

भोवरा कसा फिरतो?

मुलांनो, तुमच्या लहानपणी कोणती खेळणी तुम्हाला आवडत होती? कदाचित व्हिडीओ गेम्स, क्रिकेटचे बॉल-बॅट वगैरे असतील. पण तुमच्या आजोबांना हा प्रश्न तुम्ही विचारला तर ते त्यांच्या आवडीचा एक खेळ नक्की सांगतील, तो म्हणजे भोवरे फिरवणे. आताचे भोवरे खूप वेगवेगळ्या प्रकारचे, रंगीत नक्षीचेही असतात. भोवऱ्याला दोरा गुंढाळून तो बोटांनी विशिष्टप्रकारे जमिनीवर सोडला आणि छान फिरू लागला की आपल्याला त्याच्याकडे बघत रहावासे वाटते!

अशा ह्या भोवऱ्याचा शोध केव्हा लागला असेल? विशेष म्हणजे, पुरातन काळच्या वस्तूंचा शोध घेण्यासाठी जे उत्खनन केले जाते त्यात, सुमारे सहा हजार वर्षांपूर्वीच्या आढळलेल्या वस्तूंमध्ये 'फिरणारा भोवरा' ह्या खेळण्याचा समावेश आहे! इराकमधील उत्खननात सापडलेल्या मातीच्या भोवऱ्याचा काळ इ.स.पूर्व 35 व्या शतकातला असावा अशी नोंद आहे. तसेच कुठल्याही अमूक एका प्रदेशात भोवऱ्याचा शोध लागला असे नसून जगात अनेक ठिकाणी साधारण सारख्याच कालखंडात भोवरा खेळला जात असावा असे आढळून आले आहे.

आताच्या काळात सुद्धा भोवरे फिरवण्यातील मजा आणि आनंद घेण्यासाठी 'भोवरा फिरवण्याचा दिवस' असा एक जागतिक दिवस ऑक्टोबरच्या दुसऱ्या बुधवारी काही देशात साजरा केला जातो अशी नोंद आहे! भोवरे सहसा लाकडापासून बनवले जातात. हल्ली काही भोवरे प्लॅस्टीकचे आणि धातूचेही बनवले जातात.

भोवऱ्याच्या प्रकारातील भिंगरी ही हाताने फिरवली जाते. आणि भोवरा मात्र दोरी गुंढाळून योग्य पध्दतीने जमिनीवर सोडावा लागतो. भोवरा त्याच्या निमुळत्या टोकावर फिरत रहातो. दोरा गुंढाळण्यासाठी भोवऱ्यावर आटे / खोबणी(groove) असतात (आकृती 1).

भोवरा उत्तमपणे फिरण्यासाठी काय आवश्यक असते? ह्यासाठी भोवरा किती योग्यपणे बनवलेला आहे, ज्या जागेत तो फिरणार आहे ती जागा कशी आहे आणि तो जमिनीवर फिरण्यासाठी किती कौशल्याने सोडला आहे ह्यावर भोवऱ्याचे फिरणे अवलंबून असते.

भोवरा फिरवण्याचा खेळ खरंतर इतर महागड्या खेळण्यांपेक्षा अगदी साधा, स्वस्त असूनही खूप आनंद देणारा असतो. मात्र त्यातलं शास्त्र समजावून घेणं वाटतं तितकं सोपं नाही, किंबहुना त्यात दडलेले भौतिक शास्त्र फारच भारी आहे ते आता अगदी थोडक्यात बघूया.

(पुढील आकृतीत दाखवलेले, फिरणाऱ्या भोवऱ्यांचे अक्ष काल्पनिक असतात.)

तुम्ही हातातल्या भोवऱ्यावर प्रथम दोरा गुंढाळता (आकृती 2) आणि मग तो जमिनीवर सोडता. जमिनीवर सोडताक्षणी तो भोवरा उभ्या सरळ रेषेच्या अक्षाभोवती फिरत रहातो (spinning)(आकृती 3). ह्या अवस्थेत भोवऱ्याच्या फिरण्यावर गुरुत्वाकर्षणाचा परीणाम होत नाही.

भोवरा हातातून जमिनीवर सोडताना त्याच्या स्थितीज उर्जेचे रूपांतर गतीज उर्जेत होते. शिवाय दोरा गुंढाळून, तो ओढून जमिनीवर सोडण्यात आपण त्यास आणखी गतीज उर्जा देतो. भोवरा जमिनीवर फिरू लागला की त्यात पूर्णपणे फक्त गतीज उर्जा असते.

आणि मग कोनिय संवेग अक्षयतेच्या तत्वानुसार (principle of conservation of angular momentum) हा भोवरा, त्यावर कुठलेही बाह्य बल लागत नसेल तर तो तसाच सतत फिरत राहू शकतो. पण..... पण प्रत्यक्षात असं का बरं होत नाही?



