਸਤਹ ਤੇ n ਬੂੰਦਾਂ ਔਲੀਕ ਅਮਲ ਦੇ ਘੋਲ ਦੀਆਂ ਪਾਈਆਂ। ਜੇ ਸ਼ੁਰੂ ਵਿੱਚ ਹੀ ਅਸੀਂ ਇੱਕ ਬੂੰਦ ਦਾ ਅਨੁਮਾਨਿਤ ਆਇਤਨ (V cm^3) ਪਤਾ ਕਰ ਲਈਏ।

ਤਾਂ ਘੋਲ ਦੀਆਂ n ਬੂੰਦਾਂ ਦਾ ਆਇਤਨ = nV cm^3

ਇਸ ਘੋਲ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਔਲੀਕ ਅਮਲ ਦਾ ਆਇਤਨ

$$= nV\left(\frac{1}{20 \times 20}\right) \text{cm}^3$$

ਔਲੀਕ ਅਮਲ ਦਾ ਇਹ ਘੋਲ ਤੇਜੀ ਨਾਲ ਪਾਣੀ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਫੈਲ ਕੇ t ਮੋਟਾਈ ਦੀ ਪਤਲੀ ਫਿਲਮ ਬਣਾ ਲੈਂਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਇਸ ਫਿਲਮ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ A cm^2 ਹੈ, ਤਾਂ ਫਿਲਮ ਦੀ ਮੋਟਾਈ

$$t = \frac{\text{ਫਿਲਮ ਦਾ ਆਇਤਨ}}{\text{ਫਿਲਮ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ}}$$

ਜਾਂ,
$$t = \frac{nV}{20 \times 20\, A} \text{cm} \qquad (2.3)$$

ਜੇ ਅਸੀਂ ਇਹ ਮੰਨ ਲਈਏ ਕਿ ਫਿਲਮ ਇੱਕ ਇਕਅਣਵੀ ਮੋਟਾਈ ਦੀ ਹੈ ਤਾਂ 't' ਔਲੀਕ ਅਮਲ ਦੇ ਅਣੂ ਦਾ ਸਾਈਜ਼ ਜਾਂ ਵਿਆਸ ਬਣ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਮੋਟਾਈ ਦਾ ਮਾਨ 10^{-9} m ਦੀ ਕੋਟੀ (order) ਦਾ ਆਉਂਦਾ ਹੈ।

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 2.5*** ਜੇ ਕਿਸੇ ਨਿਊਕਲਿਅਸ ਦਾ ਸਾਈਜ਼ (ਜੋ ਅਮਲ ਵਿਚ 10^{-15} ਤੋਂ 10^{-14} m ਦੀ ਰੇਂਜ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ) ਇੱਕ ਤਿੱਖੀ ਪਿੰਨ ਦੀ ਨੋਕ (10^{-5}m ਤੋਂ 10^{-4}m ਦੀ ਰੇਂਜ ਵਿੱਚ) ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਕਰ ਦਿਤਾ ਜਾਵੇ, ਤਾਂ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਲਗਭਗ ਸਾਈਜ਼ ਕੀ ਹੈ?

ਹੱਲ: ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦਾ ਸਾਈਜ਼ 10^{-15} m ਤੋਂ 10^{-14} m ਦੀ ਰੇਂਜ ਵਿਚ ਹੈ ਤਿੱਖੀ ਪਿੰਨ ਦੀ ਨੋਕ 10^{-5} m ਤੋਂ 10^{-4} m ਦੀ ਰੇਂਜ ਵਿੱਚ ਲੈ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਸੀਂ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਸਾਈਜ਼ ਨੂੰ 10^{10} ਗੁਣਾ ਤੱਕ ਵੱਧਾ ਦਿੱਤਾ ਹੈ। ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਆਮ ਕਰਕੇ ਆਕਾਰ 10^{-10} m ਦੀ ਕੋਟੀ (order) ਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇਸ ਅਨੁਪਾਤ ਵਿੱਚ ਵਧਾਉਣ ਤੇ ਇਸਦਾ ਸਾਈਜ਼ 1 m ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦਾ ਸਾਈਜ਼ ਉਨਾਂ ਹੀ ਛੋਟਾ ਹੈ ਜਿੰਨੀ ਛੋਟੀ ਲਗਭਗ 1 m ਵਿਆਸ ਦੇ ਗੋਲੇ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੇ ਰੱਖੀ ਗਈ ਤਿੱਖੀ ਪਿੰਨ ਦੀ ਨੋਕ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ◀

2.3.3 ਲੰਬਾਈਆਂ ਦੀ ਰੇਂਜ (Range of Lengths)

ਸਾਨੂੰ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਵਿੱਚ ਜੋ ਪਿੰਡ ਦਿਖਾਈ ਦਿੰਦੇ ਹਨ ਉਹਨਾਂ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਸਾਈਜ਼ਾਂ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ ਦੀ ਇੱਕ ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਰੇਂਜ ਹੈ। ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਪਾਸੇ 10^{-14} m ਕੋਟੀ (order) ਦੇ ਸਾਈਜ਼ ਦਾ ਕਿਸੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਸੂਖਮ ਨਿਊਲੀਅਸ ਹੈ ਤਾਂ ਦੂਜੇ ਪਾਸੇ 10^{26} m ਕੋਟੀ (order) ਦੇ ਸਾਈਜ਼ ਦਾ ਦਿਖਣਯੋਗ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਦੀ ਰੇਂਜ ਹੈ। ਸਾਰਣੀ 2.3 ਵਿੱਚ ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕੁਝ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਸਾਈਜ਼ ਅਤੇ ਦੂਰੀਆਂ ਦੀ ਕੋਟੀ (order) ਅਤੇ ਰੇਂਜ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਹੈ।

ਬਹੁਤ ਹੀ ਸੂਖਮ ਅਤੇ ਬਹੁਤ ਵੱਡੀਆਂ ਦੂਰੀਆਂ ਦੇ ਮਾਪ ਦੇ ਲਈ ਅਸੀਂ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਕੁਝ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਇਹ ਹਨ

1 ਫਰਮੀ = 1 f = 10^{-15} m

1 ਆਂਗਸਟਰਾਮ = 1 Å = 10^{-10} m

1 ਖਗੋਲੀ ਮਾਤਰਕ = 1 AU (ਸੂਰਜ ਤੋਂ ਧਰਤੀ ਦੀ ਔਸਤ ਦੂਰੀ) = 1.496×10^{11} m

1 ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਵਰ੍ਹਾ = 1 ly = 9.46×10^{15} m (ਇੱਕ ਸਾਲ ਵਿੱਚ 3×10^8 m s^{-1} ਦੇ ਵੇਗ ਨਾਲ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੁਆਰਾ 1 ਸੈਕੰਡ ਵਿੱਚ ਤੈਅ ਕੀਤੀ ਗਈ ਦੂਰੀ)

1 ਪਾਰਸੈਕ = 3.08×10^{16} m

(ਉਹ ਦੂਰੀ ਜਿਸ ਤੇ ਧਰਤੀ ਦੇ ਗ੍ਰਹਿ ਪਥ ਦਾ ਔਸਤ ਅਰਧ ਵਿਆਸ 1 ਆਰਕ ਸੈਕੰਡ ਦਾ ਕੋਣ ਬਣਾਏ, 1 ਪਾਰਸੈਕ ਕਹਾਉਂਦੀ ਹੈ।)

2.4 ਪੁੰਜ ਦਾ ਮਾਪ (MEASUREMENT OF MASS)

ਪੁੰਜ ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਇੱਕ ਅਧਾਰਭੂਤ ਗੁਣ ਹੈ। ਇਹ ਪਿੰਡ ਦੇ ਪਮਾਨ, ਦਬਾਅ ਜਾਂ ਸਪੇਸ ਵਿੱਚ ਇਸਦੀ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਪੁੰਜ ਦਾ SI ਮਾਤਰਕ ਕਿਲੋਗ੍ਰਾਮ (kg) ਹੈ। ਅੰਤਰ-ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਮਾਪ ਤੋਲ ਬਿਊਰੋ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਅੰਤਰ-ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਮਾਣਕ ਕਿਲੋਗ੍ਰਾਮ ਦੇ ਅਸਲ ਰੂਪ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਦੇਸ਼ਾਂ ਦੀਆਂ ਬਹੁਤ ਸਾਰੀਆਂ ਪ੍ਰਯੋਗਸ਼ਾਲਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਉੱਪਲਬਧ ਹੈ। ਭਾਰਤ ਵਿੱਚ ਇਸ ਨੂੰ ਨਵੀਂ ਦਿੱਲੀ ਵਿਖੇ ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਭੌਤਿਕੀ ਪ੍ਰਯੋਗਸ਼ਾਲਾ (NPL) ਵਿੱਚ ਰੱਖਿਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਸਾਰਣੀ 2.3 ਲੰਬਾਈਆਂ ਦੀ ਰੇਂਜ ਅਤੇ ਆਰਡਰ

ਵਸਤੂ ਦਾ ਸਾਈਜ਼ ਜਾਂ ਦੂਰੀ	ਲੰਬਾਈ (m)
ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦਾ ਸਾਈਜ਼	10^{-15}
ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦਾ ਸਾਈਜ਼	10^{-14}
ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਸਾਈਜ਼	10^{-10}
ਵਾਇਰਸ ਦੀ ਲੰਬਾਈ	10^{-8}
ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ	10^{-7}
ਲਾਲ ਰਕਤਾਣੂ ਦਾ ਸਾਈਜ਼	10^{-5}
ਕਿਸੇ ਕਾਗਜ਼ ਦੀ ਮੋਟਾਈ	10^{-4}
ਸਮੁੰਦਰ ਤਲ ਤੋਂ ਮਾਊਂਟ ਐਵਰੇਸਟ ਦੀ ਉਚਾਈ	10^{4}
ਧਰਤੀ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ	10^{7}
ਚੰਦਰਮਾ ਦੀ ਧਰਤੀ ਤੋਂ ਦੂਰੀ	10^{8}
ਸੂਰਜ ਦੀ ਧਰਤੀ ਦੀ ਦੂਰੀ	10^{11}
ਸੂਰਜ ਤੋਂ ਪਲੂਟੋ ਦੀ ਦੂਰੀ	10^{13}
ਅਕਾਸ਼ ਗੰਗਾ ਦਾ ਸਾਈਜ਼	10^{21}
ਧਰਤੀ ਤੋਂ ਐਂਡਰੋਮੀਡਾ ਗਲੈਕਸੀ ਦੀ ਦੂਰੀ	10^{22}
ਪ੍ਰੇਖਣਯੋਗ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਦੀ ਸੀਮਾ ਦੀ ਦੂਰੀ	10^{26}

ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਅਤੇ ਅਣੂਆਂ ਦੇ ਪੁੰਜਾਂ ਦੇ ਸੰਬੰਧ ਵਿੱਚ ਕਿਲੋਗ੍ਰਾਮ ਇੱਕ ਸੁਵਿਧਾਜਨਕ ਮਾਤਰਕ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਸਲਈ ਅਣੂਆਂ, ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਵਿਅਕਤ ਕਰਨ ਲਈ ਪੁੰਜ ਦੇ

ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਮਾਨਕ ਮਾਤਰਕ, ਜਿਸਨੂੰ ਯੂਨੀਫਾਈਡ ਅਟੱਮਿਕ ਮਾਸ ਯੂਨਿਟ (unified atomic mass unit) (u) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਨ, ਜਿਸਦੀ ਸਥਾਪਨਾ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਪੁੰਜਾਂ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਰਸਾਉਣ ਲਈ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ —

1 ਯੂਨੀਫਾਈਡ ਅਟੱਮਿਕ ਮਾਸ ਯੂਨਿਟ = 1u

= ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਸਮੇਤ, ਕਾਰਬਨ ਸਮਸਥਾਨਿਕ $\left({}^{12}_{6}C\right)$ ਦੇ ਇੱਕ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦਾ (1/12) ਵਾਂ ਭਾਗ

$= 1.66 \times 10^{-27}$ kg

ਆਮ ਵਸਤੂਆਂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦੇ ਮਾਪ ਲਈ ਅਸੀਂ ਉਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਆਮ ਤੱਕੜੀ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਪ੍ਰਚੂਨ ਦੀ ਦੁਕਾਨ ਵਿਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਵਿੱਚ ਮਿਲਣ ਵਾਲੇ ਵਿਸ਼ਾਲ ਪਿੰਡਾਂ ਜਿਵੇਂ ਗ੍ਰਹਿਆਂ, ਤਾਰਿਆਂ ਆਦਿ ਦੇ ਪੁੰਜ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਅਸੀਂ ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨੀ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ (ਦੇਖੋ ਪਾਠ 8)। ਬਹੁਤ ਹੀ ਸੂਖਮ ਕਣਾਂ, ਜਿਵੇਂ ਪਰਮਾਣੂਆਂ, ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਪੱਧਰ ਦੇ ਕਣ (atomic/sub-atomic particles) ਆਦਿ ਦੇ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਪੁੰਜ ਦੇ ਮਾਪ ਲਈ ਅਸੀਂ ਮਾਸ ਸਪੈਕਟਰੋਗ੍ਰਾਫ (mass spectrograph) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ, ਇੱਕ ਸਮਾਨ (uniform) ਬਿਜਲੀ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਖੇਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਗਤੀਮਾਨ ਚਾਰਜਤ ਕਣਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਖੇਪ ਪਥ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਉਸ ਕਣ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦੇ ਅਨੁਕ੍ਰਮਅਨੁਪਾਤੀ (directly proportional) ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

2.4.1 ਪੁੰਜਾਂ ਦੀ ਰੇਂਜ (Range of Masses)

ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਜੋ ਪਿੰਡ ਦੇਖਦੇ ਹਾਂ, ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜਾਂ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ ਦੀ ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਹੀ ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਰੇਂਜ ਹੈ। ਇਕ ਪਾਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵਰਗੇ ਸੂਖਮ ਕਣ ਹਨ ਜਿਸ ਦਾ ਪੁੰਜ 10^{-30} kg ਕੋਟੀ (order) ਦਾ ਹੈ, ਤੇ ਦੂਜੇ ਪਾਸੇ ਲਗਭਗ 10^{55} kg ਦਾ ਗਿਆਤ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਹੈ। ਸਾਰਣੀ (2.4) ਵਿਚ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪੁੰਜਾਂ ਦੀ ਕੋਟੀ (order) ਅਤੇ ਰੇਂਜ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਹੈ।

ਸਾਰਣੀ 2.4 ਪੁੰਜਾਂ ਦੀ ਰੇਂਜ ਅਤੇ ਆਰਡਰ

ਵਸਤੂ	ਪੁੰਜ (kg)
ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ	10^{-30}
ਪ੍ਰੋਟਾਨ	10^{-27}
ਯੂਰੇਨੀਅਮ ਪਰਮਾਣੂ	10^{-25}
ਲਾਲ ਰਕਤਾਣੂ	10^{-13}
ਧੂਲ ਕਣ	10^{-9}
ਮੱਛਰ	10^{-6}
ਅੰਗੂਰ	10^{-5}
ਮਨੁੱਖ	10^{-3}
ਆਟੋਮੋਬਾਈਲ	10^{2}
ਬੋਇੰਗ 747 ਹਵਾਈ ਜਹਾਜ਼	10^{3}
ਚੰਦਰਮਾ	10^{23}
ਧਰਤੀ	10^{25}
ਸੂਰਜ	10^{30}
ਅਕਾਸ਼ ਗੰਗਾ ਗਲੈਕਸੀ	10^{41}
ਗਿਆਤ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ	10^{55}

2.5 ਸਮੇਂ ਦਾ ਮਾਪ (MEASUREMENT OF TIME)

ਕਿਸੇ ਵੀ ਸਮਾਂ-ਵਿੱਥ (time interval) ਦੇ ਮਾਪ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਘੜੀ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਸਮੇਂ ਦੇ ਮਾਪ ਲਈ ਸਮੇਂ ਦੇ **ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਮਾਣਕ (atomic standard of time)** ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਜੋ ਸੀਜ਼ੀਅਮ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਪੈਦਾ ਆਵਰਤ ਕੰਪਨਾਂ (periodic vibrations) ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ। ਇਹੀ ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਮਾਨਕ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਰਤੀ ਜਾਂਦੀ **ਸੀਜ਼ੀਅਮ ਘੜੀ**, ਜਿਸ ਨੂੰ **ਪਰਮਾਣੂ ਘੜੀ** ਵੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਦਾ ਅਧਾਰ ਹੈ। ਅਜਿਹੇ ਮਾਨਕ ਅਨੇਕ ਪ੍ਰਯੋਗਸ਼ਾਲਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਉਪਲਬਧ ਹਨ। ਸੀਜ਼ੀਅਮ ਪਰਮਾਣੂ ਘੜੀ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸੈਕੰਡ, ਸੀਜ਼ੀਅਮ-133 ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਸਭ ਤੋਂ ਹੇਠਲੇ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰ (ground level) ਦੇ ਦੋ ਅਤਿ ਸੂਖਮ ਪੱਧਰਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਤਬਦੀਲੀ ਦੇ ਅਨੁਰੂਪ ਵਿਕਿਰਣਾਂ ਦੇ 9,192,631,770 ਕੰਪਣਾਂ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ। ਇਸ ਸੀਜ਼ੀਅਮ ਪਰਮਾਣੂ ਘੜੀ ਦੀ ਸਮੇਂ ਦਰ ਨੂੰ, ਸੀਜ਼ੀਅਮ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਕੰਪਨ ਠੀਕ ਉਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੀ ਨਿਯੰਤਰਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ ਜਿਵੇਂ ਸੰਤੁਲਨ ਚੱਕਰ (Balanced wheel) ਦੇ ਕੰਪਨ ਆਮ ਕਲਾਈ ਘੜੀ ਨੂੰ ਜਾਂ ਛੋਟੇ ਕਵਾਰਟਜ਼ (quartz) ਕ੍ਰਿਸਟਲ ਦੇ ਕੰਪਣ ਕਿਸੇ ਕਵਾਰਟਜ਼ ਕਲਾਈ ਘੜੀ ਨੂੰ ਕਰਦੇ ਹਨ।

ਸੀਜ਼ੀਅਮ ਪਰਮਾਣੂ ਘੜੀਆਂ ਬਹੁਤ ਹੀ ਦਰੁਸਤ (accurate) ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਸਿਧਾਂਤਕ ਤੌਰ 'ਤੇ ਇਹ ਚੁੱਕਵਾਂ ਮਿਆਰ (portable standard) ਉਪਲਬਧ ਕਰਵਾਉਂਦੀ ਹੈ। ਚਾਰ ਸੀਜ਼ੀਅਮ ਪਰਮਾਣੂ ਘੜੀਆਂ ਦੀ ਸਹਾਇਤਾ ਨਾਲ ਸਮਾਂ-ਵਿੱਥ ਦੇ ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਮਾਨਕ 'ਸੈਕੰਡ' ਅਤੇ ਨਾਲ ਹੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਦਾ ਅਨੁਰੱਖਿਅਨ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਸਮੇਂ ਦੇ ਭਾਰਤੀ ਮਿਆਰ ਨੂੰ ਕਾਇਮ ਰੱਖਣ ਲਈ ਦਿੱਲੀ ਦੀ ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਭੌਤਿਕ ਪ੍ਰਯੋਗਸ਼ਾਲਾ (NPL) ਵਿਖੇ ਇੱਕ ਸੀਜ਼ੀਅਮ ਘੜੀ ਲਗਾਈ ਗਈ ਹੈ।

ਸਾਡੇ ਦੇਸ਼ ਵਿੱਚ ਸਾਰੇ ਭੌਤਿਕ ਮਿਆਰਾਂ (ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਸਮੇਂ ਅਤੇ ਆਵ੍ਰਿਤੀ ਆਦਿ ਦੇ ਮਿਆਰ ਵੀ ਸ਼ਾਮਲ ਹਨ) ਨੂੰ ਕਾਇਮ ਰੱਖਣ ਅਤੇ ਸੁਧਾਰ ਦੀ ਜ਼ਿੰਮੇਵਾਰੀ NPL ਦੀ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਉ, ਕਿ ਭਾਰਤੀ ਮਿਆਰੀ ਸਮਾਂ (Indian Standard Time (IST)), ਇਹਨਾਂ ਚਾਰ ਘੜੀਆਂ ਦੇ ਸਮੂਹ ਨਾਲ ਜੁੜਿਆ ਹੈ। ਸਮਰੱਥ ਸੀਜ਼ੀਅਮ ਪਰਮਾਣੂ ਘੜੀਆਂ ਇੰਨੀਆਂ ਜ਼ਿਆਦਾ ਦਰੁਸਤ ਹਨ ਕਿ ਇਹਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਸਮਾਂ ਬੋਧ ਵਿੱਚ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ $\pm 1 \times 10^{-13}$ ਭਾਵ 10^{13} ਸੈਕੰਡ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸੈਕੰਡ ਤੋਂ ਵੀ ਘੱਟ ਦੀ ਤਰੁੱਟੀ ਹੋਣ ਦੀ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਇੱਕ ਸਾਲ ਵਿੱਚ 3 ਮਾਈਕਰੋ ਸੈਕੰਡ ਤੋਂ ਵੱਧ ਇੱਧਰ ਉੱਧਰ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ। ਸਮਾਂ ਮਾਪ ਦੀ ਇਸ ਹੈਰਾਨੀਜਨਕ ਸ਼ੁੱਧਤਾ ਨੂੰ ਧਿਆਨ ਵਿੱਚ ਰੱਖ ਕੇ ਹੀ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਮਾਤਰਕ ਨੂੰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੁਆਰਾ (1/299, 792, 458) ਸੈਕੰਡ ਵਿੱਚ ਤੈਅ ਕੀਤੀ ਦੂਰੀ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ (ਸਾਰਣੀ 2.1)

ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਵਿੱਚ ਹੋਣ ਵਾਲੀਆਂ ਘਟਨਾਵਾਂ ਦੇ ਸਮਾਂ ਵਿੱਥਾਂ ਦੀ ਰੇਂਜ ਬਹੁਤ ਹੀ ਵਿਆਪਕ ਹੈ। ਸਾਰਣੀ 2.5, ਕੁਝ ਵਿਸ਼ਿਸ਼ਟ ਸਮਾਂ-ਵਿੱਥਾਂ ਦੀ ਰੇਂਜ ਅਤੇ ਕੋਟੀ (order) ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਂਦੀ ਹੈ।

ਸਾਰਣੀ 2.3 ਅਤੇ 2.5 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਈਆਂ ਗਈਆਂ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਵਿੱਚ ਹੈਰਾਨੀਜਨਕ ਅਨੁਰੂਪਤਾ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਦਾ ਧਿਆਨਪੂਰਵਕ ਅਵਲੋਕਨ ਕਰਨ ਤੇ ਤੁਸੀਂ ਦੇਖ ਸਕਦੇ ਹੋ ਕਿ

ਸਾਡੇ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਵਿੱਚ ਵਿਸ਼ਾਲ ਅਤੇ ਬਹੁਤ ਹੀ ਛੋਟੇ ਪਿੰਡਾਂ ਦੀਆਂ ਲੰਬਾਈਆਂ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਲਗਭਗ 10^{41} ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਵੀ ਘੱਟ ਦਿਲਚਸਪ ਨਹੀਂ ਹੈ ਕਿ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਦੀਆਂ ਘਟਨਾਵਾਂ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਡੀਆਂ ਅਤੇ ਸਭ ਤੋਂ ਛੋਟੀਆਂ ਸਮਾਂ ਵਿੱਥਾਂ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਵੀ 10^{41} ਹੀ ਹੈ। ਇਹ ਸੰਖਿਆ 10^{41} ਸਾਰਣੀ 2.4 ਵਿੱਚ ਫਿਰ ਤੋਂ ਪ੍ਰਗਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਜਿਸ ਵਿਚ ਕੁਝ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ਿਸ਼ਟ ਪੁੰਜਾਂ ਨੂੰ ਸੂਚੀਬੱਧ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਸਾਡੇ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਦੇ ਬਹੁਤ ਵੱਡੇ ਅਤੇ ਬਹੁਤ ਛੋਟੇ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਲਗਭਗ $(10^{41})^2$ ਹੈ। ਕੀ ਇਹਨਾਂ ਵਿਸ਼ਾਲ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਦੀ ਇਹ ਹੈਰਾਨੀਜਨਕ ਅਨੁਰੂਪਤਾ ਸਿਰਫ਼ ਇੱਕ ਸੰਯੋਗ ਹੈ?

ਸਾਰਣੀ 2.5 ਸਮਾਂ ਵਿੱਥਾਂ ਦੀ ਰੇਂਜ ਅਤੇ ਕੋਟੀ

ਘਟਨਾ	ਸਮਾਂ ਵਿੱਥ (s)
ਕਿਸੇ ਬਹੁਤ ਹੀ ਅਸਥਾਈ ਕਣ ਦਾ ਜੀਵਨ-ਕਾਲ	10^{-24}
ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੁਆਰਾ ਨਾਭਿਕੀ (Nucleus) ਦੂਰੀ ਨੂੰ ਤੈਅ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਲੱਗਾ ਸਮਾਂ	10^{-22}
X-ਕਿਰਨਾਂ ਦਾ ਆਵਰਤ ਕਾਲ	10^{-19}
ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਕੰਪਨਾਂ ਦਾ ਆਵਰਤ ਕਾਲ	10^{-15}
ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਤਰੰਗਾਂ ਦਾ ਆਵਰਤ ਕਾਲ	10^{-15}
ਕਿਸੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਉਤੇਜਿਤ ਅਵਸਥਾ ਦਾ ਜੀਵਨ ਕਾਲ	10^{-8}
ਰੇਡੀਓ ਤਰੰਗ ਦਾ ਆਵਰਤ ਕਾਲ	10^{-6}
ਧੁਨੀ ਤਰੰਗਾ ਦਾ ਆਵਰਤ ਕਾਲ	10^{-1}
ਅੱਖ ਦੇ ਝਪਕਣ ਵਿੱਚ ਲੱਗਾ ਸਮਾਂ	10^{-1}
ਮਨੁੱਖੀ ਦਿਲ ਦੀਆਂ ਕ੍ਰਮਿਕ ਧੜਕਣਾਂ ਦੇ ਵਿਚ ਦਾ ਸਮਾਂ	10^{0}
ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਚੰਦਰਮਾ ਤੋਂ ਧਰਤੀ ਤੱਕ ਆਉਣ ਵਿਚ ਲਗਿਆ ਸਮਾਂ	10^{0}
ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਸੂਰਜ ਤੋਂ ਧਰਤੀ ਤੱਕ ਆਉਣ ਵਿਚ ਲਗਿਆ ਸਮਾਂ	10^{2}
ਕਿਸੇ ਉਪਗ੍ਰਹਿ ਦਾ ਆਵਰਤਕਾਲ	10^{4}
ਧਰਤੀ ਦਾ ਆਪਣੀ ਧੁਰੀ ਦੁਆਲੇ ਘੁੰਮਣ ਨੂੰ ਲਗਣ ਵਾਲਾ ਸਮਾਂ	10^{5}
ਚੰਦਰਮਾ ਦਾ ਆਪਣੀ ਧੁਰੀ ਦੁਆਲੇ ਅਤੇ ਧਰਤੀ ਦੁਆਲੇ ਘੁੰਮਣ ਦਾ ਸਮਾਂ	10^{6}
ਧਰਤੀ ਦਾ ਸੂਰਜ ਦੁਆਲੇ ਘੁੰਮਣ ਦਾ ਸਮਾਂ	10^{7}
ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਨੇੜਲੇ ਤਾਰੇ ਤੋਂ ਧਰਤੀ ਤੱਕ ਆਉਣ ਵਿੱਚ ਲੱਗਿਆ ਸਮਾਂ	10^{8}
ਮਨੁੱਖ ਦਾ ਔਸਤ ਜੀਵਨ ਕਾਲ	10^{9}
ਮਿਸਰ ਦੇ ਪਿਰਾਮਿਡਾਂ ਦੀ ਉਮਰ	10^{11}
ਡਾਇਨਾਸੋਰ ਦੇ ਲੁਪਤ ਹੋਣ ਦੇ ਬਾਅਦ ਲੰਘਿਆ ਸਮਾਂ	10^{15}
ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਦੀ ਉਮਰ	10^{17}

2.6 ਸ਼ੁੱਧਤਾ, ਯੰਤਰਾਂ ਦੀ ਵਿਸ਼ੁਧਤਾ ਅਤੇ ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਤਰੁਟੀ (ACCURACY, PRECISION OF INSTRUMENTS AND ERRORS IN MEASUREMENT)

ਮਾਪ, ਸਮੁੱਚੇ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਵਿਗਿਆਨ ਅਤੇ ਤਕਨੀਕੀ ਦਾ ਮੂਲ ਅਧਾਰ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਵੀ ਮਾਪ ਯੰਤਰ ਦੇ ਸਾਰੇ ਮਾਪ ਦੇ ਪਰਿਣਾਮਾਂ ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਨਾ ਕੁਝ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਰਹਿੰਦੀ ਹੀ ਹੈ। ਇਹ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਹੀ ਤਰੁੱਟੀ ਕਹਾਉਂਦੀ ਹੈ। ਹਰੇਕ ਕੈਲਕੁਲੇਟਡ ਰਾਸ਼ੀ, ਜੋ ਮਾਪਿਤ ਮਾਨਾਂ ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਵਿੱਚ ਵੀ ਕੁਝ ਤਰੁੱਟੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇੱਥੇ ਅਸੀਂ ਦੋ ਤਕਨੀਕੀ ਸ਼ਬਦਾਂ **ਐਕੂਰੇਸੀ** ਅਤੇ **ਪ੍ਰੀਸੀਸ਼ਨ** ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ ਕਰਾਂਗੇ। ਕਿਸੇ ਮਾਪ ਦੀ ਐਕੂਰੇਸੀ ਉਹ ਮਾਨ ਹੈ ਜੋ ਸਾਨੂੰ ਇਹ ਦੱਸਦੀ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਰਾਸ਼ੀ ਦਾ ਮਾਪਿਤ ਮਾਨ, ਉਸਦੇ ਅਸਲ ਮਾਪ ਦੇ ਕਿੰਨਾ ਨੇੜੇ ਹੈ ਜਦਕਿ ਪ੍ਰੀਸੀਸ਼ਨ ਇਹ ਦੱਸਦੀ ਹੈ ਕਿ ਉਹ ਰਾਸ਼ੀ ਕਿਸ ਵਿਭੇਦਨ (resolution) ਜਾਂ ਸੀਮਾ ਤੱਕ ਨਾਪੀ ਗਈ ਹੈ।

ਮਾਪ ਦੀ ਐਕੂਰੇਸੀ ਕਈ ਕਾਰਕਾਂ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰ ਸਕਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਮਾਪਕ ਯੰਤਰਾਂ ਦਾ ਵਿਭੇਦਨ (resolution) ਜਾਂ ਸੀਮਾ ਵੀ ਸ਼ਾਮਲ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਮੰਨ ਲਉ ਕਿ ਕਿਸੇ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਵਾਸਤਵਿਕ ਮਾਨ 3.678 cm ਹੈ। ਇੱਕ ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿੱਚ 0.1 cm ਵਿਭੇਦਨ ਵਾਲਾ ਮਾਪਕ ਯੰਤਰ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰਕੇ ਇਸ ਦਾ ਮਾਨ 3.5 cm ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਇਆ, ਜਦੋਂ ਕਿ ਦੂਸਰੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿੱਚ ਵੱਧ ਵਿਭੇਦਨ ਵਾਲੇ (ਮੰਨ ਲਉ 0.01 cm) ਮਾਪ ਯੰਤਰ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਉਸਦੀ ਲੰਬਾਈ 3.38 cm ਮਾਪੀ ਗਈ। ਇੱਥੇ ਪਹਿਲਾ ਮਾਪ ਵਧੇਰੇ ਐਕੂਰੇਟ ਹੈ (ਕਿਉਂਕਿ ਵਾਸਤਵਿਕ ਮਾਪ ਦੇ ਨੇੜੇ ਹੈ) ਪਰ ਘੱਟ ਪ੍ਰੀਸਾਈਜ਼ ਹੈ (ਕਿਉਂਕਿ

ਇਸਦਾ ਵਿਭੇਦਨ ਸਿਰਫ਼ 0.1 cm ਹੈ), ਜਦੋਂ ਕਿ ਦੂਸਰਾ ਮਾਪ ਘੱਟ ਐਕੂਰੇਟ ਹੈ ਪਰ ਵਧੇਰੇ ਪ੍ਰੀਸਾਈਜ਼ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹਰ ਮਾਪ ਇੱਕ ਲਗਭਗ ਮਾਪ ਹੈ। ਆਮ ਕਰਕੇ ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਪੈਦਾ ਹੋਈਆਂ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਨੂੰ ਮੁੱਖ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਹੇਠ ਲਿਖੀਆਂ ਦੋ ਸ਼੍ਰੇਣੀਆਂ ਵਿੱਚ ਵਰਗੀਕ੍ਰਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ — (a) ਕ੍ਰਮਬੱਧ ਤਰੁੱਟੀਆਂ (systematic errors) ਅਤੇ (b) ਬੇਤਰਤੀਬ ਤਰੁੱਟੀਆਂ (random)।

ਕ੍ਰਮਬੱਧ ਤਰੁੱਟੀਆਂ

ਕ੍ਰਮਬੱਧ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਉਹ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਦਾ ਰੁਖ ਕਿਸੇ ਇੱਕ ਦਿਸ਼ਾ ਧਨਾਤਮਕ ਜਾਂ ਫਿਰ ਰਿਣਾਤਮਕ ਵੱਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕ੍ਰਮਬੱਧ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਦੇ ਕੁਝ ਸਰੋਤ ਨਿਮਨਲਿਖਤ ਹਨ —

(a) ਯੰਤਰਗਤ ਤਰੁੱਟੀਆਂ (Instrumental errors) — ਇਹ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਮਾਪਕ ਯੰਤਰ ਦੇ ਨੁਕਸਦਾਰ ਡਿਜ਼ਾਈਨ ਜਾਂ ਯੰਤਰ ਦੀ ਨੁਕਸਦਾਰ ਕੈਲੀਬਰੇਸ਼ਨ (calibration), ਯੰਤਰ ਵਿੱਚ ਜ਼ੀਰੋ ਤਰੁਟੀ ਆਦਿ ਕਾਰਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿਸੇ ਤਾਪਮਾਪੀ (thermometer) ਦੀ ਦਰਜੇਬੰਦੀ (graduation) ਦੀ ਕੈਲੀਬਰੇਸ਼ਨ ਠੀਕ ਢੰਗ ਨਾਲ ਨਾ ਹੋਈ ਹੋਵੇ (ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਇਹ STP ਤੇ ਪਾਣੀ ਦਾ ਉਬਾਲ ਦਰਜਾ 100°C ਦੀ ਥਾਂ 'ਤੇ 104°C ਪੜ੍ਹਦਾ ਹੋਵੇ); ਕਿਸੇ ਵਰਨੀਅਰ ਕੈਲੀਪਰਸ (vernier callipers) ਵਿੱਚ ਦੋਵੇਂ ਜਬਾੜੇ (Jaws) ਮਿਲਾਉਣ ਤੇ ਵਰਨੀਅਰ (vernier) ਸਕੇਲ ਦਾ ਜ਼ੀਰੋ ਚਿੰਨ੍ਹ ਮੁੱਖ ਸਕੇਲ ਦੇ ਜ਼ੀਰੋ ਚਿੰਨ੍ਹ ਦੇ ਨਾਲ ਮੇਲ ਨਾ ਖਾਂਦਾ ਹੋਵੇ (may not coincide), ਜਾਂ ਇੱਕ ਸਧਾਰਨ ਮੀਟਰ ਸਕੇਲ ਦਾ ਇੱਕ ਸਿਰਾ ਘਸਿਆ ਹੋਇਆ (worn out) ਹੋਵੇ।

(b) ਪ੍ਰਯੋਗੀ ਤਕਨੀਕ ਜਾਂ ਕਾਰਜਵਿਧੀ ਦਾ ਦੋਸ਼ਪੂਰਨ ਹੋਣਾ — ਮਨੁੱਖੀ ਸਰੀਰ ਦਾ ਤਾਪ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਜੇ ਅਸੀਂ ਥਰਮਾਮੀਟਰ ਨੂੰ ਬਗਲ ਵਿੱਚ ਲਗਾ ਕੇ ਤਾਪ ਪਤਾ ਕਰਾਂਗੇ ਤਾਂ ਇਹ ਤਾਪ ਸਰੀਰ ਦੇ ਵਾਸਤਵਿਕ ਤਾਪ ਤੋਂ ਸਦਾ ਹੀ ਕੁਝ ਘੱਟ ਹੋਵੇਗਾ। ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੌਰਾਨ ਬਾਹਰੀ ਹਾਲਤਾਂ (ਤਾਪਮਾਨ, ਦਬਾਅ, ਹਵਾ ਦਾ ਵੇਗ, ਨਮੀ ਜਾਂ ਸਿਲ੍ਹ ਵਿੱਚ ਬਦਲਾਅ ਆਦਿ) ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਕ੍ਰਮਬੱਧ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਪੈਦਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਨ।

