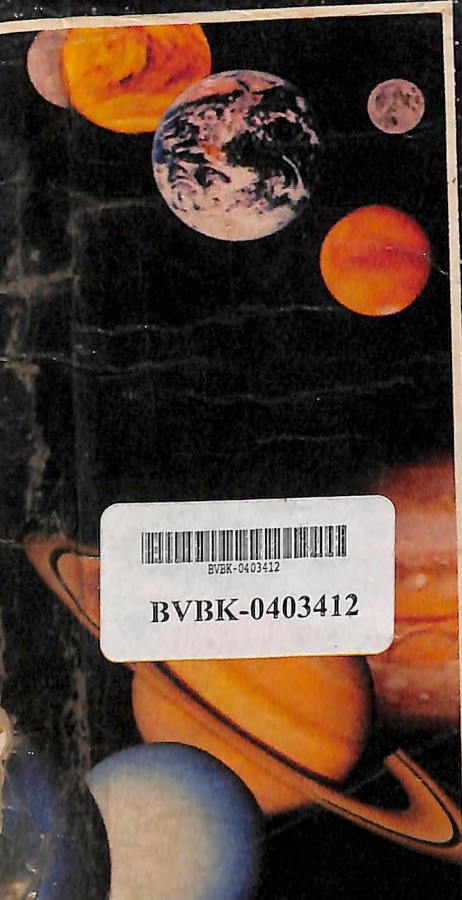


नवे अंतराळ विज्ञान

2892

सुधाकर भालेराव



BVBK-0403412

BVBK-0403412



म. सं. म. ठाणे, भास्कराकर प्रा. लि. (पुणे) वा. वा.

महाराष्ट्र शासन विभाग

दाखणी (४२)

दा. क्र. ३४३२ दिनांक १३/११

विषय वा. वा. क्र.

वा. वा.

३४३२

१३/११

नवे
अंतराल
विज्ञान



BVBK-0403412

BVBK-0403412

सुधाकर भालेराव

दिलीपराज

प्रकाशन प्रा. लि.

२५१ क, शनिवार पेठ,

पुणे - ४११ ०३०

नवे अंतराल विज्ञान
NAVE ANTARAL VIDYAN

प्रकाशक :

श्री. राजीव दत्तात्रय बर्वे
मॅनेजिंग डायरेक्टर
दिलीपराज प्रकाशन प्रा. लि.
२५१ क, शनिवार पेठ,
पुणे ४११ ०३०

© सुधाकर भालेराव

प्रकाशन दिनांक : २५ डिसेंबर १९९७

प्रकाशन क्रमांक : ७९८

ISBN - 81 - 7294 - 164 - 1

मुद्रक :

श्री. किरण दोशी
अनमोल मुद्रणालय
४, सोमवार पेठ, कमला नेहरु हॉस्पिटलसमोर,
पुणे - ४११ ०११

टाइपसेटिंग :

पितृछाया मुद्रणालय
९०९ रविवार पेठ, पुणे - ४११ ००२

मुखपृष्ठ :

दीपक संकपाळ

मूल्य :

रुपये साठ मात्र

जामखेड ग्रामीण आरोग्य प्रकल्पात

अहर्निश सेवाभावी कार्य करणारे

डॉ. रजनीकांत आरीळे

व

सी. मेबल आरीळे

यांना सादर समर्पण

सुधाकर भालेराव

मनोगत

विज्ञानाने तुमचे - आमचे सारे जीवनच व्यापून टाकले आहे. विज्ञानाची प्रगती गतिमानतेने होत आहे. विज्ञानाच्या विविधांगी क्षेत्रातील वाटचालीचा संशोधनाचा हा परामर्श तुम्हास निश्चितच स्फूर्तिदायक आणि आनंददायी वाटेल. या पुस्तकातील काही भाग लेखांच्या स्वरूपात सकाळ, देशदूत आणि महाराष्ट्र टाइम्स या दैनिकांमधून यापूर्वी प्रकाशित झाला आहे.

- सुधाकर भालेराव

म. सं. सं. टा. सं., काठमाडौं, काठमाडौं प्रा. सं.

काठमाडौं महानगरपालिका

बा. सं. ३४९२

दिनांक १३/११/९८

विषय बा. सं.

क.

अंतराळात कृत्रिम उपग्रह

कुणाही भारतीयाला अभिमान वाटावा अशी अवकाश युगातील अत्यंत महत्त्वाची घटना अलिकडेच घडली. आपल्या भारताचा "इन्सॅट सी-एक" हा कृत्रिम उपग्रह एरिन तीन या सामर्थ्यशाली अग्निबाणाच्या साहाय्याने फ्रेंच गियानातील काजूरजू या अग्निबाण उड्डाण तळावरून ईसी एस. पाच या कृत्रिम उपग्रहाच्या समवेत २२ जुलै, १९८८ रोजी भारतीय प्रमाणवेळेनुसार पहाटे चार वाजून बेचाळीस मिनिटांनी यशस्वीरितीने अंतराळात प्रक्षेपित करण्यात आला. तो उपसूर्य स्थितीवर एकशे अठ्ठाण्णव किलोमीटर अंतरावर व अपसूर्य स्थितीवर ३६ हजार किलोमीटरवर सात अंशाच्या कलाने स्थिर केलेला आहे. त्याचे वजन अकराशे नव्वद किलोग्रॅम असून तो भारताच्या ९३.५ अंश पूर्व रेखांशावर भूस्थिर कक्षेत परिभ्रमण करीत आहे.

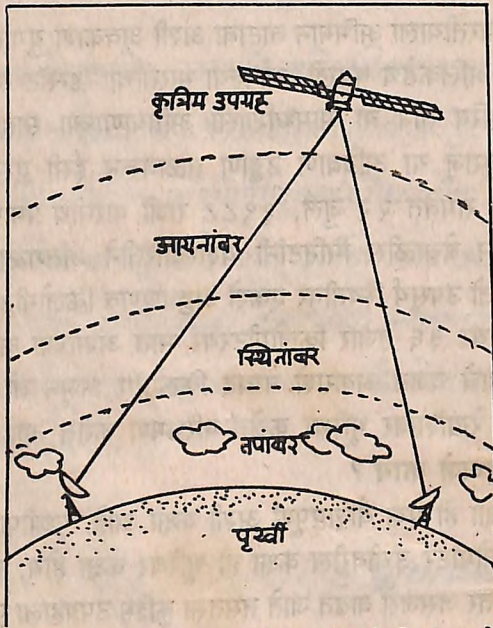
भूस्थिर कक्षा म्हणजे काय ?

भूस्थिर कक्षा ही एक वैशिष्टपूर्ण अशी कक्षा आहे. पृथ्वीपासून सुमारे छत्तीस हजार किलोमीटर उंचीवरील कक्षा ही भूस्थिर कक्षा होय. पृथ्वीपासून कृत्रिम उपग्रहाचे अंतर जसजसे वाढत जाते तसतसा कृत्रिम उपग्रहाला पृथ्वीभोवती एक फेरी पूर्ण करण्यास अधिक काळ लागतो. त्यात फक्त वेग कमी असतो असे नाही तर कृत्रिम उपग्रहाला अधिक अंतरही तोडायचे असते. विविध उंचीवरील आणि विविध प्रदक्षिणाकाल असलेल्या कृत्रिम उपग्रहाच्या भ्रमणकक्षात सुमारे छत्तीस हजार किलोमीटर उंचीवरील कक्षा ही वैशिष्टपूर्ण कक्षा होय. ही कक्षा आपल्या पृथ्वीच्या विषुववृत्ताला समांतर अशी असून त्या कक्षेत फिरणाऱ्या कृत्रिम उपग्रहाला एका प्रदक्षिणेला बरोबर चौवीस तास लागतात. या कारणाने प्रस्तुतचा कृत्रिम उपग्रह त्या ठिकाणावर आणि पृथ्वीवरील

बाकीच्या ठिकाणांच्या दृष्टीने 'स्थिर' भासतो. हीच 'भूस्थिर कक्षा' होय. कृत्रिम उपग्रहाची भ्रमणकक्षा जितक्या अधिक अंतरावर असते तितक्या अंतरापर्यंत जाण्यास लागणारी शक्तीही अधिक असते. त्यामुळे पृथ्वीपासून जसजसे अंतर वाढत जाते. तसतशी अग्निबाणाला गुरुत्वाकर्षणाबरोबर अधिकाधिक झूज घावी लागते.

क्रियाशील कृत्रिम उपग्रह

आपल्या भारतीय वैज्ञानिकांनी आतापावेतो विविध प्रकारच्या क्रियाशील



कृत्रिम उपग्रहांची अत्यंत यशस्वी प्रकारे निर्मिती केलेली आहे. 'आर्यभट्ट' हा भारताचा पहिलावहिला उपग्रह होय. तीनशे साठ किलोग्रॅम वजनाचा हा भारतीय कृत्रिम उपग्रह सहाशे तेवीस किलोमीटर उंचीवर १९ एप्रिल, १९७५ रोजी रशियाच्या बैकनूर अंतराळ उड्डाण तळावरून प्रक्षेपित करण्यात आला. त्यानंतरच्या दशकात भास्कर, रोहिणी, अनुराधा, इन्सॅट मालिकेतील कृत्रिम उपग्रह अंतराळात प्रक्षेपित करण्यात आले. हे सारे कृत्रिम उपग्रह पुनर्निवेदक क्रियाशील प्रकारातील मानले जातात. व्यवहारात संदेशवहनाच्या दृष्टीने अत्यंत

उपयुक्त ठरलेला हा प्रकार होय. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरून जसजसे अधिकाधिक उंच जावे त्या प्रमाणात पृथ्वीवरील भागाचे विस्तृत स्वरूपात दर्शन घडते. विशिष्ट उंचीवर तर सागराचे दोन्ही किनारे दृष्टिपथात येतात. याच उंचीवर कृत्रिम उपग्रह स्थापित करणे महत्त्वाचे आणि फार उपयुक्त ठरते. कृत्रिम उपग्रहाचे पृथ्वीभोवतीचे भ्रमण जितक्या कमी उंचीवरून होते तेवढा तो चटकन दिसेनासा होतो. याचाच अर्थ असा की, त्याचा उपयोग करणाऱ्या केंद्रांना त्याचा अगदी अल्पकाळ उपयोग होतो. तेव्हा जर सतत दळणवळण चालू ठेवायचे असेल तर असे काही कृत्रिम उपग्रह फिरते ठेवावे लागतील. दूरध्वनी आणि दूरदर्शनाचे कार्य घडवून आणणाऱ्या सूक्ष्मतरंगांना साहाय्यकारी पुनर्वेदक केंद्रेही आवश्यक असतात. ही दर १५, ३०, ४५ किलोमीटर अंतराने असावी लागतात. या प्रत्येक केंद्रावर नवा संदेश स्वीकारला जातो. त्याचे विवर्धन होते आणि तो पुनश्च पुढच्या केंद्राकडे प्रक्षेपित केला जातो. या केंद्रांनाच पुनर्वेदक केंद्रे असे म्हटले जाते. या पुनर्वेदन कार्यासाठी क्रियाशील कृत्रिम उपग्रहाची बांधणी अतिशय गुंतागुंतीची असली तरी तिची रचना पृथ्वीवर करून मग तो अंतराळात प्रक्षेपित केला जातो. परिस्थिती आणि नवनवे अनुभव यातून त्याच्या रचनेत सतत सुधारणा घडून येत आहे. कृत्रिम उपग्रहाचे सामर्थ्य वाढावे म्हणून त्यात द्विविभागीय आकाशीयांचा वापर केला जातो. त्याचवेळी त्याचे अवकाशात स्थिरीकरण होण्याचा प्रश्न फार महत्त्वाचा असतो. कारण असे स्थिरीकरण झाले तरच कृत्रिम उपग्रहाचे आकाशीय पृथ्वीच्या दिशेने वळू शकते. कृत्रिम उपग्रहाचे स्थिरीकरण जितके भक्कम होईल तितकी त्याची उपयुक्तता आणि कार्यक्षमता वाढते.

कृत्रिम उपग्रहांचे कार्य

कृत्रिम उपग्रहात संदेश क्षेपण यंत्रे, सूर्यशक्तीवर कार्यान्वित होणाऱ्या विजेच्या, दूरदर्शन छायाग्राहक तापमापके यासारखी वेध घेणारी साधने बसविलेली असतात. त्याच्याद्वारा प्राप्त होणाऱ्या संदेशाची नोंद पृथ्वीवरील केंद्रातून विविध ठिकाणी केली जाते. बाह्य अंतराळातून पृथ्वीची छायाचित्रे घेऊन पृथ्वीवरील जमीन, पाणी, खनिजे, पिके यांचा अभ्यास करणे, पृथ्वीच्या वातावरणाचा अभ्यास, ध्रुवप्रदेशाची पाहणी, पृथ्वीच्या कर्षुकीय क्षेत्राची पाहणी, पृथ्वीवरील हवामानासंबंधीचे अंदाज बांधणे अशा अनेक गोष्टी कृत्रिम

उपग्रहांच्याद्वारा यशस्वीरीतीने कार्यान्वित होत आहेत.

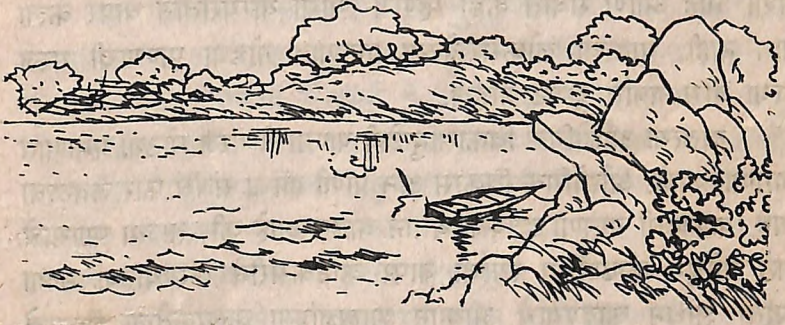
..... कंपतेचा वापर केला जातो. इन्सॅट बी या कृत्रिम उपग्रहाच्याद्वारे आंतरराष्ट्रीय संदेशवहन आणि दूरदर्शनचे कार्यही संपूर्ण भारतभर अत्यंत यशस्वीरीतीने चालू आहे. सारे जग जवळ आल्याची ही ग्वाही आहे. जागतिक ज्ञानाची देवाण-घेवाण, वैद्यकीय तज्ज्ञांचा सल्ला व मार्गदर्शन, शस्त्रक्रियेची तसेच क्रीडांगणावरील दृश्ये, वैज्ञानिकांचे प्रयोग, शैक्षणिक प्रयोग, दूरध्वनीद्वारा संपर्क, वृत्तपत्रांना वार्तांचा पुरवठा असे अनेक प्रयोग हळूहळू व्यापक स्वरूपात या कृत्रिम उपग्रहाद्वारे सुरू आहेत.

अंतराळयुगाच्या प्रारंभापूर्वी अंतराळात फुगे, अग्निबाण पाठवून पृथ्वीच्या वरच्या वातावरणाचा अभ्यास करण्याचे प्रयत्न झाले. कृत्रिम उपग्रहांचे वातावरणाच्या वरच्या थरात प्रक्षेपण झाल्यानंतर वातावरणाच्या सूक्ष्मतम अभ्यासाचे क्षितिज समोर दिसू लागले. प्रारंभ कळातील कृत्रिम उपग्रहांनी वातावरणातील तापमान, हवेचा दाब यांची माहिती दिली त्यावरून वरच्या वातावरणाच्या रासायनिक घडणीचे ज्ञान झाले. पृथ्वीच्या वातावरणातील तपांबर, स्थितांबर आणि आयनांबर या स्तरांचा कृत्रिम उपग्रहांच्याद्वारा अभ्यास केला जात आहे. आयनांबर सर्वात वरचा स्तर आहे. तेथील अतिनील किरणांचे स्वरूप कळल्याने त्याचे मूल्यमापन केले जात आहे. कृत्रिम उपग्रह वरच्या स्तरात असल्याने वातावरणातील फेरबदल चटकन कळू शकतात आणि त्या संदर्भातील भाकित अगोदर करणे शक्य होते. चक्रीवादळांची पूर्वसूचना, नद्यांचे पूर, अवर्षण, बर्फ वितळणे, पावसाचे आगमन याची निश्चित भाकिते आता केली जात आहेत. या वर्षीचे मान्सून संदर्भातील भारतीय तज्ज्ञांचे भाकित अक्षरशः खरे ठरले आहे. पिकांना, झाडांना होणारे रोग, जंगले त्यांची वाढ आणि न्हास याचे नवे ज्ञान आता होत आहे. फार कशाला ? सागरातील खनिज तेल आणि नैसर्गिक वायू यांच्या साठ्यांचे ज्ञानही कृत्रिम उपग्रह आपणास करून देत आहेत. भावी काळातील विकासाची, सुखसमृद्धीची ही नांदीच नव्हे काय ?



जलसंपत्ती

गेल्या जुलै महिन्यातील मुंबई ! शहराला पाणीपुरवठा करणारे तलाव एकामागून एक आटत चालले. पिण्याच्या पाण्याचा प्रश्न भेडसावू



लागला. पाणीपुरवठा अर्ध्यावर आणावा लागला. कारखाने आठवड्यातून एक दिवस बंद ठेवावे लागले. काटकसरीने पाण्याचा वापर करण्याचा संदेश दिला गेला. भीषण भवितव्याने सर्वजण हवालदिल झाले. पंचवीस जुलैपर्यंत पाऊस पडला नाही तर मुंबईच्या सत्तेचाळीस लाखांपैकी पंचवीस लाख लोकवस्तीचे स्थलांतर करण्याचे ठरले. त्या दृष्टीने योजना आखण्यात आल्या. परंतु तेवीस तारखेलाच तलावाच्या पाणलोट क्षेत्रात पाऊस सुरू झाला आणि सर्वांनी सुटकेचा निःश्वास टाकला. अशी ही पिण्याच्या पाण्याची समस्या !

हवेच्या खालोखाल पाणी ही मानवाची महत्त्वाची मूलभूत गरज

आहे. पृथ्वीचा तीन चतुर्थांश भाग पाण्याने व्यापला आहे. असे असूनही ही गरज भागू शकत नाही ! जगात पाण्याचा किती साठा असेल अशी तुमची कल्पना आहे ? गॅलनच्या भाषेत सांगायचे म्हटले तर ११०११७१४३००० गॅलन ! पण ह्या पाण्यापैकी ९७.२ टक्के पाणी समुद्रात आहे अगदी खारट आणि पिण्याला निरुपयोगी, शेती पिकवायला किंवा कारखाने चालविण्यास सर्वस्वी अयोग्य ! २ टक्के पाणी हिमनग, हिमनद्या आणि बर्फाच्या स्वरूपात 'दगड' होऊन पडले आहे. अंटार्क्टिका खंडातील पाण्याचा हा दगड अगदीच निरुपयोगी आहे. कारण त्या ठिकाणी मुळी लोकवस्तीच नाही. मग पृथ्वीच्या ३३० कोटी लोकवस्तीला वापरण्याला योग्य असे पाणी आहे तरी किती ? फक्त ०.८ टक्के आहे. त्याची विभागणीही अगदी विषम अशी आहे आणि सर्वात कडी म्हणजे त्याचा योग्यरीतीने वापर केला जात नाही. वाढत्या लोकसंख्येच्या प्रमाणात गोड्या पाण्याची गरज येत्या वीस वर्षात दुप्पट होईल.

वाढत्या औद्योगिक विकासामुळेही पाण्याची गरज मोठ्या प्रमाणात लागणार आहे. औद्योगिक विकास अन् पाणी ह्यांचा संबंध फार जवळचा आहे. पाण्याची मागणी इतक्या वेगाने वाढत आहे की, ताज्या पाण्याचे साठे शोधून काढणे व त्यांचा वापर काटकसरीने करण्याच्या नव्या पद्धती शोधून काढण्याचे आव्हान शास्त्रज्ञांच्या कल्पकतेला मिळाले आहे. देशात आणीबाणी निर्माण झाली, अवर्षणामुळे राष्ट्राला धोका निर्माण झाला की, मगच पाण्याचा प्रश्न गंभीर वाटू लागतो. त्याचे खरेखुरे महत्त्व कळते ! पण .. पण .. अशा काही तेजस्वी आणि स्फूर्तिप्रद राष्ट्रांची उदाहरणेही आहेत, की जेथे पाण्याचा जिवंत प्रश्न अचूक नियोजन व तंत्रकौशल्याच्या द्वारा हाताळून मोठे यश मिळवले आहे.

मानवाने निसर्गावर मिळविलेल्या दैदिप्यमान विजयाचे प्रतीक म्हणजे इस्रायल !

तेजस्वी इस्रायल

अक्षरशः निढळाचा घाम गाळून उभे राहिलेले हे महान राष्ट्र !

अगदी १९५० पर्यंत इस्त्रायल शेतकरी विहीरी, पावसाळ्यात भरणारे तलाव आणि जमा केलेले पाणी ह्यांवरच शेतीसाठी सर्वस्वी अवलंबून असत. पाऊस पडला नाही तर देवाची करुणा भाकण्याशिवाय अन्य मार्ग नव्हता. पण आज सारे इस्त्रायल पार बदलून गेले आहे. इस्त्रायलने एक महत्त्वाकांक्षी योजना तयार केली आणि ती पार पाडली. त्यांच्या दृष्टीने ती अजून पूर्ण झालेली नाही. राष्ट्रातील पाण्याचे (प्रत्येक थेंबाचे) राष्ट्रीयीकरण करण्यात आले आणि पाण्याचे अतिशय काटेकोर वाटप (रेशनिंग) करण्यात आले. प्रचंड कालवा खणून गॅलिली समुद्राला आत ओढले. सुधारलेल्या पद्धतीने अनेक विहीरी खोदण्यात आल्या. योग्य ठिकाणी पाण्याचे साठे करण्यात आले आणि देशभर नळांचे जाळे विणले.

ह्या पाण्याचे संचलन इतक्या सुंदररतीने करण्यात आले की, देशातील ९० टक्के पाण्याचा साठा सुयोग्यरितीने वापरला जात आहे व ९८ टक्के इस्त्रायली शेतकरी हे पाणी उत्तमरितीने वापरून अमाप पीक काढीत आहेत. एकदा इस्त्रायलची राजधानी असलेल्या तेल अक्वीव शहरातील विहीरीच्या गोड्या पाण्यात समुद्राचे आत येणारे खारे पाणी मिसळून जाण्याचा भयंकर धोका निर्माण झाला होता. परंतु कल्पक इस्त्रायली इंजिनियरांनी पंपाच्या साहाय्याने गोडे पाणी उपसून ते मधल्या भागात असलेल्या खडकाच्या गुहेत भरले आणि गोडे पाणी व खारे पाणी ह्यांच्यामध्ये खडकाची भिंतच उभी केली व सागराचे आक्रमण यशस्वीरितीने परतविले. इस्त्रायलमध्ये पाण्याचा अधिकाधिक वापर शेतीसाठी करण्यात येत असल्यामुळे त्या देशातील शास्त्रज्ञ ऐतिहासिक कालापासून शेतकऱ्यांना सतावणारा पाण्याचा प्रश्न सोडविण्याचा कसोशीने प्रयत्न करीत आहेत. प्रत्येक पिकाला किती पाण्याची जरूरी असते ह्याचे अचूक मोजमाप किरणोत्सर्गी द्रव्याचा वापर करून तेथील शास्त्रज्ञ घेत आहेत.

अमेरिकेत जन्मलेले भूवैज्ञानिक डॅनियल हिलेल हे पाटबंधाऱ्यातून पिकाला किती पाणी पुरविले जाते आणि बाष्पीभवनामुळे व वनस्पतीच्या बाष्पोच्छ्वासामुळे किती पाणी उडून जाते ह्याचा किरणोत्सर्गी मार्गदर्शक

द्रव्याच्या साहाय्याने मागोवा घेत आहेत. वनस्पतीच्या मुळाशी न्यूट्रॉन्स जमिनीत सोडून त्याचा परिणाम ते अजमावीत आहेत. ही पद्धत अगदी सोपी आहे. जमिनीत जितके पाणी जास्त, तितकी पानातून बाहेर पडणाऱ्या न्यूट्रॉनची गती कमी आणि वनस्पतीच्या पानांवर बीटा किरणांचा मारा करून त्यांच्यातील पाण्याचे घटक प्रमाण ठरविले जाते. त्याच त्या पानांचा अभ्यास करून व नोंदपत्रक ठेवून बाष्पोच्छ्वासामुळे किती पाणी उडून जाते त्याचे मापन ते करीत आहेत. शास्त्रज्ञांच्या दोनशे प्रयोगांतून इस्त्रायलने पाणीपुरवठा २० टक्क्यांनी कमी करून शेती-उत्पादन मात्र ६० टक्क्यांनी वाढविले आहे. तरीही इस्त्रायली शास्त्रज्ञांचे समाधान झालेले नाही. त्यांचे म्हणणे असे आहे की, अजूनही काही पाणी अनावश्यक खर्च होत आहे. इस्त्रायली भूतज्ञ वनस्पतींना पुरविल्या जाणाऱ्या पाण्यात चरबीयुक्त आम्लासारखी रसायने मिसळून पानांवाटे बाष्पोच्छ्वासामुळे वाया जाणाऱ्या पाण्याला थोपवून धरण्याचा प्रयत्न करीत आहेत. शेतीला पुरविल्या जाणाऱ्या एकूण पाण्यापैकी निम्मं पाणी वनस्पतीपर्यंत जाऊन पोचण्यापूर्वीच बाष्पीभवनामुळे उडून जाते व काही प्रमाणात जमिनीत शोषले जाते. तेव्हा इस्त्रायली शेतकरी पाण्याच्या पाटांच्या आतील थराला मेण फासून जमिनीत शोषले जाणारे पाणी वाचवितात आणि पाटावर झाकण घालून बाष्पीभवनामुळे होणारा नाश थांबवितात.

मानवनिर्मित जलाशय

नद्या दुथडी भरून वाहत आहेत. पाणी सागराला मिळून ते निरुपयोगी ठरत आहे. हे असेच चालू राहणार काय ? ते तसेच चालू राहणे हा मानवाला मोठा शाप ठरेल. मानवाने उज्ज्वल भवितव्यासाठी भयंकर कष्ट उपसले आहेत. त्याच्या करामतीची ही उदाहरणेच बघा ना ! टेनिसी नदीवरील प्रचंड धरणाने अनेकांना स्फूर्ती दिली. जगामध्ये अनेक नद्यांवर प्रचंड धरणे उभारण्यात आली त्यापासून शेतीला पाणीपुरवठा व मोठ्या प्रमाणावर वीजनिर्मिती केली जात आहे.

भारतातील भाक्रा-नानगल धरण तर विख्यातच आहे. पाकने भारतापासून बळकाविलेल्या आझाद काश्मीरमध्ये मंगला येथे सिंधू

नदीवर एक प्रचंड धरण बांधण्याचे काम चालविले आहे. पण असे अनेक भगीरथ प्रयत्न करूनही पाण्याचा प्रश्न पूर्णपणे सुटलेला नाही. ज्या भागात निसर्गाची अवकृपा आहे अशा भागात कृत्रिम पाऊस पाडण्याचे प्रयत्नही सुरू आहेत. ढगांवर सिल्व्हर आयोडाइट व कर्बद्धिप्राणिल वायूचे सुके बर्फ ह्यांचा विमानातून मारा करून, विमानातून ढगांवर मिठाची रॉकेट्स फेकून किंवा ढगाच्या दिशेने मिठाचे फुगे सोडून, श्रवणातीत ध्वनिलहरींचा ढगांवर जमिनीवरून मारा करून थोड्याफार प्रमाणात का होईना कृत्रिम पास पाडण्यात शास्त्रज्ञांनी यश मिळविले आहे. परंतु आणखी एका बाजूचाही गंभीरपणे विचार झाला पाहिजे.

पाणी अशुद्ध करणे हे नागरिकत्व !

पाणी मिळणे हा आमचा जन्मसिद्ध हक्क आहे आणि पाणी अशुद्ध करणे हा आमचा नागरिकत्वाचा हक्क आहे ! नद्या आणि ओढे म्हणजे काय ? सर्वत्र पसरलेला गाळ ! काही प्रमाणात मीठ आणि खाणीतील आम्ले ह्यांचा संगम ! नद्या म्हणजे सडलेल्या मालाची कोठारे ! मुक्त सोडलेले सांडपाणी, कत्तलखान्यातील घाण, हो, कीटाणुनाशके, कारखान्यातील मळी, अमोनियाची संयुगे, विषारी रसायने, तेलाचे तवंग ह्यांनी मैल नू मैल पाणी व्यापले आहे ! अशाप्रकारे आपणच पाणी दूषित करीत आहोत. जगातील महत्त्वाचे जलमार्ग हे जणू प्रगतीच्या ओघात मैला वाहून नेणारी गटारे बनली आहेत. इतक्या मोठ्या प्रमाणात पाणी अशुद्ध होते आहे की, ते शुद्ध करण्यासाठी किती पैसा लागेल ह्याचा अदमास घेणे महाकठीण कर्म आहे. पाण्याचे शुद्धीकरण करायचेच नसेल तर पाण्याचे नवे साठे शोधून काढले पाहिजेत. तसे ते शोधून काढणे प्रायः अशक्य दिसते. नद्यांचे पाणी सागराला जाऊन मिळण्यापूर्वीच त्या पाण्याचा उपयोग केला पाहिजे. पाणी शुद्ध करायचे म्हणजे ते गाळून, त्यात जंतुनाशके मिसळून, त्याचे ऊर्ध्वपातन करून मग त्याचा वापर करायचा काय ? पाण्यात मिश्रण केलेल्या जंतुनाशकांमुळे पाणी काहीसे कडवट होते - ही ह्या समस्येची आणखी एक बाजू !

अमेरिकेच्या आरोग्यखात्याच्या तज्ज्ञांचे म्हणणे आहे की, काही

प्रकारची संयुजित रसायने पाण्यामधून वाहत असताना शेकडो मैलांपर्यंत ती आपला प्रभाव टिकवून धरतात. त्यामुळे हृषीकेशला गंगेच्या पाण्यात योग्य प्रमाणात ही रसायने सोडली तर कलकत्याच्या लोकांना गंगेचे शुद्ध पाणी मिळू शकेल ! नदीचे अशुद्ध पाणी शुद्ध करण्यासाठी पश्चिम जर्मनीच्या औद्योगिकदृष्ट्या प्रगत असलेल्या जूर प्रांतातील जूर नदीच्या बाबतीत वापरलेल्या पद्धतीचा उल्लेख आवर्जून करण्यासारखा आहे. ही नदी पोहण्यासाठी, नावेच्या शर्यती खेळण्यासाठी कमालीची स्वच्छ असते. हा सारा भाग कारखान्यांनी गजबजलेला ! धुराच्या ढगाखाली वाहणारी ही नदी एवढी स्वच्छ तरी कशी राहते ? असा प्रश्न प्रत्येकाला पडेल. त्याचे श्रेय आहे जूरवेर बॉण्ड सोसायटीला ! जूर नदीच्या काठावर वसलेल्या २५० शहरांतील नगरपालिका आणि २,२०० उद्योगधंद्यांनी संयुक्तरीतीने प्रस्थापित केलेली ही संस्था. नदीचे पाणी शुद्ध ठेवण्याचे ह्या संस्थेचे तत्त्व साधे आहे. ज्याने पाणी अशुद्ध केले त्याने पाणी शुद्ध करण्यासाठी येणारा खर्च सोसावयाचा. अतिशय काळजीपूर्वक अभ्यास व निरीक्षण करून ह्या संस्थेने जूर नदीच्या काठाला १९४७ सालानंतर १०२ पाणी शुद्धीकरण केंद्रे उभारली. अशुद्ध केलेले पाणी शुद्ध करण्यासंबंधी प्रत्येक कारखान्याला व त्याच्या वसाहतीला योग्य ते मार्गदर्शन केले जाते. त्यामुळे एकदा वापरून झालेले पाणी कारखान्यांना पुन्हा शुद्ध करून वापरता येते.

नावीन्यपूर्ण प्रयोग

अशुद्ध पाणी शुद्ध करण्याची समस्या जशी मोठी आहे, तशीच दुसरीही एक चिंतनीय समस्या आहे. ती समस्या खाऱ्या पाण्याची ! शेतीसाठी आणि पिण्यासाठी गोडे पाणी तर आवश्यक बाब. अशा स्थितीत खाऱ्या पाण्यापासून गोडे पाणी तयार करणे अपरिहार्य होऊन बसते. अशा अपरिहार्य परिस्थितीने शास्त्रज्ञांना आव्हान दिले आणि ते त्यांनी स्वीकारले. त्याचाच दुश्य परिणाम एकच नावीन्यपूर्ण प्रयोगात झाला. समुद्राच्या खाऱ्या पाण्याचे शुद्धीकरण करण्यासाठी विद्युत-द्वि-पृथक्करण पद्धती (इलेक्ट्रो-डायलिसिस) खर्चाच्या दृष्टीने परवडण्यासारखी नसली तरी काही ठिकाणी तिचा उपयोग करावाच लागेल. ह्या पद्धतीत

पाण्यात सोडलेला विद्युतभारीत सेल्यूलोज ॲसिटेट हा पदार्थ पाण्यातील घाणीला आपल्याकडे आकर्षित करतो. ह्या पद्धतीने कमी खारटपणा असलेले व पातळ पाणी शुद्ध करता येते.

सैबेरियात जन्मलेल्या ॲलेक्झँडर झायग्रिन ह्या तरुण इस्त्रायली इंजिनिअरने आणखी एक पद्धती शोधून काढली आहे. बर्फ वितळवून त्यापासून गोडे पाणी मिळविता येते त्याचप्रमाणे सागराचे पाणी गोठवले तर त्यापासून जे बर्फ मिळते, त्यामधील मिठाचे खडे बाजूला होतात. ते काढून टाकून उरलेला बर्फ वितळविला की गोडे पाणी मिळते ! ह्या पद्धतीवर आधारित असा एक कारखाना अमेरिकेतील कोल्ट इंडस्ट्रिज ह्या कंपनीने तांबड्या समुद्रातील एलथ बंदरात उभारला आहे. आज जगभर समुद्राचे पाणी गोड करणारे दोनशेच्यावर कारखाने आहेत. हे कारखाने कुवेत, अरुबा, चॉकोलेट बे, टेक्सास इत्यादी ठिकाणी कार्यवाहीत आहेत.

पाणी पेटले आहे !

पृथ्वीवरील पाण्याचा साठा मर्यादित आहे. त्याच्यात वाढ करणे आपणाला शक्य होणार नाही. पृथ्वीच्या जन्मापासून तिच्यावरील पाण्याचा साठा आहे तितकाच आहे व तिच्या अंतापर्यंत तो आहे तितकाच राहणार आहे. ह्या मर्यादित साठ्यामुळे अनेकवेळा तंटे निर्माण झाले आहेत. असे तंटे राष्ट्रांमध्ये, राष्ट्रातील विभागातही होत आहेत. गेल्या वर्षीच अरिझोना आणि कॅलिफोर्निया राज्यातील कोलोरेडो नदीच्या पाण्यासंबंधीच्या तंट्यामध्ये अमेरिकेच्या सुप्रीम कोर्टाचा निवाडा मागण्यात आला होता. कृष्णा-गोदावरीने महाराष्ट्र-म्हैसूर, आंध्र राज्यांना अस्तन्या सरसावण्यास प्रवृत्त केले आहे. नर्मदेच्या पाण्यावरून मध्यप्रदेश, महाराष्ट्र, गुजरात राज्यात वाद चालू झाला आहे. सिंधू नदीच्या पाण्याने भारत-पाक ह्यांचा विवाद सुरू झाला आहे. गंगा नदीवर बांधत असलेल्या फराक्या धरणाचे निमित्त करून पाकिस्तानने गंगा-ब्रह्मपुत्रेच्या पाण्याचा तंट्या सुरू केला आहे. कोलोरेडो नदीच्या पाण्यावरून अमेरिका व मेक्सिको ह्या राष्ट्रांत अद्भवलेला तंट्या शेवटी मेक्सिकोच्या शेतीला पुरून उरलेले पाणी पुन्हा अमेरिकेच्या अरिझोना राज्यात आणून

सोडावयाच्या मुद्द्यावर मिटला. त्यासाठी एक लांबच लांब कालवा खोदावा लागला. जॉर्डन नदीच्या पाण्यावरून अरब-इस्त्रायल राष्ट्रात पेटलेला तंटा आज तरी सुटण्याची शक्यता दिसत नाही. राष्ट्राराष्ट्रातील लोकांचे पाण्याविषयीचे प्रश्न एकमेकांचा गळा घोटून सुटतील असे मुळीच नाही. आपल्या दुर्गुणांचीही दखल प्रत्येकाने घेतलीच पाहिजे. शेतीसाठी वाजवीपेक्षा जास्त प्रमाणात वापरले जाणारे पाणी, उपलब्ध पाणी घाण करणे व आगामी अवर्षणाची दाद न घेता पुरेशी तरतूद करून न ठेवणे हेच सर्वसामान्यतः आढळणारे दुर्गुण होते.

१९५० मध्ये न्यूयॉर्क शहराने नेमलेल्या संशोधन समितीने असा परखड इशाग दिला होता की, १९७० साली न्यूयॉर्कला जादा पाण्याची गरज पडेल; त्यासाठी पाण्याची मीटर्स बसविणे, नळांमधून वाया जाणारे पाणी वाचविणे, नळाला पडणारी छिद्रे बुजविणे, नवीन पाणी साठ्यांचा शोध करणे ही कामे महत्त्वाची आहेत. अशीच परिस्थिती जुलैत मुंबईत निर्माण झाली होती. अगदी युद्धपातळीवर उल्हास योजना पूर्ण करण्याचे ठरले. कोट्यवधी रुपयांची भातसई योजनाही कार्यवाहीत आणण्याचे घाटत होते. परंतु न्यूयॉर्कसारखीच मुंबईचीही गत झाली ! आणीबाणी संपली - योजना कागदावरच राहिल्या. न्यूयॉर्कला १९५०-५१ साली हडसन नदीवर मोठे पंपिंग स्टेशन उभारण्यात आले. पण आणीबाणी संपताच ते मोडून टाकण्यात आले. मीटर्सच्या बाबतीत काहीच हालचाल झाली नाही. आज न्यूयॉर्कमध्ये दररोज तीन कोटी गॅलन पाणी फुकट जात आहे. मुंबईतही हीच स्थिती आहे. दररोज १।। ते २ कोटी गॅलन पाणी अजूनही फुकट जात आहे. भवितव्याबद्दलचा उदासीन दृष्टिकोण हेच त्याचे कारण आहे. हे बदललेच पाहिजे.

