म. ग्रं. सं. ठाणे
विषय
सं. क्र.
१९४५८

१०

सूर्य
आणि
सूर्यशक्तीचे उपयोग

लेखक

नारायण वासुदेव कोगेकर,
एम्. एस्सी.

बहिःशाल
शिक्षण
ग्रंथमाला

REFBK-0010202

मूल्य एक रुपया

१९५८

૩૭૨૦૯
૫/૧૧/૬૪

पुणें विद्यापीठ

बहिःशाल शिक्षण ग्रंथमाला

बहिःशाल शिक्षण मंडळ

१०

सूर्य
आणि
सूर्य[illegible]योग

10202

REFBK-0010202

REFBK-0010202

लेखक

नारायण वासुदेव कोगेकर, एम्. एस्सी,

वास्तवशास्त्राचे प्राध्यापक,

सोफिया कॉलेज, मुंबई

डिसेंबर १९५८] [मूल्य: एक रुपया

पुणें विद्यापीठ मुद्रणालयांत छापलें.

मुद्रक :
श्री. र. श्री. सरदेशपांडे,
दुय्यम कार्यवाह,
पुणें विद्यापीठ,
गणेशखिंड, पुणें ७.

प्रकाशक :
श्री. व. ह. गोळे,
कार्यवाह,
पुणे विद्यापीठ,
गणेशखिंड, पुणें ७.

संपादक :
डॉ. अ. वि. नाईक, एम्. ए., पीएच्. डी.
सचिव, बहिःशाल शिक्षण मंडळ, पुणें विद्यापीठ.

या ग्रंथासंबंधीचे सर्व हक्क पुणें विद्यापीठ बहिःशाल शिक्षण मंडळानें स्वाधीन ठेविले आहेत.

प्रथमावृत्ति
डिसेंबर १९५८

संपादकीय निवेदन

मुंबई सरकारच्या सन १९४८ च्या पुणें विद्यापीठ कायद्यांतील २६ व्या कलमान्वयें, पुणें विद्यापीठानें १९५० सालीं **बहि:शाल शिक्षण मंडळ** स्थापन केलें. मंडळाच्या उद्देशांपैकीं सामान्य जनतेला उपयुक्त असणाऱ्या व आकलन होणाऱ्या विषयांवर पुस्तकें लिहून घेण्याची व प्रसिद्ध करण्याची व्यवस्था करणें हा एक आहे.

तदनुसार **सूर्य आणि सूर्यशक्तीचे उपयोग** हें पुस्तक प्रा. **नारायण वासुदेव कोगेकर**, एम्. एस्सी., यांजकडून मंडळानें लिहून घेतलें आहे व तें आतां '**बहि:शाल शिक्षण ग्रंथमालें**'तील **१० वें पुष्प** म्हणून प्रसिद्ध करण्यांत येत आहे.

बहि:शाल शिक्षण मंडळ कार्यालय,
रानडे इन्स्टिट्यूट बिल्डिंग्,
डेक्कन् जिमखाना, पुणें ४.
डिसेंबर १९५८.

अ. वि. नाईक,
संपादक,
बहि:शाल शिक्षण ग्रंथमाला.

प्रस्तावना

"सूर्य, सूर्यावरील घडामोडी व सूर्यशक्तीचे उपयोग" या विषयावर पुणें विद्यापीठाच्या अनेक बहि:शाल शिक्षण केंद्रांत मी बहि:शाल शिक्षण मंडळाच्या प्रथेनुसार तीनतीन व्याख्यानें दिली. त्यामुळें या विषयावरील माहितीची टिपणें मजजवळ तयार होतीच. मंडळाच्या बहि:शाल शिक्षण ग्रंथमालेंत प्रकाशित करण्यासाठीं याच विषयावर एक लहानसें पुस्तक लिहून देण्याची सूचना मंडळानें मला गतवर्षी केली व मी ती मान्य केली. त्यानंतर जरूर ती सर्व माहिती एकत्रित करून व अवश्य त्या कच्च्या आकृती, आलेख इत्यादींसह पुस्तकाचें हस्तलिखित मंडळाला सादर केलें. तें मंडळानें परीक्षकांच्या अभिप्रायानुसार मजकडून सुधारून घेवून प्रकाशनासाठीं स्वीकारलें व तेंच आतां प्रकाशित होत आहे.

प्रस्तुत पुस्तकाच्या प्रकाशनाच्या कामीं बहि:शाल शिक्षण मंडळाचे एक सदस्य प्राचार्य गो. रा. परांजपे व सचिव डॉ. अ. वि. नाईक यांनीं वेळोवेळीं मला जी बहुमोल मदत केली त्याबद्दल मी त्यांचा ऋणी आहे. तसेंच पुस्तकांतील रेखाकृती व चित्रें आणि त्यांचे ठोकळे तयार करण्याचें काम अनुक्रमें श्री. प्र. वा. जोशी व श्री. जयंत खरे, चित्रकार, आणि श्री. व. शं. दाते, कलाभुवन, पुणें, यांजकडे बहि:शाल शिक्षण मंडळानें सोपविलें होते, ते त्यांनीं यथोचित व सुबक रीतीनें केलें.

१७८, हिंदू कॉलनी,
दादर, मुंबई १४.
डिसेंबर १९५८.

नारायण वासुदेव कोगेकर

अनुक्रमणिका

१. सूर्य-महत्त्व, उत्पत्ति व कार्य १
२. सूर्याचें अंतर्बाह्य स्वरूप आणि सूर्यशक्ति १४
३. सूर्यावरील डाग, उद्रेक आणि दिवस्त्या ३८
४. सूर्यावरील डागांचे प्रताप ५०
५. सूर्यशक्तीचे विविध उपयोग ७५
—उपयुक्त वाचनीय ग्रंथ १००
—सूची... ... ...१०१

शुद्धिपत्र

पृष्ठ १ ओळ १७ भुजगयमिताः ... ... असें पाहिजे.

पृष्ठ १ ओळ १९ रविर्यात्येवाऽन्तं ... ... ,, ,,

पृष्ठ ११ आकृति १ पट्टयाच्या डावीकडे दिलेल्या आंकड्यापैकीं वरून तिसरा आंकडा १०$^{-८}$ × १·४ ...असा पाहिजे.

पृष्ठ १२ ओळ २२ निघणाऱ्या किरणांत... ...असें पाहिजे.

पृष्ठ १७ ओळ ९ असा ... ... ,, ,,

पृष्ठ २८ ओळ १३ लागल्यामुळे त्या वायूचें ... ,, ,,

पृष्ठ २८ ओळ १९ आकुंचन थांबलें ... ... ,, ,,

पृष्ठ ३१ ओळ ६ अणूंतील इलेक्ट्रॉन कोणत्याही ,, ,,

पृष्ठ ३२ ओळ २५ तयार होतो ... ... ,, ,,

पृष्ठ ४८ ओळ ४, ५ हीं सूर्याबाहेर फेकलीं ... ,, ,,

पृष्ठ ५९ ओळ २ क्षेत्रामुळे ... ... ,, ,,

पृष्ठ ६५ ओळ २ असतात व ... ... ,, ,,

पृष्ठ ७१ ओळ २१ प्रोटॉनांनी ... ... ,, ,,

पृष्ठ ८५ उपशीर्षक पाकयंत्र ... ... ,, ,,

पृष्ठ ९१ तळटीप सौर विद्युत्‌घट ... ,, ,,

कल्याणानां त्वमसि महसां भाजनं विश्वमूर्ते
धुर्यां लक्ष्मीमथ मयि भृशं धेहि देव प्रसीद ।
यद्यत्पापं प्रतिजहि जगन्नाथ नम्रस्य तन्मे
भद्रं भद्रं वितर भगवन् भूयसे मङ्गलाय ॥

१०२०२

सूर्य आणि सूर्यशक्तीचे उपयोग

१ : : सूर्य – महत्त्व, उत्पत्ति व कार्य

१. *सूर्याचें महत्त्व*

प्राचीन कालापासून सूर्याला देव मानून त्याची आराधना वैदिकधर्मी लोकच करीत आलेले आहेत असें नाही. जगांतील निरनिराळया देशांतील लोकदेखील सूर्यदेवाची उपासना करीत होते असें दिसून येतें. ग्रीक पौराणिक कथांमध्ये सूर्यदेवाने केलेऱ्या पराक्रमाचीं वर्णनें आढळून येतात. इजिप्शिअन् लोक, बॅबिलोनिअन् लोक, ख्रिस्ती लोक यांनीदेखील सूर्याला देवस्थानीं मानून त्याचीं स्तुतिगीतें गाइलीं आहेत. सूर्यदेवाचें काढलेलें चित्र मोठें सूचक असतें. सूर्याचा सात घोड्यांचा रथ. रथाला चाक फक्त एकच. सूर्याचा सारथी बिनपायांचा. घोड्यांचे लगाम सापांचे. नागमोडी सूर्यकिरण पृथ्वीवर येऊन पोहोचतात असें दिसतें. हे सात घोडे म्हणजे पांढऱ्या सूर्यप्रकाशांतील जणू सात रंगच. सूर्यकिरण लाटांप्रमाणे नागमोडी, म्हणून घोड्यांचे लगाम सापाच्या आकृतीसारखे. किरण निरनिराळया लांबीच्या तरंगांचे आणि म्हणून घोड्यांच्या टांगा लांब किंवा आखूड अशा दाखविलेल्या. तसेंच चित्रावरून, किरणांचा वेग सारखा पण तरंगलांबी कमीजास्त याचाहि बोध होतो. असें चित्र सुंदर तर खरेंच पण त्याबरोबर अर्थपूर्णहि ठरतें. खालील श्लोकांत अशा चित्राचें यथायोग्य वर्णन केलेलें सापडतें.

> रथस्यैकं चक्रं भुजगयमित: सप्ततुरगा: ।
> निरालंबो मार्गश्चरणरहित: सारथिरपि ।।
> रविर्यात्ये वान्तं प्रतिदिनमपारस्य नभस: ।
> क्रियासिद्धि: सत्त्वे भवति महतां नोपकरणे ।।

सर्व शक्तींचें मूळ म्हणून आपल्याला सूर्याकडे पाहावें लागेल. सूर्य म्हणजे आपणां सर्वांचा जीवनदाता. अणुशक्ति सोडल्यास, पृथ्वीवर जी जी म्हणून शक्ति निर्माण केली जाते तिचें मूळ अखेर आपल्याला सूर्यातच असलेलें दिसून येईल. वाऱ्याची शक्ति, पाण्याची शक्ति, दगडी कोळसा, खनिज तेल यांपासून निर्माण करतां येणारी शक्ति, अशासारख्या नानाविध शक्तींचें मूळ आपल्याला सूर्यातच सापडेल. आज सूर्य जर एकाएकी नाहीसा झाला तर पृथ्वीवरील आपलें जीवन संपुष्टांत आलेंच म्हणून समजा ! सूर्याच्या अभावीं आपणां सर्वांची परिस्थिति किती भयानक होईल याबद्दलची अगदी अंधुक व पुसट कल्पना खग्रास सूर्यग्रहणाच्या अल्पशा काळांत आपल्याला येऊं शकते. सूर्य व पृथ्वी यांच्यामध्ये चंद्र येतांच, सूर्याची एरव्ही दिसणारी पांढरी तबकडी चंद्राकडून झाकली जाते. अशा वेळेस, पृथ्वीवरील कांही ठिकाणीं, थोडा काल का होईना, काळोख पसरतो. हवेंत चांगलाच गारठा येतो. सगळीकडे उदासीनतेची छाया पसरते. थोडेसें भीतिदायक वातावरणहि निर्माण होतें. पशुपक्षी भयभीत होऊन आपआपल्या गुहांचा व घरट्यांचा आश्रय घेतात. सूर्यप्रकाश म्हणजे जणू आनंद व उत्साहच. मानवी संस्कृतीचा विकास हादेखील सूर्यप्रकाश व सूर्याची उष्णता पृथ्वीवरील ज्या भागांत भरपूर प्रमाणांत मिळत होती तेथेच झालेला आहे असें कांही विद्वानांचें म्हणणें आहे. कांही शास्त्रज्ञांचें म्हणणें असें आहे कीं, या पृथ्वीवर जो पहिला जीव निर्माण झाला तो समुद्राच्या पाण्यांत. मात्र त्यासाठी, सूर्यप्रकाशाची व उष्णतेची गरज होती. समुद्रांतील क्षारयुक्त पाण्यावर सूर्याचा प्रकाश व त्याचे उष्णताकिरण पडून घडलेल्या क्रियेमुळे, त्या पाण्यांत पृथ्वीवरील पहिल्यावहिल्या जिवाची उत्पत्ति होऊं शकली असा कांही शास्त्रज्ञांचा दावा आहे.

२. सूर्य ग्रहमालिका आणि चंद्र

ग्रहमालिकेच्या जन्मासंबंधी आतापर्यंत वेगवेगळ्या शास्त्रज्ञांनी वेगवेगळ्या कल्पना मांडल्या असल्याचें आपल्याला दिसून येईल. अशांपैकी प्रमुख उपपत्तींचा आता आपण अगदी थोडक्यांत विचार करूं या. ज्याप्रमाणे ऋषीचें कूळ किंवा नदीचें मूळ नक्की शोधून काढणें कठीण

त्याप्रमाणे आपल्या ग्रहमालिकेचा जन्म कसा झाला हें नक्की सांगणेंहि कठीणच. ग्रहमालिकेचा जन्म कसा झाला हें स्पष्ट करण्याचा पहिला प्रयत्न **लाप्लास** या शास्त्रज्ञाने केला. त्याचें म्हणणें असें की, फार पूर्वी ग्रहमालिकेंतील सर्व द्रव्य म्हणजे तप्त वायूंचें एक प्रकाशमान असें अवाढव्य चक्रच होय. गुरुत्वाकर्षणामुळे चक्रांतील वायु आकुंचन पावूं लागला. या आकुंचनाच्या क्रियेंत त्याला थोडी गति मिळाली. या गतीमुळे मध्यभागीं एक मोठा गोल व भोवताली एकमेकांपासून अलग झालेलीं वायूचीं कडीं अशी परिस्थिति निर्माण झाली. मध्यभागीं असणारा हा गोल म्हणजे सूर्य व भोवतालच्या कड्यांतील थिजून प्रथम द्रवरूप होणारा व नंतर घनरूप होणारा वायु म्हणजे निरनिराळे ग्रह व उपग्रह होत, असें लाप्लासने काढलेलें अनुमान होतें. परंतु ज्या वेळेस वाफ थिजून तिच्यापासून पाण्याचे थेंब अगर नंतर गारा बनतात त्या वेळेस त्यांना चक्राकृति गति जवळजवळ नसतेच. प्रत्यक्षांत मात्र सूर्य व ग्रह यांना भ्रमणगति असल्याचें आपण पाहतों. साहजिकच ग्रहमालिकेच्या जन्मासंबंधी लाप्लासने मांडलेली उपपत्ति बरोबर नाही असें म्हणावें लागतें.

आपली ग्रहमालिका अगदी निराळ्याच तऱ्हेने जन्माला आली असावी असें मत **डार्विन, जेम्स जीन्स व जेफ्रिज** या शास्त्रज्ञांनी निरनिराळ्या कालीं सुचविलें. या शास्त्रज्ञांचें म्हणणें असें की, फार पूर्वी सूर्य हा एक अगदी सडा असा वायुगोल होता. आकाशांत एकटाच भटकत असतां आपल्या सूर्याची गाठ त्याच्याचसारख्या दुसऱ्या एका ताऱ्याशीं पडली. हा पाहुणा तारा जसजसा जवळजवळ येऊं लागला तसतसें त्याच्या आकर्षणामुळे वायुरूप सूर्याच्या वातावरणांत प्रचंड लाटा निर्माण होऊं लागल्या. ज्याप्रमाणे सागराच्या पाण्यांत चंद्रसूर्याच्या आकर्षणामुळे पौर्णिमेला भरती येते त्याप्रमाणेच हा पाहुणा तारा सूर्याच्या जास्त जवळ येऊं लागतांच, सूर्याच्या वातावरणांत लक्षावधि मैल उंच असा वायूचा डोंगर वर ओढला गेला व त्यामधील द्रव्य सूर्यापासून अलग होऊन, पाहुण्याच्या दिशेने ओढलें जाऊं लागलें. परंतु अखेर आपल्या सूर्याच्याच आकर्षणाचा जोर पळपुट्या ताऱ्याच्या आकर्षणापेक्षा जास्त झाल्यामुळे, तें द्रव्य त्या ताऱ्याबरोबर न जातां सूर्याभोवती फिरत राहूं शकलें. सूर्यापासून अलग झालेलें हें

द्रव्य फिरतांफिरतां थिजावयास लागलें व अखेर त्याचे ग्रह आणि उपग्रह तयार झाले. हेच सूर्यमालिकेंतील ग्रह होत. परंतु जीन्सच्या वरील सिद्धान्तावरून काढलेलें व प्रत्यक्ष ग्रहांमध्ये वाटल्या गेलेल्या चक्राकृति गतीचें प्रमाण यांमध्ये बराच फरक पडतो.

१७७२ मध्ये **बोड** या शास्त्रज्ञाने आपल्या ग्रहमालिकेंतील निरनिराळया ग्रहांचीं सूर्यापासूनचीं सापेक्ष अंतरें काढणारें एक गणित अगर नियम मांडला. मात्र त्या वेळेस माहिती नसलेल्या **नेपचून** व **प्लूटो** या दोन ग्रहांचीं सूर्यापासूनचीं अंतरें बोडच्या नियमांत बसू शकत नव्हतीं असें कालांतराने आढळून आलें. असें होण्याचें कारण काय हा प्रश्न सोडविण्याचा प्रयत्न **वाईझेकर** या जर्मन शास्त्रज्ञाने केला व तसें करतांना १९४४ सालीं वाईझेकरने ग्रहमालिकेच्या जन्मासंबंधी एक नवीन उपपत्ति जगापुढे मांडली. ती अगदी थोडक्यांत अशी. ज्या वेळेस तारे तयार झाले त्याच सुमाराला आपली ग्रहमालिकाहि तयार झाली असावी. आपली ग्रहमालिका ही आकाशगंगेंतील एक घटक होय. आकाशगंगेंतील वायुद्रव्य एकत्र येऊन त्यापासून तारे कसे तयार झाले हें लाप्लासची उपपत्ति मांडतांना स्पष्ट केलेलें आहेच. वाईझेकरलादेखील ताऱ्यांच्या उत्पत्तीसंबंधीची, लाप्लासची कल्पना मान्य होती. फक्त तारे तयार होतांना, अखेरच्या अवस्थेंत कांही ताऱ्यांसभोवती वायूंचें एक आवरण शिल्लक राहात असून त्या आवरणाला चक्राकृति गति असावी असें वाईझेकरने गृहीत धरलें. अशा या भोवऱ्यापासून ग्रह बनले असावेत. भोवऱ्यांत निरनिराळ्या आकारांचे वायुकण असतात. हे कण फिरतांफिरतां एकमेकांवर आपटतात. लहान कण मोठ्या कणावर आपटतांच लहान कणाचे तुकडे होतील व मोठा कण तसाच राहील. लहान कणाचे झालेले तुकडे मोठ्या कणाच्या पृष्ठभागाला चिकटतील व मोठा कण हळूहळू जास्त मोठा होत जाईल. या क्रियेंत शेवटीं हा कण फार मोठा होऊन त्यांत गुरुत्वाकर्षणाचा प्रभाव दिसूं लागेल. गुरुत्वाकर्षणामुळे भोवऱ्यांतील द्रव्य एकत्र येऊन त्याचे ग्रह बनतील. वाईझेकरच्या या उपपत्तीमुळे ग्रहमालिकेंतील ग्रहांचे आकार व त्यांच्याभोवती फिरणारे उपग्रह, आपल्या ग्रहमालिकेंत दिसतात, ते तसे कां असावेत, तसेंच आपल्या ग्रहमालिकेच्या बाबतींत

सूर्यापासून दूरदूर जात असतांना ग्रहमालिकेंतील ग्रहांचे आकार व त्यांचीं वजनें पहिल्यानें कां वाढतात व मग कमी कां होत जातात या सर्व गोष्टींचें समर्थन करतां येतें. सारांश काय, तर एकीकडे वायुद्रव्य थिजून तारे तयार होत असतांना, त्यांच्या शेवटच्या अवस्थेंत, भोवताली राहिलेल्या वायुवलयांतील चक्राकृति फिरणाऱ्या द्रव्यापासून ग्रह बनले असावेत असें आपल्याला थोडक्यांत म्हणतां येईल.

ग्रहमालिकेच्या उत्पत्तीसंबंधी वेगवेगळ्या शास्त्रज्ञांनी मांडलेल्या निरनिराळ्या कल्पना विचारांत घेऊनसुद्धा हें स्पष्ट दिसतें की, सूर्यरूपी तेजोमेघांतूनच ग्रहमालिकेंतील निरनिराळे ग्रह निर्माण झाले. अर्थात् या ग्रहमालिकेच्या बाबतींत सूर्यानें मातेसारखीच भूमिका वटवली असें म्हटलें तर तें वावगें होणार नाही.

ग्रहमालिकेच्या बाबतींत सूर्यानें जशी मातेची भूमिका रंगविली तशी पृथ्वीभोवती घिरट्या घालणाऱ्या चंद्राच्या बाबतींत त्याने पित्याची भूमिका संभाळली असें म्हणतां येईल. सुरुवातीला अंशतः द्रवरूप व अंशतः वायुरूप अशा स्थितींत असणाऱ्या आपल्या पृथ्वीचा एक लचका तोडण्याचें काम सूर्यानें त्याच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या जोरावर केलें. पृथ्वीचा तोडलेला हा लचका म्हणजेच आपला चंद्र होय. लचका तोडल्यामुळे पृथ्वीवर जो खड्डा तयार झाला तो खड्डा म्हणजे पृथ्वीवरील पॅसिफिक महासागर होय. आई आणि बाप या दोहोंमधील गुणावगुणांचा मिलाफ एकसमयावच्छेदेकरून सूर्यामध्ये झालेला आपल्याला आढळून येईल. नाहीतर आपल्या तान्हुल्याला पदराखाली घेणाऱ्या ममताळू मातेप्रमाणे थंडीच्या दिवसांत, सकाळच्या वेळीं कोवळ्या पण ऊबदार किरणांच्या पांघरुणांत, त्यानें आपल्याला कां बरें नाचूं बागडूं दिलें असतें ? उलट, एखाद्या कणखर रागीट बापाप्रमाणे भर उन्हाळ्यांतील दोनप्रहरीं आपल्या प्रखर किरणांचा मारा पृथ्वीवर करून, आपल्या रागाची आग सूर्यानें कां बरें पाखडली असती ?

ग्रहमालिकेला जन्म दिल्यामुळे मातेचें कर्तव्य पार पाडण्याची जबाबदारी साहजिकच सूर्यावर येऊन पडली. हे सर्व ग्रह म्हणजे जणू लहान लहान बालकेंच ! तीं बालकें ताऱ्यांप्रमाणे स्वयंप्रकाशित नाहीत. त्यांना प्रकाशित करून त्यांचें रूप जगाला दाखविण्याचें काम सूर्याचा प्रकाशच

करतो. शुक्राचें सौंदर्य काय, किंवा मंगळाचा तांबडा चेहरा काय, अगर शनीच्या गळ्यांतील कंठी काय, या सर्वांना उजेडांत आणून त्यांचें प्रदर्शन भरविण्याचें काम सूर्यच आपल्या प्रकाशकिरणांकरवी करतो. बरीचशीं मुलें एकत्र आलीं म्हणजे काय होतें बरें ? अर्थात् खेळ आणि भांडणें ! तेव्हा, सूर्यकुटुंबांतील ह्या बालकांना फार एकमेकांजवळ येऊन भांडण्याची संधि मिळू न देण्याचें अवघड काम सूर्याला करावें लागतें. ग्रहमालिकेंतील सर्व ग्रहांना एकमेकांपासून दूर व योग्य अंतरावर ठेवून, आपआपल्या कक्षांत सतत भ्रमण करीत ठेवण्याचें महत्त्वाचें काम सूर्याला करावें लागतें. हें काम तो कशाच्या जोरावर करूं शकतो बरें ? सूर्याच्या अवाढव्य अशा आकारामुळे त्याला हें काम करतां येतें का ? अर्थातच नाही ! कारण आकाराने सूर्यापेक्षा कितीतरी पटींनी मोठे असणारे आकाशांतील पहारेकरी जे 'धूमकेतु' त्यांना कोठे हें काम करतां येतें ? 'देखने में ढब्बू' अशीच कांहीशी गत या धूमकेतूंची असते. 'बडा घर पोकळ वासा' या म्हणीप्रमाणे आकाराने मोठ्या असणाऱ्या या धूमकेतूंमधील एकंदर द्रव्य किंवा वस्तु पाहिली तर ती ग्रहमालिकेंतील लहानांत लहान अशा ग्रहांतील द्रव्यापेक्षाहि कमी असलेली आढळून येईल. तेव्हा आपल्याजवळील प्रचंड गुरुत्वाकर्षण-शक्तीच्या जोरावर ग्रहमालिकेंतील निरनिराळया ग्रहांना एकमेकांपासून योग्य अंतरावर ठेवून, सतत भ्रमण करीत ठेवण्याचें अवघड काम आज वर्षानुवर्षे सूर्य करूं शकतो याचें कारण सूर्याचें अवाढव्य आकारमान हें नसून त्यामधील प्रचंड वस्तुसंचय हें होय. सूर्यामधील एकंदर वस्तु ग्रहमालिकेंतील सर्व ग्रहांच्या एकूण वस्तुसंचयाच्या जवळजवळ ७५० पट इतकी मोठी आहे. न्यूटनच्या विश्वव्यापी गुरुत्वाकर्षण-नियमाप्रमाणे दोन वस्तूंमधील गुरुत्वाकर्षण हें त्या वस्तूंच्या वस्तुमानाच्या गुणाकारावर व त्यांच्यामधील अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणावर अवलंबून असतें.

३. सूर्य : पृथ्वीवरील जीवनाचा पालनपोषणकर्ता

पृथ्वीवरील हवामान पाहिजे तसें बदलणें सर्वस्वीं सूर्याच्या मर्जीवर अवलंबून आहे. आपल्या पृथ्वीसभोवती हवेच्या थरांचें एक भलेंमोठें पांघरूण किंवा आवरण गुंडाळलेलें आहे. विषुववृत्तावर सूर्याचे किरण

लंबरूप पडतात ध्रुवप्रदेशावर हे किरण तिरकस पडतात. साहजिकच विषुववृत्तावरील हवेचे थर, ध्रुवप्रदेशावरील हवेच्या थरांच्या मानाने, जास्त प्रमाणांत तापतात. हवा तापली की, ती विरळ होऊन तिचा दाब कमी होतो. त्यामुळे विषुववृत्तावरील हवेंत कमी दाबाचे प्रदेश निर्माण होतात. उलट, ध्रुवप्रदेशाकडील हवेच्या थरांत त्या मानाने पाहतां जास्त दाबाचे प्रदेश निर्माण होतात. वायु किंवा द्रव जास्त दाबाच्या प्रदेशाकडून कमी दाबाच्या प्रदेशाकडे वाहूं लागतो. या नियमानुसार ध्रुवप्रदेशाकडून विषुववृत्ताकडे हवेचे प्रवाह वाहण्यास सुरुवात होते. विषुववृत्तावरील तापलेली हवा हलकी झाल्यामुळे वरवर चढूं लागते. आपली पृथ्वी स्वतःच्या आसाभोवती भ्रमण करीत असते हें आपण जाणतोंच. पृथ्वीच्या या भ्रमणामुळे ध्रुवप्रदेशाकडून विषुववृत्ताकडे वाहणारे हवेचे प्रवाह तिच्या उत्तर गोलार्धात पश्चिमेकडे खेचले जातात. ध्रुवप्रदेशाकडून येणारी ही हवा, मधल्या अक्षांशांतील हवेपेक्षा मंदगतीने वाहत असते. विषुववृत्तावरील वरवर चढणारी हलकी हवा, पृथ्वीच्या भ्रमणामुळे पूर्वेकडे खेचली जाते. या दोन प्रवाहांमध्ये सापडणारी मधल्या अक्षांशातील हवा विरुद्ध दिशेने होणाऱ्या खेचाखेचीमुळे वादळांना व चक्रीभोवऱ्यांना जन्म देते. अशा रीतीने वादळांना व झंझावाताला जन्म देण्याचें काम सूर्य करतो आणि पृथ्वीवरील रहिवाशांना बदलत्या हवामानाचा अनुभव घेणें शक्य करून देतो. निरनिराळ्या ऋतूंना जन्म देऊन, हवेंतील कंटाळवाणा एकसारखेपणा नाहीसा करण्याचें काम सूर्याकडूनच केलें जातें.

पाऊसपाण्यासाठी तर आपल्याला सर्वस्वीं सूर्यावरच अवलंबून राहावें लागतें. सूर्यकिरणांतील उष्णतेमुळे समुद्र, नद्या, तळीं, सरोवरें यांमधील पाण्याची वाफ होऊन, ती हलकी वाफ, आकाशांत चढावयास लागून तिचे ढग तयार होतात. हे ढग थंड होतांच त्यांमधील वाफेचें रूपांतर पाण्यांत होतें व पावसाच्या रूपाने ती पृथ्वीवर येऊन पडते. आज सूर्य जर एकदम नाहीसा झाला तर सर्व पृथ्वीचा पृष्ठभाग बर्फाच्या दाट दाट थरांनी आच्छादून जाईल. आपल्याला पाऊस मिळणार नाही. पाऊस पडला नाही तर पिण्यासाठी पाणी मिळणार नाही, शेती करतां येणार नाही. साहजिकच त्यामुळे अन्नधान्य, भाजीपाला, फळफळावळ, लाकूडफाटा,

यांची पैदास होणार नाही. या सर्वांचा परिणाम म्हणजे आपण सर्वजण उपासमार, भूक, तहान यांनी व्याकूळ झाल्यामुळे मृत्यूच्या अधीन होऊं. सूर्याची उष्णता व प्रकाश अतिशयच अल्प प्रमाणांत मिळाल्यामुळे ध्रुवाकडील भागांतील लोकांचें जीवन किती खडतर व कष्टमय असतें तें पाहा बरें! या भागांत सहा महिने रात्र. कडाक्याच्या थंडीमुळे जमिनीवर सदैव शेकडो फूट जाडीचे बर्फाचे थर पसरलेले दिसतात. तेथील हवेचें उष्णतामान नेहमी शून्य अंश सेंटिग्रेडच्या खाली. पुरेसा सूर्यप्रकाश व उष्णता यांच्या अभावीं शेती जवळजवळ अशक्यच. शेती नाही म्हणजे अन्नधान्याचें दुर्भिक्ष. गारठून टाकणाऱ्या कडाक्याच्या थंडीशीं झुंज देण्यांत तेथील लोकांचें सर्व आयुष्य जवळजवळ फुकट जातें असें म्हणतां येईल.

झाडें, वनस्पति यांची वाढ सूर्यप्रकाशावर अवलंबून असते. पृथ्वीसभोवती जी हवा आहे तिच्यामध्ये निरनिराळ्या प्रकारचे वायु असतात. उदाहरणार्थ, नायट्रोजन, ऑक्सिजन (प्राणवायु), कार्बन-डाय-ऑक्साईड, अमोनिया, वाफ इत्यादि इत्यादि. यांपैकी हवेंत कार्बन-डाय-ऑक्साईड हा जो वायु असतो त्यामधील कार्बन हा जो घटक आहे तो घटक म्हणजे वनस्पतींचें अन्नच. मात्र हें अन्न, वनस्पतींना सुखासुखी कांहीहि न करतां मिळत नसतें. तें त्यांना स्वतः तयार करून घ्यावें लागतें. झाडांचीं जी हिरवीं पानें असतात तीं पानें म्हणजे, वनस्पतींचीं स्वयंपाकघरें किंवा प्रयोगशाळा म्हणाव्या लागतील. या पानांकरवींच हें अन्न, वनस्पतींकडून तयार केलें जातें. हवेंतील कार्बन-डाय-ऑक्साईडची फोड करून त्यांतील कार्बन अलग करून तो स्वतःच्या पोषणासाठी ठेवावयाचा आणि ऑक्सिजन हवेंत परत सोडून द्यावयाचा हें काम करण्यांत वनस्पति दिवसभर दंग होऊन गेलेल्या असतात. वनस्पतींच्या पानांमध्ये क्लोरोफिल् या नांवाचें जें हरित द्रव्य असतें त्या द्रव्याच्या साहाय्याने वनस्पति हें काम करीत असतात. मात्र हें काम करण्यासाठी वनस्पतींना सूर्यप्रकाशाची अत्यंत गरज असते. अंधारांत किंवा रात्रीं, त्यांच्याकडून हें काम होऊंच शकत नाही. सूर्यप्रकाशाच्या मदतीने अलग केलेला हा कार्बन, वनस्पतींनी मुळावाटे शोषून घेतलेल्या पाण्यांत व इतर खनिज द्रव्यांत मिसळून त्यापासून, वनस्पति साखर तयार करतात आणि या साखरेमुळे वनस्पतींची

झीज भरून काढणें व वाढ करणें हीं सर्व कामें होऊं शकतात. रात्रीं सूर्य-प्रकाश नसल्यामुळे, अन्न तयार करणारी पानांमधील ही प्रयोगशाळा बंद होते व दिवसभरांत जरुरीपेक्षा जास्त प्रमाणांत तयार होऊन साठवून ठेवलेल्या अन्नाचा उपयोग वनस्पतींकडून रात्रभर केला जातो.

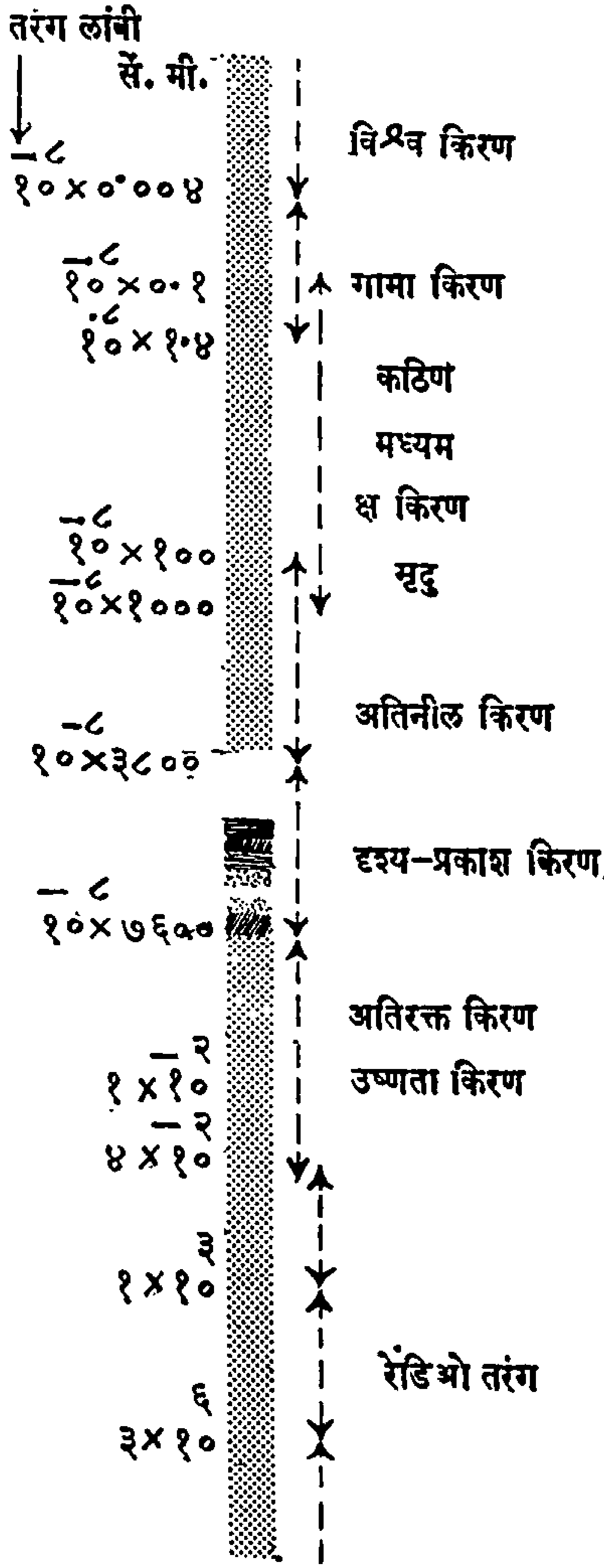
वनस्पतींप्रमाणेच मनुष्यप्राण्याच्या जीवनालादेखील सूर्यप्रकाशाची व उष्णतेची प्रत्यक्षपणे अतिशय जरूर असते. सूर्यामधून बाहेर पडणाऱ्या निरनिराळ्या प्रारणांपैकी[१], अतिशय लहानसा भाग आपल्या डोळ्यांना दिसतो. हा भाग म्हणजे दृश्य प्रकाशकिरणांचा होय. सामान्य मनुष्याची नेहमीच्या व्यवहारांत देखील, दृष्टि अतिशय संकुचित असते असा आपण आरोप करतों. निदान सूर्यप्रारणांबाबत तरी हा आरोप सर्वथैव खरा आहे असें म्हणतां येईल. सूर्यामधून बाहेर पडणाऱ्या प्रारणांचें दर्शन घेण्यासाठी निसर्गाने मनुष्याला त्याच्या डोळ्यांच्या रूपाने अगदी लहानशी व अरुंद खिडकी बहाल केली आहे असें म्हटल्यावांचून राहवत नाही. या खिडकींतून डोकावतांच सूर्यप्रारणांपैकी एक लहानसा भाग आपल्याला दिसतो. त्याला आपण पांढरा प्रकाश म्हणतों. या पांढऱ्या प्रकाशांतदेखील निरनिराळया सात रंगांचे प्रकाशकिरण दडून राहिलेले आहेत. या सप्तरंगांचा मिलाफ म्हणजे पांढरा प्रकाश. या दडलेल्या सप्तरंगांना बाहेर काढून अलगपणे एकाशेजारी एक असें मांडण्याचें काम काचेच्या त्रिधारी लोलकाकडून[२] केलें जातें. या सप्तरंगांत अगदी कमी लांबीच्या तरंगांचे किरण म्हणजे जांभळया रंगाचे किरण व अगदी जास्ती लांबीच्या तरंगांचे किरण म्हणजे तांबड्या रंगाचे किरण. जांभळया रंगाच्या किरणांची तरंगलांबी[३] सुमारे ३८००×१०^{-८} सें.मी. तर तांबड्या रंगाच्या किरणांची तरंगलांबी सुमारे ७६००×१०^{-८} सें.मी. परंतु या दृश्य प्रकाशकिरणांशिवाय आणखी इतर अनेक अदृश्य किरण सूर्यामधून बाहेर पडत असतात. लघुलांबीच्या तरंगांच्या बाजूला जांभळ्याच्या खाली उतरत्या क्रमाने अनुक्रमें अतिनील[४] किरण, 'क्ष' किरण, गामा किरण व आंतरिक्षीय किरण[५] अशा अदृश्य किरणांची मालिका लागलेली

१ प्रारण = रेडिएशन, २ त्रिधारी लोलक = प्रिझम्, ३ तरंगलांबी = वेव्हलेंथ, ४ अतिनील = अल्ट्राव्हायोलेट, ५ आंतरिक्षीय किरण, विश्वकिरण = कॉस्मिक किरण.

आहे. उलट, दीर्घलांबीच्या तरंगांच्या बाजूला, चढत्या क्रमाने अनुक्रमें अतिरक्त किरण[१] व रेडिओतरंग असे आहेत. म्हणजे या किरणमालिकेंत एका टोकाला आंतरिक्षीय किरण व दुसऱ्या टोकाला रेडिओतरंग. हे सर्व किरण एकाच कुटुंबांतील घटक होत. फक्त कांहींची तरंगलांबी कमी तर कांहींची मोठी. ज्याप्रमाणे कांही वेळां कांही मोठ्या कुटुंबांत खापरपणजोबा-पासून खापरपणतूपर्यंत सर्व वयांचीं लहानमोठीं माणसें हयात असलेलीं दिसतात त्याप्रमाणे सूर्यामधून बाहेर पडणाऱ्या प्रारणांमध्ये लघुलांबीच्या तसेंच दीर्घलांबीच्या तरंगांचे किरण अस्तित्वांत आहेत. मात्र त्यांपैकी, अतिशय लहान व मर्यादित तरंगलांबीच्या किरणांचा भाग आपल्या डोळ्यांना दिसू शकतो. सूर्यामधून बाहेर पडणाऱ्या या किरणांच्या कुटुंबाचें बारसें **क्लार्क मॅक्सवेल्** या इंग्लिश शास्त्रज्ञाने १८६४ सालीं करून त्याला विद्युत्-चुंबकीय प्रारण[२] असें नांव दिलें. [आकृति १ पाहा.]

या कुटुंबांतील अतिनील किरणांचा, मनुष्यप्राण्यांच्या जीवनाशीं प्रत्यक्ष असा संबंध आहे. हे अतिनील किरण मनुष्यप्राण्यांच्या अंगांवर पडले की, त्यांपासून त्यांच्या अंगांत 'डी' जीवनसत्त्व[३] तयार होऊं शकतें. कोवळ्या उन्हांत, उघड्या अंगाने (शक्य झाल्यास) कांही कालपर्यंत फिरल्यास, सूर्यकिरणांतील अतिनील किरण आपल्या अंगांवर पडून, त्यांपासून आपल्या शरिरांत 'डी' जीवनसत्त्व तयार होण्यास मदत होते. या 'डी' जीवनसत्त्वाच्या अभावीं मनुष्याला क्षय, रिकेट्स् अथवा मुडदूस यांसारखे रोग जडण्याचा संभव असतो. ज्या वेळेस सूर्यप्रकाशांतील नैसर्गिक अतिनील किरण आपल्याला मिळणें शक्य नसतें त्या वेळेस डॉक्टरांकडून कृत्रिम अतिनील किरणांचा उपयोग करणें जरूर वाटू लागतें. गिरण्या, कारखाने यांनी पूर्णपणें गजबजलेल्या मोठमोठ्या शहरांत, धुराड्यांमधून बाहेर पडणाऱ्या व हवेंत मिसळणाऱ्या कार्बनच्या बारीक बारीक कणांमुळे सूर्यकिरणांतील अतिनील किरण जमिनीपर्यंत येऊन पोहोचणें फार कठीण होतें. हवेंत मिसळलेल्या या कार्बनच्या कणांकडून

१ अतिरक्त किरण = इन्फ्रारेड रेज, २ विद्युत्-चुंबकीय प्रारण = इलेक्ट्रो-मॅग्नेटिक् रेडिएशन, ३ जीवनसत्त्व = व्हिटॅमिन्.