(c) ਵਿਅਕਤੀਗਤ ਤਰੁੱਟੀਆਂ (Personal errors) — ਇਹ ਤਰੁੱਟੀਆਂ, ਪ੍ਰੇਖਕ ਦੇ ਮਨ ਦੇ ਝੁਕਾਅ, ਉਪਕਰਨ ਦੀ ਸੈਟਿੰਗ ਵਿਚ ਰਹਿ ਗਈ ਕਮੀ, ਪ੍ਰੇਖਣ ਸਮੇਂ ਪ੍ਰੇਖਕ ਦੀ ਬੇਧਿਆਨੀ ਆਦਿ ਕਾਰਨ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਆਪਟੀਕਲ ਬੈਂਚ ਤੇ ਸੂਈ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਨੂੰ ਸਕੇਲ ਤੇ ਪੜ੍ਹਤ (reading) ਲੈਣ ਲੱਗਿਆਂ ਜੇ ਪ੍ਰੇਖਕ ਆਪਣਾ ਸਿਰ ਸਦਾ ਥੋੜ੍ਹਾ ਜਿਹਾ ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਰੱਖਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਰੀਡਿੰਗ ਵਿੱਚ **ਪੈਰੇਲੈਕਸ** ਦੇ ਕਾਰਨ ਤਰੁੱਟੀ ਆ ਜਾਵੇਗੀ।

ਸੁਧਰੀਆਂ ਪ੍ਰਯੋਗੀ ਤਕਨੀਕਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ, ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੇ ਲਈ ਵਧੀਆਂ ਮਾਪ ਯੰਤਰਾਂ ਨੂੰ ਚੁਣ ਕੇ ਅਤੇ ਜਿੱਥੋਂ ਤੱਕ ਸੰਭਵ ਹੋ ਸਕੇ ਵਿਅਕਤੀਗਤ ਮਨ ਦੇ ਝੁਕਾਅ ਨੂੰ ਦੂਰ ਕਰਕੇ ਕ੍ਰਮਬੱਧ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਨੂੰ ਦੂਰ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਵੀ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਵਿਵਸਥਾ ਲਈ, ਇਹਨਾਂ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਦਾ ਕੁਝ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸੀਮਾਵਾਂ ਤੱਕ ਅੰਦਾਜ਼ਾ ਲਗਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਰੀਡਿੰਗ ਵਿੱਚ ਲੋੜ ਅਨੁਸਾਰ ਸੋਧ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ।

ਬੇਤਰਤੀਬ ਤਰੁੱਟੀਆਂ (Random errors)

ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਬੇਢੰਗੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਹੋਣ ਵਾਲੀਆਂ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਨੂੰ **ਬੇਤਰਤੀਬ ਤਰੁੱਟੀਆਂ** ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਲਈ ਇਹ ਚਿੰਨ੍ਹ ਅਤੇ ਸਾਈਜ਼ ਵਿੱਚ ਬੇਤਰਤੀਬ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਬੇਤਰਤੀਬ ਤਰੁੱਟੀਆਂ, ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਅਵਸਥਾਵਾਂ (ਤਾਪਮਾਨ, ਵੋਲਟੇਜ਼ ਸਪਲਾਈ, ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿਵਸਥਾ ਦੇ ਯੰਤਰਿਕ ਕੰਪਨ ਆਦਿ) ਵਿੱਚ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਬੇਤਰਤੀਬ ਅਤੇ ਪੂਰਵ ਅਨੁਮਾਨ ਨਾ ਲੱਗ ਸਕਣ ਵਾਲੇ ਉਤਾਰ-ਚੜ੍ਹਾਅ ਦੇ ਕਾਰਨ ਅਤੇ ਰੀਡਿੰਗ ਲੈਣ ਸਮੇਂ ਪ੍ਰੇਖਕ ਦੁਆਰਾ ਕੀਤੀਆਂ ਗਈਆਂ (ਕਿਸੇ ਝੁਕਾਅ ਤੋਂ ਬਗੈਰ) ਵਿਅਕਤੀਗਤ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਆਦਿ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਕੋਈ ਵਿਅਕਤੀ ਇੱਕ ਹੀ ਪ੍ਰੇਖਣ ਨੂੰ ਵਾਰ-ਵਾਰ ਦੁਹਰਾਏ ਤਾਂ ਸੰਭਵ ਹੈ ਕਿ ਹਰ ਵਾਰ ਉਸ ਦੀ ਰੀਡਿੰਗ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਹੋਵੇ।

ਲੀਸਟ ਕਾਊਂਟ ਤਰੁੱਟੀ (Least count error)

ਕਿਸੇ ਮਾਪ ਯੰਤਰ ਦੁਆਰਾ ਮਾਪਿਆ ਜਾ ਸਕਣ ਵਾਲਾ ਛੋਟੇ ਤੋਂ ਛੋਟਾ ਮਾਨ ਉਸ ਮਾਪ ਯੰਤਰ ਦਾ **ਲੀਸਟ ਕਾਊਂਟ** ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਮਾਪ ਯੰਤਰ ਦੁਆਰਾ ਲਏ ਗਏ ਮਾਪਿਤ ਮਾਨ ਜਾਂ ਰੀਡਿੰਗ ਉਸਦੇ ਲੀਸਟ ਕਾਊਂਟ ਤੱਕ ਹੀ ਸਹੀ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

ਲੀਸਟ ਕਾਊਂਟ ਤਰੁੱਟੀ ਇੱਕ ਅਜਿਹੀ ਤਰੁੱਟੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜੋ ਮਾਪ ਯੰਤਰ ਦੇ ਵਿਭੇਦਨ (resolution) ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਕਿਸੇ ਵਰਨੀਅਰ ਕੈਲੀਪਰਸ (vernier callipers) ਦਾ ਲੀਸਟ ਕਾਊਂਟ 0.01 cm ਹੈ; ਕਿਸੇ ਗੋਲਾਈਮਾਪੀ (spherometer) ਦਾ ਲੀਸਟ ਕਾਊਂਟ 0.001 cm ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਲੀਸਟ ਕਾਊਂਟ ਤਰੁੱਟੀ ਨੂੰ ਬੇਤਰਤੀਬ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਦੀ ਸ਼੍ਰੇਣੀ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸੀਮਿਤ ਸਾਈਜ਼ ਤੱਕ ਹੀ ਰੱਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਤਰੁੱਟੀ ਕ੍ਰਮਬੱਧ ਅਤੇ ਬੇਤਰਤੀਬ ਦੋਵਾਂ ਦੇ ਨਾਲ ਹੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜੇ ਅਸੀਂ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਮਾਪ ਲਈ ਮੀਟਰ ਸਕੇਲ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ ਮੀਟਰ ਸਕੇਲ ਤੇ 1 mm ਦੀ ਵਿੱਥ ਤੇ ਮਾਰਕ ਲੱਗੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

ਵਧੇਰੇ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ (precision) ਵਾਲੇ ਮਾਪ ਯੰਤਰਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ, ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਤਕਨੀਕਾਂ ਵਿੱਚ ਸੁਧਾਰ ਆਦਿ ਦੁਆਰਾ ਅਸੀਂ ਲੀਸਟ ਕਾਊਂਟ ਤਰੁੱਟੀ ਨੂੰ ਘੱਟ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਨੂੰ ਦੁਹਰਾਉਣ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਸਾਰੇ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਦੇ ਮਾਨਾਂ ਦਾ ਔਸਤ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਔਸਤ ਮਾਨ, ਮਾਪਿਤ ਰਾਸ਼ੀ ਦੇ ਵਾਸਤਵਿਕ ਮਾਨ ਦੇ ਵਧੇਰੇ ਨੇੜੇ ਹੋਵੇਗਾ।

2.6.1 ਨਿਰਪੇਖ ਤਰੁੱਟੀ, ਸਾਪੇਖ ਤਰੁੱਟੀ ਅਤੇ ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ (Absolute Error, Relative Error and Percentage Error)

(a) ਮੰਨ ਲਉ ਕਿ ਕਿਸੇ ਰਾਸ਼ੀ ਦੇ ਕਈ ਮਾਪਾਂ ਦੇ ਮਾਨ a_1, a_2, a_3, ..., a_n ਹਨ। ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਹਲਾਤਾਂ ਵਿੱਚ ਰਾਸ਼ੀ ਦਾ ਸਭ

ਤੋਂ ਸੰਭਵ ਮਾਨ, ਇਹਨਾਂ ਸਾਰੇ ਮਾਨਾਂ ਦੀ ਔਸਤ ਨੂੰ ਮੰਨਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

$$a_{ਔਸਤ} = (a_1+a_2+a_3+...+a_n) / n \quad ...(2.4)$$

ਜਾਂ

$$a_{mean} = \sum_{i=1}^{n} a_i / n \quad ...(2.5)$$

ਕਿਉਂਕਿ, ਜਿਵੇਂ ਪਹਿਲਾਂ ਹੀ ਸਪੱਸ਼ਟ ਕੀਤਾ ਜਾ ਚੁੱਕਾ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਮੰਨਣਾ ਯੁਕਤੀਸੰਗਤ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਰਾਸ਼ੀ ਦਾ ਇੱਕ ਮਾਪ ਉਸ ਰਾਸ਼ੀ ਦੇ ਵਾਸਤਵਿਕ ਮਾਪ ਨਾਲੋਂ ਇੱਕੋ ਜਿਹਾ ਵੱਧ ਜਾਂ ਘੱਟ ਹੋਣ ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਹੈ।

ਰਾਸ਼ੀ ਦੇ ਕਿਸੇ ਵੀ ਇੱਕ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਮਾਪ ਅਤੇ ਵਾਸਤਵਿਕ ਮਾਪ ਦੇ ਵਿਚਲੇ ਅੰਤਰ ਦੇ ਨਤੀਜੇ ਨੂੰ ਮਾਪ ਦੀ ਨਿਰਪੇਖ (absolute) ਤਰੁੱਟੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਸਨੂੰ $|\Delta a|$ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਗਟ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਵਾਸਤਵਿਕ ਮੁੱਲ ਪਤਾ ਕਰਨ ਦੀ ਕੋਈ ਵਿਧੀ ਨਾ ਪਤਾ ਹੋਵੇ, ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਅੰਕਗਣਿਤਕ ਔਸਤ ਨੂੰ ਹੀ ਰਾਸ਼ੀ ਦਾ ਵਾਸਤਵਿਕ ਮਾਨ ਸਵੀਕਾਰ ਕਰ ਲੈਂਦੇ ਹਾਂ। ਉਸ ਸਮੇਂ ਇਕੱਲੇ-ਇਕੱਲੇ ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਵਾਸਤਵਿਕ ਮਾਪ ਤੋਂ ਨਿਰਪੇਖ ਤਰੁੱਟੀ ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਹੈ,

$$\Delta a_1 = a_1 - a_{ਔਸਤ},$$
$$\Delta a_2 = a_2 - a_{ਔਸਤ},$$
$$.... \quad .... \quad ....$$
$$.... \quad .... \quad ....$$
$$\Delta a_n = a_n - a_{ਔਸਤ}$$

ਉੱਪਰ ਗਣਨਾ ਕੀਤਾ Δa ਦਾ ਮੁੱਲ ਕੁਝ ਸਥਿਤੀਆਂ ਵਿਚ ਧਨਾਤਮਕ ਤੇ ਕੁਝ ਕੇਸਾਂ ਵਿੱਚ ਰਿਣਾਤਮਕ ਵੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਪਰ ਨਿਰਪੇਖ ਤਰੁੱਟੀ $|\Delta a|$ ਸਦਾਂ ਹੀ ਧਨਾਤਮਕ ਹੋਵੇਗੀ।

(b) ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਦੀਆਂ ਨਿਰਪੇਖ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਦੇ ਨਤੀਜਿਆਂ ਦੇ ਅੰਕਗਣਿਤਕ ਔਸਤ ਨੂੰ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ a ਦੇ ਮਾਨ ਦੀ ਅੰਤਿਮ ਜਾਂ ਔਸਤ ਨਿਰਪੇਖ ਤਰੁੱਟੀ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸਨੂੰ $\Delta a_{ਔਸਤ}$ ਨਾਲ ਪ੍ਰਸਤੁਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਲਈ,

$$\Delta a_{ਔਸਤ} = (|\Delta a_1|+|\Delta a_2|+|\Delta a_3|+...+|\Delta a_n|)/n \quad ...(2.6)$$

$$= \sum_{i=1}^{n} |\Delta a_i| / n \quad ...(2.7)$$

ਜੇ ਅਸੀਂ ਕੋਈ ਇੱਕ ਮਾਪ ਲਈਏ ਤਾਂ ਸਾਨੂੰ ਇਸਦਾ ਮਾਨ $a_{ਔਸਤ} \pm \Delta a_{ਔਸਤ}$ ਦੀ ਰੇਂਜ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਵੇਗਾ।

ਅਰਥਾਤ $\quad a = a_{ਔਸਤ} \pm \Delta a_{ਔਸਤ}$

ਜਾਂ

$$a_{ਔਸਤ} - \Delta a_{ਔਸਤ} \le a \le a_{ਔਸਤ} + \Delta a_{ਔਸਤ} \quad ...(2.8)$$

ਇਸ ਦਾ ਮਤਲਬ ਇਹ ਹੋਇਆ ਕਿ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਦੇ ਕਿਸੇ ਮਾਪ a ਦਾ ਮੁੱਲ $(a_{ਔਸਤ} + \Delta a_{ਔਸਤ})$ ਅਤੇ $(a_{ਔਸਤ} - \Delta a_{ਔਸਤ})$ ਦੇ ਵਿੱਚ ਹੋਣ ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਹੈ।

(c) ਨਿਰਪੇਖ ਤਰੁੱਟੀ ਦੀ ਜਗ੍ਹਾ ਤੇ, ਅਸੀਂ ਅਕਸਰ **ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ** ਜਾਂ **ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਤਰੁਟੀ** (δa) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। **ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ, ਮਾਪਿਤ ਰਾਸ਼ੀ ਦੀ ਔਸਤ ਨਿਰਪੇਖ ਤਰੁਟੀ $\Delta a_{ਔਸਤ}$ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਔਸਤ ਮਾਨ $a_{ਔਸਤ}$ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਹੈ।**

ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ $= \Delta a_{ਔਸਤ}/a_{ਔਸਤ}$ ...(2.9)

ਜਦੋਂ ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ ਨੂੰ ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ, ਤਾਂ ਇਸ ਨੂੰ **ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ** ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ, ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ

$$\delta a = (\Delta a_{ਔਸਤ}/a_{ਔਸਤ}) \times 100\% \quad ...(2.10)$$

ਆਉ, ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਇੱਕ ਉਦਾਹਰਨ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ।

▶ **ਉਦਾਹਰਨ 2.6** ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਪ੍ਰਯੋਗਸ਼ਾਲਾ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਇੱਕ ਮਾਨਕ ਘੜੀ ਨਾਲ ਤੁਲਨਾ ਕਰਕੇ ਦੋ ਘੜੀਆਂ ਦੀ ਜਾਂਚ ਕੀਤੀ ਜਾ ਰਹੀ ਹੈ। ਮਾਨਕ ਘੜੀ ਜਦੋਂ ਦੁਪਹਿਰ ਦੇ 12:00:00 ਦਾ ਸਮਾਂ ਦਰਸਾਉਂਦੀ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਹਨਾਂ ਦੋ ਘੜੀਆਂ ਦੀਆਂ ਪੜ੍ਹਤਾਂ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਨ —

	ਘੜੀ 1	ਘੜੀ 2
ਸੋਮਵਾਰ	12:00:05	10:15:06
ਮੰਗਲਵਾਰ	12:00:15	10:14:59
ਬੁੱਧਵਾਰ	11:59:08	10:15:18
ਵੀਰਵਾਰ	12:01:50	10:15:07
ਸ਼ੁੱਕਰਵਾਰ	11:59:15	10:14:53
ਸ਼ਨੀਵਾਰ	12:01:30	10:15:24
ਐਤਵਾਰ	12:01:19	10:15:11

ਜੇ ਤੁਸੀਂ ਕੋਈ ਅਜਿਹਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰ ਰਹੇ ਹੋ ਜਿਸ ਦੇ ਲਈ ਤੁਹਾਨੂੰ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਸਮਾਂ ਵਿੱਥਾਂ ਮਾਪਣ ਦੀ ਲੋੜ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਤੁਸੀਂ ਕਿਹੜੀ ਘੜੀ ਨੂੰ ਪਹਿਲ ਦੇਵੋਗੇ ? ਕਿਉਂ ?

ਹੱਲ: ਸੱਤ ਦਿਨਾਂ ਲਈ ਘੜੀ 1 ਦੇ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ ਦੀ ਰੇਂਜ 162 s ਹੈ ਜਦੋਂਕਿ ਘੜੀ 2 ਵਿੱਚ ਇਹ ਰੇਂਜ 31 s ਦੀ ਹੈ। ਘੜੀ 1 ਦੁਆਰਾ ਲਈ ਗਈ ਰੀਡਿੰਗ, ਘੜੀ 2 ਦੁਆਰਾ ਲਈ ਗਈ ਸਮੇਂ ਦੀ ਰੀਡਿੰਗ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ, ਮਾਨਕ ਸਮੇਂ ਦੇ ਵੱਧ ਨੇੜੇ ਹੈ। ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਗੱਲ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਘੜੀ ਦਾ ਜ਼ੀਰੋ ਤਰੁੱਟੀ, ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਕਾਰਜ ਲਈ ਉਨਾਂ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਹੀਂ ਹੈ ਜਿੰਨਾਂ ਇਸਦੇ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਹੋਣ ਵਾਲਾ ਪਰਿਵਰਤਨ ਹੈ; ਕਿਉਂਕਿ ਜ਼ੀਰੋ ਤਰੁੱਟੀ ਨੂੰ ਤਾਂ ਕਦੇ ਵੀ ਸੌਖਿਆਂ ਹੀ ਦੂਰ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਘੜੀ 1 ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਘੜੀ 2 ਨੂੰ ਪਹਿਲ ਦਿੱਤੀ ਜਾਵੇਗੀ। ◀

▶ **ਉਦਾਹਰਨ 2.7** ਅਸੀਂ ਇੱਕ ਸਾਧਾਰਨ ਪੈਂਡੂਲਮ ਦਾ ਡੋਲਨ ਕਾਲ ਪਤਾ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੇ ਕ੍ਰਮ ਅਨੁਸਾਰ ਮਾਪਾਂ ਦੀ ਰੀਡਿੰਗ ਹੈ — 2.63 s, 2.56 s, 2.42 s, 2.71s ਅਤੇ 2.80 s। ਨਿਰਪੇਖ ਤਰੁੱਟੀ, ਸਾਪੇਖ ਤਰੁੱਟੀ ਅਤੇ ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ ਦਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ: ਪੈਂਡੂਲਮ ਦਾ ਔਸਤ ਡੋਲਨ ਕਾਲ,

$$T = \frac{(2.63+2.56+2.42+2.71+2.80)\text{s}}{5}$$

$$= \frac{13.12}{5} \text{ s} = 2.624 \text{ s}$$

$$= 2.62 \text{ s}$$

ਕਿਉਂਕੀ ਸਾਰੇ ਕਾਲ 0.01 s ਦੇ ਵਿਭੇਦਨ (resolution) ਤੱਕ ਮਾਪੇ ਗਏ ਹਨ, ਇਸ ਲਈ ਸਮੇਂ ਦੇ ਸਾਰੇ ਮਾਪ ਦਸ਼ਮਲਵ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਸਥਾਨ ਤੱਕ ਹਨ। ਇਸ ਔਸਤ ਕਾਲ ਨੂੰ ਵੀ ਦੂਸਰੇ ਦਸ਼ਮਲਵ ਸਥਾਨ ਤੱਕ ਲਿਖਣਾ ਉਚਿਤ ਹੈ।

ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਤਰੁੱਟੀਆਂ

$$2.63 \text{ s} - 2.62 \text{ s} = 0.01 \text{ s}$$
$$2.56 \text{ s} - 2.62 \text{ s} = -0.06 \text{ s}$$
$$2.42 \text{ s} - 2.62 \text{ s} = -0.20 \text{ s}$$
$$2.71 \text{ s} - 2.62 \text{ s} = 0.09 \text{ s}$$
$$2.80 \text{ s} - 2.62 \text{ s} = 0.18 \text{ s}$$

ਧਿਆਨ ਦਿਉ, ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਦੇ ਵੀ ਉਹੀ ਮਾਤਰਕ ਹਨ ਜੋ ਮਾਪੀਆਂ ਜਾਣ ਵਾਲੀਆਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਹਨ।

ਸਾਰੀਆਂ ਨਿਰਪੇਖ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਦਾ ਔਸਤ (ਔਸਤ ਲਈ ਅਸੀਂ ਸਿਰਫ਼ ਨਤੀਜੇ ਲੈਂਦੇ ਹਾਂ) ਹੈ —

$$\Delta T_{\text{ਔਸਤ}} = [(0.01+0.06+0.20+0.09+0.18)\text{s}]/5$$
$$= 0.54 \text{ s}/5$$
$$= 0.11 \text{ s}$$

ਇਸਦਾ ਅਰਥ ਹੈ ਕਿ ਸਧਾਰਨ ਪੈਂਡੂਲਮ ਦਾ ਡੋਲਨ ਕਾਲ (2.62 ± 0.11) s ਹੈ ਅਰਥਾਤ ਇਸਦਾ ਮਾਨ (2.62 + 0.11)s ਅਤੇ (2.62 – 0.11) s, ਜਾਂ 2.73 s ਅਤੇ 2.51 s ਦੇ ਵਿਚਾਲੇ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਸਾਰੀਆਂ ਨਿਰਪੇਖ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਦਾ ਔਸਤ 0.11 s ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਮੁੱਲ ਵਿੱਚ ਸੈਕੰਡ ਦੇ ਦਸਵੇਂ ਭਾਗ ਵਿੱਚ ਪਹਿਲਾਂ ਤੋਂ ਹੀ ਤਰੁਟੀ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਡੋਲਨ ਕਾਲ ਦਾ ਮੁੱਲ ਸੈਕੰਡ ਦੇ ਸੌਵੇਂ ਭਾਗ ਤੱਕ ਵਿਅਕਤ ਕਰਨ ਦਾ ਕੋਈ ਅਰਥ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ ਵਿਅਕਤ ਕਰਨ ਦਾ ਵਧੇਰੇ ਸਹੀ ਢੰਗ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੈ—

$$T = 2.6 \pm 0.1 \text{ s}$$

ਧਿਆਨ ਦਿਉ, ਅੰਤਿਮ **ਹਿੰਦਸਾ** 6 ਵਿਸ਼ਵਾਸਯੋਗ ਨਹੀਂ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਇਹ 5 ਅਤੇ 7 ਦੇ ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਵੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤੱਥ ਨੂੰ ਸੰਕੇਤ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਹਿੰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਦੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ (significant figures) ਹਨ। ਇਸ ਕੇਸ ਵਿੱਚ ਦੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ 2 ਅਤੇ 6 ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ 2 ਵਿਸ਼ਵਾਸਯੋਗ ਹੈ ਅਤੇ 6 ਨਾਲ ਤਰੁੱਟੀ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੈ। ਸੈਕਸ਼ਨ 2.7 ਵਿੱਚ ਤੁਸੀਂ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਹੋਰ ਵਿਸਥਾਰ ਨਾਲ ਸਿੱਖੋਗੇ। ਇਸ ਉਦਾਹਰਨ ਵਿੱਚ ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ ਜਾਂ ਪ੍ਰਤਿਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ ਹੈ

$$\delta a = \frac{0.1}{2.6} \times 100 = 4\%$$ ◀

ਕਿਸੇ ਰੇਖਾ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਤੁਸੀਂ ਕਿਵੇਂ ਮਾਪੋਗੇ ?

ਤੁਸੀਂ ਕਹਿ ਸਕਦੇ ਹੋ, ਇਸ ਪੱਧਰ ਤੇ ਪਹੁੰਚ ਕੇ ਇਹ ਕਿਹੋ ਜਿਹਾ ਸਿੱਧੜ ਜਿਹਾ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਹੈ ? ਪਰ ਜ਼ਰਾ ਸੋਚੋ ਜੇ ਇਹ ਰੇਖਾ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਨਾ ਹੋਵੇ, ਤਾਂ ਆਪਣੀ ਕਾਪੀ ਜਾਂ ਬਲੈਕ ਬੋਰਡ ਤੇ ਇੱਕ ਟੇਡੀ-ਮੇਡੀ ਰੇਖਾ ਖਿੱਚੋ। ਠੀਕ ਹੈ, ਇਸਦੀ ਲੰਬਾਈ ਮਾਪਣਾ ਵੀ ਕੋਈ ਬਹੁਤ ਮੁਸ਼ਕਲ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਤੁਸੀਂ ਇੱਕ ਧਾਗਾ ਲਉਗੇ, ਇਸ ਨੂੰ ਰੇਖਾ ਦੇ ਉੱਪਰ ਸਾਵਧਾਨੀਪੂਰਵਕ ਰੱਖੋਗੇ, ਫਿਰ ਧਾਗੇ ਨੂੰ ਫੈਲਾ ਕੇ ਇਸਦੀ ਲੰਬਾਈ ਮਾਪ ਲਵੋਗੇ।

ਹੁਣ ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ ਕਿ ਤੁਸੀਂ ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਰਾਜ ਮਾਰਗ ਦੀ ਜਾਂ ਕਿਸੇ ਨਦੀ ਦੀ, ਜਾਂ ਦੋ ਰੇਲਵੇ ਸਟੇਸ਼ਨਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਰੇਲ ਦੀਆਂ ਪਟੜੀਆਂ ਦੀ, ਜਾਂ ਦੋ ਰਾਜਾਂ ਜਾਂ ਦੇਸ਼ਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸੀਮਾ ਰੇਖਾ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਮਾਪਣੀ ਹੈ। ਤਾਂ, ਇਸਦੇ ਲਈ ਜੇ ਤੁਸੀਂ 1 m ਜਾਂ 100 m ਦੀ ਰੱਸੀ ਲਉ, ਇਸ ਨੂੰ ਰੇਖਾ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਰੱਖੋ ਬਾਰ-ਬਾਰ ਇਸ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਬਦਲ ਕੇ ਅੱਗੇ ਲੈ ਜਾਉ, ਤਾਂ ਇਸ ਵਿੱਚ ਜੋ ਮਨੁੱਖੀ ਮਿਹਨਤ, ਸਮਾਂ ਜਾਂ ਖ਼ਰਚ ਆਵੇਗਾ ਉਹ ਉਪਲੱਬਧੀ ਦੇ ਅਨੁਪਾਤ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਇਸ ਵਿਸ਼ਾਲ ਕਾਰਜ ਵਿੱਚ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਵੀ ਜ਼ਰੂਰ ਆ ਜਾਣਗੀਆਂ। ਇਸ ਸਿਲਸਿਲੇ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਰੋਚਕ ਤੱਥ ਤੁਹਾਨੂੰ ਦੱਸਦੇ ਹਾਂ। ਫਰਾਂਸ ਅਤੇ ਬੈਲਜ਼ੀਅਮ ਵਿਚ ਇੱਕ ਸਾਂਝੀ ਅੰਤਰ-ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਸੀਮਾ ਰੇਖਾ ਹੈ। ਦੋਵੇਂ ਦੇਸ਼ਾਂ ਦੇ ਦਫਤਰੀ ਦਸਤਾਵੇਜ਼ਾਂ ਵਿੱਚ ਦਰਜ ਉਸਦੀ ਲੰਬਾਈ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਅੰਤਰ ਹੈ।

ਇੱਕ ਕਦਮ ਹੋਰ ਅੱਗੇ ਵਧੀਏ ਤਾਂ ਸਮੁੰਦਰ ਦੀ ਤੱਟੀ ਰੇਖਾ ਅਰਥਾਤ ਉਹ ਰੇਖਾ ਜਿਸ ਤੇ ਸਮੁੰਦਰ ਅਤੇ ਜ਼ਮੀਨ ਇੱਕ-ਦੂਸਰੇ ਨਾਲ ਮਿਲਦੇ ਹਨ, ਬਾਰੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਇਸ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿਚ ਤਾਂ ਸੜਕਾਂ ਅਤੇ ਨਦੀਆਂ ਵਿੱਚ ਕਾਫ਼ੀ ਹਲਕੇ ਮੋੜ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਸਭ ਦੇ ਬਾਵਜੂਦ ਸਾਰੇ ਦਸਤਾਵੇਜ਼ਾਂ ਵਿੱਚ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਸਾਡੇ ਸਕੂਲ ਦੀਆਂ ਪੁਸਤਕਾਂ ਵੀ ਸ਼ਾਮਲ ਹਨ, ਗੁਜਰਾਤ ਜਾਂ ਆਂਧਰਾ ਪ੍ਰਦੇਸ਼ ਦੇ ਸਮੁੰਦਰ ਤਟ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਜਾਂ ਦੋ ਰਾਜਾਂ ਵਿਚਲੀ ਸੀਮਾ ਰੇਖਾ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਆਦਿ ਦੇ ਬਾਰੇ ਵਿੱਚ ਸੂਚਨਾਵਾਂ ਦਰਜ ਹਨ। ਰੇਲ ਦੀਆਂ ਟਿਕਟਾਂ 'ਤੇ ਸਟੇਸ਼ਨਾਂ ਦੀਆਂ ਦੂਰੀਆਂ ਵੀ ਛਪੀਆਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਤੁਸੀਂ ਸੜਕਾਂ ਦੇ ਕਿਨਾਰੇ ਲੱਗੇ ਮੀਲ ਦੇ ਪੱਥਰ ਦੇਖੇ ਹੋਣਗੇ। ਇਹ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸ਼ਹਿਰਾਂ ਦੀਆਂ ਦੂਰੀਆਂ ਦੱਸਦੇ ਹਨ। ਆਖ਼ਿਰ ਵਿਚ, ਇਹ ਸਭ ਕੁਝ ਕਿਵੇਂ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ?

ਤੁਹਾਨੂੰ ਇਹ ਤੈਅ ਕਰਨਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸ ਸੀਮਾ ਤੱਕ ਤਰੁੱਟੀ ਸਹਿਣ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਮਾਪ ਦੇ ਇਸ ਕਾਰਜ ਤੇ ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ ਕਿਨ੍ਹਾਂ ਖਰਚ ਕਰਨਾ ਹੈ। ਜੇ ਤੁਹਾਨੂੰ ਘੱਟ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਚਾਹੀਦੀਆਂ ਹਨ ਤਾਂ ਇਸ ਲਈ ਉੱਚ ਤਕਨੀਕੀ ਅਤੇ ਵੱਧ ਖ਼ਰਚ ਦੀ ਲੋੜ ਹੋਵੇਗੀ। ਇਹ ਕਹਿਣਾ ਕਾਫ਼ੀ ਹੋਵੇਗਾ ਕਿ ਇਸਦੇ ਲਈ ਕਾਫ਼ੀ ਉੱਚ ਪੱਧਰ ਦੀ ਭੌਤਿਕੀ, ਗਣਿਤ ਇੰਜੀਨੀਅਰਿੰਗ ਅਤੇ

ਤਕਨੀਕੀ ਲੋੜ ਹੋਵੇਗੀ। ਇਸਦਾ ਸੰਬੰਧ ਫਰੈਕਟਲਾਂ (fractals) ਦੇ ਖੇਤਰ ਨਾਲ ਹੈ ਜੋ ਸਿਧਾਂਤਕ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਸਮੇਂ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਪ੍ਰਚਲਿਤ ਹੈ। ਇਸ ਸਭ ਦੇ ਬਾਵਜੂਦ ਜੋ ਅੰਕੜੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਉਹਨਾਂ ਤੇ ਕਿੰਨਾ ਵਿਸ਼ਵਾਸ਼ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇ ਇਹ ਕਹਿਣਾ ਮੁਸ਼ਕਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਫਰਾਂਸ ਅਤੇ ਬੈਲਜ਼ੀਅਮ ਦੀ ਉਦਾਹਰਨ ਤੋਂ ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੀ ਹੈ। ਗੱਲ ਚੱਲ ਰਹੀ ਹੈ ਤਾਂ ਤੁਹਾਨੂੰ ਦੱਸ ਦਈਏ ਕਿ ਬੈਲਜ਼ੀਅਮ ਅਤੇ ਫਰਾਂਸ ਦੀ ਇਹ ਵਿਸੰਗਤੀ, ਫਰੈਕਟਲਾਂ (fractals) ਅਤੇ ਕੇਆਸ (chaos) ਵਿਸ਼ੇ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਉੱਚ ਭੌਤਿਕੀ ਦੀ ਇੱਕ ਪੁਸਤਕ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਪੰਨੇ ਤੇ ਪ੍ਰਸਤੁਤ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੈ।

2.6.2 ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਦਾ ਸੰਯੋਜਨ (Combination of errors)

ਜੇ ਅਸੀਂ ਅਜਿਹਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰੀਏ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਕਈ ਮਾਪ ਸ਼ਾਮਲ ਹੋਣ, ਤਾਂ ਸਾਨੂੰ ਇਹ ਵੀ ਜਾਣਨਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਹਨਾਂ ਮਾਪਾਂ ਵਿੱਚ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸੰਯੋਜਿਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਘਣਤਾ (density) ਉਸਦੇ ਪੁੰਜ (mass) ਅਤੇ ਆਇਤਨ (volume) ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਹੈ। ਜੇ ਅਸੀਂ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਉਸਦੇ ਅਕਾਰ ਜਾਂ ਵਿਮਾਂ (dimensions) ਦੇ ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਤਰੁੱਟੀ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ ਸਾਨੂੰ ਇਹ ਪਤਾ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ਕਿ ਉਸ ਵਸਤੂ ਦੇ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਘਣਤਾ ਵਿੱਚ ਵੀ ਤਰੁੱਟੀ ਆਵੇਗੀ। ਇਹ ਅੰਦਾਜ਼ਾ ਲਗਾਉਣ ਲਈ ਕਿ ਇਹ ਤਰੁਟੀ ਕਿੰਨੀ ਹੋਵੇਗੀ ਸਾਨੂੰ ਇਹ ਸਿਖਣਾ ਹੋਵੇਗਾ ਕਿ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਗਣਿਤਕ ਆਪਰੇਸ਼ਨਾਂ ਵਿੱਚ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਕਿਵੇਂ ਸੰਯੋਜਿਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਸ ਦੇ ਲਈ ਅਸੀਂ ਨਿਮਨਲਿਖਤ ਕਾਰਜਵਿਧੀ ਅਪਣਾਉਂਦੇ ਹਾਂ।

(a) ਕਿਸੇ ਜੋੜ ਜਾ ਘਟਾਉ ਵਿੱਚ ਤਰੁਟੀ *(Error of a sum or a difference)*

ਮੰਨ ਲਉ, ਕਿ ਦੋ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ, A ਅਤੇ B ਦੇ ਮਾਪਿਤ ਮੁੱਲ ਵਾਰੀ ਸਿਰ : $A \pm \Delta A$, $B \pm \Delta B$ ਜਿੱਥੇ ΔA ਅਤੇ ΔB ਵਾਰੀ ਸਿਰ ਇਹਨਾਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੀ ਨਿਰਪੇਖ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਹਨ। ਅਸੀਂ ਜੋੜ $Z = A + B$ ਵਿੱਚ ਤਰੁੱਟੀ ΔZ ਪਤਾ ਕਰਨਾ ਚਾਹੁੰਦੇ ਹਾਂ। ਜੋੜਨ ਤੇ

$$Z \pm \Delta Z = (A \pm \Delta A) + (B \pm \Delta B)$$

Z ਵਿੱਚ ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ ਸੰਭਾਵਿਤ ਤਰੁੱਟੀ

$$\Delta Z = \Delta A + \Delta B$$

ਘਟਾਉ ਕਰਨ ਤੇ $Z = A - B$ ਦੇ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$Z \pm \Delta Z = (A \pm \Delta A) - (B \pm \Delta B)$$

$$= (A - B) \pm \Delta A \mp \Delta B$$

ਜਾਂ $$\pm \Delta Z = \pm \Delta A \mp \Delta B$$

ਇੱਥੇ ਫਿਰ ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ ਸੰਭਾਵਿਤ ਤਰੁੱਟੀ $\Delta Z = \Delta A + \Delta B$

ਇਸ ਲਈ, ਨਿਯਮ ਇਹ ਹੈ : ਜਦੋਂ ਦੋ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂ ਘਟਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਅੰਤਿਮ ਨਤੀਜੇ ਵਿੱਚ ਨਿਰਪੇਖ ਤਰੁਟੀ ਉਹਨਾਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੀ ਨਿਰਪੇਖ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਦੇ ਜੋੜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 2.8*** ਕਿਸੇ ਥਰਮਾਮੀਟਰ ਦੁਆਰਾ ਮਾਪੇ ਗਏ ਦੋ ਪਿੰਡਾ ਦੇ ਤਾਪ ਵਾਰੀ ਸਿਰ : t_1 = 20 °C ± 0.5 °C ਅਤੇ t_2 = 50° C ± 0.5 °C ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਪਿੰਡਾ ਦਾ ਤਾਪ ਅੰਤਰ ਅਤੇ ਉਸ ਵਿੱਚ ਆਈ ਤਰੁੱਟੀ ਪਤਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ: $t' = t_2 - t_1$ = (50 °C±0.5 °C)– (20°C±0.5°C)

t' = 30 °C ± 1 °C ◀

(b) ਗੁਣਨਫਲ ਜਾਂ ਭਾਗਫਲ ਦੀ ਤਰੁੱਟੀ (Error of a product or a quotient)

ਮੰਨ ਲਉ, ਕਿ $Z = AB$ ਅਤੇ A ਅਤੇ B ਦੇ ਮਾਪਿਤ ਮਾਨ $A \pm \Delta A$ ਅਤੇ $B \pm \Delta B$ ਹਨ, ਤਾਂ

$$Z \pm \Delta Z = (A \pm \Delta A)\ (B \pm \Delta B)$$

$$= AB \pm B\,\Delta A \pm A\,\Delta B \pm \Delta A\,\Delta B$$

ਖੱਬੇ ਪਾਸੇ ਨੂੰ Z ਅਤੇ ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਨੂੰ AB ਨਾਲ ਭਾਗ ਕਰਨ ਤੇ $1 \pm (\Delta Z/Z) = 1 \pm (\Delta A/A) \pm (\Delta B/B) \pm (\Delta A/A)(\Delta B/B)$ ਕਿਉਂਕਿ ΔA ਅਤੇ ΔB ਬਹੁਤ ਛੋਟੇ ਹਨ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਗੁਣਨਫਲ ਦੀ ਅਸੀਂ ਉਪੇਖਿਆ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਲਈ ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ

$$\Delta Z/\ Z = (\Delta A/A) + (\Delta B/B)$$

ਤੁਸੀਂ ਇਹ ਸੌਖਿਆਂ ਹੀ ਜਾਂਚ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹੋ ਕਿ ਇਹ ਤੱਥ ਭਾਗਫਲ ਤੇ ਵੀ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਲਈ, ਨਿਯਮ ਇਹ ਹੈ : ਜਦੋਂ ਦੋ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਗੁਣਾ ਜਾਂ ਭਾਗ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਨਤੀਜੇ ਵਿੱਚ ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ, ਉਹਨਾਂ ਗੁਣਕਾਂ ਜਾਂ ਭਾਜਕਾਂ ਵਿੱਚ ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ ਦਾ ਯੋਗ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 2.9*** ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ $R = V/I$, ਜਿੱਥੇ $V = (100 \pm 5)V$ ਅਤੇ $I = (10 \pm 0.2)A$ ਹੈ। R ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤਿਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ ਪਤਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ : V ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤਿਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ 5% ਅਤੇ I ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤਿਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ 2% ਹੈ।

∴ R ਵਿੱਚ ਕੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ = 5% + 2% = 7%. ◀

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 2.10*** $R_1 = 100 \pm 3\ \Omega$ ਅਤੇ $R_2 = 200 \pm 4\ \Omega$ ਦੇ ਦੋ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧਕਾਂ ਨੂੰ (a) ਲੜੀ ਬੱਧ, ਸਮਾਨਾਂਤਰ ਜੋੜਿਆ ਗਿਆ ਹੈ (a) ਲੜੀਬੱਧ ਜੋੜਨ ਤੇ ਅਤੇ (b) ਸਮਾਨਾਂਤਰ ਜੋੜਨ ਤੇ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ ਪਤਾ ਕਰੋ। (a) ਲਈ ਸੰਬੰਧ $R = R_1 + R_2$ ਅਤੇ (b) ਦੇ ਲਈ

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \text{ਅਤੇ} \quad \frac{\Delta R'}{R'^2} = \frac{\Delta R_1}{R_1^2} + \frac{\Delta R_2}{R_2^2}$$

ਹੱਲ : (a) ਲੜੀ ਬੱਧ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਜੋੜਨ ਤੇ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ

$R = R_1 + R_2$ = (100 ± 3) ohm + (200 ± 4) ohm

= 300 ± 7 ohm.

