ਪਾਠ-5

ਗਤੀ ਦੇ ਨਿਯਮ
(Laws of Motion)

5.1 ਭੂਮਿਕਾ (INTRODUCTION)

ਪਿਛਲੇ ਪਾਠ ਵਿੱਚ ਸਾਡਾ ਸੰਬੰਧ ਖ਼ਲਾਅ (Space) ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਕਣ (particle) ਦੀ ਗਤੀ ਮਾਤਰਾਤਮਕ (quantitative) ਵਰਣਨ ਕਰਨ ਨਾਲ ਸੀ। ਅਸੀਂ ਦੇਖਿਆ ਕਿ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਗਤੀ (uniform motion) ਲਈ ਕੇਵਲ ਵੇਗ (velocity) ਦੀ ਸੰਕਲਪਨਾ (concept) ਦੀ ਲੋੜ ਸੀ ਜਦੋਂ ਕਿ ਅਸਮਾਨ ਗਤੀ (non-uniform motion) ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਗ (acceleration) ਦੇ ਸੰਕਲਪ ਦੀ ਵਾਧੂ ਲੋੜ ਪਈ। ਹੁਣ ਤੱਕ ਅਸੀਂ ਇਹ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਨਹੀਂ ਪੁੱਛਿਆ ਕਿ ਪਿੰਡਾਂ (bodies) ਦੀ ਗਤੀ ਦਾ ਕੀ ਕਾਰਨ ਹੈ ? ਇਸ ਪਾਠ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਆਪਣਾ ਧਿਆਨ ਭੌਤਿਕ ਵਿਗਿਆਨ ਦੇ ਇਸ ਮੂਲ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਤੇ ਕੇਂਦਰਿਤ ਕਰਾਂਗੇ।

ਆਉ, ਸਭ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਅਸੀਂ ਆਪਣੇ ਆਮ ਅਨੁਭਵਾਂ ਦੇ ਅਧਾਰ 'ਤੇ ਇਸ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਦੇ ਉੱਤਰ ਦਾ ਅੰਦਾਜ਼ਾ ਲਗਾਈਏ। ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਪਈ ਫੁਟਬਾਲ ਨੂੰ ਗਤੀ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਨ ਲਈ ਕਿਸੇ ਨਾ ਕਿਸੇ ਨੂੰ ਉਸ ਤੇ ਕਿੱਕ ਮਾਰਨੀ ਪਵੇਗੀ। ਕਿਸੇ ਪੱਥਰ ਨੂੰ ਉੱਪਰ ਵੱਲ ਨੂੰ ਸੁੱਟਣ ਲਈ, ਸਾਨੂੰ ਇਸ ਨੂੰ ਉੱਪਰ ਵੱਲ ਪ੍ਰਖੇਪਿਤ ਕਰਨਾ ਪਵੇਗਾ। ਮੰਦ ਹਵਾ ਰੁੱਖ ਦੀਆਂ ਟਹਿਣੀਆਂ ਨੂੰ ਝੂਲਾ ਦਿੰਦੀ ਹੈ, ਤੇਜ਼ ਚਲਦੀ ਹਵਾ ਦਾ ਬੁੱਲਾ ਤਾਂ ਭਾਰੀ ਵਸਤੂਆਂ ਨੂੰ ਵੀ ਹਿਲਾ ਦਿੰਦਾ ਹੈ।

ਵਗਦੀ ਨਦੀ ਕਿਸੇ ਕਿਸ਼ਤੀ ਨੂੰ ਬਿਨਾਂ ਕਿਸੇ ਨਾਵਿਕ ਤੋਂ ਹੀ ਗਤੀਮਾਨ ਕਰ ਦਿੰਦੀ ਹੈ। ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿਚਲੀ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਨੂੰ ਗਤੀਮਾਨ ਕਰਨ ਲਈ ਬਾਹਰੀ ਸਾਧਨ ਦੁਆਰਾ ਬਲ ਲਾਉਣ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਗਤੀ ਨੂੰ ਰੋਕਣ ਜਾਂ ਧੀਮਾ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਵੀ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਢਾਲੂ ਤਲ (inclined plane) ਤੋਂ ਹੇਠਾਂ ਵੱਲ ਨੂੰ ਰਿੜ੍ਹਦੀ ਕਿਸੇ ਗੇਂਦ ਨੂੰ ਉਸਦੀ ਗਤੀ ਦੀ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਬਲ ਲਗਾ ਕੇ ਰੋਕਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਇਹਨਾਂ ਉਦਾਹਰਣਾਂ ਵਿੱਚ, ਬਲ ਦਾ ਬਾਹਰੀ ਸਾਧਨ (ਹੱਥ, ਹਵਾ, ਪਾਣੀ ਦੀ ਧਾਰਾ ਆਦਿ) ਪਿੰਡ ਦੇ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਹਨ। ਪਰ ਇਹ ਸਦਾ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਇਮਾਰਤ ਦੇ ਸ਼ਿਖਰ ਤੋਂ ਬਿਨਾਂ ਕਿਸੇ ਧੱਕੇ ਦੇ ਅਰਾਮ ਨਾਲ ਛੱਡਿਆ ਗਿਆ ਪੱਥਰ ਧਰਤੀ ਦੀ ਗੁਰੂਤਾ ਖਿੱਚ ਕਾਰਣ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕੋਈ ਛੜ ਚੁੰਬਕ ਦੂਰ ਤੋਂ ਹੀ ਲੋਹੇ ਦੀਆਂ ਕਿੱਲਾਂ ਨੂੰ ਆਪਣੇ ਵੱਲ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਕਰ ਲੈਂਦਾ ਹੈ। **ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਬਾਹਰੀ ਸਾਧਨ (ਇਹਨਾਂ ਉਦਾਹਰਣਾਂ ਵਿੱਚ ਗੁਰੂਤਾ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ) ਇੱਕ ਦੂਰੀ ਤੋਂ ਵੀ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਤੇ ਬਲ ਲਗਾ ਸਕਦੇ ਹਨ।**

ਸੰਖੇਪ ਵਿੱਚ, ਕਿਸੇ ਰੁਕੇ ਹੋਏ ਪਿੰਡ ਨੂੰ ਗਤੀ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਨਾ ਅਤੇ ਗਤੀਮਾਨ ਪਿੰਡ ਨੂੰ ਰੋਕਣ ਲਈ ਬਲ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਬਲ ਨੂੰ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਨ ਲਈ ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਸਾਧਨ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਬਾਹਰੀ ਸਾਧਨ ਉਸ ਪਿੰਡ ਦੇ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਵੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਨਹੀਂ ਵੀ।

ਇੱਥੋਂ ਤੱਕ ਤਾਂ ਸਭ ਠੀਕ ਹੈ। ਪਰ ਉਦੋਂ ਕੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਪਿੰਡ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਨਾਲ ਚਲਦਾ ਹੈ (ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਬਰਫ਼ ਦੇ ਖਿਤਿਜੀ ਫਰਸ਼ (horizontal ice slab) ਰਗੜ ਬਲ (ਠੋਸਾਂ ਵਿੱਚ) ਜਾਂ ਵਿਸਕਸ ਤੇ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚੱਾਲ (constant speed) ਨਾਲ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਗਤੀਮਾਨ ਕੋਈ ਸਕੇਟਰ (skatter) (ਬਰਫ਼ ਤੇ ਚਲਣ ਲਈ)? **ਕੀ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦੀ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਬਣਾ ਕੇ ਰੱਖਣ ਲਈ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ ?**

5.2 ਅਰਸਤੂ ਦਾ ਭਰਮ ਭੁਲੇਖਾ (ARISTOTLE'S FALLACY)

ਉਪਰੋਕਤ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਸੌਖਾ ਹੀ ਲੱਗਦਾ ਹੈ। ਐਪਰ ਨੂੰ ਇਸਦਾ ਉੱਤਰ ਦੇਣ ਵਿੱਚ ਕਈ ਯੁੱਗ ਲੱਗ ਗਏ ਸਨ। ਬੇਸ਼ੱਕ ਸਤ੍ਹਾਰਵੀਂ ਸਦੀ ਵਿੱਚ ਗੈਲੀਲਿਉ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਇਸ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਦਾ ਸਹੀ ਉੱਤਰ ਨਿਊਟਨ ਯੰਤਰਿਕ ਦਾ ਅਧਾਰ ਬਣਿਆ ਜਿਸਨੇ ਆਧੁਨਿਕ ਵਿਗਿਆਨ ਦੇ ਜਨਮ ਦਾ ਸੰਕੇਤ ਦਿੱਤਾ।

ਮਹਾਨ ਯੂਨਾਨੀ (Greek) ਵਿਚਾਰਕ, ਅਰਸਤੂ (Aristotle, 384 B.C– 322 B.C.) ਨੇ ਇਹ ਵਿਚਾਰ ਰੱਖਿਆ ਕਿ ਜੇ ਕੋਈ ਪਿੰਡ ਗਤੀਮਾਨ ਹੈ, ਤਾਂ ਉਸ ਨੂੰ ਉਸੇ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਬਣਾਈ ਰੱਖਣ ਦੇ ਲਈ ਕੋਈ ਨਾ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਸਾਧਨ ਜ਼ਰੂਰ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਇਸ ਵਿਚਾਰ ਅਨੁਸਾਰ ਕਿਸੇ ਕਮਾਨ 'ਤੋਂ ਛੱਡਿਆ ਗਿਆ ਤੀਰ ਉੱਡਦਾ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਤੀਰ ਦੇ ਪਿੱਛੇ ਦੀ ਹਵਾ ਉਸ ਨੂੰ ਧੱਕਦੀ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਅਰਸਤੂ ਦੁਆਰਾ ਵਿਕਸਿਤ ਵਿਸ਼ਵ ਵਿੱਚ ਪਿੰਡਾਂ ਦੀਆਂ ਗਤੀਆਂ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਵਿਚਾਰਾਂ ਦੇ ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਢਾਂਚੇ ਦਾ ਇੱਕ ਭਾਗ ਸੀ। ਗਤੀ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਅਰਸਤੂ ਦੇ ਵਧੇਰੇ ਕਰਕੇ ਵਿਚਾਰ ਹੁਣ ਗਲਤ ਮੰਨੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਹੁਣ ਚਿੰਤਾ ਕਰਨ ਦੀ ਲੋੜ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਆਪਣੇ ਕੰਮ ਦੇ ਲਈ ਅਸੀਂ ਇੱਥੇ ਅਰਸਤੂ ਦੇ ਗਤੀ ਦੇ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ — **ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਨੂੰ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਰੱਖਣ ਲਈ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।**

ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਅਸੀਂ ਅੱਗੇ ਦੇਖਾਂਗੇ, ਅਰਸਤੂ ਦਾ ਗਤੀ ਨਿਯਮ ਦੋਸ਼-ਵਾਲਾ ਹੈ। ਐਪਰ, ਮੁਤਾਬਿਕ ਇਹ ਇੱਕ ਕੁਦਰਤੀ ਨਜ਼ਰੀਆ ਹੈ, ਜੋ ਕੋਈ ਵੀ ਵਿਅਕਤੀ ਆਪਣੇ ਆਮ ਅਨੁਭਵਾਂ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਆਪਣੀ ਸਾਧਾਰਣ ਖਿਡੌਣਾ ਕਾਰ (ਬਿਨਾਂ ਬਿਜਲੀ ਦੇ ਚਲਣ ਵਾਲੀ) ਨਾਲ ਫਰਸ਼ ਤੇ ਖੇਡਦੀ ਛੋਟੀ ਬੱਚੀ ਵੀ ਆਪਣੇ ਅੰਤਰ ਗਿਆਨ ਨਾਲ ਇਹ ਜਾਣਦੀ ਹੈ ਕਿ ਕਾਰ ਨੂੰ ਚਲਦੀ ਰੱਖਣ ਲਈ ਉਸ ਨਾਲ ਬੰਨ੍ਹੀ ਡੋਰੀ ਨੂੰ ਸਥਾਈ ਤੌਰ 'ਤੇ ਕੁਝ ਬਲ ਲਗਾ ਕੇ ਲਗਾਤਾਰ ਖਿੱਚਣਾ ਹੋਵੇਗਾ। ਜੇ ਉਹ ਡੋਰੀ ਨੂੰ ਛੱਡ ਦਿੰਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਕੁਝ ਪਲ ਬਾਅਦ ਕਾਰ ਰੁੱਕ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਵਧੇਰੇ ਕਰਕੇ ਸੱਥਲੀ ਗਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਇਹ ਆਮ ਅਨੁਭਵ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਪਿੰਡਾਂ ਨੂੰ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਬਣਾਈ ਰੱਖਣ ਲਈ ਬਾਹਰੀ ਬਲਾਂ ਦੀ ਲੋੜ ਪ੍ਰਤੀਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਵਸਤੂਆਂ ਨੂੰ ਆਪਣੇ ਆਪ ਚੱਲਣ ਲਈ ਸੁਤੰਤਰ ਛੱਡ ਦਿੱਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਇਹ ਅੰਤ ਨੂੰ ਰੁੱਕ ਹੀ ਜਾਂਦੀਆਂ ਹਨ।

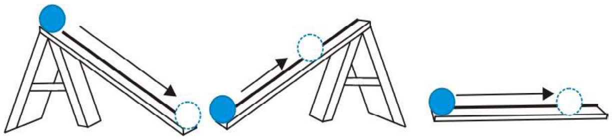
ਫਿਰ ਅਰਸਤੂ ਦੇ ਤਰਕ ਵਿੱਚ ਕੀ ਦੋਸ਼ ਹੈ ? ਇਸਦਾ ਉੱਤਰ ਹੈ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਖਿਡੌਣਾ ਕਾਰ ਇਸ ਲਈ ਰੁੱਕ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਫਰਸ਼ ਦੁਆਰਾ ਕਾਰ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲਾ ਬਾਹਰੀ ਰਗੜ ਬਲ (frictional force) ਇਸ ਦੀ ਗਤੀ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਬਲ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨੂੰ ਖ਼ਤਮ ਕਰਨ ਲਈ ਬੱਚੀ ਨੂੰ ਕਾਰ ਤੇ ਗਤੀ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਲਗਾਉਣਾ ਪੈਂਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਾਰ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਉਸ ਤੇ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ; ਬੱਚੀ ਦੁਆਰਾ ਲਗਾਇਆ ਬਲ ਫਰਸ਼ ਦੇ ਬਲ (ਰਗੜ ਬਲ) ਨੂੰ ਖਤਮ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਸਦੀ ਕੋਰੋਲਰੀ (corollary) ਹੈ : ਜੇ ਕੋਈ ਰਗੜ ਨਾ ਹੋਵੇ, ਤਾਂ ਬੱਚੀ ਦੀ ਖਿਡੌਣਾ ਕਾਰ ਦੀ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਬਣਾਈ ਰੱਖਣ ਲਈ, ਕੋਈ ਵੀ ਬਲ ਲਗਾਉਣ ਦੀ ਲੋੜ ਨਹੀਂ ਪੈਂਦੀ।

ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਸਦਾ ਹੀ ਖੁਰਦਰਾਪਨ ਰਗੜ ਬਲ (ਠੋਸਾਂ ਵਿੱਚ) ਜਾਂ ਵਿਸਕਸ ਬਲ (viscous force) (ਤਰਲਾਂ ਵਿੱਚ) ਆਦਿ ਮੌਜੂਦ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਉਹਨਾਂ ਵਿਵਹਾਰਕ ਅਨੁਭਵਾਂ ਤੋਂ ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੈ ਜਿਹਨਾਂ ਅਨੁਸਾਰ ਵਸਤੂਆਂ ਵਿੱਚ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਬਣਾਈ ਰੱਖਣ ਲਈ ਰਗੜ ਬਲ ਤੇ ਕਾਬੂ ਪਾਉਣ ਲਈ ਸਾਧਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਬਲ ਲਗਾਉਣਾ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਸਮਝ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਅਰਸਤੂ ਤੋਂ ਗ਼ਲਤੀ ਕਿੱਥੇ ਹੋਈ। ਉਸਨੇ ਆਪਣੇ ਇਸ ਵਿਵਹਾਰਕ ਅਨੁਭਵ ਨੂੰ ਇੱਕ ਮੌਲਿਕ ਤਰਕ ਦਾ ਰੂਪ ਦਿੱਤਾ। ਗਤੀ ਅਤੇ ਬਲਾਂ ਦੇ ਲਈ ਕੁਦਰਤ ਦੇ ਯਥਾਰਥ ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ ਜਾਣਨ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਇੱਕ ਅਜਿਹੇ ਆਦਰਸ਼ ਸੰਸਾਰ ਦੀ ਕਲਪਨਾ ਕਰਨੀ ਹੋਵੇਗੀ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਬਿਨਾਂ ਕਿਸੇ ਵਿਰੋਧੀ ਰਗੜ ਬਲ ਦੇ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਸੰਭਵ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹੀ ਗੈਲੀਲਿਉ (Galileo) ਨੇ ਕੀਤਾ ਸੀ।

5.3 ਜੜ੍ਹਤਾ ਦਾ ਨਿਯਮ (THE LAW OF INERTIA)

ਗੈਲੀਲਿਉ ਨੇ ਵਸਤੂਆਂ ਦੀ ਗਤੀ ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਇੱਕ ਢਾਲੂ ਤਲ ਤੇ ਕੀਤਾ ਸੀ। ਕਿਸੇ (i) ਢਾਲੂ ਤਲ (inclined plane) ਤੇ ਹੇਠਾਂ ਵੱਲ ਨੂੰ ਗਤੀਮਾਨ ਵਸਤੂਆਂ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ ਜਦੋਂਕਿ (ii) ਤਲ ਦੇ ਉੱਪਰ ਵੱਲ ਨੂੰ ਜਾਣ ਵਾਲੀਆਂ ਵਸਤੂਆਂ ਦੀ ਗਤੀ ਮੰਦਿਤ (retared) ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਖਿਤਜੀ ਸਮਤਲ ਤੇ ਗਤੀ (iii) ਇਹਨਾਂ ਦੋਵਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਹੈ। ਗੈਲੀਲਿਉ ਨੇ ਇਹ ਸਿੱਟਾ ਕੱਢਿਆ ਕਿ ਕਿਸੇ ਰਗੜ ਰਹਿਤ ਖਿਤਜੀ ਸਮਤਲ ਤੇ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਵਿੱਚ ਨਾ ਤਾਂ ਪ੍ਰਵੇਗ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਨਾ ਹੀ ਮੰਦਨ ਅਰਥਾਤ ਇਸ ਨੂੰ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰਨੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 5.1(a).

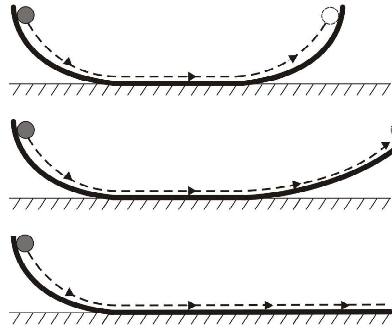
ਗੈਲੀਲਿਉ ਦੇ ਇੱਕ ਹੋਰ ਪ੍ਰਯੋਗ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਉਸ ਨੇ ਦੋ ਢਾਲੂ ਤਲਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ, ਤੋਂ ਵੀ ਇਹੀ ਸਿੱਟਾ ਨਿਕਲਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ ਢਾਲੂ ਤਲ ਤੇ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਛੱਡੀ ਗਈ ਗੇਂਦ ਹੇਠਾਂ ਵੱਲ ਰਿੜ੍ਹਦੀ ਹੈ ਤੇ ਦੂਸਰੇ ਢਾਲੂ ਤਲ ਦੇ ਉੱਪਰ ਚੜ੍ਹਦੀ ਹੈ। ਜੇ ਦੋਵੇਂ ਢਾਲੂ ਤਲਾਂ ਦੀਆਂ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਵਧੇਰੇ ਰਫ਼ ਨਹੀਂ ਹਨ ਤਾਂ ਗੇਂਦ ਦੀ ਅੰਤਮ ਉਚਾਈ ਉਸਦੀ ਆਰੰਭਿਕ ਉਚਾਈ ਦੇ ਲਗਭਗ ਸਮਾਨ (ਕੁਝ ਘਟ ਪਰੰਤੂ ਵੱਧ ਕਦੇ ਨਹੀਂ) ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਆਦਰਸ਼ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ, ਜਦੋਂ ਰਗੜ ਬਲ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਲੁਪਤ ਕਰ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਗੇਂਦ ਦੀ ਅੰਤਮ ਉਚਾਈ ਉਸਦੀ ਆਰੰਭਿਕ ਉਚਾਈ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਣੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ ***5.1*** *(a)*

ਹੁਣ ਜੇ ਦੂਸਰੇ ਸਮਤਲ ਦੀ ਢਾਲ ਨੂੰ ਘਟਾ ਕੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਨੂੰ ਦੁਹਰਾਈਏ ਤਾਂ ਫਿਰ ਵੀ ਗੇਂਦ ਉਸੇ ਉਚਾਈ ਤੱਕ ਪੁੱਜੇਗੀ, ਪਰ ਅਜਿਹਾ ਕਰਨ ਤੇ ਉਹ ਵੱਧ ਦੂਰ ਜਾਵੇਗੀ। ਸੀਮਾਂਤ ਸਥਿਤੀ (limiting case) ਵਿੱਚ, ਜਦੋਂ ਦੂਸਰੇ ਸਮਤਲ ਦੀ ਢਾਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ (ਅਰਥਾਤ ਇਹ ਖਿਤਜੀ ਤਲ ਹੈ) ਤਦ ਗੇਂਦ ਅਨੰਤ ਦੂਰੀ ਤੱਕ ਚਲਦੀ ਹੈ। ਦੂਸਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਇਸਦੀ ਗਤੀ ਕਦੇ ਨਹੀਂ ਰੁਕੇਗੀ। ਬੇਸ਼ਕ ਇਹ ਇੱਕ ਆਦਰਸ਼ ਸਥਿਤੀ ਹੈ। (ਚਿੱਤਰ 5.1(b))। ਵਿਵਹਾਰ ਵਿੱਚ ਗੇਂਦ ਖਿਤਜੀ ਸਮਤਲ ਤੇ ਇੱਕ ਸੀਮਿਤ ਦੂਰੀ ਤੱਕ ਚੱਲਣ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਬਾਹਰੀ ਵਿਰੋਧੀ ਰਗੜ ਬਲ ਜਿਸ ਨੂੰ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਰੂਪਿਤ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ, ਦੇ ਕਾਰਨ ਵਿਰਾਮ ਵਿੱਚ ਆ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਐਪਰ ਜੇ ਰਗੜ ਨਾ ਹੁੰਦੀ ਤਾਂ ਗੇਂਦ ਖਿਤਿਜੀ ਸਮਤਲ ਤੇ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਵੇਗ ਨਾਲ ਲਗਾਤਾਰ ਚਲਦੀ ਰਹਿੰਦੀ।

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਗੈਲੀਲਿਉ ਨੂੰ ਗਤੀ ਦੇ ਸੰਬੰਧ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਨਵੀਂ ਅੰਤਰ ਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਈ, ਜੋ ਅਰਸਤੂ ਅਤੇ ਉਸਦੇ ਸੰਬੰਧੀਆਂ ਨੂੰ ਸਮਝ ਵਿੱਚ ਨਹੀਂ ਆਈ। ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਅਤੇ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਰੇਖੀ ਗਤੀ ਦੀ ਅਵਸਥਾ (ਅਰਥਾਤ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀ) ਤੁੱਲ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਦੋਵਾਂ ਹੀ ਕੇਸਾਂ ਵਿੱਚ ਪਿੰਡ ਤੇ ਕੋਈ ਬਲ ਨਹੀਂ ਲੱਗਦਾ। ਇਹ ਸੋਚਣਾ ਦੋਸ਼ ਪੂਰਣ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦੀ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਦੇ ਲਈ ਉਸ ਤੇ ਕੋਈ ਬਲ ਲਗਾਉਣਾ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਨੂੰ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਬਣਾਈ ਰੱਖਣ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਰਗੜ ਬਲ ਨੂੰ ਨਿਰਸਤ ਕਰਨ ਲਈ ਇੱਕ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਲਗਾਉਣ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਤਾਂਕਿ ਪਿੰਡ ਤੇ ਲੱਗੇ ਦੋਨੋਂ ਬਾਹਰੀ ਬਲਾਂ ਦਾ ਨੇਟ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋ ਜਾਵੇ।



ਚਿੱਤਰ ***5.1*** *(b)* ਦੋ ਢਾਲੂ ਤਲਾਂ ਤੇ ਗਤੀ ਦੇ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਤੋਂ ਗੈਲੀਲਿਉ ਨੇ ਜੜ੍ਹਤਾ ਦੇ ਨਿਯਮ ਅਨੁਮਾਨਿਤ ਕੀਤੇ।

ਪ੍ਰਾਚੀਨ ਭਾਰਤੀ ਵਿਗਿਆਨ ਵਿੱਚ ਗਤੀ ਸੰਬੰਧੀ ਧਾਰਨਾਵਾਂ

ਪ੍ਰਾਚੀਨ ਭਾਰਤੀ ਵਿਚਾਰਕਾਂ ਨੇ ਵੀ ਗਤੀ ਸੰਬੰਧੀ ਧਾਰਨਾਵਾਂ ਦੀ ਇੱਕ ਵਿਸਤ੍ਰਿਤ ਪ੍ਰਣਾਲੀ ਵਿਕਸਿਤ ਕਰ ਲਈ ਸੀ। ਬਲ ਜੋ ਗਤੀ ਦਾ ਕਾਰਨ ਹੈ, ਵੱਖ-ਵੱਖ ਕਿਸਮਾਂ ਦਾ ਮੰਨਿਆ ਗਿਆ ਹੈ : ਲਗਾਤਾਰ ਦਬਾਅ ਦੇ ਕਾਰਨ ਬਲ (ਜਿਸ ਨੂੰ ਨੋਦਨ ਕਿਹਾ ਗਿਆ) ਜਿਵੇਂ ਜਲ ਯਾਤਰਾ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਪਾਲ-ਵਾਲੇ ਜਹਾਜ਼ਾਂ ਤੇ ਲੱਗਣ ਵਾਲਾ ਚਲਦੀ ਹਵਾ ਦਾ ਬਲ; ਆਘਾਤ (ਅਭਿਘਾਤ) ਜੋ ਕ੍ਰਮਹਾਰ ਦੁਆਰਾ ਚੱਕੇ ਨੂੰ ਛੜ ਨਾਲ ਘੁਮਾਉਣ ਤੇ ਲੱਗਦਾ ਹੈ; ਸਰਲ ਰੇਖੀ ਗਤੀ (ਵੇਗ) ਦੇ ਲਈ ਜਾਂ ਲਚਕੀਲੇ ਪਿੰਡਾਂ (elastic body) ਵਿੱਚ ਆਕ੍ਰਿਤੀ ਦੇ ਪੁੱਨਰ ਸਥਾਪਨ ਦੀ ਚਿਰਜੀਵੀ ਪ੍ਰਵਿਰਤੀ (ਸੰਸਕਾਰ) ਡੋਰੀ, ਛੜ ਆਦਿ ਨਾਲ ਸੰਚਾਰਿਤ ਬਲ। ਗਤੀ ਦੇ '**ਵੈਸ਼ੇਸ਼ੀਕਾ**' ਸਿਧਾਂਤ ਵਿੱਚ ਵੇਗਾਂ ਦੀ ਸੰਕਲਪਨਾ ਸ਼ਾਇਦ ਜੜ੍ਹਤਾ ਦੀ ਸੰਕਲਪਨਾ ਦੇ ਨੇੜੇ ਹੈ। ਵੇਗ, ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਚੱਲਣ ਦੀ ਪ੍ਰਵਿਰਤੀ, ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਆਉਣ ਵਾਲੀਆ ਵਸਤੂਆਂ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਵੀ ਸ਼ਾਮਲ ਹੈ, ਦੁਆਰਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਜਿਹਾ ਮੰਨਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਹ ਰਗੜ ਅਤੇ ਹਵਾ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ ਦੇ ਵਿਚਾਰ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਦਾ ਵਿਚਾਰ ਹੈ। ਉਹਨਾਂ ਦਾ ਇਹ ਅਨੁਮਾਨ ਸਹੀ ਸੀ ਕਿ ਪਿੰਡਾਂ ਦੀਆਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਗਤੀਆਂ (ਸਥਾਨਾਂਤਰੀ, ਘੁੰਮਣਸ਼ੀਲ ਅਤੇ ਕੰਪਨ) ਉਸ ਪਿੰਡ ਦੇ ਸੰਘਟਕ ਕਣਾਂ ਦੀ ਸਿਰਫ਼ ਸਥਾਨਾਂਤਰੀ ਗਤੀ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੀ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀਆਂ ਹਨ। ਪੌਣ (wind) ਵਿੱਚ ਡਿਗਦੇ ਕਿਸੇ ਪੱਤੇ ਦੀ ਕੁੱਲ ਮਿਲਾ ਕੇ ਹੇਠਾਂ ਵੱਲ ਨੂੰ ਗਤੀ (ਪਤਨ) ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਨਾਲ ਹੀ ਉਸ ਵਿੱਚ ਘੁੰਮਣਸ਼ੀਲਤਾ ਅਤੇ ਕੰਪਨ ਗਤੀ (ਭ੍ਰਮਣ, ਸੰਪਦਨ) ਵੀ ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਪਰ ਕਿਸੇ ਛਿਣ ਉਸ ਪੱਤੇ ਦੇ ਹਰੇਕ ਕਣ ਵਿੱਚ ਸਿਰਫ਼ ਇੱਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ (ਲਘੂ) ਵਿਸਥਾਪਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਗਤੀ ਦੇ ਮਾਪ, ਲੰਬਾਈ ਅਤੇ ਸਮੇਂ ਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਭਾਰਤੀ ਚਿੰਤਨ ਵਿੱਚ ਕਾਫ਼ੀ ਬਲ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ। ਇਹ ਜਾਣਕਾਰੀ ਸੀ ਕਿ ਸਪੇਸ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਕਣ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਨੂੰ ਉਸਦੀਆਂ ਤਿੰਨੋਂ ਧੁਰੀਆਂ (axes) ਤੋਂ ਦੂਰੀਆਂ ਮਾਪ ਕੇ ਨਿਰਦੇਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਸੀ। ਭਾਸਕਰ (Bhaskra 1150 A.D.) ਤਤਕਾਲੀ ਗਤੀ (instantaneous motion) ਦੀ ਅਵਧਾਰਨਾ ਪ੍ਰਸਤਾਵਿਤ ਕੀਤੀ ਜਿਸ ਨਾਲ ਡਿਫਰੈਂਸ਼ੀਅਲ ਕੈਲਕੁਲਸ (Differential Calculus) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਦੁਆਰਾ ਤਤਕਾਲਿਕ ਵੇਗ ਦੀ ਆਧੁਨਿਕ ਸੰਕਲਪਨਾ ਦਾ ਪੂਰਵ ਗਿਆਨ ਹੋਇਆ। ਤਰੰਗ ਅਤੇ ਧਾਰਾ (ਪਾਣੀ ਦੀ) ਦੇ ਵਿਚਲੇ ਅੰਤਰ ਨੂੰ ਚੰਗੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਮਝਿਆ ਜਾ ਚੁੱਕਾ ਸੀ; ਧਾਰਾ ਗੁਰੂਤਾ ਅਤੇ ਤਰਲਤਾ ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਜਲ ਕਣਾਂ ਦੀ ਗਤੀ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਤਰੰਗ ਜਲ ਕਣਾਂ ਦੇ ਕੰਪਨ ਦੇ ਸੰਚਾਰਣ ਦਾ ਪਰਿਣਾਮ ਹੈ।

ਸਾਰਾਂਸ਼ ਵਿੱਚ, ਜੇ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ ਤਾਂ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਰਹਿ ਰਿਹਾ ਪਿੰਡ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹੀ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਪਿੰਡ ਲਗਾਤਾਰ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਵਸਤੂ ਦੇ ਇਸ ਗੁਣ ਨੂੰ ਜੜ੍ਹਤਾ (inertia) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਜੜ੍ਹਤਾ ਤੋਂ ਭਾਵ ਹੈ "**ਬਦਲਾਵ ਦੇ ਪ੍ਰਤੀ ਪ੍ਰਤੀਰੋਧ**"। ਕੋਈ ਪਿੰਡ ਆਪਣੀ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਜਾਂ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਦੀ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਉਦੋਂ ਤੱਕ ਕੋਈ ਪਰਿਵਰਤਨ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਜਦੋਂ ਤੱਕ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਉਸ ਨੂੰ ਅਜਿਹਾ ਕਰਨ ਲਈ ਮਜਬੂਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ।

5.4 ਨਿਊਟਨ ਦਾ ਗਤੀ ਦਾ ਪਹਿਲਾ ਨਿਯਮ (NEWTON'S FIRST LAW OF MOTION)

