CHAPTER - 4 Laws of Motion गति के नियम

Inertia:-

The property of an object by virtue of which it cannot change its state of rest or of uniform motion along a straight line on its own, is called inertia. Greater the mass of a body greater will be its inertia and vice-versa.

जड़ता:-

किसी वस्तु का वह गुण जिसके कारण वह अपनी विश्राम अवस्था या एक सीधी रेखा में एकसमान गति की स्थिति को स्वयं नहीं बदल सकती, जड़त्व कहलाती है। किसी पिंड का द्रव्यमान जितना अधिक होगा उसकी जड़ता उतनी ही अधिक होगी और इसके विपरीत किसी पिंड का द्रव्यमान जितना कम होगा उसकी जड़ता उतनी ही कम होगी ।

Force:-

Force is a push or pull which changes or tries to change the state of rest, the state of uniform motion, size or shape of a body. Its SI unit is Newton (N) and its dimensional formula is $[MLT^{-2}]$.

Forces can be categorised into two types:

(i) Contact Forces-Frictional force, tensional force, spring force, normal force etc are the contact forces.

(ii) Distant Forces (Field Forces) - Electro-static force, gravitational force, magnetic force etc

बल:-

बल एक धक्का या खिंचाव है जो किसी पिंड की विराम की स्थिति, एकसमान गति की स्थिति, आकार या आकृति को बदलता है या बदलने की कोशिश करता है। इसकी SI इकाई न्यूटन (N) है और इसका विमीय सूत्र $[MLT^{-2}]$ है।

बलों को दो प्रकारों में वर्गीकृत किया जा सकता है:

(i) संपर्क बल- घर्षण बल, तनाव बल, स्प्रिंग बल, अभिलम्ब बल आदि संपर्क बल हैं।

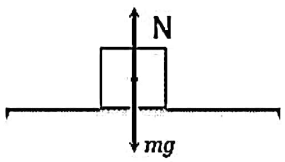
(ii) दूरस्थ बल (क्षेत्र बल) - स्थिर वैधुत बल, गुरुत्वाकर्षण बल, चुंबकीय बल आदि।

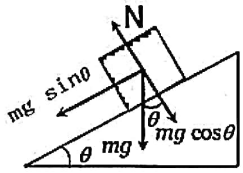
Common Forces in Mechanics:-

Weight (w):-

It is a field force. It is the force with which a body is pulled towards the centre of the earth due to gravity. It has the magnitude w = mg, where m is the mass of the body and g is the acceleration due to gravity.

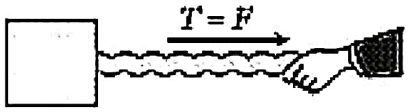
Normal Reaction(N):-





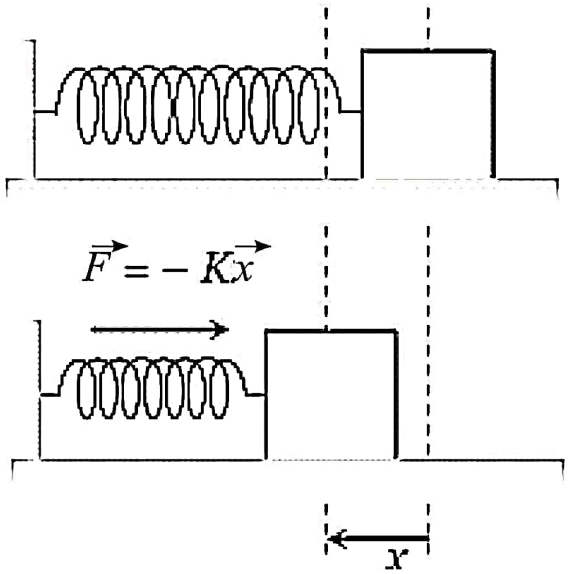
It is a contact force. It is the force between two surfaces in contact, which is always perpendicular to the surfaces in contact.

Tension(T):-



The force exerted by the end of a taut string, rope or chain against pulling force is called the tension. The direction of tension is so as to pull the body.

Spring force:-



Every spring resists any attempt to change its length. This resistive force increases with change in length. Spring force is given by $\vec{F} = -k\vec{x}$; where $\vec{x}$ is the change in length and K is the spring constant (unit N/m).

यांत्रिकी में सामान्य बल: -

भार (w): -

यह एक क्षेत्र बल है। यह वह बल है जिससे एक वस्तु को गुरुत्वाकर्षण के कारण पृथ्वी केंद्र की ओर खींचता

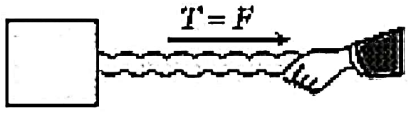
है। इसका परिमाण w = mg है, जहां m शरीर का द्रव्यमान है और g गुरुत्वाकर्षण के कारण त्वरण है।

अभिलम्ब प्रतिक्रिया (N): -

यह एक संपर्क बल है। यह दो संपर्क सतहों के बीच का बल है, जो हमेशा संपर्क सतहों के लंबवत होता है।