(b) ਸਮਾਨਾਂਤਰ ਜੋੜਨ ਤੇ ਤੁੱਲ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ

$$R' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{200}{3} = 66.7 \text{ ohm}$$

ਤਦ, $\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$\frac{\Delta R'}{R'^2} = \frac{\Delta R_1}{R_1^2} + \frac{\Delta R_2}{R_2^2}$ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$\Delta R' = (R'^2)\frac{\Delta R_1}{R_1^2} + \left((R'^2)\frac{\Delta R_2}{R_2^2}\right)$$

$$= \left(\frac{66.7}{100}\right)^2 3 + \left(\frac{66.7}{200}\right)^2 4$$

$$= 1.8$$

ਇਸ ਲਈ, $R' = 66.7 \pm 1.8$ ohm

(ਇੱਥੇ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ (significant figures) ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ ਮੰਨਦੇ ਹੋਏ R ਦਾ ਮਾਨ 2 ਦੀ ਜਗ੍ਹਾ ਤੇ 1.8 ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਗਟ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ) ◀

(c) ਮਾਪਿਤ ਰਾਸ਼ੀ ਦੀਆਂ ਘਾਤਾਂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿਚ ਤਰੁੱਟੀ (Error in case of a measured quantity raised to a power)

ਮੰਨ ਲਉ, $Z = A^2$,

ਤਦ $\Delta Z/Z = (\Delta A/A) + (\Delta A/A) = 2\ (\Delta A/A)$

ਇਸ ਲਈ A^2 ਵਿੱਚ ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ, A ਵਿੱਚ ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ ਦੀ ਦੋਗੁਣੀ ਹੈ। ਵਿਆਪੀਕਰਨ ਕਰਨ ਤੇ, ਜੇ $Z = A^p B^q/C^r$

ਇਸ ਲਈ,

$$\Delta Z/Z = p\,(\Delta A/A) + q\,(\Delta B/B) + r\,(\Delta C/C).$$

ਇਸ ਲਈ, ਨਿਯਮ ਇਹ ਹੈ : ਕਿਸੇ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਜਿਸ ਤੇ k ਘਾਤ ਚੜਾਈ ਗਈ ਹੈ, ਦੀ ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ ਉਸ ਰਾਸ਼ੀ ਦੀ ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ ਦੀ k ਗੁਣਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 2.11*** ਜੇ $Z = A^4 B^{1/3}/CD^{3/2}$ ਹੋਵੇ ਤਾਂ Z ਦੀ ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ ਪਤਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ : Z ਵਿਚ ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ $\Delta Z/Z = 4(\Delta A/A) + (1/3)(\Delta B/B) + (\Delta C/C) + (3/2)(\Delta D/D)$. ◀

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 2.12*** ਕਿਸੇ ਸਧਾਰਨ ਪੈਂਡੂਲਮ ਦਾ ਡੋਲਨ ਕਾਲ $T = 2\pi\sqrt{L/g}$. ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜੇ L ਦਾ ਮਾਪਿਤ ਮਾਨ 20.0 cm ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ 1 mm ਤੱਕ ਦੀ ਐਕੁਰੇਸੀ ਹੈ ਅਤੇ ਸਮੇਂ ਨੂੰ 1 s ਵਿਭੇਦਨ ਵਾਲੀ ਕਲਾਈ ਘੜੀ ਤੋਂ ਮਾਪ ਕੇ ਇਹ ਦੇਖਿਆ ਗਿਆ ਕਿ ਪੈਂਡੂਲਮ ਦੇ 100 ਡੋਲਨਾਂ ਦਾ ਸਮਾਂ 90 s ਹੈ ਤਾਂ ਇੱਥੇ g ਦੇ ਨਿਰਧਾਰਤ ਮੁੱਲ ਦੀ ਐਕੁਰੇਸੀ ਕੀ ਹੈ?

ਹੱਲ: $g = 4\pi^2 L/T^2$

ਇਥੇ, $T = \frac{t}{n}$ ਅਤੇ $\Delta T = \frac{\Delta t}{n}$, ਇਸ ਲਈ, $\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta t}{t}$. ਇੱਥੇ L ਅਤੇ t ਦੋਵਾਂ ਦੇ ਮਾਪ ਦੀਆਂ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਲੀਸਟ ਕਾਊਂਟ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਹਨ।

ਇਸ ਲਈ $(\Delta g/g) = (\Delta L/L) + 2(\Delta T/T)$

$$= \frac{0.1}{20.0} + 2\left(\frac{1}{90}\right) = 0.027$$

ਇਸਲਈ g ਦੇ ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤਿਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ

$$100\,(\Delta g/g) = 100(\Delta L/L) + 2 \times 100\,(\Delta T/T)$$

$$= 3\%$$ ◀

2.7 ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ (SIGNIFICANT FIGURES)

ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਉੱਪਰ ਵਰਣਨ ਕੀਤਾ ਜਾ ਚੁੱਕਾ ਹੈ, ਹਰ ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਸ਼ਾਮਲ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹੀ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ ਮਾਪ ਦੇ ਨਤੀਜਿਆਂ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪੇਸ਼ ਕੀਤਾ ਜਾਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ਕਿ ਮਾਪ ਦੀ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੋ ਜਾਵੇ। ਆਮ ਕਰਕੇ ਮਾਪ ਦੇ ਨਤੀਜਿਆਂ ਨੂੰ ਇੱਕ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਸਤੁਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿਚ ਉਹ ਸਾਰੇ ਅੰਕ ਸ਼ਾਮਲ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਜੋ ਵਿਸ਼ਵਾਸਯੋਗ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਅਤੇ ਉਹ ਪਹਿਲਾ ਅੰਕ ਵੀ ਸ਼ਾਮਲ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜੋ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਵਿਸ਼ਵਾਸ਼ਯੋਗ ਅੰਕਾਂ ਅਤੇ ਪਹਿਲੇ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤ ਅੰਕ ਨੂੰ ਸੰਖਿਆ ਦੇ **ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ** ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਅਸੀਂ ਕਹੀਏ ਕਿ ਕਿਸੇ ਸਧਾਰਨ ਪੈਂਡੂਲਮ ਦਾ ਡੋਲਨ ਕਾਲ 1.62 s ਹੈ, ਤਾਂ ਇਸ ਵਿਚ ਅੰਕ 1 ਅਤੇ 6 ਤਾਂ ਵਿਸ਼ਵਾਸਯੋਗ ਅਤੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹਨ, ਜਦੋਂ ਕਿ ਅੰਕ 2 ਅਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੈ; ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਮਾਪਿਤ ਮਾਨ ਵਿੱਚ 3 ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹਨ। ਜੇ ਮਾਪ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਦੀ ਲੰਬਾਈ 287.5 cm ਵਿਅਕਤ ਕੀਤੀ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਇਸ ਵਿੱਚ ਚਾਰ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹਨ, ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ 2,8,7 ਤਾਂ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹਨ ਪਰ ਅੰਕ 5 ਅਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਰਾਸ਼ੀ ਦੇ ਮਾਪ ਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਿੱਚ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੋਂ ਵੱਧ ਅੰਕ ਲਿਖਣਾ ਬੇਲੋੜਾ ਅਤੇ ਭਰਮ ਪੈਦਾ ਕਰੇਗਾ, ਕਿਉਂਕਿ ਇਹ ਮਾਪ ਦੀ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਦੇ ਵਿੱਚ ਗਲਤ ਧਾਰਨ ਦੇਵੇਗਾ।

ਕਿਸੇ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਪਤਾ ਕਰਨ ਦੇ ਨਿਯਮ ਨਿਮਨਲਿਖਤ ਉਦਾਹਰਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਸਮਝਾਏ ਜਾ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਜਿਵੇਂ ਪਹਿਲਾਂ ਵਰਣਨ ਕੀਤਾ ਜਾ ਚੁੱਕਾ ਹੈ ਕਿ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਮਾਪ ਦੀ ਪ੍ਰੀਸ਼ੀਜ਼ਨ ਨੂੰ ਦੱਸਦੇ ਹਨ ਜੋ ਮਾਪ ਯੰਤਰ ਦੇ ਲੀਸਟ ਕਾਊਂਟ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ। **ਕਿਸੇ ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੀ ਚੋਣ ਨਾਲ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ।** ਇਹ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਟਿੱਪਣੀ ਨਿਮਨਲਿਖਤ ਵਿੱਚੋਂ ਵਧੇਰੇ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਨੂੰ ਸਪਸ਼ਟ ਕਰ ਦਿੰਦੀ ਹੈ :

(1) ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ, ਲੰਬਾਈ 2.308 cm ਵਿੱਚ ਚਾਰ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹਨ। ਪਰ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਮਾਤਰਕਾਂ ਵਿੱਚ ਇਸ ਲੰਬਾਈ ਨੂੰ ਅਸੀਂ 0.02308 m ਜਾਂ 23.08 mm ਜਾਂ 23080 μm ਵੀ

ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਹਨਾਂ ਸਾਰੀਆਂ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਵਿੱਚ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਉਹੀ ਭਾਵ ਚਾਰ (ਅੰਕ 2, 3, 0, 8) ਹੈ। ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕਰਨ ਵਿਚ, ਦਸ਼ਮਲਵ ਕਿੱਥੇ ਲੱਗਾ ਹੈ ਇਸਦਾ ਕੋਈ ਮਹੱਤਵ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਉਪਰੋਕਤ ਉਦਾਹਰਨ ਤੋਂ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਨਿਯਮ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ —

- **ਸਾਰੇ ਹਿੰਦਸੇ (ਅੰਕ) ਜੋ ਜ਼ੀਰੋ ਨਹੀਂ ਹਨ ਸਾਰਥਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।**
- **ਜੇ ਕਿਸੇ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ ਦਸ਼ਮਲਵ ਬਿੰਦੂ ਹੈ, ਤਾਂ ਉਸਦੀ ਸਥਿਤੀ ਦਾ ਧਿਆਨ ਰੱਖੇ ਬਿਨਾਂ, ਕੋਈ ਦੋ ਅੰਕ ਜੋ ਜ਼ੀਰੋ ਨਹੀਂ ਹਨ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰਲੇ ਸਾਰੇ ਜ਼ੀਰੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।**
- **ਜੇ ਕੋਈ ਸੰਖਿਆ 1 ਤੋਂ ਛੋਟੀ ਹੈ ਤੇ ਉਹ ਵਾਲੇ ਜ਼ੀਰੋ ਜਿਹੜੇ ਦਸ਼ਮਲਵ ਬਿੰਦੂ ਦੇ ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਹਨ ਪਰ ਪਹਿਲਾ ਅਜਿਹਾ ਅੰਕ ਜੋ ਜ਼ੀਰੋ ਨਹੀਂ ਹੈ ਦੇ ਖੱਬੇ ਪਾਸੇ ਵੱਲ ਹਨ, ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ।** (0.00 2308, ਵਿੱਚ ਅੰਡਰਲਾਈਨ ਕੀਤੇ ਜ਼ੀਰੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਨਹੀਂ ਹਨ)।
- **ਅਜਿਹੀ ਸੰਖਿਆ ਜਿਸ ਵਿਚ ਦਸ਼ਮਲਵ ਨਹੀਂ ਹੈ ਦੇ ਆਖਰੀ ਜਾਂ ਪਿਛੇ ਲੱਗੇ (Terminal or Trailing) ਜ਼ੀਰੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ।**

  (ਇਸਲਈ 123 m = 12300 cm = 123000 mm ਵਿੱਚ ਤਿੰਨ ਹੀ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹਨ, ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ ਪਿਛਲੱਗੇ ਜ਼ੀਰੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਨਹੀਂ ਹਨ)। ਬਲਕਿ, ਤੁਸੀਂ ਅਗਲੇ ਪ੍ਰੇਖਣ ਤੇ ਵੀ ਧਿਆਨ ਦੇ ਸਕਦੇ ਹੋ।
- **ਇੱਕ ਅਜਿਹੀ ਸੰਖਿਆ, ਜਿਸ ਵਿਚ ਦਸ਼ਮਲਵ ਬਿੰਦੂ ਹੋਵੇ, ਦੇ ਪਿਛੇ ਲੱਗੇ (Terminal or Trailing) ਜ਼ੀਰੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।**

  (ਸੰਖਿਆ 3.500 ਜਾਂ 0.06900 ਵਿੱਚ 4 ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹਨ।)

(2) ਪਿਛੇ ਲੱਗੇ (Terminal or Trailing) ਜ਼ੀਰੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹਨ ਜਾਂ ਨਹੀਂ ਇਸ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਭਰਮ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਮੰਨ ਲਉ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਦੀ ਲੰਬਾਈ 4.700 m ਲਿਖੀ ਗਈ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰੇਖਣ ਤੋਂ ਇਹ ਸਾਫ਼ ਹੈ ਕਿ ਇੱਥੇ ਜ਼ੀਰੋ ਦਾ ਉਦੇਸ਼ ਮਾਪ ਦੇ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਨੂੰ ਦੱਸਦਾ ਹੈ ਇਸ ਲਈ ਇੱਥੇ ਸਾਰੇ ਜ਼ੀਰੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹਨ। (ਜੇ ਇਹ ਸਾਰਥਕ ਨਾ ਹੁੰਦੇ ਤਾਂ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਸਾਫ਼ ਤੌਰ 'ਤੇ ਲਿਖਣ ਦੀ ਲੋੜ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ। ਸਿੱਧੇ-ਸਿੱਧੇ ਅਸੀਂ ਆਪਣੇ ਮਾਪ ਨੂੰ 4.7 m ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਸੀ।) ਹੁਣ ਮੰਨ ਲਉ ਅਸੀਂ ਆਪਣਾ ਮਾਤਰਕ ਬਦਲ ਲੈਂਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ

4.700 m = 470.0 cm = 0.004700 km = 4700 mm

ਕਿਉਂਕਿ, ਅੰਤਿਮ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ ਦੋ ਜ਼ੀਰੋ, ਬਿਨਾਂ ਦਸ਼ਮਲਵ ਵਾਲੀ ਸੰਖਿਆਂ ਤੋਂ ਪਿਛੇ ਲੱਗੇ (Terminal or Trailing) ਜ਼ੀਰੋ ਹਨ, ਇਸ ਲਈ ਪ੍ਰੇਖਣ (1) ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਅਸੀਂ ਇਸ ਗਲਤ ਨਤੀਜੇ ਤੇ ਪੁੱਜ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਇਸ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ 2 ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹਨ ਜਦੋਂ ਕਿ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਇਸ ਵਿੱਚ ਚਾਰ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹਨ, ਸਿਰਫ਼ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਬਦਲਾਅ ਕਾਰਨ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ ਫ਼ਰਕ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ।

(3) **ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੇ ਨਿਰਧਾਰਨ ਵਿੱਚ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਅਸਪੱਸ਼ਟਤਾ ਨੂੰ ਦੂਰ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਸਭ ਤੋਂ ਵਧੀਆ ਉਪਾਅ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਹਰ ਮਾਪ ਨੂੰ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਸੰਕੇਤ (10 ਦੀ ਘਾਤ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ) ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਸਤੁਤ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇ।** ਇਸ ਸੰਕੇਤ ਲਿਪੀ ਵਿਚ ਹਰ ਸੰਖਿਆ ਨੂੰ $a \times 10^b$ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਲਿਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਜਿੱਥੇ a, 1 ਤੋਂ 10 ਦੇ ਵਿਚਲੀ ਕੋਈ ਸੰਖਿਆ ਹੈ ਅਤੇ b, 10 ਦੀ ਕੋਈ ਧਨਾਤਮਕ ਜਾਂ ਰਿਣਾਤਮਕ ਘਾਤ ਹੈ। ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਨੇੜਲਾ ਅਨੁਮਾਨ ਲਗਾਉਣ ਲਈ ਅਸੀਂ ਇਸਦਾ ਪੂਰਨਅੰਕਨ (round off) ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ, ਭਾਵ a ਨੂੰ 1 ($a \le 5$) ਅਤੇ 10 (ਜੇ $5 < a \le 10$) ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਤਦ, ਇਸ ਸੰਖਿਆ ਨੂੰ ਸਿਰਫ਼ 10^b ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਜਿਸ ਵਿੱਚ10 ਦੀ ਘਾਤ b ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਦੀ **ਮਿਕਦਾਰ (ਜਾਂ ਮਾਤਰਾ) ਦਾ ਆਰਡਰ (ਜਾਂ ਕੋਟੀ) (order of magnitude)** ਕਹਾਉਂਦੀ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਸਿਰਫ਼ ਇੱਕ ਅੰਦਾਜ਼ੇ ਦੀ ਲੋੜ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਇਹ ਕਹਿਣ ਨਾਲ ਕੰਮ ਚੱਲ ਜਾਵੇਗਾ ਕਿ ਰਾਸ਼ੀ 10^b ਦੇ ਆਰਡਰ (order) ਦੀ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਧਰਤੀ ਦਾ ਵਿਆਸ (1.28×10^7 m), 10^7m ਦੇ ਆਰਡਰ ਦਾ ਹੈ। ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਵਿਆਸ (1.061×10^{-10} m), 10^{-10} m ਦੇ ਆਰਡਰ ਦਾ ਹੈ। ਇਸਦੀ ਮਿਕਦਾਰ ਦਾ ਆਰਡਰ −10 ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਧਰਤੀ ਦਾ ਵਿਆਸ, ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਵਿਆਸ ਤੋਂ 17 ਮਿਕਦਾਰ ਆਰਡਰ ਵੱਡਾ ਹੈ।

ਇਸ ਲਈ ਇੱਕ ਅੰਕ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਦਸ਼ਮਲਵ ਲਗਾਉਣ ਦੀ ਪਰੰਪਰਾ ਹੈ। ਇਸ ਨਾਲ ਉੱਪਰ ਪ੍ਰੇਖਣ (a) ਵਿੱਚ ਵਰਣਿਤ ਭਰਮ ਭੁਲੇਖਾ ਖ਼ਤਮ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ —

$$4.700 \text{ m} = 4.700 \times 10^2 \text{ cm}$$
$$= 4.700 \times 10^3 \text{ mm}$$
$$= 4.700 \times 10^{-3} \text{ km}$$

ਇੱਥੇ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਪਤਾ ਕਰਨ ਵਿੱਚ 10 ਦੀ ਘਾਤ ਅਸੰਗਤ ਹੈ। ਪਰ, ਵਿਗਿਆਨਕ ਲਿਪੀ ਵਿੱਚ ਆਧਾਰ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਸਾਰੇ ਜ਼ੀਰੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਕੇਸ ਵਿੱਚ ਸਾਰੀਆਂ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਵਿੱਚ 4 ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹਨ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਲਿਪੀ ਵਿੱਚ ਅਧਾਰ ਸੰਖਿਆ a ਦੇ ਪਿਛਲੱਗੇ ਜ਼ੀਰੋ ਦੇ ਬਾਰੇ ਕੋਈ ਭਰਮ ਭੁਲੇਖਾ ਨਹੀਂ ਰਹਿ ਜਾਂਦਾ। ਇਹ ਹਮੇਸ਼ਾ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

(4) ਕਿਸੇ ਵੀ ਮਾਪ ਨੂੰ ਪ੍ਰਗਟਾਉਣ ਲਈ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਲਿਪੀ (scientific notation) ਇੱਕ ਆਦਰਸ਼ ਵਿਧੀ ਹੈ। ਪਰ ਜੇ ਇਸ ਵਿਧੀ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਨਾ ਕੀਤੀ ਜਾਵੇ, ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਦਿੱਤੀ ਉਦਾਹਰਨ ਵਿੱਚ ਦੱਸੇ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਪਾਲਣਾ ਕਰਦੇ ਹਾਂ—

- **ਇੱਕ ਤੋਂ ਵੱਡੀ, ਬਿਨਾਂ ਦਸ਼ਮਲਵ ਵਾਲੀ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਲਈ, ਪਿਛਲੱਗੀ ਜ਼ੀਰੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਨਹੀਂ ਹਨ।**
- **ਦਸ਼ਮਲਵ ਵਾਲੀ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਲਈ ਪਿਛਲੱਗੀ ਜ਼ੀਰੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹੈ।**

(5) 1 ਤੋਂ ਛੋਟੀ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ, ਪਰੰਪਰਾ ਅਨੁਸਾਰ, ਦਸ਼ਮਲਵ ਦੇ ਖੱਬੇ ਪਾਸੇ ਲਿਖੀ ਜ਼ੀਰੋ (ਜਿਵੇਂ 0.1250) ਕਦੇ ਵੀ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਬਲਕਿ, ਕਿਸੇ ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਅਜਿਹੀ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਅੰਤ ਵਿਚ ਆਉਣ ਵਾਲੇ ਜ਼ੀਰੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

(6) ਮਲਟੀਪਲਾਈਂਗ ਜਾਂ ਡਿਵਾਈਡਿੰਗ ਫੈਕਟਰ ਜਿਹੜੇ ਨਾ ਤਾਂ ਪੂਰਨ ਅੰਕ ਸੰਖਿਆ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਨਾ ਹੀ ਕਿਸੇ ਮਾਪਿਤ ਮਾਨ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹਨ, ਯਥਾਰਥ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਵਿਚ ਅਨੰਤ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ $r = \frac{d}{2}$ ਜਾਂ $s = 2\pi r$ ਵਿੱਚ ਗੁਣਾਂਕ 2 ਇੱਕ ਯਥਾਰਥ ਸੰਖਿਆ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ 2.0, 2.00 ਜਾਂ 2.0000, ਜੋ ਵੀ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੋਵੇ ਲਿਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ $T = \frac{t}{n}$, ਵਿੱਚ n ਇੱਕ ਪੂਰਨ ਅੰਕ ਹੈ।

2.7.1 ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਅੰਕਗਣਿਤਕ ਕਿਰਿਆਵਾਂ ਦੇ ਨਿਯਮ (Rules for Arithmetic Operations with Significant Figures)

ਕਿਸੇ ਗਣਨਾ ਦਾ ਨਤੀਜਾ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਬਿਲਕੁਲ ਨੇੜੇ ਤੱਕ ਮਾਪੇ ਗਏ ਮਾਨ ਸ਼ਾਮਲ ਹਨ (ਭਾਵ ਉਹ ਮੁੱਲ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਸੀਮਤ ਹੈ) ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਸਮੇਂ, ਮੂਲ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਮਾਪੇ ਗਏ ਮੁੱਲਾਂ ਦੀ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਵੀ ਪ੍ਰਤਿਬਿੰਬਤ ਹੋਣੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਨਤੀਜਾ ਉਹਨਾਂ ਮਾਪਿਤ ਮੁੱਲਾਂ ਤੋਂ ਵਧੇਰੇ ਯਥਾਰਥਕ ਨਹੀਂ ਹੋ ਸਕਦਾ ਜਿਹਨਾਂ ਤੇ ਇਹ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ, ਕਿਸੇ ਵੀ ਨਤੀਜੇ ਵਿੱਚ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ, ਉਹਨਾਂ ਮੂਲ ਅੰਕੜਿਆਂ ਤੋਂ ਵੱਧ ਨਹੀਂ ਹੋ ਸਕਦੀ ਜਿਹਨਾਂ ਤੋਂ ਇਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਜੇ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦਾ ਮਾਪਿਆ ਗਿਆ ਪੁੰਜ ਮੰਨ ਲਉ 4.237 g ਹੈ (4 ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ) ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਮਾਪਿਆ ਆਇਤਨ 2.51 cm^3 ਹੈ, ਤਾਂ ਸਿਰਫ਼ ਅੰਕ ਗਣਿਤਕ ਵਿਭਾਜਨ ਦੁਆਰਾ ਇਸਦੀ ਘਣਤਾ ਦਸ਼ਮਲਵ ਦੇ 11 ਸਥਾਨਾਂ ਤੱਕ 1.68804780876 g/cm^3 ਆਉਂਦੀ ਹੈ। ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਘਣਤਾ ਦੇ ਇਸ ਕੈਲਕੁਲੇਟਡ ਮੁੱਲ ਨੂੰ ਇੰਨੀ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਦੇ ਨਾਲ ਲਿਖਣਾ ਹਾਸੋਹੀਣਾ ਤੇ ਬੇਤੁਕਾ ਹੋਵੇਗਾ, ਕਿਉਂਕਿ ਜਿਹੜੇ ਮਾਪਾਂ ਤੇ ਇਹ ਅਧਾਰਿਤ ਹੈ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੈ। ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੇ ਨਾਲ ਅੰਕਗਣਿਤਕ ਕਿਰਿਆਵਾਂ ਦੇ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਨਿਯਮ ਇਹ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ ਕਿ ਕਿਸੇ ਗਣਨਾ ਦਾ ਅੰਤਿਮ ਨਤੀਜਾ ਉੰਨੀ ਹੀ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਦੇ ਨਾਲ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜੋ ਨਿਵੇਸ਼ ਕੀਤੇ ਮਾਪੇ ਗਏ ਮੁੱਲਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਦੇ ਸੰਗਤ ਹੋਵੇ —

(1) **ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਨੂੰ ਗੁਣਾ ਜਾਂ ਭਾਗ ਕਰਨ ਨਾਲ ਪ੍ਰਾਪਤ ਨਤੀਜਿਆਂ ਵਿਚ ਸਿਰਫ਼ ਉੰਨੇ ਹੀ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਰਹਿਣ ਦੇਣੇ ਚਾਹੀਦੇ ਹਨ ਜਿੰਨੇ ਕਿ ਸਭ ਤੋਂ ਘੱਟ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਵਾਲੀ ਮੂਲ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ ਹਨ।**

ਇਸ ਲਈ ਉਪਰੋਕਤ ਉਦਾਹਰਨ ਵਿੱਚ ਘਣਤਾ ਨੂੰ ਤਿੰਨ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਹੀ ਲਿਖਿਆ ਜਾਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ

$$\text{ਘਣਤਾ (Density)} = \frac{4.237\text{g}}{2.51\text{ cm}^3} = 1.69\text{ g cm}^{-3}$$

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਜੇ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ 3.00×10^8 m s^{-1} (ਤਿੰਨ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ) ਅਤੇ ਇੱਕ ਸਾਲ (1y=365.25 d) ਵਿੱਚ 3.1557×10^7 s (ਪੰਜ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ) ਹੋਣ, ਤਾਂ ਇੱਕ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਵਰ੍ਹੇ ਵਿੱਚ 9.47×10^{15} m (ਤਿੰਨ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ) ਹੋਣਗੇ।

(2) **ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਦੇ ਜੋੜ ਅਤੇ ਘਟਾਉ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਅੰਤਿਮ ਨਤੀਜੇ ਵਿੱਚ ਦਸ਼ਮਲਵ ਦੇ ਬਾਅਦ ਉੰਨੇ ਹੀ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਰਹਿਣ ਦੇਣੇ ਚਾਹੀਦੇ ਹਨ ਜਿੰਨੇ ਕਿ ਜੋੜ ਜਾ ਘਟਾਉ ਕੀਤੀ ਜਾਣ ਵਾਲੀ ਕਿਸੇ ਰਾਸ਼ੀ ਵਿੱਚ ਦਸ਼ਮਲਵ ਦੇ ਬਾਅਦ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਹਨ।**

ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਸੰਖਿਆਵਾਂ 436.32 g, 227.2 g ਅਤੇ 0.301 g ਦਾ ਜੋੜ 663.821 g ਹੈ। ਦਿੱਤੀਆਂ ਗਈਆਂ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਵਿੱਚ ਸਭ ਤੋਂ ਘੱਟ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ (227.2 g) ਮਾਪ ਦਸ਼ਮਲਵ ਦੇ ਇੱਕ ਸਥਾਨ ਤੱਕ ਹੀ ਯਥਾਰਥ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ, ਅੰਤਿਮ ਨਤੀਜੇ ਨੂੰ 663.8 g ਤੱਕ ਪੂਰਨ ਅੰਕਿਤ ਕਰ ਦੇਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਲੰਬਾਈਆਂ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ ਨੂੰ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅਨੁਸਾਰ ਵਿਅਕਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ,

$$0.307\text{ m} - 0.304\text{ m} = 0.003\text{ m} = 3 \times 10^{-3}\text{ m.}$$

ਧਿਆਨ ਦਿਉ, ਸਾਨੂੰ ਨਿਯਮ (1) ਜੋ ਗੁਣਾ ਅਤੇ ਭਾਗ ਦੇ ਲਈ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਉਸ ਨੂੰ **ਜੋੜ** ਦੇ ਉਦਾਹਰਨ ਵਿੱਚ ਵਰਤ ਕੇ ਨਤੀਜਾ 664 g ਨਹੀਂ ਲਿਖਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਅਤੇ ਘਟਾਉ ਦੇ ਉਦਾਹਰਨ ਵਿੱਚ 3.00×10^{-3} m ਨਹੀਂ ਲਿਖਣਾ ਚਾਹੀਦਾ। ਇਹ ਮਾਪ ਦੀ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਨੂੰ ਠੀਕ ਢੰਗ ਨਾਲ ਵਿਅਕਤ ਨਹੀਂ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਜੋੜ ਅਤੇ ਘਟਾਉ ਦੇ ਲਈ ਇਹ ਨਿਯਮ ਦਸ਼ਮਲਵ ਸਥਾਨਾਂ ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਹੈ।

2.7.2 ਅਨਿਸ਼ਚਿਤ ਅੰਕਾਂ ਨੂੰ ਪੂਰਨ ਅੰਕ ਬਣਾਉਣਾ (Rounding off the Uncertain Digits)

ਨੇੜਲੇ ਅੰਦਾਜ਼ੇ ਵਾਲੀਆਂ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਨੂੰ ਲੈ ਕੇ ਕੀਤੀਆਂ ਗਈਆਂ ਗਣਨਾਵਾਂ ਦੇ ਨਤੀਜਿਆਂ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਤੋਂ ਵੱਧ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤ ਅੰਕ ਹੋਣ ਤੇ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਪੂਰਨ ਅੰਕ ਵਿੱਚ ਬਦਲਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਵਧੇਰੇ ਕੇਸਾਂ ਵਿੱਚ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਨੂੰ ਸਹੀ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਪੂਰਨ ਅੰਕਾਂ ਵਿੱਚ ਬਦਲਣ ਦੇ ਨਿਯਮ ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੀ ਹਨ। ਸੰਖਿਆ 2.74<u>6</u> ਨੂੰ ਤਿੰਨ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਪੂਰਨ ਅੰਕ ਬਣਾਉਣ ਤੇ 2.75 ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਦੋਂ ਕਿ 2.743 ਦਾ ਪੂਰਨ ਅੰਕ 2.74 ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਪਰੰਪਰਾ ਅਨੁਸਾਰ ਨਿਯਮ ਇਹ ਹੈ ਕਿ **ਜਿਹੜੇ ਗੈਰ-ਜ਼ਰੂਰੀ ਅੰਕ (ਉਪਰਲੀ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ ਅੰਡਰਲਾਈਨ ਕੀਤਾ ਅੰਕ) 5 ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੋਣ ਤਾਂ ਪੂਰਵਵਰਤੀ ਅੰਕ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਦਾ ਵਾਧਾ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਜੇ ਇਹ ਗੈਰ-ਜ਼ਰੂਰੀ ਅੰਕ 5 ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਪੂਰਵਵਰਤੀ ਅੰਕ ਨੂੰ ਬਦਲਿਆ ਨਹੀਂ ਜਾਂਦਾ।** ਪਰ ਜੇ ਸੰਖਿਆ 2.74<u>5</u> ਹੈ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਗੈਰ-ਜ਼ਰੂਰੀ ਅੰਕ 5 ਹੈ, ਤਾਂ ਕੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ? ਇੱਥੇ ਪਰੰਪਰਾ ਇਹ ਹੈ ਕਿ **ਜੇ ਪੂਰਵਵਰਤੀ ਅੰਕ ਜਿਸਤ (even) ਹੈ ਤਾਂ ਗੈਰ-ਜ਼ਰੂਰੀ ਅੰਕ ਨੂੰ ਛੱਡ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਜੇ ਇਹ ਟਾਂਕ (odd) ਹੈ, ਤਾਂ ਪੂਰਵਵਰਤੀ ਅੰਕ ਵਿੱਚ 1 ਦਾ ਵਾਧਾ ਕਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ** ਤਾਂ ਸੰਖਿਆ 2.74<u>5</u>, ਤਿੰਨ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਪੂਰਨ ਅੰਕ ਬਣਾਉਣ ਤੇ 2.74 ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਪੂਰਵਵਰਤੀ ਅੰਕ ਜਿਸਤ (even) ਹੈ।