आंतरराष्ट्रीय जल-पर्व

आजपर्यंत दुर्लक्षिलेल्या जलशास्त्राकडे (हायड्रॉलॉजी) शास्त्रज्ञांचे लक्ष प्रकर्षाने वेधले आहे. गतवर्षी अमेरिकेत निरनिराळ्या अड्डावन्न राष्ट्रांतील शास्त्रज्ञ व उद्योगपती ह्यांचा परिसंवाद झाला त्यात पाण्याच्या प्रश्नावर विविधांगी दृष्टिकोणातून सखोल विचारविनिमय करण्यात आला. पाण्याचे उपलब्ध साठे, पाण्याची गरज, सांडपाण्याचा प्रश्न,

पाणी शुद्ध करण्याच्या पद्धती, खाऱ्या पाण्यापासून गोडे पाणी तयार करणे - अशा अनेक मुद्द्यांवर चर्चा झाली. संयुक्त राष्ट्रांच्या वैज्ञानिक, शैक्षणिक व सांस्कृतिक शाखेने एक प्रदीर्घ कार्यक्रम तयार केला आहे. ह्या कार्यक्रमाला 'इंटरनॅशनल हाड्रॉलॉजिकल डेकेड' (आंतरराष्ट्रीय जलपर्व) असे नाव देण्यात आले आहे. ह्या कार्यक्रमात सत्तर राष्ट्रांचे वैज्ञानिक भाग घेणार आहेत. ह्या योजनेद्वारा जगात जलविषयक संशोधन केंद्राचे एक जाळेच उभारण्याचे ठरले आहे. ह्या कार्यक्रमातून हवामानविषयक परिस्थिती, भूगर्भातील पाण्याचे साठे, हवेतील बाष्पाचे प्रमाण ह्यांचे मूलगामी संशोधन होईल. भारतातील खडकवासल्याच्या केंद्रीय पाणी व शक्ती संशोधन-शाळेलाही ह्या कार्यात भाग घेता येईल. जगातील वैज्ञानिक या उपक्रमाद्वारे नव्या संशोधनाची कवाडे ठोठावीत आहेत. परंतु केवळ संशोधनामुळे हे कार्य परिपूर्ण होणार नाही. पाणी ही मानवाला मिळालेली निसर्गाची देणगी असली तरी तिची जपणूक एखाद्या नववधूप्रमाणे करावयास हवी - हे नागरिकांचे कर्तव्य तेवढेच महत्त्वाचे नाही का ?



ढगांची चोरी

आपल्या जीवनात पाण्याचे महत्त्व असाधारण आहे. पाण्याची उपलब्धता पावसावर अवलंबून असते. पावसासंबंधी माहिती मिळविण्याची



पराकाष्ठा वैज्ञानिक सतत करीत आहेत. पावसाच्या दृष्टीने सर्व काही अनुकूल असूनही कधी कधी पाऊस का पडत नाही ? आपणाला हवा असेल तेव्हा निसर्गाला थोडासा हातभार लावून आपण कृत्रिमरितीने पाऊस का पाडू शकत नाही ? या प्रश्नांची सोडवणूक करण्याचा वैज्ञानिक अहर्निश प्रयत्न करीत आहेत.

वेदकालात पाऊस पडावा म्हणून 'पर्जन्यसूक्त' गायिले गेले. नंतर 'मेघमल्हार' छेडला गेला. एकेकाळी बेडूक हा पाण्याचा देव आहे, असा लोकांचा समज होता. पाऊस पडत नसे तेव्हा बेडकांनी पाऊस पाडावा म्हणून लोक बेडकांना काठ्यांनी पिटून काढीत असत. मग अशावेळी कधीकधी काकातालीय न्यायाने पाऊस पडे. हे निमित्त होऊन बिचाऱ्या बेडकांना आणखी मार खावा लागे आणि त्यांचे फार हाल होत असत. रानटी माणसांच्या टोळ्या पक्षांची पिसे अंगावर पांघरून ढगांप्रमाणे दिसण्याचा प्रयत्न करीत आणि बेडकासारख्या उड्या मारीत, नाचून गडगड असा तोंडाने आवाज करीत, एकमेकांवर पाणी ओतत. ढगही अशा कृतीमुळे पाण्याचा वर्षाव करतील, असा त्यांचा हेतू असे. असे 'पाऊस पाडे' आजही आपणास दिसतात. तसे ते फार चाणाक्ष असतात. दीर्घ मुदतीचे 'कार्यक्रम' ते करतात. आकाशात ढग पाहतात. त्यांचे विधी पूर्ण होईपर्यंत पाऊस पडून जातो, मग हे श्रेय उपटण्यास ते तयार असतात.

पावसाची निर्मिती कशी होते, याचे शास्त्रीय ज्ञान आपणास झाले आहे. सूर्याच्या उष्णतेने पाण्याची वाफ होते. ही वाफ हवेत अदृश्य झाली म्हणजेच सामावली गेली की, तिला बाष्प असे म्हणतात. उष्ण हवा विरळ असल्याने तिच्यात बाष्प मोठ्या प्रमाणात सामावते. हवेने बाष्प सामावून घेण्याची कमाल मर्यादा गाठली की, हवा सम्पृक्त झाली असे म्हणतात. हवा दोन प्रकारे संपृक्त होऊ शकते. हवेचे तापमान कमी करून किंवा तिच्यात बाष्पाचे प्रमाण वाढवून हवेचे तापमान कमी झाले, तर तिची बाष्प सामावून घेण्याची शक्ती कमी होते व तिच्यातील जास्त असलेल्या बाष्पाचे सांद्रीभवन होते म्हणजेच बाष्पाचे पाण्याचे थेंबात रूपांतर होते. हे पाणी दंव, धुके, गारा व पाऊस अशा स्वरूपात असते. वातावरणातील बाष्पयुक्त ढगांना थंडावा मिळाला की पाऊस पडतो.

पाऊस पडण्यासाठी हवा संपृक्त असावी लागते. हवेचे तापमान पुरेसे कमी व्हावे लागते. हवेत धुलीकण असावे लागतात. त्यांच्या आधाराने पाण्याचे जड थेंब तयार होऊन ते खाली येतात. उंच पर्वतांच्या

आश्रयाने ढगांना थंडावा मिळून पाऊस पडतो. काहीवेळा अभिसरण प्रवाहामुळे हवा वर जाते व तेथे ती प्रसरण पावते आणि थंड होते. त्यामुळे बाष्पाचे सांद्रीभवन होऊन पाऊस पडतो. काहीवेळा ऊबदार हवेचा थंड हवेशी संयोग झाल्याने ऊबदार हवेतील बाष्प पावसाच्या रूपाने खाली येते.

पावसाचे प्रमाण दरवर्षी सारखेच असते असे नाही. एखाद्या वर्षी राजस्थानसारख्या कमी पावसाच्या प्रदेशावर ते सरासरीपेक्षा अधिक तर कधी खूपच कमी असा प्रकार घडून येतो. त्यामुळे कोठे अवर्षण तर काही ठिकाणी महापूर अशी नैसर्गिक आपत्ती उद्भवते. पावसाचे प्रमाण सरासरीपेक्षा फार कमी किंवा फार जास्त असण्याचे प्रसंग अधिक असतात.

पृथ्वीवर पाणी मोठ्या प्रमाणावर व विविध स्वरूपात उपलब्ध आहे. केवळ जमिनीवर पडणाऱ्या पावसाच्या पाण्याचे जगातील ३६० कोटी लोकांत वाटप केले, तर दररोज ७४,२५० लिटर पाणी प्रत्येकाच्या वाट्यास येईल. पावसाचे पाणी माणसांना हवे तसे मिळविता येत नाही. अनेक प्रकारांनी ते वाया जाते. अधूनमधून दुष्काळी परिस्थिती वा अवर्षण उद्भवतेच. अशा समस्या सोडविण्यासाठी पावसाचे पाणी साठविणे, भूगर्भातील पाणी शोधणे, सागराचे खारे पाणी गोड करणे, कृत्रिम पाऊस पाडणे अशा विविध पद्धतींचा अवलंब केला जातो. तरीही पाण्याची उपलब्धता ही प्रामुख्याने पावसावरच अवलंबून असते.

पाऊस केव्हा येणार ? याचे भाकित करणे अनिश्चित स्वरूपाचे असले तरी आधुनिक हवामान शास्त्रज्ञांनी पावसासंबंधात अंदाज बरेचसे अचूकरितीने व्यक्त करण्यात यश मिळवले आहे. कृत्रिम उपग्रहाच्या साहाय्याने घेतलेली ढगांची छायाचित्रे, हवेचा दाब, तापमान, वाऱ्याची दिशा, त्याचा जोर या माहितीच्या आधारे जे साररूप आराखडे तयार होतात. त्याआधारे पावसासंदर्भातील अंदाज व्यक्त केले जातात. निरनिराळ्या उंचीवर हवेमध्ये सोडलेले फुगे आणि अग्निबाण यांच्याद्वारा मिळालेल्या माहितीचाही या अंदाजास हातभार लागतो.

हवामान शास्त्रज्ञांना काही मर्यादेपर्यंत तरी हवामानाचे नियंत्रण

करणे शक्य होऊ शकेल का ? चक्रीवादळाचे केंद्रबिंदू शोधून त्या ठिकाणी लहानशा बॉम्बच्या स्फोटाने झंझावाताची दिशा बदलणे शक्य होईल का ? हिमनदीवर कोळशाच्या भुकटीचा प्रचंड प्रमाणात वर्षाव करून तिथे सूर्य किरणांचे शोषण वाढवून थंड हवेच्या लाटेवर परिणाम घडवून आणणे शक्य आहे का ? असे प्रायोगिक प्रश्न वैज्ञानिकांसमोर आहेत. त्यात हव्या त्या ठिकाणी पाऊस पाडता येईल का ? असाही एक प्रश्न अंतर्भूत आहे.

पाऊस हा प्रामुख्याने ढगांवर अवलंबून असतो. ढगांचेही प्रकार आहेत. दीडशे वर्षापूर्वी लुक हॉवर्ड या इंग्रज हवामान तज्ज्ञाने ढगांचे विभाग पाडून त्यांच्या आकारावरून त्यांना नावे दिली. अगदी उंचावरचे रेघोट्या ओढल्याप्रमाणे जे ढग दिसतात त्यांना त्याने 'सिरस' म्हटले. कापसाच्या ढिगाऱ्यासारखे पांढरे जे ढग दिसतात त्यांना 'क्युमुलस' हे नाव दिले आणि भुरकट रंगाचे जे ढग असतात त्यांना 'स्ट्रेटस' असे म्हटले. त्यानंतर वैज्ञानिकांनी ढगांचे आणखी दहा उपवर्ग पाडले आहेत.

सिरस ढग हे जमिनीपासून आठ ते दहा किलोमीटर उंचीवर असतात. या उंचीवर वातावरण अतिशय थंड असते. त्यामुळे हे ढग बर्फाच्या स्फटिकांचे बनलेले असतात. वादळाच्या पूर्वी आणि हवामानात बदल होताना ते दिसतात.

क्युमुलस ढग त्यामानाने खालच्या उंचीवर असतात. स्वच्छ उन्हाच्या दिवसांत ते सकाळी व दुपारी दिसतात. प्रथम ते चेपलेल्या कापसाप्रमाणे वाटतात. दिवस जसजसा वर येतो तसतसे ते आकाराने मोठे होतात व आकाशात वर वर जातात. सारे आकाश व्यापून टाकतात. त्यांचा गडगडाट ऐकू येतो. वीज चमकते. पाऊस पडतो. कधी कधी गारांचा वर्षाव करतात.

स्ट्रेटस हा कमी उंचीवरील ढग आहे. धुरकट चादरीप्रमाणे तो दिसतो. हा ढग म्हणजे धुक्याचाच एक प्रकार होय.

कृत्रिम पाऊस पाडण्यासाठी सिल्हर आयोडाईडचे बारीक कण विमानातून ढगात पेरतात. कोरड्या बर्फाच्या लहान तुकड्यांचीदेखील पेरणी केली जाते. मात्र कृत्रिम पाऊस कोणत्याही ढगापासून पाडता

येत नाही. जे ढग आधीच खूप थंड झालेले असतात किंवा ज्यात प्रचंड धुलीकण अस्तित्वात असतात अशांचाच कृत्रिम पावसाकरिता वापर करता येतो. परंतु नजीकच्या भविष्यकाळात कोणत्याही ढगापासून पाऊस पाडणे शक्य होईल.

साधारणपणे ढग म्हणजे पाण्याच्या लहान लहान थेंबांचा समुदाय होय. प्रत्येक थेंब म्हणजे धुळीच्या कणाभोवती जमा होणारे पाण्याचे असंख्य कण होत. ते हवेत इकडून तिकडे धावत असतात. ढग जेव्हा थंड होतो त्यावेळी थेंबरूपी कणांचे थवे हळूहळू हालचाल करतात. अशावेळी ते एकमेकांच्या जवळ येतात व एकमेकांना चिकटून त्यांचे मोठे थेंब बनतात. त्यांचे वजन वाढत जाते व ते हवेत तरंगू शकत नाहीत व जमिनीवर पावसाच्या स्वरूपात कोसळतात. असे ढग ओळखून व हेरून आकाशात अवकाशयानातून त्या विशिष्ट उंचीवर लहानसा बॉम्बचा स्फोट घडवायचा आणि हव्या त्या ठिकाणी कमी दाबाचे केंद्र निर्माण करायचे आणि त्या ठिकाणी तो ढग वळवायचा. त्यात कोरडा बर्फ वा सिल्व्हर आयोडाईड पेरून पाऊस पाडून घ्यायचा. असे हे ढगाच्या चोरीचे तंत्र भावी काळात पाण्याच्या गरजेसाठी वापरले जाईल. शत्रूराष्ट्रांकडून ढगांच्या चोरीचेही प्रकार घडून येतील.



ग्रहांच्या वलयांचे रहस्य

तुम्ही शनी ग्रह पाहिला आहे का ? सध्या शनी ग्रह पहाटेच्या



आकाशात डोक्यावर पश्चिमेकडे दिसतो. साध्या डोळ्यांनी शनी काळसर पिंगट आणि धुसरसा दिसतो. अशा शनी ग्रहाचे तुम्ही दुर्बिणीतून अवलोकन केले तर त्याचे सुंदर वलयांकित रूप तुमच्या दृष्टीस पडेल. शनीची वलये साध्या डोळ्यांना दिसत नाहीत. ती केवळ दुर्बिणीतूनच दिसतात. कधी कधी शनी आणि पृथ्वी यांच्या कोनीय सापेक्ष स्थितीमुळे शनीच्या वलयांचे दुर्बिणीतून दर्शन घडू शकत नाही. अशी स्थिती गेली दोन वर्षे होती. सध्या वलयांकित शनीचे दुर्बिणीतून फारच वेधक दर्शन घडत आहे.

आपल्या सूर्यमालेतील गुरू, यूरेनस, नेपच्यून या ग्रहांनाही वलये असल्याचा अपूर्व शोध लागला आहे. शनी समवेत या ग्रहांच्या वलयांचे रहस्य आपण समजून घेऊया.

शनीची वलये

गॅलिलिओ या महान खगोलशास्त्रज्ञाने १६१० मध्ये शनीची वलये सर्वप्रथम दुर्बिणीतून पाहिली. शनीभोवती दिसणारी वलये पाहून तो चकित झाला. गॅलिलिओला शनीच्या वलयासंबंधी संशय वाटला. त्याच्यासंबंधी निश्चित असा काहीच अंदाज करता येईना. दुर्बिणीतून वरच्यावर शनीचे निरीक्षण करूनही गॅलिलिओ निराश झाला. गॅलिलिओनंतर शनीच्या भोवताली असलेल्या या गूढ वलयांचे अनेक खगोलशास्त्रज्ञांनी सतत निरीक्षण केले. १६५५ मध्ये डच गणिती आणि खगोलशास्त्रज्ञ ह्यूजेन्स याने या वलयांचे गूढ उकलले. त्याने एक मोठी दुर्बिणी तयार केली. आणि शनीची सातत्याने निरीक्षणे केली. त्यात त्याच शनीची वलये ही वेगवेगळी असून त्यांची सावली त्या ग्रहावर पडते असे दिसले. तरीही त्याने ती शनीची वलये आहेत हे कुणालाही सांगितले नाही. लोक आपणास वेडे म्हणतील, अशी त्याला भीती वाटली. शेवटी १६५९ मध्ये त्याने आपला शोध जाहीर केला. शनीला वलये असावीत ही ह्यूजेन्सची कल्पना नंतर मान्य झाली. केसिनी यानेही नंतर शनीच्या वलयांचे दुर्बिणीतून निरीक्षण केले. गॅले याने शनीला तिसरे वलय असल्याचा दावा केला. त्याच्या निरीक्षणाला बॉण्ड आणि डाव्हेस यांनी पाठिंबा दिला. नंतरच्या काळात फ्रॉन्झ एन्के, व्हीको, पॉल यांनी शनीच्या वलयांच्या रचनेसंबंधी महत्त्वपूर्ण संशोधन केले.

आपण पृथ्वीवरून शनीचे दुर्बिणीतून निरीक्षण केले असता त्याची तीन वलये दृष्टीस पडतात.

शनीला तेवीस उपग्रह आहेत. त्यातील काही वलयांतूनही शनीभोवती परिभ्रमण करतात. शनीला केवळ तीनच वलये नाहीत तर शेकडो वलये आहेत. हा अपूर्व शोध व्हॉएजर एक आणि व्हॉएजर दोन या मानवरहित अंतराळ यानांनी लावला आहे. पायोनियर अंतराळयान १९७३ मध्ये एप्रिल महिन्यात नासाने प्रक्षेपित केले. पायोनियर आता आपल्या सूर्यमालेच्या बाहेर गेले आहे. त्याचे संदेश मात्र पृथ्वीकडे येत आहेत. मंगळाच्या पलिकडे जाऊन पायोनियर आणि व्हॉएजर

यानांनी केलेला विक्रम खरोखरीच अभूतपूर्व आहे. सूर्यमालेतील बाह्य ग्रहांच्या परिसरात यंत्रांचे आणि अखेरीस मानवाचे पदार्पण करण्यात काही अडचणी आहेत काय ? हे शोधणे पायोनियरचे कार्य होते. ते या यानाने पुष्कळ अंशी पार पाडले आहे. व्हॉएजर यानांनी गुरू, शनी ग्रहांची अपूर्व आणि अतिसुंदर छायाचित्रे पृथ्वीवर पाठवून मोठा विक्रमच केला आहे.

आपल्या सूर्यमालेतील सर्वात मोठा ग्रह गुरू हा देखील वलयांकित असल्याचा शोध व्हॉएजर यानांनी लावला आहे. वलयांकित गुरू ग्रहाची नयनरम्य छायाचित्रे व्हॉएजर यानांनी पृथ्वीकडे पाठविली आहेत. गुरूची वलये पातळसर लहान वाटतात. तरीही या वलयांची रुंदी सहा हजार किलोमीटर आहे. ती कणांनी बनलेली असल्याने स्थिर स्वरूपाची नसावीत असे वाटते. गुरू ग्रहाची वलये आठ हजार किलोमीटर लांबीची आहेत. गुरूला सोळा उपग्रह आहेत.

वलयांकित यूरेनस

यूरेनस हा आपल्या सूर्यमालेतील सातव्या क्रमांकाचा ग्रह असून, तो सूर्यापासून सुमारे २,८५२,८००,००० किलोमीटर आहे. १७८१ मध्ये विल्यम हर्शेल या खगोलशास्त्रज्ञाने त्याचा शोध लावला. यूरेनसच्या वलयांचा शोध १९७७ मध्ये लागला. यूरेनसचा व्यास अचूकतेने मोजण्याच्या उद्देशाने केलेल्या पिधान युती निरीक्षणात या अद्भुत वलयांचा शोध लागला. त्यावेळी यूरेनसला आठ वलये असावीत असा निरीक्षकांनी अंदाज बांधला. जानेवारी, १९८६ मध्ये व्हॉएजर यानाने यूरेनसच्या केलेल्या निरीक्षणात त्याला नऊ वलये आणि पंधरा उपग्रह असल्याचे दिसून आले. यूरेनसची वलये त्या ग्रहापासून सोळा हजार ते चोवीस हजार किलोमीटरवर अगदी समविभागणीने त्याच्याभोवती असावीत असे त्याच्या छायाचित्रांवरून दिसते. शनीच्या वलयांशी तुलना करता ती खूपच निरुंद आहेत, असे असले तरी त्यांची जडण-घडण शनीच्या वलयांप्रमाणेच आहे.

वलयांकित नेपच्यून

नेपच्यून ग्रहाचा शोध १८४६ मध्ये लागला. नेपच्यूनचा शोध हे

म. प्र. सं. ठाणे, बाळनाथ शाळा.

नवे अंतराळ विज्ञान २५

वा. क्र. ३४९२ दिनांक २३/१८

खगोलीय गणिताचे यश आहे. लॅव्हेरियर आणि अँडॅम्स यांच्या गणिताधारे स्थान निश्चित करून गॅले या खगोलशास्त्रज्ञाने त्याचा शोध लावला. १९७७ मध्ये नेपच्यून ग्रहाशी झालेल्या पिधान युतीच्या वेळी केलेल्या निरीक्षणात नेपच्यूनला वलये असावीत, असे लक्षात आले. या वलयांचा आकार घोड्याच्या नालेप्रमाणे असावा, असा तर्क होता. व्हॉएजर यान १९८९ मध्ये त्याच्याजवळून गेले आणि त्याने पाठविलेल्या छायाचित्रांवरून तो तर्क खरा ठरला आहे.

वलयांच्या निर्मितीचे रहस्य

आपण पृथ्वीवरून अगदी सर्वाप्रथम दुर्बिणीतून केलेल्या निरीक्षणाच्या आधारे आपणास शनी ग्रहाभोवती असलेल्या वलयांचे अस्तित्व कळले. केसिनी या खगोलशास्त्रज्ञाने शनीची वलये असंख्य उल्कांनी बनलेली असावीत, असा प्रथम तर्क केला. लाप्लासने ती घन स्वरूपात असावीत, असे मत मांडले. मॅक्स्वेलने १८५९ मध्ये ती लहान लहान उपग्रहांनी बनलेली असावीत, असे मत व्यक्त केले. फिलरने त्यास दुजोरा दिला. १९२० मध्ये कुईपरने ही वलये उल्का पाषाणांचे हिमस्वरूप कण असावेत, असे म्हटले. सूर्यकुलाच्या निर्मितीच्या वेळीच या वलयांची निर्मिती झालेली असावी, असे काही खगोलशास्त्रज्ञांना वाटते, तर काहींच्या मते, त्या ग्रहांवर आदळणाऱ्या उपग्रहांच्या उडालेल्या ठिकऱ्या ठिकऱ्यांनी ती बनलेली असावीत आणि ती बनण्याची प्रक्रिया सातत्याने अजून सुरू असावी. काही वलयांचे 'वय' तसे लहान वाटते, तर काही 'वृद्ध' वाटतात. गॅलिलियोपासून सुरू झालेल्या या शोधामुळे ज्ञानाचे क्षितिज प्रत्यही विशाल होत आहे यात संदेह नाही.



मंगळावरची महायात्रा

तुम्ही 'गॅलिव्हरचा प्रवास' हे जोनाथन स्वीफ्टचे पुस्तक वाचले आहे का ? मंगळाच्या महायात्रेशी या पुस्तकाचा काय संबंध आहे ? असा प्रश्न तुमच्यासमोर उभा राहिला. गॅलिव्हरचा प्रवास हे पुस्तक स्वीफ्टने १७२६ मध्ये लिहिले आणि तुम्हास खरोखरीच आश्चर्य वाटेल, स्वीफ्टने या पुस्तकाच्या तिसऱ्या भागात मंगळाच्या दोन्ही चंद्रांची - फोबॉस आणि डिमॉस यांची अगदी अचूक माहिती दिलेली आहे. मंगळाच्या चंद्रांचा शोध असफ हॉल याने १८७७ मध्ये लावला. असफ हॉलच्या दीडशे वर्षे अगोदर स्वीफ्टने मंगळाच्या चंद्राचे वर्णन अगदी अचूकपणे करावे हे महान आश्चर्य आहे.

आपल्या सूर्यमालेतील मंगळ हा एक कुतूहल वाटावे असा सुंदर ग्रह आहे. तो तांबडा नारिंगी रंगाचा दिसतो. दर दोन वर्षांनी मंगळ आपल्या पृथ्वीच्या जवळ येतो. त्यावेळी मंगळ प्रतियुतीत असतो असे म्हटले जाते. अशावेळी मंगळ आपल्या पृथ्वीपासून दहा कोटी दोन लक्ष किलोमीटर अंतरावर असतो. यावेळी मंगळाचे दुर्बिणीतून निरीक्षण केले असता आपणास त्याची ध्रुव टोपी दिसू शकते. मंगळाच्या उत्तर ध्रुवावर बर्फाची पांढरी शुभ्र अर्धगोलाकार टोपी दिसते. ती दिसली की, मंगळ ग्रहावर हिवाळा आहे हे कळते आणि दिसेनाशी झाली की, मंगळावर उन्हाळा सुरू झाला आहे याचे ज्ञान होते. मंगळावरील ऋतूबदल त्याच्या ध्रुव टोपीत होणाऱ्या स्थित्यंतरामुळे आपणास पृथ्वीवरून कळतात.

शिआपरेली हा इटलीतील एक थोर खगोलशास्त्रज्ञ होता. त्याने १८७७ मध्ये मंगळाचे दुर्बिणीतून निरीक्षण केले आणि त्याला मंगळावर

जाळीदार रेषांचे दृश्य दिसले. त्याला त्याने 'मंगळावरील कालवे' असे म्हटले. या कालवे म्हणून गणल्या जाणाऱ्या रेषांची नंतरच्या काळात अनेक खगोलशास्त्रज्ञांनी वरचेवर निरीक्षणे केली. पर्सिव्हल लॉव्हेल या खगोल शास्त्रज्ञाने मंगळ ग्रहाचे सतत वीस वर्षे निरीक्षण केले आणि मंगळावर दिसणाऱ्या जाळीदार रेषा या मंगळावरील सुसंस्कृत मानवाने निर्माण केलेले कालवेच आहेत असे सांगितले. परंतु प्लेटो ग्रहाचे शोधक टॉमबॉग यांच्या मते, मंगळावर आदळलेल्या लघुग्रहांमुळे तेथे अशा कालव्यासारख्या खुणा निर्माण झाल्या असाव्यात. दुर्बिणीतून मंगळाच्या बिंबावर हिरवट भागही दिसतात. त्यांना 'हिरवळीचे प्रदेश' म्हणून संबोधिले जाते. पिकरिंग या खगोलशास्त्रज्ञाने सर्व प्रथम त्यांचे निरीक्षण केले.

मंगळावर अमेरिकेने मरिनर या मालिकेत मरिनर-चार, मरिनर-सहा, मरिनर-नऊ ही मानवरहित अंतराळ याने प्रक्षेपित केली. या यानांनी मंगळाची जवळून निरीक्षणे केली आणि मंगळ ग्रहाची छायाचित्रे पृथ्वीकडे पाठवली. त्याचप्रमाणे अमेरिकेने व्हायकिंग या मानवरहित अंतराळ यानांच्या द्वारे मंगळावर सर्वप्रथम पाऊल ठेवले. या यानातील यांत्रिक हातांनी मंगळाची लाल भूमी, मंगळाचे गुलाबी आकाश यांची अत्यंत सुंदर छायाचित्रे पृथ्वीकडे पाठवून मंगळासंबंधी नवी माहिती आपणास दिली.

मंगळाची भूमी तांबड्या रंगाची आहे. मंगळाच्या मातीत लोहाचे प्रमाण मोठे आहे. मंगळावर कधी काळी असलेल्या ऑक्सिजनशी झालेल्या लोहाच्या संयोगामुळे मंगळावरील माती गंजली असावी. त्यामुळे ती तांबडी झाली आहे. मंगळाचा दिवस तेवीस तास एकतीस मिनिटांचा आहे. जवळजवळ आपल्या पृथ्वीएवढाच हा दिवस आहे. मंगळाचे वर्ष मात्र सहाशे श्याऐंशी दिवसांचे आहे. मंगळाला दोन चंद्र आहेत. एक फोबॉस आणि दुसरा डिमॉस ! फोबॉस तेवीस किलोमीटर व्यासाचा असून तो मंगळाभोवती साडेसात तासात एक फेरी पूर्ण करतो. डिमॉस तेरा किलोमीटर व्यासाचा असून तो एक दिवस दोन तासात मंगळाभोवती एक फेरी पूर्ण करतो.

मानवरहित अंतराळयानांनी केलेल्या मंगळाच्या निरीक्षणाद्वारे मंगळाचे उत्तम नकाशे तयार केले गेले आहेत. मंगळावर ज्वालामुखींचे अस्तित्व आजही दिसते. परंतु ते जागृत मात्र नाहीत. खगोलशास्त्रज्ञांना त्यांच्या परीक्षणात मोठा रस आहे याचे कारण मंगळाच्या भूमीच्या अंतर्भागात काय घडत असावे याचा मागोवा त्यामुळे घेता येईल. खरे पाहता मंगळावर आपल्या सूर्यमालेतील सर्वात मोठे ज्वालामुखी आहेत. आज त्यांचा उद्रेक होत नसल्याने मंगळाच्या वातावरणात भू-अंतर्गत पाण्याची वाफ, धूळ आणि वायू यांचे प्रमाण किती आहे ते सांगता येत नाही. नजीकच्या काळात जेव्हा मंगळावर मानवरहित अंतराळ याने जातील तेव्हा मंगळाच्या वातावरणात गतयुगाचे चित्र पाहण्यास मिळते किंवा कसे याची आपणास निश्चित कल्पना येईल.

मंगळावर धुळीची वादळे होतात. त्याची कल्पना मंगळ जेव्हा प्रतियुतीत असतो तेव्हा केलेल्या निरीक्षणांच्या आधारे आपणास येते. ऑक्टोबर महिन्यात अशी धुळीची तुफान वादळे सतत क्रिसे या भागात घोंगावत असतात. काही भागात होणारी वादळे ही थोडा काळ टिकणारी असतात. मंगळावर तेथील दक्षिण ध्रुवावरील बर्फाची टोपी १९९२-९३ च्या प्रतियुतीच्या वेळी स्पष्टपणे दिसली होती. मंगळाच्या उत्तर ध्रुवावरील बर्फाची टोपीही आपणास पृथ्वीवरून दुर्बिणीतून पाहिले असता दिसते. काहीवेळा ही ध्रुव टोपी आकसून गेल्याचे दिसते. मंगळावरील ढग हे ऋतूप्रमाणे दृष्टीस पडतात. त्यांचे अस्तित्व ध्रुव टोपीशी निगडित दिसते. मंगळाच्या आकाशातील ढग निळसर पांढरे दिसतात. त्यात हिम स्फटिकांचे अस्तित्व जाणवते. मंगळाच्या विषुववृत्तावरील भागात असलेल्या मोठ्या ज्वालामुखींच्या जवळ ढगांचे अस्तित्व दिसते. सायंकाळच्या वेळी हे ढग मोठे आणि प्रकाशमान दिसतात. त्यांच्या अस्तित्वामुळे मंगळावर पाणी असावे असा अंदाज बांधता येतो.

मंगळावर जीवसृष्टी असल्याचा मोठा पुरावा आता उपलब्ध झाला आहे. ही जीवसृष्टी पृथ्वीवरील मानवासारखी मात्र नाही. ती एकपेशीय अमिबासारखी आहे. नासाच्या वैज्ञानिकांनी अलिकडेच केलेल्या अशनीच्या

परीक्षणाधारे आपणास ही अत्यंत महत्त्वाची माहिती दिली आहे. अमेरिकन वैज्ञानिकांना अंटार्क्टिकाच्या बर्फाळ भागात एक मोठा दोन किलोग्रॅम वजनाचा अशनी सापडला. तेरा हजार वर्षांपूर्वी तो पृथ्वीवर पडला असावा. त्यातील मूलद्रव्ये आणि वायू यांचे परीक्षण केल्यानंतर तो मंगळावरून पृथ्वीवर आला असावा असा निष्कर्ष नासाच्या वैज्ञानिकांनी काढला. या अशनीचे वय साडेचार अब्ज वर्षांचे आहे. त्यावर सेंद्रिय संयुगांचे अस्तित्व परीक्षणात आढळले आहे. या अशनीच्या भेगात सूक्ष्मतम जीवसृष्टी होती आणि तिचेच अवशेष या अशनीत दिसतात असे तज्ज्ञांचे मत आहे. हे अवशेष लहानशा अळीप्रमाणे दिसतात.

मंगळ ग्रह हा एक उजाड वाळवंट आहे. तेथे हिरवी वनस्पती वा असे काहीही नाही अशी आपली समजूत होती. या समजुतीला नासाच्या या नव्या संशोधनाने मोठा धक्का बसला आहे. नजीकच्या भविष्यकाळात मंगळावरील महायात्रेच्या दहा मोहिमा अमेरिका आणि रशिया यांनी आखलेल्या आहेत. यावर्षी रशियाचे मानवरहित अंतराळयान व्हॉयकिंगनंतर प्रथमच मंगळावर उतरेल आणि आपल्या मनात उद्भवलेल्या नव्या प्रश्नांची सम्यक उत्तरे आपणास मिळतील. त्यानंतर मानव मंगळावर पाऊस ठेवेल. नव्या ईर्षेने नव्या संशोधनासाठी.



गुरू ग्रहाची सफर

गुरू हा सूर्यमालेतील एक आगळा वेगळा ग्रह आहे. तो सर्व ग्रहांत मोठा आहे. आपल्या पृथ्वीसारखे तेराशे गोल एकत्र केले की, एक गुरू ग्रह होईल. साध्या डोळ्यांनी गुरू ग्रह पिवळसर तेजस्वी दिसतो. दुर्बिणीतून पाहिले असता तो पौर्णिमेच्या चंद्रासारखा गोलाकार दिसतो. त्याच्या दृश्यबिंबावर समांतर पट्टे आणि डाग दृष्टीस पडतात. त्याच्या बिंबाजवळ त्याचे चार चंद्रही दिसतात. गुरूला सोळा चंद्र आहेत. गुरूला वलय असल्याचे व्हाॅएजर यानाने त्याच्याजवळून घेतलेल्या छायाचित्रावरून ज्ञात झाले आहे. अशा या गुरू ग्रहावर 'शूमेकर लेव्ही नऊ' या धूमकेतूचे २१ खंड १७ ते २१ जुलै, १९९४ या काळात अतिशय वेगाने आदळले. गुरूवरील धूमकेतूच्या या धडकेचे भाकित खगोलीय गणित तज्ज्ञांनी अगोदर केले होते. खगोलशास्त्राच्या इतिहासातील ही अपूर्व घटना होय. ती घडत असताना लहान दुर्बिणीतून २४ जुलै, १९९४ ला सात डाग पाहिले. ऑगस्ट महिन्याच्या प्रारंभी ते नाहीसे झाल्याचे दिसले.

अशा या गुरू ग्रहावर गॅलिलिओ या मानवरहित अंतराळ यानाने अलीकडेच अपूर्व झेप घेतली आणि खगोल तज्ज्ञांना चकित करून सोडणारी माहिती पाठविली आहे. गुरूची छायाचित्रेही या यानाने पाठविली आहेत. गॅलिलिओ यानाने ३,५३१,५९८,०४७ किलोमीटरचा सहा वर्षांचा प्रवास करून गुरूवर यशस्वी झेप घेतली. ७ डिसेंबर, १९९५ ला गॅलिलिओ यान गुरू ग्रहावर पोहोचले. एप्रिल, १९९६ पासून यानाने गुरूसंदर्भात माहिती पाठविण्यास प्रारंभ केला. १२९१ किलो

वजनाचे हे यान गुरूकडे सेकंदाला ४८ किलोमीटर या वेगाने जात सहा वर्षांनी पोहोचेल. व्हॉएजर यानापेक्षाही गॅलिलिओ यान गुरू ग्रहाच्या खूपच जवळ गेले. त्यामुळे या यानाने अधिक जवळून गुरूचा वेध घेतला. व्हॉएजर यानावरील वेध घेणारी उपकरणे ही १९७० मधील होती. गॅलिलिओने वरील उपकरणात फारच मोठा तांत्रिक बदल केलेला होता. उपारूण वर्णादर्श, सीसीडी छायाचित्रण तंत्र यांचा त्यात समावेश होता. उद्याच्या नव्या पिढीतील खगोल शास्त्रज्ञांसमोर गॅलिलिओने केलेल्या निरीक्षणांमुळे मोठे प्रश्न उभे करून संशोधनाचे विशाल दालन खुले केले आहे.

गॅलिलिओ यान मुळात १९८२ मध्ये स्पेस शटलद्वारा प्रक्षेपित व्हावयाचे होते. परंतु स्पेस शटलमध्येच अनेक प्रकारच्या तांत्रिक सुधारणा न झाल्याने ते पृथ्वीवरच रेंगाळले. १९८६ मध्ये चॅलेंजरची दुर्घटना झाली. त्यामुळे गॅलिलिओचे प्रक्षेपण तीन वर्षांनी लांबले. शेवटी १८ ऑक्टोबर, १९८९ मध्ये अटलांटिस स्पेस शटलद्वारा त्याचे यशस्वीरितीने गुरूग्रहाकडे प्रक्षेपण झाले. प्रथम गॅलिलिओ यान शुक्राच्या दिशेने गेले. फेब्रुवारी, १९९० मध्ये यानाने शुक्र ग्रहाचा वेध घेतला नंतर ते डिसेंबर, १९९० मध्ये पृथ्वीच्या कक्षेत गेले. पृथ्वीवरून त्याने ऑक्टोबर, १९९१ मध्ये ९५१ गास्पा या लघुग्रहाजवळ झेप घेतली. डिसेंबर, १९९२ मध्ये गॅलिलिओ यानाला पृथ्वीकडून गुरूग्रहाकडे जाण्यासाठी सुयोग्य कक्षीय गतीचा लाभ झाला. त्याच्या मार्गात यानाने २४३ आयडा या दुसऱ्या लघुग्रहाचा ऑगस्ट, १९९३ मध्ये वेध घेतला. यानाला डॅक्टिल हा लहानसा चंद्रही त्यावेळी सापडला. हा चंद्र आयडाच्या भोवती परिभ्रमण करित होता. लघुग्रहाच्या सभोवती फिरणारा हा शोधलेला पहिला चंद्र होय. परंतु गॅलिलिओचा हा प्रवास सर्वत्र सरळरितीने झाला नाही. एप्रिल, १९९१ मध्ये यानाचे आकाशीय कार्यान्वित होण्यात अडचण आली; परंतु अभियंत्यांनी ती दूर करण्यात यश मिळविले. नासाच्या वैज्ञानिकांचा आत्मविश्वास त्यामुळे दुणावला.

