मनोविकास प्रकाशन

धूमकेतूंना अशुभसूचक मानण्याची परंपरा
जगभर अगदी अलीकडेपर्यंत प्रचलित होती.
आधुनिक काळातील खगोलशास्त्रज्ञांना देखील
अचानक दृष्टीपथात येणारे धूमकेतू
हे कोडेच वाटत असे.
आयझॅक आसिमॉव्ह, हा कठीण विषय
मनोरंजक तऱ्हेने, सहज समजेल अशा पद्धतीने
पण वैज्ञानिक दृष्टिकोनातून समजावून देतात.

शोधांच्या कथा

# धूमकेतू

आयझॅक आसिमॉव्ह

अनुवाद-सुजाता गोडबोले

शोधांच्या कथा

# धूमकेतू

आयझॅक आसिमॉव्ह
अनुवाद: सुजाता गोडबोले

मनोविकास प्रकाशन

**शोधांच्या कथा**
**धूमकेतू**
Shodhanchya katha
Dhumketu

**प्रकाशक**
अरविंद घनश्याम पाटकर,
मनोविकास प्रकाशन,
फ्लॅट नं. ३ ए,
३ रा मजला, शक्ती टॉवर,
६७२ नारायण पेठ,
पुणे - ४११०३०
पुणे फोन : ०२०- ६५२६२९५०
मुंबई फोन : ०२२-६४५०३२५३
E-mail-manovikaspublication@gmail.com

© हक्क सुरक्षित

**मुखपृष्ठ**
गिरीश सहस्रबुद्धे

**प्रथम आवृत्ती**
२८फेब्रुवारी २००८

**अक्षरजुळणी**
सौ. भाग्यश्री सहस्रबुद्धे, पुणे.

**मुद्रक**
श्री बालाजी एंटरप्राईझेस, पुणे

**मूल्य**
रुपये ३५

# अनुक्रमणिका

१ केसाळ तारे-४
२ अंतर आणि कक्षा-१२
३ परत आलेला धूमकेतू-२१
४ धूसर धूमकेतू-२८
५ धूमकेतूचा मृत्यू-३३
६ धूमकेतु कसे असतात ?-४१

# १ | केसाळ तारे

हजारो वर्षांपासून मनुष्यप्राणी रात्रीच्या वेळी आकाश न्याहाळत आहे, कारण ते सुंदर दिसते.

आकाशात कमी-अधिक चमकणारे हजारो तारे विखुरलेले आहेत. हे तारे रोज रात्री त्याच ठरावीक आकृतिबंधात दिसतात आणि ते संथ व नियमित गतीने फिरत असतात.

चंद्र इतर ताऱ्यांप्रमाणे एखाद्या ठिपक्यासारखा दिसत नाही तर चांगला मोठा दिसतो. कधी कधी तो संपूर्ण गोलाकार दिसतो पण बऱ्याच वेळा तो निराळ्या आकारात दिसतो- अर्धगोल किंवा नुसतीच कोर. दररोज रात्री तो ताऱ्यांच्या पार्श्वभूमीवर फिरताना दिसतो. एका मध्यरात्री तो एखाद्या ताऱ्याजवळ दिसेल तर दुसऱ्या मध्यरात्री तो त्या ताऱ्यापासून बराच दूर असेल.

ताऱ्यांपेक्षा जास्त तेजस्वी असणाऱ्या आणखी पाच गोष्टी डोळ्यांना दिसतात. आपण त्यांना बुध, शुक्र, मंगळ, गुरू आणि शनी असे संबोधतो. ते देखील ताऱ्यांच्या पार्श्वभूमीवर फिरताना दिसतात.

या पाच तेजस्वी गोष्टींना प्राचीन लोकांनी 'फिरणारे' या अर्थाच्या ग्रीक शब्दावरून 'प्लॅनेट' म्हणजे ग्रह असे नाव दिले, कारण ते आकाशात फिरतात. चंद्रालाही ग्रहच मानत असत, त्याचप्रमाणे दिवसा तळपणाऱ्या सूर्यालाही ग्रहच मानत. एकूण सात ग्रह मानले जात असत.

प्राचीन काळी अनेक रात्री आकाशाचा अभ्यास केल्यावर ग्रह हे नियमित पद्धतीने भ्रमण करतात असे त्यांच्या लक्षात आले. चंद्र आकाशात गोलाकार कक्षेत फिरतो. एका ताऱ्यापासून सुरुवात करून



**एकोणिसाव्या शतकातील आकाश निरीक्षण**

संपूर्ण गोलाकार फिरल्यावर परत त्याच ताऱ्यापाशी येण्यास त्याला २७ दिवसांहून थोडा-अधिक कालावधी लागतो.

हे सर्व ठरल्याप्रमाणेच होत असे. चंद्र त्याच मार्गावरून परत परत जात असे आणि प्राचीन काळातील खगोलशास्त्रज्ञ भविष्यातील एखाद्या विशिष्ट दिवशी चंद्र कुठे असेल आणि त्याचा आकार कसा असेल हे सांगू शकत.

इतर ग्रहांचे मार्ग अधिक गुंतागुंतीचे होते. कधी कधी ते चंद्राप्रमाणेच मार्गक्रमणा करीत पण काही वेळा मात्र एखाद्याचा मार्ग काही वेळापुरता विरुद्ध दिशेने जाताना दिसे. त्यांची गतीही वेगळी होती व ते सर्वच चंद्रापेक्षा संथगतीने फिरत असत.

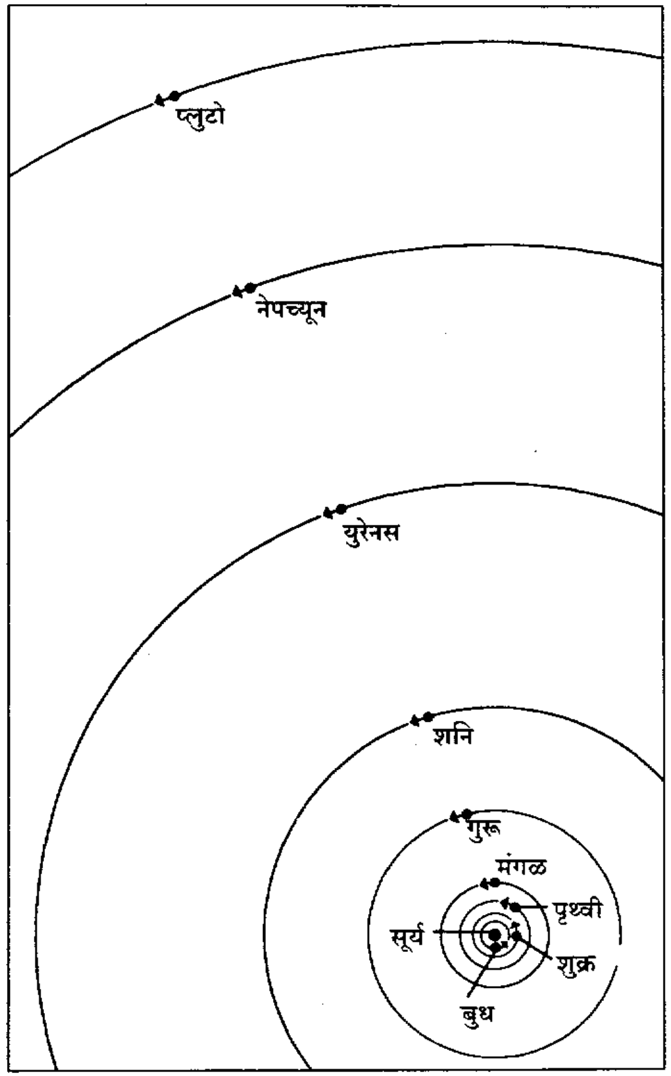
तरीदेखील, या ग्रहांचे बराच काळ निरीक्षण केल्यास त्यांच्या फिरण्याचा आराखडा लक्षात येई. काही काळाने प्रत्येक ग्रहाच्या फिरण्याची दिशा व पद्धती लक्षात आली की तो ग्रह भविष्यात कुठे असेल हे आधीच सांगता येत असे.

सूर्यग्रहण किंवा चंद्रग्रहण यांसारख्या कधी तरी होणाऱ्या घटनादेखील अगोदर वर्तवता येत असत. चंद्र सूर्यासमोरून जात असताना सूर्यग्रहण होत असे. आणि खगोलशास्त्रज्ञ ते अगोदरच सांगू शकत. चंद्र आणि सूर्य पृथ्वीच्या दोन विरुद्ध दिशांना असताना, पृथ्वीची छाया चंद्रावर पडल्याने चंद्रग्रहण होते. ३००० वर्षांपूर्वी देखील ग्रहणाचे भविष्य वर्तवता येत असे.

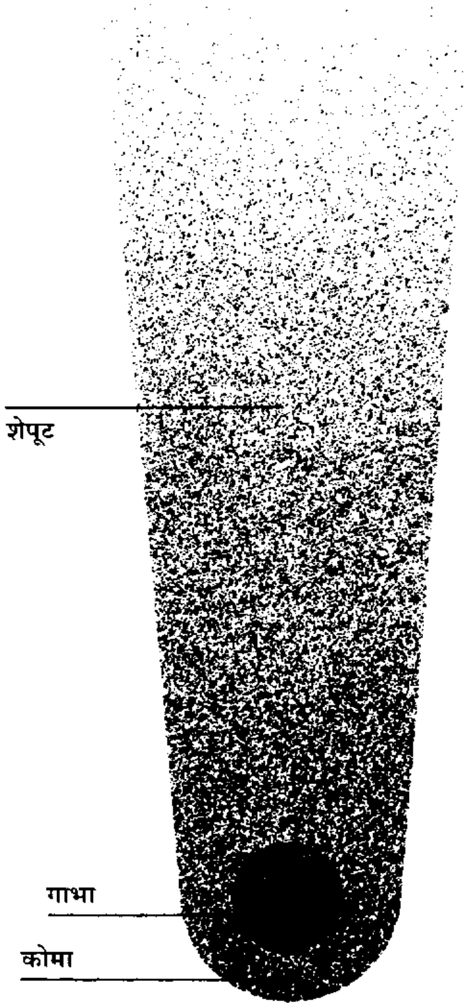
प्रत्येक ग्रहाचा आकाशात भ्रमण करण्याचा एक विशिष्ट मार्ग असतो हे समजल्याने विश्वाची यंत्रणा पद्धतशीरपणे चालत असते, हा एक मोठाच दिलासा होता. आकाशात जर ही यंत्रणा नियमितपणे कार्यरत असेल तर पृथ्वीवरही ती व्यवस्थितपणे चालत असेल असे मानणे सयुक्तिक होते.



**सूर्यमाला**



## धूमकेतूची आकृती






परंतु, मधूनच कधीतरी आकाशात काहीतरी वेगळेच घडले तर? ज्याबद्दल अगोदर काही भाकीत करता येत नाही, असे काहीतरी झाले तर? म्हणजे सर्व यंत्रणाच बिघडली आहे असा याचा अर्थ होणार नाही का? म्हणजे पृथ्वीवरदेखील काहीतरी निराळेच घडेल असे तर यातून सूचित होत नाही ना?