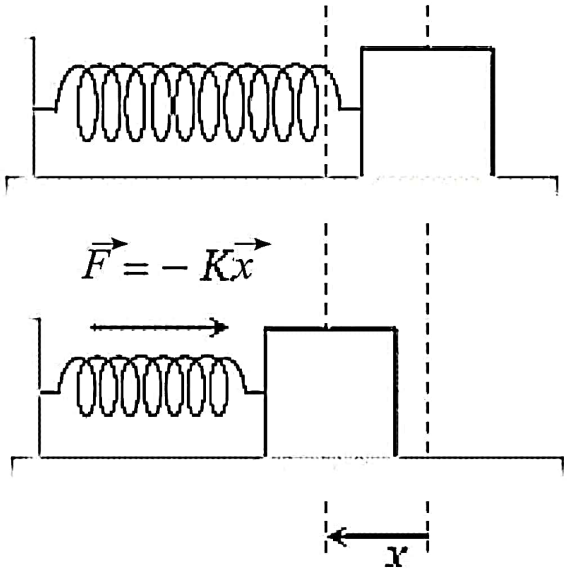
तनाव(T):-

तनी हुई रस्सी या चैन के अंत में खींचने वाले बल के विरुद्ध लगने वाला बल को तनाव कहा जाता है। तनाव की दिशा वस्तु को खींचने के लिए होती है।



स्प्रिंग बल:-

प्रत्येक स्प्रिंग अपनी लंबाई बदलने के किसी भी प्रयास का प्रतिरोध करता है। लंबाई में परिवर्तन के साथ यह प्रतिरोधक बल बढ़ जाता है। स्प्रिंग बल $\vec{F} = -k\vec{x}$ द्वारा दिया जाता है; जहां $\vec{x}$ लंबाई में परिवर्तन है और K स्प्रिंग स्थिरांक (इकाई N/m) है।



Linear Momentum :-

Linear momentum of a body is equal to the product of its mass and velocity. It is denoted by $\vec{P}$. Linear momentum, $\vec{P} = m\vec{v}$. Its S.I. unit is kg-m/s and the dimensional formula is [MLT^{-1}]. It is a vector quantity and its direction is in the direction of velocity of the body.

रेखीय संवेग :-

किसी पिंड का रैखिक संवेग उसके द्रव्यमान और वेग के गुणनफल के बराबर होता है। इसे $\vec{P}$ से दर्शाया जाता है। रैखिक संवेग, $\vec{P} = m\vec{v}$ होती है । इसकी S.I. इकाई kg-m/s और विमीय सूत्र [MLT^{-1}] है । यह एक सदिश राशि है और इसकी दिशा पिंड के वेग की दिशा में होती है।

Impulsive Force:-

A force which acts on a body for a short interval of time and produces a large change in momentum is called an impulsive force.

आवेगी बल:-

वह बल जो किसी पिंड पर थोड़े समय के अंतराल के लिए कार्य करता है और संवेग में बड़ा परिवर्तन उत्पन्न करता है, आवेगी बल कहलाता है।

Impulse:-

The product of impulsive force and time for which it acts is called impulse.

Impulse = Force x Time = Change in momentum

Its S.I. unit is newton-second (N-s) or kg-m/s and its dimensional formula is [MLT^{-1}]. Impulse is also equal to change in momentum of the object. It is a vector quantity and its direction is in the direction of force.

आवेग:-

आवेगी बल और समय जिसके लिए वह कार्य करता है का गुणनफल आवेग कहलाता है।

आवेग = बल x समय = संवेग में परिवर्तन

इसकी S.I. इकाई न्यूटन-सेकंड (N-s) या kg-m/s होता है और इसका विमीय सूत्र [MLT^{-1}] होता है। आवेग वस्तु के संवेग में परिवर्तन के भी बराबर भी होता है। यह एक सदिश राशि है और इसकी दिशा बल की दिशा में होती है।

Newton's Laws of Motion:-

1. Newton's First Law of Motion:- A body continues to be in its state of rest or in uniform motion along a straight line unless an external force is applied on it. This law is also called the law of inertia.

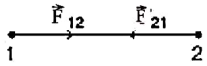
2. Newton's Second Law of Motion:- The rate of change of linear momentum is proportional to the applied force and change in momentum takes place in the direction of applied force

i.e , $F \propto \frac{dp}{dt} \Rightarrow F = k\frac{d}{dt}(mv)$

where, k is a constant of proportionality and its value is one in S.I. and C.G.S. system

$$F = \frac{mdv}{dt} = ma$$

3. Newton's Third Law of Motion: For every action there is an equal and opposite reaction.



Mathematically, $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

न्यूटन के गति के नियम:-

1. न्यूटन के गति का प्रथम नियम:- कोई वस्तु तब तक स्थिर अवस्था में या एक सीधी रेखा में एकसमान गति में बनी रहती है जब तक उस पर कोई बाहरी बल न लगाया जाए। इस नियम को जड़त्व का नियम भी कहा जाता है।

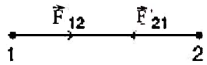
2. न्यूटन के गति का दूसरा नियम:- रैखिक संवेग में परिवर्तन की दर लगाए गए बल के समानुपाती होती है और संवेग में परिवर्तन लगाए गए बल की दिशा में होता है

अर्थात, $F \propto \frac{dp}{dt} \Rightarrow F = k\frac{d}{dt}(mv)$

जहाँ, k समानुपातीक स्थिरांक है और इसका मान S.I. और C.G.S. में एक होता है।

$$F = \frac{mdv}{dt} = ma$$

3. न्यूटन के गति का तीसरा नियम: प्रत्येक क्रिया के लिए एक समान और विपरीत प्रतिक्रिया होती है।



गणितीय रूप से, $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

Equilibrium of a Particle :-

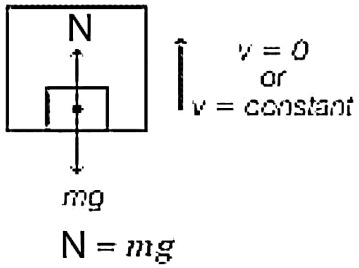
When the vector sum of the forces acting on a body is zero, then the body is said to be in equilibrium.