गॅलिलिओ यानातून १३ जुलै, १९८९ ला ग्रहाच्या दाट वातावरण पॅराशूटद्वारा शिरणारे उपयान मुक्त झाले आणि ७ डिसेंबरला गुरू

ग्रहाच्या विषुववृत्तीय भागात उतरले. त्याच दिवशी यानाचा दुसरा एक भाग गुरूपासून दोन लक्ष पंधरा हजार किलोमीटरवरून गुरूभोवती परिभ्रमण करू लागला.

गुरूचे चार चंद्र आययो, यूरोपा, गॅनिमेड आणि कॅलिस्टो हे फारच आकर्षक आहेत. आययोवर ज्वालामुखीचे उद्रेक घडून येतात. यूरोपाचा भेगा असलेला बर्फाळ भाग त्याखाली पाणी असावे असेच जणु सांगतो. गॅनिमेड हा सूर्यकुलातील सर्वात मोठा चंद्र (बुध आणि प्लूटो ग्रहाहूनही) आहे. त्यावर विलक्षण खाणाखुणा दिसतात. वॉलिस्टो हा चंद्र गुरूच्या चार चंद्रांत सर्वात बाहेर आहे आणि त्यावर असंख्य विवरे आहेत.

गॅलिलिओ यानाने यूरोपा या चंद्राच्या ३२ हजार ४५० किलोमीटरवरून जाऊन त्याचे उत्तमरीतीने निरीक्षण केले. यूरोपा आणि आययो या चंद्रावरील ज्वालामुखींच्या उद्रेकांचाही यानाने अभ्यास केला आहे. साडेचार तासांच्या आययो चंद्राच्या निरीक्षणानंतर यान गुरू ग्रहाच्या जवळ गेले. त्यावेळी ते गुरूवरील ढगांच्यावर २१६४५२ किलोमीटर उंचीवर होते. दहा मिनिटांच्या अवधीनंतर गुरू ग्रहाच्या वातावरणाचे संशोधन करणारी उपकरण पेटी दर सेंकंदाला ४७.८ किलोमीटर वेगाने वातावरण चिरत गेलेली. आत्यंतिक घर्षणामुळे तिचे दोन तृतियांश कवच जळाले. अवध्या दोन मिनिटांत तिचा वेग कमी झाला. गुरू ग्रहापासून वीस किलोमीटर उंचीवर असताना पॅराशूट उघडले आणि त्यास जोडलेली पेटी तिच्यातील शोधक उपकरणांसह वातावरणातून हळूहळू गुरू ग्रहावर उतरली. गुरू ग्रहाच्या वातावरणाचे तापमान, दाब, घनता, जडण घडण, ढगांच्या कणांचा आकार ढग यांची या शोधक उपकरणांनी उत्तमप्रकारे नोंद करून तो तपशील कक्षेतील नियंत्रण यानाकडे पाठविला. गुरूच्या आकाशात वीज दिसते का ? याचाही वेध घेतला गेला. हे संशोधन पंच्याहत्तर मिनिटे केले गेले. यानाकडून गुरूसंदर्भात फार मौल्यवान अशा माहितीचा खजिनाच पृथ्वीकडे आला आहे. गुरूवरील वातावरण हायड्रोजन हेलियम यांनी तयार झालेले असले तरी गुरूवर हेलियमचे प्रमाण अपेक्षेपेक्षा अर्धे

आहे. गुरुवरील हेलियम त्याच्या अंतर्भागात संचित होत असावे. गुरुच्या वातावरणात पंधरा हजार किलोमीटर आतील दाब पृथ्वीच्या वातावरणाच्या दाबाच्या वीस लक्ष पट असतो. या भागात हायड्रोजन हेलियमचे रूपांतर दाट अशा द्रवरूप धातूंमध्ये होते. हेलियम जड असल्याने त्याचे थेंब बनून ते पावसाप्रमाणे गुरुवर कोसळतात. त्यामुळे जी प्रक्रिया घडून येते ती ऊर्जा स्वरूपात बाहेर पडते. सूर्याकडून मिळणाऱ्या ऊर्जेपेक्षा ती जास्त असते. गुरुवर निऑन अल्प प्रमाणात आहे. गुरुचा आकार आणि वस्तुमान फारच प्रचंड आहे. त्याने आतापावेतो धुळीने भरलेल धूमकेतू, बर्फ, लघुग्रहांसारखे तुकडे गिळंकृत केले असावेत. त्यावेळी गुरुवरील ऑक्सिजन, कार्बन, नायट्रोजन आणि सल्फर यांचे प्रमाण सूर्यातील प्रमाणाहून दुप्पट असावे. गुरुवर अमोनिया, हायड्रोजन, सल्फाईड आणि मिथेनचेही अस्तित्व दिसते. गुरुवरील ढग रंगीबेरंगी आहेत याचे कारण त्यात फॉस्फिन आहे.

गुरुवरील गॅलिलिओ यानाची ही अपूर्व मोहीम ६ नोव्हेंबर, १९९७ पर्यंत चालेल. त्यात गुरुच्या चार चंद्रांचा अभ्यासही अंतर्भूत आहे. गॅलिलिओच्या या अपूर्व मोहिमेत गुरुची चौदाशे छायाचित्रे मिळतील. या मोहिमेच्या आखणीला वीस वर्षे लागली. वैज्ञानिकांचे अथक, अविश्रांत परिश्रम या यशोगाथेने कारणी लागले यात संदेह नाही.



एडमंड हॅले - एक थोर संशोधक

हॅले हे नाव उच्चारताच आपणाला हॅलेच्या धूमकेतूचीच आठवण होते. ज्या थोर खगोल शास्त्रज्ञाच्या नावाशी या धूमकेतूचे नाव निगडित झाले आहे त्याच्या जीवनकार्याचा आपण परिचय करून घेऊया.

एडमंड हॅले या थोर खगोल शास्त्रज्ञाचा जन्म २१ ऑक्टोबर, १६५६ रोजी लंडनजवळील शौरडिच या खेड्यात झाला. तो न्यूटनपेक्षा चौदा वर्षांनी लहान होता. न्यूटनच्याच परमोत्कर्ष कालात हॅलेचे कर्तृत्व बहरले.

हॅले लहान असतांनाच त्याच्या कुटुंबियांनी विंचेस्टर स्ट्रीट या भागात प्रयाण केले. हॅलेचे वडील सुखवस्तू होते. त्यांचा साबणाचा छोटेखानी कारखाना होता. हॅलेला अध्ययनासाठी सेंट पॉल स्कूल या शाळेत दाखल केले. तेथे तो ग्रीक, लॅटिन आणि हिब्रू शिकला. त्याला गणित विषयाची विलक्षण गोडी होती. लहानपणापासूनच आकाशातील ज्योतींचे निरीक्षण करण्याची आवड त्याच्यात उत्पन्न झाली होती. इ.स. १६७३ मध्ये तो ऑक्सफर्ड येथे गेला. या काळात हॅलेचा आकाश निरीक्षणाचा छंद वाढत गेला. त्याच्या वडिलांनी त्याला निरीक्षणाची विविध साधने विकत घेऊन दिली होती. सुट्टीच्या तासन् तास काळात हॅले विंचेस्टर येथे येत असे आणि आकाश निरीक्षणात तासनतास घालवीत असे.

हॅलेने वयाच्या अठराव्या वर्षी १० मार्च, १६७५ रोजी इंग्लंडमधील थोर खगोलशास्त्रज्ञ फ्लॅमस्टीड (इ. स. १६४६-इ. स. १७१९) यांना

मोठ्या धीटाईने एक पत्र लिहिले. या पत्रात हॅलेने फ्लॅमस्टीक यांनी तयार केलेल्या गुरू आणि शनी ग्रहांच्या आकाशातील स्थितीदर्शक कोष्टकातील चुकांविषयी विवेचन केले होते. एवढेच नव्हे तर या छोट्या बहादुराने टायको ब्राहे या खगोल शास्त्रज्ञाने तयार केलेल्या आकाशातील ताऱ्यांच्या स्थिती संदर्भातील चुकाही शोधून काढल्या. अशा उत्साही तरुणाच्या कार्याचे त्या काळात मोठ्यांनी कौतुकच केले. त्यामुळे त्याचा उत्साह द्विगुणीत झाला.

फ्लॅमस्टीड याने हॅलेला प्रारंभीच्या काळात खूप उत्तेजन दिले. हॅलेचा पहिला शोध निबंध लंडनच्या रॉयल सोसायटीच्या 'फिलॉसॉफिकल ट्रॅन्झॅक्शन्स' या नियतकालिकात प्रकाशित झाला. या संदर्भात फ्लॅमस्टीडने हॅलेला साहाय्य केले. हॅलेने त्याच्या शोध निबंधात कोनीय गती गृहीत न धरता ग्रहांचे अपसूर्य अंतर, विनध्यता आणि प्रमाणता प्रत्यक्ष भूमितीच्या साहाय्याने सिद्ध करण्याचा प्रयत्न केला होता.

जोहान्स केप्लर या खगोल शास्त्रज्ञाने ग्रहांच्या परि-भ्रमणासंदर्भात निर्णायक असे महत्त्वाचे सिद्धांत मांडले होते.

१. ग्रहांच्या कक्षा वर्तुळाकार नसून त्या विवृताकृती आहेत आणि सूर्य हा त्यांच्या एका केंद्रात असतो.

२. ग्रहांची गती त्यांच्या कक्षेच्या निरनिराळ्या भागात निरनिराळी असते. सूर्य आणि ग्रह यांना जोडणारी एक काल्पनिक रेषा काढली तर ती समान कालात समान क्षेत्रफळ आक्रमण करते.

३. ग्रहांच्या कक्षेच्या अर्धवृहत् अक्षाचा वर्ग आणि त्याच्या परिभ्रमणकालाचा घन हे नेहमी प्रमाणात असतात.

केप्लरच्या सैद्धांतिक विवेचनात सूर्य हा ग्रहांच्या केंद्रस्थानी असल्याचे गृहीत धरले आहे. तसेच कोपर्निकसच्या सिद्धांताप्रमाणेच केप्लरही आपली पृथ्वी ही ग्रहांपैकीच एक असून अन्य ग्रहांना लागू असलेले सर्व नियम तिलाही लागू आहेत असे मानतो.

हॅलेने ग्रहांच्या कक्षांचे मापन करण्याची नवी आणि बिनचूक पद्धती शोधून काढली. आणि समकालीन खगोल शास्त्रज्ञांना चकित केले. सूर्याच्या गुरुत्वाकर्षणापासून हालचाल करणारी प्रत्येक वस्तू ही

विवृत्त, अन्वस्त किंवा अपास्त कक्षेतून परिभ्रमण करते. ग्रहांचे परिभ्रमण अत्यंत लघुतम विमध्यतेतील विवृत्त कक्षातून होते. त्यांच्या कक्षांना जवळजवळ वर्तूळच म्हणावे अशी स्थिती आहे. थोडे अपवाद वगळता बहुतेक धूमकेतू दिर्घतम विवृत्त कक्षेतून परिभ्रमण करतात. सोयीच्या दृष्टीने या कक्षांना अन्वस्तीय मानले जाते. अन्वस्तीय कक्षा म्हणजे उघडी वक्रकक्षाच होय. तिची विमध्यता एक असते. ही एक वैशिष्ट्यपूर्ण वक्र कक्षाच होय. अगदी वर्तूळासारखीच म्हणा ना ! जर विमध्यता एकपेक्षा जास्त असेल तर वक्र कक्षा अपास्त होते. जर एखाद्या धूमकेतूने वर्तूळ कक्षेतून किंवा अन्वस्त कक्षेतून हालचाल करण्यास प्रारंभ केला तर सूर्यकुलातील अजस्र ग्रहांमुळे ही हालचाल विस्कळीत होऊन तिच्यात बदल घडून येतो. या धूमकेतूची कक्षा विवृत्त किंवा अपास्त होते. सूर्यकुलातील कायम सभासदांचे भ्रमण बंदिस्त वक्र विवृत्त कक्षातूनच होत असते. अन्यथा त्याचे आपणास नियमितपणे दर्शन घडू शकणार नाही. अन्वस्त कक्षेप्रमाणेच अवास्त कक्षाही उघडी वक्रच असते. अपस्त कक्षेतून भ्रमण करणारा धूमकेतू सूर्यकुलास फक्त एकदाच भेट देऊन परत जाईल. त्याचे दर्शन फिरून घडणार नाही. हॅलेच्या शोधनिबंधातील प्रतिपादनावर सर्वस्वी विरोधी असे मत सालिस्वरीच्या धर्मोपदेशकाने व्यक्त केले. परंतु हॅलेने आग्रहीवृत्ती न धरता संयम राखून योग्य ते बदल केले. हॅलेच्या या शोधनिबंधामुळे सूर्यग्रहणासंबंधीचे गणित सुधारलेल्या पद्धतीने करण्याचा मार्ग गवसला.

हॅलेचा शोधनिबंध इ.स. १६७६ मध्ये प्रकाशित झाला. त्यामुळे हॅले संदर्भात खगोलशास्त्रीय क्षेत्रात चर्चा होऊ लागली. याच वर्षी हॅलेने दक्षिण गोलार्धातील आकाशातील ताऱ्यांचा सम्यक असा पहिलावहिला नकाशा तयार करण्यासाठी आफ्रिकेच्या पश्चिमेकडील सेन्ट हेलेना बेटात जाण्याचे ठरविले. दक्षिण आकाशात दिसणारे तारासमूह हे खूपच वेगळे आहेत. उत्तरेकडील निरीक्षकांना त्यातील काहींचेच दर्शन घडते. त्याकाळी सेंट हेलेना बेट हे इंग्रजांच्या साम्राज्यातील दक्षिणेकडील एक टोक होते. तेथून दिसणाऱ्या तारासमूहांचे नकाशे इंग्रज खगोल शास्त्रज्ञांना उपयुक्त ठरणार होते. सेंट हेलेना बेटावरील

हवा स्वच्छ असल्याचे आकाश निरभ्र असे. अर्धे आकाश आणण्याची महत्वाकांक्षा बाळगून हॅलेने पदवी न घेताच ऑक्सफर्ड सोडण्याचे ठरविले. रॉयल सोसायटीमधील त्याच्या नव्या मित्रांनी शासनाला हॅलेच्या मोहिमेत आर्थिक साहाय्य करण्याचे आवाहन केले. त्यावेळी इंग्लंडचा राजा दुसरा चार्ल्स हा होता. सेंट हेलेना बेट ईस्ट इंडिया कंपनीच्या प्रत्यक्ष अधिकार कक्षेत होते आणि त्यावर राजाचा नाममात्र अधिकार होता. राजा चार्ल्सने कंपनीच्या अधिकाऱ्यांना हॅलेच्या कार्याचे महत्त्व पटवून दिले आणि त्यांनी हॅलेच्या प्रवासाचा खर्च देण्याविषयी निर्णय घ्यावा अशी आग्रहाची विनंती केली. कंपनीने त्यास मान्यता दिली. आपल्या जिज्ञासू पुत्राचा हट्ट पुरविण्यासाठी हॅलेच्या वडिलांनीही त्याला भरपूर आर्थिक साहाय्य केले. त्यातून हॅलेने उत्तम दुर्बीण खरेदी केली. आणि आपला अन्य खर्चही भागविला. इ.स. १६७६ च्या नोव्हेंबर महिन्यात हॅलेने त्याकाळी अत्यंत खडतर अशा सागरावरील दहा हजार किलोमीटर प्रदीर्घ अंतराच्या जलप्रवासाला प्रारंभ केला. तीन महिन्यांनंतर हॅले सेंट हेलेना या एकाकी बेटावर पोहोचला. सेंट हेलेना बेटावरील हवा रोगट होती. तिथे डासांचे साम्राज्य होते. त्यात तेथील प्रशासकाने हॅलेला सहकार्य करण्याचे तर दूरच पण नानाप्रकारे त्रास देण्यास प्रारंभ केला. दक्षिण आकाशात ध्रुवतारा नसल्याचे हॅलेच्या लक्षात आले. त्यामुळे त्याकाळी अचूक वेळ ठरविणे त्याला कठीण गेले. त्याने दक्षिण गोलार्धातील आकाशाचे सातत्याने निरीक्षण करून नकाशा तयार केला. हॅलेने आकाशाकडे दुर्बीण रोखून वेध घेण्यास प्रारंभ केला. इंग्लंडमधील खगोल शास्त्रज्ञांना ज्ञात नसलेले तारे आणि तेजोमेघ शोधून काढले. याच वास्तव्यात हॅलेने बुध ग्रहाच्या सूर्यबिंबावरून होणाऱ्या अधिक्रमणाचे दृश्य पाहिले. त्यातूनच पुढे सूर्य ते पृथ्वी अंतराची निश्चिती केली गेली. हेलेना बेटातील वास्तव्य संपवून हॅले दक्षिण गोलार्धातील अर्धे आकाश कवेत घेऊन इंग्लंडला इ.स. १६७८ मध्ये परतला. हेलेना बेटात असतांना तेथील प्रशासकाने दिलेल्या त्रासाची कहाणी सरकारकडे कळविली आणि त्याची गंभीर दखल घेतली गेली.

खगोल शास्त्रज्ञ फ्लॅमस्टीडने हॅलेला 'दक्षिणेचा टायको' असे सन्मानाने संबोधित केले. हॅलेने परिश्रमपूर्वक निरीक्षणे करून तयार केलेला नकाशा आणि त्याचा तपशील 'कॅटलॉग ऑफ दि सर्दर्न स्काय' लवकरच प्रकाशित केला. हॅलेच्या या असामान्य कर्तृत्वाचे पारितोषिक त्याला लवकरच मिळाले. ऑक्सफर्ड विद्यापीठाने हॅलेला 'मास्टर ऑफ आर्ट्स' ही मान्यवर पदवी बहाल केली. रॉयल सोसायटीने हॅलेची सन्मान्य सभासद म्हणून निवड केली. हॅलेला हे सारे सन्मान वयाच्या अवघ्या बावीसाव्या वर्षी मिळाले. याच काळात हेवेलियस या खगोल शास्त्रज्ञाने ग्रहांचा वेध घेण्यासाठी दुर्बिणीचा उपयोग करू नये असे आग्रही प्रतिपादन केले. त्याचा हूकसारख्या अनेक खगोल शास्त्रज्ञांशी वाद झाला. या वादात हॅलेने मध्यस्थी केली. हॅले आणि हेवेलियस यांनी दोघांनी मिळून निरीक्षणे केली.

हॅलेच्या काळातही धूमकेतूविषयी अपसमज रूढ होते. काही खगोल शास्त्रज्ञातही वैज्ञानिक दृष्टिकोणाचा अभाव होता. इ. स. १६८० मध्ये जर्मन खगोल शास्त्रज्ञ गॉटफ्रीड कर्क याने धूमकेतू शोधला. त्यानेही धूमकेतू हे परमेश्वरी कोपाची दुश्चिन्हेच आहेत असे प्रतिपादन केले होते. हॅलेनेही इ. स. १६८० च्या धूमकेतूची निरीक्षणे केली. परंतु त्याची प्रतिक्रिया मात्र वेगळी होती. परंपरागत नव्हती. डोव्हर आणि कॅले यांच्यामध्ये इंग्लंडच्या खाडीत बोटीतून प्रवास करीत असतांना हॅलेला आकाशातील हा वेधक धूमकेतू दिसला. फ्रान्सला पोहोचताच त्याने पॅरिस येथील वेधशाळेच्या संचालकांची भेट घेऊन धूमकेतूविषयी विविध अंगांनी समग्र चर्चा केली. दरम्यान हॅलेची केसिनी या थोर खगोल शास्त्रज्ञांशी भेट झाली. केसिनीने शनीच्या वलयातील मोकळ्या जागेचा शोध लावला होता. आणि शनीच्या चार उपग्रहांचा वेध यशस्वीरितीने घेतला. हॅलेने आपला दक्षिण गोलार्धाच्या आकाशातील तारकांचा नकाशा भेट दिला. हॅलेच्या परिश्रमांची, चिकाटीची आणि खगोलशास्त्राच्या आवडीची केसिनीला कल्पना आली. त्याने हॅलेचे अतिशय मोकळ्या मनाने स्वागत केले आणि त्याचा आपल्या मित्रमंडळींशी परिचय करून दिला. एवढेच नव्हे तर केसिनीने आपला ग्रंथसंग्रह

आणि दुर्बिणी उपयोगासाठी हॅलेला दिल्या. त्यापेक्षाही हॅलेच्या आनंदात भर पडायला आणखी एक गोष्ट कारण झाली. टायको अॅनो याने इ.स. १५७७ मध्ये पाहिलेला धूमकेतूच इ.स. १६८० मध्ये आला असल्याचे हॅलेला निरीक्षणांचा आधार देऊन सांगितले. त्यामुळे हॅलेला धूमकेतूच्या कक्षेतील हालचालींची कल्पना आली. केसिनीने तीन धूमकेतू आकाशाच्या एकाच भागातून आणि सारख्याच गतीने आल्याचे सांगितले. खगोल शास्त्रीय विश्वात असे प्रतिपादन यापूर्वी कोणीही, कधीही केले नव्हते. केसिनीच्या प्रतिपादनाच्या आधारावर हॅलेने इ.स. १६८० च्या धूमकेतूचा मार्ग रेखाटण्याचा प्रयत्न केला. या संदर्भात त्याने हूक या खगोल शास्त्रज्ञाला सविस्तर पत्रे लिहिली. हॅले आपल्या विदेश दौऱ्याहून इंग्लंडला परत आला. याचवेळी त्याचा मेरी टूक या हुशार, सौजन्यशील तरुणीशी विवाह झाला. मेरीला हॅलेच्या संशोधनकार्यात रस होता. इ.स. १६८२ च्या उन्हाळ्याच्या अखेरीस हॅलेने आणखी एक धूमकेतू पाहिला. इ.स. १६८० च्या धूमकेतूपेक्षा तो खूपच मंदप्रभ होता. त्याने आपल्या निरीक्षणाच्या नोंदी करून ठेवल्या. हॅलेच्या आईच्या मृत्यूनंतर त्याच्या वडिलांनी दुसरा विवाह केला. हा विवाह त्यांना फारच तापदायक ठरला. दुसऱ्या पत्नीचा विक्षिप्त स्वभाव, उधळी वृत्ती यामुळे हॅलेचे वडील वैतागून गेले. अशा विमनस्क अवस्थेतच ५ मार्च, १६८४ रोजी त्यांचे निधन झाले.

हॅलेचे वडील दिवंगत झाल्यावर तो फारच अंतर्मुख झाला. ग्रहांच्या हालचाली संदर्भात चिंतन करू लागला. ग्रहांचे सूर्याभोवतीचे परिभ्रमण विशिष्ट काळात पूर्ण होते हे केप्लरचे प्रतिपादन त्यास ज्ञात होते. सूर्यापासूनच्या ग्रहांच्या अंतरानुसार या परिभ्रमणकालात फरक पडतो असेही त्याच्या लक्षात आले. सूर्यापासून सर्वात जवळ असलेला बुध ग्रह ८८ दिवसात एक परिभ्रमण पूर्ण करतो. तर सूर्यमालेतील बाह्य ग्रहांना परिभ्रमण पूर्ण करण्यास अधिक कालवधी लागतो. त्यांची कक्षा मोठी असल्याने असे घडते की, त्यांची हालचाल मंदगतीने होते म्हणून असे घडते ? या प्रश्नाचे उत्तर शोधण्याचा त्याने खूप प्रयत्न केला. हॅले, हूक आणि ख्रिस्तोफर रेन यांनी या प्रश्नाचे उत्तर शोधण्यासाठी

रॉयल सोसायटीच्या सभेचे आयोजन केले परंतु या प्रश्नाचे उत्तर कुणासही देता आले नाही.

या प्रश्नाचे उत्तर देण्यास एक व्यक्ती समर्थ होती. ती व्यक्ती केब्रिंजच्या त्रिनिटी कॉलेजात होती. हॅलेने त्या व्यक्तीकडे जाण्याचे ठरविले. ती असामान्य व्यक्ती म्हणजे प्रज्ञावंत न्यूटन होय. हॅलेशी न्यूटनची भेट म्हणजे अपूर्व आनंदाचा साक्षात्कार होता. हॅलेच्या अनेक प्रश्नांची सोडवणूक न्यूटनशी झालेल्या भेटीत झाली. न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षणविषयक सिद्धांतामुळे अनेक समस्यांचा हॅलेला उलगाडा झाला. न्यूटनचा गुरुत्वाकर्षण- विषयक सिद्धांत असा -

‘या विश्वातील द्रव्याचा प्रत्येक कण हा इतर प्रत्येक कणाला एका प्रेरकाच्या द्वारा खेचीत असतो. त्या प्रेरकाचे मान हे त्या कणांच्या वस्तुमानांच्या गुणाकारावर आणि त्या कणांमधील अंतराच्या व्यस्त वर्गावर अवलंबून असते.’

न्यूटनच्या या सिद्धांतामुळे अनेक उणिवा भरून निघाल्या. गुरुत्वाकर्षणामुळेच ग्रहांचे सूर्याभोवतीचे परिभ्रमण विवृत्तकक्षातून नियमितपणे होत असते हे सिद्ध झाले. ग्रह आणि त्यांचे उपग्रह तसे ग्रहांच्या त्यांच्या त्यांच्या कक्षातील गतीसंबंधी गणित करून वस्तुस्थिती सिद्ध करणे शक्य झाले. धूमकेतूही याच गुरुत्वाकर्षण शक्तीशी बांधलेले आहेत असे अनुमान काढता आले. न्यूटनने इ.स. १६८० च्या धूमकेतूच्या विविध ठिकाणांहून झालेल्या निरीक्षणांचे संकलन करून तसेच धूमकेतूच्या इतिहासाचा अभ्यास करून काही महत्त्वाचे अंदाज बांधले. धूमकेतू हे सूर्याजवळ आल्यानंतर प्रकाशमान होतात असे सांगितले. याचा अर्थ सूर्य प्रकाशाचे धूमकेतूवरून परावर्तन झाल्याने त्यांचे अस्तित्व आपणास कळते. न्यूटनच्या सिद्धांतामुळे हॅले फारच प्रभावीत झाला. त्याने न्यूटनच्या ‘दि मॅथेमॅटिकल प्रिन्सिपल्स ऑफ नॅचरल फिलॉसॉफी’ या असामान्य ग्रथाचे स्वतः संकलन करून तो जुलै, १६८७ मध्ये प्रकाशित केला. या ग्रंथामुळे हॅलेला नव्या अभ्यासाची स्फूर्ती मिळाली. सूर्याच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे सूर्याभोवती परिभ्रमण करणारे धूमकेतू कोणत्या प्रकारच्या कक्षेतून परिभ्रमण करीत असावेत ? ते सूर्याच्या जवळ आल्यानंतरच

दृष्टीस पडतात. एरव्ही ते कुठे असतात ? या प्रश्नांनी हॅलेला ग्रासून टाकले. न्यूटनच्या सिद्धांताधारे या प्रश्नांची उत्तरे शोधण्याचा त्याने ध्यास घेतला. न्यूटनच्या ग्रंथांचे त्याने स्वतःच परिशीलन केलेले असल्यामुळे त्यावर त्याने प्रभुत्व संपादन केलेले होते. कलनशास्त्र आणि गुरुत्वाकर्षण सिद्धांत यांच्याद्वारे जणू शोधक तंत्रज्ञानच हाती आले आहे असा विश्वास हॅलेला वाटू लागला. गुरुत्वाकर्षणाचा नियम हा घन, द्रव वा वायूरूपातील तिन्ही वस्तूंना सारखाच लागू आहे हे त्यास ठाऊक होते. त्याचबरोबर एक महत्त्वाची गोष्ट अशी की, त्या शतकात मोठ्या प्रमाणात धूमकेतूची दर्शने घडली त्यामुळे त्यांच्या निरीक्षणातून भक्कम पुरावा हाती आला. आणि हॅलेला त्यांच्या हालचालीच्या संदर्भात भाकित करणे शक्य झाले. इ.स. १६८२ च्या धूमकेतू संदर्भात फ्लॅमस्टीडने केलेली निरीक्षणे हॅलेला विश्वसनीय वाटत होती. त्याने ती न्यूटनमार्फत मागवून घेतली. फ्लॅमस्टीड ती आपणास देईलच अशी त्याला खात्री नसल्याने त्याला हा मार्ग पत्करावा लागला. ती हाती येताच हॅलेने इ.स. १५३१, इ.स. १६०७, आणि इ.स. १६८२ च्या धूमकेतूंच्या कक्षीय वैशिष्ट्यांचा तुलनात्मक अभ्यास केला. त्या धूमकेतूंच्या कक्षेचा आयनिक वृत्ताशी असलेला कल, उपसूर्य स्थितीतील सूर्यापासूनचे धूमकेतूचे अंतर आणि उपसूर्य स्थितीत धूमकेतू आकाशातील कोणत्या भागात होता त्याचा तपशील, तसेच धूमकेतूची कक्षा आयनिक वृत्ताला कोठे छेदते तो पथ याविषयी चांगली विश्वसनीय माहिती मिळविली.

धूमकेतूचे वर्ष	उपसूर्य स्थिती दिनांक	रेखांश		कक्षेचा कल अंश मि.	उपसूर्य अंतर कि.मी.
		उपसूर्य अंश मि.	अधिक अंश मि.		
इ.स. 153	28 ऑगस्ट	301-39	49-25	17-56	0 58700
इ.स. 1607	27 ऑक्टोबर	302-16	50-21	17-2	0 58680
इ.स. 1682	15 सप्टेंबर	302-53	51-16	17-56	0 58328

अशाप्रकारे या धूमकेतूच्या कक्षीय वैशिष्ट्यांचा अभ्यास केल्यानंतर हॅलेला या धूमकेतूच्या आगमनात आश्चर्यकारक वाटावीत अशी साम्ये आढळून आली आणि हे एकाच धूमकेतूचे पुनरागमन आहे असे त्याला वाटले. न्यूटनच्या सिद्धांताप्रमाणे जर या धूमकेतूची कक्षा विवृत्ताकृती असेल तर एकच एक धूमकेतू पुनः पुन्हा येत आहे यात तीळमात्र शंका नाही अशी त्याची खात्री झाली. धूमकेतूच्या आगमनाच्या तारखात साम्य होते परंतु कक्षीय वैशिष्ट्यांमध्ये का फरक पडावा ? या शंकेने तो त्रस्त झाला. आकाशातील उपसूर्य स्थितीतील रेखांशात एक अंशाहून जास्त फरक का आहे ? इ.स. १५३१ आणि इ.स. १६०७ या मधील काळातील पुनरागमनात मधला काळ एक वर्षाहून अधिक का आहे ? याडलट स्थिती इ.स. १६०७ आणि १६८२ या पुनरागमनाच्या वेळी का व्हावी ? विवृत्त कक्षेतून परिभ्रमण करणाऱ्या या धूमकेतूवर कोणता तरी प्रभाव पडत असल्यामुळे असे घडत असावे असा विश्वास त्याला वाटू लागला. न्यूटनने सूचित केले की, धूमकेतूच्या पुनरागमन काळात फरक पडण्याचे कारण न शोधलेल्या धूमकेतूच्या गुरुत्वाकर्षणाचा प्रभाव त्यांच्यावर पडत असावा. परंतु हॅलेला ते पटले नाही. गुरू आणि शनी या ग्रहांचा एकमेकांवर जर प्रभाव पडतो तर या ग्रहांपेक्षा वस्तुमान किती तरी पटींनी कमी असलेल्या धूमकेतूवर या अजस्र ग्रहांचा प्रभाव पडणारच. धूमकेतू त्यांच्या मार्गाने वाटचाल करीत असतांना या अजस्र ग्रहांपैकी एखाद्याच्या जवळ जाताच त्या धूमकेतूची कक्षा विस्कळीत होणे सहज शक्य आहे. हॅलेने गुरू आणि शनी या ग्रहांच्या गुरुत्वाकर्षणाचा धूमकेतूच्या हालचालीवर होणाऱ्या परिणामाचा अंदाज बांधला, आणि त्याच्या पुनरागमन काळात तफावत का पडत असावी हे त्याच्या लक्षात आले. धूमकेतूच्या पुनरागमनाच्या वेळी त्याच्या कक्षीय वैशिष्ट्यात पडणाऱ्या फरकाचे कारण आता अगदी स्पष्टपणे उमगले होते. त्याने इ.स. १५३७ आणि इ.स. १६९८ पर्यंतच्या कालावधीत उपसूर्य स्थितीत येऊन गेलेल्या चोवीस धूमकेतूंच्या कक्षीय वैशिष्ट्यांचा कसून अभ्यास केला. हॅलेने अविश्रांत परिश्रम करून लिहिलेला 'ए सिनॉप्सिस ऑफ दि अॅस्ट्रॉनॉनी ऑफ कॉमेट्स्' हा

अपूर्व ग्रंथ प्रकाशित झाला. त्यात न्यूटनच्या वैधिक नियमांचे सर्वप्रथम असे उपयोजन केलेले होते. आपल्या या ग्रंथात हॅलेने भाकित केले की इ.स. १५३१, इ.स. १६०७ आणि इ.स. १६८२ मध्ये दिसलेले धूमकेतू ही एकाच धूमकेतूची पुनरागमने असून हाच धूमकेतू इ.स. १७५८ च्या डिसेंबरात दर्शन घडविल. त्याचे आकाशातील दर्शन कुठे घडेल याचा तपशील त्या धूमकेतूच्या कक्षीय वैशिष्ट्यांसह हॅलेने आपल्या ग्रंथात दिला होता. न्यूटनच्या सिद्धांताचा हा पडताळा होता. हॅलेच्या मृत्यूनंतर (इ.स. १६४२) सोळा वर्षांनी त्याच्या भाकिताची प्रचिती आली. धूमकेतू हे आपल्या सूर्यमालेचेच घटक असून ते सूर्याभोवती परिभ्रमण करतात ही अत्यंत महत्त्वाची गोष्ट हॅलेने सिद्ध केली. हॅलेने कक्षा निश्चित केलेल्या धूमकेतूचे पुनरागमन इ.स. १७५८ मध्ये झाले. याच धूमकेतूला हॅलेचा धूमकेतू असे संबोधिले जाते.

हॅलेच्या वैज्ञानिक प्रतिभेला विविधांगी पैलू होते. हॅलेने इ.स. १६९३ मध्ये पृथ्वीचे वय ठरविण्याची कल्पना मांडली. सागराच्या पाण्यात असलेल्या मिठाच्या प्रमाणावरून पृथ्वीचे वय ठरविण्याचा त्याने प्रयत्न केला. हॅलेने पृथ्वीवरील विविध सागरातील पाणी घेऊन त्यातील मिठाचे प्रमाण पाहिले. त्याला सागराच्या पाण्यात मिठाचे प्रमाण शे. ३.५ असल्याचे आढळून आले. पृथ्वीच्या प्रारंभकाळात सागराचे पाणी गोड होते. ते कालांतराने खारे होत गेले. दरवर्षी त्यात निर्माण झालेल्या मिठाचे प्रमाण लक्षात घेऊन त्यावरून पृथ्वीचे वय किती असावे ते सांगता येईल असा त्याचा कयास होता. परंतु ही पद्धती चुकीची होती. प्रारंभकाळी कित्येक वर्षांपर्यंत सागरात मिठाचे प्रमाण जवळजवळ नव्हतेच. तसेच मिठाची दरवर्षी होणारी निर्मिती ही देखील ठरावीक प्रमाणात होत असते असे नाही. हॅलेची पद्धती चुकीची ठरली तरी भौतिक साधनांनी पृथ्वीच्या वयाची निश्चिती करणे शक्य आहे. या मूलभूत कल्पनेचे श्रेय त्याला दिलेच पाहिजे. आज खडकात आढळणाऱ्या किरणोत्सर्गी मूलद्रव्यांच्या पुराव्यावरून पृथ्वीचे वय ठरविले जात आहे. हॅलेने तीन वेळा दूर दूर अशी जलपर्यटने केली आणि व्यापारी वारे, मोसमी वारे या संबंधातही संशोधन केले.

हॅलेच्या काळात सूर्य आणि पृथ्वी यांच्यातील अचूक अंतर खगोल शास्त्रज्ञांना ज्ञात नव्हते. ते निश्चित करणे हे त्याकाळी एक आव्हानच होते. विविध वेधशाळातून एकाचवेळी निरीक्षणे करूनही हे अंतर निश्चित करणे शक्य झाले नाही. इ.स. १६७८ मध्ये हॅलेच्या डोक्यात कल्पना आली. शुक्र ग्रहाचे सूर्यबिंबावरून अधिक्रमण होत असतांना हे अंतर निश्चित करणे शक्य होईल असे त्यास वाटले. हॅलेने या संबंधात निरीक्षणाची पद्धती ठरवून दिली. शुक्राची अधिक्रमणे क्वचितच घडून येतात. दर २४३ वर्षातून चार वेळा शुक्र सूर्याजवळ जातो आणि त्यावेळी तो पृथ्वीच्या पातळीत असतो. अशाचवेळी शुक्राचे अधिक्रमण घडून येते. ही अधिक्रमणे जून किंवा डिसेंबर महिन्यातच घडून येतात. परंतु त्यांच्या मध्यकाळात मात्र नियमितपणा नसतो. ही अधिक्रमणे आठ वर्षांच्या मध्यंतरानंतर जोडीने येतात. नंतर मात्र शंभर वर्षापर्यंत येत नाहीत. इ.स. १७६१ मध्ये असे शुक्राचे अधिक्रमण घडून येणार होते. हॅलेच्या नियोजनाप्रमाणे सर्व जगभर निरीक्षकांची योजना झाली, आणि पूर्व नियोजित पद्धतीनुसार पृथ्वी ते सूर्य अंतराचे पुष्कळसे अचूक मापन केले गेले. दुर्दैवाने यावेळी हॅले त्याच्या कल्पनेची परिपूर्ती पाहण्यास जिवंत नव्हता.

