

## गुरुत्वीय अवपात

ग चे मूल्य बदलते. हा होणारा फरक मुख्यतः दोन कारणांमुळे होतो; पहिले म्हणजे पृथ्वीचे स्वतःभोवती होणारे भ्रमण. गुरुत्वीय प्रेरणेची दिशा पृथ्वीच्या मध्याकडेच असते, पण पृथ्वी स्वतःच्या अक्षाभोवती पश्चिमेकडून पूर्वेकडे परिभ्रमण करीत असल्यामुळे तिच्यावर असलेल्या सर्व वस्तूंचा अपमध्य (मध्यापासून दूर जाणारी) प्रेरणा कार्य करीत असते. ह्या प्रेरणेमुळे ग चे मूल्य थोडे कमी होते. विषुववृत्तावर हे मूल्य कमीत कमी तर ध्रुवावर ते जास्तीत जास्त असते. अक्षांशामुळे होणाऱ्या फरकाचे दुसरे कारण असे की, पृथ्वी संपूर्ण गोलाकार नाही. विषुववृत्ताजवळची पृथ्वीची त्रिज्या ध्रुव-त्रिज्येपेक्षा जवळजवळ २१ किमी. जास्त आहे. अर्थात विषुववृत्ताजवळच्या सर्व वस्तू पृथ्वीच्या मध्यापासून थोड्या जास्त दूर असल्यामुळे, त्यावरील गुरुत्वीय प्रेरणा थोडी कमीच असते आणि ध्रुवावरील वस्तूंचा ती जास्त असते. म्हणून ग च्या मूल्यात अक्षांश बदलाने फरक पडतो. एखाद्या ठिकाणी अक्षांश क असल्यास त्या जागी असलेले ग चे मूल्य खालील आंतरराष्ट्रीय समीकरणाने दिले असते.

$$g = 9.80665 \left[ 1 + 0.0052884 \sin^2 \phi - 0.0000059 \sin^2 2\phi \right] \text{ सेंमी./से.}^2$$

ब्रूअर या शास्त्रज्ञांनी असे दाखवले की, पृथ्वीच्या सपाटीपासून उंचीवर गेले असता ग चे मूल्य कमी होते. समुद्रसपाटीपासून क्ष इतक्या उंचीवर गेले असता ग चे मूल्य खालीलप्रमाणे येते.

$$g = g_0 \left( 1 - \frac{2h}{r} + \frac{3gh}{2r} \right) \text{ सेंमी./से.}^2$$

या सूत्रात  $g_0$  = त्या ठिकाणची पृथ्वीच्या पृष्ठभागाजवळची घनता;  $g_0$  = पृथ्वीची सरासरी घनता;  $g_0$  = समुद्रसपाटीवरील गुरुत्वीय प्रवेग;  $r$  = पृथ्वीची सरासरी त्रिज्या. वरील समीकरणात क्ष ही उंची जास्त असली पाहिजे, म्हणजेच उंचीच्या प्रमाणात पृथ्वीचा प्रदेश सपाट असे मानण्याइतकी उंची पाहिजे. पृथ्वीवरील एका उंच पर्वत शिखरावर गेले असता तेथे असणारे ग चे मूल्य त्या ठिकाणीच पर्वत पायथ्याशी असणाऱ्या मूल्यापेक्षा भिन्न असते.

संदर्भ : 1. Gamow, G. *Gravity*, New York, 1965. 2. Noaks, G. R. *Textbook of General Physics*, London, 1959. 3. Starlig, S. G. *Mechanical Properties of Matter*, London, 1935. 4. Young, H. D. *Fundamentals of Mechanics and Heat*, New York, 1964. लागू, बी. जी.