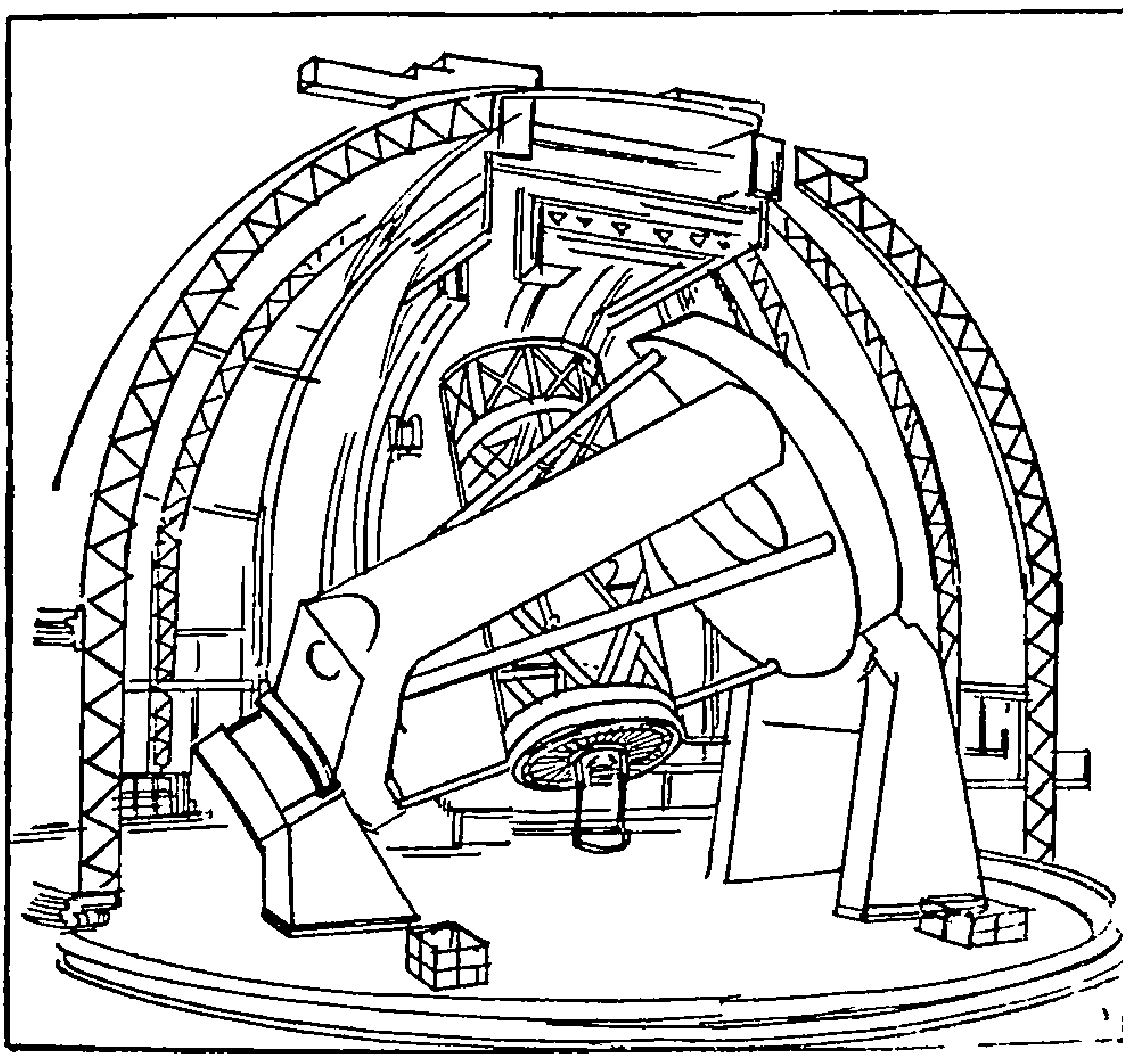


आकृति १. विद्युत्-चुंबकीय प्रारणांचें कुटुंब

२ : : सूर्याचें अंतर्बाह्य स्वरूप आणि सूर्यशक्ति

५. सूर्यज्ञानाचीं उपकरणें

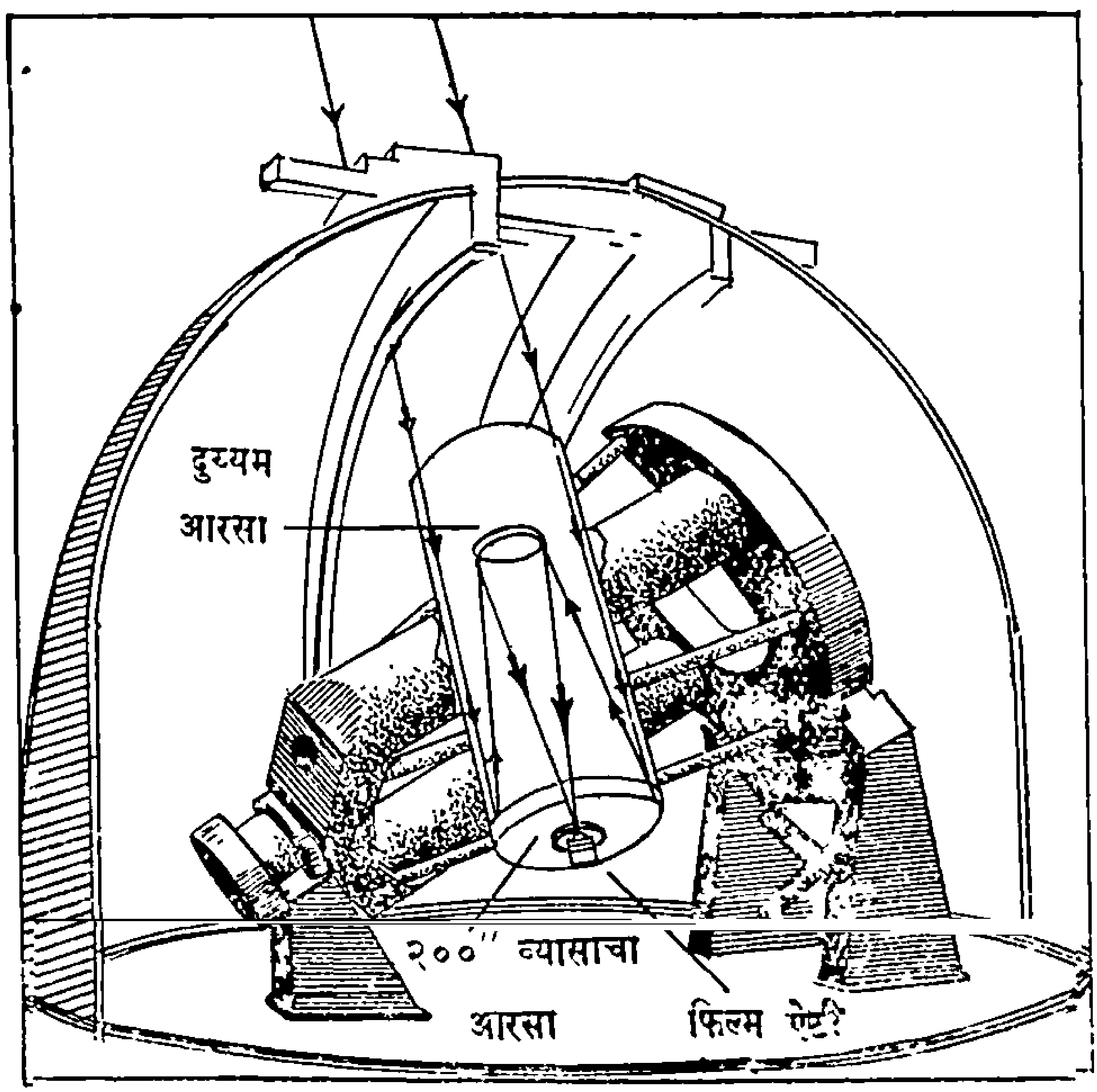
पृथ्वीपासून सूर्य हा कांही कोटि मैल अंतरावर असूनदेखील सूर्यासंबंधी बरीचशी माहिती आपल्याला कशी बरें मिळवितां आली आहे असा प्रश्न कोणाच्याहि पुढे उभा राहणें स्वाभाविक आहे. ही माहिती मिळविण्या-



आकृति २ अ. माऊंट पालोमर, कॅलिफोर्निया (उ. अमेरिका)
येथील जगातील सर्वांत मोठी दुर्बीण (बाह्यांग)

साठी गणिताची, तसेंच कांही विशिष्ट साधनांची मदत शास्त्रज्ञांनी घेतली आहे. न्यूटनचे गतिविषयक सिद्धान्त, विश्वव्यापी गुरुत्वाकर्षण सिद्धान्त,

आइन्स्टाईनचा सापेक्षतावाद इत्यादींचा उपयोग ही माहिती मिळविण्यासाठी झालेला आहे. ही माहिती घेतांना ज्या विशिष्ट साधनांचा उपयोग केला गेला आहे अशा साधनांमध्ये दुर्बीण[1], वर्णदर्श[2], सौरउष्णतामापक[3] व स्पेक्ट्रोहेलिओग्राफ या साधनांचा उल्लेख प्रामुख्याने करावा लागेल. दुर्बीण ही आता जवळजवळ सर्वांच्या परिचयाची झाली आहे. रात्रीच्या वेळीं आकाशांतील तारे किंवा ग्रह पाहण्यासाठी अशी दुर्बीण आपण वापरतों. १६०८ सालीं दुर्बिणीचा शोध अगदी अचानकपणें लागला. एके दिवशीं,



आकृति २ ब· माऊंट पालोमर, कॅलिफोर्निया (उ. अमेरिका) येथील जगांतील सर्वांत मोठी दुर्बीण (अंतर्रचना)

१ दुर्बीण = टेलिस्कोप, २ वर्णदर्श = स्पेक्ट्रॉस्कोप,
३ सौरउष्णतामापक = पायरहेलिओमीटर.

फ्रान्स लिपरशे या चष्म्याच्या डच व्यापाऱ्याला, आपल्या दुकानाच्या दर्शनी भागांत मांडून ठेवलेल्या अनेक काचांच्या जोडींपैकी, एका जोडी-मधून फार दूरवर असणारीं दृश्यें स्पष्ट दिसतात असें आढळून आलें. ही बातमी गॅलिलिओच्या कानावर पडतांच, त्याने १६०९ मध्ये स्वतंत्रपणें, काचांची एक जोडी निवडून त्या काचा, एकमेकांत सरकतील अशा दोन निरनिराळया नळकांड्यांत बसविल्या व त्यामुळे पहिली दुर्बीण जन्माला येऊं शकली. या पहिल्या दुर्बिणीच्या भिंगाचा (आरशाचा) व्यास २। इंच इतका होता. आज जगांतील सर्वांत मोठी दुर्बीण अमेरिकेंत **माऊंट पालोमर** या ठिकाणीं, समुद्रसपाटीपासून ५५०० फूट उंचीवर जी वेधशाळा आहे तेथे बसविली आहे [आकृति २ अ व २ ब पाहा]. तिचें वजन ५०० टन इतकें आहे. या दुर्बिणीच्या आरशाचा व्यास २०० इंच इतका मोठा आहे. त्यामधील फुगट काचेच्या आरशाचें वजन १४॥ टन असून तो खरवडून काढण्यास १२ वर्षे लागलीं; आणि प्रत्यक्ष दुर्बिणी-मधून सूर्यबिंब पाहण्याऐवजी त्याचें आपोआप छायाचित्र रेखाटलें जावें म्हणून या दुर्बिणीला एक छायाचित्रणपेटी[1] जोडून ठेवलेली आहे. त्यामुळे सकाळपासून सायंकाळपर्यंत, सूर्यबिंबाचें छायाचित्र आपोआप रेखटण्याचें काम दुर्बिणीला जोडलेली ही पेटी करीत असते.

सूर्यप्रकाश पांढरा आहे असें आपण म्हणतों. प्रकाशाच्या अभ्यासाची सुरुवात न्यूटनपासून झाली असें म्हणतां येईल. सूर्याचे किरण एखाद्या त्रिधारी लोलकावर पाडले तर त्यांमध्ये दडून बसलेले सात रंग अलग केले जातात, व आपल्याला या सात रंगांचा एक वर्णपट मिळतो. एखादा धातु घेऊन तो चांगला तापविला तर त्यापासून पिवळा, पांढरट व शेवटीं निळसर रंगाचा प्रकाश बाहेर पडूं लागतो. अशा बाहेर पडणाऱ्या प्रकाशाचा रंग, त्या पदार्थाच्या तपमानावर अवलंबून असतो. सूर्य-प्रकाशाच्या वर्णपटाप्रमाणे, तप्त पदार्थांच्या प्रकाशाचे वर्णपट मिळतात. य वर्णपटांवर कांही कांही जागीं चकचकीत अशा रेषा दिसतात. या चकचकीत रेषा, ज्या पदार्थाच्या प्रकाशाचा वर्णपट घेतला असेल, त्या पदार्थावर

1 छायाचित्रणपेटी = कॅमेरा.

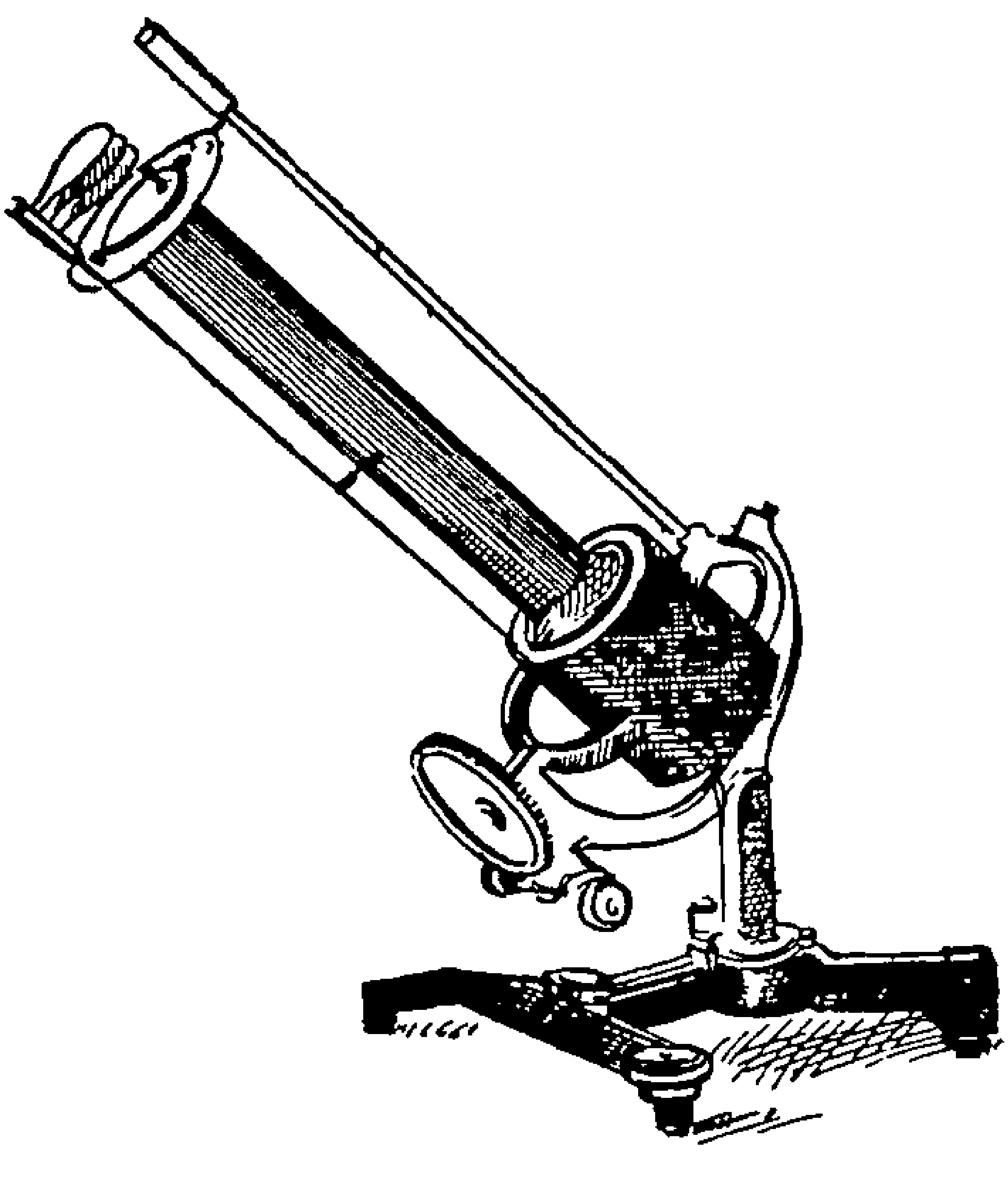
अवलंबून असतात. एखादा पदार्थ खूप तापविला असतां त्यामधून प्रकाश कां म्हणून बाहेर पडावा ? अशा प्रकाशाच्या वर्णपटांत ठिकठिकाणीं रेषा कां म्हणून दिसाव्यात ? असे नाना प्रश्न मनांत येणें साहजिक आहे. या प्रश्नांचीं उत्तरें मिळण्यासाठी, एखादा पदार्थ तापविला असतां त्या पदार्थाच्या अणूंत ज्या कांही घडामोडी होतात त्यांचा विचार करावा लागेल. एखाद्या पदार्थांतील अणूची रचना कशी असते यासंबंधीची खुलासेवार माहिती पुढील एका प्रकरणांत येईलच. तूर्त, अणूची रचना ग्रहमालिके-सारखी आहे असें ठोकळमानाने समजून चालूं या. अणूंत मध्यभागीं जड असें धन विजेने भारलेलें एक केंद्र, व अशा या केंद्राभोवती ऋण विजेचा भार असणारे फिरते इलेक्ट्रॉन असतात. हे इलेक्ट्रॉन निरनिराळ्या कक्षांत अणुकेंद्राभोवती भ्रमण करीत असतात. फिरत्या इलेक्ट्रॉनची संख्या भिन्न भिन्न अणूंत वेगवेगळी असते. ज्याप्रमाणे उष्ण कटिबंधांत राहणाऱ्या लोकांना उन्हाळ्यांत आपल्या अंगावर एखादाच कपडा घालावासा वाटेल व उलट शीत कटिबंधांत राहणाऱ्या लोकांना थंडीच्या दिवसांत आपल्या अंगावर एकावर एक असे अनेक कपडे घालणें जरूर वाटेल त्याच-प्रमाणे भिन्न भिन्न रासायनिक गुण असणाऱ्या मूलद्रव्यांच्या अणूंना, आप-आपल्या केंद्राभोवती वेगवेगळ्या संख्येने इलेक्ट्रॉन फिरत ठेवणें जरूर वाटतें. अणूंतील या फिरत्या इलेक्ट्रॉनात, गतीमुळे व केंद्राच्या विद्युत्कर्षणामुळे एक विशिष्ट शक्ति आलेली असते. केंद्रालगत पिंगा घालणारे अणूंतील इलेक्ट्रॉन हे, केंद्रापासून दूर अंतरावर फिरणाऱ्या इलेक्ट्रॉनपेक्षा, केंद्राच्या विद्युत्-कर्षणामुळे, त्याच्याकडे जास्त जोराने खेचले जातात. म्हणूनच अगदी बाहेरच्या कक्षांत फिरणाऱ्या इलेक्ट्रॉनना त्यांच्या फिरत्या कक्षांतून ओढून काढणें जरा सोपें असतें. साहजिकच वेगवेगळ्या कक्षांशीं निगडित झालेली शक्ति वेगवेगळी असते. अगदी बाहेरच्या कक्षेमधून निघून, एखादा इलेक्ट्रॉन जेव्हा आंतल्या, म्हणजे केंद्राजवळील कक्षेत उडी घेतो, त्या वेळेस त्याच्याकडून शक्ति बाहेर टाकली जाते. इलेक्ट्रॉनकडून अशा पद्धतीने बाहेर पडणारी ही शक्ति म्हणजेच प्रकाश होय. अणूंतील फिरत्या ऋणकणांची शक्ति जितक्या तऱ्हेने बदलूं शकेल तितक्या तऱ्हांच्या वर्णांचा प्रकाश आपल्याला, अणूमधून मिळेल. या शक्ति बदलण्याच्या तऱ्हा, शेवटीं

आपल्याला, वर्णपटांतील निरनिराळ्या रेषांच्या रूपाने दृष्टीस पडतील. ज्याप्रमाणे माणसाच्या हाताच्या अंगठ्याच्या ठशावरून, आपण एखाद्या मनुष्याचा माग काढूं शकतों त्याचप्रमाणे वर्णपट व त्यावर दिसणाऱ्या रेषा यांवरून प्रकाश बाहेर टाकणाऱ्या पदार्थाच्या घटकांची माहिती काढतां येते. अशा रेषा म्हणजे अणूंच्या अंगठ्याचे ठसेच होत. एखाद्या पदार्थाच्या अणूंतील फिरत्या इलेक्ट्रॉनना किंचित् कालपर्यंत आपआपल्या कक्षांतून बाहेर काढण्यासाठी, आपल्याला त्या पदार्थावर बाहेरून कोठल्यातरी स्वरूपांत शक्तीचा मारा करावा लागेलच. ही शक्ति उष्णता, विद्युत् वगैरे कोणत्याहि स्वरूपांत पुरवितां येईल. या शक्तीचा पुरवठा पदार्थाला करतांच त्या पदार्थातील अणु प्रक्षुब्ध होऊन, आंतील इलेक्ट्रॉनमध्ये खळबळ उडून जाते. असें होतांच हे फिरते इलेक्ट्रॉन आपआपल्या कक्षांतून पटापट दुसऱ्या कक्षांत उड्या घेऊं लागतात; आणि दर उडीबरोबर थोडी शक्ति बाहेर टाकून, वर्णपटांतील रेषांच्या रूपाने, त्यांची जाणीव ते आपल्याला करून देतात.

प्रत्येक पदार्थाचा अणु आपल्या विशिष्ट गुणानुसार, आपल्या स्वतंत्र अशा चकचकीत रेषा दाखवतो. तेव्हा वर्णपट किंवा त्यांतील चकचकीत रेषा कशा प्रकारच्या दिसतात हें तपासल्यावर, तो वर्णपट ज्या पदार्थापासून मिळतो त्यांत कोणते अणु असतील हें सांगणें शक्य होतें. वर्णपटाच्या अभ्यासावरून, पदार्थाची घटना ठरविण्याचें शास्त्र फार प्रगत झालें असून, आकाशांतील निरनिराळ्या गोलांची घटना ठरविण्याच्या कामीं या शास्त्राची फार मदत झालेली आहे. सूर्यप्रकाशाचा वर्णपट **फ्राऊनहोफर** या जर्मन शास्त्रज्ञाने तपासला तेव्हा त्याला या वर्णपटांतील निरनिराळ्या रंगखंडांवर पुष्कळशा काळ्या रेषा दिसून आल्या. प्रकाशाचा अभाव म्हणजे काळेपणा किंवा अंधार हें आपण जाणतोंच. तेव्हा वरील वर्णपटांत जेथे जेथे या काळ्या रेषा दिसतात तेथे तेथे प्रकाशशक्तीचा अभाव असला पाहिजे. सूर्यापासून सर्व वर्णांचे प्रकाशकिरण निघत असतात परंतु त्यांतील कांही वर्णांचे प्रकाशकिरण सूर्याच्या अगर पृथ्वीच्या वातावरणांत शोषून घेतले जात असावेत. साहजिकच ज्या वर्णांचे प्रकाशकिरण शोषले जातात त्यांच्या अभावामुळे वर्णपटांत आपणांस काळ्या रेषा दिसतात.

या गोष्टीलाच रेषांचें पलटीकरण म्हणतात. वर्णपटांतील काळ्या रेषांवरून, प्रकाशशक्ति शोषून घेणारे अणु कोणते आहेत, ते कोणत्या स्थितींत आहेत वगैरेची माहिती मिळूं शकते. सूर्य अगर तारे यांमधून बाहेर पडणाऱ्या प्रकाशाचे वर्णपट तपासले की, त्यांच्या घटनेची माहिती आपणांस मिळते. उलट, ग्रहापासून मिळणाऱ्या परावर्तित सूर्यप्रकाशाच्या वर्णपटावरून त्या ग्रहांच्या वातावरणाची माहिती मिळते. वर्णादर्श हें साधन असे वर्णपट घेण्यासाठी वापरलें जातें.

सूर्याकडून आपल्या पृथ्वीवर किती शक्ति येऊन पडते हें ठरविण्याचा एक सोपा मार्ग म्हणजे सूर्यकिरणांमुळे निर्माण होणाऱ्या एकूण उष्णतेचें



आकृति ३. सौरउष्णतामापक

मोजमाप करणें हा होय. या कामासाठी सौरउष्णतामापकाचा उपयोग केला जातो [आकृति ३ पाहा]. या साधनाचे निरनिराळे प्रकार अगर नमुने

दिसून येतात. त्याचा अगदी साधा प्रकार म्हणजे एक रंभकाकृति तांब्याचें पोकळ भांडें. या भांड्याचा पृष्ठभाग काळ्या रंगानें मढवून काढतात. असें केल्यामुळे त्यावर येऊन पडणाऱ्या सूर्यकिरणांतील उष्णता, त्या भांड्याकडून शोषली जाते. भांड्यांत पाणी भरलेलें असतें. भांड्यानें शोषलेल्या उष्णतेमुळे पाण्याचें तपमान वाढतें. पाण्याचें तपमान मोजण्यासाठी भांड्यांत एक तपमापक असतो. अशा या साधनाचा उपयोग करून, सूर्याकडून पृथ्वीवर येणाऱ्या उष्णताशक्तीचें मोजमाप करतां येतें. फक्त पृथ्वीसभोवतालच्या वातावरणाच्या थरांकडून शोषल्या जाणाऱ्या उष्णतेचा भाग अधिक केला की, सूर्याकडून पृथ्वीवर येणाऱ्या एकूण उष्णताशक्तीचें मापन योग्य प्रकारें होऊं शकतें.

अमेरिकन संशोधक **हेल** यानें खास सूर्याचे वेध घेण्यासाठी म्हणून 'स्पेक्ट्रोहेलिओग्राफ' या नांवाचें एक साधन तयार केलेलें आहे. समजा, दुर्बिणीच्या साहाय्यानें आपण सूर्याचें प्रतिबिंब मिळविलें व अशा प्रतिबिंबाच्या एका भागांतून येणारा प्रकाश वर्णादर्शांतील नळीच्या फटीवर[1] पडूं दिला. असें करतांच प्रतिबिंबाच्या ज्या बारीकशा भागांतून वर्णादर्शाच्या फटीवर प्रकाश पडतो त्या भागांतल्या प्रकाशाचा वर्णपट आपल्याला मिळेल. समजा, अशा वर्णपटासमोर आपण पुन्हा दुसरी एक बारीकशी फट उभी केली. मूळ वर्णपटामध्ये सूर्यांतील निरनिराळ्या द्रव्यांचें अस्तित्व दर्शविणाऱ्या बऱ्याचशा रेषा असणारच. तेव्हा अशी कल्पना करा की, या वर्णपटासमोर जी दुसरी फट आपण उभी करणार आहोंत ती फट बरोबर हायड्रोजनचें अस्तित्व दर्शविणाऱ्या वर्णपटांतील रेषेसमोर उभारली. असें झाल्यास, सूर्यबिंबाच्या अतिशय अरुंद पट्टीचें फक्त हायड्रोजनच्या प्रकाशांत आपल्याला दर्शन घडेल. दुसरी फट नेहमी हायड्रोजन रेषेंतून येणाऱ्या प्रकाशासमोर स्थिर ठेवून, फक्त पहिली फट सूर्यबिंबाच्या निरनिराळ्या भागासमोर आपण सरकविली तर सूर्यबिंबाच्या निरनिराळ्या भागांचें, फक्त हायड्रोजनच्या प्रकाशांत आपल्याला दर्शन घडून येईल. तेव्हां जर सूर्याच्या निरनिराळ्या भागांचें किंवा पट्ट्यांचें छायाचित्र एका विशिष्ट

१ फट = स्लिट.

द्रव्याच्या प्रकाशामध्येच घ्यावयाचें असेल तर वरील पद्धतीचा अवलंब करणारें स्पेक्ट्रोहेलिओग्राफ हें साधन आपल्याला उपयोगांत आणावें लागेल.

६. *सूर्याची रचना, आकार आणि वजन*

सूर्य हा एक अतिशय उष्ण व राक्षसी आकाराचा वायुगोल आहे. इतर ताऱ्यांसारखा तो एक उष्ण वायुरूप तारा आहे. ताऱ्यांमधून येणाऱ्या प्रकाशाचा वर्णपट घेऊन त्यावरून त्या ताऱ्याच्या पृष्ठभागाचें तपमान ठरवितात. हें तपमान निरनिराळ्या ताऱ्यांच्या बाबतींत निरनिराळें म्हणजे १५००° सें. ते २३,०००° सें. इतक्या मर्यादेंत असलेलें दिसून येतें. या तपमानाच्या मर्यादेंत, शास्त्रज्ञांनी तपमानाप्रमाणे, वर्णपटाचे दहा विभाग पाडले आहेत. हे दहा विभाग, कमी तपमानाच्या क्रमाने, ओ, बी, ए, एफ्, जी, के, एस्, एस्, आर् व एन् या अक्षरांनी संबोधले जातात. सूर्य हा 'जी' विभागांत मोडतो. त्याच्या पृष्ठभागाचें तपमान सुमारे ६०००° सें. इतकें आहे. सूर्याचें पृथ्वीपासूनचें अंतर ९ कोटि ३० लक्ष ५ हजार मैल आहे. आपल्या पृथ्वीची त्रिज्या सुमारे ४००० मैल आहे. सूर्याची त्रिज्या पृथ्वीच्या त्रिज्येच्या शंभर पट म्हणजे सुमारे ४ लक्ष मैल इतकी आहे. साहजिकच सूर्याचें आकारमान पृथ्वीच्या आकारमानाच्या दहा लाख पट आहे. सूर्यामधील एकंदर वस्तूचें वजन सुमारे ४×१०^{२६} टन आहे. ही वस्तु पृथ्वीच्या वजनाच्या जवळजवळ सव्वातीन लक्ष पट इतकी होईल. सूर्यातील वस्तुसंचय व त्याचें आकारमान यांवरून आपल्याला सूर्याची सरासरी घनता किती असेल हें काढतां येईल. एखाद्या पदार्थाच्या वस्तुमानाला त्याच्या आकारमानाने भागलें असतां त्या पदार्थाची घनता मिळते. अशा पद्धतीने काढलेली सूर्याची घनता १·४ इतकी आहे. आपल्या पृथ्वीची सरासरी घनता ५·५ म्हणजे सूर्याच्या घनतेच्या जवळजवळ चौपट इतकी आहे. आपण शुद्ध पाण्याची घनता १ धरतों. तेव्हा सूर्यातील वस्तूची घनता पाण्याच्या घनतेच्या सुमारे दीडपट आहे असें म्हणतां येईल. मात्र १·४ ही सूर्याची सरासरी घनता आहे. सूर्याच्या आंतबाहेर ही घनता कितीतरी भिन्न आहे. त्याच्या मध्यभागीं असणाऱ्या वस्तूची घनता सुमारे ८५ इतकी

90209

आहे. मध्यभागाकडून जसजसें बाहेर बाहेर येऊं लागावें तसतशी ही घनता कमी कमी व्हावयास लागते. परंतु यावरून सूर्य हा घट्ट वस्तूचा आहे असें मात्र नव्हे. सूर्याचा नक्की पृष्ठभाग कोणता, सूर्य कोठे संपला व अवकाश कोठे सुरू झालें हें सांगणें फार कठीण आहे. तथापि सूर्याचा जो भासमान पृष्ठभाग आपल्यास वाटतो तोच त्याचा प्रकाश देणारा भाग होय. सूर्य हा अगदी संपूर्णपणें वायुमय आहे. अगदी व्यवहारांतलें उदाहरण देऊन सूर्य कसा आहे हें सांगावयाचें झाल्यास आपल्याला असें म्हणतां येईल की, सूर्य हा एखाद्या कांद्यासारखा आहे; म्हणजे कांद्याला ज्याप्रमाणे एकावर एक असे बरेच पापुद्रे किंवा कवच असतात त्याप्रमाणे सूर्य हा एकावर एक अशा धारण केलेल्या कवचांचा बनलेला आहे असें म्हणतां येईल. पण तो घन मात्र नाही. त्याच्या मध्यभागीं अतिशय तप्त अशी भट्टी आहे. या भट्टीचें म्हणजे सूर्याच्या मध्यभागाचें तपमान सुमारें २ कोटि अंश सें. इतकें आहे. हें तपमान किती प्रचंड आहे याची कल्पना करणें कठीण आहे. अणुबॉम्बच्या किंवा हायड्रोजन बॉम्बच्या स्फोटामुळे निर्माण होणारें तपमान मात्र, सूर्याच्या मध्यभागीं असणाऱ्या तपमानाची कल्पना देण्यास सर्वस्वीं समर्थ ठरतें. सूर्याच्या मध्यवर्ती भट्टींतून त्याच्या पृष्ठभागाकडे उष्णतेचे लोट जाण्यासाठी दोन्ही ठिकाणच्या तपमानांत फरक असणें अत्यावश्यक आहे हें उघडच आहे. त्यामुळे, मध्यवर्ती भट्टीपासून जसजसें सूर्याच्या बाहेरच्या भागाकडे येऊं लागावें तसतसें हें तपमान कमीकमी होत जातें. या मध्यवर्ती भट्टीचें जें बाह्यांग, त्याला दीप्तिगोल[1] असें म्हणतात. आपल्या डोळ्यांना नेहमी गोल चकचकीत पांढरी अशी सूर्याची जी तबकडी दिसते ती तबकडी म्हणजेच दीप्तिगोलाचा पृष्ठभाग होय. ही अपारदर्शक असल्यामुळे तिच्यामागे असणाऱ्या भट्टींत कोणकोणत्या घडामोडी सुरू आहेत त्या आपल्याला दिसूं शकत नाहीत. या दीप्तिगोलाचें तपमान सुमारें ६०००° सें. इतकें आहे. दीप्तिगोलाबाहेर जें कवच आहे त्याला वर्णगोल[2] असें म्हणतात. आपल्या पृथ्वीभोवती ज्याप्रमाणे हवेच्या थरांचें प्रचंड असें पांघरूण आहे त्याप्रमाणे सूर्याच्या दीप्तिगोला-

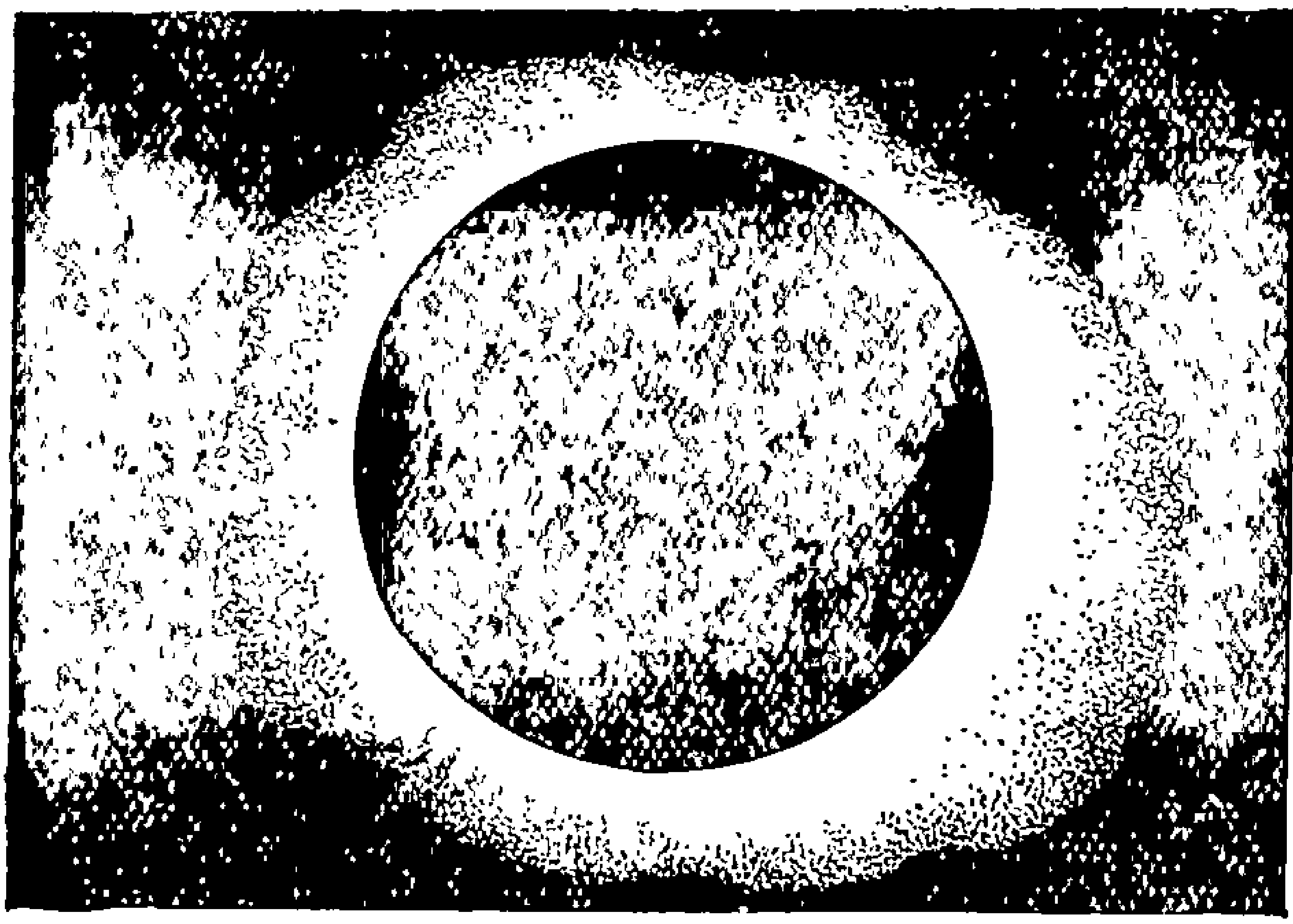
१ दीप्तिगोल = फोटोस्फिअर; २ वर्णगोल = क्रोमोस्फिअर.

भोवती वर्णगोलाचें हें पांघरूण आहे. जणू सूर्याचें वातावरणच! हा वर्णगोल बराच पारदर्शक व अतिशय विरळ अशा वायूंचा बनलेला आहे. दीप्तिगोलांतून बाहेर पडणारी उष्णता व प्रकाश या वर्णगोलांत बऱ्याच प्रमाणांत शोषलीं जातात. दीप्तिगोलांतून जितके किरण बाहेर पडतात त्यांतले सुमारें निम्मे किरण या वर्णगोलांत गुप्त होतात. हा वर्णगोल नसता तर आपला सूर्य आपल्याला हल्लीच्या जवळजवळ दुप्पट उष्ण व दुप्पट तेजस्वी दिसला असता. या वर्णगोलांत अगदी वरवरच्या थरांत हायड्रोजन-सारखा हलका वायु असून खालच्या थरांत पृथ्वीवर मिळणारीं इतर म्हणजे लोखंड, तांबें, जस्त, कॅल्शिअम्, निकेल, कोबाल्ट, मँगेनीज इत्यादि मूलद्रव्यें आहेत. जड धातु खालच्या थरांत व हलकीं द्रव्यें (वायु) वरच्या थरांत अशी विभागणी या वर्णगोलांत दिसून येते. दीप्तिगोल व वर्णगोल यांमध्ये एक पायरी किंवा पूल आहे. या पायरीला पलटपातळी[1] असें म्हणतात. वर्णगोलाच्या कवचाची जाडी निरनिराळ्या जागीं निरनिराळी असते. ही जाडी साधारणपणें ६ हजार मैलांपासून ९ हजार मैल इतकी होईल. उलट पलटपातळीची जाडी सुमारें ३६० मैल इतकीच होईल. वर्णगोलाबाहेर जें कवच किंवा आवरण आहे त्याला किरीट[2] असें म्हणतात. खग्रास सूर्यग्रहणाच्या समयीं, नेहमी आपल्या डोळ्यांना दिसणारी दीप्तिगोलाची चकचकीत पांढरी तबकडी, चंद्र आड आल्यामुळे झाकली जाते. अशा वेळीं प्रखर दुर्बिणीला काळी काच लावून सूर्याकडे पाहिल्यास, वर्णगोला-बाहेरचें हें किरीटाचें कवच आपल्या डोळ्यांना दिसूं शकतें. हा किरीट म्हणजे सूर्याचें वातावरण नव्हे. कारण तो अतिशयच विरळ आहे. इ. स. १८४३ मध्ये एक धूमकेतु सूर्याच्या या किरीटामधून आरपार गेला होता. परंतु आश्चर्याची गोष्ट अशी की, त्यावर किरीटाचें मुळीदेखील घर्षण झालें नाही. हा किरीट म्हणजे पांढऱ्या रंगाच्या तेजाचें एक सुंदर वलयच होय. [आकृति ४ पाहा]. किरीटांतील वायु फारच कमी दाबाचे असतात.

कोरोनाग्राफ या नांवाच्या यंत्राचा उपयोग करून, शास्त्रज्ञांनी किरीटामधून येणाऱ्या प्रकाशाचा वर्णपट घेतला व त्यामध्ये दिसून येणाऱ्या

१ पलटपातळी = रिव्हर्सिंग लेअर; २ किरीट = कोरोना.