अधूनमधून केव्हातरी रात्रीच्या आकाशात एखादी नवीनच तेजस्वी, चकाकणारी वस्तू दिसू लागे. आतापर्यंत आकाशात दिसणाऱ्या इतर सर्व गोष्टींपेक्षा हे निराळेच असे. ग्रह किंवा ताऱ्यांप्रमाणे हा एक प्रकाशाचा बिंदू नसायचा किंवा चंद्र अथवा सूर्याप्रमाणे हे एक तेजोवलयदेखील नसायचे.

हे जे काही होते ते ताऱ्यापेक्षा मोठे होते पण त्याची रूपरेखा स्पष्ट नव्हती. ते चमकणाऱ्या धुक्यासारखे होते आणि त्याच्या एका बाजूने लांब वक्र शेपटासारखा अस्पष्ट प्रकाश दिसे आणि तो जसजसा लांब होईल तसतसा आणखी अस्पष्ट होत जाई.

जणू काही तो एक अस्पष्ट तारा होता आणि त्यातून केस बाहेर पडत होते. प्राचीन ग्रीक लोकांनी त्याला 'अस्टेर कॉमेट' असे नाव दिले. याचा त्यांच्या भाषेत अर्थ होतो, 'केसाळ तारा'. आता या नावातील केवळ दुसरा भाग म्हणजे कॉमेट किंवा धूमकेतू. एवढाच प्रचलित आहे.

कधीकधी धूमकेतूच्या केंद्रस्थानी तेजस्वी ताऱ्यासारखा ठिपका असतो. त्याला 'न्यूक्लियस' असे म्हणतात. याच्याभोवतीच्या विखुरलेल्या अस्पष्ट प्रकाशाला 'कोमा' असे नाव आहे. एका बाजूकडून दिसणाऱ्या प्रकाशाच्या लांब शलाकेला शेपूट किंवा 'टेल' असे म्हणतात.

प्राचीन काळातील खगोलशास्त्रज्ञांना धूमकेतू केव्हा आणि कुठे दिसेल याचे भाकीत करता येत नसे. त्याचा आकाशातील मार्गही त्यांना वर्तवता येत नसे आणि तो कधी दिसेनासा होईल हे ही सांगता येत नसे.

आकाशातील इतर सर्व गोष्टींच्या भ्रमणाचे मार्ग माहीत झाले आणि ग्रहणाची कारणमीमांसा स्पष्ट करता आली तरीदेखील धूमकेतूंचे कोडे उलगडले नव्हते. धूमकेतू अचानक येई, आकाशात मार्गक्रमण करून अचानक दिसेनासा होई. आकाशातील गोष्टींनी ठरावीक मार्गाने कालक्रमणा करावी अशी लोकांची अपेक्षा जशी वाढली तशी त्यांना धूमकेतूंची अधिकच भीती वाटू लागली. आकाशातील सुरळीत चाललेल्या यंत्रणेत अचानक एखादा धूमकेतु आला तर पृथ्वीवरदेखील काहीतरी अघटित घडेल; एखाद्या महत्त्वाच्या व्यक्तीचा मृत्यू ओढवेल, युद्ध होईल किंवा प्लेगसारखी एखादी रोगाची साथ येईल अशी लोकांना भीती वाटे.

जेव्हा जेव्हा असा धूमकेतू दिसे, तेव्हा पृथ्वीवर काहीतरी वाईट घडेच (तसे नेहमी काहीतरी होत असतेच). याची पूर्वसूचना म्हणूनच धूमकेतू दिसला होता, असे लोक म्हणू लागले. त्यानंतर जेव्हा धूमकेतु परत दिसे तेव्हा त्यांना आणखीच भीती वाटू लागे.

खिस्तपूर्व ४४ साली आकाशात एक धूमकेतू दिसला आणि त्याच वर्षी ज्युलियस सीझर या रोमन हुकूमशहाचा खून झाला. १०६६ मध्ये विलियम ऑफ नॉर्मंडीने इंग्लंडवर चढाई करून विजय मिळवला त्यावेळीही आकाशात धूमकेतू दिसला होता. इंग्लंडच्या दृष्टीने ही फारच वाईट गोष्ट होती पण विलियमला हा धूमकेतू शुभसूचकच ठरला.

आकाशात काय चालले आहे हे ज्या लोकांना समजत नाही त्यांना आजदेखील धूमकेतूची भीतीच वाटते. धूमकेतू दिसला म्हणजे काहीतरी अघटित घडेल किंवा आता जगाचा अंत जवळ आला आहे असे त्यांना वाटते.

वस्तुतः धूमकेतू म्हणजे आकाशातील वस्तूच आहेत. पृथ्वीवरील घटनांशी त्यांचा बरा वाईट असा काहीच संबंध नसतो. पण जोपर्यंत



**१०६६ सालच्या हेलीच्या धूमकेतूचे बाय्यो टॅपेस्ट्रीतील चित्र**

धूमकेतू म्हणजे काय, ते कुठून येतात, कुठे जातात, ते अचानक आकाशात कसे दिसतात हे लोकांना समजत नाही तोपर्यंत ते धूमकेतूंची काळजी करणारच.

सुदैवाने, हळूहळू खगोलशास्त्रज्ञांना या प्रश्नांची उत्तरे मिळाली आहेत त्यामुळे शिकलेल्या लोकांना आता त्यांची भीती वाटत नाही.

■

# २ | अंतर आणि कक्षा

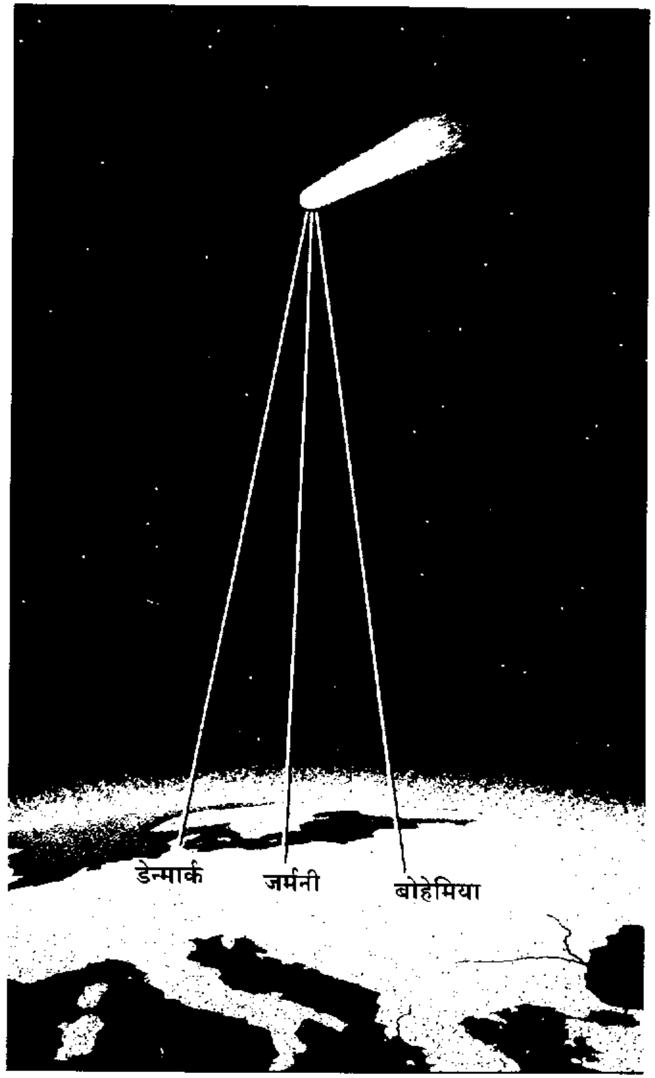
सुमारे दोन हजार वर्षांच्याही पूर्वी ॲरिस्टॉटल नावाच्या ग्रीक तत्त्ववेत्त्याने धूमकेतूंचा सर्वप्रथम गंभीरपणे विचार केला. आकाशातील वस्तू नेहमी नियत मार्गाने परिभ्रमण करतात परंतु धूमकेतूंचा वावर अनियमित पद्धतीने होत असल्यामुळे त्या आकाशातील वस्तू नसाव्यात, अशा निर्णयाप्रत तो पोचला तो काळ होता ख्रिस्तपूर्व ३५० सालच्या सुमाराचा. धूमकेतू म्हणजे हवेचे पुंजके असावेत आणि काही कारणाने त्यांना आग लागत असावी असे त्याला वाटले. असे आग लागलेल्या हवेचे पुंजके संथपणे प्रवास करून अखेर जळून जात असावेत आणि धूमकेतू दिसेनासा होत असावा.

ॲरिस्टॉटल हा प्राचीन काळातील सर्वात महान तत्त्ववेत्ता मानला जात असे. त्याच्या मतांचा गांभीर्याने विचार केला जात असे. जवळजवळ १८०० वर्षांपर्यंत खगोलशास्त्रज्ञांना ॲरिस्टॉटलचे मत पटले आणि धूमकेतू हे आकाशातील ताऱ्यांप्रमाणे नसून ते जळणाऱ्या हवेचे पुंजकेच आहेत, असा त्यांचा विश्वास बसला होता.

बऱ्याच काळापर्यंत कोणतेही वेगळे स्पष्टीकरण पुढे न येण्याचे आणखी एक कारण होते, ते असे की प्राचीन ग्रीकांच्या नंतर लोकांना धूमकेतूंची एवढी भीती वाटत असे की कोणी त्यांच्याकडे बारकाईने पाहायलाच तयार नव्हते. १४७३ साली आकाशात दिसलेल्या धूमकेतूचे निरीक्षण करून रेगिओमाँटॅनस नावाच्या जर्मन खगोलशास्त्रज्ञाने त्याच्या आकाशातील स्थानांच्या नोंदी करून ठेवल्या. आधुनिक काळातील धूमकेतूंसंबंधीच्या अभ्यासाची ही सुरुवात मानावी लागेल.



पॅरॅलॅक्स



१५३२ साली जेव्हा एक धूमकेतू दिसला तेव्हा दोन खगोलशास्त्रज्ञांना त्याचा अभ्यास करताना एक कुतूहलपूर्ण गोष्ट आढळली. हे दोन खगोलशास्त्रज्ञ म्हणजे इटलीचे जिरोलामो फ्राकास्टोरो आणि ऑस्ट्रियाचे पीटर एपियन. दोघांच्याही असं लक्षात आलं की धूमकेतूचे शेपूट नेहमी सूर्याच्या विरुद्ध बाजूला असते. धूमकेतू जेव्हा सूर्यासमोरुन एका बाजूकडून दुसऱ्या बाजूकडे जातो, तेव्हा त्याच्या शेपटाची दिशा बदलते.

आतापर्यंतचे धूमकेतूसंबंधीचे हे सर्वात महत्त्वाचे शास्त्रीय निरीक्षण होते आणि सर्वच धूमकेतूंच्या बाबत ते खरे असल्याचे आढळले आहे. खगोलशास्त्रज्ञांनी अभ्यासलेल्या प्रत्येक धूमकेतूची शेपूट ही सूर्याच्या विरुद्ध दिशेलाच होती. म्हणजे सूर्य आणि धूमकेतू यांच्यात काहीतरी परस्पर संबंध असावा असे मानता येते.

