

शैक्षणिक संदर्भ अंक १२७ डिसेंबर २०२० – जानेवारी २०२१

पुस्तक परिचय

सुपरहिरोंचे भौतिकशास्त्र

सुपरमॅनचा जन्मग्रह आणि गुरुत्वाकर्षणाचा नियम

लेखक: जेम्स काकालिओस संक्षिप्त अनुवाद: नीलिमा सहस्रबुद्धे

सुपरहिरोंचे भौतिकशास्त्र

सुपरमॅनचा जन्मग्रह आणि गुरुत्वाकर्षणाचा नियम

लेखक: जेम्स काकालिओस संक्षिप्त अनुवाद: नीलिमा सहस्रबुद्धे

सुपरहिरो कॉमिक्समधील पात्रे, घटना, इ.चा संदर्भ घेऊन भौतिकशास्त्रातील संकल्पना मनोरंजक पध्दतीने समजावून देणाऱ्या फिजिक्स ऑफ सुपरहिरोज या पुस्तकातील काही भाग आपण मागच्या अंकात वाचला असेलच. त्याच पुस्तकातील हा आणखी एक भाग.



सुपरमॅन जेव्हा एका दमात २०० मीटर उडी मारू शकतो, तेव्हा त्याची शक्ती पृथ्वीवरच्या माणसापेक्षा कैक पट जास्त असावी लागेल, शरीररचनाच वेगळी असावी लागेल. यावरून तो जिथे जन्माला आला, तिथे पृथ्वीच्या १५ पट गुरुत्वाकर्षण असणार, हे आपण गेल्या वेळी पाहिले. आता हे १५ पट गुरुत्वाकर्षण असणारा ग्रह तयार कसा झाला असेल, हा प्रश्न येतो. त्याच्या उत्तरासाठी पुन्हा आपल्याला न्यूटनकडे जावे लागेल.

गुरुत्वाकर्षणामुळे कोणत्याही दोन वस्तू एकमेकांना किती जोराने खेचतील, याबद्दल न्यूटनने असे मांडले आहे :

$$\text{गुरुत्वाकर्षणाचा जोर} = \text{ग} \times \text{वस्तुमान}_1 \times \text{वस्तुमान}_2 / (\text{अंतर})^2 \dots\dots(१)$$

$$\text{ग} = \text{वैश्विक गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक} = ६.६७ \times १०^{-११} \text{ मी}^3 \text{ किग्रॅ}^{-१} \text{ से}^{-२}$$

या वस्तू म्हणजे सूर्य, पृथ्वी, चंद्र असोत किंवा पृथ्वी आणि सुपरमॅन असो. एखादी गोल वस्तू जेव्हा संपूर्ण आकारमानामध्ये सारख्या घनतेची असेल, तेव्हा ते वस्तुमान जणू गोलाच्या केंद्रापाशी एकवटले असावे, असे वागते. तेव्हा पृथ्वीचे सर्व वस्तुमान पृथ्वीच्या केंद्राशी असेल, तर पृथ्वीवर उभ्या असलेल्या कोणत्याही व्यक्तीचे या वस्तुमानापासूनचे अंतर, म्हणजे पृथ्वीची त्रिज्या (६३६६ किमी). आता पृथ्वीवर उभा असणारा कोणीही पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाचा विशिष्ट जोर अनुभवतो. पृथ्वीचे वस्तुमान आहे ६×१०^{२४} किलो. सुपरमॅनचे वस्तुमान १०० किलो धरले, तर वरील सूत्रानुसार हा जोर साधारण १०० किलोग्राम-मीटर/सेकंद^२ येतो. हाच जोर आपण वजनकाट्यावर मोजतो.

न्यूटनच्या दुसऱ्या नियमानुसार,

$$\text{सुपरमॅनवरील गुरुत्वाकर्षणाचा जोर} = \text{सुपरमॅनचे वस्तुमान} \times \text{ग} \dots\dots (२)$$

$$\text{ग} = \text{गुरुत्वाकर्षण बलामुळे निर्माण होणारा प्रवेग}$$

दोन्ही सूत्रांनी येणारा जोर सारखाच असायला हवा. त्यावरून आपल्याला ग म्हणजे गुरुत्वाकर्षणीय प्रवेगाची किंमत १० मीटर/सेकंद^२ अशी मिळते.