निरनिराळया रेषांच्या साहाय्याने या किरीटामधील द्रव्यांचें तपमान ५०००००



आकृति ४. सूर्यग्रहणाच्या वेळीं दिसणारा किरीट

सें. अंशांपर्यंत असतें असा निष्कर्ष काढला. दीप्तिगोलाच्या तबकडीचें तपमान ६००० सें. अंश असतांना, त्याच्याबाहेर बऱ्याच अंतरावर पसरलेल्या या किरीटाचें तपमान ५ लक्ष सें. अंशांपर्यंत असणें कसें शक्य आहे हें अद्याप संपूर्णपणें न उलगडलेलें शास्त्रज्ञांपुढील एक कोडेंच होय. अर्थात् त्यासंबंधी निरनिराळया शास्त्रज्ञांनी आपआपल्या परीने वेगवेगळया उपपत्ति मांडल्या आहेत. परंतु त्यांपैकी एकहि, अद्यापपर्यंत सर्वमान्य अशी झालेली नाही. या किरीटांत लोह, निकेल्, कॅल्शियम् इत्यादि द्रव्यें आहेत असें दिसतें.

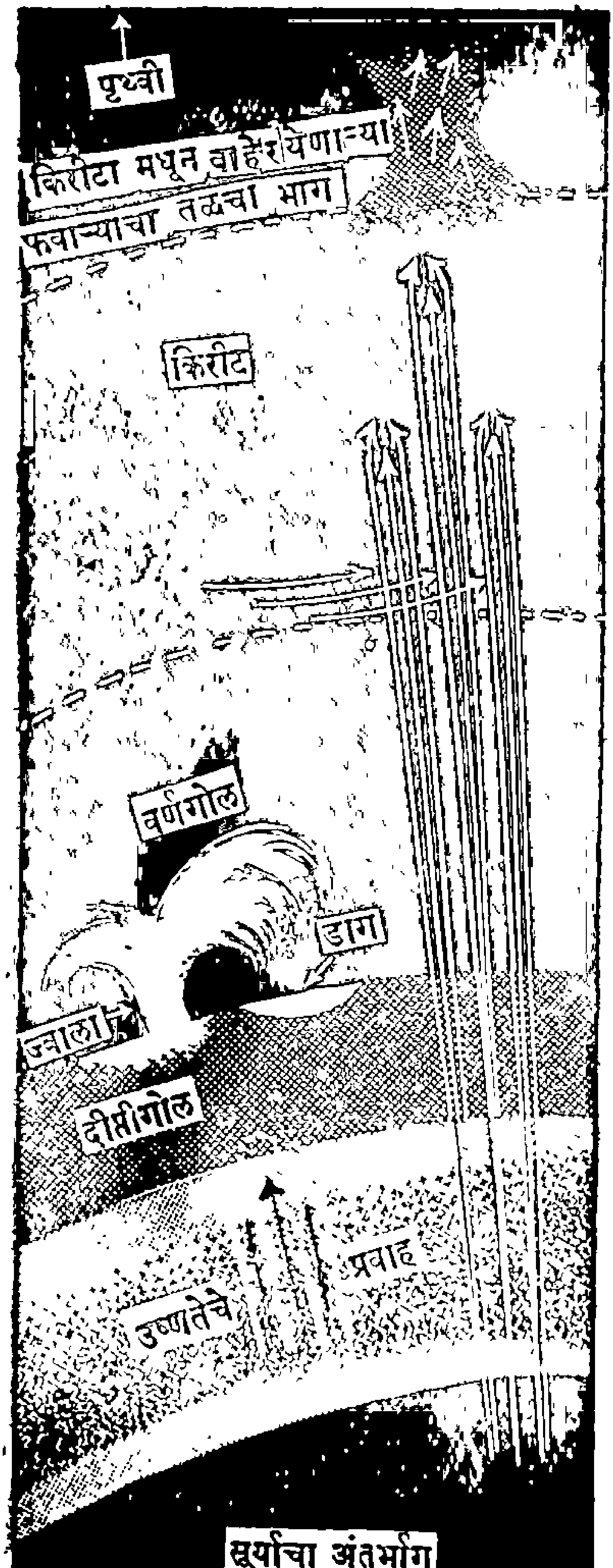
या किरीटाचा आकार कधी लहान तर कधी मोठा असतो. सूर्यावर काळया डागांच्या स्वरूपांत कांही कालांत प्रचंड अशा घडामोडी होत असतात. अशा डागांची संख्या किमान होतांच, या किरीटाचा आकार अगदी लहान होतो. डागांची संख्या वाढूं लागतांच हा किरीट खूप रुंद होऊं लागतो. हा किरीट वाटोळा असतोच असें नाही. त्याची आकृति

अनियमित असते. तेव्हा, सूर्याच्या रचनेचें वर्णन अगदी थोडक्यांत करावयाचें झाल्यास तें असें करतां येईल : सूर्याच्या मध्यभागीं एक अतिशय तप्त भट्टी आहे. या भट्टीचें बाह्यांग म्हणजे आपल्या डोळ्यांना नेहमी दिसणारी सूर्याची पांढरी तबकडी. तिला दीप्तिगोल म्हणतात. या तबकडी-बाहेर लागणारी एक पायरी म्हणजे पलटपातळी. ही पायरी ओलांडल्यावर लागणारें वायूंचें प्रचंड कडें म्हणजेच वर्णगोल. या वर्णगोलाबाहेर कित्येक लाखो मैल अंतरापर्यंत पसरलेलें आवरण म्हणजे किरीट [आकृति ५ पाहा].

आपल्या पृथ्वीच्या पृष्ठभागालगत हवेचे जे थर आहेत त्यांच्यावर वरच्या सर्व थरांचा भार पडतो. साहजिकच त्यामुळे पृथ्वीलगत हवेचा दाब, खूप उंचीवरील थरांच्या दाबाच्या मानाने बराच मोठा असतो. थेट हीच परिस्थिति सूर्यामध्ये आहे. गुरुत्वाकर्षणामुळे सूर्यामधील वायुरूप वस्तु त्याच्या मध्यबिंदूकडे ओढली जाते. त्याचा परिणाम म्हणजे सूर्याच्या मध्यभागीं प्रचंड दाब निर्माण होतो. त्याच्या मध्यभागीं असणारा हा दाब पृथ्वीच्या पृष्ठभागालगत असणाऱ्या हवेच्या दाबाच्या १० हजार अब्ज पट इतका मोठा असतो. इतक्या प्रचंड दाबाखाली असणाऱ्या वायुरूप वस्तूची घनता, आपल्याला पृथ्वीवर नेहमी आढळणाऱ्या वस्तूंच्या घनतेच्या कांही पट असणार हें उघडच आहे. सूर्यामधील अगदी बाहेरचे जे थर आहेत ते अतिशय विरल अवस्थेंत असून त्यांचा दाब, पृथ्वीलगतच्या हवेच्या दाबाच्या एकसहस्रांश इतका कमी आहे.

७. *सूर्यगर्भांतील प्रचंड उष्णता*

सूर्याच्या मध्यवर्ती भट्टींतून इतक्या प्रचंड प्रमाणांत जी उष्णता एकसारखी बाहेर पडत असते तिचें मूळ कशांत आहे ? गाभ्यांतील ही उष्णता कशी बरें निर्माण होत असेल ? या मध्यवर्ती भट्टींत कोणतें इंधन जाळलें जात असेल बरें ? असे नाना प्रश्न आपल्या मनांत येणें स्वाभा-विक आहे. ज्याप्रमाणे आगगाडीच्या इंजिनांतील भट्टींत कोळसा टाकून तो जळल्यामुळे उष्णता निर्माण होते, त्याप्रमाणे सूर्याच्या मध्यवर्ती भट्टींत कोळसा पडून तो जळल्यामुळे ही उष्णता निर्माण होत नसेल ना, अशी शंका अगदी प्रथमदर्शनींच कोणालाहि येईल. ज्वलन ही एक रासायनिक क्रिया



आकृति ५. सूर्याची रचना

आहे. ज्या वेळेस कोळसा जळला असें आपण म्हणतों त्या वेळेस त्या कोळशाचा हवेंतील ऑक्सिजनशीं संयोग होऊन, त्यापासून कार्बन-डाय-ऑक्साईड वायु तयार होतो व उष्णताहि बाहेर पडते. सूर्यापासून मिळणाऱ्या उष्णताशक्तीचें मूळ जर कोळशाच्या ज्वलनांत, म्हणजेच रासायनिक क्रियेंत असेल, तर सध्या आपल्याला सूर्यापासून जेवढ्या प्रमाणांत शक्ति मिळते, तितकी शक्ति मिळण्यास किती वर्षांपूर्वीपासून सुरुवात झाली असावी ? या प्रश्नाचें उत्तर शास्त्रज्ञांनी गणिताच्या साहाय्यानें मिळविलें. सूर्यामधून येणारी उष्णता जर सूर्यामधील कोळसा जळून निर्माण होत असेल तर उष्णता बाहेर पडण्याची ही क्रिया सूर्यामध्ये फारतर ५–६ हजार वर्षेंच सुरू असली पाहिजे असें गणितावरून स्पष्ट होतें. परंतु हें अनुमान चूक आहे, असें इतर पद्धतींनी जमा केलेल्या पुराव्यावरून शास्त्रज्ञांना दिसून आलें आहे. सुमारें दोन अब्ज वर्षांपासून उष्णता व प्रकाश बाहेर टाकण्याची क्रिया सूर्याकडून होत असली पाहिजे असें शास्त्रज्ञांचें ठाम मत झालें आहे. इतकेंच नव्हे तर यापुढेदेखील आणखी कांही अब्ज वर्षेंपर्यंत तो, सध्याप्रमाणे ही उष्णता व प्रकाशशक्ति पुरवीत राहील. तेव्हा, सूर्यामधून बाहेर पडणाऱ्या शक्तीचें मूळ रासायनिक क्रियांत असणें शक्य नाही हें उघडच आहे. कोळसा जाळून जर सूर्याकडून आपल्याला उष्णता मिळत असती, तर सूर्याच्या वजनाच्या ५ लक्ष पट वजनाचे कोळसे जाळावे लागले असते व तितक्या प्रमाणांत जर ते जळत असते तर एव्हाना सूर्य पूर्णपणें खलास व्हावयास पाहिजे होता. सूर्याच्या मध्यभागीं जें प्रचंड तपमान आहे त्या तपमानांत ज्वलनाची क्रिया होणें शक्य नाही; कारण, ज्वलनक्रिया म्हणजे दोन पदार्थांचा रासायनिक संयोग होऊन त्यापासून एक नवीन पदार्थ तयार होणें. सूर्याच्या मध्यभागीं एवढें प्रचंड तपमान आहे की, तेथे दोन पदार्थांचा संयोग घडून येण्याऐवजी ते विभक्त होऊन त्यांच्या अणूंची फोड होणेंच जास्ती संभवनीय आहे. मग सूर्याच्या मध्यवर्ती गाभ्यांत ही उष्णता कशी बरें निर्माण होत असावी ?

८. *सूर्यांतील उष्णतेचें कारण–अणुप्रक्रिया*

जर्मन शास्त्रज्ञ हेल्महोल्ट्झ याच्या मतें सूर्य हा एके काळीं थंड

अशा वायूंचा मोठा गोळा होता. त्या कालीं सूर्याचा व्यास आतापेक्षा फारच मोठा होता. सूर्यांतील एकूण वस्तु हीदेखील त्या कालीं फारच विरल अशा अवस्थेंत होती. थंड व अतिशय विरल अशा वायूचा दाब साहजिकच कमी असणार. गुरुत्वाकर्षणामुळे थंड व विरल अशा वायूंचा हा गोल अक्रसावयाला लागला. या आकुंचनाच्या क्रियेनुळें गोळ्यांतील वायु संकुचित व्हावयास लागले. आपल्याला माहिती आहेच की, एखादा वायु अक्रसूं लागला किंवा अगदी लहानशा जागेंत ठासून भरला जाऊं लागला, की त्याचें तपमान वाढावयास लागतें. कोणतीहि वस्तु घ्या. ती वस्तु ज्या असंख्य कणांपासून किंवा अणुरेणूंपासून बनलेली असते ते कण किंवा अणुरेणु स्थिर नसतात. हे कण गतिमान् असतात. पदार्थांतील कणांच्या गतीवर त्याचें तपमान अवलंबून असतें. कणांचा वेग जितका जास्त तितकें त्या पदार्थाचें तपमान जास्ती. सूर्यांतील वायु आकुंचन पावूं लागल्यामुळे वायूंचें तपमान वाढूं लागलें व त्यामुळे त्यांमधील कणांचा वेगहि वाढूं लागला. असें होतांच त्यांचा दाबहि वाढावयास लागला. अखेर सूर्याच्या आंतल्या भागांतल्या वायूचा दाब इतका वाढला असला पाहिजे की, तो दाब गुरुत्वाकर्षणाबरोबर होऊन, त्याला पेलून धरण्यास समर्थ झाला असला पाहिजे. इतकें झाल्यानंतर मात्र, आकुंचन पावण्याची ही क्रिया थांबली असली पाहिजे, व सूर्याला टिकाऊ स्वरूप प्राप्त झालें असलें पाहिजे. सूर्याचें हें आकुंचन थांबतें त्या वेळीं अगोदरपासून चालू असलेल्या आकुंचनक्रियेमुळे त्याच्या मध्यभागीं प्रचंड तपमान तयार झालें असावें. अशा तऱ्हेने सूर्याच्या सुरुवातीच्या कालांत म्हणजे त्याच्या बाल्यावस्थेंत त्याच्यामध्ये ही अक्रसण्याची क्रिया चालू होऊन त्याचें तपमान वाढलें, असावें हें **हेल्महोल्ट्झचें** म्हणणें जवळजवळ सर्व शास्त्रज्ञांना संमत झालें आहे. परंतु एकदा त्याचें तपमान खूप मोठें झाल्यावर, अक्रसण्याची ही क्रिया तशीच पुढे चालू राहून, आपल्याला सतत उष्णता मिळत राहणें शक्य नाही हें अगदी उघड आहे. सूर्याचा हल्लीचा आकार लक्षांत घेतल्यास, ही अक्रसण्याची क्रिया सूर्यामध्ये फार तर ५० दशलक्ष वर्षांपासून सुरू झाली असावी असें गणिताने समजूं शकतें. याचा अर्थ, सूर्याचें वय फार तर ५० दशलक्ष वर्षें असा होईल. परंतु, इतर पद्धतीने ठरविलेलें

सूर्याचें वय वरील वयाच्या ४० पट इतकें मोठें ठरतें. म्हणून अकसण्याच्या या क्रियेमुळे सध्यादेखील आपल्याला सूर्याकडून उष्णता मिळत असली पाहिजे हें म्हणणें बरोबर ठरणार नाही. मग सूर्यामध्ये निर्माण होणारी ही उष्णता, कशामुळे उत्पन्न होत असावी बरें ?

यासंबंधांत, कांही शास्त्रज्ञांची कल्पना अशी होती की, सूर्याच्या मध्यवर्ती भट्टींत, अवकाशांतून, फार मोठ्या प्रमाणांत उल्का येऊन पडत असाव्यात. धूमकेतूचें डोकें म्हणजे जणू काय मठ्ठ मनुष्याचेंच डोकें ! अशा मठ्ठ मनुष्याच्या डोक्यांत ज्याप्रमाणे दगडधोंडे भरले असावेत असें आपण म्हणतों, त्याप्रमाणे या धूमकेतूंच्या डोक्यांत उल्कारूपी दगडधोंडे भरलेले असतात. या उल्कांमध्ये निरनिराळे धातु असतात. अशा उल्का सूर्याच्या मध्यवर्ती भट्टींत येऊन पडतांच त्यांचें तेथे ज्वलन झाल्यामुळे उष्णता बाहेर पडत असावी अशी कांही शास्त्रज्ञांची पूर्वी समजूत होती. आपल्या पृथ्वीवर दरवर्षी सुमारें ५०० टन वजनाच्या लहानमोठ्या उल्का येऊन पडतात. सध्या जितक्या प्रमाणांत आपल्याला सूर्याकडून उष्णता मिळते तितक्या प्रमाणांत उल्का जाळून जर ती सतत आपल्याला मिळावयास पाहिजे असेल तर सूर्याच्या या मध्यवर्ती भट्टींत अतिशय मोठ्या संख्येने अशा उल्का येऊन पडावयास पाहिजेत. परंतु तसें झाल्यास सूर्याकडे जात असतांना आपली पृथ्वी वाटेवर लागत असल्यामुळे, आपल्या पृथ्वीवर हल्लीपेक्षा कितीतरी पटींनी या उल्कांचा मारा व्हावयास पाहिजे. परंतु प्रत्यक्ष परिस्थिति मात्र त्याप्रमाणे नाही. तेव्हा सूर्यातील उष्णताशक्तीचा जन्म उल्कांच्या ज्वलनांत नाही हें उघड आहे. सूर्यातील उष्णतेचें मूळ कशांत असावें या प्रश्नाचें उत्तर शास्त्रज्ञांना बराच कालपर्यंत मिळूं शकलें नाही. अखेर अलीकडे या उष्णताशक्तीचें मूळ, सूर्यात चालू असणाऱ्या अणु-प्रतिक्रियेंत किंवा अणुशक्तींत असावें असें अनुमान शास्त्रज्ञांनी केलें आहे. सूर्याच्या मध्यवर्ती गाभ्यांत सुरू असणाऱ्या क्रियांची माहिती होण्यासाठीं आपल्याला प्रथम, कोणत्याहि पदार्थांचे अंतिम घटक जे अणु त्यांची रचना कशी आहे हें समजून घेणें जरूर आहे.

९. अणु म्हणजे काय ?

पृथ्वीवरील एकूण मूलद्रव्यांची संख्या ९२. अर्थात् अलीकडे, कृत्रिम पद्धतीने प्रयोगशाळेंत नवींनवीं मूलद्रव्यें तयार करण्याचें तंत्र शास्त्रज्ञांनी हस्तगत केलें असल्यामुळे अशा मूलद्रव्यांची संख्या आता १०२ इतकी झाली आहे ही गोष्ट निराळी! या ९२ मूलद्रव्यांपैकी सर्वांत हलकें मूलद्रव्य म्हणजे हायड्रोजन व सर्वांत जड मूलद्रव्य म्हणजे युरेनिअम्. मूलद्रव्याचे लहानांत लहान घटक म्हणजे 'अणु'[१]. हायड्रोजनचें आणवीय वस्तुमान १ असेल, तर युरेनिअमूचें आणवीय वस्तुमान २३८. अणूचा व्यास २×१०^{-८} सें. मी. अणु हादेखील अभेद्य असा नाही. अणूची फोड करतां येते. १८९८ मध्ये इंग्लिश शास्त्रज्ञ **सर जे. जे. थॉमसन्** यांनी प्रयोगांनी ही गोष्ट सिद्ध करून दाखविली. अणूची फोड करून थॉमसन् यांनी इलेक्ट्रॉन् या अणूंतील एका घटकाचा शोध लावला. इलेक्ट्रॉन् अतिशय सूक्ष्म. त्याचें वजन $९\cdot०३५ \times १०^{-२८}$ ग्राम. ठोकळमानाने तो हायड्रोजन आणवीय वस्तुमानाच्या $\frac{१}{१८४०}$ इतका होईल. म्हणजे इलेक्ट्रॉनला हायड्रोजन अणूच्या वजनाच्या मानाने पाहतां जवळजवळ वजन नाहीच असें म्हटलें तरी चालेल. मात्र त्यावर ऋण विजेचा साठा असतो. नेहमीच्या अवस्थेंत कोणत्याहि पदार्थांच्या अणूवर विजेचा साठा असलेला दिसत नाही. हें कसें शक्य होईल ? अर्थात् तसें होण्यासाठी, धन विजेचा साठा असलेला दुसरा एखादा घटक अणूंत असला पाहिजे. इतकेंच नव्हे तर या घटकांवरील धन विजेचा साठा, अणूंतील सर्व इलेक्ट्रॉनवरील ऋण विजेच्या साठ्याइतका असला पाहिजे. धन व ऋण विजेचा साठा असणाऱ्या या घटकांची अणूमध्ये कशा प्रकारें मांडणी झाली असेल बरें ? शास्त्रज्ञांचें म्हणणें असें की, कोणत्याहि अणूची रचना ग्रहमालिकेच्या रचनेप्रमाणे आहे. ग्रहमालिकेमध्ये, मध्यवर्ती सूर्य व त्याच्याभोवती निरनिराळ्या कक्षांत भ्रमण करणारे ग्रह अशी रचना असते. अणूमध्येदेखील मध्यभागीं एक केंद्र[२] व त्या केंद्राभोवती निरनिराळ्या कक्षांत भ्रमण करणारे इलेक्ट्रॉन अशी मांडणी असते. मात्र

१. अणु = ॲटम्; २. केंद्र = न्युक्लिअस्.

ग्रहमालिका व अणूची रचना यामध्ये दोन बाबतींत फरक असलेला दिसून येतो. ग्रहमालिकेंत सूर्याभोवती भ्रमण करणाऱ्या निरनिराळ्या ग्रहांचे आकार व वजनें भिन्न असतात, उलट अणूंतील मध्यवर्ती केंद्राभोवती फिरणाऱ्या सर्व इलेक्ट्रॉनांचा आकार व वजन हीं मात्र अगदी एकसारखीं असतात. त्यामुळे ग्रहमालेंतील ग्रहांच्या स्थितींत बदल होणें कठीण असतें, तर उलट अणूंतील ऋणकण कोणताहि इलेक्ट्रॉन् कक्षेंत राहणें व फिरणें शक्य होतें. दुसरें म्हणजे ग्रहमालिकेंत भ्रमण करणाऱ्या निरनिराळ्या ग्रहांच्या भ्रमणकक्षा एकाच पातळींत असतात, तर अणुकेंद्राभोवती भ्रमण करणाऱ्या इलेक्ट्रॉनांच्या भ्रमणकक्षा निरनिराळ्या पातळींत असतात. हे दोन फरक सोडले तर ग्रहमालिकेच्या रचनेंत व अणूच्या रचनेंत साम्य आहे हें खरें. अणूमधील केंद्राचा व्यास $१०^{-१२}$ सें. मी., सर्व अणूचा व्यास २×१०^{-८} सें. मी. हें लक्षांत घेतल्यास, अणूमध्ये केंद्राने व्यापलेली जागा फारच कमी हें सहज लक्षांत येईल. याचाच अर्थ असा की, अणूमध्ये पोकळ अशी जागाच फार. सबंध अणूचा आकार, त्यामधील केंद्राने व्यापलेली जागा, हें सर्व अतिसूक्ष्म असल्यामुळे, त्याबद्दल स्पष्ट कल्पना येणें फारच कठीण आहे. अगदी प्रभावी अशा सूक्ष्मदर्शक यंत्राच्या साहाय्यानेदेखील अणु दिसूं शकणार नाही. हे आकार खूपच मोठे केले तर सापेक्षाने त्यांचें एकमेकांशीं पडणारें प्रमाण कसें असेल याची कल्पना येण्यासाठी एक अगदी व्यवहारांतलें उदाहरण घेऊं या. अशी कल्पना करा की, १०० एकर क्षेत्र असलेला जमिनीचा एक तुकडा आपण घेतला. या तुकड्याच्या मध्यभागीं ८ ते ९ इंच व्यासाचा एक चेंडू ठेवला व या तुकड्याच्या परिघावरून एक माशी फिरूं लागली तर जमिनीचा तुकडा, चेंडू व माशी यांचें सापेक्षदृष्ट्या एकमेकांशीं जें आकारमान असेल तें अनुक्रमें अणु, त्यामधील केंद्र व केंद्राभोवती फिरणारे इलेक्ट्रॉन् यांच्या एकमेकांशीं असणाऱ्या आकारमानाच्या प्रमाणाएवढें होईल. कोणत्याहि अणूचें वजन किंवा आणवीय वस्तुमान म्हणजे त्याच्या केंद्राचें वजन किंवा वस्तुमान होय. कारण इलेक्ट्रॉन्ला वजन असें जवळजवळ नाहीच. कोणत्याहि अणूंतील फिरत्या इलेक्ट्रॉनांच्या संख्येवर त्या अणूचा आणवीय

क्रमांक[1] व रासायनिक गुण अवलंबून असतात. शास्त्रज्ञांना असें दिसून आलें की, अणूतील मध्यवर्ती केंद्राचे प्रमुख घटक दोन. एकाचें नांव प्रोटॉन व दुसऱ्याचें नांव न्यूट्रॉन. प्रोटॉनचें वजन जवळजवळ न्यूट्रॉनाएवढें. मात्र प्रोटॉनावरील धन विजेचा साठा इलेक्ट्रॉनावरील ऋण विजेएवढा. न्यूट्रॉनावर विजेचा साठा मुळीच नसतो. अणूंचे वस्तुमान म्हणजे अणुकेंद्राचें वस्तुमान; म्हणजेच केंद्रांतील प्रोटॉन व न्यूट्रॉन यांच्या वस्तुमानाची बेरीज. अगदी साधा व हलका असा जो हायड्रोजनचा अणु त्याचा विचार करूं या. हायड्रोजन अणूच्या केंद्रांत फक्त एकच प्रोटॉन, व केंद्राभोवती एकच इलेक्ट्रॉन भ्रमण करीत असतो. आतापर्यंत वर्णन केलेली अणूची रचना ही, पृथ्वीवर नेहमीच्या परिस्थितींत दृष्टीस पडणाऱ्या पदार्थांतील अणूची रचना होय. परंतु सूर्याच्या मध्यभागीं तपमान व दाब फारच प्रचंड असतो हें मागे सांगितलेंच आहे. त्यामुळे सूर्यामध्ये अस्तित्वांत असणाऱ्या अणूंचें स्वरूप, पृथ्वीवर नेहमीच्या परिस्थितींत आढळून येणाऱ्या अणूपेक्षा अजिबात निराळेंच असतें. सूर्यामध्ये अणुकेंद्र व इलेक्ट्रॉन एकमेकांपासून अलग होऊन त्यांचा नेहमीपेक्षा एक वेगळ्याच तऱ्हेचा वायु बनतो. अशा तऱ्हेचा वायु आपल्याला, आपल्या पृथ्वीवर दिसून येणें अर्थात्. शक्यच नाही. सूर्याच्या मध्यभागीं असणाऱ्या अणूंचा पार चुराडा उडून गेलेला असतो. त्या ठिकाणीं असणारे निरनिराळ्या द्रव्यांचे अणु म्हणजे नुसतें अणुकेंद्रच. सूर्याच्या मध्यवर्ती भट्टींत असणाऱ्या द्रव्यांची घनता ८५ इतकी मोठी कां या प्रश्नाचें उत्तर, वर केलेल्या स्पष्टीकरणावरून सहज मिळू शकेल. या ठिकाणच्या आत्यंतिक उष्णतेमुळे तेथील अणुकेंद्रें प्रचंड वेगाने म्हणजे सेकंदाला सुमारें ६० मैल इतक्या वेगाने सैरावैरा धावत सुटतात. धावता धावता हीं अणुकेंद्रें एकमेकांजवळ येतात व त्यांच्या संघटनापासून[2] एक नवीनच अणुकेंद्र तयार होतें. मात्र एकीकरणाच्या या क्रियेंत कांही शक्ति नव्याने बाहेर पडते. या क्रियेंत जी प्रचंड शक्ति निर्माण होते ती शक्ति सूर्यमध्यावर अस्तित्वांत असणाऱ्या वायूचें मूळचें तपमान टिकवून तर ठेवतेच पण

१. आणवीय क्रमांक = ॲटॉमिक नंबर; २. संघटन = फ्युजन.

त्याशिवाय उरलेली शक्ति आजूबाजूस फेकून देते. अणुकेंद्रांमध्ये सुरू होणाऱ्या या प्रतिक्रियेची स्पष्टपणें कल्पना येण्यासाठी आपण द्रवाच्या थेंबाचें उदाहरण घेऊं या. कोणत्याहि द्रवाचा थेंब हा खूपशा कणांपासून बनलेला असतो. द्रवाचे दोन थेंब जर एकमेकांजवळ आणले तर ते ताबडतोब एकजीव होऊन जातात, व त्या दोहोंच्या संघटनापासून एक नवा थेंब तयार होतो. अशा तऱ्हेने तयार झालेल्या या नव्या थेंबाच्या पृष्ठभागाचें क्षेत्रफळ, दोन्ही थेंबांच्या पृष्ठभागांच्या क्षेत्रफळापेक्षा कमी असतें. कोणत्याहि द्रवाच्या पृष्ठभागाशीं शक्ति निगडित केली गेलेली असते व थेंबाची प्रवृत्ति, आपलें क्षेत्रफळ कमी करण्याकडे व त्याच्याशीं निगडित असलेली शक्ति कमी करण्याकडे असते. अगदी थेट द्रव्याच्या थेंबाप्रमाणे अणुकेंद्राची परिस्थिति असते, असें म्हटल्यास चूक होणार नाही.

१०. आईनस्टाईनचें समीकरण

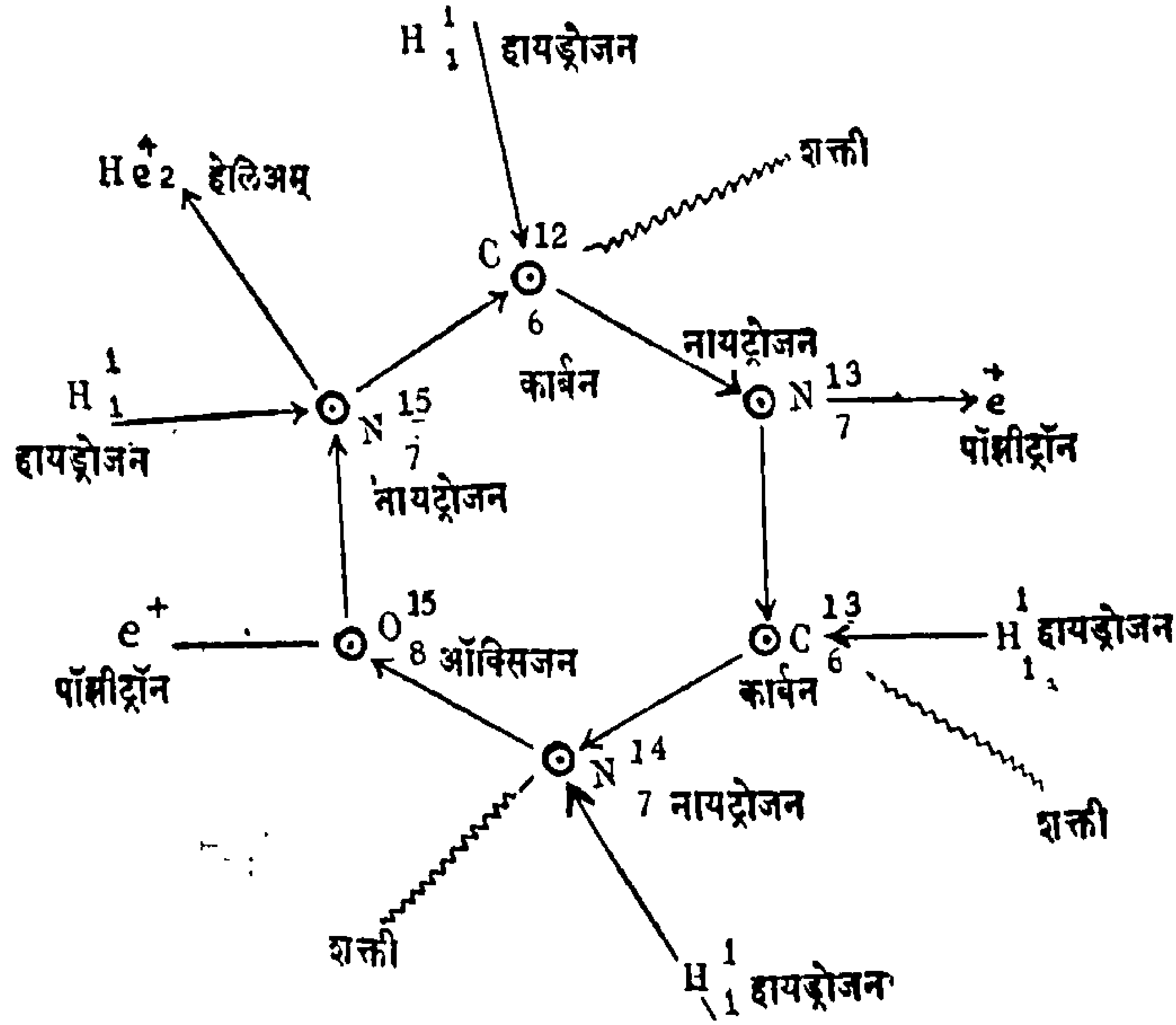
सन १९०५ मध्ये, जगद्विख्यात गणितज्ञ **कै. आल्बर्ट आईनस्टाईन** यांनी वस्तु व शक्ति यांमधील परस्परसंबंध थोडक्यांत स्पष्ट करणारें गणित एका लहानशा समीकरणाच्या रूपांत मांडलें. शक्ति = वस्तुमान × (प्रकाशाचा वेग)^{२} हेंच तें समीकरण होय. वस्तूचें रूपांतर शक्तीमध्ये अगर शक्तीचें रूपांतर वस्तूमध्ये केल्यास त्यांचें एकमेकांशीं प्रमाण काय पडेल हें वरील समीकरणावरून स्पष्ट होईल. उदाहरणार्थ, एक ग्राम वस्तुमान असलेलें पाणी हें तसें पाहिल्यास अगदी अल्प! परंतु या एक ग्राम वस्तूचें रूपांतर शक्तींत केलें तर $१ \times (३ \times १०^{१०})^{२} = ९ \times १०^{२०}$ अर्ग इतकी प्रचंड शक्ति त्यामधून बाहेर पडेल असें वरील समीकरणाचा उपयोग करून सिद्ध होईल, कारण प्रकाशाचा वेग सेकंदाला ३×१०^{१०} सें. मी. इतका मोठा आहे.

११. सूर्यशक्ति निर्माण कशी होते ?

सूर्यांत कोणकोणते अणु अस्तित्वांत आहेत याची माहिती सूर्यप्रकाशाच्या वर्णपटाच्या अभ्यासावरून आपल्याला मिळवितां आली आहे. सूर्यमध्यांत अस्तित्वांत असणाऱ्या अणूंपैकी कोणते अणु, वर सांगितलेल्या पद्धतीने रूपांतरित होऊं शकतील व अशा रूपांतरक्रियेमध्ये किती शक्ति बाहेर

पडेल याची माहिती शास्त्रज्ञांना मिळाली आहे. **बेथे** व **वाईझेकर** या दोन शास्त्रज्ञांनी असें दाखवून दिलें आहे की, सूर्यावर कार्बन व नायट्रोजन यांच्या मदतीने हायड्रोजनचें रूपांतर हेलिअम् या मूलद्रव्यांत होत असतें. हायड्रोजन या मूलद्रव्याचे चार अणुकेंद्र एकत्र येऊन त्यांच्या संघटनामुळे हेलिअम् या मूलद्रव्याचें एक अणुकेंद्र तयार होतें. ऑक्सिजन्च्या अणूचें वस्तुमान १६ धरल्यास, हायड्रोजनच्या एका अणुकेंद्राचें (म्हणजेच अणूचें) वस्तुमान १·००८ इतकें होतें. अशीं चार हायड्रोजन अणुकेंद्रें एकत्र आल्यास त्या सर्वांचें वस्तुमान, म्हणजेच हेलिअम् अणुकेंद्राचें वस्तुमान १·००८ × ४ = ४·०३२ इतकें व्हावयास पाहिजे हें उघडच आहे. परंतु प्रत्यक्षांत मात्र एका हेलिअम् अणुकेंद्राचें वस्तुमान ४·००३ इतकेंच आलेलें दिसून येतें. या सर्वांचा अर्थ असा की, सूर्यमध्यांत ज्या ज्या वेळीं चार हायड्रोजन-केंद्रें एकत्र येऊन त्यांच्या संघटनापासून एक हेलिअम्-केंद्र तयार होतें त्या त्या वेळेस ४·०३२ – ४·००३ = ०·०२९ इतक्या वस्तूचा लोप होतो. वास्तविक पाहतां ही वस्तु नाहीशी होत नाही. फक्त त्या वस्तूचें रूपांतर शक्तींत होतें. अशा तऱ्हेने वस्तूच्या रूपांतरा-पासून निर्माण होणारी शक्ति म्हणजेच सूर्यांमधून एकसारखी बाहेर पडणारी उष्णता, प्रकाश इत्यादि शक्ति होय. हायड्रोजनचें रूपांतर हेलिअम्मध्ये करण्याची ही क्रिया पूर्ण होण्यास ५० लाख वर्षे लागतात. परंतु सूर्या-वरील हायड्रोजनचा साठा फारच प्रचंड आहे. दर मिनिटास अशा या हायड्रोजनच्या साठ्यापैकी कांही अणूंचें रूपांतर होण्यास सुरुवात होत असेल, तर कांहीं हायड्रोजन अणूंचें रूपांतर घडून येण्याच्या मार्गावर असेल, तर कांहींचें हेलिअम् अणूमध्ये होणारें रूपांतर पूर्ण झालें असेल. या सर्व गोष्टी घडत असतांना सूर्यामधील हायड्रोजनचा साठा कमी कमी होऊं लागेल व हेलियम्चा वाढूं लागेल. सूर्यांमधील हायड्रोजनचें, हेलिअम्मध्ये रूपांतर होत असतांना सूर्याचा व्यास बदलूं लागेल. सूर्यामध्ये त्याच्या एकंदर द्रव्यसंघाच्या जवळजवळ ३५ टक्के इतकें द्रव्य हायड्रोजन आहे. त्यामुळे हायड्रोजनपासून हेलिअम् तयार होण्याची सूर्यात सुरू असलेली क्रिया कांही अब्ज वर्षेपर्यंत सतत चालूं राहील असें गणितावरून दिसतें. सूर्यामध्ये हायड्रोजनचें हेलिअम्मध्ये रूपांतर होत असतांना शक्ति कसकशी बाहेर पडते

हें आकृति क्रमांक ६ मध्ये दाखविलें आहे. तें एक चक्र आहे. त्याला कार्बन-नायट्रोजन चक्रक्रम असें म्हणतां येईल.



आकृति ६. कार्बन-नायट्रोजन चक्रक्रम

वर दिलेल्या एका क्रिया-चक्रांत चार हायड्रोजन-केंद्रें नाहीशीं झालीं व एक हेलिअम्-केंद्र तयार झालें. कार्बन जसाचा तसाच राहिला व तीन ठिकाणीं शक्ति किंवा उष्णता बाहेर पडली. या चक्रालाच कार्बन-नायट्रोजन चक्र म्हणतात. ही एक केंद्रीय रासायनिक क्रिया म्हणून म्हणतां येईल.

या कार्बन-नायट्रोजन चक्रक्रमाऐवजी जरा निराळयाच स्वरूपाच्या क्रिया सूर्याच्या अंतर्भागांत होऊन उष्णता, प्रकाश इत्यादि शक्ति बाहेर पडत असाव्यात असें कांही शास्त्रज्ञांचें म्हणणें आहे. त्या क्रिया थोडक्यांत खालीं दिल्या आहेत.

*ट्रिटॉन (तीन वस्तुमानाचा हायड्रोजन अणु) + ड्यूटेरॉन (दोन वस्तुमानाचा हायड्रोजन अणु) → हेलिअम् + न्यूट्रॉन + शक्ति.

ट्रिटॉन + ट्रिटॉन → हेलिअम् + २ न्यूट्रॉन + शक्ति.

वरीलसारख्या क्रिया सूर्यामध्ये व इतर ताऱ्यांमध्ये होत असाव्यात व अशा क्रियेमुळेच शक्ति निर्माण होऊन ती प्रारण रूपाने आपल्याला मिळत असावी असा कांही शास्त्रज्ञांचा तर्क आहे.

१२. सूर्याच्या अंतकालाचें भाकीत

सूर्यामधील हायड्रोजनचें रूपांतर हेलिअम्‌मध्ये होत असतांना सूर्यामधील हायड्रोजनचा एकूण साठा कमीकमी होत जाईल व हेलिअम्‌चा साठा वाढूं लागेल हें आपण पाहिलेंच आहे. हायड्रोजन व हेलिअम् हे भिन्न गुणांचे वायु होत. या दोन्ही वायूंचे अगदी सारख्या जाडीचे थर विचारांत घेतले तर हायड्रोजनच्या थरांतून जेवढी उष्णता व प्रकाशशक्ति किरणरूपाने आरपार जाऊं शकेल, तितकी शक्ति त्याच जाडीच्या हेलिअमच्या थरांमधून जाऊं शकणार नाही. हेलिअम्‌च्या थरांमधून बाहेर पडणारी शक्ति तितक्याच जाडीच्या हायड्रोजन थरांमधून बाहेर पडणाऱ्या शक्तीपेक्षा बरीच कमी असणार. साहजिकच त्यामुळे, जसजसें सूर्यांतील हायड्रोजनचें रूपांतर हेलिअम्‌मध्ये होऊन, सूर्यामधील हेलिअम्‌चा साठा वाढावयास लागेल तसतशी सूर्यामध्ये निर्माण होणारी उष्णता व प्रकाशशक्ति, सूर्यामधून कमीकमी प्रमाणांत बाहेर पडूं लागेल. याचा परिणाम अर्थातच, सूर्याच्या मध्यभागाचें उष्णतामान वाढण्यांत होईल. सूर्यमध्यांतील तपमान वाढलें की, हायड्रोजनचें हेलिअम्‌मध्ये रूपांतर होण्याची क्रिया आणखी जास्त

* एकाच रासायनिक गुणाच्या अणूंचें वस्तुमान निरनिराळें असूं शकतें. अशा अणूंना आपण 'तत्स्थानीय' (isotopes) म्हणूं या. निसर्गांत, १ व २ वस्तुमान असणारे हायड्रोजनचे अणु आहेत. तीन वस्तुमान असणारा हायड्रोजनअणु प्रयोगशाळेंत तयार करतां येतो. त्याला ट्रिटॉन असें म्हणतात. अशा तऱ्हेने हायड्रोजन-१, हायड्रोजन-२ (ड्यूटेरॉन) व हायड्रोजन-३ (ट्रिटॉन) असे हायड्रोजन मूलद्रव्याचे तीन 'तत्स्थानीय' आहेत.