आकृती 1



आकृती 2

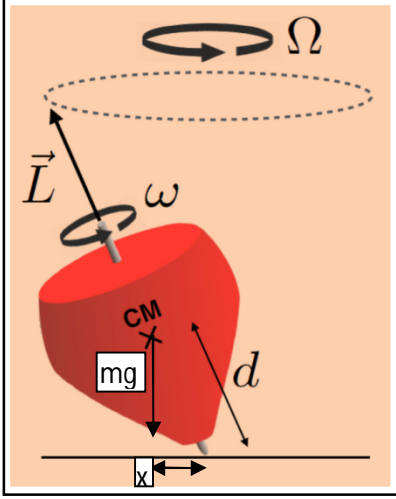


आकृती 3

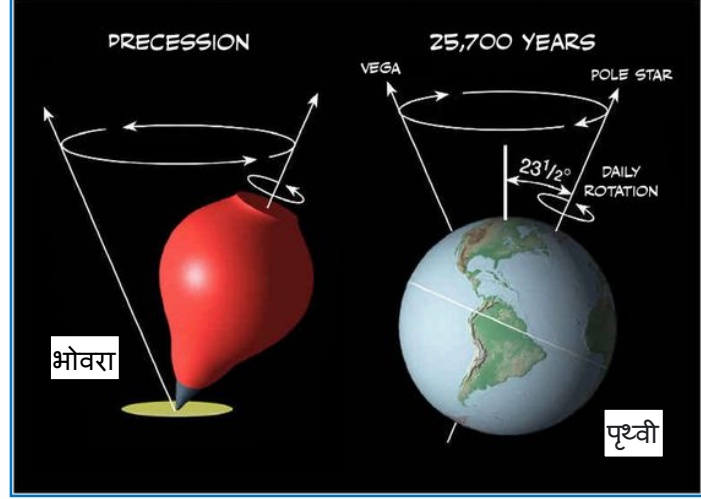
कारण भोवरा तयार करताना त्याचा आकार, वजन हे भोवऱ्याच्या सर्व बाजूंनी शंभर टक्के सारखे नसते. ह्याशिवाय भोवरा जमिनीवर फिरताना त्यावर हवेचे आणि त्याच्या जमिनीवरच्या टोकावर घर्षणाचे बल लागत असते. ह्यामुळे भोवऱ्याची उर्जा थोडी कमी होते, भोवरा किंचितसा डगमगतो व त्याचा अक्ष थोडा कलतो. व ह्या कललेल्या अवस्थेत ω ह्या गतीने तो स्वतःभोवती फिरत रहातोच आणि शिवाय आता तो एका उभ्या सरळ रेषेच्या अक्षाभोवती Ω ह्या गतीने फिरू लागतो. (आकृती 4). भोवऱ्याच्या अशा स्वतःच्या अक्षाभोवती फिरत असतानाच त्याचे दुसऱ्या अक्षाभोवती फिरणे ह्याला प्रिसेशन म्हणतात.

भोवरा असा कललेल्या अवस्थेत फिरताना त्यावर गुरुत्वाकर्षणाचे बल भोवऱ्याच्या

गुरुत्वमध्यबिंदूतून (CM) खालच्या दिशेत लागते (आकृती 4). अशा लागलेल्या बलालामुळे भोवऱ्यावर गुरुत्वाकर्षणीय टॉर्क (mg गुणिले x) लागतो.



आकृती 4



आकृती 5

भोवरा प्रिसेशन करत असताना त्यावर केंद्राभिमुख (centripetal) व केंद्रापसारी (centrifugal) बलेही कार्यरत असतात. भोवऱ्याची प्रिसेशनची कोनीय गती (Ω) ही त्याच्या स्वतःभोवती फिरण्याच्या (spinning) गतीला (ω) व्यस्तानुपाती असते, म्हणजे भोवऱ्याची स्वतःभोवती फिरण्याची गती कमी झाली की प्रिसेशन गती वाढते. सरते शेवटी भोवऱ्याची उर्जा कमी कमी होत भोवरा फिरायचा थांबतो.

पृथ्वीचे वैशिष्ट्य म्हणजे ती स्वतःभोवती फिरते, सूर्याभोवती फिरते आणि तिचा अक्ष कललेला असल्यामुळे आकृती 5 मधे दाखवल्याप्रमाणे पृथ्वीचे प्रिसेशनने फिरणेही आलेच!

पृथ्वी अंतराळात असल्यामुळे कुठलेच घर्षण बल पृथ्वीवर लागत नाही त्यामुळे ती सतत फिरतेच आहे.

मात्र प्रश्न असा आहे की, पृथ्वीवर कुठलेच घर्षण बल लागत नाही तरीही तिचे प्रिसेशन का होते? ह्याचे कारण सूर्य आणि चंद्र ह्यांच्या गुरुत्वीय बलाचा परिणाम पृथ्वीच्या विषुववृत्तीय फुगीर भागावर होत असल्यामुळे पृथ्वीचे प्रिसेशन होते. पण हे प्रिसेशन अत्यंत हळू म्हणजे एक प्रिसेशन व्हायला (360° गोलाकार पूर्ण करायला) पृथ्वीला सुमारे 25,700 वर्षे लागतात. म्हणजे पृथ्वीला 1 डिग्री प्रिसेशनचे अंतर फिरायला सुमारे 72 वर्षे लागतात!