ਗੈਲੀਲਿਉ ਦੀ ਸਰਲ ਪਰ ਕ੍ਰਾਂਤੀਕਾਰ ਧਾਰਨਾਵਾਂ ਨੇ ਅਰਸਤੂ ਦੀਆਂ ਯੰਤਰਿਕੀ ਨੂੰ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਕਾਰ ਦਿੱਤਾ। ਹੁਣ ਇੱਕ ਨਵੀਂ ਯੰਤਰਿਕੀ ਦਾ ਵਿਕਾਸ ਕੀਤਾ ਜਾਣਾ ਸੀ। ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਰੂਪ ਵਿੱਚ, ਇਸ ਕਾਰਨ ਨੂੰ ਸਰ ਆਈਜ਼ੈਕ ਨਿਊਟਨ (Issac Newton) ਨੇ ਜਿਸਨੂੰ ਯੁੱਗਾਂ ਦਾ ਮਹਾਨਤਮ ਵਿਗਿਆਨੀ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਲਗਭਗ ਇੱਕਲੇ ਨੇ ਹੀ ਮੁਕੰਮਲ ਕੀਤਾ।

ਨਿਊਟਨ ਨੇ ਗੈਲੀਲਿਉ ਦੀਆਂ ਧਾਰਨਾਵਾਂ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਗਤੀ ਦੇ ਤਿੰਨ ਨਿਯਮਾਂ ਜੋ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਨਾਮ ਨਾਲ ਜਾਣੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ, ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਯੰਤਰਿਕੀ ਦੀ ਬੁਨਿਆਦ ਰੱਖੀ। ਗੈਲੀਲਿਉ ਦਾ ਜੱੜ੍ਹਤਾ ਦਾ ਨਿਯਮ ਉਸਦਾ ਅਰੰਭ ਬਿੰਦੂ ਸੀ ਜਿਸਦਾ ਨਿਊਟਨ ਨੇ "**ਗਤੀ ਦਾ ਪਹਿਲਾ ਨਿਯਮ**" ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸੂਤਰਬੱਧ ਕੀਤਾ।

"ਹਰੇਕ ਪਿੰਡ ਉਦੋਂ ਤੱਕ ਆਪਣੀ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਜਾਂ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਦੀ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਤੱਕ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਉਸ ਨੂੰ ਹੋਰ ਢੰਗ ਨਾਲ ਵਿਵਹਾਰ ਕਰਨ ਲਈ ਮਜਬੂਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ।"

ਹੁਣ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਜਾਂ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਰੇਖੀ ਗਤੀ ਦੋਵਾਂ ਵਿੱਚ ਹੀ "ਜ਼ੀਰੋ ਪ੍ਰਵੇਗ" ਛੁਪਿਆ ਹੋਇਆ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਗਤੀ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਨਿਯਮ ਨੂੰ, ਸਰਲ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵੀ ਦੱਸਿਆ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਜੇ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਤੇ ਲੱਗਣ ਵਾਲਾ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ, ਤਾਂ ਉਸਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਜ਼ੀਰੋ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜ਼ੀਰੋ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ (Non-zero) ਪ੍ਰਵੇਗ ਸਿਰਫ਼ ਉਦੋਂ ਹੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਪਿੰਡ ਤੇ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਲੱਗਦਾ ਹੋਵੇ।

ਵਿਵਹਾਰ ਵਿੱਚ ਇਸ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਨਾਲ ਸਾਨੂੰ ਦੋ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਸਥਿਤੀਆਂ ਦਾ ਸਾਹਮਣਾ ਕਰਨਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕੁਝ ਉਦਾਹਰਨਾਂ ਵਿੱਚ ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਇਹ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਵਸਤੂ ਤੇ ਕੁੱਲ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਉਸ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਇਹ ਸਿੱਟਾ ਕੱਢ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਵਸਤੂ ਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ ਅੰਤਰਾ ਤਾਰਕੀ ਅਕਾਸ਼ (interstellar space) ਵਿੱਚ ਸਾਰੀਆਂ ਗੁਰੂਤਵੀ ਵਸਤੂਆਂ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਦੂਰ ਕਿਸੇ ਅੰਤਰਿਕਸ਼ ਯਾਨ (space ship), ਜਿਸਦੇ ਸਾਰੇ ਰਾਕੇਟ ਬੰਦ ਕੀਤੇ ਜਾ ਚੁੱਕੇ ਹੋਣ ਤੇ ਕੋਈ ਨੇਟ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਹੁੰਦਾ। ਗਤੀ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਨਿਯਮ ਅਨੁਸਾਰ ਇਸਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਇਹ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਹੈ ਤਾਂ ਇਸ ਨੂੰ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਰਹਿਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

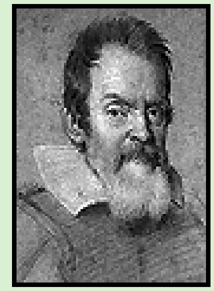
ਐਪਰ ਅਨੁਸਾਰ ਬਹੁਤ ਵਾਰੀ ਸਾਨੂੰ ਸ਼ੁਰੂ ਵਿੱਚ ਸਾਰੇ ਬਲਾਂ ਦਾ ਗਿਆਨ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਉਸ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ, ਜੇ ਸਾਨੂੰ ਇਹ ਗਿਆਤ ਹੋਵੇ ਕਿ ਕੋਈ ਵਸਤੂ ਅਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੈ (ਭਾਵ ਇਹ ਵਸਤੂ ਜਾਂ ਤਾਂ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹੈ ਜਾਂ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਰੇਖੀ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਹੈ) ਤਦ ਅਸੀਂ ਗਤੀ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਧਾਰ 'ਤੇ ਇਹ ਸਿੱਟਾ ਕਢ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਉਸ ਵਸਤੂ ਤੇ ਨੇਟ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਹਰ ਸਥਾਨ ਤੇ ਹੈ। ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਰੂਪ ਵਿੱਚ, ਧਰਤੀ ਤੇ ਹੋ ਰਹੀਆਂ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਵਿੱਚ, ਧਰਤੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਸਾਰੀਆਂ ਵਸਤੂਆਂ ਧਰਤੀ ਦੇ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਣ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ। ਇਸ ਦੇ ਨਾਲ ਹੀ, ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਵਸਤੂਆਂ ਸਦਾ ਹੀ ਰਗੜ ਬਲ, ਲੇਸਲੇਪਨ (viscous) ਕਾਰਨ ਵਿਰੋਧੀ ਖਿੱਚ (drag) ਆਦਿ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ ਤਾਂ ਜੇ ਧਰਤੀ ਤੇ ਸੱਥਿਤ ਕੋਈ ਵਸਤੂ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਜਾਂ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਰੇਖੀ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਅਜਿਹਾ ਹੋਣ ਦਾ ਕਾਰਨ ਇਹ ਨਹੀਂ ਹੈ ਕਿ ਉਸ ਤੇ ਕੋਈ ਬਲ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਕਰ ਰਿਹਾ ਹੈ, ਬਲਕਿ ਉਸ ਤੇ ਕਾਰਜ ਕਰ ਰਹੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਇੱਕ-ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਨਿਰਸਤ ਕਰਕੇ ਸਾਰੇ ਬਲਾਂ ਦੇ ਜੋੜ ਨੂੰ 'ਜ਼ੀਰੋ ਕੁੱਲ ਬਾਹਰੀ ਬਲ' ਬਣਾਉਂਦੇ ਹਨ।

ਹੁਣ ਮੇਜ਼ ਤੇ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਰੱਖੀ ਇੱਕ ਪੁਸਤਕ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ (ਚਿੱਤਰ (5.2(a))। ਇਸ ਪੁਸਤਕ ਤੇ ਦੋ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਕਾਰਜ ਕਰਦੇ ਹਨ — ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ (ਅਰਥਾਤ ਪੁਸਤਕ ਦਾ ਭਾਰ W) ਹੇਠਾਂ ਵਲ ਨੂੰ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਮੇਜ਼ ਦੁਆਰਾ ਪੁਸਤਕ ਤੇ ਉੱਪਰ ਵੱਲ ਨੂੰ ਅਭਿਲੰਬ ਬਲ R ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ। R ਖੁਦ ਸਮਾਯੋਜਿਤ ਹੋਣ ਵਾਲਾ ਬਲ ਹੈ। ਇਹ ਉੱਪਰ ਵਰਣਨ ਕੀਤੀ ਦੂਸਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਦਾ ਉਦਾਹਰਨ ਹੈ। ਬਲਾਂ ਦੇ ਬਾਰੇ ਵਿੱਚ ਤਾਂ ਪੂਰਾ ਗਿਆਨ ਨਹੀਂ ਹੈ ਪਰ ਗਤੀ ਦੀ ਅਵਸਥਾ ਗਿਆਤ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਪੁਸਤਕ ਨੂੰ ਵਿਰਾਮ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਦੇਖਦੇ ਹਾਂ।

ਇਸ ਲਈ ਗਤੀ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਅਸੀਂ ਇਹ ਸਿੱਟਾ ਕੱਢ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ R ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ W ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ (magnitude) ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਅਕਸਰ ਅਜਿਹੇ ਕਥਨ ਦਾ ਟਾਕਰਾ ਕਰਦੇ ਹਾਂ; "ਕਿਉਂਕਿ W = R, ਬਲ ਇੱਕ-ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਨਿਰਸਤ ਕਰਦੇ ਹਨ, ਇਸ ਲਈ ਪੁਸਤਕ ਵਿਰਾਮ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਹੈ।" ਇਹ ਸੋਚ ਸਮਝ ਦੇ ਉਲਟ ਹੈ। ਸਹੀ ਕਥਨ ਵਿੱਚ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ : "ਕਿਉਂਕਿ ਪੁਸਤਕ ਵਿਰਾਮ ਵਿੱਚ ਦਿਖਾਈ ਦਿੰਦੀ ਹੈ"; ਗਤੀ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਨਿਯਮ ਅਨੁਸਾਰ ਇਸ ਤੇ ਨੇਟ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤੋਂ ਭਾਵ ਹੈ ਕਿ ਅਭਿਲੰਬ R ਪੁਸਤਕ ਦੇ ਭਾਰ W ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਅਤੇ ਉਲਟ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਇੱਕ ਕਾਰ ਦੀ ਗਤੀ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਉਹ ਕਾਰ ਵਿਰਾਮ ਤੋਂ ਗਤੀ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰਕੇ ਆਪਣੀ ਚਾਲ ਵਿੱਚ ਵਾਧਾ ਕਰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਫਿਰ ਚੀਕਣੀ ਸਿੱਧੀ ਸੜਕ ਤੇ ਪੁੱਜ ਕੇ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰਦੀ ਹੈ। (ਚਿੱਤਰ (5.2(b))। ਜਦੋਂ ਇਹ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਉਸ ਤੇ ਕੋਈ ਨੇਟ ਬਲ ਨਹੀਂ ਲੱਗਦਾ। ਚਾਲ ਵਿੱਚ ਵਾਧੇ ਦੇ ਸਮੇਂ ਇਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਗ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਅਜਿਹਾ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਕਾਰ ਦੇ ਪ੍ਰਵੇਗ ਲਈ ਕਿਸੇ ਵੀ ਅੰਤਰਿਕ ਬਲ ਨੂੰ ਜ਼ਿੰਮੇਵਾਰ ਨਹੀਂ ਮੰਨਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ। ਸੁਣਨ ਵਿੱਚ ਇਹ ਅਨੋਖਾ ਲੱਗ ਸਕਦਾ ਹੈ, ਪਰ ਇਹ ਸੱਚ ਹੈ। ਸੜਕ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਵਿਚਾਰਨਯੋਗ ਬਲ ਰਗੜ ਬਲ ਹੀ ਹੈ। ਸਾਰੀਆਂ ਗੱਲਾਂ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਨ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਇਹ ਸਿੱਟਾ ਨਿਕਲਦਾ ਹੈ ਕਿ ਕਾਰ

ਗੈਲੀਲਿਉ ਗੈਲਿਲੀ *(1564 - 1642) (Galileo Galilei)*

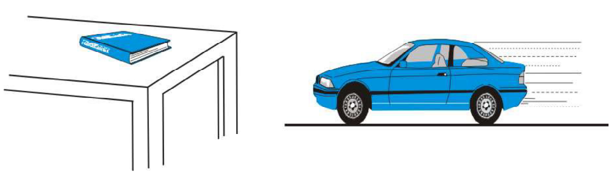


ਇਟਲੀ ਦੇ ਪੀਸਾ ਨਾਮਕ ਸ਼ਹਿਰ ਵਿੱਚ 1564 ਈ. ਵਿੱਚ ਜਨਮੇ ਗੈਲੀਲਿਉ ਗੈਲਿਲੀ ਲਗਭਗ ਚਾਰ ਸਦੀਆਂ ਪਹਿਲਾਂ ਯੂਰੋਪ ਵਿੱਚ ਹੋਈ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਕ੍ਰਾਂਤੀ ਦੇ ਸੂਤਰਧਾਰ ਸਨ। ਉਸਨੇ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦੀ ਸੰਕਲਪਨਾ ਕੀਤੀ। ਪਿੰਡਾਂ ਦੀ ਢਾਲੂ ਤਲਾਂ ਤੇ ਗਤੀ ਜਾਂ ਮੁਕਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਡਿਗਦੇ ਪਿੰਡਾਂ ਦੀਆਂ ਗਤੀਆਂ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਉਸਨੇ ਅਰਸਤੂ ਦੀ ਧਾਰਨਾ ਸੀ ਕਿ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਨੂੰ ਗਤੀਮਾਨ ਰੱਖਣ ਲਈ ਕਿਸੇ ਬਲ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਭਾਰੀ ਪਿੰਡ ਹਲਕੇ ਪਿੰਡਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਹੀ ਤੇਜ਼ ਗਤੀ ਨਾਲ ਡਿਗਦੇ ਹਨ, ਦਾ ਖੰਡਨ ਕੀਤਾ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਜੜ੍ਹਤਾ ਦੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਖੋਜ ਕੀਤੀ ਜੋ ਆਈਜਕ ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਯੁਗਾਂਤਰੀ ਕਾਰਜ ਦਾ ਅਰੰਭ ਬਿੰਦੂ ਸੀ।

ਗੈਲੀਲਿਉ ਦੇ ਖਗੋਲ ਦੇ ਖੇਤਰ ਵਿਚਲੇ ਆਵਿਸ਼ਕਾਰ ਵੀ ਉੱਨ੍ਹੇ ਹੀ ਕ੍ਰਾਂਤੀਕਾਰੀ ਸਨ। 1609 ਈ. ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਆਪਣਾ ਦੂਰਦਰਸ਼ੀ (ਜਿਸਦੀ ਖੋਜ ਪਹਿਲਾਂ ਹਾਲੈਂਡ ਵਿਚ ਹੋਈ ਸੀ) ਖੁਦ ਬਣਾਇਆ ਅਤੇ ਉਸਦੀ ਵਰਤੋਂ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਆਪਣੇ ਕਈ ਹੈਰਾਨ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਚੰਦਰਮਾ ਦੀ ਸਤਹਿ ਤੇ ਪਰਬਤ ਅਤੇ ਗਰਤ; ਸੂਰਜ ਦੇ ਕਾਲੇ ਧੱਬੇ; ਬ੍ਰਹਿਸਪਤੀ ਦੇ ਉਪਗ੍ਰਹਿ ਅਤੇ ਸ਼ੁੱਕਰ ਦੀਆਂ ਕਲਾਵਾਂ ਦੇ ਲਈ ਕੀਤਾ। ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਇਹ ਸਿੱਟਾ ਕੱਢਿਆ ਕਿ ਆਕਾਸ਼ ਗੰਗਾ, ਆਪਣੀ ਰੋਸ਼ਨੀ ਨਾ ਦਿਖਾਈ ਦੇ ਸਕਣ ਵਾਲੇ ਅਣਗਿਣਤ ਤਾਰਿਆਂ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਆਪਣੇ ਵਿਗਿਆਨਕ ਤਰਕ ਦੀ ਅਤਿ ਉੱਤਮ ਰਚਨਾ "ਡਾਇਲਾਗ ਆਨ ਦੀ ਟੂ ਚੀਫ ਵਰਲਡ ਸਿਸਟਮਸ" ਵਿੱਚ ਗੈਲੀਲਿਉ ਨੇ ਕਾਪਰਨਿਕਸ (Copernicus) ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਸਤਾਵਿਤ ਸੌਰ ਪਰਿਵਾਰ ਦੇ "ਸੂਰਜ ਕੇਂਦਰੀ ਸਿਧਾਂਤ" ਦਾ ਸਮਰਥਨ ਕੀਤਾ ਅਤੇ ਆਖਿਰ ਇਸੇ ਸਿਧਾਂਤ ਨੂੰ ਵਿਸ਼ਵਵਿਆਪੀ ਮਾਨਤਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਈ।

ਗੈਲੀਲਿਉ ਦੇ ਨਾਲ ਹੀ ਵਿਗਿਆਨਕ ਜਾਂਚ (ਖੋਜਬੀਨ) ਦੀ ਵਿਧੀ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਮੋੜ ਆਇਆ। ਹੁਣ ਵਿਗਿਆਨ ਸਿਰਫ਼ ਕੁਦਰਤ ਦਾ ਪ੍ਰੇਖਣ ਅਤੇ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਤਾਰਕਿਕ ਅਨੁਮਾਨ ਲਗਾਉਣਾ ਹੀ ਨਹੀਂ ਰਹਿ ਗਿਆ ਸੀ। ਹੁਣ ਵਿਗਿਆਨ ਤੋਂ ਭਾਵ ਨਵੀਆਂ-ਨਵੀਆਂ ਯੁਕਤੀਆਂ ਬਣਾ ਕੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਸਿਧਾਤਾਂ ਨੂੰ ਸਿੱਧ ਕਰਨਾ ਜਾਂ ਉਹਨਾਂ ਦਾ ਖੰਡਨ ਕਰਨਾ ਹੋ ਗਿਆ ਸੀ। ਵਿਗਿਆਨ ਦਾ ਅਰਥ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀਆਂ ਦਾ ਮਾਪ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਗਣਿਤਕ ਸੰਬੰਧਾਂ ਦੀ ਖੋਜ ਗਿਆ ਸੀ। ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਇਸ ਵਿਲੱਖਣ ਯੋਗਤਾ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੀ ਗੈਲੀਲਿਉ ਨੂੰ ਆਧੁਨਿਕ ਵਿਗਿਆਨ ਦਾ ਜਨਕ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਦੀ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦਾ ਕਾਰਨ ਰਗੜ ਬਲ ਹੀ ਹੈ (ਰਗੜ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਤੁਸੀਂ ਅਨੁਭਾਗ 5.9 ਵਿੱਚ ਪੜ੍ਹੋਂਗੇ)। ਜਦੋਂ ਕਾਰ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਉਸ ਤੇ ਕੋਈ ਨੇਟ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ।



(a) (b)

ਚਿੱਤਰ ***5.2*** (a) ਮੇਜ਼ ਤੇ ਵਿਰਾਮ ਵਿੱਚ ਰਖੀ ਪੁਸਤਕ ਅਤੇ (b) ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀਮਾਨ ਕਾਰ, ਇਹਨਾਂ ਦੋਵਾਂ ਹੀ ਕੇਸਾਂ ਵਿੱਚ ਨੇਟ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ।

ਗਤੀ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਨਿਯਮ ਵਿੱਚ ਸਮਿਲਿਤ ਜੜ੍ਹਤਾ ਦਾ ਗੁਣ ਬਹੁਤ ਸਾਰੀਆਂ ਸਥਿਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਸਪੱਸ਼ਟ ਦਿਖਾਈ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਮੰਨ ਲਉ ਅਸੀਂ ਕਿਸੇ ਰੁਕੀ ਹੋਈ ਬਸ ਵਿੱਚ ਬੇਧਿਆਨੀ ਨਾਲ ਖੜੇ ਹਾਂ ਅਤੇ ਇਕਦਮ ਡਰਾਈਵਰ ਬਸ ਨੂੰ ਚਲਾ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਝਟਕੇ ਨਾਲ ਪਿੱਛੇ ਵੱਲ ਨੂੰ ਡਿੱਗ ਪੈਂਦੇ ਹਾਂ। ਕਿਉਂ ? ਸਾਡੇ ਪੈਰ ਬਸ ਦੀ ਫਰਸ਼ ਨੂੰ ਛੂਹ ਰਹੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਜੇ ਰਗੜ ਬਲ ਨਾ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਉੱਥੇ ਹੀ ਰਹਿੰਦੇ ਜਿੱਥੇ ਪਹਿਲਾਂ ਸੀ ਜਦੋਂ ਕਿ ਸਾਡੇ ਪੈਰਾਂ ਦੇ ਹੇਠਾਂ ਬਸ ਦਾ ਫਰਸ਼ ਸਿਰਫ਼ ਅੱਗੇ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਸਿਰਕਦਾ ਅਤੇ ਬਸ ਦਾ ਪਿੱਛੇ ਦਾ ਭਾਗ ਸਾਡੇ ਵਿੱਚ ਟਕਰਾਉਂਦਾ। ਪਰ ਕਿਸਮਤ ਨਾਲ, ਸਾਡੇ ਪੈਰ ਅਤੇ ਫਰਸ਼ ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਰਗੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜੇ ਬਸ ਦੀ ਪਕੜ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਨਹੀਂ ਹੈ, ਜਾਂ ਪ੍ਰਵੇਗ ਸਧਾਰਨ ਹੈ ਤਾਂ ਰਗੜ ਬਲ ਸਾਡੇ ਪੈਰਾਂ ਨੂੰ ਬਸ ਦੇ ਨਾਲ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕਰਨ ਲਈ ਕਾਫ਼ੀ ਹੋਵੇਗਾ। ਪਰ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਸਾਡਾ ਸਰੀਰ ਇੱਕ ਦ੍ਰਿੜ ਪਿੰਡ (rigid body) ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਸ ਵਿੱਚ ਰੂਪ ਵਿਗਾੜ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ, ਅਰਥਾਤ ਇਸ ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਭਾਗਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਾਪੇਖ ਵਿਸਥਾਪਨ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤੋਂ ਭਾਵ ਇਹ ਹੋਇਆ ਕਿ ਜਦੋਂ ਸਾਡੇ ਪੈਰ ਬਸ ਦੇ ਨਾਲ ਅੱਗੇ ਵੱਧਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਸਰੀਰ ਦਾ ਬਾਕੀ ਭਾਗ ਜੜਤਾ ਦੇ ਕਾਰਨ ਉੱਥੇ ਹੀ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਬਸ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਅਸੀਂ ਪਿੱਛੇ ਵੱਲ ਸੁੱਟ ਦਿੱਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਾਂ। ਜਿਵੇਂ ਹੀ ਇਹ ਘਟਨਾ ਘਟਦੀ ਹੈ, ਸਰੀਰ ਦੇ ਬਾਕੀ ਭਾਗਾਂ ਤੇ ਪੇਸ਼ੀ ਬਲ (ਪੈਰਾਂ ਦੁਆਰਾ) ਕਾਰਜ ਕਰਨ ਲਗਦਾ ਹੈ, ਜੋ ਸਰੀਰ ਦੇ ਬਾਕੀ ਭਾਗਾਂ ਨੂੰ ਪੈਰਾਂ ਦੇ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਘਟਨਾ ਤੇਜ ਗਤੀ ਨਾਲ ਚਲਦੀ ਬਸ ਦੇ ਇਕਦਮ ਰੁਕਣ ਤੇ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਸਾਡੇ ਪੈਰ ਰਗੜ ਦੇ ਕਾਰਨ ਰੁਕ ਜਾਂਦੇ ਹਨ, ਕਿਉਂਕਿ ਰਗੜ ਬਲ ਪੈਰਾਂ ਅਤੇ ਬਸ ਦੇ ਫਰਸ਼ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਾਪੇਖ ਗਤੀ ਨਹੀਂ ਹੋਣ ਦਿੰਦਾ। ਪਰ ਸਰੀਰ ਦਾ ਬਾਕੀ ਭਾਗ, ਜੜ੍ਹਤਾ ਦੇ ਕਾਰਨ, ਅੱਗੇ ਵੱਲ ਗਤੀ ਕਰਦਾ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਅਸੀਂ ਅੱਗੇ ਸੁੱਟ ਦਿੱਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਾਂ। ਪੁਨਰ ਸਥਾਪਨ ਪੇਸ਼ੀ ਬਲਾਂ ਦੇ ਕਾਰਜ ਵਿੱਚ ਆਉਣ ਤੇ ਸਰੀਰ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 5.1*** ਕੋਈ ਪੁਲਾੜ ਯਾਤਰੀ ਅਕਾਸ਼ ਵਿੱਚ 100 m s^{-2} ਦੀ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਦਰ ਨਾਲ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਆਪਣੇ ਪੁਲਾੜ ਜਹਾਜ਼ ਤੋਂ ਦੁਰਘਟਨਾਵਸ਼ ਬਾਹਰ ਸੁੱਟ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਜਿਸ ਸਮੇਂ ਪੁਲਾੜ ਯਾਤਰੀ ਪੁਲਾੜ ਜਹਾਜ ਵਿੱਚੋਂ ਬਾਹਰ ਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਉਸ ਤੋਂ ਤੁਰੰਤ ਬਾਅਦ ਪੁਲਾੜ ਯਾਤਰੀ ਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਕੀ ਹੈ ? (ਮੰਨ ਲਉ ਕਿ ਯਾਤਰੀ ਤੇ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਲਗਾਉਣ ਲਈ ਉਸਦੇ ਨੇੜੇ ਕੋਈ ਤਾਰਾ ਨਹੀਂ ਹੈ)।

ਹੱਲ **:** ਜਿਸ ਸਮੇਂ ਉਹ ਯਾਤਰੀ ਜਹਾਜ਼ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਉਸੇ ਸਮੇਂ ਪੁਲਾੜ ਯਾਤਰੀ ਤੇ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਕਿਉਂਕਿ ਅਸੀਂ ਇਹ ਮੰਨਿਆ ਹੈ ਕਿ ਯਾਤਰੀ ਤੇ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਲਗਾਉਣ ਲਈ ਉਸਦੇ ਨੇੜੇ ਕੋਈ ਤਾਰਾ ਨਹੀਂ ਹੈ ਅਤੇ ਪੁਲਾੜ ਜਹਾਜ਼ ਛੋਟਾ ਹੋਣ ਕਾਰਨ ਇਸ ਦੁਆਰਾ ਯਾਤਰੀ ਤੇ ਲੱਗ ਰਿਹਾ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਨਕਾਰਨਯੋਗ ਹੈ। ਗਤੀ ਦੇ ਪਹਿਲੇ ਨਿਯਮ ਅਨੁਸਾਰ ਪੁਲਾੜ ਯਾਤਰੀ ਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ। ◀

5.5 ਨਿਊਟਨ ਦਾ ਗਤੀ ਦਾ ਦੂਜਾ ਨਿਯਮ (NEWTON'S SECOND LAW OF MOTION)

ਗਤੀ ਦਾ ਪਹਿਲਾ ਨਿਯਮ ਉਸ ਸਧਾਰਨ ਕੇਸ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧ ਰੱਖਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਤੇ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ। ਗਤੀ ਦਾ ਦੂਜਾ ਨਿਯਮ ਉਹਨਾਂ ਵਿਆਪਕ ਸਥਿਤੀਆਂ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧ ਰੱਖਦਾ ਹੈ, ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਪਿੰਡ ਤੇ ਕੋਈ ਨੇਟ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਲੱਗ ਰਿਹਾ ਹੋਵੇ। ਇਹ ਨਿਯਮ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਅਤੇ ਪਿੰਡ ਦੇ ਪ੍ਰਵੇਗ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ।

ਸੰਵੇਗ (Momentum)

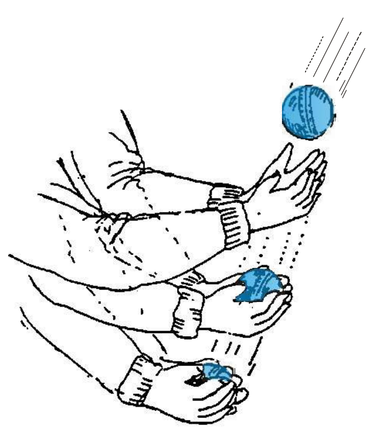
ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦੇ ਸੰਵੇਗ ਨੂੰ ਉਸ ਦੇ ਪੁੰਜ m ਅਤੇ ਵੇਗ $\mathbf{v}$ ਦੇ ਗੁਣਨਫ਼ਲ ਦੁਆਰਾ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਨੂੰ $\mathbf{p}$ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

$$\mathbf{p} = m\,\mathbf{v} \qquad ...(5.1)$$

ਸਪੱਸ਼ਟ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸੰਵੇਗ ਇੱਕ ਸਦਿਸ਼ ਰਾਸ਼ੀ ਹੈ। ਰੋਜ਼ਾਨਾ ਜ਼ਿੰਦਗੀ ਵਿੱਚ ਨਿਮਨਲਿਖਤ ਸਧਾਰਨ ਅਨੁਭਵਾਂ ਵਿੱਚ ਪਿੰਡਾਂ ਦੀਆਂ ਗਤੀਆਂ ਤੇ ਬਲਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਸਮੇਂ ਸਾਨੂੰ ਸੰਵੇਗ ਦੇ ਮਹੱਤਵ ਦਾ ਪਤਾ ਚਲਦਾ ਹੈ।