जोराने होऊं लागेल. ही क्रिया वाढत्या प्रमाणावर होऊं लागली की, सूर्याच्या मध्यभागीं जास्त जास्त शक्ति निर्माण होईल. याचा परिणाम म्हणजे सूर्याकडून अवकाशांत पसरवल्या जाणाऱ्या एकंदर उष्णता, प्रकाश इत्यादि शक्तींचें प्रमाण वाढेल. या संबंधांत शास्त्रज्ञांनी केलेल्या गणिताचा विचार केल्यास असें म्हणावें लागेल की, आजपासून सुमारें दहा अब्ज वर्षांनी सूर्याचा तेजस्वीपणा हल्लीच्या जवळजवळ शंभरपट इतका वाढेल. सूर्याची तेजस्विता जसजशी वाढत जाईल तसतसें आपल्या पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचें तपमान वाढूं लागेल. अखेर ज्या वेळेस, सूर्याची तेजस्विता आज आहे त्याच्या शंभरपट होईल त्या वेळेस आपल्या पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचें तपमान सुमारें १००° सें. म्हणजे पाण्याच्या उकळण्याच्या बिंदूच्या आसपास जाईल. साहजिकच इतक्या तपमानांत पृथ्वीवर जीव जगून राहणें शक्य होणार नाही हें सांगावयाला नकोच. सूर्यामधील हायड्रोजनच्या एकूण साठा संपुष्टांत येण्यास जवळजवळ दहा अब्ज वर्षांचा काल लागेल व तसें होतांच हायड्रोजनचें हेलियममध्ये रूपांतर घडून येण्याची क्रिया बंद झाल्यामुळे सूर्याचा तेजस्वीपणा वेगाने कमी होऊं लागेल.

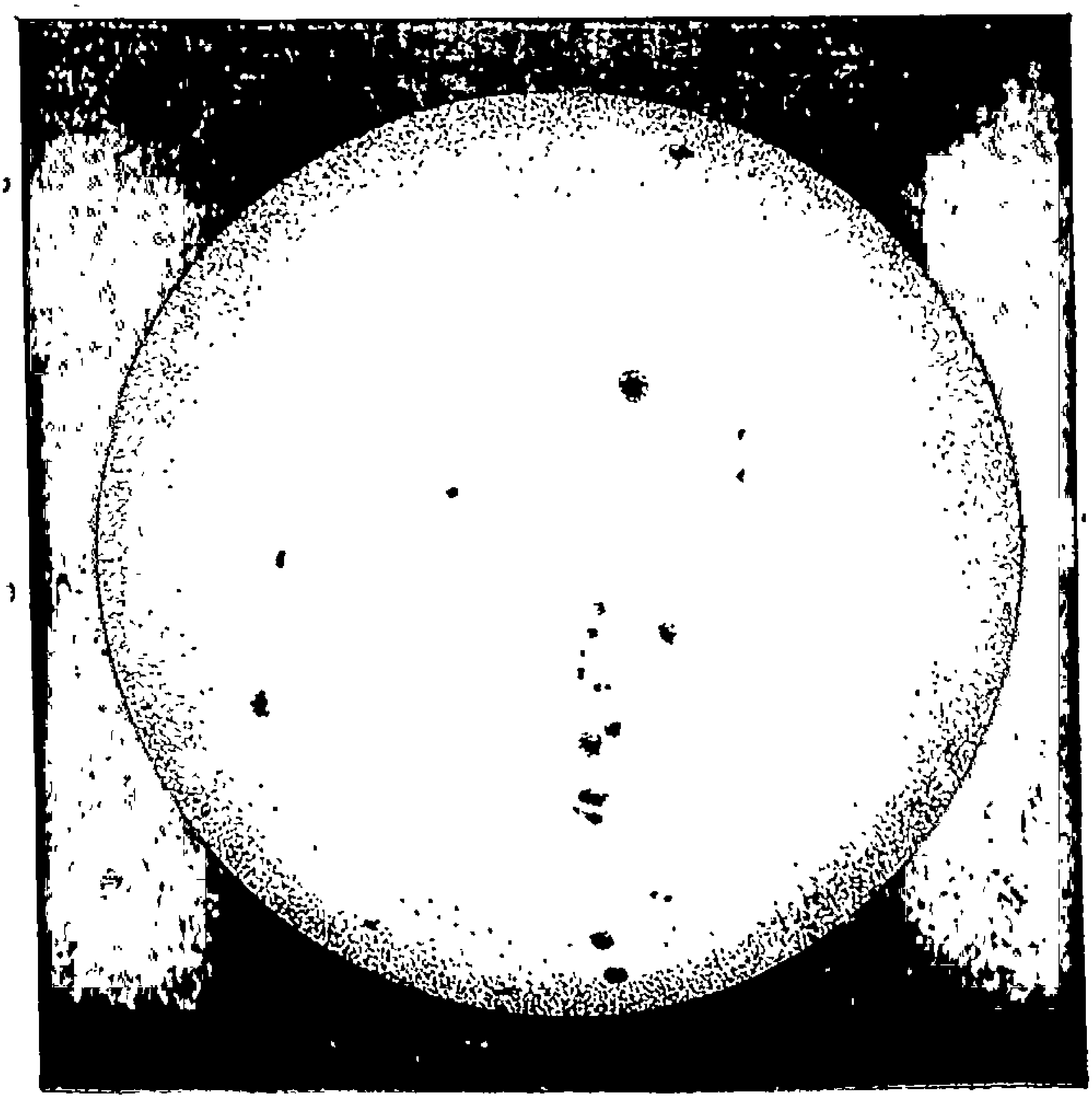
ज्याप्रमाणे विश्वांतील प्रत्येक वस्तूला उत्पत्ति, स्थिति व लय या तिन्ही अवस्थांतून जावें लागतें त्याचप्रमाणे सूर्यालादेखील या तीनहि अवस्था आहेत असेंच म्हणावें लागेल. मात्र सूर्याच्या अंतसमयाला दहा अब्ज वर्षांचा काल लागणार आहे हें समजल्यावर आपल्या पृथ्वीवरील जीवांच्या अस्तित्वाबद्दल आपल्याला वाटणारी चिंता अंशमात्र कमी होईल.

३ : : सूर्यावरील डाग, उद्रेक आणि दिवट्या

१३. डाग

सूर्यबिंबावरील घडामोडी हुडकून काढण्याचें सोपें साधन म्हणजे दुर्बीण. दुर्बीण म्हणजे मनुष्याचे कृत्रिम नेत्रच. प्रभावी दुर्बिणीच्या साहाय्याने सूर्याच्या गोल पांढऱ्या तबकडीचें काळजीपूर्वक निरीक्षण केलें तर कांही गोष्टी अगदी स्पष्टपणें आपल्याला ताबडतोब दिसून येतील. सूर्यबिंबाकडे नुसत्या डोळ्यांनी पाहिलें तर तें सर्वभागीं सारखेंच तेजस्वी असावें असें वाटतें. परंतु प्रत्यक्षांत मात्र, त्याच्या सर्व अंगभर तें सारखें तेजस्वी नसतें. त्याच्या मध्यभागीं तें जास्ती प्रकाशमान असतें व जसजसें त्याच्या कडेच्या बाजूला म्हणजे परिघाजवळ जाऊं लागावें तसतसें तें कमीकमी तेजस्वी होत गेलेलें दिसतें. परिघाजवळच्या भागांतील तेजस्वीपणा हा मध्यभागांतील तेजस्वीपणाच्या जवळजवळ निम्मा असतो. दुसरी गोष्ट अशी की, या बिंबाचा पृष्ठभाग, वाटतो तसा, पूर्णपणें सपाट व गुळगुळीत नाही. उलट, या बिंबावर बारीक बारीक असे तांदळाच्या आकाराचे पुरळ किंवा कण्या दुर्बिणींतून पाहिल्यास दिसतात. सूर्याच्या चेहऱ्यांतून डोकावणाऱ्या असंख्य ज्योति अगर मशाली असें त्यांचें कांहींनी वर्णन केलेलें आहे. दीप्तिगोलाच्या मागे जी अतिशय प्रखर अशी भट्टी आहे, त्या भट्टींत तयार होणाऱ्या उष्ण वायूंच्या प्रवाहांना वाट काढून देणाऱ्या झडपा म्हणजे हे पुरळ किंवा कण होत असेंहि म्हणतां येईल. आपण जरी त्यांना कण म्हणतों तरी त्यांचा विस्तार शेकडो मैल असतो. तिसरी गोष्ट अशी की, या बिंबावर असेदेखील कांही भाग असतात की, जेथे हे पुरळ किंवा हा कणीदारपणा दिसून येत नाही. मात्र अशा भागावर अतिशय सूक्ष्म अशीं भोकें असतात. अशीं बरींचशीं भोकें एकत्र येऊन एकमेकांत मिसळतांच, त्यांपासून आपल्याला प्रामुख्याने दोन ठिपके अगर डाग जन्माला आलेले दिसतात. या जोडीपैकी एकाला पुढारी व दुसऱ्याला अनुचर असें म्हणतात. पुढारी हा आकाराने

साहजिकच मोठा, व अनुचर हा त्या मानाने छोटा असतो. या दोहोंमध्ये, त्यांना जोडणारा ठिपक्यांचाच एक ल्हानसा पूल तयार होतो. कालांतराने हळूहळू हा पूल नाहीसा व्हावयास लागतो. तदनंतर डागांच्या जोडीमधला अनुचर लुप्त होत जातो. इतकें झाल्यानंतर हळूहळू पुढाऱ्याचा आकारहि कमीकमी व्हावयास लागून त्याचें रूपांतर ल्हानशा ठिपक्यांत होत जातें आणि सरते शेवटीं त्या ठिपक्याचें रूपांतर बारीकशा भोकांत होतें. कित्येक वेळां, पुन्हा या भोकांतूनच, वर वर्णन केलेल्या पद्धतीनुसार डाग तयार होऊं लागतात. सूर्यबिंबाचें क्षेत्र किती विस्तीर्ण आहे याचा विचार केला म्हणजे मग या डागांनी त्या बिंबावर व्यापलेली जागा अतिशय ल्हान कां



आकृति ७ अ. सूर्यावरील डाग

असते या गोष्टीचें नवल वाटत नाही. वास्तविक कांही कांही वेळेला अशा डागांनी व्यापलेल्या जागेचें क्षेत्रफळ कोट्यवधि चौरस मैल असलेलें दिसून येतें. या डागांचा व्यास ज्या वेळेस सुमारें २४ हजार मैल इतका असतो त्या वेळेस सूर्योदयाच्या किंवा सूर्यास्ताच्या वेळीं ते आपल्याला नुसत्या डोळयांनीदेखील दिसूं शकतात [आकृति ७ अ पाहा]. सूर्य माथ्यावर असते वेळीं जर हे डाग पाहावयाचे असतील तर, सूर्यग्रहण पाहण्यासाठी ज्याप्रमाणे आपण काजळाने माखलेल्या काळया काचेचा उपयोग करतों त्याचप्रमाणे तशाच काचेचा उपयोग केला असतां काम भागतें.

सूर्याच्या मुखावर म्हणजे त्याच्या दृश्य तबकडीवर काळे डाग दिसत असल्याबद्दलची नोंद, फार पूर्वीच्या वेधांत नोंदून ठेवलेली आढळून येते. खिस्ती सनाच्या दुसऱ्या शतकापासून ते चौदाव्या शतकापर्यंतच्या कालांत ज्योतिषांनी व खगोलतज्ज्ञांनी वेळोवेळीं लिहून ठेवलेल्या कागदपत्रांत अशा डागांसंबंधी उल्लेख केलेला आढळून येतो. उदाहरणार्थ, चिनी शास्त्रज्ञ **हिरायामा** याने लिहिलेल्या कागदपत्रांत सूर्यावरील डागांसंबंधीचा उल्लेख आढळून येतो. भारतांतील विख्यात ज्योतिषी **वराहमिहीर** यांनी बृहत्-संहितेतील ६ व्या अध्यायांत, सूर्यबिंबाचें जें वर्णन केलें आहे तें वाचल्यावर त्यांना सूर्यावरील डागांसंबंधी माहिती असावी अशी वाचकाची खात्री पटते. परंतु या डागांबद्दल सुसंगतवार व पद्धतशीर अशी माहिती मिळवून तद्-विषयक अभ्यास करण्याचें कार्य **गॅलिलिओच्या** वेळेपासूनच सुरू झालें असें म्हणावें लागेल. १६०९ मध्ये **गॅलिलिओने** स्वतःच्या हातांनी एक दुर्बीण तयार केली व तिच्या मदतीने सूर्यबिंबावर दिसणाऱ्या डागांचा शोध लावला. गॅलिलिओच्या काळीं या डागांसंबंधी सामान्य लोकांमध्ये 'फार विचित्र कल्पना रूढ होत्या. हे डाग म्हणजे ग्रहमालिकेंतील निरनिराळया ग्रहांच्या, सूर्याच्या अंगावरून जात असतांना पडणाऱ्या सावल्याच होत असा त्या काळच्या लोकांचा समज होता. परंतु गॅलिलिओने ज्या वेळेस हे डाग सूर्यावरच निर्माण होतात असें प्रतिपादन केलें त्या वेळेस त्या काळच्या धर्मभोळया लोकांनी त्याच्या विरुद्ध एकच गिल्ला केला. त्याचें कारण असें की, सर्व लोक सूर्याला देव मानीत असत. त्यामुळे साहजिकच सूर्यासारख्या महान् व पूज्य अशा देवाच्या मुखावर काळे डाग

असण्याची नुसती कल्पनादेखील त्या काळच्या लोकांना सहन करणें शक्यच नव्हतें. गॅलिलिओ हा मनुष्य नास्तिक असल्यामुळे तो सूर्यासारख्या पूज्य देवाच्या तोंडाला काळिमा फासण्याचें निंद्य काम करतो असा बोभाटा त्या काळच्या सर्व धर्ममार्तंडांनी गॅलिलिओविरुद्ध करण्यास सुरुवात केली. गॅलिलिओला हा प्रकार कांही नव्यानेच अनुभवण्यास मिळत होता असें नाही. आपली पृथ्वी ही स्थिर नसून ती सूर्याभोवती फिरत असते असें गॅलिलिओने जाहीर करतांच, ह्याच धर्ममार्तंडांनी पूर्वी एकदा त्याला 'सळो की पळो' करून सोडलें होतें, त्याचा छळ केला होता, त्याला तुरुंगांत धाडलें होतें व अखेर त्याला देहान्त प्रायश्चित्त द्यावें अशीहि मागणी राजाकडे केली होती, या सर्व गोष्टी इतिहासांत नमूद आहेतच. गॅलिलिओनंतर कांही काळपर्यंत या डागांसंबंधी लोकांमध्ये अशी समजूत होती कीं, हे डाग म्हणजे सूर्यांतील भोकें असून या भोकांतून सूर्याच्या मध्यवर्ती गाभ्यांतील काळा भाग डागांच्या रूपांत आपणाला दिसत असतो. यानंतर कांही कालपर्यंत असें समजलें जात असें कीं, हे डाग म्हणजे सूर्याच्या मध्यवर्ती तप्त भट्टींतून गरम गरम वाफेबरोबर वरवर येऊन सूर्यबिंबावर दिसणारे काळया रंगाचे धातूंचे मोटमोठे तुकडे होत. डागांसंबंधीच्या वरील सर्व कल्पना साफ चुकीच्या असल्याचें आता मात्र सिद्ध झालें आहे.

जवळून पाहणाराला हे डाग कसे वाटतील बरें? डागांच्या संपूर्ण आयुष्यक्रमांत त्यांच्या आकृति जरी एकसारख्या बदलत असतात तरी मध्यम वयाचा डाग आपल्याला कसा दिसेल याचें वर्णन करावयाचें झाल्यास असें म्हणतां येईल कीं, एखादी गुहा सर्व बाजूंनी झाडाझुडुपांनी वेढून गेली तर ती दुरून पाहणाराला जशी वाटेल तसे हे डाग आपल्याला दिसतील [आकृति ७ ब पाहा]. डागांचा मध्यभाग बाहेरच्या भागापेक्षा जास्त काळा वाटतो. या मधल्या भागाला छाया[1] असें म्हणतात. छायेच्या बाहेरच्या भागाला उपछाया[2] असें म्हणतात. आपण डागांना जें काळे म्हणून म्हणतों तें निव्वळ तुलनेच्या दृष्टीनेच. डागांभोवतालचा सूर्य-बिंबाचा भाग जास्त तेजस्वी असल्यामुळे हे डाग काळे आहेत असें

१. छाया = अंब्रा; २. उपछाया = पेनंब्रा.

आपल्याला वाटतं इतकेंच. डागांखेरीज सूर्यबिंबाचा असणारा भाग जर आपल्याला झाकून टाकतां आला, तर डोळे दिपून जातील इतका प्रखर

आकृति ७ ब. सूर्यावरील डाग

प्रकाश खुद्द या डागांमधून बाहेर पडत असल्याचें आपल्या प्रत्ययास येईल. या डागांचें तपमान अंदाजें ४०००° सें. इतकें असतें. हे डाग बऱ्याच वेळां जमावाजमावानें उमटतात; परंतु विशेष लक्षांत ठेवण्याजोगी गोष्ट म्हणजे बहुतेक वेळेला त्यांच्या जोड्या जोड्या दिसून येतात. प्रथम अगदी सूक्ष्म अशा बिंदूंपासून त्यांची सुरुवात व्हावयास लागून, पूर्ण वाढ होतांच हे डाग कित्येक प्रसंगीं सूर्यावर हजारो चौरस मैलांचें क्षेत्र व्यापून टाकतात. ३० जानेवारी १९४६ ते १२ फेब्रुवारी १९४६ या मुदतींत जे डाग दिसले त्यांचें क्षेत्र आपल्या पृथ्वीच्या क्षेत्राच्या जवळजवळ २० पट इतकें मोठें होतें. गेल्या पाऊणशे वर्षांत एवढे मोठे डाग दिसल्याची नोंद नाही. १९२९ नोव्हेंबरमध्ये सौरडागांचा[1] जो एक तांडा दिसला होता

१. सौरडाग = सनस्पॉट.

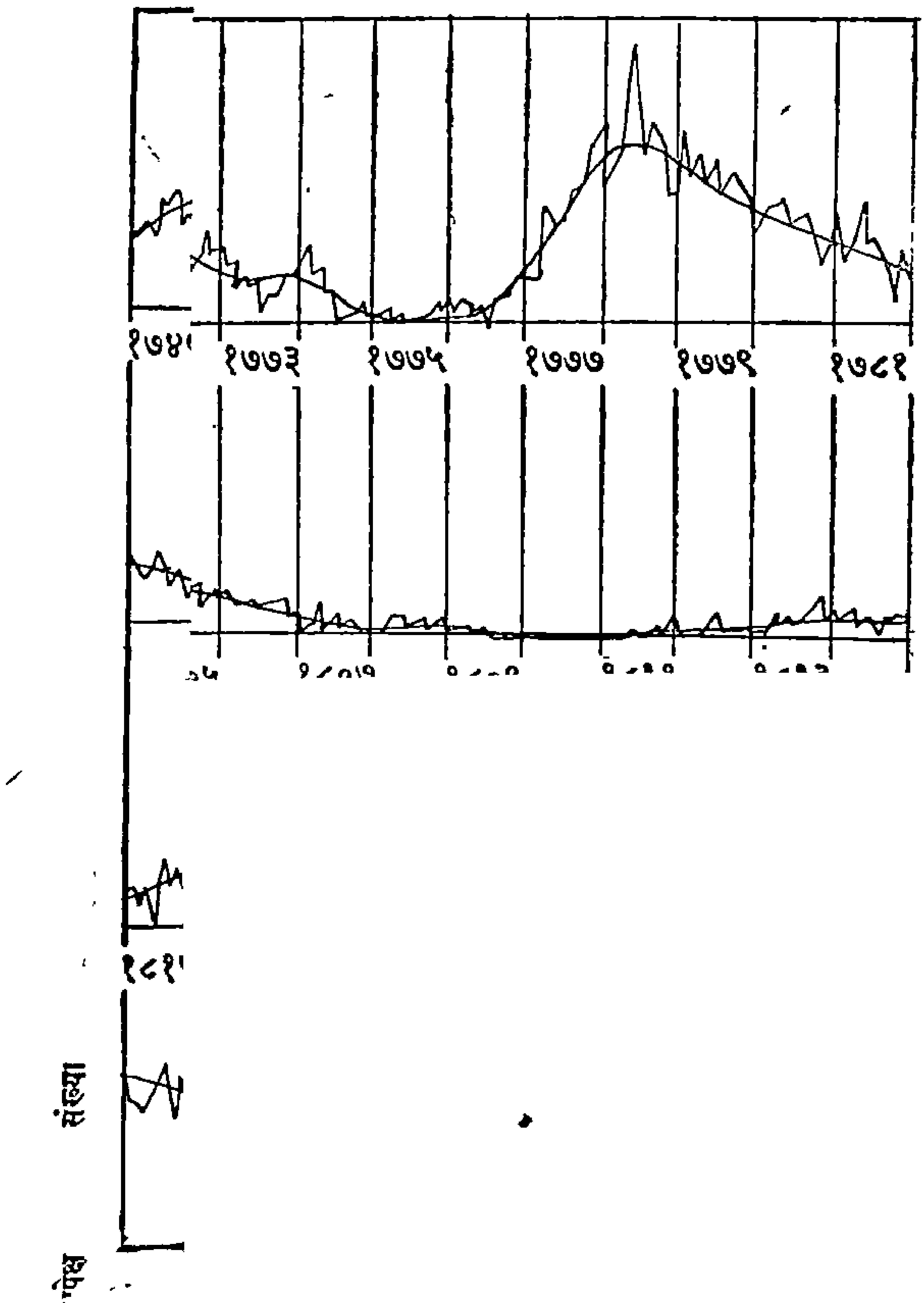
त्याची लांबी सात लक्ष मैल म्हणजे सूर्याच्या व्यासाच्या जवळजवळ ½ इतकी होती. सूर्यावरील डाग त्याच्या पूर्वांगाकडे दिसावयास लागून हळूहळू त्याच्या पश्चिमांगाकडे सरकत जाऊन अखेर नाहीसे होतात असें पाहणाराला वाटतें. जर ते दीर्घायुषी असतील तर ते पुन्हा एकदा सूर्याच्या पूर्वांगाकडे दिसू शकतात. मात्र यावरून हे डागच फिरत असतात असें समजण्याचें कारण नाही. उलट, सूर्य हा स्थिर नसून आपल्या पृथ्वीप्रमाणे स्वतःच्या आसाभोवती पश्चिमेकडून पूर्वेकडे भ्रमण करीत असतो, या गोष्टीचा शोध लावण्याला हे डागच कारणीभूत झालेले आहेत. सूर्य हा कांही घन नाही; उलट, तो संपूर्णपणें वायुरूप आहे हें आपण मागे पाहिलेंच आहे. त्यामुळे त्याच्या भ्रमणाची गति त्याच्या सर्व भागावर सारखी नसते. सूर्याच्या विषुववृत्तावर त्याचें भ्रमण २५ दिवसांत पूर्ण होतें. त्याच्या ध्रुवप्रदेशावर हें भ्रमण सुमारें ३४ दिवसांत पूर्ण होतें. डागाच्या बालपणीं व वृद्धापकाळीं तो तितकासा स्थिर नसतो. मध्यम वयाचा डाग मात्र स्थिर असतो. सूर्याच्या विषुववृत्ताच्या दक्षिणोत्तर डागांची होणारी हालचाल जरी फारच कमी असली तरी डाग उमटण्याचा कटिबंध मात्र हळूहळू वरच्या अक्षांशाकडून खालच्या अक्षांशाकडे सरकत असतो. हे डाग नेहमी सूर्याच्या विषुववृत्ताच्या दोन्ही बाजूंस म्हणजे दक्षिणोत्तर ५ ते ४० अक्षांशांमध्ये दिसतात. खुद्द त्याच्या विषुववृत्तावर अगर ध्रुवावर ते सहसा दिसत नाहीत.

हे डाग सर्वसाधारणपणें १ ते ४ दिवस टिकून राहतात. कांही मोठे डाग एका महिन्यापेक्षा जास्त कालपर्यंत टिकून राहिलेले दिसतात. सन १८४० मध्ये आलेले डाग सतत १८ महिनेपर्यंत टिकून राहिले होते अशी नोंद सापडते. हे डाग एखाद्या वर्षी फार दिसतात तर दुसऱ्या एखाद्या वर्षी थोडे दिसतात. वर्षांत अगदी मुळीच डाग दिसला नाही असें सहसा होत नाही. डागांच्या संख्येची नोंद करण्याचें काम जवळजवळ १६०८ पासून सुरू आहे. **वुल्फ** नांवाच्या शास्त्रज्ञाने, सूर्यावरील डागांची संख्या मोजण्यासाठी एक विवक्षित पद्धति सुचविलेली आहे. सौरडाग कमीजास्त संख्येने दिसण्याच्या कालांत, कांहीतरी नियमबद्धता असावी अशी शंका संशोधकांना फार पूर्वीपासूनच येत होती. कालाबरोबर, डागांच्या संख्येत

कसकसा चढउतार होत जातो हें दाखविण्याचें काम श्वाव नांवाच्या एका जर्मन औषधविक्रेत्यानें केलें. आपल्या धंद्यांतून निवृत्त झाल्यावर सतत १८ वर्षेपर्यंत त्यानें डागांची गणति केली व १८४३ मध्ये असा सिद्धान्त मांडला की, डागांच्या संख्येनें एकदा उच्चांक गाठून पुन्हा दुसऱ्यांदा उच्चांक गाठण्यामध्ये सुमारें १० वर्षांचा काल लोटतो. परंतु हा काल, १० वर्षांचा नसून ११·१३ वर्षे असतो असें अलीकडे सिद्ध झालें आहे. या मुदतीला आपण सौरडागचक्राचा[1] किंवा सौरडागफेऱ्याचा काल असें म्हणू या. या डागचक्राची-मुदत ११·१३ वर्षें इतकीच कां असावी याचें कारण शास्त्रज्ञांना अद्याप निश्चितपणें सांगतां आलेलें नाही. मात्र एक गोष्ट निश्चित आणि ती म्हणजे, अशा ऱ्या मुदतीचें कारण सूर्याबाहेरील कोणत्याहि गोष्टीवर अवलंबून नाही. सूर्याच्या अंतरंगांतील घडामोडीमुळेच विशिष्ट काल लोटतांच, त्याच्यावरील डागांची संख्या उच्चांक गाठते असें बऱ्याच शास्त्रज्ञांचें म्हणणें आहे. हलीच्या डागचक्राची सुरुवात मे-जून १९५५ मध्ये झाली आहे. तेव्हा अंदाजें १९५९–६० च्या दरम्यान डागांनी उच्चांक गाठण्याचा काल येईल व १९६५–६६ सालीं सध्याचें सौरडागचक्र पूर्ण होऊन, डागांची संख्या त्या कालांत किमान होईल. सन १७५० पासून १९५७ या मुदतींतील **वुल्फ** पद्धतीनें काढलेली सौर-डागांची संख्या आलेखरूपानें दाखविली आहे [आकृति ८ पाहा].

या डागांची सूर्यबिंबावर उमटण्याची जागा, सौरडागचक्राबरहुकूम कसकशी बदलत जाते यासंबंधीचा शोध **स्पोरर** या जर्मन शास्त्रज्ञानें १८८० मध्ये लावला. सौरडागांच्या संख्येनें किमान अंक गाठण्याच्या अगोदर अंदाजें दोन वर्षे, सूर्याच्या विषुववृत्ताच्या उत्तर-दक्षिण ३० अक्षांशावर अगदी तुरळक तुरळक असे डाग दिसूं लागतात. डागांची संख्या वाढू लागतांच, डाग दिसण्याचे कटिबंध हळूहळू विषुववृत्ताकडे सरकूं लागतात व विषुववृत्ताच्या उत्तर-दक्षिण १६ अक्षांशापर्यंत येऊन पोहोचतात. असें होतांच डागांच्या संख्येनें उच्चांक गाठण्याचा काल येऊन ठेपतो. हे डाग-कटिबंध ज्या वेळेस सूर्याच्या विषुववृत्ताच्या उत्तर-दक्षिण ४–५ अक्षांशावर

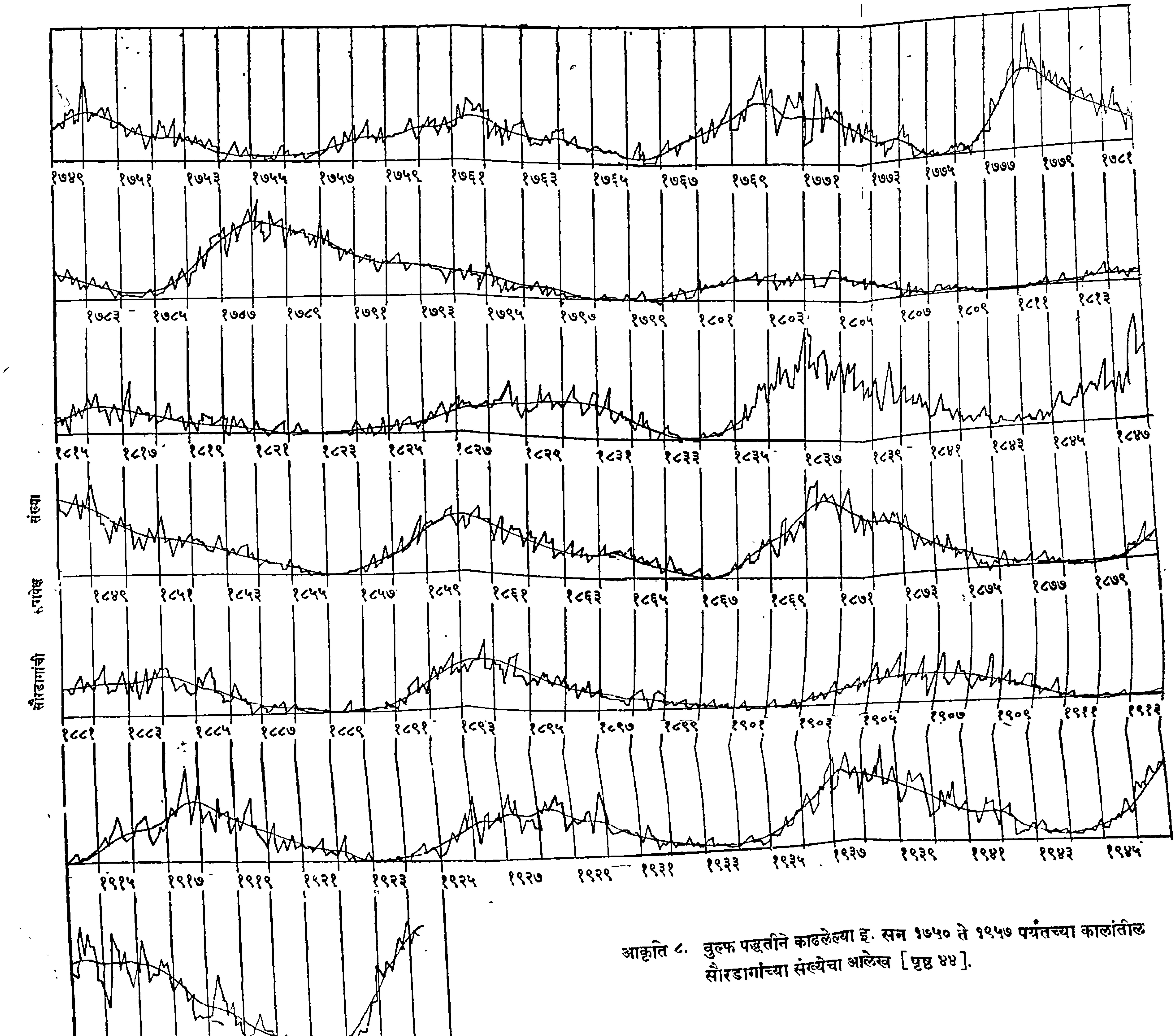
१. सौरडागचक्र = सन्स्पॉट सायकल्.


१७७३
१७७५
१७७७
१७७९
१७८१
संख्या

कसकसा चढउतार होत जातो हें दाखविण्याचें काम श्वाब नांवाच्या एका जर्मन औषधविक्रेत्याने केलें. आपल्या धंद्यांतून निवृत्त झाल्यावर सतत १८ वर्षेपर्यंत त्याने डागांची गणति केली व १८४३ मध्ये असा सिद्धान्त मांडला की, डागांच्या संख्येने एकदा उच्चांक गाठून पुन्हा दुसऱ्यांदा उच्चांक गाठण्यामध्ये सुमारें १० वर्षांचा काल लोटतो. परंतु हा काल, १० वर्षांचा नसून ११·१३ वर्षे असतो असें अलीकडे सिद्ध झालें आहे. या मुदतीला आपण सौरडागचक्राचा[1] किंवा सौरडागफेऱ्याचा काल असें म्हणू या. या डागचक्राची-मुदत ११·१३ वर्षे इतकीच कां असावी याचें कारण शास्त्रज्ञांना अद्याप निश्चितपणें सांगतां आलेलें नाही. मात्र एक गोष्ट निश्चित आणि ती म्हणजे, अशा ऱ्या मुदतीचें कारण सूर्याबाहेरील कोणत्याहि गोष्टीवर अवलंबून नाही. सूर्याच्या अंतरंगांतील घडामोडीमुळेच विशिष्ट काल लोटतांच, त्याच्यावरील डागांची संख्या उच्चांक गाठते असें बऱ्याच शास्त्रज्ञांचें म्हणणें आहे. हल्लीच्या डागचक्राची सुरुवात मे-जून १९५५ मध्ये झाली आहे. तेव्हा अंदाजें १९५९–६० च्या दरम्यान डागांनी उच्चांक गाठण्याचा काल येईल व १९६५–६६ सालीं सध्याचें सौरडागचक्र पूर्ण होऊन, डागांची संख्या त्या कालांत किमान होईल. सन १७५० पासून १९५७ या मुदतींतील वुल्फ पद्धतीने काढलेली सौर-डागांची संख्या आलेखरूपाने दाखविली आहे [आकृति ८ पाहा].

या डागांची सूर्यबिंबावर उमटण्याची जागा, सौरडागचक्राबरहुकूम कसकशी बदलत जाते यासंबंधीचा शोध स्पोरर या जर्मन शास्त्रज्ञाने १८८० मध्ये लावला. सौरडागांच्या संख्येने किमान अंक गाठण्याच्या अगोदर अंदाजें दोन वर्षे, सूर्याच्या विषुववृत्ताच्या उत्तर-दक्षिण ३० अक्षांशावर अगदी तुरळक तुरळक असे डाग दिसूं लागतात. डागांची संख्या वाढू लागतांच, डाग दिसण्याचे कटिबंध हळूहळू विषुववृत्ताकडे सरकूं लागतात व विषुववृत्ताच्या उत्तर-दक्षिण १६ अक्षांशापर्यंत येऊन पोहोचतात. असें होतांच डागांच्या संख्येने उच्चांक गाठण्याचा काल येऊन ठेपतो. हे डाग-कटिबंध ज्या वेळेस सूर्याच्या विषुववृत्ताच्या उत्तर-दक्षिण ४–५ अक्षांशावर

१. सौरडागचक्र = सन्स्पॉट सायकल्.



आकृति ८. वुल्फ पद्धतीने काढलेल्या इ. सन १७५० ते १९५७ पर्यंतच्या कालांतील सौरडागांच्या संख्येचा आलेख [पृष्ठ ४४].

येतात त्या वेळेस डागांनी किमान संख्या गाठण्याचा काल येऊन ठेपतो असें स्पोररने दाखवून दिलें. डागांची उत्पत्ति व त्यांची, वर वर्णन केल्याप्रमाणे होणारी विभागणी यासंबंधी बर्कनेस् व रोझेलंडस् या शास्त्रज्ञांनी एक उपपत्ति मांडून त्या दोहोंची संगति लावण्याचा व त्या दोहोंमधील परस्परसंबंध दाखविण्याचा प्रयत्न केला आहे. परंतु त्यांची ही उपपत्ति अद्याप तरी सर्व दृष्टींनी समाधानकारक व सर्वसंमत अशी ठरलेली नाही.

सन १९०८ मध्ये, स्पेक्ट्रोहेलिओग्राफ या साधनाचा उपयोग करून, हेल नांवाच्या जर्मन संशोधकाने, सूर्यबिंबाचीं हायड्रोजनच्या प्रकाशांत छायाचित्रें घेतलीं. अशा छायाचित्रांचा अभ्यास करून हेलने या डागांसंबंधी एक अतिशय महत्त्वाचा शोध लावला. या छायाचित्रांत उमटलेले डागांचे ठसे पाहिल्यावर, डागाभोवती चक्राकृति भोवरे फिरत असावेत असें, तीं चित्रें पाहणाराला वाटूं लागतें. समजा, आपण एक कायम स्वरूपाचा लोहचुंबक घेतला. त्यावर एक पातळ असा साधा कागद पसरला. या कागदावर सर्वत्र लोखंडाचा बारीक कीस शिंपडला. मग त्या कागदावर हलक्या हाताने टिचक्या मारल्या. असें करतांच कागदावरील लोखंडाचा कीस एका विवक्षित पद्धतीने आपली स्वतःची मांडणी करून घेत असलेला दिसून येईल. लोहचुंबकाभोवती नेहमी कर्षक्षेत्र असतें. या क्षेत्रांत कर्षणाच्या विवक्षित दिशा असतात. या दिशांनी, लोहचुंबक, त्याच्या जवळ असणाऱ्या लोहासारख्या धातूवर आकर्षण घडवून आणतो. लोहचुंबकाला दोन टोकें किंवा ध्रुव[१] असतात. एकाला उत्तर टोक व दुसऱ्याला दक्षिण टोक (ध्रुव) या नांवाने ओळखलें जातें. लोहचुंबकाच्या या दोन्ही टोकांभोवती होणारी लोखंडाच्या किसाची मांडणी, त्याच्या इतर भागापेक्षा जास्त दाट व खेटून अशी असते. लोहचुंबकाच्या दोन्ही टोकांभोवती, लोखंडाच्या किसाची होणारी मांडणी व आपण घेतलेल्या सौरडागांच्या छायाचित्रांतील, डागांभोवतालच्या रेषांची मांडणी या दोहोंमध्ये विलक्षण साम्य असल्याचें हेल याला दिसून आलें. तेव्हा त्यावरून त्याने असें अनुमान केलें की, जवळजवळ नेहमीच जोडीने दिसून

१. ध्रुव = पोल्.

येणारे हे डाग म्हणजे, लोहचुंबकाचीं दोन टोकें किंवा ध्रुव होत. म्हणजेच डागांमध्ये अतिशय प्रखर असें लोहचुंबकीय कर्षक्षेत्र[1] असलें पाहिजे.

लोहचुंबकीय कर्षक्षेत्राचा प्रखरपणा मोजण्यासाठी 'गाऊस' हें एकक उपयोगांत आणतात. जें लोहचुंबकीय क्षेत्र एक इतकी किंमत असलेल्या चुंबकीय ध्रुवाला, आपल्या क्षेत्रांत ठेवला असतां एक 'डाईन' इतक्या प्रेरणेने खेचतें त्या लोहचुंबकीय कर्षक्षेत्राचा प्रखरपणा एक गाऊस इतका असतो असें धरतात.

डागांतील हें लोहचुंबकीय कर्षक्षेत्र जास्तींत जास्त ५००० गाऊसपर्यंत असू शकतें असें दिसून आलें आहे. नेहमी जोडीने दिसणाऱ्या डागांचीं लोहचुंबकीय टोकें परस्परविरोधी असल्याचेंहि सिद्ध झालें आहे.

डागांसंबंधी इतकी माहिती मिळाल्यानंतर साहजिकच कोणाच्याहि पुढे असा प्रश्न उभा राहील की हे डाग म्हणजे आहेत तरी काय? अगदी सोप्या शब्दांत व स्थूलमानाने सांगावयाचें झाल्यास, सूर्यावरील हे डाग म्हणजे सूर्यांत उफाळणारीं प्रचंड तुफानें किंवा वादळें होत. सूर्य हा एक घन नसून संपूर्णपणें वायुरूप आहे हें मागे सांगितलेंच आहे. सूर्याची स्वतःभोंवती भ्रमण करण्याची गति त्याच्या वेगवेगळ्या भागांत वेगवेगळी असते. अशा भ्रमणांत त्याच्या पृष्ठभागावरील वायूंची हालचाल अतिशय मोठी असणार हें उघडच आहे. भरधाव वाहणाऱ्या नदीनाल्यांच्या पृष्ठभागावर भोवरे निर्माण होतात कारण त्यांमधील निरनिराळ्या पातळीवरील पाण्याच्या प्रवाहांचे वेग निरनिराळे असतात. नदीच्या तळालगत जें पाणी असतें त्याचा वेग फारच मंद असतो; उलट तिच्या पृष्ठभागाजवळ पाण्याचे जे थर असतात त्यांचा वेग त्या मानाने फार जास्त असतो, हें आपण पाहतोंच. जी गोष्ट नदींत निर्माण होणाऱ्या भोवऱ्यांची, तीच गोष्ट सूर्याच्या पृष्ठभागावर निर्माण होणाऱ्या भोवऱ्यांची. सूर्याच्या ध्रुवाकडील वायुभागांचा वेग, विषुववृत्तावरील वायुभागांच्या वेगापेक्षा अजिबात भिन्न असतो. त्यामुळे सूर्याच्या पृष्ठभागांत तुफानें किंवा वादळें निर्माण होतात. पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणांत निर्माण होणारीं

---

१. लोहचुंबकीय कर्षक्षेत्र = मॅग्नेटिक् फील्ड.

बादळें किंवा भोवरे ज्याप्रमाणे चक्राकृति फिरावयास लागतात त्याचप्रमाणे सूर्याच्या वरच्या भागावर असलेले वायु चक्राकृति मार्गाने फिरत वरवर जाऊं लागतात. हे वायु वरवर जात असतांना, त्यांवरील दाब कमी कमी होत असल्यामुळे ते प्रसरण पावतात. साहजिकच त्यामुळे त्यांमधील दाब व उष्णतामान कमी होतें. दीप्तिगोलाचें तपमान ६००० ° सें. असतें; परंतु डागांचें तपमान चक्राकार वायूच्या प्रसरणामुळे सुमारें ४५०० ° सें. इतकें खाली येतें आणि म्हणून तुलनेने पाहतां हे डाग कमी तपमानाचे व कमी तेजाचे ठरतात. साहजिकच दीप्तिगोलाच्या तेजस्वी भागाच्या मानाने हे डाग आपल्याला काळे वाटल्यास नवल नाही. ज्या वेळीं हे डाग सूर्यबिंबाच्या परिघाजवळ असतात त्या वेळीं एका बाजूकडून पाहणाराला त्यामधील वायूचे मोटमोठे लोट अग्नीच्या प्रचंड अशा ज्वालांप्रमाणे वाटतात. तसेंच डागांमधून व डागांभोवतालच्या भागांतून तप्तवायूंचे लोळ व विद्युत्कणांचे प्रचंड फवारे बाहेर पडतात आणि आकाशांत सर्वत्र फेकले जातात.