**गुरुत्वीय अवपात :** गुरुत्वामुळे एखाद्या वस्तूच्या शीघ्रतेने होणाऱ्या आकुंचनाला गुरुत्वीय अवपात असे म्हणतात. गुरुत्वीय प्रेरणेने वस्तू संकोचत जाऊन तिची घनता अनंत होईपर्यंत म्हणजेच अतिघनबिंदूची स्थिती येईपर्यंत तिचा अवपात एकसारखा चालू राहू शकतो, हे जे. ओपेनहायमर आणि एच. स्नायडर यांनी १९३९ सालीच दाखवून दिले होते. १९६३ च्या सुरुवातीला  $\rightarrow$  कासार ह्या अतिसंकुचित पण अतितेजस्वी ज्योतींच्या खगोलशास्त्रीय शोधामुळे गुरुत्वीय अवपात ह्या विषयातील संशोधनाला विशेष चालना मिळाली. कासारप्रमाणेच अतिदीप्त नवतारे [ $\rightarrow$  नवतारा व अतिदीप्त नवतारा], तीव्र रेडिओ उद्गम व तारामंडळांच्या गाभ्यात होणारे स्फोट यांच्या आविष्कारातील स्फोटक ऊर्जा वस्तुमानाच्या बऱ्याच मोठ्या भागाइतकी असते. यांच्या तुलनेत ताऱ्यांच्या केंद्रभागात होणाऱ्या अणुगर्भीय प्रक्रियांद्वारे जास्तीत जास्त ०.९% वस्तुमानाचे ऊर्जेत रूपांतर होऊ शकते. त्यामुळे ऊर्जा मुक्त करणाऱ्या याहून अधिक शक्तिमान यंत्रणांचा शोध घेण्यात येत असून गुरुत्वीय अवपात ही अशी सर्वाधिक संभाव्य पर्यायी यंत्रणा असावी, असे शास्त्रज्ञांना वाटते.

**न्यूटन यांचा गुरुत्वाकर्षण सिद्धांत :** न्यूटन यांच्या गुरुत्वाकर्षण सिद्धांताप्रमाणे  $m_1$  आणि  $m_2$  वस्तुमान असलेल्या आणि एकमेकांपासून

$r$  अंतरावर असणाऱ्या दोन वस्तूंमध्ये गुरुत्वाकर्षणाची  $F$  ही प्रेरणा

$$F = G \cdot \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

या सूत्राप्रमाणे असते. येथे  $G$  या गुरुत्वीय स्थिरांकाचे मूल्य  $6.67 \times 10^{-8}$  सेंमी. ग्रॅ. से. एकक आहे. ज्ञात प्रेरणांपैकी गुरुत्व ही सर्वांत दुर्बल प्रेरणा असली, तरी तिच्या व्यापक क्षेत्रामुळे मोठ्या वस्तुमानाच्या व अधिक घनतेच्या वस्तूत ती इतर प्रेरणांवर मात करते आणि अतिविरल अशा वायुमेषापासून तारे, तारकासमूह व तारामंडले तयार होण्यास हातभार लावते. अशा तऱ्हेने विश्वाला आकार देणाऱ्या यंत्रणेत गुरुत्वीय प्रेरणा महत्त्वाची ठरते.

गुरुत्वाकर्षणाच्या सिद्धांतानुसार कोणत्याही वस्तूच्या वेगवेगळ्या घटकांमधील परस्पर आकर्षणामुळे त्या वस्तूची आकुंचन पावण्याची प्रवृत्ती असते. परंतु आण्विक, प्रारणिक (तरंगरूपी ऊर्जेमुळे निर्माण होणाऱ्या), प्रक्षोभनात्मक इ. आंतरिक दाबांमुळे हे आकुंचन रोखले जाते. आंतरिक दाब नसेल, तर सूर्याएवढी वस्तू काही मिनिटांतच संकोच पावून बिंदूवत होईल. परंतु प्रत्यक्षात तसे घडत नाही कारण आकुंचनामुळे स्थितिज ऊर्जेचे गतिज ऊर्जेत रूपांतर होऊन केंद्रभागातील तापमान वाढत जाते. ते ४०-५० लाख अंशांपर्यंत पोहोचले म्हणजे अणुगर्भीय प्रक्रिया सुरू होतात व मोठ्या प्रमाणात ऊर्जा उत्पन्न होऊन दाब वाढतो. हा आण्विक दाब गुरुत्वाकर्षणामुळे होऊ घातलेल्या आकुंचनाला प्रतिकार करण्यात समर्थ होतो. एवढेच नव्हे तर प्रारण-दाबाच्या साहाय्याने १०० सौर वस्तुमानांहून भारी वायुगोलाचे लहान लहान तुकडे करण्यातही त्याला यश येते. अशा रीतीने समतोलावस्था प्राप्त होऊन तारे, तारकासमूह व तारामंडले उत्पन्न होतात व ती कोट्यावधी वर्षे चमकत राहतात.

