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।

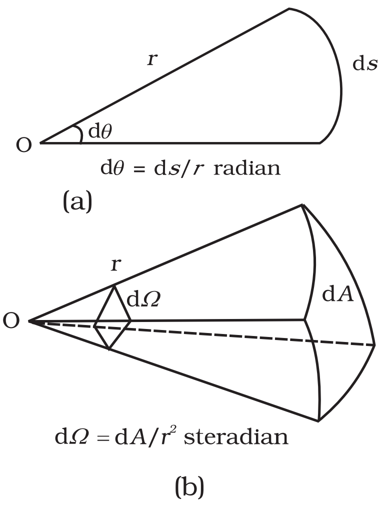
ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰਣਾਲੀਆਂ ਵਿੱਚ ਲੰਬਾਈ (length), ਪੁੰਜ (mass) ਅਤੇ ਸਮਾਂ (time) ਦੇ ਮੂਲ ਮਾਤਰਕ ਵਾਰੀ ਸਿਰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਨ।

- 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 ਮਹਾਂਸੰਮੇਲਨ 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 ਆਲ਼ੇ-ਦੁਆਲ਼ੇ 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) ਆਵਰਿਤੀ 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 = $10^4 m^2$
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 ਪ੍ਰੱਤਖ 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 ਅਪ੍ਰੱਤਖ 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, ਪ੍ਰੱਤਖ 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।

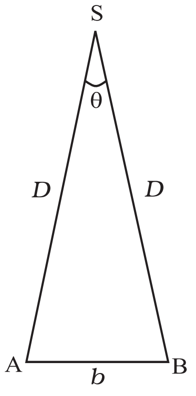
ਕਿਉਂਕਿ ਗ੍ਰਹਿ ਦੀ ਧਰਤੀ ਤੋਂ ਦੂਰੀ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹੈ $\frac{b}{D} << 1$, ਅਤੇ ਇਸ ਲਈ ਕੋਣ θ ਬਹੁਤ ਹੀ ਛੋਟਾ ਹੈ। ਅਜਿਹੀ ਹਾਲਤ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ AB ਨੂੰ, ਕੇਂਦਰ ਅਤੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ D ਵਾਲੇ ਚੱਕਰ ਦੀ, ਲੰਬਾਈ b ਵਾਲੀ ਚਾਪ ਮੰਨ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

∴ ਅਰਧਵਿਆਸ AS = BS

∴ $AB = b = D\theta$

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

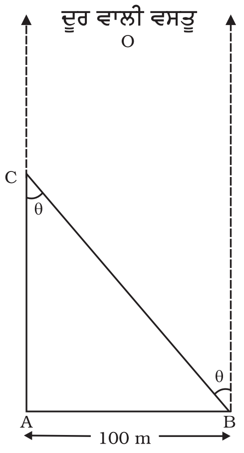
(b) $1° = 60′ = 1.745 \times 10^{-2}$ rad

$1′ = 2.908 \times 10^{-4}$ 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

$$AC = AB/\tan\theta = 100\ m/\tan 40°$$
$$= 100\ m/0.8391 = 119\ m$$ ◀

▶ ***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 $b = AB = 1.276 \times 10^7\ m$

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

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

▶ ***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

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

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 ਗੇਜ਼ 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 ਗੁਰੁਤਾਕਰਸ਼ਨੀ 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 ਉਰਜਾ 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 **ਐਕੁਰੇਸੀ** ਅਤੇ **ਪ੍ਰੀਸੀਜ਼ਨ** ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ ਕਰਾਂਗੇ। ਕਿਸੇ ਮਾਪ ਦੀ ਐਕੁਰੇਸੀ 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 ਐਕੁਰੇਸੀ 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 ਐਕੁਰੇਟ ਹੈ (ਕਿਉਂਕਿ ਵਾਸਤਵਿਕ ਮਾਪ ਦੇ ਨੇੜੇ ਹੈ) ਪਰ ਘੱਟ ਪ੍ਰੀਸਾਈਜ਼ ਹੈ (ਕਿਉਂਕਿ

ਇਸਦਾ ਵਿਭੇਦਨ ਸਿਰਫ਼ 0.1 cm ਹੈ), ਜਦੋਂ ਕਿ ਦੂਸਰਾ ਮਾਪ ਘੱਟ ਐਕੁਰੇਟ 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।

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

ਜਾਂ

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

$\Delta a_1 = a_1 - a_{ਔਸਤ}$,

$\Delta a_2 = a_2 - a_{ਔਸਤ}$,

....