एक कण का संतुलन :-

जब किसी पिंड पर कार्य करने वाले बलों का सदिश योग शून्य होता है, तो पिंड को संतुलन में कहा जाता है।

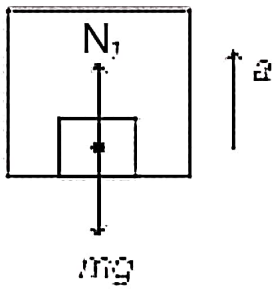
Apparent Weight in a Lift:-

(i) When a lift is at rest or moving with a constant speed, then N = mg The weighing machine will read the actual weight.

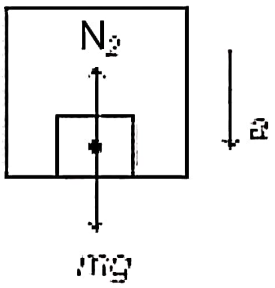


$N = mg$

(ii) When a lift is accelerating upward, the apparent weight $N_1 = m(g + a)$ The weighing machine will read the apparent weight, which is more than the actual weight.



(iii) When a lift is accelerating downward, then apparent weight $N_2 = m (g - a)$ The weighing machine will read the apparent weight, which is less than the actual weight.

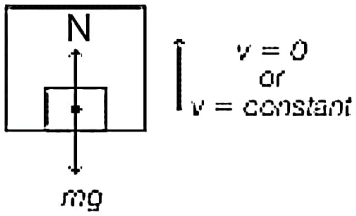


(iv) When lift is falling freely under gravity, then $N_2 = m (g - g) = 0$ The apparent weight of the body becomes zero.

(v) If the lift is accelerating downward with an acceleration greater than g, then the body will be lifted from floor to ceiling of the lift.

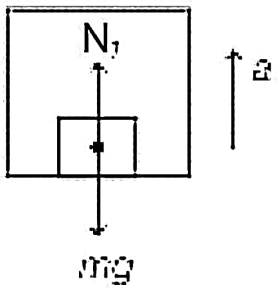
लिफ्ट में अभाषी वजन:-

(i) जब एक लिफ्ट विराम या स्थिर गति से चलती है, तो N = mg होगा | अतः वजन मशीन वास्तविक वजन दर्शायेगा ।

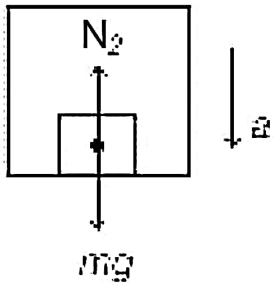


$N = mg$

(ii) जब लिफ्ट ऊपर की ओर बढ़ रही है, तो अभाषी वजन $N_1 = m(g + a)$ होगा | अतः वजन मशीन वास्तविक वजन से अधिक अभाषी वजन वजन दर्शायेगा |



(iii) जब लिफ्ट नीचे की ओर बढ़ रही है, तो अभाषी वजन $N_2 = m(g-a)$ होगा | अतः वजन मशीन वास्तविक वजन से कम अभाषी वजन वजन दर्शायेगा |



(iv) जब लिफ्ट गुरुत्वाकर्षण के तहत स्वतंत्र रूप से गिर रही है, तो $N_2 = m(g-g) = 0$ होगा | अतः वजन मशीन अभाषी वजन को शून्य दर्शायेगा |

(v) यदि लिफ्ट g से अधिक त्वरण के साथ नीचे की ओर गिर रही है, तो वस्तु लिफ्ट की फर्श से उठकर छत में टकरा जाएगा।

Law of Conservation of Linear Momentum:-

If no external forces acts on a system, then its total linear momentum remains conserved.

Application of Conservation of Linear Momentum:-

i) Recoil of gun - when bullet is fired in the forward direction gun recoils in the backward direction.

ii) When a person jumps on the boat from the shore of a river, the boat along with the person on it moves in the forward direction.

iii) When a person on the boat jumps towards the shore of the river, the boat starts moving in the backward direction.

iv) In rocket propulsion gases ejected out due to which the rocket is propelled up in upward direction.

रेखीय संवेग के संरक्षण का नियम:-

यदि किसी निकाय पर कोई बाहरी बल कार्य नहीं करता है, तो उसका कुल रैखिक संवेग संरक्षित रहता है।

रैखिक संवेग के संरक्षण का अनुप्रयोग:-

i) बंदूक का पुनरावृत्ति - जब गोली आगे की दिशा में दागी जाती है तो बंदूक पीछे की दिशा में पीछे हट जाती है।

ii)जब कोई व्यक्ति नदी के किनारे से नाव पर कूदता है, तो उस पर सवार व्यक्ति के साथ नाव आगे की दिशा में चलती है।

iii)जब नाव पर सवार कोई व्यक्ति नदी के किनारे की ओर कूदता है, तो नाव पीछे की दिशा में चलना शुरू कर देती है।

iv) रॉकेट में प्रणोदन गैसों के बाहर निकालने के कारण रॉकेट ऊपर की दिशा में उठता है।

Friction:-

A force acting on the point of contact of the objects, which opposes the relative motion is called friction. It acts parallel to the contact surfaces. Frictional forces are produced due to intermolecular interactions acting between the molecules of the bodies in contact. Friction is of three types:

1. Static Friction 2. Limiting Friction
3. Kinetic Friction

घर्षण:-

वस्तुओं के संपर्क बिंदु पर लगने वाला बल, जो सापेक्ष गति का विरोध करता है, घर्षण कहलाता है। यह संपर्क सतहों के समानांतर कार्य करता है। घर्षण बल संपर्क में आने वाले पिंडों के अणुओं के बीच कार्य करने वाली अंतर-आणविक अंतःक्रियाओं के कारण उत्पन्न होते हैं। घर्षण तीन प्रकार का होता है।

1. स्थैतिक घर्षण 2. सीमान्त घर्षण
3. गतिज घर्षण

1. Static Friction:-

It is an opposing force which comes into play when one body tends to move over the surface of the other body but actual motion is not taking place. Static friction is a self-adjusting force which increases as the applied force is increased.

