वृत्तीय गति
Circular Motion

प्रश्न 1. पृथ्वी को सूर्य के चारों ओर घूमने के लिए आवश्यक अभिकेन्द्र बल कहाँ से प्राप्त होता है?

उत्तर पृथ्वी सूर्य के चारों ओर एक वृत्तीय पथ पर घूमती है। अत: इस पर भी एक अभिकेन्द्र बल लगता है जिसकी दिशा सदैव सूर्य की ओर रहती है। पृथ्वी को यह बल सूर्य द्वारा पृथ्वी पर आरोपित गुरुत्वाकर्षण बल से मिलता है।

प्रश्न 2. एक कण एक वृत्तीय पथ पर एकसमान चाल से चल रहा है। कारण सहित लिखिए कि उसकी गति में त्वरण है या नहीं।

उत्तर वृत्तीय पथ पर चाल समान रहते हुए कण की गति की दिशा निरन्तर बदलती रहती है अर्थात् वेग का परिमाण नियत रहता है तथा दिशा निरन्तर बदलती रहती है अर्थात् वेग बदलता रहता है, परन्तु वेग-परिवर्तन की दर ही त्वरण कहलाती है; अत: कण की गति में त्वरण होता है।

प्रश्न 3. कारण सहित बताइए कि एक क्षैतिज वृत्त में स्थिर चाल से गतिमान पिण्ड के वेग, त्वरण तथा गतिज ऊर्जा में से कौन-सी राशि अचर रहती है?

उत्तर क्षैतिज वृत्त में पिण्ड की गति में पिण्ड का विस्थापन $\vec{d}$ इस पर कार्यरत् अभिकेन्द्र बल F के सदैव लम्बवत् रहता है अर्थात् पिण्ड पर किया गया कार्य $W = \vec{F} \cdot \vec{d} = Fd\cos\theta = Fd\cos 90° = 0$, इसलिए पिण्ड की गतिज ऊर्जा अचर रहती है।

प्रश्न 4. वृत्तीय गति करते हुए पिण्ड की चाल तथा पथ की त्रिज्या दोनों को दोगुना कर देने पर अभिकेन्द्र बल में कितना परिवर्तन होगा?

उत्तर

$$F = m \times v^2/r$$

तथा

$$F' = m \times (2v)^2/2r = 2mv^2/r$$

$$\therefore \quad \frac{F'}{F} = \frac{2mv^2/r}{mv^2/r} = 2 \text{ अथवा } F' = 2F$$

अर्थात् अभिकेन्द्र बल दोगुना हो जायेगा।

प्रश्न 5. समान द्रव्यमान के दो कण क्रमशः r_1 तथा r_2 त्रिज्या के वृत्ताकार पथ पर समान चाल से चक्कर लगा रहे हैं। उनके अभिकेन्द्र बलों का अनुपात ज्ञात कीजिए।

उत्तर $F_1 : F_2 = r_2 : r_1$.

प्रश्न 6. एक गोल व चिकनी चकती पर एक चिकनी गोली रखी है। चकती को घुमाने पर गोली चकती से लुढ़ककर नीचे गिर जाती है, क्यों?

उत्तर गोली व चकती के बीच घर्षण न होने से वृत्तीय गति के लिए आवश्यक अभिकेन्द्र बल उपलब्ध नहीं होता है, अत: गोली वृत्त की स्पर्श रेखा की दिशा में चलकर नीचे गिर जाती है।

ITI Question Bank.com

प्र 7. m द्रव्यमान के एक कण को l लम्बाई की एक डोरी से बाँधकर एक ऊर्ध्व वृत्त में घुमाया जाता है। वृत्त के उच्चतम बिन्दु पर डोरी का तनाव शून्य हो जाता है। जब डोरी क्षैतिज स्थिति में आयेगी तो उसमें कितना तनाव होगा?

उत्तर उच्चतम बिन्दु पर तनाव शून्य होने की दशा में वृत्त के किसी बिन्दु पर डोरी में तनाव, $T = 3\ mg\ (1 + \cos\theta)$, परन्तु डोरी की क्षैतिज दशा में $\theta = 90°$; अत: $T = 3\ mg\ (1 + \cos 90°) = 3\ mg$.

प्र 8. डोरी के एक सिरे से बँधा हुआ m द्रव्यमान का एक पत्थर ऊर्ध्वाधर तल में घुमाया जाता है। पत्थर के पथ के उच्चतम बिन्दु पर डोरी में तनाव शून्य है। निम्नतम बिन्दु पर डोरी में तनाव क्या होगा?

उत्तर उच्चतम बिन्दु पर तनाव शून्य होने की दशा में वृत्त के किसी बिन्दु पर तनाव, $T = 3\ mg\ (1 + \cos\theta)$, परन्तु निम्नतम बिन्दु पर $\theta = 0°$; अत: $T = 3\ mg\ (1 + \cos 0°) = 3\ mg\ (1 + 1) = 6\ mg$.

9. अभिकेन्द्र त्वरण का सूत्र लिखिए तथा प्रयुक्त संकेतों के अर्थ समझाइए।

उत्तर अभिकेन्द्र त्वरण, $a = r\omega^2$, जहाँ r = वृत्ताकार पथ की त्रिज्या तथा ω = कोणीय वेग।

10. अभिकेन्द्र बल का कोई एक उदाहरण दीजिए।

उत्तर किसी मोड़ पर मुड़ने के लिए वाहन को आवश्यक अभिकेन्द्र बल घर्षण बल से मिलता है।

11. ऊर्ध्वाधर वृत्तीय गति के उच्चतम बिन्दु पर वस्तु का वेग कम-से-कम कितना होना चाहिए?

उत्तर वेग $v = \sqrt{(3 + 2\cos\theta)gr}$

उच्चतम बिन्दु पर $v = v_c$ व $\theta = 180°$

$$v_c = \sqrt{(3 + 2\cos 180°)gr}$$

$$v_c = \sqrt{gr} \qquad [\because \cos 180° = -1]$$

12. कोणीय त्वरण किसे कहते हैं? मात्रक भी लिखिए।

उत्तर किसी पिण्ड के कोणीय वेग के समय के साथ परिवर्तन की दर, पिण्ड का कोणीय त्वरण कहलाता है। इसे α से प्रदर्शित करते हैं।

कोणीय त्वरण, $\alpha = \dfrac{d\omega}{dt}$ इसका मात्रक रेडियन/से^{2} होता है।

13. वृत्तीय गति किसे कहते हैं?