हॅलेने पृथ्वीच्या चुंबकीय गुणधर्मासंबंधी संशोधन केले. ध्रुवीय प्रकाश का निर्माण होतो या विषयी शोध केला. दुर्बिणीतून दृष्टीस पडणाऱ्या तेजोमेघांची घडण कशी असावी याचा अंदाज बांधला. पूर्वपरंपरेने चालत आलेल्या 'स्थिर ताऱ्यांच्या क्षेत्रा' विषयी नवे विचार मांडले. विश्व हे अनंत आहे असे त्याने ठासून प्रतिपादन केले आणि विश्वाविषयी नवा दृष्टिकोण मांडला. होकायंत्राच्या साहाय्याने सागरावर प्रवास करून सागराचे रेखांश ठरविले.

हॅलेने रॉयल सोसायटीच्या कार्याला नवे वळण दिले. न्यूटनला हॅलेच्या कर्तृत्वाविषयी फार अभिमान होता. हॅलेच्या चारित्र्यासंबंधात संशयाचे वातावरण असतानाही न्यूटनने त्याला आधार दिला. हॅलेच्या अखेरच्या काळात तो ग्रीनीच वेधशाळेचा प्रमुख झाला. उल्कापाताविषयी त्याने संशोधन केले. ज्ञानाच्या सीमित स्वरूपामुळे उल्कापाताचे रहस्य

त्या काळी उलगडू शकले नाही. सूर्यग्रहणांच्या अठरा वर्षांच्या चक्राचाही त्याने शेवटपर्यंत अभ्यास केला. त्याची स्मरणशक्ती आणि उत्साह सतत कायम होता. तो ऐंशी वर्षांचा असतांना त्याची पत्नी मेरी दिवंगत झाली. नंतर थोड्या दिवसात त्याचा पुत्रही दिवंगत झाला. असे धक्के बसूनही तो संशोधनकार्यात निमग्न होता.

एडमंड हॅले या अष्टपैलू वैज्ञानिकाचे वयाच्या ८६ व्या वर्षी १४ जानेवारी, १७४२ रोजी निधन झाले. प्रदीर्घ आयुष्य आणि प्रदीर्घ संशोधन ही त्याच्या जीवनकार्याची वैशिष्ट्ये होत. त्याने केवळ धूमकेतूविषयकच संशोधन केले असे नव्हे तर त्याच्या विविधांगी संशोधनापैकी ते एक होते असेच म्हटले पाहिजे. त्याच्या असामान्य कर्तृत्वाने त्याची कीर्ती दिगंत झाली. धन्य हॅले !



हॅलेच्या धूमकेतूची बखर

हॅलेच्या धूमकेतूची नोंद फार प्राचीन कालापासून केली गेली आहे. इतिहासातील बखरींच्या साहाय्याने या नोंदीवर प्रकाश पडतो. दर पंचाहत्तर वर्षांनी आपल्या सूर्यकुलाच्या अंतर्भागात येणारा हा पाहुणा दरवेळी कसा आणि केव्हा दिसला त्याचीही या नोंदीवरून आपणास कल्पना येते. उपसूर्य स्थितीसह हॅलेच्या धूमकेतूचे दर्शन आकाशातील कोणत्या भागात घडले असावे या संदर्भात एडमंड हॅलेचे ऋण मान्य करून खगोलशास्त्रज्ञ डी.के. योमन्स आणि टी. क्वांग यांनी अधिक तपशील सादर केला.

ख्रि.पू. २५ मे, २३९

चीनमधील शिहची आणि वेन हसिएन थुंग स्वाहो बखरीत सर्वप्रथम हा धूमकेतू उत्तरेकडे दिसला आणि जूनमध्ये त्याचे फिरून दर्शन घडले अशी नोंद आहे. मेष तारासमूहांतून निघून तो ईशान्येकडे सकाळच्या आकाशात दिसू लागला. उपसूर्य स्थितीनंतर तो संपूर्ण रात्र दर्शन देत ययाती, सारथी, गवय या तारासमूहांतून दैदिप्यमान असा प्रकाशला. त्यावेळी त्याची तारकीय प्रत शून्य असावी आणि त्याचे शेपूट ध्रुवताऱ्याकडे वळलेले असावे. याचवेळी तो चिनी लोकांनी पाहिला असावा.

ख्रि.पू. २० मे, १६२

खगोल शास्त्रज्ञात या नोंदीसंदर्भात एकमत नाही. हॅलेचा धूमकेतू ख्रि.पू. १२ नोव्हेंबर, १६३ रोजी उपसूर्य स्थितीत होता असे काहींचे मत आहे.

स्त्रि.पू. १५ ऑगस्ट, ८६

ही एक विश्वसनीय नोंद म्हणून गणली जाते. थुंग चीएन- कांग-यू याने सांगितले की होऊ- यूआन याच्या कारकीर्दीत दुसऱ्या वर्षी शरद ऋतूत हा धूमकेतू पूर्वेला दिसला. प्रारंभी हा धूमकेतू सकाळच्या आकाशात मंदप्रभ असा होता. नंतर जुलैच्या अखेरीस आणि ऑगस्टच्या प्रारंभी तो अल्पकाळ परंतु अति तेजस्वी दिसला.

स्त्रि.पू. ९ ऑक्टोबर, ११

धूमकेतूचे दर्शन हे दुश्चिन्ह आहे अशा अपसमजातून ही नोंद केली गेली आहे. रोमचा सेनापती आणि राज्यकर्ता मार्कस व्हिस्थानिअस अग्रिप्पा याचा मृत्यू हा धूमकेतू दिसू लागल्यावर झाला, असे इतिहासात दिओ कॅसिअस याने म्हटले आहे. यावेळी हा धूमकेतू पृथ्वीच्या खूपच जवळ आला होता आणि अतिशय तेजस्वी दिसला. चिनी नोंदीत या धूमकेतूचा तारासमूहांतील मार्गही रेखाटला आहे. ऑगस्टच्या अखेरीस तो सकाळच्या आकाशात दिसला. रोज ६ अंश गतीने त्याची पूर्वेकडे वाटचाल झाली. ही वाटचाल पुनर्वसू, लघुलुब्धक आणि सप्तर्षी या तारासमूहांतून झाली. त्याचे शेषूट १०० अंशाहून अधिक असे ध्रुवताऱ्याकडे पसरलेले असावे. सप्टेंबरच्या प्रारंभी तो पृथ्वीच्या अगदी जवळ होता. त्यानंतर तो आग्नेयेकडे सायंकाळच्या आकाशात स्वाती ओलांडून गेला. ऑक्टोबरला अखेरीस तो ज्येष्ठा ताऱ्याच्या उत्तरेस वृश्चिक तारासमूहातून संधी प्रकाशात दिसेनासा झाला.

२६ जानेवारी, इ.स. ६६

यावेळी या धूमकेतूने जनमानसात भयंकर घबराट निर्माण केली. ज्यू इतिहासकार फ्लेविअस जोसेफ याने हा धूमकेतू तलवारीच्या पात्यासारखा दिसला असे वर्णन करून परिणामी जेरूसलेमचा पाडाव झाला असे म्हटले आहे. हिवाळ्यात या धूमकेतूचे पुनरागमन झाले. कुंभ तारासमूहांत असताना तो उपसूर्य स्थितीत गेला. चिनी नोंदीनुसार शोधाच्या वेळी तो मकर तारासमूहांत होता. त्याचे शेषूट त्यावेळी १२ अंश लांब होते. धनुतारासमूहातून तो पश्चिमेकडे वृश्चिकेत गेला. त्यावेळी तो पहिल्या प्रतीच्या ताऱ्याहूनही तेजस्वी दिसला. मार्च अखेरीस

तो पृथ्वीच्या जवळ असल्याने त्याचे अतितेजस्वी दर्शन घडले असावे.

पौर्वात्य बखरीत या धूमकेतूने चषक तारासमूहांत वाटचाल करण्यापूर्वी कन्या तारासमूहात ठाण मांडले. त्यावेळी त्याचे शेषूट पूर्वेकडे होते. त्यानंतर हा धूमकेतू वैषुवांशात स्तंभी होता. हळूहळू दक्षिणेकडे जात तो साध्या डोळ्यांनी दिसेनासा झाला अशी नोंद आहे.

२५ मार्च, इ.स. १४१

उत्तर गोलार्धातील निरीक्षकांच्या दृष्टीने यावेळी धूमकेतूचे पुनरागमन अतिशय अनुकूल होते. त्यामुळे यावेळी तो अत्यंत तेजस्वी आणि अतिविशाल स्वरूपात दिसला असल्यास नवल नाही. चिनी बखर सांगते की, निळसर शुभ्र शेषूट असलेला हा धूमकेतू पहाटेच्या आकाशात दिसला. त्याचे शेषूट नैऋत्येकडे पसरलेले होते. सुरुवातीला त्याची आकाशातील वाटचाल लक्षात आली नाही. एप्रिलनंतर ती कळू लागली. अगदी थोड्या दिवसात तो सायंकाळच्या आकाशात गेला. नोंदीवरून असे दिसते की, त्याने २२ एप्रिल, रोजी कृत्तिका आणि सान्निध असे वृषभ तारासमूहांतील भाग ओलांडले. नंतरच्या रात्रीत तो मिथुन तारासमूहात होता. त्यावेळच्या त्याच्या अत्यंत तेजस्वितेचे आणि अतिविशाल शेषूटाचे वर्णन चिनी नोंदीत केलेले आहे. मेच्या अखेरीस तो दिसनासा झाला.

६ एप्रिल, इ.स. २१८

या वर्षात युरोप आणि चीन अशा दोन्ही देशातील बखरीत एका प्रचंड धूमकेतूची नोंद केलेली आढळते. दिओ कॅसिअसने त्याचे वर्णन प्रलयंकारी धूमकेतू असे केलेले आहे. या शेषूट असलेल्या ताऱ्याने पूर्वेपासून पश्चिमेपर्यंतचे आकाश व्यापलेले होते. त्याचे निरीक्षण एप्रिल आणि मे महिन्यात केले गेले. होऊ- हानशू, थुंग- चिएन-कांग- मू आणि अन्य खगोलीय नोंदीत असे वर्णन केलेले आहे की, एक धूमकेतू मध्य एप्रिल ते मध्य मे महिन्यापर्यंत पूर्वेकडे पहाटेच्या आकाशात दिसला. वीसपेक्षा अधिक दिवसानंतर तो सूर्यास्तानंतर सायंकाळच्या आकाशात दिसू लागला. त्याने मिथुन, पुनर्वसू, गवय, सप्तर्षी, सिंह आणि कन्या या तारासमूहांना स्पर्श करीत शौरीकडे वळण घेतले. मार्चच्या दुसऱ्या सप्ताहापूर्वी हॅलेचा धूमकेतू सकाळच्या

आकाशात क्षितिजाखाली असल्याने दिसू शकला नाही. सूर्योदयापूर्वी त्याची उंची १८ मेच्या सुमारास सर्वाधिक झाली आणि नंतरच्या दोन सप्ताहात त्याची सूर्याशी युती घडून तो सायंकाळच्या आकाशात गेला. ३० मे रोजी तो पृथ्वीच्या सर्वाधिक जवळ होता आणि त्यावेळी त्याची प्रत शून्य असावी आणि तो आकाशात अत्यंत तेजस्वी दिसत असावा.

७ एप्रिल, इ.स. २९५

हॅलेचा धूमकेतू सकाळच्या आकाशात तेजस्वी स्वरूपात मे महिन्यात पूर्वेकडे दिसू लागला. त्यावेळी तो देवयानी तारासमूहांजवळ होता. मेच्या दुसऱ्या सप्ताहात तो पृथ्वीच्या अगदी जवळ होता. सायंकाळी पश्चिम आकाशात जातांना त्याचा मार्ग त्रिकोण, ययाती, सारथी, गवय आणि कर्क या तारासमूहांतून होता. नाट्यमयरीतीने त्याचे सायंकाळच्या आकाशात सूर्यास्तानंतर तेजस्वी असे दर्शन घडले. नंतर तो सिंह, षडंश तारासमूहांतून मार्गक्रमण करून अखेरीस दिसेनासा झाला.

१३ फेब्रुवारी, इ.स. ३७४

यावेळच्या धूमकेतूच्या संदर्भातील नोंद वरवरची असून त्या नोंदीत कोणतेही बारकावे दिलेले नाहीत. धूमकेतूचे सर्वप्रथम असे दर्शन कुंभ तारासमूहांच्या पश्चिमेकडे ४ मार्च रोजी घडले. चीन शू म्हणतो की, २ एप्रिल रोजी झाडूसारखा वाटणारा हा धूमकेतू तूळ तारासमूहांत दिसला. नंतर त्याने कन्या, स्वाती, हस्त, चषक आणि वासुका तारासमूह पार केले. त्याचे शेपूट ९० अंश एवढे लांबच लांब होते.

४ जुलै, इ.स. ४५१

यावेळी एक दुश्चिन्ह म्हणून हॅलेच्या धूमकेतूला आगळेच महत्त्व मिळाले. अत्तिला- दि- हन् या सम्राटाने सर्व युरोपभर आक्रमण करून विध्वंस आरंभिला होता. ज्यांनी ज्यांनी त्याला आव्हाने दिली ते सर्व पराभूत झाले. त्याचवेळी आकाशात धूमकेतू दिसू लागला. त्यावेळी चेलॉन्सच्या लढाईत त्याचे सैन्यदल, रोमचा बलाढ्य सेनापती एतिअस याच्याकडून पराभूत झाले. अत्तिलाने शरणागती पत्करली. १० जून ते

१६ ऑगस्ट या काळात धूमकेतूचे दर्शन घडले असावे. नंतर तो दोन सप्ताहापेक्षा अधिक काळ सूर्यसन्निध होता. या नंतरच्या काळात त्याची तेजस्विता वाढत गेली. पूर्वीच्या पुनरागमनांच्या तुलनेतून बघता यावेळी तो पृथ्वीच्या जवळ आला नव्हता. तरीही तो उत्तर युरोपात उठून दिसला हे विशेष. जूनच्या अखेरपर्यंत रात्रभर त्याचे दर्शन घडले. त्याचे वक्राकार शेपूट ध्रुवताऱ्याभोवती फिरत होते. शोधाच्या रात्री तो कृत्तिका तारासमूहांजवळ होता. १८ जूनच्या सुमारास तो सारथी तारासमूहांतून दिसला. एक सप्ताहानंतर पुनर्वसू आणि गवय यांच्याजवळ गेला. त्यानंतर त्याची सूर्याशी युती घडून आली. जुलैत तो सूर्यास्तानंतर पश्चिमेस दिसू शकला. हळूहळू सिंह तारासमूहांतून कन्या तारासमूहांत जात, मंदप्रभ होत, अखेरीस दिसेनासा झाला.

२७ सप्टेंबर, इ.स. ५३०

हॅलेच्या धूमकेतूचे यावेळी झालेले पुनरागमन दर्शनीय स्वरूपाचे नव्हते. तथापि युरोपियन आणि चिनी बखरीतील संदर्भ पाहता, हॅलेचाच तो धूमकेतू होता याची खात्री पटते. त्याचे दर्शन २९ ऑगस्ट ते २७ सप्टेंबर या काळात घडले. यावेळी त्याचे दर्शन उत्तर गोलार्धातील निरीक्षकांना दक्षिण गोलार्धापेक्षा अधिक चांगले घडले. निरीक्षणकालात हा धूमकेतू गवय ते तूळ तारासमूहांत गेला. चिनी नोंदीनुसार यावेळी धूमकेतूचे शेपूट २९ ऑगस्ट रोजी, ९ अंश एवढे होते. ते ४ सप्टेंबरला अवघे २ अंश झाले.

२० मार्च, इ.स. ६०७

यावर्षी झालेल्या हॅलेच्या धूमकेतूची पुनरागमनाची नोंद ही चमत्कारिक आणि गोंधळाची असल्याचे चिनी बखरीवरून दिसून येते. यावेळी हा धूमकेतू पृथ्वी आणि सूर्य यामधून गेला. २८ फेब्रुवारी ते ७ जूनपर्यंत त्याचे दर्शन घडले असावे. पेई शिह म्हणतो की, हा शेपूट असलेला तारा फेब्रुवारीच्या अखेरीस महाश्र तारासमूहांत दिसला. वीस दिवसानी तो दिसेनासा झाला. १३ मार्च रोजी त्याचे मिथुन तारासमूहांत पुनर्दर्शन घडले. परंतु या विधानात गोंधळ दिसतो.

वेन हसिएन थुंग खाओने हॅलेच्या धूमकेतू संदर्भात वेगळा परंतु

विश्वसनीय वाटावा असा अहवाल दिला आहे. त्यावरून हा धूमकेतू ४ एप्रिल रोजी देवयानी तारासमूहाजवळ पहाटे दिसला. त्याचे शेषूट लांबच लांब होते. त्याची वाटचाल मेष ते कन्या अशी झाली. आणि तो वर्ष अखेरपर्यंत दिसला अशी नोंद आहे. परंतु २१ ऑक्टोबर रोजी तो पुन्हा दक्षिणेकडे दिसू लागला असे वाक्य शेवटी टाकलेले आहे. ते अन्य धूमकेतूच्या संदर्भात असावे.

६ नोव्हेंबर, इ.स. ६८४

हॅलेच्या धूमकेतूने यावेळी उपसूर्य स्थितीत जाण्यापूर्वीच पृथ्वीवरून दर्शन दिले. त्यामुळे हे दर्शन वेधक असे नव्हते. न्यूरोम्बर्ग बखरीतही असाच उल्लेख आहे. ३१ ऑगस्टपासून २४ ऑक्टोबरपर्यंतच्या काळात त्याचे निरीक्षण केले गेले. जपानी नोंदीप्रमाणे हॅलेचा धूमकेतू सर्वप्रथम ३१ ऑगस्ट रोजी सारथी आणि गवय तारासमूहांत दिसला. त्या रात्री पूर्ण चंद्र आकाशात असूनही हॅलेच्या धूमकेतूचे दर्शन घडले याचा अर्थ त्याची प्रत तीनपेक्षा अधिक असावी. त्याचे शेषूट १५ अंश होते हे विशेष होय. त्यानंतर तो सायंकाळच्या आकाशात क्षितिजसन्निध दिसू लागला. चिनी बखरीनुसार त्याचे दर्शन एकोणपन्नास दिवस म्हणजे २४ ऑक्टोबरपर्यंत घडले. हे सारे गृहीत धरले तर त्यावेळी हॅलेचा धूमकेतू अतितेजस्वी असावा असे दिसते. त्यानंतर डिसेंबर ते जानेवारी या काळात तो दिसला असेही चिनी लेखात म्हटले आहे. हा संदर्भ अन्य धूमकेतूचा असावा असे वाटते.

११ जून, इ.स. ७६०

या पुनरागमनाच्या वेळी हॅलेचा धूमकेतू पृथ्वीपासून दूर होता. त्यामुळे तो लक्षवेधी असा दिसला नाही. १६ मे ते ५ जुलैपर्यंत त्याचे निरीक्षण केले गेले. नोंदीनुसार हा 'झाडू तारा' १६ मेपासून दिसू लागला. तो शुभ्र पांढऱ्या रंगाचा होता. आणि त्याची लांबी ६ अंश एवढी होती. त्याचे दर्शन मेष तारासमूहांत सर्वप्रथम घडले. त्यानंतर त्याची वाटचाल कृत्तिका, रोहिणी, मृगशीर्ष, मिथुनेचा पश्चिम भाग, कर्क, वासुकीचे शीर्ष आणि सिंह तारासमूहांच्या कडेने द्रुतगतीने झाली. कन्या तारासमूहांच्या कडेने द्रुतगतीने झाली. कन्या तारासमूहांत

जाण्यापूर्वीच तो पन्नासहून अधिक दिवस दर्शन देऊन दिसेनासा झाला.
२५ फेब्रुवारी, इ.स. ८३७

इ. सनाच्या प्रारंभापासूनच्या एक हजार वर्षांतील झालेल्या पुनरागमनीत हॅलेचा धूमकेतू सर्वात अत्यंत तेजस्वी दिसला. २२ मार्च ते २८ एप्रिलपर्यंत त्याचे अत्यंत वेधक असे दर्शन घडले. यावेळच्या चिनी बखरीतील नोंदी अतिशय सविस्तर अशा केलेल्या आहेत. छिऊ थांग बखरीत २२ मार्च रोजी महाश्व तारासमूहात 'झाडू तारा' दिसू लागला असे म्हटले आहे. तो १० अंश पसरलेला होता. ६ एप्रिल रोजी त्याची लांबी १५ अंश झाली आणि त्याची हालचाल पश्चिमेकडे होत असल्याचे लक्षात आले. ७ एप्रिल या दिवशी त्याची लांबी ३० अंशाहून अधिक झाली. ९ एप्रिल रोजी तो धनु तारासमूहांत दिसला. त्याची लांबी ७५ अंश झाली. त्याचवेळी त्याचे शेपूट दोन भागात विभाजित झाल्याचे दिसले. एक भाग तुळेत आणि दुसरा वृश्चिकेत होता. ११ एप्रिल रोजी त्याची लांबी ९० अंश झाली आणि १३ एप्रिल रोजी तो १२० अंश लांबीचा झाला. २८ एप्रिल रोजी तो ५ अंश लांबीचा झाला. अवध्या चोवीस तासात द्रुतगतीने ६० अंशाचे अंतर त्याने पार करावे ही वैशिष्ट्यपूर्ण घटना यावेळी घडली. त्याची तेजस्विता शुक्र ग्रहाशी स्पर्धा करणारी होती. तो पृथ्वीच्या जवळ असताना त्याच्या शेपटाने दक्षिणोत्तर आकाश व्यापलेले होते.

१८ जुलै, इ.स. ११२

यावेळी मात्र हॅलेचा धूमकेतू पृथ्वीपासून कितीतरी पटींनी मागील पुनरागमनापेक्षा दूर होता. त्यामुळे त्याचे दर्शनही 'छोट्या' रूपात घडले. चिनी खगोल शास्त्रज्ञांच्या दृष्टीतून 'हॅलेचा धूमकेतू' निसटला असावा. चिनी बखरीत मेच्या मध्यात धूमकेतू तेजस्वी रूपात दिसल्याचा उल्लेख आहे. पण तो हॅलेच्या धूमकेतूच्या संदर्भातील वाटत नाही. यावेळी हॅलेची प्रत अवघी ८ होती. मग तो तेजस्वी तरी कसा दिसणार ? दाइन होन्शी या जपानी बखरीत १९ जुलै रोजी सायंकाळच्या आकाशात नैऋत्येकडे धूमकेतू पाहिल्याचा उल्लेख आहे. नंतर तो सिंह तारासमूहांतून कन्येत गेला आणि दिसेनासा झाला.

५ सप्टेंबर, इ.स. १८९

या पुनरागमनातही हॅलेचा धूमकेतू ठळक असा दिसला नाही. १३ ऑगस्टपासून १२ सप्टेंबरपर्यंत त्याचे निरीक्षण केले गेले. ५ सप्टेंबर रोजी तो अपसूर्य स्थितीत गेल्यानंतर पृथ्वीपासून दूर असल्याने तो पहिल्या वा दुसऱ्या प्रतीहून अधिक तेजस्वी दिसला नाही. चिनी तसेच इंग्रज लेखकांनी यावेळच्या हॅलेच्या पुनरागमनाच्या मार्गाची नोंद केलेली आहे. तो प्रारंभी सारथी आणि मिथुन यांच्याजवळ १३ ऑगस्ट रोजी दिसला. त्याचे पहाटेच्या आकाशात ईशान्येकडे दहा दिवस दर्शन घडले. त्याचा रंग निळसर पांढरा होता. श्यामशबल आणि अरुंधती केश तारासमूहांतून सप्टेंबर अखेरीस कन्येत गेला आणि दिसेनासा झाला.

२७ मार्च, इ.स. १०६६

अगदी लक्षात ठेवण्याजोगे असे हे हॅलेच्या धूमकेतूचे पुनरागमन समजले जाते. याचवेळी नॉर्मननी इंग्लंडवर आक्रमण केले. १ एप्रिल ते ७ जूनपर्यंत त्याचे दर्शन घडले. प्रारंभी तो पहिल्या किंवा दुसऱ्या प्रतीचा होता. मीन तारासमूहांत तो असताना त्याचे शेषूट १० ते १५ अंश नैऋत्येकडे वळलेले होते. सुरवातीला हॅलेच्या धूमकेतूची वाटचाल मंदगतीने होत होती नंतर ती वाढत जाऊन २४ एप्रिल रोजी तो सायंकाळच्या संधी प्रकाशात गेला. याच दिवशी तो पृथ्वीच्या सर्वात जवळ आला होता. पश्चिम आकाशात अत्यंत तेजस्वी स्वरूपात त्याचे दर्शन घडले. त्याच्या शीर्षाची तारकीय प्रत २ एवढी होती. काही अहवालात तर तो शुक्राइटका तेजस्वी म्हणजे ४ तारकीय प्रतीएवढा दिसला असे म्हटले आहे. चिनी नोंदीनुसार प्रकाशमान संधी प्रकाशात तो शेषूटहीन दिसला तर कोरिअन नोंदीत म्हटले आहे की, वायव्येकडील आकाशात चंद्रासारखीच एखादी ज्योती दिसावी इतका तो तेजस्वी होता. या नोंदीच्या आधारे हॅलेच्या धूमकेतूचे त्याच्या शेषूटासह अत्यंत वेधक असे दर्शन घडले असावे असा अंदाज करता येतो. जेव्हा हॅलेच्या धूमकेतूची सूर्याशी दुसरी युती घडून आली त्यावेळी त्याने आकाशाचा मोठा भाग व्यापला असावा. काही दिवसांनी मिथुनेत असताना

त्याचे शेषूट अरुंधती केश तारासमूहापर्यंत पूर्वेकडे पसरलेले असावे. हे दृश्यवैभव फार काळ दिसले नाही कारण हॅलेचा धूमकेतू पृथ्वी आणि सूर्यापासून दूर गेला. ५ मेच्या सुमारास तो दुसऱ्या प्रतीचा झाला आणि त्याचे शेषूटही दिसेनासे झाले. ७ जूनपर्यंत षडंश तारासमूहांत स्तंभी अेसपर्यंत त्याचे दर्शन घडले.

१८ एप्रिल, इ.स. १९४५

या पुनरागमनाचे वैशिष्ट्य म्हणजे हॅलेच्या धूमकेतूचा मार्ग गतवेळीच्या आगमनासारखाच होता. हॅलेच्या धूमकेतूचे निरीक्षण २६ एप्रिल ते ९ जुलै या काळात केले गेले. चिनी नोंदीनुसार हॅलेचा धूमकेतू प्रथम २६ एप्रिल रोजी सकाळच्या आकाशात मीन तारासमूहांत दिसला नंतर तो काही काळ चंद्र प्रकाशामुळे दिसेनासा झाला. मेच्या प्रारंभी तो मेष तारासमूहात होता आणि त्यावेळी तो शून्य प्रतीएवढा पण थोडाच वेळ दिसे. ९ मेच्या सुमारास जपानी नोंदीनुसार त्याचे शेषूट २० फूट लांबीचे होते. याचा अर्थ ते ३० अंश असावे. मेच्या दुसऱ्या सप्ताहात तो त्रिकोण आणि महाश्व तारासमूहांतून सारथी तारासमूहांत सायंकाळच्या आकाशात दिसू लागला. त्यावेळी त्याचे दर्शन पूर्वीसारखेच वेधक असे घडले. त्यानंतर त्याची गती वाढली आणि तो मीनेतून कर्क आणि नंतर सिंह तारासमूहांत गेला. मेच्या अखेरीस त्याचे वैभवशाली दर्शन संपले. त्याचे शेषूटही अस्तंगत झाले. चिनी नोंदीनुसार आकाशात निळसर पांढरा दिसावा असा तो दिसू लागला. बराच काळ ९ जुलै पर्यंत त्याचे असे दर्शन घडले हे विशेष.

२९ सप्टेंबर, इ.स. १९२२

हॅलेच्या धूमकेतूचे हे पुनरागमन काहीसे रहस्य निर्माण करणारे होते, बखरीतील नोंदीनुसार यावेळी धूमकेतू अनपेक्षितरितीने अति तेजस्वी झाला होता. परंतु त्याची संदर्भ माहिती मात्र संदिग्ध स्वरूपाची आहे. सुरुवातीला हॅलेचा धूमकेतू सकाळच्या आकाशात २५ ऑगस्ट रोजी दिसला. तो जसजसा तेजस्वी होत गेला तसतसा चंद्र त्याच्या सन्निध आल्यामुळे त्याचे दर्शन होणे अवघड झाले. त्याचे निरीक्षण ३

म. प्र. नं. ठाणे, भारतनाटक नाटका.

नवे अंतराळ विज्ञान ✓ ५५ वासना नाटकनाटक विभाग

वा. क्र. 3892 दिनांक 13/12

विषय बी.बी.

सप्टेंबर ते ८ ऑक्टोबरपर्यंत केले गेले. कोरिअन नोंदीनुसार हॅलेचा धूमकेतू सर्वप्रथम सप्तर्षी तारासमूहाजवळ ३ सप्टेंबर रोजी दिसला. ८ सप्टेंबर रोजी त्याचे अत्यंत वेधक असे दर्शन नैऋत्येकडे घडले. त्यावेळी त्याचे शोपूट ३० अंश लांबीचे होते. ९ सप्टेंबर रोजी तो अगदी भर दिवसा दिसला. याचा अर्थ तो ३ किंवा ० प्रतीचा असावा. त्याचे किरण बहुधा ३० फूट लांब होते आणि त्याची रचना गुरू ग्रहासारखी दिसली. याचा अर्थ तो गुरू ग्रहासारखा तेजस्वी होता असे म्हणायचे का ? उपसूर्य स्थितीनंतर हळूहळू त्याची वाटचाल दक्षिणेकडे झाली. त्याचे शेवटचे असे दर्शन ८ ऑक्टोबर रोजी तूळेत घडले.

२३ ऑक्टोबर इ.स. १३०१

हॅलेच्या धूमकेतूच्या या पुनरागमनाची नोंद जवळजवळ सर्व इतिहासकारांनी केली असल्याचे दिसते. त्याच्या निरीक्षणाचा काल १५ सप्टेंबर ते ३१ ऑक्टोबर असा होता. यावेळचे वैशिष्ट्य असे की, जिओटो डी. बोंदो या चित्रकाराने या धूमकेतूचे चित्र एका देखाव्यात रंगविले आहे. हा धूमकेतू 'बेथलेहमच्या ताऱ्याचे' प्रतिनिधित्व करतो अशी त्याची भूमिका आहे. हे चित्र हॅलेच्याच धूमकेतूचे आहे यात शंका नाही. यावेळी पौर्णिमेच्या अगोदर सकाळच्या आकाशात त्याचे दर्शन घडले. तो कमी प्रतीचा असावा. पुनर्वसूच्या उत्तरेस तो गवय तारासमूहांत होता. चंद्रप्रकाश असूनही त्याचे शोपूट ८ अंश ते १५ अंश एवढे दिसले. त्याची वाटचाल सप्तर्षी, श्यामशबल, भूतप आणि भुजंग तारासमूहांतून झाली. त्याचे शेवटचे असे दर्शन ३१ ऑक्टोबर रोजी भुजंगधारी तारासमूहांत घडले.

१० नोव्हेंबर इ.स. १३७८

या वेळच्या हॅलेच्या पुनरागमनासंदर्भात फारच थोडी माहिती उपलब्ध आहे. त्याचे दर्शन फारच उशिरा घडल्याचे दिसते. त्याचा निरीक्षण काल २६ सप्टेंबरपासून १० नोव्हेंबर पर्यंतचा होता. २६ सप्टेंबर रोजी त्याचे पहाटे प्रथम दर्शन घडले. त्यावेळी सारथी तारासमूहांच्या तो उत्तरेस होता. याचा अर्थ त्याचे स्थान आकाशात अगदी डोक्यावर होते. २ ऑक्टोबर रोजी धूमकेतू उत्तर खगोलीय

ध्रुवाच्या १० अंशात गेला आणि ईशान्येकडे त्याची द्रुतगतीने वाटचाल झाली. ३ ऑक्टोबर रोजी तो पृथ्वीच्या जवळ होता. चिनी नोंदीत यावेळी धूमकेतूचे शोपूट १५ अंश लांब होते. ही लांबी तशी लहानच गणली पाहिजे याचे कारण त्यावेळी आकाशात पूर्ण चंद्रबिंब होते. उपसूर्य स्थितीकडे तो कालेय, शौरी आणि भुजंगधारी तारा समूहातून द्रुतगतीने गेला आणि १० नोव्हेंबर रोजी त्याने अखेरचे दर्शन दिले.

१ जून, इ.स. १४५६

या पुनरागमनाच्या वेळी हॅलेच्या धूमकेतूचे दर्शन अत्यंत विलोभनीय असे घडले. त्यावेळच्या लेखकांनी तो भयंकर आणि असामान्य दिसला असे म्हटले आहे. त्याचे दर्शन २७ मेपासून ८ जुलैपर्यंत घडले. चिनी नोंदीप्रमाणे तो सर्वप्रथम मेष तारासमूहांत २७ मे रोजी दिसला. त्याची तारकीय प्रत ३ होती आणि शोपूट कित्येक अंश लांब होते. उपसूर्य स्थितीपूर्वी त्याचे तेज वाढले आणि शोपटाचा आकारही वाढला. तो पृथ्वीच्या जवळ आला तेव्हा पश्चिम आकाशात सायंकाळी सूर्यास्तानंतर अतिशय तेजस्वी दिसला. त्याचे शोपूट २५ अंश लांब होते. ते ६० अंशापर्यंत विस्तारत गेले. त्याची वाटचाल पूर्वेकडे झाली आणि सिंह तारासमूहांत त्याची गती मंदावली. चिनी नोंदीनुसार २८ जून रोजी त्याचे शोपूट १० ते १५ अंशाने कमी झाले. परंतु धूमकेतूचे शीर्ष पहिल्या प्रती एवढेच होते.

२६ ऑगस्ट इ.स. १५३१

युरोपियन बखरीत यावेळी हॅलेच्या धूमकेतूचा शोध जुलै महिन्याच्या अखेरीस सर्वप्रथम लावल्याचे म्हटले आहे. त्याचा दर्शनकाल ५ ऑगस्टपासून ८ सप्टेंबरपर्यंत होता. पहाटेच्या आकाशात ईशान्येकडे सारथी समूहाच्या पूर्वेला पुष्कळसा वर असा तो प्रथम दिसला. ५ ऑगस्टला त्याचे शोपूट कित्येक अंश मोठे होते. असे चिनी नोंदीत म्हटले आहे. कोरियन खगोलशास्त्रज्ञांनी तो शुभ्र रंगाचा होता असे म्हटले आहे. त्यांच्या आणि युरोपियन निरीक्षकांच्या मते त्याचे शोपूट १५ अंश होते. पूर्वेकडे प्रवास करीत हॅलेचा धूमकेतू ऑगस्ट मध्यात सायंकाळच्या आकाशात गेला. त्यानंतर त्याच्या दर्शनासंदर्भात कोणीही

नोंद केली नाही.

२७ ऑक्टोंबर इ.स. १६०७

हॅलेच्या धूमकेतूच्या या पुनरागमनाच्या वेळी आधुनिक खगोलशास्त्र उदयास आलेले होते. थोर खगोल शास्त्रज्ञ केप्लर याने यावेळी हॅलेचा धूमकेतू प्राग येथून पाहिला. आणि येथूनच हॅलेच्या धूमकेतूच्या प्रत्यक्ष तारकीय प्रतीचा अचूक संदर्भ खगोल शास्त्रज्ञांनी देण्यास प्रारंभ केला. चीनमध्ये सर्वप्रथम दर्शन २१ सप्टेंबर रोजी पहाटेच्या आकाशात पुनर्वसू आणि प्लव तारासमूहांत घडले. सहा दिवसानंतर यूरोपमधील खगोल शास्त्रज्ञांनी त्याची प्रत २ असल्याचे निश्चित केले. हॅलेचा धूमकेतू पूर्वेकडे जलदगतीने गेला आणि सप्टेंबरच्या दरम्यान सप्तर्षी तारासमूहांत तो पहिल्या प्रतीचा झाला, त्यावेळी त्याचे शेपूट १५ अंश होते. आणि संपूर्ण रात्र त्याचे विलोभनीय दर्शन घडले. ऑक्टोंबरच्या पहिल्या सप्ताहात भुतप आणि भुजंग तारासमूहांत आकाशात चंद्र असूनही त्याचे वेधक दर्शन घडले. तो अखेरचा असा २६ ऑक्टोंबर रोजी दिसला.

१५ सप्टेंबर, १६८२

याच्या पुनरागमनाच्या वेळी थोर खगोल शास्त्रज्ञ एडमंड हॅले याने धूमकेतूच्या संदर्भातील अत्यंत महत्त्वाचे गणित केले. हाच धूमकेतू पूर्वी १६०७ आणि १५३१ मध्ये दिसल्याचे त्याने सांगितले. यावेळी हॅलेचा धूमकेतू तेजस्वी असा दिसला नाही. खरे पाहता, दोन वर्षांपूर्वीच दिसलेल्या अन्य एका धूमकेतूहून तो मंदप्रभच होता. हॅलेच्या धूमकेतूचे दर्शन २६ ऑगस्ट रोजी फ्रान्समध्ये लाहिरे आणि पिकार्ड यांनी गवय तारासमूहांत तो शोधला. ईशान्येकडे पहाटेच्या आकाशात तो दिसला. त्याची त्यावेळी २ प्रत होती. काही दिवसांनी तो लघुसिंह तारासमूहांत दिसू लागला. त्याचे शेपूट दोन दिवसात ३० अंश एवढे झाले होते. तो पृथ्वीच्या जवळ १ सप्टेंबर रोजी आला. त्यावेळी त्याचे पहाटेच्या आणि सायंकाळच्या आकाशात दोन्ही वेळा दर्शन घडले. सप्टेंबरच्या प्रारंभी तो सायंकाळच्या आकाशात सप्तर्षी आणि सिंह तारासमूहांतून अरुंधती केश तारासमूहांत गेला. त्यानंतर आग्नेयेकडे त्याची शिखेतून

कन्या तारासमूहांत द्रुतगतीने वाटचाल झाली. ही वाटचाल ७ आणि ८ सप्टेंबरच्या रात्रीत झाली ही गोष्ट नमूद करण्यासारखी आहे. अमावस्येनंतरच्या या काळात चंद्र प्रकाशामुळे धूमकेतूचे शेपूट हळूहळू दिसनासे झाले तरीही ९ सप्टेंबर रोजी ते २ अंश लांबीचे दिसले आणि धूमकेतू २ प्रतीचा होता. १५ सप्टेंबरच्या उपसूर्य स्थितीनंतरही २२ सप्टेंबरपर्यंत धूमकेतूची निरीक्षणे शक्य झाली.