1. स्थैतिक घर्षण:-

यह एक विरोधी बल है जो तब काम में आती है जब एक पिंड दूसरे पिंड की सतह पर गति करने का प्रयाश करता है लेकिन वास्तविक गति नहीं हो रही होती है। स्थैतिक घर्षण एक स्व-समायोजन बल है जो आरोपित बल के बढ़ने पर बढ़ता है।

2. Limiting Friction:-

It is the maximum value of static friction when the body is at the verge of starting motion.

Limiting friction- $f_{s(max)} = \mu_s N$

where, μ_s= coefficient of limiting friction and N = normal reaction.

Limiting friction do not depend on area of contact surfaces but depends on their nature, i.e. smoothness or roughness

2. सीमान्त घर्षण (स्थैतिक घर्षण का सीमान्त मान) :-

यह स्थैतिक घर्षण का अधिकतम मान है जब पिंड गति शुरू करने के कगार पर होता है।

सीमान्त घर्षण , $f_{s(max)} = \mu_s N$

जहाँ , μ_s = स्थैतिक घर्षण का सीमान्त मान का गुणांक और N = अभिलम्ब बल है।

स्थैतिक घर्षण का सीमान्त मान संपर्क सतहों के क्षेत्रफल पर निर्भर नहीं करता है बल्कि उनकी प्रकृति, यानी चिकनाई या खुरदरापन पर निर्भर करता है|

3. Kinetic Friction:-

It is an opposing force that comes into existence when one object is actually moving over the surface of another object.

Kinetic friction (f_k) = $\mu_k N$

where, μ_k = coefficient of kinetic friction and N = normal reaction.

Kinetic friction is of two types:-

(a) Sliding friction

(b) Rolling friction

As, rolling friction < sliding friction, therefore it is easier to roll a body than to slide

3. गतिज घर्षण:-

यह एक विरोधी बल है जो तब अस्तित्व में आती है जब एक वस्तु वास्तव में दूसरी वस्तु की सतह पर घूम रही होती है।

गतिज घर्षण (f_k) = $\mu_k N$

जहां, जहाँ μ_k = गतिज घर्षण का गुणांक और N = अभिलम्ब बल है।

गतिज घर्षण दो प्रकार का होता है:-

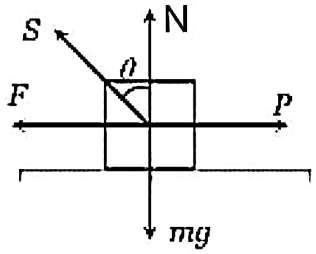
(a) सर्पी घर्षण

(b) लोटनिक घर्षण

चूंकि, लोटनिक घर्षण < सर्पी घर्षण, इसलिए किसी पिंड को फिसलने की तुलना में रोल करना आसान होता है।

Angle of Friction(θ):-

Angle of friction may be defined as the angle which the resultant (S) of limiting friction (F) and normal reaction (N) makes with the normal reaction(N).

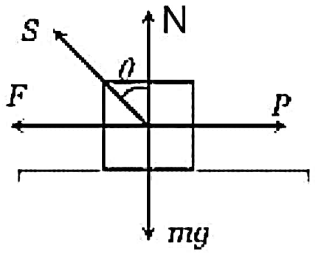


The coefficient of static friction is equal to the tangent of the angle of friction.

i.e. $\mu_s = \tan\theta$

घर्षण कोण(θ):-

घर्षण कोण को उस कोण के रूप में परिभाषित किया जा सकता है जो सीमान्त घर्षण (F) और अभिलम्ब बल(N) के सयोंजन से प्राप्त परिणामी प्रतिक्रिया (S) अभिलम्ब बल (N) के साथ बनता है।

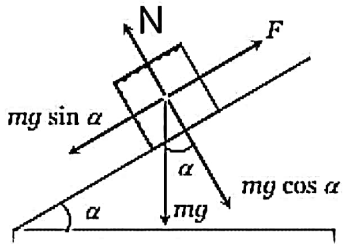


स्थैतिक घर्षण का गुणांक घर्षण कोण की स्पर्शज्या के बराबर होता है।

अर्थात, $\mu_s = \tan\theta$

Angle of Repose(α):-

It is the minimum angle of inclination of a plane with the horizontal, such that a body placed on it, just begins to slide down. If angle of repose is α and coefficient of limiting friction is μ_s, then $\mu_s = \tan\alpha$



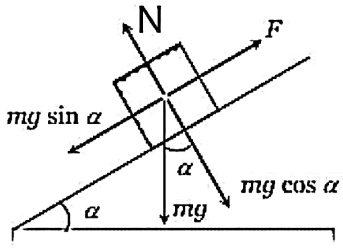
The coefficient of limiting friction is equal to the tangent of angle of repose.i.e, $\mu_s = \tan\alpha$

As well as:-

angle of repose(α) = angle of friction(θ)

विराम कोण(α):-

यह क्षैतिज के साथ एक नत समतल के झुकाव का न्यूनतम कोण है, जिससे की उस पर रखा गया एक पिंड, स्वयं ही नीचे की ओर फिसलना शुरू कर देता है। यदि विराम कोण α है और सीमान्त घर्षण का गुणांक μ_s हो तो $\mu_s = \tan\alpha$ होगा |

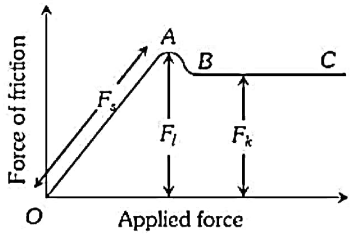


सीमान्त घर्षण का गुणांक विराम कोण की स्पर्शज्या के बराबर होती हैं | अर्थात, $\mu_s = \tan\alpha$

साथ ही:-

विराम कोण(α) = घर्षण कोण(θ)

Graph between Applied Force and Force of Friction:-



(1) Part OA = static friction (F_s).