- ਮੰਨ ਲਉ ਇੱਕ ਘਟ ਵਜ਼ਨੀ ਵਾਹਨ (ਜਿਵੇਂ ਛੋਟੀ ਕਾਰ) ਅਤੇ ਇੱਕ ਵੱਧ ਵਜ਼ਨ ਵਾਲਾ ਵਾਹਨ (ਜਿਵੇਂ ਸਮਾਨ ਨਾਲ ਲੱਦਿਆ ਟਰੱਕ) ਦੋਵੇਂ ਹੀ ਕਿਸੇ ਖਿਤਜੀ ਸੜਕ ਤੇ ਖੜ੍ਹੇ ਹਨ। ਅਸੀਂ ਸਾਰੇ ਚੰਗੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਸਮਾਨ ਚਾਲ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰਵਾਉਂਣ ਲਈ ਕਾਰ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਟਰਕ ਨੂੰ ਧਕੇਲਣ ਲਈ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਵੱਧ ਬਲ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਜੋ ਇੱਕ ਹਲਕਾ ਪਿੰਡ ਅਤੇ ਇੱਕ ਭਾਰੀ ਪਿੰਡ ਦੋਨੋਂ ਸਮਾਨ ਚਾਲ ਨਾਲ ਗਤੀਮਾਨ ਹਨ ਤਾਂ ਸਮਾਨ ਸਮਾਂ ਵਿੱਥਾਂ ਵਿੱਚ ਦੋਵੇਂ ਪਿੰਡਾਂ ਨੂੰ ਰੋਕਣ ਲਈ ਹਲਕੇ ਪਿੰਡ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਭਾਰੀ ਪਿੰਡ ਨੂੰ ਵੱਧ ਮਿਕਦਾਰ ਦੇ ਵਿਰੋਧੀ ਬਲ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜੇ ਦੋ ਪੱਥਰ, ਇੱਕ ਹਲਕਾ ਤੇ ਦੂਜਾ ਭਾਰੀ, ਇੱਕੋ ਹੀ ਇਮਾਰਤ ਦੇ ਸ਼ਿਖਰ ਤੋਂ ਸੁੱਟੇ ਜਾਣ ਤਾਂ ਧਰਤੀ ਤੇ ਖੜ੍ਹੇ ਕਿਸੇ ਵਿਅਕਤੀ ਦੇ ਲਈ ਭਾਰੀ ਪੱਥਰ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਹਲਕੇ ਪੱਥਰ ਨੂੰ ਫੜਨਾ (catch) ਸੌਖਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦਾ ਪੁੰਜ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਪੈਰਾਮੀਟਰ (parameter) ਹੈ ਜੋ ਗਤੀ ਤੇ ਬਲ ਦੇ ਅਸਰ ਨੂੰ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ।
- ਵਿਚਾਰ ਕਰਨ ਯੋਗ ਇੱਕ ਹੋਰ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਪੈਰਾਮੀਟਰ ਹੈ-ਚਾਲ। ਬੰਦੂਕ ਵਿੱਚ ਚਲਾਈ ਗਈ ਕੋਈ ਗੋਲ਼ੀ ਰੁਕਣ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਮਨੁੱਖੀ ਇਸ਼ੂਆਂ ਨੂੰ ਸੌਖਿਆਂ ਚੀਰ ਸਕਦੀ ਹੈ, ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਦੁਰਘਟਨਾ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਜੇ ਉਸ ਗੋਲ਼ੀ ਨੂੰ ਸਾਧਾਰਨ ਚਾਲ ਨਾਲ ਸੁੱਟਿਆ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਵੱਧ ਹਾਨੀ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗੀ। ਇਸ ਲਈ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪੁੰਜ ਦੇ ਲਈ ਜੇ ਚਾਲ ਵੱਧ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਉਸ ਨੂੰ ਇੱਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸਮਾਂ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਰੋਕਣ ਲਈ ਵੱਧ ਮਿਕਦਾਰ (magnitude) ਦੇ ਵਿਰੋਧੀ ਬਲ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇੱਕਠਿਆਂ ਲੈਣ ਤੇ, ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਵੇਗ ਦਾ ਗੁਣਨਫ਼ਲ, ਅਰਥਾਤ ਸੰਵੇਗ, ਸਿੱਧੇ ਤੌਰ 'ਤੇ ਗਤੀ ਦਾ ਇੱਕ ਪ੍ਰਸੰਗਿਕ ਚਲ (variable) ਹੈ। ਜੇ ਦਿੱਤੇ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੀ ਲੋੜ ਹੈ ਤਾਂ ਲਗਾਉਣ ਲਈ ਵਧੇਰੇ ਬਲ ਦੀ ਲੋੜ ਪਵੇਗੀ।
- ਕ੍ਰਿਕੇਟ ਦਾ ਕੋਈ ਤਜ਼ਰਬੇਕਾਰ ਖਿਡਾਰੀ ਤੇਜ਼ ਗਤੀ ਨਾਲ ਆ ਰਹੀ ਗੇਂਦ ਨੂੰ ਇੱਕ ਨਵੇਂ ਖਿਡਾਰੀ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਕਿਤੇ ਵੱਧ ਸੌਖ ਨਾਲ ਫੜ ਲੈਂਦਾ ਹੈ, ਜਦੋਂਕਿ ਨਵਾਂ ਖਿਡਾਰੀ ਉਸ ਗੇਂਦ ਨੂੰ ਕੈਚ ਕਰਨ ਲੱਗਾ ਸੱਟ ਖਾ ਲੈਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਦਾ ਇੱਕ ਕਾਰਨ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਤਜ਼ਰਬੇਕਾਰ ਖਿਡਾਰੀ, ਆਪਣੇ ਹੱਥਾਂ ਨਾਲ ਗੇਂਦ ਨੂੰ ਕੈਚ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਵੱਧ ਸਮਾਂ ਲਗਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਤੁਸੀਂ ਧਿਆਨ ਦਿੱਤਾ ਹੋਵੇਗਾ ਕਿ ਤਜ਼ਰਬੇਕਾਰ ਖਿਡਾਰੀ ਗੇਂਦ ਨੂੰ ਫੜਨ ਲੱਗਿਆਂ ਆਪਣੇ ਹੱਥਾਂ ਨੂੰ ਪਿੱਛੇ ਵੱਲ ਖਿੱਚਦਾ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 5.3)। ਜਦੋਂ ਕਿ ਨਵਾਂ ਖਿਡਾਰੀ ਆਪਣੇ ਹੱਥਾਂ ਨੂੰ ਸਥਿਰ ਰੱਖਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਗੇਂਦ ਨੂੰ ਲਗਭਗ ਤਤਕਾਲ ਹੀ ਫੜ੍ਹਨ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਗੇਂਦ ਨੂੰ ਤਤਕਾਲ ਹੀ ਰੋਕਣ ਲਈ ਬਹੁਤ ਹੀ ਜ਼ਿਆਦਾ ਬਲ ਲਗਾਉਣਾ ਪੈਂਦਾ ਹੈ। ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਉਸ ਦੇ ਹੱਥ ਤੇ ਸੱਟ ਲੱਗ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਤੋਂ ਸਿੱਟਾ ਨਿਕਲਦਾ ਹੈ। ਬਲ ਸਿਰਫ਼ ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਤੇ ਹੀ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ, ਉਹ ਇਸ ਗੱਲ 'ਤੇ ਵੀ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਕਿੰਨੀ ਤੇਜ਼ੀ ਨਾਲ ਇਹ ਬਦਲਾਵ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਸਮਾਨ ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਜੇ ਘੱਟ ਸਮੇਂ ਵਿੱਚ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਵਧੇਰੇ ਬਲ ਲਗਾਉਣ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਸੰਖੇਪ ਵਿੱਚ, ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੀ ਦਰ ਵੱਧ ਹੈ, ਤਾਂ ਬਲ ਵੱਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

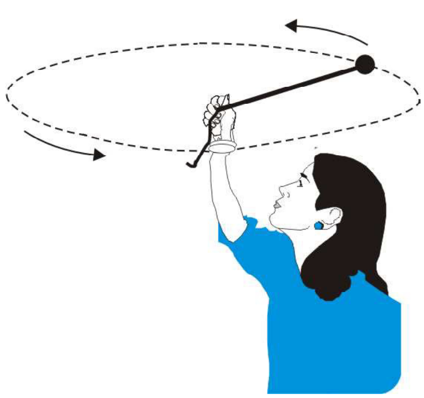
ਚਿੱਤਰ 5.3 ਬਲ ਸਿਰਫ਼ ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਤੇ ਹੀ ਨਿਰਭਰ



ਚਿੱਤਰ ***5.3***

ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ, ਬਲਕਿ ਉਹ ਇਸ ਗੱਲ ਤੇ ਵੀ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਪਰਿਵਰਤਨ ਕਿੰਨੀ ਤੇਜ਼ੀ ਨਾਲ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ ਅਭਿਅਸਤ ਖਿਡਾਰੀ ਗੇਂਦ ਫੜਨ ਸਮੇਂ ਆਪਣੇ ਹੱਥਾਂ ਨੂੰ ਪਿੱਛੇ ਵੱਲ ਖਿੱਚਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ ਗੇਂਦ ਨੂੰ ਰੋਕਣ ਵਿੱਚ ਵੱਧ ਸਮਾਂ ਲੱਗਦਾ ਹੈ, ਜਿਸ ਲਈ ਘੱਟ ਬਲ ਦੀ ਲੋੜ ਪੈਂਦੀ ਹੈ।

- ਇੱਕ ਹੋਰ ਬਹੁਤ ਹੀ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਪ੍ਰੇਖਣ ਇਸ ਤੱਥ ਦੀ ਪੁਸ਼ਟੀ ਕਰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਵੇਗ ਦਾ ਗੁਣਨਫਲ (ਅਰਥਾਤ ਸੰਵੇਗ) ਹੀ ਗਤੀ ਉੱਤੇ ਬਲ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦਾ ਮੂਲ ਹੈ। ਮੰਨ ਲਉ, ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪੁੰਜਾਂ ਦੇ ਦੋ ਪਿੰਡਾਂ, ਜੋ ਸ਼ੁਰੂ ਵਿੱਚ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹਨ, ਤੇ ਕੋਈ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਬਲ ਇੱਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲ ਲਈ ਲਗਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਹਲਕਾ ਪਿੰਡ, ਭਾਰੇ ਪਿੰਡ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਵਧੇਰੇ ਚਾਲ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਲੈਂਦਾ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ, ਸਮੇਂ ਅੰਤਰਾਲ ਦੇ ਅੰਤ ਵਿੱਚ, ਪ੍ਰੇਖਣ ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹਨ ਕਿ, ਹਰੇਕ ਪਿੰਡ ਸਮਾਨ ਸੰਵੇਗ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਲੈਂਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, **ਸਮਾਨ ਸਮੇਂ ਦੇ ਲਈ ਲਗਾਇਆ ਗਿਆ ਸਮਾਨ ਬਲ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪਿੰਡਾਂ ਵਿੱਚ ਸਮਾਨ ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਕਰਦਾ ਹੈ।** ਇਹ ਗਤੀ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪ੍ਰਮਾਣਿਕ ਮਾਰਗਦਰਸ਼ਕ ਸਿਧਾਂਤ ਹੈ।
- ਪਿਛਲੇ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਵਿੱਚ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਸਾਦਿਸ਼ (vector) ਚਰਿੱਤਰ ਅਰਥਪੂਰਨ ਨਹੀਂ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਹੁਣ ਤੱਕ ਦੇ ਉਦਾਹਰਨਾਂ ਵਿੱਚ, ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ, ਸਮਾਂਤਰ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਹੈ। ਪਰ ਸਦਾ ਅਜਿਹਾ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਮੰਨ ਲਉ, ਕਿਸੇ ਡੋਰੀ ਦੁਆਰਾ ਇੱਕ ਪੱਥਰ ਨੂੰ ਖਿਤਿਜੀ ਸਮਤਲ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਚਾਲ ਨਾਲ ਘੁਮਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਵਿੱਚ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ (magnitude) ਸਥਿਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ, ਪਰੰਤੂ ਇਸ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਲਗਾਤਾਰ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 5.4) ਸੰਵੇਗ ਸਦਿਸ਼ ਵਿੱਚ ਇਹ ਪਰਿਵਰਤਨ ਕਰਨ ਲਈ ਬਲ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਬਲ ਡੋਰੀ ਤੋਂ ਹੋ ਕੇ ਪੱਥਰ ਨੂੰ ਸਾਡੇ ਹੱਥਾਂ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਅਨੁਭਵਾਂ ਤੋਂ ਇਹ ਸੰਕੇਤ ਮਿਲਦਾ ਹੈ ਕਿ ਜੇ ਪੱਥਰ ਨੂੰ ਹੋਰ ਵੀ ਵੱਧ ਚਾਲ ਅਤੇ/ਜਾਂ ਛੋਟੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੇ ਚੱਕਰ ਵਿੱਚ ਘੁਮਾਇਆ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਸਾਡੇ ਹੱਥਾਂ ਦੁਆਰਾ ਵੱਧ ਬਲ ਲਗਾਉਣ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਵੱਧ ਪ੍ਰਵੇਗ ਜਾਂ ਇਸ ਦੇ ਤੁੱਲ ਸੰਵੇਗ ਸਾਦਿਸ਼ (vector) ਦੇ ਬਦਲਾਵ ਦੀ ਵੱਧ ਦਰ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਸੰਕੇਤ ਮਿਲਦਾ ਹੈ ਕਿ ਸੰਵੇਗ ਸਦਿਸ਼ ਵਿੱਚ ਵੱਧ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੇ ਲਈ ਵਧੇਰੇ ਬਲ ਲਗਾਉਣਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ 5.4

ਚਿੱਤਰ 5.4 ਸੰਵੇਗ ਦੀ ਮਿਕਦਾਰ ਸਥਿਰ ਰਹਿਣ ਤੇ ਸੰਵੇਗ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਬਦਲਾਵ ਦੇ ਲਈ ਬਲ ਦੀ ਲੋੜ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਅਨੁਭਵ ਅਸੀਂ ਡੋਰੀ ਦੁਆਰਾ ਕਿਸੇ ਪੱਥਰ ਨੂੰ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਚਾਲ ਨਾਲ ਚੱਕਰ ਵਿੱਚ ਘੁਮਾ ਕੇ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਾਂ।

ਇਹ ਗੁਣਾਤਮਕ ਪ੍ਰੇਖਣ ਸਾਨੂੰ ਗਤੀ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਵੱਲ ਲੈ ਜਾਂਦੇ ਹਨ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਨਿਊਟਨ ਨੇ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਸੀ :

ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦੇ ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੀ ਦਰ ਲਗਾਏ ਗਏ ਬਲ ਦੇ ਸਿੱਧੇ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਉਸੇ ਹੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਬਲ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜੇ m ਪੁੰਜ ਦੇ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਤੇ ਕੋਈ ਬਲ $\mathbf{F}$ ਸਮ੍ਹਾਂ ਅੰਤਰਾਲ Δt ਤੱਕ ਲਗਾਉਣ ਤੇ ਉਸ ਪਿੰਡ ਦੇ ਵੇਗ ਵਿੱਚ $\mathbf{v}$ ਤੋਂ $\mathbf{v} + \Delta\mathbf{v}$ ਦਾ ਪਰਿਵਰਤਨ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਅਰਥਾਤ ਪਿੰਡ ਦੇ ਸ਼ੁਰੂਆਤੀ ਸੰਵੇਗ $m\mathbf{v}$ ਵਿੱਚ $\Delta(m\mathbf{v})$ ਦਾ ਪਰਿਵਰਤਨ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਗਤੀ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ,

$$\mathbf{F} \propto \frac{\Delta\mathbf{p}}{\Delta t} \quad \text{or} \quad \mathbf{F} = k\,\frac{\Delta\mathbf{p}}{\Delta t}$$

ਇੱਥੇ k ਅਨੁਪਾਤ ਦਾ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ। ਜੇ $\Delta t \to 0$, ਪਦ $\frac{\Delta\mathbf{p}}{\Delta t}$, t ਦੇ ਸਾਪੇਖ $\mathbf{p}$ ਦਾ ਅਵਕਲਜ਼ ਜਾਂ ਡੇਰੀਵੇਟਿਵ ਜਾਂ ਅਵਕਲਨ (ਡੀਫਰੇਂਸ਼ੀਅਲ) ਗੁਣਾਂਕ (differential co-efficient) ਬਣ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਜਿਸ ਨੂੰ $\frac{\mathrm{d}\mathbf{p}}{\mathrm{d}t}$ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ,

$$\mathbf{F} = k\frac{\mathrm{d}\mathbf{p}}{\mathrm{d}t} \qquad \ldots(5.2)$$

ਕਿਸੇ ਸਥਿਰ ਪੁੰਜ m ਦੇ ਪਿੰਡ ਲਈ

$$\frac{\mathrm{d}\mathbf{p}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(m\,\mathbf{v}) = m\frac{\mathrm{d}\mathbf{v}}{\mathrm{d}t} = m\,\mathbf{a} \qquad \ldots(5.3)$$

ਅਰਥਾਤ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵੀ ਲਿਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ,

$$F = k\,m\,\mathbf{a} \qquad \ldots(5.4)$$

ਜੋ ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਬਲ $\mathbf{F}$, ਪੁੰਜ m ਅਤੇ ਪ੍ਰਵੇਗ $\mathbf{a}$ ਦੇ ਗੁਣਨਫ਼ਲ ਦੇ ਸਿੱਧਾ ਕ੍ਰਮ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ।

ਅਸੀਂ ਬਲ ਦੇ ਮਾਤਰਕ ਦੀ ਅੱਜੇ ਤੱਕ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਨਹੀਂ ਦਿੱਤੀ ਹੈ। ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਬਲ ਦੇ ਮਾਤਰਕ ਦੀ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਦੇਣ ਲਈ ਅਸੀਂ ਸਮੀਕਰਨ (5.4) ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਲਈ

ਅਸੀਂ k ਦੇ ਲਈ ਕੋਈ ਵੀ ਮਾਨ ਚੁਣਨ ਲਈ ਸੁਤੰਤਰ ਹਾਂ। ਸਰਲਤਾ ਲਈ ਅਸੀਂ k = 1 ਚੁਣਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ ਦੂਸਰਾ ਨਿਯਮ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ।

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} = m\,\mathbf{a} \qquad ...(5.5)$$

SI ਮਾਤਰਕਾਂ ਵਿੱਚ, ਇੱਕ ਮਾਤਰਕ ਬਲ ਉਹ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ 1kg ਦੇ ਪਿੰਡ ਵਿੱਚ $1\ m\ s^{-2}$ ਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਮਾਤਰਕ ਬਲ ਨੂੰ ਨਿਊਟਨ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਕ N ਹੈ।

$$1N = 1kg\ m/s^{-2}$$

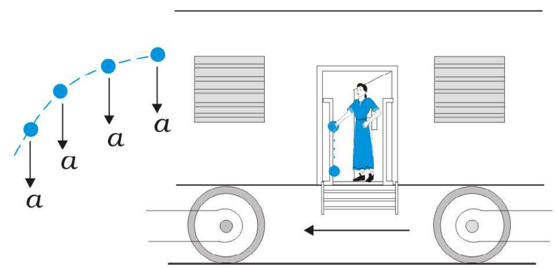
ਇਸ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਗਤੀ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਕੁਝ ਮਹਤਵਪੂਰਨ ਬਿੰਦੂਆਂ ਤੇ ਧਿਆਨ ਦੇਣਾ ਹੈ :

1. ਗਤੀ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਵਿੱਚ F = 0 ਤੋਂ ਤਾਤਪਰ ਨਿਕਲਦਾ ਹੈ ਕਿ a = 0 ਹੈ। ਸਪੱਸ਼ਟ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਦੂਸਰਾ ਨਿਯਮ ਪਹਿਲੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਕੂਲ ਹੈ।
2. ਗਤੀ ਦਾ ਦੂਸਰਾ ਨਿਯਮ ਇੱਕ ਸਦਿਸ਼ ਨਿਯਮ ਹੈ। ਇਹ, ਅਸਲ ਵਿੱਚ, ਤਿੰਨ ਸਮੀਕਰਨਾਂ ਦੇ ਤੁੱਲ ਹੈ, ਸਦਿਸ਼ਾਂ ਦੇ ਹਰੇਕ ਘਟਕ ਦੇ ਲਈ ਇੱਕ ਸਮੀਕਰਨ :

$$F_x = \frac{dp_x}{dt} = ma_x$$
$$F_y = \frac{dp_y}{dt} = ma_y$$
$$F_z = \frac{dp_z}{dt} = m\,a_z \qquad ...(5.6)$$

ਇਸਦਾ ਅਰਥ ਇਹ ਹੋਇਆ ਕਿ ਜੇ ਕੋਈ ਬਲ ਪਿੰਡ ਦੇ ਵੇਗ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਨਹੀਂ ਹੈ, ਬਲਕਿ ਉਸ ਨਾਲ ਕੋਈ ਕੋਣ ਬਣਾਉਂਦਾ ਹੈ, ਤਦ ਉਹ ਸਿਰਫ਼ ਬਲ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਵੇਗ ਦੇ ਘਟਕ ਨੂੰ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਬਲ ਦੇ ਅਭਿਲੰਬ ਵੇਗ ਦਾ ਘਟਕ ਅਪਵਰਤਿਤ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਲੰਬੇ ਦਾਅ ਗੁਰੁਤਾ ਬਲ ਦੇ ਅਧੀਨ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਖੇਪਕ ਦੀ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਵੇਗ ਦਾ ਖਿਤਿਜੀ ਘਟਕ (horizontal component) ਅਪਵਰਤਿਤ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। (ਚਿੱਤਰ 5.5)।

3. ਸਮੀਕਰਨ (5.5) ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਗਤੀ ਦਾ ਦੂਸਰਾ ਨਿਯਮ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਬਿੰਦੂ ਕਣ ਤੇ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਨਿਯਮ ਵਿੱਚ **F** ਕਣ ਤੇ ਲਗੇ ਨੇਟ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਅਤੇ **a** ਕਣ ਦੇ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦੇ ਲਈ ਵਰਤਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਐਪਰ, ਇਸ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਇਸੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਦ੍ਰਿੜ ਪਿੰਡਾਂ ਜਾਂ, ਇਥੋਂ ਤੱਕ ਕਿ ਵਿਆਪਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਕਣਾਂ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਤੇ ਵੀ ਲਾਗੂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਉਸ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ, **F** ਦਾ ਉਲੇਖ ਸਿਸਟਮ ਤੇ ਲਗੇ ਕੁੱਲ ਬਲ ਅਤੇ **a** ਦਾ ਉਲੇਖ ਸਾਰੇ ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਪ੍ਰਵੇਗ ਲਈ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਵਧੇਰੇ ਯਥਾਰਥਤਾ ਨਾਲ, **a** ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਪੁੰਜ ਕੇਂਦਰ ਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਹੈ ਜਿਸ ਬਾਰੇ ਅਸੀਂ ਪਾਠ 7 ਵਿੱਚ ਵਿਸਤਾਰ ਨਾਲ ਪੜ੍ਹਾਂਗੇ। **ਸਿਸਟਮ ਵਿਚਲੇ ਕਿਸੇ ਵੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਅੰਤਰਿਕ ਬਲਾਂ ਨੂੰ F ਵਿੱਚ ਸ਼ਾਮਲ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।**



ਚਿੱਤਰ 5.5

ਚਿੱਤਰ 5.5 ਕਿਸੇ ਪਲ ਤੇ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦਾ ਨਿਰਧਾਰਨ ਉਸੇ ਪਲ ਦੇ ਬਲ ਦੁਆਰਾ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਰੇਲਗੱਡੀ ਤੋਂ ਕੋਈ ਪੱਥਰ ਬਾਹਰ ਸੁੱਟਦੇ ਨਾਲ ਹੀ ਤੁਰੰਤ ਬਾਅਦ, ਜੇ ਹਵਾ ਦੇ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ ਨੂੰ ਨਕਾਰਨਯੋਗ ਮੰਨ ਲਈਏ, ਤਾਂ ਉਸ ਪੱਥਰ ਤੇ ਕੋਈ ਖਿਤਜੀ ਪ੍ਰਵੇਗ ਜਾਂ ਬਲ ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਕੁਝ ਪਲ ਪਹਿਲਾਂ ਪੱਥਰ ਤੇ ਰੇਲਗੱਡੀ ਦੇ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦਾ ਅਸਰ ਹੁਣ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਖ਼ਤਮ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

4. ਗਤੀ ਦਾ ਦੂਸਰਾ ਨਿਯਮ ਇੱਕ ਸਥਾਨਿਕ ਸੰਬੰਧ ਹੈ। ਇਸ ਦਾ ਇਹ ਅਰਥ ਹੈ ਕਿ ਸਮੇਂ ਦੇ ਕਿਸੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਪਲ ਤੇ ਸਪੇਸ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ (ਕਣ ਦਾ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਸਥਾਨ) ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਬਲ **F** ਉਸੇ ਪਲ ਉਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਪ੍ਰਵੇਗ **a** ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੈ। ਅਰਥਾਤ 'ਕਿਸੇ ਕਣ ਦੇ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦਾ ਨਿਰਧਾਰਨ ਉਸੇ ਸਮੇਂ ਉਸ ਤੇ ਲੱਗੇ ਬਲ ਦੁਆਰਾ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, **ਕਣ ਦੀ ਗਤੀ ਦੇ ਕਿਸੇ ਵੀ ਇਤਿਹਾਸ ਦੁਆਰਾ ਨਹੀਂ (ਚਿੱਤਰ 5.5)।**

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 5.2*** $90\ ms^{-1}$ ਚਾਲ ਨਾਲ ਗਤੀ ਮਾਨ 0.04 kg ਪੁੰਜ ਦੀ ਕੋਈ ਗੋਲੀ ਲਕੜੀ ਦੇ ਭਾਰੀ ਗੁਟਕੇ ਅੰਦਰ 60 cm ਦੂਰੀ ਤੱਕ ਜਾ ਕੇ ਰੁੱਕ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਗੁਟਕੇ ਦੁਆਰਾ ਗੋਲੀ ਤੇ ਲੱਗਣ ਵਾਲਾ ਔਸਤ ਅਵਰੋਧੀ ਬਲ ਕੀ ਹੈ?

ਹੱਲ : ਗੋਲੀ ਦਾ ਮੰਦਨ 'a' (ਸਥਿਰ ਮੰਨਦੇ ਹੋਏ)

$$a = \frac{-u^2}{2s} = \frac{-90 \times 90}{2 \times 0.6}\, m\ s^{-2} = -6750\ m\ s^{-2}$$

ਗਤੀ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ, ਮੰਦਨ ਬਲ

$$= 0.04\ kg \times 6750\ m\ s^{-2} = 270\ N$$

ਇਸ ਕੇਸ ਵਿੱਚ, ਅਸਲ ਅਵਰੋਧੀ ਬਲ ਅਤੇ ਇਸ ਲਈ, ਗੋਲੀ ਦਾ ਮੰਦਨ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਇਸ ਲਈ, ਉੱਤਰ ਸਿਰਫ਼ ਔਸਤ ਅਵਰੋਧੀ ਬਲ ਨੂੰ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ◀

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ* 5.3** ਪੁੰਜ m ਦੇ ਇੱਕ ਕਣ ਦੀ ਗਤੀ, $y = ut + \frac{1}{2}gt^2$ ਨਾਲ ਵਰਣਿਤ ਹੈ। ਉਸ ਕਣ ਤੇ ਲੱਗਣ ਵਾਲੇ ਬਲ ਨੂੰ ਗਿਆਤ ਕਰੋ।

ਹੱਲ : ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ

$$y = ut + \frac{1}{2}gt^2$$

ਹੁਣ, $$v = \frac{dy}{dt} = u + gt$$

ਪ੍ਰਵੇਗ, $$a = \frac{dv}{dt} = g$$

ਸਮੀਕਰਨ (5.5) ਤੋਂ ਬਲ

$$F = ma = mg$$

ਇਸ ਲਈ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਸਮੀਕਰਨ ਨਾਲ ਗੁਰੂਤਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਦੇ ਅਧੀਨ ਕਣ ਦੀ ਗਤੀ ਦਾ ਵਰਨਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ y ਗੁਰੂਤਾ ਪ੍ਰਵੇਗ g ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤੀ ਨਿਰਦੇਸ਼ ਅੰਕ ਹੈ। ◀

ਆਵੇਗ (Impulse)

ਕਦੇ-ਕਦੇ ਸਾਡਾ ਟਾਕਰਾ ਅਜਿਹੇ ਦ੍ਰਿਸ਼ਾਂ ਨਾਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਤੇ ਕੋਈ ਵੱਡਾ ਬਲ, ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਸਮੇਂ ਦੇ ਲਈ ਕਾਰਜ ਕਰਕੇ ਉਸ ਪਿੰਡ ਦੇ ਸੰਵੇਗ ਵਿੱਚ ਮਾਪਣਯੋਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਪੈਦਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ, ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਗੇਂਦ ਕਿਸੇ ਕੰਧ ਨਾਲ ਟਕਰਾ ਕੇ ਪਰਾਵਰਤਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਤਾਂ ਕੰਧ ਦੁਆਰਾ ਗੇਂਦ ਤੇ ਲੱਗਣ ਵਾਲਾ ਬਲ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਸਮੇਂ ਦੇ ਲਈ (ਜਿੰਨੇ ਸਮੇਂ ਤੱਕ ਦੋਨੋਂ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੇ ਹਨ) ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਵੀ ਇਹ ਬਲ ਗੇਂਦ ਦੇ ਸੰਵੇਗ ਨੂੰ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਕਰਨ ਲਈ ਕਾਫ਼ੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।ਅਕਸਰ ਇਹਨਾਂ ਹਾਲਤਾਂ ਵਿੱਚ ਬਲ ਅਤੇ ਸਮ੍ਹਾਂ ਅੰਤਰਾਲ ਨੂੰ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਕਰਨਾ ਔਖਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਪਰ ਬਲ ਅਤੇ ਸਮੇਂ ਦਾ ਗੁਣਨਫਲ, ਜੋ ਕਿ ਪਿੰਡ ਦਾ ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਹੈ, ਇੱਕ ਮਾਪਣਯੋਗ ਰਾਸ਼ੀ ਹੈ। ਇਸ ਗੁਣਨਫਲ ਨੂੰ ਆਵੇਗ (Impulse) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ :

ਆਵੇਗ = ਬਲ × ਸਮਾਂ ਅਵਧੀ

= ਸੰਵੇਗ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ...(5.7)

ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਲਈ, ਘਟ ਸਮੇਂ ਦੇ ਲਈ ਕਾਰਜ ਕਰਦੇ ਰਹਿਣ ਵਾਲੇ ਵੱਡੇ ਬਲ ਨੂੰ ਆਵੇਗੀ ਬਲ ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਜਦਕਿ ਵਿਗਿਆਨ ਦੇ ਇਤਿਹਾਸ ਵਿੱਚ ਆਵੇਗੀ ਬਲਾਂ ਨੂੰ ਸੰਕਲਪਨਾਤਮਕ ਰੂਪ ਨਾਲ ਆਮ ਬਲਾਂ ਤੋਂ ਵੱਖ ਸ਼੍ਰੇਣੀ ਵਿੱਚ ਰੱਖਿਆ ਗਿਆ, ਨਿਊਟਨ ਯਾਂਤਰਿਕੀ ਵਿੱਚ ਅਜਿਹਾ ਕੋਈ ਫ਼ਰਕ ਨਹੀਂ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਹੋਰ ਬਲਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਆਵੇਗੀ ਬਲ ਵੀ ਬਲ ਹੈ ਸਿਰਫ਼ ਇਹ ਵੱਡਾ ਹੈ ਅਤੇ ਘਟ ਸਮੇਂ ਦੇ ਲਈ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ।

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ* 5.4** ਕੋਈ ਬੱਲੇਬਾਜ਼ ਕਿਸੇ ਗੇਂਦ ਦੀ ਸ਼ੁਰੂਆਤੀ ਚਾਲ ਜੋ 12 $m\ s^{-1}$ ਹੈ, ਵਿੱਚ ਬਿਨਾਂ ਪਰਿਵਰਤਨ ਕੀਤੇ ਉਸ ਤੇ ਹਿੱਟ ਲਗਾ ਕੇ ਸਿੱਧੇ ਗੇਂਦਬਾਜ਼ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਵਾਪਸ ਭੇਜ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਗੇਂਦ ਦਾ ਪੁੰਜ 0.15 kg ਹੈ, ਤਾਂ ਗੇਂਦ ਨੂੰ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਆਵੇਗ ਪਤਾ ਕਰੋ। (ਗੇਂਦ ਦੀ ਗਤੀ ਨੂੰ ਰੇਖੀ ਮੰਨੋ)।

ਹੱਲ : ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ

$= 0.15 \times 12 - (-0.15 \times 12) = 3.6$ N s,

ਆਵੇਗ = 3.6 N s ਬੱਲੇਬਾਜ਼ ਤੋਂ ਗੇਂਦਬਾਜ਼ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਇਹ ਇੱਕ ਅਜਿਹਾ ਉਦਾਹਰਨ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਬੱਲੇਬਾਜ਼ ਦੁਆਰਾ ਗੇਂਦ ਤੇ ਲਗਿਆ ਬਲ ਅਤੇ ਗੇਂਦ ਅਤੇ ਬੱਲੇ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸੰਪਰਕ ਦਾ ਸਮਾਂ ਗਿਆਤ ਕਰਨਾ ਇੱਕ ਮੁਸ਼ਕਲ ਕੰਮ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਆਵੇਗ ਦਾ ਪਰੀਕਲਨ ਤੁਰੰਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ◀

5.6 ਨਿਊਟਨ ਦਾ ਗਤੀ ਦਾ ਤੀਜਾ ਨਿਯਮ (NEWTON'S THIRD LAW OF MOTION)

ਗਤੀ ਦਾ ਦੂਸਰਾ ਨਿਯਮ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਤੇ ਲਗੇ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਅਤੇ ਉਸ ਵਿੱਚ ਪੈਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਵਿੱਚ ਸੰਬੰਧ ਦੱਸਦਾ ਹੈ। ਪਿੰਡ ਤੇ ਲੱਗੇ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਦਾ ਸਾਧਨ ਕੀ ਹੈ? ਕਿਹੜਾ ਸਾਧਨ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਦਾ ਹੈ? ਨਿਊਟਨ ਯੰਤਰਿਕੀ ਵਿੱਚ ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰਸ਼ਨਾਂ ਦਾ ਸਰਲ ਉੱਤਰ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਤੇ ਲੱਗਣ ਵਾਲਾ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਸਦਾ ਹੀ ਕਿਸੇ ਹੋਰ ਪਿੰਡ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਦੋ ਪਿੰਡਾਂ A ਅਤੇ B ਦੇ ਜੋੜੇ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਮੰਨ ਲਉ ਪਿੰਡ B ਪਿੰਡ A ਤੇ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਲਗਾਉਂਦਾ ਹੈ, ਤਦ ਇਹ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਸੁਭਾਵਿਕ ਹੈ। ਕੀ ਪਿੰਡ A ਵੀ ਪਿੰਡ B ਤੇ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਲਗਾਉਂਦਾ ਹੈ? ਕੁਝ ਉਦਾਹਰਨਾਂ ਵਿੱਚ ਉਤਰ ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੈ। ਜੇ ਤੁਸੀਂ ਕਿਸੇ ਕੁੰਡਲੀਦਾਰ ਕਮਾਨੀ ਨੂੰ ਆਪਣੇ ਹੱਥਾਂ ਨਾਲ ਦਬਾਉਗੇ ਤਾਂ ਉਹ ਕਮਾਨੀ ਤੁਹਾਡੇ ਹੱਥਾਂ ਦੇ ਬਲ ਨਾਲ ਨਪੀੜੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਨਪੀੜੀ ਕਮਾਨੀ ਵੀ ਪ੍ਰਤੀਉੱਤਰ ਵਿੱਚ ਤੁਹਾਡੇ ਹੱਥਾਂ ਤੇ ਬਲ ਲਗਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਤੁਸੀਂ ਇਸ ਬਲ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦੇ ਹੋ, ਪਰ ਉਦੋਂ ਕੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਪਿੰਡ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੇ? ਧਰਤੀ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਦੇ ਕਾਰਨ ਕਿਸੇ ਪੱਥਰ ਨੂੰ ਹੇਠਾਂ ਵੱਲ ਨੂੰ ਖਿੱਚਦੀ ਹੈ। ਕੀ ਪੱਥਰ ਧਰਤੀ ਤੇ ਕੋਈ ਬਲ ਲਗਾਉਂਦਾ ਹੈ? ਇਸਦਾ ਉੱਤਰ ਸਪੱਸ਼ਟ ਨਹੀਂ ਹੈ, ਕਿਉਂਕਿ ਅਸੀਂ ਪੱਥਰ ਦੁਆਰਾ ਧਰਤੀ ਤੇ ਲੱਗੇ ਬਲ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨੂੰ ਨਹੀਂ ਦੇਖ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਪਰੰਤੂ ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਇਸ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਦਾ ਉੱਤਰ ਹੈ। ਹਾਂ, ਪੱਥਰ ਵੀ ਧਰਤੀ ਤੇ ਬਰਾਬਰ ਅਤੇ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਬਲ ਲਗਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਸਾਨੂੰ ਇਸ ਬਲ ਦੀ ਜਾਣਕਾਰੀ ਨਹੀਂ ਹੋ ਪਾਉਂਦੀ, ਇਸਦਾ ਕਾਰਨ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਵੱਧ ਭਾਰ ਹੋਣ ਕਾਰਨ ਧਰਤੀ ਦੀ ਗਤੀ ਤੇ ਪੱਥਰ ਦੁਆਰਾ ਲੱਗਣ ਵਾਲੇ ਘੱਟ ਬਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨਕਾਰਨਯੋਗ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਿਊਟਨੀ ਯੰਤਰਿਕੀ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ, ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਬਲ ਕਦੇ ਵੀ ਇਕੱਲਾ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਦੋ ਪਿੰਡਾਂ ਵਿੱਚ ਆਪਸੀ ਕਿਰਿਆ ਬਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਬਲ ਹਮੇਸ਼ਾ ਹੀ ਜੋੜਿਆਂ (pairs) ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਨਾਲ ਹੀ, ਦੋ ਪਿੰਡਾਂ ਵਿੱਚ ਆਪਸੀ ਬਲ ਸਦਾ ਸਮਾਨ ਅਤੇ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਨਿਊਟਨ ਨੇ ਇਸ ਧਾਰਨਾ