एक कोटी किंवा अधिक सौर वस्तुमान असलेल्या वायुगोलाचे स्वगुरुत्वाकर्षणाने आकुंचन सुरू झाले, तर त्यात गुरुत्वाकर्षणाची शक्ती इतकी अधिक असते की, तिच्यापुढे अणुगर्भीय प्रक्रियांद्वारे निर्माण झालेले दाब फिके पडतात. त्यामुळे आकुंचनाला प्रतिरोध होत नाही आणि गुरुत्वीय अवपाताला सुरुवात होते. गुरुत्वीय अवपाताला कारणीभूत होणारी दुसरी परिस्थिती म्हणजे अति-उत्क्रांत अवस्थेत ताऱ्यातला अणुगर्भीय ऊर्जेचा साठा संपुष्टात येणे ही होय. अशा ताऱ्याच्या आकुंचनामुळे त्याची घनता  $10^6$  ग्रॅ./घ. सेंमी. एवढी झाली की, पुंजसिद्धांताच्या नियमानुसार घनातीत अवस्थेतील ऱ्हसित (डीजनरेट) अवस्थेतील [पुंजयामिकीमध्ये जेव्हा गतीच्या निरनिराळ्या अवस्था एकाच ऊर्जा पातळीशी निगडित असतात तेव्हा त्या अवस्थांना ऱ्हसित अवस्था म्हणतात,  $\rightarrow$  पुंजयामिकी] इलेक्ट्रॉनांचा दाब निर्माण होतो व त्यामुळे गुरुत्वीय अवपात थांबतो. अशा रीतीने केवळ काही हजार किमी. त्रिज्या असलेले लघुतम तारे निर्माण होतात. घनतम अवस्थेतील लघुतम ताऱ्याचे वस्तुमान १.४४ सौर वस्तुमानापेक्षा अधिक असू शकत नाही, असे १९३९ मध्ये सुब्रह्मण्यन् चंद्रशेखर यांनी सिद्ध केले. ताऱ्याचे वस्तुमान चंद्रशेखर सीमेपेक्षा अधिक असले, तर स्फोट होऊन वाजवीपेक्षा अधिक पदार्थ बाहेर फेकला जाईल किंवा त्या स्फोटाची प्रतिक्रिया म्हणून केंद्रभागात झालेल्या अंतःस्फोटाने ताऱ्याच्या गाभ्यात गुरुत्वीय अवपात पुन्हा सुरू होईल, कारण मग अवपात थांबविण्यास ऱ्हसित अवस्थेतील इलेक्ट्रॉनांचा दाबही अपुरा पडतो. परंतु गाभ्याचे वस्तुमान सूर्याच्या तिपटीपेक्षा कमी असेल, तर आकुंचनामुळे १०-२० किमी. त्रिज्येच्या गोलात घनता  $10^{14}$  ग्रॅ./घ. सेंमी. म्हणजेच अणुगर्भीय घनतेपर्यंत पोहोचली की, ताऱ्यातील सर्व पदार्थांचे न्यूट्रॉनांमध्ये रूपांतर होते व 'न्यूट्रॉन तारा' तयार होतो. त्यात ऱ्हसित अवस्थेतील न्यूट्रॉनांचा दाब गुरुत्वीय अवपात रोखून धरू शकतो. तीन सौर वस्तुमानापेक्षा भारी ताऱ्याचे आकुंचन मात्र कशानेच थांबू शकत