१४. उद्रेक

सूर्यबिंबावर ज्याप्रमाणे विशिष्ट कालांत काळे डाग दिसतात त्याच-प्रमाणे वर्णगोलांतून मधूनमधून तांबड्या रंगाच्या ज्वाला डोकावतांना दिसतात. कधी कधी त्या थोड्याशाच असतात तर कधी कधी खूपच असतात. सूर्यबिंबावर ज्या वेळेस डाग नसतात त्या वेळेस या लाल ज्वाला कधीहि दिसत नाहीत. या ज्वालांचे जे लोट दिसतात त्यांना उद्रेक[१] असें म्हणतात [आकृति ९ पाहा].

वर्णगोलांत प्रामुख्याने तप्त हायड्रोजन, हेलियम्, कॅल्शिअम् हीं जीं द्रव्यें असतात त्यांमध्ये प्रचंड स्फोट होऊन जे डोंब उसळतात, ते डोंबच अशा या तांबड्या रंगाच्या ज्वालांच्या (उद्रेकांच्या) रूपाने आपल्याला वर्णगोलांतून बाहेर डोकावतांना दिसतात. त्यांची उंची ५०० मैल ते ५ लक्ष मैल इतकी असते. हे उद्रेक दोन तऱ्हेचे असतात. कांही उद्रेक ढगांप्रमाणे तरंगणारे असतात. कांही कांही उद्रेक एका जागीं फार काल-

१. उद्रेक = प्रॉमिनन्स.

पर्यंत स्थिर राहतात. सूर्याच्या दीप्तिगोलाभोवतालचा वर्णगोल म्हणजे जणू कांही एक अग्निसमुद्रच. वर्णगोलामधून मोठ्या वेगाने बाहेर फेकल्या

आकृति ९. सूर्यावरील उद्रेक

जाणाऱ्या हायड्रोजन, मॅग्नेशिअम् अशा द्रव्यांचा वेग दर सेकंदाला १५० मैल इतका असतो. खदिरांगारासारखीं तप्त अशीं हीं सूर्याबाहेर बाहेर फेकलीं जाणारीं द्रव्यें म्हणजे उद्रेकांचा एक प्रकारच. हे बाहेर उसळून येणारे तप्त वायु कांही कांही प्रसंगीं थोड्या घटकांपर्यंतच, तर कांही कांही प्रसंगीं कित्येक दिवसपर्यंत टिकून राहिलेले दिसतात.

१५. *दिवटया*

दीप्तिगोलाच्या पांढऱ्या तबकडीवर ज्याप्रमाणे काळे डाग दिसतात त्याचप्रमाणे त्यावर लांबच लांब पसरलेल्या, खूपच तेजस्वी अशा रेषा

किंवा पट्टेहि दिसतात. त्यांना दिवट्या[1] असें म्हणतात. आंग्ल भाषेंत या दिवट्या फॅक्युला या नांवाने ओळखल्या जातात. 'फॅक्युला' या लॅटिन शब्दाचा अर्थ मशाल किंवा दिवटी असा आहे. डागांची संख्या जास्त होतांच या दिवट्यांची संख्याहि वाढते. सूर्यबिंबाच्या मध्यभागापेक्षा त्याच्या कडांवर म्हणजे परिघाजवळ या दिवट्या जास्त प्रखर दिसतात याचें कारण अर्थातच बिंबाची कडा कमी चकचकीत असते हें होय. वृक्षाला ज्याप्रमाणे फांद्या फुटाव्यात त्याप्रमाणे या दिवट्यांना फाटेदेखील फुटतात. सूर्यबिंबाच्या परिघाजवळ या दिवट्या जेव्हा येतात त्या वेळेस, त्या ज्योति किंवा मशालीप्रमाणे बिंबाच्या कडेबाहेर डोकावतांना दिसतात, म्हणूनच त्यांना 'दिवटी' हें नांव मिळालें आहे. दिवट्यांचें तपमान सौरडागांपेक्षा जास्त असतें. सौरडागांमुळे सूर्यातील वायूंच्या निरनिराळ्या थरांत वायुद्रव्यांचें जें विशिष्ट तऱ्हेचें चलन चालू असतें त्याचेंच या दिवट्या म्हणजे प्रत्यंतर होत.

१६. सूर्यावरील घडामोडींचे पृथ्वीवरील परिणाम

सूर्यामध्ये सुरू असणाऱ्या आतापर्यंत वर्णन केलेल्या निरनिराळ्या घडामोडींची माहिती घेतल्यानंतर साहजिकच कोणीहि असें विचारील की, या घडामोडींमुळे पृथ्वीवरील जीवनावर किंवा कांही घटनांवर चांगले-वाईट असे परिणाम घडून येत असतात का ? नाहीतर वेगवेगळ्या संशोधकांनी सूर्यविषयक संशोधन करून केवळ स्वतःची जिज्ञासा तृप्त करण्यासाठीच, सूर्यामधील घडामोडींची माहिती मिळविली असेल असें म्हणावें लागेल. अर्थात् कोणत्याहि शास्त्रांतील संशोधन करतांना, संशोधकाचें अंतिम उद्दिष्ट 'सत्याचा शोध' हेंच असतें. सूर्यामध्ये होत असलेल्या डागांसारख्या महत्त्वाच्या घडामोडींची माहिती मिळवीत असतांना या डागांमुळे पृथ्वीवर कोणकोणते परिणाम घडून येतात अगर येणें शक्य आहे या गोष्टीकडेहि शास्त्रज्ञांनी दुर्लक्ष केलें नाही. अशा संभाव्य व प्रत्यक्ष परिणामांबद्दलहि संशोधन करून शास्त्रज्ञांनी जी बरीचशी महत्त्वाची माहिती जमा केली आहे तिचा विचार आता आपण करूं या.

१. दिवटी = फॅक्युला, टॉर्च.

सूर्यावरील डागांचे पृथ्वीवरील ज्या ज्या घटनांवर अगदी निश्चितपणें परिणाम होतात असें शास्त्रशुद्ध पुराव्यानिशी आता सिद्ध झालें आहे त्यांचा विचार आपण प्रथम करूं. अशा गोष्टी तीन आहेत; आणि त्या म्हणजे (१) नभोवाणीतरंगांची वाहतूक, (२) पृथ्वीचें लोहचुंबकीय कर्षक्षेत्र, (३) ध्रुवप्रदेशांकडील भागांत दिसणारे प्रकाश देखावे.

१७. *सौरडागांचा नभोवाणीशीं खेळ*

सूर्यामध्ये प्रचंड खळबळी व्हावयास सुरुवात होऊन, त्याचें प्रतिबिंब आपल्याला काळया डागांच्या रूपाने सूर्याच्या पांढऱ्या चकचकीत तबकडीवर दिसूं लागतांच आपल्या पृथ्वीवर होणाऱ्या नभोवाणीतरंगांच्या वाहतुकींत बरेच अडथळे निर्माण झालेले आढळून येतात. अशा वेळीं कांही विवक्षित लघुलांबीच्या तरंगांवर[१] ध्वनिक्षेपित केलेले नभोवाणीचे कार्यक्रम चांगलेसे ऐकूं येत नसल्याबद्दलच्या तक्रारी वर्तमानपत्रांतून कधीकधी प्रसिद्ध झाल्याचें आपण वाचतों. या सर्व गोंधळाला जबाबदार अर्थातच सूर्यावरील डाग होत. तारायंत्राचा शोध लागला आणि तेव्हापासून त्याच्या साहाय्याने होणाऱ्या संदेशवाहतुकींत देखील सौरडागांमुळे अशा तऱ्हेचे अडथळे निर्माण होत असल्याचें शास्त्रज्ञांना दिसून आलें. साहजिकच त्यामुळे खडबडून जागे होऊन, जगांतल्या निरनिराळया टेलिग्राफ, टेलिफोन कंपन्यांच्या व्यवस्थापकांनी शास्त्रज्ञांच्या मदतीने या प्रश्नाकडे लक्ष देण्यास सुरुवात केली. तांब्याच्या तारांऐवजी, वातावरणांतील वरच्या थरांचा उपयोग नभोवाणीतरंगांच्या वाहतुकीसाठी होऊं लागतांच रेडिओतज्ज्ञांचें लक्षदेखील वरील प्रश्नाकडे अगदी जारीने वेधलें गेलें. सूर्यावरील डागांची संख्या वाढतांच नभोवाणी-तरंगांच्या वाहतुकींत फार मोठे अडथळे निर्माण होऊन कांही कांही लघु-लांबीचे तरंग या कामासाठी तात्पुरते निरुपयोगी ठरतात असें दिसून आलें

1. लघुलांबी तरंग = शॉर्टवेव्ह.

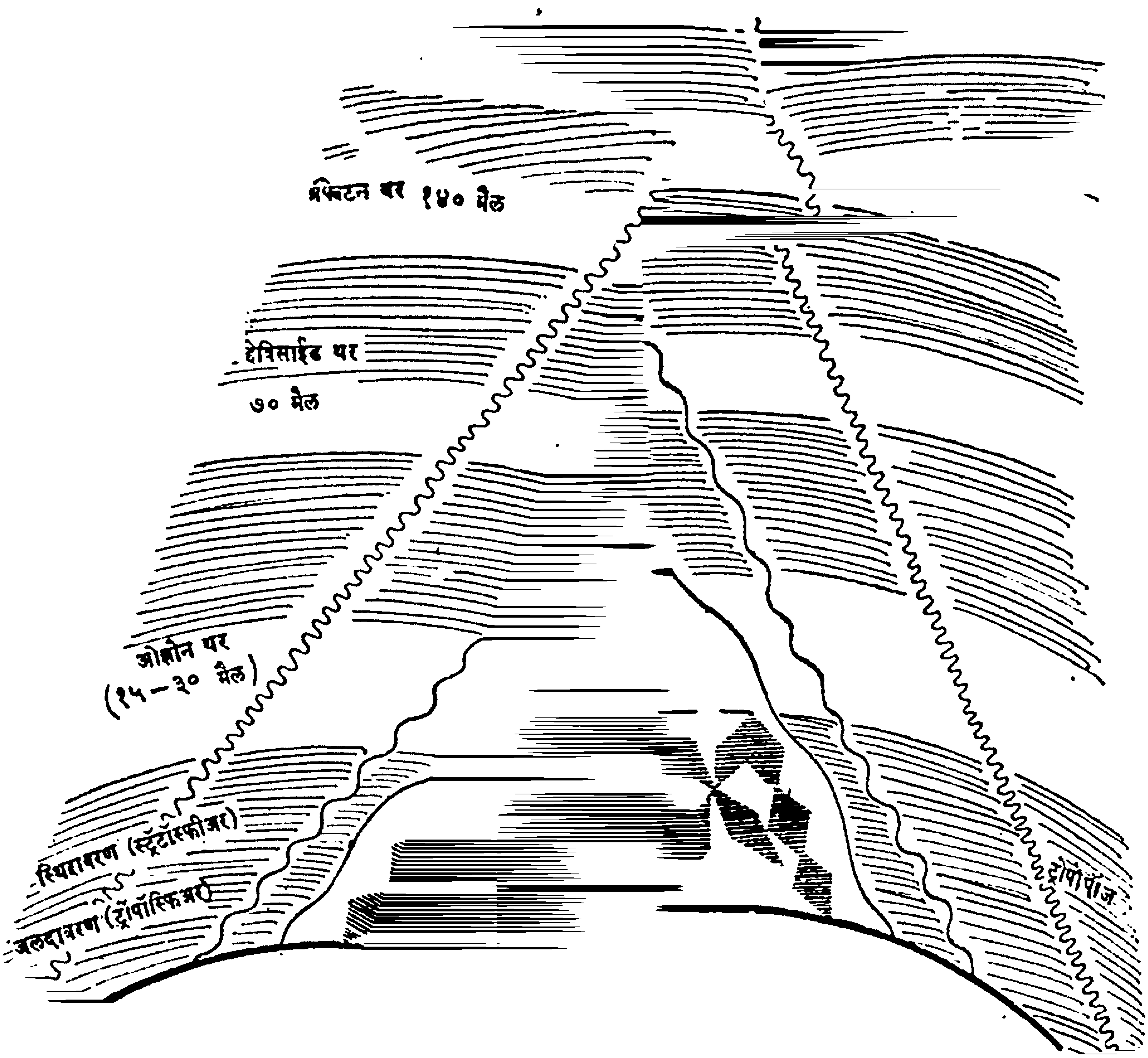
आहे. जगांतील निरनिराळ्या राष्ट्रांनी, एकमताने प्रत्येक राष्ट्रांतील नभोवाणीच्या साहाय्याने केल्या जाणाऱ्या ध्वनिक्षेपणासाठी विवक्षित क्षिप्रता[1] असणारे तरंग आपआपसांत वाटून घेतलेले आहेत. ज्या वेळेस सूर्यावर डागांच्या रूपांत खळबळी सुरू होतात त्या वेळेस ध्वनिक्षेपणासाठी उपयोगांत आणले जाणारे सर्वच्या सर्व क्षिप्रतेचे नभोवाणीतरंग निरुपयोगी ठरत नाहीत. कांही कांही मात्र निकामी ठरतात. असे निकामी तरंग कोणते याचा अंदाज घेणें शक्य असल्यामुळे सूर्यावर डाग उमटण्याला सुरुवात होतांच, अशा तरंगांवर केलें जाणारें ध्वनिक्षेपण बंद ठेवतात. निरनिराळ्या पंधरा प्रसंगांपैकी पांच ते सहा प्रसंगीं, सूर्यावर डाग उमटण्याचा काल व कांही कांही क्षिप्रतेच्या नभोवाणीतरंगांच्या वाहतुकींत अडथळा निर्माण होण्याचा काल बऱ्याच प्रमाणांत जमून येत असल्याचें शास्त्रज्ञांना दिसून आलें आहे. "सूर्यावरील डाग व नभोवाणी यांचा संबंध कसा काय जोडतां येईल?" असा प्रश्न कोणापुढेहि उभा राहील. या प्रश्नाचें उत्तर मिळविण्यासाठी नभोवाणी-तरंग, पृथ्वीवरील एका ठिकाणाहून निघून, शेकडो किंवा हजारो मैल अंतरावर असणाऱ्या दुसऱ्या ठिकाणीं जाऊन पोहोचेपर्यंत पृथ्वीसभोवतालच्या वातावरणांतून कोठून व कसकसा प्रवास करतात याची माहिती घेणें जरूर आहे. नभोवाणीचा शोध लागल्यानंतर कांही कालपर्यंत शास्त्रज्ञांची अशी समजूत होती की, नभोवाणीतरंग, ध्वनिक्षेपण केंद्रांतून निघाल्या-नंतर, पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणांत आकाशाच्या दिशेने अगदी सरळ रेषेंत आपला प्रवास करतात, आणि त्यामुळे पृथ्वीवरील फार दूरवर असणाऱ्या कोणत्याहि ठिकाणीं ते परत येऊन पोहोचणें शक्य होणार नाही. परंतु अमेरिकन शास्त्रज्ञ **केनेली** व इंग्लिश शास्त्रज्ञ **हेविसाईड** यांनी वरील समजूत खोटी असल्याचें दाखवून दिलें. आपल्या पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून सुमारें ७० ते १४० मैल उंचीवरील हवेच्या थरांत, निसर्गाने खास नभोवाणीतरंगांच्या वाहतुकीसाठी एक विशिष्ट प्रकारचें छत तयार केलेलें आहे. या छताला अयनावरण[2] असें म्हणतात. या जाड छतामध्ये खालच्या बाजूला जे थर आहेत त्यांना केनेली - हेविसाईड

---

१. क्षिप्रता = फ्रिक्वेंसी; २. अयनावरण = आयोनॉस्फीअर.

१०२०२

थर म्हणतात व वरच्या बाजूला जे थर आहेत त्यांना **अॅपेल्टन** थर म्हणतात [आकृति १० पाहा]. ज्याप्रमाणे एखादा रबरी चेंडू भिंतीवर अगर जमिनीवर



आकृति १०. पृथ्वीभोवतालचें वातावरण व अयनावरणांतील थर

आपटला असतां उसळी मारून परत येतों त्याप्रमाणे पृथ्वीवरून आकाशाच्या दिशेने धाडलेले नभोवाणीतरंग एकदा किंवा जास्त वेळा उच्च वातावरणांतील अयनावरणाच्या छतावर आदळतात व त्यांचें त्या छताकडून परावर्तन होतें. परावर्तन पावलेले हे तरंग पृथ्वीकडे पुन्हा परत येतात. उच्च वातावरणांत

हें छत जर अस्तित्वांत नसतें तर हजारो मैल अंतरावर असणाऱ्या नभोवाणीकेंद्रांतून ध्वनिक्षेपित होणारे कार्यक्रम आपल्या घरीं बसून रेडिओच्या साहाय्याने ऐकणें आपल्याला कधीच शक्य झालें नसतें. उच्च वातावरणांतील अयनावरणाचें हें छत तयार करण्याचें काम कोण करतो या प्रश्नाचा आता विचार करूं या. नभोवाणीतरंग हे विद्युत्चुंबकीय जातीचे होत. त्यांचें परावर्तन विद्युत्वाहक[1] अशा माध्यमाकडून होतें. पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून १००–१५० मैल उंचीवर असणारी हवा अतिशय विरळ आहे. या विरळ हवेच्या थरांत निरनिराळ्या वायूंचे जे अणु आहेत त्या अणूंवर खाली वर्णिलेली विशिष्ट क्रिया घडल्यामुळे, त्या उंचीवर, वर उल्लेखिलेलें अयनावरणाचें छत तयार होतें. या विशिष्ट क्रियेचें स्वरूप काय ? कोणत्याहि मूलद्रव्याचे अंतिम घटक जे अणु त्यांची अंतर्रचना कशी असते याची तपशीलवार माहिती मागे एकदा आलेली आहेच. एखाद्या अणूवर बाहेरून, प्रखर अशा किरणांचा अगर वेगवान्, शक्तिमान् गोळयांचा मारा केल्यास, त्या अणूची फोड होते व अणूंतील मध्यवर्ती केंद्राभोवती फिरत असणाऱ्या इलेक्ट्रॉनांना त्यांच्या भ्रमण मार्गांतून ओढून काढलें जातें. त्यामुळे ही क्रिया घडून येण्यापूर्वी धन व ऋण विजेचा सांठा समप्रमाणांत असलेल्या अणूंतील, हें विजेचें समप्रमाण नष्ट होतें व त्यांच्या जागीं धनदल[2] व ऋणदल[2] असे घटक तयार होतात. अगदी अशाच तऱ्हेची क्रिया उच्च वातावरणांतील थरांत रात्रंदिवस कमी अधिक प्रमाणांत सुरू असते. त्यामुळे ७५ ते १५० मैल उंचीवरील हवेच्या थरांत, नभोवाणी-तरंगांचें परावर्तन करणारें, विद्युत्वाहक शक्ति असलेलें एक छत निर्माण होतें. परंतु ही सर्व क्रिया घडवून आणण्याचें काम कोण करतो बरे? अर्थात् मुख्यत्वें-करून सूर्यच. सूर्यामधून बाहेर पडणारे अतिनील किरण, विद्युत्कण व इतर अदृश्य किरण ज्या वेळेस उच्च वातावरणांतील थरावर आदळतात त्या वेळेस त्या थरांमध्ये असणाऱ्या हवेच्या कणांवर वर वर्णन केलेली क्रिया घडून येते, आणि त्याबरोबर त्या ठिकाणीं अयनावरणाचें विद्युत्वाहक असें छत तयार होऊं लागतें. डागांच्या रूपाने सूर्यामध्ये जीं प्रचंड बदलें

१. विद्युत्वाहक = कंडक्टिंग; २. दल = अयन.

निर्माण होतात, त्या डागांमधून व त्यासभोवतालच्या जागेमधून तप्त वायूंचे लोट, प्रखर अदृश्य किरण व असंख्य विद्युत्कण, आगीचे डोंब उसळावेत त्याप्रमाणे भयंकर वेगाने सूर्याबाहेर पडत असतात, हें आपण मागे पाहिलेंच आहे. डागांबाहेर पडणाऱ्या या विद्युत्कणांचा वेग सेकंदाला सुमारें १००० मैल इतका असतो. सौरडागांची संख्या सर्वांत जास्त होतांच अयनावरणाच्या या छताची वाहकशक्ति सुमारें ५० टक्क्यांनी वाढल्याचें दिसून येतें. उलट, डागांची संख्या कमी होतांच, अयनावरणाच्या या छतामध्ये पूर्वी मोठ्या प्रमाणांत तयार झालेल्या धन व ऋण दलांचा संयोग होऊन त्यांच्यापासून मूळचे अणु तयार होऊं लागतात. उच्च वातावरणांतील या छताच्या वाहकशक्तींत सौरडागांमुळे, होत जाणारी वाढ अजमाविण्याचें साधन म्हणजे नभोवाणीतरंगच होत. कसें तें पाहा. सागराच्या तळाची खोली अजमावून पाहावयाची झाल्यास सागराच्या पृष्ठभागावर असणाऱ्या जहाजामधून उच्च क्षिप्रतेच्या ध्वनीचे तरंग पाण्यांत सोडून ते तरंग सागराच्या तळावर आपटून त्यांचें परावर्तन होऊन त्यांना परत सागराच्या पृष्ठभागावर येण्याला किती वेळ लागतो हें ठरवितात. ध्वनितरंगांचा पाण्यांतील वेग माहिती असल्यामुळे, वेग व वेळ या दोहोंवरून सागराच्या तळाची खोली ठरवितां येते. अगदी अशाच तत्त्वाचा उपयोग अयनावरणाच्या छताची उंची ठरविण्यासाठी केला जातो. समजा, विवक्षित क्षिप्रता असणारे नभोवाणीतरंग आपण पृथ्वीवरील एखाद्या ठिकाणाहून आकाशाच्या दिशेने पाठविले. हे तरंग वातावरणांत सोडण्याचा क्षण व त्यांचें उच्च वातावरणांतील अयनावरणाच्या छताकडून परावर्तन झाल्यामुळे पुन्हा पृथ्वीवर येऊन ठेपण्याचा क्षण, या दोहोंमधील काल जर आपण मोजला तर या नभोवाणीतरंगाच्या वेगावरून (दर सेकंदाला १,८६००० मैल) ते तरंग आकाशांत किती उंचीपर्यंत जाऊन आले हें ठरवितां येतें. साहजिकच त्यावरून, अयनावरणांतील ज्या थरांकडून त्यांचें परावर्तन घडून आलें त्या थरांची पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासूनची उंची ठरवितां येईल. आता अशी कल्पना करूं की, रबरी चेंडू ज्या भिंतीवर अगर जमिनीवर आपटून उसळी मारतो ती भिंत किंवा जमीन एके जागीं स्थिर न राहतां एकसारखी मागेपुढे अगर खालीवर होऊं लागली. असें झाल्यामुळे चेंडू खेळणाराची

परिस्थिति कशी होईल बरें? उसळी मारून खेळाडूकडे पुन्हा परतणारा चेंडू साधारणपणें कोणत्या जागीं येईल व तो पकडण्यासाठी आपण बरोबर किती अंतरावर उभें राहिलें पाहिजे याचा अंदाज करणें त्या खेळाडूला फारच अवघड होऊन बसेल. सौरडागांची संख्या वाढूं लागतांच, अगदी हीच परिस्थिति पृथ्वीवर राहून, परावर्तित नभोवाणीतरंग ग्रहण करणाराची होते. सौरडागांची संख्या वाढू लागतांच अयनावरणाच्या छतांत निर्माण होणाऱ्या विद्युत्‌युक्त कणांचें प्रमाणहि वाढूं लागतें. साहजिकच, जास्त प्रमाणांत तयार होणारे हे विद्युत्‌युक्त कण, अयनावरणाच्या छतांत गर्दी झाल्यामुळे खाली खाली सरकूं लागतात. याचा परिणाम म्हणजे अयनावरणाच्या या छताची, पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासूनची उंची कमी कमी होऊं लागते. त्यामुळे साहजिकच, जे नभोवाणीतरंग परावर्तन पावण्यासाठी पूर्वी अयनावरणांत ज्या विशिष्ट उंचीपर्यंत चढून जात असत ते तरंग आता मात्र तितक्या उंचीपर्यंत पोहोचूं शकत नाहीत. असें होतांच त्यांचा मूळचा प्रखरपणा बदलून जातो. नभोवाणीतरंगांची लांबी जितकी कमी, तितके ते वातावरणांत जास्त उंचीपर्यंत चढून जाण्यास सर्वथैव लायक किंवा समर्थ असतात; तसेंच वातावरणांत ते जितके जास्त उंच जातील तितके ते पृथ्वीवरील ध्वनिक्षेपणकेंद्रांपासून जास्त दूर अंतरावर येऊन पोहोचूं शकतील अशी परिस्थिति असते. म्हणूनच खूप अंतरावर असणाऱ्या ध्वनिक्षेपणकेंद्रांतील, नभोवाणीकार्यक्रम ऐकण्यासाठी व तेथील तरंग ग्रहण करण्यासाठी आपण लघुलांबीच्या तरंगांची निवड करीत असतों. लघुलांबीच्या तरंगांच्या साहाय्याने होणारें ध्वनिक्षेपण, सूर्यावरील डागांच्या वाढत्या संख्येमुळे, कांही कांही वेळेला पूर्णपणें मोडकळीस येतें असें दिसून आलें आहे. वरील विवेचनावरून सौरडाग व नभोवाणीतरंगाची वाहतूक यांचे अन्योन्यसंबंध कसे आहेत हें स्पष्ट होईल.

१८. सौरडाग आणि चुंबकीय वादळें

आपली पृथ्वी हा ज्याप्रमाणे एक भूगोल आहे त्याचप्रमाणे तो एक प्रचंड लोहचुंबकहि आहे. भूगोलाला दोन ध्रुव आहेत असें मानतात. लोहचुंबकालाहि दोन ध्रुव किंवा टोकें असतात. मात्र पृथ्वीरूपी लोहचुंबकाची

दोन्ही टोकें अगर ध्रुव तिच्या भौगोलिक ध्रुवांत अगदी बरोबर केंद्रित झालेले नाहीत. या पृथ्वीरूपी लोहचुंबकाचें उत्तर लोहचुंबकीय टोक तिच्या दक्षिण भौगोलिक ध्रुवाजवळ आहे व दक्षिण लोहचुंबकीय टोक तिच्या उत्तर भौगोलिक ध्रुवाजवळ आहे. जर आपण पृथ्वीवर एखाद्या ठिकाणीं एखादी चुंबकसुई[1] टांगून ठेवली तर ती एका विवक्षित रेषेंत किंवा दिशेंत स्थिर होत असलेली आपल्याला दिसून येईल. या सुईची स्थिर होण्याची ही दिशा, पृथ्वीच्या चुंबकीय कर्षक्षेत्रांतील त्या ठिकाणच्या चुंबकीय कर्षरेषांशीं समांतर अशी असते. मात्र अशी ही टांगलेली चुंबकसुई बरोबर भौगोलिक दक्षिणोत्तर रेषेंत स्थिर न होतां, या रेषेशीं कांही अंशांचा कोन करते. याचें कारण उघड उघड असें आहे की, पृथ्वीचे भौगोलिक ध्रुव व तिचीं लोहचुंबकीय टोकें या दोन्ही जोड्या एकाच ठिकाणीं आलेल्या नसतात. पृथ्वीवरील एखाद्या ठिकाणीं टांगलेल्या चुंबकसुईने भौगोलिक दक्षिणोत्तर रेषेशीं केलेला कोन कालाबरोबर थोडा थोडा बदलत असतो.

सूर्यावरील डागांची संख्या जेव्हा वाढते किंवा ज्या वेळेस एखादा मोठा डाग सूर्यबिंबावर दिसूं लागतो त्या वेळेस पृथ्वीवर एखाद्या ठिकाणीं टांगलेल्या चुंबकसुईने भौगोलिक दक्षिणोत्तर दिशेशीं केलेला कोन नेहमीपेक्षा खूपच मोठा होतो व ती सुई फारच जोरजोराने हेलकावे खाऊं लागते. पृथ्वीवरील एखाद्या ठिकाणीं हवेचा दाब एकाएकी कमी व्हावयास लागून वादळाची सुरुवात होऊं लागली की, ज्याप्रमाणे वायुभारमापकांतील पाऱ्याच्या स्तंभांत जोरजोराची घसरगुंडी सुरू होते त्याप्रमाणे टांगलेल्या सुईत जोरजोराची हालचाल सुरू झाली का, पृथ्वीच्या लोहचुंबकीय क्षेत्रांत वादळें निर्माण होऊं लागलीं असें शास्त्रज्ञ म्हणतात. सूर्यावरील डागांचा व पृथ्वीच्या लोहचुंबकीय क्षेत्रांत उफाळणाऱ्या चुंबकीय वादळांचा[2] परस्परसंबंध कसा जोडला जातो याचा विचार करणें येथे जरूर आहे. आपल्या पृथ्वीला प्राप्त होणाऱ्या चुंबकीय क्षेत्राचीं नक्कीं कारणें कोणतीं हें सांगणें शास्त्रज्ञांना अद्याप शक्य झालेलें नाही. परंतु या संबंधांत दोनतीन गोष्टी नजरेआड करून चालणार नाही. पहिली गोष्ट म्हणजे आपल्या पृथ्वीच्या गाभ्यांत निकेल

१. चुंबकसुई = मॅग्नेटिक निडल्; २. चुंबकीय वादळ = मॅग्नेटिक स्टॉर्म.

व लोखंड हे धातु अस्तित्वांत आहेत. दुसरी गोष्ट म्हणजे निसर्गाने आपल्या पृथ्वीभोवती हवेच्या थरांचें एक भलें मोठें व जाडच्या जाड पांघरूण गुंडाळलेलें आहे. या हवेच्या पांघरुणांत खूप उंचीवर अयनावरणाचें छत किंवा थर आहेत हें आपण मागे पाहिलेंच आहे. या थरांत धन व ऋण या जातीचे विद्युत्कण किंवा दलें आहेत. या धन व ऋण दलांचा संयोग होऊन त्यापासून पुन्हा पूर्वीचा वीजभार नसलेला अणु तयार होण्याची क्रिया त्या थरांत हळूहळू सुरू असतेच. परंतु जोपर्यंत सूर्यामधून येणाऱ्या अतिनील किरणांचा व विद्युत्कणांचा मारा या थरांवर होत राहतो तोपर्यंत या थरांतील अणूपासून दलें तयार होण्याची क्रिया, त्यांचा संयोग होण्याच्या क्रियेपेक्षा जास्त वेगाने होत असते. दलें तयार होण्याची क्रिया रात्रीपेक्षा दिवसा जास्त असते, व हिवाळ्यापेक्षा उन्हाळ्यांत जास्त असते. आपली पृथ्वी सुमारें २४ तासांत स्वत:भोवतीचें एक भ्रमण पूर्ण करते. त्यामुळे पृथ्वीसभोवतालच्या वातावरणाच्या पांघरुणालाहि ही भ्रमणगति प्राप्त होते. हें पांघरूण फिरूं लागतांच त्यामधील विद्युत्कणांनाहि गति मिळते. असे गतिमान् इलेक्ट्रॉन म्हणजे एका दृष्टीने विद्युत्प्रवाहच नव्हे तर काय? अशी कल्पना करूं या कीं, आपण तांब्याच्या तारेचें एक कडें किंवा वलय तयार केलें. या कड्यांत, आपण विद्युत्घटांच्या साहाय्याने प्रखर असा विद्युत्प्रवाह धाडला. असें करतांच त्या कड्याच्या मध्यभागीं लोहचुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न होत असल्याचें आपल्याला दिसून येईल. अगदी अशाचसारखी परिस्थिति पृथ्वीसभोवतालच्या फिरत्या वातावरणांतील, विद्युत्कणांच्या बाबतींतहि घडून येत असलेली दिसून येईल. उच्च वातावरणांतील हे विद्युत्कण वर्तुळाकृति मार्गांत फिरूं लागतांच, मध्यभागीं असणाऱ्या पृथ्वीवर लोहचुंबकीय क्षेत्र निर्माण करीत असले पाहिजेत. शिवाय सूर्यावरील डागांच्या बदलत्या संख्येबरोबर अयनावरणांतील धन-ऋण विद्युत्कणांचें प्रमाण बदलूं लागतें हें आपण मागे पाहिलेंच आहे. त्यामुळे साहजिकच पृथ्वीच्या मूळच्या लोह-चुंबकीय क्षेत्रांत बदल घडून येणें अपरिहार्य होऊन बसतें. अशा तऱ्हेने घडून येणारे पृथ्वीच्या लोहचुंबकीय क्षेत्रांतील बदल, चुंबकीय वादळांच्या रूपाने आपल्याला जाणवूं लागतात. "शास्त्रीय जगतांत खळबळ उडवून देणारीं हीं चुंबकीय वादळें तुमच्या आमच्या दैनंदिन जीवनावर कोणकोणते परिणाम

घडवून आणीत असतील बरें?" असा प्रश्न आपण विचाराल. शास्त्रज्ञांचें शास्त्रीय जगत् व सामान्य मनुष्याचें जग एकमेकांपासून कांही अंशीं भिन्नच म्हणावीं लागतील. सामान्य मनुष्याच्या दैनंदिन जीवनांत एखाद्या शास्त्रीय चमत्काराचे पडसाद उटूं लागले की, मगच त्याचें लक्ष त्या चमत्काराकडे अगर घटनेकडे ताबडतोब वेधलें जाऊं शकतें. सूर्यावर डाग दिसूं लागतात, पृथ्वीच्या लोहचुंबकीय क्षेत्रांत मोठे बदल होऊन लोहचुंबकीय वादळें निर्माण होतात आणि त्यांबरोबर टेलिफोन किंवा टेलिग्राफ यांच्या साहाय्याने होणाऱ्या संदेश-वाहतुकींत फार मोठे घोटाळे किंवा व्यत्यय निर्माण झालेले दिसून येतात. १९४६ सालीं सूर्यावर डाग दिसूं लागल्यामुळे ट्रान्सअटलांटिक तारायंत्राच्या साहाय्याने केलें जाणारें संदेशवाहतुकीचें कार्य बऱ्याच वेळां बंद पडल्याचें वृत्त वर्तमानपत्रांतून येत असे. चुंबकीय वादळांचा व टेलिफोन किंवा तारायंत्र यांच्या साहाय्याने होणाऱ्या दळणवळणाचा संबंध कशा प्रकारचा असतो याचा आता थोडक्यांत विचार करूं या. ज्या वेळेस आपण टेलिफोनच्या कर्ण्यासमोर एखादा शब्द उच्चारतों त्या वेळेस प्रत्यक्ष तो शब्द किंवा त्याचे ध्वनितरंग हे कांही टेलिफोनच्या तारेवरून इकडून तिकडे धावत जात नाहीत, उलट अशा ध्वनीचें प्रथम विद्युत्शक्तींत रूपान्तर घडवून आणलें जातें व शब्दागणिक निर्माण होणारे हे विद्युत्प्रवाह ज्या ठिकाणीं हे शब्द किंवा ध्वनि ग्रहण करावयाचा आहे तेथपर्यंत टेलिफोनच्या तारेंतून वाहून नेले जातात. म्हणजेच टेलिफोनमध्ये ध्वनीचें रूपान्तर विद्युत्प्रवाहांत करवून आणण्याची क्रिया प्रथम होत असते. ज्या ठिकाणीं हे शब्द किंवा ध्वनि ग्रहण करावयाचे किंवा ऐकावयाचे असतील तेथे पुन्हा या विद्युत्प्रवाहाचें रूपान्तर ध्वनितरंगांत केलें जाऊन मूळ शब्दांच्या स्वरूपांत ते आपल्याला ऐकूं येतात. अशीच क्रिया तारायंत्राच्या साहाय्याने ज्या वेळेस "कट्ट, कड, कट्ट" अशा सांकेतिक ध्वनींत आपण संदेश धाडतों त्या वेळेस घडून येत असते. सुप्रसिद्ध इंग्लिश शास्त्रज्ञ **मायकेल फॅरेडे** यांनी प्रयोगांनी असें सिद्ध केलें आहे की, ज्या वेळेस एखाद्या ठिकाणच्या लोहचुंबकीय क्षेत्रांत एकसारखे बदल घडून येतात त्या वेळेस त्या ठिकाणच्या जवळपासच्या भागांत, विद्युत्शक्ति निर्माण होते. वर सांगितल्याप्रमाणे सूर्यबिंबावर डाग दिसूं लागतांच पृथ्वीच्या लोहचुंबकीय क्षेत्रांत एकसारखे बदल घडून येतात

व चुंबकीय वादळें निर्माण होतात. या एकसारख्या बदलणाऱ्या चुंबकीय क्षेत्रमुळे, पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून १५–२० फूट उंचीवर असणाऱ्या टेलिफोन व टेलिग्राफच्या, धातूंच्या तारांमध्ये **फॅरेडेनी** दाखवून दिल्याप्रमाणे विद्युत्प्रवाह निर्माण होतात. वास्तविक अशा तारांमध्ये फक्त मूळ ध्वनिरंगांपासून निर्माण झालेले विद्युत्प्रवाह हेच तेवढे वाहावयास पाहिजेत. परंतु पृथ्वीच्या बदलत्या चुंबकीय क्षेत्रामुळे नव्याने निर्माण होणारे आगंतुक विद्युत्प्रवाहहि मूळच्या ध्वनितरंगांमुळे निर्माण झालेल्या विद्युत्प्रवाहांत मिसळूं लागतात. या सर्वांचा परिणाम अर्थातच ध्वनिसंदेशांमुळे तारांत वाहणाऱ्या विद्युत्प्रवाहांची पूर्णपणें वाताहत लावण्यांत होतो. अशा तऱ्हेने, सूर्यावरील डागांमुळे टेलिफोन व टेलिग्राफ यांच्या साहाय्याने होणारी संदेशवाहतूक कित्येक प्रसंगीं संपूर्णपणें मोडकळीस येते असें दिसून आलें आहे. दुसऱ्या महायुद्धाच्या काळांत टेलिफोन व टेलिग्राफ यांच्या साहाय्याने अमेरिका, इंग्लंड या देशांत होत असलेलें दळणवळण कांही प्रसंगीं बंद पडल्याचीं पुष्कळ उदाहरणें आढळून आलेलीं आहेत. या संबंधांत घडलेली एक गमतीदार गोष्ट पाहा. दुसरें महायुद्ध सुरू असतांना, एकदा अमेरिकेचे माजी अध्यक्ष कै. **रूझवेल्ट** यांना इंग्लंडचे त्या वेळचे मुख्य प्रधान **चर्चिल** यांच्याबरोबर टेलिफोनवर एका महत्त्वाच्या गोष्टीवर बातचीत करावयाची होती. रूझवेल्ट यांच्या टेलिफोनगृहावरील प्रमुख अधिकाऱ्याला अगदी त्याच वेळेला असा निरोप आला की, अटलांटिकपार संदेश वाहून नेणाऱ्या संदेशवाहिका उपयोगांत आणण्याच्या स्थितींत नाहीत. हें समजतांच तो अधिकारी खवळून म्हणाला, "अहो, दुसऱ्या तिसऱ्या कोणालाहि नाही, खुद्द अमेरिकेच्या अध्यक्षांना टेलिफोनवर बोलावयाचें आहे समजलांत? त्यांना थांबावयाला मुळीच वेळ नाही!" बिचाऱ्या अधिकाऱ्याला काय माहिती की, त्या वेळेस पृथ्वीवर चुंबकीय वादळें सुरू झालीं होतीं व निसर्ग, अमेरिकेच्या अध्यक्षांना भिऊन आपल्या लीला दाखवायचा थोडाच थांबणार होता? अशा चुंबकीय वादळांचें मूळ अर्थातच त्या काळांत उमटलेले सूर्यावरील डाग होत. साहजिकच या वादळांचा जोर कमी होईपर्यंत रूझवेल्टना चर्चिल यांच्याबरोबर करावयाचें असलेलें बोलणें तहकूब ठेवण्याशिवाय गत्यंतर नव्हतें हें सांगावयास नकोच.