१३ मार्च, इ.स. १७५९

एडमंड हॅले १७४२ मध्ये दिवंगत झाला. इ.स. १७५८च्या अखेरीस इ.स. १६८२ मध्ये दिसलेल्या धूमकेतूचे पुनरागमन होईल असे त्याने भाकित केले होते. इ.स. १७५८ चे वर्ष जसजसे जवळ येऊ लागले तसतसे लोक हॅलेच्या भाकितासंबंधी अधीर होऊ लागले. या वेळेपर्यंत धूमकेतूच्या कक्षेच्या अभ्यासाविषयी नवनवीन पद्धती रूढ झाल्या होत्या. हॅलेने व्यक्त केलेल्या अंदाजात आता पुष्कळशी अचूकता आणणे शक्य होते. धूमकेतूविषयक सिद्धांत आणि प्रत्यक्ष निरीक्षणाची संधी यांच्या अपूर्व समन्वयाने इ.स. १७५८ चे वर्ष दुमदुमून जाणार होते. पर्यायाने प्रज्ञावंत न्यूटनच्या गणिती सिद्धांताचाही हा असामान्य विजय ठरणार होता. इ.स. १७५८ मध्ये येणाऱ्या धूमकेतूला गुरू आणि शनी या ग्रहांनी किती प्रमाणात धक्का दिला याचा त्यांनी सर्वप्रथम विचार केला. त्यांना लालांडीने मोठे साहाय्य केले. त्याचप्रमाणे मेमे या विदुषीने या कार्यात मोठा रस घेतला. लालांडी, मेमे आणि क्लायरॉट यांनी त्याकाळी गणक यंत्राची सुविधा नसतानाही हॅलेच्या धूमकेतूच्या कक्षेचे गणित केले. क्लायरॉटने १४ नोव्हेंबर, १७५८ रोजी धूमकेतू उपसूर्य स्थितीत येईल असे सांगितले आणि १३ एप्रिल, १७५९ रोजी तो दिसेल असे भाकित केले. क्लायरॉटचे भाकित चुकले. ड्रेसडेनच्या जॉन पॅलिट्स या शेतकऱ्याने हा धूमकेतू सर्वप्रथम २५ डिसेंबर, १७५८ रोजी पाहिला. चार्ल्स मेसियर या खगोल शास्त्रज्ञाने २१ जानेवारी, १७५९ रोजी या धूमकेतूचे दर्शन घेतले. मेसियरने त्याचे निरीक्षण केले. त्यावेळी धूमकेतू मीन तारासमूहांच्या पश्चिमेस सायंकाळच्या आकाशात होता. आणि त्याची तारकीय प्रत ६ होती.

मेसियरच्या वरिष्ठ अधिकाऱ्यांनी या संदर्भात तो धूमकेतू उपसूर्य स्थितीतून जाईपर्यंत जाहीर घोषणा करण्यास मज्जाव केला. त्यामुळे जानेवारी आणि फेब्रुवारीत धूमकेतूचे अन्य कोणीही निरीक्षण केले नाही. १ एप्रिल रोजी धूमकेतू सकाळच्या आकाशात गेल्याचे सर्वप्रथम मेसियर यानेच पाहिले. त्यावेळी त्याचे शेपूट २५ अंश लांबीचे होते. आणि गाभा शून्य प्रतीचा होता. हा असामान्य धूमकेतू त्यानंतर कुंभ तारासमूहांत नैऋत्येकडे गेला आणि त्याची सर्व जगभर विविध ठिकाणांहून निरीक्षणे केली गेली. धूमकेतू जेव्हा पृथ्वीच्या जवळ आला त्यावेळी त्याचा मार्ग दक्षिण गोलार्धाच्या जवळून असल्याने युरोपमधील खगोल शास्त्रज्ञांना त्याचे दर्शन घडू शकले नाही. मेच्या प्रारंभी दक्षिण क्षितिजावरून झालेले धूमकेतूचे दर्शन अपूर्व होते. तेव्हा धूमकेतूचे शीर्ष पहिल्या प्रतीचे होते आणि शेपूट किमान ४७ अंश एवढे तरी विस्तारलेले होते. सायंकाळच्या आकाशात वासुकी तारासमूहांत त्याचे आगमन झाल्यानंतर त्याची वाटचाल उत्तरेकडे झाली. हळूहळू तो मंदप्रभ होत गेला. मेच्या मध्यात त्याची प्रत तीनपेक्षा कमी झाली आणि शेपूट १९ अंश एवढे झाले. त्याचे अखेरचे दर्शन फ्रान्समध्ये ५ जून रोजी पश्चिम आकाशात सायंकाळी क्षितिज सन्निध असे घडले. त्यावेळी तो ५ प्रतीचा होता. त्यानंतर तो दिसेनासा झाला. हॅलेच्या असामान्य कर्तृत्वाच्या स्मरणार्थ त्याला हॅलेचा धूमकेतू असे नाव दिले गेले.

१६ नोव्हेंबर, इ.स. १८३५

हॅलेच्या धूमकेतूचे हे पुनरागमन उत्तर गोलार्धातील निरीक्षकांच्या दृष्टीने फारच अनुकूल असे होते. यावेळी धूमकेतूच्या भौतिक अभ्यासास प्रारंभ झाला होता. तत्पूर्वी इ.स. १६८२ आणि इ.स. १७५९ च्या पुनरागमनाच्या वेळी हॅलेच्या धूमकेतूच्या शीर्षामधून झोत निर्माण झाल्याची रेखाटने केली गेलेली होती. यावेळी या धूमकेतूची सूक्ष्मतम अशी निरीक्षणे खगोल शास्त्रज्ञ बेसेल, स्मिथ आणि स्ट्रूव्ह यांनी केली. त्यांच्या निरीक्षणात त्यांना धूमकेतूच्या शीर्षामधून प्रचंड झोत निर्माण होत असल्याचे दिसले. हॅलेच्या धूमकेतूची ५ ऑगस्ट, १८३५ पासून १९ मे १८३६ या काळात निरीक्षणे केली गेली. हॅलेच्या धूमकेतूच्या

उपसूर्य स्थितीपूर्वी १०३ दिवस अगोदर ५ ऑगस्ट रोजी इटलीमधील दूमोउचेल याने सर्वप्रथम हॅलेचा धूमकेतू पाहिला. त्यानंतर हा धूमकेतू सूर्यापासून जवळजवळ २ ख.ए. अंतरावर होता. त्याचे स्थान आकाशातील वृषभ तारासमूहांजवळ होते. आमि त्याची तारकीय प्रत १० असल्याने तो मोठ्या दुर्बिणीतूनच दिसत होता. हॅलेच्या धूमकेतूची वाटचाल द्रुतगतीने पूर्वेकडे झाली आणि तो तेजस्वी झाला आणि त्याचे दर्शन लहान दुर्बिणीतूनच दिसत होते. हॅलेच्या धूमकेतूची वाटचाल द्रुतगतीने पूर्वेकडे झाली आणि तो तेजस्वी झाला. आणि त्याचे दर्शन लहान दुर्बिणीतून स्ट्रूव्ह याने २७ ऑगस्ट रोजी घेतले. साध्या डोळ्यांनी तो १७ सप्टेंबरपासून दिसू लागला. ऑक्टोबरच्या प्रारंभी तो पृथ्वीच्या जवळ आला. अवध्या दोन सप्ताहात त्याने सारथापासून उत्तर मुकूट तारासमूहांपर्यंतचे अंतर द्रुतगतीने पार केले. या काळातील त्याचा झालेला विकास फारच आश्चर्यकारक होता. ऑक्टोबर महिन्याच्या प्रारंभी तो आकाशात अत्यंत तेजस्वी आणि विलोभनीय दिसू लागला. सप्तर्षीजवळ रात्रभर हॅलेचा धूमकेतू दिसत होता. स्ट्रूव्हच्या मते, त्याचे शोपूट ३ ऑक्टोबर रोजी ८० फूट लांब झाले होते. १४ ऑक्टोबरला ते २० ते २५ अंश होते. त्यांचे शीर्ष पहिल्या प्रतीचे होते. १९ ऑक्टोबर रोजी शोपूट ३० अंश एवढे होते. परंतु धूमकेतूचे शीर्ष मात्र दुसऱ्या प्रतीच्या ताऱ्याएवढे झाले होते. नोव्हेंबरात तो सायंकाळच्या संधी प्रकाशात बुडाला. जानेवारीच्या अखेरीस दक्षिण गोलार्धातील निरीक्षकांना हॅलेच्या धूमकेतूचे सकाळच्या आकाशात दर्शन घडले. तो अनपेक्षित रीतीने तेजस्वी झाला. त्यावेळी तो दुसऱ्या प्रतीचा होता. त्याचे शोपूट अत्यंत लहानसर नगण्यच होते. त्याची तेजस्विता फेब्रुवारीच्या मध्यात कमी झाली. आणि तो साध्या डोळ्यांना दिसेनासा झाला. दुर्बिणीतून षडंश तारासमूहात १९ मेपर्यंत त्याचे मंदप्रभ असे दर्शन घडले.

७ जानेवारी इ.स. १९१०

हॅलेच्या धूमकेतूचे पुनरागमन इ.स. १८३५ मध्ये झाले. त्यावेळी खगोलशास्त्रज्ञांचे अंदाज पुष्कळसे अचूक ठरले. अचूक भाकित करणाऱ्या

खगोल शास्त्रज्ञाला एक हजार मार्कचे पारितोषिक जाहीर करण्यात आले होते. त्याचे मानकरी कॉवेल आणि क्रॉमलीन हे दोघे झाले. तरीही त्यांच्या अंदाजात दोन दिवसांचा फरक पडला. त्याचे कारण दोघांनी गृहीत धरलेले गुरू आणि शनी ग्रहांचे वस्तुमान आणि त्यांची स्थिती या दोन्ही गोष्टी अचूक नव्हत्या. कॉवेल आणि क्रॉमलीन यांच्या अंदाजानुसार हॅलेच्या धूमकेतूचा वेध घेण्याची सिद्धता झाली होती. इ.स. १९०९च्या उन्हाळ्यात वेधशाळांच्या दुर्बिणी मिथुन तारासमूहांकडे वळल्या. सर्व जग हॅलेच्या धूमकेतूची वाट पाहत असतांनाच दुसरा एक अनपेक्षित धूमकेतू मध्येच दिसू लागला. तो इ.स. १९१० मधील पहिला धूमकेतू ठरला. हा आकर्षक नवा तेजस्वी धूमकेतू अगदी भर दिवसा आकाशात दिसू लागला. तो अन्वस्तीय कक्षेतील असल्याने त्याचे पुन्हा दर्शन घडणार नव्हते. हा धूमकेतू रात्रीच्या वेळी मंदप्रभ होई, त्यामुळे जनसामान्यांचे त्याच्याकडे फारसे लक्ष गेले नाही.

११ सप्टेंबर, १९०९ रोजी मॅक्सवुल्फ या खगोल शास्त्रज्ञाने घेतलेल्या छायाचित्रात हॅलेच्या धूमकेतूची ओळख पटली. याचवेळी छायाचित्रणाचे तंत्र सर्वप्रथमच अवलंबिले गेले. इजिप्तमधील हेल्वन वेधशाळेने या धूमकेतूच्या पुनरागमन होण्यापूर्वीच्या तीन सप्ताह अगोदर घेतलेल्या छायाचित्रात हा धूमकेतू एखाद्या ताऱ्याप्रमाणे दिसत होता. हळूहळू त्याची ओळख पटली. यर्किस वेधशाळेतील खगोल शास्त्रज्ञ बर्नहॅम यांनी १७ सप्टेंबर रोजी चाळीस इंची दुर्बिणीतून तो सर्वप्रथम पाहिला. याच सुमारास इंग्रज खगोल शास्त्रज्ञ फिलिप्स यांनी हॅलेच्या धूमकेतूच्या तेजस्वितेत होणारे बदल वेळोवेळी जाहीर केले. हॅलेच्या धूमकेतूचे निरीक्षण २५ ऑगस्ट, १९०९ पासून १६ जून, १९११ पर्यंत केले गेले. एवढ्या प्रदीर्घकाळ निरीक्षण करणे शक्य झाले याचे कारण नवनवीन दुर्बिणींची निर्मिती हे होते. शोधाच्या वेळी हॅलेचा धूमकेतू सकाळी सूर्योदयापूर्वी पाच तास दिसत असे. डिसेंबरच्या प्रारंभी तो सूर्याच्या विरुद्ध दिशेला असल्याने सायंकाळी सूर्यास्तानंतर दिसे. इ.स. १९१०च्या मार्च महिन्याच्या अखेरीस तो सकाळी दिसू लागला. १७ एप्रिलपर्यंत फ्रेंच खगोल शास्त्रज्ञ गियाकोबिनी यांनी

दुर्बिणीतून दिसणाऱ्या तेजस्वी हॅलेच्या धूमकेतूचा सातत्याने वेध घेतला. हॅलेचा धूमकेतू जसजसा पृथ्वीच्या जवळ येऊ लागला तसतसे त्याचे शोपूट विस्तारत गेले. १८ मेपर्यंत तो सकाळीच दिसत होता. त्यानंतर त्याचे सूर्यबिंबावरून अधिक्रमण झाले आणि तो सायंकाळच्या आकाशात पश्चिमेकडे दिसू लागला. २० मे रोजी हॅलेचा धूमकेतू पृथ्वीच्या अत्यंत जवळ होता. त्यावेळी त्याचा वेग सेकंदास ३७ किलोमीटर होता हॅलेच्या धूमकेतूचे भ्रमण वक्री असल्याने त्याचा वेग मोठा आहे. हा धूमकेतू पृथ्वीच्या कक्षेच्या विरुद्ध दिशेने परिभ्रमण करतो. २१ मे रोजी पृथ्वी त्याच्या शोपटातून गेली. त्यापूर्वी ज्योतिष्मार्तण्डांनी रेखाटलेली अनेक भविष्ये साफ खोटी ठरली. २३ मे रोजी खग्रास चंद्रग्रहण घडून आले. त्यावेळी हॅलेच्या धूमकेतूचे उत्तमरितीने निरीक्षण करता आले. खगोलशास्त्रज्ञ पेरिने याने ९ जुलैपर्यंत हॅलेच्या धूमकेतूचे साध्या डोळ्यांनी निरीक्षण केले. त्यावेळी तो मंदप्रभ होता आणि सिंह तारासमूहांत काहीसा अस्थिरसा भासू लागला. जूनच्या मध्यापर्यंत यर्किस वेधशाळेतील खगोल शास्त्रज्ञ बर्नाड यांनी त्याची दुर्बिणीतून छायाचित्रे घेतली, आणि एप्रिल अखेरपर्यंत दुर्बिणीतून निरीक्षणे केली. नंतर तो गुरु ग्रहाच्या कक्षेपलिकडे गेला आणि दिसेनासा झाला.

आज आधुनिक गणकयंत्राच्या साहाय्याने कोणत्याही धूमकेतूचा पुनरागमनकाल निश्चित करणे सोपे झाले आहे. रशियन खगोल शास्त्रज्ञ विल्येव यांनी हॅलेच्या धूमकेतूवर इ.स. ४५१ पासून स्त्रि.पू. ६२२ पर्यंत गुरू आणि शनी या ग्रहांच्या पडणाऱ्या प्रभावाचा अभ्यास केला आहे. पोलंडचे खगोल शास्त्रज्ञ कॉमी एन्की यांनी हॅलेच्या धूमकेतूचा पुनरागमनकाल ७६. ९०३ वर्षे असल्याचा निष्कर्ष काढला आहे. परंतु काहीवेळा हे मध्यंतर ७४.५ वर्षे असल्याचे दिसते तर कधी ते ७९.३ वर्षे असल्याचेही दिसून येते.

१२ फेब्रुवारी, १९९१ आकस्मिक पुनदर्शन

हॅलेचा धूमकेतू १९८६ मध्ये आपल्या सूर्यकुलाच्या अंतर्भागात आला होता. तो आता शनी ग्रहाच्या कक्षेपलिकडे त्याच्या भ्रमण मार्गावरून परिभ्रमण करीत आहे.

त्याच्या गाभ्यातून अभूतपूर्व उद्रेक होतांना युरोपियन सदरन वेधशाळेतील हॅनॉट आणि स्मिथ या निरीक्षकांना दिसले. हा उद्रेक १२ फेब्रुवारी, इ.स. १९९१ रोजी दिसला. या उद्रेकाचे कारण हे एक कोडेच आहे. इ.स. १९९० पर्यंत सूर्याच्या उष्णतेमुळे या धूमकेतूच्या गाभ्याभोवती वायूचे आणि धुळीचे आवरण होते परंतु तो दूर गेल्याने आता त्याचे बर्फाचा घाणेरडा गोळा असे स्वरूप असावयास हवे. या निरीक्षकांना हॅलेचा धूमकेतू एखाद्या तेजोमेघासारखा दिसला याचे कारण त्याच्या गाभ्यात काहीतरी कारणाने उद्रेक झाला असावा. एखादी लहान वस्तू त्यावर आदळली असावी. सौर वाऱ्याशी झालेल्या घर्षणाने असे घडले असावे किंवा त्याच्या गाभ्यात साठलेली कार्यशक्ती मुक्त झाली असावी असे अंदाज खगोल शास्त्रज्ञांनी बांधले आहेत. या उद्रेकामुळे या धूमकेतूभोवती ३०,००० किलोमीटर रुंदीचा धुळीचा ढग निर्माण झाला आहे. त्याची तेजस्विता तीनशे पटींनी वाढली आहे. २२ फेब्रुवारी इ.स. १९९१ रोजी धूमकेतूचा वर्णपट घेण्यातही स्मिथ यांना यश मिळाले. धूमकेतू इतक्या दूर अंतरावर असताना आतापर्यंत असा वर्णपट कधीही कुणालाही घेता आलेला नाही. ही एक अभूतपूर्व घटना आहे. डॉ डेवीड हग्व् यांच्या मते, या धूमकेतूवर लघुग्रहासारखी घन वस्तू जोराने आदळून हा उद्रेक घडून आला असावा. हॅलेचा धूमकेतू दुभंगला असावा असा खगोल शास्त्रज्ञांचा अंदाज आहे.



हॅलेचा धूमकेतू - माझे निरीक्षण

हॅलेच्या धूमकेतूचे आपल्या सूर्यकुलाच्या अंतर्भागातील अलिकडे झालेले आगमन हे एकोणतिसावे पुनरागमन होते. पाच वर्षांच्या अयशस्वी प्रयत्नानंतर कॅलिफोर्नियातील माऊंट पालोमार वेधशाळेतील पाच मीटर (दोनशे इंच) व्यासाच्या प्रचंड परावर्ती दुर्बिणीतून १६ ऑक्टोबर, इ.स. १९८२ रोजी डॉ. डेविट जेविटट आणि जी. एडवर्ड डॉनिएल्सन यांनी हॅलेच्या धूमकेतूचे पहिले छायाचित्र घेतले. त्यावेळी हॅलेचा धूमकेतू शनी ग्रहाच्या कक्षेपलिकडे होता आणि तो ४०,००० किलोमीटर अंतरावरून एखाद्या मेणबत्तीचा प्रकाश जेवढा दिसेल तितका मंदप्रभ होता. साध्या डोळ्यांनी दिसणाऱ्या मंदप्रभ ताऱ्याहून तो लक्षावधी पटींनी अंधूक होता. इ.स. १९८२ च्या अखेरीस अॅरिझोना, हवाई आणि लासिल्ला येथील वेधशाळेतील दुर्बिणीतून त्याचे यशस्वी वेध घेतले गेले. इ.स. १९०९ मध्ये झालेल्या हॅलेच्या धूमकेतूच्या निरीक्षणांशी तुलना केली तर यावेळी तो सूर्यापासून तीन पटीने दूर असताना आणि दोन हजार पटींनी अंधूक असताना शोधला गेला हे विशेष आहे. आपल्या भारतातील कवलूर येथील एक मीटर (बेचाळीस इंच) व्यासाच्या परावर्ती दुर्बिणीतून हॅलेच्या धूमकेतूचे छायाचित्र २९ ऑगस्ट, इ.स. १९८५ रोजी घेतले गेले. त्यावेळी हॅलेचा धूमकेतू एखाद्या लहानशा बेडकासारखा दिसला असे वर्णन बंगलोरच्या इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ अॅस्ट्रोफिजिक्सचे प्रा. शिवरामन यांनी केले. हॅलेचा धूमकेतू त्यावेळी गुरू आणि मंगळ यांच्या कक्षांच्या मध्ये ४३०,०००,००० (43 x 10⁷) अंतरावर होता.

मी हॅलेच्या धूमकेतूचा शोध घेण्यास ९ सप्टेंबर, इ.स. १९८५ रोजी प्रारंभ केला. आकाश बहुधा निरभ्र असे. अधून मधून ढग येत आणि वेध घेण्यात अडचण येई. २४ सप्टेंबर रोजी मिथुन तारासमूहांत वेध घेताना मला संशय वाटला. पण खात्री वाटेना. त्यानंतर चंद्र आकाशात आल्याने माझ्या वेधात व्यत्यय आला. मी रोज रात्री दोन वाजता उठायचो आणि पहाटे साडेचारपर्यंत दुर्बिणीतून वेध घ्यायचो. या माझ्या दैनंदिन कार्यक्रमात मी एकही दिवस खंड पडू दिला नाही. मिथुन आणि वृषभ तारासमूह मी रोज अक्षरशः पिंजून काढले. या तारासमूहांतील धूमकेतूसारख्या दिसणाऱ्या तेजोमेघांची सर्व प्रथम नोंद केली. अखेरीस १९ ऑक्टोबर इ.स. १९८५ रोजी पहाटे चार वाजता मिथुन आणि वृषभ तारासमूहांच्या मधोमध मी हॅलेच्या धूमकेतूचे दर्शन घेतले. या प्रथम दर्शनाने मी फार आनंदून गेलो. त्यावेळी धूमकेतू मी माझ्या मोठ्या बायनॉक्युलर मधून (२०(((८०) पाहिला. त्याचे स्थिर ताऱ्यांच्या पार्श्वभूमीवरील स्थान प्रथम निश्चित केले. त्याचे वैषुवांश ६ तास आणि क्रांती (((२० अंश होती. २० ऑक्टोबर इ.स. १९८५ रोजी त्याच्या स्थानात बदल दिसला नाही. ऑक्टोबर आणि नोव्हेंबर महिन्यात भारतातील विविध संस्था आणि हौशी खगोल शास्त्रज्ञांनी हॅलेच्या धूमकेतूची निरीक्षणे केली. भारत 'इंटरनॅशनल हॅले वॉच' चा सभासद राष्ट्र होता.

मी हॅलेच्या धूमकेतूचे निरीक्षण कसे केले हे सांगण्यापूर्वी धूमकेतूचे निरीक्षण कसे करावे या संदर्भात विवेचन करणे आवश्यक आहे. तसेच धूमकेतूच्या ज्या भागांचे निरीक्षण करायचे त्यासंबंधी माहिती असणे जरूर आहे. इ.स. १९१० मध्ये झालेल्या हॅलेच्या धूमकेतूच्या पुनरागमनाच्या वेळी दृश्य निरीक्षणाचे महत्व अनन्यसाधारण होते. त्यावेळी छायाचित्रणाचे तंत्र आजच्या एवढे विकसित झालेले नव्हते. तरीही कोणत्याही निरीक्षकाला धूमकेतू कोठे दिसतो तो किती तेजस्वी आहे तो कशासारखा दिसतो? असे मूलभूत प्रश्न आजही पूर्वीप्रमाणेच विचारावेसे वाटतात. या प्रश्नांमध्येच धूमकेतूच्या निरीक्षणाचे तंत्र दडलेले आहे. धूमकेतू कोठे दिसतो? हे निश्चित करण्यासाठी

आकाशातील ज्योतींचा समग्र परिचय हवा. त्यासाठीच आकाशाची संपूर्ण ओळख करून देणारा आकाशदर्शन अँटलासही जवळ असणे आवश्यक आहे. आकाशदर्शन अँटलासची जरूरी दोन गोष्टीसाठी असते. एखादा धूमकेतू आपणास सापडल्यानंतर स्थिर ताऱ्यांच्या पार्श्वभूमीवर त्या धूमकेतूचे स्थान आपणास निश्चित करता येते. हे स्थान निश्चित करताना आकाशदर्शन अँटलासमधील वैषुवांश आणि क्रांती अत्यंत उपयुक्त ठरतात. वैषुवांश याचा अर्थ वसंत संपातापासून काढलेल्या दक्षिणोत्तर रेषेपासून पूर्वेकडे मोजलेले कोनीय अंतर होय. हे अंतर तास, मिनिटे सेकंद असे सांगितले जाते. नकाशात वैषुवांश हे वर आणि खाली सामान्यपणे रोमन आकाड्यात दिलेले असून क्रांतीचे आकडे नकाशाच्या कडेला अंशात दिलेले असतात. आकाशातील एखाद्या भागाचा स्वतंत्र नकाशा वैषुवांश आणि क्रांती ठरविताना अधिक उपयोगी ठरतो. क्रांती ही वैष्णविक वृत्तापासून सुरू होते. ती उत्तरेकडे आणि दक्षिणेकडे अशा रितीने शून्यापासून नव्वदपर्यंत मोजली जाते. नॉर्टन, बेकॅव्हर, रॉथ कोहली हे आकाशदर्शन अँटलास परिपूर्ण आणि उपयुक्त आहेत. धूमकेतूच्या कक्षासंबंधीचा समग्र माहितीचा अत्यंत महत्त्वाचा असा कॅटलॉग डॉ. ब्रियन मार्सडेन यांनी प्रकाशित केला आहे.

चार्ल्स मेसियर या खगोल शास्त्रज्ञाने इ. स. १७८१ मध्ये एक अत्यंत महत्त्वाची कामगिरी केली ती म्हणजे आकाशातील प्रत्येक तारासमूहांत दिसणाऱ्या तेजोमेघ आणि तारकागुच्छाची नोंद ही होय. ही नोंद आजही प्रमाणित मानली जाते. आकाशातील तेजोमेघ आणि तारकागुच्छ या दोन्ही ज्योती अत्यंत फसव्या आहेत. दुर्बिणीतून काहींचे दर्शन अगदी धूमकेतूसारखेच घडते. धूमकेतूचा शोध करतांना या फसव्या ज्योतींविषयी ज्ञान असेल तर गोंधळ होणार नाही. हॅलेचा धूमकेतू १२ एप्रिल, इ.स. १९८६ रोजी वृश्चिक आणि नरतुरंगाच्या जवळपास असतांना रात्रीचे अडीच ते पहाटे साडेचार या वेळात त्याचे दर्शन घडले. त्यावेळी या दोन्ही तारासमूहांतील तेजोमेघांच्या जवळून त्याची वाटचाल झाली. त्यावेळी दुर्बिणीतून दिसलेल्या तेजोमेघालाच अनेकजण हॅलेचा धूमकेतू समजले. अल्काँक या इंग्लंडमधील खगोल

शास्त्रज्ञाने एन. जी. सी. ३३४४ हा लघुसिंह तारासमूहांतील तेजोमेघ अगदी धूमकेतूच वाटतो असे म्हटले आहे ते अगदी यथार्थ आहे. कालेय तारासमूहांतील एन. जी. सी. ६६५४ हा तेजोमेघही धूमकेतूसारखाच दिसतो. तेजोमेघ आणि तारकागुच्छ यांना क्रमांक दिलेले आहेत. त्यांच्यामागे एम किंवा एन. जी. सी. अशी अक्षरे असतात. एम हे अक्षर मेसियरच्या गौरवार्थ लिहिलेले असते आणि एन. जी. सी. ही अक्षरे न्यू जनरल कॅटलॉग या तीन इंग्रजी शब्दांची आद्याक्षरे आहेत. धूमकेतूप्रमाणे दिसणारे फसवे तेजोमेघ कुंभ, श्यामसबल, महाश्च, वृश्चिक तारासमूहांत आहेत. कालेय, शर्मिष्ठ, सिंह, सप्तर्षी, त्रिशंकू हे तारासमूह तर तेजोमेघांनी व्यापलेले आहेत.

धूमकेतूच्या निरीक्षणासाठी वा शोधासाठी लहान दुर्बीण फारच उपयुक्त ठरते. मोठी दुर्बीण या कामासाठी निरुपयोगी असते. दुर्बीण भिंगाची हवी का आरशाची हा फारसा महत्त्वाचा मुद्दा नाही. याचे कारण दोहोचेही फायदे, तोटे आहेत. धूमकेतूच्या निरीक्षणासाठी विवर्धनक्षमता कमी असावी लागते. त्यामुळे दुर्बीणीचे क्षेत्र विस्तृत होते त्यामुळे एकाच दृष्टीक्षेपात धूमकेतूचा मध्यभाग, शिखावलय आणि शेपूट यात होणारे बदल दुर्बीणीतून उत्तमप्रकारे दिसू शकतात. विवर्धनक्षमता जास्त वापरली तर धूमकेतूचे काही भाग दिसेनासे होतात. धूमकेतूच्या निरीक्षणासाठी ७ x ५०, ८ x ४०, १० x ५० या प्रकारातील बायनॉक्युलर वापरणे चांगले. ७, ८, १० हे अंक विवर्धनक्षमतेचे असून पुढील अंक त्या त्या बायनॉक्युलरच्या पदार्थीय भिंगाचा व्यास दर्शवितात. मोठा बायनॉक्युलर असेल तर मात्र भक्कम ट्रायपॉडची सोय हवीच. त्याशिवाय स्थिर निरीक्षण करता येणार नाही. धूमकेतूच्या प्रतिमेचे केंद्रीकरण करताना प्रथम डाव्या डोळ्याने पाहून मधले चक्र फिरवावे. उजव्या डोळ्याचा क्रम नंतर उजवीकडील नेत्रवीक्ष्य फिरवून निश्चित करावा.

साध्या डोळ्यांनी एखाद्या तेजस्वी धूमकेतूचे निरीक्षण करताना आपणास त्याचे शीर्ष आणि शेपूट अशा दोनच गोष्टींचे सामान्यपणे दर्शन घडते परंतु दुर्बीणीतून वा बायनॉक्युलर मधून धूमकेतूचे अधिक

बारकावे दृष्टीस पडतात. कोणत्याही मोठ्या वेधशाळेत प्रत्येक धूमकेतूचे सातत्याने निरीक्षण करण्याच्या कार्यक्रमाचा अंतर्भाव नसतो. त्यामुळे हौशी खगोल शास्त्रज्ञांना आजही धूमकेतूच्या शोधाचे आणि निरीक्षणाचे क्षेत्र उपलब्ध आहे. इ.स. १९७६ मध्ये दिसलेला वेस्ट धूमकेतू फुटणार असल्याचे भाकित मी त्यावेळी केलेल्या निरीक्षणांच्या आधारे केले होते आणि ते खरे ठरले.

धूमकेतूचे केंद्र हे खरोखर ताऱ्यांच्या बिंदूप्रमाणेच दिसते. ते धूमकेतूच्या शीर्षाच्या मध्यभागी असते. कोणतीही विवर्धनक्षमता वापरून दुर्बिणीतून निरीक्षण केले असता ते ताऱ्यांच्या बिंदूप्रमाणेच तेजस्वी दिसते. त्यात बदल झालेला सहसा दिसत नाही. मात्र केंद्राची ही तेजस्विता धूमकेतूच्या एकूण तेजस्वितेचा विचार करता अंधुकच दिसते. काहीवेळा जास्त विवर्धनक्षमतेचा वापर केला तर फसव्या केंद्राचे दर्शन घडू शकते. ते हळूहळू पुसट होत गेल्याचे दिसते आणि नंतर बिंबाच्या स्वरूपात त्याचे दर्शन घडते. प्रत्यक्षात धूमकेतूचे केंद्र हे अत्यंत लहान, काही हजार मीटर व्यासाचे असते. त्यामुळे त्याचे निरीक्षण धूमकेतू पृथ्वीच्या जवळ आल्याखेरीज करता येत नाही. काहीवेळा या केंद्राचे विभाजन दोन वा अधिक भागात झालेले दिसते. असे का घडते ? याचे कारण अजून आकलन झालेले नाही. अशावेळी मोठ्या दुर्बिणीतून धूमकेतूचे केंद्र विस्तारलेले दिसते. एखादा व्दैती तारा जसा विभाजित झालेला दिसतो. तसेच हे दृश्य दिसते. त्यानंतर हे दोन्ही बिंदू नंतरच्या रात्रीत एकमेकांपासून दूर गेलेले दिसतात. वेस्ट धूमकेतूच्या अशा अनेक केंद्रांना लहानसर शेपटे होती. इ.स. १८८२ च्या धूमकेतूच्या अशाच केंद्रांचे दर्शन एखाद्या साखळीत तेजस्वी हिरे अडकवून ठेवावेत अशा स्वरूपात घडले.

धूमकेतूच्या मध्यभागाभोवती त्याची शिखा असते. ती लोह, मॅग्नेशियम, अमोनिया, मेथेन, बर्फ अशा पदार्थांनी बनलेली असते. मध्यभाग लहान असतो. धूमकेतू जर अधिक तेजस्वी असेल तर शिखावलय लंबवर्तुळाकर असते. धूमकेतूचे केंद्र लहान असते तर शिखावलय प्रत्यक्षात मोठे असते. परंतु त्यात वस्तुमान मात्र फारच अल्प असते.

एखादा धूमकेतू जेव्हा एखाद्या ताऱ्यावरून जातो तेव्हा काहीच परिणाम जाणवत नाही. हॅलेचा धूमकेतू १६ नोव्हेंबर इ. स. १९८५ रोजी कृत्तिका तारासमूहांच्या जवळ पहाटे चार वाजता त्याची पश्चिमेकडे वाटचाल झाली. तेव्हा असे पिधान घडल्याचे मी पाहिले. काही वेळा शिखावल्यात बंदल झाल्याचे निरीक्षणात दिसतात. त्यात तेजस्वी स्तर दिसून येतात. बेनेट धूमकेतूच्या शिखावल्यात मला तीन स्तर दिसले होते. केंद्रातून तेजस्वी आवरणाचे स्तर शिखावल्यात गेलेले दिसतात. अतितेजस्वी धूमकेतूमध्येच त्यांचे दर्शन घडते. काहीवेळा धूमकेतूच्या 'केंद्राची छाया' दुर्बिणीतून दिसते. ती केंद्रातून निघून शोपटाकडे गेलेली दिसते. ही गडद अतिअरुंद अशी काळी रेषाच असते. सूर्याच्या विरुद्ध बाजूला ती असते. ही खरीखुरी छाया मात्र नव्हे.

धूमकेतूचे शोपूट तो सूर्याजवळ आल्यानंतर दिसते. केवळ दुर्बिणीतूनच दिसू शकणाऱ्या धूमकेतूमध्ये त्याच्या शोपटाचे सामान्यपणे दर्शन घडत नाही. धूमकेतूच्या शोपटाचे तीन प्रकारात वर्गीकरण केले गेले आहे. पहिला प्रकार वायूचे शोपूट. त्याची घडण लांबच लांब तंतूंनी झाल्याचे आपणास निरीक्षणात दिसते. त्यात गाठीही दिसतात. तासा-तासांनी शोपटाच्या किरणात बदल झाल्याचेही कळून येते. दुसरा प्रकार धुळीचे वक्राकार, रुंद असे शोपूट होय. धुळीचे शोपूट तांबूस रंगाचे असते. वायूचे शोपूट निळसर असते. धूमकेतूच्या तिसऱ्या प्रकारातील शोपूट आखूड आणि जाडजूड असते. काहीवेळा धूमकेतूला दोन, तीन किंवा त्याहून अधिक शोपटे आढळतात. होण्डा धूमकेतूला इ.स. १९६८ VI पाच वेगवेगळी शोपटे होती. एरॉन रोलॉन धूमकेतूला (इ.स. १९५७) त्याच्या शीर्षाच्या बाजूने शोपूट फुटले होते.

धूमकेतूची तेजस्विता ही त्याच्या केंद्रभागाची तेजस्विता गृहीत धरून अजमाविली जाते. हिप्पार्कस या खगोलशास्त्रज्ञाने नुसत्या डोळ्यांनी दिसणाऱ्या ताऱ्यांचे साधारणपणे सहा वर्ग केले. त्याने केलेल्या वर्गवारीला टॉलेमीने गणिती रूप दिले. टॉनेमीने ताऱ्यांच्या तेजावरून त्यांच्या प्रती ठरविल्या. त्यानंतरच्या काळात प्रकाश चित्रांच्या आणि विद्युत्मापकयंत्रांच्या साहाय्याने ही प्रतवारी निश्चित केली गेली. पहिल्या

प्रतीचा तारा दुसऱ्या प्रतीच्या ताऱ्याच्या अडीचपट तेजस्वी असतो. कोणत्याही दोन प्रतींच्या ताऱ्यात तेजाचा फरक अडीचपट असतो. जेमतेम दिसणारा तारा सहाव्या प्रतीचा मानला जातो. ताऱ्यांच्या तेजस्वितेची एकेक पायरी म्हणजे त्यांच्या प्रकाशाच्या अडीच अडीच पटीचा फरक होय. ताऱ्यांची प्रत आणि त्यांचे दर्शन या गोष्टी उत्तम दृष्टी आणि स्वच्छ निरभ्र आकाश यावरही अवलंबून असतात. दोन इंची दुर्बिणीतून नऊ प्रतीपर्यंतची वस्तू पाहत येते तर तीन इंची दुर्बिणीतून अकरा प्रतीपर्यंतचा वेध घेता येतो.