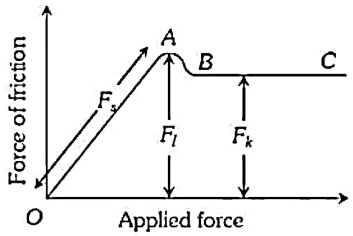
(2) At point A = limiting friction (F_l).

(3) Beyond A, the force of friction is seen to decrease slightly.

(4) The portion BC = kinetic friction (F_k).

(5) As the portion BC of the curve is parallel to the x-axis therefore kinetic friction does not change with the applied force.

प्रयुक्त बल और घर्षण बल के बीच का ग्राफ:-



(1) भाग OA = स्थैतिक घर्षण (F_s)

(2) बिंदु A पर = सीमान्त घर्षण (F_l)

(3) A से परे, घर्षण बल थोड़ा कम होता हुआ देखा जाता है |

(4) भाग BC = गतिज घर्षण (F_k)

(5) चूंकि वक्र का भाग BC x-अक्ष के समानांतर है, इसलिए गतिज घर्षण प्रयुक्त बल के साथ नहीं बदलता है।

Advantages of friction:-

(i) Walking is possible due to friction.

(ii) Two bodies stick together due to friction.

(iii) Brake works on the basis of friction.

(iv) Writing is not possible without friction.

घर्षण के लाभ:-

(i) घर्षण के कारण चलना संभव है।

(ii) घर्षण के कारण दो पिंड आपस में चिपक जाते हैं।

(iii) ब्रेक घर्षण के आधार पर कार्य करता है।

(iv) घर्षण के बिना लेखन संभव नहीं है।

Disadvantages of friction:-

(i) Friction always opposes the relative motion between any two bodies in contact. Therefore extra energy has to be spent in overcoming friction. This reduces the efficiency of the machine.

(ii) Friction causes wear and tear of the parts of machinery in contact. Thus their lifetime is reduced.

(iii) Kinetic friction wastes energy in the form of heat, light and sound.

(iv) A part of fuel energy is consumed in overcoming the friction acting within the various parts of machinery.

घर्षण के नुकसान:-

(i) घर्षण हमेशा संपर्क में किसी भी दो पिंडों के बीच सापेक्ष गति का विरोध करता है। इसलिए घर्षण पर काबू पाने में अतिरिक्त ऊर्जा खर्च करनी पड़ती है। इससे मशीन की कार्य क्षमता कम हो जाती है।

(ii) घर्षण के कारण संपर्क में आने वाली मशीनरी के भागों में टूट-फूट होती है। इस प्रकार उनका जीवनकाल कम हो जाता है।

(iii) गतिज घर्षण गर्मी, प्रकाश और ध्वनि के रूप में ऊर्जा बर्बाद करता है।

(iv) ईंधन ऊर्जा का एक हिस्सा मशीनरी के विभिन्न भागों के भीतर कार्य करने वाले घर्षण पर काबू पाने में खपत होता है |

Methods to Reduce Friction :-

i) By polishing - Polishing makes the surface smooth and reduces friction.

ii) By proper selection of material - Since friction depends upon the nature of material used hence it can be largely reduced by proper selection of materials.

iii) By lubricating - When oil or grease is placed between the two surfaces in contact, it prevents the surface from coming in actual contact with each other. This converts solid friction into liquid friction which is very small.

iv) By using ball bearings.

घर्षण को कम करने के तरीके :-

i) पॉलिश करके - पॉलिश करने से सतह चिकनी हो जाती है और घर्षण को कम हो जाता है।

ii) सामग्री के उचित चयन द्वारा - चूंकि घर्षण उपयोग की गई सामग्री की प्रकृति पर निर्भर करता है इसलिए सामग्री के उचित चयन से काफी हद तक

घर्षण को कम किया जा सकता है।

iii) चिकनाई द्वारा - जब तेल या ग्रीस को दो संपर्क सतहों के बीच में रखा जाता है, तो यह सतहों को एक दूसरे के वास्तविक संपर्क में आने से रोकता है। यह ठोस घर्षण को तरल घर्षण में परिवर्तित करता है जो बहुत कम होता है।

iv) बॉल बेयरिंग का उपयोग करके।

Reference Frame:-

A frame in which an observer is situated and makes his observations is known as his 'Reference Frame'.The reference frame is associated with a coordinate system and a clock to measure the position and time of events happening in space. We can describe all the physical quantities like position, velocity, acceleration etc. of an object in this Reference Frame.

निर्देश फ्रेम :-

वह फ्रेम जिसमें एक पर्यवेक्षक स्थित होता है और अवलोकन करता है, उसे 'निर्देश फ्रेम ' के रूप में जाना जाता है। निर्देश फ्रेम अंतरिक्ष में होने वाली घटनाओं की स्थिति और समय को मापने के लिए एक कोआर्डिनेट एक्सिस और एक घड़ी से जुड़ा हुआ होता है। हम इस निर्देश फ्रेम में किसी वस्तु की सभी भौतिक राशियों जैसे स्थिति, वेग, त्वरण आदि का वर्णन कर सकते हैं।

Frame of reference are of two types:-

(i) Inertial frame of reference:- A frame of reference which is at rest or which is moving with a uniform velocity along a straight line is called an inertial frame of reference.In inertial frame of reference Newton's laws of motion holds good.