या सूत्रावरून आपण चंद्रावर असताना ग ची किंमत काय असेल तेही काढू शकतो. सुपरमॅनचे वस्तुमान तेच राहिल, आणि चंद्राचे वस्तुमान आणि त्रिज्या वापरली, की चंद्रावर निर्माण होणारा गुरुत्वाकर्षणीय प्रवेग मिळेल. तो पृथ्वीच्या ६ पट कमी येतो.

१६६५ मध्ये न्यूटनने जे मांडले, त्याचा खरा अर्थ असा आहे. सफरचंद पडताना पाहून त्याला गुरुत्वाकर्षणाची कल्पना सुचली हे खरे नाही, किंवा ते पाहून त्याने गुरुत्वाकर्षण बलाचे सूत्र (सूत्र १) मांडले असेही नाही. पण सतराव्या शतकात त्याच्या लक्षात आले, की सफरचंदाला जो जोर ओढून घेतो, तोच चंद्रालाही ओढत असला पाहिजे!

ग्रह गोलाकार का असतात?

न्यूटनचा गुरुत्वाकर्षणाचा नियम सांगतो, की दोन वस्तूंमधल्या गुरुत्वाकर्षणाचा जोर त्यांच्यामधल्या अंतराच्या वर्गाच्या पटीत कमी होतो. वस्तूच्या पृष्ठभागावरील गुरुत्वाकर्षण त्या वस्तूच्या केंद्रापासूनच्या अंतरावर अवलंबून असते. त्यामुळे त्या वस्तूतील सर्व अणू केंद्रापासून कमीतकमी अंतरावर राहण्याची शक्यता सर्वात जास्त. बहुसंख्य ग्रह-तारे गोलाकार असण्याचे हेच कारण आहे. मात्र काही अशनी वेगळ्या आणि विचित्र आकाराचे आढळून येतात, त्यांचा आकार लहान असतो, त्यातील गुरुत्वाकर्षण इतके मोठे नसते, की त्यातील खडकांचा आकार मोडून, त्याचा गोलाकार होईल. पण जर या अशनीला अवकाशातून इतर पदार्थ येऊन चिकटत राहिले, तर त्याचा आकार वाढत जातो, त्यातील गुरुत्वाकर्षण वाढत जाते. मग मात्र त्याची ताकद अशनीचा आकार बदलून गोल करण्याइतकी होते.

थोडक्यात, एखाद्या कथेत जर एखाद्या ग्रहाचा आकार गोल सोडून दुसरा कुठला उदा. घनाकार दाखवला, तर त्याच्या लांबी-रुंदीवर मर्यादा येतील. एवढेच नाही तर, त्या ग्रहाचे गुरुत्वाकर्षण तिथे वातावरण धरून ठेवू शकणार नाही आणि त्यामुळे तिथले आकाशदेखील निळे दिसणार नाही!

एका विशिष्ट त्रिज्येच्या वर्तुळात फिरत राहण्यासाठी चंद्रावर ठरावीक जोर सतत लागत असला पाहिजे. बाह्य जोर नसेल, तर गतीमध्ये बदल होऊ शकत नाही. एखादी वस्तू

दोरा बांधून जेव्हा हाताने एकाच गतीने फिरवली जाते, तेव्हा तीवर लागणारा जोर गतीच्या दिशेत नसतो, मात्र तो वस्तूची दिशा बदलू शकतो; हे तुम्ही पहिले असेल.

चंद्रावर गुरुत्वाकर्षणाचा जोर नसता, तर तो सरळ रेषेत निघून गेला असता. आणि मुळात त्याला त्याची विशिष्ट गती नसती, तर तो पृथ्वीवर येऊन आदळला असता. याच गुरुत्वाकर्षणाच्या जोरामुळे पृथ्वीही सूर्याभोवती फिरत राहते. याच जोरामुळे सफरचंद जमिनीवर पडते आणि सुपरमॅनने उडी मारल्यावर त्याचा वेग काही उंचीवर शून्य होतो. सुपरमॅनच्या ताकदीचे मोजमाप करून आपल्या लक्षात आले, की त्याचा जन्म झाला, त्या ग्रहावर पृथ्वीच्या पंधरापट गुरुत्वाकर्षण आहे.