धूमकेतूची हालचाल स्थिर ताऱ्यांच्या पार्श्वभूमीवर होते. ताऱ्यांच्या पार्श्वभूमीवर धूमकेतूच्या गतीचा नकाशा रेखाटावा आणि जागतिक वेळेची नोंद करावी. उत्तर, दक्षिण दिशा दाखवाव्यात. तारे ज्या दिशेला सरकतील ती पश्चिम होय. जर धूमकेतूचे वैषुवांश वाढत असतील तर तो पूर्वेकडे जात आहे असे समजावे आणि कमी होत असतील तर तो पश्चिमेकडे जात आहे असे गृहीत धरावे. जर क्रांतीचे अंश वाढत असतील तर धूमकेतू उत्तरेकडे सरकत आहे असे मानावे आणि जर ते कमी-कमी होत असतील तर तो दक्षिणेकडे जात आहे असे लक्षात घ्यावे. हा फरक चोवीस तासांच्या अंतराने समजू शकतो.

धूमकेतूच्या निरीक्षणात दृश्य निरीक्षणांचे स्थान फार महत्त्वाचे आहे. छायाचित्रणापेक्षाही त्यांचे मूल्य अधिक आहे. धूमकेतूचे प्रत्यक्ष निरीक्षण करताना त्याची वेळोवेळी केलेली पद्धतशीर चित्र रेखाटणे संशोधनाच्या दृष्टीने फार मोलाची असतात त्याशिवाय ती जिवंतही वाटतात. त्यात छायाचित्रात न येणारे सूक्ष्मतम बारकावे समाविष्ट होतात. ही रेखाटने काळ्या, मऊ पेन्सिलीने पांढऱ्या कागदावर व्यस्त चित्रे रेखाटून करावीत. प्रत्येक निरीक्षणासमवेत दिनांक, जागतिक वेळ, दुर्बिणीचा प्रकार, पदार्थीय भिंगाचा व्यास, विवर्धनक्षमता, धूमकेतूचे समग्र वर्णन त्यात त्याचा आकार, शिखावलय्याचा व्यास, धूमकेतूची प्रत, शोपटाची लांबी, केंद्र, आवरण, किरण यांची माहिती असा समावेश असावा. त्याचा अभ्यासकांना फार उपयोग होतो.

धूमकेतूची प्रत निश्चित करण्यासाठी दुर्बिणीला कमी विवर्धनक्षमतेचे

नेत्रवीक्ष्य वापरून किंवा बायनॉक्युलरचा वापर करून धूमकेतूचा कोनीय आकार कमी करावा. त्यानंतर दुर्बीण वा बायनॉक्युलरमधून धूमकेतू आणि केंद्रबाह्य ताऱ्यांची प्रतिमा त्यांच्या बिंबाचे व्यास साधारणपणे सारखे होईपर्यंत विकेंद्रीत करायची. त्याचबरोबर आपणास ज्यांची प्रत ठाऊक आहे असे जवळपासचे दोन तारे निवडायचे. त्यातील एक धूमकेतूपेक्षा तेजस्वी असावा आणि दुसरा धूमकेतूहून मंदप्रभ असावा. या तुलनात्मक ताऱ्यांच्या प्रतीच्या आधारे धूमकेतूची प्रत निश्चित करता येते. दोन किंवा तीन ताऱ्यांच्या जोडीच्या आधारे प्रत निश्चित केल्यास ती पुष्कळशी अचूक येते. धूमकेतूच्या शिखावल्याचा व्यास निश्चित करण्याच्या विविध पद्धती आहेत. सर्वात सोपी पद्धती म्हणजे आपल्या डोळ्यांनीच शिखावल्याचा सापेक्ष व्यास वेळोवेळी मोजण्याचे तंत्र होय. बायनॉक्युलरच्या क्षेत्रात सोयीची ताऱ्यांची जोडी निवडून तिचे निरीक्षण करावे. त्या ताऱ्यांचे विलगीकरण शिखावल्याएवढे होण्यास किती अंश लागतात त्यावरून शिखावल्याचा व्यास मापता येतो. या दोन्ही ताऱ्यातील विलगीकरणाचे मापन नंतर नकाशावरून करून शिखावल्याच्या व्यासाची अंतिम निश्चिती करता येते. रेटिकल नेत्रवीक्ष्याच्या उपयोगामुळे धूमकेतूच्या आवरणाचा आकार, किरण, केंद्राचे होणारे विलगीकरण यांचेही आकलन होते. धूमकेतूच्या शेपटाचे मापन करणे ही एक सरळ गोष्ट आहे. जर धूमकेतूचे शेपूट १० अंशापेक्षा मोठे नसेल तर कोणतीच अडचण येत नाही. धूमकेतूचे शीर्ष आणि शेपटाचे शेवटचे टोक नकाशावर ठेवून शेपटाचे मापन करता येते. पण धूमकेतूच्या अधिक लांब शेपटाच्या विस्ताराचे मापन गणिताधारे करावे लागते. कारण नकाशा प्रक्षेपणात काही स्वाभाविक उणिवा या असतातच. खालील सूत्र वापरून धूमकेतूच्या शेपटाची लांबी ठरविता येते. कॅलक्युलेटरच्या मदतीने चटकन् उत्तर मिळते.

$$\text{Cos } 1 = \text{Sind } 1 \text{ Sind } 2 + \text{Cosd } 1 \text{ Cosd } 2 \text{ Cos } (q_1 - q_2)$$

या सूत्रात १ ही शेपटाची लांबी आहे. धूमकेतूच्या शीर्षाचे वैषुवांश a_1 असून क्रांती d_1 आहे. सर्व मूल्ये अंशात आहेत.

धूमकेतूचे शेपूट कोणत्या दिशेने स्थितीय कोनात आहे ते ठाऊक

असणेही जरूर आहे. आपण दुर्बिणीतून वा बायनॉक्युलरमधून दिसणारे क्षेत्र घड्याळाची तबकडी आहे अशी कल्पना केली तर शेपटाच्या स्थितीय कोनाचे आणि शेपटाच्या दिशेने मापन करता येते. घड्याळातील १२ ही उत्तर ० अंश, ३ ची वेळ पश्चिम २७ अंश, ६ ची वेळ दक्षिण १८० अंश आणि ९ ची वेळ पूर्व ९० अंश होय. उत्तरेकडून पूर्वेकडे स्थितीय कोनाचे मापन करता येते. नकाशाच्या आधारे धूमकेतूच्या शेपटाच्या स्थितीय कोनाचे मापन करता येते तसेच धूमकेतूच्या ठरावीक वेळेच्या अंतराने छायाचित्रे घेऊनही मापन करता येते. हॅलेच्या धूमकेतूचे इ.स. १९८५-८६ मध्ये झालेले आगमन जनसामान्यांच्या दृष्टीने निराशाजनक ठरले. हॅलेच्या धूमकेतूची या वेळेची 'भूमिती' त्याच्या 'दर्शना' च्या दृष्टीने प्रतिकूल असल्याचे खगोल शास्त्रज्ञांनी आवर्जून सांगितले होते. तथापि अंतराळ युगातील हॅलेच्या धूमकेतूचे हे पुनरागमन अतिशय फलदायी ठरले आहे. इ.स. १९१० मध्ये झालेल्या हॅलेच्या पुनरागमनाशी तुलना करता हॅलेचा धूमकेतू अगदीच मंदप्रभ असा यावेळी दिसला. या पूर्वीच्या दोन हजार वर्षांत हॅलेच्या धूमकेतूएवढा अंधुक कधीही दिसला नाही. तरीही मी असे म्हणोन की, ज्यांनी या काळात हॅलेच्या धूमकेतूची निरीक्षणे केली त्यांना हॅलेच्या धूमकेतूचे एकसंध असे विविध रूपातील दर्शन खचित घडले. मला हॅलेचा धूमकेतू एक क्रियाशील, गतिमान आणि चंचल स्वरूपाचा दिसला. यावेळी झालेल्या पुनरागमनाच्या वेळीही दृश्य निरीक्षणांचे महत्त्व अनन्य साधारण मानले गेले. 'इंटर नॅशनल हॅले वॉच' ची निर्मिती त्यादृष्टीनेच झाली होती. हॅलेच्या गतकालात झालेल्या दृश्य निरीक्षणांचा तुलनात्मक अभ्यास करणे हे प्रमुख उद्दिष्ट त्यामागे होते. हॅलेच्या धूमकेतूमध्ये कोणते अर्थपूर्ण बदल घडून आले ? ही अत्यंत महत्त्वाची गोष्ट या दृश्य निरीक्षणांच्या आधारे कालांतराने आपणास कळू शकेल.

हॅलेच्या धूमकेतूच्या दृश्य निरीक्षणांचा यावेळेचा प्रारंभ जानेवारी इ.स. १९८५ मध्ये झाला. हौशी खगोल शास्त्रज्ञ मिऍश याने चोवीस इंची दुर्बिणीतून मऊना किआ शिखरावरून सर्वप्रथम हॅलेच्या धूमकेतूचे दर्शन घेतले. त्यावेळी त्याची प्रत १९.६ होती. हॅलेचा धूमकेतू अत्यंत

अंधूक असतानाही तो पाहिला ही अतिशय महत्त्वाची घटना होय. यापूर्वी अशी घटना कधीही घडली नव्हती. हॅलेच्या धूमकेतूची जुलै इ.स. १९८५ अखेरपर्यंत सूर्याशी युती असल्याने त्याचे दर्शन घडू शकले नाही. जुलै अखेरीस त्याची प्रत १२ व्हावी अशी अपेक्षा होती परंतु तो १५ प्रतीचा होता आणि त्याचे दर्शन केवळ वेधशाळातील मोठ्या दुर्बिणीतूनच घडू शकले. १६ ऑगस्ट, इ. स. १९९५ रोजी अमावस्या होती आणि चंद्र आकाशात नसल्याने हॅलेचा धूमकेतू मोठ्या दुर्बिणीतून एखाद्या गडद विस्कळीत ठिपक्याप्रमाणे दिसला. त्यावेळी तो १४ प्रतीचा होता. अपेक्षेप्रमाणे 'केसाळ तारा' दिसला नाही. ऑगस्ट महिन्याच्या अखेरीस हॅलेचा धूमकेतू जलदगतीने तेजस्वी झाला. त्याची प्रत १३.२ झाली. चंद्र आकाशात नसतांना त्याची प्रत १२ व्हावी असे अपेक्षित होते. परंतु हॅलेने निराशा केली. सप्टेंबर महिन्यात त्याच्या तेजस्वितेत बरीच वाढ झाली. त्याचा आकार तीन पट विस्तारला. विस्कळीत अशा या ठिपक्याच्या केंद्रभागात तेजस्विता दिसू लागली. मोठ्या दुर्बिणी 'भासमान केंद्र' अथवा 'तारकिय संघनन' दृष्टीस पडले. त्याशिवाय हॅलेच्या धूमकेतूची शिखा पश्चिमेकडे विस्तारत असल्याचे दिसले. धूमकेतूला शेपूट फुटत असल्याचे ते चिन्ह होते. ऑक्टोबर महिन्यात हॅलेची तेजस्विता दररोज वाढत असल्याचे निरीक्षकांना दिसून आले. ऑक्टोबरच्या दुसऱ्या सप्ताहात हॅलेचा धूमकेतू मोठ्या बायनॉक्युलरच्या टप्प्यात आला.

माझ्या हॅलेच्या धूमकेतूच्या निरीक्षणास १.९ ऑक्टोबर इ.स. १९८५ पासून प्रारंभ झाला. मिथुन आणि वृषभ तारासमूहांच्या मधोमध हॅलेच्या धूमकेतूचे सर्वप्रथम पहाटे चार वाजता मी दर्शन घेतले. त्यावेळी धूमकेतूची प्रत ८ ते ९ होती. त्याच्या शिखावलयाचा व्यास ४' होता. नंतरच्या निरीक्षणात तो वाढत असल्याचे मला दिसून आले.

हॅलेचा धूमकेतू पृथ्वीकडे वेगाने येत होता. त्यामुळे त्याच्या तेजस्वितेत वाढ अपेक्षित होती. ३ नोव्हेंबर इ.स. १९८५ रोजी हॅलेच्या धूमकेतूची प्रत ७.२ होती. त्याचे शिखावलय १५' व्यासाचे मला बायनॉक्युलरमधून दिसले.

स्टिफन एडबर्ग आणि चार्ल्स एस्. मॉरिस यांनी ८ नोव्हेंबर इ.स. १९८५ रोजी साध्या डोळ्यांनी हॅलेचा धूमकेतू सर्वप्रथम पाहिला. त्यानंतर अनेक निरीक्षकांनी हॅलेच्या धूमकेतूचे साध्या डोळ्यांनी दर्शन घेतले. त्यात मीही एक होतो.

नोव्हेंबर महिन्यात मी हॅलेच्या धूमकेतूची अगदी सातत्याने नियमितपणे निरीक्षणे केली. १६ नोव्हेंबर, इ.स. १९८५ रोजी सायंकाळी सात वाजल्यापासून पहाटे पाचपर्यंत मी हॅलेच्या धूमकेतूचे दहा तास बायनॉक्युलरमधून निरीक्षण केले. त्यावेळी तो कृत्तिका तारासमूहांजवळ होता. त्यावेळी त्याची प्रत ५ होती. शिखावल्याचा व्यास २०' होता. २७ नोव्हेंबर, इ.स. १९८५ रोजी हॅलेच्या धूमकेतूचे पृथ्वीच्या जवळ असे पहिले आगमन झाले त्यावेळी तो पृथ्वीपासून ०.६२ ख.ए. अंतरावर होता. त्याची तेजस्विता वाढल्याचे आणि त्याला लहानसर शोपूट फुटल्याचे मला बायनॉक्युलरमधून केलेल्या निरीक्षणात आढळले.

हॅलेचा धूमकेतू सूर्याभोवती परिभ्रमण करतानाच पृथ्वीपासून दूर जात होता त्यामुळे त्याची तेजस्विता रोजच्या निरीक्षणात हळूहळू कमी व्हावी असे अपेक्षित होते, परंतु हॅलेच्या धूमकेतूची तेजस्विता एकदमच कमी झाली. डिसेंबर महिन्यात हॅलेचे दर्शन यथातथाच घडले. बायनॉक्युलरमधून तो अंधुक, विस्कळीत कापसाच्या बोळ्यासारखा दिसला. त्याच्या शोपटाचे दर्शन घडले नाही. शिखावलयही अगदी आंकुचित झाल्याचे दिसले. पृथ्वीपासून तो दूर गेल्याने असे घडले असावे. जानेवारी, इ.स. १९८६ मध्येही त्याचे खास असे वैशिष्ट्य मला दिसले नाही. जानेवारीच्या अखेरीस बायनॉक्युलरमधून त्याचे लहानसर शोपूट मला सूक्ष्मतम निरीक्षणानंतरच दिसू शकले. ते वायूचे शोपूट होते. या शोपटाच्या दक्षिण बाजूलाच काही निरीक्षकांना धुळीचे शोपूट दिसल्याचे अहवाल त्यावेळी मी वाचले. हॅलेचा धूमकेतू जसजसा सूर्याकडे जाऊ लागला तसतशी त्याची तेजस्विताही वाढू लागली. उपसूर्य स्थितीपूर्वी तो दिसेनासा झाला. त्यावेळी त्याची तारकीय प्रत ३.८ होती. हॅलेचा धूमकेतू ९ फेब्रुवारी, इ.स. १९८६ रोजी उपसूर्य स्थितीत होता.

उपसूर्य स्थितीनंतर मला हॅलेच्या धूमकेतूचे २१ फेब्रुवारी, इ.स. १९८६ रोजी सकाळी सहा ते साडेसहापर्यंत पूर्व क्षितिजावर कुंभ आणि मकर तारासमूहांत दर्शन घडले. हे उपसूर्य स्थितीनंतरचे प्रथम असे दर्शन सूर्योदयाच्याच काहीसे अगोदर घडल्याने त्यावेळी शेषूट आणि अन्य बारकावे मला दिसू शकले नाहीत. इकेया सेकी, बेनेट आणि वेस्ट या धूमकेतूशी तुलना करता हॅलेचा धूमकेतू उपसूर्य स्थितीनंतर मला फारच मंदप्रभ वाटला. हॅलेचा धूमकेतू या सुमारास साध्या डोळ्यांनी दिसू शकेल असे मला वाटले होते पण तसे घडले नाही. बायनॉक्युलर मधूनच मी तो पाहू शकलो. २८ फेब्रुवारी, इ.स. १९८६ रोजी पौर्णिमा होती. त्या दिवशी आकाशात चंद्र असूनही मला हॅलेच्या धूमकेतूचे बायनॉक्युलरमधून दर्शन घडू शकले. त्यावेळी त्याची प्रत ३ होती. चंद्रप्रकाशामुळे त्याच्या शेषूटाचे, शिखावल्याचे दर्शन घडणे अशक्य झाले. मार्च महिन्यात हॅलेच्या धूमकेतूची वाटचाल धनु तारासमूहांत झाली. १३ मार्च, इ.स. १९८६ रोजी पहाटे चार वाजता, हॅलेच्या धूमकेतूचे अत्यंत विलोभनीय असे दर्शन मला बायनॉक्युलरमधून घडले. त्याचे लांब शेषूट पश्चिमेकडे पसरलेले होते. वायूचे शेषूट आणि धुळीचे शेषूट या विभाजित अवस्था पाहतांना डोळ्यांना विलक्षण ताण पडला. एप्रिल महिन्यात हॅलेच्या धूमकेतूने उत्तर मुकुटापासून वृश्चिक आणि नरतुरंग या तारासमूहाकडे वाटचाल केली. वासुकी तारासमूहातून त्याची झालेली वाटचाल द्रुतगतीने झाली. १२ एप्रिल इ.स. १९८६ रोजी रात्री अडिच ते पहाटे साडेचार पर्यंत मी त्याचे निरीक्षण केले. साध्या डोळ्यांनी तो अगदी सहजतेने दिसला. बायनॉक्युलरमधून त्याचे केंद्र अत्यंत गडद तेजस्वी दिसले. १९ एप्रिल, इ.स. १९८६ रोजी रात्री साडे दहा वाजता आकाशात चंद्र असूनही मला हॅलेच्या धूमकेतूचे बायनॉक्युलर मधून दर्शन घडले. त्यानंतर चंद्रप्रकाशाच्या वाढत्या तीव्रतेमुळे तो सात दिवस मला दिसू शकला नाही. २६ एप्रिल, इ.स. १९८६ रोजी रात्री साडे आठ ते साडे नऊ या वेळात दक्षिणेकडे डोक्यावर त्याचे बायनॉक्युरलमधून दर्शन घडले. तो विस्कळीत असा दिसला. त्याची गती उत्तरेकडे होती. २७ एप्रिल,

इ.स. १९८६ रोजी हस्ताजवळ वासुकीच्या खाली रात्री नऊ वाजता मला तो आदल्या रात्रीपेक्षा तेजस्वी दिसला. एप्रिलच्या पहिल्या आणि दुसऱ्या सप्ताहात हॅलेचा धूमकेतू आकाशगंगेच्या दक्षिण कडेला असल्यामुळे त्याच्या शेपटाचे दर्शन घडू शकले नाही. त्याचे शिखावलय चांगलेच तेजस्वी दिसवे. त्यावेळी त्याची प्रत २.५ असावी. १२ एप्रिल, इ.स. १९८६ रोजी हॅलेच्या धूमकेतूच्या वायू आणि धुळीच्या शेपटांचे विभाजन स्पष्टपणे दिसले. नंतरच्या निरीक्षणात हे वैशिष्ट्य दिसले नाही. मी दुर्बिणीला अधिक विवर्धन क्षमतेचे नेत्रवीक्ष्य लावून निरीक्षण केले असता मला धूमकेतूच्या संघनित भागात रेषांचे दर्शन घडले. या रेषा सतत मात्र दिसल्या नाहीत. हॅलेच्या केंद्रभागातून उसळणाऱ्या झोतामुळे हे रेषांचे दृश्य दिसले असावे. हॅलेच्या सन्निध गेलेल्या जिओटो, व्हिगा अंतराळयानांनी हे झोताचे दृश्य चित्रित केले आहे. ही झोत निर्मिती धूमकेतूच्या उपसूर्य स्थितीपासून नंतर अगदी जूनपर्यंत चालू होती. २४ एप्रिल, इ.स. १९८६ रोजी चंद्रग्रहण घडून आले. त्यावेळी एक अनोखे दृश्य पृथ्वीच्या काही भागात दृष्टीस पडले. हॅलेच्या ३.५ प्रत असलेल्या शिखावलययातून निघालेल्या लांब शेपटाचे काही निरीक्षकांना दर्शन घडले. आकाशात चषक तारासमूहात असलेल्या धूमकेतूच्या शीर्षापासून 'हस्ता' मधून ते 'कन्या' तारासमूहात गेलेले होते. त्याची लांबी २५ अंश होती. जसजसा धूमकेतू मंदप्रभ होत गेला तसतसे ते अंधुक होत गेले. मी हॅलेच्या धूमकेतूचे शेवटचे असे निरीक्षण १० मे, इ.स. १९८६ रोजी रात्री साडे आठ वाजता बायनॉक्युलर मधून केले. त्यावेळी हॅलेचा धूमकेतू अगदी अंधुक आणि कापसाप्रमाणे दिसला. त्याची प्रत ५.५ होती. मे च्या अखेरीस चंद्र आकाशात नसतांना तो पुन्हा दृष्टीस पडेल अशा अपेक्षेने मी पुन्हा वेध घेण्याचा प्रयत्न केला पण मला यश आले नाही.

इंटरनॅशनल वॉच चे स्टिफन एडबर्ग आणि ऑरिझोना विद्यापीठाचे डेविड लेव्ही यांनी पंचाहत्तर हजार फूट उंचीवरून हॅलेचा धूमकेतू २५ मे, इ.स. १९८६ रोजी पाहिला. इतर अनेक निरीक्षकांनी तो ३० मे, इ.स. १९८६ अखेरपर्यंत पाहिल्याचे म्हटले आहे. यावेळी धूमकेतूची

तारकीय प्रत ६ होती. जून महिन्यात पृथ्वी आणि हॅलेचा धूमकेतू यातील अंतर २६६,०००,००० कि.मी. (२६६ X १०) वरून ४०६,०००,००० कि.मी. (४०६ X १०) झाले आणि वेगाने सुरू झाला. जून, इ.स. १९८६ मध्ये हॅलेचा धूमकेतू 'षडंश' तारासमूहात होता. त्यावेळी त्याचे पंख्याप्रमाणे दिसणारे शेपूट काही निरीक्षकांनी दुर्बिणीतून पाहिले. ते अतिशय अंधुक होते आणि त्याची लांबी १ अंश होती. जून महिन्यात मोठ्या वेधशाळांनी हॅलेच्या धूमकेतूची दुर्बिणीतून छायाचित्रे घेतली. त्यात त्याला सूर्याच्या बाजूने एक शेपूट दिसले. यावेळी हे फारच अनपेक्षित होते. संशोधकांना हे मोठे रहस्य वाटते. याच काळात हॅलेच्या धूमकेतूचे ताऱ्याप्रमाणे दिसणारे भासमान केंद्र दिसेनासे झाले. ९ जून, इ.स. १९८६ रोजी हॅलेच्या केंद्रातून धुळीचा झोत बाहेर पडल्याचे दिसले. ही घटना आण्विक उद्रेकाची होती. या घटना घडत असल्याचा प्रत्यय हॅलेच्या धूमकेतूच्या शिखावल्यात ताऱ्याच्या बिंदूप्रमाणे दिसणाऱ्या प्रकाशामुळे निरीक्षकांना आला. धूमकेतूच्या केंद्रातून धूळ जशी दूर विस्तारत गेली तसे धूमकेतूचे भासमान केंद्र विस्तारीत बिंबाप्रमाणे दिसले. दर दिवशी ते अधिकाधिक मोठे होत होते आणि विस्कळीत झाल्याचे दिसले. उत्तर गोलार्धात हॅलेच्या धूमकेतूचे शेवटचे असे निरीक्षण त्याची सूर्याशी युती होण्यापूर्वी न्यू मेक्सिको येथील निरीक्षक अॅलन हेल यांनी १३ जुलै, इ.स. १९८६ रोजी दुर्बिणीतून केले. त्यावेळी हॅलेच्या धूमकेतूची प्रत ९ होती. दक्षिण गोलार्धातील हॅलेच्या धूमकेतूचे अखेरचे निरीक्षण झिम्बावे मधील रिचर्ड फ्लीट यांनी चौदा इंची परावर्ती दुर्बिणीतून केले. त्यांचे हे निरीक्षण जवळ जवळ १३ ऑगस्ट, इ.स. १९८६ पर्यंत चालले होते. हॅलेच्या धूमकेतूचे हे अखेरचे दृश्य निरीक्षण होय.

हॅलेचा धूमकेतू हा अंगभूत असा तेजस्वी धूमकेतू आहे. तो कोणत्याही दिर्घकालीन धूमकेतूपेक्षा सुमारे दहा पटीने तेजस्वी आहे आणि सर्वसाधारण कोणत्याही लघुकालीन धूमकेतूहून शंभरपटीने तेजस्वी आहे. तरीही हॅलेच्या धूमकेतूची तेजस्विता ही अगदी या वेळेपर्यंतच्या पुनरागमनासह कधीही एकसारखी नव्हती. उपसूर्य स्थितीपूर्वी हॅलेच्या

धूमकेतूच्या तेजस्वीते संदर्भात जे अंदाज बांधले गेले होते ते खरे ठरले नाहीत. अर्थात असे अंदाज स्थूल मानानेच केलेले असतात. उपसूर्य स्थिती नंतरची त्याच्या तेजस्विते संदर्भातील भाकिते प्रत्यक्ष निरीक्षणाची पुष्कळशी मिळती जुळती आहेत. त्याच्या अपेक्षित तेजस्वितेत एकदम मोठी वाढ वा एकदम न्यूनता अशी दृष्टीस पडली नाही. हॅलेच्या धूमकेतूची वागणूक यावेळी व्यवस्थितच होती असे म्हटले पाहिजे. हॅलेच्या धूमकेतूच्या तेजस्विते संबंधी विचार करतांना त्याच्या पृथ्वी पासूनच्या अंतराचा विचार न करता त्याच्या सूर्यापासूनच्या अंतराचा विचार केला पाहिजे. हॅलेच्या धूमकेतूचे अंतर ११ ख.ए. पासून ६ ख.ए. पर्यंत (ऑक्टोंबर, इ.स. १९८२ ते नोव्हेंबर इ.स. १९८४) असतांना हॅलेच्या तेजस्विते संदर्भात त्याची सरासरी तेजस्विता व्यस्त वर्गाच्या नियमाप्रमाणे दिसली असे म्हटले पाहिजे. जेव्हा हॅलेच्या धूमकेतूचे सूर्यापासूनचे अंतर दोन घटकांनी कमी झाले तेव्हा त्याची सरासरी तेजस्विता व्यस्त वर्गाच्या नियमाप्रमाणे दिसली असे म्हटले पाहिजे. जेव्हा हॅलेच्या धूमकेतूचे सूर्यापासूनचे अंतर दोन घटकांनी कमी झाले तेव्हा त्याची तेजस्विता चार घटकांनी वाढली. सूर्य प्रकाशाच्या परावर्तनामुळे प्रकाशमान दिसणाऱ्या कोणत्याही गोलाच्या संदर्भात अगदी हाच अनुभव आपणास येतो. हॅलेच्या धूमकेतूच्या केंद्राचे स्वतःभोवती परिवलन होत असल्याने काही प्रमाणातच त्याच्या प्रतीत चढउतार होत असल्याचे अनुभवास आले. एवढ्या प्रचंड अंतरावरून हॅलेचे सूर्याभोवती परिभ्रमण होत असतांना तो सुस्त नव्हता असाच त्याचा अर्थ होय. हॅलेचा धूमकेतू ६ ख.ए. अंतरावर असतांना त्याच्या तेजस्वितेत अनेपक्षित वाढ झाली. हे अंतर जसजसे कमी कमी झाले तसतशी तेजस्विता कित्येक पटींनी वाढली. नोव्हेंबर, इ.स. १९८५ मध्ये हॅलेना धूमकेतू १.७५ ख.ए. अंतरावर असतांना त्याच्या तेजस्वितेत काही काळ स्थैर्य निर्माण झाले. उपसूर्य स्थितीनंतर दोन सप्ताहांनी हॅलेच्या धूमकेतूच्या अंगभूत तेजस्वितेमध्ये सर्वात मोठी वाढ झाली. त्यानंतर त्याचे सूर्य सापेक्ष अंतर जास्त होऊ गेल्याने ती कमी झाली. इ.स. १९१० मध्ये हॅलेच्या धूमकेतूचे सूर्यापासूनचे अंतर ३ ख.ए. ते ५ ख.ए. एवढे

होते. त्यावेळी त्याची उपसूर्य स्थिती तो ३ ख.ए. अंतरावर असतांना होती. इ.स. १९१० मध्येही उपसूर्य स्थिती पूर्वी त्याच्या तेजस्विते संदर्भातील अंदाज प्रत्यक्ष निरीक्षणाशी जुळले नाहीत. उपसूर्य स्थिती नंतरचे मात्र खरे ठरले. इ.स. १९८५ ते इ.स. १९८६ मध्येही हॅलेच्या धूमकेतूचे मार्गक्रमण पूर्वीच्याच पद्धतीने झाले असे म्हटले पाहिजे.

हॅलेच्या या वेळेच्या पुनरागमनात त्याच्या शेपटा संदर्भातील व्यक्त केलेले अंदाज मात्र चकित करणारे ठरले. एप्रिल, इ.स. १९८६ च्या अखेरीस त्याचे शेपूट अनेपेक्षित रितीने लांब का झाले ? धूमकेतू हे खरोखरीच फसवे आहेत काय ? असा त्यामुळे कुणालाही प्रश्न पडावा. या प्रश्नांच्या उत्तराची अनेक अंगे आहेत. सर्वात महत्त्वाची बाजू म्हणजे हॅलेचा धूमकेतू दक्षिण आकाशातील आकाशगंगेच्या भागात होता. त्यामुळे त्याच्या मर्यादित शेपटाचेच ते काय दर्शन घडू शकले. त्याशिवाय धूमकेतू सूर्याजवळून गेल्यानंतर त्यातील धूलिकण हळू हळू मुक्त होतात आणि ते त्याच्या केंद्रापासून दूर जाण्यास काही काळ लागतो. त्यामुळे त्या धुळीचे शेपटाच्या स्वरूपातील दर्शन अगदी ताबडतोब कसे घडू शकणार ? या कारणामुळे हॅलेच्या शेपटाचे दर्शन आपणास विलंबाने घडले असावे. पूर्वीच्या सर्व पुनरागमनाच्या वेळी हॅलेच्या धूमकेतूचे वायूंचे शेपूट सूर्याच्या विरुद्ध बाजूलाच होते परंतु धुळीचे शेपूट त्याच्याशी समन्वयीत नव्हते. ते चमकदार दिसेल हा खगोलशास्त्रज्ञांचा अंदाजही कोसळला. इ.स. १९१० पेक्षा हॅलेचा धूमकेतू मंदप्रभ दिसला हे खरे परंतु या वेळेच्या पुनरागमनात त्याचा कसून अभ्यास झाला. अंतराळ युगातील हॅलेच्या धूमकेतूच्या नवनवीन तंत्रांनी केलेल्या अभ्यासाचे स्वरूप थक्क करणारे आहे. ते आपण पुढील प्रकरणात पाहू.



हॅलेच्या धूमकेतू - नवे संशोधन

हॅलेच्या धूमकेतूचे इ.स. १९८५-८६ मध्ये झालेले त्याचे एकोणातिसावे पुनरागमन हे जन सामान्यांच्या दृष्टीने फारसे वेधक नव्हते. तरीही ते अंतराळ युगातील पुनरागमन होते. सारे जग हॅलेच्या धूमकेतूच्या स्वागतासाठी सिद्ध झाले होते. यापूर्वीच्या त्याच्या सर्व पुनरागमनांच्या वेळी जनमानसात भीती, आश्चर्य आणि अपसमज रूढ होते. यावेळचे त्याचे पुनरागमन मात्र अगदी आगळे ठरले. साऱ्यांच्या मनात कुतूहल होते. जिज्ञासा होती. त्याची निरीक्षणे, अभ्यास करण्यासाठी जगातील सर्व वेधशाळा सिद्ध होत्या. हौशी खगोल शास्त्रज्ञही सज्ज होते. 'इंटरनॅशनल हॅले वॉच' या आंतरराष्ट्रीय संघटनेची निर्मिती ही एक अपूर्व गोष्ट गोष्ट होती. त्याशिवाय हॅलेच्या धूमकेतूकडे पाच मानवरहित अंतराळयानांनी झेप घेऊन त्याचे अगदी जवळून दर्शन घेतले आणि त्याचा विविध अंगांनी कसून अभ्यास केला. हॅलेच्या धूमकेतूची अगदी जवळून छायाचित्रे घेतली. नवनवीन विकसित तंत्रांच्या द्वारे हॅलेच्या धूमकेतूचे घडलेले नवे दर्शन खरोखरीच अगदी थक्क करणारे आहे.

हॅलेच्या धूमकेतूच्या या अपूर्व संशोधन कार्यात आपल्या भारतातील विविध संशोधन संस्था आणि वेधशाळा यांचा फार मोठा सहभाग होता. चीन, जपान आणि पूर्व युरोपामधील वेधशाळांच्या साखळीत भारतातील वेधशाळांचा दुवा महत्त्वाचा मानला जातो. इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ अस्ट्रोफिजिक्स बंगलोर, उत्तरप्रदेश वेधशाळा, नैनीताल, उस्मानिया विद्यापीठ, हैद्राबाद, फिजिकल रिसर्च लॅबोरेटरी, अहमदाबाद, टाटा

इन्स्टिट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च; मुंबई आणि पोझिशनल अॅस्सॅनॉमी सेंटर; कलकत्ता या भारतातील नामवंत संस्थांनी हॅलेच्या धूमकेतूच्या निरीक्षणात आणि अभ्यासात मोठा भाग घेतला. या कार्यक्रमाला 'इंडियन हॅले आब्झर्वेशन प्रोग्राम' असे संबोधण्यात आले होते. या कार्यक्रमाच्या द्वारा इंटरनॅशनल हॅले वॉच या आंतरराष्ट्रीय निरीक्षण आणि संशोधन कार्यास भारताचा मोठा हातभार लावला.

हॅले धूमकेतू च्या संशोधनात उटकमंड येथील रेडिओ दुर्बिणीनेही महत्त्वाची कामगिरी केली. हॅले धूमकेतूच्या शेपटाकडून जेव्हा काही तारे झाकले गेले तेव्हा त्या ताऱ्याकडून येणाऱ्या तरंगांवर होणाऱ्या परिणामाचा यावेळी अभ्यास करण्यात आला. हॅले धूमकेतूच्या आयन शेपटातील घनतेचे प्रमाणही मापण्यात आले. तसेच या धूमकेतूमधील गुंतागुंतीच्या रेणूंचाही तरंगांच्या साहाय्याने अभ्यास केला गेला.

इंटरनॅशनल हॅले वॉच या जागतिक संघटनेची स्थापना इ.स. १९८१ मध्ये म्हणजे हॅलेचा धूमकेतू सूर्याच्या अधिकतम जवळ येण्यापूर्वी पाच वर्षे अगोदर झाली. इ.स. १९८२ मध्ये इंटरनॅशनल अॅस्ट्रॉनॉमिकल युनियन या संस्थेने, हॅले वॉच या संघटनेला हॅले धूमकेतूच्या निरीक्षणा संदर्भात जागतिक पातळीवर होणाऱ्या कार्याचे प्रतिनिधित्व करणारी संघटना म्हणून मान्यता दिली. सर्व जगभरच्या निरीक्षकात समन्वय असावा असे प्रयत्न फार पूर्वीपासून म्हणजे इ.स. १८९० पासून सुरू होते. धूमकेतूमध्ये घडून येणारे नाट्यमय बदल विविध ठिकाणचे निरीक्षक सतत पाहात आले होते. त्यांच्या निरीक्षणात सुसूत्रता असावी असे सर्वांनाच वाटत होते. इ.स. १९०९-१९१० यावेळेच्या पुनरागमनाच्या वेळी हॅलेच्या धूमकेतूची सर्प्रथम छायाचित्रे घेतली त्यावेळी जगातील त्यावेळेच्या वेधशाळांना एकमेकांच्या कार्यात समन्वय असावा याची जाणीव झाली. या पूर्वानुभवातूनच हॅले वॉचचे जाळे सर्व जगभर पसरले. हॅलेच्या धूमकेतूची जगातील विविध ठिकाणांहून झालेली निरीक्षणे त्याच्या सम्यक अभ्यासाच्या दृष्टीने फलदायी ठरावीत हा हेतू त्यामुळे साध्य झाला. धूमकेतूच्या समग्र निरीक्षणांची जागतिक नोंद उपलब्ध झाली. हॅले वॉच संघटनेला वेळोवेळी मार्गदर्शन करण्यासाठी

प्रमुख मार्गदर्शक म्हणून जेट प्रोपल्शन लॅबोरेटरी, पसाडेना, कॅलिफोर्निया आणि पश्चिम जर्मनातील न्युरेम्बर्ग येथील अॅस्ट्रॉनॉमिकल इन्स्टिट्यूट ऑफ दि युनिव्हर्सिटी ऑफ एलन्जिन यादोन संस्थांनी नियुक्ती झाली. या दोन्ही संस्थांनी हॅले वॉच आमि जगातील हॅले वॉचशी संलग्न असलेले वेधशाळेतील एक हजार व्यावसायिक खगोलशास्त्रज्ञ तसेच नऊशे हौशी खगोल शास्त्रज्ञ यांच्या कार्यात समन्वय साधून हॅले धूमकेतूच्या निरीक्षणाचे कार्य गतिमान केले. या कार्यात त्रेपत्र देशांचा क्रियाशील सहभाग होता. सर्व निरीक्षकांच्या निरीक्षण कार्यात सुसूत्रता आली. जगभर पसरलेल्या शंभर वेधशाळांचा या कार्यात उत्तम सहभाग होता. हॅले वॉच मधील तज्ज्ञांनी हॅले धूमकेतूच्या निरीक्षणाचे हेतू आणि निरीक्षण पद्धती या संदर्भात सम्यक मार्गदर्शन केले. त्याचप्रमाणे विविध अंतराळयानांच्या द्वारे उपलब्ध झालेल्या हॅलेच्या धूमकेतूसंबंधीच्या माहितीचे परिशीलन केले. त्याशिवाय क्रॉम्पेलीन धूमकेतू आणि जियाकोबिनी झिन्नर धूमकेतूच्या अंतराळ यांनानी उपलब्ध करून दिलेल्या बारकाव्यांचा तौलनिक अभ्यास केला.