ਨੂੰ **ਗਤੀ ਦੇ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ** ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ।

ਹਰੇਕ ਕਿਰਿਆ ਦੀ ਸਦਾ ਹੀ ਬਰਾਬਰ ਅਤੇ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਗਤੀ ਦੇ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਭਾਸ਼ਾ ਇੰਨੀ ਸਾਫ਼ ਸਪੱਸ਼ਟ ਤੇ ਰੋਚਕ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਆਮ ਭਾਸ਼ਾ ਦਾ ਅੰਗ ਬਣ ਗਈ ਹੈ। ਸ਼ਾਇਦ ਇਸੇ ਲਈ ਗਤੀ ਦੇ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਬਾਰੇ ਵਿੱਚ ਕਾਫ਼ੀ ਭਰਮ-ਭੁਲੇਖੇ ਹਨ। ਆਓ ਗਤੀ ਦੇ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਬਾਰੇ ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਬਿੰਦੂਆਂ ਤੇ ਧਿਆਨ ਦਈਏ, ਖ਼ਾਸ ਕਰਕੇ **ਕਿਰਿਆ** ਅਤੇ **ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ** ਪਦਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਦੇ ਸੰਦਰਭ ਵਿੱਚ।

1. ਗਤੀ ਦੇ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਵਿੱਚ ਪਦਾਂ-ਕਿਰਿਆ ਅਤੇ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਦਾ ਅਰਥ 'ਬਲ' ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਹੋਰ ਕੁਝ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਹ ਇੱਕ ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ ਦੇ ਲਈ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪਦਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਦੇ-ਕਦੇ ਭਰਮ ਪੈਦਾ ਕਰ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਸਰਲ ਅਤੇ ਸਪੱਸ਼ਟ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਿਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ —

   ਬਲ ਸਦਾ ਜੋੜਿਆਂ ਵਿੱਚ ਮਿਲਦੇ ਹਨ। ਪਿੰਡ A ਤੇ ਪਿੰਡ B ਦੁਆਰਾ ਲਗਾਇਆ ਬਲ ਪਿੰਡ B ਤੇ A ਦੁਆਰਾ ਲਗਾਏ ਬਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਅਤੇ ਉਲਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

2. ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਪਦਾਂ **ਕਿਰਿਆ** ਅਤੇ **ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ** ਤੋਂ ਇਹ ਭਰਮ ਪੈਦਾ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਕਿਰਿਆ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਆਂਦੀ ਹੈ, ਅਰਥਾਤ ਕਿਰਿਆ ਕਾਰਨ ਹੈ ਅਤੇ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਉਸਦਾ ਪ੍ਰਭਾਵ। **ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਵਿੱਚ ਅਜਿਹਾ ਕੋਈ ਕਾਰਨ-ਪ੍ਰਭਾਵ ਸੰਬੰਧ ਨਹੀਂ ਹੈ। A ਤੇ B ਦੁਆਰਾ ਲਗਾਇਆ ਬਲ ਅਤੇ B ਤੇ C ਦੁਆਰਾ ਲੱਗਿਆ ਬਲ ਇੱਕੋ** ਹੀ ਛਿਣ ਤੇ ਲਗਦਾ ਹੈ। ਇਸੇ ਸੰਕੇਤ ਦੇ ਅਧਾਰ 'ਤੇ ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕਿਸੇ ਵੀ ਇੱਕ ਨੂੰ ਕਿਰਿਆ ਅਤੇ ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਕਿਹਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

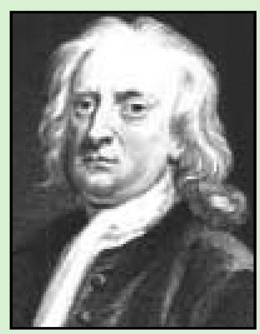
3. ਕਿਰਿਆ ਅਤੇ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਬਲ ਦੋ ਭਿੰਨ ਪਿੰਡਾਂ ਤੇ ਕਾਰਜ ਕਰਦੇ ਹਨ, ਇੱਕ ਹੀ ਵਸਤੂ ਤੇ ਨਹੀਂ। ਦੋ ਪਿੰਡਾਂ A ਅਤੇ B ਦੇ ਜੋੜਿਆਂ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ,

$$\mathbf{F}_{AB} = -\mathbf{F}_{BA} \qquad ...(5.8)$$

   A ਤੇ B ਦੁਆਰਾ ਬਲ = – B ਤੇ A ਦੁਆਰਾ ਬਲ

   ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਜੇ ਅਸੀਂ ਕਿਸੇ ਇੱਕ ਪਿੰਡ (A ਜਾਂ B) ਦੀ ਗਤੀ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਤਾਂ ਦੋ ਬਲਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਸਿਰਫ਼ ਇੱਕ ਹੀ ਪ੍ਰਸੰਗਿਕ ਹੈ। ਦੋਵੇਂ ਬਲਾਂ ਦਾ ਜੋੜ ਕਰਕੇ ਯਕੀਨੀ ਤੌਰ 'ਤੇ ਇਹ ਕਹਿਣਾ ਕਿ ਨੇਟ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੈ, ਇਹ ਤਰੁੱਟੀ ਪੂਰਣ ਹੋਵੇਗਾ। ਫਿਰ ਵੀ, ਜੇ ਤੁਸੀਂ ਦੋ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਕਿਸੇ ਸਿਸਟਮ ਨੂੰ ਇੱਕ ਪਿੰਡ ਮੰਨ ਕੇ ਉਸ ਤੇ

ਆਈਜ਼ਕ ਨਿਊਟਨ *(1642 – 1727) (Isaac Newton)*



ਆਈਜ਼ਕ ਨਿਊਟਨ ਦਾ ਜਨਮ ਸਾਲ1642 ਈ. ਵਿੱਚ ਇੰਗਲੈਂਡ ਦੇ ਵੂਲਸਥਾਰਪ (woolsthorpe) ਨਾਮ ਦੇ ਸ਼ਹਿਰ ਵਿੱਚ ਹੋਇਆ, ਸੰਯੋਗ ਨਾਲ ਗੈਲੀਲਿਉ ਦਾ ਦੇਹਾਂਤ ਵੀ ਇਸੇ ਸਾਲ ਹੋਇਆ। ਸਕੂਲੀ ਜੀਵਨ ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਅਦਭੁਤ ਗਣਿਤਿਕ ਪ੍ਰਤੀਭਾ ਅਤੇ ਯੰਤਰਿਕ ਰੁਚੀ ਹੋਰ ਲੋਕਾਂ ਤੋਂ ਛੁਪੀ ਰਹੀ। ਸਾਲ1662 ਵਿੱਚ ਸਨਾਤਕ ਪੂਰਵ (undergraduate) ਪੜ੍ਹਾਈ ਲਈ ਉਹ ਕੈਂਬਰਿਜ ਗਏ। ਸਾਲ 1669 ਵਿੱਚ ਪਲੇਗ-ਮਹਾਮਾਰੀ ਫੈਲਣ ਦੇ ਕਾਰਨ ਵਿਸ਼ਵਵਿਦਿਆਲਾ ਬੰਦ ਕਰਨਾ ਪਿਆ ਅਤੇ ਨਿਊਟਨ ਆਪਣੀ ਮਾਤਰਭੂਮੀ ਵਾਪਸ ਪਰਤ ਗਏ। ਇਹਨਾਂ ਦੋ ਸਾਲਾਂ ਦੇ ਇਕੱਲੇ ਜੀਵਨ ਵਿਚ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਸੁੱਤੀ ਸਿਰਜਣਾਤਮਕ ਸ਼ਕਤੀ ਖਿੜ੍ਹ ਗਈ। ਗਣਿਤ ਅਤੇ ਭੌਤਿਕੀ ਦੇ ਮੂਲ ਅਵਿਸ਼ਕਾਰਾਂ, ਰਿਣਾਤਮਕ ਅਤੇ ਭਿੰਨਾਤਮਕ ਘਾਤ ਅੰਕਾਂ ਦੇ ਲਈ ਦੋ ਪਦੀ ਪ੍ਰਮੇਅ (Binomial theorem), ਅਵਕਲ ਗਣਿਤ (calculus) ਦੀ ਸ਼ੁਰੂਆਤ, ਗੁਰੂਤਾ ਖਿੱਚ ਦਾ ਉਲਟ ਅਨੁਪਾਤੀ ਵਰਗ ਨਿਯਮ (Inverse square law of gravitation) ਸਫ਼ੈਦ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦਾ ਸਪੈਕਟਰਮ (spectrum of white light) ਆਦਿ ਦਾ ਹੜ੍ਹ ਜਿਹਾ ਆ ਗਿਆ। ਵਾਪਸ ਕੈਬਰਿਜ ਪਰਤ ਕੇ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਕੀ ਵਿੱਚ ਆਪਣੀਆਂ ਖੋਜਾਂ ਨੂੰ ਅੱਗੇ ਵਧਾਇਆ ਅਤੇ ਪਰਾਵਰਤੀ ਦੂਰਦਰਸ਼ਕ (reflecting telescope) ਦੀ ਰਚਨਾ ਕੀਤੀ।

ਸਾਲ 1684 ਈ. ਵਿੱਚ ਆਪਣੇ ਮਿੱਤਰ ਐਡਮੰਡ ਹੈਲੀ (Edmund Halley) ਦੇ ਉਤਸਾਹਿਤ ਕਰਨ ਤੇ ਨਿਊਟਨ ਨੇ ਆਪਣੇ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਆਵਿਸ਼ਕਾਰਾਂ ਨੂੰ ਲਿਖਣਾ ਸ਼ੁਰੂ ਕੀਤਾ ਅਤੇ "ਦੀ ਪ੍ਰਿੰਸੀਪੀਆ ਮੈਥੇਮੈਟੀਕਾ" (The Principia Mathematica) ਨਾਮ ਦੇ ਮਹਾਨ ਗ੍ਰੰਥ ਦੀ ਰਚਨਾ ਕੀਤੀ ਜੋ ਕਿਸੇ ਵੀ ਕਾਲ ਵਿੱਚ ਰਚੇ ਗਏ ਮਹਾਨਤਮ ਗ੍ਰੰਥਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਇੱਕ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸੇ ਗ੍ਰੰਥ ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਗਤੀ ਦੇ ਤਿੰਨਾਂ ਨਿਯਮਾਂ ਅਤੇ ਗੁਰੂਤਾ ਖਿੱਚ ਦੇ ਵਿਸ਼ਵਵਿਆਪੀ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪੇਸ਼ ਕੀਤਾ ਜੋ ਕੇਪਲਰ (Kepler's) ਦੇ ਗ੍ਰਹਿ ਗਤੀ ਦੇ ਤਿੰਨੇ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਗ੍ਰੰਥ ਵਿੱਚ ਨਵੀਆਂ-ਨਵੀਆਂ ਪੱਥ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਕ ਉਪਲਬਧੀਆਂ ਕੁੱਟ-ਕੁੱਟ ਕੇ ਭਰੀਆਂ ਸਨ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕੁਝ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਨ- ਤਰਲ ਯੰਤਰਕੀ ਦੇ ਮੂਲ ਸਿਧਾਂਤ, ਤਰੰਗ ਗਤੀ ਦਾ ਗਣਿਤ, ਧਰਤੀ, ਸੂਰਜ ਅਤੇ ਹੋਰ ਗ੍ਰਹਿਆਂ ਦੇ ਪੁੰਜਾਂ ਦੀ ਗਣਨਾ, precession of equinoxes ਦੀ ਵਿਆਖਿਆ, ਜਵਾਰ ਭਾਟਿਆਂ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ, ਆਦਿ। ਸਾਲ1704 ਈ. ਨਿਊਟਨ ਨੇ ਇੱਕ ਹੋਰ ਉੱਚ ਕੋਟੀ ਦਾ ਗ੍ਰੰਥ "ਆਪਟੀਕਲ" ਪ੍ਰਕਾਸ਼ਿਤ ਕੀਤਾ। ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਨੇ ਆਪਣੇ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਅਤੇ ਵਰਣ ਸੰਬੰਧੀ ਕਾਰਜ ਦਾ ਸਾਰ ਪੇਸ਼ ਕੀਤਾ।

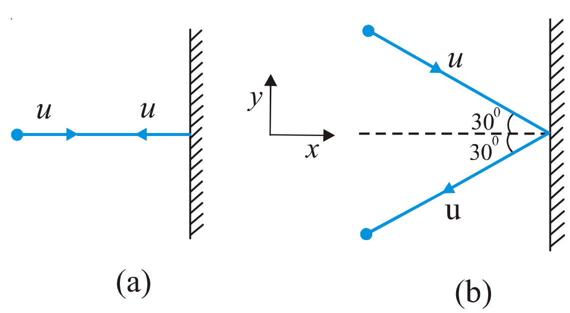
ਕਾਪਰਨਿਕਸ (Copernicus) ਨੇ ਜਿਸ ਵਿਗਿਆਨਿਕ ਕ੍ਰਾਂਤੀ ਨੂੰ ਪ੍ਰੇਰਿਤ ਕੀਤਾ ਅਤੇ ਜਿਸ ਨੂੰ ਕੇਪਲਰ ਅਤੇ ਗੈਲੀਲਿਉ ਨੇ ਤੇਜ਼ੀ ਨਾਲ ਅੱਗੇ ਵਧਾਇਆ, ਉਸ ਨੂੰ ਨਿਊਟਨ ਨੇ ਸ਼ਾਨਦਾਰ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਪੂਰਣਤਾ ਵੱਲ ਪਹੁੰਚਾਇਆ ਨਿਊਟਨੀ ਯੰਤਰਕੀ ਨੇ ਧਰਤੀ ਅਤੇ ਅਕਾਸ਼ੀ ਪਰਿਘਟਨਾਵਾਂ ਨੂੰ ਏਕੀਕ੍ਰਿਤ ਕੀਤਾ। ਇੱਕ ਹੀ ਸਮੀਕਰਨ ਧਰਤੀ ਤੇ ਸੇਬ ਦੇ ਡਿਗਣ ਅਤੇ ਧਰਤੀ ਦੇ ਚਾਰੇ ਪਾਸੇ ਚੰਦਰਮਾਂ ਦੀ ਪਰਿਕ੍ਰਮਾ ਕਰਨ ਨੂੰ ਨਿਯੰਤਰਿਤ ਕਰ ਸਕਦੀ ਸੀ। ਤਰਕ ਦੀ ਯੁੱਗ ਦਾ ਆਗਾਜ਼ ਹੋ ਚੁੱਕਾ ਸੀ।

ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹੋ, ਤਾਂ $\mathbf{F}_{AB}$ ਅਤੇ $\mathbf{F}_{BA}$ ਉਸ ਸਿਸਟਮ (A + B) ਦੇ ਅੰਤਰਿਕ ਬਲ ਹਨ। ਇਹ ਦੋਵੇਂ ਮਿਲ ਕੇ ਜ਼ੀਰੋ ਬਲ ਦਿੰਦੇ ਹਨ ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਜਾਂ ਕਣਾਂ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰਿਕ ਬਲ ਜੋੜਿਆਂ ਵਿੱਚ **ਖਤਮ** ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਤੱਥ ਹੈ ਜੋ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਜਾਂ ਕਣਾਂ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਤੇ ਲਾਗੂ ਹੋਣ ਦੇ ਯੋਗ ਬਣਾਉਂਦਾ ਹੈ। (ਦੇਖੋ ਪਾਠ 7)।

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 5.5*** ਦੋ ਸਮਰੂਪ ਬਿਲਿਅਰਡ ਗੇਂਦਾਂ ਕਿਸੇ ਦ੍ਰਿੜ (rigid) ਕੰਧ ਨਾਲ ਬਰਾਬਰ ਚਾਲ ਨਾਲ, ਪਰ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਕੋਣਾਂ ਤੇ, ਟਕਰਾਉਂਦੀਆਂ ਹਨ ਅਤੇ ਹੇਠਾਂ ਦਿੱਤੇ ਚਿੱਤਰ 5.6. ਵਿੱਚ ਦਰਸ਼ਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਚਾਲ ਵਿੱਚ ਬਿਨਾਂ ਕਮੀ ਆਏ ਪਰਾਵਰਤਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। (i) ਹਰੇਕ ਗੇਂਦ ਦੇ ਕਾਰਨ ਕੰਧ ਤੇ ਬਲ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਕੀ ਹੈ ? ਤੇ (ii) ਕੰਧ ਦੁਆਰਾ ਦੋਵੇਂ ਗੇਂਦਾਂ ਤੇ ਲਗੇ ਆਵੇਗਾਂ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਕੀ ਹੈ ?

ਹੱਲ : ਸੁਭਾਵਿਕ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਹਨਾਂ ਪ੍ਰਸ਼ਨਾਂ ਦੇ ਉੱਤਰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੋਣਗੇ (i) ਇਹ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ (a) ਵਿੱਚ ਗੇਂਦ ਦੇ ਕਾਰਨ ਕੰਧ ਤੇ ਲੱਗੇ ਬਲ ਕੰਧ ਦੇ ਲੰਬ ਦਿਸ਼ਾ (normal) ਵਿੱਚ ਹੋਣ ਜਦੋਂਕਿ (b) ਵਿੱਚ ਗੇਂਦ ਦੇ ਕਾਰਨ ਕੰਧ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਬਲ ਕੰਧ ਤੇ ਲੰਬ ਦੇ ਨਾਲ 30° ਕੋਣ ਬਣਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਉੱਤਰ ਸਹੀ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਦੋਵੇਂ ਕੇਸਾਂ ਵਿੱਚ ਕੰਧ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਬਲ ਕੰਧ ਦੇ ਲੰਬ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੈ।

ਕੰਧ ਤੇ ਲੱਗੇ ਬਲ ਨੂੰ ਕਿਵੇਂ ਪਤਾ ਕਰੀਏ ? ਇਸ ਦੀ ਗਤੀ ਦੇ ਬਾਰੇ ਵਿੱਚ ਸਾਨੂੰ ਕੋਈ ਜਾਣਕਾਰੀ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਇੱਕ ਯੁਗਤ ਅਪਣਾਉਂਦੇ ਹਾਂ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਪਹਿਲਾਂ ਅਸੀਂ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਵੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਕੰਧ ਕਾਰਨ ਗੇਂਦ ਤੇ ਲੱਗੇ ਬਲ (ਜਾਂ ਆਵੇਗ) ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਅਤੇ ਇਸ ਤੋਂ ਬਾਅਦ (i) ਦਾ ਉੱਤਰ ਦੇਣ ਲਈ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਮੰਨ ਲਉ ਹਰੇਕ ਗੇਂਦ ਦਾ ਪੁੰਜ m ਹੈ ਅਤੇ ਕੰਧ ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਣ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਅਤੇ ਟਕਰਾਉਣ ਤੋਂ ਬਾਦ ਦੋਨੋਂ ਗੇਂਦਾਂ ਦੀ ਚਾਲ u ਹੈ। ਚਿੱਤਰ ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ x ਅਤੇ y-ਧੁਰਿਆਂ (axis) ਦੀ ਚੋਣ ਕਰੋ, ਅਤੇ ਹਰੇਕ ਪਾਸੇ ਵਿੱਚ ਗੇਂਦ ਦੇ ਸੰਵੇਗ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ —



ਚਿੱਤਰ ***5.6***

ਕੇਸ (a)

$$(p_x)_{\text{ਅੰਰਭਿਕ}} = mu \qquad (p_y)_{\text{ਅੰਰਭਿਕ}} = 0$$

$$(p_x)_{\text{ਅੰਤਿਮ}} = mu \qquad (p_y)_{\text{ਅੰਤਿਮ}} = 0$$

ਆਵੇਗ, ਸੰਵੇਗ ਸਦਿਸ਼ ਵਿੱਚ ਹੋਏ ਪਰਿਵਰਤਨ ਕਰਕੇ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ

ਆਵੇਗ ਦਾ x-ਘਟਕ (component) = $-2\,m\,u$

ਆਵੇਗ ਦਾ y-ਘਟਕ (component) = 0

ਆਵੇਗ ਅਤੇ ਬਲ ਸਮਾਨ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹਨ। ਉਪਰੋਕਤ ਚਰਚਾ ਤੋਂ ਇਹ ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਕੰਧ ਦੇ ਕਾਰਨ ਗੇਂਦ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਬਲ ਕੰਧ ਦੇ ਲੰਬ ਅਤੇ ਗਤੀ ਦੀ ਰਿਣਾਤਮਕ x-ਦਿਸ਼ਾ (negative x-direction) ਵੱਲ ਹੈ। ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਗਤੀ ਦੇ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਗੇਂਦ ਦੇ ਕਾਰਨ ਕੰਧ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਬਲ ਕੰਧ ਦੇ ਲੰਬਾਤਮਕ ਅਤੇ ਗਤੀ ਦੀ ਧਨਾਤਮਕ x-ਦਿਸ਼ਾ (positive x-direction) ਵਿੱਚ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਇਸ ਸਮੱਸਿਆ ਵਿੱਚ ਇਹ ਨਹੀਂ ਦੱਸਿਆ ਗਿਆ ਕਿ ਕੰਧ ਨਾਲ ਟੱਕਰ ਵਿੱਚ ਲੱਗਿਆ ਅਲਪ ਸਮਾਂ ਕਿੰਨਾ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਬਲ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਨੂੰ ਪੱਕੇ ਤੌਰ 'ਤੇ ਨਹੀਂ ਦੱਸਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ।

ਕੇਸ (b)

$$(p_x)_{\text{ਅੰਰਭਿਕ}} = mu\cos 30^\circ \quad (p_y)_{\text{ਅੰਰਭਿਕ}} = -\,mu\sin 30^\circ$$

$$(p_x)_{\text{ਅੰਤਿਮ}} = -\,mu\cos 30^\circ \quad (p_y)_{\text{ਅੰਰਭਿਕ}} = -\,mu\sin 30^\circ$$

ਧਿਆਨ ਦਿਉ, ਟਕਰਾਉਣ ਤੋਂ ਬਾਅਦ p_x ਦਾ ਚਿਨ੍ਹ ਬਦਲ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਜਦੋਂ p_y ਦਾ ਨਹੀਂ ਬਦਲਦਾ। ਇਸ ਲਈ

ਆਵੇਗ ਦਾ x-ਘਟਕ = $-2\,mu\ \cos 30^\circ$

ਆਵੇਗ ਦਾ y-ਘਟਕ = 0

(ਅਤੇ ਬਲ) ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਉਹੀ ਹੈ ਜੋ (a) ਵਿੱਚ ਸੀ। ਇਹ ਕੰਧ ਦੇ ਲੰਬਾਤਮਕ ਰਿਣਾਤਮਕ x-ਦਿਸ਼ਾ ਵਾਲੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵੱਲ ਹੈ। ਪਹਿਲਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ ਗੇਂਦ ਦੇ ਕਾਰਨ ਕੰਧ ਤੇ ਬਲ ਕੰਧ ਦੇ ਲੰਬਾਤਮਕ, ਧਨਾਤਮਕ x-ਦਿਸ਼ਾ ਵੱਲ ਹੈ।

ਕੇਸ (a) ਅਤੇ ਕੇਸ (b) ਵਿੱਚ ਗੇਂਦ ਨੂੰ ਕੰਧ ਦੁਆਰਾ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਆਵੇਗਾਂ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣਾਂ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਹੈ।

$$2mu/\left(2mu\cos 30^\circ\right) = \frac{2}{\sqrt{3}} \approx 1.2$$ ◀

5.7 ਸੰਵੇਗ ਸੁਰੱਖਿਅਕ (CONSERVATION OF MOMENTUM)

ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਗਤੀ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਅਤੇ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਹੀ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਨਤੀਜੇ : ਸੰਵੇਗ ਦੇ ਸੁਰੱਖਿਅਨ ਨਿਯਮ ਵੱਲ ਸਾਨੂੰ ਵਧਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਇੱਕ ਜਾਣੀ ਪਛਾਣੀ ਉਦਾਹਰਨ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਕਿਸੇ ਬੰਦੂਕ ਵਿੱਚੋਂ ਇੱਕ ਗੋਲੀ ਚਲਾਈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਜੇ ਬੰਦੂਕ ਦੁਆਰਾ ਗੋਲੀ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਬਲ $\mathbf{F}$ ਹੈ, ਤਾਂ ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਗੋਲੀ ਦੁਆਰਾ ਬੰਦੂਕ

ਤੇ ਲੱਗਣ ਵਾਲਾ ਬਲ **– F** ਹੈ। ਦੋਨੋਂ ਬਲ ਬਰਾਬਰ ਸਮਾਂ ਵਿੱਥ Δt ਤੱਕ ਕਾਰਜ ਕਰਦੇ ਹਨ। ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਗੋਲੀ ਦਾ ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ $F\,\Delta t$ ਹੈ ਅਤੇ ਬੰਦੂਕ ਦਾ ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ $-F\,\Delta t$ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਸ਼ੁਰੂ ਵਿੱਚ ਦੋਨੋਂ ਵਿਰਾਮ ਵਿੱਚ ਹਨ, ਇਸ ਲਈ ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਅੰਤਿਮ ਸੰਵੇਗ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜੇ ਚਲਾਉਣ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਗੋਲੀ ਦਾ ਸੰਵੇਗ, $\mathbf{p}_b$ ਹੈ ਅਤੇ ਬੰਦੂਕ ਦਾ ਰਿਕੋਆਇਲ ਸੰਵੇਗ (Recoil momentum), $\mathbf{p}_g$ ਹੈ, ਤਾਂ

$$\mathbf{p}_g = -\mathbf{p}_b \text{ ਜਾਂ } \mathbf{p}_g + \mathbf{p}_b = 0$$

ਅਰਥਾਤ, ਗੋਲੀ ਬੰਦੂਕ ਸਿਸਟਮ ਦਾ ਕੁੱਲ ਸੰਵੇਗ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਕਿਸੇ ਅਲੱਗ-ਥੱਲਗ (isolated) ਸਿਸਟਮ (ਜਾਂ ਕੋਈ ਸਿਸਟਮ ਜਿਸ ਉੱਪਰ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਨਹੀਂ ਲੱਗਦਾ ਹੈ) ਵਿੱਚ ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਕਣਾਂ ਦੇ ਜੋੜਿਆਂ ਵਿੱਚ ਆਪਸੀ ਬਲ ਵਿਅਕਤੀਗਤ ਪੱਧਰ ਤੇ ਕਣਾਂ ਵਿੱਚ ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਨ, ਪਰ ਕਿਉਂਕਿ ਹਰੇਕ ਜੋੜੇ ਦੇ ਲਈ ਆਪਸੀ ਬਲ ਬਰਾਬਰ ਅਤੇ ਉਲਟ ਹਨ ਸੰਵੇਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਜੋੜਿਆਂ ਵਿੱਚ ਖਤਮ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਕੁੱਲ ਸੰਵੇਗ ਅਪਵਰਤਿਤ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤੱਥ ਨੂੰ **ਸੰਵੇਗ - ਸੁਰੱਖਿਅਨ ਨਿਯਮ (law of conservation of momentum) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਨਿਯਮ ਅਨੁਸਾਰ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਕਿਰਿਆ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਕਣਾਂ ਦੇ ਕਿਸੇ ਅਲੱਗ-ਥੱਲਗ ਸਿਸਟਮ (isolated system) ਦਾ ਕੁੱਲ ਸੰਵੇਗ ਸੁਰੱਖਿਅਤ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ।**

ਸੰਵੇਗ-ਸੁਰੱਖਿਅਨ ਦੇ ਇਸਤੇਮਾਲ ਦਾ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਉਦਾਹਰਨ ਦੋ ਪਿੰਡਾਂ ਵਿੱਚ ਟੱਕਰ (collision) ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਹੈ। ਦੋ ਪਿੰਡਾਂ A ਅਤੇ B ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ ਜਿਹਨਾਂ ਦੇ ਆਰੰਭਿਕ ਸੰਵੇਗ $\mathbf{p}_A$ ਅਤੇ $\mathbf{p}_B$ ਹੈ। ਦੋਵੇਂ ਟਕਰਾਉਂਦੇ ਹਨ ਤੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਜੋ ਵੱਖ ਹੋਣ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਅੰਤਿਮ ਸੰਵੇਗ ਬਾਰੀ ਸਿਰ $\mathbf{p}'_A$ ਅਤੇ $\mathbf{p}'_B$ ਹੋਣ ਤਾਂ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ

$$\mathbf{F}_{AB}\,\Delta t = \mathbf{p}'_A - \mathbf{p}'_A$$

ਅਤੇ

$$\mathbf{F}_{BA}\,\Delta t = \mathbf{p}'_B - \mathbf{p}'_B$$

(ਇਥੇ ਅਸੀਂ ਦੋਵੇਂ ਬਲਾਂ ਦੇ ਲਈ ਬਰਾਬਰ ਸਮਾਂ ਵਿੱਥ Δt ਲਈ ਹੈ, ਜੋ ਉਹ ਸਮਾਂ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਦੋਵੇਂ ਪਿੰਡ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ)। ਕਿਉਂਕਿ

$$\mathbf{F}_{AB}\,\Delta t = -\mathbf{F}_{BA} \text{ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ,}$$

$$\mathbf{p}'_A - \mathbf{p}_B = -(\mathbf{p}'_B - \mathbf{p}_B)$$

ਜਾਂ

$$\mathbf{p}'_A + \mathbf{p}_B = \mathbf{p}_A + \mathbf{p}_B \qquad \text{...(5.9)}$$

ਜੋ ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਅਲੱਗ-ਥਲੱਗ ਸਿਸਟਮ (A+B) ਦਾ ਕੁੱਲ ਅੰਤਿਮ ਸੰਵੇਗ ਉਸਦੇ ਅਰੰਭਿਕ ਸੰਵੇਗ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਰਹੇ ਕਿ, ਇਹ ਨਿਯਮ ਦੋਵੇਂ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੀਆਂ ਟੱਕਰਾਂ- ਲਚਕਦਾਰ ਅਤੇ ਗੈਰ-ਲਚਕਦਾਰ (elastic and inelastic) ਤੇ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਲਚਕਦਾਰ ਟੱਕਰ ਵਿੱਚ ਦੂਸਰੀ ਸ਼ਰਤ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਕੁੱਲ ਆਰੰਭਿਕ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਕੁੱਲ ਅੰਤਿਮ ਊਰਜਾ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। (ਦੇਖੋ ਪਾਠ 6)

5.8 ਕਿਸੇ ਕਣ ਦੀ ਸੰਤੁਲਿਤ ਅਵਸਥਾ (EQUILIBRIUM OF A PARTICLE)