आता सुपरमॅनच्या क्रिप्टॉन ग्रहाबद्दल पाहू. तिथे गुरुत्वाकर्षण १५ पट आहे. म्हणजे,

$$g_{\text{क्रिप्टॉन}} / g_{\text{पृथ्वी}} = १५.$$

आपल्याला माहित आहे की $g = G \times \text{वस्तुमान} / \text{त्रिज्या}^2$

आणि $\text{वस्तुमान} = \text{आकारमान} \times \text{घनता} = \frac{4}{3} \times \pi \times \text{त्रिज्या}^3 \times \text{घनता}$

त्यावरून,

$$(\text{क्रिप्टॉनची घनता} \times \text{क्रिप्टॉनची त्रिज्या}) / (\text{पृथ्वीची घनता} \times \text{पृथ्वीची त्रिज्या}) = १५.$$

क्रिप्टॉनची त्रिज्या आणि घनतेचा गुणाकार पृथ्वीच्या पंधरा पट असणार.

क्रिप्टॉनची आणि पृथ्वीची त्रिज्या सारखी असेल तर क्रिप्टॉनची घनता १५ पट असेल. किंवा दोन्ही ग्रहांची घनता सारखी असेल, तर क्रिप्टॉनची त्रिज्या पंधरा पट असेल.

आता, घनता पंधरा पट असू शकेल का याचा विचार करू.

एखाद्या पदार्थात किती अणू आहेत, त्यावरून त्याची घनता ठरते. अणूमध्ये केंद्रात प्रोटॉन, न्यूट्रॉन आणि त्याभोवती फिरणारे अतिशय हलके इलेक्ट्रॉन अशी रचना असते. अणूचे वजन प्रोटॉन आणि न्यूट्रॉनच्या संख्येवर ठरते, तर आकार ठरतो इलेक्ट्रॉनच्या कक्षेवर.

अणुकेंद्राचा आकार 1×10^{-12} सेंमी असतो. इलेक्ट्रॉनची कक्षा साधारण त्याच्या $10,000$ पट मोठी असते. अणुकेंद्र जर 1 सेंमी असेल, तर अणूची त्रिज्या जवळजवळ 92 मीटर होईल.

आता गुरुत्वाकर्षणाची शक्ती त्या त्या ग्रहावर वेगळी असली, तरी अणूचा आकार त्यावर अवलंबून नसतो. म्हणजे एखाद्या दगडात किती अणू असतील, तो आकडा बदलत नाही. थोडक्यात, त्याची घनता काही बदलत नाही. पाण्याचा 1 सेंमी चा घन घेतला तर त्याचे वस्तुमान 1 ग्राम असेल, आणि 1 सेंमी घन आकाराचे शिसे घेतले, तर वस्तुमान 11 ग्राम असेल.

पृथ्वीवर पुष्कळ पाणी असले, तरी तिच्या पोटात त्याहून जास्त खडक आहे. त्यामुळे तिची घनता 5 ग्राम/सेंमी³ आहे. त्या खालोखाल बुध आणि शुक्राची घनता आहे.

पृथ्वीच्या पंधरा पट घनता हवी, तर ती 75 ग्राम/सेंमी³ येते. आपल्या सूर्यमालेतील कोणताही पदार्थ इतका घन नाही. अगदी पूर्ण युरेनियमचा बनला असेल तरी घनता 19 ग्राम/सेंमी³ येईल. म्हणजे 15 पट घनता ही कल्पना बाद होते...

मग आकार असेल का 15 पट?

आपल्या ग्रहमालेत पृथ्वीच्या ११ पट त्रिज्या असणारा गुरू आहेच. मात्र तो आहे वायूचा गोळा. तिथे दगड-माती... काही घन आधारच नाही. त्यामुळे तिथे सुपरमॅन जन्माला येणे अशक्यच.

मग ही सुपरमॅन आणि क्रिप्टॉन ग्रहाची कल्पना बोगस म्हणायची का? तसेच काही नाही. सूर्यमालेतील कोणताही पदार्थ इथे उपयोगी नसला तरी, असे काही अतिविशेष, अतिघन पदार्थ अवकाशात सापडलेले आहेत. सुपरनोव्हा स्फोटानंतर शिल्लक राहणाऱ्या पदार्थात त्यांचा समावेश आहे.

जेव्हा जेव्हा वायुगोळ्यांमध्ये एकूण वायूचे प्रमाण वाढते, तेव्हा परिणाम म्हणजे केंद्रापाशी गुरुत्वाकर्षण इतके वाढते, की तिथले अणू अक्षरशः वितळून एकत्र येतात आणि नवे जड अणू तयार होतात. ऊर्जा = वस्तुमान x (प्रकाशाचा वेग)^२ इतकी जादा ऊर्जा बाहेर पडते. ही ऊर्जा गुरुत्वाकर्षणाच्या जोराला तुल्यबळ असते, तेव्हा ताऱ्याचा आकार स्थिर राहतो.