....

$\Delta a_n = a_n - a_{ਔਸਤ}$

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,

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

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

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

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

ਜਾਂ

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

$\delta a = (\Delta a_{ਔਸਤ} / a_{ਔਸਤ}) \times 100\%$ ...(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 ± 5)V ਅਤੇ I = (10 ± 0.2)A ਹੈ। R ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤਿਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ ਪਤਾ ਕਰੋ।

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

$\therefore$ R ਵਿੱਚ ਕੁੱਲ ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਤਰੁੱਟੀ = 5% + 2% = 7%. ◀

▶ **ਉਦਾਹਰਨ 2.10** R_1 = 100 ± 3 Ω ਅਤੇ R_2 = 200 ± 4 Ω 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

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

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

$$= 1.8$$

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 ਐਕੂਰੇਸੀ 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 ਐਕੂਰੇਸੀ 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 ਪ੍ਰੀਸੀਸ਼ਨ 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 —

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

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 ਉਨੀ 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 ਉੱਨੇ 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 ਉੱਨੇ 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 —

$l = 16.2 \pm 0.1 \text{ cm}$
$= 16.2 \text{ cm} \pm 0.6\ \%$.

ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਚੌੜਾਈ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਿਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ

$b = 10.1 \ \pm 0.1 \text{ cm}$
$= 10.1 \text{ cm} \pm 1\ \%$

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°] ਸਮੇਂ ਦੀ ਵਿਮ ਜ਼ੀਰੋ [T°] 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। ਤਿਕੋਣਮਿਤੀ (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 ਰੁਪਾਂਤਰਨ ਦੀ ਚਿੰਤਾ ਕਰਨ ਦੀ ਲੋੜ ਹੈ। ਇਸ ਗੱਲ ਨੂੰ ਧਿਆਨ ਵਿੱਚ ਰੱਖਣ ਦੀ ਲੋੜ ਹੈ ਕਿ **ਜੇ ਕੋਈ ਸਮੀਕਰਨ ਸੰਗਤੀ ਪਰੀਖਣ ਵਿਚ ਅਸਫਲ 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 ਗੁਰੂਤਾ 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** ਊਰਜਾ ਦਾ SI ਮਾਤਰਕ J = kg m^2s^{-2} ਹੈ, ਚਾਲ v ਦਾ ms^{-1} ਅਤੇ ਪ੍ਰਵੇਗ a ਦਾ ms^{-2} ਹੈ। ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ (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 ਊਰਜਾ ਦੀ ਅਸਲ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਨੂੰ ਦੇਖਣਾ ਪਵੇਗਾ। (ਦੇਖੋ ਪਾਠ 6) ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ 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 ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਦੇ ਅਧੀਨ ਡੋਲਨ ਕਰ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਮੰਨ ਲਉ ਕਿ ਇਸ ਪੈਂਡੂਲਮ ਦਾ ਡੋਲਨ ਕਾਲ ਇਸਦੀ ਲੰਬਾਈ (l), ਗੋਲੇ ਦੇ ਪੁੰਜ (m) ਅਤੇ ਗੁਰੂਤਾ 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

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

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 ਸਕਰੂਗੇਜ਼ 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

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

ਅੰਦਾਜ਼ਾ ਲਗਾਉ ਕਿ c ਕਿੱਥੇ ਲੱਗੇਗਾ।

2.16 ਪਰਮਾਣਵੀਂ ਪੈਮਾਨੇ ਤੇ ਲੰਬਾਈ ਦਾ ਸੁਵਿਧਾਜਨਕ ਮਾਤਰਕ ਆਂਗਸਟਰਾਮ 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 ਤੁਫਾਨ 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 ਬ੍ਰਹਿਸਪਤੀ ਗ੍ਰਹਿ ਧਰਤੀ ਤੋਂ 8247 ਲੱਖ ਕਿੱਲੋਮੀਟਰ ਦੂਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਸਦੇ ਵਿਆਸ ਦਾ ਕੋਣੀ ਮਾਪ ਚਾਪ ਦਾ 35.72" ਹੈ। ਬ੍ਰਹਿਸਪਤੀ 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 ?

*****