ਕਿਸੇ ਵੀ ਉਲਝਣ ਵਾਲੇ ਜਾਂ ਬਹੁਤੇ ਪਦਾਂ ਵਾਲੀ ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਗਣਨਾ ਵਿੱਚ, ਵਿਚਕਾਰਲੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੋਂ ਇੱਕ ਅੰਕ ਵਧੇਰੇ ਰਹਿਣ ਦੇਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਗਣਨਾ ਦੇ ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਉਚਿਤ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਪੂਰਨ ਅੰਕ ਵਿੱਚ ਬਦਲ ਦੇਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਇੱਕ ਸੰਖਿਆ ਜਿਸ ਦੇ ਕਈ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦਾ ਪਤਾ ਹੈ, ਜਿਵੇਂ ਖਲਾਅ (vaccum) ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਵੇਗ ਜਿਸ ਦੇ ਲਈ, ਆਮ ਕਰਕੇ 2.99792458×10^8 m/s ਨੂੰ ਨੇੜਲੇ ਮੁੱਲ 3×10^8 m/s ਵਿੱਚ ਪੂਰਨ ਅੰਕ ਬਣਾ ਕੇ ਗਣਨਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਵਰਤਿਆਂ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਧਿਆਨ ਰੱਖੋ ਕਿ ਸੂਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਵਰਤੀਆਂ ਜਾਣ ਵਾਲੀਆਂ ਯਥਾਰਥ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਜਿਵੇਂ $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, ਵਿੱਚ 2 π, ਵਿੱਚ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ (ਅਨੰਤ) ਹੈ। π = 3.1415926.... ਦਾ ਮੁੱਲ ਵੱਧ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਪਤਾ ਹੈ ਪਰੰਤੂ ਆਮ ਮਾਪ ਵਾਲੀਆਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ π ਦਾ ਮੁੱਲ 3.142 ਜਾਂ 3.14 ਲੈਣਾ ਵੀ ਤਰਕ ਸੰਗਤ ਹੈ।

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 2.13*** ਕਿਸੇ ਘਣ ਦੀ ਹਰ ਭੁਜਾ ਦਾ ਮਾਪ 7.203 m ਹੈ। ਸਹੀ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਘਣ ਦਾ ਕੁੱਲ ਸਤ੍ਹਾਵੀ ਖੇਤਰਫਲ ਅਤੇ ਆਇਤਨ ਪਤਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ : ਮਾਪੀ ਗਈ ਲੰਬਾਈ ਵਿੱਚ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ 4 ਹੈ। ਇਸ ਲਈ, ਗਣਨਾ ਕੀਤੇ ਖੇਤਰਫਲ ਅਤੇ ਆਇਤਨ ਦੇ ਮੁੱਲਾਂ ਨੂੰ ਵੀ 4 ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਪੂਰਨ ਅੰਕਾਂ ਵਿੱਚ ਬਦਲਿਆ ਜਾਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

ਘਣ ਦਾ ਸਤ੍ਹਾਵੀ ਖੇਤਰਫਲ $= 6(7.203)^3 \text{ m}^2$
$= 311.299254 \text{ m}^2$
$= 311.3 \text{ m}^2$

ਘਣ ਦਾ ਆਇਤਨ $= (7.203)^3 \text{ m}^3$
$= 373.714754 \text{ m}^3$
$= 373.7 \text{ m}^3$ ◀

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 2.14*** ਕਿਸੇ ਪਦਾਰਥ ਦੇ 5.74 g ਦਾ ਆਇਤਨ 1.2 cm^3 ਹੈ। ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਨੂੰ ਧਿਆਨ ਵਿੱਚ ਰੱਖਦੇ ਹੋਏ ਇਸਦੀ ਘਣਤਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

ਹੱਲ : ਪੁੰਜ ਵਿੱਚ 3 ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹਨ, ਜਦੋਂ ਕਿ ਆਇਤਨ ਦੇ ਮਾਪੇ ਮੁੱਲ ਵਿੱਚ ਦੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ ਘਣਤਾ ਨੂੰ ਸਿਰਫ਼ ਦੋ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

ਘਣਤਾ (Density) $= \frac{5.74}{1.2} \text{ g cm}^{-3}$
$= 4.8 \text{ g cm}^{-3}$. ◀

2.7.3 ਅੰਕਗਣਿਤਕ ਗਣਨਾਵਾਂ ਦੇ ਨਤੀਜਿਆਂ ਵਿੱਚ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਨਿਰਧਾਰਤ ਕਰਨ ਦੇ ਨਿਯਮ (Rules for Determining the Uncertainty in the Results of Arithmatic Calculations)

ਅੰਕਗਣਿਤਕ ਕਿਰਿਆਵਾਂ ਵਿੱਚ ਸੰਖਿਆਵਾਂ/ਮਾਪਿਤ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਵਿੱਚ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਜਾਂ ਤਰੁੱਟੀ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕਰਨ ਸੰਬੰਧੀ ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ ਹੇਠ ਲਿਖੀਆਂ ਉਦਾਹਰਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਸਮਝਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

(1) ਜੇ ਕਿਸੇ ਪਤਲੀ, ਆਇਤਾਕਾਰ ਸ਼ੀਟ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਅਤੇ ਚੌੜਾਈ, ਕਿਸੇ ਮੀਟਰ ਪੈਮਾਨੇ ਨਾਲ ਮਾਪ ਲੈਣ ਤੇ ਵਾਰੀ ਸਿਰ 16.2 cm ਅਤੇ 10.1 cm ਹੈ, ਤਾਂ ਇੱਥੇ ਹਰੇਕ ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਤਿੰਨ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹਨ। ਇਸਦਾ ਭਾਵ ਹੈ ਕਿ ਲੰਬਾਈ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ —

$l = 16.2 \pm 0.1$ cm
$= 16.2$ cm ± 0.6 %.

ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਚੌੜਾਈ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਿਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ

$b = 10.1 \pm 0.1$ cm
$= 10.1$ cm ± 1 %

ਤਦ, ਤਰੁੱਟੀ ਜੋੜ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ, ਦੋ (ਜਾਂ ਵੱਧ) ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਮਾਪਾਂ ਦੇ ਗੁਣਨਫਲ ਦੀ ਤਰੁੱਟੀ

$l\,b = 163.62 \text{ cm}^2 \pm 1.6\%$
$= 163.62 \pm 2.6 \text{ cm}^2$

ਇਸ ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਅਸੀਂ ਅੰਤਿਮ ਨਤੀਜੇ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਿਖਾਂਗੇ :

$l\,b = 164 \pm 3 \text{ cm}^2$

ਇੱਥੇ 3 cm^2 ਆਇਤਾਕਾਰ ਸ਼ੀਟ ਦੇ ਖੇਤਰਫਲ ਦੀ ਗਣਨਾ ਵਿੱਚ ਕੀਤੀ ਗਈ ਤਰੁੱਟੀ ਜਾਂ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਹੈ।

(2) ਜੇ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਅੰਕੜਿਆਂ ਦੇ ਸਮੂਹ ਵਿੱਚ n ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦਾ ਜ਼ਿਕਰ ਹੈ, ਤਾਂ ਅੰਕੜਿਆਂ ਦੇ ਸੰਯੋਜਨ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਨਤੀਜੇ ਵੀ n ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਹੀ ਮੰਨਣਯੋਗ ਹੋਣਗੇ।

ਐਪਰ, ਜੇ ਅੰਕੜੇ ਘਟਾਏ ਜਾਂਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਘੱਟ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, 12.9 g – 7.06 g ਦੋਹਾਂ ਵਿੱਚ ਤਿੰਨ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਹਨ, ਪਰ ਇਸਨੂੰ 5.84 g ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਨਹੀਂ ਲਿਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਪਰ ਸਿਰਫ਼ 5.8 g ਲਿਖਿਆ ਜਾਵੇਗਾ, ਕਿਉਂਕਿ ਜੋੜ ਜਾਂ ਘਟਾਉ ਵਿੱਚ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾਵਾਂ ਵੱਖਰੇ ਢੰਗ ਨਾਲ ਸੰਯੋਜਿਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। (ਜੋੜੀਆਂ ਜਾਂ ਘਟਾਈਆਂ ਜਾਣ ਵਾਲੀਆਂ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਵਿੱਚ ਦਸ਼ਮਲਵ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਅੰਕਾਂ ਵਾਲੀਆਂ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਦੇ ਅਧਾਰ 'ਤੇ ਸੰਖਿਆ ਦਾ ਫ਼ੈਸਲਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਨਾ ਕਿ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਵਾਲੀ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਅਧਾਰ 'ਤੇ।

(3) ਕਿਸੇ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਮੁੱਲ ਵਿੱਚ ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ, ਜੋ ਦੱਸੇ ਗਏ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਹੈ, ਨਾ ਸਿਰਫ n ਤੇ, ਬਲਕਿ, ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਸੰਖਿਆ ਤੇ ਵੀ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ, ਪੁੰਜ 1.02 g ਦੇ ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਐਕੁਰੇਸੀ ± 0.01 g ਹੈ, ਜਦੋਂ ਕਿ ਦੂਸਰਾ ਮਾਪ 9.89 g ਵੀ ± 0.01 g ਤੱਕ ਹੀ ਐਕੁਰੇਟ ਹੈ।

1.02 g ਵਿੱਚ ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ

$= (\pm 0.01/1.02) \times 100\ \%$
$= \pm 1\%$

ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ 9.89 g ਵਿੱਚ ਸਾਪੇਖੀ ਤਰੁੱਟੀ

$= (\pm 0.01/9.89) \times 100\ \%$
$= \pm 0.1\ \%$

ਅੰਤ ਵਿੱਚ, ਯਾਦ ਰੱਖੋ ਕਿ **ਬਹੁਤੇ ਪਦਾਂ ਵਾਲੀਆਂ ਗਣਨਾਵਾਂ ਵਿਚਕਾਰ ਨਤੀਜਿਆਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਮਾਪ ਨੂੰ, ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਵਾਲੇ ਮਾਪ ਤੋਂ ਇੱਕ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕ ਵੱਧ ਰਖਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।** ਅੰਕੜਿਆਂ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਇਸ ਨੂੰ ਤਰਕ ਸੰਗਤ ਕਰਨ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਹੀ ਇਹਨਾਂ ਦੀਆਂ ਅੰਕਗਣਿਤਕ ਕਿਰਿਆਵਾਂ ਕਰਨੀਆਂ ਚਾਹੀਦੀਆਂ ਹਨ ਨਹੀਂ ਤਾਂ ਪੂਰਨ ਅੰਕ ਬਣਾਉਣ ਸਮੇਂ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਪੈਦਾ ਹੋ ਜਾਣਗੀਆਂ। ਉਦਾਹਰਨ, 9.58 ਦੇ ਵਿਉਂਤਕ੍ਰਮ (reciprocal) ਦਾ ਤਿੰਨ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਪੂਰਨ ਅੰਕ ਵਿੱਚ ਬਦਲਣ ਤੇ ਮੁੱਲ 0.104 ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਪਰ 0.104 ਦਾ ਵਿਉਂਤਕ੍ਰਮ ਕਰਨ ਤੇ ਤਿੰਨ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਪ੍ਰਾਪਤ ਮੁੱਲ 9.62 ਹੈ। ਪਰ ਜੇ ਅਸੀਂ 1/9.58 = 0.1044 ਲਿਖਿਆ ਹੁੰਦਾ ਤਾਂ ਉਸਦੇ ਵਿਉਂਤਕ੍ਰਮ ਨੂੰ ਤਿੰਨ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਪੂਰਨ ਅੰਕ ਵਿੱਚ ਬਦਲਣ ਤੇ ਸਾਨੂੰ ਮੂਲ ਮੁੱਲ 9.58 ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਵੇਗਾ।

ਉਪਰੋਕਤ ਉਦਾਹਰਨ, ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਬਹੁਤੇ ਪਦਾਂ ਵਾਲੀ ਗਣਨਾ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰਲੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ (ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਵਾਲੇ ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਤੋਂ) ਇੱਕ ਵਧੇਰੇ ਅੰਕ ਰੱਖਣ ਦੀ ਧਾਰਨਾ ਨੂੰ ਨਿਆਸੰਗਤ ਠਹਿਰਾਉਂਦਾ ਹੈ, ਜਿਸ ਨਾਲ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਨੂੰ ਪੂਰਨ ਅੰਕ ਵਿੱਚ ਬਦਲਣ ਦੀ ਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ ਵਾਧੂ ਤਰੁੱਟੀ ਤੋਂ ਬਚਿਆ ਜਾ ਸਕੇ।

2.8 ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ (DIMENSIONS OF PHYSICAL QUANTITIES)

ਕਿਸੇ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਉਸ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਦੁਆਰਾ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਵਿਉਤਪੰਨ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਹੋਣ ਵਾਲੀਆਂ ਸਾਰੀਆਂ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਸੱਤ ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਗਟ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਭੌਤਿਕ ਸੰਸਾਰ ਦੀਆਂ ਸੱਤ ਵਿਮਾਂ ਕਹਿ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਵੱਡੀ ਬਰੈਕਟ ਨਾਲ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਵਿਮ [L], ਬਿਜਲੀ ਧਾਰਾ [A], ਤਾਪਮਾਨ ਦੀ [K], ਜੋਤੀ ਤੀਬਰਤਾ ਦੀ [cd], ਅਤੇ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਮਾਤਰਾ ਦੀ [mol] ਹੈ। **ਕਿਸੇ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਉਹਨਾਂ (ਘਾਤ ਅੰਕਾਂ) ਨੂੰ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ, ਜਿਹੜੀਆਂ ਉਸ ਰਾਸ਼ੀ ਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਨੂੰ ਵਿਅਕਤ ਕਰਨ ਲਈ ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਤੇ ਚੜ੍ਹਾਈਆਂ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ।** ਧਿਆਨ ਦਿਉ ਕਿ ਕਿਸੇ ਰਾਸ਼ੀ ਨੂੰ ਵੱਡੀ ਬਰੈਕਟ [] ਵਿਚ ਬੰਦ ਕਰਨ ਦਾ ਅਰਥ ਹੈ ਕਿ ਅਸੀਂ ਉਸ ਰਾਸ਼ੀ ਦੀ ਵਿਮ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰ ਰਹੇ ਹਾਂ।

ਯੰਤਰਕੀ ਵਿੱਚ, ਸਾਰੀਆਂ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਵਿਮਾਂ [L], [M] ਅਤੇ [T] ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਗਟ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਦੁਆਰਾ ਘੇਰਿਆ ਗਿਆ ਆਇਤਨ ਉਸਦੀ ਲੰਬਾਈ, ਚੌੜਾਈ ਅਤੇ ਉਸ ਦੀ ਉਚਾਈ ਜਾਂ ਤਿੰਨ ਲੰਬਾਈਆਂ ਦੇ ਗੁਣਨਫਲ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਗਟ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਆਇਤਨ ਦਾ ਵਿਮੀ ਸੂਤਰ = [L] [L] [L] = $[L]^3$ = $[L^3]$। ਕਿਉਂਕਿ, ਆਇਤਨ, ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਸਮੇਂ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ, ਇਸਲਈ ਇਹ ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਆਇਤਨ ਵਿੱਚ ਪੁੰਜ ਦੀ ਵਿਮ ਜ਼ੀਰੋ, $[M^{\circ}]$ ਸਮੇਂ ਦੀ ਵਿਮ ਜ਼ੀਰੋ $[T^{\circ}]$ ਅਤੇ ਲੰਬਾਈ ਦੀਆਂ 3 ਵਿਮਾਂ $[L^3]$ ਹਨ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਲ (force) ਨੂੰ ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਪ੍ਰਵੇਗ (acceleration) ਦੇ ਗੁਣਨਫਲ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਗਟ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ,

ਬਲ = ਪੁੰਜ × ਪ੍ਰਵੇਗ

= ਪੁੰਜ × ਲੰਬਾਈ/(ਸਮਾਂ)^2

ਬਲ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ $[M][L]/[T]^2=[MLT^{-2}]$ ਹਨ। ਇਸਲਈ ਬਲ ਵਿੱਚ ਪੁੰਜ ਦੀ 1, ਲੰਬਾਈ ਦੀ 1 ਅਤੇ ਸਮੇਂ ਦੀਆਂ 2 ਵਿਮਾਂ ਹਨ। ਇੱਥੇ ਬਾਕੀ ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਜ਼ੀਰੋ ਹਨ।

ਧਿਆਨ ਦਿਉ, ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਸਤੁਤੀਕਰਨ ਵਿੱਚ ਮਿਕਦਾਰ (Magnitude) ਬਾਰੇ ਵਿਚਾਰ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ। ਇਸ ਵਿੱਚ ਆਈਆਂ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੀ ਕਿਸਮ ਦੇ ਗੁਣ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ, ਵੇਗ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ, ਅੰਤਿਮ ਵੇਗ, ਅਰੰਭਿਕ ਵੇਗ, ਔਸਤ ਵੇਗ ਅਤੇ ਚਾਲ ਇਹ ਸਭ ਇਸ ਸੰਦਰਭ ਵਿੱਚ ਤੁੱਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਹਨ। ਕਿਉਂਕਿ ਇਹ ਸਾਰੀਆਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਲੰਬਾਈ/ਸਮਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ; ਇਹਨਾਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ [L]/[T] ਜਾਂ $[LT^{-1}]$ ਹਨ।

2.9 ਵਿਮੀ ਸੂਤਰ ਅਤੇ ਵਿਮੀ ਸਮੀਕਰਨਾਂ (DIMENSIONAL FORMULAE AND DIMENSIONAL EQUATIONS)

ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੀ ਹੋਈ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਦਾ **ਵਿਮੀ ਸੂਤਰ** ਉਹ ਵਿਅੰਜਨ (expression) ਹੈ ਜੋ ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਵਿੱਚ ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਕਿਸੇ ਦੀਆਂ ਕਿੰਨੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਆਇਤਨ ਦਾ ਵਿਮੀ ਸੂਤਰ $[M^{\circ}L^3T^{\circ}]$ ਅਤੇ ਵੇਗ ਜਾਂ ਚਾਲ ਦਾ $[M^{\circ}LT^{-1}]$ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ $[M^{\circ}LT^{-2}]$ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦਾ ਅਤੇ $[ML^{-3}T^{\circ}]$ ਘਣਤਾ ਦਾ ਵਿਮੀ ਸੂਤਰ ਹੈ।

ਕਿਸੇ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਨੂੰ ਉਸਦੇ ਵਿਮੀ ਸੂਤਰ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਲਿਖਣ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਸਮੀਕਰਨ ਨੂੰ ਉਸ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਦਾ **ਵਿਮੀ ਸਮੀਕਰਨ** (dimensional equation) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ ਵਿਮੀ ਸਮੀਕਰਨ ਉਹ ਸਮੀਕਰਨ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਨੂੰ ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਗਟ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਆਇਤਨ $[V]$, ਚਾਲ $[v]$, ਬਲ $[F]$ ਘਣਤਾ $[\rho]$ ਦੀਆਂ ਵਿਮੀ ਸਮੀਕਰਨਾਂ

ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ :-

$$[V] = [M^0\ L^3\ T^0]$$
$$[v] = [M^0\ L\ T^{-1}]$$
$$[F] = [M\ L\ T^{-2}]$$
$$[\rho] = [M\ L^{-3}\ T^0]$$

ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ ਪ੍ਰਗਟ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਸਮੀਕਰਨ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਵਿਮੀ ਸਮੀਕਰਨ, ਵਿਉਤਪੰਨ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਵੱਖ-ਵੱਖ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਬਹੁਤ ਸਾਰੀਆਂ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਵਿਮੀ ਸੂਤਰ, ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਨੂੰ ਹੋਰ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਸੰਬੰਧਾਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰਗਟ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਤੋਂ ਵਿਉਤਪੰਨ ਅਤੇ ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ, ਤੁਹਾਡੇ ਮਾਰਗਦਰਸ਼ਨ ਅਤੇ ਤਤਕਾਲ ਸੰਦਰਭ ਲਈ ਅੰਤਕਾ-2 ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ।

2.10 ਵਿਮੀ ਵਿਸ਼ੇਲਸ਼ਨ ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ (DIMENSIONAL ANALYSIS AND ITS APPLICATIONS)

ਵਿਮਾਂ ਦੀਆਂ ਸੰਕਲਪਨਾਵਾਂ ਦੀ ਸਵੀਕਾਰਤਾ, ਜੋ ਕਿ ਭੌਤਿਕ ਵਿਵਹਾਰ ਦੇ ਵਰਣਨ ਦਾ ਮਾਰਗਦਰਸ਼ਨ ਕਰਦੀ ਹੈ, ਆਪਣਾ ਇੱਕ ਅਧਾਰੀ ਮਹਤਵ ਰੱਖਦੀ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਇਸਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਸਿਰਫ਼ ਉਹਨਾਂ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਜੋੜਿਆਂ ਜਾਂ ਘਟਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਜਿਹਨਾਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਸਮਾਨ ਹਨ। ਵਿਮੀ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਨ ਦਾ ਸੰਪੂਰਨ ਗਿਆਨ, ਵੱਖ-ਵੱਖ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧਾਂ ਦੇ ਨਿਗਮਨ (deduce) ਵਿੱਚ ਸਹਾਇਤਾ ਕਰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਗਣਿਤਕ ਵਿਅੰਜਕਾਂ ਦੀ ਵਿਉਤਪਤੀ, ਐਕੁਰੇਸੀ ਅਤੇ ਵਿਮੀ ਸੰਗਤਤਾ ਦੀ ਜਾਂਚ ਕਰਨ ਵਿਚ ਸਹਾਇਕ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਦੋ ਜਾਂ ਵੱਧ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੀਆਂ ਮਿਕਦਾਰਾਂ ਨੂੰ ਗੁਣਾ (ਜਾਂ ਭਾਗ) ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਨਾਲ ਉਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਾ ਵਿਵਹਾਰ ਕੀਤਾ ਜਾਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਅਸੀਂ ਆਮ ਬੀਜ ਗਣਿਤਕ ਪ੍ਰਤੀਕਾਂ ਦੇ ਨਾਲ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਅੰਸ਼ ਅਤੇ ਹਰ ਵਿੱਚ ਸਮਾਨ ਮਾਤਰਕਾਂ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਖਤਮ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਹੀ ਗੱਲ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਤੇ ਵੀ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਕਿਸੇ ਗਣਿਤਕ ਸਮੀਕਰਨ ਵਿੱਚ ਦੋਵੇਂ ਪਾਸੇ ਪ੍ਰਤੀਕਾਂ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਈਆਂ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਸਮਾਨ ਹੋਣੀਆਂ ਚਾਹੀਦੀਆਂ ਹਨ।

2.10.1 ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮੀ ਸੰਗਤੀ ਦੀ ਜਾਂਚ (Checking the Dimensional Consistency of Equations)

ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ (magnitudes) ਸਿਰਫ਼ ਉਦੋਂ ਹੀ ਜੋੜੇ ਜਾਂ ਘਟਾਏ ਜਾ ਸਕਦੇ ਹਨ ਜਦੋਂ ਉਹਨਾਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਸਮਾਨ ਹੋਣ। ਦੂਸਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ, ਅਸੀਂ ਸਿਰਫ਼ ਇੱਕ ਹੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਜੋੜ ਜਾਂ ਘਟਾ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਲਈ ਬਲ ਨੂੰ ਵੇਗ ਦੇ ਨਾਲ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂ ਤਾਪਮਾਨ ਵਿੱਚੋਂ ਬਿਜਲੀ ਧਾਰਾ ਨੂੰ ਘਟਾਇਆ ਨਹੀਂ ਜਾ ਸਕਦਾ। ਇਸ ਸਰਲ ਸਿਧਾਂਤ ਨੂੰ **ਵਿਮਾਂ ਦਾ ਹੋਮੋਜੀਨਟੀ (ਇਕਰੇਗੀ) ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ (principle of homogeneity of dimensions)** ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਸਹਾਇਤਾ ਨਾਲ ਕਿਸੇ ਸਮੀਕਰਨ ਦੇ ਠੀਕ ਹੋਣ ਦੀ ਜਾਂਚ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਜੇ ਕਿਸੇ ਸਮੀਕਰਨ ਦੇ ਸਾਰੇ ਪਦਾ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਬਰਾਬਰ ਨਹੀਂ ਹਨ ਤਾਂ ਉਹ ਸਮੀਕਰਨ ਗਲਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਜੇ ਅਸੀਂ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦੀ ਲੰਬਾਈ (ਜਾਂ ਦੂਰੀ) ਦੇ ਲਈ ਵਿਅੰਜਕ ਵਿਉਤਪੰਨ ਕਰੀਏ, ਤਾਂ ਚਾਹੇ ਉਸ ਵਿੱਚ ਸ਼ਾਮਲ ਪ੍ਰਤੀਕ ਕੁਝ ਵੀ ਹੋਣ, ਉਹਨਾਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਨੂੰ ਸਰਲ ਕਰਨ ਤੇ ਅੰਤ ਵਿਚ ਹਰ ਪਦ ਵਿੱਚ ਲੰਬਾਈ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਹੀ ਬਾਕੀ ਬਚਣੀਆਂ ਚਾਹੀਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਜੇ ਅਸੀਂ ਚਾਲ ਦੇ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ ਵਿਉਤਪੰਨ ਕਰੀਏ, ਤਾਂ ਇਸਦੇ ਦੋਵੇਂ ਪਾਸਿਆਂ ਦੇ ਪਦਾਂ ਦੇ ਵਿਮੀ ਸੂਤਰ ਸਰਲੀਕਰਣ ਤੋਂ ਬਾਅਦ $[LT^{-1}]$ ਹੀ ਮਿਲਣਗੇ।

ਜੇ ਕਿਸੇ ਸਮੀਕਰਨ ਦੇ ਸਹੀ ਹੋਣ ਵਿੱਚ ਸ਼ੱਕ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਉਸ ਸਮੀਕਰਨ ਦੇ ਠੀਕ ਹੋਣ ਦੀ ਪ੍ਰਾਥਮਿਕ ਜਾਂਚ ਦੇ ਲਈ ਵਿਮਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਦੀ ਆਮ ਪਰੰਪਰਾ ਹੈ। ਪਰ, ਵਿਮੀ ਸੰਗਤੀ ਕਿਸੇ ਸਮੀਕਰਨ ਦੇ ਸਹੀ ਹੋਣ ਦੀ ਗਾਰੰਟੀ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਹ ਅਵਿਮ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਜਾਂ ਫਲਨਾਂ ਦੀ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤਤਾ ਦੀ ਸੀਮਾ ਤੱਕ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਤ੍ਰਿਕੋਣਮਿਤੀ (trigonometric), ਲਘੂਗਣਕੀ (logrithmic), ਚਲ ਘਾਤ ਅੰਕੀ (exponential) ਫਲਨਾਂ (functions) ਵਰਗੇ ਖ਼ਾਸ ਫਲਨਾਂ ਦੇ ਕੋਣ ਅੰਕ (arguments) ਅਵਿਮੀ ਹੋਣੇ ਚਾਹੀਦੇ ਹਨ। ਇੱਕ ਸੰਖਿਆ, ਇੱਕੋ ਜਿਹੀਆਂ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ, ਜਿਵੇਂ ਅਨੁਪਾਤ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕੋਣ (ਲੰਬਾਈ/ਲੰਬਾਈ), ਅਨੁਪਾਤ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਅਪਵਰਤਨ ਅੰਕ (refractive index) (ਨਿਰਵਾਯੂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਵੇਗ/ਮਾਧਿਅਮ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਵੇਗ) ਆਦਿ ਦੀ ਕੋਈ ਵਿਮ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ।

ਹੁਣ, ਅਸੀਂ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਦੀ ਵਿਮੀ ਸੰਗਤੀ ਜਾਂ ਸਮਅੰਗਤਾ (homogeneity) ਦੀ ਜਾਂਚ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

$$x = x_0 + v_0\, t + (1/2)\, a\, t^2$$

ਜਿੱਥੇ x ਕਿਸੇ ਕਣ ਜਾਂ ਪਿੰਡ ਦੁਆਰਾ t ਸੈਕੰਡ ਵਿੱਚ ਤੈਅ ਕੀਤੀ ਗਈ ਉਹ ਦੂਰੀ ਹੈ, ਜੋ ਕਣ ਜਾਂ ਪਿੰਡ ਸਮੇਂ $t = 0$ ਤੇ ਸਥਿਤੀ x_0 ਤੋਂ ਅਰੰਭਿਕ ਵੇਗ v_0 ਨਾਲ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਗਤੀ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿਚ ਇਕ-ਸਮਾਨ ਪ੍ਰਵੇਗ a ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ।

ਹਰੇਕ ਪਦ ਲਈ ਵਿਮੀ ਸਮੀਕਰਨ ਲਿਖਣ ਤੇ

$$[x] = [L]$$
$$[x_0] = [L]$$
$$[v_0\, t] = [L\ T^{-1}]\ [T] = [L]$$
$$[(1/2)\, a\, t^2] = [L\ T^{-2}]\ [T^2] = [L]$$

ਕਿਉਂਕਿ ਇਸ ਸਮੀਕਰਨ ਦੇ ਸੱਜੇ ਹੱਥ ਵਾਲੇ ਸਾਰੇ ਪਦਾਂ ਦੀਆਂ ਅਤੇ ਖੱਬੇ ਹੱਥ ਵਾਲੇ ਸਾਰੇ ਪਦਾਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਬਰਾਬਰ (ਲੰਬਾਈ ਵਾਲੀਆਂ) ਹਨ, ਇਸ ਲਈ ਇਹ ਸਮੀਕਰਨ ਵਿਮੀ ਪੱਖ ਤੋਂ ਠੀਕ ਹੈ।

ਇਥੇ ਧਿਆਨ ਦੇਣ ਯੋਗ ਗੱਲ ਇਹ ਹੈ, ਕਿ ਵਿਮੀ ਸੰਗਤੀ ਪਰੀਖਣ, ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਗਤੀ ਤੋਂ ਘੱਟ ਜਾਂ ਵੱਧ ਕੁਝ ਨਹੀਂ ਦੱਸਦਾ। ਪਰ, ਇਸ ਦਾ ਲਾਭ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਅਸੀਂ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਕਿਸੇ ਖ਼ਾਸ ਚੋਣ ਲਈ ਪਾਬੰਦ ਨਹੀਂ ਹਾਂ ਅਤੇ ਨਾ ਹੀ ਸਾਨੂੰ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਆਪਸੀ ਗੁਣਜਾਂ (multiples) ਜਾਂ ਅਪਵਰਤਕਾਂ

(sub-multiples) ਵਿੱਚ ਰੂਪਾਂਤਰਨ ਦੀ ਚਿੰਤਾ ਕਰਨ ਦੀ ਲੋੜ ਹੈ। ਇਸ ਗੱਲ ਨੂੰ ਧਿਆਨ ਵਿੱਚ ਰੱਖਣ ਦੀ ਲੋੜ ਹੈ ਕਿ **ਜੇ ਕੋਈ ਸਮੀਕਰਨ ਸੰਗਤੀ ਪਰੀਖਣ ਵਿਚ ਅਸਫ਼ਲ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਉਹ ਗਲਤ ਸਿੱਧ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ, ਪਰ ਜੇ ਇਹ ਪਰੀਖਣ ਵਿੱਚ ਸਫ਼ਲ ਹੋ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਇਹ ਸਿੱਧ ਨਹੀਂ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਕਿ ਉਹ ਸਹੀ ਹੈ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕੋਈ ਸਮੀਕਰਨ ਜੋ ਵਿਮੀ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਹੀ ਹੈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਹੀਂ ਕਿ ਬਿਲਕੁਲ ਠੀਕ ਸਮੀਕਰਨ ਹੋਵੇ, ਜਦੋਂ ਕਿ ਵਿਮੀ ਪੱਖ ਤੋਂ ਗਲਤ ਜਾਂ ਅਸੰਗਤ ਸਮੀਕਰਨ ਗਲਤ ਹੀ ਹੋਵੇਗਾ।**

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 2.15*** ਆਉ, ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸਮੀਕਰਨ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ

$$\frac{1}{2} m v^2 = m g h$$

ਇੱਥੇ m ਵਸਤੂ ਦਾ ਪੁੰਜ, v ਇਸਦਾ ਵੇਗ ਹੈ, g ਗੁਰੁਤਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਅਤੇ h ਉਚਾਈ ਹੈ। ਜਾਂਚ ਕਰੋ ਕਿ ਇਹ ਸਮੀਰਕਨ ਵਿਮੀ ਪੱਖ ਤੋਂ ਠੀਕ ਹੈ।

ਹੱਲ : ਇੱਥੇ ਖੱਬੇ ਪਾਸੇ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ

$$[M]\ [L\,T^{-1}]^2 = [M]\,[L^2\,T^{-2}] = [M\,L^2\,T^{-2}]$$

ਅਤੇ ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ

$$[M][L\,T^{-2}]\ [L] = [M][L^2\,T^{-2}] = [M\,L^2\,T^{-2}]$$

ਕਿਉਂਕਿ, ਦੋਵੇਂ ਪਾਸਿਆਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਬਰਾਬਰ ਹਨ, ਇਸ ਲਈ ਇਹ ਸਮੀਕਰਨ ਵਿਮੀ ਪੱਖ ਤੋਂ ਸਹੀ ਹੈ। ◀

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 2.16*** ਉਰਜਾ ਦਾ SI ਮਾਤਰਕ J = kg m^2s^{-2} ਹੈ, ਚਾਲ v ਦਾ ms^{-1} ਅਤੇ ਪ੍ਰਵੇਗ a ਦਾ ms^{-2} ਹੈ। ਗਤਿਜ ਉਰਜਾ (K) ਦੇ ਲਈ ਨਿਮਨਲਿਖਤ ਸੂਤਰਾਂ ਵਿਚ ਤੁਸੀਂ ਕਿਸ-ਕਿਸ ਨੂੰ ਵਿਮੀ ਪੱਖ ਤੋਂ ਗਲਤ ਦੱਸੋਗੇ? (m ਪਿੰਡ ਦਾ ਪੁੰਜ ਹੈ)

(a) $K = m^2 v^3$
(b) $K = (1/2)mv^2$
(c) $K = ma$
(d) $K = (3/16)mv^2$
(e) $K = (1/2)mv^2 + ma$

ਹੱਲ : ਹਰੇਕ ਸਹੀ ਸਮੀਕਰਨ ਵਿੱਚ ਦੋਵੇਂ ਪਾਸਿਆਂ ਦੇ ਵਿਮੀ ਸੂਤਰ ਸਮਾਨ ਹੋਣੇ ਚਾਹੀਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਵੀ ਕਿ ਸਿਰਫ਼ ਬਰਾਬਰ ਵਿਮਾਂ ਵਾਲੀਆਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਜੋੜਿਆ ਜਾਂ ਘਟਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਦੀ ਰਾਸ਼ੀ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ (a) ਦੇ ਲਈ $[M^2L^3T^{-3}]$; (b) ਅਤੇ (d) ਦੇ ਲਈ $[ML^2T^{-2}]$; (c) ਦੇ ਲਈ $[MLT^{-2}]$ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਨ (e) ਦੇ ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਦੀ ਰਾਸ਼ੀ ਦੀ ਕੋਈ ਉਚਿਤ ਵਿਮ ਨਹੀਂ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਇਸ ਵਿੱਚ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਵਿਮਾਂ ਵਾਲੀਆਂ ਦੋ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਜੋੜਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਹੁਣ ਕਿਉਂਕਿ K ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ $[ML^2T^{-2}]$ ਹਨ, ਇਸ ਲਈ ਸੂਤਰ (a), (c) ਅਤੇ (e) ਵਿਮੀ ਪੱਖ ਤੋਂ ਸੰਗਤ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕਿ ਵਿਮੀ ਤਰਕਾਂ ਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਨਹੀਂ ਚਲਦਾ ਕਿ (b) ਜਾਂ (d) ਵਿੱਚ ਕਿਹੜਾ ਸੂਤਰ ਸਹੀ ਹੈ। ਇਸਦੇ ਲਈ ਗਤਿਜ ਉਰਜਾ ਦੀ ਅਸਲ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਨੂੰ ਦੇਖਣਾ ਪਵੇਗਾ। (ਦੇਖੋ ਪਾਠ 6) ਗਤਿਜ ਉਰਜਾ ਦਾ ਸਹੀ ਸੂਤਰ (b) ਵਿੱਚ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ◀