जेव्हा सर्व हायड्रोजन केंद्रे एकत्र येऊन हेलियम बनतो, हेलीयम केंद्रे एकत्र येऊन कार्बन बनतो, त्यातीलच काहींचा नायट्रोजन – ऑक्सिजन... करत लोह बनते. पुढे या प्रक्रियेला वेग येऊन लोह आणि निकेल बनू लागते. मात्र आता ही प्रक्रिया कमी ऊर्जा देणारी असते, आणि गुरुत्वाकर्षणाची शक्ती त्याहून जास्त होते. वायुगोळा / तारा त्या दबावाने लहान होतो, त्यातील अणुकेंद्रे वितळून एकत्र येण्याची शेवटची फैर झडते... युरेनियमपर्यंतची जड द्रव्ये तयार होतात. त्याचबरोबर प्रचंड प्रमाणात ऊर्जा बाहेर पडते. ताऱ्याच्या या अवस्थेला सुपरनोव्हा म्हणतात. याच बाहेर पडणाऱ्या ऊर्जेसोबत तयार झालेली काही

द्रव्येही फेकली जातात. गुरुत्वाकर्षणामुळे त्यातली काही एकत्र येऊन नवे तारे – ग्रह देखील बनतात. आपल्या शरीरातले एकूण एक अणू, आपल्या आसपास असलेल्या प्रत्येक वस्तुमात्रातले अणू अशाच प्रकारे एखाद्या ताऱ्यामध्ये शेवटच्या अवस्थेत तयार झालेले आहेत.



स्फोट होऊ घातलेला तारा. हबल दुर्बिणीने टिपलेली अवकाशीय घटना (स्रोत – विकीपिडिया)

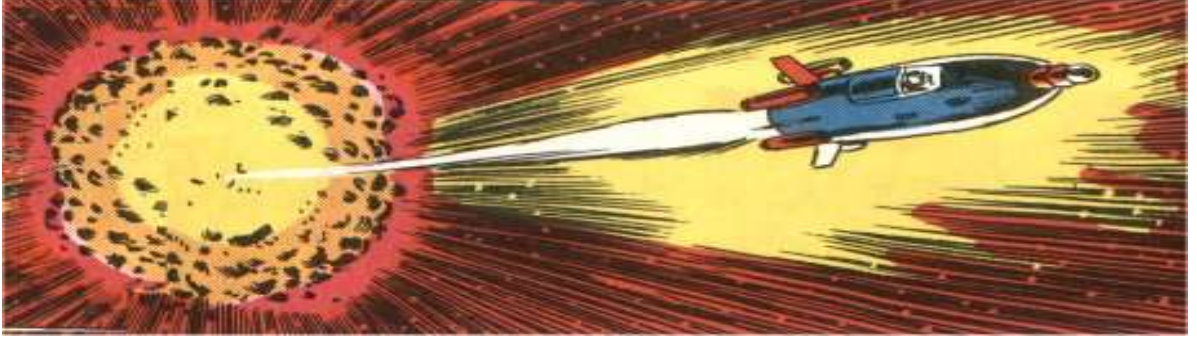
जो तारा अतिप्रचंड असेल, त्याच्या केंद्रापाशी इतके प्रचंड गुरुत्वाकर्षण निर्माण होते, की अणुकेंद्रातले प्रोटॉन आणि इलेक्ट्रॉन एकत्र येऊन त्यांचे न्यूट्रॉन तयार होतात. सुपरनोव्हा अवस्थेनंतरही हे न्यूट्रॉन अधिकाधिक जवळ येऊन घट्टसे आण्विक द्रव्य तयार होते. अशा प्रकारे शिल्लक राहिलेल्या ताऱ्याला न्यूट्रॉन तारा म्हणतात. याहून अधिक घनतेचा पदार्थ फक्त कृष्णविवरातच असू शकतो.

हा न्यूट्रॉन ताऱ्यातला पदार्थ क्रिप्टॉन ग्रहामध्ये असला, तर त्याची घनता १५ पट असू शकते!!