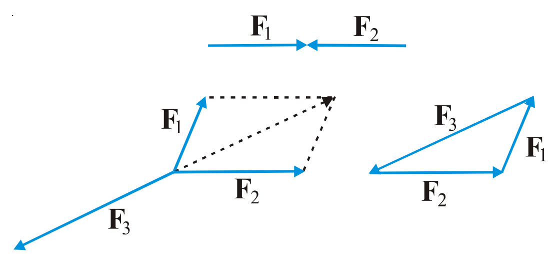
ਯੰਤਰਕੀ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਕਣ ਦੀ ਸੰਤੁਲਿਤ ਅਵਸਥਾ ਦਾ ਉਲੇਖ ਉਹਨਾਂ ਸਥਿਤੀਆਂ ਦੇ ਲਈ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਕਣ ਤੇ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ* ਹੋਵੇ। ਪਹਿਲੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ, ਇਸਦਾ ਇਹ ਅਰਥ ਹੈ ਕਿ ਜਾਂ ਤਾਂ ਕਣ ਵਿਰਾਮ ਵਿੱਚ ਹਨ ਜਾਂ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਹਨ। ਜੇ ਕਿਸੇ ਕਣ ਤੇ ਦੋ ਬਲ $\mathbf{F}_1$ ਅਤੇ $-\mathbf{F}_2$ ਲੱਗਦੇ ਹੋਣ, ਤਾਂ ਸੰਤੁਲਿਤ ਅਵਸਥਾ ਦੇ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ ਕਿ

$$\mathbf{F}_1 = -\mathbf{F}_2 \qquad \text{...(5.10)}$$

ਅਰਥਾਤ ਕਣ ਤੇ ਲੱਗਦੇ ਦੋਵੇਂ ਬਲ ਬਰਾਬਰ ਅਤੇ ਉਲਟ ਹੋਣੇ ਚਾਹੀਦੇ ਹਨ।

ਤਿੰਨ ਸੰਗਾਮੀ (concurrent) ਬਲਾਂ $\mathbf{F}_1$, $\mathbf{F}_2$ ਅਤੇ $\mathbf{F}_3$ ਦੇ ਅਧੀਨ ਸੰਤੁਲਨ (equilibrium) ਦੇ ਲਈ ਇਹਨਾਂ ਤਿੰਨਾਂ ਬਲਾਂ ਦਾ ਸਦਿਸ਼ ਜੋੜ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ :

$$F_1 + F_2 + F_3 = 0 \qquad \text{...(5.11)}$$



ਚਿੱਤਰ **5.7** ਸੰਗਾਮੀ ਬਲਾਂ ਦੇ ਅਧੀਨ ਸੰਤੁਲਨ

ਦੂਸਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ, ਬਲਾਂ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਚਤੁਰਭੁਜ ਨਿਯਮ (parallelogram law of forces) ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੋਈ ਦੋ ਬਲਾਂ, ਮੰਨ ਲਉ F_1 ਅਤੇ F_2, ਦਾ ਪਰਿਣਾਮੀ (resultant) ਤੀਸਰੇ ਬਲ F_3 ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਅਤੇ ਉਲਟ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਚਿੱਤਰ 5.7 ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਸੰਤੁਲਨ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਤਿੰਨੇ ਬਲਾਂ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਤ੍ਰਿਭੁਜ ਦੀਆਂ ਭੁਜਾਵਾਂ, ਜਿਸ ਤੇ ਚੱਕਰੀ ਕ੍ਰਮ ਵਿੱਚ ਸਦਿਸ਼ ਤੀਰ (vector arrows taken in the same sense) ਬਣੇ ਹੋਣ, ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਨਤੀਜੇ (result) ਦਾ ਵਿਆਪੀਕਰਨ (generalization) ਬਲਾਂ ਦੀ ਕਿਸੇ ਵੀ ਸੰਖਿਆ ਲਈ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਲਗਾਏ ਬਲਾਂ

* ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦੀ ਸੰਤੁਲਿਤ ਅਵਸਥਾ ਲਈ ਸਿਰਫ਼ ਸਥਾਨਾਤਰਨ ਸੰਤੁਲਿਤ ਅਵਸਥਾ (ਜ਼ੀਰੋ ਨੇਟ ਬਲ) ਹੀ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਹੀਂ ਬਲਕਿ ਘੁੰਮਣ ਸੰਤੁਲਿਤ ਅਵਸਥਾ (ਜ਼ੀਰੋ ਨੇਟ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਟਾਰਕ) ਵੀ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ, ਇਹ ਅਸੀਂ ਪਾਠ 7 ਵਿੱਚ ਦੇਖਾਂਗੇ।

F_1, F_2,... F_n ਦੇ ਅਧੀਨ ਕੋਈ ਕਣ ਸੰਤੁਲਿਤ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹੋਵੇਗਾ ਜੇ ਉਹਨਾਂ ਬਲਾਂ ਨੂੰ n-ਭੁਜਾ ਵਾਲੇ ਬੰਦ ਬਹੁਭੁਜ (polygon) ਦੀਆਂ ਭੁਜਾਵਾਂ ਉੱਪਰ ਚੱਕਰੀ ਕ੍ਰਮ ਵਿੱਚ (same sense) ਦਰਸਾਇਆ ਜਾ ਸਕੇ।

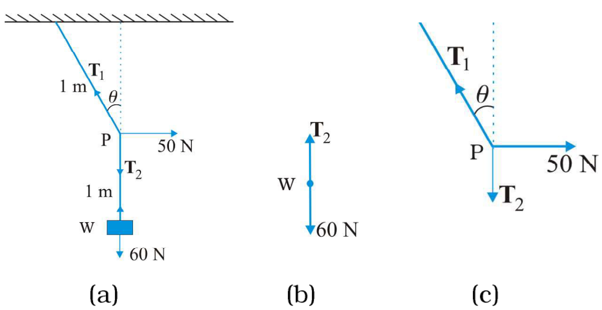
ਸਮੀਕਰਨ (5.11) ਤੋਂ

$$F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$$
$$F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$$
$$F_{1z} + F_{2z} + F_{3z} = 0 \qquad \text{...(5.12)}$$

ਜਿੱਥੇ F_{1x}, F_{1y} ਅਤੇ F_{1z} ਕ੍ਰਮਵਾਰ F_1 ਦੇ x, y ਅਤੇ z ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਘਟਕ (component) ਹਨ।

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 5.6*** 6 kg ਪੁੰਜ ਦੇ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਨੂੰ ਛੱਤ ਤੋਂ 2 m ਲੰਬਾਈ ਦੀ ਡੋਰੀ ਦੁਆਰਾ ਲਟਕਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਡੋਰੀ ਦੇ ਮੱਧ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਚਿੱਤਰ 5.8 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਖਿਤਿਜੀ ਦਿਸ਼ਾ (horizontal) ਵਿੱਚ 50N ਬਲ ਲਗਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਸੰਤੁਲਿਤ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਡੋਰੀ ਖੜ੍ਹੇ ਦਾਅ (vertical) ਨਾਲ ਕਿੰਨਾ ਕੋਣ ਬਣਾਉਂਦੀ ਹੈ? (g = 10 m s^{-1} ਲਉ)। ਡੋਰੀ ਦਾ ਪੁੰਜ ਨਕਾਰਨਯੋਗ ਹੈ?

ਹੱਲ : ਚਿੱਤਰ 5.8(b) ਅਤੇ 5.8(c) ਬਲ ਨਿਰਦੇਸ਼ਕ ਆਲੇਖ (free-body diagram) ਕਹਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਚਿੱਤਰ 5.8(b) ਭਾਰ W ਦਾ



ਚਿੱਤਰ **5.8**

ਬਲ ਨਿਰਦੇਸ਼ਕ ਆਰੇਖ ਹੈ ਅਤੇ 5.8(c) ਬਿੰਦੂ P ਦਾ ਬਲ ਨਿਰਦੇਸ਼ਕ ਆਰੇਖ ਹੈ। ਸਭ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ ਭਾਰ W ਦੀ ਸੰਤੁਲਨ ਅਵਸਥਾ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੈ, $T_2 = 6 \times 10 = 60$ N

ਹੁਣ ਤਿੰਨ ਬਲਾਂ ਤਨਾਵ T_1 ਅਤੇ T_2, ਅਤੇ ਖਿਤਜੀ ਬਲ 50 N ਦੀਆਂ ਕਿਰਿਆਵਾਂ ਦੇ ਅਧੀਨ ਪੁੰਜ ਬਿੰਦੂ P ਦੀ ਸੰਤੁਲਿਤ ਅਵਸਥਾ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਪਰਿਣਾਮੀ ਬਲ ਦੇ ਖਿਤਿਜੀ ਅਤੇ ਖੜ੍ਹੇਦਾਅ (horizontal and vertical) ਘਟਕਾਂ ਨੂੰ ਵੱਖੋ-ਵੱਖ ਤੌਰ ਤੇ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ —

$$T_1 \cos\theta = T_2 = 60 \text{ N}$$
$$T_1 \sin\theta = 50 \text{ N}$$
$$\therefore \quad \tan\theta = \frac{5}{6} \text{ ਜਾਂ } \theta = \tan^{-1}\left(\frac{5}{6}\right) = 40°$$

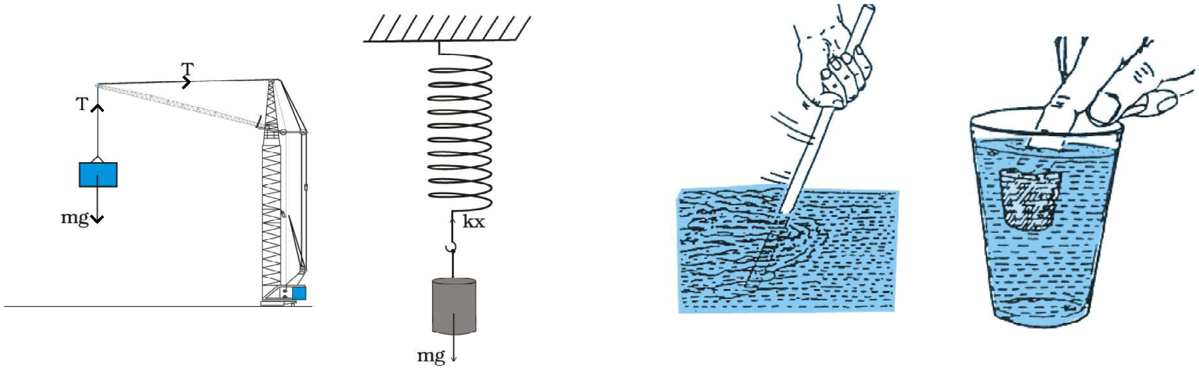
ਧਿਆਨ ਦਿਉ, ਉੱਤਰ ਨਾ ਤਾਂ ਡੋਰੀ (ਜਿਸ ਦਾ ਪੁੰਜ ਨਕਾਰਨਯੋਗ ਮੰਨਿਆ ਹੈ) ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ ਤੇ ਨਾ ਹੀ ਉਸ ਬਿੰਦੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਤੇ ਖਿਤਿਜੀ ਬਲ ਲਗਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ◀

5.9 ਯੰਤਰਕੀ ਵਿੱਚ ਸਧਾਰਨ ਬਲ (COMMON FORCES IN MECHANICS)

ਯੰਤਰਿਕੀ ਵਿੱਚ ਸਾਡਾ ਟਾਕਰਾ ਕਈ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਬਲਾਂ ਨਾਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਅਸਲ ਵਿੱਚ, ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਣ ਬਲ ਸਰਵ ਵਿਆਪਕ ਹੈ। ਧਰਤੀ ਤੇ ਸਥਿਤ ਸਾਰੀਆਂ ਵਸਤੂਆਂ ਧਰਤੀ ਦੀ ਗੁਰੂਤਾ ਖਿੱਚ ਬਲ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦੀਆਂ ਹਨ। ਗੁਰੂਤਾ ਖਿੱਚ ਬਲ (force of gravity) ਅਕਾਸ਼ੀ ਪਿੰਡਾਂ ਦੀਆਂ ਗਤੀਆਂ ਨੂੰ ਨਿਯੰਤਰਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਗੁਰੂਤਾ ਖਿੱਚ ਬਲ ਕਿਸੇ ਦੂਰੀ ਤੇ ਬਿਨਾਂ ਕਿਸੇ ਵਿਚਕਾਰਲੇ ਮਾਧਿਅਮ (intervening medium) ਦੇ ਕਾਰਜ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਯੰਤਰਿਕੀ ਵਿੱਚ ਆਮ ਕਰਕੇ ਸਾਰੇ ਸਧਾਰਨ ਬਲ ਸੰਪਰਕ ਬਲ* (contact forces) ਹਨ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਨਾਮ ਤੋਂ ਹੀ ਪਤਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ, ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਤੇ ਸੰਪਰਕ ਬਲ ਕਿਸੇ ਹੋਰ ਪਿੰਡ ਠੋਸ ਜਾਂ ਤਰਲ ਦੇ ਸੰਪਰਕ ਦੁਆਰਾ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਕਈ ਪਿੰਡ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, (ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਮੇਜ਼ ਤੇ ਰੱਖੀ ਕੋਈ ਪੁਸਤਕ; ਛੜਾਂ, ਕਬਜ਼ਿਆਂ (rods and hinges) ਅਤੇ ਹੋਰ ਕਈ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਸਹਾਰਿਆਂ (supports) ਨਾਲ ਜੁੜਿਆ (connected) ਕੋਈ ਦ੍ਰਿੜ ਪਿੰਡ (rigid body) ਦਾ ਸਿਸਟਮ, ਤਾਂ ਉੱਥੇ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਸੰਤੁਸ਼ਟ ਕਰਨ ਵਾਲੇ (ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਹਰੇਕ ਜੋੜੇ ਲਈ) ਆਪਸੀ ਸੰਪਰਕ ਬਲ (contact force) ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਸੰਪਰਕ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਦੇ ਲੰਬਾਤਮਕ (normal) ਸੰਪਰਕ ਬਲ ਦੇ ਘਟਕ ਨੂੰ ਲੰਬਾਤਮਕ ਬਲ (ਜਾਂ ਲੰਬਾਤਮਕ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ Normal reaction) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਸੰਪਰਕ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਘਟਕ ਨੂੰ ਰਗੜ ਬਲ (friction) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਸੰਪਰਕ ਬਲ ਉਦੋਂ ਹੀ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਜਦੋਂ ਠੋਸ, ਤਰਲਾਂ ਦੇ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਆਉਂਦੇ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਨ ਦੇ ਲਈ ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਠੋਸ ਨੂੰ ਤਰਲ ਵਿੱਚ ਡੋਬਿਆ (immersed) ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਇੱਕ ਉਤਪਲਾਵਨ ਬਲ (upward bouyant) ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਉਸ ਠੋਸ ਦੁਆਰਾ ਵਿਸਥਾਪਿਤ ਤਰਲ ਦੇ ਭਾਰ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਵਿਸਕਸ (viscous force) ਬਲ, ਹਵਾ ਦਾ ਪ੍ਰਤਿਰੋਧ (air resistance) ਆਦਿ ਵੀ ਸੰਪਰਕ ਬਲਾਂ ਦੇ ਉਦਾਹਰਨ ਹਨ (ਚਿੱਤਰ 5.9)।

* ਸਹੂਲਤ ਲਈ ਅਸੀਂ ਇੱਥੇ ਚਾਰਜਿਤ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਪਿੰਡਾਂ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਨਹੀਂ ਕਰ ਰਹੇ ਹਾਂ। ਇਹਨਾਂ ਲਈ, ਗੁਰੂਤਾ ਖਿੱਚ ਬਲ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ, ਇੱਥੇ ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲ ਬਿਨਾਂ ਸੰਪਰਕ (non-contact) ਵਾਲੇ ਬਲ ਹਨ।



ਚਿੱਤਰ ***5.9*** ਯਾਂਤਰਕੀ ਵਿੱਚ ਸੰਪਰਕ ਬਲਾਂ ਦੇ ਕੁਝ ਉਦਾਹਰਨ

ਦੋ ਸਧਾਰਨ ਬਲ ਕਮਾਨੀ ਬਲ (force due to spring) ਅਤੇ ਡੋਰੀ ਵਿੱਚ ਤਨਾਵ (tension in a string) ਹਨ। ਜਦੋਂ ਕਿਸੇ ਕਮਾਨੀ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਦੁਆਰਾ ਨਪੀੜਿਆ (compressed) ਜਾਂ ਖਿੱਚ ਕੇ ਲੰਬਾ (extended) ਕੀਤਾ ਜਾਵੇ। ਤਾਂ ਇੱਕ ਪੁਨਰਸਥਾਪਨ ਬਲ (restoring force) ਪੈਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਬਲ ਅਕਸਰ ਨਪੀੜਨ ਜਾਂ ਦੀਰਘਕਰਨ (compression or elongation) ਦੇ ਅਨੁਪਾਤੀ (proportional) ਹੁੰਦਾ ਹੈ। (ਛੋਟੇ ਵਿਸਥਾਪਨਾਂ ਲਈ)। ਕਮਾਨੀ ਬਲ F ਨੂੰ, $F = -k\,x$ ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਜਿਥੇ x ਵਿਸਥਾਪਨ ਹੈ ਅਤੇ k ਨੂੰ ਕਮਾਨੀ ਸਥਿਰ ਅੰਕ (spring constant) ਜਾਂ ਬਲ ਸਥਿਰ ਅੰਕ (force constant) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਰਿਣਾਤਮਕ ਚਿੰਨ੍ਹ ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਬਲ ਗੈਰ ਤਾਣੀ ਅਵਸਥਾ (unstretched state) ਤੋਂ ਵਿਸਥਾਪਨ ਦੇ ਉਲਟ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਡੋਰੀ ਜੋ ਕਿ ਖਿੱਚ ਪਾਉਣ ਤੇ ਲੰਬੀ ਹੋਣ ਦਾ ਗੁਣ ਨਹੀਂ ਰੱਖਦੀ (inextensible) ਦੇ ਲਈ, ਬਲ ਸਥਿਰ ਅੰਕ (force constant) ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਡੋਰੀ ਦੇ ਪੁਨਰਸਥਾਪਨ ਬਲ (restoring force) ਨੂੰ ਤਨਾਵ (Tension) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਪਰੰਪਰਾ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਸਾਰੀਆਂ ਡੋਰੀਆਂ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ (along) ਇੱਕ ਬਰਾਬਰ ਤਨਾਵ T ਮੰਨ ਲੈਂਦੇ ਹਾਂ। ਨਾਂ-ਮਾਤਰ ਪੁੰਜ (negligible mass) ਵਾਲੀ ਡੋਰੀ ਦੇ ਲਈ, ਡੋਰੀ ਦੇ ਹਰ ਹਿੱਸੇ ਤੇ ਬਰਾਬਰ ਤਨਾਵ ਮੰਨਣ ਦੀ ਪਰੰਪਰਾ ਸਹੀ ਹੈ।

ਪਾਠ 1 ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਇਹ ਸਿੱਖਿਆ ਕਿ ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਸਿਰਫ਼ ਚਾਰ ਮੂਲ ਬਲ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚ ਕਮਜ਼ੋਰ ਅਤੇ ਪ੍ਰਬਲ (weak and strong) ਬਲ ਅਜਿਹੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਗਟ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਜਿਹਨਾਂ ਦੇ ਇੱਥੇ ਸਾਡੇ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਯੰਤਰਕੀ ਦੇ ਸੰਦਰਭ ਵਿੱਚ ਸਿਰਫ਼ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨੀ ਬਲ ਅਤੇ ਬਿਜਲਈ ਬਲ ਹੀ ਪ੍ਰਸੰਗਕ ਹਨ। ਯਾਂਤਰਕੀ ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸੰਪਰਕ ਬਲ ਜਿਹਨਾਂ ਦਾ ਅਸੀਂ ਹੁਣੇ ਵਰਨਣ ਕੀਤਾ ਹੈ, ਮੂਲ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਬਿਜਲਈ ਬਲਾਂ ਤੋਂ ਹੀ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਗੱਲ ਹੈਰਾਨ ਕਰਨ ਵਾਲੀ ਲੱਗ ਸਕਦੀ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਯਾਂਤਰਿਕੀ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਅਣਚਾਰਜਿਤ ਅਤੇ ਗ਼ੈਰ ਚੁੰਬਕੀ ਪਿੰਡਾਂ ਦੀ ਚਰਚਾ ਕਰ ਰਹੇ ਹਾਂ। ਪਰ ਸੂਖਮ ਪੱਧਰ ਤੇ, ਸਾਰੇ ਪਿੰਡ ਚਾਰਜਿਤ ਘਟਕਾਂ (constituents), ਨਾਭਿਕਾਂ ਅਤੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ (nuclei and electrons) ਤੋਂ ਮਿਲ ਕੇ ਬਣੇ ਹਨ ਅਤੇ ਆਣਵਿਕ (molecular), ਟੱਕਰਾਂ (collisions), ਪ੍ਰਤੀਘਾਤਾਂ (impacts) ਅਤੇ ਪਿੰਡਾਂ ਦੀ ਲਚਕਤਾ (elasticity) ਆਦਿ ਦੇ ਕਾਰਨ ਪੈਦਾ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸੰਪਰਕ ਬਲਾਂ ਦੀ ਖ਼ੋਜ ਕਰਨ ਤੋਂ ਪਤਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ ਕਿ ਆਖ਼ਰ ਨੂੰ ਇਹ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਚਾਰਜਿਤ ਘਟਕਾਂ ਵਿਚਲੇ ਬਿਜਲਈ ਬਲ ਹੀ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਬਲਾਂ ਦੀ ਵਿਸਥਾਰ ਪੂਰਵਕ ਸੂਖਮ ਉਤਪਤੀ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਜਾਣਕਾਰੀ ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਹੈ ਅਤੇ ਸਥੂਲ ਪੱਧਰ ਤੇ ਯੰਤਰਿਕ ਦੀਆਂ ਸਮੱਸਿਆਵਾਂ ਨੂੰ ਹਲ ਕਰਨ ਦੇ ਨਜ਼ਰੀਏ ਨਾਲ ਉਪਯੋਗੀ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਹੀ ਕਾਰਨ ਹੈ ਕਿ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਬਲਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਗੁਣਾਂ ਦੇ ਅਨੁਭਵ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਨਿਰਧਾਰਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

5.9.1 ਰਗੜ (Friction)

ਆਉ, ਫਿਰ ਤੋਂ ਖਿਤਜੀ ਮੇਜ਼ ਤੇ ਰੱਖੇ m ਪੁੰਜ ਦੇ ਪਿੰਡ ਵਾਲੇ ਉਦਾਹਰਨ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ। ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ (mg) ਨੂੰ ਮੇਜ਼ ਦਾ ਲੰਬਾਤਮਕ ਪ੍ਰਤਿਕਿਰਿਆ ਬਲ (Normal reaction force) (N) ਨਿਰਸਤ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਮੰਨ ਲਉ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਬਲ F ਪਿੰਡ ਤੇ ਖਿਤਜੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਲਗਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਅਨੁਭਵ ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਇਹ ਪਤਾ ਕਿ ਮਿਕਦਾਰ (magnitude) ਵਿੱਚ ਛੋਟਾ ਬਲ ਲਗਾਉਣ ਤੇ ਪਿੰਡ ਨੂੰ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਕਰਨ ਲਈ ਨਾਕਾਫ਼ੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਪਰ ਜੇ ਲਗਾਇਆ ਬਲ ਹੀ ਪਿੰਡ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਇੱਕੋ-ਇੱਕ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਹੈ, ਤਾਂ ਇਹ ਬਲ ਮਿਕਦਾਰ ਵਿੱਚ ਕਿੰਨਾਂ ਵੀ ਛੋਟਾ ਜਾਂ ਘੱਟ ਹੀ ਕਿਉਂ ਨਾ ਹੋਵੇ, ਪਿੰਡ ਨੂੰ F/m ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੈ, ਕਿ ਜੇ ਪਿੰਡ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹੈ ਤਾਂ ਪਿੰਡ ਤੇ ਕੋਈ ਹੋਰ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਖਿਤਜ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਕਾਰਜ ਕਰਨ ਲੱਗ ਪਿਆ ਹੈ, ਜੋ ਲਗਾਏ ਬਲ F ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਪਿੰਡ ਤੇ ਨੇਟ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਵਿਰੋਧੀ ਬਲ f_s, ਜੋ ਮੇਜ਼ ਦੇ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਪਿੰਡ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਲੱਗਦਾ ਹੈ, ਰਗੜ ਕਹਾਂਉਂਦਾ ਹੈ। (ਚਿੱਤਰ 5.10(a)) ਇੱਥੇ ਪੈਰਾਂ ਵਿੱਚ ਲਿਖਿਆ ਅੱਖਰ (subscripts) ਨੂੰ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ (static friction)

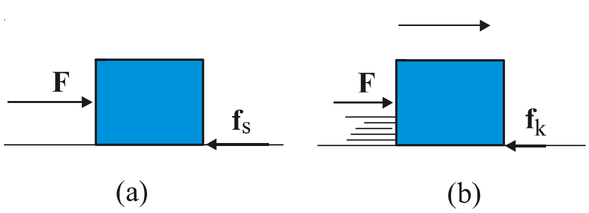
ਦੇ ਲਈ ਵਰਤਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਤਾਕਿ ਅਸੀਂ ਇਸ ਦੀ ਗਤਿਜ ਰਗੜ (kinetic friction) f_k ਜਿਸ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਬਾਦ ਵਿੱਚ ਵਿਚਾਰ ਕਰਾਂਗੇ, (ਚਿੱਤਰ 5.10(b)), ਤੋਂ ਵੱਖਰਾ ਕਰਕੇ ਪਛਾਣ ਕਰ ਸਕੀਏ। ਧਿਆਨ ਦਿਉ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਦਾ ਆਪਣਾ ਕੋਈ ਵਜੂਦ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਜਦੋਂ ਤੱਕ ਕੋਈ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਲਗਾਇਆ ਨਹੀਂ ਜਾਂਦਾ, ਉਦੋਂ ਤੱਕ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਵੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ। ਜਿਸ ਪਲ ਕੋਈ ਬਲ ਲਗਾਇਆ ਜਾਂਦਾਂ ਹੈ। ਉਸੇ ਪਲ ਰਗੜ ਬਲ ਵੀ ਲੱਗਣ ਲੱਗਦਾ ਹੈ। ਪਿੰਡ ਨੂੰ ਵਿਰਾਮ ਵਿੱਚ ਰੱਖਦੇ ਹੋਏ ਜਦੋਂ ਆਰੋਪਿਤ ਬਲ F ਵੱਧਦਾ ਹੈ, ਲਗਾਏ ਬਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਅਤੇ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਰਹਿੰਦੇ ਹੋਏ f_s ਵੀ ਇੱਕ ਸੀਮਾ ਤੱਕ ਵਧਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਨੂੰ **ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ** ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ, ਪੈਦਾ ਕੀਤੀ ਜਾ ਰਹੀ ਗਤੀ (impending motion) ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਪੈਦਾ ਕੀਤੀ ਜਾ ਰਹੀ ਗਤੀ ਤੋਂ ਭਾਵ ਅਜਿਹੀ ਗਤੀ ਤੋਂ ਹੈ ਜੋ ਤਾਂ ਹੀ ਹੋਵੇਗੀ ਜਦੋਂ (ਪਰ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀ ਨਹੀਂ) ਕਿਸੇ ਲਗਾਏ ਗਏ ਬਲ ਦੇ ਅੰਤਰਗਤ ਰਗੜ ਹਾਜ਼ਰ ਨਾ ਹੋਵੇ।

ਅਸੀਂ ਅਨੁਭਵ ਤੋਂ ਇਹ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਜਿਵੇਂ ਹੀ ਲਗਾਇਆ ਬਲ ਇੱਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸੀਮਾ ਤੋਂ ਵੱਧਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਪਿੰਡ ਗਤੀ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਇਹ ਦੇਖਿਆ ਗਿਆ ਕਿ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਦਾ ਸੀਮਾਂਤ ਜਾਂ ਚਰਮ ਮਾਨ (limiting value) $(f_s)_{max}$ ਸੰਪਰਕ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਖੇਤਰਫਲ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਅਤੇ ਲੰਬਾਤਮਕ ਬਲ (N) ਦੇ ਨਾਲ ਲਗਭਗ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ :

$$(f_s)_{max} = \mu_s N \qquad ...(5.13)$$

ਇੱਥੇ μ_s ਅਨੁਪਾਤਿਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ (proportional contacts) ਹੈ, ਜੋ ਸਿਰਫ਼ ਸੰਪਰਕ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਦੇ ਜੋੜਿਆਂ ਦੇ ਸੁਭਾਅ ਤੇ ਹੀ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਸਥਿਰ ਅੰਕ μ_s ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ (coefficient of static friction) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ।

$$f_s \leq \mu_s N \qquad ...(5.14)$$



ਚਿੱਤਰ ***5.10*** ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਨਿਯਮ ਸਰਕਣਸ਼ੀਲ (sliding) ਰਗੜ

(a) ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਪਿੰਡ ਵਿੱਚ ਪੈਦਾ ਕੀਤੀ ਜਾ ਰਹੀ ਗਤੀ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਦੀ ਅਧਿਕਤਮ ਸੀਮਾ ਤੋਂ ਵੱਧ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਗਤੀ ਸ਼ੁਰੂ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। (b) ਇੱਕ ਵਾਰ ਜਦੋਂ ਪਿੰਡ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਉਸ ਤੇ ਸਰਕਣਸ਼ੀਲ ਜਾਂ ਗਤੀਜ ਰਗੜ ਕਾਰਜ ਕਰਨ ਲੱਗਦੀ ਹੈ ਜੋ ਸੰਪਰਕ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਾਪੇਖ ਗਤੀ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦਾ ਹੈ।

ਗਤੀਜ ਰਗੜ ਆਮ ਕਰਕੇ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਦੇ ਅਧਿਕਤਮ ਮਾਨ ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਜੇ ਲਗਾਏ ਬਲ F ਦਾ ਮਾਨ $(f_s)_{max}$ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਪਿੰਡ ਸਤ੍ਹਾ ਤੇ ਸਰਕਣਾ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਇਹ ਦੇਖਿਆ ਗਿਆ ਹੈ ਕਿ ਜਦੋਂ ਸਾਪੇਖ ਗਤੀ ਸ਼ੁਰੂ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ, ਤਾਂ ਰਗੜ ਬਲ, ਅਧਿਕਤਮ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਬਲ $(f_s)_{max}$ ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਰਗੜ ਬਲ, ਜਦੋਂ ਸੰਪਰਕ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਾਪੇਖ ਗਤੀ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦਾ ਹੈ, **ਗਤੀਜ** ਜਾਂ **ਸਰਕਣਸ਼ੀਲ ਰਗੜ** (Kinetic or sliding friction) ਕਹਾਉਂਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਨੂੰ f_k ਦੁਆਰਾ ਦਰਸ਼ਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਗਤਿਜ ਰਗੜ ਵੀ ਸੰਪਰਕ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਦੇ ਖੇਤਰਫਲ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦੀ। ਨਾਲ ਹੀ, ਇਹ ਸਾਪੇਖ ਗਤੀ ਦੇ ਵੇਗ ਤੇ ਵੀ ਲਗਭਗ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਇਹ ਇੱਕ ਨਿਯਮ, ਜੋ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਦੇ ਲਈ ਨਿਯਮ ਦੇ ਸਮਰੂਪ ਹੈ, ਨੂੰ ਸੰਤੁਸ਼ਟ ਕਰਦਾ ਹੈ :

$$\mathbf{f}_k = \mu_k \mathbf{N} \qquad ...(5.15)$$

ਇਥੇ μ_k, ਗਤੀਜ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ ਹੈ ਜੋ ਸਿਰਫ਼ ਸੰਪਰਕ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਦੇ ਜੋੜਿਆਂ ਦੇ ਸੁਭਾਅ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਉੱਪਰ ਵਰਣਨ ਕੀਤਾ ਜਾ ਚੁਕਾ ਹੈ, ਪ੍ਰਯੋਗ ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹਨ ਕਿ μ_k, μ_s ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜਦੋਂ ਸਾਪੇਖ ਗਤੀ ਸ਼ੁਰੂ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਤਾਂ, ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਅਨੁਸਾਰ, ਗਤੀਮਾਨ ਪਿੰਡ ਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ $(F - f_k)/m$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀਮਾਨ ਪਿੰਡ ਦੇ ਲਈ, $F = f_k$। ਜੇ ਪਿੰਡ ਤੇ ਲਗੇ ਬਲ ਨੂੰ ਹਟਾ ਲਈਏ ਤਾਂ ਉਸਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ $- f_k/m$ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਆਖ਼ਰ ਵਿੱਚ ਪਿੰਡ ਰੁਕ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਉੱਪਰ ਵਰਨਣ ਕੀਤੇ ਗਏ ਰਗੜ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ ਮੂਲ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਉਸ ਸ਼੍ਰੇਣੀ ਵਿੱਚ ਨਹੀਂ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਣ, ਬਿਜਲਈ ਅਤੇ ਚੁੰਬਕੀ ਬਲਾਂ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਅਨੁਭਵਾਂ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੈ, ਜੋ ਸਿਰਫ਼ ਸੀਮਤ ਪ੍ਰਭਾਵ ਖੇਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਹੀ ਲਗਭਗ ਸਹੀ ਹਨ। ਫਿਰ ਵੀ ਇਹ ਨਿਯਮ ਯੰਤਰਕੀ ਵਿੱਚ ਵਿਵਹਾਰਕ ਗਣਨਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਲਾਭਦਾਇਕ ਹਨ।