उत्तर जब कोई पिण्ड यदि बल के प्रभाव में वृत्ताकार पथ पर गति कर रहा है तो पिण्ड की गति को वृत्तीय गति कहते हैं।

14. एक पिण्ड जिसका द्रव्यमान 100 ग्राम है। 1 मी व्यास के वृत्ताकार मार्ग पर 31.4 सेकण्ड में 10 चक्कर की दर से परिक्रमा कर रहा है। अभिकेन्द्र बल की गणना कीजिए।

हल दिया है, $m = 100$ ग्राम $= 0.1$ किग्रा, $r = 1/2$ मी $= 0.5$ मी, $n = 10/31.4$

अभिकेन्द्र बल, $F = mr\omega^2 = mr(2\pi n)^2$

$$F = 4mr\pi^2 n^2$$

$$F = 4 \times 0.1 \times 0.5 \times \frac{(3.14)^2 \times 10 \times 10}{31.4 \times 31.4}$$

$F =$ **0.2 न्यूटन**

15. एक कण l लम्बाई के धागे से बाँधकर ऊर्ध्वाधर तल में घुमाया जाता है, जबकि दूसरा स्थिर है। कण को कितना क्षैतिज वेग दिया जाए कि वह ऊर्ध्वाधर वृत्त में घूम सके।

हल ऊर्ध्वाधर वृत्त में घूमने के लिए न्यूनतम वेग, $v = \sqrt{gr}$ होना चाहिए।

$\because$ दिया है $r = l$

$\therefore$ न्यूनतम वेग, $v = \sqrt{gl}$ होगा।

ITI Question Bank.com

1. **कोणीय वेग की परिभाषा लिखिए। इसका रेखीय वेग से सम्बन्ध लिखिए।**

Define angular velocity. Write its relation with the linear velocity.

उत्तर **कोणीय वेग** वृत्तीय गति करते हुए कण द्वारा 1 सेकण्ड में वृत्त के केन्द्र पर अन्तरित कोण को उसका कोणीय वेग कहते हैं। इसे सामान्यत: ग्रीक भाषा के अक्षर ω (ओमेगा) से प्रदर्शित करते हैं।

$$\text{कोणीय वेग, } \omega = 2\pi n$$

कोणीय वेग का मात्रक रेडियन/सेकण्ड तथा इसकी विमा $[T^{-1}]$ होती है। एकसमान वृत्तीय गति में औसत कोणीय वेग तथा तात्क्षणिक कोणीय वेग दोनों एक ही होते हैं।

कोणीय वेग तथा रेखीय वेग में सम्बन्ध रेखीय वेग = त्रिज्या × कोणीय वेग

$$v = r\omega$$

अत: नियत कोणीय वेग से गति करता हुआ कोई कण केन्द्र से जितनी अधिक दूरी पर चल रहा होता है, उसका रेखीय वेग भी उतना ही अधिक होगा।

2. **रेखीय त्वरण और कोणीय त्वरण में सम्बन्ध का निगमन कीजिए।** (UPBTE, Sem-I, 2016)

Derive a relation between linear acceleration and angular acceleration.

हल हम जानते हैं कि, $\alpha = \dfrac{d\omega}{dt}$

$\therefore v = r\omega$ अत: $\omega = v / r$

$$\alpha = \frac{d(v / r)}{dt}$$

ITIQuestionBank.com

$$\alpha = \frac{1}{r}\left(\frac{dv}{dt}\right) = \frac{a}{r} \qquad \left[\because \frac{dv}{dt} = a\right]$$

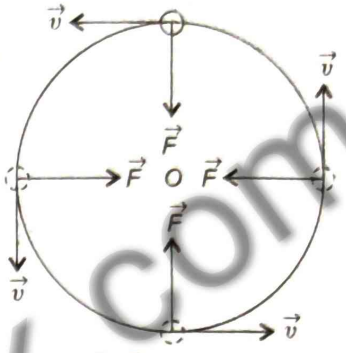
$$a = r\alpha$$

जहाँ α रेखीय त्वरण है।

3. अभिकेन्द्र बल से क्या तात्पर्य है? इसकी विमा लिखिए।

What is meant by centripetal force? Write its dimensions.

उत्तर **अभिकेन्द्र बल** जब कोई कण अथवा पिण्ड, एकसमान चाल v से r त्रिज्या के वृत्तीय पथ पर चलता है तो उस पर एक (अभिकेन्द्र) त्वरण कार्य करता है जिसका परिमाण (v^2/r) अचर रहता है, परन्तु दिशा लगातार बदलती रहती है और सदैव वृत्त के केन्द्र की ओर रहती है। न्यूटन के नियम के अनुसार, त्वरण सदैव किसी बल से उत्पन्न होता है तथा इस बल की दिशा वही होती है जो त्वरण की होती है। अत: स्पष्ट है कि वृत्तीय गति करते हुए पिण्ड पर एक बल कार्य करता है जिसकी दिशा सदैव वृत्त के केन्द्र की ओर रहती है। इस बल को 'अभिकेन्द्र बल' कहते हैं। यदि पिण्ड का द्रव्यमान m हो, तब



चित्र 3.1

अभिकेन्द्र बल, F = द्रव्यमान × अभिकेन्द्र त्वरण

अथवा
$$F = m\left(\frac{v^2}{r}\right) = mr\omega^2 \quad (\because v = r\omega)$$

इसकी विमा $[MLT^2]$ है।

4. अपकेन्द्रित का कार्य-सिद्धान्त समझाइए।

Describe the working principle of centrifuge.

उत्तर **अपकेन्द्रित** Centrifuge यह एक ऐसा यन्त्र है जिसकी सहायता से द्रव में उपस्थित विभिन्न द्रव्यमानों के कणों को पृथक् किया जाता है। इस यन्त्र में द्रव को किसी बर्तन अथवा नलियों में भरकर तीव्र गति से घुमाया जाता है। इस क्रिया में भारी कण हल्के कणों की अपेक्षा केन्द्र से अधिक दूरी पर, परिधि की ओर चले जाते हैं और इस प्रकार पृथक् हो जाते हैं। दूध से क्रीम निकालने की मशीन इसी पर आधारित है।

उदाहरण के लिए, माना दूध से भरा एक बर्तन घूम रहा है। बर्तन के साथ-साथ दूध भी उसी अक्ष के परित: घूमता है तथा इसके लिए आवश्यक अभिकेन्द्र बल दूध की विभिन्न परतों के बीच आन्तरिक घर्षण (श्यानता) से मिलता है। चूँकि दूध स्वयं एक घूमने वाले बर्तन में है, अत: इसमें उपस्थित कण अपकेन्द्र बल (mv^2/r) अनुभव करते हैं। दूध में उपस्थित क्रीम के कण, दूध के कणों से हल्के होते हैं। घूमते हुए बर्तन में हल्के कण, भारी कणों की अपेक्षा कम अपकेन्द्र बल अनुभव करते हैं, अत: क्रीम तथा दूध के कण साथ-साथ नहीं घूम सकते। क्रीम के हल्के कण छोटी त्रिज्या का वृत्तीय मार्ग ग्रहण करते हुए बर्तन के केन्द्रीय भाग में आ जाते हैं, जबकि दूध के भारी कण बड़ी त्रिज्या का मार्ग ग्रहण करते हुए बर्तन के बाहरी भाग में चले जाते हैं। अत: बर्तन के केन्द्रीय भाग से क्रीम तथा बाहरी भाग से दूध निकलता है।

प्रश्न 5. दूध से क्रीम के अलग होने का कारण समझाइए।

Explain the reason for separation of cream from milk.