सूर्याच्या पाच-सहा पट असावे, असा कयास आहे. हे दुसरे वस्तुमान लघुतम तारे किंवा न्यूट्रॉन तारे यांच्या वस्तुमानापेक्षा अधिक असल्याने अदृश्य तारा कृष्णविवराच्या रूपात असला पाहिजे. दृश्य तान्यातून बाहेर फेकलेला वायू कृष्णविवरात ओढला जातो व प्रवेगित होऊन त्याचे तापमान इतके वाढते की, त्यातून क्ष-किरण व गॅमा किरण बाहेर पडतात. हेच क्ष-किरण उद्गमाचे सृळ होय. न्यूट्रॉन तान्यात पडणाऱ्या वायूतून उत्पन्न होणारे क्ष-किरण कृष्णविवरात पडणाऱ्या वायूतून निघणाऱ्या क्ष-किरणांहून भिन्न असतात. म्हणून उत्सर्जित क्ष-किरणांच्या अभ्यासावरून कृष्णविवराच्या अस्तित्वाबद्दलचा निष्कर्ष पडताळता येईल.

गुरुत्वीय अवपातात कृष्णविवर निर्माण होते त्यावेळी गुरुत्वीय प्रारण तरंगांची मोठ्या प्रमाणात उत्पत्ती होईल. जोसेफ वेबर हे अशा गुरुत्वीय तरंगांचा शोध घेत आहेत. त्यांना अंधुकपणे सापडलेले गुरुत्वीय प्रारण निश्चितपणे गुरुत्वीय अवपाताशी निगडित असावे. काहींच्या मते आकाशगंगेच्या केंद्रभागी खूप पूर्वी गुरुत्वीय अवपाताने निर्माण झालेल्या प्रचंड कृष्णविवरांमध्ये तारे ओढले जाऊन गुरुत्वीय प्रारणे निर्माण होत असावीत. परंतु इतर शास्त्रज्ञांना अनेक प्रयोग करूनही वेबर यांच्याप्रमाणे गुरुत्वीय प्रारण अजून सापडलेले नाही.

**गुरुत्वीय अवपाताचा शेवट :** गुरुत्वीय अवपातामुळे वस्तू बाहेरून पाहणाराला कृष्णविवर होताना आढळते, पण तिचे पुढे काय होते? वरील उदाहरणात क हा शास्त्रज्ञ अवपातामुळे आत आत जात शेवटी अपरिमित घनत्वाच्या स्थितीला पोहोचतो. हा निष्कर्ष न्यूटन यांच्या गुरुत्वाकर्षण सिद्धांतातूनही निघतो, पण सापेक्षता सिद्धांतात त्याला विशेष महत्त्व आहे. कारण अपरिमित घनत्वाच्या दशेला पोहोचणाऱ्या वस्तूत अवकाश-कालाच्या भूमितीचे नियम परम सीमेला पोचून शेवटी कोलमडून पडतात. सापेक्षता सिद्धांताचे गणित ह्या परिस्थितीचे चित्रण करायला असमर्थ ठरते. त्या आत्यंतिक परिस्थितीला एकमेवाद्वितीय स्थिती म्हणतात. ही परिस्थिती पृष्ठावरील क या निरीक्षकालाच पहाण्यास मिळते, अ ह्या बाह्य निरीक्षकाला नाही.