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜਦੋਂ ਦੋ ਪਿੰਡ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਹਰੇਕ ਪਿੰਡ ਹੋਰ ਪਿੰਡ ਦੁਆਰਾ ਸੰਪਰਕ ਬਲ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਅਨੁਸਾਰ, ਰਗੜ ਬਲ ਸੰਪਰਕ ਬਲ ਦਾ ਸੰਪਰਕ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਘਟਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਜਦੋਂ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਪੈਦਾ ਕੀਤੀ ਜਾ ਰਹੀ ਜਾਂ ਅਸਲ ਸਾਪੇਖ ਗਤੀ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਗਤੀ ਨਾਲ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਕਿਸੇ ਰੇਲਗੱਡੀ ਦੇ ਡੱਬੇ ਵਿੱਚ ਰਖੇ ਬੱਾਕਸ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਜੇ ਬੱਾਕਸ ਰੇਲਗੱਡੀ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਸਥਿਰ ਹੈ, ਤਾਂ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਉਹ ਰੇਲਗੱਡੀ ਨਾਲ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਉਹ ਕਿਹੜਾ ਬਲ ਹੈ ਜੋ ਬੱਾਕਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਕਰ ਰਿਹਾ ਹੈ? ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਖਿਤਜੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਹੀ ਕਲਪਨਾਯੋਗ ਬਲ ਹੈ, ਅਤੇ ਉਹ ਹੈ ਰਗੜ ਬਲ। ਜੇ ਕੋਈ ਰਗੜ ਨਹੀਂ ਹੈ ਤਾਂ ਰੇਲਗੱਡੀ ਦੇ ਡਿੱਬੇ ਦੀ ਫਰਸ਼

ਤਾਂ ਅੱਗੇ ਵੱਲ ਨੂੰ ਸਰਕੇਗਾ ਪਰ ਜੋੜਨ ਦੇ ਕਾਰਨ ਬੌਕਸ ਆਪਣੀ ਅਰੰਭਿਕ ਸਥਿਤੀ ਤੇ ਹੀ ਰਹੇਗਾ। (ਅਤੇ ਗੱਡੀ ਦੇ ਡੱਬੇ ਦਾ ਪਿਛਲੀ ਕੰਧ ਨਾਲ ਟਕਰਾਏਗਾ। ਇਸ ਪੈਦਾ ਕੀਤਾ ਜਾ ਰਹੀ ਸਾਪੇਖ ਗਤੀ ਦਾ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ f_s ਦੁਆਰਾ ਵਿਰੋਧ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇੱਥੇ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ, ਬੌਕਸ ਨੂੰ ਰੇਲਗੱਡੀ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਸਥਿਤ ਰਖਦੇ ਹੋਏ ਰੇਲਗੱਡੀ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਪ੍ਰਵੇਗ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਦਾ ਹੈ।

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ* 5.7** ਕੋਈ ਬੌਕਸ ਰੇਲਗੱਡੀ ਦੇ ਫਰਸ਼ ਤੇ ਸਥਿਰ ਰੱਖਿਆ ਹੈ। ਜੇ ਬੌਕਸ ਅਤੇ ਰੇਲਗੱਡੀ ਦੇ ਫਰਸ਼ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ 0.15 ਹੈ, ਤਾਂ ਰੇਲਗੱਡੀ ਦਾ ਉਹ ਅਧਿਕਤਮ ਪ੍ਰਵੇਗ ਪਤਾ ਕਰੋ ਜੋ ਬੌਕਸ ਨੂੰ ਰੇਲਗੱਡੀ ਦੇ ਫਰਸ਼ ਤੇ ਸਥਿਰ ਰੱਖਣ ਦੇ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ।

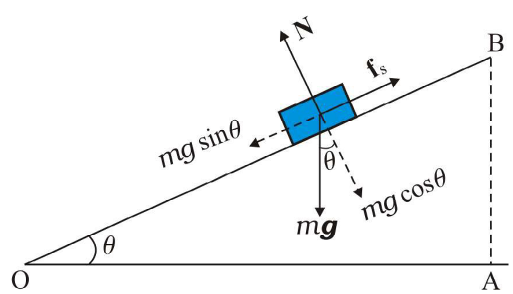
ਹੱਲ : ਕਿਉਂਕਿ ਬੌਕਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਗ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੀ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ

$$ma = f_s \le \mu_s N = \mu_s mg$$

ਜਾਂ $$a \le \mu_s g$$

$$\therefore \quad a_{max} = \mu_s g = 0.15 \times 10 \text{ ms}^{-2}$$
$$= 1.5 \text{ ms}^{-2}$$ ◀

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ* 5.8** 4 kg ਦਾ ਕੋਈ ਗੁਟਕਾ ਇੱਕ ਖਿਤਜੀ ਸਮਤਲ ਤੇ ਰੱਖਿਆ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 5.11)। ਸਮਤਲ ਦੀ ਹੌਲ਼ੀ-ਹੌਲ਼ੀ ਉਦੋਂ ਤੱਕ ਢਲਾਣ ਵਧਾਈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਜਦੋਂ ਤੱਕ ਖਿਤਜੀ ਨਾਲ ਕਿਸੇ ਕੋਣ $\theta = 15°$ ਤੇ ਉਹ ਗੁਟਕਾ ਸਰਕਣਾਂ ਸ਼ੁਰੂ ਨਹੀਂ ਕਰ ਦਿੰਦਾ। ਸਤਹਿ ਅਤੇ ਗੁਟਕੇ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ ਕੀ ਹੈ?



ਚਿੱਤਰ ***5.11***

ਹੱਲ : ਢਾਲੂ ਤਲ ਤੇ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਰਖੇ m ਪੁੰਜ ਦੇ ਗੁਟਕੇ ਤੇ ਕਾਰਜ ਕਰ ਰਹੇ ਬਲ ਹਨ (i) ਗੁਟਕੇ ਦਾ ਭਾਰ mg ਖੜੇ ਦਾਅ ਹੇਠਾਂ ਵੱਲ ਨੂੰ (vertically downwards) (ii) ਸਮਤਲ ਦੁਆਰਾ ਗੁਟਕੇ ਤੇ ਲਗਾਇਆ ਗਿਆ ਲੰਬਾਤਮਕ ਬਲ N, ਅਤੇ (iii) ਪੈਦਾ ਕੀਤੀ ਜਾ ਰਹੀ ਗਤੀ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਨ ਵਾਲਾ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਬਲ f_s। ਗੁਟਕੇ ਦੀ ਸੰਤੁਲਿਤ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਇਹਨਾਂ ਬਲਾਂ ਦਾ ਪਰਿਣਾਮੀ ਜ਼ੀਰੋ ਬਲ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ। ਭਾਰ mg ਨੂੰ ਚਿੱਤਰ ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਦੋ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਅਪਘਟਿਤ ਤੇ

$$mg \sin\theta = f_s, \quad mg \cos\theta = N$$

ਜਿਵੇਂ-ਜਿਵੇਂ θ ਵਧਦਾ ਹੈ, ਸਵੈ ਵਿਵਸਥਿਤ (self adjusting) ਰਗੜ ਬਲ f_s ਉਦੋਂ ਤੱਕ ਵਧੱਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ, $\theta = \theta_{max}$ ਤੇ ਇਹ ਆਪਣਾ ਅਧਿਕਤਮ ਮਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਨਹੀਂ ਕਰ ਲੈਂਦਾ $(f_s)_{max} = \mu_s N$, ਜਿੱਥੇ μ_s ਗੁਟਕੇ ਅਤੇ ਸਮਤਲ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ ਹੈ।

ਇਸ ਲਈ,

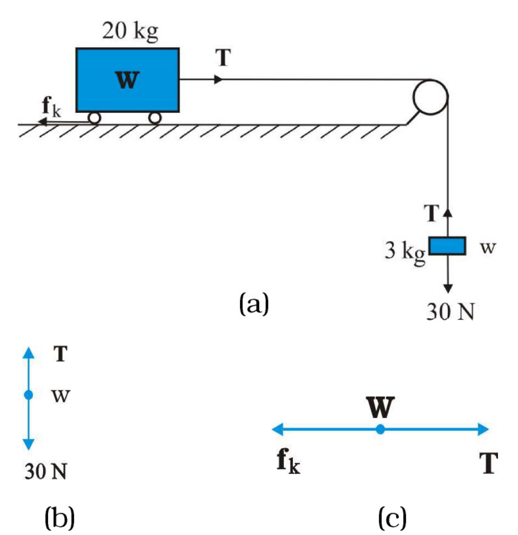
$$\tan\theta_{max} = \mu_s \text{ or } \theta_{max} = \tan^{-1}\mu_s$$

ਜਦੋਂ θ ਦਾ ਮਾਨ θ_{max} ਤੋਂ ਸਿਰਫ਼ ਕੁਝ ਹੀ ਵੱਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਗੁਟਕੇ ਤੇ ਇੱਕ ਛੋਟਾ ਨੇਟ ਬਲ ਲੱਗਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਗੁਟਕਾ ਸਰਕਣਾ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਉ, θ_{max} ਸਿਰਫ਼ μ_s ਤੇ ਹੀ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਇਹ ਗੁਟਕੇ ਦੇ ਪੁੰਜ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ।

$\theta_{max} = 15°$, ਦੇ ਲਈ

$$\mu_s = \tan 15°$$
$$= 0.27$$ ◀

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ* 5.9** ਚਿੱਤਰ 5.12(a) ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਬਲਾਕ-ਟਰਾਲੀ ਸਿਸਟਮ ਕੀ ਹੈ, ਜੇ ਟਰਾਲੀ ਅਤੇ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਗਤਿਜ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ 0.04 ਹੈ? ਡੋਰੀ ਵਿੱਚ ਤਨਾਵ ਕੀ ਹੈ? ($g = 10 \text{ m s}^{-2}$) ਡੋਰੀ ਦਾ ਪੁੰਜ ਨਕਾਰਯੋਗ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ ***5.12***

ਹੱਲ : ਕਿਉਂਕਿ ਡੋਰੀ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਹੈ ਅਤੇ ਘਿਰਣੀ (pully) ਚਿਕਣੀ ਹੈ, 3 kg ਦੇ ਬਲਾਕ ਅਤੇ 20 kg ਦੀ ਟਰਾਲੀ (trolley) ਦੋਨਾਂ ਦੇ ਪ੍ਰਵੇਗਾਂ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਬਰਾਬਰ ਹਨ। ਬਲਾਕ ਦੀ ਗਤੀ ਤੇ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ (ਚਿੱਤਰ 5.12(b)),

$$30 - T = 3a$$

ਟਰਾਲੀ ਦੀ ਗਤੀ ਤੇ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ (ਚਿੱਤਰ 5.12(c)),

$$T - f_k = 20\ a.$$

ਹੁਣ $f_k = \mu_k N$,

ਜਿੱਥੇ μ_k ਗਤਿਜ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ ਹੈ ਅਤੇ N ਲੰਬਾਤਮਕ ਬਲ ਹੈ। ਜਿੱਥੇ

$\mu_k = 0.04$, ਅਤੇ

$$N = 20 \times 10 = 200\ N.$$

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ, ਟਰਾਲੀ ਦੀ ਗਤੀ ਦੇ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ

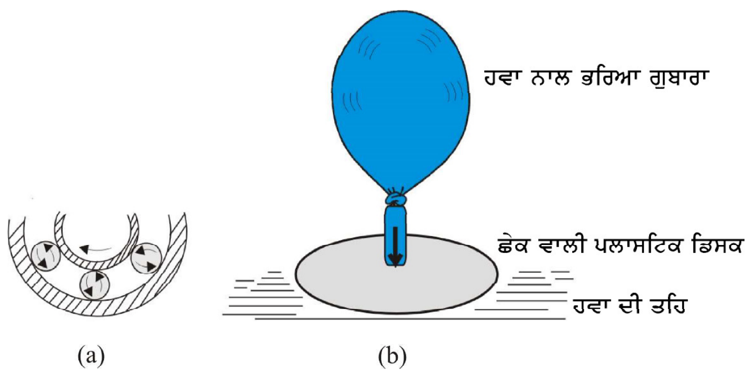
$T - 0.04 \times 200 = 20\ a$ ਜਾਂ $T - 8 = 20a$

ਇਸ ਸਮੀਕਰਨ ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ,

$a = \frac{22}{23}\ m\ s^{-2} = 0.96\ m\ s^{-2}$ ਅਤੇ $T = 27.1$ N. ◀

ਘੁੰਮਣ ਰਗੜ (Rolling friction)

ਸਿਧਾਂਤ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਖਿਤਜੀ ਸਮਤਲ ਤੇ ਇੱਕ ਰਿੰਗ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਸਤੂ ਜਾਂ ਗੋਲ ਗੇਂਦ ਵਰਗੇ ਪਿੰਡ ਜੋ ਬਿਨਾਂ ਸਰਕੇ ਸਿਰਫ਼ ਰੁੜ੍ਹਦਾ ਹੈ, ਇਸ ਤੇ ਕਿਸੇ ਵੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਾ ਕੋਈ ਰਗੜ ਬਲ ਨਹੀਂ ਲਗੇਗਾ।



ਚਿੱਤਰ 5.13 ਰਗੜ ਨੂੰ ਘੱਟ ਕਰਨ ਦੇ ਕੁਝ ਉਪਾਅ। (a) ਮਸ਼ੀਨ ਦੇ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਭਾਗਾਂ ਵਿੱਚ ਬਾਲ ਬਿਅਰਿੰਗ ਲਗਾ ਕੇ (b) ਸਾਪੇਖਕ ਗਤੀ ਕਰਨ ਵਾਲੀਆਂ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਹਵਾ ਦਾ ਨਪੀੜਿਆ ਗੱਦਾ।

ਘੁੰਮਣ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦਾ ਹਰ ਪੱਲ ਸਮਤਲ ਅਤੇ ਪਿੰਡ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਿਰਫ਼ ਇੱਕ ਹੀ ਸੰਪਰਕ ਬਿੰਦੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਜੇ ਕੋਈ ਸਰਕਣ ਨਹੀਂ ਹੈ ਤਾਂ ਇਸ ਸੰਪਰਕ ਬਿੰਦੂ ਦੀ ਸਮਤਲ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਕੋਈ ਗਤੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ। ਇਸ ਆਦਰਸ਼ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਗਤਿਜ ਜਾਂ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਜ਼ੀਰੋ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਪਿੰਡ ਨੂੰ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਵੇਗ ਨਾਲ ਲਗਾਤਾਰ ਘੁੰਮਣ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਰਹਿਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਵਿਵਹਾਰ ਵਿੱਚ ਅਜਿਹਾ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ, ਅਤੇ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਕੁਝ ਨਾ ਕੁਝ ਅਵਰੋਧ (ਘੁੰਮਣ ਰਗੜ) ਜ਼ਰੂਰ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ ਜਾਂ ਪਿੰਡ ਨੂੰ ਲਗਾਤਾਰ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਰਹਿਣ ਲਈ ਉਸ ਤੇ ਕੁਝ ਬਲ ਲਗਾਉਣ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਸਮਾਨ ਭਾਰ ਦੇ ਪਿੰਡ ਦੇ ਲਈ ਘੁੰਮਣ ਰਗੜ ਸਦਾ ਹੀ ਸਰਕਣ ਜਾਂ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਘੱਟ (ਇਥੋਂ ਤੱਕ ਕਿ ਪਰਿਮਾਣ ਦੇ 2 ਜਾਂ 3 ਆਰਡਰ ਤੱਕ) ਇਹੀ ਕਾਰਨ ਹੈ ਕਿ ਮਨੁੱਖੀ ਸੱਭਿਅਤਾ ਦੇ ਇਤਿਹਾਸ ਵਿੱਚ ਭਾਰੀ ਬੋਝਾਂ ਦੇ ਪਰਿਵਹਿਣ ਦੇ ਲਈ ਪਹੀਏ ਦੀ ਖੋਜ ਇੱਕ ਵੱਡਾ ਨੀਅ ਪੱਥਰ ਮੰਨਿਆ ਗਿਆ ਹੈ।

ਘੁੰਮਣ ਰਗੜ ਦਾ ਉਦਭਵ (origin) ਬਹੁਤ ਗੁੰਝਲਦਾਰ ਹੈ। ਇਹ ਸਥਿਤਿਕ ਅਤੇ ਸਰਕਣ ਰਗੜ ਦੇ ਉਦਭਵ ਤੋਂ ਕੁਝ ਵੱਖ ਹੈ। ਘੁੰਮਣ ਗਤੀ ਦੇ ਸਮੇਂ ਸੰਪਰਕ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਪੱਲਭਰ ਲਈ ਰੂਪ ਵਿਗਾੜ (deformed) ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਪਿੰਡ ਦਾ ਕੁਝ ਸੀਮਿਤ ਖੇਤਰਫਲ (finite area) (ਕੋਈ ਬਿੰਦੂ ਨਹੀਂ) ਘੁੰਮਣ ਗਤੀ ਦੇ ਸਮੇਂ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਨੇਟ ਪ੍ਰਭਾਵ ਇਹ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਸੰਪਰਕ ਬਲ ਦਾ ਇੱਕ ਘਟਕ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਪ੍ਰਗਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਗਤੀ ਦਾ ਅਵਰੋਧ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਨੇਟ ਪ੍ਰਭਾਵ ਇਹ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਸੰਪਰਕ ਬਲ ਦਾ ਇੱਕ ਘਟਕ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਪ੍ਰਗਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਗਤੀ ਦਾ ਅਵਰੋਧ ਕਰਦਾ ਹੈ।

ਅਸੀਂ ਆਮ ਕਰਕੇ ਰਗੜ ਨੂੰ ਇੱਕ ਗ਼ੈਰ ਜ਼ਰੂਰੀ ਬਲ ਮੰਨਦੇ ਹਾਂ। ਬਹੁਤ ਸਾਰੀਆਂ ਸਥੀਤਿਆਂ ਵਿੱਚ, ਜਿਵੇਂ ਕਿਸੇ ਮਸ਼ੀਨ, ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਕਲ ਪੁਰਜੇ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਹੋਣ, ਵਿੱਚ ਰਗੜ ਦੀ ਰਿਣਾਤਮਕ ਭੂਮਿਕਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਸਾਪੇਖ ਗਤੀਆਂ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦਾ ਹੈ।

ਜਿਸਦੇ ਨਤੀਜੇ ਵਜੋਂ ਤਾਪ, ਆਦਿ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਉਰਜਾ ਦਾ ਖੈ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਮਸ਼ੀਨਾਂ ਵਿੱਚ ਸਨੇਹਕ (lubricant) ਗਤਿਜ ਰਗੜ ਨੂੰ ਘੱਟ ਕਰਨ ਦਾ ਇੱਕ ਸਾਧਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਰਗੜ ਨੂੰ ਘੱਟ ਕਰਨ ਦਾ ਇੱਕ ਹੋਰ ਉਪਾਅ ਮਸ਼ੀਨ ਦੇ ਦੋ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਭਾਗਾਂ

ਵਿੱਚ, ਬਾਲ ਬਿਅਰਿੰਗ ਲਗਾਉਣਾ ਹੈ ਚਿੱਤਰ 5.13(a)। (ਕਿਉਂਕਿ ਦੋ ਸੰਪਰਕ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਅਤੇ ਬਾਲ ਬਿਅਰਿੰਗਾਂ ਵਿੱਚ ਘੁੰਮਣ ਰਗੜ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਊਰਜਾ ਦਾ ਖੈ ਘਟ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਸਾਪੇਖ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਦੋ ਠੋਸ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਵਿੱਚ ਹਵਾ ਦੀ ਪਤਲੀ ਪਰਤ ਬਣਾ ਕੇ ਰੱਖੀ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਵੀ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਢੰਗ ਨਾਲ ਰਗੜ ਨੂੰ ਘਟਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 5.13(b))।

ਐਪਰ, ਬਹੁਤ ਸਾਰੀਆਂ ਵਿਵਹਾਰਕ ਸਥੀਤੀਆਂ ਵਿੱਚ, ਰਗੜ ਬਹੁਤ ਹੀ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਗਤਿਜ ਰਗੜ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ-ਖੈ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਫਿਰ ਵੀ ਸਾਪੇਖੀ ਗਤੀ ਨੂੰ ਜਲਦੀ ਸਮਾਪਤ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਇਸ ਦੀ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਭੂਮਿਕਾ ਹੈ। ਮਸ਼ੀਨਾਂ ਅਤੇ ਯੰਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਬ੍ਰੇਕਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਵੀ ਸਾਡੇ ਰੋਜ਼ਾਨਾ ਜੀਵਨ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਹੈ, ਅਸੀਂ ਰਗੜ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੀ ਫਰਸ਼ ਤੇ ਚਲਦੇ ਹਾਂ। ਬਹੁਤ ਫਿਸਲਨ ਵਾਲੀ ਸੜਕ ਤੇ ਕਾਰ ਨੂੰ ਚਲਾਉਣਾ ਅਸੰਭਵ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਸਧਾਰਨ ਸੜਕ 'ਤੇ, ਟਾਇਰਾਂ ਅਤੇ ਸੜਕ ਦੇ ਵਿਚਲਾ ਰਗੜ ਬਲ, ਜ਼ਰੂਰੀ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਦਾ ਹੋ ਜਿਸ ਕਾਰਨ ਕਾਰ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

5.10 ਚੱਕਰੀ ਗਤੀ (CIRCULAR MOTION)

ਅਸੀਂ ਪਾਠ 4 ਵਿੱਚ ਇਹ ਦੇਖਿਆ ਕਿ R ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੇ ਕਿਸੇ ਚੱਕਰ ਵਿੱਚ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਚਾਲ v ਨਾਲ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ v^2/R ਚੱਕਰ ਦੇ ਕੇਂਦਰ ਵਲ ਨੂੰ ਹੈ। ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਅਨੁਸਾਰ ਇਸ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨੂੰ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਨ ਵਾਲਾ ਬਲ ਹੈ :

$$f_c = \frac{mv^2}{R} \qquad \text{...(5.16)}$$

ਜਿੱਥੇ m ਪਿੰਡ ਦਾ ਪੁੰਜ ਹੈ। ਕੇਂਦਰ ਵੱਲ ਨੂੰ ਨਿਰਦੇਸ਼ਿਤ ਇਸ ਬਲ ਨੂੰ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ (centripetal force) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਡੋਰੀ ਦੀ ਸਹਾਇਤਾ ਨਾਲ ਚੱਕਰ ਵਿੱਚ ਘੁੰਮ ਰਹੇ ਪੱਥਰ ਨੂੰ ਡੋਰੀ ਵਿਚਲਾ ਤਨਾਵ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਸੂਰਜ ਦੇ ਚਾਰੋ ਪਾਸੇ ਕਿਸੇ ਗ੍ਰਹਿ ਦੀ ਗਤੀ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ ਸੂਰਜ ਦੇ ਕਾਰਨ ਉਸ ਗ੍ਰਹਿ ਤੇ ਲੱਗੇ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਣ ਬਲ ਤੋਂ ਮਿਲਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਖਿਤਿਜੀ ਸੜਕ ਤੇ ਕਾਰ ਨੂੰ ਚੱਕਰੀ ਮੋੜ ਲੈਣ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ, ਰਗੜ ਬਲ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਦਾ ਹੈ।

ਕਿਸੇ ਪੱਧਰੀ ਸੜਕ ਅਤੇ ਕਿਸੇ ਢਾਲੂ ਸੜਕ ਤੇ ਕਾਰ ਦੀ ਵੱਕਰੀ ਗਤੀ, ਗਤੀ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਦੇ ਰੋਚਕ ਉਦਾਹਰਨ ਹਨ।

ਸਮਤਲ ਸੜਕ ਤੇ ਕਾਰ ਦੀ ਗਤੀ

ਕਾਰ ਤੇ ਤਿੰਨ ਬਲ ਲੱਗਦੇ (ਚਿੱਤਰ 5.14(a) :

(i) ਕਾਰ ਦਾ ਭਾਰ, mg

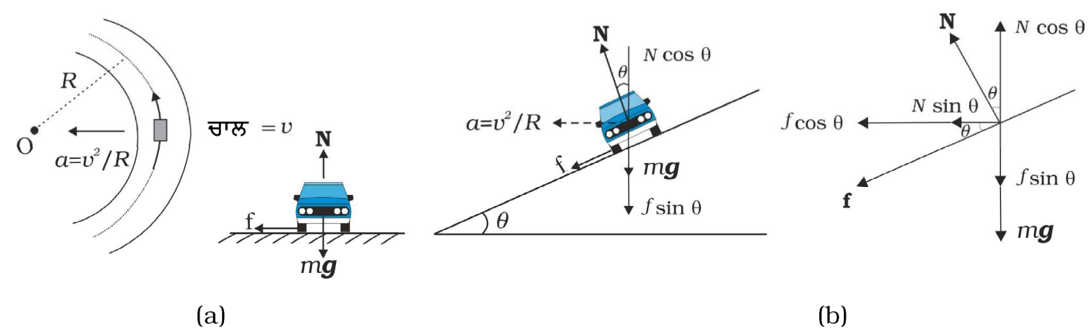
(ii) ਲੰਬਾਤਮਕ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ, N

(iii) ਰਗੜ ਬਲ, f

ਕਿਉਂਕਿ ਇੱਥੇ ਖੜੇਦਾਅ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਹੀਂ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ

$$N - mg = 0$$
$$N = mg \qquad \text{...(5.17)}$$

ਵੱਕਰੀ ਗਤੀ ਦੇ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ ਸੜਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਹੈ। ਇਹ ਬਲ ਕਾਰ ਦੇ ਟਾਇਰਾਂ ਅਤੇ ਸੜਕ ਦੀ ਸਤ੍ਹਾ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਸੰਪਰਕ ਬਲ ਦੇ ਘਟਕ, ਜੋ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਅਨੁਸਾਰ ਰਗੜ ਬਲ ਹੀ ਹੈ, ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕੀਤਾ ਜਾਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਧਿਆਨ ਦਿਉ, ਇਥੇ ਸਥੀਤੀਕ ਰਗੜ ਹੀ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਪ੍ਰਵੇਗ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਦੀ ਹੈ।



ਚਿੱਤਰ **5.14** ਕਾਰ ਦੀ (a) ਸਮਤਲ ਸੜਕ ਅਤੇ (b) ਢਾਲੂ ਸੜਕ ਤੇ ਵਕਰੀ ਗਤੀ।

ਸਥੀਤਿਕ ਰਗੜ, ਚੱਕਰ ਤੋਂ ਦੂਰ ਜਾਂਦੀ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਕਾਰ ਵਿੱਚ ਪੈਦਾ ਕੀਤੀ ਜਾ ਰਹੀ ਗਤੀ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦੀ ਹੈ। ਸਮੀਕਰਨ (5.14) ਅਤੇ (5.16) ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

$$f \le \mu_s N = \frac{mv^2}{R}$$

$$v^2 \le \frac{\mu_s RN}{m} = \mu_s Rg \qquad [\because N = mg]$$

ਇਹ ਸੰਬੰਧ ਕਾਰ ਦੇ ਪੁੰਜ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਕਿ μ_s ਅਤੇ R ਦੇ ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਹੋਏ ਮਾਨ ਦੇ ਲਈ ਕਾਰ ਦੀ ਵੱਕਰੀ ਗਤੀ ਦੀ ਕੋਈ ਸੰਭਾਵਿਤ ਅਧਿਕਤਮ ਚਾਲ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਜਿਸ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

$$v_{\max} = \sqrt{\mu_s R g} \qquad \ldots(5.18)$$

ਢਾਲੂ ਸੜਕ ਤੇ ਕਾਰ ਦੀ ਗਤੀ

ਜੇ ਸੜਕ ਢਾਲੂ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 5.14(b)) ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਕਾਰ ਦੀ ਵੱਕਰੀ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਰਗੜ ਦੇ ਯੋਗਦਾਨ ਨੂੰ ਘਟਾ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਕਿਉਂਕਿ ਇਥੇ ਫਿਰ ਖੜ੍ਹੇਦਾਅ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਹੀਂ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸ ਲਈ

$$N \cos \theta = m g + f \sin \theta \qquad \ldots(5.19a)$$

N ਅਤੇ f ਦੇ ਘਟਕਾਂ ਦੁਆਰਾ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

$$N \sin \theta + f \cos \theta = \frac{mv^2}{R} \qquad \ldots(5.19b)$$

ਇੱਥੇ, ਪਹਿਲਾਂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ, $f \le \mu_s N$

V_{max} ਦੇ ਲਈ ਅਸੀਂ $f = \mu_s N$ ਲੈਂਦੇ ਹਾਂ। ਸਮੀਕਰਨ (5.19a) ਅਤੇ (5.19b) ਨੂੰ ਲਿਖਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।.

$$N \cos \theta = mg + \mu_s N \sin \theta \qquad \ldots(5.20a)$$

$$N \sin \theta + \mu_s N \cos \theta = mv^2/R \qquad \ldots(5.20b)$$

ਇਸ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ (5.20a) ਵਿੱਚ

$$N = \frac{mg}{\cos\theta - \mu_s \sin\theta}$$

ਸਮੀਕਰਨ (5.20b) ਵਿੱਚ N ਦਾ ਮਾਨ ਰੱਖਣ ਤੇ

$$\frac{mg(\sin\theta + \mu_s \cos\theta)}{\cos\theta - \mu_s \sin\theta} = \frac{mv_{\max}^2}{R}$$

ਜਾਂ $$v_{\max} = \left(Rg \frac{\mu_s + \tan\theta}{1 - \mu_s \tan\theta} \right)^{\frac{1}{2}} \qquad \ldots(5.21)$$

ਸਮੀਕਰਨ (5.18) ਨਾਲ ਤੁਲਨਾ ਕਰਕੇ ਅਸੀਂ ਦੇਖਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਢਾਲੂ ਸੜਕ ਤੇ ਕਾਰ ਦੀ ਅਧਿਕਤਮ ਚਾਲ ਸਮਤਲ ਸੜਕ ਤੇ ਕਾਰ ਦੀ ਅਧਿਕਤਮ ਸੰਭਵ ਚਾਲ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੈ।

ਸਮੀਕਰਨ (5.21) ਵਿੱਚ $\mu_s = 0$ ਦੇ ਲਈ

$$v_o = (R g \tan \theta)^{½} \qquad \ldots(5.22)$$

ਇਸ ਚਾਲ ਤੇ ਜ਼ਰੂਰੀ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਨ ਲਈ ਰਗੜ ਬਲ ਦੀ ਕੋਈ ਲੋੜ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ ਇਸ ਚਾਲ ਨਾਲ ਢਾਲੂ ਸੜਕ ਤੇ ਕਾਰ ਚਲਾਉਣ ਤੇ ਕਾਰ ਦੇ ਟਾਇਰਾਂ ਦੀ ਘੱਟ ਘਿਸਾਈ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸੇ ਸਮੀਕਰਨ ਤੋਂ ਇਹ ਵੀ ਪਤਾ ਲੱਗਦਾ ਹੈ ਕਿ $v < v_o$, ਦੇ ਲਈ ਰਗੜ ਬਲ ਢਲਾਨ ਦੇ ਉੱਪਰ ਵੱਲ ਨੂੰ ਹੋਵੇਗਾ ਅਤੇ ਕਿਸੇ ਕਾਰ ਨੂੰ ਸਥਿਰ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਪਾਰਕ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਜੇ $\tan \theta \le \mu_s$ ਹੋਵੇ।

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 5.10*** 18 km/h ਦੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਸਮਤਲ ਸੜਕ ਤੇ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਕੋਈ ਸਾਈਕਲ ਸਵਾਰ ਬਿਨਾਂ ਕਿਸੇ ਚਾਲ ਨੂੰ ਘੱਟ ਕੀਤੇ 3 m ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦਾ ਤੀਖਾ ਵੱਕਰੀ ਮੋੜ ਕਟਨਾ ਹੈ। ਟਾਇਰਾਂ ਅਤੇ ਸੜਕ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ 0.1 ਹੈ। ਕੀ ਸਾਈਕਲ ਸਵਾਰ ਮੋੜ ਕੱਟਦੇ ਸਮੇਂ ਫਿਸਲ ਦੇ ਡਿਗ ਜਾਵੇਗਾ?