१९. सौरडागांची रंगीत किमया

निसर्ग हा एक अतिशय श्रेष्ठ दर्जाचा चित्रकार आहे. रंगीबेरंगी फुलें, आकाशाच्या निळ्या फलकावर निरनिराळ्या रंगांचा गोड मिलाफ करून रेखाटले जाणारे सोनेरी, पांढरे, निळे असे भिन्न आकृतीचे ढग, सूर्योदयाच्या किंवा सूर्यास्ताच्या समयीं दशदिशांस फाकले जाणारे तांबूस, सोनेरी रंग हे सर्व या कलावंताच्या सर्वोत्कृष्ट कलेची साक्ष आज वर्षानुवर्षे तुम्हांआम्हांला देत आहेत. या कुशल चित्रकाराने आपल्या कुंचल्याने सफाईदारपणें रेखाटलेल्या कलाकृतीची आणखी एक साक्ष ध्रुवांकडील प्रदेशांत सहा महिन्यांची रात्र असतांना आकाशांत उमटणारे प्रकाशदेखावे देतात. त्यांना ध्रुवप्रकाश[1] असें म्हणतात. या प्रकाशदेखाव्यांकडे तासच्या तास नजर लावून बसावेसें वाटतें. हे देखावे पाहणाराच्या मनावर एक तऱ्हेची भुरळ पडल्यासारखी होते. प्रेक्षक अगदी मंत्रमुग्ध होऊन जातो. हे देखावे जितके अद्‌भुत तितकीच त्यांच्यामागे दडून बसलेली शास्त्रीय घटनाहि विस्मयकारक. **कार्ल स्टोर्मर** या स्वीडिश संशोधकाने आपल्या आयुष्यांतील वीस वर्षांचा महत्त्वाचा काल जवळजवळ निर्जन व बर्फमय अशा उत्तर ध्रुवाकडील प्रदेशांत घालवून या देखाव्यासंबंधी खूपशी माहिती जमा केली. जुन्या काळीं युरोप अमेरिका या देशांतील रहिवाशां-मध्ये अशा ध्रुवप्रकाशदेखाव्यांसंबंधी अतिशय चमत्कारिक व वेडगळ समजुती रूढ होत्या. हे देखावे म्हणजे आकाशांतील देवादिकांमधील भयंकर युद्धेंच होत असें कांहीजण समजत. कांहीजण, या देखाव्यांना मृत माणसांच्या भुतांनी चालविलेल्या चेष्टाच असें मानीत. या देखाव्यां-मुळे कित्येक प्रसंगीं लोकांची फसवणूकहि झालेली आहे. १९३८ सालची गोष्ट. या देखाव्यांचा जो झगझगीत तांबडा प्रकाश लंडनवासीयांना दिसला त्यामुळे कांहींना असें वाटलें की, लंडन शहराच्या कांही भागांत आगी भडकून त्या आगीचे लोळ आकाशांत वरपर्यंत पसरले असावेत. **विंडसर** किल्ल्याला आग लागली असें समजून कांही लोकांनी तावडतोब आग विझविण्यासाठी बंबदेखील बोलावले. अर्थात् किल्ल्याजवळ जाऊन

१. ध्रुवप्रकाश = पोलर लाइट

ध्रुवप्रकाशाचें एक चित्र

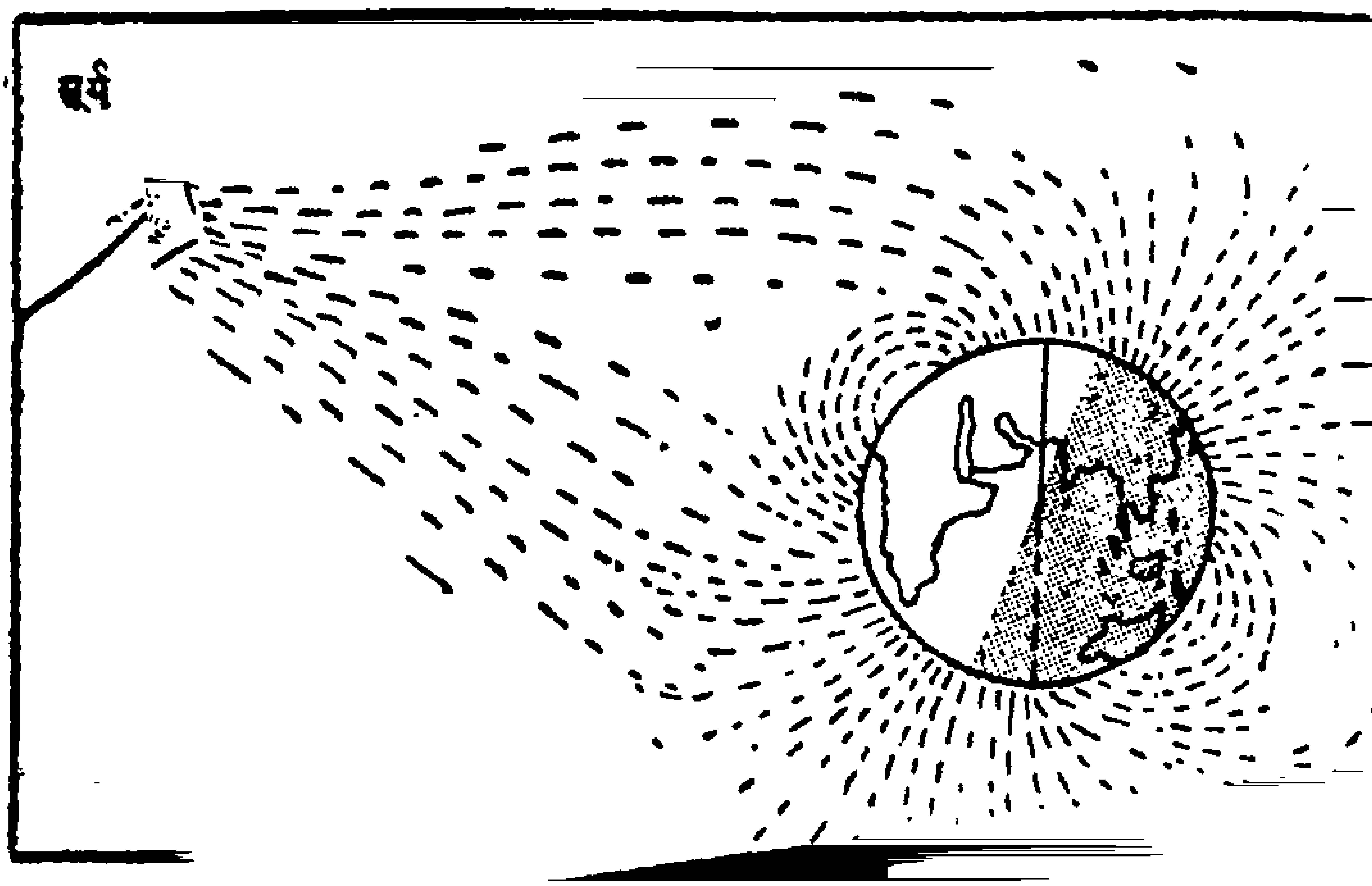
(पृ. ६०–६१ पहा)

बंबवाल्यांना हात हालवीत मागे परत यावें लागलें हें सांगावयाची कांही जरुरी नाहीच. अगदी अलीकडचीच म्हणजे दुसऱ्या महायुद्धांतली एक गमतीदार हकीकत ! उत्तर अमेरिकेंतील बऱ्याच दक्षिणेकडे वॉशिंग्टनसारख्या असणाऱ्या शहरांतून हे ध्रुवप्रकाशदेखावे सहसा दिसणें शक्य नसतें. परंतु पर्ल बंदरावरील हल्ल्याच्या थोड्या आधी असा ध्रुवप्रकाश वॉशिंग्टनवासीयांना दिसला. तो दृष्टीस पडतांच कांहींनी अशी समजूत करून घेतली की, शत्रूविरुद्ध उपयोगांत आणल्या जाणाऱ्या एका नव्या हत्याराचा प्रयोगच चालू असावा. कांही प्रेक्षकांची अशी समजूत झाली की, जर्मन हवाईहल्ला परतविण्यासाठी, अमेरिकेने लावलेल्या शोधदीपाचा[1] प्रकाशच आकाशांत चहूकडे पसरलेला असावा. मध्य युरोपांतून या ध्रुवप्रकाशांचें निरीक्षण केल्यास ते, उषःकालच्या अंधुक तांबड्या प्रकाशासारखे दिसतात आणि म्हणून त्यांना "ऑरोरा ब्युरॅलिस" या नांवाने संबोधलें जातें. उलट दक्षिण गोलार्धातून दिसणाऱ्या ध्रुवप्रकाशांना "ऑरोरा ऑस्ट्रॅलिस" या नांवाने संबोधलें जातें. विषुववृत्ताच्या उत्तरेस व दक्षिणेस ४५ अक्षांशापर्यंत हे देखावे क्वचितच दिसतात. ६० अक्षांशावर ते कांही वेळां दररोज दिसूं शकतात. उत्तर अटलांटिक व उत्तर अमेरिकेंत साधारणपणें ६० अक्षांशाच्या आंत व सैबेरियाच्या किनाऱ्याबाहेर ७० अक्षांशाच्या आंत हे प्रकाशदेखावे वर्षांतून सरासरीनें शंभर वेळां दिसूं शकतात. उत्तर गोलार्धांत दिसणाऱ्या या प्रकाशदेखाव्यांची जमिनीपासूनची उंची कमींत कमी सुमारें ३५ मैल असावी व त्यांचें आकाशांतील सर्वांत वरचें टोक सुमारें ६२५ मैल उंच असावें असें संशोधकांचें म्हणणें आहे. या ध्रुवप्रकाशांचा व पृथ्वीवर उफाळणाऱ्या चुंबकीय वादळांचा म्हणजेच पर्यायाने सूर्यावरील डागांचा फार जवळचा संबंध आहे. सूर्यावर ज्या भागांत काळे डाग उमटतात त्या भागांतून मोठमोठे उद्रेक उसळतात हें मागे सांगितलेंच आहे. हे उद्रेक म्हणजे अतिशय तप्त वायूंचे प्रचंड स्फोट किंवा लोळच होत. काळ्या डागांमधून व उद्रेकांजवळपासच्या भागांतून फार मोठ्या प्रमाणांत विद्युत्कणहि सूर्याबाहेर फेकले जातात. ज्याप्रमाणे पाण्याच्या

---

१. शोधदीप = सर्चलाईट

नळांतून दाबामुळे पाण्याचे फवारे जोराने बाहेर फेकले जातात त्याप्रमाणे सूर्यप्रकाशाच्या दाबामुळे या उद्रेकांमधून विद्युत्कणांचे फवारेच्या फवारे वेगाने बाहेर पडत असतात, असें कांही शास्त्रज्ञांचें म्हणणें आहे. तसेंच ज्याप्रमाणे एखाद्या नदीच्या उगमाजवळ ती अगदी अरुंद असते व पुढे वाढत जात असतां तिचें पात्र रुंदावूं लागून मोठेंमोठें होत जातें त्याचप्रमाणे सूर्यामधून बाहेर पडतांना या विद्युत्कणांचा स्रोत अगदी अरुंद व बारीकसा असतो. जसजसे हे कण सूर्यापासून दूर जाऊन अवकाशांत आपला प्रवास करूं लागतात तसतसा त्यांचा प्रवाह विस्तृत होत जातो व थोड्याच वेळांत हे विद्युत्कण आपल्या पृथ्वीभोवती एखाद्या पांघरुणाप्रमाणे लपेटले जातात [आकृति ११ पाहा].



आकृति ११. सूर्यामधून बाहेर पडणार विद्युत्कण व पृथ्वी

१८७० मध्ये सूर्यावरील डागांनी उच्चांक गाठला. त्या वेळेस आपल्या पृथ्वीवरील चुंबकीय वादळेंहि जोराने उसळलीं आणि त्याबरोबर भारत, ईजिप्त यांसारख्या खालच्या अक्षांशांतील देशांत राहणाऱ्या लोकांना देखील हे प्रकाशदेखावे दिसूं शकले. १९०९ मध्ये सौरडागांची संख्या वाढली असतां सिंगापूर येथील रहिवाशांना हे प्रकाशदेखावे दिसूं शकले.

यावरून सूर्यावरील डागांचा व ध्रुवप्रकाशदेखाव्यांचा फार जवळचा संबंध आहे हें स्पष्टच होतें. या दोहोंमध्ये असणारा परस्पर संबंध स्पष्टपणें समजून घेण्यासाटी आपल्याला कोणत्याहि मूलद्रव्याचे अंतिम घटक जे अणु त्यांच्याकडे दृष्टि टाकावी लागेल. अणूची अंतर्रचना कशा प्रकारची असते हें आपण मागे एकदा पाहिलेंच आहे. मध्यभागीं धनविजेचा साठा असलेला जड असा केंद्र व त्या केंद्राभोवती निरनिराळया कक्षांत भ्रमण करणारे इलेक्ट्रॉन अशी अणूची रचना असते. आता आपण अशी कल्पना करूं या की, या अणूवर बाहेरच्या बाजूने प्रखर अशा किरणांचा अगर वेगवान् व शक्तिमान् अशा गोळयांचा भडिमार केला. असें करतांच त्या अणूच्या अंतरंगांत फिरणाऱ्या अनेक इलेक्ट्रॉनांपैकी, सर्वांत बाहेरच्या कक्षांत फिरणारे इलेक्ट्रॉन, आपल्याला किंचित् कालपर्यंत कां होईना पण त्यांच्या भ्रमणमार्गांतून बाहेर ओढून काढतां येतील. साधारणपणें एक कोट्यांश सेकंद इतका वेळ, अणूंतील हा फिरता इलेक्ट्रॉन आपल्या भ्रमण-मार्गांतून बाहेर पडेल व पुन्हा परत आपल्या मूळच्या मार्गावर येईल. मात्र या घडामोडींत, त्या इलेक्ट्रॉनकडून थोडें तेज[1] अगर शक्ति प्रकाश-किरणांच्या रूपाने बाहेर फेकली जाईल. अशा पद्धतीने बाहेर पडणारी ही शक्ति प्रकाशकिरणांच्या रूपांत आपल्या डोळयांना दिसते. उच्च वातावरणांत आपल्याला ज्या उंचीवर ध्रुवप्रकाशदेखावे दिसतात त्या उंचीवरील हवेच्या थरांत ज्या मूलद्रव्यांचे अणु अस्तित्वांत आहेत त्यांच्यावर बाहेरून कोठून तरी व कशाचा तरी वर्षाव होत असला पाहिजे. अशा होणाऱ्या माऱ्यामुळे तेथील अणूंच्या पोटांत, वेगाने भ्रमण करीत असणारे इलेक्ट्रॉन आपआपल्या कक्षांबाहेर पडून प्रकाशकिरणांच्या रूपांत शक्ति बाहेर टाकीत असले पाहिजेत. असे हे प्रकाशकिरण म्हणजेच आकाशाच्या विस्तीर्ण अशा निळया पडद्यावर दिसून येणारे नयनमनोहर ध्रुवप्रकाश होत. वातावरणांत कांही मैल उंचीवर असणाऱ्या निरनिराळया मूलद्रव्यांच्या अणूंतील फिरत्या इलेक्ट्रॉनांना धक्का देऊन बाहेर ओढून काढण्याचें काम कोणाकडून होत असेल बरें? अर्थात् सूर्याच्या हस्तकांकडूनच. सूर्यामधून फेकल्या

१. शक्ति किंवा तेज = एनर्जी.

जाणाऱ्या वेगवान् व प्रखर विद्युत्कणांची, उच्च वातावरणांतील हवेच्या अणूंशीं जी झुंज अगर लढाई होते, त्या लढाईंत या ध्रुवप्रकाशांचा जन्म होतो असें आपल्याला म्हणतां येईल. सूर्यावरील डागांची संख्या वाढतांच, सूर्यामधून बाहेर पडणाऱ्या विद्युत्कणांचें प्रमाण व संख्या वाढते हें आपण मागे पाहिलेंच आहे. साहजिकच त्यामुळे या प्रकाशदेखाव्यांची संख्या, विस्तार व त्यांचा भव्यपणा हादेखील वाढावयास लागतो. सूर्यामधून बाहेर पडणाऱ्या या विद्युत्कणांवर नियंत्रण घालून, त्यांना आपल्याकडे वळवून खेचून घेण्याचें काम, पृथ्वीच्या लोहचुंबकाचे उत्तर व दक्षिण ध्रुव करतात; आणि म्हणूनच हे प्रकाशदेखावे, इतर कोणत्याहि भागापेक्षा पृथ्वीच्या उत्तर व दक्षिण ध्रुवांकडच्या भागांत, आपल्याला नेहमी जास्त प्रमाणांत दिसत असतात. नभोवाणीतरंगांच्या साहाय्याने होणाऱ्या संदेशवाहतुकींत सौरडागांमुळे जे अडथळे निर्माण होत असतात त्यांची अगाऊ सूचना जर का कोणाकडून मिळत असेल तर ती या ध्रुवप्रकाशदेखाव्यांकडूनच ! तसेंच आकाशांत ध्रुवप्रकाश दिसले की, अगदी हटकून, थोडक्या काला-नंतर पृथ्वीवर चुंबकीय वादळें उसळणार असें भाकित निःशंकपणें करावें. सौरडागांमधून उडणारे विद्युत्कणांचे फवारे पृथ्वीकडे वेगाने येत असतां त्यांच्या मार्गांतील उच्च वातावरणाचे थर प्रसरण पावतात आणि त्यामुळे अर्थातच हे थर पृथ्वीपासून वरवर सरकावयास लागतात. असें होतांच ध्रुवप्रकाशांची पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासूनची उंची वाढूं लागते. वरच्या थरांची अशी उचलबांगडी होऊं लागतांच खालच्या वातावरणांतील थरां-मधला समतोलपणा नष्ट होणें स्वाभाविकच आहे. त्यामुळे हवेच्या खालच्या थरांमध्ये जोराचें चलन होऊन, त्या हवेंत वादळें व तत्सम उलाढाली होणें शक्य असतें. तेव्हा या ध्रुवप्रकाशदेखाव्यांचा प्रत्यक्षपणें जरी पृथ्वीच्या हवामानावर परिणाम होत नसला तरी, अप्रत्यक्षपणें ज्या विद्युत्-कणांच्या माऱ्यामुळे हे देखावे जन्माला येतात त्यांचा परिणाम पृथ्वीवरील वातावरणावर होणें शक्य आहे. निसर्गाने 'शास्त्र व काव्य' यांची सुंदर सांगड या ध्रुवप्रकाशदेखाव्यांच्या रूपाने घालून ठेवली आहे असें म्हटल्यास चूक होणार नाही. अर्थात, शास्त्र व काव्य यांच्या अशा युतीमधून सत्याशिवाय दुसरी कोणती बरें इष्ट गोष्ट जन्माला येणार ?

आतापर्यंत आपण या सौरडागांमुळे पृथ्वीवरील ज्या तीन घटनांवर निश्चितपणें परिणाम होत असतात त्याबद्दल सर्व शास्त्रज्ञांमध्ये आता एकमत झालें आहे अशा घटनांचा खुलासेवार विचार केला. या तीन घटनांखेरीज पृथ्वीवरील आणखी ज्या ज्या घडामोडींवर या डागांचे परिणाम होत असावेत असें कांही संशोधकांचें म्हणणें आहे अशा घडामोडींचा विचार करूं या. मात्र या बाबतींत सर्व शास्त्रज्ञांचें अद्याप एकमत झालेलें नाही, व त्यासंबंधी अद्याप भरभक्कम व सर्वांचें समाधान होईल इतका पुरावा गोळा झालेला नाही. जरूर तो पुरावा गोळा करण्याचें काम जगांतील निरनिराळे संशोधक करीत आहेत.

२०. *सौरडाग व पृथ्वीचें हवामान*

पृथ्वीवरील हवामान सूर्यच घडवितो हें आपण मागे पाहिलेंच आहे. सूर्यावरील डागांची संख्या जास्त होतांच सर्व पृथ्वीचें सरासरी तपमान एखाद्या अंशाने कमी झाल्याचें दिसून येतें. असें कां व्हावें बरें? डागांची संख्या जेव्हा जास्त होते त्या वेळेस आपल्या पृथ्वीला सूर्याकडून जास्त प्रमाणांत उष्णता व प्रकाश मिळतो. त्यामुळे पृथ्वीवरील महासागर, नद्या, सरोवरें, तळीं यांमधील पाण्याची वाफ जास्त प्रमाणांत होते व पाऊसहि नेहमीपेक्षा थोडासा जास्त होतो. त्यामुळे साहजिकच पृथ्वीचें सरासरी तपमान थोडेसें उतरतें. अमेरिकेंतील मॅसेच्युसेट्स् संस्थानामधील एक संशोधक **मि. क्लेटन** यांनी आपलें आयुष्य सौरडाग व पृथ्वीवरील हवामान या प्रश्नांच्या संशोधनांत घालविलें. त्यांना असें दिसून आलें की, सौरडागांच्या वाढत्या संख्येबरोबर पृथ्वीवरील हवेच्या दाबांत व तपमानांत फरक घडून येतात. **क्लेटन** याना असेंहि दिसून आलें की, शीतकटिबंधांत पडणाऱ्या बर्फाचें प्रमाण, सौरडागांची संख्या वाढतांच नेहमीपेक्षा ४० टक्क्यांनी वाढतें. तसेंच डागांची संख्या जास्त होतांच, सागराच्या पाण्यांतील बर्फाचे डोंगरसुद्धां[1] नेहमीपेक्षा दोन ते तीन पटींनी जास्त येत असतात. डागांच्या वाढत्या संख्येबरोबर पावसाच्या प्रमाणांत

---

१. बर्फाचा डोंगर = आईस्बर्ग.

होणाऱ्या फरकांबद्दल मात्र **क्लेटन** यांना पृथ्वीच्या निरनिराळ्या भागांत निरनिराळे संबंध दिसून आलेले आहेत. सौरडागांची संख्या वाढतांच, उत्तर अटलांटिक, दक्षिण अमेरिका, आफ्रिका, भारत, ऑस्ट्रेलिया येथील पावसाचें प्रमाण १० ते २० टक्के जास्त झाल्याचें **क्लेटन** यांना आढळून आलें. सन १८७५ ते १९४४ या मुदतीमधील सौरडागांची वार्षिक सरासरी संख्या व याच मुदतींत आपल्या भारतांत सरासरीपेक्षा कमीजास्त प्रमाणांत पडलेला पाऊस या दोहोंचा विचार करतां असें दिसून येतें कीं, १८९२, १८९३, १८९४, १९१४, १९१६, १९१७ या वर्षीं सौरडागांची संख्या जास्ती असतां भारतांतील पावसाचें वार्षिक मान सरासरीपेक्षा जास्त होतें. तसेंच १८७७, १८८९, १९०१ व १९१०–११ या सालांत सौरडागांची संख्या किमान असतांना भारतांतील पावसाचें वार्षिक मानहि सरासरीपेक्षा कमी झालेलें होतें. उलट १९३२, १९३३, १९३४, १९४२, १९४३ या सालांत जेव्हा सौरडागांची संख्या किमान झाली होती त्या वेळेस भारतांतील पावसाचें वार्षिक प्रमाण सरासरीपेक्षा जास्त झाल्याचें दिसून आलें. वर दिलेल्या माहितीवरून आपल्याला असें म्हणावें लागेल की, निदान भारताच्या बाबतींत तरी सौरडागांची वार्षिक संख्या व भारतांत दरवर्षी पडणाऱ्या सरासरी पावसाचें प्रमाण या दोहोंमध्ये निश्चित असा संबंध दिसून येतोच असें म्हणतां येणें कठीण आहे. **क्लेटन** याना असेंहि दिसून आलें आहे की, ज्या ज्या वेळेस सौरडागांची संख्या जास्त होते त्या त्या वेळेस पृथ्वीच्या विषुववृत्तावरील हवेचा दाब स्वपच्च कमी होतो, व त्याच वेळेस उत्तर गोलार्धांतील हवेचा दाब नेहमीच्या मानाने बराच वाढलेला असतो. अशा तऱ्हेने हवेच्या दाबांत फरक होतांच त्याचा परिणाम वादळांच्या संख्येवर होणार हें उघडच होय. सिरॅक्यूस विद्यापीठांतील एक प्राध्यापक **कुलमर** यांनी १८८३ ते १९१३ या मुदतींतील सौरडागांच्या संख्येचा व अमेरिकेंत झालेल्या वादळांचा अभ्यास केला असतां त्यांना असें दिसून आलें की, सौरडागांची संख्या जास्त होतांच उत्तर अमेरिकेंतील वादळांची संख्या ४० टक्क्यांनी वाढली होती. **वूल्फ** या संशोधकांना असें दिसून आलें की, सौरडागांच्या संख्येने उच्चांक गाठतांच अयनवृत्तांत नेहमीपेक्षा एकूण

७ ते ८ प्रचंड वादळें जन्माला आलीं. सौरडागांची संख्या जास्त होतांच आपल्या भारतांत देखील बंगालच्या उपसागरांत होणाऱ्या वादळांच्या संख्येंत तिपटीने वाढ झाल्याचें दिसून येतें, व हिंदी महासागराच्या दक्षिण भागांत होणाऱ्या वादळांची संख्या ६५ टक्क्यांनी वाढलेली दिसून येते. याच्या उलट पॅसिफिक महासागरांतील वादळांची संख्या, सौरडागांनी किमान संख्या गाठतांच, दुपटीने वाढल्याचें दिसून येतें. डागांची संख्या जास्तींत जास्त होतांच मोठमोठ्या सरोवरांतल्या पाण्याची पातळी नेहमीपेक्षा वाढते असें अमेरिकेंतील कांही संशोधकांना आढळून आलें आहे.

२१. सौरडाग व वनस्पतिजीवन

पृथ्वीवरील हवामानाची नोंद करण्यासाठी माणसांनी ठिकठिकाणीं वेधशाळा स्थापन केल्या आहेत. अशा वेधशाळा मनुष्याने स्थापन करण्यापूर्वींच निसर्गानेदेखील त्या स्थापन केलेल्या आपल्याला आढळून येतील. झाडें म्हणजे निसर्गाच्या वेधशाळाच होत. एखाद्या वृक्षाच्या बुंध्याचा कापलेला आडवा छेद[१] घ्या आणि तो काचेच्या भिंगाखाली किंवा सूक्ष्मदर्शक यंत्राखाली[२] ठेवून काळजीपूर्वक तपासा. आपल्याला त्यावर कोळयाच्या जाळयाप्रमाणे एकच मध्यबिंदु असलेलीं एकापेक्षा एक मोठीं अशीं बरींचशीं वर्तुळें उमटलेलीं दिसून येतील [आकृति १२ पाहा]. त्यांपैकी कांही वर्तुळें एकमेकांना अगदी खेटून जवळ-जवळ असलेलीं दिसतील, तर कांही सुटीं सुटीं व अलग अलग असलेलीं दिसतील. एखाद्या मनुष्याच्या वयाचा अंदाज आपण त्याच्या केसांच्या रंगावरून, चेहऱ्यावरून, दातांच्या संख्येवरून, चालचलणुकीवरून करूं शकतों. आपल्याला जर वृक्षाच्या वयाचा अंदाज करावयाचा असेल तर त्याच्या बुंध्याचा कापलेला जो आडवा छेद असतो त्यावरील वर्तुळांची संख्या आपल्याला मोजावी लागेल. समजा ही वर्तुळसंख्या १०० आहे. साहजिकच यावरून तो वृक्ष शतायुषी असला पाहिजे हें उघड आहे. या वर्तुळांची पाहणी अगदी बारकाईने केली तर असें दिसून येईल की,

१. आडवा छेद = क्रॉस सेक्शन ; २ सूक्ष्मदर्शक यंत्र = मायक्रॉस्कोप.

कांही ठिकाणीं हीं वर्तुळें दाटीदाटीने एकमेकांना खेटून उमटलेलीं असतात तर कांही कांही जागीं तीं सुटीं सुटीं अलग अशीं उमटलेलीं दिसतील.

आकृति १२. झाडाच्या बुंध्याच्या आडव्या छेदावरील वर्तुळें

ज्याप्रमाणे मनुष्याच्या आयुष्यांत सुखदु:खाचे प्रसंग येऊन जातात त्याचप्रमाणे वृक्षांच्या आयुष्यांतदेखील बरेवाईट म्हणजे दुष्काळ-सुकाळाचे प्रसंग येऊन जातात. कांही वर्षी पाऊस फार पडला असेल तर कांही वर्षी अवर्षण होऊन कोरडा दुष्काळ पडला असेल. कांही वर्षे कडक उन्हाळा पडला असेल तर कांही वर्षे थंडीचा कडाका पडला असेल. हवामानाचा हा लहरीपणा म्हणजेच वनस्पतींच्या आयुष्यांतील सुखदु:खाचे प्रसंग होत. हवामानांतील या सर्व उलथापालथींची नोंद, आपल्या बुंध्यावरील वर्तुळांकरवी झाडाने करून ठेवलीच म्हणून समजा! बुंध्यावरील हीं वर्तुळें ज्या वेळीं विस्तृत व एकमेकांपासून बऱ्याच अंतरावर असतील त्या वेळीं वृक्षाची वाढ फार चांगल्या तऱ्हेने झाली असेल,

अर्थात् असें होण्यासाठी भरपूर पाऊस, भरपूर सूर्यप्रकाश व योग्य तेवढी म्हणजे माफक उष्णता व थंडी हीं वनस्पतींचीं कांही खाद्यें त्यांना मिळालीं पाहिजेत हें उघडच आहे. बुंध्यावरील हीं वर्तुळें लहान लहान व दाटीदाटीने एकमेकांना खेटून उमटलीं असतील त्या वेळेस वृक्षाची वाढ चांगल्या तऱ्हेने होऊं शकली नाही असेंच म्हणावें लागेल.

उत्तर अमेरिकेंतील ॲरिझोना या भागांत अतिशय दाट अशीं जंगलें आहेत. या जंगलांत खूप जुने जुने व वयोवृद्ध असे नाना जातींचे वृक्ष आहेत. ॲरिझोना विद्यापीठांतील एक शास्त्रज्ञ **डॉ. डगलस्** यांनी आपलें सर्व आयुष्य जुन्यानव्या वृक्षांच्या बुंध्यांवर उमटणाऱ्या वर्तुळांचा अभ्यास करण्यांत घालविलें. तेथील जंगलांतल्या निरनिराळया तऱ्हेच्या जुन्या जुन्या वृक्षांचे बुंधे कापून ते आपल्या प्रयोगशाळेंत आणून, सूक्ष्मदर्शक यंत्राच्या साहाय्याने, त्यांवर उमटलेलीं वर्तुळें तपासावयाचीं असा त्यांनी उद्योग आरंभला. जसजसे झाडांचे कापलेले हे बुंधे जास्त संख्येने त्यांच्या प्रयोग-शाळेंत जमा होऊं लागले तसतसे त्यांच्या प्रयोगशाळेला एखाद्या वखारीचें स्वरूप येऊं लागलें आणि त्याबरोबर प्रयोगशाळेची जागा या कामासाठी अपुरी पडूं लागली. अखेर ॲरिझोना विद्यापीठाच्या चालकांनी, विद्यापीठाच्या इमारतीभोवतालचें प्रचंड असें आवारच डॉ. डगलस् यांना, त्यांच्या, बुंध्यावरील संशोधनासाठी मोकळें करून दिलें. डॉ. डगलस् यांना आपल्या वर सांगितलेल्या संशोधनावरून असें दिसून आलें की, वृक्षांच्या जोमाने वाढ होण्याच्या एका कालखंडानंतर, लागलीच कमी वाढीचा कालखंड येतो आणि त्यानंतर पुन्हा जोमाने वाढीचा दुसरा कालखंड येतो. वर्तुळांच्या या संशोधनावरून त्यांनी असेंहि दाखवून दिलें कीं, वृक्षाची जोमाने झालेली वाढ दर्शविणाऱ्या दोन वर्तुळसमूहांमध्ये १० ते ११ दाट व लहानलहान अशीं वर्तुळें उमटतात. म्हणजेच झाडाची जोमाने वाढ होण्याच्या दोन कालखंडांमध्ये १० ते ११ वर्षांचा, झाडांच्या कमी वाढीचा काल येत असतो. या सर्व संशोधनावरून **डॉ. डगलस्** यांनी असें अनुमान केलें कीं, ११-१३ वर्षांच्या सौरडागचक्राचें प्रतिबिंब झाडांच्या जीवनांत उमटतें. सौरडागांची संख्या ज्या वेळेस जास्त होते त्या वेळेस झाडांची वाढहि झपाट्याने होते व त्यांच्या बुंध्यांवरील वर्तुळें हींदेखील चांगली जाड व रुंद

असतात. उलट डागांची संख्या कमी होण्याच्या कालांत, झाडांची वाढ खुंटते व अशा वेळेस बुंध्यावर उमटणारीं वर्तुळें बारीक व पातळ अशीं असतात. **डॉ. डगलस्** यांच्या वरील विधानाला अद्याप सर्व शास्त्रज्ञांनी मान्यता दिली नाही. **डॉ. डगलस्** यांचें म्हणणें असें की, ज्या अर्थी सौरडागांच्या वाढत्या संख्येबरोबर पृथ्वीवर येणाऱ्या प्रकाशाचा प्रखरपणा व अतिनील किरणांचें प्रमाण, तसेंच पावसाचें मान व उष्णतेचें प्रमाण बदलतें त्या अर्थी, या डागचक्राचें प्रतिबिंब वनस्पतिजीवनांत उमटणें सहज शक्य आहे.

११. सौरडाग व प्राणिजीवन

ज्याप्रमाणे वनस्पतींच्या वाढीवर सौरडागफेऱ्याचे परिणाम होतात असें **डॉ. डगलस्**सारख्या कांही शास्त्रज्ञांचें म्हणणें आहे, त्याप्रमाणे प्राणिजीवनावरहि या डागांचा परिणाम होणें शक्य आहे; अशी शंका कांही शास्त्रज्ञांना आल्यावरून त्यांनी या प्रश्नाचा अभ्यास सुरू केला. अमेरिकेंत कोल्हा, लिंक्स, ससा, मेंढी या प्राण्यांपासून लोकर, कातडें इत्यादि माल काढला जातो. या प्राण्यांपासून मिळणाऱ्या वरील मालाचें प्रमाण व सौरडागांची संख्या यांची तुलना करतां अमेरिकन संशोधकांना असें दिसून आलें की, सौरडागांची संख्या सर्वांत किमान होतांच वरील सर्व प्राण्यांपासून मिळणाऱ्या लोकरीचें व कातड्याचें प्रमाण इतर वेळेपेक्षा जास्तींत जास्त होतें. हा संबंध कांहीसा आश्चर्यकारक व अनपेक्षित असाच म्हणावा लागेल. ज्याप्रमाणे सौरडागांची संख्या जास्त होतांच वृक्षांची वाढ जोमानें झालेली दिसते त्याप्रमाणे वरील प्राण्यांपासून मिळणाऱ्या लोकरीच्या व कातड्यांच्या प्रमाणांतहि या कालांत वाढच दिसून यावयास पाहिजे होती. या चमत्कारिक वाटणाऱ्या संबंधाचें समर्थन करण्यासाठी कांही संशोधकांनी असें प्रतिपादन केलें आहे की, डागांची संख्या वाढतांच या प्राण्यांची पारध करणारे पारधी, सौरडागांमुळे उत्तेजित होऊन, त्यांची पारध इतर वेळेपेक्षा जास्त प्रमाणांत करीत असले पाहिजेत. तसेंच वर सांगितलेल्या प्राण्यांचे शत्रूदेखील, अशा कालांत त्यांचा संहार इतर वेळेपेक्षा जास्त प्रमाणांत करीत असावेत, आणि त्यामुळे त्यांच्यापासून मिळणारी लोकर, कातडें वगैरेंचें प्रमाण कमी होत असावें. वरील समर्थन कोणाचेंहि

समाधान करूं शकेल असें नाही हें उघडच आहे; कारण वर दिलेल्या कारणांखेरीज, हे प्राणी खात असलेलें अन्न, त्यांची नैसर्गिक आयुर्मर्यादा, तसेंच स्वजातीच्या रक्षणाचें व निर्मितीचें प्रमाण अशा कितीतरी वेगवेगळ्या गोष्टींवर त्यांच्या मृत्यूचें प्रमाण अवलंबून राहील ही गोष्ट विसरतां कामा नये.

२३. सौरडाग व मानवी जीवन

वनस्पति व मुके प्राणी यांच्याप्रमाणेच, मनुष्याच्या जीवनावर या डागांचे कांही परिणाम होतात किंवा काय या प्रश्नांकडेहि कांही संशोधकांचें लक्ष गेलेलें आहे. मनुष्याची वाढ तो खात असलेलें अन्न, हवा, पाणी, विश्रांति, त्याच्या उद्योगधंद्याचें स्वरूप, त्याच्या सभोवतालचें वातावरण, अशा कितीतरी गोष्टींवर अवलंबून असतें हें कोणीहि मान्य करील. मनुष्याच्या आरोग्यासाठी सूर्यप्रकाशाची फार जरुरी असते, हें आपण मागे पाहिलें आहेच. सूर्याकडून येणाऱ्या प्रकाशकिरणांमध्ये अतिनील किरणांचा एक उपयुक्त असा भाग असतो. अमेरिकेमध्ये **माउंट विल्सन** या नांवाची जी जगप्रसिद्ध वेधशाळा आहे त्या वेधशाळेंतील एक शास्त्रज्ञ डॉ. **एडिसन् पेटिट** यांनी १९२४ पासून सूर्यप्रकाशामधून आपल्या पृथ्वीवर येणाऱ्या अतिनील किरणांच्या प्रमाणाचें मोजमाप चालू ठेवलें आहे. त्यांना असें दिसून आलें की, सौरडागांची संख्या वाढतांच सूर्यकिरणांचा व त्यांतील अतिनील किरणांचा प्रखरपणा व त्यांचें प्रमाण वाढतें. १९२७ सालीं सौरडागांची संख्या जास्त झाली असतां, सूर्यप्रकाशांतील अतिनील किरणांचें प्रमाण डागचक्रांतील इतर कालापेक्षा सर्वांत जास्त होतें. ज्याप्रमाणे पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून ७५ ते १५० मैल उंचीवर असणाऱ्या हवेच्या थरांमध्ये इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉनांना युक्त असें छत तयार होत असतें त्याप्रमाणे पृथ्वीच्या पृष्ठभागालगतच्या हवेच्या थरांमध्ये असे विद्युत्कण अल्प प्रमाणांत असतात. अर्थात् त्यांचें प्रमाण अयनावरणांतील विद्युत्कणांच्या प्रमाणाच्या मानाने बरेंच कमी असतें व तें दिवसारात्रीं तसेंच ऋतुमानाप्रमाणे बदलत असतें. हवेच्या खालच्या थरांतील या विद्युत्कणांचें मोजमाप शास्त्रज्ञ नेहमी करीत असतात. आपण श्वासोच्छ्वासासाठी नेहमी जी हवा वापरतों त्या हवेंत हे विद्युत्कण निरनिराळ्या प्रमाणांत अस्तित्वांत असतात हें सांगावयास नकोच.

या विद्युत्कणांचें प्रमाण दुपार होतांच वाढतें. रात्र होतांच तें कमी होतें. उन्हाळ्यांतदेखील त्यांचें प्रमाण हिवाळ्यापेक्षा जास्त असतें. या सर्व परिस्थितीवरून आपल्याला असें अनुमान करतां येईल की, पृथ्वीच्या पृष्ठभागालगत जी हवा आहे, त्या हवेमधील विद्युत्कणांची संख्या सूर्य-किरणांच्या प्रखरपणावर कांही अंशीं अवलंबून असावी. ज्या अर्थी सौर-डागचक्राबरोबर पृथ्वीवर येऊन ठेपणाऱ्या सूर्यकिरणांचा प्रखरपणा बदललेला दिसतो त्या अर्थी, या सौरडागफेऱ्याबरोबर पृथ्वीच्या पृष्ठभागाजवळच्या हवेंतील विद्युत्कणांचें प्रमाणहि बदलत जात असावें असें कांही शास्त्रज्ञांचें म्हणणें आहे. श्वासोच्छ्वासासाठी आपण जी हवा उपयोगांत आणतों त्या हवेमधील विद्युत्कणांची संख्या कमीजास्त झाली तर त्याचा परिणाम आपल्या आरोग्यावर व मनस्थितीवर होऊं शकेल काय असा प्रश्न साहजिकच आपल्यापुढे उभा राहील. या प्रश्नाचें उत्तर देण्याचा प्रयत्न करण्यापूर्वी, जर्मनीमध्ये फ्रँकफूर्ट येथे **प्रा. डॉ. सॉयर** या संशोधकानी तेथील रुग्णालयांतील कांही रोग्यांवर केलेल्या प्रयोगांची माहिती करून घेणें आवश्यक आहे. **डॉ. सॉयर** यांनी रुग्णालयांत असणाऱ्या कांही खोल्यांमधील हवेचें उष्णता-मान, आर्द्रता इत्यादि सर्व प्रथम नियंत्रित करून, त्या खोल्यांत कांही रोग्यांना ठेवलें. नंतर रोग्यांच्या न कळत, या सर्व खोल्यांतल्या हवेमधील प्रोटॉनांचें प्रमाण, इलेक्ट्रॉनांपेक्षा वाढविलें. त्याबरोबर **डॉ. सॉयर** यांना असें दिसून आलें की, खोलींतील सर्व रोग्यांमध्ये डोकेंदुखी, थकवा, भोवळ अशांसारख्या व्याधींना सुरुवात झाली. उलट त्या खोल्यांतल्या हवेंत प्रोटॉनांऐवजी इलेक्ट्रॉनांचा भरणा जास्त प्रमाणांत करतांच, खोलींतील त्याच रोग्यांना होणाऱ्या, वर वर्णन केलेल्या सर्व व्याधि आपोआप नाहीशा होऊन, त्यांची जागा आनंद, उत्साह, हुशारी यांनी घेतली. जास्त रक्त-दाबाचा विकार असणाऱ्या रोग्यांपैकी शेकडा ८० रोग्यांना इलेक्ट्रॉनांचें प्रमाण जास्त असलेली हवा पुरवतांच बरें वाटत असल्याचें **डॉ. सॉयर** यांना दिसून आलें. अमेरिकेंतील हार्वर्ड विद्यापीठांतील एक संशोधक **प्रा. याग्लो** यांनीदेखील वर वर्णन केलेले प्रयोग केले आहेत. त्यांचाहि अनुभव **डॉ. सॉयर** यांच्याप्रमाणेच आहे ही गोष्ट लक्षांत ठेवण्यासारखी आहे. थोडक्यांत काय तर, सौरडागचक्राबरोबर सूर्याकडून पृथ्वीवर येणाऱ्या सूर्य-

प्रकाशाचे व त्यामधील अतिनील किरणांचें प्रमाण व प्रखरपणा बदलतो, आणि अशा बदलत्या प्रखरपणामुळे श्वासोच्छ्वासासाठी आपण जी हवा वापरतों त्या हवेंतील इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉनांचें परस्परांमधील प्रमाण बदलूं लागतें. कांही शास्त्रज्ञांचें म्हणणें असें आहे की, या दोन्ही गोष्टींमुळे मनुष्याच्या मनस्थितीवर व आरोग्यावर योग्यायोग्य परिणाम घडून येणें शक्य आहे. एवढी सूचना मिळावयाचा अवकाश! लागलीच त्याचा फायदा घेऊन कांही शास्त्रज्ञांनी आणखी एक पाऊल पुढे टाकलेलें आहे. रशियन शास्त्रज्ञ **प्रा. चिझेवस्की** यांचें तर म्हणणें असें आहे की, जगामध्ये वेळोवेळीं बहुजनसमाजाकडून ज्या ज्या प्रचंड राजकीय चळवळी अगर उठावण्या केल्या गेल्या, त्या त्या सर्व, त्या वेळच्या समाजांतील निरनिराळ्या घटकांच्या मनोवृत्तीच्या निदर्शक म्हणून समजाव्या लागतील. वर सांगितल्याप्रमाणे ज्या अर्थी सौरडागचक्रामुळे मनुष्याच्या मनोवृत्ति व त्याचें आरोग्य यांवर परिणाम घडून येणें शक्य आहे, त्या अर्थी अशा चळवळींचा किंवा उठावण्यांचा व सौरडागचक्राचा संबंध असला पाहिजे असा **प्रा. चिझेवस्की** यांचा दावा आहे. या विधानाच्या पुष्ट्यर्थ, प्राध्यापकमहाशयानी असें दाखवून दिलें आहे की, १८४८ ची राज्यक्रांति, पॅरिस कम्यून, अमेरिकन राज्यक्रांति, रशिअन राज्यक्रांति, दुसरें महायुद्ध या सर्वांचा काल व सूर्यावरील डागांनी उच्चांक गांठण्याचा काल हा अगदी बरोबर जमून येतो. वरील सर्व राजकीय घटना जगाच्या इतिहासांत उलथापालथ घडवून आणणाऱ्या नाहीत असें कोण म्हणेल बरें? अर्थात् वरील संबंध म्हणजे एक काकतालीय न्यायच असें म्हणा हवें तर! परंतु कांही शास्त्रज्ञांना मात्र असा हा संबंध म्हणजे एक शास्त्रीय स्वरूपाची घटना असावी असें वाटतें.