उत्तर दूध से क्रीम अपकेन्द्र बल के कारण अलग होती है। दूध से क्रीम निकालने की मशीन इसी सिद्धान्त पर आधारित है। जब इस मशीन को तेजी से घुमाया जाता है तो दूध के कण क्रीम के कणों की अपेक्षा कम अपकेन्द्र बल का अनुभव करते हैं। अत: क्रीम तथा दूध के कण साथ-साथ नहीं घूमते हैं। क्रीम के हल्के कण छोटी त्रिज्या का वृत्तीय मार्ग ग्रहण करते हुए मशीन के केन्द्रीय भाग में आ जाते हैं, जबकि दूध के भारी कण बड़ी त्रिज्या का मार्ग ग्रहण करते हुए बाहरी भाग में चले जाते हैं। अत: मशीन के केन्द्रीय भाग से क्रीम तथा बाहरी भाग से दूध निकलता है।

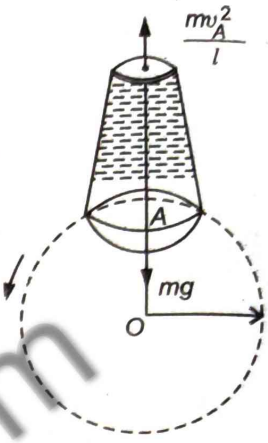
6. पानी से भरी बाल्टी को ऊर्ध्वाधर तल में तेजी से घुमाने पर बाल्टी के उल्टा होने पर भी उसमें से पानी क्यों नहीं गिरता?

Why water does not fall even from the reverse water filled bucket when it is rotating fastly in a vertical plane?

ITI Question Bank.com

उत्तर यदि हम एक छोटी बाल्टी में कुछ जल लेकर बाल्टी को ऊर्ध्वाधर तल में तेजी से (क्रान्तिक वेग से अधिक वेग) घुमायें तो बाल्टी बिल्कुल उल्टी हो जाने पर भी जल नहीं गिरता। इसको इस प्रकार समझा जा सकता है

बाल्टी ऊर्ध्वाधर तल में एक परिवर्ती अभिकेन्द्र बल के अन्तर्गत घूमती है। घूमती बाल्टी में स्थित जल एक अपकेन्द्र बल का अनुभव करता है जो सदैव अभिकेन्द्र बल के बराबर (विपरीत दिशा में) रहता है। जिस समय बाल्टी अपने वृत्तीय पथ के उच्चतम बिन्दु पर होती है उस समय जल पर लगने वाला 'अपकेन्द्र बल' mv_A^2/l ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर लगता है चित्र 3.2। यदि बाल्टी के घूमने की चाल काफी तेज हो तो अपकेन्द्र बल का मान जल के भार mg से अधिक होता है। बलों का यह अन्तर, $\left(\frac{mv_A^2}{l} - mg\right)$ जल को ऊपर की ओर बाल्टी की तली पर दबाये रखता है। इस प्रकार, जल के नहीं गिरने की शर्त है,



चित्र 3.2

$$\frac{mv_A^2}{l} \geq mg \qquad \text{अथवा} \qquad v_A \geq \sqrt{lg}$$

7. चन्द्रमा 27.3 दिन (अथवा 2.36×10^6 सेकण्ड) में पृथ्वी की परिक्रमा एक वृत्ताकार कक्षा में करता है। वृत्ताकार पथ की त्रिज्या 3.85×10^5 किमी है। चन्द्रमा का पृथ्वी की ओर त्वरण ज्ञात कीजिए।

The moon revolves around the earth in a circular orbit in 27.3 days (or 2.36×10^6 sec). The radius of circular path is 3.85×10^5 km. Find the acceleration of moon towards earth.

हल वृत्ताकार पथ की त्रिज्या, $r = 3.85 \times 10^5$ किमी $= 3.85 \times 10^8$ मी

चन्द्रमा का एक चक्कर लगाने का समय, $T = 2.36 \times 10^6$ सेकण्ड

चन्द्रमा का कोणीय वेग, $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.14}{2.36 \times 10^6}$ रेडियन/से

$\therefore$ चन्द्रमा का पृथ्वी की ओर त्वरण (अभिकेन्द्र त्वरण),

$$a = r\omega^2 = (3.85 \times 10^8)\left(\frac{2 \times 3.14}{2.36 \times 10^6}\right)^2 = \mathbf{2.73 \times 10^{-3}} \text{ मी/से}^2$$

8. 1 किग्रा द्रव्यमान के एक पिण्ड को 1.0 मी लम्बी डोरी से बाँधकर $\frac{10}{\pi}$ चक्कर प्रति सेकण्ड की दर से एक क्षैतिज वृत्त में घुमाया जाता है। डोरी का तनाव ज्ञात कीजिए।

An object of 1 kg mass would betied to a 1.0 m long string and is revolved in a horizontal circle at the rate of $\frac{10}{\pi}$ round/sec. Find the tension of the string.

हल दिया है,

पिण्ड का द्रव्यमान $(m) = 1$ किग्रा

डोरी की लम्बाई $(r) = 1.0$ मी

$\omega = \frac{10}{\pi}$ चक्कर/से

$\because$ $v = r\omega$

$\therefore$ $v = 1.0 \times \frac{10}{\pi} = \frac{10}{\pi}$ मी/से

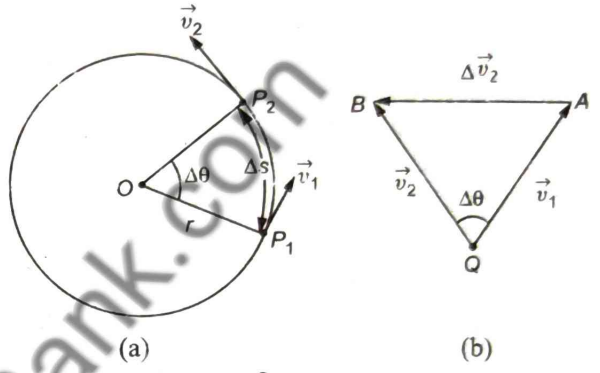
अत: डोरी में तनाव $(T) = \frac{mv^2}{r} = \frac{1.0 \times \left(\frac{10}{\pi}\right)^2}{1} = \mathbf{\frac{100}{\pi^2}}$ **न्यूटन**

ITI Question Bank.com

9. अभिकेन्द्र त्वरण से आप क्या समझते हैं? m द्रव्यमान का एक पिण्ड r त्रिज्या वाले एक वृत्तीय पथ पर एकसमान चाल v से चक्कर लगा रहा है। ज्ञात कीजिए– (i) पिण्ड का वृत्त के केन्द्र की ओर त्वरण, (ii) पिण्ड पर आरोपित अभिकेन्द्र बल का मान तथा दिशा।

What do you mean by centripetal acceleration? An object of mass m and radius 'r' revolves in the circular path with a uniform speed v. Find (i) acceleration of an object towards the centre of circle, (ii) Value and direction of centripetal force applied on an object.