(ii) Non inertial frame of reference :- Accelerated frames of reference are called non-inertial frames of reference.Newton's laws of motion are not applicable in non-inertial frames of reference.

निर्देश फ्रेम दो प्रकार के होते हैं:-

(i) जड़त्वीय फ्रेम :-वैसा निर्देश फ्रेम जो विराम की स्थिति में है या जो एक सीधी रेखा में एक समान वेग के साथ गमन कर रहा है, उसे जड़त्वीय फ्रेम कहा जाता है। जड़त्वीय फ्रेम में न्यूटन के गति के नियम लागू होते हैं।

(ii) अजड़त्वीय फ्रेम:-त्वरित निर्देश फ्रेम को अजड़त्वीय फ्रेम कहते हैं | अजड़त्वीय फ्रेम में न्यूटन के गति के नियम लागू नहीं होते हैं।

Pseudo Force:-

The pseudo force is an imaginary force that is applied to objects in a non-inertial frame of reference to satisfy Newton's laws of motion.It is not a real force caused by physical interactions but is introduced to explain the object's motion as if it were in an inertial frame.

$$\vec{F}_{pseudo} = - m_{sys}\, \vec{a}_{non\ inertial\ frame}$$

Negative sign implies that the direction of pseudo force is opposite to acceleration of the non inertial frame.

छद्म बल (Pseudo Force):-

छद्म बल एक काल्पनिक बल है जो गैर-जड़त्वीय फ्रेम में न्यूटन के गति के नियमों को संतुष्ट करने के लिए वस्तु पर लागू होता है। यह किसी भौतिक प्रभावों द्वारा उत्पन्न वास्तविक बल नहीं होता है, बल्कि यह वस्तु के गति को ऐसे व्याख्यान करने के लिए प्रस्तुत किया जाता है जैसे कि वो एक जड़त्वीय फ्रेम में हो।

$$\vec{F}_{pseudo} = - m_{sys}\, \vec{a}_{non-inertial\ frame}$$

ऋणात्मक संकेत का अर्थ है कि छद्म बल की दिशा अजड़त्वीय फ्रेम के त्वरण के विपरीत है।

Circular Motion:-

Circular motion is the movement of an object in a circular path.

1. Uniform Circular Motion:- Any body that moves in the circular path with a constant speed is said to be in uniform circular motion.
2. Non-uniform Circular Motion:-Any body that moves in the circular path with a variable speed is said to be in non-uniform circular motion.

वृतीय गति:-

वृतीय गति एक वृत्ताकार पथ में किसी वस्तु की गति को दर्शाता है।

1. समान वृतीय गति:- कोई भी वस्तु जो वृत्ताकार पथ में स्थिर गति से चलती है, उसे एक समान वृतीय गति में कहा जाता है।
2. असमान वृतीय गति:- कोई भी पिंड जो वृत्ताकार पथ में परिवर्तनीय गति से चलता है, उसे असमान वृतीय गति में कहा जाता है।

Centripetal Acceleration:-

In circular motion, an acceleration acts on the body, whose direction is always towards the centre of the path. This acceleration is called centripetal acceleration. Centripetal acceleration is also called radial acceleration as it acts along the radius of a circle. Its unit is m/s^2 and it is a vector quantity.

Centripetal acceleration-

$$a = \frac{v^2}{r} = r\omega^2$$

अभिकेन्द्री त्वरण: - वृत्तीय गति में, एक त्वरण वस्तु पर कार्य करता है, जिसकी दिशा हमेशा वृत्तीय पथ के केंद्र की ओर होती हैं। इस त्वरण को अभिकेन्द्री त्वरण

कहा जाता है। अभिकेन्द्री त्वरण को रेडियल त्वरण भी कहा जाता है क्योंकि यह वृत्त के त्रिज्या के दिशा में होता है। इसकी मात्रक m/s^2 होता है और यह एक सदिश राशि है।

अभिकेन्द्री त्वरण-

$$a = \frac{v^2}{r} = r\omega^2$$

Centripetal force:-

The force required to keep the object in a circular path is known as centripetal force. Centripetal force acts towards the centre of the circular path.

Centripetal force - $F = \frac{mv^2}{r} = mr\omega^2$

where, m = mass of the body, v = linear velocity, ω = angular velocity and r = radius.

Work done by the centripetal force is zero because the centripetal force and displacement are at right angles to each other.

अभिकेंद्रीय बल:-

वस्तु को वृत्ताकार पथ पर बनाये रखने के लिए आवश्यक बल को अभिकेंद्रीय बल के रूप में जाना जाता है। अभिकेंद्री बल वृत्ताकार पथ के केंद्र की ओर कार्य करता है।

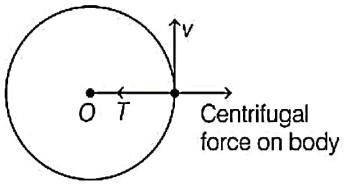
अभिकेंद्रीय बल - $F = \frac{mv^2}{r} = mr\omega^2$

जहाँ, m = वस्तु का द्रव्यमान, v = रैखिक वेग, ω = कोणीय वेग और r = त्रिज्या।

अभिकेन्द्र बल द्वारा किया गया कार्य शून्य होता है क्योंकि अभिकेन्द्र बल और विस्थापन एक दूसरे से समकोण पर होते हैं|