त्यानंतर १५७७ साली आणखी एक आश्चर्यजनक शोध लागला. त्या वर्षी आकाशात एक धूमकेतु दिसला. टायको ब्राहे (तो त्याच्या टायको या पहिल्या नावानेच अधिक ओळखला जातो) या डॅनिश खगोलशास्त्रज्ञाने या धूमकेतूचा अभ्यास केला. त्याने धूमकेतूच्या आकाशातील स्थानाच्या निरीक्षणाच्या नोंदी केल्या इतकेच नव्हे तर तो किती दूर अंतरावर आहे हे देखील शोधून काढण्याचा प्रयत्न करायचे ठरवले.

आकाशातील एखाद्या वस्तूचे अंतर शोधून काढण्यासाठी 'पॅरलॅक्स' (parallax) चा उपयोग करणे हा एक मार्ग आहे. त्यासाठी एकाच वस्तूकडे दोन वेगळ्या ठिकाणांहून पाहून तिची जागा कशी बदललेली दिसते याची नोंद करावी लागते.

प्रत्यक्षात हे कसे होते हे पाहण्यासाठी तुमचे एक बोट चेहऱ्यासमोर धरा आणि डावा डोळा बंद करून त्याच्याकडे उजव्या डोळ्याने पाहा.



ते पार्श्वभूमीच्या संदर्भात एखाद्या गोष्टीजवळ दिसेल. डोके आणि बोट त्याच ठिकाणी ठेवून आता उजवा डोळा बंद करून बोटाकडे डाव्या डोळ्याने पाहा. आता त्या बोटाची जागा मागच्या पार्श्वभूमीच्या संदर्भात बदललेली दिसेल.

डोळ्यापासून बोट किती अंतरावर आहे यावरून हा बदल किती असेल ते ठरते. (हे तुम्ही स्वत: करून पाहा.) बोट डोळ्यापासून जितक्या अधिक अंतरावर असेल तितका हा बदल म्हणजे पॅरलॅक्स कमी असेल. एखादी वस्तू डोळ्यापासून जर खूप लांब असेल तर तिची जागा बदलल्याचे जाणवणारच नाही.

खूप दूरच्या अंतरावर असलेल्या वस्तूच्या पॅरलॅक्ससाठी एका ठिकाणाहून ती वस्तू पाहिल्यानंतर काही अंतरावर जाऊन, उदाहरणार्थ एक किलोमीटर, तीच वस्तू परत पाहावी लागेल .

समजा ती वस्तू जर चंद्राइतकी दूर असेल तर एक किलोमीटरच्या अंतराने काहीच फरक पडणार नाही. पण जर काही शेकडो किलोमीटरच्या अंतरावरून पाहिले तर? ताऱ्यांच्या पार्श्वभूमीवर चंद्राच्या स्थानात थोडासा फरक झालेला दिसेल. स्थानातील फरक (पॅरलॅक्स) आणि ज्या ठिकाणांहून निरीक्षण केले त्या दोन्ही ठिकाणातील अंतर यावरून चंद्राच्या अंतराचा हिशेब करता येतो.

प्राचीन ग्रीक खगोलशास्त्रज्ञांनी असे गणित केले होते. ख्रिस्तपूर्व १३० सालाइतक्या प्राचीन काळी हायपर्कस्ने असा हिशेब करून चंद्राचे अंतर पृथ्वीपासून सुमारे ३,८६,००० किलोमीटर असावे असे म्हटले होते.

हायपर्कस्ने ज्याप्रमाणे चंद्राचा पॅरलॅक्स मोजला होता त्याचप्रमाणे १५७७ साली टायकोने आकाशातील धूमकेतूचा पॅरलॅक्स मोजण्याचा प्रयत्न करायचे ठरवले. धूमकेतू जर हवेचा बनला असेल तर तो चंद्रापेक्षा

खूपच जवळ असेल, मग त्याचा पॅरलॅक्सही बराच मोठा असेल.

काहीशे किलोमीटर वर जर्मनीतील एका खगोलशास्त्रज्ञाने एका ठरावीक रात्री ठरावीक वेळी ताऱ्यांच्या पार्श्वभूमीवर धूमकेतूच्या स्थानाची नोंद केली, बरोबर त्याच वेळी बोहेमियातील खगोलशास्त्रज्ञानेही धूमकेतूच्या स्थानाची अशीच नोंद केली आणि टायकोनेही डेन्मार्कमधील आपल्या वेधशाळेतून त्याच वेळी धूमकेतूच्या स्थानाची नोंद केली.

या सर्व नोंदींचा अभ्यास केल्यावर टायकोच्या असे लक्षात आले की कुठूनही पाहिले तरी इतर ताऱ्यांच्या संदर्भात धूमकेतू जवळजवळ त्याच ठिकाणी दिसत होता. त्याच्या स्थानात फारसा बदल नव्हता. चंद्रापेक्षाही याचा पॅरलॅक्स लहान होता.

म्हणजे धूमकेतू चंद्रापेक्षा खूपच जास्त दूर होता असा याचा अर्थ होतो. हा धूमकेतू चंद्रापेक्षा निदान चौपट अंतरावर असला पाहिजे असे टायकोने ठरवले. म्हणजेच तो पृथ्वीपासून १५ लाख किलोमीटर इतका दूर असणार.

हे अंतरही बरोबर नव्हते. धूमकेतु याहूनही अधिक दूर होता. तरीही टायकोचा निष्कर्ष महत्त्वाचा होता. धूमकेतू हा एक पेटत्या हवेचा झोत नाही हे यावरून दिसून आले आणि ॲरिस्टॉटलचे मत यामुळे चुकीचे ठरले. इतर ग्रहांप्रमाणेच धूमकेतूदेखील आकाशातील वस्तूच होता.

जर धूमकेतूही आकाशातील वस्तूच होता तरीही तो इतर ग्रहताऱ्यांपेक्षा निराळा का दिसत होता आणि त्याची वर्तणूक त्यांच्याहून वेगळी का होती? टायकोकडे याचे उत्तर नव्हते, परंतु त्याच्या काळातही इतर खगोलशास्त्रज्ञ विश्वाकडे एका नव्या दृष्टीने पाहायला सुरुवात करू लागले होते.

आतापर्यंत, सर्व ग्रह पृथ्वीभोवती फिरतात असेच खगोलशास्त्रज्ञांना वाटत असे. १५४३ साली निकोलस कोपर्निकस या पोलिश



खगोलशास्त्रज्ञाने खरी परिस्थिती याच्या नेमकी विरुद्ध असावी असे दाखवून दिले.

केवळ चंद्र एकटाच पृथ्वीभोवती फिरतो असे त्याने सांगितले. पृथ्वी सूर्याभोवती फिरते तसेच इतर ग्रहदेखील सूर्याभोवती फिरतात. हे जर खगोलशास्त्रज्ञांनी मान्य केले तर इतर ग्रहांची हालचाल समजून घेणे बरेच सोपे होते. (एखादी वस्तू दुसऱ्या वस्तूभोवती फिरत असल्यास गोलाकार या अर्थाच्या लॅटिन शब्दावरून त्याला 'ऑर्बिट' म्हणजे भ्रमणकक्षा असे म्हणतात)

सूर्य आणि त्याच्याभोवती फिरणारे सर्व ग्रह या सर्वांना एकत्रितरित्या सूर्यमाला (सोलर सिस्टीम) असे म्हणतात. (लॅटिनमध्ये सूर्याला 'सोल' असे म्हणतात )

योहान केप्लर हा जर्मन खगोलशास्त्रज्ञ टायकोचा मदतनीस होता, त्याला कोपर्निकसच्या सिद्धांतातील काही भाग पटत नव्हता. आकाशातील ग्रहांच्या भ्रमणाचे निरीक्षण केल्यावर सूर्याभोवती फिरण्याची त्यांची कक्षा वर्तुळाकार नसून ती लंबवर्तुळाकार आहे असे केप्लरने १६०९ साली मांडले.

लंबवर्तुळ एखाद्या चपट्या गोलासारखे दिसते. कधी कधी ते इतके थोडेसे लांबट असते की जवळजवळ गोलाप्रमाणेच भासते. काही वेळा मात्र ते पाहिल्याबरोबर लगेच लंबवर्तुळाकार असल्याचे लक्षात येते. एखादे लंबवर्तुळ एखाद्या पातळ सिगारसारखेही भासू शकते.

पृथ्वीची सूर्याभोवतीची भ्रमणकक्षा अगदी थोडीशीच लंबवर्तुळाकार आहे म्हणजे जवळजवळ गोलाकारच आहे. चंद्राची पृथ्वीभोवतीची कक्षा थोडी अधिक लंबवर्तुळाकार आहे तर बुधाची सूर्याभोवतीची कक्षा त्याहून अधिक लंबवर्तुळाकार आहे. केप्लरच्या काळी माहीत असलेल्या कोणत्याही ग्रहापेक्षा बुधाची कक्षा जरी अधिक लंबवर्तुळाकार असली

तरी ती फारशी लंबवर्तुळाकार नाही म्हणून तीही गोलाकारच वाटते.

सूर्याभोवती फिरणाऱ्या ग्रहांचा विचार करता सूर्य या सर्वांच्या नेमक्या केंद्रस्थानी नाही. पृथ्वी जेव्हा सूर्याभोवती फिरते तेव्हा एका टोकाला ती सूर्यापासून १४७,२५०,००० किलोमीटर अंतरावर असते तर कक्षेच्या दुसऱ्या टोकाला असताना ती सूर्यापासून १५२,०७८,८५० किलोमीटर इतक्या अंतरावर असते. जवळचे अंतर आणि लांबचे अंतर यात केवळ ४ टक्क्यांचाच फरक आहे.

बुधाची सूर्याभोवतीची भ्रमणकक्षा अधिक लंबवर्तुळाकार असल्यामुळे हा फरक अधिक आहे. बुध सूर्याच्या सर्वात जवळ असताना हे अंतर ४,५०,००,००० किलोमीटर इतकेच असते, तर सूर्यापासून सर्वात दूर असताना ते ७,०८,००,००० किलोमीटर इतके असते. जवळच्या आणि लांबच्या अंतरात सुमारे ५० टक्क्यांचा फरक आहे.