ਹੱਲ : ਪੱਧਰੀ ਸੜਕ ਤੇ ਇਕਲਾ ਰਗੜ ਬਲ ਹੀ ਸਾਈਕਲ ਸਵਾਰ ਨੂੰ ਬਿਨਾਂ ਫਿਸਲੇ ਵੱਕਰੀ ਮੋੜ ਕੱਟਣ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਜੇ ਚਾਲ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹੋਵੇ, ਅਤੇ/ਜਾਂ ਮੋੜ ਬਹੁਤ ਤਿੱਖਾ ਹੋਵੇ (ਅਰਥਾਤ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੈ), ਤਾਂ ਰਗੜ ਬਲ ਇਹਨਾਂ ਸਥਿਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਜ਼ਰੂਰੀ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਨ ਲਈ ਕਾਫ਼ੀ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਅਤੇ ਸਾਈਕਲ ਸਵਾਰ ਮੋੜ ਕੱਟਦੇ ਸਮੇਂ ਫਿਸਲ ਕੇ ਡਿੱਗ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਸਈਕਲ ਸਵਾਰ ਦੇ ਨਾ ਫਿਸਲਣ ਦੀ ਸ਼ਰਤ ਸਮੀਕਰਨ (5.18) ਦੁਆਰਾ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਾਰ ਹੈ —

$$v^2 \le \mu_s R g$$

ਹੁਣ, ਅਸੀਂ ਇਸ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਵਿੱਚ $R = 3$ m, $g = 9.8$ ms^{-2} ਅਤੇ $\mu_s = 0.1$ ਜਾਂ $\mu_s R g = 2.94$ m^2s^{-2} ਅਤੇ $v = 18$ km/h $= 5$ ms^{-1}; ਜਾਂ $v^2 = 25$ m^2s^{-2} ਜਾਂ, ਸ਼ਰਤ $v^2 \le \mu_s Rg$ ਦਾ ਪਾਲਣ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਇਸ ਲਈ, ਸਾਈਕਲ ਸਵਾਰ ਤੀਖਾ ਵਕਰੀ ਮੋੜ ਕੱਟਦੇ ਸਮੇਂ ਫਿਸਲਕੇ ਡਿਗੇਗਾ। ◀

▶ ***ਉਦਾਹਰਨ 5.11*** 300 m ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵਾਲੇ ਕਿਸੇ ਚੱਕਰਾਕਾਰ ਦੌੜ ਦੇ ਮੈਦਾਨ ਦੀ ਢਾਲ 15° ਹੈ। ਜੇ ਮੈਦਾਨ ਅਤੇ ਰੇਸ ਕਾਰ ਦੇ ਪਹੀਆਂ ਵਿੱਚ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ 0.2 ਹੈ, ਤਾਂ (a) ਟਾਇਰਾਂ ਨੂੰ ਘਿਸਣ ਤੋਂ ਬਚਾਉਣ ਲਈ ਰੇਸ ਕਾਰ ਦੀ ਅਨੁਕੂਲਤਮ ਚਾਲ ਅਤੇ (b) ਫਿਸਲਣ ਤੋਂ ਬਣਾਉਣ ਲਈ ਅਧਿਕਤਮ ਮੁਨਾਸਿਬ ਚਾਲ ਕੀ ਹੈ?

ਹੱਲ : ਢਾਲੂ ਮੈਦਾਨ ਤੇ ਬਿਨਾਂ ਫਿਸਲੇ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਰੇਸਕਾਰ ਨੂੰ ਵਕਰੀ ਮੋੜ ਕੱਟਣ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਰਗੜ ਬਲ ਅਤੇ ਲੰਬ ਬਲ ਦੇ ਖਿਤਜੀ ਘਟਕ ਦਾ ਯੋਗਦਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਰੇਸ ਕਾਰ ਦੀ ਅਨੁਕੂਲਤਮ ਚਾਲ ਤੇ ਗਤੀ ਲਈ ਲੰਬ ਬਲ ਦਾ ਘਟਕ ਹੀ ਲੋੜੀਂਦਾ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਨ ਲਈ ਕਾਫ਼ੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਰਗੜ ਬਲ ਦੀ ਕੋਈ ਜ਼ਰੂਰਤ

ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ। ਸਮੀਕਰਨ (5.22) ਦੁਆਰਾ ਰੇਸ ਕਾਰ ਦੀ ਅਨੁਕੂਲਤਮ ਚਾਲ v_o ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ :

$$v_o = (R\, g \tan\theta)^{1/2}$$

ਜਿੱਥੇ $R = 300$ m, $\theta = 15°$, $g = 9.8$ m s^{-2}

ਇਸ ਲਈ $v_o = 28.1$ m s^{-1}.

ਸਮੀਕਰਨ (5.21) ਦੁਆਰਾ ਰੇਸ ਕਾਰ ਦੀ ਅਧਿਕਤਮ ਮੁਨਾਸਿਬ ਚਾਲ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਹਾਂ :

$$v_{max} = \left(R\, g \frac{\mu_s + \tan\theta}{1 - \mu_s \tan\theta}\right)^{1/2} = 38.1 \text{ m s}^{-1}$$

5.11 ਯਾਂਤਰਿਕੀ ਵਿੱਚ ਸਮੱਸਿਆਵਾਂ ਨੂੰ ਹੱਲ ਕਰਨਾ (SOLVING PROBLEMS IN MECHANICS)

ਗਤੀ ਦੇ ਜਿਹੜੇ ਤਿੰਨ ਨਿਯਮਾਂ ਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਤੁਸੀਂ ਇਸ ਪਾਠ ਵਿੱਚ ਅਧਿਐਨ ਕੀਤਾ ਹੈ ਉਹ ਯਾਂਤਰਿਕੀ ਵੀ ਅਧਾਰਸ਼ੀਲਾ ਹਨ। ਹੁਣ ਤੁਸੀਂ ਯਾਂਤਰਿਕੀ ਦੀਆਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀਆਂ ਸਮੱਸਿਆਵਾਂ ਨੂੰ ਹਲ ਕਰਨ ਦੇ ਯੋਗ ਹੋ। ਆਮ ਕਰਕੇ ਯਾਂਤਰਿਕੀ ਵੀ ਕਿਸੇ ਵਿਸ਼ਿਸ਼ਟ ਸਮੱਸਿਆ ਵਿੱਚ ਬਲਾਂ ਦੀ ਕਿਰਿਆ ਦੇ ਅਧੀਨ ਸਿਰਫ਼ ਇੱਕ ਹੀ ਪਿੰਡ ਦੀ ਸ਼ਮੂਲੀਅਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦੀ। ਵਧੇਰੇ ਕਰਕੇ ਅਸੀਂ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਅਜਿਹੇ ਸੰਯੋਜਨਾਂ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਜਿਨ੍ਹਾਂ ਵਿੱਚ ਪਿੰਡ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੇ ਬਲ ਲਗਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਸੰਯੋਜਨ ਦਾ ਹਰੇਕ ਪਿੰਡ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਦਾ ਅਨੁਭਵ ਵੀ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੀ ਕਿਸੇ ਸਮੱਸਿਆ ਨੂੰ ਹੱਲ ਕਰਨ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਕਰਦੇ ਸਮੇਂ ਸਾਡੇ ਲਈ ਇੱਕ ਸਪੱਸ਼ਟ ਤੱਥ ਯਾਦ ਰੱਖਣਾ ਬਹੁਤ ਹੀ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ ਕਿ ਸਮੱਸਿਆ ਦਾ ਹੱਲ ਕਰਨ ਦੇ ਲਈ ਉਸ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਕਿਸੇ ਵੀ ਭਾਗ ਨੂੰ ਚੁਣਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਉਸ ਭਾਗ ਤੇ ਗਤੀ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ ਇਸ ਸ਼ਰਤ ਦੇ ਨਾਲ ਲਾਗੂ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਚੁਣੇ ਗਏ ਭਾਗ ਤੇ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਬਾਕੀ ਭਾਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਲਗਾਏ ਸਾਰੇ ਬਲਾਂ ਨੂੰ ਸ਼ਾਮਿਲ ਕਰਨਾ ਯਕੀਨੀ ਕਰ ਲਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਚੁਣੇ ਗਏ ਭਾਗ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਸਿਸਟਮ (System) ਕਹਿ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਅਤੇ ਸੰਯੋਜਨ (assembly) ਦੇ ਬਾਕੀ ਭਾਗ (ਸਿਸਟਮ ਤੇ ਲਗੇ ਬਲਾਂ ਦੇ ਹੋਰ ਸਾਧਨਾਂ ਨੂੰ ਸ਼ਾਮਿਲ ਕਰਦੇ ਹੋਏ) ਨੂੰ ਵਾਤਾਵਰਨ (environment) ਕਹਿ ਸਕਦੇ ਹਾਂ। ਇਸ ਵਿਧੀ ਨੂੰ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਵੀ ਕਈ ਉਦਾਹਰਨਾਂ ਵਿੱਚ ਅਪਣਾਇਆ ਹੈ। ਯਾਂਤਰਿਕੀ ਦੀ ਕਿਸੇ ਵਿਸ਼ਿਸ਼ਟ ਸਮੱਸਿਆ ਨੂੰ ਵਿਵਸਥਿਤ ਢੰਗ ਨਾਲ ਹੱਲ ਕਰਨ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਕਦਮਾਂ ਨੂੰ ਅਪਣਾਉਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ —

(i) ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਭਾਗਾਂ-ਸੰਬੰਧਾਂ (links), ਸਹਾਰੇ ਜਾਂ ਟੇਕਾਂ (supports) ਆਦਿ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਣ ਵਾਲਾ ਸੰਖੇਪ ਯੋਜਨਾਵੱਧ ਆਰੇਖ ਖਿੱਚੋ।

(ii) ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਕਿਸੇ ਸੁਵਿਧਾਜਨਕ ਭਾਗ ਨੂੰ ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਚੁਣੋ।

(iii) ਇੱਕ ਵੱਖਰਾ ਆਰੇਖ ਖਿੱਚੋ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਸਿਰਫ਼ ਸਿਸਟਮ ਅਤੇ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਬਾਕੀ ਭਾਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਸਿਸਟਮ ਤੇ ਲਗਾਏ ਸਾਰੇ ਬਲਾਂ ਨੂੰ ਸ਼ਾਮਿਲ ਕਰਕੇ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੋਵੇ। ਸਿਸਟਮ ਤੇ ਸਾਰੇ ਹੋਰ ਸਾਧਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਲਗਾਏ ਬਲਾਂ ਨੂੰ ਵੀ ਸ਼ਾਮਿਲ ਕਰੋ।

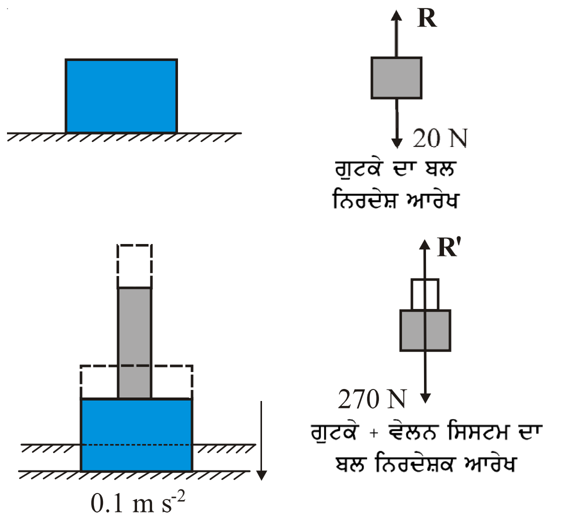
ਸਿਸਟਮ ਦੁਆਰਾ ਵਾਤਾਵਰਨ ਤੇ ਲਗਾਏ ਬਲਾਂ ਨੂੰ ਇਸ ਵਿੱਚ ਸ਼ਾਮਿਲ ਨਾ ਕਰੋ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਆਰੇਖ ਨੂੰ **"ਬਲ-ਨਿਰਦੇਸ਼ਕ ਆਰੇਖ" (force body diagram)** (ਧਿਆਨ ਦਿਉ ਇਸ ਦਾ ਇਹ ਅਰਥ ਨਹੀਂ ਕਿ ਵਿਚਾਰ ਅਧੀਨ ਸਿਸਟਮ ਤੇ ਕੋਈ ਨੇਟ ਬਲ ਨਹੀਂ ਹੈ)।

(iv) ਕਿਸੇ ਬਲ ਨਿਰਦੇਸ਼ਕ ਆਰੇਖ ਵਿੱਚ ਬਲਾਂ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਉਹੀ ਸੂਚਨਾਵਾਂ (ਬਲਾਂ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਅਤੇ ਦਿਸ਼ਾਵਾਂ) ਸ਼ਾਮਿਲ ਕਰੋ ਜੋ ਜਾਂ ਤਾਂ ਤੁਹਾਨੂੰ ਦਿੱਤੀਆਂ ਗਈਆਂ ਹਨ ਜਾਂ ਜਿਹਨਾਂ ਬਾਰੇ ਤੁਹਾਨੂੰ ਪੱਕਾ ਯਕੀਨ ਹੈ (ਉਦਾਰਨ ਦੇ ਲਈ ਕਿਸੇ ਪਤਲੀ ਡੋਰੀ ਵਿੱਚ ਤਨਾਵ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਹਮੇਸ਼ਾਂ ਡੋਰੀ ਦੀ ਲੰਬਾਈ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ)। ਬਾਕੀ ਸਭ ਨੂੰ ਅਗਿਆਤ ਮੰਨਿਆ ਜਾਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਗਤੀ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਕੇ ਗਿਆਤ ਕੀਤਾ ਜਾਣਾ ਹੈ।

(v) ਜੇ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੋਵੇ, ਤਾਂ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਕਿਸੇ ਹੋਰ ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਲਈ ਵੀ ਇਹੀ ਵਿਧੀ ਅਪਣਾਓ। ਅਜਿਹਾ ਕਰਨ ਲਈ ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਤੀਸਰੇ ਗਤੀ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰੋ। ਅਰਥਾਤ, ਜੇ A ਦੇ ਬਲ ਨਿਰਦੇਸ਼ਕ ਆਰੇਖ ਵਿੱਚ B ਦੇ ਕਾਰਨ A ਤੇ ਬਲ ਨੂੰ **F** ਦੁਆਰਾ ਦਰਸ਼ਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਤਾਂ B ਦੇ ਬਲ ਨਿਰਦੇਸ਼ਕ ਆਰੇਖ ਵਿੱਚ A ਦੇ ਕਾਰਨ B ਤੇ ਬਲ ਨੂੰ **–F** ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

ਅੱਗੇ ਦਿੱਤੇ ਉਦਾਹਰਨ ਵਿੱਚ ਉਪਰੋਕਤ ਵਿਧੀ ਦਾ ਸਪੱਸ਼ਟੀਕਰਨ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 5.12 ਕਿਸੇ ਕੋਮਲ ਖਿਤਜੀ ਫਰਸ਼ (soft horizontal floor) ਤੇ 2 kg ਪੁੰਜ ਦੀ ਲਕੜੀ ਦਾ ਗੁਟਕਾ ਰੱਖਿਆ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 5.15) ਜਦੋਂ ਇਸ ਗੁਟਕੇ ਦੇ ਉੱਪਰ 25 kg ਪੁੰਜ ਦਾ ਲੋਹੇ ਦਾ ਵੇਲਨ ਰੱਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਫਰਸ਼ ਸਥਿਰ ਗਤੀ ਨਾਲ ਹੇਠਾਂ ਧਸੱਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਗੁਟਕਾ ਤੇ ਵੇਲਨ ਇਕੱਠੇ 0.1 ms^{-2} ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਹੇਠਾਂ ਵੱਲ ਨੂੰ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਗੁਟਕੇ ਦੀ ਫਰਸ਼ ਤੇ ਕਿਰਿਆ (a) ਫਰਸ਼ ਦੇ ਧਸਨ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾਂ (b) ਫਰਸ਼ ਦੇ ਧੱਸਨ ਦੇ ਬਾਦ ਕੀ ਹੈ ? $g = 10$ m s^{-2} ਲਉ। ਸਮੱਸਿਆ ਵਿੱਚ ਕਿਰਿਆ ਪ੍ਰਤਿਕਿਰਿਆ ਜੋੜਿਆਂ ਨੂੰ ਪਛਾਣੋ।



ਚਿੱਤਰ **5.15**

ਹੱਲ :

(a) ਫਰਸ਼ ਤੇ ਗੁਟਕਾ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਬਲ ਨਿਰਦੇਸ਼ਕ ਆਰੇਖ ਗੁਟਕੇ ਤੇ ਦੋ ਬਲਾਂ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ, ਧਰਤੀ ਦੁਆਰਾ ਲਗਾਇਆ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸ਼ਨ ਬਲ = 2 × 10 = 20 N; ਅਤੇ ਗੁਟਕੇ ਤੇ ਫਰਸ਼ ਦਾ ਲੰਬ ਬਲ R। ਪਹਿਲੇ ਨਿਯਮ ਦੁਆਰਾ ਗੁਟਕੇ ਤੇ ਲਗਾਇਆ ਨੇਟ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ, ਅਰਥਾਤ, R = 20 N ਤੀਸਰੇ ਗਤੀ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ ਗੁਟਕੇ ਦੀ ਕਿਰਿਆ ਅਰਥਾਤ ਗੁਟਕੇ ਦੁਆਰਾ ਫਰਸ਼ ਤੇ ਲਗਾਇਆ ਬਲ ਪਰਿਮਾਣ ਵਿੱਚ 20 N ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਖੜੇਦਾਅ ਹੇਠਾਂ ਵੱਲ ਹੈ।

(b) ਸਿਸਟਮ (ਗੁਟਕਾ + ਵੇਲਨ) ਹੇਠਾਂ ਵਲ 0.1 ms^{-2} ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਧਸ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਬਲ ਨਿਰਦੇਸ਼ਕ ਆਰੇਖ ਸਿਸਟਮ ਤੇ ਦੋ ਬਲਾਂ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਧਰਤੀ ਦੇ ਕਾਰਨ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ (270 N); ਅਤੇ ਫਰਸ਼ ਦਾ ਲੰਬ ਬਲ R′। ਧਿਆਨ ਦਿਉ, ਸਿਸਟਮ ਦਾ ਬਲ ਨਿਰਦੇਸ਼ਕ ਆਰੇਖ ਗੁਟਕੇ ਅਤੇ ਵੇਲਨ ਦੇ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰਿਕ ਬਲਾਂ ਨੂੰ ਨਹੀਂ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਸਿਸਟਮ ਤੇ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕਰਨ ਤੇ

$$270 - R' = 27 \times 0.1\text{N}$$

$$\text{i.e. } R' = 267.3 \text{ N}$$

ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਫਰਸ਼ ਤੇ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਕਿਰਿਆ 267.3 N ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਥੜੇਦਾਅ ਹੇਠਾਂ ਵੱਲ ਨੂੰ (vertically downward) ਹੈ। ◀

ਕਿਰਿਆ-ਪ੍ਰਤਿਕਿਰਿਆ ਜੋੜੇ (Action-reaction pairs)

(a) ਦੇ ਲਈ : (i) ਧਰਤੀ ਦੁਆਰਾ ਗੁਟਕੇ ਤੇ ਲਗਾਏ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ 20 N (ਕਿਰਿਆ ਅਤੇ ਗੁਟਕੇ ਦੁਆਰਾ ਧਰਤੀ ਤੇ ਲਗਿਆ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ (ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ)) 20 N ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਉੱਪਰ ਵੱਲ ਨੂੰ (vertically upward) (ਆਰੇਖ ਵਿੱਚ ਨਹੀਂ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ)।

(ii) ਗੁਟਕੇ ਦੁਆਰਾ ਫਰਸ਼ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਬਲ (ਕਿਰਿਆ); ਫਰਸ਼ ਦੁਆਰਾ ਗੁਟਕੇ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਬਲ (ਪ੍ਰਤਿ-ਕਿਰਿਆ)।

(b) ਦੇ ਲਈ : (i) ਧਰਤੀ ਦੁਆਰਾ ਸਿਸਟਮ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ (270 N) (ਕਿਰਿਆ) ਸਿਸਟਮ ਦੁਆਰਾ ਧਰਤੀ ਤੇ ਲੱਗੇ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ (ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ) 270 N ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਉੱਪਰ ਵੱਲ ਨੂੰ (ਆਰੇਖ ਵਿੱਚ ਨਹੀਂ ਦਿਖਾਇਆ ਗਿਆ)।

(ii) ਸਿਸਟਮ ਦੁਆਰਾ ਫਰਸ਼ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਬਲ (ਕਿਰਿਆ); ਫਰਸ਼ ਦੁਆਰਾ ਸਿਸਟਮ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਬਲ (ਪ੍ਰਤੀ-ਕਿਰਿਆ)

ਇਸ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ (b) ਦੇ ਲਈ ਵੇਲਨ ਦੁਆਰਾ ਗੁਟਕੇ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਬਲ ਅਤੇ ਗੁਟਕੇ ਦੁਆਰਾ ਵੇਲਨ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਬਲ ਵੀ ਕਿਰਿਆ-ਪ੍ਰਤਿਕਿਰਿਆ ਦਾ ਇੱਕ ਜੋੜਾ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹਨ।

ਯਾਦ ਰਖਣਯੋਗ ਇੱਕ ਮਹਤਵਪੂਰਨ ਤੱਥ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਕਿਰਿਆ-ਪ੍ਰਤਿਕਿਰਆ ਜੋੜੇ ਦੀ ਰਚਨਾ ਦੋ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਆਪਸੀ ਬਲਾਂ, ਜੋ ਸਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਵਿੱਚ ਸਮਾਨ ਅਤੇ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਉਲਟ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਨਾਲ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇੱਕ ਹੀ ਪਿੰਡ ਤੇ ਦੋ ਬਲਾਂ, ਜੋ ਕਿਸੇ ਖ਼ਾਸ ਹਾਲਾਤ ਵਿੱਚ ਪਰਿਮਾਣ (magnitude) ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਅਤੇ ਦਿਸ਼ਾ ਦੇ ਉਲਟ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ, ਤੋਂ ਕਿਸੇ ਕਿਰਿਆ-ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਜੋੜੇ ਦੀ ਰਚਨਾ ਨਹੀਂ ਹੋ ਸਕਦੀ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ (a) ਜਾਂ (b) ਵਿੱਚ ਪਿੰਡ ਤੇ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਅਤੇ ਫਰਸ਼ ਦੁਆਰਾ ਪਿੰਡ ਤੇ ਲੱਗਾ ਲੰਬ ਬਲ ਕੋਈ ਕਿਰਿਆ-ਪ੍ਰਤਿਕਿਰਿਆ ਜੋੜਾ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਹ ਬਲ ਸੰਯੋਗ ਨਾਲ (a) ਦੇ ਲਈ ਬਰਾਬਰ ਅਤੇ ਉਲਟ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਪਿੰਡ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹੈ। ਪਰ ਕੇਸ (b) ਦੇ ਲਈ ਉਹ ਅਜਿਹਾ ਨਹੀਂ ਹੈ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾਂ ਹੀ ਦੇਖ ਲਿਆ ਹੈ। ਸਿਸਟਮ ਦਾ ਭਾਰ 270 N ਹੈ ਜਦੋਂ ਕਿ ਲੰਬ ਬਲ R′ 267.3 N ਹੈ।

ਯਾਂਤਰਿਕੀ ਦੀਆਂ ਸਮੱਸਿਆਵਾ ਨੂੰ ਹੱਲ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਬਲ ਨਿਰਦੇਸ਼ਕ ਆਰੇਖ ਬਣਾਉਣ ਦੀ ਪ੍ਰਥਾ ਬਹੁਤ ਹੀ ਸਹਾਇਕ ਹੈ। ਇਹ ਤੁਹਾਨੂੰ, ਆਪਣੇ ਸਿਸਟਮ ਨੂੰ ਸਪੱਸ਼ਟ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਕਰਨ ਅਤੇ ਉਹਨਾਂ ਸਾਰੇ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਜੋਂ ਖੁਦ ਸਿਸਟਮ ਦੇ ਭਾਗ ਨਹੀਂ ਹਨ, ਸਿਸਟਮ ਤੇ ਲੱਗੇ ਸਾਰੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਬਲਾਂ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰਨ ਲਈ ਮਜਬੂਰ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਪਾਠ ਅਤੇ ਅਗਲੇ ਪਾਠਾਂ ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਅਭਿਆਸ ਪ੍ਰਸ਼ਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਇਸ ਪ੍ਰਥਾ ਦੇ ਪੋਸ਼ਣ ਵਿੱਚ ਤੁਹਾਨੂੰ ਸਹਾਇਤਾ ਮਿਲੇਗੀ।

ਸਾਰ (SUMMARY)

1. ਅਰਸਤੂ ਦਾ ਵਿਚਾਰ ਕਿ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਨੂੰ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਵਿੱਚ ਰੱਖਣ ਲਈ ਬਲ ਦੀ ਲੋੜ ਹੈ, ਗ਼ਲਤ ਹੈ। ਆਮ ਕਰਕੇ ਕਿਸੇ ਬਲ ਦੀ ਲੋੜ, ਰਗੜ ਬਲ ਦੀ ਵਿਰੋਧਤਾ ਨੂੰ ਨਿਰਸਤ ਕਰਨ ਲਈ ਪੈਂਦੀ ਹੈ।
2. ਗੈਲੀਲਿਉ ਨੇ ਢਾਲੂ ਤਲਾਂ ਦੇ ਪਿੰਡਾਂ ਦੀ ਸਧਾਰਨ ਗਤੀ ਦੇ ਪ੍ਰੇਖਣਾਂ ਨੂੰ ਐਕਸਟਰਾਪੋਲੇਟ (extrapolate) ਕੀਤਾ ਅਤੇ ਜੜ੍ਹਤਾ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਤੇ ਪੁੱਜਿਆ। ਨਿਊਟਨ ਦਾ ਗਤੀ ਦਾ ਪਹਿਲਾ ਨਿਯਮ ਵੀ ਇਹੀ ਨਿਯਮ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਦੂਸਰੇ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੱਸਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। "ਸਾਰੇ ਪਿੰਡ ਲਗਾਤਾਰ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਜਾਂ ਸਰਲ ਰੇਖਾ ਵਿੱਚ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਗਤੀ ਕਰਦੇ ਰਹਿਣਗੇ, ਜਦੋਂ ਤੱਕ ਕਿਸੇ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਦੁਆਰਾ ਉਸ ਦੀ ਅਵਸਥਾ ਬਦਲਣ ਦੀ ਕੋਸ਼ਿਸ਼ ਨਾ ਕੀਤੀ ਜਾਵੇ।" ਸਰਲ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ, ਪਹਿਲਾ ਨਿਯਮ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੈ। **"ਜੇ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਤੇ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋਵੇ, ਤਾਂ ਇਸ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਵੇਗ ਜ਼ੀਰੋ ਹੋਵੇਗਾ।"**
3. ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦਾ ਸੰਵੇਗ (**p**) ਉਸ ਦੇ ਪੁੰਜ (m) ਅਤੇ ਵੇਗ (**v**) ਦਾ ਗੁਣਨਫਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।
$$\mathbf{p} = m\,\mathbf{v}$$
4. ਨਿਊਟਨ ਦਾ ਗਤੀ ਦਾ ਦੂਸਰਾ ਨਿਯਮ —

   ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦੇ ਸੰਵੇਗ ਦੀ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੀ ਦਰ ਉਸ ਪਿੰਡ ਤੇ ਲੱਗੇ ਬਲ ਦੇ ਸਿੱਧਾ ਕ੍ਰਮ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਉਸੇ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਜਿਸ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਬਲ ਲੱਗਿਆ ਹੋਵੇ। ਇਸ ਲਈ
$$\mathbf{F} = k\frac{\mathrm{d}\mathbf{p}}{\mathrm{d}t} = k\,m\,\mathbf{a}$$
   ਜਿੱਥੇ **F**, ਪਿੰਡ ਤੇ ਲੱਗ ਰਿਹਾ ਨੇਟ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਹੈ ਅਤੇ **a** ਉਸਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਹੈ। ਅਸੀਂ ਅਨੁਪਾਤਿਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ $k = 1$ ਲੈਂਦੇ ਹਾਂ ਜਦੋਂ SI ਮਾਤਰਾ ਦੀ ਵਰਤੋਂ ਕੀਤੀ ਜਾਵੇ। ਤੱਦ
$$\mathbf{F} = \frac{\mathrm{d}\mathbf{p}}{\mathrm{d}t} = m\mathbf{a}$$
   ਬਲ ਦਾ SI ਮਾਤਰਕ newton ਹੈ : $1\ \mathrm{N} = 1\ \mathrm{kg\ ms^{-2}}$

   (a) ਦੂਸਰਾ ਨਿਯਮ, ਪਹਿਲੇ ਨਿਯਮ ਦੇ ਸੰਗਤ ਹੈ (**F** = 0 ਤੋਂ ਭਾਵ **a** = 0)

   (b) ਇਹ ਇੱਕ ਸਦਿਸ਼ ਸਮੀਕਰਨ ਹੈ।

   (c) ਇਹ ਇੱਕ ਕਣ, ਅਤੇ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਜਾਂ ਕਣਾਂ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਤੇ ਵੀ ਲਾਗੂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਸ਼ਰਤ ਇਹ ਹੈ ਕਿ **F** ਸਿਸਟਮ ਤੇ ਲੱਗ ਰਿਹਾ ਕੁੱਲ ਬਾਹਰੀ ਬਲ ਹੋਵੇ ਅਤੇ **a** ਸਾਰੇ ਸਿਸਟਮ ਦਾ ਪ੍ਰਵੇਗ ਹੈ।

   (d) ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦੇ ਕਿਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਕਿਸੇ ਖ਼ਾਸ ਸਮੇਂ ਬਿੰਦੂ ਤੇ (instant) ਲੱਗ ਰਿਹਾ ਬਲ **F**, ਉਸੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਉਸੇ ਖ਼ਾਸ ਸਮੇਂ ਪ੍ਰਵੇਗ **a** ਦਾ ਪਤਾ ਲਗਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੂਸਰਾ ਨਿਯਮ ਇੱਕ ਲੋਕਲ ਨਿਯਮ ਹੈ; **a** ਦਾ ਮੁੱਲ ਕਿਸੇ ਖ਼ਾਸ ਸਮਾਂ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਗਤੀ ਦੇ ਪਿਛੋਕੜ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ਹੈ।
5. ਆਵੇਗ (impulse), ਲੱਗ ਰਹੇ ਬਲ (force) ਅਤੇ ਸਮੇਂ (time) ਦਾ ਗੁਣਨਫ਼ਲ ਹੈ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਸੰਕਲਪ ਉਸ ਸਮੇਂ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਦੋਂ ਬਹੁਤ ਜ਼ਿਆਦਾ ਬਲ ਕਿਸੇ ਵਸਤੂ ਤੇ ਬਹੁਤ ਹੀ ਸਮੇਂ ਲਈ ਲੱਗਦਾ ਹੈ ਪਰ ਸੰਵੇਗ ਵਿੱਚ ਮਾਪਣਯੋਗ ਪਰਿਵਰਤਨ ਪੈਦਾ ਕਰ ਦਿੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ, ਬਲ ਦੀ ਕਿਰਿਆ ਦਾ ਸਮਾਂ ਬਹੁਤਾ ਹੀ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਅਸੀਂ ਇਹ ਮੰਨ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਵਸਤੂ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਆਵੇਗਿਤ ਬਲ ਦੀ ਕਿਰਿਆ ਦੌਰਾਨ ਕੋਈ ਸਨਮਾਨਯੋਗ ਬਦਲਾਵ ਨਹੀਂ ਹੋਇਆ ਹੈ।
6. ਨਿਊਟਨ ਦਾ ਗਤੀ ਦਾ ਤੀਸਰਾ ਨਿਯਮ —

   ਹਰ ਇੱਕ ਕਿਰਿਆ ਦੇ ਲਈ, ਹਮੇਸ਼ਾਂ ਇੱਕ ਬਰਾਬਰ ਅਤੇ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾਵੀ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

   ਸਾਧਾਰਨ ਸ਼ਬਦਾਂ ਵਿੱਚ ਨਿਯਮ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਕਿਹਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ —

   ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਬਲ ਸਦਾ ਹੀ ਪਿੰਡਾਂ ਦੇ ਜੋੜਿਆਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਲੱਗਦੇ ਹੋਏ ਦੇਖੇ ਜਾ ਸਕਦੇ ਹਨ। ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ A ਤੇ ਪਿੰਡ B ਦੁਆਰਾ ਲਗਾਇਆ ਬਲ ਪਿੰਡ B ਤੇ ਪਿੰਡ A ਦੁਆਰਾ ਲਗਾਏ ਗਏ ਬਲ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਅਤੇ ਉਲਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

   ਕਿਰਿਆ (Action) ਅਤੇ ਪ੍ਰਤਿਕਿਰਿਆ (reaction) ਬਲ ਇੱਕੋ ਸਮਾਂ ਬਿੰਦੂ (simultaneous) ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਬਲ ਹਨ। ਇੱਥੇ ਕੋਈ ਕਾਰਨ-ਪ੍ਰਭਾਵ ਵਰਗਾ ਸੰਬੰਧ, ਕਿਰਿਆ ਅਤੇ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਵਿਚਕਾਰ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਦੋਂਵੇ ਆਪਸੀ ਬਲਾਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕਿਸੇ ਵੀ ਇੱਕ ਕਿਰਿਆ ਅਤੇ ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਕਿਹਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਕਿਰਿਆ ਅਤੇ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਪਿੰਡਾਂ ਤੇ ਲਗਣ ਵਾਲੇ ਬਲ ਹਨ ਇਸ ਲਈ ਇਹ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਨਿਰਸੱਤ ਨਹੀਂ ਕਰ ਸਕਦੇ। ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਭਾਗਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਆਪਸੀ ਅੰਤਰਿਕ ਕਿਰਿਆ ਅਤੇ ਪ੍ਰਤਿਕਿਰਿਆ ਦੇ ਬਲ ਇੱਕ-ਦੂਸਰੇ ਨੂੰ ਖ਼ਤਮ ਕਰ ਦਿੰਦੇ ਹਨ, ਅਜਿਹੇ ਸਾਰੇ ਬਲਾਂ ਦਾ ਜੋੜ ਜ਼ੀਰੋ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।
7. ਸੰਵੇਗ ਦਾ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ :

   ਕਿਸੇ ਅਲੱਗ-ਥੱਲਗ ਕਣਾਂ ਦੇ ਸਿਸਟਮ ਦਾ ਕੁੱਲ ਸੰਵੇਗ ਸੁਰਖਿਅਤ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਨਿਯਮ ਗਤੀ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਅਤੇ ਤੀਸਰੇ ਨਿਯਮ ਤੋਂ ਵਿਉਤਪੰਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

8. ਰਗੜ

ਰਗੜ ਬਲ ਦੋ ਸੰਪਰਕ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਾਪੇਖੀ ਗਤੀ (ਪੈਦਾ ਕੀਤੀ ਗਈ ਜਾਂ ਵਾਸਤਵਿਕ) ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਸੰਪਰਕ ਬਲ ਦਾ, ਸੰਪਰਕ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਦੇ ਨਾਲ-ਨਾਲ ਸਾਂਝੀ ਸਪਰਸ਼ ਰੇਖਾ (common tangent) ਤੇ ਲੱਗਦਾ ਹੋਇਆ ਘਟਕ ਹੈ। ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ (static friction) f_s ਪੈਦਾ ਕੀਤੀ ਜਾ ਰਹੀ (impending) ਸਾਪੇਖ ਗਤੀ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਗਤਿਜ ਰਗੜ f_k ਅਸਲ ਸਾਪੇਖ ਗਤੀ ਦਾ ਵਿਰੋਧ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਰਗੜ ਬਲ ਸੰਪਰਕ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਦੇ ਖੇਤਰਫਲ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦੇ ਅਤੇ ਨਿਮਨਲਿਖਤ ਨਿਯਮਾਂ ਨੂੰ ਲਗਭਗ ਮੰਨਦੇ ਕਰਦੇ ਹਨ :

$$f_S \le \left(f_S\right)_{\max} = \mu_S R$$

$$f_k = \mu_k R$$

μ_s (ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ) ਅਤੇ μ_k (ਗਤਿਜ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ, co-efficient of kinetic friction) ਸੰਪਰਕ ਸਤ੍ਹਾਵਾਂ ਦੇ ਜੋੜਿਆਂ ਦੇ ਗੁਣਾਂ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹਨ। ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੁਆਰਾ ਇਹ ਪਤਾ ਲੱਗਿਆ ਹੈ ਕਿ μ_k, μ_s ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

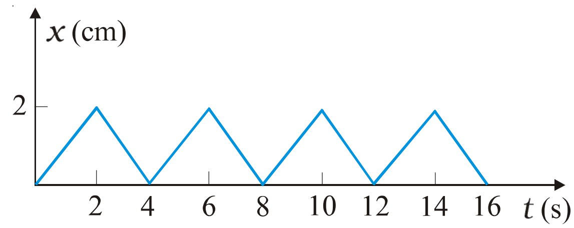
ਰਾਸ਼ੀ (quantity)	ਪ੍ਰਤੀਕ (symbol)	ਮਾਤਰਕ (dimensions)	ਵਿਮਾਂ (remarks)	ਟਿੱਪਣੀ
ਸੰਵੇਗ (momentum)	**p**	kgm s^{-1} or Ns	[MLT^{-1}]	ਸਦਿਸ਼ (vector)
ਬਲ (force)	**F**	N	[MLT^{-2}]	**F** = –m**a** ਦੂਸਰਾ ਨਿਯਮ
ਆਵੇਗ (impulse)		kgm s^{-1} or Ns	[MLT^{-1}]	ਆਵੇਗ = ਬਲ × ਸਮਾਂ = ਸੰਵੇਗ ਵਿਚ ਪਰਿਵਰਤਨ
ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ (static friction)	$\mathbf{f_s}$	N	[MLT^{-2}]	$\mathbf{f_s} \le \mu_s$ N
ਗਤੀਜ ਰਗੜ (kinetic friction)	$\mathbf{f_k}$	N	[MLT^{-2}]	$\mathbf{f_k} = \mu_k$ N

ਵਿਚਾਰਨਯੋਗ ਵਿਸ਼ੇ (Points to ponder)

1. ਬਲ ਸਦਾ ਗਤੀ ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ। ਹਾਲਾਤਾਂ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੇ ਹੋਏ **F**, **v** ਦੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਲ, **v** ਦੇ ਉਲਟ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ, **v** ਦੇ ਅਭਿਲੰਬ ਜਾਂ v ਨਾਲ ਕੋਈ ਹੋਰ ਕੋਣ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹੋਏ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਹਰੇਕ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਇਹ ਪ੍ਵੇਗ ਦੇ ਸਮਾਂਤਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।
2. ਜੇ ਕਿਸੇ ਪੱਲ ਲਈ **v** = 0 ਹੋਵੇ, ਜਾਂ ਜੇ ਕੋਈ ਪਿੰਡ ਇੱਕ ਪਲ ਲਈ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹੈ, ਇਸ ਤੋਂ ਇਹ ਅਰਥ ਨਹੀਂ ਲਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਕਿ ਬਲ ਜਾਂ ਪ੍ਵੇਗ ਇਸ ਸਮੇਂ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਜ਼ੀਰੋ ਹੀ ਹੋਵੇਗਾ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਜਦੋਂ ਕੋਈ ਗੇਂਦ ਉੱਪਰ ਵੱਲ ਨੂੰ ਸੁੱਟੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਇਹ ਆਪਣੀ ਸਭ ਤੋਂ ਵੱਧ ਉਚਾਈ ਤੇ ਪੁੱਜਦੀ ਹੈ, ਤਾਂ **v** = 0 ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਪਰ ਉਸ ਗੇਂਦ ਤੇ ਗੇਂਦ ਦੇ ਭਾਰ mg ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਬਲ ਲਗਾਤਾਰ ਲੱਗਦਾ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਪ੍ਵੇਗ ਜ਼ੀਰੋ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ, ਇਹ g ਹੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।
3. ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਸਮੇਂ ਤੇ ਪਿੰਡ ਤੇ ਲਗਾਇਆ ਬਲ ਉਸ ਸਮੇਂ ਉਸ ਪਿੰਡ ਦੇ ਸਥਾਨ ਦੇ ਹਲਾਤਾਂ ਦੁਆਰਾ ਗਿਆਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕੋਈ ਵੀ ਪਿੰਡ ਬਲ ਨੂੰ ਆਪਣੀ ਗਤੀ ਦੇ ਪਿਛੋਕੜ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਜਿਸ ਪਲ ਕੋਈ ਪੱਥਰ ਕਿਸੇ ਪ੍ਵੇਗਿਤ ਰੇਲਗੱਡੀ ਵਿੱਚੋ ਬਾਹਰ ਸੁੱਟ ਦਿੱਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ, ਓਸੇ ਪਲ ਤੇ ਤੁਰੰਤ ਬਾਅਦ, ਜੇ ਚਾਰੋਂ ਪਾਸੇ ਹਵਾ ਦਾ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨਕਾਰਨਯੋਗ ਹੈ ਤਾਂ ਉਸ ਪੱਥਰ ਤੇ ਕੋਈ ਖਿਤਜੀ ਬਲ (ਜਾਂ ਪ੍ਵੇਗ) ਕਾਰਜ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਉਸ ਸਮੇਂ ਪੱਥਰ ਤੇ ਸਿਰਫ਼ ਧਰਤੀ ਦਾ ਲੰਬੇ ਦਾਅ (vertical) ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਹੀ ਲੱਗਦਾ ਹੈ।
4. ਗਤੀ ਦੇ ਦੂਸਰੇ ਨਿਯਮ **F** = m **a** ਵਿੱਚ **F** ਪਿੰਡ ਦੇ ਬਾਹਰ ਦੇ ਸਾਰੇ ਭੌਤਿਕ ਸਾਧਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਲਗਾਇਆ ਗਿਆ ਨੇਟ ਬਲ ਹੈ। **a** ਬਲ ਦਾ ਪ੍ਰਭਾਵ ਹੈ। m**a** ਨੂੰ **F** ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਕੋਈ ਹੋਰ ਬਲ ਨਹੀਂ ਸਮਝਿਆ ਜਾਣਾ ਚਾਹੀਦਾ।
5. ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਹੋਰ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦਾ ਬਲ।

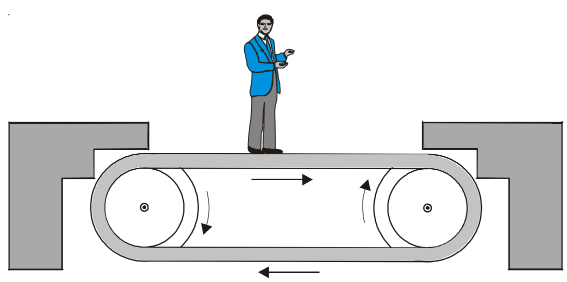
ਵਾਧੂ ਅਭਿਆਸ (ADDITIONAL EXERCISES)

5.24 ਚਿੱਤਰ 5.17 ਵਿੱਚ 0.04 kg ਪੁੰਜ ਦੇ ਕਿਸੇ ਪਿੰਡ ਦਾ ਸਥਿਤੀ-ਸਮਾਂ (Position-time) ਗ੍ਰਾਫ਼ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਗਤੀ ਦੇ ਲਈ ਕੋਈ ਉਚਿਤ ਭੌਤਿਕ ਸੰਦਰਭ ਪ੍ਰਸਤਾਵਿਤ ਕਰੋ। ਪਿੰਡ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਦੋ ਕ੍ਰਮਿਕ ਆਵੇਗਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਸਮਾਂ-ਅੰਤਰਾਲ ਕੀ ਹੈ ? ਹਰੇਕ ਆਵੇਗ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਕੀ ਹੈ ?



ਚਿੱਤਰ 5.17

5.25 ਚਿੱਤਰ 5.18 ਵਿੱਚ ਕੋਈ ਵਿਅਕਤੀ 1 ms^{-2} ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਖਿਤਜੀ ਸੰਵਾਹਕ ਪਟੇ (horizontal conveyor belt) ਤੇ ਸਥਿਰ ਖੜ੍ਹਾ ਹੈ। ਉਸ ਵਿਅਕਤੀ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਨੇਟ ਬਲ ਕੀ ਹੈ ? ਜੇ ਵਿਅਕਤੀ ਦੇ ਜੁੱਤਿਆਂ ਅਤੇ ਪਟੇ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ (coefficient of friction) 0.2 ਹੈ, ਤਾਂ ਪਟੇ ਤੇ ਕਿੰਨੇ ਪ੍ਰਵੇਗ ਤੱਕ ਉਹ ਵਿਅਕਤੀ ਪਟੇ ਦੇ ਸਾਪੇਖ ਸਥਿਰ ਰਹਿ ਸਕਦਾ ਹੈ। (ਵਿਅਕਤੀ ਦਾ ਪੁੰਜ = 65 kg)



ਚਿੱਤਰ 5.18

5.26 m ਪੁੰਜ ਵਾਲੇ ਪੱਥਰ ਨੂੰ ਕਿਸੇ ਡੋਰੀ ਤੇ ਇੱਕ ਸਿਰੇ ਨਾਲ ਬੰਨ ਕੇ R ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵਾਲੇ ਖੜ੍ਹੇਦਾਅ ਚੱਕਰ (vertically circle) ਵਿੱਚ ਘੁਮਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਚੱਕਰ ਦੇ ਸਭ ਤੋਂ ਨੀਚੇ ਵਾਲੇ (lowest) ਅਤੇ ਸਭ ਤੋਂ ਉਚਾਈ ਵਾਲੇ (highest) ਬਿੰਦੂਆਂ ਤੇ ਖੜ੍ਹੇਦਾਅ ਹੇਠਾਂ ਵੱਲ ਨੂੰ (vertically downward) ਨੇਟ ਬਲ ਹੈ : (ਸਹੀ ਵਿਕਲਪ ਚੁਣੋ)

	ਸਭ ਤੋਂ ਹੇਠਲੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ Lowest Point	ਸਭ ਤੋਂ ਉਚਾਈ ਵਾਲੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ Highest Point
(i)	$mg - T_1$	$mg + T_2$
(ii)	$mg + T_1$	$mg - T_2$
(iii)	$mg + T_1 - (m v_1^2) / R$	$mg - T_2 + (m v_1^2) / R$
(iv)	$mg - T_1 - (m v_1^2) / R$	$mg + T_2 + (m v_1^2) / R$

ਇਥੇ T_1 ਅਤੇ v_1 ਸਭ ਤੋਂ ਹੇਠਲੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਤਣਾਵ ਅਤੇ ਚਾਲ ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਂਦੇ ਹਨ। T_2 ਅਤੇ v_2 ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਸੰਗਤ ਮੂਲ ਸਭ ਤੋਂ ਉਪਰਲੇ ਬਿੰਦੂ ਤੇ ਹਨ।

5.27 1000 kg ਪੁੰਜ ਦਾ ਕੋਈ ਹੈਲੀਕਾਪਟਰ 15 ms^{-2} ਦੇ ਲੰਮੇਦਾਅ (vertical) ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਉੱਪਰ ਉਠਦਾ ਹੈ। ਚਾਲਕ ਦਲ (crew) ਅਤੇ ਯਾਤਰੀਆਂ ਦਾ ਪੁੰਜ 300 kg ਹੈ। ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਬਲਾਂ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ (magnitude) ਅਤੇ ਦਿਸ਼ਾ ਲਿਖੋ।
(a) ਚਾਲਕ ਦਲ ਅਤੇ ਯਾਤਰੀਆਂ ਦੁਆਰਾ ਫਰਸ਼ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਬਲ।
(b) ਚਾਰੋਂ ਪਾਸੇ ਦੀ ਹਵਾ ਤੇ ਹੈਲੀਕਾਪਟਰ ਦੇ ਰੋਟਰ ਦੀ ਕਿਰਿਆ, ਅਤੇ
(c) ਚਾਰੋਂ ਪਾਸੇ ਹਵਾ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੈਲੀਕਾਪਟਰ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਬਲ।

5.28 15 ms^{-1} ਚਾਲ (speed) ਨਾਲ ਖਿਤਜੀ ਵਗਦੀ ਕੋਈ ਪਾਣੀ ਦੀ ਧਾਰ (stream of water flowing horizontally), 10^{-2} m^2 ਆਡੀ ਕਾਟ ਖੇਤਰਫਲ (cross-sectional area) ਵਾਲੀ ਕਿਸੇ ਨਲੀ ਤੋਂ ਬਾਹਰ ਨਿਕਲਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਨੇੜਲੀ ਕਿਸੇ ਲੰਬੇਦਾਅ (vertical) ਕੰਧ ਨਾਲ ਟਕਰਾਉਂਦੀ ਹੈ। ਪਾਣੀ ਦੀ ਟੱਕਰ ਦੁਆਰਾ, ਇਹ ਮੰਨਦੇ ਹੋਏ ਕਿ ਪਾਣੀ ਦੀ ਧਾਰ ਟਕਰਾਉਣ ਤੇ ਵਾਪਿਸ ਨਹੀਂ ਮੁੜਦੀ, ਕੰਧ ਤੇ ਲੱਗਿਆ ਬਲ ਪਤਾ ਕਰੋ।

5.29 ਕਿਸੇ ਮੇਜ਼ ਤੇ ਇੱਕ-ਇੱਕ ਰੁਪਏ ਦੇ ਦਸ ਸਿੱਕਿਆ ਨੂੰ ਇੱਕ ਦੇ ਉੱਪਰ ਇੱਕ ਕਰਕੇ ਰੱਖਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਹਰੇਕ ਸਿੱਕੇ ਦਾ ਪੁੰਜ m ਹੈ, ਹੇਠ ਲਿਖੀ ਹਰੇਕ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਬਲ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਅਤੇ ਦਿਸ਼ਾ ਲਿਖੋ :

(a) ਸੱਤਵੇਂ ਸਿੱਕੇ (ਹੇਠਾਂ ਵੱਲੋਂ ਗਿਣਨ ਤੇ) ਤੇ ਉਸ ਉੱਪਰ ਰੱਖੇ ਸਾਰੇ ਸਿੱਕਿਆ ਕਾਰਨ ਬਲ।

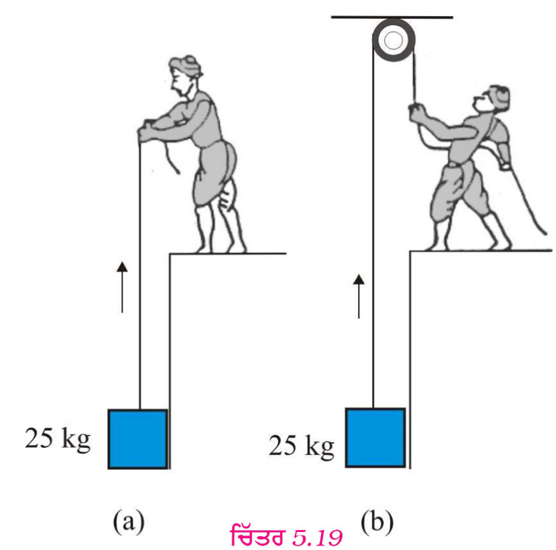
(b) ਸੱਤਵੇਂ ਸਿੱਕੇ ਤੇ ਅਠਵੇਂ ਸਿੱਕੇ ਦੁਆਰਾ ਲਾਇਆ ਬਲ, ਅਤੇ

(c) ਛੇਵੇਂ ਸਿੱਕੇ ਦੀ ਸੱਤਵੇਂ ਸਿੱਕੇ ਤੇ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ।

5.30 ਕੋਈ ਜਹਾਜ਼ ਆਪਣੇ ਪਰਾਂ (wings) ਦਾ ਖਿਤਿਜੀ ਨਾਲ 15° ਦੇ ਝੁਕਾਅ ਤੇ ਰੱਖਦੇ ਹੋਏ 720 km/h^{-1} ਦੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਇੱਕ ਖਿਤਿਜੀ ਲੂਪ ਪੂਰਾ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਲੂਪ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਕੀ ਹੈ ?

5.31 ਕੋਈ ਰੇਲਗੱਡੀ ਬਿਨਾਂ ਢਾਲ ਵਾਲੇ 30 m ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੇ ਚੱਕਰੀ ਮੋੜ ਤੇ 54 km/h^{-1} ਚਾਲ ਨਾਲ ਚਲਦੀ ਹੈ। ਰੇਲਗੱਡੀ ਦਾ ਪੁੰਜ 10^6 kg ਹੈ। ਇਸ ਕਾਰਜ ਨੂੰ ਕਰਨ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਅਭਿਕੇਂਦਰੀ ਬਲ (centripetal force) ਕੌਣ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਦਾ ਹੈ ? ਇੰਜਨ ਜਾਂ ਪਟਰੀਆਂ ? ਪਟਰੀਆਂ ਨੂੰ ਨੁਕਸਾਨ ਤੋਂ ਬਚਾਉਣ ਲਈ ਮੋੜ ਦਾ ਢਾਲ ਕੋਣ ਕਿੰਨਾ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ?

5.32 ਚਿੱਤਰ 5.19 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ 50 kg ਪੁੰਜ ਦਾ ਕੋਈ ਵਿਅਕਤੀ 25 kg ਪੁੰਜ ਦੇ ਕਿਸੇ ਗੁਟਕੇ ਨੂੰ ਦੋ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਢੰਗਾਂ ਨਾਲ ਉੱਪਰ ਵੱਲ ਨੂੰ ਚੁੱਕਦਾ ਹੈ। ਦੋਵੇਂ ਸਥਿਤੀਆਂ ਵਿੱਚ ਉਸ ਵਿਅਕਤੀ ਦੁਆਰਾ ਫਰਸ਼ ਤੇ ਲਗਾਇਆ ਕਿਰਿਆ ਬਲ ਕਿੰਨਾ ਹੈ ? ਜੇ 700 N ਅਭਿਲੰਬ ਬਲ (Normal force) ਨਾਲ ਫਰਸ਼ ਬੈਠਣ ਲੱਗ ਜਾਵੇ (floor yields), ਤਾਂ ਫਰਸ਼ ਨੂੰ ਬੈਠਣ ਤੋਂ ਬਚਾਉਣ ਦੇ ਲਈ ਉਸ ਵਿਅਕਤੀ ਨੂੰ, ਗੁਟਕੇ ਨੂੰ ਉੱਪਰ ਵੱਲ ਚੁੱਕਣ ਲਈ ਕਿਹੜਾ ਢੰਗ ਅਪਣਾਉਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ?



ਚਿੱਤਰ *5.19*

5.33 40 kg ਪੁੰਜ ਦਾ ਕੋਈ ਬੰਦਰ 600 N ਦੇ ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ ਤਣਾਵ ਬਰਦਾਸ਼ਤ ਕਰ ਸਕਣ ਯੋਗ ਕਿਸੇ ਰੱਸੀ ਤੇ ਚੜ੍ਹਦਾ ਹੈ (ਚਿੱਤਰ 5.20) ਹੇਠਾਂ ਦਿੱਤਿਆਂ ਗਈਆਂ ਸਥਿਤੀਆਂ ਵਿੱਚੋਂ ਕਿਸੇ ਵਿੱਚ ਰੱਸੀ ਟੁੱਟ ਜਾਵੇਗੀ ?

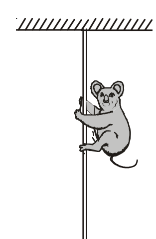
(a) ਬੰਦਰ 6 ms^{-2} ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਉੱਪਰ ਚੜਦਾ ਹੈ ?

(b) ਬੰਦਰ 4 ms^{-2} ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਹੇਠਾਂ ਉਤਰਦਾ ਹੈ।

(c) ਬੰਦਰ 5 ms^{-1} ਦੀ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ ਚਾਲ (uniform speed) ਨਾਲ ਉੱਪਰ ਚੜ੍ਹਦਾ ਹੈ।

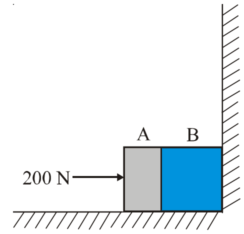
(d) ਬੰਦਰ ਲਗਭਗ ਮੁੱਕਤ ਰੂਪ ਨਾਲ ਗੁਰੂਤਾ ਬਲ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨਾਲ ਰੱਸੀ ਤੋਂ ਡਿਗਦਾ ਹੈ।

(ਰੱਸੀ ਦੇ ਪੁੰਜ ਨਕਾਰ ਦਿਉ)।



ਚਿੱਤਰ *5.20*

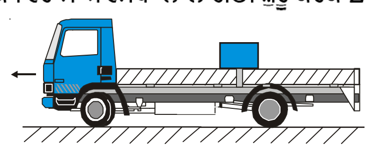
5.34 ਦੋ ਪਿੰਡ A ਅਤੇ B, ਜਿਹਨਾਂ ਦਾ ਵਾਰੀ ਸਿਰ ਪੁੰਜ 5 kg ਅਤੇ 10 kg ਹੈ, ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦੇ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਮੇਜ਼ ਤੇ ਕਿਸੇ ਦ੍ਰਿੜ (rigid) ਕੰਧ ਨਾਲ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਹਨ। (ਚਿੱਤਰ 5.21)। ਪਿੰਡਾਂ ਅਤੇ ਮੇਜ਼ ਵਿੱਚ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ 0.15 ਹੈ। 200 N ਦਾ ਕੋਈ ਬਲ ਖਿਤਜੀ ਦਿਸ਼ਾ ਵਿੱਚ ਪਿੰਡ A ਤੇ ਲਗਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। (a) ਕੰਧ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ, ਅਤੇ (b) A ਅਤੇ B ਦੇ ਵਿੱਚ ਕਿਰਿਆ-ਪ੍ਰਤੀਕਿਰਿਆ ਬਲ ਕੀ ਹੈ ? ਕੰਧ ਨੂੰ ਹਟਾ ਦੇਣ ਤੇ ਕੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ? ਜੇ ਪਿੰਡ ਗਤੀਸ਼ੀਲ ਹੈ ਤਾਂ ਕੀ (b) ਦਾ ਉੱਤਰ ਬਦਲ ਜਾਵੇਗਾ। μ_s ਅਤੇ μ_k ਵਿੱਚਲੇ ਅੰਤਰ ਨੂੰ ਬੇਧਿਆਨਾ ਕਰ ਦਿਓ।



ਚਿੱਤਰ **5.21**

5.35 15 kg ਪੁੰਜ ਦਾ ਕੋਈ ਗੁਟਕਾ ਕਿਸੇ ਲੰਬੀ ਟਰਾਲੀ ਤੇ ਰੱਖਿਆ ਹੈ। ਗੁਟਕੇ ਅਤੇ ਟਰਾਲੀ ਵਿੱਚ ਸਥਿਤਿਕ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ 0.18 ਹੈ। ਟਰਾਲੀ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਤੋਂ 20 s ਤੱਕ 0.5 ms^{-2} ਦੇ ਪ੍ਰਵੇਗ ਨਾਲ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੋ ਕੇ ਇੱਕ-ਸਮਾਨ (uniform) ਵੇਗ ਨਾਲ ਗਤੀ ਕਰਨ ਲਗਦੀ ਹੈ। (a) ਧਰਤੀ ਤੇ ਸਥਿਰ ਖੜ੍ਹੇ ਕਿਸੇ ਪ੍ਰੇਖਕ ਨੂੰ, ਅਤੇ (b) ਟਰਾਲੀ ਦੇ ਨਾਲ ਗਤੀਮਾਨ ਕਿਸੇ ਹੋਰ ਪ੍ਰੇਖਕ ਨੂੰ ਗੁਟਕੇ ਦੀ ਗਤੀ ਕਿਹੋ-ਜਿਹੀ ਲੱਗੇਗੀ, ਇਸਦੀ ਚਰਚਾ ਕਰੋ।

5.36 ਚਿੱਤਰ 5.22 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਅਨੁਸਾਰ ਕਿਸੇ ਟਰੱਕ ਦਾ ਪਿੱਛਲਾ ਭਾਗ ਖੁੱਲ੍ਹਾ ਹੈ ਅਤੇ 40 kg ਪੁੰਜ ਦਾ ਇੱਕ ਸੰਦੂਕ ਖੁੱਲ੍ਹੇ ਸਿਰੇ ਤੋਂ 5 m ਦੂਰੀ ਤੇ ਰੱਖਿਆ ਹੈ। ਟਰੱਕ ਦਾ ਫਰਸ਼ ਅਤੇ ਸੰਦੂਕ ਦੇ ਵਿੱਚ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ 0.15 ਹੈ। ਕਿਸੇ ਸਿੱਧੀ ਸੜਕ ਤੇ ਟਰੱਕ ਵਿਰਾਮ ਅਵਸਥਾ ਨਾਲ ਗਤੀ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰਕੇ 2 ms^{-2} ਨਾਲ ਪ੍ਰਵੇਗਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਅੰਰਭਿਕ ਬਿੰਦੂ ਤੋਂ ਕਿੰਨੀ ਦੂਰੀ ਚੱਲਣ ਤੇ ਉਹ ਸੰਦੂਕ ਟਰੱਕ ਤੋਂ ਹੇਠਾਂ ਡਿੱਗ ਜਾਵੇਗਾ (ਸੰਦੂਕ ਦੇ ਸਾਈਜ਼ ਨੂੰ ਨਕਾਰ ਦਿਉ)


ਚਿੱਤਰ **5.22**

5.37 15 cm ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦਾ ਕੋਈ ਵਡਾ ਗ੍ਰਾਮੋਫੋਨ ਰਿਕਾਰਡ $33\frac{1}{3}$ rev/min ਦੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਘੁੰਮ ਰਿਹਾ ਹੈ। ਰਿਕਾਰਡ ਤੇ ਉਸਦੇ ਕੇਂਦਰ ਤੋਂ 4 cm ਅਤੇ 14 cm ਦੀਆਂ ਦੂਰੀਆਂ ਤੇ ਦੋ ਸਿੱਕੇ ਰੱਖੇ ਗਏ ਹਨ। ਜੇ ਸਿੱਕਾ ਅਤੇ ਰਿਕਾਰਡ ਦੇ ਵਿੱਚ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ 0.15 ਹੈ ਤਾਂ ਕਿਹੜਾ ਸਿੱਕਾ ਰਿਕਾਰਡ ਦੇ ਨਾਲ ਪਰਿਕਰਮਾ ਕਰੇਗਾ ?

5.38 ਤੁਸੀਂ ਸਰਕਸ ਵਿੱਚ "ਮੌਤ ਦਾ ਖੂਹ" (ਇੱਕ ਖੋਖਲਾ ਜਾਲੀਦਾਰ ਗੋਲ ਚੈਂਬਰ ਤਾਕਿ ਉਸ ਅੰਦਰ ਹੋ ਰਹੇ ਕਿਰਿਆਕਲਾਪਾਂ ਨੂੰ ਦਰਸ਼ਕ ਦੇਖ ਸਕਣ) ਵਿੱਚ ਮੋਟਰ-ਸਾਇਕਲ ਸਵਾਰ ਨੂੰ ਲੰਬੇਦਾਅ (vertical) ਲੂਪ ਵਿੱਚ ਮੋਟਰ-ਸਾਇਕਲ ਚਲਾਉਂਦੇ ਹੋਏ ਦੇਖਿਆ ਹੋਵੇਗਾ। ਸਪੱਸ਼ਟ ਕਰੋ ਕਿ ਉਹ ਮੋਟਰ-ਸਾਇਕਲ ਸਵਾਰ ਹੇਠਾਂ ਵਲੋਂ ਕੋਈ ਸਹਾਰਾ ਨਾ ਹੋਣ ਤੇ ਵੀ ਗੋਲੇ ਦੇ ਸਭ ਤੋਂ ਉਚਾਈ ਵਾਲੇ ਬਿੰਦੂ (highest point) ਤੋਂ ਨੀਚੇ ਕਿਉਂ ਨਹੀਂ ਡਿਗਦਾ ? ਜੇ ਚੈਂਬਰ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ (radius) 25 m ਹੋਵੇ, ਤਾਂ ਲੰਬੇਦਾਅ ਲੂਪ ਨੂੰ ਪੂਰਾ ਕਰਨ ਲਈ ਮੋਟਰ-ਸਾਇਕਲ ਦੀ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਚਾਲ ਕਿੰਨੀ ਹੋਣੀ ਚਾਹੀਦੀ ਹੈ ?

5.39 70 kg ਪੁੰਜ ਦਾ ਕੋਈ ਵਿਅਕਤੀ, ਆਪਣੇ ਖੜ੍ਹੇਦਾਅ ਧੁਰੇ (vertical axis) ਤੇ 200 rev/min ਦੀ ਚਾਲ ਨਾਲ ਘੁੰਮਦੇ ਹੋਏ, 3 m ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵਾਲੇ ਕਿਸੇ ਵੇਲਨਾਕਾਰ (cylinderical) ਡਰੱਮ ਦੀ ਅੰਦਰਲੀ ਕੰਧ ਨਾਲ ਉਸਦੇ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਖੜ੍ਹਾ ਹੈ। ਕੰਧ ਅਤੇ ਉਸਦੇ ਕੱਪੜਿਆਂ ਵਿੱਚ ਰਗੜ ਗੁਣਾਂਕ 0.15 ਹੈ। ਕੰਧ ਦੀ ਉਹ ਘੱਟ ਤੋਂ ਘੱਟ ਘੁੰਮਣ ਚਾਲ (rotational speed) ਪਤਾ ਕਰੋ, ਜਿਸ ਨਾਲ ਫਰਸ਼ ਨੂੰ ਇਕਦਮ ਹਟਾ ਲੈਣ ਤੇ ਵੀ, ਉਹ ਵਿਅਕਤੀ ਬਿਨਾਂ ਡਿਗੇ ਦਿਵਾਰ ਨਾਲ ਚਿਪਕਿਆ ਰਹਿ ਸਕੇ।

5.40 R ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੀ ਪਤਲੀ ਚੱਕਰਾਕਾਰ ਤਾਰ ਆਪਣੇ ਖੜ੍ਹੇਦਾਅ (vertical) ਵਿਆਸ ਦੇ ਆਲ਼ੇ- ਦੁਆਲ਼ੇ ਕੋਣੀ ਆਵ੍ਰਿਤੀ (angular frequency) W ਨਾਲ ਘੁੰਮ ਰਹੀ ਹੈ। ਇਹ ਦਰਸਾਉ ਕਿ ਇਸ ਤਾਰ ਵਿੱਚ ਪਾਇਆ ਕੋਈ ਮਣਕਾ $W \le \sqrt{g/R}$ ਦੇ ਲਈ ਆਪਣੇ ਸਭ ਤੋਂ ਹੇਠਲੇ ਬਿੰਦੂ (lowest point) ਤੇ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ। $W = \sqrt{2g/R}$ ਦੇ ਲਈ, ਕੇਂਦਰ ਨਾਲ ਮਣਕੇ ਨੂੰ ਜੋੜਨ ਵਾਲਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਵੈਕਟਰ (radius vector), ਹੇਠਾਂ ਵਲ ਨੂੰ ਖੜ੍ਹੇਦਾਅ ਦਿਸ਼ਾ (vertical downward) ਨਾਲ ਕਿੰਨਾਂ ਕੋਣ ਬਣਾਉਂਦਾ ਹੈ। (ਰਗੜ ਨੂੰ ਨਕਾਰਨਯੋਗ ਮੰਨੋ)

*****