2.10.2 ਵੱਖ-ਵੱਖ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ ਨਿਗਮਨ ਕਰਨਾ (Deducing Relation among the Physical Quantities)

ਕਦੇ ਕਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧਾਂ ਨੂੰ ਨਿਗਮਨ ਕਰਨ ਲਈ ਵਿਮੀ ਵਿਧੀ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਇਸਦੇ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਇਹ ਪਤਾ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇੱਕ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਕਿਹੜੀ-ਕਿਹੜੀ ਦੂਸਰੀ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ (ਤਿੰਨ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਜਾਂ ਇੱਕ ਘਾਤੀ ਸੁਤੰਤਰ ਚਲਾਂ ਤੱਕ)। ਇਸਦੇ ਲਈ, ਅਸੀਂ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਰਾਸ਼ੀ ਨੂੰ ਨਿਰਭਰ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੀਆਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਘਾਤਾਂ ਦੇ ਗੁਣਨਫਲ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਲਿਖਦੇ ਹਾਂ। ਆਉ, ਇੱਕ ਉਦਾਹਰਨ ਦੁਆਰਾ ਇਸ ਕਿਰਿਆ ਨੂੰ ਸਮਝੀਏ।

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 2.17*** ਇੱਕ ਸਧਾਰਨ ਪੈਂਡੂਲਮ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਗੋਲੇ ਨੂੰ ਇੱਕ ਧਾਗੇ ਨਾਲ ਬੰਨ੍ਹ ਕੇ ਲਟਕਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਅਤੇ ਜੋ ਗੁਰੁਤਾ ਬਲ ਦੇ ਅਧੀਨ ਡੋਲਨ ਕਰ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਮੰਨ ਲਉ ਕਿ ਇਸ ਪੈਂਡੂਲਮ ਦਾ ਡੋਲਨ ਕਾਲ ਇਸਦੀ ਲੰਬਾਈ (l), ਗੋਲੇ ਦੇ ਪੁੰਜ (m) ਅਤੇ ਗੁਰੁਤਾ ਪ੍ਰਵੇਗ (g) ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਵਿਮੀ ਵਿਧੀ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਇਸਦੇ ਡੋਲਨ ਕਾਲ ਦੇ ਸੂਤਰ ਵਿਉਂਤਪੰਨ ਕਰੋ।

ਹੱਲ : ਡੋਲਨ ਕਾਲ T ਦੀ, ਰਾਸ਼ੀਆਂ l, g ਅਤੇ m ਤੇ ਨਿਰਭਰਤਾ ਨੂੰ ਇੱਕ ਗੁਣਨਫਲ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਲਿਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ —

$$T = k\, l^x g^y m^z$$

ਜਿੱਥੇ k ਇੱਕ ਵਿਮਹੀਣ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ ਅਤੇ x, y, z ਘਾਤ ਅੰਕ ਹਨ। ਦੋਵੇਂ ਪਾਸਿਆਂ ਦੀਆਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਵਿਮੀ ਸੂਤਰ ਲਿਖਣ ਤੇ

$$[L^0 M^0 T^1] = [L^1]^x\,[L^1 T^{-2}]^y\,[M^1]^z = L^{x+y}\,T^{-2y}\,M^z$$

ਦੋਵੇਂ ਪਾਸਿਆਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਨੂੰ ਬਰਾਬਰ ਕਰਨ ਤੇ

$x + y = 0$; $-2y = 1$; ਅਤੇ $z = 0$

ਇਸ ਲਈ $x = \frac{1}{2}, y = -\frac{1}{2}, z = 0$

$$\therefore \quad T = k\, l^{1/2}\, g^{-1/2}$$

ਜਾਂ, $$T = k\sqrt{\frac{l}{g}}$$

ਧਿਆਨ ਦਿਉ, ਇੱਥੇ ਸਥਿਰ ਅੰਕ k ਦਾ ਮਾਨ ਵਿਮੀ ਵਿਧੀ ਨਾਲ ਪਤਾ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ। ਇੱਥੇ ਇਸਦਾ ਕੋਈ ਅਰਥ ਨਹੀਂ ਕਿ ਸੂਤਰ ਦੇ ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਸੰਖਿਆ ਨਾਲ ਗੁਣਾ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਅਜਿਹਾ ਕਰਨ ਨਾਲ ਵਿਮਾਂ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀਆਂ।

ਅਸਲ ਵਿੱਚ, $k = 2\pi$ ਇਸ ਲਈ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧਿਤ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ ਨਿਗਮਨ ਕਰਨ ਲਈ ਵਿਮੀ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਣ ਬਹੁਤ ਲਾਹੇਵੰਦ ਹੈ। ਪਰ, ਵਿਮਹੀਣ ਸਥਿਰ ਅੰਕਾਂ ਦੇ ਮੁੱਲ ਇਸ ਵਿਧੀ ਨਾਲ ਪਤਾ ਨਹੀਂ ਕੀਤੇ ਜਾ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਵਿਮੀ ਵਿਧੀ ਦੁਆਰਾ ਕਿਸੇ ਸਮੀਕਰਨ ਦੀ ਸਿਰਫ਼ ਵਿਮੀ ਵੈਧਤਾ ਹੀ ਜਾਂਚੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਸਮੀਕਰਨ ਵਿੱਚ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਵਿੱਚ ਯਥਾਰਥ ਸੰਬੰਧਾਂ ਦੀ ਜਾਂਚ ਨਹੀਂ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ। ਇਹ ਬਰਾਬਰ ਵਿਮਾਂ ਵਾਲੀਆਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਵਿੱਚ ਫ਼ਰਕ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਦੀ।

ਇਸ ਅਧਿਆਇ ਦੇ ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਦਿਤੇ ਗਏ ਕਈ ਅਭਿਆਸ ਪ੍ਰਸ਼ਨ, ਆਪਸੀ ਵਿਮੀ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਣ ਦੀ ਕੁਸ਼ਲਤਾ ਵਿਕਸਿਤ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਸਹਾਇਕ ਹੋਣਗੇ। ◀

ਸਾਰ (SUMMARY)

1. ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਮਾਪ ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਇੱਕ ਮਾਤਰਾਤਮਕ ਵਿਗਿਆਨ ਹੈ। ਕੁਝ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਜਿਵੇਂ ਲੰਬਾਈ, ਪੁੰਜ, ਸਮਾਂ, ਬਿਜਲੀ ਕਰੰਟ, ਥਰਮੋਡਾਇਨਾਮਿਕ ਤਾਪਮਾਨ, ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਮਾਤਰਾ ਅਤੇ ਜੋਤੀ ਤੀਬਰਤਾ, ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਚੁਣੀਆਂ ਗਈਆਂ ਹਨ।
2. ਹਰੇਕ ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀ ਕਿਸੇ ਮੂਲ ਮਾਤਰਕ (ਜਿਵੇਂ- ਮੀਟਰ, ਕਿਲੋਗ੍ਰਾਮ, ਸੈਕੰਡ, ਐਮਪੀਅਰ, ਕੈਲਵਿਨ, ਮੋਲ ਅਤੇ ਕੈਂਡਲਾ) ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਹੈ। ਮੂਲ ਮਾਤਰਕ ਆਪਣੀ ਮਰਜ਼ੀ ਨਾਲ ਚੁਣੇ ਹੋਏ ਪਰ ਸਹੀ ਢੰਗ ਨਾਲ ਮਿਆਰੀਕਰਨ ਕੀਤੇ ਹੋਏ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਮਿਆਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਨੂੰ ਮੂਲ ਮਾਤਰਕ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।
3. ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਤੋਂ ਵਿਉਤਪਾਦਤ ਹੋਰ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਮੂਲ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਵਿਉਤਪਾਦਤ ਮਾਤਰਕ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਮੂਲ ਅਤੇ ਵਿਉਤਪਾਦਤ ਦੋਵੇਂ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਪੂਰਨ ਸਮੂਹ ਨੂੰ ਮਾਤਰਕ ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।
4. ਸੱਤ ਮੂਲ ਮਾਤਰਕਾਂ ਤੇ ਅਧਾਰਿਤ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਅੰਤਰਰਾਸ਼ਟਰੀ ਪ੍ਰਣਾਲੀ (SI) ਵਰਤਮਾਨ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰਰਾਸ਼ਟਰੀ ਪੱਧਰ ਤੇ ਮਾਨਤਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਹੈ। ਇਹ ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਸਾਰੇ ਸੰਸਾਰ ਵਿੱਚ ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਰਤੋਂ ਵਿਚ ਲਿਆਈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।
5. ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਅਤੇ ਵਿਉਤਪਾਦਤ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਸਾਰੇ ਭੌਤਿਕ ਮਾਪਾਂ ਵਿੱਚ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਕੁਝ ਵਿਉਤਪਾਦਤ ਮਾਤਰਕਾਂ ਨੂੰ SI ਮਾਤਰਕਾਂ ਵਿੱਚ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਨਾਵਾਂ (ਜਿਵੇਂ ਜੂਲ, ਨਿਊਟਨ, ਵਾਟ) ਆਦਿ ਨਾਲ ਪ੍ਰਗਟਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।
6. SI ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਅਤੇ ਅੰਤਰ-ਰਾਸ਼ਟਰੀ ਪੱਧਰ ਤੇ ਮਾਨਤਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਮਾਤਰਕ ਪ੍ਰਤੀਕ ਹਨ (ਜਿਵੇਂ ਮੀਟਰ ਦੇ ਲਈ m, ਕਿਲੋਗ੍ਰਾਮ ਦੇ ਲਈ kg, ਸੈਕੰਡ ਦੇ ਲਈ s, ਐਮਪੀਅਰ ਦੇ ਲਈ A, ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਲਈ N, ਆਦਿ।
7. ਆਮ ਕਰਕੇ ਛੋਟੀਆਂ ਅਤੇ ਵੱਡੀਆਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਭੌਤਿਕ ਮਾਪਾਂ ਨੂੰ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਲਿਪੀ ਵਿੱਚ 10 ਦੀਆਂ ਘਾਤਾਂ ਨਾਲ ਪ੍ਰਗਟਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਮਾਪ ਸੰਕੇਤਾਂ ਅਤੇ ਨਿਊਮੈਰੀਕਲ ਗਣਨਾਵਾਂ ਨੂੰ ਸਰਲ ਬਣਾਉਣ ਲਈ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਦਾ ਧਿਆਨ ਰੱਖਦੇ ਹੋਏ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਲਿਪੀ ਅਤੇ ਪ੍ਰੀਫਿਕਸਾਂ (prefix) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।
8. ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਸੰਕੇਤਕ ਅਤੇ SI ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਕਾਂ, ਕੁਝ ਹੋਰ ਮਾਤਰਕਾਂ, ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਅਤੇ ਮਾਪਾਂ ਨੂੰ ਠੀਕ ਢੰਗ ਨਾਲ ਵਿਅਕਤ ਕਰਨ ਲਈ ਪ੍ਰੀਫਿਕਸਾਂ ਦੇ ਲਈ ਕੁਝ ਆਮ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਪਾਲਣਾ ਕਰਨੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ।
9. ਕਿਸੇ ਵੀ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਦੀ ਗਣਨਾ ਵਿੱਚ ਉਸ ਦੇ ਮਾਤਰਕ ਦੀ ਪ੍ਰਾਪਤੀ ਲਈ ਸੰਬੰਧ (ਸੰਬੰਧਾਂ) ਵਿੱਚ ਸ਼ਾਮਲ ਵਿਉਤਪਾਦਤ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਨੂੰ ਲੋੜੀਂਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਾਪਤੀ ਤੱਕ ਬੀਜਗਣਿਤਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਮਝਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ
10. ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਮਾਪ ਲਈ ਸਿੱਧੇ ਅਤੇ ਅਸਿੱਧੇ ਤਰੀਕਿਆਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਮਾਪ ਕੀਤੀਆਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਵਿੱਚ ਮਿਕਦਾਰ ਨੂੰ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਸਮੇਂ ਮਾਪ ਯੰਤਰਾਂ ਦੀ ਯਥਾਰਥਤਾ (accuracy) ਅਤੇ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਦੇ ਨਾਲ ਮਾਪ ਵਿੱਚ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਨੂੰ ਵੀ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।
11. ਮਾਪਿਤ ਅਤੇ ਗਣਨਾ ਕੀਤੀਆਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਵਿੱਚ ਸਿਰਫ਼ ਠੀਕ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਨੂੰ ਹੀ ਰੱਖੇ ਰਹਿਣ ਦੇਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਵੀ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦਾ ਨਿਰਧਾਰਨ, ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਨਾਲ ਅੰਕ ਗਣਿਤਕ ਕਿਰਿਆਵਾਂ ਨੂੰ ਕਰਨ ਅਤੇ ਅਨਿਸ਼ਚਿਤ ਅੰਕ ਨੂੰ ਪੂਰਨ ਅੰਕਾਂ ਵਿੱਚ ਬਦਲਣ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਦਾ ਪਾਲਣ ਕਰਨਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।
12. ਮੂਲ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਵਿਮਾਂ ਦਾ ਸੰਯੋਜਨ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਦਾ ਵਰਨਣ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ। ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਦੀ ਵਿਮੀ ਸੰਗਤੀ ਦੀ ਜਾਂਚ ਅਤੇ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ ਵਿਉਤਪਾਦਤ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਵਿਮੀ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਣ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਕੋਈ ਵਿਮੀ ਸੰਗਤ ਸਮੀਕਰਨ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਸਹੀ ਹੋਵੇ, ਇਹ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਹੀਂ ਹੈ, ਪਰ ਵਿਮੀ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਗਲਤ ਜਾਂ ਅਸੰਗਤ ਸਮੀਕਰਨ ਗ਼ਲਤ ਹੀ ਹੋਵੇਗੀ।

ਅਭਿਆਸ (EXERCISE)

ਟਿੱਪਣੀ : ਸੰਖਿਆਤਮਕ ਉੱਤਰਾਂ ਨੂੰ ਲਿਖਦੇ ਸਮੇਂ, ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦਾ ਧਿਆਨ ਰਖੋ।

2.1 ਖ਼ਾਲੀ ਥਾਵਾਂ ਭਰੋ :

(a) ਕਿਸੇ 1 cm ਭੁਜਾ ਵਾਲੇ ਘਣ ਦਾ ਆਇਤਨ .....m^3 ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ।

(b) ਕਿਸੇ 2 cm ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਅਤੇ 10 cm ਉਚਾਈ ਵਾਲੇ ਸਿਲੰਡਰ ਦਾ ਸਤਿਹੀ ਖੇਤਰਫਲ ...$(mm)^2$ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ।

(c) ਕੋਈ ਵਾਹਨ 18 km h^{-1} ਦੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਚੱਲ ਰਿਹਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਹ 1 s ਵਿੱਚ ....m ਚਲਦਾ ਹੈ।

(d) ਸ਼ੀਸੇ ਦੀ ਸਾਪੇਖੀ ਘਣਤਾ 11.3 ਹੈ। ਇਸਦੀ ਘਣਤਾ ... g cm^{-3} ਜਾਂ ... kg m^{-3} ਹੈ।

2.2 ਖਾਲੀ ਥਾਵਾਂ ਨੂੰ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਉਚਿਤ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੁਆਰਾ ਭਰੋ :

(a) 1 kg m^2 s^{-2} = ...g cm^2 s^{-2}

(b) 1 m = ... ly

(c) 3.0 m s^{-2} = ... km h^{-2}

(d) $G = 6.67 \times 10^{-11}$ N m^2 $(kg)^{-2}$ = ... $(cm)^3$ s^{-2} g^{-1}.

2.3 ਤਾਪ ਜਾਂ ਊਰਜਾ ਦਾ ਮਾਤਰਕ ਕੈਲੋਰੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਲਗਭਗ 4.2 J ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ, ਜਿੱਥੇ 1J = 1 kg m^2 s^{-2} ।ਮੰਨ ਲਉ ਕਿ ਅਸੀਂ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੀ ਕੋਈ ਅਜਿਹੀ ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਜਿਸ ਨਾਲ ਪੁੰਜ ਦਾ ਮਾਤਰਕ α kg ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ, ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਮਾਤਰਕ βm ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ, ਸਮੇਂ ਦਾ ਮਾਤਰਕ γs ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ, ਇਹ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰੋ ਕਿ ਨਵੇਂ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿੱਚ ਕੈਲੋਰੀ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ $4.2\ \alpha^{-1}\ \beta^{-2}\ \gamma^2$ ਹੈ।

2.4 ਇਸ ਕਥਨ ਦੀ ਸਪਸ਼ਟ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰੋ :

ਤੁਲਨਾ ਦੇ ਮਾਨਕ ਦਾ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਉਲੇਖ ਕੀਤੇ ਬਿਨਾਂ "ਕਿਸੇ ਵਿਧੀ ਰਾਸ਼ੀ ਨੂੰ 'ਵੱਡਾ' ਜਾਂ 'ਛੋਟਾ' ਕਹਿਣਾ ਅਰਥਹੀਣ ਹੈ।" ਇਸ ਨੂੰ ਧਿਆਨ ਵਿਚ ਰਖਦੇ ਹੋਏ ਹੇਠਾਂ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਕਥਨਾਂ ਨੂੰ ਜਿੱਥੇ ਕਿਤੇ ਬੇਲੋੜ ਹੋਵੇ, ਦੂਸਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿਚ ਵਿਅਕਤ ਕਰੋ।

(a) ਪਰਮਾਣੂ ਬਹੁਤ ਛੋਟੇ ਪਿੰਡ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

(b) ਜੇਟ ਜਹਾਜ਼ ਬਹੁਤ ਹੀ ਤੇਜ਼ ਗਤੀ ਨਾਲ ਚਲਦਾ ਹੈ।

(c) ਬ੍ਰਿਹਸਪਤੀ ਦਾ ਪੁੰਜ ਬਹੁਤ ਹੀ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹੈ।

(d) ਇਸ ਕਮਰੇ ਦੇ ਅੰਦਰ ਹਵਾ ਵਿਚ ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਗਿਣਤੀ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਹੈ।

(e) ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਭਾਰੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

(f) ਧੁਨੀ ਦੀ ਗਤੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਗਤੀ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਹੀ ਘਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

2.5 ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਕੋਈ ਅਜਿਹਾ ਨਵਾਂ ਮਾਤਰਕ ਚੁਣਿਆ ਗਿਆ ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਨਿਰਵਾਯੂ ਵਿਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ 1 ਹੈ। ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਨਵੇਂ ਮਾਤਰਕ ਦੇ ਪਦਾਂ ਵਿਚ ਸੂਰਜ ਅਤੇ ਧਰਤੀ ਦੇ ਵਿਚ ਸੂਰਜ ਅਤੇ ਧਰਤੀ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰਲੀ ਦੂਰੀ ਕਿੰਨੀ ਹੈ, ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਇਸ ਦੂਰੀ ਨੂੰ ਤੈਅ ਕਰਨ ਵਿੱਚ 8 min ਅਤੇ 20 s ਲਗਾਉਂਦਾ ਹੈ।

2.6 ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਮਾਪ ਲਈ ਹੇਠ ਲਿਖਿਆਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕਿਹੜਾ ਸਭ ਤੋਂ ਪ੍ਰੀਸਾਈਜ਼ ਯੰਤਰ ਹੈ :

(a) ਇੱਕ ਵਰਨੀਅਰ ਕੈਲੀਪਰਜ਼ ਜਿਸਦੇ ਵਰਨੀਅਰ ਪੈਮਾਨੇ ਤੇ 20 ਭਾਗ ਹਨ।

(b) ਇੱਕ ਸਕਰੂਗੇਜ ਜਿਸਦਾ ਚੂੜੀ ਅੰਤਰਾਲ 1 mm ਅਤੇ ਚੱਕਰੀ ਪੈਮਾਨੇ ਤੇ 100 ਭਾਗ ਹਨ।

(c) ਕੋਈ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ੀ ਯੰਤਰ ਜੋ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਸੀਮਾ ਦੇ ਅੰਦਰ ਲੰਬਾਈ ਮਾਪ ਸਕਦਾ ਹੈ।

2.7 ਕੋਈ ਵਿਦਿਆਰਥੀ 100 ਗੁਣਾ ਵਡਦਰਸ਼ਨ (magnification) ਦੇ ਇੱਕ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਦੁਆਰਾ ਦੇਖ ਕੇ ਮਨੁੱਖ ਦੇ ਵਾਲਾਂ ਦੀ ਮੋਟਾਈ ਦਾ ਮਾਪ ਲੈਂਦਾ ਹੈ। ਉਹ 20 ਵਾਰ ਪ੍ਰੇਖਣ ਕਰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਉਸ ਨੂੰ ਪਤਾ ਚਲਦਾ ਹੈ ਕਿ ਸੂਖਮਦਰਸ਼ੀ ਦੇ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਵਾਲ ਦੀ ਔਸਤ ਮੋਟਾਈ 3.5 mm ਹੈ। ਵਾਲ ਦੀ ਮੋਟਾਈ ਦਾ ਅਨੁਮਾਨ ਕੀ ਹੈ ?

2.8 ਹੇਠ ਲਿਖਿਆਂ ਦੇ ਉੱਤਰ ਦਿਉ :

(a) ਤੁਹਾਨੂੰ ਇੱਕ ਧਾਗਾ ਅਤੇ ਮੀਟਰ ਪੈਮਾਨਾ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਤੁਸੀਂ ਧਾਗੇ ਦੇ ਵਿਆਸ ਦਾ ਅਨੁਮਾਨ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਗਾਉਗੇ ?

(b) ਇੱਕ ਸਕਰੂਗੇਜ਼ ਦਾ ਚੂੜੀ ਅੰਤਰਾਲ (pitch) 1.0 mm ਹੈ ਅਤੇ ਉਸ ਦੇ ਚੱਕਰੀ ਪੈਮਾਨੇ ਤੇ 200 ਹਿੱਸੇ ਹਨ। ਕੀ ਤੁਸੀਂ ਇਹ ਸੋਚਦੇ ਹੋ ਕਿ ਚੱਕਰੀ ਪੈਮਾਨੇ ਤੇ ਵਿਭਾਜਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਮਨਮਰਜ਼ੀ ਨਾਲ ਵਧਾ ਦੇਣ ਤੇ ਸਕਰੂਗੇਜ਼ ਦੀ ਯਥਾਰਥਤਾ (accuracy) ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਕਰਨਾ ਸੰਭਵ ਹੈ ?

(c) ਵਰਨੀਅਰ ਕੈਲੀਪਰਜ਼ ਦੁਆਰਾ ਪਿੱਤਲ ਦੀ ਕਿਸੇ ਪਤਲੀ ਛੜ ਦਾ ਔਸਤ ਵਿਆਸ ਮਾਪਿਆ ਜਾਣਾ ਹੈ। ਸਿਰਫ਼ 5 ਮਾਪਾਂ ਦੇ ਸਮੂਹ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿਚ ਵਿਆਸ ਦੇ 100 ਮਾਪਾਂ ਦੇ ਸਮੂਹ ਦੁਆਰਾ ਵੱਧ ਵਿਸ਼ਵਾਸਯੋਗ ਅੰਦਾਜ਼ਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਣ ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਕਿਉਂ ਹੈ ?

2.9 ਕਿਸੇ ਮਕਾਨ ਦਾ ਫੋਟੋਗ੍ਰਾਫ਼ 35 mm ਸਲਾਈਡ ਤੇ 1.75 cm^2 ਖੇਤਰਾ ਘੇਰਦਾ ਹੈ। ਸਲਾਈਡ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਸਕਰੀਨ ਤੇ ਪ੍ਰੋਜੈਕਟ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਸਕਰੀਨ ਤੇ ਮਕਾਨ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ 1.55 m^2 ਹੈ। ਪ੍ਰੋਜੈਕਟਰ-ਸਕਰੀਨ ਵਿਵਸਥਾ ਦਾ ਰੇਖੀ ਵਡਦਰਸ਼ਨ (linear magnification) ਕੀ ਹੈ ?

2.10 ਹੇਠ ਲਿਖਿਆਂ ਵਿੱਚ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਲਿਖੋ :

(a) $0.007\ m^2$

(b) 2.64×10^{24} kg

(c) $0.2370\ g\ cm^{-3}$

(d) 6.320 J

(e) $6.032\ N\ m^{-2}$

(f) $0.0006032\ m^2$

2.11 ਧਾਤ ਦੀ ਕਿਸੇ ਆਇਤਾਕਾਰ ਸ਼ੀਟ ਦੀ ਲੰਬਾਈ, ਚੌੜਾਈ ਅਤੇ ਮੋਟਾਈ ਵਾਰੀ ਸਿਰ 4.234 m, 1.005 m ਅਤੇ 2.01 cm ਹੈ। ਠੀਕ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਇਸ ਸ਼ੀਟ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ ਅਤੇ ਆਇਤਨ ਪਤਾ ਕਰੋ।

2.12 ਪੰਸਾਰੀ ਦੀ ਤੱਕੜੀ ਦੁਆਰਾ ਮਾਪੇ ਗਏ ਡੱਬੇ ਦਾ ਪੁੰਜ 2.300 kg ਹੈ। ਸੋਨੇ ਦੇ ਦੋ ਟੁਕੜੇ ਜਿਹਨਾਂ ਦਾ ਪੁੰਜ 20.15 g ਅਤੇ 20.17 *g* ਹੈ, ਡੱਬੇ ਵਿੱਚ ਰੱਖੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। (a) ਡੱਬੇ ਦਾ ਕੁਲ ਪੁੰਜ ਕਿੰਨਾ ਹੈ, (b) ਠੀਕ ਸਾਰਥਕ ਅੰਕਾਂ ਤੱਕ ਟੁਕੜਿਆਂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਵਿਚ ਕਿੰਨਾ ਅੰਤਰ ਹੈ ?

2.13 ਕੋਈ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ P, ਚਾਰ ਪ੍ਰੇਖਣ-ਯੋਗ ਰਾਸ਼ੀਆਂ a, b, c ਅਤੇ d ਨਾਲ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੈ :

$$P = a^3b^2/\left(\sqrt{c}\ d\right)$$

a, b, c ਅਤੇ d ਦੇ ਮਾਪ ਵਿਚ ਪ੍ਰਤਿਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਵਾਰੀ ਸਿਰ 1%, 3%, 4% ਅਤੇ 2% ਹਨ। ਰਾਸ਼ੀ P ਵਿਚ ਪ੍ਰਤਿਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ ਕਿੰਨੀ ਹੈ ? ਜੇ ਉੱਪਰ ਦਸੇ ਸੰਬੰਧ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ P ਦਾ ਕੈਲਕੁਲੇਟਡ ਮੁੱਲ 3.763 ਆਉਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਤੁਸੀਂ ਨਤੀਜੇ ਨੂੰ ਕਿਸ ਮੁੱਲ ਤੱਕ ਪੂਰਨ ਅੰਕ ਵਿਚ ਬਦਲੋਗੇ ?

2.14 ਕਿਸੇ ਪੁਸਤਕ ਵਿੱਚ, ਜਿਸ ਦੀ ਛਪਾਈ ਵਿੱਚ ਕਈ ਤਰੁੱਟੀਆਂ ਹਨ, ਆਵਰਤ ਗਤੀ ਕਰ ਰਹੇ ਕਿਸੇ ਕਣ ਦੇ ਵਿਸਥਾਪਣ ਦੇ ਚਾਰ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸੂਤਰ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ :

(a) $y = a \sin 2\pi\, t/T$

(b) $y = a \sin vt$

(c) $y = (a/T) \sin t/a$

(d) $y = (a\sqrt{2})\ (\sin 2\pi t\,/\,T\ +\ \cos 2\pi t\,/\,T)$

(a = ਕਣ ਦਾ ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ ਵਿਸਥਾਪਨ, v = ਕਣ ਦੀ ਚਾਲ, T = ਕਣ ਦਾ ਆਵਰਤ ਕਾਲ)। ਵਿਮੀ ਆਧਾਰ ਤੇ ਗਲਤ ਸੂਤਰਾਂ ਨੂੰ ਅਲੱਗ ਕਰੋ।

2.15 ਭੌਤਿਕੀ ਦਾ ਮਸ਼ਹੂਰ ਸੰਬੰਧ ਕਿਸੇ ਕਣ ਦੇ "ਗਤੀਮਾਨ ਪੁੰਜ" (moving mass) m, "ਵਿਰਾਮ ਪੁੰਜ" (rest mass) m_0, ਇਸਦੀ ਚਾਲ v, ਅਤੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ c ਦੇ ਵਿੱਚ ਹੈ। (ਇਹ ਸੰਬੰਧ ਸਭ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਐਲਬਰਟ ਆਈਨਸਟੀਨ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਸਾਪੇਖਤਾ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਪੈਦਾ ਹੋਇਆ ਸੀ)। ਕੋਈ ਵਿਦਿਆਰਥੀ ਇਸ ਸੰਬੰਧ ਨੂੰ ਲਗਭਗ ਸਹੀ ਯਾਦ ਕਰਦਾ ਹੈ ਪਰ ਸਥਿਰ ਅੰਕ c ਨੂੰ ਲਗਾਉਣਾ ਭੁੱਲ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਉਹ ਲਿਖਦਾ ਹੈ

$$m = \frac{m_0}{\left(1 - v^2\right)^{1/2}} \quad .$$

ਅੰਦਾਜ਼ਾ ਲਗਾਉ ਕਿ c ਕਿੱਥੇ ਲੱਗੇਗਾ।

2.16 ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਪੈਮਾਨੇ ਤੇ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਸੁਵਿਧਾਜਨਕ ਮਾਤਰਕ ਐਂਗਸਟਰਾਮ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ Å ਨਾਲ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ : $1\ Å = 10^{-10}$ m। ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਸਾਈਜ਼ ਲਗਭਗ 5 Å ਹੈ। ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਇੱਕ ਮੋਲ ਦਾ m^3 ਵਿੱਚ ਕੁੱਲ ਆਣਵਿਕ ਆਇਤਨ ਕਿੰਨਾ ਹੋਵੇਗਾ ?

2.17 ਕਿਸੇ ਆਦਰਸ਼ ਗੈਸ ਦਾ ਇੱਕ ਮੋਲ ਮਾਨਕ ਤਾਪ ਅਤੇ ਦਬਾਅ (standard temperature and pressure) ਤੇ 22.4 L ਆਇਤਨ (ਮੋਲਰ ਆਇਤਨ) ਘੇਰਦਾ ਹੈ। ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਦੇ ਮੋਲਰ ਆਇਤਨ ਅਤੇ ਉਸਦੇ ਇਕ ਮੋਲ ਦੇ ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਆਇਤਨ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਕੀ ਹੈ ? (ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਦੇ ਅਣੂ ਦਾ ਸਾਈਜ਼ ਲਗਭਗ 1 Å ਮੰਨੋ)। ਇਹ ਅਨੁਪਾਤ ਇੰਨਾਂ ਵੱਧ ਕਿਉਂ ਹੈ ?

2.18 ਇੱਕ ਆਮ ਪ੍ਰੇਖਣ ਦੀ ਸਪੱਸ਼ਟ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰੋ — ਜੇ ਤੁਸੀਂ ਤੀਬਰ ਗਤੀ ਨਾਲ ਗਤੀਮਾਨ ਕਿਸੇ ਰੇਲਗੱਡੀ ਦੀ ਖਿੜਕੀ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਦੇਖਦੇ ਹੋ ਤਾਂ ਨੇੜੇ ਦੇ ਰੁੱਖ, ਮਕਾਨ ਆਦਿ ਰੇਲਗੱਡੀ ਦੀ ਗਤੀ ਦੇ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਤੇਜੀ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਪ੍ਰਤੀਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਪਰ ਦੂਰ ਵਾਲੇ ਪਿੰਡ (ਪਹਾੜੀਆਂ, ਚੰਦਰਮਾ, ਤਾਰੇ ਆਦਿ) ਸਥਿਰ ਪ੍ਰਤੀਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। (ਅਸਲ ਵਿੱਚ, ਕਿਉਂਕਿ ਤੁਹਾਨੂੰ ਪਤਾ ਹੈ ਕਿ ਤੁਸੀਂ ਚੱਲ ਰਹੇ ਹੋ, ਇਸ ਲਈ, ਇਹ ਦੂਰ ਵਾਲੀਆਂ ਵਸਤੂਆਂ ਤੁਹਾਨੂੰ ਆਪਣੇ ਨਾਲ ਚਲਦੀਆਂ ਹੋਈਆਂ ਪ੍ਰਤੀਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ)।

2.19 ਨੇੜਲੇ ਤਾਰਿਆਂ ਦੀ ਦੂਰੀ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਸੈਕਸ਼ਨ 2.3.1 ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪੈਰੇਲੈਕਸ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਸੂਰਜ ਦੇ ਇਰਦ-ਗਿਰਦ ਆਪਣੇ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਛੇ ਮਹੀਨਿਆਂ ਦੇ ਅੰਤਰਾਲ ਤੇ ਧਰਤੀ ਤੇ ਆਪਣੇ ਦੋ ਸਥਾਨਾਂ ਨੂੰ ਮਿਲਾਉਣ ਵਾਲੀ ਅਧਾਰ ਰੇਖਾ (base line) AB ਹੈ। ਭਾਵ ਅਧਾਰ ਰੇਖਾ AB ਹੈ। ਅਰਥਾਤ ਅਧਾਰ ਰੇਖਾ ਧਰਤੀ ਦੇ ਪਥ ਦੇ ਵਿਆਸ $\approx 3 \times 10^{11}$m ਦੇ ਲਗਭਗ ਬਰਾਬਰ ਹੈ, ਪਰ ਕਿਉਂਕਿ ਨੇੜੇ ਦੇ ਤਾਰੇ ਵੀ ਇੰਨੀ ਦੂਰ ਹਨ ਕਿ ਇੰਨੀ ਲੰਬੀ ਆਧਾਰ ਰੇਖਾ ਹੋਣ ਤੇ ਵੀ ਉਹ ਚਾਪ (arc) ਤੇ ਸਿਰਫ਼ 1" (ਸੈਕੰਡ, ਚਾਪ ਦਾ) ਦੇ ਆਰਡਰ ਦਾ ਪੈਰੇਲੈਕਸ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਖਗੋਲੀ ਪੈਮਾਨੇ ਤੇ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਸੁਵਿਧਾਜਨਕ ਮਾਤਰਕ ਪਾਰਸੇਕ ਹੈ। ਇਹ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦੀ ਉਹ ਦੂਰੀ ਹੈ ਜੋ ਧਰਤੀ ਤੋਂ ਸੂਰਜ ਤਕ ਦੀ ਦੂਰੀ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਆਧਾਰ ਰੇਖਾ ਦੇ ਦੋ ਉਲਟ ਕਿਨਾਰਿਆਂ ਤੋ ਚਾਪ ਦੇ 1" ਦਾ ਪੈਰੇਲੇਕਸ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਮੀਟਰਾਂ ਵਿਚ ਇੱਕ ਪਾਰਸੇਕ ਕਿੰਨ੍ਹਾਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ?

2.20 ਸਾਡੇ ਸੂਰਜੀ ਪਰਿਵਾਰ ਦੇ ਨੇੜੇ ਵਾਲਾ ਤਾਰਾ 4.29 ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਵਰ੍ਹਾ ਦੂਰ ਹੈ। ਪਾਰਸੇਕ ਵਿੱਚ ਇਹ ਦੂਰੀ ਕਿੰਨ੍ਹੀ ਹੈ ? ਇਹ ਤਾਰਾ (ਅਲਫਾ ਸੈਂਚੁਰੀ ਨਾਂ ਦਾ) ਤਦ ਕਿੰਨਾ ਪੈਰੇਲੈਕਸ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰੇਗਾ ਜਦੋਂ ਸੂਰਜ ਦੇ ਇਰਦ ਗਿਰਦ ਆਪਣੇ ਪੱਥ ਵਿੱਚ ਧਰਤੀ ਦੇ ਦੋ ਸਥਾਨਾਂ ਤੋਂ, ਜੋ ਛੇ ਮਹੀਨੇ ਦੇ ਫਰਕ ਤੇ ਹਨ, ਦੇਖਿਆ ਜਾਵੇਗਾ ?