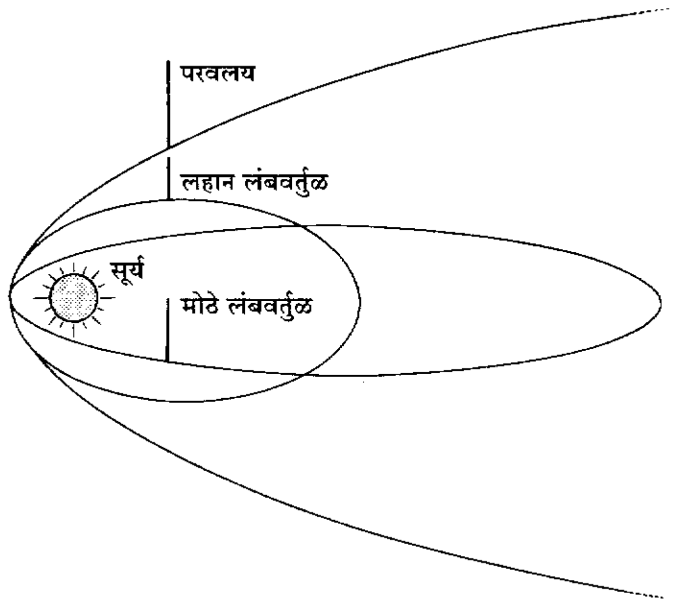
केप्लरने सर्व ग्रहांच्या लंबवर्तुळाकार कक्षांची मोजमापे नक्की केली पण धूमकेतूचे काय? तेही जर आकाशातील वस्तू असतील तर त्यांच्याही विशिष्ट भ्रमणकक्षा असतील का?

आकाशात धूमकेतूच्या बदलणाऱ्या स्थानासंबंधी उपलब्ध असणाऱ्या सर्व निरीक्षणांचा केप्लरने काळजीपूर्वक, बारकाईने अभ्यास केला. अखेर धूमकेतू हे सरळ रेषेत जात असावेत असे त्याचे मत झाले. ते अंतराळातून खूप दूरवरून येत असावेत आणि सूर्याच्या सान्निध्यात येऊन परत दुसऱ्या दिशेला दूर अंतराळात निघून जात असावेत.

सूर्याजवळ असताना आणि सूर्याचा प्रकाश परावर्तित करत असतानाच ते आपल्याला दिसत असावेत. सूर्याजवळ येईपर्यंत ते आपल्याला दिसत नसणार. सूर्यापासून दूर निघून गेल्यावरदेखील ते दिसत नाहीत. केप्लरच्या मताप्रमाणे ते सूर्यमालेचा भाग नाहीत. प्रत्येक धूमकेतू सूर्यमालेतून एकदाच गेला आणि त्यानंतर मात्र तो परत कधीच



**धूमकेतूची भ्रमणकक्षा**




दिसला नाही.

जियोवानी अल्फोन्सो बोरेली या इटालियन खगोलशास्त्रज्ञाने १६६४ साली आकाशात दिसलेल्या एका धूमकेतूच्या स्थानाचा काळजीपूर्वक अभ्यास केला. तो केप्लरच्या मताशी सहमत होऊ शकला नाही. त्याच्या मते धूमकेतूच्या आकाशातील भ्रमणाचा अर्थ लावण्याचा एकच मार्ग होता, तो म्हणजे सूर्यासमोरून जाताना धूमकेतू दिशा बदलत असावा. जवळ जवळ सरळ रेषेत तो सूर्याच्या जवळ येत असावा. त्यानंतर

सूर्याभोवती गेल्यावर दूर जातानाही तो परत तशाच रेषेत परंतु दिशा बदलून जात असावा.

बोरेलीने हे ज्या तऱ्हेने स्पष्ट केले त्यावरून लंबवर्तुळाकार कक्षा ही खूपच लंबवर्तुळाकार असू शकते हेच त्याला दाखवून द्यावयाचे होते. इतकी लंबवर्तुळाकार कक्षा ही एखाद्या बारीक सिगारसारखी दिसेल. अधिकाधिक चपट्या, लांबच लांब लंबवर्तुळाची कल्पना केली तर ते कधीच संपणार नाही असेच वाटेल. असे लंबवर्तुळ एकाच बाजूने बंद असेल. दुसऱ्या बाजूने ते इतके लांब असेल की बंदच होणार नाही. एका बाजूने बंद असणाऱ्या आणि दुसऱ्या बाजूने कधीच न संपणाऱ्या लंबवर्तुळाला परवलय किंवा पॅराबोला असे म्हणतात.

धूमकेतूची भ्रमणकक्षा ही पॅराबोलासारखी असून सूर्य याच्या बंद बाजूजवळ असला पाहिजे. धूमकेतू या परवलयाच्या एका बाजूने येऊन सूर्याभोवती जाऊन त्याच्या दुसऱ्या बाजूने बाहेर निघून जातो.

बोरेलीचे मत काहीसे केप्लरसारखेच होते. फक्त त्याने सुचवलेली भ्रमणकक्षा सरळ रेषेत नव्हती. केप्लरप्रमाणेच, धूमकेतू सुरुवातीला अतिशय दूर असल्यामुळे दिसू शकत नव्हता असेच बोरेलीचेही मत होते. सूर्याच्या जवळ येईल तसतशी त्याची तेजस्विता वाढून तो दिसू लागे आणि सूर्यापासून दूर जाताना तो परत अस्पष्ट होऊन दिसेनासा होई. धूमकेतू हा सूर्यमालेचा भाग नाही; धूमकेतू एकदाच सूर्यमालेतून जातो आणि कधीच परत येत नाही असेच केप्लरप्रमाणे बोरेलीचेही मत होते.

■



# ३ परत आलेला धूमकेतू

लंबवर्तुळाकार कक्षेची केप्लरची कल्पना ग्रहांच्या बाबतीत योग्य वाटली तरी त्यातून अनेक प्रश्न अनुत्तरित राहिले. ग्रह सूर्याभोवती गोलाकार जाण्याऐवजी लंबवर्तुळाकार कक्षेतच का जातात? दुसऱ्या एखाद्या आकाराच्या कक्षेत का फिरत नाहीत? सूर्याजवळ असताना त्यांचा वेग का वाढतो आणि सूर्यापासून दूर असताना तो कमी का होतो?

आयझॅक न्यूटन या इंग्रज शास्त्रज्ञाने या आणि इतर अनेक प्रश्नांची उत्तरे दिली. १६८७ साली त्याने एक पुस्तक प्रसिद्ध केले. त्यात त्याने आपला 'वैश्विक गुरुत्वाकर्षणाचा सिद्धांत' स्पष्ट केला. या सिद्धांतानुसार विश्वातील प्रत्येक वस्तूला विश्वातील इतर सर्व वस्तूंचे आकर्षण असते. दोन वस्तूतील परस्पर आकर्षणाचा जोर त्या त्या वस्तूंच्या वस्तुमानावर आणि त्यांच्यातील अंतरावर अवलंबून असतो. एका साध्या गणिती समीकरणाने या आकर्षणाचे मोजमाप करता येते.

चंद्राची पृथ्वीभोवतीची कक्षा आणि पृथ्वी व अन्य ग्रहांची सूर्याभोवतीची कक्षा बिनचूकपणे काढण्यासाठी हे समीकरण कसे उपयोगात आणता येते ते न्यूटनने दाखवून दिले.

प्रत्येक ग्रहाची गती काही वेळा जलद आणि काही वेळा संथ का असते आणि काही ग्रह इतरांपेक्षा जलदगतीने का फिरतात हेही या समीकरणाच्या सहाय्याने स्पष्ट करता आले. सर्व ग्रह हे सर्वात मोठ्या अशा सूर्याच्या गुरुत्वाकर्षणात बांधले गेले असले तरी या ग्रहांच्या हालचालीतील लहानसहान फरक हे इतर ग्रहांच्या कमी-अधिक

आकर्षणामुळे कसे घडतात हेही या समीकरणाने दाखवून दिले. पृथ्वीवरील भरती-ओहोटी यांची आणि इतर अनेक गोष्टींची कारणमीमांसा यामुळे समजून घेता आली.

तरीही आकाशातील धूमकेतूंचे कोडे काही उलगडत नव्हते. धूमकेतू जर परवलयकक्षेत (पॅराबोला) फिरत असतील , तर न्यूटनच्या सिद्धांतात ते बसत होते. पण समजा ही कक्षा जर परवलय नसेल तर? समजा ही कक्षा जर खूप प्रचंड लंबवर्तुळाकार असेल आणि त्याचे दुसरे टोकही बंद असेल तर?

धूमकेतू फक्त त्याच्या कक्षेच्या एका टोकाला म्हणजे सूर्याजवळ असतानाच आपण त्याचे निरीक्षण करू शकतो. ही कक्षा प्रचंड लंबवर्तुळाकार असेल तर कक्षेच्या एका छोट्याशा भागाची वक्रता अगदीच कमी असणार. लंबवर्तुळ आणखी लांब असल्यास कक्षेचा हा भाग किंचित अधिक रुंद असेल, लंबवर्तुळ आणखी मोठे असेल आणि जर त्याची दुसरी बाजू बंद नसेल, म्हणजेच हे जर परवलय असेल तर हा कोन अधिक रुंद असेल.

न्यूटनच्या सिद्धांताप्रमाणे आपण पाहू शकत असणाऱ्या कक्षेच्या छोट्या भागाच्या कोनातील फरक इतका सूक्ष्म असे की न्यूटनच्या काळातील खगोलशास्त्रज्ञ हा फरक ओळखू शकत नव्हते. धूमकेतूची कक्षा लंबवर्तुळाकार आहे की परवलय आहे हेही ते निश्चितपणे सांगू शकत नव्हते.

हे समजणे फारच महत्त्वाचे होते. धूमकेतूची कक्षा जर परवलय असेल, तर तो आपल्या सूर्यमालेत एकदा येईल आणि परत कधीच दिसणार नाही. पण त्याची कक्षा जर खूप मोठी, लंबवर्तुळाकार असेल तर मात्र तो धूमकेतू लंबवर्तुळाच्या दुसऱ्या टोकाला पोचल्यावर परत फिरून अखेर सूर्याकडे परत येईल. म्हणजेच धूमकेतू परत येईल.



खरे तर धूमकेतूच्या कक्षेची लांबी अचूक समजली तर खगोलशास्त्रज्ञ धूमकेतू केव्हा परत येईल याचे भाकीतदेखील वर्तवू शकतील. न्यूटनच्या सिद्धांताचा हा एक मोठाच विजय ठरेल.

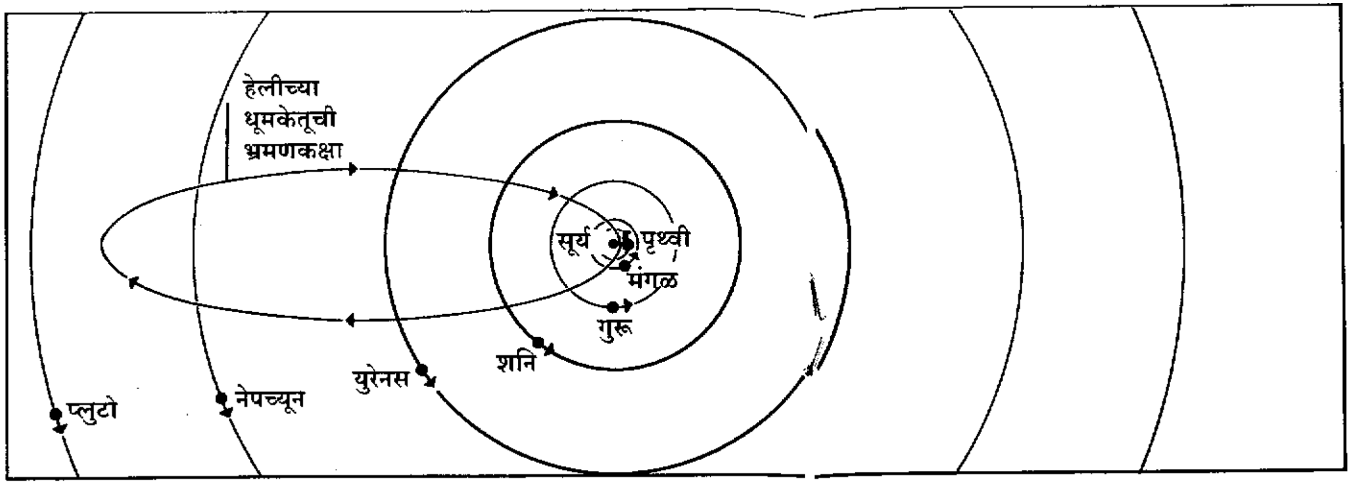
एडमंड हेली नावाचा न्यूटनचा एक तरुण मित्र होता. त्याने न्यूटनला त्याचा ग्रंथ प्रकाशित करण्यात मदत केली होती आणि त्याला धूमकेतूचे कोडे सोडवण्यात खूपच रुची होती.