उत्तर (i) **पिण्ड का त्वरण** एकसमान वृत्तीय गति करते हुए पिण्ड के वेग का परिमाण (अर्थात् चाल) अचर होते हुए भी उसकी दिशा लगातार बदलती रहती है। अत: पिण्ड का वेग लगातार बदलता रहता है। इस प्रकार, वृत्तीय गति में त्वरण होता है जिसकी दिशा सदैव वृत्त के केन्द्र की ओर रहती है। इस त्वरण को ही 'अभिकेन्द्र त्वरण' या 'त्रिज्या त्वरण' कहते हैं। इस त्वरण को उत्पन्न करने वाले बल (अभिकेन्द्र बल) की दिशा भी सदैव वृत के केन्द्र की ओर रहती है।



चित्र 3.3

माना कोई पिण्ड एक वृत्तीय पथ पर, जिसका केन्द्र O तथा त्रिज्या r है, एकसमान चाल v से चल रहा है [चित्र 3.3 (a)]। त्रिभुज QAB पथ के प्रत्येक बिन्दु पर पिण्ड के वेग की दिशा स्पर्शरेखीय (tangential) होगी। माना कि पिण्ड एक सूक्ष्म समयान्तराल Δt में परिधि पर स्थित बिन्दु P_1 से P_2 तक Δs दूरी तय करता है तथा इन बिन्दुओं पर पिण्ड के वेग क्रमश: $\vec{v}_1$ व $\vec{v}_2$ (प्रत्येक का परिमाण v) हैं और इनकी दिशाओं के बीच कोण $\Delta\theta$ है। P_1 से P_2 तक वेग-परिवर्तन $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ है।

वेग-परिवर्तन ज्ञात करने के लिए एक ही बिन्दु Q से $\vec{v}_1$ व $\vec{v}_2$ को $\Delta\theta$ के कोण के झुकाव पर खींचते हैं तथा वेग-परिवर्तन $\vec{v}_2 - \vec{v}_1 = \Delta v$ को, वेक्टर $\vec{v}_1$ के बाणाग्र A को वेक्टर $\vec{v}_2$ के बाणाग्र B से मिलाकर प्राप्त करते हैं [चित्र 3.3 (b)]। त्रिभुज QAB तथा वेक्टर-त्रिभुज OP_1P_2 समरूप त्रिभुज हैं।

$$\therefore \quad \frac{P_1P_2}{P_1O} = \frac{AB}{AQ} \quad \text{अथवा} \quad \frac{\Delta s}{r} = \frac{\Delta v}{v}, \quad \text{अत:} \quad \Delta v = \left(\frac{v}{r}\right)\Delta s$$

दोनों ओर Δt से भाग देने पर, $\dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \left(\dfrac{v}{r}\right)\cdot\dfrac{\Delta s}{\Delta t}$

यदि समयान्तराल Δt अनन्त सूक्ष्म हो ($\Delta t \to 0$), तब $\lim\limits_{\Delta t \to 0}\dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{v}{r}\left(\lim\limits_{\Delta t \to 0}\dfrac{\Delta s}{\Delta t}\right)$

परिभाषा से, $\lim\limits_{\Delta t \to 0}\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$ = तात्कालिक त्वरण (a) तथा $\lim\limits_{\Delta t \to 0}\dfrac{\Delta s}{\Delta t}$ = तात्कालिक वेग (v)

$$\therefore \quad a = \left(\frac{v}{r}\right)\cdot v \quad \text{अथवा} \quad \left(a = \frac{v^2}{r}\right)$$

परन्तु, $v = r\omega$, अत: $a = r\omega^2$

यह पिण्ड के अभिकेन्द्र त्वरण $\vec{a}$ का मान है, जिसकी दिशा वेक्टर $\Delta\vec{v}$ के अनुदिश अर्थात् त्रिज्यानुदिश होगी।

(ii) **पिण्ड पर आरोपित अभिकेन्द्र बल तथा उसकी दिशा** यदि वृत्तीय गति करते हुए पिण्ड का द्रव्यमान m हो तो पिण्ड पर लगने वाले अभिकेन्द्र बल $\vec{F}$ का मान

F = द्रव्यमान × अभिकेन्द्र त्वरण

ITIQuestionBank.com

अथवा $F = m \times \frac{v^2}{r}$

या $F = \frac{mv^2}{r}$, परन्तु $v = r\omega$, अत: $F = mr\omega^2$

अभिकेन्द्र बल $\vec{F}$ की दिशा वही होती है जो त्वरण की दिशा है। अत: वृत्तीय पथ पर गति करते हुए पिण्ड पर आरोपित अभिकेन्द्र बल की दिशा वृत्त के केन्द्र की ओर होती है।

परिवर्ती चाल की वृत्तीय गति में परिणामी त्वरण का परिमाण परिवर्ती चाल की वृत्तीय गति में परिणामी त्वरण का परिमाण तो अचर होता है, परन्तु उसकी दिशा लगातार बदलती रहती है।

10. एक आदमी 1.2 किमी/मिनट की चाल से 40 मी वक्रता त्रिज्या के मोड़ पर साइकिल चला रहा है। इसका (i) अभिकेन्द्र त्वरण, (ii) ऊर्ध्व से झुकाव कोण ज्ञात कीजिए। (g = 10 मी/से^{2})

A cyclist is moving with a speed 1.2 km/minute on the curve of radius 40 metre. Find its (i) centripetal acceleration, (ii) Inclined angle from vertical plane. (g = 10 m/s^2)

हल दिया है, मोड़ की त्रिज्या, r = 40 मी, g = 10 मी/से^{2}

तथा साइकिल की चाल, v = 1.2 किमी/मिनट = 1.2 × 1000 मी/60 सेकण्ड = 20 मी/से

(i) अभिकेन्द्र त्वरण, $a = \frac{v^2}{r} = \frac{(20 \text{ मी/से})^2}{40 \text{ मीटर}} = 10.0$ मी/से^{2}

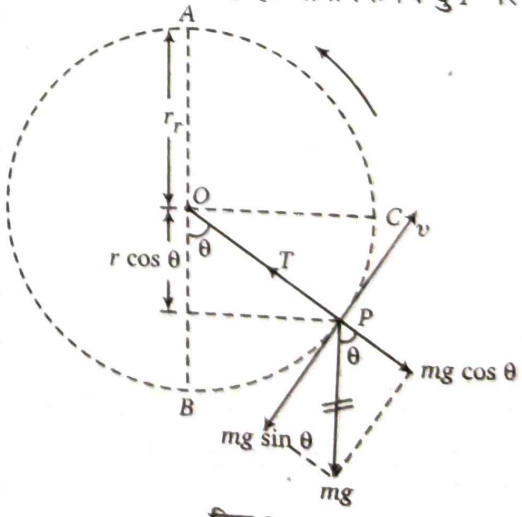
(ii) यदि ऊर्ध्व से झुकाव कोण θ हो तो $\tan\theta = v^2/rg$

$$\therefore \quad \theta = \tan^{-1}\left(\frac{v^2}{rg}\right) = \tan^{-1}\left[\frac{(20)^2}{40 \times 10}\right] = \tan^{-1}(1.0) = 45°$$

11. एक कण r त्रिज्या के ऊर्ध्व वृत्त में गति कर रहा है। इसके उच्चतम बिन्दु पर क्रान्तिक चाल का सूत्र लिखिए तथा निम्नतम बिन्दु पर क्रान्तिक चाल का सूत्र स्थापित कीजिए।

A particle is moving in a vertical circle of radius r. Write the formula of critical speed on its maximum point and derive the formula of critical speed on its minimum point.