राजकीय क्षेत्रामध्ये सौरडागचक्राची लुडबूड चालूं शकते असें कांही शास्त्रज्ञांनी दाखवून देतांच, जीवनाच्या आणखी कोणकोणत्या क्षेत्रांत हे डाग ढवळाढवळ करतात याचा तपास करण्यास निरनिराळ्या संशोधकांनी सुरुवात केली. प्रथम अर्थशास्त्रज्ञ पुढे सरसावले. पाश्चात्त्य अर्थपंडित **शानफर** व **माटा** यांनी असें दाखविण्याचा प्रयत्न केला की, जगाच्या अर्थव्यवस्थेमध्ये, वेळोवेळीं जे कांही आणीबाणीचे प्रसंग येऊन गेले अशा

दोन प्रसंगांमध्ये सुमारें ११ वर्षांचा काल लोटतो व हा ११ वर्षांचा काल म्हणजेच सौरडागचक्राचा काल होय. प्रमुख अशा पांच जागतिक आर्थिक मंदीं पैकी चार मंदींचा काल व सौरडागांनी उच्चांक गाठण्याचा काल अगदी बरोबर जमून येत असल्याचें संशोधकांना दिसून आलें आहे. यावरूनदेखील अशा आर्थिक तेजीमंदींचा व सौरडागचक्रांचा संबंध जोडण्याचें काम कांही शास्त्रज्ञांनी केलेलं आहे. परंतु या सर्व बाबतींत अद्याप निश्चित असें अनुमान किंवा निष्कर्ष काढणें उचित ठरणार नाही.

५ : : सूर्यशक्तीचे विविध उपयोग

२४. सूर्यशक्तीच्या व्यावहारिक उपयोगाची आवश्यकता

सूर्यशक्तीचा उपयोग प्रत्यक्षपणें आपल्या दैनंदिन जीवनांतील निरनिराळे व्यवहार पार पाडण्यासाठी, व शक्ति निर्माण करण्यासाठी कसा करता येईल या अवघड प्रश्नाकडे अलीकडे जगांतील बऱ्याच शास्त्रज्ञांचें व संशोधकांचें लक्ष फार जोराने वेधलें गेलें आहे. असें होण्याचें कारण काय अशी शंका कदाचित् आपल्या मनांत येईल! सूर्यशक्तीचा प्रत्यक्षपणें, व्यवहारांत उपयोग करून घेण्याची एवढी निकड आजच कां म्हणून भासावयाला लागली आहे बरें? या प्रश्नाचें उत्तर देण्यासाठी, सध्या निरनिराळ्या स्वरूपांत आपण जी शक्ति निर्माण करतो तिचा विचार करणें जरूर आहे. सर्व जगांत जेवढी म्हणून शक्ति निर्माण केली जाते त्यापैकी शेकडा ८० इतकी शक्ति पृथ्वीच्या पोटांत असणारा दगडी कोळसा व तेल यांच्या साहाय्याने निर्माण केली जाते, १॥ टक्के शक्ति विजेच्या साहाय्याने निर्माण होते, १ टक्का इतकी शक्ति मनुष्यप्राण्यांच्या स्नायुबलावर निर्माण केली जाते व उरलेली १७ ते १८ टक्के इतकी शक्ति शेतीपासून जो निरुपयोगी माल उरतो त्यापासून निर्माण केली जाते. यावरून जी गोष्ट अगदी ताबडतोब स्पष्ट होते ती म्हणजे, सध्या शक्ति निर्माण करण्याचीं आपलीं मुख्य साधनें म्हणजे दगडी कोळसा व खनिज तेल हींच होत. मागे सांगितल्याप्रमाणे आपल्या पृथ्वीच्या पोटांत लाखो वर्षांमागे सूर्यानेच दगडी कोळसा व तेल यांचे प्रचंड साठे तयार करून ठेवले असून, आपण त्यांचाच उपसा आज वर्षानुवर्षें करीत आहोंत. १९५१ मध्ये आंकडेशास्त्रज्ञांनी जगाच्या लोकसंख्येचा अंदाज घेतला. त्या वेळेस ही लोकसंख्या सुमारें २३० कोटि इतकी भरत असल्याचें त्यांना आढळून आलें. दिवसेंदिवस लोकसंख्या वाढतच आहे. या शतकाच्या अखेरीला म्हणजे २००० या सालीं जगाची लोकसंख्या सुमारें ५०० कोटि इतकी होईल असा शास्त्रज्ञांचा अंदाज आहे. जगांतल्या निरनिराळ्या भागांत

झपाट्याने औद्योगिक प्रगति होत आहे. त्यासाठी निरनिराळ्या देशांत योजना आखल्या जात आहेत. त्या योजना तडीस नेण्याचे प्रयत्न जोराने सुरू आहेत. अशा योजनांच्या पूर्ततेसाठी वाढत्या प्रमाणांत शक्तीचा पुरवठा करणें जरूर पडेल हें उघडच आहे. या शतकाच्या अखेरील जगांतील लोकांच्या शक्तिविषयक गरजा आजच्यापेक्षा आठपट वाढतील असें शास्त्रज्ञांचें म्हणणें आहे. वाढती लोकसंख्या व शक्तिविषयक वाढत्या गरजा या दोन्ही गोष्टी लक्षांत घेतां, पृथ्वीच्या पोटांतील दगडी कोळसा व खनिज तेल यांचे साठे आपल्याला किती कालपर्यंत पुरूं शकतील याचें गणित मांडतां शास्त्रज्ञांना असें स्पष्टपणें दिसून आलें की, पृथ्वीच्या पोटांतील दगडी कोळशाचे एकूण साठे आजपासून सुमारें दीडशे ते दोनशे वर्षांतच खलास होतील व पेट्रोलचे साठे तर आजपासून अवघ्या ७५ ते १०० वर्षांतच संपुष्टांत येतील. आणि असें झालें तर आपल्या सर्वांची परिस्थिति किती बिकट होईल याची कल्पना आपल्याला सहज करता येईल. इंग्लंड, जपान या देशांपुढे तर वरील अवघड प्रश्न आजच आ वासून उभा आहे. या दोन्ही देशांत, खाणींतून फार खोलवर न जातां जेवढा म्हणून कोळसा उपसून काढणें शक्य होतें तेवढा काढला गेला आहे. आता आणखी जास्त कोळसा उपसून काढावयाचा म्हणजे खाणींत फार खोलपर्यंत जावें लागेल. त्यासाठी कामगारवर्ग तयार होत नाही. कारण तसें करण्यांत जिवाला धोका पोहोचण्याचा संभव फार. शिवाय इतक्या खोलवर जाऊन उपसून काढलेला कोळसा व्यापारदृष्ट्या परवडण्यासारखा नसतो. तो वापरणें फार महागाईचें होतें. स्वित्झरलंडसारख्या देशांत तर कोळसा नाहीच. त्या देशांत, डोंगरामधून पडणाऱ्या पाण्यापासून विद्युत्शक्ति निर्माण करून तीच शक्ति सर्वत्र वापरली जाते. पाण्याच्या साहाय्याने जेवढी म्हणून विद्युत्शक्ति निर्माण करतां येणें शक्य होतें तेवढी विद्युत्शक्ति स्वित्झरलंड-मध्ये आतापर्यंत तयार केली गेली आहे. यापुढे पाण्यापासून आणखी जास्त प्रमाणांत विद्युत्शक्ति निर्माण करणें त्या देशांत शक्य नाही. आपल्या भारतांतदेखील दक्षिण व पश्चिम भागांत कोळशाच्या खाणी नाहीत. भारतांत जमिनीखाली असणारा एकूण कोळसा सुमारें ६० अब्ज टन इतका होईल असें शास्त्रज्ञांचें म्हणणें आहे. त्यापैकी १/३ म्हणजे २० अब्ज

टन एवढा कोळसा खाणींतून उपसून काढतां येण्यासारखा आहे. १९५१ सालापर्यंत भारतांत दरवर्षी ३६ दशलक्ष टन इतका दगडी कोळसा वापरला जात होता. आता आपल्या देशांत पंचवार्षिक योजना अगदी एकामागून एक अशा आखल्या जात आहेत. या योजनांच्या पूर्ततेसाठी भविष्य-कालांत नैसर्गिक शक्तीचा वापर जास्त जास्त प्रमाणावर करावा लागेल हें उघडच आहे. नजीकच्या भविष्यकालांत आपल्या शक्तिविषयक गरजा हल्लीच्या जवळजवळ १० पटींनी वाढतील असें तज्ज्ञांचें म्हणणें आहे; आणि असें होतांच भारतांतील २० अब्ज टन कोळशाचा साठा आपल्याला आज-पासून जेमतेम ६०–६५ वर्षेंच पुरेल. आजकालच्या सुधारणावादी जगांतील निरनिराळया सुखसोयींचीं साधनें मुख्यत्वेंकरून दगडी कोळसा व पेट्रोल यांवरच अवलंबून आहेत आणि नजीकच्या भविष्यांत या दोहोंचे साठे संपुष्टांत आले तर आपणा सर्वांची परिस्थिति किती केविलवाणी होऊन बसेल याची कल्पना आपण करूं शकतों. मग या दुष्काळाला तोंड द्यावयाचें कसें ?

२५. इंधनाच्या टंचाईवर अणुशक्तीचा तोडगा

भविष्यकालांत उद्‌भवणाऱ्या या बिकट परिस्थितीला तोंड देण्या-साठी निरनिराळया देशांतील शास्त्रज्ञांचें लक्ष आता अणुशक्तीकडे वेधलें गेलें आहे. युरेनिअम्, थोरिअम्, रेडिअम् यांसारखीं जीं द्रव्यें पृथ्वीच्या पोटांतील खडकांत इतस्ततः विखुरलेलीं आढळतात त्यांना किरणोत्सारी मूलद्रव्यें[१] असें म्हणतात. ८१ या आणवीय क्रमांकाच्या (थालियम्) मूलद्रव्यापासून ९२ या क्रमांकाच्या (युरेनिअम्) मूलद्रव्या-पर्यंतचीं सर्व नैसर्गिक मूलद्रव्यें किरणोत्सारी आहेत असें दिसून येतें. अशा द्रव्यांमधून आल्फा, बीटा, गामा असे तीन प्रकारचे किरण बाहेर पडतात. कांही किरणोत्सारी द्रव्यें वरील किरणांपैकी, एकाच जातीचे किरण बाहेर टाकतात तर इतर कांही, तीनहि जातींचे किरण बाहेर टाकतात. या किरणोत्सारी मूलद्रव्यांच्या अणूंची फोड किंवा विघटन आपोआप होऊन एकाचें दुसऱ्यांत असें रूपान्तर होत होत अखेर त्यांचें रूपान्तर शिसें या

१. किरणोत्सारी मूलद्रव्य = रेडिओॲक्टिव्ह एलेमेंट.

मूलद्रव्यांत होतें. या क्रियेलाच "स्वयंस्फोटकत्व" असें म्हणतां येईल. या मूलद्रव्यांच्या अणूंमधून किरण बाहेर पडण्याची क्रिया, निरनिराळ्या द्रव्यांच्या बाबतींत निरनिराळ्या कालपर्यंत चालू राहते. किरणोत्सारी द्रव्यांना अर्धायुष्य असतें. या अर्धायुष्याच्या कालांत मूळ साठ्यांतील अर्ध्या साठ्याचें रूपान्तर नव्या मूलद्रव्यांत होतें, व अर्धा साठा तसाच शिल्लक राहतो. उदाहरणार्थ, रेडिअम् या किरणोत्सारी द्रव्याचें अर्धायुष्य १६०० वर्षें आहे. म्हणजे सुरुवातीला एक ग्राम रेडिअम् असेल तर १६०० वर्षांनी $\frac{1}{2}$ ग्राम रेडिअम् शिल्लक राहील, आणखी १६०० वर्षांनी $\frac{1}{4}$ ग्राम रेडिअम् शिल्लक राहील. युरेनिअम् या नैसर्गिक किरणोत्सारी द्रव्यामध्ये २३८, २३५ व २३३ अशा तीन आणवीय वस्तुमानाचे युरेनिअम् अणु निरनिराळ्या प्रमाणांत अस्तित्वांत असतात. २३५ वस्तुमानाचा युरेनिअम् अणु घेऊन त्यावर मंद अशा न्यूट्रॉनांचा भडिमार केला तर त्या अणूचीं जवळ जवळ सारख्या वजनाचीं दोन शकलें होऊन शिवाय २ किंवा ३ न्युट्रॉन बाहेर फेकले जातात व मोठ्या प्रमाणांत उष्णताशक्ति बाहेर पडते. या क्रियेला अणुफोडीची क्रिया किंवा विद्लन क्रिया[1] असें म्हणतात. अणुफोडीच्या क्रियेचें चक्र चालू केल्यास वर सांगितल्याप्रमाणे एकसारखी शक्ति निर्माण करतां येईल. त्यालाच अणुशक्ति म्हणावयाचें. तेव्हा विशिष्ट किरणोत्सारी द्रव्यांचा उपयोग करून अणुशक्ति निर्माण केल्यास, वीज, उष्णता यांचा मुबलक पुरवठा करतां येईल व सध्या अस्तित्वांत असणारे पृथ्वीच्या पोटांतील दगडी कोळसा, पेट्रोल यांचे साठे आपल्याला बराच कालपर्यंत पुरवून पुरवून वापरतां येतील असें शास्त्रज्ञांचें म्हणणें आहे. परंतु अणुशक्ति म्हणजे कांही साधेंसुधें प्रकरण नाही. ती जितकी मुबलक तितकीच महागडी. जितकी उपयुक्त तितकीच धोकेबाज. ती निर्माण करणें लहान लहान देशांना कितपत परवडेल हा एक प्रश्नच आहे. ती निर्माण करण्यासाठी उच्च दर्जाचें तांत्रिक, यांत्रिक व वैज्ञानिक ज्ञान असणारे आणि अणुविज्ञानांत प्रावीण्य संपादन केलेल्या शास्त्रज्ञांची गरज असते. पण इतका

१. अणुफोडीची क्रिया, विद्लन क्रिया = फिशन्.

खटाटोप करण्यापेक्षा निसर्गांतील शक्तींनाच वेठीला धरून त्यांना राबविण्याचा प्रयत्न आपण कां करूं नये, असा प्रश्न कोणापुढेहि उभा राहील. निसर्गांतील अशा तऱ्हेच्या शक्ति म्हणजे सूर्यापासून मिळणारी उष्णताप्रकाश शक्ति, वाऱ्यापासून मिळणारी शक्ति, पाण्यापासून मिळणारी शक्ति, सागरी लाटांपासून मिळणारी शक्ति इत्यादि इत्यादि.

२६. *सूर्यकिरणांचे प्रत्यक्ष व अप्रत्यक्ष उपयोग*

वर सांगितलेल्या निरनिराळया नैसर्गिक शक्तीमध्ये सूर्यापासून मिळणारी शक्ति फार प्रचंड. एखाद्या दरिद्री मनुष्यावर एकाएकी चोहोंकडून सुवर्णनाण्यांचा वर्षाव झाल्यास, या अतिवृष्टीमुळे तो ज्याप्रमाणे भांबावून जातो, त्याप्रमाणें सूर्यकिरणांच्या अमाप वर्षावामुळे, या सूर्यशक्तीचा प्रत्यक्षांत उपयोग कसा करावा हा प्रश्न सोडविणें अद्याप शक्य झालें नाही. उष्णकटिबंधांत राहणाऱ्या लोकांवर तर सूर्याचा अगदी वरदहस्तच! तसें पाहूं गेल्यास अप्रत्यक्षपणें आपण सर्वजण सूर्यशक्तीचा उपयोग दररोजच्या व्यवहारांत करीत असतोंच. पावसाळा सुरू होण्यापूर्वी घरोघरीं पापड, कुरडया, सांडगे तयार होऊं लागतात. हे पदार्थ वाळविण्यासाठी गृहिणी त्यांना उन्हांतच ठेवून देते. गहू, ज्वारी, डाळी, इत्यादि धान्यें व वाल, मटकी, मसूर आदि कडधान्यें पावसाळयांत किडून खराब होऊन जाऊं नयेत म्हणून उन्हाळयांत उघड्यावर टाकून वाळविलीं जातात. समुद्राच्या पाण्यापासून मीठ करतांना सूर्याच्या उष्णतेचा उपयोग आपण करतोंच. आपल्या लहानग्या बाळाला सूर्यकिरणांवर तापलेल्या पाण्याने आंघोळ घालण्यासाठी, कांही माता अद्यापदेखील पाण्याने भरलेल्या घागरी उन्हाळयाच्या दिवसांत अंगणांत ठेवतांना आढळतात. याशिवाय धुतलेले कपडे उघड्यावर उन्हांत नेऊन वाळविणें, घरांतील खोल्यांत ऊन येऊं देणें, गाद्या, पांघरुणें, चिरगुटें उन्हांत वाळत टाकणें, हे सर्व सध्या आपण करीत असलेले सूर्यशक्तीचे अप्रत्यक्ष उपयोगच होत.

सूर्यशक्तीचा प्रत्यक्षांत उपयोग करण्यामध्ये मुख्य अडचण जर कोणती येत असेल तर ती म्हणजे, ही शक्ति आपल्याला अखंडपणें मिळत नाही ही होय. सूर्य ढगाआड गेला असतां किंवा रात्र झाली असतां, तसेंच पावसाळयाच्या दिवसांत सूर्याचे किरण मुळीच अगर पाहिजे तितके मिळत नाहीत.

या अडचणीवर उपाय म्हणून कांही संशोधकांनी असें सुचविलें आहे की, सूर्यकिरण मिळत असतील अशा वेळीं त्यामधली उष्णता साठवून ठेवून तिचा उपयोग पावसाळ्यांत किंवा रात्रीं करण्यांत यावा. ज्याप्रमाणें आपण विद्युत्प्रवाह देणारे विद्युत्घट प्रथम विद्युत्शक्तीने भारावून ठेवतों व ज्या ज्या वेळेस आणि जेथे जेथे त्या विद्युत्प्रवाहाची गरज असेल त्या वेळेस व तेथे तेथे ती विद्युत्शक्ति आपण वापरतों; तशाच तऱ्हेची कांहीतरी व्यवस्था सूर्यशक्तीच्या बाबतींत करावी लागेल असें म्हटल्यास चूक होणार नाही.

सूर्यामधून एकूण जेवढी शक्ति बाहेर पडते त्या शक्तीचा फक्त दोन अब्जांश इतकाच हिस्सा आपल्या पृथ्वीपर्यंत येऊन पोहोचतो; आणि त्यापैकी फक्त १/१००० इतकाच भाग, झाडांच्या स्वरूपांत अप्रत्यक्षपणें आपण उपयोगांत आणतों. सूर्य दरवर्षी $१\cdot२\times१०^{४१}$ अर्ग इतकी शक्ति अवकाशांत सर्व दिशांना विसर्जित करीत असतो. प्रेरकाचें मोजमाप करण्यासाठी मेट्रिक मापनपद्धतींत 'डाईन' हें एकक[१] आहे. अशा एक डाईन प्रेरकामुळे वस्तु एक सेंटिमीटर इतकें अंतर प्रेरकाच्या दिशेने सरकली असेल तर त्या प्रेरकाकडून एक 'अर्ग' इतकें कार्य घडलें व एक अर्ग इतकी 'शक्ति' निर्माण झाली असें म्हणतात. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील दर चौरस वाराला, सूर्याकडून दरदिवशीं जेवढी उष्णता व प्रकाशशक्ति मिळते, तेवढ्या शक्तीचें रूपांतर यांत्रिक शक्तींत केलें तर तिचा शक्तिवेग[२] दीड अश्वशक्ति[३] म्हणजे सुमारें एक हजार वॅट इतका होईल. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील २०० चौरस मैलांवर सूर्याकडून जेवढी उष्णता येऊन पडते तेवढी उष्णता सर्व पृथ्वीला सध्या जरूर असणारें जळण पुरविण्यास समर्थ ठरेल. समजा; आपण अशी कल्पना केली की, सर्व पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर ११४ फूट जाडीचा बर्फाचा एक थर पसरविला. असा हा बर्फाचा थर वितळविण्यास जेवढी उष्णता लागेल तेवढी उष्णता आपल्याला सूर्याकडून मिळत असते. सर्व पृथ्वीवर तीन दिवसांत सूर्याकडून उष्णता व प्रकाश या स्वरूपांत जेवढी शक्ति येऊन पडते तेवढी शक्ति सर्व जगांतील लाकूड,

१. एकक = युनिट; २. शक्तिवेग = पॉवर;
३. अश्वशक्ति = हॉर्सपॉवर (H.P.).

कोळसा, खनिज तेल व अणुशक्ति यांमुळे निर्माण होणाऱ्या शक्तीएवढी आहे. वरील सर्व उदाहरणांवरून सूर्याकडून पृथ्वीवर येणारी शक्ति केवढी प्रचंड आहे हें सहज स्पष्ट होईल.

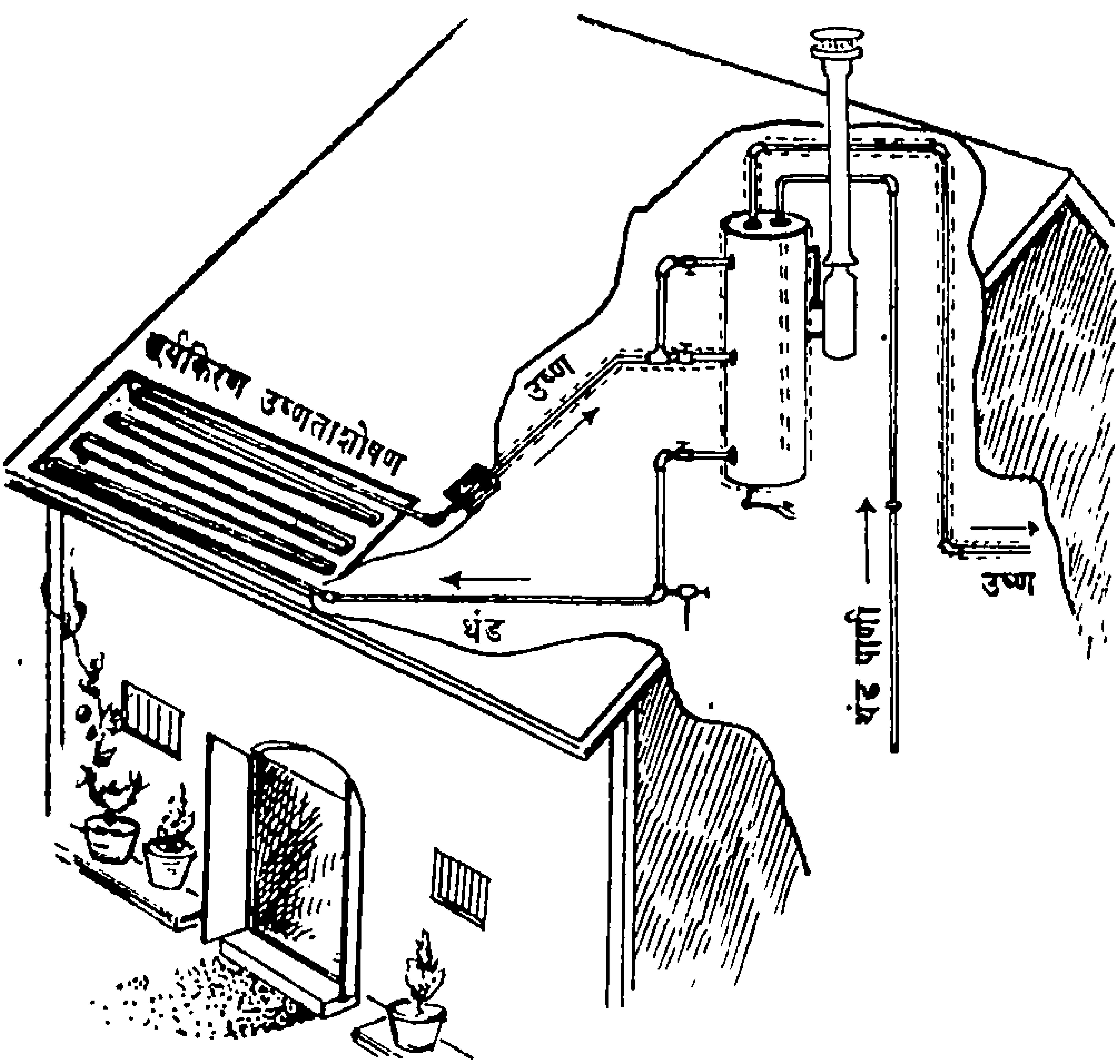
सध्या सूर्यशक्तीचा उपयोग करण्यासाठी जीं साधनें किंवा ज्या पद्धतींचा अवलंब केला जातो त्या पद्धति किंवा साधनें दगडी कोळसा किंवा पेट्रोल यांच्या साहाय्याने निर्माण करण्यासाठी उपयोगांत आणल्या जाणाऱ्या पद्धतीपेक्षा किंवा साधनापेक्षा आर्थिक दृष्ट्या क्वचितच महाग ठरतात. सध्या तरी अशी सूर्यशक्ति दर किलोवॅट तासाला ४ ते ८ आणे इतकी महाग पडते. ही शक्ति उपयोगांत आणण्यासाठी योजलेल्या साधनांची जबर किंमत व त्या साधनांची तुटपुंजी कार्यक्षमता या दोन कारणांमुळे ही सूर्यशक्ति सध्या महाग पडते. परंतु ज्या भागांत विद्युत्शक्ति मिळतच नाही किंवा ज्या ठिकाणीं शक्तिनिर्मितीसाठी दगडी कोळसा आणि पेट्रोल बऱ्याच अंतरावरून आणणें फारच खर्चाचें होतें तेथे सूर्यशक्ति उपलब्ध असल्यास तिचा उपयोग करणें इष्ट ठरेल. सूर्यशक्तीवर निर्माण केली जाणारी यांत्रिक शक्ति, विद्युत्शक्ति, कोळसा किंवा खनिज तेल यांच्या साहाय्याने निर्माण होणाऱ्या यांत्रिक शक्तीशीं परिणामकारक रीत्या स्पर्धा करूं शकणार नाही. मात्र जनावरांच्या साहाय्याने किंवा मनुष्याच्या स्नायुबलावर निर्माण केल्या जाणाऱ्या शक्तीशीं ती परिणामकारकपणें स्पर्धा करूं शकेल यांत संदेह नाही.

सूर्यशक्तीचा उपयोग निरनिराळ्या प्रकारें करून घेण्यासाठी तिचें रूपान्तर वेगवेगळ्या तीन प्रकारच्या शक्तींत घडवून आणतां येईल. हे तीन प्रकार म्हणजे (१) सूर्यकिरणांपासून उष्णता निर्माण करणें; (२) सूर्यकिरणांपासून विद्युत्शक्ति निर्माण करणें व (३) सूर्यकिरणांच्या साहाय्याने रासायनिक क्रिया घडवून आणणें. आता आपण या तिघांचा स्वतंत्रपणें क्रमशः विचार करूं या.

सूर्यकिरणांत जी उष्णता असते ती शोषून घेऊन पकडून ठेवण्यासाठी दोन पद्धतींचा अवलंब केला जातो. पहिल्या पद्धतींत सपाट पत्रे वापरतात तर दुसऱ्या पद्धतींत फुगट अगर खोलगट[1] पत्र्यांचा

1. फुगट, खोलगट = कर्व्हड.

किंवा काचांचा उपयोग करतात. पहिल्या पद्धतीचा उपयोग केला असतां ७०° ते १००° सें. इतकें तपमान निर्माण होऊं शकतें. या पद्धतींत, सूर्य-किरणांतील उष्णता शोषून घेण्यासाठी काजळ किंवा काळा रंग लावलेल्या सपाट पृष्ठभागाची योजना करतात. अशा काळ्या पृष्ठभागाने शोषून घेतलेल्या उष्णतेचें पुन्हा उत्सारण होऊन ती फुकट जाऊं नये म्हणून त्यावर काचेचीं एक किंवा दोन आच्छादनें घालून जरूर ते प्रतिबंधक उपाय योजिले जातात. या पद्धतीने निर्माण केलेली उष्णता पाणी तापविण्यासाठी, हवा तापविण्यासाठी, यांत्रिक पंप चालविण्यासाठी उपयोगांत आणतां येते. इंग्लंड, जपान,



आकृति १३. सूर्यकिरणांवर पाणी तापवून त्याच्या साहाय्याने घरांत उष्णता निर्माण केली जाते

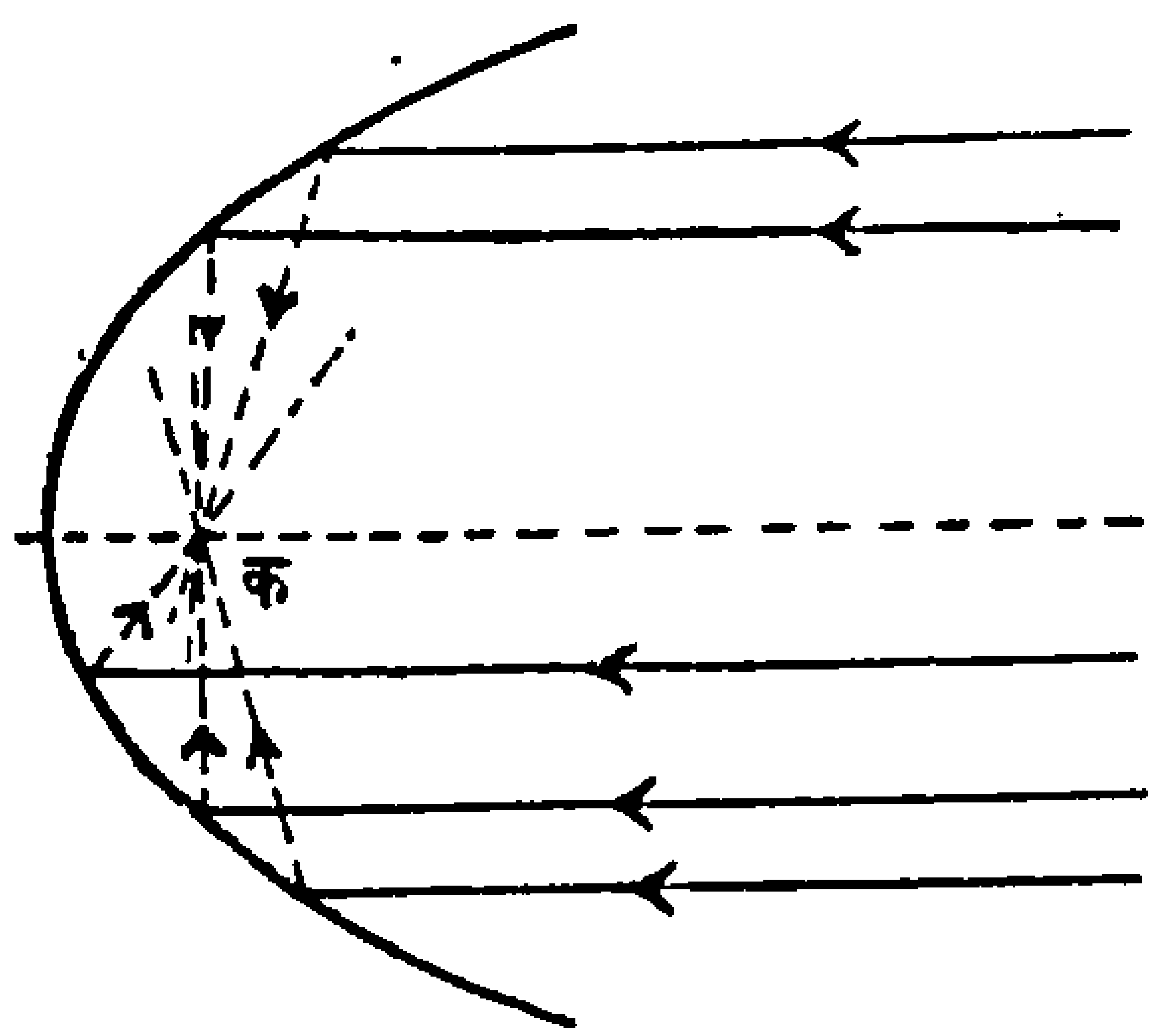
इस्रायल या देशांत, सूर्यकिरणांतील उष्णता पकडून ठेवण्यासाठी वरील पद्धतीचा अवलंब सध्या केला जात आहे. अशा पत्र्यांच्या पृष्ठभागाचें

क्षेत्रफळ ३० ते ६० चौ. फूट इतकें असतें. असे पत्रे ५० ते १०० गॅलन इतकें पाणी भरलेल्या संवाहरोधक[1] टाक्यांशीं जोडून ठेवतात. अशा पाण्याच्या टाक्या पत्रे असलेल्या पातळींत न बसवितां, दोन फूट उंच अशा वरच्या पातळींत बसवितात. या टाक्यांतील गरम पाणी नळांकरवी, घरांतील निर-निराळ्या खोल्यांमधून खेळवून, थंडीच्या दिवसांत घरांत योग्य तेवढें तपमान निर्माण करण्यासाठी उपयोगांत आणणें शक्य होईल असें शास्त्रज्ञांना वाटतें. अमेरिकेंतील फ्लोरिडा, कॅलिफोर्निया, टेक्ससू या भागांत भरपूर सूर्यप्रकाश व सूर्याची उष्णता मिळत असल्यामुळे, त्या भागांतील जवळजवळ २० हजार घरांवर वर वर्णन केलेल्या पद्धतीच्या पाण्याच्या टाक्या व पत्रे बसवून, थंडीच्या दिवसांत घरांत जरूर ती उष्णता निर्माण करण्याचा प्रयत्न तेथील लोक सध्या करीत असलेले दिसतात (आकृति १३ पाहा). असें करण्यामुळे त्या लोकांना कोळशाच्या वापरांत ५० टक्के बचत करतां आली आहे. अशाच सपाट पत्र्यांचा उपयोग करून इटालिअन संशोधकांनी पाणी उपसण्याचा एक पंप तयार केलेला आहे. सपाट पत्र्याने शोषलेल्या उष्णतेवर सल्फर-डाय-ऑक्साईड या रसायनाची वाफ घडवून आणली जाते. या वाफेचा उपयोग करून मोटारीस गतिमान केलें जातें व मग तिच्या मदतीने विहिरींतून पाणी उपसलें जातें. उपसलेल्या थंड पाण्यामुळे मोटार थंड राखली जाते. या पद्धतींत सूर्याकडून पत्र्याला मिळणाऱ्या एकूण उष्णता-शक्तीचा फक्त ४ टक्के इतकाच भाग यांत्रिक शक्ति निर्माण करण्यासाठी उपयोगांत येऊं शकतो.

सूर्यकिरणांतील उष्णता एका बिंदूवर केंद्रित करण्यासाठीं दुसऱ्या एका पद्धतीचा उपयोग करतात. फुगट किंवा खोलगट पृष्ठभाग असणाऱ्या पत्र्यांचा किंवा काचांचा उपयोग या कामासाठी करतात. अशा फुगट किंवा खोलगट पृष्ठभागावर सूर्यकिरण पडतांच त्यांचें परावर्तन होतें व ते अगदी लहानशा जागीं केंद्रित होतात. ज्या जागीं किंवा बिंदूवर हे किरण केंद्रित होतात तेथे मोठ्या प्रमाणावर उष्णता निर्माण होते. काचेचे फुगट व पारदर्शक भिंग हातांत धरून त्यावर सूर्यकिरण पाडून विरुद्ध बाजूला योग्य

१ संवाहरोधक = इन्शुलेटेड.

अंतरावर एक कागद धरून तो जाळण्याचा गमतीदार प्रयोग लहान मुलें करतात हें आपण पाहतोंच. अन्वस्तिक[1] पृष्ठभागांचा किंवा आरशांचा उपयोग अशा कामासाठी करतां येतो. अन्वस्तिक पृष्ठभाग कसा असतो याची कल्पना आकृति क्रमांक १४ वरून येईल. असा पृष्ठभाग सूर्यासमोर धरल्यास त्याच्या निरनिराळ्या भागांवर येऊन पडणारे सर्व समांतर किरण परावर्तन पावल्यानंतर 'क' या एकाच बिंदूत केंद्रित होतात; आणि अशा अन्वस्तिक पृष्ठभागाचें हेंच वैशिष्ट्य म्हणून म्हणतां येईल.



आकृति १४. अन्वस्तिक पृष्ठभागाच्या मदतीने समांतर सूर्यकिरण केंद्रित करतात

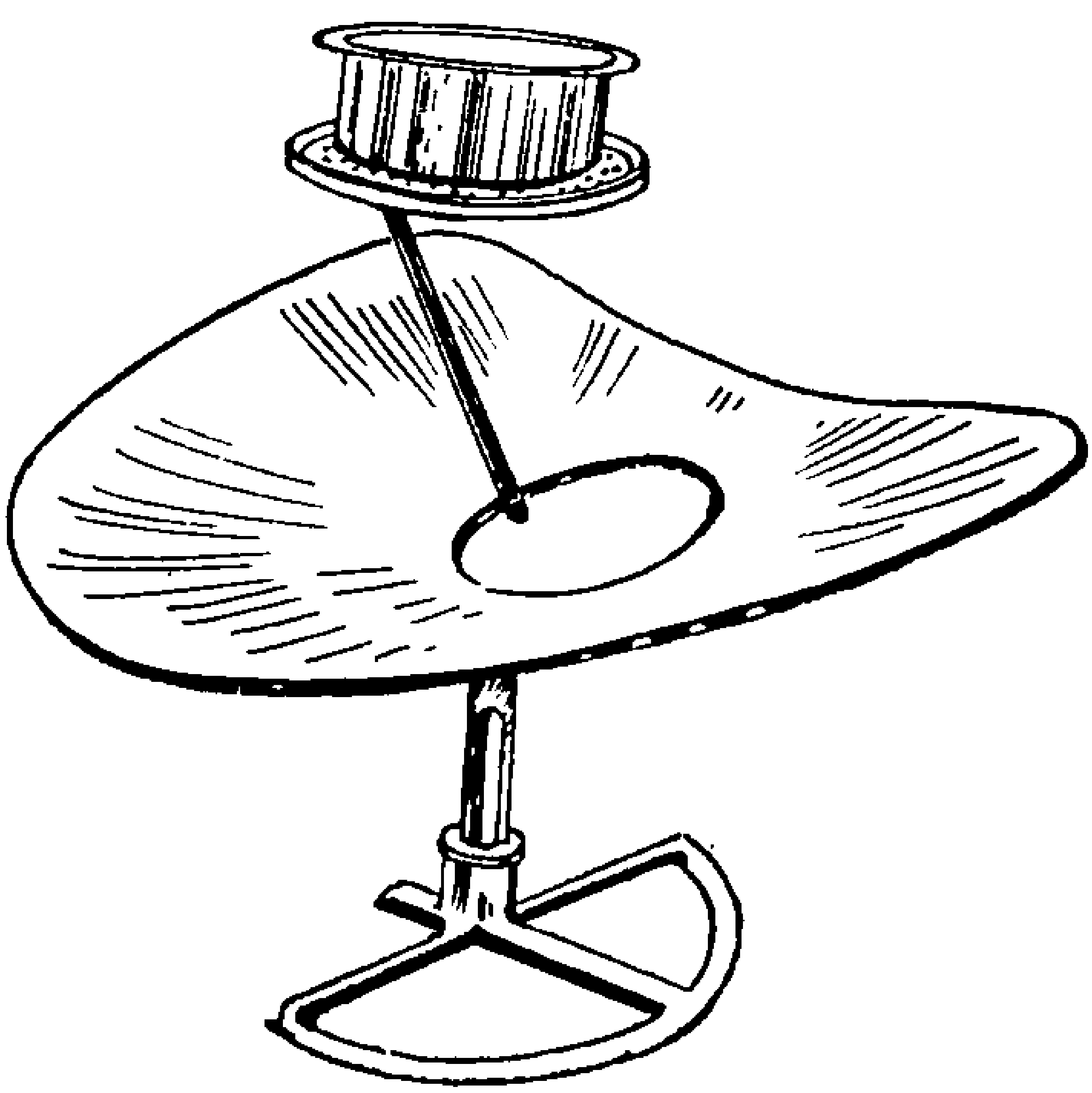
कांही कांही वेळेला अन्वस्ताच्या आकाराचे नळकांड्यासारखे (सिलिंड्रोपॅरॅबोलिक) आरसे घेऊन, त्यांच्यावर सूर्यकिरण पाडून फार मोठ्या प्रमाणांत उष्णता निर्माण केली जाते. वरीलसारख्या फुगट, खोलगट अगर अन्वस्तिक आरशांचा उपयोग करून सूर्यकिरणांच्या साहाय्याने १००° ते ३५००° सें. इतकें तपमान निर्माण होत असलेलें दिसून येतें. या पद्धतीचा अवलंब करण्यामध्ये जी मुख्य अडचण येते ती म्हणजे अशा पृष्ठभागाचें तोंड, सूर्य पूर्वेकडून पश्चिमेकडे जात असतांना त्याच्या जागेवर-हुकूम वळवावें लागतें. म्हणजेच अशा पृष्ठभागाचें तोंड सतत सूर्यासमोर

१. अन्वस्तिक = पॅरॅबोलिक्.