१६८२ साली आलेल्या धूमकेतूच्या स्थानाचा आणि आकाशातील भ्रमणाचा त्याने अगदी काळजीपूर्वक अभ्यास केला . कक्षेच्या त्याला दिसलेल्या छोट्या भागावरून हा धूमकेतू परत येईल किंवा नाही हे तो निश्चितपणे सांगू शकला नाही.

परंतु, जर एखादा धूमकेतू परत आला तर तो निश्चितपणे नियमित काळानेच, म्हणजे ठरावीक वर्षांनीच येईल असे त्याला वाटले, तसेच त्याची आकाशातील कक्षाही तीच असेल असेही त्याला वाटत होते. म्हणून त्याने आतापर्यंत दिसलेल्या धूमकेतूंच्या स्थानासंबंधीची मिळेल तेवढी सर्व माहिती जमवायला सुरुवात केली. १७०५ सालापर्यंत त्याला जवळजवळ दोन डझन धूमकेतूंच्या नोंदी मिळाल्या आणि त्याने त्यांची तुलना करायला सुरुवात केली.

१६८२ साली त्याने स्वतः पाहिलेल्या धूमकेतूची आकाशातील कक्षा ही १६०७ सालच्या धूमकेतूसारखीच होती. १५३२ सालच्या धूमकेतूनेही त्याच कक्षेत मार्गक्रमण केले होते (फ्रॅकस्टोरो आणि एपियन यांनी याचा अभ्यास केला होता) आणि १४५६ च्या धूमकेतूनेही त्याच मार्गाने भ्रमण केले होते.

हे धूमकेतू ७५ ते ७६ वर्षांच्या अंतराने आले होते. म्हणजे दर ७५ वर्षांनी तोच धूमकेतू परत आला असेल का? म्हणजेच तो विशिष्ट कालावधीने येणारा धूमकेतू असेल का?




**हेलीच्या धूमकेतूची भ्रमणकक्षा**

हेलीने दर ७५ वर्षांनी येणाऱ्या व १६८२ सालच्या धूमकेतूने आकाशातून केलेल्या प्रवासाची कक्षा असणाऱ्या धूमकेतूची भ्रमणकक्षा मांडली.

त्याचे निष्कर्ष आश्चर्यकारक होते. शनी हा सूर्यापासून सर्वात दूर असणारा ग्रह (हेलीच्या काळी माहीत असणारा) सूर्यापासून कधीच १५०,००,००,००० किलोमीटरहून जास्त दूर नव्हता. १६८२ सालचा धूमकेतू सूर्यापासून ५१५,००,००,००० किलोमीटर वर आपल्या लंबवर्तुळाकार कक्षेच्या दुसऱ्या टोकापर्यंत जाऊन मग परत फिरत असे. सूर्यापासून शनीच्या अंतराच्या तिप्पट अंतरावर हा धूमकेतू जात असे.

याउलट, हा धूमकेतू आपल्या लंबवर्तुळाकार कक्षेत सूर्याच्या सर्वाधिक जवळ असताना तो सूर्यापासून केवळ ८,७०,००,००० किलोमीटर अंतरावर असे. हे अंतर पृथ्वीच्या सूर्यापासूनच्या अंतराच्या निम्मेच होते.



या कक्षेच्या अभ्यासावरून, १६८२ सालचा धूमकेतू १७५८ साली परत येईल आणि त्याची आकाशात एक विवक्षित कक्षा असेल असे हेलीने वर्तविले.

हा धूमकेतु परत आलेला पाहण्याइतके मोठे आयुष्य हेलीला लाभले नाही. १७४२ साली हेली मरण पावला त्यावेळी तो ८६ वर्षांचा होता. धूमकेतू परत येण्यास अजून बराच अवकाश होता.

पण इतर खगोलशास्त्रज्ञ या धूमकेतूकडे लक्ष ठेवून होते. ॲलेक्सी क्लोद क्लेरो या फ्रेंच खगोलशास्त्रज्ञाने हेलीने वर्तविलेल्या कक्षेचा बराच विचार केला. गुरू आणि शनी या दोन मोठ्या ग्रहांच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या प्रभावाने धूमकेतूला थोडा उशीर होईल व त्यामुळे १७५९ सालाच्या आधी तो सूर्याभोवती जाणार नाही, असे त्याच्या लक्षात आले.

१७५८ साली आकाशाच्या ज्या भागात धूमकेतू येईल असे हेलीने वर्तविले होते त्याकडे खगोलशास्त्रज्ञ आतुरतेने लक्ष ठेवून होते.

टायकोसारख्या इतर खगोलशास्त्रज्ञांप्रमाणे आता त्यांना केवळ आपल्या डोळ्यांवर अवलंबून राहण्याची गरज नव्हती. १६०९ साली दुर्बिणीचा शोध लागला होता.

२५ डिसेंबर १७५८ ला, नाताळच्या दिवशी योहान जॉर्ज पॅलित्छ या हौशी खगोल निरीक्षक जर्मन शेतकऱ्याला धूमकेतू दिसला. १६८२ सालचा धूमकेतूच हेलीने वर्तविलेल्या ठिकाणी आकाशात अवतरला होता आणि त्याने हेलीने वर्तविल्याप्रमाणेच मार्गक्रमण केले. त्याची सूर्याभोवती जाण्याची वेळ क्लेरोने वर्तविलेल्या वेळेच्या अगदी जवळचीच होती.

हा १६८२ सालचाच धूमकेतू होता आणि तो परत आला होता या विषयी शंका घेण्यास आता जागाच नव्हती. धूमकेतूंसंबंधीचे गूढ आता बऱ्याच प्रमाणात उलगडले होते. आकाशातील इतर ग्रह ताऱ्यांचे नियम धूमकेतूंनाही लागू होत होते, फरक इतकाच की त्यांची कक्षा अधिक लंबवर्तुळाकार होती.

१६८२ सालचा धूमकेतु १७५९ साली परत येऊन सूर्याभोवती गेला त्याला अर्थातच 'हेलीचा धूमकेतू' असे नाव मिळाले.

हेलीचा धूमकेतू हा सर्वात प्रसिद्ध धूमकेतु आहे. १०६६ साली विलियम ऑफ नॉर्मंडी इंग्लंडवर चढाई करण्याच्या तयारीत असताना तो दिसला होता. ख्रिस्तपूर्व ११ साली ज्यावेळी येशू ख्रिस्ताचा जन्म झाला असावा त्यावेळीही तो आकाशात होता. 'बेथलेहेमचा तारा' म्हणजे देखील हाच धूमकेतू असावा असे काही लोकांना वाटते.

पॅलित्छने पाहिल्यानंतर तो आणखी दोनदा परत आला आहे. १८३५ साली 'टॉम सॉयर' आणि 'हकलबेरी फिन' या प्रसिद्ध कादंबऱ्यांचा लेखक मार्क ट्वेनचा जन्म झाला, तेव्हा तो आकाशात चमकत होता. त्यानंतर १९१० साली मार्क ट्वेन मरण पावला त्यावेळीही तो आकाशात



तळपत होता. १९८६ साली तो परत येईल.

हेलीचा धूमकेतू दर ७५ वर्षांनी परत येण्यासारखी त्याची कक्षा लहान आहे ही मोठीच सुदैवाची गोष्ट आहे. त्याची कक्षा जर याहून अधिक मोठी असती तर? मग त्याला परत येण्यासाठी शेकडो किंवा हजारो वर्षे लागली असती.

१९व्या शतकात, १८१२, १८६१ आणि १८८२ या वर्षात दिसलेले धूमकेतू खूप मोठे आणि तेजस्वी होते. त्यांच्या भ्रमणकक्षा इतक्या मोठ्या आहेत की त्यांना परत येण्यास हजारो वर्षे लागतील. यापूर्वी ते जेव्हा सूर्याजवळ आले होते तेव्हा मनुष्यप्राणी गुहेत राहणाऱ्या प्राचीन अवस्थेत होता आणि त्याने धूमकेतूंचा फारसा विचार केला नसणार. ते जेव्हा परत येतील तेव्हा हे जग आणि त्यातील लोक कसे असतील कोण जाणे!

अशा धूमकेतूंच्या भ्रमणकक्षेचा जो छोटासा भाग आपल्याला दिसतो त्यावरून त्यांच्या कक्षेचे मोजमाप करणे शक्य होत नाही. खगोलशास्त्रज्ञ आकाशाचे निरीक्षण करत असलेल्या काळात ते परत आले नसल्यामुळे, हेलीने ज्याप्रमाणे धूमकेतूच्या भ्रमणकक्षेचा अभ्यास करून त्यांची तुलना केली तसे यांच्या बाबतीत करता येत नाही.

हेलीच्या धूमकेतूची कक्षा ही इतर कोणत्याही तेजस्वी धूमकेतूपेक्षा लहान असल्यामुळे, आणि ती आता माहीत असल्याने तो केव्हा परत येईल हे निश्चितपणे सांगता येते.

धूमकेतू हे देखील सूर्यमालेचाच एक भाग आहेत, त्यांच्या कक्षा लंबवर्तुळाकार आहेत आणि जर ते अधिक वेळा दिसले तर त्या कक्षांचे मोजमापही खगोलशास्त्रज्ञांना करता येईल .

■

# ४ | धूसर धूमकेतू

१६८२ सालचा धूमकेतू हेलीने वर्तविलेल्या वेळेनुसार १७५९ साली परत आल्यामुळे खगोलशास्त्रज्ञ धूमकेतूंकडे अधिक लक्ष देऊ लागले. त्यांना आता तेजस्वी धूमकेतूंची वाट पाहण्याचे कारण नव्हते; कारण ते मोठ्या कालावधीनंतर कधीतरी येत असत. साध्या डोळ्यांनी न दिसणारे अनेक धूसर धूमकेतू त्यांना दुर्बिणीतून पाहता येत होते.

आकाशात असे अनेक धूमकेतू सापडले. दर वर्षी अशा काही धूमकेतूंचा शोध लागला.