हॅले वॉच द्वारा आंठ प्रकारच्या गटात हॅले धूमकेतूच्या निरीक्षणाचे कार्य विभागले होते. हे विविधांगी स्वरूपाचे निरीक्षण पद्धतशीर रीतीने व्हावे म्हणून प्रत्येक गटाला स्वतंत्र निरीक्षण तंत्राचा अवलंब करावा लागला. हॅले वॉचने त्यात सुसूत्रता आणून मार्गदर्शन केले.

खगोलमापन

खगोलमापनाद्वारे हॅले धूमकेतूच्या ताऱ्यांच्या पार्श्वभूमीवरील आकाशातील स्थितीचा अभ्यास केला गेला. त्यामुळे हॅले धूमकेतूची कक्षा आणि त्याचे स्थान याविषयी माहिती मिळाली. जगातील सर्व वेधशाळांशी समन्वय साधून हॅलेच्या धूमकेतूच्या ठराविक वेळी दुर्बिणीतून घेतलेल्या त्याच्या छायाचित्रांमुळे काही महत्त्वाच्या बाबींवर प्रकाश पडला. हॅले धूमकेतूच्या केंद्रातील गोठलेले भाग सूर्याच्या उष्णतेमुळे तप्त झाल्याने त्याच्या गतीवर झालेल्या परिणामाचा अभ्यास करण्यास या छायाचित्रांमुळे मोठे साहाय्य झाले. खगोलमापनामुळे अन्य निरीक्षकांना हॅले धूमकेतूच्या सूर्यकुलातील प्रवासाचा मागोवा घेणे सहज शक्य झाले.

उपारुण वर्णपट विज्ञान आणि रेडिओमापन हॅलेच्या धूमकेतूवरून परावर्तित होणाऱ्या प्रकाशाच्या तरंग-लांबीचे मापन, तसेच त्यातून उत्सर्जित होणाऱ्या औष्णिक शक्तीचे मापन, उपारुण तरंग-लांबीच्या दृष्टीने संवेदनशील अशा उपकरणांच्याद्वारे केले गेले. हॅलेच्या धूमकेतूचे तापमान आणि धूमकेतूमधून मुक्त झालेल्या धुळीच्या कणांचा आकार आणि जडणघडण यांचा या साधनांद्वारे अभ्यास केला गेला. हॅलेच्या शिखावलयातील वायूरूप घटकांचेही पृथक्करण केले गेले.

स्थूलमानीय अविष्काराचे छायाचित्रण हॅलेच्या धूमकेतूच्या शेपटांच्या रचनेचा अभ्यास आणि सौरवारे तसेच सौर प्रारणामुळे त्यात होणाऱ्या अंतर्गत प्रक्रियांची नोंद व्यापक कोनीय साधनांच्या द्वारे धूमकेतूची छायाचित्रे घेऊन केली गेली. यूरोप, रशिया आणि जपानच्या अंतराळयानांनी हॅले धूमकेतूच्या याच तंत्राने घेतलेल्या छायाचित्रांशी पृथ्वीवरील वेधशाळातून घेतलेल्या छायाचित्रांशी जुळणी करून तौलनिक अभ्यास करण्यात आला.

उल्कापाताचा अभ्यास

या गटातील निरीक्षकांनी हॅले धूमकेतूच्या मार्गाशी संलग्न असलेल्या दोन उल्कावर्षावांचे निरीक्षण केले. त्यातील एक दरवर्षी ऑक्टोबर महिन्यात घडून येतो तर दुसरा मे महिन्यात घडून येतो. मे महिन्यात होणारा उल्कापात हा कुंभ तारासमूहाशी निगडित असून ऑक्टोबर मधील मृग तारासमूहाशी निगडित आहे. हे दोन्ही उल्कापात हॅलेच्या धूमकेतूने त्याच्या मार्गावर मागे टाकलेल्या वस्तूकणांमुळे घडून येतात. या उल्कापाताचे निरीक्षण राडारच्या साहाय्याने केले गेले. तसेच छायाचित्रणही केले गेले. हौशी निरीक्षकांनी ते साध्या डोळ्यांनी केले. हौशी निरीक्षकांच्यादृश्य निरीक्षणाचा मेळ वेधशाळांनी विविध साधनांद्वारे केलेल्या उल्कापाताच्या निरीक्षणाशी घालून काही निष्कर्ष काढता आले. उल्कांचे वितरण, त्यांचा आकार आणि रचना यासंदर्भात अचूक ज्ञान झाले.

केंद्र सन्निध अभ्यास

हॅले धूमकेतूच्या शिखावलयाची छायाचित्रे उच्च विभेदन पद्धतीने

आणि इलेक्ट्रॉनिक साधनांच्याद्वारे घेतली गेली. त्यामुळे हॅले धूमकेतूच्या व्यापक पृष्ठभागाची रचना कशी आहे ते कळले. तसेच त्याच्या केंद्राच्या रचनेचे आणि गतीविषयी ज्ञान झाले.

प्रकाश मापन आणि ध्रुवीय मापन

शिखावलयामधील वायूचे आणि धूलीकणांचे प्रमाण आणि त्याची विभागणी याचे स्वरूप या तंत्राद्वारे कळले. तसेच धूमकेतूवरून परावर्तित होणाऱ्या प्रकाशाच्या ध्रुवीकरणाचे मापन आणि त्या प्रकाशाची तीव्रता यांचाही सखोल अभ्यास केला.

रेडिओ विज्ञान

हॅलेच्या धूमकेतूच्या केंद्र, शिखा आणि शेपूट यांची रासायनिक रचना, धूमकेतूची गती यांचा रेडिओ तंत्राद्वारे अभ्यास करण्यात आला. प्रकाशीय तरंग-लांबीत अदृश्य असणाऱ्या परंतु रेडिओ तंत्राद्वारे मात्र ज्ञात होणाऱ्या रासायनिक वैशिष्ट्यांचा शोध घेण्यात आला. धूमकेतूच्या वायूस्वरूप घडणीचा अभ्यास वर्णपट विज्ञान आणि रेडिओ विज्ञान यांच्या साहाय्याने करून धूमकेतूच्या केंद्राची चुंबकीय शक्ती मापण्यात आली. धूमकेतूच्या केंद्राचा आकार आणि परिवहन गतीचे ज्ञान झाले. वर्णपट विज्ञान आणि वर्णपट प्रकाशमापन यांच्या साहाय्याने धूमकेतूच्या शीर्षातील द्रव्य, शेपटातील द्रव्य आणि त्यांचे स्वरूप याचे ज्ञान झाले.

दृश्य निरीक्षण

हॅलेच्या धूमकेतूच्या निरीक्षणात वेधशाळांच्या इतकाच उत्साह हौशी खगोलशास्त्रज्ञांनाही होता. हॅले वॉचने एक हजार व्यावसायिक खगोलशास्त्रज्ञांच्या समवेत नऊशे हौशी खगोल शास्त्रज्ञांचे धूमकेतूची पद्धतशीर निरीक्षणे करण्याच्या कार्यात सहकार्य मिळविले. या दृश्य निरीक्षण कार्याच्या द्वारे हॅले धूमकेतू विषयी प्राथमिक ज्ञान झाले आणि संशोधनाला पूरक ठरेल अशी मौलिक माहितीही उपलब्ध झाली. या दृश्य निरीक्षणांच्या द्वारे हॅले धूमकेतूच्या तेजस्विते संदर्भात अंदाज बांधता आले. वेधशाळातून झालेल्या सुनियोजित निरीक्षणांना हौशी खगोल शास्त्रज्ञांची जोड मिळाली. व्यावसायिक खगोल शास्त्रज्ञांना धूमकेतूच्या दृश्य निरीक्षणात पूर्वी रस नव्हता. परंतु हौशी खगोल

शास्त्रज्ञ मात्र या कार्यात सातत्याने गढून गेलेले होते. हॅलेच्या धूमकेतूच्या इ.स. १९१० मध्ये झालेल्या पुनरागमनाच्या वेळी सर्वप्रथम छायाचित्रे घेतली गेली. हे तंत्र तर आता चांगलेच विकसित झाल्याने हौशी खगोल शास्त्रज्ञांनी हॅलेच्या धूमकेतूची वेळोवेळी अतिउत्तम छायाचित्रे घेऊन हॅले वॉचच्या कार्याला मोठा हातभार लावला. वेधशाळांच्या दृश्य निरीक्षण कार्याला काही वेळा हवामानाची प्रतिकूलता, यांत्रिक अडचणी यामुळे आणि नियोजित अन्य कार्यक्रमांमुळे येणारे व्यत्यय यामुळे गती मिळू शकत नाही. अशावेळी हौशी खगोल शास्त्रज्ञांचे कार्य फार उपयुक्त ठरते. हे लक्षात घेऊन हॅले वॉचने हौशी खगोल शास्त्रज्ञांसाठी दृश्य निरीक्षणे, छायाचित्रण, वर्णपट विज्ञान आणि प्रकाश मापन या तंत्राद्वारे हॅलेच्या धूमकेतूचा अभ्यास व्हावा या दृष्टीने मार्गदर्शन करून सहकार्य मिळविले. हॅलेच्या धूमकेतूशी निगडित असलेल्या उल्कापाताचीही हौशी खगोल शास्त्रज्ञांनी निरीक्षणे केली.

हॅले वॉच द्वारे या सर्व माहितीचे गणक यंत्राद्वारे पृथक्करण करून योग्य ते निष्कर्ष काढले गेले.

अंतराळयानांचे अपूर्व निरीक्षण

हॅलेच्या धूमकेतूचे अपूर्व असे निरीक्षण त्याच्या सन्निध गेलेल्या पाच अंतराळयानांनी केले. पृथ्वीची कक्षा आणि हॅलेची कक्षा अशा होत्या की पृथ्वीवरील अंतराळयाने हॅलेच्या विरुद्ध दिशेने जात होती म्हणून त्यांना फारवेळ निरीक्षण करणे शक्य झाले नाही. तरीही अंतराळयुगातील हॅलेच्या धूमकेतूच्या या पुनरागमनाच्या वेळी त्याच्या जास्तीत जास्त जवळ जाऊन केलेले हे आगळे निरीक्षण होते. पृथ्वीवरून धूमकेतूचे निरीक्षणकरतांना कितीतरी मर्यादा पडतात. पृथ्वीच्या वातावरणात धूमकेतूवरून परावर्तित होऊन येणारा प्रकाश मोठ्या प्रमाणात वातावरणात वातावरणात शोषला जातो. वातावरणात होणाऱ्या फेरबदलांचाही परिणाम निरीक्षणावर होतो. खरे खुरे निरीक्षण धूमकेतूच्या सन्निध जाऊनच करणे शक्य होईल याची कल्पना खगोल शास्त्रज्ञांना होती. पृथ्वीवरून हॅलेच्या धूमकेतूचे निरीक्षण करण्यासाठी ज्याप्रमाणे हॅले वॉच या संघटनेची स्थापना झाली त्याचप्रमाणे हॅलेच्या धूमकेतूचे अंतराळयानांच्याद्वारे संशोधन

करण्यासाठी इ.स. १९८१ मध्ये इन्टर एजन्सी, इन्टर कॉसमॉस इन्स्टिट्यूट ऑफ स्पेस अॅण्ड अॅस्ट्रॉनॉमिकल सायन्सेस या संस्थांनी एकत्र येऊन या मोहिमेचे स्वरूप निश्चित केले.

धूमकेतूवरील सर्व मोहिमांचे नियोजन, अंतराळयानांचा आकृतीबंध, शास्त्रीय प्रयोगांचे स्वरूप आणि त्या द्वारा उपलब्ध होणाऱ्या माहितीचे संकलन या संदर्भात योजना आखून त्या कार्यान्वित केल्या. खगोलशास्त्राच्या इतिहासात आंतरराष्ट्रीय स्तरावर आजवर कधीही झाले नव्हते एवढे सहकार्य या निमित्ताने झाले. आणि हॅलेच्या धूमकेतूकडे पाच अंतराळयानांनी झेप घेतली. यासर्व मोहिमा यशस्वी झाल्या हे विशेष. याशिवाय या आंतरराष्ट्रीय सहकार्याचे फलस्वरूप म्हणजे 'पथदर्शक' संकल्पना मूर्त स्वरूपात आली. रशियाच्या व्हेगा १ आणि व्हेगा २ या अंतराळ यानांनी हॅलेच्या धूमकेतूसंबंधी मिळविलेल्या माहितीच्या आधारे युरोपियन स्पेस एजन्सीचे जिओटो हे यान प्रक्षेपित करण्यात आले. जपानच्या सुई सेई आणि साकिमाके अंतराळ यानांनी मोठी कामगिरी केली.

जिओटोचे-अभिनव कार्य

युरोपियन स्पेस एजन्सीने जिओटो हे अंतराळयान २ जुलै, इ.स. १९८५ रोजी दक्षिण अमेरिकेतील फ्रेंच गियाना मधील कोऊराऊ जवळील अंतराळ केंद्रावरून प्रक्षेपित केले. या मोहिमेला 'जिओटो' हे अन्वर्थक नाव देण्यात आले. इ.स. १३०१ मध्ये इटलीतील जिओटो नावाच्या चित्रकाराने ख्रिस्त जन्माचे आणि त्यावेळी ख्रिस्तास भेटण्यास आलेल्या तीन शहाण्या माणसांचे चित्र रेखाटले होते. त्या चित्रात आकाशात एका धूमकेतूचे चित्र आहे. हा धूमकेतू इ.स. १३०१ मध्ये आकाशात पाहून काढला असावा असे वाटते.

जिओटो अंतराळयान हॅलेच्या धूमकेतूजवळ १३ मार्च, इ.स. १९८६ रोजी सेकंदाला ६९ कि.मी. वेगाने, ५०० कि.मी. अंतरावर गेले. धूमकेतू भोवतालच्या धुळीच्या जंजाळात मुसंडी मारून त्याने हॅलेच्या केंद्र भागाची घेतलेली अप्रतिम छायाचित्रे पृथ्वीकडे यशस्वीरितीने पाठविली. हे यश जिओटोला लाभण्याचे कारण रशियन यानांनी केलेली

अपूर्व कामगिरी होय. रशियाचे व्हेगा २ हे अंतराळयान हॅले धूमकेतूच्या जवळ गेल्यानंतर पाच दिवसांनी युरोपियन स्पेस एजन्सीच्या जिओटो यानाचे हॅलेच्या धूमकेतूजवळ आगमन झाले. व्हेगा २ यानापेक्षा जिओटो यान अठरा पटींनी धूमकेतूच्या जवळ गेले. इतक्या जवळचा मार्ग हा काहीसा धोक्याचा होता. व्हेगाने मिळविलेली विद्युत चुंबकीय क्षेत्राची माहिती युरोपियन स्पेस एजन्सीच्या शास्त्रज्ञांकडे पाठविण्यात आली. व्हेगा मोहिमेमुळे शास्त्रज्ञांना धूमकेतूच्या केंद्रभागाचा ठावठिकाणा निश्चित ठाऊक झाला. त्या माहितीच्या आधारे पृथ्वीवरील नियंत्रण केंद्रातील शास्त्रज्ञांनी धूमकेतूच्या सर्वाधिक जवळ जाण्यापूर्वी एक दिवस अगोदर जिओटोच्या भ्रमण मार्गात बदल केला. जिओटो यान हॅलेच्या धूमकेतूच्या धुळीचा पसारा कापीत पुढे पुढे जात होते. हॅले धूमकेतूच्या केंद्राजवळ येण्यापूर्वी दोन सेकंद अगोदर जिओटोवरील प्रेषणा बंद पडली. त्यामुळे यानाचा पृथ्वीशी असलेला संपर्क तुटला. त्यानंतर चौतीस मिनिटांनी संपर्क पुन्हा प्रस्थापित झाला. धुळीच्या तुफानी माऱ्यामुळे बंद पडलेले प्रेषणीचे कार्य पुन्हा सुरू झाले. जरी हे धूलीकण खसखशी पेक्षाही लहान असले तरी ते सेकंदाला सत्तर ते ऐंशी कि.मी. वेगाने यानावर आपटत होते. सर्वात जवळ गेलेल्या जिओटोला हरभऱ्याच्या डाळी एवढ्या कणांनी बदडून काढले. जेव्हा एक लहानसे ढेकूळ त्यावर आपटले तेव्हा यान डळमळूही लागले होते. शास्त्रज्ञांनी यानाशी प्रयत्नपूर्वक संपर्क साधून त्याला स्थैर्य आणले. जिओटो यानाने बंदूकीतून सोडलेल्या गोळीच्या बावत्रपट वेगाने पृथ्वीवरील नियंत्रण केंद्राकडे हॅलेच्या धूमकेतूच्या विविध भागांची दोन हजार सुंदर छायाचित्रे पाठविली.

रशियन अंतराळयानांची करामत रशियाने हॅलेच्या धूमकेतूचे संशोधन करणारी व्हेगा १ आणि व्हेगा २ ही याने बैकनूर या प्रक्षेपण केंद्रावरून अनुक्रमे ११ जून, इ.स. १९८५ आणि १५ जून, इ.स. १९८५ रोजी प्रक्षेपित केली. या अंतराळ यानांचा मार्ग शुक्र ग्रहाचे संशोधन करण्याच्या दृष्टीने आखलेला होता. या यानांनी यशस्वी रीतीने शुक्र ग्रहावर एक एक उपायात आणि हवेचे फुगे उतरविले. त्यानंतर व्हेगा १ आणि व्हेगा २ यानांचे मार्ग हॅलेच्या धूमकेतूच्या दिशेने

वळविण्यात आले. व्हेगा१ यान ४ मार्च, इ.स. १९८६ रोजी सेकंदाला ७८ कि.मी. वेगाने हॅलेच्या धूमकेतूकडे झेपावत गेले. त्या दिवशी यानातील दूरदर्शन केंद्राने १४,०००,००० (१४ x १०) कि.मी. अंतरावरून पहिली छायचित्रे टिपली आणि ती पृथ्वीकडे पाठविली. दूरदर्शनवरून हॅलेच्या धूमकेतूचे दर्शन घडले. त्याच्या विविध रचनात्मक भागांची अधिक स्पष्टपणे ओळख करून घेणे त्यामुळे शक्य झाले. धूमकेतूचे केंद्र म्हणजे लालबूंद ठिपका असून त्याच्याभोवती प्रथम नारिंगी, त्यानंतर पिवळे, हिरवे आणि गर्द हिरवे कडे आणि शेवटी प्रचंड तेजोवलय म्हणजे धूमकेतूच्या शीर्षाचा सर्वात दुर्मिळ असा भाग आहे. ५ मार्च, इ.स. १९८६ रोजी व्हेगा१ यानाने धूमकेतूजवळ ७०००००० (७ x १०) कि.मी. अंतरावर जाऊन छायचित्रे घेतली. छायचित्रांचे निरनिराळे तपशील अधिक चांगल्या प्रकारे पाहात यावेत आणि अधिकाधिक माहितीने परिपूर्ण अशी अनेक छायचित्रे घेता यावीत म्हणून चित्रणाची वेळ आणि फिल्टर बदलण्यात आले होते.

व्हेगा१ यान ६ मार्च, इ.स. १९८६ रोजी धूमकेतूच्या केंद्रापासून ९००० कि.मी. अंतरावरून धूमकेतूच्या वायू आणि धुळीच्या आवरणातून गेले. त्याने प्रथमच धूमकेतूचा व्यापक शास्त्रीय शोध घेतला. रशिया, ऑस्ट्रिया, बल्गेरिया, हंगेरी, जर्मनी, पोलंड, फ्रान्स, झेकोस्लोव्हाकिया या देशांच्या वैज्ञानिकांनी आणि खगोल शास्त्रज्ञांनी संयुक्तपणे विकासित केलेल्या उपकरणाच्या साहाय्याने धूमकेतूच्या केंद्राची मोठी छायचित्रे घेण्यात आली. धूमकेतूचे तापमान आणि अन्य वास्तवशास्त्रीय तसेच रासायनिक वैशिष्ट्यांचे मापन करण्यात आले. धूमकेतूच्या वायूरूप आमि धूलिरूप घटकांच्या रासायनिक रचनेचे पृथक्करण करण्यात आले. धूमकेतूच्या परिसरातील विद्युत चुंबकीय क्षेत्र आणि त्याच्या आवरणातील वास्तव शास्त्रीय प्रक्रिया यांचा सखोल अभ्यास करण्यात आला. जी माहिती उपलब्ध झाली तिचे विश्लेषण करण्यात आले. त्यावरून असे दिसून येते की सौर वाऱ्याचा प्रवास सापेक्षतः शीत प्लाझ्माच्या सुरळीत ओघाकडून धूमकेतूमुळे चाळविल्या गेलेल्या भागाकडे आणि अत्यंत तप्त झालेल्या प्लाझ्माकडे केंद्रापासून सुमारे १००००००

(१० x १०) कि.मी. अंतरावर घडून येतो. सौर वाऱ्याचा प्रवाह अजून पर्यंत अज्ञात असलेल्या कोणत्या तरी अडचणीमुळे सुमारे १००००० (१० x १०) कि.मी. अंतरावर संपूर्णतः थांबतो.

धूमकेतूच्या केंद्राभोवती असलेले विलग अशा कणांचे वितरण सैद्धांतिक नमुन्यांशी सुसंगत होते पण वायूची घनता पुष्कळच अधिक ठरली. व्हेगा १ यान धूमकेतूच्या केंद्रापासून किमान अंतरावर गेले तेव्हा केंद्रस्थानाच्या निश्चित सीमा आढळल्या नाहीत.

धूमकेतूच्या मध्यभागी ६ ते १० कि.मी. आकारमानाची कसली तरी एक बेढब अनियमित रचना आढळली. तिच्या सभोवती धूलीकणांचे एक प्रचंड आवरण होते आणि त्यामुळे तापमान सुमारे २७ अंश से. राखले जाते. केंद्रस्थानाच्या अनियमित आकारामुळे त्याचा वेगवेगळा भाग प्रकाशित झाला होता आणि त्यामुळे धुळीच्या प्रवाहाचा झोत निर्माण झाला होता. त्यामुळेही विश्लेषण गुंतागुंतीचे झाले होते.

व्हेगा २ यान ६ मार्च इ.स. १९८६ रोजी धूमकेतूपासून १४०००००० (१४ x १०) कि.मी. अंतरावर असतांना आणि व्हेगा १ यान धूमकेतूच्या केंद्रापासून ७०००००० (७ x १०) कि.मी. अंतरावर असतांना या दोन्ही यानांशी आलटून पालटून पृथ्वीवरून संपर्क साधण्यात आला आणि एकाच वेळी धूमकेतूची समोरून आणि सर्व बाजूंनी छायाचित्रे घेण्यात आली. ९ मार्च, इ.स. १९८६ रोजी व्हेगा २ यान हॅलेच्या धूमकेतूच्या केंद्रस्थानापासून अवघ्या ८,२०० कि.मी. अंतरावरून गेले.

व्हेगा १ यान धूमकेतूच्या केंद्रस्थानाच्या अधिक क्रियाशील भागाजवळून गेले. हॅलेचा हा केंद्रभाग दोन दिवसांहून थोड्या अधिक कालात स्वतःभोवती परिवलन करतो. या केंद्रभागात दर सेकंदाला सुमारे दहा टन पाण्याचे बाष्पीभवन होते. वायूत धुळीचे कण मिसळतात. आणि धूमकेतू जवळच्या अवकाशात दर सेकंदाला पाच टन धूलीकण फेकले जातात. व्हेगा यान केंद्राजवळील शांत बाजूजवळून गेले. त्याने धूमकेतूच्या वर्णपटाची नोंद केली. या वर्णपटाचा आता सूक्ष्मतम अभ्यास करणे शक्य होईल आणि धूमकेतूमध्ये असलेल्या घटकांचे ज्ञान होईल.

व्हेगा २ यानाने घेतलेल्या छायाचित्रांचा दर्जा व्हेगा १ पेक्षा उत्तम होता. त्यात धूमकेतूच्या केंद्राची रचना सुस्पष्ट सीमांसह दिसली.

जपानच्या मोहीमेचे यश

जपानच्या इन्स्टिट्यूट ऑफ स्पेस अँड अस्ट्रॉनॉटिकल सायन्स या संस्थेने जपानची पहिली वहिली दोन अंतराळ याने हॅलेच्या धूमकेतूचे संशोधन करण्यासाठी प्रक्षेपित केली. सुई सेई (कॉमेट-धूमकेतू अर्थाचा शब्द) यानाने धूमकेतूचा अभ्यास केला आणि दुसऱ्या साकिगाके (पायोनियर-अग्रदूर अर्थाचा शब्द) यानाने धूमकेतूच्या क्षेत्रातील सौर वाऱ्याच अभ्यास केला.

सुई सई यानाचे प्रक्षेपण १८ ऑगस्ट, इ.स. १९८५ रोजी करण्यात आले. हे यान 'प्लॅनेट ए' या नावानेही ओळखले जाते. ते धूमकेतूजवळ ८ मार्च, इ.स. १९८६ रोजी सेकंदाला ७० कि.मी. वेगाने २००००० (२ x १०) कि.मी. अंतरावर गेले. त्यावर अतिनील कॅमेरा आणि सौर वाऱ्यांच्या कणांचे पृथक्करण करणारे उपकरण बसविलेले होते. साकिगाके यानाचे प्रक्षेपण ७ जानेवारी, इ.स. १९८५ रोजी केले गेले. हे यान 'एम् एस् - टी एस्' या नावाने ओळखले गेले. ११ मार्च, इ.स. १९८६ रोजी धूमकेतूपासून ते १०,०००० (१० x १०) कि.मी. अंतरावर गेले. ही दोन्ही याने जपानच्या क्यूसू बेटावरील कागोशिमा अंतराळ उड्डाणतळावरून प्रक्षेपित करण्यात आली.

हॅले धूमकेतूच्या पिसाऱ्याच्या बाहेरील बाजूकडील विभागणीचा नकाशा तयार करण्यासाठी या यानांची रचना करण्यात आली होती. सुई सेई आणि साकिगाके यानांनी धूमकेतूची एक हजार छायाचित्रे घेऊन ती पृथ्वीकडे पाठविली. या छायाचित्रांवरून असे दिसते की धूमकेतूमधून बाहेर पडणाऱ्या पाण्याच्या बिंदूचे - हायड्रोजनच्या उगमस्थानाचे प्रमाण सेकंदाला २५ ते ६० टन आहे. स्वतःभोवती परिवलन करणाऱ्या धूमकेतूच्या केंद्राच्या एखाद्या भागावर सूर्यप्रकाश पडला असता, त्यामधून पाण्याचे उत्सर्जन अधिक प्रमाणात होत असावे. हॅले धूमकेतूचा हायड्रोजन युक्त पिसारा दर ५२५ तासांनी नियमितपणे आकुंचन आणि प्रसरण पावतो. याचाच अर्थ धूमकेतूच्या केंद्राला

स्वतःभोवती एक फेरी पूर्ण करण्यास सुमारे २२ दिवस एवढा काल लागतो. धूमकेतूजवळ सुई सेई यान जाण्यापूर्वी त्यावर अतिशय वेगाने येणाऱ्या धूलीकणांचा दोन वेळा प्रचंड आघात झाला. तरीही ते त्याच्या नियोजित कक्षेतच स्थिर राहिले. या धूलीकणांचा सापेक्ष वेग सेकंदाला ७३ कि.मी. गृहीत धरला असता १३५ कि. ग्रॅम वजनाच्या यानावर आघात करणारे धूलीकण १.२ मि.मी. आकाराचे असावेत असा निष्कर्ष शास्त्रज्ञांनी काढला आहे. हा अंदाज बरोबर असल्यास ते एक आश्चर्य ठरेल कारण अपेक्षेपेक्षा हा आकार बराच मोठा आहे.

काही महत्त्वाचे निष्कर्ष

हॅलेच्या धूमकेतूवर प्रक्षेपित केलेल्या अंतराळयानांनी जी माहिती आणि छायाचित्रे आपणाकडे पाठविली त्या आधारे काही महत्त्वाचे निष्कर्ष खगोल शास्त्रज्ञांनी काढले आहेत. साकिगाके यानाचे प्रक्षेपण ७ जानेवारी, इ.स. १९८५ रोजी केले गेले. हे यान 'एम् एस् - टी एस्' या नावाने ओळखले गेले. ११ मार्च, इ.स. १९८६ रोजी धूमकेतूपासून ते १०,०००० (१० x १०) कि.मी. अंतरावर गेले. ही दोन्ही याने जपानच्या क्यूशू बेटावरील कागोशिया अंतराळ उड्डाणतळावरून प्रक्षेपित करण्यात आली.

हॅले धूमकेतूच्या पिसाऱ्याच्या बाहेरील बाजूकडील विभागणीचा नकाशा तयार करण्यासाठी या यानांची रचना करण्यात आली होती. सुई सेई आणि साकिगाके यानांनी धूमकेतूची एक हजार छायाचित्रे घेऊन ती पृथ्वीकडे पाठविली. या छायाचित्रांवरून असे दिसते की धूमकेतूमधून बाहेर पडणाऱ्या पाण्याच्या बिंदूचे - हायड्रोजनच्या उगमस्थानाचे - प्रमाण सेकंदाला २५ ते ६० टन आहे. स्वतःभोवती परिवलन करणाऱ्या धूमकेतूच्या केंद्राच्या एखाद्या भागावर सूर्यप्रकाश पडला असता, त्यामधून पाण्याचे उत्सर्जन अधिक प्रमाणात होत असावे. हॅले धूमकेतूचा हायड्रोजनयुक्त पिसारा दर ५२५ तासांनी नियमितपणे आकुंचन आणि प्रसरण पावतो. याचाच अर्थ धूमकेतूच्या केंद्राला स्वतःभोवती एक फेरी पूर्ण करण्यास सुमारे २२ दिवस एवढा काल लागतो. धूमकेतूजवळ सुई सेई यान जाण्यापूर्वी त्यावर अतिशय वेगाने

येणाऱ्या धूलीकणांचा दोन वेळा प्रचंड आघात झाला. तरीही ते त्याच्या नियोजित कक्षेतच स्थिर राहिले. या धूलीकणांचा सापेक्ष वेग सेकंदाला ७३ कि.मी. गृहीत दरला असता १३५ कि. ग्रॅम वजनाच्या यानावर आघात करणारे धूलीकण १.२ मि.मी. आकाराचे असावेत असा निष्कर्ष शास्त्रज्ञांनी काढला आहे. हा अंदाज बरोबर असल्यास ते एक आश्चर्य ठरेल कारण अपेक्षेपेक्षा हा आकार बराच मोठा आहे.

काही महत्त्वाचे निष्कर्ष

हॅलेच्या धूमकेतूवर प्रक्षेपित केलेल्या अंतराळयानांनी जी माहिती आणि छायाचित्रे आपणाकडे पाठविली त्या आधारे काही महत्त्वांचे निष्कर्ष खगोल शास्त्रज्ञांनी काढले आहेत. हॅलेच्या धूमकेतूचा आकार अपेक्षेपेक्षा बराच मोठा आहे. हॅलेच्या धूमकेतूचे केंद्र १५ कि.मी. लांब आणि ८ कि.मी. जाड आहे. त्याचे सर्वसाधारण स्वरूप बटाट्यासारखे आहे. छायाचित्रांचे निरीक्षण केले असता, हॅले धूमकेतूचा केंद्रभाग भाजलेल्या वांग्यासारखा दिसतो. धूमकेतू भोवतीचा धूलीकणांचा पडदा भेदून या अंतराळ यानांनी त्याच्या अंतर्भागाचे म्हणजेच केंद्र म्हणजे एक 'घाणेरडा धुळीने भरलेला बर्फाचा गोळा' हा खगोल शास्त्रज्ञांनी पूर्वी व्यक्त केलेला अंदाज अगदी खरा ठरला आहे. धूमकेतूचा हा गाभा थोडासा खडबडीत आहे. त्यावर दऱ्या खोऱ्या नाहीत. एक पाचशे मीटर खोलीचे एक विवर आहे. त्याचा अंतर्भाग धुळीचा आणि बर्फाचा बनलेला असून त्याचा पृष्ठभाग डांबर फासल्यासारखा काळाकुट्ट आहे. तो स्वतःभोवती सुमारे ५२ तासात एक फेरी पूर्ण करतो. हॅलेच्या केंद्राभोवतीचा हा काळा थर सुमारे एक से.मी. जाडीचा असून तस बारा तेरा मोठमोठ्या बेगा पडलेल्या आहेत. त्यातूनच वायूचे आणि धुळीचे प्रचंड फवारे बाहेर पडत असतात. प्रत्येक सेकंदाला सुमारे दहा मेट्रिक टन धूळ आणि त्याच्याही पेक्षा थोडा जास्त वायू त्यातूनच बाहेर पडतात. धूमकेतूच्या सूर्याकडील पृष्ठभागाचे तापमान सुमारे ७४ अंश से. असून दुसऱ्या बाजूचे तापमान सुमारे ७३ अंश से. आहे. केंद्रभागाच्या आवरणाखालील बर्फाचे तापमान -१२५ अंश से. इतके असावे. केंद्रभागाच्या वरील भागाचे तापमान आणि आतील तापमान यात

बराच फरक आहे. याचा अर्थ केंद्रभागाच्या बाह्य आवरणाचा उष्णतेचा रोधक म्हणून उपयोग होत असावा. हॅलेच्या केंद्रभागाची रचना दोन केंद्राच्या एकत्रीकरणातून झालेली असावी. त्याचे वजन सुमारे शंभर अब्ज टन एवढे असावे. हॅलेच्या धूमकेतूच्या केंद्रभागाचे वस्तुमान सुमारे ५०० घन मी. असावे आणि घनता ०.२ ते ०.२५ ग्रॅम घन सें.मी. इतकी असावी याचाच अर्थ त्या केंद्रभागाची घनता पाण्याच्या घनतेच्या $\frac{1}{4}$ ते $\frac{1}{5}$ आहे. यावरून खगोल शास्त्रज्ञांनी हॅलेच्या धूमकेतूचे केंद्र हे सच्छिद्र असावे असे अनुमान काढले आहे. हॅलेच्या धूमकेतूच्या केंद्रभागावर धूळ आणि वायू बाहेर सोडणारे सात स्रोत आहेत. तर दोन स्रोत अगदी पुसट असे आहेत. हे सर्व स्रोत केंद्रभागाच्या सूर्याकडील बाजूवरील छिद्रातून बाहेर पडत आहेत. केंद्रातून बाहेर पडणाऱ्या ध्रुवीकरणात प्रामुख्याने हायड्रोजन, नायट्रोजन, कार्बन आणि ऑक्सिजन ही मूलद्रव्ये आढळून आली आहेत. याचाच अर्थ धूमकेतूच्या केंद्रभागाच्या एकूण पृष्ठभागापैकी ८४% पृष्ठभाग हा सुस्त अवस्थेत असून तिथे कसलीच हालचाल जाणवत नाही. केंद्रभागाच्या भोवती अतिशय पातळ असे आवरण आहे. त्याची जाडी एक से.मी. असावी या आवरणाची परावर्तन शक्ती अवघी २३ आहे. म्हणजेच या केंद्रभागावर पडणाऱ्या सूर्यप्रकाशाचा ९८३ भाग शोषला जातो. आपल्या सूर्यमालेतील हा सर्वात काळाकुट्ट पदार्थ असावा.

अंतराळ यानांनी धूमकेतूचे केलेले अपूर्व निरीक्षण खगोल शास्त्रज्ञांना जणु नवे आव्हानच ठरावे असे आहे. साकिगाके या अंतराळ यानाने हॅलेच्या केंद्रभागातून निघणारे काही रेडिओ तरंग पकडले जास्त दाबाची लाट आणि उष्णतेचा परिणाम यांच्या एकत्रित परिणामातून रेडिओ तरंगांची निर्मिती होत असावी असा अंदाज खगोलशास्त्रज्ञांनी व्यक्त केला. परंतु या रेडिओ तरंगांचा उगम होतो तरी कसा ? हे गूढच राहिले आहे. य धूमकेतूच्या केंद्रभागातून बाहेर पडणाऱ्या वायूचूचे शास्त्रज्ञांनी विश्लेषण केले असून त्यात ८४ इ वाफ आणि उरलेली कार्बनडाय ऑक्साइड, फार्णअलिहाईड आणि कार्बनची इतर संयुगे आहेत. धूमकेतूमधून निघणाऱ्या धुळीचे दोन प्रकार दिसतात. एकात कार्बनच्या

संयुगाबरोबरच कॅल्शियम, मॅग्नेशियम, सिलिकॉन असे पदार्थ सापडले. दुसऱ्या प्रकारची धूळ वेगळीच होती. ती पूर्णपणे कार्बनिक संयुगाची बनलेली होती. तिच्यात खनिज पदार्थांचा अंशही नव्हता. मात्र तिचत सेंद्रिय पदार्थ होते किंवा नाहीत याविषयी वैज्ञानिकांना निश्चित निर्णय घेता आला नाही.

अमेरिकेची झेप

आईस - दी इंटरनॅशनल कॉमेंटरी एक्सप्लोरर या नावाने ओळखली जाणारी ही मोहीम मूळात इंटरनॅशनल सन अर्थ एक्सप्लोरर-३ या नावाची होती. तिच्याद्वारे सूर्य आणि पृथ्वी यांच्यामधील गुरुत्वाकर्षणांच्या समतोलत्व बिंदू पासूनच्या सौर वाऱ्यांचा मागोवा प्रथम घेतला गेला. आईसचे प्रक्षेपण १२ ऑगस्ट, इ.स. १९७८ रोजी झालेले होते. २२ डिसेंबर, इ.स. १९८३ रोजी या मोहिमेला आईस असे नाव दिले गेले. आईसचा मार्ग जिअॅकोबिनी-झिन्नर या धूमकेतूच्या संशोधनाच्या दृष्टीने वळविण्यात आला. ११ सप्टेंबर, इ.स. १९८५ रोजी आईस सेकंदाला २१ कि.मी. वेगाने धूमकेतूच्या केंद्रभागापासून १०,००० कि.मी. अंतरावरील शेपटामधून गेले.