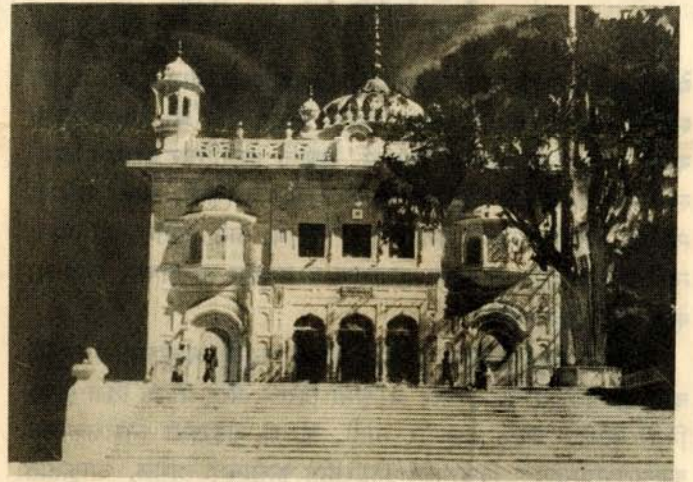
आइन्स्टाइन यांच्या गुरुत्वाकर्षण सिद्धांतात एका विशिष्ट परिस्थितीपलीकडे गेलेल्या गुरुत्वीय अवपाताचे पर्यवसान ह्या आत्यंतिक परिस्थितीत होते हे पेनरोज, हॉकिंग आणि गेरोश ह्या शास्त्रज्ञांच्या कार्यामुळे सिद्ध झाले आहे. हा अवपात थांबविण्यासाठी वापरलेली कोणतीही शक्ती अवपात वाढविण्यासच हातभार लावते. कारण त्या शक्तीमागे असलेला ऊर्जेचा साठा घनात्मक असून त्या वस्तूचे आंतरिक गुरुत्वाकर्षण वाढते. ऋणात्मक ऊर्जा असलेल्या शक्तींना हा नियम लागू नाही. फ्रेड हॉईल आणि जयंत नारळीकर यांनी १९६४ मध्येच ऋणात्मक ऊर्जेची शक्ती वापरून गुरुत्वीय अवपात थांबविता येतो, हे दाखविले होते. गुरुत्वाकर्षणातील ऋणात्मक ऊर्जेला तोंड देणारी दुसरी ऋणात्मक शक्ती हॉईल-नारळीकर यांनी तर्क केल्याप्रमाणे विश्वात असेल काय, हा अद्याप न सुटलेला प्रश्न आहे. अशा शक्तीमुळे गुरुत्वीय अवपात थांबवला जाऊन उलट त्याचे स्फोटात रूपांतर होईल.

स्फोट पावणाऱ्या अनेक मोठ्या वस्तू विश्वात सापडतात. अतिदीप्त नवतारे त्यांत समाविष्ट आहेत. गुरुत्वाकर्षणामुळे होणारे आकुंचन, त्यामुळे वाढत जाणारे तापमान व अणुगर्भीय प्रक्रियांतून निर्माण होणारी ऊर्जा यांच्यातील तोल बिघडून तान्याचा स्फोट होतो, असे अतिदीप्त नवतार्याचे चित्रण करतात. परंतु त्याहून लाख-कोटी-अब्ज पर्दीनी मोठे स्फोट तारामंडळांच्या उदरांत घडत आहेत. त्यांची कारण-मीमांसा अद्याप झालेली नाही. गुरुत्वीय अवपाताची दिशा उलटली, तर त्याचे रूपांतर स्फोटात होते. अशा अतिशय घनत्वाच्या परिस्थितीतून स्फोट पावणाऱ्या वस्तूंना 'श्वेतविवर' म्हणतात. श्वेतविवर दिसू

शकते आणि त्यातून प्रचंड ऊर्जा बाहेर पडू शकते. वरील आविष्कार हे श्वेतविवरांचे प्रतीक आहेत काय, हे ठरविण्यासाठी श्वेतविवरांच्या गुणांसंबंधीचे संशोधन चालू आहे. संपूर्ण विश्वच महास्फोटातून जन्माला आले असे अनेक खगोलशास्त्रज्ञ मानतात. तसे असले, तर विश्व म्हणजे सर्वांत मोठे श्वेतविवर म्हटले पाहिजे.