१७७० साली अँडर्स जीन लेक्सेल या स्विडिश खगोलशास्त्रज्ञाने एका धूमकेतूचा शोध लावला. त्याच्या आकाशातील भ्रमणाच्या नोंदी करताना, त्याची भ्रमणकक्षा मांडणे सोपे आहे असे त्याच्या लक्षात आले. हेलीच्या धूमकेतूपेक्षा याची लंबवर्तुळाकार कक्षा बरीच लहान होती. यावरून असे दिसून आले की दर साडेपाच वर्षांनी हा धूमकेतू सूर्याच्या जवळ येईल.

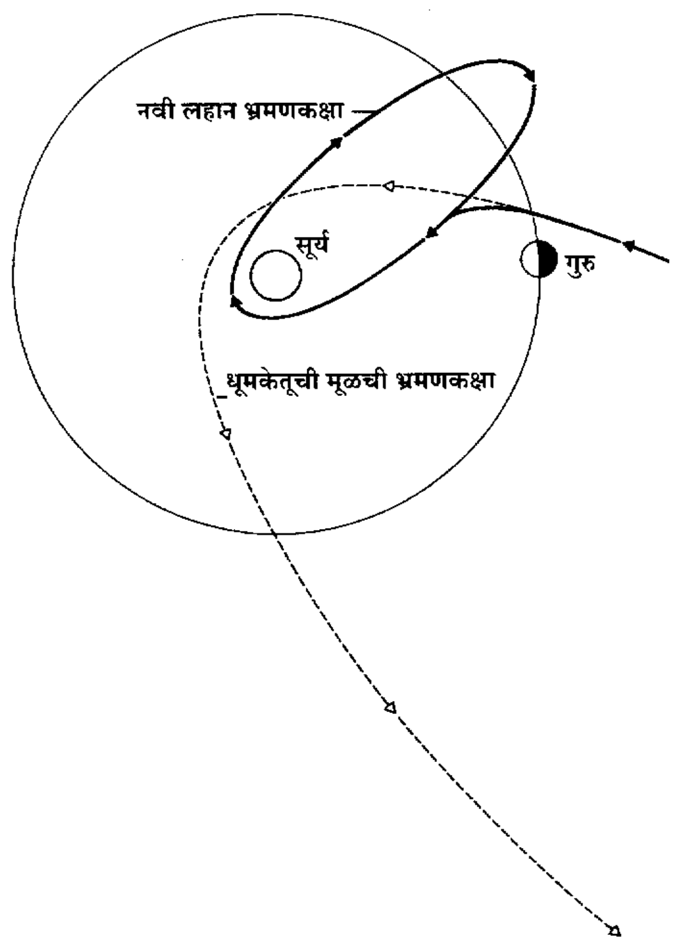
मग तो यापूर्वी कधीच का दिसला नव्हता? लेक्सेलच्या धूमकेतूच्या मार्गावरून गेलेला कोणताच धूमकेतू आजवर पाहण्यात आला नव्हता.

हा धूमकेतू दृष्टिपथात येण्यापूर्वी तो अवकाशात ज्या ठिकाणी असेल तेथपर्यंतचा त्याचा माग लेक्सेलने शोधून काढला. तो गुरूजवळून गेला असावा, असे लेक्सेलच्या लक्षात आले. तो गुरूच्या इतक्या जवळून गेला असणार की गुरूच्या चार मोठ्या उपग्रहांबरोबरच त्याची परिक्रमा झाली असणार.

या धूमकेतूची भ्रमणकक्षा खूप मोठी लंबवर्तुळाकार असल्यामुळे



गुरुने धूमकेतूची कक्षा बदलली



तो याआधी कधी दिसला नसणार असे लेक्सेलला वाटले. जेव्हा तो गुरूजवळून गेला तेव्हा गुरूसारख्या मोठ्या ग्रहाच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे या धूमकेतूची कक्षा बदलली. त्याची नवी लंबवर्तुळाकार कक्षा पूर्वीपेक्षा बरीच लहान होती.

परंतु ही नवी लहान कक्षाही कायम टिकली नाही. लेक्सेलचा धूमकेतू परत कधीच दिसला नाही. आणखी बरीच आकडेमोड केल्यावर असे लक्षात आले की १७७० साली सूर्याजवळून निघून जाताना तो परत एकदा गुरूजवळून गेला. त्यावेळीही त्याची कक्षा परत एकदा बदलली.

यावेळी त्याची कक्षा इतकी रुंदावली की तिचे दुसरे टोक उघडेच राहिले. परवलयापेक्षा देखील ही अधिक रुंद होती, तो एक हायपरबोला होता.

गुरूने लेक्सेलच्या धूमकेतूला सूर्यमालेच्या बाहेरच उडवून लावले होते. अशा तऱ्हेने कधी कधी काही धूमकेतू कायमचे निघूनही जातात.

लेक्सेलच्या धूमकेतूच्या बाबतीत जे घडले त्यावरून एखाद्या धूमकेतूची कक्षा किती काळजीपूर्वक अभ्यासावी लागते हे लक्षात येते. इतर ग्रहांमुळे धूमकेतूच्या भ्रमणकक्षेत बदल घडू शकतात.

लेक्सेलचा धूमकेतू गुरू आणि त्याच्या उपग्रहांच्या इतक्या जवळून गेला तरी त्या सर्वांच्या भ्रमणकक्षेत मात्र काहीच बदल झाले नाहीत ही एक फारच महत्त्वाची गोष्ट यावरून लक्षात आली. लेक्सेलच्या धूमकेतूचे वस्तुमान इतके कमी असणार की त्याला जवळजवळ काहीच गुरुत्वाकर्षण नसणार.

धूमकेतू म्हणजे आकाशात फिरणाऱ्या धोकादायक वस्तू असून त्यांच्याशी टक्कर झाल्यास त्यामुळे पृथ्वीदेखील नष्ट होऊ शकेल, असा एक समज तोपर्यंत प्रचलित होता.



आता धूमकेतू हे तसे लहानच असतात हे खगोलशास्त्रज्ञांना समजले. त्यांच्याभोवतीचा कोमा बरीच जागा व्यापत असावा आणि त्यांच्या शेपट्या लाखो किलोमीटरपर्यंत पसरलेल्या असाव्यात. परंतु कोमा आणि शेपटी यातील प्रत्यक्ष वस्तुमान मात्र अगदीच कमी असणार. आणि हे वस्तुमानच खरे महत्त्वाचे असते.

धूमकेतू ह्या सूर्यमालेतील सर्वात लहान वस्तू आहेत.

१८व्या शतकातील खगोलशास्त्रज्ञांची धूमकेतूंनी आणखी एका बाबतीतही निराशा केली. हेलीच्या धूमकेतूची भ्रमणकक्षा हेलीने मांडून दाखविल्यानंतर आणखीही बऱ्याच धूमकेतूंची कक्षा समजून घेता येईल अशी त्यांना आशा होती-- पण हेलीनंतरच्या १०० वर्षात कुठल्याही धूमकेतूची कक्षा समजून घेता आली नाही. काही काळ लेक्सेलला एका धूमकेतूच्या बाबतीत यश मिळाले आहे असे त्याला वाटले पण धूमकेतूने ती कक्षाही बदलली.

१८१८ साली जॉं लुई पॉं या फ्रेंच खगोलशास्त्रज्ञाने शोधून काढलेला धूमकेतू नवा आहे असे त्याला वाटले. योहान फ्रँझ एन्के या जर्मन खगोलशास्त्रज्ञाने त्याच्या भ्रमणकक्षेचा अभ्यास केल्यावर त्याला असे आढळले की १७८६, १७९५ आणि १८०५ सालच्या धूमकेतूने ह्याच कक्षेतून भ्रमण केले होते.

या माहितीवरून एन्केने या धूमकेतूची कक्षा मांडली आणि त्याच्या असे लक्षात आले की हे लंबवर्तुळ इतके लहान आहे की हा धूमकेतू दर ३.३ वर्षांनी सूर्याजवळ येतो. ही लंबवर्तुळाकार कक्षा इतकी लहान होती की ती गुरूच्या कक्षेच्याही आतच होती.

या धूमकेतूला 'एन्केचा धूमकेतू' असे नाव मिळाले. हेलीच्या धूमकेतूनंतर कक्षा मांडला गेलेला आणि त्यानुसार भ्रमण करून ठरल्या वेळी परत येणारा हा पहिलाच धूमकेतू होता.

एन्केचा धूमकेतू हा अल्पावधीने परत येणारा धूमकेतु आहे. एन्केच्या नंतरच्या काळात अनेक धूमकेतूंची कक्षा मांडण्यात आली परंतु एवढी लहान कक्षा असणारा आणि ठरावीक कालावधीने वरचेवर सूर्याजवळ येणारा दुसरा कुठलाच धूमकेतू आढळला नाही. एन्केच्या धूमकेतूचे खगोलशास्त्रज्ञांनी सूर्याजवळून जाताना ५० वेळा निरीक्षण केले आहे.

एन्केचा धूमकेतू खूप धूसर असल्यामुळे तो केवळ दुर्बिणीतूनच पाहता येतो. दुर्बिणीतूनही त्याचा लहानसाच कोमा दिसतो आणि त्याला कधीच शेपूट नसते.

अल्पावधीत, वरचेवर सूर्याजवळून जाणारे धूमकेतू नेहमीच अगदी धूसर असतात. दरवेळी तयार होणारा कोमा शेपटीत उडून जातो आणि कधीच परत येत नाही. प्रत्येक वेळी धूमकेतू परत आला की कोमा आणि शेपूट बनण्यासाठी त्यातील वस्तुमान आणखीच कमी होते.

याचाच अर्थ धूमकेतू दर वेळी कमी कमी तेजस्वी होणार आणि कालांतराने दिसेनासाच होणार. लहान कक्षा असणारे आणि वरचेवर सूर्याजवळून जाणारे अनेक धूमकेतू खूप पूर्वीच दिसेनासे झाले. खूप मोठी भ्रमणकक्षा असणारे आणि बऱ्याच मोठ्या कालावधीने सूर्याच्या जवळ येणारे धूमकेतूच परत आल्यावरही तेजस्वी दिसतात.

■



# ५ धूमकेतूचा मृत्यू

धूमकेतू दिसेनासा होतो म्हणजे नेमके काय होते? एन्केच्या धूमकेतूच्या अनुभवावरून लहानसा दगडी गाभा शिल्लक राहत असावा.

दर वेळी असेच होत असेल का? प्रत्येक वेळी दगडी गाभा शिल्लक राहतो का ? या प्रश्नाचे उत्तर १९व्या शतकात मिळाले.

१८२६ साली विल्हेम फॉन बिएला या ऑस्ट्रेलियन खगोलशास्त्रज्ञाला एका धूमकेतूचा शोध लागला. अनेक रात्री त्याने त्याच्या स्थानाचा अभ्यास केला. आकाशातील त्याच्या मार्गावरून त्याची भ्रमणकक्षा लहान लंबवर्तुळाकार आहे असे त्याच्या लक्षात आले. लहान असली तरी ती एन्केच्या धूमकेतूइतकी लहान नव्हती.