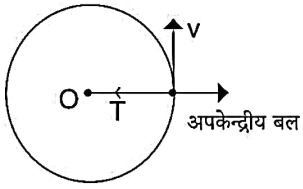
Centrifugal Force:-

It is defined as the radially directed outward force acting on a body in circular motion as observed by the person moving with the body. It is equal in magnitude but opposite in direction to centripetal force. Centrifugal force does not act on the body in an inertial frame but arises as pseudo forces in non-inertial frames

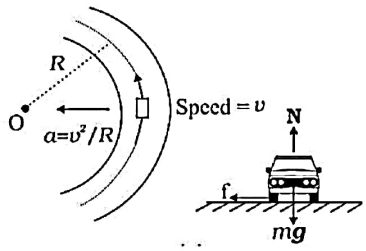


अपकेन्द्रीय बल:-

इसे वृत्तीय गति कर रहे पिंड पर रेडियल रूप से बाहर की ओर निर्देशित बल के रूप में परिभाषित किया जाता है, जैसा कि पिंड के साथ घूम रहे व्यक्ति द्वारा देखा जाता है। यह परिमाण में अभिकेन्द्रीय बल के बराबर लेकिन दिशा में अभिकेन्द्रीय बल के विपरीत होता है। अपकेन्द्रीय बल जड़त्वीय फ्रेम में पिंड पर कार्य नहीं करता है बल्कि अजड़त्वीय फ्रेम में छद्म बल के रूप में उत्पन्न होता है|



Motion of a vehicle on a level circular road:-



Three forces act on the car:

(i) The weight of the car w= mg

(ii) Normal reaction, N

(iii) Frictional force, f

As there is no acceleration in the vertical direction

N - mg = 0 $\Rightarrow$N = mg

The centripetal force required for circular motion is along the surface of the road, and is provided by the frictional force between road and the car tyres along the surface.

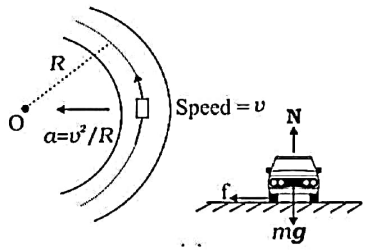
$$f = \frac{mv^2}{R} \leq \mu_s N$$

$$\Rightarrow \quad v^2 \leq \frac{\mu_s RN}{m} = \mu_s Rg$$

$$\Rightarrow \quad v_{max} = \sqrt{\mu_s Rg}$$

This gives the maximum possible speed of the car in circular motion which is independent of the mass of the car.

समतल वृत्ताकार सड़क पर वाहन की गति:-



कार पर तीन बल कार्य कर रहे हैं:-

(i) कार का वजन w= mg

(ii) अभिलम्ब , N

(iii) घर्षण बल, f

चूँकि ऊर्ध्वाधर दिशा में कोई त्वरण नहीं है अतः

N - mg = 0 ⇒N = mg

वृत्ताकार गति के लिए आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल सड़क की सतह की ओर होता है, और सतह पर सड़क और कार के टायरों के बीच घर्षण बल द्वारा प्रदान किया जाता है।

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

$$\Rightarrow \quad v^2 \leq \frac{\mu_s RN}{m} = \mu_s Rg$$

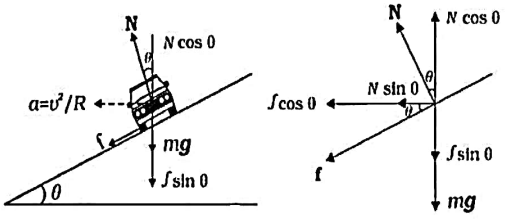
$$\Rightarrow \quad v_{max} = \sqrt{\mu_s Rg}$$

यह वृत्ताकार गति में कार की अधिकतम संभव गति दर्शाता है जो कार के द्रव्यमान से स्वतंत्र है।

Motion of a car on a banked road:-

The raising of the outer edge of a curved road above the inner edge is called banking of road.

We can reduce the contribution of friction to the circular motion of the car if the road is banked.



Since there is no acceleration along the vertical direction, the net force along this direction must be zero.Hence,

Ncosθ = mg + fsinθ .....(i)

The centripetal force is provided by the horizontal components of N and f

So,

Nsinθ + fcosθ =mv²/R .....(ii)

Also, f ≤ μsN

Thus to obtain v_{max} we put f = μsN in above equation (i) and (ii), Then above equation becomes

$$N\cos\theta = mg + \mu_s N\sin\theta \quad \text{.....(iii)}$$

$$N\sin\theta + \mu_s N\cos\theta = \frac{mv^2}{R} \quad \text{.....(iv)}$$

On solving eq (iii) we get

$$N = \frac{mg}{\cos\theta - \mu_s \sin\theta} \quad \text{.....(v)}$$

Substituting the value of N in equation (iv) we get

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

$$\Rightarrow v^2_{max} = Rg\frac{\mu_s + \tan\theta}{1 - \mu_s\tan\theta}$$

$$\Rightarrow v_{max} = \sqrt{Rg\frac{\mu_s + \tan\theta}{1 - \mu_s\tan\theta}}$$

Special cases

(i) If there is no friction then μs = 0, then-

$$v_{max} = \sqrt{Rg\tan\theta}$$

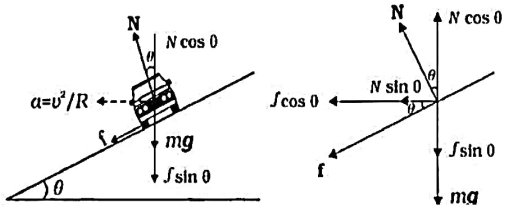
(ii) If θ= 0°, then-

$$v_{max} = \sqrt{Rg\mu_s}$$

ढाल (बैंकिंग) वाली सड़क पर एक कार की गति:-

घुमावदार सड़क के बाहरी किनारे को भीतरी किनारे की तुलना में ऊपर उठाने को सड़क की बैंकिंग कहा जाता है।