हल माना कि द्रव्यमान m की एक वस्तु, लम्बाई r की भारहीन डोरी के सिरे से बाँधकर ऊर्ध्वाधर वृत्त में वामावर्त दिशा में घुमायी जा रही है। माना कि वृत्त का केन्द्र O है, उच्चतम बिन्दु A है तथा निम्नतम बिन्दु B है चित्र 3.4। माना कि किसी क्षण वस्तु वृत्त के बिन्दु P पर है जिसका निम्नतम बिन्दु B से कोणीय विस्थापन θ है। माना कि बिन्दु P पर वस्तु का वेग v है जिसकी दिशा P पर ऊपर की ओर को खींची गयी स्पर्शरेखा के अनुदिश है तथा डोरी में तनाव T है।



चित्र 3.4

बिन्दु P पर स्थित वस्तु पर दो बल कार्य करते हैं— (i) वस्तु का भार mg ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर तथा (ii) डोरी में तनाव T, वृत्ताकार पथ के केन्द्र की ओर। वस्तु के भार mg को दो घटकों में वियोजित कर सकते हैं—स्पर्शरेखीय घटक $mg\sin\theta$ तथा त्रिज्य घटक $mg\cos\theta$ जो तनाव T के विपरीत दिष्ट है। इस प्रकार, इस स्थिति में वृत्ताकार पथ के केन्द्र की ओर नेट त्रिज्य बल $T - mg\cos\theta$ है जो कि वस्तु को वृत्तीय गति के लिये आवश्यक अभिकेन्द्र बल प्रदान करता है।

अत: $$T - mg\cos\theta = mv^2/r$$

जहाँ, r (डोरी की लम्बाई) वृत्त की त्रिज्या है। इससे, बिन्दु P पर डोरी में तनाव,

MQuestionBank.com

$$T = \frac{mv^2}{r} + mg\cos\theta \qquad \ldots(i)$$

जैसे-जैसे वस्तु वृत्तीय पथ पर ऊपर की ओर जाती है, वस्तु का वेग v घटता जाता है तथा कोणीय विस्थापन θ बढ़ता जाता है (अथवा $\cos\theta$ घटता जाता है)। अत: समीकरण (i) के अनुसार, डोरी में तनाव T घटता जाता है तथा उच्चतम बिन्दु A पर न्यूनतम हो जाता है।

यदि उच्चतम बिन्दु A पर (जहाँ, $\theta = 180°$) वस्तु का वेग v_A हो, तब डोरी में तनाव,

$$T_A = \frac{mv_A^2}{r} + mg\cos 180°$$

अथवा

$$T_A = \frac{mv_A^2}{r} - mg \qquad [\because \cos 180° = -1]$$

वस्तु के वेग (v_A) को कम करने पर डोरी में तनाव (T_A) कम होने लगेगा तथा वेग एक न्यूनतम मान पर शून्य हो जायेगा।

माना वेग का यह न्यूनतम मान (v_c) है, तब उपरोक्त समीकरण में $T_A = 0$ तथा $v_A = v_c$ रखने पर,

$$0 = \frac{mv_c^2}{r} - mg \quad \text{अथवा } v_c = \sqrt{gr} \qquad \ldots(ii)$$

वस्तु उच्चतम बिन्दु A को तभी पार कर पायेगी जब उच्चतम बिन्दु पर वस्तु का वेग कम-से-कम $\sqrt{gr}$ हो। इसे ऊर्ध्वाधर वृत्त में गति के लिये 'क्रान्तिक वेग' (critical velocity) कहते हैं। वस्तु का वेग इससे कम होने पर डोरी ढीली पड़ जायेगी तथा वस्तु वृत्तीय पथ पर नहीं बनी रहेगी।

अब, वस्तु के बिन्दु P से उच्चतम बिन्दु A तक जाने में गतिज ऊर्जा घटेगी तथा स्थितिज ऊर्जा उतनी ही बढ़ेगी (ऊर्जा-संरक्षण)।

अत: $\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = mg(r + r\cos\theta)$ अथवा $v^2 - v_A^2 = 2gr + 2gr\cos\theta$

यदि वस्तु उच्चतम बिन्दु A को 'ठीक' (just) पार कर ले तो $v_A = v_c = \sqrt{gr}$, तब

$$v^2 - gr = 2gr + 2gr\cos\theta \quad \text{अथवा } v^2 = 3gr + 2gr\cos\theta = (3 + 2\cos\theta)gr$$

अथवा

$$v = \sqrt{(3 + 2\cos\theta)gr}$$

निम्नतम बिन्दु पर वस्तु का क्रान्तिक वेग, $v_B = \sqrt{(3 + 2\cos\theta)gr} = \sqrt{5gr}$ $[\because \theta = 0]$

12. कोई ग्रह सूर्य के गिर्द v मी/से की चाल से T सेकण्ड में एक चक्कर पूरा करता है। दिखाइए कि इस ग्रह का सूर्य की ओर दिष्ट त्वरण का मान $2\pi v/T$ होता है।

A planet completes a round in T sec with a speed of v m/s around the sun. Show that the value of acceleration of this planet towards the sun is $2\pi v/T$.

उत्तर यदि ग्रह की वृत्तीय कक्षा की त्रिज्या r हो, तो

$$\text{चाल, } v = \frac{\text{वृत्तीय कक्षा की परिधि}}{\text{परिक्रमण काल}} = \frac{2\pi r}{T}$$

अथवा

$$r = \frac{v \times T}{2\pi}$$

$\because$ ग्रह का सूर्य की ओर दिष्ट त्वरण a = अभिकेन्द्र त्वरण v^2/r

$\therefore$

$$a = \frac{v^2}{(v \times T/2\pi)} = \frac{2\pi v}{T}$$

MQuestionBank.com

प्रश्न 13. एक पिण्ड को एक डोरी से बाँधकर क्षैतिज वृत्त में घुमाया जा रहा है। पिण्ड के परिक्रमण काल के सूत्र ज्ञात कीजिए, जबकि पिण्ड का भार नगण्य नहीं है।

An object tied with a string is rotating in a horizontal circle. Find the time period formula of an object when the weight is not negligible.