हा धूमकेतू दर ६.८ वर्षांनी सूर्याजवळ येतो असे गणितावरून त्याच्या ध्यानात आले. त्यावरून हा धूमकेतू यापूर्वीही अनेकदा दिसला असणार. १७७२ साली दिसलेला धूमकेतू हा आता 'बिएलाचा धूमकेतू' म्हणून ओळखला जाणारा धूमकेतूच असणार.

अल्पावधीने येणाऱ्या धूमकेतूंपैकी कक्षा मांडली जाणारा बिएलाचा धूमकेतु हा दुसरा धूमकेतु होय. एन्केच्या धूमकेतूप्रमाणेच तोही नियोजित कालावधीने परत येऊ लागला.

एका खगोलशास्त्रज्ञाने बिएलाने वर्तविलेल्या कक्षेचा अभ्यास करून असे सांगितले की बिएलाचा धूमकेतु २७ नोव्हेंबर १८३२ या दिवशी सूर्याच्या सर्वाधिक जवळ असेल. त्याचे भाकीत तंतोतंत खरे ठरले.

त्यानंतर बिएलाचा धूमकेतू १८३९ साली परत आला. त्या वर्षी पृथ्वी आणि बिएलाचा धूमकेतु आकाशात अशा स्थानावर होते की

## बिएलाचा धूमकेतू

त्यामुळे धूमकेतु सूर्याच्या फारच जवळ असल्यासारखा दिसे. अशा परिस्थितीत तो खूपच धूसर दिसत असल्याने त्याचे निरीक्षण करणे कठीण होते.

खगोलशास्त्रज्ञांना त्याची फारशी काळजी वाटली नाही. १८४६ च्या फेब्रुवारी महिन्यात तो परत येईल त्यावेळी त्याचे निरीक्षण करता येईल याची त्यांना खात्री होती. ते त्याची वाट पाहत होते.

डिसेंबर १८४५ मध्ये खगोलशास्त्रज्ञांना बिएलाचा धूमकेतू दिसला. तो आपल्या नियोजित वेळेवरच येत होता.

पण यावेळी तो पूर्वीपेक्षा निराळा दिसत होता. मॅथ्यू फाँटेन मोरी या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने असे दाखवून दिले की बिएलाच्या धूमकेतूबरोबर धूसर दिसणारा आणखी एक धूमकेतू आहे. हे दोन्ही धूमकेतू एकत्रितरित्या सूर्याकडे भ्रमण करत होते. असे कसे झाले?

बहुधा १८३९ साली धूमकेतू सूर्याजवळ आला असताना, जेव्हा त्याचे निरीक्षण करता आले नव्हते, त्यावेळी त्याचे तापमान वाढल्यामुळे त्यातील गाभा ओढला जाऊन त्याचा आकार डम्बेलसारखा झाला असेल. आता त्या डम्बेलचे दोन तुकडे होऊन एका धूमकेतूचे दोन धूमकेतु झाले असावेत.

१८५२ साली तो जेव्हा परत सूर्याजवळ येईल तेव्हा काय होईल? पिएट्रो अँजेलो सेची या इटालियन खगोलशास्त्रज्ञाला हे धूमकेतू सर्वप्रथम दिसले. त्यावेळीही हे दोन धूमकेतू होते पण आता त्यांच्यात बरेच अंतर पडले होते. आजूबाजूच्या ग्रहांच्या गुरुत्वाकर्षणाचा दोघांवर भिन्न परिणाम होऊन त्यांच्या कक्षाही आता थोड्या फार निराळ्या होत्या. सेचीच्या गणितानुसार या दोन धूमकेतूत आता २४,१४,००० किलोमीटरचे अंतर होते.

१८५९ साली तो परत येणार होता पण यावेळीही तो आकाशात

फक्त संधिप्रकाशाच्या वेळीच दिसणार होता म्हणून खरे तर दिसणार नव्हता. खगोलशास्त्रज्ञांना १८६६ पर्यंत वाट पाहणे भाग होते. त्यावेळी तो नीट दिसणार होता.

पण तसे झाले नाही. १८६६ साल येऊन गेले तरी बिएलाच्या धूमकेतूंपैकी एकाचाही पत्ता नव्हता. विशेष म्हणजे त्यानंतर तो कधीच दिसला नाही. तो नाहीसाच झाला. गुरूच्या त्या वेळच्या आकाशातील स्थानामुळे त्याच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे धूमकेतूला नवी कक्षा मिळाली असण्याची शक्यता नव्हती. १८५९ सालच्या फेरीच्या वेळी धूमकेतूच्या उरल्यासुरल्या साहित्यातून गाभा आणि शेपूट बनले आणि आता ते सर्वच नाहीसे झाले असे तर झाले नसेल?

एन्केच्या धूमकेतूचे असे काहीच झाले नाही. कदाचित एन्केच्या धूमकेतूचा गाभा दगडी असेल आणि बिएलाच्या धूमकेतूचा तो तसा नसेल.

पण बिएलाच्या धूमकेतूचे काही अवशेषही शिल्लक उरले नाहीत का? या प्रश्नावरून आपले लक्ष एका वेगळ्याच मुद्याकडे वेधले जाते. अधूनमधून आपल्याला आकाशात उल्का दिसतात. उल्का म्हणजे काही खरा तारा नव्हे. उल्का म्हणजे अंतराळात फिरणारी लहानशी वस्तू (मॅटर) इकडे-तिकडे फिरत असताना पृथ्वीच्या संपर्कात येऊन आदळते.

वातावरणातून खूप वेगाने फिरत असताना हवेतील घर्षणाने या वस्तूचे तापमान वाढते. गरम झाल्यामुळे प्रकाशमान होऊन प्रकाशाची एक शलाका दिसते आणि लवकरच नष्ट होते. कधी कधी अशी गरम झालेली वस्तू जर खूप अवजड असली तर ती संपूर्णपणे जळून, वितळून जात नाही. यातील उरलेला भाग दगडाच्या किंवा लोखंडाच्या स्वरूपात जमिनीवर येऊन आदळतो. त्याला उल्का किंवा उल्कापाषाण असे म्हणतात. असे क्वचितच घडते.



बहुतेक सर्व उल्का या छोट्याच असतात, त्यामुळे त्यांचे उल्कापाषाण बनत नाहीत. त्या टाचणीवरच्या गोळ्याएवढ्या छोट्या असू शकतात. एवढ्या छोट्या गोष्टीदेखील तेजस्वी आणि प्रकाशकिरणासारख्या दिसू शकतात.

अशा लहान उल्का नेहमी दिसतात. कधी कधी पृथ्वी अशा उल्कांच्या ढगातून जात आहे असे वाटते. याला आपण 'उल्कावर्षाव' असे म्हणतो.

१८३३ साली अमेरिकेतून एक खास असा उल्कावर्षाव दिसला होता. आकाशातून बर्फवृष्टी व्हावी त्या प्रकारच्या प्रकाशाच्या रेषा आकाशभर दिसत होत्या. ते पाहणाऱ्या काही लोकांना वाटले की आकाशातून सगळे तारेच पडत आहेत आणि हा जगाचा अंतच आहे. पण उल्कावर्षाव जेव्हा थांबला तेव्हा सर्व तारे आकाशातच होते.

या छोट्या गोष्टी हवेत पूर्णपणे जळून जातात. उल्कावर्षाव कितीही मोठा असला तरी त्यापैकी काहीच जमिनीपर्यंत पोचत नाही.

१८३३ सालचा उल्कावर्षाव पाहून, पृथ्वी मधूनमधून अशा कणांच्या ढगातून जाते त्यासंबंधी खगोलशास्त्रज्ञ विचार करू लागले. असे ढग सूर्याभोवती निश्चित कक्षेत भ्रमण करत असतील का?

जियोव्हानी व्हर्जिनिओ चियापरेली या इटालियन खगोलशास्त्रज्ञाने याचा अभ्यास केला. उल्कावर्षाव केव्हा झाला आणि आकाशाच्या कोणत्या भागातून झाला असावा याविषयी मिळेल तेवढी माहिती जमवण्यास त्याने सुरुवात केली. १८६०च्या दशकातील त्याच्या गणितांवरून असे दिसले की उल्कांचे ढग मोठ्या लंबवर्तुळाकार कक्षेत सूर्याभोवती भ्रमण करतात. या कक्षा बऱ्याचशा धूमकेतूंसारख्या होत्या. धूमकेतू आणि हे उल्कांचे ढग यांचा परस्परांशी काही संबंध असेल का?

असा काही संबंध असावा असे चियापरेलीला वाटले. एक

## १८३३ सालचा अमेरिकेतील नेत्रदीपक उल्कावर्षाव

उल्कावर्षाव सामान्यतः ऑगस्ट महिन्यात होत असे आणि तो पर्सियस या नक्षत्रातून आल्यासारखा भासत असे. त्यामुळे त्यांना 'पर्सिएड्स' असे नाव देण्यात आले. चियापरेलीने असे दाखवून दिले की 'टट्लचा धूमकेतू' आणि 'पर्सिएड्स' यांची कक्षा एकच आहे. (१८५३ साली चार्लस वेस्ली टट्ल या अमेरिकन खगोलशास्त्रज्ञाने या धूमकेतूचा शोध लावला. दर १४ वर्षांनी तो सूर्याजवळ येतो.)

सूर्याच्या उष्णतेने त्यातील द्रव्याचे वायूत रूपांतर झाल्याने धूमकेतू तयार होत असावेत असे आता वाटू लागले. या वायूच्या पसाऱ्यात काही दगडासारखे बारीक कण असावेत. हा वायू ज्यावेळी दिसेनासा होई तेव्हा शिल्लक राहिलेले हे कण चमकत असावेत. धूमकेतूच्या कोमात आणि शेपटात हेच कण दिसत असावेत.

कदाचित तापलेल्या धूमकेतूंमधील हे दगडांचे बारीक कण पृथ्वीच्या वातावरणात उल्का म्हणून दिसत असतील. प्रत्येक वेळी धूमकेतू सूर्याजवळून जाताना काही बारीक कण मागे राहत असतील आणि स्वतःहून सूर्याभोवती फिरत असतील. कालांतराने धूमकेतूची संपूर्ण कक्षा या कणांनी भरून जात असेल. सामान्यतः धूमकेतूजवळ असे अधिक कण आढळतात आणि अंतर वाढेल तसे ते विरळ होत जातात.

अखेर एखाद्या धूमकेतूचा गाभा जर दगडांचा नसेल तर तो पूर्णपणे या कणांचा ढगच असेल. बिएलाच्या धूमकेतूचे काहीसे असेच झाले असेल का?

'पर्सिएड्स'हे टट्लच्या धूमकेतूतून आले असावेत, असे चियापरेलीने दाखवून दिल्यावर खगोलशास्त्रज्ञांनी बिएलाच्या धूमकेतूचा या दृष्टीने विचार केला. बिएलाच्या धूमकेतूची कक्षा तर माहीत होतीच म्हणून या कक्षेत सर्वत्र उल्का असतील अशी त्यांची अपेक्षा होती. धूमकेतू प्रत्यक्ष ज्या ठिकाणी असायला हवा होता त्या ठिकाणी उल्का अधिक प्रमाणात

असणार.

