दोलन (Oscillations)

परिचय

दोलन किसी वस्तु की किसी निश्चित या माध्य स्थिति के चारों ओर बार-बार होने वाली आगे-पीछे की गति है। सरल लोलक, कंपन करती हुई डोरी और स्प्रिंग से जुड़ा द्रव्यमान दोलन के उदाहरण हैं। इस अध्याय में **आवर्ती गति, सरल आवर्त गति, आवर्तकाल, आवृत्ति, आयाम, कला, SHM में ऊर्जा और सरल लोलक** का अध्ययन किया जाता है।

आवर्ती गति (Periodic Motion)

परिभाषा

वह गति जो समान समय अंतराल के बाद स्वयं को दोहराती है, **आवर्ती गति** कहलाती है।

उदाहरण—

- सूर्य के चारों ओर पृथ्वी की गति
- सरल लोलक की गति
- ट्यूनिंग फोर्क का कंपन
- स्प्रिंग से जुड़े द्रव्यमान की गति

एक पूरा चक्र पूरा करने में लगा समय **आवर्तकाल (T)** कहलाता है।

दोलन गति (Oscillatory Motion)

परिभाषा

किसी वस्तु की माध्य स्थिति के चारों ओर बार-बार आगे-पीछे होने वाली गति को **दोलन गति** कहते हैं।

दोलन करती वस्तु अपनी माध्य स्थिति से होकर दो चरम स्थितियों के बीच गति करती है।

महत्वपूर्ण शब्द

- **माध्य स्थिति:** वस्तु की साम्य स्थिति।
- **चरम स्थिति:** माध्य स्थिति से सबसे दूर की स्थिति।
- **आयाम (A):** माध्य स्थिति से अधिकतम विस्थापन।
- **आवर्तकाल (T):** एक पूर्ण दोलन में लगा समय।
- **आवृत्ति (f):** एक सेकंड में किए गए दोलनों की संख्या।

संबंध—

f = 1/T

आवृत्ति का SI मात्रक: **हर्ट्ज (Hz)**

सरल आवर्त गति

परिभाषा

सरल आवर्त गति (SHM) एक ऐसी दोलनी गति है जिसमें पुनर्स्थापन बल या त्वरण माध्य स्थिति से विस्थापन के समानुपाती होता है और हमेशा माध्य स्थिति की ओर निर्देशित होता है।

गणितीय रूप—

$$F \propto -x$$

या

$$F = -kx$$

ऋणात्मक चिह्न दर्शाता है कि पुनर्स्थापन बल विस्थापन की दिशा के विपरीत कार्य करता है।

SHM की विशेषताएँ

मुख्य विशेषताएँ

- गति आवर्ती होती है।
- वस्तु माध्य स्थिति के चारों ओर दोलन करती है।
- पुनर्स्थापन बल माध्य स्थिति की ओर कार्य करता है।
- पुनर्स्थापन बल विस्थापन के समानुपाती होता है।
- चरम स्थितियों पर त्वरण अधिकतम होता है।
- माध्य स्थिति पर वेग अधिकतम होता है।
- चरम स्थितियों पर वेग शून्य होता है।

विस्थापन, वेग और त्वरण

विस्थापन

SHM करने वाले कण का विस्थापन इस प्रकार लिखा जा सकता है—

$$x = A \sin(\omega t + \varphi)$$

जहाँ—

- A = आयाम
- ω = कोणीय आवृत्ति
- t = समय
- φ = प्रारंभिक कला

कोणीय आवृत्ति

$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$

कोणीय आवृत्ति का SI मात्रक **rad/s** है।

त्वरण

SHM में—

$a = -\omega^2 x$

इससे पता चलता है कि त्वरण विस्थापन के समानुपाती होता है और माध्य स्थिति की ओर निर्देशित होता है।

SHM में ऊर्जा

गतिज ऊर्जा

दोलन करती वस्तु की गतिज ऊर्जा—

$K.E. = \frac{1}{2}mv^2$

माध्य स्थिति पर गतिज ऊर्जा अधिकतम और चरम स्थितियों पर शून्य होती है।

स्थितिज ऊर्जा

स्थितिज ऊर्जा चरम स्थितियों पर अधिकतम और माध्य स्थिति पर न्यूनतम होती है।

स्प्रिंग के लिए—

$P.E. = \frac{1}{2}kx^2$

कुल ऊर्जा

आदर्श SHM में कुल यांत्रिक ऊर्जा नियत रहती है।

कुल ऊर्जा = गतिज ऊर्जा + स्थितिज ऊर्जा

स्प्रिंग-द्रव्यमान निकाय के लिए—

$E = \frac{1}{2}kA^2$

स्प्रिंग-द्रव्यमान निकाय

आवर्तकाल

यदि **m** द्रव्यमान का पिंड **k** बल नियतांक वाले स्प्रिंग से जुड़ा है, तो—

$T = 2\pi\sqrt{(m/k)}$

द्रव्यमान बढ़ने पर आवर्तकाल बढ़ता है और स्प्रिंग की कठोरता बढ़ने पर आवर्तकाल घटता है।