**गुरुत्वीय अवपातापासून मिळणारी ऊर्जा :** अणुगर्भीय प्रक्रियांपेक्षा अधिक कार्यक्षम ऊर्जा उद्गम या दृष्टीने गुरुत्वीय अवपाताकडे पाहिले जाते. ही ऊर्जा कृष्णविवर तयार होण्यापूर्वी किंवा कृष्णविवराशी होणाऱ्या प्रतिक्रियेत उत्पन्न होऊ शकते. कृष्णविवरात संग्रहित होऊन अदृश्य होणाऱ्या पदार्थापासून त्याच्या वस्तुमानाच्या ६ टक्के ऊर्जा मिळू शकते, असे दिसून येते. दोन कृष्णविवरे एकमेकांत मिसळल्यास वस्तुमानाच्या २९ टक्के ऊर्जा बाहेर पडू शकते आणि कृष्णविवरास महत्तम संभाव्य कोनीय संवेग (कोनीय प्रवेग व निरूढी परिवल यांचा गुणाकार; निरूढी परिवल म्हणजे कोनीय प्रवेगाला वस्तूने केलेल्या रोधाचे मान) असल्यास त्यात अदृश्य होणाऱ्या पदार्थापासून सर्वांत अधिक म्हणजे वस्तुमानाच्या ४३ टक्के ऊर्जा निघू शकते. गुरुत्वीय अवपातात याहून अधिक ऊर्जा मिळण्याची शक्यता नाही. परंतु ही यंत्रणा एक लाख सौर वस्तुमानांहूनही ऊर्जा उत्सर्जित करणाऱ्या रेडिओ-तारामंडळांना आणि दहा कोटी सौर वस्तुमानांबरोबर ऊर्जा बाहेर टाकणाऱ्या कासार ज्योतींना लागू पडेल, असे वाटते. त्यासाठी अतिघनबिंदूजवळ पदार्थाचे गुणधर्म कसे असतात, यासंबंधीचे भौतिकी नियम समजणे आवश्यक आहे. कोणताही भौतिक सिद्धांत त्यातील आत्यंतिक स्थितीमुळे मोडून पडतो, असे मानतात. यामुळे अतिघनबिंदूजवळ पुंज गुरुत्वीय परिणाम महत्त्वाचे होतील काय आणि त्यामुळे गुरुत्वीय अवपातातील आत्यंतिक अवस्थेला प्रतिबंध होईल काय, याचा विचार केला पाहिजे. त्यासाठी गुरुत्वीय सिद्धांत व पुंज क्षेत्र सिद्धांत यांना एकत्र आणणारा नवा सिद्धांत उपलब्ध झाला पाहिजे. नारळीकर, जयंत वि.; ठाकूर, अ. ना.

**गुरुद्वारा :** शिखांचे उपासनामंदिर. 'गुरुद्वारा'चा शब्दशः अर्थ 'गुरुचे निवासस्थान'. 'ईश्वराच्या निवासाचे प्रवेशद्वार' अशीही गुरुद्वाराबाबत शीख लोकांची श्रद्धा आहे. गुरुद्वारात कोणतीही देवमूर्ती नसते, तर तेथे शिखांचा पवित्र धर्मग्रंथ *ग्रंथसाहिब* याची स्थापना केलेली असते. शिखांची दैनंदिन व सामुदायिक उपासना तेथेच होते. दैनंदिन उपासनेत *ग्रंथसाहिबातील* उतान्यांचे पठन तसेच प्रार्थना,



गुरुद्वारा श्री हुजूर साहेब, नांदेड.

प्रवचने, कीर्तने (म्हणजे शास्त्रीय संगीतातील राग-तालांत बद्ध अशी *ग्रंथसाहिबातील* पदे म्हणणे) इत्यादींचा अंतर्भाव असतो. अखेर प्रसाद