2.21 ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦਾ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਮਾਪ ਵਿਗਿਆਨ ਦੀ ਲੋੜ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਕਿਸੇ ਦੁਸ਼ਮਣ ਦੇ ਲੜਾਕੂ ਜਹਾਜ ਦੀ ਚਾਲ ਸੁਨਿਸ਼ਚਿਤ ਕਰਨ ਲਈ ਬਹੁਤ ਹੀ ਛੋਟੇ ਸਮੇਂ-ਅੰਤਰਾਲਾਂ ਤੇ ਇਸਦੀ ਸਥਿਤੀ ਦਾ ਪਤਾ ਲਗਾਉਣ ਦੀ ਕੋਈ ਯਥਾਰਥ ਵਿਧੀ ਹੋਣੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ। ਦੂਸਰੇ ਵਿਸ਼ਵ ਯੁੱਧ ਵਿੱਚ ਰਾਡਾਰ ਦੀ ਖੋਜ ਦੇ ਪਿੱਛੇ ਵਾਸਤਵਿਕ ਮਕਸਦ ਇਹੀ ਸੀ। ਆਧੁਨਿਕ ਵਿਗਿਆਨ ਦੀਆਂ ਉਹਨਾਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਉਦਾਹਰਨਾਂ ਨੂੰ ਸੋਚੋ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਲੰਬਾਈ, ਸਮਾਂ, ਪੁੰਜ ਆਦਿ ਦੇ ਪ੍ਰੀਸਾਈਜ਼ ਮਾਪ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਹੋਰ ਜਿਸ ਕਿਸੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿਚ ਵੀ ਤੁਸੀਂ ਦੱਸ ਸਕਦੇ ਹੋ, ਪ੍ਰੀਸੀਸ਼ਨ ਦੀ ਮਾਤਰਾਤਮਕ ਧਾਰਨਾ ਦਿਉ।

2.22 ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਗਿਆਨ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੀਸਾਈਜ਼ ਮਾਪ ਦੀ ਲੋੜ ਹੈ, ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਪੂਰਨ ਵਿਚਾਰਾਂ ਅਤੇ ਆਮ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦੇ ਮੋਟੇ ਤੌਰ 'ਤੇ ਅੰਦਾਜ਼ੇ ਲਾਉਣਾ ਵੀ ਉਨੇਂ ਹੀ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਹੈ। ਹੇਠ ਲਿਖਿਆਂ ਬਾਰੇ ਅੰਦਾਜ਼ਾ ਲਾਉਣ ਬਾਰੇ ਕੁਝ ਤਰੀਕੇ ਸੋਚੋ (ਜਿਥੇ ਅੰਦਾਜ਼ਾ ਲਾਉਣਾ ਮੁਸ਼ਕਲ ਹੈ, ਉੱਥੇ ਰਾਸ਼ੀ ਦੀ ਉਪਰਲੀ ਸੀਮਾ ਦਾ ਪਤਾ ਲਾਉਣ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕਰੋ) —

(a) ਮਾਨਸੂਨ ਦੌਰਾਨ ਭਾਰਤ ਉੱਪਰ ਵਰਖਾ ਧਾਰੀ ਬੱਦਲਾਂ ਦਾ ਕੁੱਲ ਪੁੰਜ।

(b) ਕਿਸੇ ਹਾਥੀ ਦਾ ਪੁੰਜ

(c) ਕਿਸੇ ਤੂਫਾਨ ਦੌਰਾਨ ਹਵਾ ਦੀ ਚਾਲ

(d) ਤੁਹਾਡੇ ਸਿਰ ਤੇ ਵਾਲਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ

(e) ਤੁਹਾਡੀ ਜਮਾਤ ਦੇ ਕਮਰੇ ਵਿੱਚ ਹਵਾ ਦੇ ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ।

2.23 ਸੂਰਜ ਇੱਕ ਗਰਮ ਪਲਾਜ਼ਮਾ (hot plasma) (ਆਇਨੀਕ੍ਰਿਤ ਪਦਾਰਥ ionized matter) ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਅੰਦਰੂਨੀ ਕੋਰ (core) ਦਾ ਤਾਪਮਾਨ 10^7 K ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੈ ਅਤੇ ਬਾਹਰੀ ਸਤਹਿ ਦਾ ਤਾਪਮਾਨ ਲਗਭਗ 6000 K ਹੈ। ਇੰਨੇ ਵੱਧ ਤਾਪਮਾਨ ਤੇ ਕੋਈ ਵੀ ਪਦਾਰਥ ਠੋਸ ਜਾਂ ਤਰਲ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਨਹੀਂ ਰਹਿ ਸਕਦਾ। ਤੁਹਾਨੂੰ ਸੂਰਜ ਦੀ ਪੁੰਜ ਘਣਤਾ ਕਿਸ ਰੇਂਜ ਤੱਕ ਹੋਣ ਦੀ ਆਸ਼ਾ ਹੈ ? ਕੀ ਇਹ ਠੋਸਾਂ, ਤਰਲਾਂ ਜਾਂ ਗੈਸਾਂ ਦੀ ਘਣਤਾ ਦੀ ਰੇਂਜ ਵਿੱਚ ਹੈ ? ਕੀ ਤੁਹਾਡਾ ਅੰਦਾਜ਼ਾ ਠੀਕ ਹੈ ਇਸਦੀ ਜਾਂਚ ਤੁਸੀਂ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅੰਕੜਿਆਂ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹੋ : ਸੂਰਜ ਦਾ ਪੁੰਜ 2.0×10^{30} kg, ਸੂਰਜ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ = 7.0×10^8 m

2.24 ਜਦੋਂ ਬ੍ਰਿਹਿਸਪਤੀ ਗ੍ਰਹਿ ਧਰਤੀ ਤੋਂ 8247 ਲੱਖ ਕਿੱਲੋਮੀਟਰ ਦੂਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਸਦੇ ਵਿਆਸ ਦਾ ਕੋਣੀ ਮਾਪ ਚਾਪ ਦਾ 35.72" ਹੈ। ਬ੍ਰਿਹਿਸਪਤੀ ਦਾ ਵਿਆਸ ਪਤਾ ਕਰੋ।

ਵਾਧੂ ਅਭਿਆਸ (ADDITIONAL EXERCISES)

2.25 ਇੱਕ ਵਿਅਕਤੀ ਤੇਜੀ ਨਾਲ ਚਾਲ v ਨਾਲ ਵਰਖਾ ਵਿੱਚ ਚੱਲ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਉਸਨੂੰ ਆਪਣੀ ਛੱਤਰੀ ਨੂੰ ਟੇਢਾ ਕਰਕੇ ਲੰਬਾਤਮਕ (vertical) ਦਿਸ਼ਾ ਨਾਲ θ ਕੋਣ ਬਣਾਉਣਾ ਪੈਂਦਾ ਹੈ। ਕੋਈ ਵਿਦਿਆਰਥੀ ਕੋਣ θ ਅਤੇ v ਵਿੱਚ ਹੇਠ ਲਿਖਿਆ ਸੰਬੰਧ ਵਿਉਤਪੰਨ ਕਰਦਾ ਹੈ :

$$\tan \theta = v;$$

ਅਤੇ ਉਹ ਇਸ ਸੰਬੰਧ ਦੇ ਠੀਕ ਹੋਣ ਦੀ ਸੀਮਾ ਦਾ ਪਤਾ ਕਰਦਾ ਹੈ : ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਆਸ਼ਾ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਜੇ $v \to 0$, ਤਾਂ $\theta \to 0$। (ਅਸੀਂ ਇਹ ਮੰਨ ਰਹੇ ਹਾਂ ਕਿ ਤੇਜ ਹਵਾ ਨਹੀਂ ਚੱਲ ਰਹੀ ਹੈ ਅਤੇ ਕਿਸੇ ਖੜ੍ਹੇ ਵਿਅਕਤੀ ਦੇ ਲਈ ਲੰਬਾਤਮਕ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਪੈ ਰਹੀ ਹੈ)। ਕੀ ਤੁਸੀਂ ਸੋਚਦੇ ਹੋ ਕਿ ਇਹ ਸੰਬੰਧ ਸਹੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ? ਜੇ ਅਜਿਹਾ ਨਹੀਂ ਹੈ ਤਾਂ ਸਹੀ ਸੰਬੰਧ ਦਾ ਅੰਦਾਜ਼ਾ ਲਗਾਉ।

2.26 ਇਹ ਦਾਅਵਾ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਜੇ ਬਿਨਾਂ ਕਿਸੇ ਰੁਕਾਵਟ ਦੇ 100 ਸਾਲਾਂ ਤੱਕ ਦੋ ਸੀਜ਼ੀਅਮ ਘੜੀਆਂ ਨੂੰ ਚੱਲਣ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਸਮਿਆਂ ਵਿੱਚ ਸਿਰਫ 0.02 s ਦਾ ਅੰਤਰ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਮਾਣਕ ਸੀਜ਼ੀਅਮ ਘੜੀ ਦੁਆਰਾ 1 s ਦੇ ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲ ਨੂੰ ਮਾਪਣ ਵਿੱਚ ਯਥਾਰਥਤਾ ਦੇ ਲਈ ਇਸ ਤੋਂ ਕੀ ਭਾਵ ਹੈ ?

2.27 ਇੱਕ ਸੋਡੀਅਮ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਸਾਈਜ਼ 2.5 Å ਮੰਨਦੇ ਹੋਏ ਇਸਦੀ ਔਸਤ ਪੁੰਜ ਘਣਤਾ ਦਾ ਅਨੁਮਾਨ ਲਗਾਓ। (ਸੋਡੀਅਮ ਦੇ ਪਰਮਾਣਵੀ ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਐਵੋਗੈਡਰੋ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਗਿਆਤ ਮੁੱਲਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰੋ। ਇਸ ਘਣਤਾ ਦੀ ਕ੍ਰਿਸਟਲੀ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਸੋਡੀਅਮ ਦੀ ਘਣਤਾ 970 kg m^{-3} ਨਾਲ ਤੁਲਨਾ ਕਰੋ। ਕੀ ਇਹਨਾਂ ਦੋਵਾਂ ਘਣਤਾਵਾਂ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਦਾ ਆਰਡਰ ਬਰਾਬਰ ਹੈ ? ਜੇ ਹਾਂ, ਤਾਂ ਕਿਉਂ ?

2.28 ਨਾਭਿਕੀ (nuclear) ਪੈਮਾਨੇ ਤੇ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਸੁਵਿਧਾਜਨਕ ਮਾਤਰਕ ਫਰਮੀ (fermi) ਹੈ : (1f = 10^{-15} m)। ਨਾਭਿਕੀ ਸਾਈਜ਼ ਲਗਭਗ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਤਜ਼ਰਬੇ ਤੇ ਆਧਾਰਿਤ ਸੰਬੰਧ ਦਾ ਪਾਲਣ ਕਰਦੇ ਹਨ–

$$r = r_0 A^{1/3}$$

ਜਿੱਥੇ r ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ, A ਇਸਦੀ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ (mass number) ਅਤੇ r_0 ਕੋਈ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ ਜੋ ਲਗਭਗ 1.2 f ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਇਹ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰੋ ਕਿ ਇਸ ਨਿਯਮ ਦਾ ਅਰਥ ਹੈ ਕਿ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੇ ਲਈ ਨਾਭਿਕੀ ਪੁੰਜ ਘਣਤਾ ਲਗਭਗ ਸਥਿਰ ਹੈ। ਸੋਡੀਅਮ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਪੁੰਜ ਘਣਤਾ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ। ਪ੍ਰਸ਼ਨ 2.27 ਵਿੱਚ ਗਿਆਤ ਕੀਤੇ ਗਏ ਸੋਡੀਅਮ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਔਸਤ ਪੁੰਜ ਘਣਤਾ ਨਾਲ ਇਸਦੀ ਤੁਲਨਾ ਕਰੋ।

2.29 ਲੇਸਰ (LASER), ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਬਹੁਤ ਤੀਬਰਤਾ ਵਾਲਾ (highly intense), ਇੱਕ ਵਰਣ ਵਾਲਾ (monochromatic) ਅਤੇ ਇੱਕ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਰਹਿਣ ਵਾਲਾ (unidirectional) ਕਿਰਣ ਪੁੰਜ (beam of light) ਦਾ ਸੋਮਾ ਹੈ। ਲੇਸਰ ਦੇ ਇਹਨਾਂ ਗੁਣਾਂ ਦੀ ਲੰਬੀਆਂ ਦੂਰੀਆਂ ਦੇ ਮਾਪ ਵਿਚ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਲੇਸਰ ਦੀ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੇ ਸਰੋਤ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਪਹਿਲਾਂ ਹੀ ਚੰਦਰਮਾ ਦੀ ਧਰਤੀ ਤੋਂ ਦੂਰੀ ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ ਨਾਲ ਪਤਾ ਕੀਤੀ ਜਾ ਚੁੱਕੀ ਹੈ। ਕੋਈ ਲੇਸਰ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਕਿਰਣ ਪੁੰਜ ਚੰਦਰਮਾ ਦੀ ਸਤਹਿ ਤੋਂ ਪਰਾਵਰਤਿਤ ਹੋ ਕੇ 2.56 s ਵਿੱਚ ਵਾਪਸ ਆ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਧਰਤੀ ਦੇ ਆਲ਼ੇ-ਦੁਆਲ਼ੇ ਚੰਦਰਮਾ ਦੇ ਆਰਬਿਟ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਕਿੰਨਾ ਹੈ ?

2.30 ਪਾਣੀ ਵਿੱਚ ਡੂੰਘਾਈ ਤੇ ਵਸਤੂਆਂ ਨੂੰ ਲੱਭਣਾ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਸਥਾਨ ਦਾ ਪਤਾ ਚਲਾਉਣ ਲਈ ਸੋਨਾਰ (SONAR) ਵਿੱਚ ਪਰਾਸਰਵਨ ਤਰੰਗਾਂ (ultrasonic waves) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਕੋਈ ਪਨਡੁੱਬੀ (submarine) ਵਿੱਚ ਸੋਨਾਰ ਦਾ ਪ੍ਰਬੰਧ ਕੀਤਾ ਹੋਇਆ ਹੈ। ਇਸ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਖੋਜੀ ਤਰੰਗਾਂ ਅਤੇ ਦੁਸ਼ਮਣ ਦੀ ਪਨਡੁੱਬੀ ਤੋਂ ਪਰਾਵਰਤਿਤ ਇਸਦੀ ਈਕੋ (echo) ਦੀ ਪ੍ਰਾਪਤੀ ਵਿਚਕਾਰ ਸਮਾਂ ਅੰਤਰ 77.0 s ਹੈ। ਦੁਸ਼ਮਣ ਦੀ ਪਨਡੁੱਬੀ ਕਿੰਨ੍ਹੀ ਦੂਰ ਹੈ ? (ਪਾਣੀ ਵਿੱਚ ਧੁਨੀ ਦੀ ਚਾਲ = 1450 m s^{-1})

2.31 ਸਾਡੇ ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਵਿੱਚ ਆਧੁਨਿਕ ਖਗੋਲਵਿਦਾਂ ਵੱਲੋਂ ਖੋਜੇ ਗਏ ਸਭ ਤੋਂ ਦੂਰ ਵਾਲੇ ਪਿੰਡ ਇੰਨੀ ਦੂਰ ਹਨ ਕਿ ਉਹਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨੂੰ ਧਰਤੀ ਤੇ ਪਹੁੰਚਣ ਨੂੰ ਅਰਬਾਂ ਸਾਲ ਲੱਗਦੇ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਪਿੰਡਾਂ (ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਕਵਾਸਾਰ 'Quasar' ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ) ਦੇ ਕਈ ਰਹੱਸਮਈ ਲੱਛਣ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਦੀ ਅਜੇ ਤੱਕ ਤਸੱਲੀਬਖਸ਼ ਵਿਆਖਿਆ ਨਹੀਂ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕੀ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਅਜਿਹੇ ਕਵਾਸਾਰ ਦੀ km ਵਿੱਚ ਦੂਰੀ ਪਤਾ ਕਰੋ ਜਿਸ ਤੋਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨੂੰ ਸਾਡੇ ਤੱਕ ਪੁੱਜਣ ਵਿੱਚ 300 ਕਰੋੜ ਸਾਲ ਲਗਦੇ ਹੋਣ।

2.32 ਇਹ ਇੱਕ ਮਸ਼ਹੂਰ ਤੱਥ ਹੈ ਕਿ ਪੂਰਵ ਸੂਰਜ ਗ੍ਰਹਿਣ ਦੀ ਅਵਧੀ ਵਿੱਚ ਚੰਦਰਮਾ ਦਾ ਚੱਕਾ ਸੂਰਜ ਦੇ ਚੱਕੇ ਨੂੰ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਢੱਕ ਲੈਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤੱਥ ਨੂੰ ਅਤੇ ਉਦਾਹਰਨ 2.3 ਅਤੇ 2.4 ਤੋਂ ਇਕੱਠੀ ਕੀਤੀ ਸੂਚਨਾ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਚੰਦਰਮਾ ਦਾ ਲਗਭਗ ਵਿਆਸ ਪਤਾ ਕਰੋ।

2.33 ਇਸ ਸਦੀ ਦੇ ਇੱਕ ਮਹਾਨ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨੀ (ਪੀ. ਏ. ਐਮ. ਡਿਰਾਕ) ਕੁਦਰਤ ਦੇ ਮੂਲ ਸਥਿਰ ਅੰਕਾਂ ਦੇ ਅੰਕਿਤ ਮੁੱਲਾਂ ਨਾਲ ਖੇਡਣ ਵਿੱਚ ਅਨੰਦ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੇ ਸਨ। ਇਸ ਨਾਲ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਹੀ ਰੋਚਕ ਪ੍ਰੇਖਣ ਕੀਤਾ। ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਮੂਲ ਨਿਯਤ ਅੰਕਾਂ (ਜਿਵੇਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਪੁੰਜ, ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦਾ ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਗੁਰੂਤਵੀ ਨਿਯਤ ਅੰਕ G) ਤੋਂ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਪਤਾ ਲੱਗਿਆ ਕਿ ਉਹ ਇੱਕ ਅਜਿਹੀ ਸੰਖਿਆ ਤੇ ਪੁੱਜ ਗਏ ਹਨ, ਜਿਸਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਸਮੇਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਹਨ। ਨਾਲ ਹੀ, ਉਹ ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਹੀ ਵੱਡੀ ਸੰਖਿਆ ਸੀ ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਵਿਸ਼ਵ ਦੀ ਵਰਤਮਾਨ ਗਣਨਾ ਕੀਤੀ ਉਮਰ (~1500 ਕਰੋੜ ਸਾਲ) ਦੇ ਲਗਭਗ ਹੈ। ਇਸ ਪੁਸਤਕ ਵਿਚ ਦਿੱਤੀਆਂ ਗਈਆਂ ਮੂਲ ਨਿਯਤ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸਾਰਣੀ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਇਹ ਦੇਖਣ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕਰੋ ਕਿ ਕੀ ਤੁਸੀਂ ਵੀ ਇੱਕ ਸੰਖਿਆ (ਜਾਂ ਕੋਈ ਹੋਰ ਰੋਚਕ ਸੰਖਿਆ ਜਿਸ ਨੂੰ ਤੁਸੀਂ ਸੋਚ ਸਕਦੇ ਹੋ) ਬਣਾ ਸਕਦੇ ਹੋ ? ਜੇ ਵਿਸ਼ਵ ਦੀ ਉਮਰ ਅਤੇ ਇਸ ਸੰਖਿਆ ਵਿਚ ਸਮਾਨਤਾ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਹੈ ਤਾਂ ਮੂਲ ਨਿਯਤ ਅੰਕਾਂ ਦੀ ਸਥਿਰਤਾ ਕਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਹੋਵੇਗੀ ?

*****

ਪਾਠ- 3

ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ

(MOTION IN A STRAIGHT LINE)

3.1 ਭੂਮਿਕਾ
3.2 ਸਥਿਤੀ, ਰਸਤੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਅਤੇ ਵਿਸਥਾਪਨ
3.3 ਔਸਤ ਵੇਗ ਅਤੇ ਔਸਤ ਚਾਲ
3.4 ਤਤਕਾਲੀ ਵੇਗ ਅਤੇ ਚਾਲ
3.5 ਪ੍ਰਵੇਗ
3.6 ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰਦੀ ਵਸਤੂ ਦਾ ਸ਼ੁੱਧਗਤੀਕੀ ਸੰਬੰਧੀ ਸਮੀਕਰਨਾ।
3.7 ਸਾਪੇਖੀ ਗਤੀ

ਸਾਰ
ਵਿਚਾਰਨਯੋਗ ਵਿਸ਼ੇ
ਅਭਿਆਸ
ਵਾਧੂ ਅਭਿਆਸ
ਅਨੁਲਗ 3.1

3.1 ਭੂਮਿਕਾ (INTRODUCTION)

ਬ੍ਰਹਿਮੰਡ ਦੀ ਹਰੇਕ ਵਸਤੂ ਸਿੱਧੇ ਜਾਂ ਅਸਿੱਧੇ ਤੌਰ 'ਤੇ ਗਤੀ ਕਰਦੀ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ। ਸਾਡਾ ਚੱਲਣਾ, ਦੌੜਨਾ, ਸਾਈਕਲ ਸਵਾਰੀ ਆਦਿ ਰੋਜ਼ਾਨਾ ਜੀਵਨ ਵਿੱਚ ਵਿਖਾਈ ਦੇਣ ਵਾਲੀਆਂ ਕਿਰਿਆਵਾਂ ਗਤੀ ਦੇ ਕੁਝ ਉਦਾਹਰਨ ਹਨ। ਇੰਨਾ ਹੀ ਨਹੀਂ, ਨੀਂਦ ਵਿੱਚ ਵੀ ਸਾਡੇ ਫੇਫੜਿਆਂ ਵਿੱਚ ਹਵਾ ਦਾ ਪ੍ਰਵੇਸ਼ ਤੇ ਨਿਸ਼ਕਾਸਨ ਅਤੇ ਸਾਡੀਆਂ ਧਮਣੀਆਂ ਅਤੇ ਸ਼ਿਰਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਲਹੂ ਦਾ ਸੰਚਾਰ ਹੁੰਦਾ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਰੁੱਖਾਂ ਤੋਂ ਡਿਗਦੇ ਪੱਤਿਆਂ ਨੂੰ ਅਤੇ ਬੰਨ੍ਹ ਤੋਂ ਵਗਦੇ ਹੋਏ ਪਾਣੀ ਨੂੰ ਦੇਖਦੇ ਹਾਂ। ਮੋਟਰ-ਗੱਡੀ ਅਤੇ ਹਵਾਈ ਜਹਾਜ਼ ਯਾਤਰੀਆਂ ਨੂੰ ਇੱਕ ਥਾਂ ਤੋਂ ਦੂਸਰੇ ਥਾਂ ਤੇ ਲੈ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਧਰਤੀ 24 ਘੰਟੇ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਵਾਰ ਆਪਣੇ ਧੁਰੇ ਦੇ ਇਰਦ-ਗਿਰਦ ਘੁੰਮਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਸਾਲ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਵਾਰ ਸੂਰਜ ਦੇ ਆਲੇ-ਦੁਆਲੇ ਚੱਕਰ ਪੂਰਾ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਸੂਰਜ ਆਪਣੇ ਗ੍ਰਹਿਆਂ ਸਮੇਤ ਸਾਡੀ ਅਕਾਸ਼ ਗੰਗਾਂ ਨਾਮਕ ਗਲੈਕਸੀ ਵਿੱਚ ਵਿਚਰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਜਿਹੜੀ ਖੁਦ ਵੀ ਸਥਾਨਿਕ ਗਲੈਕਸੀਆਂ ਦੇ ਸਮੂਹ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰਦੀ ਹੈ।

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਮੇਂ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਵਸਤੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਨੂੰ ਗਤੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਸਥਿਤੀ ਕਿਵੇਂ ਬਦਲਦੀ ਹੈ? ਇਸ ਅਧਿਆਇ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਗਤੀ ਦੇ ਬਾਰੇ ਪੜ੍ਹਾਂਗੇ। ਇਸਦੇ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਵੇਗ ਅਤੇ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦੀ ਧਾਰਨਾ ਨੂੰ ਸਮਝਣਾ ਪਵੇਗਾ। ਇਸ ਅਧਿਆਇ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਆਪਣਾ ਅਧਿਐਨ ਵਸਤੂ ਦੀ ਇੱਕ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਤੱਕ ਹੀ ਸੀਮਿਤ ਰੱਖਾਂਗੇ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਗਤੀ ਨੂੰ **ਸਰਲ ਰੇਖੀ ਗਤੀ** (rectilinear motion) ਵੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਸਰਲ ਰੇਖੀ ਗਤੀ ਦੇ ਲਈ ਕੁਝ ਸਰਲ ਸਮੀਕਰਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੇ ਜਾ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਸੁਭਾਅ ਨੂੰ ਸਮਝਣ ਲਈ ਸਾਪੇਖੀ ਗਤੀ ਦੀ ਧਾਰਨਾ ਪੇਸ਼ ਕਰਾਂਗੇ।

ਇਸ ਅਧਿਐਨ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਸਾਰੀਆਂ ਗਤੀ ਕਰਦੀਆਂ ਵਸਤੂਆਂ ਨੂੰ ਅਤਿ ਸੂਖਮ ਮੰਨ ਕੇ ਬਿੰਦੂ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਵਾਂਗੇ। ਇਹ ਨਜ਼ਦੀਕੀ ਨੇੜਤਾ (approximation) ਉਦੋਂ ਤੱਕ ਮੰਨਣਯੋਗ ਹੈ ਜਦੋਂ ਤੱਕ ਵਸਤੂ ਦਾ ਅਕਾਰ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਵਸਤੂ ਦੁਆਰਾ ਤੈਅ ਕੀਤੀ ਦੂਰੀ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਅਸਲ ਜੀਵਨ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਹਾਲਾਤਾਂ ਵਿੱਚ ਵਸਤੂਆਂ ਦੇ ਸਾਈਜ਼ ਦੀ ਉਪੇਖਿਆ (neglecting size) ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਬਿਨਾਂ ਜ਼ਿਆਦਾ ਤਰੁੱਟੀ ਦੇ ਉਹਨਾਂ ਨੂੰ ਇੱਕ ਬਿੰਦੂ-ਵਸਤੂ (point object) ਮੰਨਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਸ਼ੁੱਧਗਤੀਕੀ (Kinematics) ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਵਸਤੂ ਦੀ ਗਤੀ ਦੇ ਕਾਰਨਾਂ ਤੇ ਧਿਆਨ ਨਾ ਦੇ ਕੇ ਸਿਰਫ਼ ਉਸਦੀ ਗਤੀ ਦਾ ਹੀ ਅਧਿਐਨ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਅਧਿਆਇ ਅਤੇ ਅਗਲੇ ਅਧਿਆਇ ਵਿੱਚ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੀਆਂ ਗਤੀਆਂ ਦਾ ਵਰਨਣ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਗਤੀਆਂ ਦੇ ਕਾਰਨਾਂ ਦਾ ਅਧਿਐਨ, ਅਸੀਂ ਪੰਜਵੇਂ ਅਧਿਆਇ ਵਿੱਚ ਕਰਾਂਗੇ।

3.2 ਸਥਿਤੀ, ਰਸਤੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਅਤੇ ਵਿਸਥਾਪਨ (POSITION, PATH LENGTH AND DISPLACEMENT)

ਪਹਿਲਾਂ ਤੁਸੀਂ ਪੜ੍ਹਿਆ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਨੂੰ ਗਤੀ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਸਥਿਤੀ ਦੇ ਨਿਰਧਾਰਨ ਦੇ ਲਈ ਇੱਕ ਸੰਦਰਭ ਬਿੰਦੂ (reference point) ਅਤੇ ਧੁਰਿਆਂ ਦੇ ਇੱਕ ਸਮੂਹ (set of axes) ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸਦੇ ਲਈ ਇੱਕ ਸਮਕੋਣੀ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕ ਸਿਸਟਮ (rectangular coordinate system) ਦੀ ਚੋਣ ਸੁਵਿਧਾਜਨਕ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਸਿਸਟਮ ਵਿਚ ਤਿੰਨ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਲੰਬ ਰੂਪ ਧੁਰੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ X–, Y– ਅਤੇ Z-ਧੁਰਾ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਧੁਰਿਆਂ ਦੇ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਸਾਂਝੇ ਕਟਾਵ ਬਿੰਦੂ (Point of intersection) ਨੂੰ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ (origin) (O) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਹ ਸੰਦਰਭ ਬਿੰਦੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਦੇ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕ (x, y, z) ਇਸ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕ ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਉਸ ਵਸਤੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ (Position) ਨੂੰ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਸਮਾਂ ਨਾਪਨ ਲਈ ਇਸ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕ ਸਿਸਟਮ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਘੜੀ ਰੱਖੀ ਗਈ ਹੈ। ਘੜੀ ਸਮੇਤ ਇਸ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕ ਸਿਸਟਮ ਨੂੰ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਤੰਤਰ (frame of reference) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਦੇ ਇੱਕ ਜਾਂ ਵੱਧ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਬਦਲਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਵਸਤੂ ਨੂੰ ਗਤੀਸ਼ੀਲ (in motion) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਨਹੀਂ ਤਾਂ ਉਸ ਵਸਤੂ ਨੂੰ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਤੰਤਰ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ (state of rest) ਵਿੱਚ ਮੰਨਦੇ ਹਾਂ।

ਕਿਸੇ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਤੰਤਰ ਵਿੱਚ ਧੁਰਿਆਂ ਦੀ ਚੋਣ ਸਥਿਤੀ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ, ਇੱਕ ਵਿਮ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਣ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਸਿਰਫ਼ ਇੱਕ ਧੁਰੇ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਦੋ/ਤਿੰਨ ਵਿਮਾਂ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਣ ਲਈ ਦੋ/ਤਿੰਨ ਧੁਰਿਆਂ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਕਿਸੇ ਘਟਨਾ ਦਾ ਵਰਨਣ ਇਸਦੇ ਲਈ ਚੁਣੇ ਗਏ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਤੰਤਰ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ, ਜਦੋਂ ਅਸੀਂ ਕਹਿੰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਸੜਕ ਤੇ ਕਾਰ ਚੱਲ ਰਹੀ ਹੈ ਤਾਂ ਅਸਲ ਵਿੱਚ 'ਕਾਰ ਦੀ ਗਤੀ' ਦਾ ਵਰਨਣ ਅਸੀਂ ਖੁਦ ਜਾਂ ਜਮੀਨ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਤੰਤਰ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਜੇ ਅਸੀਂ ਕਾਰ ਵਿੱਚ ਬੈਠੇ ਕਿਸੇ ਵਿਅਕਤੀ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਤੰਤਰ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਕਾਰ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਦਾ ਵਰਨਣ ਕਰੀਏ ਤਾਂ ਕਾਰ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹੋਵੇਗੀ।

ਇੱਕ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਦੀ ਗਤੀ ਦੇ ਵਿਵਰਣ ਲਈ ਅਸੀਂ ਇੱਕ ਧੁਰੇ (ਮੰਨ ਲਉ x-ਧੁਰੇ) ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚੁਣ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਉਹ ਵਸਤੂ ਦੇ ਰਸਤੇ ਨਾਲ ਮੇਲ ਖਾਂਦਾ (coincide) ਹੋਵੇ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਸਤੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਆਪਣੀ ਸਹੂਲਤ ਅਨੁਸਾਰ ਚੁਣੇ ਗਏ ਕਿਸੇ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ (ਮੰਨ ਲਉ ਚਿੱਤਰ 3.1 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਗਏ ਬਿੰਦੂ O) ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹਾਂ। ਬਿੰਦੂ O ਦੇ ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਦੇ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਧਨਾਤਮਕ ਅਤੇ ਖੱਬੇ ਪਾਸੇ ਦੇ ਸਥਿਤੀ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕ ਨੂੰ ਰਿਣਾਤਮਕ ਕਹਾਂਗੇ। ਇਸ ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਚਿੱਤਰ 3.1 ਵਿੱਚ ਬਿੰਦੂ P ਅਤੇ Q ਦੇ ਸਥਿਤੀ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕ ਕ੍ਰਮਵਾਰ +360 m ਅਤੇ +240 m ਹਨ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਬਿੰਦੂ R ਦਾ ਸਥਿਤੀ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕ –120 m ਹੈ।

ਰਸਤੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ (PATH LENGTH)

ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ ਕਿ ਕੋਈ ਕਾਰ ਇੱਕ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰ ਰਹੀ ਹੈ। ਅਸੀਂ x-ਧੁਰੇ ਦੀ ਚੋਣ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਇਹ ਗਤੀ ਕਰ ਰਹੀ ਕਾਰ ਦੇ ਰਸਤੇ ਨਾਲ ਮੇਲ ਖਾਂਦਾ (coincide) ਹੋਵੇ। ਧੁਰੇ ਦਾ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਉਹ ਹੈ ਜਿੱਥੋਂ ਕਾਰ ਚੱਲਣਾ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰਦੀ ਹੈ, ਭਾਵ ਸਮਾਂ $t = 0$ ਤੇ ਕਾਰ $x = 0$ ਤੇ ਸੀ (ਚਿੱਤਰ 3.1)। ਮੰਨ ਲਉ ਕਿ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਛਿਣਾਂ ਤੇ ਕਾਰ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਬਿੰਦੂਆਂ P, Q ਅਤੇ R ਨਾਲ ਦਰਸਾਈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇੱਥੇ ਅਸੀਂ ਗਤੀ ਦੀਆਂ ਦੋ ਸਥਿਤੀਆਂ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਾਂਗੇ। ਪਹਿਲੀ ਵਿੱਚ ਕਾਰ O ਤੋਂ P ਤੱਕ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ, ਕਾਰ ਦੁਆਰਾ ਤੈਅ ਕੀਤੀ ਗਈ ਦੂਰੀ OP = + 360 m ਹੈ। **ਇਸ ਦੂਰੀ ਨੂੰ ਕਾਰ ਦੁਆਰਾ ਤੈਅ ਕੀਤੀ ਗਈ ਪਥ ਲੰਬਾਈ** (distance) **ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ**। ਦੂਸਰੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਕਾਰ ਪਹਿਲਾਂ O ਤੋਂ P ਤੱਕ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਫਿਰ P ਤੋਂ Q ਤੱਕ ਵਾਪਸ ਆ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਗਤੀ ਦੇ ਇਸ ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਕਾਰ ਦੁਆਰਾ ਤੈਅ ਕੀਤੀ ਗਈ ਰਸਤੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ = OP + PQ = 360 m + (+ 120 m) = + 480 m ਹੋਵੇਗੀ। ਕਿਉਂਕਿ ਰਸਤੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਵਿੱਚ ਸਿਰਫ਼ ਪਰਿਮਾਣ (ਮਾਤਰਾ, Magnitude) ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਦਿਸ਼ਾ ਨਹੀਂ, ਇਸ ਲਈ ਇਹ ਇੱਕ ਅਦਿਸ਼ ਰਾਸ਼ੀ ਹੈ (ਪਾਠ – 4 ਦੇਖੋ)।

ਵਿਸਥਾਪਨ (DISPLACEMENT)

ਇੱਥੇ ਇਹ ਪ੍ਰਸੰਗਿਕ ਹੋਵੇਗਾ ਕਿ ਅਸੀਂ ਇੱਕ ਦੂਸਰੀ ਉਪਯੋਗੀ ਰਾਸ਼ੀ ਵਿਸਥਾਪਨ ਨੂੰ ਵਸਤੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰੀਏ। ਕਲਪਨਾ ਕਰੋ ਕਿ ਸਮੇਂ t_1 ਅਤੇ t_2 ਤੇ ਵਸਤੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਕ੍ਰਮਵਾਰ x_1 ਅਤੇ x_2 ਹੈ। ਤਾਂ ਸਮਾਂ $\Delta t = (t_2 - t_1)$ ਵਿੱਚ ਉਸਦਾ ਵਿਸਥਾਪਨ ਜਿਸ ਨੂੰ ਅਸੀਂ Δx ਨਾਲ ਦਰਸਾਵਾਂਗੇ, ਅੰਤਿਮ ਅਤੇ ਅਰੰਭਿਕ ਸਥਿਤੀਆਂ ਦੇ ਅੰਤਰ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

$$\Delta x = x_2 - x_4$$

(ਇੱਥੇ ਗ੍ਰੀਕ ਅੱਖਰ ਡੈਲਟਾ (Δ) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਿਸੇ ਰਾਸ਼ੀ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਣ ਲਈ ਕਰਦੇ ਹਾਂ)।

ਜੇ $x_2 > x_1$ ਤਾਂ Δx ਧਨਾਤਮਕ ਹੋਵੇਗਾ, ਪਰ ਜੇ $x_2 < x_1$ ਤਾਂ Δx ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੋਵੇਗਾ।