सरल लोलक

परिभाषा

सरल लोलक एक छोटे गोलक से बना होता है, जो एक हल्की और अविस्तार्य डोरी द्वारा एक स्थिर बिंदु से लटका होता है।

छोटे दोलनों के लिए सरल लोलक की गति लगभग **सरल आवर्त गति** होती है।

आवर्तकाल

$T = 2\pi\sqrt{(l/g)}$

जहाँ—

- **l** = लोलक की लंबाई
- **g** = गुरुत्वीय त्वरण

आवर्तकाल—

- लोलक की लंबाई बढ़ने पर बढ़ता है।
- **g** का मान बढ़ने पर घटता है।
- गोलक के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता।
- छोटे दोलनों के लिए आयाम पर निर्भर नहीं करता।

अवमंदित दोलन

परिभाषा

जब घर्षण या वायु प्रतिरोध जैसे प्रतिरोधी बलों के कारण दोलन का आयाम धीरे-धीरे कम होता जाता है, तो इसे **अवमंदित दोलन** कहते हैं।

इसमें निकाय की ऊर्जा धीरे-धीरे कम होती जाती है।

उदाहरण: वायु प्रतिरोध और घर्षण के कारण लोलक अंततः रुक जाता है।

बलित दोलन

परिभाषा

जब किसी दोलनी निकाय पर लगातार कोई बाहरी आवर्ती बल लगाया जाता है, तो उत्पन्न दोलन को **बलित दोलन** कहते हैं।

निकाय बाहरी बल की आवृत्ति के साथ दोलन करता है।

अनुनाद (Resonance)

परिभाषा

जब बाहरी आवर्ती बल की आवृत्ति निकाय की प्राकृतिक आवृत्ति के बराबर या उसके लगभग हो जाती है, तो **अनुनाद** होता है।

अनुनाद के समय दोलन का आयाम बहुत अधिक हो जाता है।

अनुप्रयोग

अनुनाद का उपयोग—

- संगीत वाद्य यंत्रों
- रेडियो ट्यूनिंग
- विद्युत परिपथों
- कंपन प्रणालियों

में किया जाता है।

अनुनाद हानिकारक भी हो सकता है क्योंकि अत्यधिक कंपन से संरचनाओं को नुकसान पहुँच सकता है।

दोलन के अनुप्रयोग

महत्व

दोलन का उपयोग—

- घड़ियों और घड़ी यंत्रों
- संगीत वाद्य यंत्रों
- भूकंपमापी यंत्रों
- रेडियो और संचार प्रणालियों
- विद्युत परिपथों
- इंजीनियरिंग और मशीनों

में किया जाता है।

मुख्य बिंदु

- दोलन माध्य स्थिति के चारों ओर बार-बार होने वाली आगे-पीछे की गति है।
- आवर्ती गति समान समय अंतराल के बाद दोहराई जाती है।
- SHM में पुनर्स्थापन बल विस्थापन के समानुपाती होता है।
- पुनर्स्थापन बल हमेशा माध्य स्थिति की ओर कार्य करता है।
- **f = 1/T**
- **ω = 2πf**
- माध्य स्थिति पर वेग अधिकतम होता है।
- चरम स्थितियों पर त्वरण अधिकतम होता है।
- आदर्श SHM में कुल ऊर्जा नियत रहती है।
- स्प्रिंग निकाय का आवर्तकाल **$T = 2\pi\sqrt{(m/k)}$** है।
- सरल लोलक का आवर्तकाल **$T = 2\pi\sqrt{(l/g)}$** है।
- जब बाहरी आवृत्ति प्राकृतिक आवृत्ति के बराबर होती है, तो अनुनाद के कारण आयाम बहुत अधिक हो जाता है।

अध्याय सारांश

इस अध्याय में दोलनी एवं आवर्ती गति तथा सरल आवर्त गति (SHM) का अध्ययन किया गया है। इसमें आयाम, आवर्तकाल, आवृत्ति, कोणीय आवृत्ति, विस्थापन, वेग, त्वरण, SHM में ऊर्जा, स्प्रिंग-द्रव्यमान निकाय, सरल लोलक, अवमंदित एवं बलित दोलन तथा अनुनाद शामिल हैं। दोलन अनेक प्राकृतिक घटनाओं, यांत्रिक प्रणालियों, विद्युत परिपथों, घड़ियों और संचार तकनीकों में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।