पृथ्वी त्या स्थानाजवळ येण्याची त्यांनी वाट पाहिली. ई. वेस या खगोलशास्त्रज्ञाने असे वर्तविले की २८ नोव्हेंबर १८७२ रोजी उल्कावर्षाव होईल. त्याचा अंदाज फक्त एका दिवसाने चुकला; २७ नोव्हेंबरलाच उल्कावर्षाव झाला.

या उल्कावर्षावाला 'बिएलिड्स' असे नाव देण्यात आले. हा उल्कावर्षाव त्यानंतर अनेक वेळा दिसला आणि त्यानंतर दिसेनासा झाला. शिल्लक राहिलेले कण कक्षेत सर्वत्र पसरलेले होते पण ते इतके विरळ होते की त्यामुळे दिसण्यासारखा उल्कावर्षाव होऊ शकला नाही.

■



# ६ | धूमकेतु कसे असतात ?

सूर्यापासून बऱ्याच लांब अंतरावर लहान लहान वस्तूंचा मोठा पट्टा असावा, असे यॅन हेंड्रिक ऊर्ट या डच खगोलशास्त्रज्ञाने १९५० साली सुचविले. हा पट्टा बहुधा कोट्यवधी किलोमीटर अंतरावर असावा त्यामुळे सर्वात मोठ्या दुर्बिणीतूनही तो दिसू शकत नाही. त्या दूरच्या पट्ट्यात असे अब्जावधी कण असावेत. सूर्याजवळ आल्यावर यांचेच धूमकेतु बनतात.

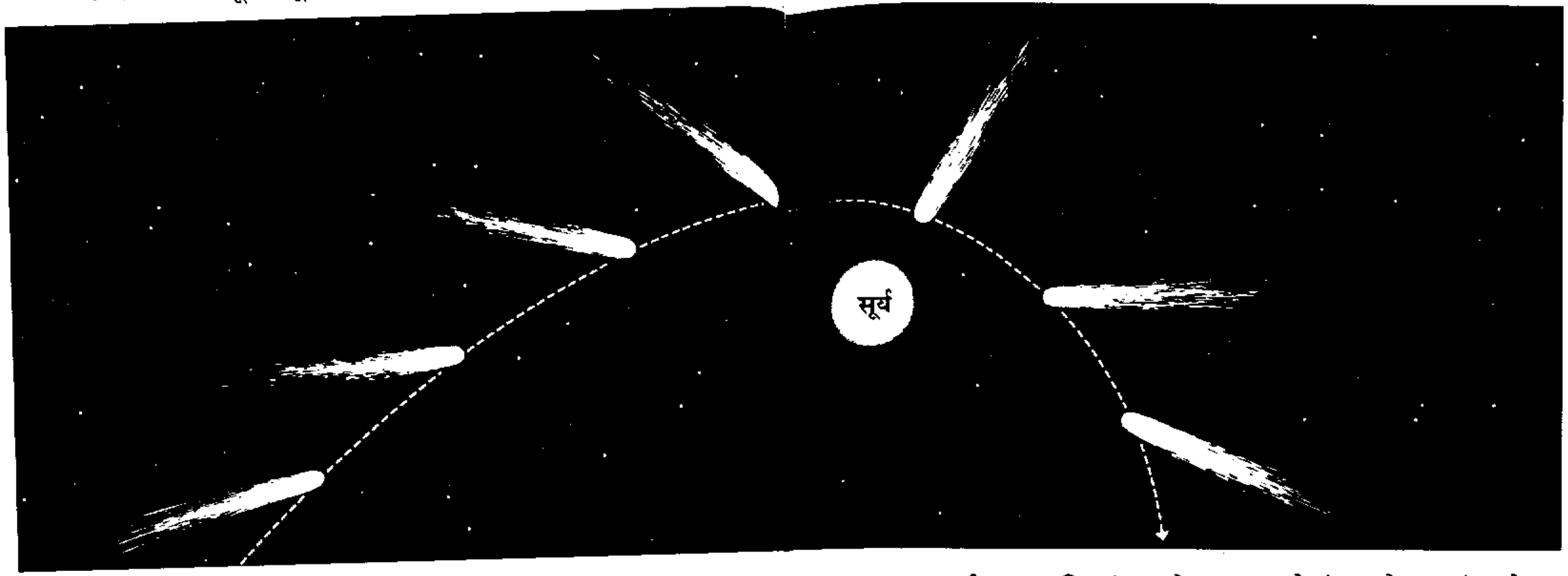
फ्रेड लॉरेन्स व्हिपल या अमेरिकन खगोलशास्त्रज्ञाने असे सुचविले की इतक्या दूरवरचे वातावरण अतिशय थंड असेल त्यामुळे हे दूरवरचे धूमकेतू पृथ्वीच्या वातावरणात वायुरूपच असतील. हे धूमकेतु, अमोनिया, मिथेन, कायनोजेन (कार्बन आणि नायट्रोजेन) या सर्व बर्फासारख्या घन स्वरूपातील वायूंचे बनलेले असतील. धूमकेतूंमध्ये बर्फ किंवा गोठलेले पाणीही असू शकेल.

या सर्व गोठलेल्या साहित्यात दगडाच्या सूक्ष्म कणांचादेखील समावेश असेल. कदाचित याचा गाभा दगडाचा असेल किंवा नसेलही.

मधूनच कधीतरी या अतिदूरच्या धूमकेतूची गती खूप मोठ्या कक्षेतून सूर्याभोवती जाताना थोडीफार कमी होत असेल. एकमेकांशी होणाऱ्या टकरीमुळे किंवा एखाद्या दूरच्या ताऱ्याच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे अशा तऱ्हेने गती कमी होत असेल.

अशा तऱ्हेने गती कमी झालेला धूमकेतू सूर्याजवळ येऊन त्याची कक्षा खूप मोठी लंबवर्तुळाकार बनते. ग्रहांच्या जवळून जाताना तो जर पुरेसा सूर्याजवळ आला तर तेजस्वी, चमकदार झाल्यामुळे आपल्याला

सौरवाताचा धूमकेतूच्या शेपटीवर परिणाम




दिसू शकतो. मग तो सूर्याभोवती जाऊन आपल्या दूरच्या प्रवासाला परत निघून जातो. त्याच्या या नव्या कक्षेत कदाचित तो काही लाख वर्षांनी परत सूर्याजवळ येईल.

अशा तऱ्हेने जेव्हा एखादा धूमकेतू सूर्याजवळ येतो तेव्हा त्यातील बर्फासारख्या घन पदार्थाचे बाष्पीभवन होते. त्यातील दगडाचे सूक्ष्म कण सुटे होऊन त्यांचा कोमा बनतो.

१९५८ साली युजीन नॉर्मन पार्कर या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने असे दाखवून दिले की अणूपेक्षाही लहान कण सूर्यातून अतिशय वेगाने सर्वच दिशांना कायम फेकले जात असतात. या कणांचाच 'सौरवात' (सोलर विंड) बनतो. हा सौरवात धूमकेतूच्या गाभ्यावर आदळतो व त्यातूनच धूमकेतूची शेपूट सूर्याच्या विरुद्ध बाजूला निर्माण होते.

सूर्याजवळ पहिल्यांदाच येणाऱ्या धूमकेतूंचा कोमा प्रचंड मोठ्या आकाराचा असून तो सूर्यापेक्षाही अधिक जागा व्यापतो आणि त्याची लांबच लांब शेपूट कोट्यवधी किलोमीटर पर्यंत पसरू शकते.

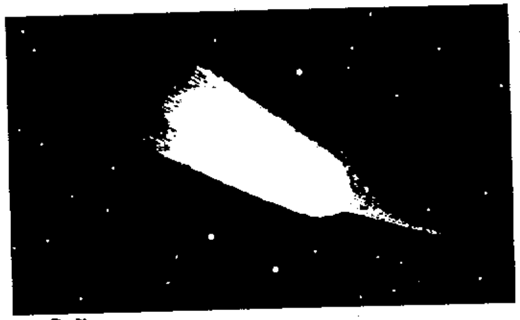
कधी कधी एखाद्या ग्रहामुळे, बहुधा गुरूसारख्या सर्वात मोठ्या ग्रहामुळे, अशा धूमकेतूची कक्षा बदलू शकते. मग त्याची कक्षा लहान लंबवर्तुळाकार बनते. अनेक वेळा सूर्याजवळून जाता जाता त्याच्यातील प्रकृतिद्रव्य कमी कमी होत जाऊन तो लवकरच अस्पष्ट होतो. हेलीचा धूमकेतूही आता अस्पष्ट होऊ लागला आहे.

दूरवरच्या अंतराळातून बहुधा पहिल्यांदाच आल्याने खूप तेजस्वी असलेला धूमकेतू १८८२ साली दिसला होता.

१८८२ सालापासून अशाच दूर अंतरावरून येणाऱ्या एखाद्या नव्या

स्कायलॅब उपग्रहावरून कोहुटेक धूमकेतूची घेतलेली सहा चित्रे

१८ डिसेंबर १९७३



२९ डिसेंबर १९७३

३० डिसेंबर १९७३

३१ डिसेंबर १९७३

२ जानेवारी १९७४

५ जानेवारी १९७४

धूमकेतूची शास्त्रज्ञ वाट पाहत आहेत म्हणजे गेल्या शतकात निर्माण झालेली नवी साधने आणि नव्या ज्ञानाच्या सहयोगाने त्यांना अशा नव्या धूमकेतूचा अधिक चांगल्या प्रकारे अभ्यास करता येईल. अखेर १९७३ साली ल्युबोस कोहुटेक या झेक खगोलशास्त्रज्ञाला पृथ्वीपासून खूप दूर अंतरावर असा एक धूमकेतू दिसला. तो आकाराने खूपच मोठा असणार, नाहीतर इतक्या दूरवरून दिसण्याइतका प्रकाश तो परावर्तित करू शकला नसता.

कक्षेच्या अभ्यासावरून कोहुटेकचा धूमकेतू दूर अंतरावर असणाऱ्या सूक्ष्म कणांच्या पट्ट्याकडून आला असावा असे वाटते. २८ डिसेंबर १९७३ रोजी तो सूर्याच्या सर्वाधिक जवळ होता. खगोलशास्त्रज्ञांच्या अपेक्षेइतका तो तेजस्वी दिसला नाही, परंतु अंतराळातील स्कायलॅब या उपग्रहावरील लोकांनी त्याचा अभ्यास केला, आणि सूर्याकडून दूर जातानाच्या त्याच्या मार्गावर त्याचा पुन्हा अभ्यास केला जाईल.

कदाचित भविष्यात जेव्हा असा एखादा नवा धूमकेतू दूरवरून येईल त्यावेळी खगोलशास्त्रज्ञ रॉकेटयानावरून त्याच्यावर उतरण्याच्या तयारीत असतील.

मग एखादे अशुभसूचक चिन्ह म्हणून त्याची भीती वाटण्याऐवजी अंतराळवीर त्यावर उतरतील आणि त्याचे काही तुकडे खास अभ्यासासाठी पृथ्वीवर घेऊन येतील.

■