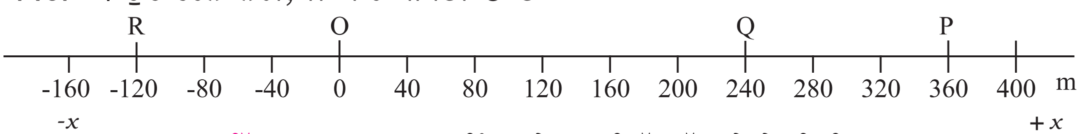
ਵਿਸਥਾਪਨ ਵਿੱਚ ਪਰਿਮਾਣ ਅਤੇ ਦਿਸ਼ਾ ਦੋਵੇਂ ਹੁੰਦੇ ਹਨ । ਅਜਿਹੀਆਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਸਦਿਸ਼ਾਂ (vectors) ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਤੁਸੀਂ ਸਦਿਸ਼ਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਅਗਲੇ ਅਧਿਆਇ ਵਿੱਚ ਪੜ੍ਹੋਗੇ। ਇਸ ਅਧਿਆਇ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਸਰਲ ਗਤੀ (ਜਿਸ ਨੂੰ ਅਸੀਂ **ਰੇਖੀ ਗਤੀ** (rectilinear motion) ਕਹਿੰਦੇ ਹਾਂ) ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਪੜ੍ਹਾਂਗੇ।

ਇੱਕ ਵਿਮੀ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਸਿਰਫ਼ ਦੋ ਹੀ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ (ਅੱਗੇ ਵੱਲ ਅਤੇ ਪਿੱਛੇ ਵੱਲ ਜਾਂ ਉੱਪਰ ਵੱਲ ਅਤੇ ਹੇਠਾਂ ਵੱਲ) ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਵਸਤੂ ਗਤੀ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਦੋਨੋਂ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਸਹੂਲਤ ਲਈ + ਅਤੇ - ਸੰਕੇਤਾਂ ਨਾਲ ਵਿਅਕਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ ਜੇ ਕਾਰ ਸਥਿਤੀ O ਤੋਂ P ਤੱਕ ਪੁੱਜਦੀ ਹੈ, ਤਾਂ ਉਸਦਾ ਵਿਸਥਾਪਨ

$\Delta x = x_2 - x_1$ = (+360 m) – 0 m = +360 m ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸ ਵਿਸਥਾਪਨ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ (magnitude) 360 m ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਦਿਸ਼ਾ x ਦੀ ਧਨਾਤਮਕ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੋਵੇਗੀ ਜਿਸ ਨੂੰ ਅਸੀਂ + ਸੰਕੇਤ ਨਾਲ ਲਿਖਾਂਗੇ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਾਰ ਦਾ P ਤੋਂ Q ਤੱਕ ਦਾ ਵਿਸਥਾਪਨ 240 m – 360 m = – 120 m ਹੋਵੇਗਾ। ਰਿਣਾਤਮਕ ਚਿੰਨ੍ਹ ਵਿਸਥਾਪਨ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵੱਲ ਇਸ਼ਾਰਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ, ਵਸਤੂ ਦੀ ਇੱਕ ਵਿਮੀ ਗਤੀ ਦੇ ਵਿਵਰਨ ਦੇ ਲਈ ਸਦਿਸ਼ ਸੰਕੇਤ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਵਿਸਥਾਪਨ ਦੀ ਮਾਤਰਾ ਗਤੀ ਵਿਚਲੀ ਵਸਤੂ ਦੁਆਰਾ ਤੈਅ ਕੀਤੀ ਰਸਤੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਵੀ ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਨਹੀਂ ਵੀ ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਜੇ ਕਾਰ ਸਥਿਤੀ O ਤੋਂ ਚੱਲ ਕੇ P ਤੱਕ ਪੁੱਜ ਜਾਵੇ, ਤਾਂ ਰਸਤੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ = +360 m ਅਤੇ ਵਿਸਥਾਪਨ = +360 m ਹੋਵੇਗਾ। ਜਿੱਥੇ ਵਿਸਥਾਪਨ ਦੀ ਮਾਤਰਾ (360 m) ਰਸਤੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ ਪਰ ਜੇ ਕਾਰ O ਤੋਂ ਚੱਲ ਕੇ P ਤੱਕ ਜਾਵੇ ਅਤੇ ਫਿਰ Q ਤੱਕ ਵਾਪਸ ਆ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਰਸਤੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ = (+360 m) + (+120 m) = +480 m ਹੋਵੇਗੀ ਪਰੰਤੂ ਵਿਸਥਾਪਨ = (+ 240 m) – 0m = +240 m ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸ ਵਾਰ ਵਿਸਥਾਪਨ ਦੀ ਮਾਤਰਾ (240 m) ਕਾਰ ਦੁਆਰਾ ਚੱਲੀ ਗਈ ਰਸਤੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ (480 m) ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਨਹੀਂ (ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਘੱਟ) ਹੈ।

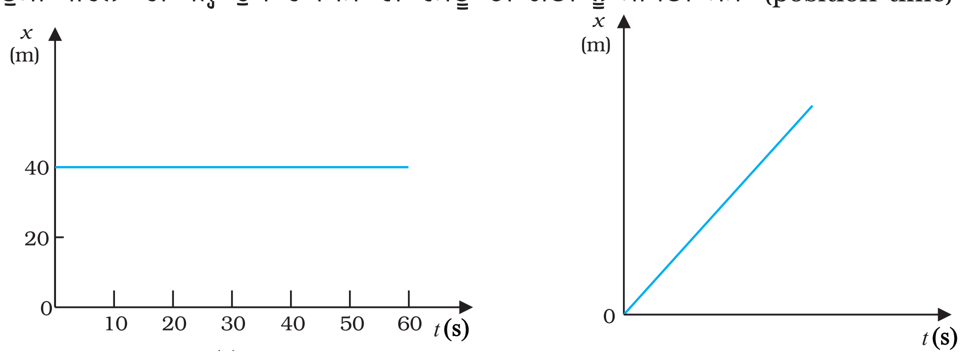
ਵਿਸਥਾਪਨ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ (ਮਾਤਰਾ ਜਾਂ ਮਿਕਦਾਰ, magnitude) ਗਤੀ ਦੇ ਇਸ ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲ ਲਈ ਜ਼ੀਰੋ ਵੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਇਸ ਦੇ ਸੰਗਤ ਪਥ ਲੰਬਾਈ **ਜ਼ੀਰੋ ਨਹੀਂ** ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਚਿੱਤਰ 3.1 ਵਿੱਚ ਜੇ ਕਾਰ O ਤੋਂ ਚੱਲ ਕੇ P ਤੱਕ ਜਾਵੇ ਅਤੇ ਮੁੜ O ਤੇ ਵਾਪਸ ਆ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਕਾਰ ਦੀ ਅੰਤਿਮ ਸਥਿਤੀ ਅਤੇ ਅਰੰਭਿਕ ਸਥਿਤੀ ਨਾਲ ਮੇਲ ਖਾਂਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਵਿਸਥਾਪਨ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਪਰ ਕਾਰ ਦੀ ਇਸ ਪੂਰੀ ਯਾਤਰਾ ਦੇ ਲਈ ਕੁੱਲ ਰਸਤੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ (ਪਥ ਲੰਬਾਈ (path length))



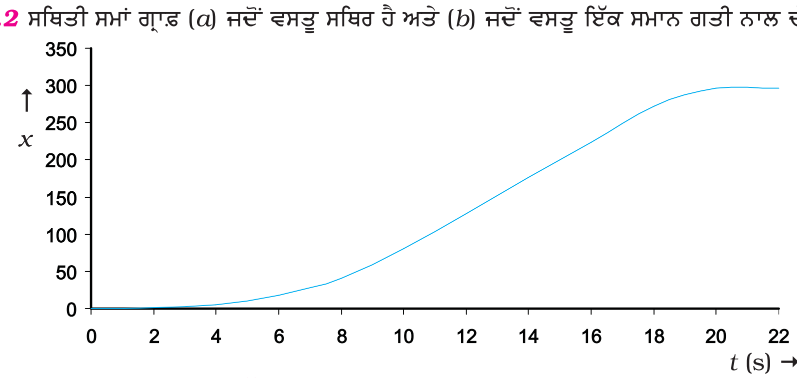
ਚਿੱਤਰ ***3.1*** (x-ਧੁਰਾ, ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ ਅਤੇ ਕਾਰ ਦੀ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸਮੇਂ ਤੇ ਸਥਿਤੀ)

OP + PO = +360 m + 360 m = +720 m ਹੋਵੇਗੀ।

ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਤੁਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਹੀ ਪੜ੍ਹ ਚੁੱਕੇ ਹੋ ਕਿਸੇ ਵੀ ਵਸਤੂ ਦੀ ਗਤੀ ਨੂੰ ਸਥਿਤੀ-ਸਮਾਂ (position-time) ਗ੍ਰਾਫ਼ ਦੁਆਰਾ



ਚਿੱਤਰ ***3.2*** ਸਥਿਤੀ ਸਮਾਂ ਗ੍ਰਾਫ਼ (*a*) ਜਦੋਂ ਵਸਤੂ ਸਥਿਰ ਹੈ ਅਤੇ (*b*) ਜਦੋਂ ਵਸਤੂ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਨਾਲ ਚੱਲ ਰਹੀ ਹੈ।

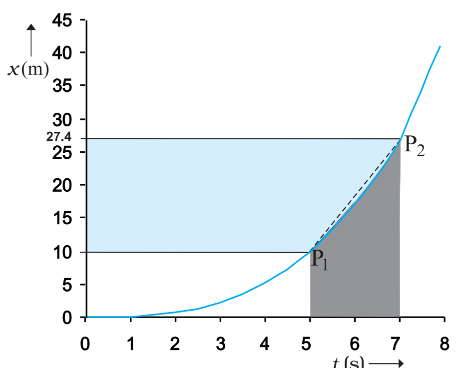


ਚਿੱਤਰ ***3.3*** ਕਾਰ ਦਾ ਸਥਿਤੀ-ਸਮਾਂ ਗ੍ਰਾਫ਼

ਗਤੀ ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪਹਿਲੂਆਂ ਨੂੰ ਦਰਸਾਇਆ ਅਤੇ ਵਿਸ਼ਲੇਸ਼ਣ ਸੌਖਿਆਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਸਰਲ ਰੇਖਾ (ਜਿਵੇਂ – x-ਧੁਰਾ) ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰ ਰਹੀ ਵਸਤੂ ਦੇ ਲਈ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਸਿਰਫ਼ x- ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕ ਹੀ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਾਨੂੰ $x - t$ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਸਭ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਇੱਕ ਸਧਾਰਨ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਾਂਗੇ। ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਵਸਤੂ ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਇੱਕ ਕਾਰ $x = 40$ m ਤੇ ਸਥਿਤ ਹੈ। ਅਜਿਹੀ ਸਥਿਤੀ ਦੇ ਲਈ ਸਥਿਤੀ-ਸਮਾਂ (x – t) ਗ੍ਰਾਫ਼ ਸਮਾਂ-ਧੁਰਾ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਇੱਕ ਸਿੱਧੀ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਚਿੱਤਰ 3.2 (a) ਵਿੱਚ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਜੇ ਕੋਈ ਵਸਤੂ ਬਰਾਬਰ ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਬਰਾਬਰ ਦੂਰੀ ਤੈਅ ਕਰਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਉਸ ਵਸਤੂ ਦੀ ਗਤੀ **ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਗਤੀ** (uniform motion) ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੀ ਗਤੀ ਦਾ ਸਥਿਤੀ-ਸਮਾਂ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਚਿੱਤਰ 3.2 (b) ਵਿੱਚ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

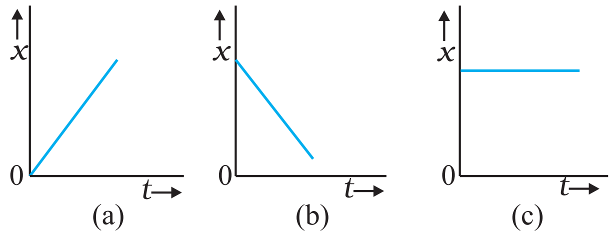
ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਉਸ ਕਾਰ ਦੀ ਗਤੀ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਾਂਗੇ ਜੋ ਮੂਲ ਬਿੰਦੂ O ਤੋਂ $t = 0s$ ਤੇ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਤੋਂ ਚੱਲਣਾ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਦੀ ਚਾਲ (speed) $t = 10s$ ਤੱਕ ਵੱਧਦੀ ਹੀ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ। ਇਸਦੇ ਬਾਅਦ ਉਹ $t = 18s$ ਤੱਕ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚਾਲ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਸਮੇਂ ਇਸ ਵਿੱਚ ਬ੍ਰੇਕ ਲਗਾਈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਇਹ $t = 20s$ ਅਤੇ $x = 296$ m ਤੇ ਰੁਕ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਅਜਿਹੀ ਕਾਰ ਦਾ ਸਥਿਤੀ-ਸਮਾਂ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਚਿੱਤਰ 3.3 ਵਿੱਚ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਇਸ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਦੀ ਚਰਚਾ ਇਸੇ ਅਧਿਆਇ ਵਿੱਚ ਅੱਗੇ ਆਉਣ ਵਾਲੇ ਕੁਝ ਭਾਗਾਂ ਵਿੱਚ ਮੁੜ ਤੋਂ ਕਰਾਂਗੇ।



ਚਿੱਤਰ 3.4 ਔਸਤ ਚਾਲ ਰੇਖਾ P_1, P_2 ਦੀ ਢਾਲ (Slope) ਹੈ।

3.3 ਔਸਤ ਵੇਗ ਅਤੇ ਔਸਤ ਚਾਲ (AVERAGE VELOCITY AND AVERAGE SPEED)

ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਵਸਤੂ ਗਤੀਮਾਨ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਉਸਦੀ ਸਥਿਤੀ ਬਦਲਦੀ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ। ਸਵਾਲ ਉੱਠਦਾ ਹੈ ਕਿ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ ਕਿੰਨੀ ਤੇਜ਼ੀ ਨਾਲ ਵਸਤੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਹੋਇਆ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਪਰਿਵਰਤਨ ਕਿਸ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ? ਇਸ ਦੇ ਵਿਵਰਨ ਦੇ ਲਈ ਅਸੀਂ ਇੱਕ ਰਾਸ਼ੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਜਿਸ ਨੂੰ **ਔਸਤ ਵੇਗ (average velocity)** ਕਿਹਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਜਾਂ ਵਿਸਥਾਪਨ Δx ਨੂੰ ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ Δt ਦੁਆਰਾ ਭਾਗ ਕਰਨ ਤੇ ਔਸਤ ਵੇਗ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ $\bar{v}$ ਨਾਲ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 3.5 ਸਥਿਤੀ-ਸਮਾਂ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਉਸ ਵਸਤੂ ਲਈ (*a*) ਜੋ ਧਨਾਤਮਕ ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਹੈ। (*b*) ਜੋ ਰਿਣਾਤਮਕ ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਹੈ। (*c*) ਜੋ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹੈ।

$$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad ...(3.1)$$

ਇੱਥੇ x_1, ਅਰੰਭਿਕ ਸਮੇਂ (initial time) t_1 ਤੇ ਅਤੇ x_2 ਅੰਤਿਮ ਸਮੇਂ (final time) t_2 ਤੇ ਵਸਤੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਨੂੰ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇੱਥੇ ਵੇਗ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਕ (v) ਦੇ ਉੱਪਰ ਲਗਾਈ ਗਈ 'ਰੇਖਾ' ਵੇਗ ਦੇ ਔਸਤ ਮਾਨ ਨੂੰ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਰਾਸ਼ੀ ਦੇ ਔਸਤ ਮਾਨ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਣ ਦੀ ਇਹ ਇੱਕ ਮਾਨਕ ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਹੈ। ਵੇਗ ਦਾ S.I. ਮਾਤਰਕ m/s ਜਾਂ ms^{-1} ਹੈ। ਜਦੋਂ ਕਿ ਰੋਜ਼ਾਨਾ ਵਰਤੋਂ ਵਿੱਚ ਉਸ ਦੇ ਲਈ km/h ਦੀ ਵੀ ਵਰਤੋਂ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਵਿਸਥਾਪਨ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਔਸਤ ਵੇਗ ਵੀ ਇੱਕ ਸਦਿਸ਼ ਰਾਸ਼ੀ ਹੈ। ਇਸ ਵਿੱਚ ਦਿਸ਼ਾ ਅਤੇ ਮਾਤਰਾ ਦੋਨੋਂ ਹੀ ਸਮਾਏ ਹੋਏ ਹਨ ਪਰ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਅਸੀਂ ਪਿੱਛੇ ਸਪੱਸ਼ਟ ਕਰ ਚੁੱਕੇ ਹਾਂ, ਜੇ ਵਸਤੂ ਇੱਕ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰਦੀ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਉਸਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਣ ਲਈ (+) ਜਾਂ (–) ਚਿੰਨ੍ਹਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਅਧਿਆਇ ਵਿੱਚ ਵੇਗ ਦੇ ਲਈ ਸਦਿਸ਼ ਸੰਕੇਤਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਨਹੀਂ ਕਰਾਂਗੇ।

ਚਿੱਤਰ 3.3 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਈ ਕਾਰ ਦੀ ਗਤੀ ਲਈ $x - t$ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਦਾ $t = 0s$ ਅਤੇ $t = 8s$ ਦੇ ਵਿਚਲੇ ਭਾਗ ਨੂੰ ਵੱਡਾ ਕਰਕੇ ਚਿੱਤਰ 3.4 ਵਿੱਚ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਤੋਂ ਸਾਫ਼ ਹੈ, $t = 5s$ ਅਤੇ $t = 7s$ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰਲੇ ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਕਾਰ ਦਾ ਔਸਤ ਵੇਗ ਹੋਵੇਗਾ :

$$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{(27.4 - 10.0)\,\text{m}}{(7-5)\,\text{s}} = 8.7\ \text{m s}^{-1}$$

ਇਹ ਮਾਨ ਚਿੱਤਰ 3.4 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਈ ਗਈ ਸਰਲ ਰੇਖਾ P_1P_2 ਦੀ ਢਾਲ (slope) ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਹ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਕਾਰ ਦੀ ਅਰੰਭਿਕ ਸਥਿਤੀ P_1 ਨੂੰ ਉਸ ਦੀ ਅੰਤਿਮ ਸਥਿਤੀ P_2 ਨਾਲ ਮਿਲਾਉਂਦੀ ਹੈ।

ਔਸਤ ਵੇਗ ਦਾ ਰਿਣਾਤਮਕ ਜਾਂ ਧਨਾਤਮਕ ਹੋਣਾ ਵਿਸਥਾਪਨ ਦੇ ਚਿੰਨ੍ਹ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਵਿਸਥਾਪਨ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋਵੇਗਾ ਤਾਂ ਔਸਤ ਵੇਗ ਦਾ ਮਾਨ ਵੀ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋਵੇਗਾ। ਧਨਾਤਮਕ ਅਤੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਵੇਗ ਨਾਲ ਚਲਦੀ ਹੋਈ ਵਸਤੂ ਦੇ ਲਈ $x - t$ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਕ੍ਰਮਵਾਰ ਚਿੱਤਰ 3.5 (a) ਅਤੇ ਚਿੱਤਰ 3.5 (b) ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਗਏ ਹਨ। ਕਿਸੇ ਸਥਿਰ ਵਸਤੂ ਦੇ ਲਈ $x - t$ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਚਿੱਤਰ 3.5 (c) ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਔਸਤ ਵੇਗ ਨੂੰ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਸਿਰਫ਼ ਵਿਸਥਾਪਨ ਦਾ ਪਤਾ ਹੋਣਾ ਹੀ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਦੇਖ ਚੁੱਕੇ ਹਾਂ ਕਿ ਵਿਸਥਾਪਨ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਅਸਲ ਰਸਤੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਤੋਂ ਵੱਖ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਅਸਲ ਰਸਤੇ ਤੇ ਵਸਤੂ ਦੀ ਗਤੀ ਦੀ ਦਰ ਦੇ ਲਈ ਅਸੀਂ ਇੱਕ ਦੂਸਰੀ ਰਾਸ਼ੀ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਜਿਸ ਨੂੰ **ਔਸਤ ਚਾਲ (average speed)** ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

ਵਸਤੂ ਦੀ ਯਾਤਰਾ ਨੂੰ ਲੱਗੇ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਤੈਅ ਕੀਤੀ ਗਈ ਕੁੱਲ ਰਸਤੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਅਤੇ ਇਸ ਵਿੱਚ ਲੱਗੇ ਸਮੇਂ ਦੇ ਭਾਗਫ਼ਲ ਨੂੰ **ਔਸਤ ਚਾਲ** ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

$$\text{ਔਸਤ ਚਾਲ} = \frac{\text{ਸੰਪੂਰਨ ਪਥ ਲੰਬਾਈ}}{\text{ਸੰਪੂਰਨ ਸਮਾਂ ਅਵਧੀ}} \quad ...(3.2)$$

ਔਸਤ ਚਾਲ ਦਾ ਉਹੀ ਮਾਤਰਕ (ms^{-1}) ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਵੇਗ ਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਪਰ ਔਸਤ ਚਾਲ ਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਨਹੀਂ ਚਲਦਾ ਕਿ ਵਸਤੂ ਕਿਸ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀਕੋਣ ਤੋਂ ਔਸਤ ਚਾਲ ਸਦਾ ਹੀ ਧਨਾਤਮਕ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। (ਜਦੋਂ ਕਿ ਔਸਤ ਵੇਗ ਧਨਾਤਮਕ ਜਾਂ ਰਿਣਾਤਮਕ ਕੁਝ ਵੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ)। ਜੇ ਵਸਤੂ ਇੱਕ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਕੇਵਲ **ਇੱਕ ਹੀ ਦਿਸ਼ਾ** ਵਿੱਚ ਚਲਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਵਿਸਥਾਪਨ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਕੁੱਲ ਰਸਤੇ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇਗਾ ਅਜਿਹੇ ਹਾਲਾਤਾਂ ਵਿੱਚ ਵਸਤੂ ਦੇ ਔਸਤ ਵੇਗ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਉਸਦੀ ਔਸਤ ਚਾਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇਗਾ। ਪਰ ਇਹ ਗੱਲ ਸਦਾ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗੀ। ਇਹ ਤੁਸੀਂ ਉਦਾਹਰਨ 3.1 ਵਿੱਚ ਦੇਖੋਗੇ।

ਉਦਾਹਰਨ 3.1 ਕੋਈ ਕਾਰ ਇੱਕ ਸਰਲ ਰੇਖਾ (ਮੰਨ ਲਉ ਚਿੱਤਰ 3.1 ਵਿੱਚ ਰੇਖਾ OP) ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰ ਰਹੀ ਹੈ। ਕਾਰ O ਤੋਂ ਚੱਲ ਕੇ 18s ਵਿੱਚ P ਤੱਕ ਪੁੱਜਦੀ ਹੈ, ਫਿਰ 6.0s ਵਿੱਚ ਸਥਿਤੀ Q ਤੇ ਵਾਪਸ ਆ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਕਾਰ ਦੇ ਔਸਤ ਵੇਗ ਅਤੇ ਔਸਤ ਚਾਲ ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰੋ, ਜਦੋਂ (a) ਕਾਰ O ਤੋਂ P ਤੱਕ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਅਤੇ (b) ਜਦੋਂ ਉਹ O ਤੋਂ P ਤੱਕ ਜਾ ਕੇ ਮੁੜ Q ਤੇ ਵਾਪਸ ਆ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

ਹੱਲ : (a) $\text{ਔਸਤ ਵੇਗ} = \dfrac{\text{ਵਿਸਥਾਪਨ}}{\text{ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ}}$

ਜਾਂ $$\bar{v} = \frac{+360 \text{ m}}{18 \text{ s}} = +20 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{ਔਸਤ ਚਾਲ} = \frac{\text{ਪਥ ਦੂਰੀ}}{\text{ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ}}$$

$$= \frac{360 \text{ m}}{18 \text{ s}} = 20 \text{ m s}^{-1}$$

ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਔਸਤ ਚਾਲ ਦਾ ਮਾਨ ਔਸਤ ਵੇਗ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ।

(b) $$\text{ਔਸਤ ਵੇਗ} = \frac{\text{ਵਿਸਥਾਪਨ}}{\text{ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ}}$$

$$= \left(\frac{+240m}{(18+6.0)\text{ s}}\right) = \frac{240}{24} = +10 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{ਔਸਤ ਚਾਲ} = \frac{\text{ਪਥ ਲੰਬਾਈ}}{\text{ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ}} = \frac{OP+PQ}{t}$$

$$= \frac{(360+120)\text{ m}}{24 \text{ s}} = 20 \text{ m s}^{-1}$$

ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਔਸਤ ਚਾਲ ਦਾ ਮਾਨ ਔਸਤ ਵੇਗ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਸ ਦਾ ਕਾਰਨ ਕਾਰ ਦੀ ਗਤੀ ਦੇ ਦੌਰਾਨ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਦਿਸ਼ਾ ਪਰਿਵਰਤਨ ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਪਥ ਲੰਬਾਈ ਵਿਸਥਾਪਨ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੈ। ਇਸ ਤੋਂ ਸਾਫ਼ ਹੈ ਕਿ **ਵਸਤੂ ਦੀ ਚਾਲ ਸਧਾਰਨ ਤੌਰ 'ਤੇ ਵੇਗ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।**

ਜੇ ਉਦਾਹਰਨ 3.1 ਵਿੱਚ ਜੇ ਕਾਰ ਸਥਿਤੀ O ਤੋਂ P ਬਿੰਦੂ ਤੱਕ ਜਾਵੇ ਅਤੇ ਉਸੇ ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਉਹ O ਤੇ ਵਾਪਸ ਆ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਕਾਰ ਦੀ ਔਸਤ ਚਾਲ $20 ms^{-1}$ ਹੋਵੇਗੀ ਪਰ ਉਸਦਾ ਔਸਤ ਵੇਗ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋਵੇਗਾ।

3.4 ਤਤਕਾਲੀ ਵੇਗ ਅਤੇ ਚਾਲ (INSTANTANEOUS VELOCITY AND SPEED)

ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਅਸੀਂ ਪੜ੍ਹ ਚੁੱਕੇ ਹਾਂ ਕਿ ਔਸਤ ਵੇਗ ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਇਹ ਪਤਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ ਕਿ ਕੋਈ ਵਸਤੂ ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਕਿਸ ਗਤੀ ਨਾਲ ਚੱਲ ਰਹੀ ਹੈ ਪਰ ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਨਹੀਂ ਲੱਗਦਾ ਕਿ ਇਸ ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲ ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਛਿਣਾਂ ਤੇ ਉਹ ਕਿਸ ਗਤੀ ਨਾਲ ਚੱਲ ਰਹੀ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਕਿਸੇ ਛਿਣ t ਤੇ ਵੇਗ ਦੇ ਲਈ ਅਸੀਂ **ਤਤਕਾਲੀ ਵੇਗ** ਜਾਂ ਸਿਰਫ਼ ਵੇਗ $\boldsymbol{v}$ ਨੂੰ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ।

ਗਤੀ ਵਿਚਲੀ ਵਸਤੂ ਦਾ ਤਤਕਾਲੀ ਵੇਗ ਉਸਦੇ ਔਸਤ ਵੇਗ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇਗਾ ਜੇ ਉਸਦੇ ਸਮਿਆਂ (t ਅਤੇ $t + \Delta t$) ਦੇ ਵਿਚਲਾ ਅੰਤਰਾਲ (Δt) ਅਤਿ ਸੂਖਮ (infinitesimal small) ਹੋਵੇ। ਗਣਿਤਕ ਵਿਧੀ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਇਸ ਕਥਨ ਨੂੰ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅਨੁਸਾਰ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹਾਂ –

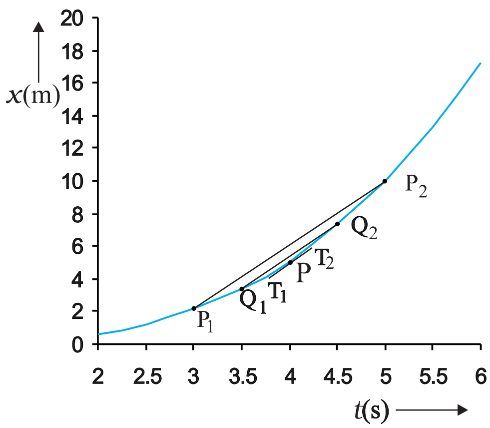
$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad ...(3.3a)$$

$$= \frac{dx}{dt} \quad ...(3.3b)$$

ਇੱਥੇ ਪ੍ਰਤੀਕ $\lim_{\Delta t \to 0}$ ਤੋਂ ਭਾਵ ਉਸਦੇ ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਸਥਿਤ ਰਾਸ਼ੀ (ਜਿਵੇਂ $\frac{\Delta x}{\Delta t}$) ਦਾ ਉਹ ਮਾਨ ਹੈ ਜੋ Δt ਦੇ ਮਾਨ ਨੂੰ ਜ਼ੀਰੋ ਦੇ ਬਿਲਕੁਲ ਨੇੜੇ ਵੱਲ ($\Delta t \to 0$) ਕਰਨ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਵੇਗਾ।

ਕੇਲਕੁਲਸ (calculus) ਦੀ ਭਾਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਸਮੀਕਰਨ (3.3a) ਵਿੱਚ ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਦੀ ਰਾਸ਼ੀ (x) ਦਾ t ਦੇ (x) ਸਾਪੇਖ ਅਵਕਲਨ ਗੁਣਾਂਕ $\frac{dx}{dt}$ ਹੈ। (ਅਨੁਲਗ 3.1 ਦੇਖੋ)। ਇਹ ਗੁਣਾਂਕ ਉਸ ਛਿਣ ਤੇ ਵਸਤੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੀ ਦਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਕਿਸੇ ਛਿਣ ਤੇ ਵਸਤੂ ਦਾ ਵੇਗ ਕੱਢਣ ਦੇ ਲਈ ਅਸੀਂ ਸਮੀਕਰਨ (3.3 a) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਦੇ ਲਈ **ਗ੍ਰਾਫ਼ਿਕ ਜਾਂ ਗਣਿਤਕ ਵਿਧੀ** ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਮੰਨ ਲਉ ਕਿ ਅਸੀਂ ਚਿੱਤਰ (3.3) ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਈ ਗਤੀ ਵਿਚਲੀ ਕਾਰ ਦਾ ਵੇਗ t = 4s (ਬਿੰਦੂ P) ਤੇ ਪਤਾ ਕਰਨਾ ਚਾਹੁੰਦੇ ਹਾਂ। ਗਣਨਾ ਨੂੰ ਸੌਖਾ ਕਰਨ ਲਈ ਇਸ ਚਿੱਤਰ ਨੂੰ 3.6 ਵਿੱਚ ਅਲੱਗ ਸਕੇਲ ਲੈ ਕੇ ਮੁੜ ਬਣਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਪਹਿਲਾਂ ਅਸੀਂ t = 4 s ਨੂੰ ਕੇਂਦਰ ਵਿੱਚ ਰੱਖ ਕੇ Δt ਨੂੰ 2s ਲਈਏ। ਔਸਤ ਵੇਗ ਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਸਰਲ ਰੇਖਾ P_1P_2 (ਚਿੱਤਰ 3.6) ਦੀ

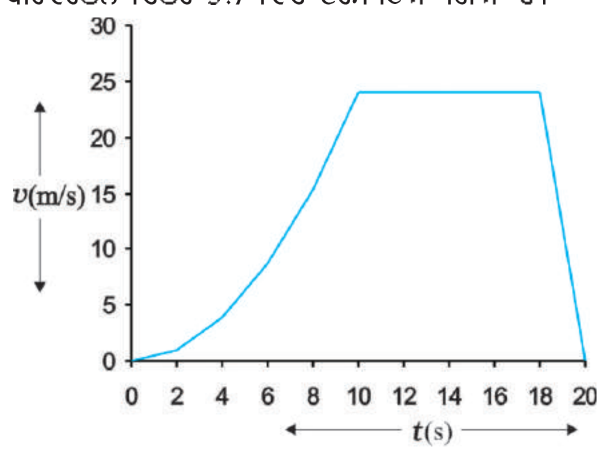


ਚਿੱਤਰ ***3.6*** ਸਥਿਤੀ-ਸਮਾਂ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਤੋਂ ਵੇਗ ਪਤਾ ਕਰਨਾ। t = 4s ਤੇ ਵੇਗ ਉਸ ਛਿਣ ਤੇ ਖਿੱਚੀ ਗਈ ਸਪਰਸ਼ ਰੇਖਾ (tangent) ਦੀ ਢਾਲ (slope) ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇਗਾ।

ਢਾਲ 3s ਤੋਂ 5s ਦੇ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਵਸਤੂ ਦੇ ਔਸਤ ਵੇਗ ਨੂੰ ਦਰਸਾਏਗੀ। ਹੁਣ ਅਸੀਂ Δt ਦਾ ਮਾਨ 2s ਤੋਂ ਘਟਾ ਕੇ 1s ਕਰ ਦਿੰਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ P_1P_2 ਰੇਖਾ Q_1Q_2 ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਢਾਲ 3.5 s ਤੋਂ 4.5 s ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਔਸਤ ਵੇਗ ਦਾ ਮਾਨ ਦੇਵੇਗੀ। ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਸੀਮਾਂਤ ਮਾਨ $\Delta t \to 0$ ਦੀ ਹਾਲਤ ਵਿੱਚ ਰੇਖਾ P_1P_2 ਸਥਿਤੀ ਸਮਾਂ ਵਕਰ ਦੇ ਬਿੰਦੂ P ਤੇ ਸਪਰਸ਼ ਰੇਖਾ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ t = 4 s ਛਿਣ ਤੇ ਕਾਰ ਦਾ ਵੇਗ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਖਿੱਚੀ ਗਈ ਸਪਰਸ਼ ਰੇਖਾ ਦੀ ਢਾਲ ਤੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇਗਾ।

ਜਦੋਂ ਕਿ ਗ੍ਰਾਫ਼ਿਕ ਵਿਧੀ ਨਾਲ ਇਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਕਰਨਾ ਕੁਝ ਮੁਸ਼ਕਲ ਹੈ ਤਦ ਵੀ ਜੇ ਇਸ ਦੇ ਲਈ ਅਸੀਂ ਗਣਿਤਕ ਵਿਧੀ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰੀਏ ਤਾਂ ਸੀਮਾਂਤ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਸੌਖਿਆਂ ਸਮਝੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 3.6 ਵਿੱਚ ਬਣਾਏ ਗਏ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਦੇ ਲਈ $x = 0.8t^3$ ਹੈ। ਸਾਰਨੀ 3.1 ਵਿੱਚ t = 4 s ਨੂੰ ਕੇਂਦਰ ਵਿੱਚ ਰੱਖ ਕੇ Δt = 2.0 s, 1.0 s, 0.5 s, 0.1 s ਅਤੇ 0.01s ਦੇ ਲਈ $\Delta x/\Delta t$ ਦੇ ਮੁੱਲਾਂ ਨੂੰ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਦੂਸਰੇ ਅਤੇ ਤੀਸਰੇ ਕਾਲਮ ਵਿੱਚ $t_1 = \left(t - \frac{\Delta t}{2}\right)$ ਅਤੇ $t_2 = \left(t + \frac{\Delta t}{2}\right)$ ਅਤੇ ਚੌਥੇ ਅਤੇ ਪੰਜਵੇਂ ਕਾਲਮ ਵਿੱਚ x ਦੇ ਸੰਗਤ ਮਾਨਾਂ ਭਾਵ $x(t_1) = 0.08\ t_1^3$ ਅਤੇ $x(t_2) = 0.03\ t_2^3$. ਨੂੰ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਛੇਵੇਂ ਕਾਲਮ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ $\Delta x = x(t_2) - x(t_1)$ ਨੂੰ ਅਤੇ ਆਖ਼ਰੀ ਕਾਲਮ ਵਿੱਚ Δx ਤੇ Δt ਦੇ ਅਨੁਪਾਤ ਨੂੰ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਹ ਅਨੁਪਾਤ ਪਹਿਲੇ ਕਾਲਮ ਵਿੱਚ ਅੰਕਿਤ Δt ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਮਾਨਾਂ ਦੇ ਸੰਗਤ ਔਸਤ ਵੇਗ ਦਾ ਮਾਨ ਹੈ।