सड़क की ढाल के द्वारा हम कार की वृतीय गति में घर्षण के योगदान को कम कर सकते हैं।



चूँकि ऊर्ध्वाधर दिशा में कोई त्वरण नहीं है, अतः इस दिशा में कुल बल शून्य होना चाहिए।

इसलिय ,

Ncosθ = mg + fsinθ .....(i)

अभिकेन्द्रीय बल N और f के क्षैतिज घटकों द्वारा प्रदान किया जाता है

इसलिय,

Nsinθ + fcosθ =mv²/R .....(ii)

और, f ≤ μsN

इस प्रकार v_{max} प्राप्त करने के लिए हम उपर्युक्त समीकरण (i) और (ii) में f = μsN रख सकते है| जिससे उपरोक्त समीकरण को निम्न रूप से लिखा जा सकता हैं |

$$N\cos\theta = mg + \mu_s N\sin\theta \quad \text{.....(iii)}$$

$$N\sin\theta + \mu_s N\cos\theta = \frac{mv^2}{R} \quad \text{.....(iv)}$$

समीकरण (iii) को हल करने पर हम पाते हैं -

$$N = \frac{mg}{\cos\theta - \mu_s\sin\theta} \quad \text{.....(v)}$$

समीकरण (iv) में N का मान रखने पर हम पाते हैं की

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

$$\Rightarrow v^2_{max} = Rg\frac{\mu_s + \tan\theta}{1 - \mu_s\tan\theta}$$

$$\Rightarrow v_{max} = \sqrt{Rg\frac{\mu_s + \tan\theta}{1 - \mu_s\tan\theta}}$$

विशेष स्थितियां

(i) यदि कोई घर्षण नहीं हो तो $\mu_s = 0$ होगा |

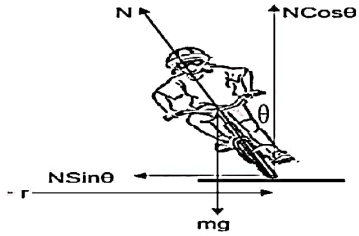
$$\therefore \quad v_{max} = \sqrt{Rg\tan\theta}$$

(ii) यदि $\theta = 0^\circ$ हो तो-

$$v_{max} = \sqrt{Rg\mu_s}$$

Motion of a Cyclist on a curved Path:-

When a cyclist takes a turn at the road, he inclines himself from the vertical, slows down his speed and moves on a circular path of larger radius. The angle by which a cyclist bends while negotiating a curved path path is given by -



Since there is no acceleration along the vertical direction, the net force along this direction must be zero.Hence,

$N\cos\theta - mg = 0 \Rightarrow N\cos\theta = mg$.....(I)

Component of N in horizontal direction provides centripetal force so,

$N\sin\theta = mv^2/r$ .....(ii)

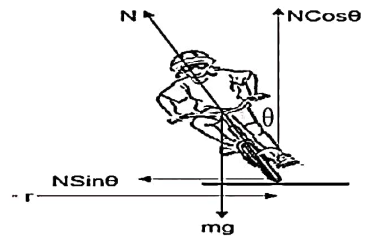
Dividing eq (ii) by eq(i) we get-

$\tan\theta = v^2/rg$

$\Rightarrow \quad \theta = \tan^{-1}(v^2/rg)$

घुमावदार पथ पर एक साइकिल चालक की गति:-

जब एक साइकिल चालक सड़क पर मुड़ता है, तो वह खुद को ऊर्ध्वाधर से झुकाता है, अपनी गति धीमी कर देता है और बड़े त्रिज्या के गोलाकार पथ पर चलता है। वह कोण जिससे साइकिल चालक घुमावदार पथ पर चलते समय झुकता है उसे निम्न प्रकार से दर्शाया जा सकता है -



चूंकि ऊर्ध्वाधर दिशा के साथ कोई त्वरण नहीं है, इसलिए इस दिशा में शुद्ध बल शून्य होना चाहिए।

अतः,

$N\cos\theta - mg = 0 \Rightarrow N\cos\theta = mg$.....(I)

क्षैतिज दिशा में N का घटक अभिकेंद्रक बल प्रदान करता है, इसलिए,

$N\sin\theta = mv^2/r$ .....(ii)

समीकरण (ii) को समीकरण (i) से विभाजित करने पर हमें प्राप्त होता है-

$\tan\theta = v^2/rg$

$\Rightarrow \quad \theta = \tan^{-1}(v^2/rg)$

MULTIPLE CHOICE QUESTIONS:
बहुविकल्पीय प्रश्न:

1. Newton's first law of motion is also known as -

a. Gravity
b. Vertical motion
c. The law of inertia
d. The law of conservation of momentum

न्यूटन के गति के प्रथम नियम को इस नाम से भी जाना जाता है -

a. गुरुत्वाकर्षण
b. ऊर्ध्वाधर गति
c. जड़ता का नियम
d. संवेग के संरक्षण का नियम

2. If a person sitting in an open car moving with constant velocity throws a ball vertically up in the air, then where will the ball fall ?

a. Outside the car
b. In the car ahead of the person
c. In the car to the side of the person
d. Exactly in the hand which threw it up

अचर वेग से चलती हुई खुली कार में बैठा एक व्यक्ति एक गेंद को ऊर्ध्वाधर रूप से ऊपर हवा में फेंकता है तो गेंद कहाँ गिरेगा ?

a. कार के बाहर
b. कार में व्यक्ति के आगे
c. कार में व्यक्ति के बगल में