उत्तर **डोरी से बँधे कण की क्षैतिज वृत्त में गति, जबकि कण का भार नगण्य नहीं है : शंकु लोलक** जब किसी भारी पिण्ड को डोरी के एक सिरे से बाँधकर एकसमान चाल से क्षैतिज वृत्ताकार पथ पर घुमाते हैं तो पिण्ड का भार (जो नगण्य नहीं है) सदैव अभिकेन्द्र बल के लम्बवत् रहता है तथा डोरी एक शंकु (cone) बनाती है। इस प्रकार का समायोजन शंकु लोलक कहलाता है।

माना m द्रव्यमान का कोई पिण्ड P किसी l लम्बाई की डोरी के एक सिरे से बाँधकर r त्रिज्या के वृत्त में एकसमान चाल v से घुमाया जा रहा है। माना किसी क्षण डोरी ऊर्ध्वाधर से θ कोण बनाती है (चित्र 3.5)। चित्र से, $r = l \sin\theta$ तथा इस दशा में पिण्ड पर निम्न दो बल कार्य कर रहे हैं

(i) पिण्ड का भार mg तथा (ii) डोरी में तनाव T

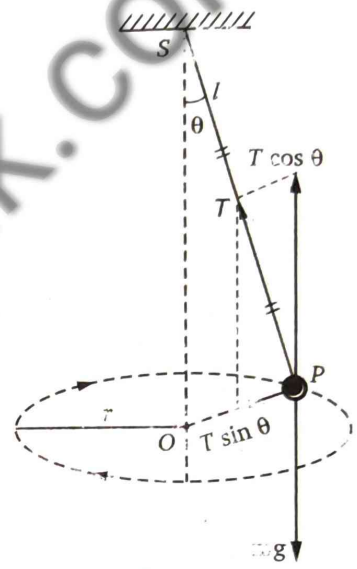
तनाव T के क्षैतिज तथा ऊर्ध्वाधर घटक क्रमशः $T \sin\theta$ तथा $T \cos\theta$ हैं। चूँकि ऊर्ध्वाधर दिशा में कोई त्वरण नहीं है।

अतः
$$T \cos\theta = mg \quad \text{...(i)}$$

$T \sin\theta$ घटक पिण्ड को वृत्तीय पथ पर घूमने के लिए आवश्यक अभिकेन्द्र बल प्रदान करता है।

अतः
$$T \sin\theta = mv^2/r \quad \text{...(ii)}$$

समी (ii) को समी (i) से भाग देने पर,
$$\tan\theta = \frac{v^2}{rg} \quad \text{..(iii)}$$



चित्र 3.5

माना पिण्ड को क्षैतिज वृत्त का 1 चक्कर पूरा करने में t समय लगता है।

अतः
$$v = 2\pi r/t$$

v का यह मान समी (iii) में रखने पर,
$$\tan\theta = \frac{(2\pi r/t)^2}{rg} = \frac{4\pi^2 r}{t^2 g}$$

परन्तु,
$$\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} \quad \text{तथा} \quad r = l\sin\theta$$

$\therefore$
$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{4\pi^2 l \sin\theta}{t^2 g} \quad \text{या} \quad t^2 = \frac{4\pi^2 l \cos\theta}{g}$$

या
$$t = 2\pi\sqrt{\left(\frac{l\cos\theta}{g}\right)} \quad \text{...(iv)}$$

दी गयी डोरी के लिए पिण्ड को तेजी से घुमाने पर t घटेगा; अतः $\cos\theta$ घटेगा जिससे θ बढ़ेगा, परन्तु θ कभी भी $90°$ नहीं हो सकता चूँकि तब $t = 0$ होगा।

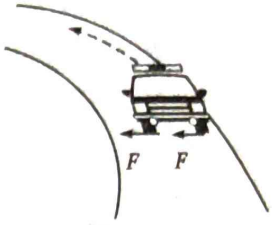
प्रश्न 14. निम्नलिखित पर टिप्पणी लिखिए

(i) वृत्ताकार मोड़ पर वाहनों का मुड़ना, (ii) प्राकृतिक घटनाओं में वृत्ताकार गति, (iii) परमाणु में वृत्ताकार गति तथा (iv) डोरी से बँधे कण की क्षैतिज वृत्त में गति, जबकि कण का भार नगण्य है।

Write a short note on the following (i) Turning of vehicles on circular turn. (ii) circular motion in natural phenomenon (iii) circular motion in atom. (iv) Motion of particle tied to a string in horizontal circle when the weight of particle is negligible.

ITI Question Bank.com

उत्तर (i) **वृत्ताकार मोड़ पर वाहनों का मुड़ना** जब कोई साइकिल, मोटर, ट्रक, बस आदि वाहन किसी सड़क के मोड़ पर से गुजरता है तो उसे वृत्ताकार पथ पर मुड़ने के लिए अभिकेन्द्र बल की आवश्यकता होती है। वाहन को यह बल उसके टायरों तथा सड़क के बीच उपस्थित घर्षण बल (frictional force) से प्राप्त होता है। यदि टायर घिसे हैं अथवा सड़क चिकनी, गीली या बर्फीली है तो घर्षण बल कम हो जाता है। यदि यह इतना कम हो कि वाहन को आवश्यक अभिकेन्द्र बल उपलब्ध न करा सके तो वाहन मुड़ने के बजाय सड़क पर बाहर की ओर फिसलने (skid) तथा पलटने (overturn) लगता है।



चित्र 3.6

(ii) **प्राकृतिक घटनाओं में वृत्ताकार गति** चन्द्रमा (moon) पृथ्वी के चारों ओर एक वृत्तीय पथ पर घूमता है। अत: इस पर भी एक अभिकेन्द्र बल लगता है जिसकी दिशा सदैव पृथ्वी की ओर रहती है। चन्द्रमा को यह बल पृथ्वी द्वारा चन्द्रमा पर आरोपित गुरुत्वाकर्षण बल मे मिलता है।

(iii) **परमाणु में वृत्ताकार गति** परमाणु (atom) में नाभिक के चारों ओर इलेक्ट्रॉन वृत्तीय कक्षाओं में घूमते रहते हैं। इसके लिए प्रत्येक इलेक्ट्रॉन को अभिकेन्द्र बल की आवश्यकता पड़ती है। किसी इलेक्ट्रॉन को नाभिक के चारों ओर वृत्तीय कक्षा में घूमने के लिए आवश्यक बल, धनावेशित नाभिक तथा ऋणावेशित इलेक्ट्रॉन के बीच लगने वाले स्थिर वैद्युत आकर्षण बल से प्राप्त होता है।

(iv) **डोरी से बँधे कण की क्षैतिज वृत्त में गति, जबकि कण का भार नगण्य है** जब हम एक गेंद को डोरी के एक सिरे पर बाँधकर क्षैतिज वृत्ताकार पथ पर घुमाते हैं तो हमें डोरी को निरन्तर अन्दर की ओर खींचे रखना पड़ता है। इस प्रकार, डोरी के तनाव द्वारा निरन्तर गेंद पर अभिकेन्द्र बल लगा रहता है [चित्र 3.7 (a)]। गति के दौरान यदि अचानक डोरी टूट जाये या हाथ से छूट जाये तो गेंद वृत्त पर स्पर्श रेखा की दिशा में चली जाती है [चित्र 3.7 (b)]। इसका कारण स्पष्ट है कि डोरी के टूट जाने पर लगने वाला अभिकेन्द्र बल अचानक समाप्त हो जाता है, क्योंकि इस समय गेंद के वेग की दिशा वृत्त पर स्पर्श रेखा के अनुदिश होती है, अत: गेंद न्यूटन के प्रथम नियम के अनुसार ऋजु रेखा (straight line) में चलने लगती है। इसीलिए कीचड़ वाली सड़क पर तेजी से चलती साइकिल, स्कूटर या मोटर के पहियों से चिपके कीचड़ के कण ऊपर की ओर स्पर्शरेखा (tangent) की दिशा में फेंक दिये जाते हैं। यही कारण है कि इनके पहियों पर मड-गार्ड लगाये जाते हैं।

चित्र 3.7

15. क्या कारण है कि साइकिल सवार मोड़ पर अपने आपको मुड़ने की दिशा में झुका लेता है तथा अपनी चाल कम कर लेता है?