६०० मीटरचा केंद्रगोल जर न्यूट्रॉन ताऱ्याचा असेल, तर पृथ्वीच्या आकाराच्या ग्रहाची घनता १५ पट मिळू शकेल.

आणि आता आपल्या लक्षात येईल, की हा ग्रह फुटण्याची वेळ का आली? केंद्रात अतिप्रचंड घनता असल्यामुळे, पृष्ठभागावर मोठ्या प्रमाणात तणाव निर्माण होणारच! मग ज्वालामुखी आणि पृष्ठीय हालचाली ओघाने आल्याच. आणि म्हणूनच तिथल्या शास्त्रज्ञांना

आपली पुढची पिढी परग्रहावर पाठवायची वेळ आली. आता हे सगळे, १९३८ साली त्या तरुण कार्टून लेखकांच्या ध्यानात आले होते की त्यांचे अंदाज योगायोगाने अचूक ठरले... ते तुम्हीच ठरवा!



सुपरमॅन कॉमिक्सच्या गोष्टीनुसार क्रिप्टॉन ग्रह फुटून नष्ट होण्याची वेळ आली, तेव्हा सुपरमॅनच्या वैज्ञानिक वडिलांनी बाल-सुपरमॅनला एका अवकाशयानात बसवले, व यान पृथ्वीच्या दिशेने रवाना केले.

फिजिक्स ऑफ सुपरहिरोज हे पुस्तक तुम्ही पीडीएफ स्वरूपात थेट डाउनलोड करू शकता.

लिंक - <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Physics-of-Superheroes-Kakalios/e49024d876070954a808b93f47f5300337103a2a>

§§§

लेखक : जेम्स काकालिओस, अमेरिकेतील मिनेसोटा विद्यापीठातील स्कूल ऑफ फिजिक्स अँड अस्ट्रॉनॉमी येथे अध्यापन करतात, सर्वसामान्यांसाठी विज्ञान लेखन करतात.

संक्षिप्त अनुवाद : नीलिमा सहस्रबुध्दे, शैक्षणिक संदर्भ संपादक गटात सहभागी.

इ-मेल : neelimasahasrabudhe@gmail.com

(कळीचे शब्द: पदार्थविज्ञानाचे शिक्षण, शिक्षणातील रंजकता, सुपरमॅन, न्यूटनचे नियम, गुरुत्वाकर्षण, सुपरनोव्हा, ताऱ्यांचा स्फोट, मूलद्रव्यांची निर्मिती)

शैक्षणिक संदर्भ द्वैमासिकाविषयी

शैक्षणिक संदर्भ हे पालकनीती परिवाराचे द्वैमासिक ऑगस्ट १९९९ पासून संदर्भ सोसायटी प्रकाशित करत आहे. मराठीतून चांगले विज्ञान वाचायला मिळावे, शालेय व महाविद्यालयीन विद्यार्थ्यांच्या कुतूहलाला प्रोत्साहन मिळावे, अनुभवांना जोडून असलेल्या विज्ञानाची सहज ओळख व्हावी आणि समाजात वैज्ञानिक दृष्टिकोन वाढावा, हे याचे उद्देश आहेत.

२०१८ सालापासून आम्ही शैक्षणिक संदर्भची छापील आवृत्ती न काढता इ-अंक प्रकाशित करत आहोत व इमेल आणि व्हॉट्सॅपच्या माध्यमातून वाचकांपर्यंत पोहोचवत आहोत.

आपल्याला आमचे अंक वाचायचे असल्यास आपला इ-मेल पत्ता आणि व्हॉट्सॅप क्रमांक (ऐच्छिक) आम्हाला sandarbh.marathi@gmail.com वर पाठवावा. दर आठवड्याला एक लेख व दर दोन महिने पूर्ण झाल्यावर आठ लेखांचा एकत्रित एक अंक असे आपल्याला पीडीएफ स्वरूपात मिळतील.

www.sandarbhsociety.org या वेबसाईटला जरूर भेट द्या. जुने अंकही त्यावर पीडीएफ स्वरूपात उपलब्ध आहेत.

हा उपक्रम विनामूल्य आहे, पण आपण आपला सहभाग ऐच्छिक देणगी रूपात संदर्भ सोसायटीकडे पाठवू शकता. अधिक माहिती वेबसाईटवर उपलब्ध आहे.

- संपादक मंडळ, शैक्षणिक संदर्भ व विश्वस्त मंडळ, संदर्भ सोसायटी