जिअॅकोबिनी-झिन्नर धूमकेतूचा परिभ्रमणकाल ६.६ वर्षांचा आहे. त्याचा शोध २० डिसेंबर, इ.स. १९०० रोजी फ्रान्समधील जिअॅकोबिनी याने नाईस वेधशाळेतील दुर्बिणीतून लावला. त्यानंतर पश्चिम जर्मनीतील बाम्बर्ग येथील रेमेईस वेधशाळेतील झिन्नर याने २३ ऑक्टोबर, इ.स. १९१३ रोजी तोच धूमकेतू स्वतंत्ररितीने शोधला.

आईस मधील उपकरणे धूमकेतूच्या समग्र अभ्यासाच्या दृष्टीने पुरेशी नव्हती. त्यात कॅमेरे वा धूलीकणांचे मापन करणाऱ्या उपकरणांचा समावेश नव्हता. तथापी धूमकेतूच्या 'आयन' शेपटाचे संशोधन करण्याच्या दृष्टीने त्यातील उपकरणे अतिउत्तम होती. ११ सप्टेंबर, इ.स. १९८५ रोजी हे यान जिअॅकोबिनी - झिन्नर धूमकेतूच्या शेपटातून गेले. व्हेगा १, व्हेगा २, जिओटो, साकिगाके, सुईसेई ही सर्व याने हॅले धूमकेतूच्या शिखावल्यातून वा त्याच्या जवळून गेली परंतु त्याच्या शेपटातून गेली नाहीत. आईसने धूमकेतूच्या केंद्रभागाजवळील चुंबकीय क्षेत्राचे मापन

केले. आईसने धूमकेतूच्या शेपटातून प्रवेश करण्यापूर्वी शंभर मिनिटे अगोदर त्यास धक्का बसला. हा धक्का अपेक्षेहून कमी होता. त्यानंतर त्यास शेपटाजवळ जाण्यापूर्वी १,३४००० कि.मी. अंतराचा प्रवास करावा लागला. त्यानंतर ते ९,६००० कि.मी. अंतरावरून शेपटातून परतीचा प्रवास करित असतांना त्यास पुन्हा धक्का बसला. या धक्का क्षेत्रात आईसने तीन तासापेक्षा जास्त काळ घालविला. आईसने शेपटाबाहेरील तापमान त्याच्या अंतर्भागातील तापमानाहून कमी असल्याची नोंद आईसने केली. जिअॅकोबिनी-झिन्नर धूमकेतूच्या संशोधनानंतर आईसने त्याचा सूर्याभोवतीचा प्रवास सुरू ठेवला. आणि ऑक्टोबर, इ.स. १९८५ मध्ये सूर्य आणि हॅलेचा धूमकेतू यांच्यामधूल ते गेले. आणि मार्च, इ.स. १९८५ मध्ये पुन्हा त्याने असाच प्रवास केला. संशोधन केले. हा प्रकल्प नासाच्या गॉडार्ड प्रक्षेपण केंद्राने कार्यान्वित केला.

अॅस्ट्रो १ चे कार्य

अॅस्ट्रो १ ही अवकाश वाहकातील एक वेधशाळा आहे. पृथ्वीच्या वरच्या वातावरणात जिथे कोणत्याही स्वरूपाचे व्यत्यय येत नाहीत अशा भागातील अतिनील प्रकाशाचा अभ्यास तिच्याद्वारे केला जातो. मार्च, इ.स. १९८६ मध्ये हॅलेच्या धूमकेतू मधील अतिनील प्रकाशाचा अभ्यास करण्यासाठी ती प्रक्षेपित करण्यात आली. या अंतराळातील वेधशाळेत तीन अतिनील दुर्बिणी असून त्यांच्या साहाय्याने हॅले धूमकेतूचे अतिनील स्वरूपातील छायाचित्रण केले गेले. त्याशिवाय त्याचा वर्णपटही घेतला. प्रकाशमापन, ध्रुवीय मापनही केले गेले. धूमकेतूची विस्तृत क्षेत्रीय दृश्य प्रकाशाद्वारे खास कॅमेऱ्याने छायाचित्रे घेतली. त्याद्वारे हॅले धूमकेतूच्या विशाल शेपटाचा अभ्यास केला गेला.

स्पार्टनचे कार्य

स्पार्टन हा अॅस्ट्रो १ प्रमाणेच हॅले धूमकेतूच्या अतिनील प्रकाशाचा अभ्यास करणारा कृत्रिम उपग्रह. हॅले धूमकेतू उपसूर्य स्थितीत येण्यापूर्वी तो जानेवारी इ.स. १९८६ च्या शेवटच्या सप्ताहात अंतराळात प्रक्षेपित करण्यात आला. गॉडार्ड अंतराळ उड्डाण तळाने हा प्रकल्प कार्यान्वित केला.

सेलरमॅक्सचा अभ्यास

सौर वातावरणाचा अभ्यास करणारा हा कृत्रिम उपग्रह. यांच्याद्वारे हॅले धूमकेतूचा ४ जानेवारी, इ.स. १९८६ ते ११ मार्च, इ.स. १९८६ या काळात अभ्यास करण्यात आला. त्यावरील किरीटालेख ध्रुवीय मापक, वर्णपट मापक, अतिनीलप्रकाश मापक या उपकरणांच्या साहाय्याने धूमकेतूच्या आणवीय आणि रेणवीय घटकांचे पृथक्करण केले गेले. सोलर मॅक्सचे प्रक्षेपण १४ फेब्रुवारी, १९८० रोजी पृथ्वीच्या ५७५ कि.मी. उंचीवरील कक्षेत करण्यात आले. त्यातील उणीवांची दुरुस्ती मार्च इ.स. १९८४ मध्ये करण्यात आळी.

पायोनियरची कामगिरी

पायोनियर १२ शुक्राभोवतालच्या कक्षेत डिसेंबर, इ.स. १९७८ पासून परिभ्रमण करीत आहे. हॅलेचा धूमकेतू आमि सौर वारे यांचे पायोनियर व्दारे २८ डिसेंबर, इ.स. १९८५ ते १६ मार्च, इ.स. १९८६ या काळात निरीक्षण केले गेले. त्यावेळी हॅलेचा धूमकेतू पायोनियरच्या दृष्टीने सूर्याच्या दूरच्या बाजूला होता. ४ फेब्रुवारी, इ.स. १९८६ रोजी म्हणजे हॅले धूमकेतूच्या उपसूर्य स्थितीच्या केवळ पाच दिवस अगोदर हॅलेचा धूमकेतू शुक्र आणि पायोनियर कक्षेपासून ४०००००० (४० x १०) कि.मी. अंतरावरून गेला. उपसूर्य स्थितीनंतरचे हॅलेच्य धूमकेतूचे त्याद्वारे संशोधन केले गेले. धूमकेतूच्या वायूची रचना, पाण्याच्या बाष्पीभवनाचे प्रमाम, वायू धूळ यांचे गुणोत्तर यांचा पायोनियरने अभ्यास केला. सौर वाऱ्याशी धूमकेतूच्या होणाऱ्या अंतर्गत प्रक्रियेचे पायोनियरमधील संवेदनशील उपकरणांनी मापन केले.

उद्याचे संशोधन

युरोपियन स्पेस एजन्सी आमि नासा या दोन संस्थांनी क्राफ या मोहिमेच्याद्वारे धूमकेतूच्या केंद्रभागावर एक सुसज्ज अंतराळयान उतरविण्याची अभिनव योजना आखलेली आहे. या योजनेद्वारा वार्डल्ड या धूमकेतूवर ८ जानेवारी, इ.स. १९९५ रोजी यान उतरेल. या यानाचे प्रक्षेपण स्पेस शटलद्वारा १८ मार्च, इ.स. १९९१ रोजी केले गेले. हॅलेचा धूमकेतू आणि जिअॅकोबिनी -झिन्नर या धूमकेतूवर प्रक्षेपित

केलेल्या विविध अंतराळयानांच्या पूर्वानुभवाचा विचार करून हा प्रकल्प कार्यान्वित केला जाईल. वॉलड धूमकेतूशी सुसंबद्ध असा ज्ञानाचा वेग राखला जाईल. हे अंतराळयान धूमकेतूच्या केंद्रातील विविध भागातून तेथील पदार्थांचे तेथील पदार्थांचे नमुने गोळा करील. त्यात केंद्रावरील आवरण, आवरणाखालील पदार्थ तसेच पृष्ठभागांवरील छिद्रातून बाहेर पडणारा वायू यांचा समावेश असेल. हे सर्व नमुने कित्येक कि. ग्रॅम वजनाचे असतील. केंद्रातून बाहेर पडणाऱ्या वायूंचा नमुना शंभर ग्रॅम वजनाचा असेल. हे सर्व नमुने पृथ्वीकडे आणतांना त्याचे तापमान ११० अंश से. इतके राखले जाईल. या नमुन्यांचे पृथ्वीवरील प्रयोगशाळेत विश्लेषण केले जाईल. त्यामुळे धूमकेतूचे वय निश्चित कळू शकेल. त्यात सापडलेल्या वैश्विक धूलीकणांतून आपल्या आकाशगंगेच्या आणि विश्वाच्या उत्पत्तीवर प्रकाश टाकणारी काही माहिती मिळू शकेल.

आपल्या सूर्यकुलाच्या अंतर्भागात नुकत्याच शिरलेल्या धूमकेतूची निवड त्या दृष्टीने करणे आवश्यक आहे. नजिकच्या भविष्यकाळात वॉलड हा धूमकेतू आणि त्यानंतर काप्फ हा धूमकेतू सोयीचे वाटतात. हा धूमकेतू मंगळाच्या कक्षेत शिरण्यापूर्वीच अंतराळयानाला त्याची भेट घ्यावी लागले. सूर्याच्या उष्णतेचा धूमकेतूवर परिणाम होण्या अगोदरच ही भेट होईल. त्याबरोबरच तो धूमकेतू आपल्या पृथ्वीपासूनही दूर असता कामा नये. अन्यथा अंतराळ यानाला अनेक अडचणींना तोंड द्यावे लागेल. या मोहिमेसाठी आयन ड्राईव्ह या वेगळ्या तत्त्वावर कार्य करणाऱ्या अग्निबाण वाहकाची योजना आहे. त्यामुळे अंतराळयानाचा प्रवास कमी वेळात होईल.

हॅलेचा धूमकेतू आता आपल्या सूर्यकुलाच्या अंतर्भागात इ.स. २०६२ - इ.स. २०६३ मध्ये येईल. त्यावेळी त्याच्यावर पृथ्वीवरील मानव धूमकेतू मंगळाजवळ असतांनाच सुसज्ज उपकरणांसह पाऊल ठेवील. मानवाची ही महत्त्वाकांक्षा ज्ञानाचे क्षितिज विस्तीर्ण करित आहे. अंतराळ युगातील अपूर्व संशोधन ही त्याची तेजस्वी साक्ष आहे.



नितांत सुंदर खग्रास सूर्यग्रहण

खग्रास सूर्यग्रहणाचे निरीक्षण पक्षांच्या अभयारण्यातून म्हणजे भरतपूर येथून करायचं असं सहा महिन्यापूर्वीच ठरवलं होतं. त्यादृष्टीने



माझे आकाश मित्र श्री. बाळ अटाळे यांनी भरतपूरला एका सुयोग्य परिसरात असलेल्या विश्रामगृहाची जागा आरक्षितही केलेली होती. आमचे हे विश्रामगृह उत्तर प्रदेशच्या एका मंत्री महोदयांनी सर्व नियम धुडकावून स्वतः बळकावले आणि माझ्यापुढे अनेक प्रश्न उभे राहिले. एवढ्या दूरच्या प्रवासासाठी रेल्वेतील शयनयानांचे आरक्षण अशा ऐन वेळी कसे होणार ? मुक्काम कुठे करणार ? निरीक्षणाच्या दृष्टीने सुयोग्य जागा कुठे कशी निवडणार ? असे ते भेडसावणारे प्रश्न होते. कोणत्याही परिस्थितीत हे खग्रास सूर्यग्रहण पाहायचं असा निर्धार

केला होता. ग्राम विज्ञान मंचच्या सूर्यग्रहण जनजागरण अभियानात मी गुंतून पडलो होतो. व्याख्याने, स्लाईडशोचे कार्यक्रम सतत सुरु होते. प्रवास, मुक्काम या संदर्भात आरक्षण करण्यास उसंतही मिळत नव्हती.

एक दिवस नाशिकचे विख्यात प्रसूती तज्ज्ञ डॉ. रणजीत मेहता माझ्याकडे आले आणि ते मला म्हणाले, 'तुम्ही खग्रास सूर्यग्रहणाच्या निरीक्षणासाठी कुठे जाणार आहात?' मी त्यांना उत्तर दिलं 'तुमच्या बरोबर!' माझ्या या उत्तरानं डॉ. मेहता अतिशय आनंदीत झालेले दिसले. आरक्षण, मुक्काम आदि सर्व गोष्टींची आखणी त्यांनीच केली. प्रथम ग्वाल्हेरला जायचं तिथली प्रेक्षणीय स्थळे पाहून मग आग्रा गाठायचं. ग्वाल्हेर आग्रा प्रवास टॅक्सीने करायचा. जातांनाच ग्रहणाच्या निरीक्षणाच्या दृष्टीने जागा निश्चित करायची. आग्रा ते बोलपूर मार्गावर येण्यासाठी आग्रा येथून चोवीस तारखेला पहाटे निघायचं असं ठरवलं. पण प्रत्यक्षांत आम्ही निरीक्षण केलं. भिंडच्या परिसरातून- डाकूंच्या प्रदेशातून.

खग्रास सूर्यग्रहणाच्या निरीक्षणासाठी मी आणि उषा, डॉ रणजीत मेहता, डॉ. नंदा मेहता त्यांच्या कन्या प्रियांका आणि पूर्वा सर्वांनी प्रथम ग्वाल्हेरला प्रयाण केलं. खग्रास सूर्यग्रहणाच्या टप्प्यात ग्वाल्हेर पासून सत्तर कि. मी. अंतरावर असलेला भिंडचा परिसर येतो अंस आम्हाला कळलं. हा परिसर पूर्वी पुतळाबाई, फुलनदेवी यांच्यामुळे भयकंपित झालेला होता, आता त्याचा मागमूसही तिथे उरलेला नाही अशी आश्वासक माहिती मिळाल्यानंतर आम्ही आग्रा येथे जाणं स्थगीत केलं. डॉक्टर मेहतांचा ड्रायव्हर त्यांची मारुती कार घेऊन ग्वाल्हेरला आला होता. आम्ही चोवीस तारखेला पहाटे पाच वाजता भिंडच्या दिशेने कूच केली, ग्वाल्हेरचे फडके कुटुंबीयही दुसऱ्या कारने भिंडकडे दौडत होते. ग्वाल्हेर भिंड रस्ता खूप चांगला आहे त्यामुळे हा प्रवास सुकर झाला.

आम्ही कार मधून रस्त्याच्या दोन्ही बाजूंना ग्रहणाच्या निरीक्षणाच्या दृष्टीने सुयोग्य जागा पाहात होतो. पस्तीस कि. मी. अंतर पार केल्यानंतर आम्ही खग्रास सूर्यग्रहणाच्या टप्प्यात आलो. या मार्गाने जात असताना उत्तरेकडे सक्षर्षी दिमाखात दिसत होते. तेवढ्यात पूर्वेकडे लाली पसरली

म. ड. न. ठार, पानजकार, काव्या.
वास वाडवळ विज्ञान संदर खग्रास सूर्यग्रहण ✓ १००

३४५२

दिनांक १/३/०८

उगवता गोलाकार सूर्य लालसर पिवळा सूर्य क्षितिजावर दिसला. आम्ही कार थांबवली आणि डॉक्टर मेहतांनी उगवत्या सूर्याचे छायाचित्र कॅमेऱ्याने टिपले. संधी प्रकाश लुप्त झाला आणि सप्तर्षीही.

भिंडला पोहोचताच दाटीवाटीने असलेली घरे आणि उंच इमारती दिसल्या. अशा ठिकाणाहून ग्रहणाच्या निरीक्षणात अडचण येणार हे जाणवले आणि आम्ही पाच कि.मी. मागे फिरलो आणि पूर्वी निवडलेल्या एका मोकळ्या शेतात मुक्काम ठोकला आमच्या मागोमाग येणारी वाहनेही याच ठिकाणी आली. मुंबईचे विख्यात छायाचित्रकार अभिजित पंडित आणि वैद्य, भाभा अॅटॉमिक रिसर्च सेन्टर मधील वैज्ञानिक सी. एस्. सुब्बण्णा आमच्या समवेतच होते. दुर्बिणीतून आम्ही सूर्य पाहिला. गोलाकार वेधक पिवळसर सूर्यबिंब त्यावर दिसणारा एकमेव सौरडाग!

सकाळी सात वाजून पंचवीस मिनिटांनी सूर्यग्रहणास प्रारंभ झाला. सूर्यबिंब हळूहळू कमी कमी होऊ लागले. सूर्यबिंब एक चतुर्थांश ग्रासले प्रियांका आणि पूर्वा गोलाकार आरश्यांच्या साहाय्याने प्रतिमा पाडू लागल्या गहू चाळण्याच्या रोळीतून पांढऱ्या कागदावर पडणाऱ्या सूर्याच्या चंद्राकार प्रतिमांची डॉक्टर मेहतांनी छायाचित्रे घेतली, आम्ही चंद्राच्या सावल्यांच्या सर्पिलाकार प्रतिमा पाहण्यासाठी पांढऱ्या शुभ्र चादरी अगोदर पसरल्या. ऊन कमी होऊ लागले. सायंकाळ होते आहे असे वाटू लागले. हवेत गारवा आला. थंडी वाजू लागली. माझ्या अंगावर कुणीतरी शाल टाकली. पाव, अर्धा, पाऊण अशा क्रमाने सूर्यबिंब गडद अशा काळ्याशार चंद्राच्या छायेने ग्रासले जाऊ लागले. गडद काळ्याशार चंद्राच्या सावलीच्या पार्श्वभूमीवर पूर्वी दिसणारा सौरडाग तर अगदीच म्लान वाटला. अंधार वाढू लागला. संधी प्रकाशाची अवस्थाही लुप्त होऊ लागली. आठ वाजून तीस मिनिटांनी सूर्यबिंब पूर्ण ग्रासले गेले. डोळ्यांवर सूर्यचष्मा असूनही काहीच दिसेना. मी ओरडलो---- 'चष्मे काढा' आणि---- मग-----

एक अपूर्व नितांत सुंदर वेधक दृश्य आम्हाला दिसले. सूर्यबिंबावर दिसणारा काळाशार गोलाकार चंद्र! आणि त्याच्या कडातून काही ठिकाणी दिसणाऱ्या लालभडक अशा उज्ज्वाला! सूर्याचा विहंगम असा किरीट!

हा किरीट म्हणजे सूर्य किरणांचा- चंदेरी रंगाचा सूर्यबिंबाच्या भोवती पसरलेला पिसारा! सूर्याची ही अवस्था भिंडला पंचावत्र सेकंद असेल असे. वैज्ञानिकांचे भाकीत होते. आम्ही हे विलक्षण दृश्य फार कमी क्षण पाहिले असे आम्हाला जाणवले. हे अपूर्व दृश्य पाहात असतांनाच चंद्राची सावली अत्यंत द्रुतगतीने सरकली आणि सूर्याच्या प्रकाशबिंबातून- गोलाकार तेजोगोलाची दैदीप्यमान - डायमण्ड रिंग - आमच्या दृष्टीस पडली. आम्ही सर्वांनी नजरा बाजूला वळविल्या. सूर्याच्या तेजाने डोळे जळतील या भीतीने पुन्हा सूर्यचष्मे डोळ्यांसमोर धरले आणि सूर्यबिंबाचे निरीक्षण करू लागलो.

सूर्याच्या किरीटाची-डायमण्ड रिंगची एकाहून एक सुंदर छायाचित्रे मी पाहिली आहेत पण खग्रास सूर्यग्रहणाच्या वेळी प्रत्यक्ष दिसणारे दृश्य हे त्याच्या छायाचित्रातून कधीच प्रतीत होत नाही. इतके ते अपूर्व असते आणि खरोखरीच अवरुणनीय असते. प्रतिमेपेक्षा प्रत्यक्ष हे उत्कट असते याची प्रखर जाणीव खग्रास सूर्यग्रहण पाहतांना होते.

प्रत्येक खग्रास सूर्यग्रहण हे वेगळे असते. याचाही या खग्रास सूर्यग्रहणाच्यावेळी अनुभव आला. दरवेळी सूर्यकिरीटाची शान वेगळी ! डायमण्ड रिंगही वेगळी ! या अपूर्व आनंदमय दृश्याची मनःपटलावर कायमची स्मृती कोरली गेली आहे, ती चिरस्मरणीय राहाणार आहे.

सूर्यग्रहणाच्या वेळी भिंडच्या परिसरात क्रॉच पक्षी घरटयात परततांना दिसले. कावळे झाडात लपलेले पाहिले. सूर्यग्रहण संपतांना चिमण्यांचा चिवचिवाट ऐकला. सूर्याचा परमग्रास होतांना पूर्वेकडे शुक्रग्रहाचे दर्शन घडले. आकाशात चंद्राच्या सावलीचा पाठलाग करणाऱ्या जेट विमानाची घरघर ऐकली आणि बलूनही पाहिले. ग्वाल्हेरहून नाशिककडे परततांना ग्रहण पाहून आलेले अनेक सहप्रवासी भेटले. त्यांनी आपापले अनुभव कथन केले. त्यांच्या मजेशीर अनुभवांविषयी पुन्हातरी लिहीन. आता वाट पाहात आहोत ११ ऑगस्ट १९९९ रोजी घडून येणाऱ्या खग्रास सूर्यग्रहणाची ! ते धुळे आणि जळगाव परिसरात घडून येणार आहे. तेव्हा आपण तिथे जायलाच हवे !



कृष्ण विवराने तारा गिळला

जगातील सारे खगोल शास्त्रज्ञ एका अपूर्व घटनेने दिङ्मुख झाले आहेत. सारेजण आश्चर्याने थक्क झाले आहेत. याचे कारण एका ताऱ्याला कृष्ण विवराने गिळले आहे. हा तारा आपल्या सूर्याच्याच आकाराचा होता. तो आपल्या पृथ्वीपासून दोनशे दशलक्ष प्रकाश वर्षे अंतरावर होता. (१ प्रकाशवर्ष- नऊ हजार चारशे एकसष्ट दशकोटी किलोमीटर) सीफर्ड एन. जी. सी क्रमांक ५५४८ या आकाशगंगेच्या मध्यभागात हा तारा होता. त्याच्या मुसमुसण्याचा थोडाही आवाज आपणास ऐकू आला नाही. पण अमेरिकेतील फ्लॅगस्टाफ वेधशाळेतील खगोल शास्त्रज्ञांनी या ताऱ्याच्या मृत्यूसमयीच्या वेदनांची मुद्रणनोंद केली आहे. एन. जी. सी. ५५४८ या आकाशगंगेचा मध्यभाग त्याच्या तेजस्वितेत होणाऱ्या फेरबदलामुळे सर्वांना ठाऊक होता. ब्रॅडले पिटरसन आणि गॅरी फेरलॅण्ड या ओहियो विद्यापीठातील खगोलशास्त्रज्ञांनी दुर्बिणीतून त्याच्यावर अखंड पाळत ठेवली होती. १९८४च्या फेब्रुवारी आणि जूनच्या दरम्यान त्यांना या आकाशगंगेचा मध्यभाग अधिक तेजस्वी झालेला दिसला आणि त्याच्या परिसरात फार मोठ्या प्रमाणात हेलियमचे प्रमाण वाढलेले आढळले.

इंग्लंडमधील केम्ब्रिज विद्यापीठातील खगोलशास्त्रज्ञ स्टिफन हॉकिंग्ज यांच्या मते जेव्हा एखादी वस्तू कृष्णविवराच्या सान्निध्य विशिष्ट अंतरावर जाते तेव्हा ती त्या कृष्णविवरात गिळंकृत होते. कृष्णविवरे त्यांच्यापासून कुणालाही सुटू देत नाहीत. अगदी प्रकाशाला सुद्धा ते गिळंकृत करतात. परंतु जेव्हा एखादी वस्तू अशा सापळ्यात अडकते तेव्हा तिच्यातून औष्णिक प्रारण बाहेर पडते. हॉकिंग्ज त्यास परत न येण्याचा बिंदु असे म्हणतात.

हीच त्या घटनेच्या क्षितिजाची मर्यादा होय. जर एखादी वस्तू साहस करुन त्याच्या जवळ जाऊ लागली तर दुर्घटना होण्याची चिन्हे निश्चित दिसू लागतात आणि त्याचे भाकित खगोल निरीक्षकांना आता करता येणे अगदी



शक्य असल्याचे वाटावे अशी परिस्थिती आहे. संबंधित वस्तूमधून बाहेर पडणाऱ्या औष्णिक प्रारणाला 'हॉकिंगचे प्रारण' असे नाव दिले गेले आहे. अशा हॉकिंग प्रारणाचे अजून निरीक्षण व्हावयाचे आहे. ऑरिझोनातील खगोलशास्त्रज्ञांनी तेजस्वितेत होणाऱ्या फेरबदलाचा अचूक वेध घेतला आहे.

कृष्ण विवरे म्हणले काय

कृष्ण विवराजवळ जाणाऱ्या ताऱ्याचे विघटन होते. तो नष्ट होतो. त्या ताऱ्याचे प्रकाश किरणही या काळ्या कुट्ट विवरात गिळकृत होतात. अणूचे कणधुळीचे कण यासारख्या लहान वस्तूंपासून अवाढव्य ताऱ्यापर्यंत सर्वकाही या कृष्ण विवराच्या मर्यादारेषेत येताच गडप होतात. जॉन व्हीसर या खगोल शास्त्रज्ञाने प्रचंड गुरुत्वाकर्षण असलेल्या या अवकाशाला 'कृष्ण विवर' म्हणून संबोधिले. हे नाव अत्यंत अचूक आणि समर्पक आहे संपूर्ण विश्वात अशी अनंत कृष्ण विवरे असावीत असे खगोलशास्त्रज्ञांना वाटते. आपल्याच आकाशगंगेत किमान एक लाखाहून अधिक कृष्ण विवरे असावीत असे किपथॉर्न यांचे मत आहे. या किपथॉर्न यांच्या गणिती मताला अॅरिझोना वेधशाळेतील खगोलशास्त्रज्ञांनी केलेल्या निरीक्षणामुळे दुजोरा मिळाला आहे. ताऱ्याच्या जीवनक्रमात तो काही कालांतराने नष्ट पावतो. त्याचवेळी या कृष्णविवराची निर्मिती होते.

महास्फोटाची घटना आणि नंतर

आपल्या विश्वाची निर्मिती एका महास्फोटातून झाली. वस्तूचे तुकडे होऊन ते सर्वत्र पसरले. हे तुकडे म्हणजेच वायु आणि धुळीचे कण होत. गुरुत्वाकर्षणशक्तीमुळे त्यांचे विविध ठिकाणी-एकत्रीकरण होऊन ते घट्ट होत गेले. आणि त्यांचे बलाढ्य वस्तुमानाचे ढग म्हणजेच तारे तयास झाले. संकोचनामुळे त्यांच्या गर्भातील तापमान वाढले आणि केंद्रीय प्रक्रियेमुळे उष्णता, प्रकाश यांची निर्मिती झाली. ताऱ्यांच्या जीवनाच्या इतिहासात असे दिसून येते की ताऱ्यामध्ये दोन शक्तीची परस्पर अशी रस्सीखेच सुरु असते. ताऱ्यातील केंद्रीय प्रक्रियेमुळे निर्माण होणाऱ्या उष्णता, प्रकाश, प्रारणादि उत्सर्जनाचा जोर जो बाहय दिशेने होत असतो आणि त्याचवेळी आत खेचणाऱ्या गुरुत्वाकर्षणाचा जोरही कार्यरत असतो. अशा प्रकारची ही झुंज आपल्या सूर्यापासून अन्य ताऱ्यात सुमारे पाच हजार अब्ज वर्षांपासून अखंडपणे चालू आहे आणि तेवढाच काळ ती काहीही बदल न होता तशीच पुढे चालू राहणार आहे. कालांतराने ताऱ्यातील हायड्रोजन संपुष्टात येतो आणि त्याच्या कवचामधील हायड्रोजनचे ज्वलन सुरु होते. हळू हळू तो तारा फुगत जाऊन 'तांबडा राक्षसी' तारा बनतो. आपला सूर्य ज्या वेळी

असा तांबडा बनेल तेव्हा त्याच्या ज्वालांनी त्याच्या जवळचे बुध, पृथ्वी, शुक्रासारखे ग्रह वेढले जातील आणि सूर्यातील अणुइंधन संपल्यावर आतील गुरुत्वाकर्षणामुळे ताऱ्यातील आकुंचनास प्रारंभ होऊन तो 'पांढरा खुजा'तारा बनेल. हेच आकुंचन पुढे होत जाऊन त्याच्या गर्भातील अणु चिरडले जाऊन तो 'न्यूट्रॉन तारा'बनेल. शेवटी गुरुत्वाकर्षण अधिकआधिक वाढत जाऊन त्याचे आकुंचन होत राहिल. नाशाच्या स्थितीत असलेल्या ताऱ्याचे वस्तुमान अशा प्रचंड शक्तीने रगडले जाते की तो त्याचे अस्तित्व नष्ट होईपर्यंत तो स्वतःला आवळून टाकतो आणि त्यानंतर 'कृष्णविवरां'चा जन्म होतो. यालाच खगोलगणिती विलक्षितता असे म्हणतात. यावेळी ताऱ्याचे वस्तुमान एका अतिसूक्ष्म आकारमानात शोषले जाते. त्यामुळे तो तारा अतिघन होतो. त्याच्या गुरुत्वाकर्षण शक्तीत अमर्याद वाढ होऊन काल आणि अवकाश यांचे अस्तित्वच तेथे राहात नाही. स्वतःला शोषून स्वतःच्याच अस्तित्वाचा मागमूसही न ठेवण्याची कल्पना खरोखरीच थक्क करणारी आहे.

कृष्ण विवराच्या खाणाखुणा

या अफाळ विश्वातील कृष्णविवरांचा मागमूस आपणास कसा कळणार ? ज्या वस्तुमानापासून कृष्णविवराची निर्मिती होते ते वस्तुमानच नष्ट होते. उरते ते फक्त गुरुत्वाकर्षण. या गुरुत्वाकर्षणाचा परिणाम आजूबाजूच्या वस्तूंचे पूर्वीप्रमाणेच होत राहतो. या कृष्णविवराच्या सान्निध्य एखादा जुळताारा असल्यास त्या ताऱ्याच्या बाह्य अंगातील वायु या कृष्णविवराकडे खेचले जातात आणि कृष्णविवराभोवती परिभ्रमण करू लागतात. पुढे ते त्या कृष्णविवरात जाऊन लुप्त होतात. हे घडत असताना त्यांचे तापमान एक कोटी अंश सेल्सिअस एवढे अतिप्रचंड होते. त्यांच्यापासून अत्यंत प्रखर क्ष - किरण बाहेर पडतात. आपणापासून सहा हजार प्रकाशवर्षे दूर अशा हंस तारासमूहातून असे क्ष किरण येत आहेत. वृश्चिक तारासमूहातील कृष्ण विवर असावे असे खगोलनिरीक्षकांना वाटते. अशा तारासमूहातील तारे एका अवाढव्य गुरुत्वाकर्षण केंद्राभोवती काही तरी विचलित व्हावे अशा पध्दतीने परिभ्रमण करीत आहेत.

कृष्ण विवरांचे अस्तित्व कळल्यानंतर आपणास त्याचा काही उपयोग होऊ शकेल का, असा प्रश्न नेहमी विचारला जातो. कृष्ण विवरांचे अस्तित्व

आपणास विश्वनिर्मितीचे कोडे उलगडण्यास निश्चितच सहाय्य करणारा आहे. त्याचप्रमाणे विश्वाचे भवितव्य काय असेल, या प्रश्नाचेही उत्तर आपणास मिळू शकेल. महास्फोटातून निर्माण झालेले विश्व बाहेर विस्तार पावत आहे. हा विस्तार अखंड चालू राहिल का, याविषयी खगोलशास्त्रज्ञ साशंक आहेत. आकाशगंगेतील गुरुत्वाकर्षणामुळे हा विस्ताराचा वेग कमी कमी होत आहे. पण विश्वात विपुल वस्तुमान असल्याशिवाय हा वेग संपूर्णतः थांबणार नाही. कृष्ण विवरांमुळे या विस्तार वेगाला निश्चितच नियंत्रण मिळेल. आणि हा विस्तार उलटया दिशेने सुरु होईल. तारे स्वतःमध्येच पुन्हा उलटया दिशेने येतील. अशी घटना पाच अब्ज वर्षांसनंतर घडेल. सर्व आकाशगंगा एका प्रचंड कृष्ण विवरात विलीन होतील, वैज्ञानिक कृष्णविवरांच्या उपयुक्ततेची स्वप्ने रेखाटत आहेत. आपल्या पृथ्वीला अशा कृष्णविवरातून अमर्याद ऊर्जेचा पुरवठा निर्माण करण्याची योजना आहे. या कृष्णविवरात प्रचंड बॉम्बसचा वर्षाव करून इतकी अतिप्रचंड उष्णता निर्मिती करता येईल की त्या उष्णतेचे तरंगात रुपांतर घडवून सूक्ष्म तरंगाद्वारे पृथ्वीवर अमर्याद ऊर्जेचा लाभ पृथ्वी निवासी मानवाला मिळू शकेल. वैज्ञानिकांच्या मते कृष्ण विवराजवळ मानवी वसाहत करून त्यात टाकलेला कचरा इतक्या प्रचंड वेगाने बाहेर येईल की त्यापासून अमर्याद ऊर्जेचा लाभ पृथ्वी निवासी मानवाला मिळू शकेल. मात्र असा कचरा मर्यादित स्वरूपातच टाकावा लागेल. अन्यथा त्या विवराची धोका कक्षा वाढून मानवी वसाहतच ते गिळकृत करील. काही वैज्ञानिकांना कृष्ण विवरात गेलेले सर्व काही नष्ट होते हेच मान्य नाही. त्यांच्या मते कृष्ण विवरात जाणारी वस्तू एका बाजूने जाऊन दुसऱ्या बाजूने बाहेर येईल. नाहीतर एखादा दुसऱ्याच विश्वात जाईल. या कृष्णविवरातून आत जाऊन बाहेर पडणारी वस्तू जेव्हा बाहेर पडेल ती वेळ आत जाण्यापूर्वीची असेल. एखाद्या कृष्ण विवरातून आरपार प्रवास करणारा प्रवासी प्रवासाच्या शेवटी निघण्यापूर्वी पोहोचलेला असेल. त्यामुळे हा प्रवास जणू वय थोपवून ठेवणारी तारुण्य गुटिकाच असेल. कृष्ण विवराच्या अस्तित्वाचे सारे खगोलशास्त्रज्ञ दिडमूढ झाले आहेत.



BVBK-0403412

BVBK-0403412

नवे अंतराळ विज्ञान

विषय

म. प्र. सं. ठारें, शास्त्रात्मक प्रवासा.

दाल शास्त्रात्मक प्रवासा

3892

१०७

el3lel

दा.दा.

अधिक वाचनासाठी

१. सूर्यकुलातील पाहुणे : धूमकेतू
लेखक : सुधाकर भालेराव
प्रकाशक : पुणे विद्यार्थी गृह प्रकाशन
१७८६, सदाशिव पेठ,
पुणे ४११ ०३०.
२. आपली सूर्यमाला
लेखक : सुधाकर भालेराव
प्रकाशक : अश्वमेध प्रकाशन
१२६५, सदाशिव पेठ,
पुणे ४११ ०३०.
३. माझा छंद आकाश निरीक्षण
लेखक : सुधाकर भालेराव
प्रकाशक : अमिषेक एन्टरप्राईझ
१२६५, सदाशिव पेठ,
पुणे ४११ ०३०.
४. कृत्रिम उपग्रह आणि अवकाश विज्ञान
लेखक : सुधाकर भालेराव
प्रकाशक : साकेत प्रकाशन
११५ म. गांधी नगर, स्टेशन रोड,
औरंगाबाद ४३१ ००५.
५. किमया विज्ञानाची
लेखक : सुधाकर भालेराव
प्रकाशक : साकेत प्रकाशन
११५ म. गांधी नगर, स्टेशन रोड,
औरंगाबाद ४३१ ००५.
६. आपला सूर्यतारा
लेखक : सुधाकर भालेराव
प्रकाशक : साकेत प्रकाशन
११५ म. गांधी नगर, स्टेशन रोड,
औरंगाबाद ४३१ ००५.
७. सुगम विज्ञान कोश
लेखक : सुधाकर भालेराव, वसंत कार्डिले
प्रकाशक : अश्वमेध प्रकाशन
१२६५, सदाशिव पेठ,
पुणे ४११ ०३०.

पारिभाषिक शब्द

Aphelion	अपसूर्य
Apogee	अपभू
Astronomical	खगोलशास्त्रीय
Unit	एकक
Astronomical -	खगोलशास्त्रीय
Constant	नित्यक
Aurora	ध्रुवीय प्रकाश
Centrifugal -	अपमध्ये प्रेरक
force	
Centripetal force	अभिमध्य प्रेरक
Celestial Sphere	खगोल
Constellation	तारासमूह
Corona	किरीट
Cosmic vays	विश्व किरण
Dwarf star	खुजा तारा
Elongation	अपगम
Equinox	संपात
Faculae	ज्वालमसा
Flane	उज्ज्वासा

Light year	प्रकाश वर्ष
Luminosity	दीप्ती
Meridian	मध्यमंडल
Nebula	तेजोमेघ
Occultation	पिधान
Parsec	दूरता एकक
Perigee	उपभू
Precession	परांचन
Revolution	परिभ्रमण
Rotation	परिवलन
Satellite artificial	कृत्रिम उपग्रह
Siderial	नक्षत्र
Spectroscope	वर्णदर्श
Spectrum	वर्णालेख
Sunspot	सौरडाग
Synodic	सांवासिक
Transit	अधिक्रमण
Tropical	सांपत्तिक
Year	वर्ष
Zodiac	ग्रहपथ
Zodiacal Light	पथप्रकाश