What is the reason behind a cyclist inclined itself in the direction of turn and slower its speed?

अथवा **मुड़ी हुई सड़क पर जाते समय साइकिल सवार भीतर की ओर क्यों झुकता है?**(UPBTE, Sem-I, 2016)

Why does bicycle rider leans inwards while going along curved road?

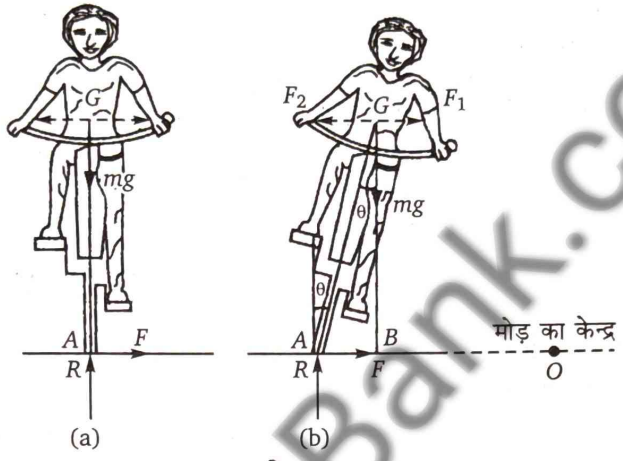
उत्तर **वृत्ताकार मोड़ पर साइकिल सवार का साइकिल को मोड़ना** चित्र 3.8 (a) में साइकिल सवार को सीधे साइकिल चलाते दर्शाया गया है तथा चित्र 3.8 (b) में साइकिल सवार को इसके बायें हाथ की ओर को सड़क के मोड़ पर मुड़ते दर्शाया गया है।

माना साइकिल सहित सवार का द्रव्यमान m, वृत्ताकार पथ की त्रिज्या r तथा साइकिल की चाल v है। जब साइकिल वृत्ताकार पथ पर मोड़ी जाती है तो इस पथ पर चलने के लिए आवश्यक अभिकेन्द्र बल (mv^2/r) पृथ्वी तथा साइकिल के पहिये के बीच घर्षण बल F से प्राप्त होता है। अत: मोड़ पर मुड़ते समय सड़क तथा पहिये के स्पर्श बिन्दु A पर घर्षण बल $F\ (= mv^2/r)$ मोड़ के केन्द्र O की ओर लगता है।

ITQuestionBank.com

माना साइकिल तथा साइकिल सवार के संयुक्त गुरुत्व केन्द्र G पर समान परिमाण (F) के दो विपरीत बल F_1 व F_2 कार्य कर रहे हैं जो बल F के समान्तर हैं। चूँकि F_1 व F_2 परिमाण में समान तथा एक ही बिन्दु G पर परस्पर विपरीत दिशा में कार्यरत् हैं; अत: इनका परिणामी शून्य होगा। अत: इस प्रकार इनको मान लेने पर साइकिल सवार की स्थिति पर कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा।

अब हम बिन्दु A पर लगे बल F को बिन्दु G पर लगे बल F_1 तथा F व F_2 ($= F$) से बने वामावर्त बल-युग्म (anticlockwise couple) से प्रतिस्थापित (replace) कर सकते हैं। बल F_1 (परिमाण F) वृत्ताकार पथ पर मुड़ने के लिए आवश्यक अभिकेन्द्र बल है।



चित्र **3.8**

अब यदि मोड़ पर मुड़ते समय साइकिल सवार सीधा रहता है, [चित्र 3.8 (a)] तो गुरुत्व केन्द्र G पर ऊर्ध्वाधरत: नीचे की ओर कार्यरत् उसका भार mg तथा पृथ्वी की अभिलम्ब प्रतिक्रिया R (परिमाण mg) जो A पर ऊर्ध्वाधरत: ऊपर की ओर कार्य करती है, परस्पर एक-दूसरे को निरस्त कर देंगे (चूँकि ये परिमाण में बराबर और दिशा में विपरीत हैं तथा इनकी क्रिया-रेखा भी समान है), अत: वामावर्त (anticlockwise) बल-युग्म असन्तुलित रह जायेगा जो सवार को मोड़ के केन्द्र से बाहर की ओर गिरा देगा।

परन्तु, यदि सवार मोड़ पर मुड़ते समय चित्र 3.8 (b) की तरह मोड़ के केन्द्र की ओर झुक जाता है तो भार mg तथा प्रतिक्रिया R ($= mg$) की क्रिया रेखाएँ भिन्न-भिन्न हो जाती हैं, जबकि दिशाएँ अब भी विपरीत तथा परस्पर समान्तर ही रहती हैं। अत: ये एक दक्षिणावर्त (clockwise) बल-युग्म की रचना करते हैं। यह दक्षिणावर्त बल-युग्म वामावर्त बल-युग्म को सन्तुलित कर देता है जिससे साइकिल सवार बिना गिरे मोड़ को पार कर जाता है।

माना दोनों बल-युग्मों के सन्तुलित होने की दशा में सवार का ऊर्ध्वाधर से झुकाव कोण θ है [चित्र 3.8 (b)], अत: साइकिल सवार की सन्तुलन अवस्था में,

दक्षिणावर्त बल-युग्म का आघूर्ण = वामावर्त बल-युग्म का आघूर्ण

अर्थात् mg तथा R ($= mg$) से बने बल-युग्म का आघूर्ण = F तथा F_1 ($= F$) से बने बल-युग्म का आघूर्ण

$$mg \times BA = F \times GB$$

अथवा

$$\frac{BA}{GB} = \frac{F}{mg}$$

परन्तु चित्र 3.8 (b) में कोण $\angle BGA = \theta$

$\therefore$ समकोण ΔGBA से, BA/GB = लम्ब/आधार = $\tan\theta$

$$\tan\theta = \frac{F}{mg} \quad \text{...(i)}$$

ITI QuestionBank.com

इन दोनों बल आघूर्णों के सन्तुलित हो जाने पर निकाय पर केवल एक क्षैतिज बल $|\vec{F_1}|$ ($= F$) कार्य करता है जो निकाय को आवश्यक बल $\left(\frac{mv^2}{r}\right)$ प्रदान करता है जिससे निकाय वृत्ताकार पथ पर घूमता है। F का यह मान समीकरण (i) में रखने पर,

$$\tan\theta = \frac{mv^2/r}{mg}$$

$$\therefore \quad \tan\theta = \frac{v^2}{rg} \qquad \text{...(ii)}$$

साइकिल सवार बिना गिरे मोड़ को पार कर सके, इसके लिए आवश्यक है कि θ का मान न्यूनतम हो।
अत: बिना फिसले मोड़ को पार करने की शर्त है कि

$\mu_s mg \geq \frac{mv^2}{r}$ तथा r त्रिज्या के मोड़ पर साइकिल की अधिकतम चाल यदि v_{max} हो, तो $mv_{max}^2/r = \mu_s mg$ से