ਸਾਰਨੀ 3.1 ਤੋਂ ਸਾਫ਼ ਹੈ ਕਿ ਜਿਵੇਂ-ਜਿਵੇਂ Δt ਦਾ ਮਾਨ 2.0s ਨਾਲ ਘਟਾਉਂਦੇ-ਘਟਾਉਂਦੇ 0.01 s ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ ਔਸਤ ਵੇਗ ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਸੀਮਾਂਤ ਮਾਨ 3.84 m s^{-1} ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜੋ t = 4 s ਤੇ ਕਾਰ ਦਾ ਵੇਗ ਹੈ ਜਾਂ t = 4 s ਤੇ $\frac{dx}{dt}$ ਦਾ ਮਾਨ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਚਿੱਤਰ 3.3 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਈ ਗਈ ਗਤੀ ਦੇ ਹਰ ਛਿਣ ਦੇ ਲਈ ਅਸੀਂ ਕਾਰ ਦਾ ਵੇਗ ਪਤਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ ਸਮੇਂ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਵੇਗ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਚਿੱਤਰ 3.7 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ ***3.7*** (ਵੇਗ-ਸਮਾਂ ਗ੍ਰਾਫ਼) ਚਿੱਤਰ 3.3 ਦੀ ਗਤੀ ਲਈ

ਇੱਥੇ ਇਹ ਗੱਲ ਧਿਆਨਯੋਗ ਹੈ ਕਿ ਵਸਤੂ ਦਾ ਤਤਕਾਲੀ ਵੇਗ ਪਤਾ ਕਰਨ ਲਈ ਗ੍ਰਾਫ਼ਿਕ ਵਿਧੀ ਸਦਾ ਹੀ ਸੁਵਿਧਾਜਨਕ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ। ਇਸ ਵਿਧੀ (ਗ੍ਰਾਫ਼ਿਕ ਵਿਧੀ) ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਗਤੀਮਾਨ ਵਸਤੂ ਦੇ ਸਥਿਤੀ – ਸਮਾਂ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਨੂੰ ਸਾਵਧਾਨੀਪੂਰਵਕ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹਾਂ ਅਤੇ Δt ਨੂੰ ਹੌਲ਼ੀ-ਹੌਲ਼ੀ ਘੱਟ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਵਸਤੂ ਦੇ ਔਸਤ

ਸਾਰਨੀ 3.1 ਤਤਕਾਲ ਵੇਗ ਮੁੱਲ $\frac{\Delta x}{\Delta t}$, t = 4 s ਤੇ

Δt (s)	t_1 (s)	t_2 (s)	$x(t_1)$ (m)	$x(t_2)$ (m)	Δx (m)	$\Delta x / \Delta t$ (m s^{-1})
2.0	3.0	5.0	2.16	10.0	7.84	3.92
1.0	3.5	4.5	3.43	7.29	3.86	3.86
0.5	3.75	4.25	4.21875	6.14125	1.9225	3.845
0.1	3.95	4.05	4.93039	5.31441	0.38402	3.8402
0.01	3.995	4.005	5.100824	5.139224	0.0384	3.8400

ਵੇਗ ($\bar{v}$) ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰਦੇ ਜਾਂਦੇ ਹਾਂ। ਭਿੰਨ-ਭਿੰਨ ਛਿਣਾਂ ਤੇ ਵਸਤੂ ਦਾ ਵੇਗ ਕੱਢਣਾ ਉਦੋਂ ਬਹੁਤ ਸੌਖਾ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸਮਿਆਂ ਤੇ ਸਾਡੇ ਕੋਲ ਵਸਤੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਦੇ ਕਾਫ਼ੀ ਅੰਕੜੇ ਉਪਲਬਧ ਹੋਣ ਜਾਂ ਵਸਤੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਦਾ ਸਮਾਂ ਫਲਨ (function) ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਾਡੇ ਕੋਲ ਯਥਾਰਥ ਵਿਅੰਜਕ (exact expression) ਉਪਲਬਧ ਹੋਣ। ਅਜਿਹੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਉਪਲਬਧ ਅੰਕੜਿਆਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ Δt ਨੂੰ ਕ੍ਰਮਵਾਰ ਸੂਖਮ ਕਰਦੇ ਹੋਏ $\Delta x/\Delta t$ ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰਦੇ ਜਾਵਾਂਗੇ ਅਤੇ ਅੰਤ ਵਿੱਚ ਸਾਰਨੀ 3.1 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਈ ਗਈ ਵਿਧੀ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ $\Delta x/\Delta t$ ਦਾ ਸੀਮਾਂਤ ਮਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਲਵਾਂਗੇ। ਨਹੀਂ ਤਾਂ ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਵਿਅੰਜਕ ਦੇ ਲਈ ਅਵਕਲ ਗਣਿਤ (differential calculus) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਗਤੀ ਵਿਚਲੀ ਵਸਤੂ ਦੇ ਭਿੰਨ-ਭਿੰਨ ਛਿਣਾਂ ਦੇ ਲਈ dx/dt ਦੀ ਗਣਨਾ ਕਰ ਲਈ ਜਾਵੇਗੀ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਉਦਾਹਰਨ 3.2 ਵਿੱਚ ਦੱਸਿਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 3.2 x-ਧੁਰੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਗਤੀ ਕਰ ਰਹੀ ਵਸਤੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸੂਤਰ ਨਾਲ ਦਰਸਾਈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ : $x = a + bt^2$ । ਜਿੱਥੇ a = 8.5 m, b = 2.5 m/s^{-2} ਅਤੇ ਸਮਾਂ t ਨੂੰ ਸੈਕੰਡ ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। t = 0 s ਅਤੇ t = 2.0 s ਛਿਣਾਂ ਤੇ ਵਸਤੂ ਦਾ ਵੇਗ ਕੀ ਹੋਵੇਗਾ ? t = 2.0 s ਅਤੇ t = 4.0 s ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਦੇ ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਵਸਤੂ ਦਾ ਔਸਤ ਵੇਗ ਕੀ ਹੋਵੇਗਾ ?

ਹੱਲ : ਅਵਕਲ ਗਣਿਤ ਦੇ ਸਿਧਾਂਤ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਵਸਤੂ ਦਾ ਵੇਗ

$$v = \frac{dx}{dt}$$

$$v = \frac{d}{dt}\left(a + bt^2\right) = 2bt$$

$$v = 2 \times 2.5 \times t \text{ m/s} = 5t \text{ m/s}$$

t = 0s ਛਿਣ ਦੇ ਲਈ v = 0 m/s ਅਤੇ

t = 2.0 s ਸਮੇਂ ਤੇ, v = 10 m/s^{-1}

$$\text{ਔਸਤ ਵੇਗ} = \frac{x(t_2) - x(t_1)}{t_2 - t_1}$$

$$= \frac{x(4.0) - x(2.0)}{4.0 - 2.0}$$

$$= \frac{a + 16b - a - 4b}{2.0}$$

$$= \frac{12b}{2} = 6.0b$$

$$= 6.0 \times 2.5 = 15.0 \text{ ms}^{-1}$$

ਚਿੱਤਰ 3.7 ਤੋਂ ਇਹ ਸਾਫ਼ ਹੈ ਕਿ t =10s ਤੋਂ 18s ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਵੇਗ ਸਥਿਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। t =18 s ਤੋਂ t = 20s ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਇਹ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਰੂਪ ਨਾਲ ਘਟਦਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ t = 0s ਤੋਂ t = 10s ਦੇ ਵਿੱਚ ਇਹ ਵੱਧਦਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕਿ **ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਹਰ ਸਮੇਂ (ਤਤਕਾਲੀ) ਵੇਗ ਦਾ ਉਹੀ ਮਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਔਸਤ ਵੇਗ ਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।**

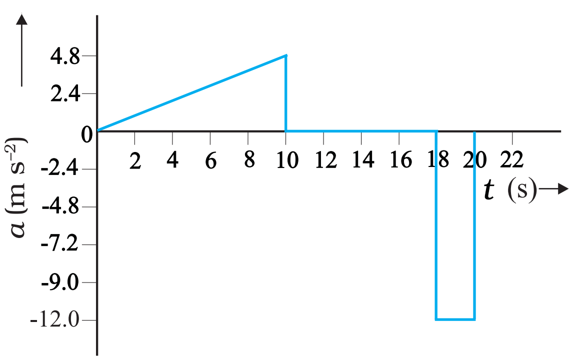
ਤਤਕਾਲੀ ਚਾਲ ਜਾਂ ਸਿਰਫ਼ ਚਾਲ ਗਤੀ ਵਿਚਲੀ ਵਸਤੂ ਦੇ ਵੇਗ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਤੌਰ 'ਤੇ, ਵੇਗ +24.0 ms^{-1} ਅਤੇ ਵੇਗ – 24.0 ms^{-1} ਦੋਨਾਂ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ 24.0 ms^{-1} ਹੋਵੇਗਾ। ਇੱਥੇ ਇਹ ਤੱਥ ਧਿਆਨ ਵਿੱਚ ਰੱਖਣਾ ਹੈ ਕਿ ਜਿੱਥੇ ਕਿਸੇ ਸੀਮਿਤ ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਵਸਤੂ ਦੀ ਔਸਤ ਚਾਲ ਉਸਦੇ ਵੇਗ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਦੇ ਜਾਂ ਤਾਂ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਾਂ ਉਸ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਉੱਥੇ ਕਿਸੇ ਛਿਣ ਤੇ ਵਸਤੂ ਦੀ ਤਤਕਾਲੀ ਚਾਲ ਉਸ ਛਿਣ ਤੇ ਉਸਦੇ ਤਤਕਾਲੀ ਵੇਗ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਅਜਿਹਾ ਕਿਉਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ?

3.5 ਪ੍ਰਵੇਗ (ACCELERATION)

ਆਮ ਕਰਕੇ ਵਸਤੂ ਦੀ ਗਤੀ ਦੇ ਸਮੇਂ ਦੌਰਾਨ ਉਸਦੇ ਵੇਗ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਹੁੰਦਾ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਵੇਗ ਵਿੱਚ ਹੋ ਰਹੇ ਇਸ ਪਰਿਵਰਤਨ ਨੂੰ ਕਿਵੇਂ ਦਰਸਾਈਏ। ਵੇਗ ਵਿੱਚ ਹੋ ਰਹੇ ਇਸ ਪਰਿਵਰਤਨ ਨੂੰ **ਸਮੇਂ ਦੇ ਸਾਪੇਖ** ਦਰਸਾਉਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ

ਜਾਂ **ਦੂਰੀ ਦੇ ਸਾਪੇਖ** ? ਇਹ ਸਮੱਸਿਆ ਗੈਲੀਲੀਓ ਦੇ ਸਮੇਂ ਵੀ ਸੀ। ਗੈਲੀਲੀਓ ਨੇ ਪਹਿਲਾਂ ਸੋਚਿਆ ਕਿ ਵੇਗ ਵਿੱਚ ਹੋ ਰਹੇ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੀ ਇਸ ਦਰ ਨੂੰ ਦੂਰੀ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਦਰਸਾ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਪਰ ਜਦੋਂ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਮੁਕਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਡਿਗਦੀ ਹੋਈ ਅਤੇ ਢਾਲੂ ਤਲ ਤੇ ਗਤੀ ਕਰ ਰਹੀਆਂ ਵਸਤੂਆਂ ਦੀ ਗਤੀ ਦਾ ਵਿਧੀਪੂਰਵਕ ਅਧਿਐਨ ਕੀਤਾ ਤਾਂ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਪਾਇਆ ਕਿ ਸਮੇਂ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੀ ਦਰ ਦਾ ਮਾਨ ਮੁਕਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਡਿਗਦੀਆਂ ਹੋਈਆਂ ਵਸਤੂਆਂ ਦੇ ਲਈ, ਸਥਿਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਦੂਰੀ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਵਸਤੂ ਦਾ ਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਸਥਿਰ ਨਹੀਂ ਰਹਿੰਦਾ ਬਲਕਿ ਜਿਵੇਂ-ਜਿਵੇਂ ਡਿਗਦੀ ਹੋਈ ਵਸਤੂ ਦੀ ਦੂਰੀ ਵੱਧਦੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਉਵੇਂ-ਉਵੇਂ ਇਹ ਮਾਨ ਘਟਦਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਅਧਿਐਨ ਨੇ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦੀ ਵਰਤਮਾਨ ਧਾਰਨਾ ਨੂੰ ਜਨਮ ਦਿੱਤਾ ਜਿਸਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਸਮੇਂ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ।

ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਦਾ ਵੇਗ ਸਮੇਂ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਬਦਲਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਕਹਿੰਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਉਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਗ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਵੇਗ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਅਤੇ ਉਸ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਤ ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ ਦੇ ਅਨੁਪਾਤ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਔਸਤ ਪ੍ਰਵੇਗ ਕਹਿੰਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਨੂੰ $\bar{a}$ ਨਾਲ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ ***3.8*** (ਪ੍ਰਵੇਗ-ਸਮੇਂ ਦੇ ਫਲਨ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਚਿੱਤਰ 3.3 ਦੀ ਗਤੀ ਲਈ)

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \qquad ...(3.4)$$

ਇੱਥੇ t_1, t_2 ਛਿਣਾਂ ਤੇ ਵਸਤੂ ਦਾ ਵੇਗ ਕ੍ਰਮਵਾਰ v_1 ਅਤੇ v_2 ਹੈ। ਇਹ ਇਕਾਈ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਵੇਗ ਵਿੱਚ ਔਸਤ ਪਰਿਵਰਤਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਪ੍ਰਵੇਗ ਦਾ SI ਮਾਤਰਕ ms^{-2} ਹੈ।

ਵੇਗ- ਸਮਾਂ $(v - t)$ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਤੋਂ ਅਸੀਂ ਵਸਤੂ ਦਾ ਔਸਤ ਪ੍ਰਵੇਗ ਪਤਾ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਹ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਵਿੱਚ ਉਸ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਦੀ ਢਾਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਬਿੰਦੂ (v_2, t_2) ਨੂੰ ਬਿੰਦੂ (v_1, t_1) ਨਾਲ ਜੋੜਦੀ ਹੈ। ਹੇਠਲੇ ਉਦਾਹਰਨ ਵਿੱਚ ਚਿੱਤਰ 3.7 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਈ ਗਈ ਗਤੀ ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲਾਂ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਵਸਤੂ ਦਾ ਔਸਤ ਪ੍ਰਵੇਗ ਪਤਾ ਕੀਤਾ ਹੈ।

0s ਤੋਂ 10s $\quad \bar{a} = \dfrac{(24-0)\,m\,s^{-1}}{(10-0)\,s} = 2.4 \ ms^{-2}$

10s ਤੋਂ 18s $\quad \bar{a} = \dfrac{(24-24)\,m\,s^{-1}}{(18-10)\,s} = 0 \ ms^{-2}$

18s ਤੋਂ 20s $\quad \bar{a} = \dfrac{(0-24)\,ms^{-1}}{(20-18)\,s} = -12 \ ms^{-2}$

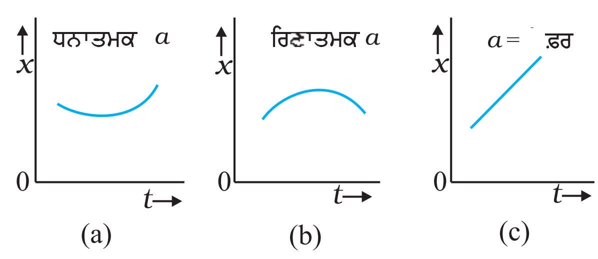
ਤਤਕਾਲੀ ਪ੍ਰਵੇਗ ਜਿਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਤਤਕਾਲੀ ਵੇਗ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕੀਤੀ ਹੈ, ਉਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਅਸੀਂ ਤਤਕਾਲੀ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨੂੰ ਵੀ ਪ੍ਰਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਵਸਤੂ ਦੇ ਤਤਕਾਲੀ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨੂੰ a ਨਾਲ ਲਿਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਭਾਵ

$$a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} \qquad ...(3.5)$$

$v-t$ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਛਿਣ ਵਸਤੂ ਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ, ਉਸ ਛਿਣ ਵਕਰ ਤੇ ਖਿੱਚੀ ਗਈ ਸਪਰਸ਼ ਰੇਖਾ ਦੀ ਢਾਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 3.7 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਗਏ $(v-t)$ ਵਕਰ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਛਿਣ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਵੇਗ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਉਪਲਬਧ $(a-t)$ ਵਕਰ ਚਿੱਤਰ 3.8 ਵਿੱਚ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ ਤੋਂ ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ 0 ਸੈਕਿੰਡ ਤੋਂ 10 ਸੈਕਿੰਡ ਦੇ ਸਮੇਂ ਦੌਰਾਨ ਪ੍ਰਵੇਗ ਅਸਮਾਨ (non-uniform) ਹੈ।10 ਸੈਕਿੰਡ–18 ਸੈਕਿੰਡ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਇਹ ਸਿਫ਼ਰ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਕਿ 18 ਸੈਕਿੰਡ -20 ਸੈਕਿੰਡ ਦੇ ਵਿੱਚ ਇਹ ਸਥਿਰ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਮੁੱਲ $-12 \ ms^{-2}$ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਪ੍ਰਵੇਗ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਹ ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਉਹ ਇਸ ਸਮੇਂ ਦੌਰਾਨ ਔਸਤ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਕਿਉਂਕਿ ਵੇਗ ਇੱਕ ਸਦਿਸ਼ ਰਾਸ਼ੀ ਹੈ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਦਿਸ਼ਾ ਅਤੇ ਮਾਤਰਾ ਦੋਨੋਂ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਇਸ ਲਈ ਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਵਿੱਚ ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕੋਈ ਇੱਕ ਜਾਂ ਦੋਨੋਂ ਸ਼ਾਮਲ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ ਜਾਂ ਤਾਂ ਚਾਲ (ਪਰਿਮਾਣ) ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ, ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਜਾਂ ਇਹਨਾਂ ਦੋਨਾਂ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਨਾਲ ਪ੍ਰਵੇਗ ਪੈਦਾ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਵੇਗ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੀ ਪ੍ਰਵੇਗ ਵੀ ਧਨਾਤਮਕ ਰਿਣਾਤਮਕ ਜਾਂ ਸਿਫ਼ਰ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਵੇਗ ਸੰਬੰਧੀ ਸਥਿਤੀ-ਸਮਾਂ ਗ੍ਰਾਫ਼ਾਂ ਨੂੰ ਚਿੱਤਰਾਂ 3.9(*a*),

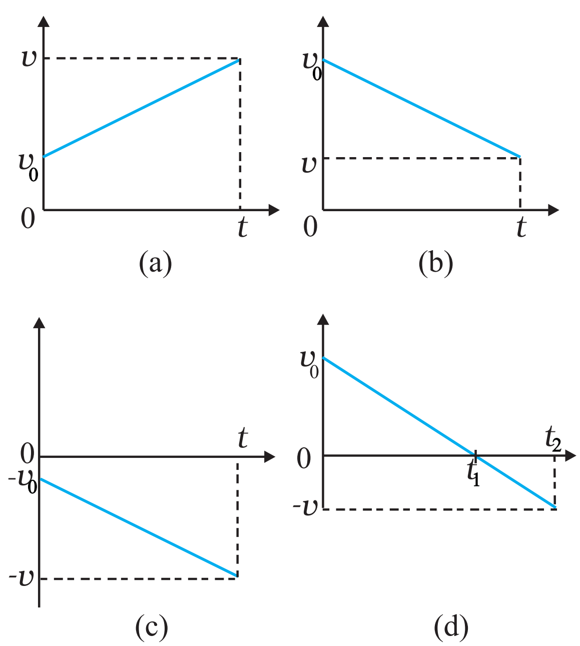


ਚਿੱਤਰ ***3.9*** ਅਜਿਹੀ ਗਤੀ ਦੇ ਲਈ ਸਥਿਤੀ-ਸਮਾਂ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਜਿਸਦੇ ਲਈ (*a*) ਪ੍ਰਵੇਗ ਧਨਾਤਮਕ ਹੈ (*b*) ਪ੍ਰਵੇਗ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੈ ਅਤੇ (*c*) ਪ੍ਰਵੇਗ ਸਿਫ਼ਰ ਹੈ।

3.9(*b*) ਅਤੇ 3.9(*c*) ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਚਿੱਤਰਾਂ ਤੋਂ ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦੇ ਲਈ $x - t$ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਉੱਪਰ ਵੱਲ ਵਕਰੀ ਹੈ ਪਰ ਰਿਣਾਤਮਕ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦੇ ਲਈ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਹੇਠਾਂ ਵੱਲ ਵਕਰੀ ਹੈ। ਸਿਫ਼ਰ ਪ੍ਰਵੇਗ ਲਈ $x - t$ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਇੱਕ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਹੈ। ਅਭਿਆਸ ਦੇ ਲਈ ਚਿੱਤਰ 3.3 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਈ ਗਈ ਗਤੀ ਦੇ ਉਹਨਾਂ ਤਿੰਨ ਭਾਗਾਂ ਨੂੰ ਪਛਾਣੋ, ਜਿਹਨਾਂ ਲਈ ਪ੍ਰਵੇਗ +a, – a ਜਾਂ ਸਿਫ਼ਰ ਹੈ।

ਜਦੋਂ ਕਿ ਗਤੀ ਵਿਚਲੀ ਵਸਤੂ ਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਸਮੇਂ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਬਦਲ ਸਕਦਾ ਹੈ ਪਰ ਸਹੂਲਤ ਲਈ ਇਸ ਅਧਿਆਇ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਸੰਬੰਧੀ ਸਾਡਾ ਅਧਿਐਨ ਸਿਰਫ਼ ਸਥਿਰ ਪ੍ਰਵੇਗ (constant acceleration) ਤੱਕ ਹੀ ਸੀਮਿਤ ਰਹੇਗਾ। ਅਜਿਹੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਔਸਤ ਪ੍ਰਵੇਗ $\bar{a}$ ਦਾ ਮੁੱਲ ਗਤੀ ਦੇ ਸਮੇਂ ਦੌਰਾਨ ਸਥਿਰ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦੇ ਮੁੱਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇਗਾ। ਜੇ ਛਿਣ $t = 0$ ਤੇ ਵਸਤੂ ਦਾ ਵੇਗ v_0 ਅਤੇ t ਛਿਣ ਤੇ ਉਸਦਾ ਵੇਗ v ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਪ੍ਰਵੇਗ

$$\bar{a} = \frac{v - v_0}{t - 0} \text{ ਜਾਂ } v = v_0 + a\,t \qquad \text{...(3.6)}$$



ਚਿੱਤਰ ***3.10*** ਸਥਿਰ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦੇ ਨਾਲ ਗਤੀਮਾਨ ਵਸਤੂ ਦਾ ਵੇਗ-ਸਮਾਂ ਗ੍ਰਾਫ਼

(*a*) ਧਨਾਤਮਕ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਧਨਾਤਮਕ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ

(*b*) ਰਿਣਾਤਮਕ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਧਨਾਤਮਕ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ,

(*c*) ਰਿਣਾਤਮਕ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਰਿਣਾਤਮਕ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ,

(*d*) ਰਿਣਾਤਮਕ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਵਸਤੂ ਦੀ ਗਤੀ ਜੋ ਸਮਾਂ t_1, ਤੇ ਦਿਸ਼ਾ ਬਦਲਦੀ ਹੈ। 0 ਤੋਂ t_1 ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਇਹ ਧਨਾਤਮਕ x ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਕਰਦੀ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ t_1 ਅਤੇ t_2 ਦੇ ਵਿੱਚ ਇਹ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀਮਾਨ ਹੈ।

ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਦੇਖਾਂਗੇ ਕਿ ਕੁਝ ਸਧਾਰਨ ਉਦਾਹਰਨਾਂ ਵਿੱਚ ਵੇਗ-ਸਮਾਂ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਕਿਹੋ-ਜਿਹਾ ਦਿਖਦਾ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 3.10 ਵਿੱਚ ਸਥਿਰ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦੇ ਲਈ ਚਾਰ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸਥਿਤੀਆਂ ਵਿੱਚ v–t ਗ੍ਰਾਫ਼ ਦਿਖਾਏ ਗਏ ਹਨ।

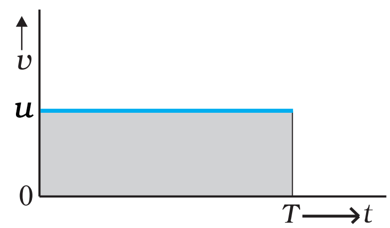
(a) ਕੋਈ ਵਸਤੂ ਧਨਾਤਮਕ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਧਨਾਤਮਕ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰ ਰਹੀ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਚਿੱਤਰ 3.3 ਵਿੱਚ t = 0 ਸਕਿੰਟ ਤੋਂ t = 10 ਸਕਿੰਟ ਦੇ ਵਿਚਲੇ ਸਮੇਂ ਦੇ ਦੌਰਾਨ ਕਾਰ ਦੀ ਗਤੀ।

(b) ਕੋਈ ਵਸਤੂ ਧਨਾਤਮਕ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਰਿਣਾਤਮਕ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਚਿੱਤਰ 3.3 ਵਿੱਚ t = 18 ਸਕਿੰਟ ਤੋਂ t = 20 ਸਕਿੰਟ ਦੇ ਵਿਚਲੇ ਸਮੇਂ ਦੌਰਾਨ ਕਾਰ ਦੀ ਗਤੀ।

(c) ਕੋਈ ਵਸਤੂ ਰਿਣਾਤਮਕ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਰਿਣਾਤਮਕ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਚਿੱਤਰ 3.1 ਵਿੱਚ 0 ਤੋਂ x ਦੀ ਰਿਣ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੁੰਦੀ ਕਾਰ।

(d) ਕੋਈ ਵਸਤੂ ਪਹਿਲਾਂ t_1 ਸਮੇਂ ਤੱਕ ਧਨਾਤਮਕ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਚਲਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਫਿਰ ਰਿਣਾਤਮਕ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਰਿਣਾਤਮਕ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦੇ ਨਾਲ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਚਿੱਤਰ 3.1 ਵਿੱਚ ਕਾਰ ਦਾ t_1 ਸਮੇਂ ਤੱਕ O ਤੋਂ ਬਿੰਦੂ Q ਤੱਕ ਮੰਦਨ। (negative acceleration) ਦੇ ਨਾਲ ਜਾਣਾ, ਫਿਰ ਮੁੜ ਕੇ ਉਸੇ ਰਿਣਾਤਮਕ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ t_2 ਸਮੇਂ ਤੱਕ ਚੱਲਦੇ ਰਹਿਣਾ ਹੈ।

ਕਿਸੇ ਗਤੀ ਵਿਚਲੀ ਵਸਤੂ ਦੇ ਵੇਗ-ਸਮਾਂ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਦਾ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਲੱਛਣ ਹੈ ਕਿ ***v–t*** **ਗ੍ਰਾਫ਼ ਦੇ ਅਧੀਨ ਆਉਣ ਵਾਲਾ ਖੇਤਰਫਲ ਵਸਤੂ ਦਾ ਵਿਸਥਾਪਨ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ।** ਇਸ ਕਥਨ ਦੀ ਵਿਆਪਕ ਪ੍ਰਾਪਤੀ ਲਈ ਅਵਕਲ ਗਣਿਤ (calculus) ਦੀ ਲੋੜ ਪੈਂਦੀ ਹੈ। ਐਪਰ, ਸਹੂਲਤ ਦੇ ਲਈ ਇੱਕ ਸਥਿਰ ਵੇਗ u ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰ ਰਹੀ ਵਸਤੂ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਕੇ ਇਸ ਕਥਨ ਦੀ ਸੱਚਾਈ ਪ੍ਰਮਾਣਿਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਸਦਾ ਵੇਗ-ਸਮਾਂ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਚਿੱਤਰ 3.11 ਵਿੱਚ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ ***3.11*** v–t ਗ੍ਰਾਫ਼ ਦੇ ਅਧੀਨ ਆਉਣ ਵਾਲਾ ਖੇਤਰਫਲ ਵਸਤੂ ਦੁਆਰਾ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਵਿਸਥਾਪਨ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ

ਚਿੱਤਰ ਵਿੱਚ $v - t$ ਵਕਰ ਸਮਾਂ-ਧੁਰੇ ਦੇ ਸਮਾਨਾਂਤਰ ਇੱਕ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਹੈ। $t = 0$ ਤੋਂ $t = T$ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਇਸ ਰੇਖਾ ਦੇ ਅਧੀਨ ਆਉਣ ਵਾਲਾ ਖੇਤਰਫਲ ਉਸ ਆਇਤ ਦੇ ਖੇਤਰਫਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ, ਜਿਸਦੀ ਉਚਾਈ u ਅਤੇ ਅਧਾਰ T ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਖੇਤਰਫਲ = $u \times T = uT$ ਜੋ ਇਸ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਵਸਤੂ ਦੇ

ਵਿਸਥਾਪਨ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਕੋਈ ਖੇਤਰਫਲ ਦੂਰੀ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਕਿਵੇਂ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ? ਸੋਚੋ! ਦੋਨਾਂ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕ ਧੁਰਿਆਂ ਦੇ ਨਾਲ ਜੋ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦਰਸਾਈਆਂ ਗਈਆਂ ਹਨ, ਜੇ ਤੁਸੀਂ ਉਹਨਾਂ ਦੀਆਂ ਵਿਮਾਂ ਤੇ ਧਿਆਨ ਦਿਉਂਗੇ ਤਾਂ ਤੁਹਾਨੂੰ ਇਸ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਦਾ ਉੱਤਰ ਮਿਲ ਜਾਵੇਗਾ।

ਧਿਆਨ ਦਿਉ ਕਿ ਇਸ ਅਧਿਆਇ ਵਿੱਚ ਕਈ ਥਾਵਾਂ ਤੇ ਖਿੱਚੇ ਗਏ $x - t$, $v - t$ ਅਤੇ $a - t$ ਗ੍ਰਾਫ਼ਾਂ ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਬਿੰਦੂਆਂ ਤੇ ਤਿੱਖੇ ਮੋੜ ਹਨ। ਇਸਦਾ ਭਾਵ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਫਲਨਾਂ ਦਾ ਇਹਨਾਂ ਬਿੰਦੂਆਂ ਤੇ ਅਵਕਲਨ ਨਹੀਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਪਰ ਕਿਸੇ ਅਸਲ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਸਾਰੇ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਬਿਨਾਂ ਕਿਸੇ ਕੋਣ ਦੇ ਵਕਰ ਹੋਣਗੇ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਸਾਰੇ ਬਿੰਦੂਆਂ ਤੇ ਫਲਨਾਂ ਦਾ ਅਵਕਲਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਤੋਂ ਭਾਵ ਹੈ ਕਿ ਵੇਗ ਅਤੇ ਪ੍ਰਵੇਗ ਕਿਸੇ ਛਿਣ ਇਕਦਮ ਨਹੀਂ ਬਦਲ ਸਕਦੇ। ਪਰਿਵਰਤਨ ਸਦਾ ਹੀ ਲਗਾਤਾਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

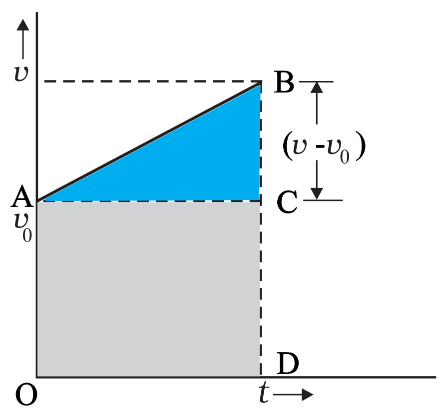
3.6 ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰਦੀ ਵਸਤੂ ਦਾ ਸ਼ੁੱਧਗਤੀਕੀ ਸੰਬੰਧੀ ਸਮੀਕਰਨ

(KINEMATIC EQUATIONS FOR UNIFORMLY ACCELERATED MOTION)

ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਪ੍ਰਵੇਗ 'a' ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰਦੀ ਵਸਤੂ ਦੇ ਲਈ ਕੁਝ ਗਣਿਤਿਕ ਸਮੀਕਰਨ ਵਿਉਤਪੰਨ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਜੋ ਪੰਜਾਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਵੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਹਨ– ਵਿਸਥਾਪਨ (x), ਲੱਗਿਆ ਸਮਾਂ (t), $t = 0$ ਸਮੇਂ ਤੇ ਵਸਤੂ ਦਾ ਅਰੰਭਿਕ ਵੇਗ (v_0), ਸਮਾਂ t ਬਤੀਤ ਹੋਣ ਤੇ ਅੰਤਿਮ ਵੇਗ (v) ਅਤੇ ਪ੍ਰਵੇਗ (a) । ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਹੀ v_0 ਅਤੇ v ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਇੱਕ ਸਮੀਕਰਨ (3.6) ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਚੁੱਕੇ ਹਾਂ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਪ੍ਰਵੇਗ a ਅਤੇ ਸਮਾਂ t ਸ਼ਾਮਿਲ ਹਨ। ਇਹ ਸਮੀਕਰਨ ਹੈ :

$$v = v_0 + at \qquad ...(3.6)$$

ਇਸ ਸਮੀਕਰਨ ਨੂੰ ਚਿੱਤਰ 3.12 ਵਿੱਚ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ ***3.12*** ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀਮਾਨ ਵਸਤੂ ਦੇ ਲਈ $v - t$ ਵਕਰ ਦੇ ਹੇਠਾਂ ਖੇਤਰਫਲ

ਇਸ ਵਕਰ ਦੇ ਅਧੀਨ ਆਉਣ ਵਾਲਾ ਖੇਤਰਫਲ :

0 ਤੋਂ t ਸਮੇਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ = ਤ੍ਰਿਭੁਜ ABC ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ + ਆਇਤ OACD ਦਾ ਖੇਤਰਫਲ

$$= \frac{1}{2}(v - v_0)t + v_0 t$$

ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਪਹਿਲਾਂ ਸਾਫ਼ ਕੀਤਾ ਜਾ ਚੁੱਕਾ ਹੈ, $v - t$ ਗ੍ਰਾਫ਼ ਦੇ ਅਧੀਨ ਆਉਣ ਵਾਲਾ ਖੇਤਰਫਲ ਵਸਤੂ ਦਾ ਵਿਸਥਾਪਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਵਸਤੂ ਦਾ ਵਿਸਥਾਪਨ x ਹੋਵੇਗਾ :

$$x = \frac{1}{2}(v - v_0)t + v_0 t \qquad ...(3.7)$$

ਪਰੰਤੂ $v - v_0 = a\,t$

ਇਸ ਲਈ $x = \frac{1}{2}a\,t^2 + v_0 t$

ਜਾਂ $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \qquad ...(3.8)$

ਸਮੀਕਰਨ (3.7) ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਅਨੁਸਾਰ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ

$$x = \frac{v + v_0}{2}t = \bar{v}\,t \qquad ...(3.9a)$$

ਜਿੱਥੇ, $\bar{v} = \frac{v + v_0}{2}$ (ਸਿਰਫ਼ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਪ੍ਰਵੇਗ ਲਈ)

ਸਮੀਕਰਨ (3.9a) ਅਤੇ (3.9b) ਤੋਂ ਭਾਵ ਹੈ ਕਿ ਵਸਤੂ ਦਾ ਵਿਸਥਾਪਨ x ਔਸਤ ਵੇਗ $\bar{v}$ ਨਾਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਅਰੰਭਿਕ ਅਤੇ ਅੰਤਿਮ ਵੇਗਾਂ ਦੇ ਅੰਕਗਣਿਤਕ ਔਸਤ (Arithmatic mean) ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਸਮੀਕਰਨ (3.6) ਤੋਂ $t = (v - v_0)/a$ ਇਹ ਮਾਨ ਸਮੀਕਰਨ (3.9a) ਵਿੱਚ ਰੱਖਣ ਤੇ

$$x = \bar{v}\,t = \left(\frac{v + v_0}{2}\right)\left(\frac{v - v_0}{a}\right) = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$v^2 - v_0^2 = 2ax$$

$$v^2 = v_0^2 + 2ax \qquad ...(3.10)$$

ਜੇ ਅਸੀਂ ਸਮੀਕਰਨ (3.6) ਤੋਂ t ਦਾ ਮਾਨ ਸਮੀਕਰਨ (3.8) ਵਿੱਚ ਰੱਖ ਦਈਏ ਤਾਂ ਵੀ ਉਪਰੋਕਤ ਸਮੀਕਰਨ ਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪੰਜਾਂ ਰਾਸ਼ੀਆਂ v_0, v, a, t ਅਤੇ x ਦੇ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ ਸਥਾਪਿਤ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਸਾਨੂੰ ਤਿੰਨ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਸਮੀਕਰਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਏ —

$$v = v_0 + at$$

$$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2ax \qquad ...(3.11a)$$