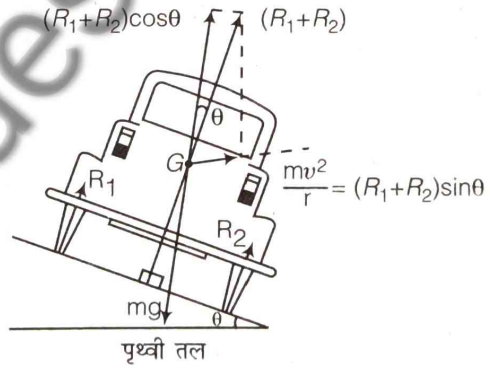
$$v_{max} = \sqrt{\mu_s rg} \qquad \text{...(iii)}$$

यदि मुड़ते समय चाल $v > v_{max}$ हो, तो साइकिल फिसल जायेगी।

16. तीक्ष्ण घुमाव पर सड़क एक ओर को झुकी हुई क्यों बनाई जाती है?

Why road is made inclined from one side on the sharp turn?

उत्तर **मोड़ पर सड़कों व रेल की पटरी में झुकाव अथवा ढलान रखा जाना** मोड़ पर मोटरगाडियों के मुड़ते समय सड़क तथा मोटर के टायरों के बीच घर्षण-बल आवश्यक अभिकेन्द्र-बल पैदा करता है, क्योंकि मोटरगाड़ियाँ आकार में बड़ी होती हैं, इसलिए इन्हें मुड़ते समय घर्षण से पर्याप्त अभिकेन्द्र-बल नहीं मिल पाता जिस कारण गाड़ी के फिसलने की सम्भावना बन जाती है, इसलिए जब सड़क बनाई जाती है, तब सड़कों को मोड़ों पर अन्दर की ओर कुछ ढलाव दे देते हैं। ऐसा करने से मोटर अथवा वाहन मोड़ पर से गुजरते समय स्वंय ही अन्दर की ओर झुक जाते हैं, जिससे उन्हें आवश्यक अभिकेन्द्र-बल प्राप्त हो जाता है। यह बल सड़क की अभिलम्ब प्रतिक्रिया से उत्पन्न होता है।



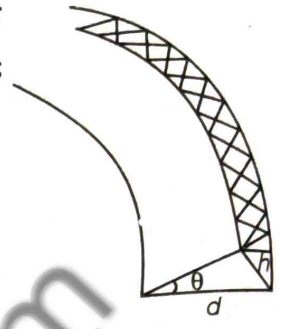
चित्र 3.9

चित्र 3.9 में एक मोटरगाड़ी सड़क के मोड़ को पार कर रही है। माना मोटरगाड़ी का द्रव्यमान m तथा वृत्ताकार पथ की त्रिज्या r है। माना, सड़क को क्षैतिज से θ कोण का ढलाव दिया जाता है जिस पर मोटरगाड़ी v चाल से जा रही है। इस स्थिति में मोटरगाड़ी पर दो बल कार्य करते हैं

1. मोटरगाड़ी का भार mg, गाड़ी के गुरुत्व केन्द्र G पर नीचे की ओर कार्य करता है।
2. दोनों पहियों पर सड़क के तल के अभिलम्ब प्रतिक्रिया बल R_1 व R_2 ऊर्ध्वाधर से θ कोण बनाते हुए ऊपर को कार्य करते हैं।

ITI QuestionBank.com

इन प्रतिक्रिया बलों का ऊर्ध्वाधर घटक $(R_1 + R_2)\cos\theta$ गाड़ी के भार mg को सन्तुलित करता है, जबकि क्षैतिज घटक $(R_1 + R_2)\sin\theta$ आवश्यक अभिकेन्द्र बल mv^2/r प्रदान करता है; अत:



चित्र 3.10

$$(R_1 + R_2)\cos\theta = mg \quad \ldots(i)$$

तथा

$$(R_1 + R_2)\sin\theta = mv^2/r \quad \ldots(ii)$$

समी (ii) को समी (i) से भाग देने पर,

$$\frac{(R_1 + R_2)\sin\theta}{(R_1 + R_2)\cos\theta} = \frac{mv^2/r}{mg}$$

अथवा

$$\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$$

इस सूत्र में m नहीं है; अत: सड़क का झुकाव गाड़ी के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है।
यदि रेल की दोनों पटरियों के बीच की दूरी अथवा सड़क की चौड़ाई d तथा बाहर की रेल-पटरी अन्दर की रेल-पटरी के सापेक्ष h ऊँचाई ऊपर उठी हो तो

$$\tan\theta = \frac{h}{d} = \frac{v^2}{rg}$$

इस सूत्र से पटरी (अथवा सड़क) का उठाव (elevation) h ज्ञात किया जा सकता है।

17. अपकेन्द्र बल से क्या अभिप्राय है? इसे छद्म-बल क्यों कहते हैं?

What is meant by centrifugal force? Why it is called 'pseudo force'?

उत्तर **अपकेन्द्र बल अथवा छद्म-बल** कभी-कभी जब कोई व्यक्ति घूमते निकाय पर स्थित होता है तो उसे एक ऐसे बल का अनुभव होता है जो कि वास्तव में व्यक्ति पर कार्य नहीं करता। वास्तव में, ऐसा वृत्तीय पथ पर घूमते समय मनुष्य को आवश्यक अभिकेन्द्र बल न मिल पाने के कारण अनुभव होता है। अभिकेन्द्र बल की कमी के कारण मनुष्य निकाय के साथ वृत्तीय पथ पर नहीं घूम पाता और बाहर की ओर गिर पड़ता है और उसे ऐसा लगता है कि उस पर बाहर की ओर कोई बल लगा है। यह आभासी बल (अभिकेन्द्र बल की कमी) ही अपकेन्द्र बल अथवा छद्म-बल कहलाता है। इसकी दिशा अभिकेन्द्र बल के विपरीत होती है।

उदाहरण यदि कोई व्यक्ति गाड़ी में बैठा है और गाड़ी अचानक दाईं ओर को घूम जाए, तो व्यक्ति को बाईं ओर एक झटका लगता है। इससे व्यक्ति अपने ऊपर बाईं ओर एक बल लगा हुआ अनुभव करता है, जबकि वास्तव में ऐसा नहीं है। ऐसा इसलिए होता है कि गाड़ी तथा व्यक्ति को दाईं ओर घूमने के लिए एक आवश्यक अभिकेन्द्र बल चाहिए जो गाड़ी को तो सड़क व पहियों के बीच घर्षण से प्राप्त होता है, जबकि व्यक्ति को यह बल प्राप्त नहीं हो पाता है। इसलिए व्यक्ति जड़त्व के कारण अपनी पूर्ववत् सीधी दिशा में गति करने की प्रवृत्ति रखता है। अत: गाड़ी के मुड़ते ही मनुष्य विपरीत दिशा में झटका खाकर ऐसा अनुभव करता है, जैसे कि उस पर कोई बल लगा हो, यही अपकेन्द्र बल है।

MTQuestion Bank.com