धरणें जरूर असतें. हें काम करण्यासाठी घड्याळासारख्या साधनाची मदत घ्यावी लागते. त्यामुळे साहजिकच अशा साधनांची किंमत वाढते.

२७. सौर पाकयंत्र[1]

आपल्या भारतांत दिल्ली येथें जी राष्ट्रीय वास्तव संशोधनशाला आहे तेथील वैज्ञानिकांनी सूर्यकिरणांच्या शक्तीवर काम करणारें एक सौर पाकयंत्र कांही वर्षांमागे तयार केलें. त्याची किंमत सुमारें ८५ रुपये इतकी आहे व वजन सुमारें ३० पौंड आहे. या पाकयंत्रामध्ये सुमारें १०॥ चौरस फूट क्षेत्राच्या खोलगट अशा अल्युमिनिअमच्या पत्र्यावर सूर्याचे किरण पडतांच त्यांचें परावर्तन होऊन, ते एका जागीं केंद्रित होतात



आकृति १५. सौर पाकयंत्र

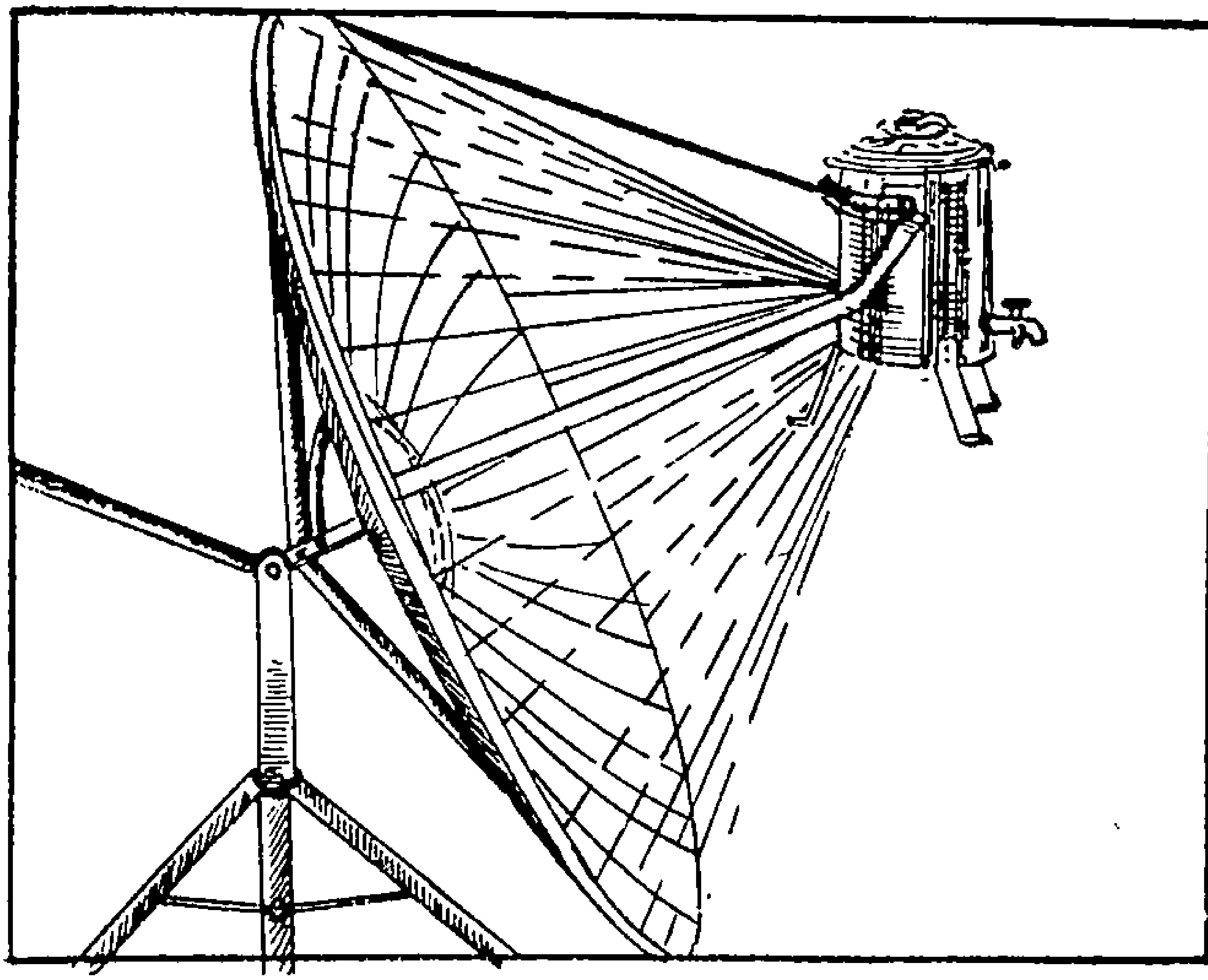
[आकृति १५ पाहा]. ज्या जागीं हे किरण केंद्रित होतात त्या ठिकाणीं खूप उष्णता निर्माण होते. याच ठिकाणीं अन्न शिजविण्याचीं भांडीं

1. सौर पाकयंत्र = सोलर कुकर.

ठेवलीं जातात. तेथें निर्माण होणाऱ्या उष्णतेवर भांड्यांतील पदार्थ सुमारें ३० मिनिटांत शिजून तयार होतात. सूर्य पूर्वेकडून पश्चिमेकडे सरकत असतां या ॲल्युमिनिअम् पत्र्याचें तोंड त्याप्रमाणे बदलून एकसारखें सूर्यकिरणाकडे राहावें यासाठी घड्याळाच्या मदतीवर फिरणारें एक चलत्‌यंत्र तयार करून तें या खोलगट पत्र्याला पाहिजे असल्यास स्वतंत्रपणें जोडतां येतें. ग्रामीण भागांत मोकळ्या जागेची अडचण नसते व घराच्या आवतीभोवती सूर्यप्रकाशहि भरपूर प्रमाणांत खेळत असतो. सध्या खेडेगावांत जळण म्हणून शेणाच्या गोवऱ्या व लाकूड हींच मुख्यत्वेंकरून वापरलीं जातात. १९५१ सालीं सर्व भारतांत २२४ दशलक्ष टन शेण, जळण म्हणून वापरलें गेलें. वास्तविक शेणाचा उपयोग खत म्हणून केला जाणें इष्ट आहे. परंतु प्रत्यक्षांत मात्र या शेणाचा उपयोग जळण म्हणून केला गेल्यामुळे जमिनींना सहजासहजी मिळणारें नैसर्गिक खत बंद पडलें. साहजिकच त्यामुळे जमिनीचा कस हळूहळू कमी व्हावयास लागून त्याचा परिणाम अन्नधान्याच्या उत्पादनप्रमाणावर होऊं लागला. तसेंच जळणासाठी लाकूड मिळावें म्हणून जंगलांची तोड मोठ्या प्रमाणावर व्हावयास लागली. याचा परिणाम म्हणजे कांही कांही भागांतील एकंदर पावसाचें मान कमी होऊं लागलें. तसेंच त्यामुळे जमिनीची धुपणीहि मोठ्या प्रमाणावर होऊं लागली; कारण जमिनींत खोलवर शिरणारीं व आजूबाजूला पसरणारीं वृक्षांचीं मुळें जमिनीला घट्ट पकडून धरीत असल्यामुळे, जमिनीच्या धुपणीला प्रतिबंध करीत असतात. जंगलतोडीमुळे जमिनींची धुपणी मोठ्या प्रमाणांत होऊं लागतांच, मोठमोठ्या प्रदेशांचें रूपान्तर वाळवंटांत होणें क्रमप्राप्तच असतें. वरील सर्व गोष्टींचा विचार करतां, आपल्याला असें म्हणावें लागेल कीं, भारतांतील ग्रामीण भागांत योग्य प्रकारच्या सौर पाकयंत्राचा उपयोग अन्न शिजविण्यासाठी, पाणी तापविण्यासाठी [आकृति १६ पाहा] जितक्या जास्त प्रमाणांत केला जाईल तितक्या प्रमाणांत शेणखत व लाकूड यांची बचत होऊन त्यांचा उपयोग अनुक्रमें खत म्हणून जमिनीचा कस वाढविण्यासाठी व जमिनीची धुपणी थांबविण्यासाठी करता येईल.

दिल्ली येथील संशोधनशाळेकडून सूर्यशक्तीवर चालणारा पाणी उपसण्याचा थर्मोपंप तयार करण्याचें काम सुरु आहे. वाफेवर काम

करणाऱ्या इंजिनाप्रमाणे याची रचना आहे. पण या पंपांत दट्ट्याचा[1] अंतर्भाव केलेला नाही. दोन झडपांमध्ये आलटून पालटून होणारा



आकृति १६. सूर्यशक्तीने पाणी तापविण्याचें उपकरण

पाण्याचा साठा व त्याची केली जाणारी वाफ यांमुळे पंपाचें काम सुरू होतें आणि त्याचा वेग आपोआप वाढूं लागतो. उपसलेलें पाणी नीट वाहावें म्हणून एका हवेच्या उशीची सोय या पंपांत केली जाईल. वॉशिंग्टन येथील **स्मिथ्सोनिअन्** या संस्थेचे निवृत्त सचिव डॉ. **चार्लस् ॲबट** यांनी सूर्यकिरणांच्या शक्तीवर चालणारी २ अश्वशक्तीची एक मोटार तयार केली आहे. मात्र सध्या तरी या यंत्राची किंमत बरीच मोठी आहे. ज्याप्रमाणे थंडीच्या दिवसांत घरांत योग्य तेवढें तपमान निर्माण करण्यासाठी, सूर्य-शक्तीचा उपयोग शीतकटिबंधांतील कांही कांही भागांत होऊं लागला आहे, त्याचप्रमाणे उष्णकटिबंधांतील देशांत, उन्हाळ्यांत घरांतील हवेचें तपमान,

१. दट्ट्या = पिस्टन.

आर्द्रता इत्यादि नियंत्रित करून तें हवामान मनुष्याला मानवेल एवढें राखण्याचें काम सूर्यशक्तीच्या साहाय्याने करतां येईल असें शास्त्रज्ञांना वाटतें.

२८. प्रचंड सौरदर्पण

फ्रेंच संशोधक **फेलिक्स ट्रॉंबे** यांनी पिरनीज पर्वतामध्ये **माऊंट लुई** या प्रयोगशाळेंत जगांतील सर्वांत मोठा म्हणून समजला जाणारा एक खोलगट सौर आरसा उभारलेला आहे. या खोलगट आरशाचा व्यास ३५ फूट एवढा आहे. या आरशावर येऊन पडणाऱ्या सूर्यकिरणांचें परावर्तन होऊन ते एका जागीं केंद्रित होतात व त्यामुळे त्या जागीं ३५००° सें. इतकें तपमान निर्माण होतें. एका अर्थाने या आरशाला सूर्यकिरणावर काम करणारी एक भट्टी असेंच म्हणावें लागेल. या आरशाच्या दसपट मोठा असा एक नवा आरसा उभारून त्याच्या साहाय्याने काचसामानाला किंवा मातकामाला जरूर असणारीं कच्चीं द्रव्यें तयार करणें, तसेंच अशुद्ध खनिज धातु शुद्ध करण्याचें काम करणें, असे उद्योग करतां येतील अशी संशोधकांना उमेद आहे.

२९. सूर्यशक्तींतून विद्युत्‌शक्ति

रशियामध्ये अर्मेनिया या प्रांतांतील आरारट या नांवाच्या सपाट प्रदेशांत सूर्यकिरणांतील उष्णतेवर पाण्याची वाफ करून त्या वाफेवर विद्युत्‌शक्ति निर्माण करणें, थंडीच्या दिवसांत घरांतील हवेचें तपमान वाढवून योग्य तेवढें राखणें व उन्हाळ्याच्या दिवसांत शीतकरण यंत्राच्या मदतीने घरांतील हवेचें तपमान खाली आणणें इत्यादि कामें करण्यासाठी एक सौरकेंद्र स्थापन केलें गेलें आहे. वरील प्रदेशांत, रशियांतील इतर कोणत्याहि भागांपेक्षा, जास्त प्रखर व दीर्घकालपर्यंत सूर्यशक्ति उपलब्ध होतें. हें सौरकेंद्र वर्तुळाकार असून त्या वर्तुळाचा व्यास $\frac{3}{4}$ मैल इतका आहे. वर्तुळाच्या परिघावर झाडें वाढविलीं असल्यामुळे केंद्रांतील आरशावर धुळीचा मारा जवळजवळ होतच नाही. या केंद्राच्या मध्यभागीं १३० फूट उंचीचा एक मनोरा बांधलेला आहे. हा मनोरा फिरता असतो. या मनोऱ्याला गति देण्याचें काम एका वाफबंबाच्या[१]

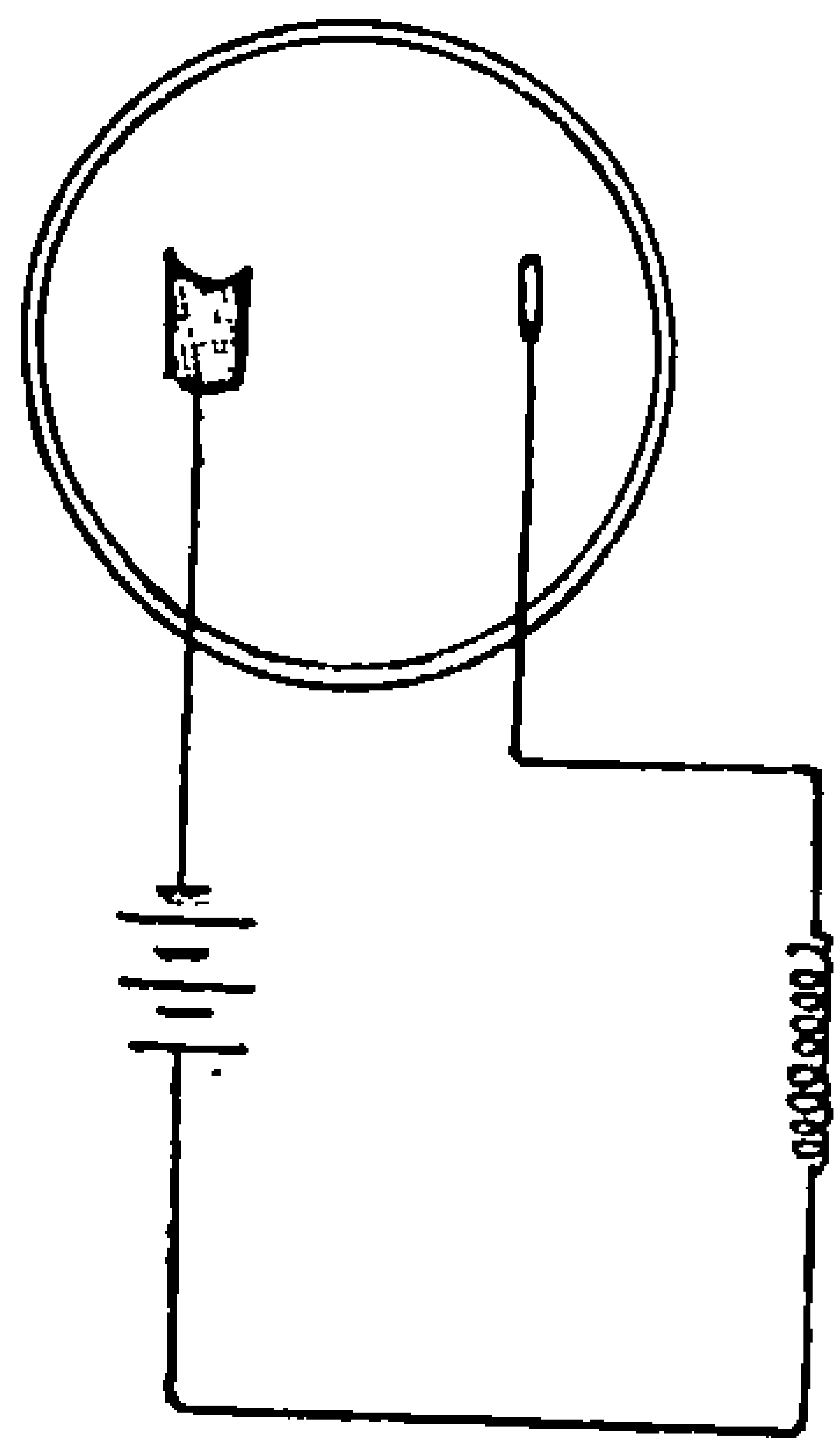
१. वाफबंब = स्टीम बॉयलर.

साहाय्याने केलें जातें. या बंबांतील पाणी उकळण्यासाठी लागणारी उष्णता सूर्यकिरणांकडून पुरविली जाते. बंबांत तयार झालेल्या वाफेचा दाब ३० वातावरणभार[1] इतका वाढविला जातो. दर तासाला ११ टन इतक्या प्रमाणांत तयार होणारी पाण्याची वाफ एका नळींतून नेऊन विद्युत्जनकाच्या चक्रावर[2] सोडली जाते व त्यापासून १२०० सहस्र वॅट इतकी विद्युत्-शक्ति निर्माण होऊं शकते. केंद्राच्या मध्यभागीं असणाऱ्या मनोऱ्याभोवती २३ वर्तुळाकृति रेल्मार्ग बांधलेले आहेत. या रेल्मार्गावर स्वयंचलित पद्धतीने धावणाऱ्या रेलगाड्यांत मोठ्या आकाराचे १२९३ आरसे बसविले आहेत. या सर्व आरशांच्या पृष्ठभागाचें क्षेत्रफळ २१५००० चौ. फूट इतकें असून या सर्व आरशांचीं तोंडें तळपणाऱ्या सूर्यासमोर सतत राहतील अशी व्यवस्था केली आहे. आरशावर येऊन पडणारे सूर्यकिरण परावर्तन पावून सर्वच्या सर्व मध्यभागीं असणाऱ्या बंबावर जाऊन केंद्रित होतील अशी त्या आरशांची मांडणी केलेली आहे. या रेलगाड्यांना आपोआप गति देण्यासाठी प्रकाशविद्युत्घट[3] या साधनाचा उपयोग या केंद्रांत केलेला आहे.

प्रकाशविद्युत्घट [आकृति १७ पाहा] हें एक असें साधन आहे की ज्यावर कमीअधिक प्रखर असा प्रकाश पाडला असतां, त्यामधून त्याबरहुकूम बदलणारा विद्युत्प्रवाह निर्माण होत जातो. अशा घटांत एका काचेच्या नळींत किंवा फुग्यांत धातूचा एक लहान पत्रा व धातूचेंच एक टोक, एकमेकांपासून अलग अशीं बसवलेलीं असतात. ही नळी एकतर निर्वात तरी करतात नाहीतर त्यामध्ये अल्प प्रमाणांत ॲरगॉन वायु भरतात. नळींतील पत्रा हें ऋण टोक मानून त्यावर सोडिअम्, बेरिअम्, पोटॅशिअम् यासारख्या एखाद्या धातूचा पातळ थर चढवितात. धातु चढविलेल्या या ऋण टोकावर प्रकाश पडतांच त्यामधून इलेक्ट्रॉन बाहेर पडून ते काचेच्या नळींतील दुसऱ्या म्हणजे धन टोकाकडे जाऊं लागतात. नळीबाहेर, विद्युत्घटाच्या साहाय्याने दोन्ही टोकांवर योग्य तो विद्युत्दाब निर्माण केलेला असतोच. नळींतील ऋण

१ वातावरणभार = ॲटमॉस्फीअर्स; २. विद्युत्जनकाचें चक्र = टर्बाइन;
३. प्रकाशविद्युत्घट = फोटोसेल.

टोकावर प्रकाशकिरणांचा मारा होतांच, त्यामधून इलेक्ट्रॉन वाहूं लागल्यामुळे एरवी अपूर्ण असलेलें विद्युत्मंडल पूर्ण होतें.



आकृति १७. प्रकाशविद्युतघट

सूर्योदय होताच, सूर्याचे कोवळे किरण प्रकाशविद्युत्घटावर जाऊन पडतात. प्रकाशविद्युत्घटावर सूर्याचे प्रकाशकिरण पडतांच त्यांपासून वर सांगितल्याप्रमाणे घटांत इलेक्ट्रॉन वाहावयास सुरुवात होते. असे प्रवाही ऋण कण म्हणजे नेहमीच्या अर्थाने विद्युत्प्रवाहच होत. या विद्युत्प्रवाहामुळे, त्या केंद्रांतील स्वयंचलित यंत्रें सुरू होऊन त्यावर रेलगाड्या व इतर यंत्रें फिरावयास सुरुवात होते. अशा तऱ्हेने बाहेरून कोणाचीहि मदत न घेतां सूर्योदयाबरोबर, दररोज केंद्राचें काम सुरु करण्याचें काम सूर्याचे कोवळे किरण बिनबोभाटपणें करतात. रशियांतील हें केंद्र निव्वळ प्रयोगादाखल स्थापन झालेलें नसून, त्याची मदत उद्योगधंद्यांसाठीहि घेतली जाणार आहे. या सौरकेंद्रांत निर्माण होणाऱ्या विद्युत्शक्तीच्या साहाय्याने, खोलगट प्रदेशांत जमिनीच्या पृष्ठभागाखाली साचून राहणाऱ्या पाण्याचा निचरा करण्यांत येईल व हें पाणी शेतीला पुरविलें जाईल. अशा तऱ्हेने पुरविलेल्या पाण्यावर कित्येक हजारो एकर जमीन लागवडीखाली आणली जाईल.

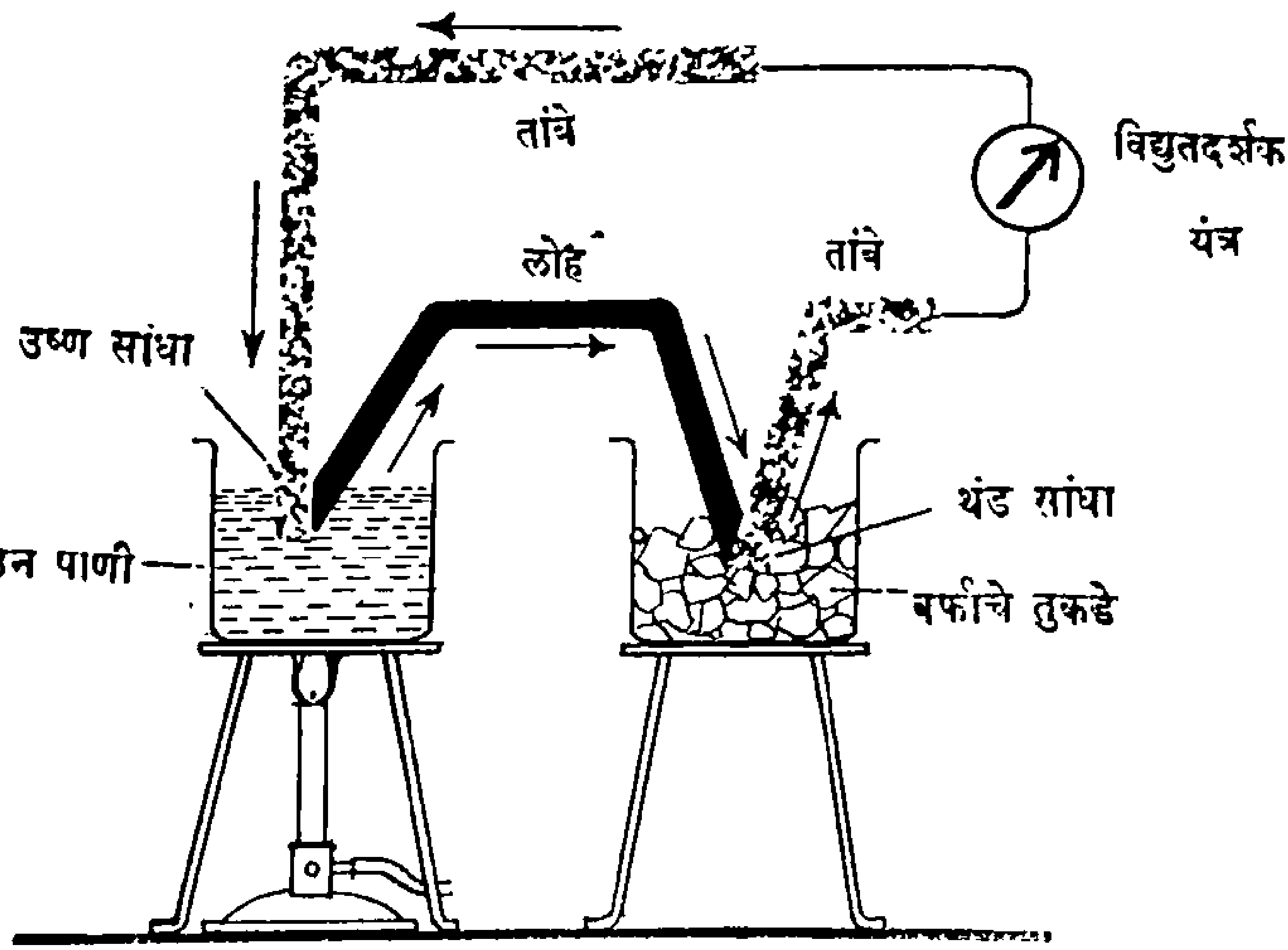
तसेंच केंद्रांतील विद्युत्जनकाच्या चक्रांना फिरवल्यानंतर, बाहेर पडणाऱ्या वाफेचा उपयोग, थंडीच्या दिवसांत आजूबाजूच्या घरांत योग्य तेवढी उष्णता निर्माण करण्यासाठी, स्नानगृहांत गरम पाण्याचा पुरवठा करण्यासाठी, कपडे धुलाईसाठी, अशा नानाविध कामांसाठी केला जाईल.

३०. *सौर विद्युत्घट*[१]

अमेरिकेंत **बेल टेलिफोन कंपनी** या नांवाची जी औद्योगिक संस्था आहे त्या संस्थेने सूर्यकिरणांच्या साहाय्याने प्रत्यक्षपणें विद्युत्शक्ति निर्माण करण्याची एक अभिनव पद्धति शोधून काढली आहे. सिलिकॉन या धातूचा एक स्फटिक किंवा पातळ पापुद्रा घेतात. अशा स्फटिकांत थोड्या प्रमाणांत अशुद्ध आर्सेनिक् हें द्रव्य असतें. या स्फटिकाच्या पृष्ठभागावर अशुद्ध बोरॉन द्रव्याचा एक अतिशय पातळ असा पापुद्रा चढविलेला असतो. या सिलिकॉन स्फटिकाचा व्यास एक इंच इतका असून जाडी ०·४ इंच इतकी असते. असे बरेचसे पापुद्रे, एकाला एक असे सांखळी[२]-प्रमाणे जोडतात. या सिलिकॉनवर सूर्यप्रकाश पडतांच त्याचें रूपान्तर विद्युत्प्रवाहांत होतें. असा हा विद्युत्प्रवाह बराच कमकुवत असतो; कारण स्फटिकावर येऊन पडणाऱ्या एकंदर सूर्यप्रकाशापैकी, फक्त १० टक्के प्रकाशाचेंच रूपांतर विद्युत्शक्तींत होत असतें. मात्र ही क्रिया सूर्यप्रकाशामुळे घडून येते, त्याच्या उष्णतेमुळे घडून येत नाही. त्यामुळे साहजिकच ढग आले असतांनादेखील अशा सौर विद्युत्घटाचें काम बंद पडत नाही. अशा विद्युत्प्रवाहावर टेलिफोन चालविण्याची खटपट, ही औद्योगिक संस्था करीत आहे. कांही अमेरिकन संशोधकांचें म्हणणें असें आहे की, प्रत्येक घराच्या छपरावर १०० चौ. फूट क्षेत्राची वर वर्णन केलेली सिलिकॉन धातूची पातळ अशी चौकट बसविली तर त्यावर पडणाऱ्या सूर्यप्रकाशामुळे उत्पन्न होणारी वीज, त्या घराच्या सर्व विद्युत्विषयक गरजा पुरविण्यास समर्थ ठरेल. अर्थात् या कामीं उपयोगांत आणली जाणारी यंत्ररचना साधी व कमी खर्चाची मात्र असावयास पाहिजे.

१. सौर विद्युत्घट = सोलर बॅटरी; २. सांखळी = सेरीज.

वर वर्णन केलेल्या पद्धतींशिवाय आणखी दुसऱ्याच एका पद्धतीने सूर्याच्या उष्णतेचा उपयोग करून विद्युत्शक्ति निर्माण करतां येते. दोन भिन्न धातूंच्या पट्ट्या घेऊन त्यांचीं दोन्ही टोकें एकमेकांना जोडून दोन सांधे[1] घडवून आणावयाचे. एका सांध्यावर सूर्यकिरण केंद्रित करून त्याचें तपमान वाढवावयाचें व दुसरा सांधा थंड ठेवावयाचा. असें करतांच धातुपट्ट्यांच्या सांध्यांतून विद्युत्प्रवाह वाहूं लागतो. अशा तऱ्हेने निर्माण केलेली विद्युत् म्हणजेच उष्णताजन्य विद्युत्[2] होय [आकृति १८ पाहा].



आकृति १८. उष्णताजन्य विद्युत् देणारे थर्मोकपल्

३१. सूर्यशक्तींतून रासायनिक शक्ति

पाणी हें एक रासायनिक संयुग आहे. पाण्याचा एक थेंब, दोन हायड्रोजन अणु व एक ऑक्सिजन अणु यांच्या संयोगामुळे तयार होतो.

१. धातुसांधे = थर्मोकपल्; २. उष्णताजन्य विद्युत् = थर्मोइलेक्ट्रिक् करंट.

पाण्यांतील हा हायड्रोजन अलग करण्यासाठी, पाण्यावर योग्य त्या प्रमाणांत सूर्यकिरण केंद्रित करून, पाहिजे असलेली क्रिया घडवून आणण्याचे प्रयत्न कांही पाश्चात्त्य शास्त्रज्ञ करीत आहेत. मात्र असे प्रयत्न संपूर्णपणें यशस्वी होतील की नाही हें सांगणें कठीण आहे.

पृथ्वीवर असे कांही भाग आहेत की, जे समुद्राजवळ अगर खाऱ्या पाण्याच्या साठ्याजवळ आहेत, परंतु त्या भागांत गोडें पाणी औषधालाहि मिळत नाही. अशा भागांत मनुष्यप्राण्यांना पिण्यासाठी किंवा जमिनीला शेतीसाठी लागणारें गोडें पाणी पुरविणें जवळजवळ अशक्य होऊन बसतें. परंतु अलीकडे या कामांसाठी सूर्यकिरणांचा उपयोग कांही कांही भागांत केला जाऊं लागला आहे. समुद्राचें पाणी कालव्यावाटे मोठमोठ्या कुंडांत घेऊन त्यावर काचेचीं छपरें उभारून, वरच्या दिशेने येणारे सूर्यकिरण कुंडांतील पाण्यावर पडूं दिले की, त्या पाण्याची वाफ होऊन ती वरवर चढूं लागते. वरवर चढणारी ही वाफ कुंडावरील उतरत्या छपराला जाऊन भिडली की तिचें द्रवीभवन होऊन, त्यापासून गोडें पाणी तयार होतें. गोड्या पाण्याचे थेंब उतरत्या छपरावरून घसरत घसरत खाली येतात आणि त्यांचे प्रवाह स्वतंत्रपणें काढलेल्या पाटावाटे वाहावयास लागून तें गोडें पाणी साठ्यांत जाऊन साचून राहतें. अशा तऱ्हेचें, खाऱ्या पाण्यापासून गोडें पाणी मिळविण्याचें काम उत्तर अमेरिकेच्या पॅसिफिक् किनाऱ्यावरील कांही ठिकाणीं सध्या केलें जात आहे.

अल्जेरियामध्ये एका २५ फूट व्यासाच्या खोलगट आरशाच्या साहाय्याने सूर्याची उष्णता मिळवून व हवेचा दाब वाढवून, हवेंतील नायट्रोजन वायूपासून नायट्रिक आम्ल तयार करण्याचें काम केलें जातें.

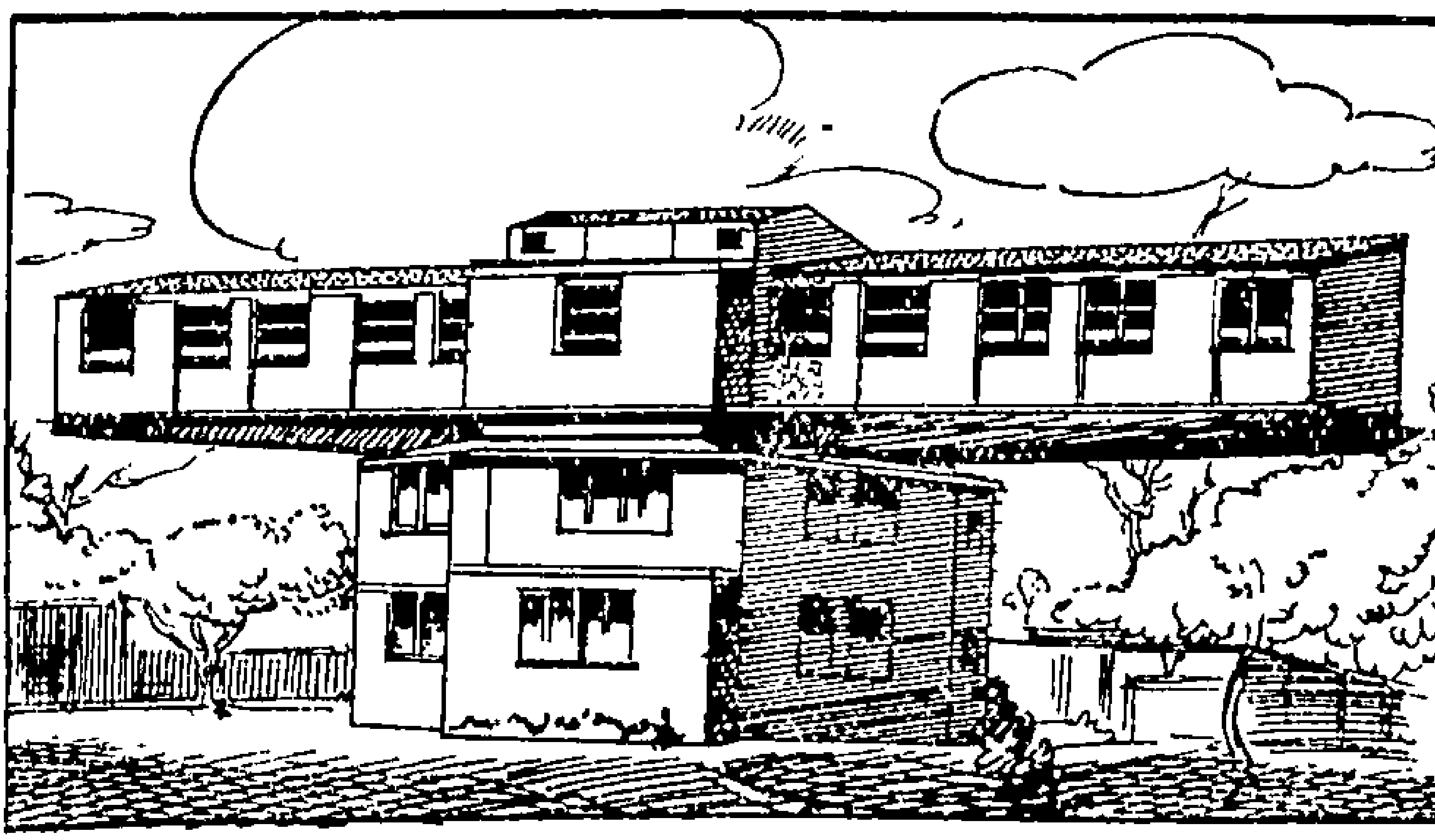
वनस्पतींची वाढ बऱ्याच अंशीं सूर्यप्रकाशावर अवलंबून असतें हें आपण मागे पाहिलेंच आहे. निसर्ग सूर्यशक्तीचा उपयोग वनस्पतींकरवी करीत असतो. दरवर्षी हवेंतून $१७\cdot४\times१०^{१०}$ टन इतका कर्ब पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील सर्व वनस्पति, सूर्यप्रकाशाच्या मदतीने आपल्या वाढीसाठी घेत असतात. कांही जातीच्या वनस्पतींच्या अगर पिकांच्या वाढीचें प्रमाण नेहमीपेक्षा जास्त करण्यासाठी त्यांना कृत्रिम पद्धतीने, नेहमीपेक्षा जास्त प्रमाणांत सूर्यप्रकाश देऊन पाहावा अशा तऱ्हेची कल्पना कांही

शास्त्रज्ञांनी संशोधकांपुढे मांडली आहे. जगाच्या वाढत्या लोकसंख्येला पुरें पडेल इतकें अन्नधान्य जमिनींतून उत्पन्न करणें भविष्यकालांत शक्य होणार नाही असें बऱ्याच शास्त्रज्ञांचें म्हणणें आहे. अन्नधान्याच्या संभाव्य दुष्काळावर उपाय शोधून काढण्याचे प्रयत्न जगांतील संशोधक करीत आहेत. अशाच प्रयत्नांपैकी, विशेष उल्लेखनीय असा प्रयत्न म्हणजे "मातीविना शेती" हा होय. नुसत्या गोड्या पाण्यांत शेवाळ्याप्रमाणें वाढणाऱ्या वनस्पतींची लागवड कांही पाश्चात्त्य संशोधकांनी केली आहे. ही वनस्पति म्हणजे गोड्या पाण्यावर पसरणारी जणू वेलीच ! या वेलीला रुजण्याला किंवा वाढण्याला मातीची गरज नाही. अशा एका वनस्पतीचें नांव '**क्लोरेल्ला**' असें आहे. या वनस्पतीपासून पोषक अन्न तर मिळतेंच, परंतु त्याशिवाय तिचा उपयोग जळण म्हणूनहि होतो. क्लोरेल्लाच्या वाढीसाठी पाण्याच्या मोठमोठ्या टाक्या बांधून, त्यांवर योग्य प्रमाणांत सूर्यप्रकाशाचें सिंचन केल्यास तिची वाढ मोठ्या प्रमाणांत, झपाट्याने करतां येते असें संशोधकांना दिसून आलें आहे. या **क्लोरेल्ला**-मध्ये सर्व अन्नसत्त्वें अगदी भरपूर प्रमाणांत असतात. सर्व जीवनसत्त्वांचा, ही वनस्पति जणू अर्कच होय. **क्लोरेल्ला** ही वनस्पति सूर्यप्रकाशा-पासून मिळणाऱ्या शक्तीचा संचय फार झपाट्याने करूं शकते असें दिसून आलें आहे.

३२. *सूर्यशक्तीने रोगनिवारण*

सूर्यकिरणांचा आणखी ज्या एका अजिबात निराळ्याच अशा क्षेत्रांत उपयोग होतो तें क्षेत्र म्हणजे वैद्यकीय क्षेत्र होय. सूर्यकिरणांमधील लघु-लांबीचे अतिनील किरण व दीर्घ लांबीचे अतिरक्त किरण हे दोन अदृश्य घटक, रोगनिवारणासाठी उपयुक्त असलेले दिसून येतात. सूर्यकिरणांतील सर्वच्या सर्व घटक न गाळतां मनुष्याला दिल्यास त्यांचा उपयोग क्षय, गाठीचा क्षय, कोड, सांध्यांचा क्षय या रोगांवर चांगला होऊं शकतो. संधिवात, दुखणारी सूज यांवर अतिरक्त किरण प्रभावी ठरतात. रोग्याच्या अंगावर अतिरक्त किरण पाडावयाचे झाल्यास सूर्यकिरणांच्या मार्गांत लाल रंगाची काच धरून त्यांना लाल काचेंतून जाऊं देतात. अतिनील किरणांचा उपयोग

कातडीच्या सर्व रोगांसाठी होतो. त्वचेवरचे रोग अतिनील किरणांमुळे तावडतोब दिसतात; कारण नेहमीच्या सूर्यप्रकाशांत नुसत्या डोळयांना न दिसणाऱ्या कांही गोष्टी ह्या किरणांच्या साहाय्याने चटकन् दिसतात. जनरल बाथ, इसब, आंतड्याचा, हाडाचा क्षय वगैरे रोगांसाठी हे अतिनील किरण देतात. या अतिनील किरणांचा रासायनिक परिणाम होतो. ह्या त्यांच्या अंगच्या गुणामुळे रोगनिदानासाठीहि हे किरण उपयुक्त ठरतात. फक्त हे किरण रोग्याच्या अंगावर पाडावयाचे झाल्यास सूर्यकिरणांना जांभळ्या काचेंतून येऊं देतात. हे किरण रोग्याच्या डोळयावर पडूं नयेत म्हणून रोग्याच्या डोळयांना काळया रंगाच्या काचांचा चष्मा घालणें जरूर असतें.



आकृति १९. जामनगर येथील सूर्यकिरणघर

सर्व तऱ्हेचे पक्षाघात--चेहऱ्याचासुद्धा--पोलिओ, मुडदूस, कानाचे कांही रोग, नाक, घसा यांचे कांही रोग, या सर्वांवर सूर्यकिरणांच्या साहाय्याने उपचार करतां येतो. आपल्या भारतांत बाकी कित्येक गोष्टींचें दारिद्र्य असलें तरी सूर्यप्रकाशाच्या बाबतींत मात्र आपण चांगलेच श्रीमंत आहोंत. थोडक्या खर्चांत वर सांगितलेल्या रोगांवर सूर्यप्रकाशाच्या साहाय्याने उपचार करतां यावा, म्हणून भारतांत जामनगर येथे एक

सूर्यकिरणघर[1] बांधलेलें आहे. सर्व जगांत फक्त दोन सूर्यकिरणघरें आहेत. त्यांपैकी एक फ्रान्समध्ये **एलूवेन** येथे असून दुसरें भारतांत **जामनगर** येथें आहे [आकृति १९ पाहा].

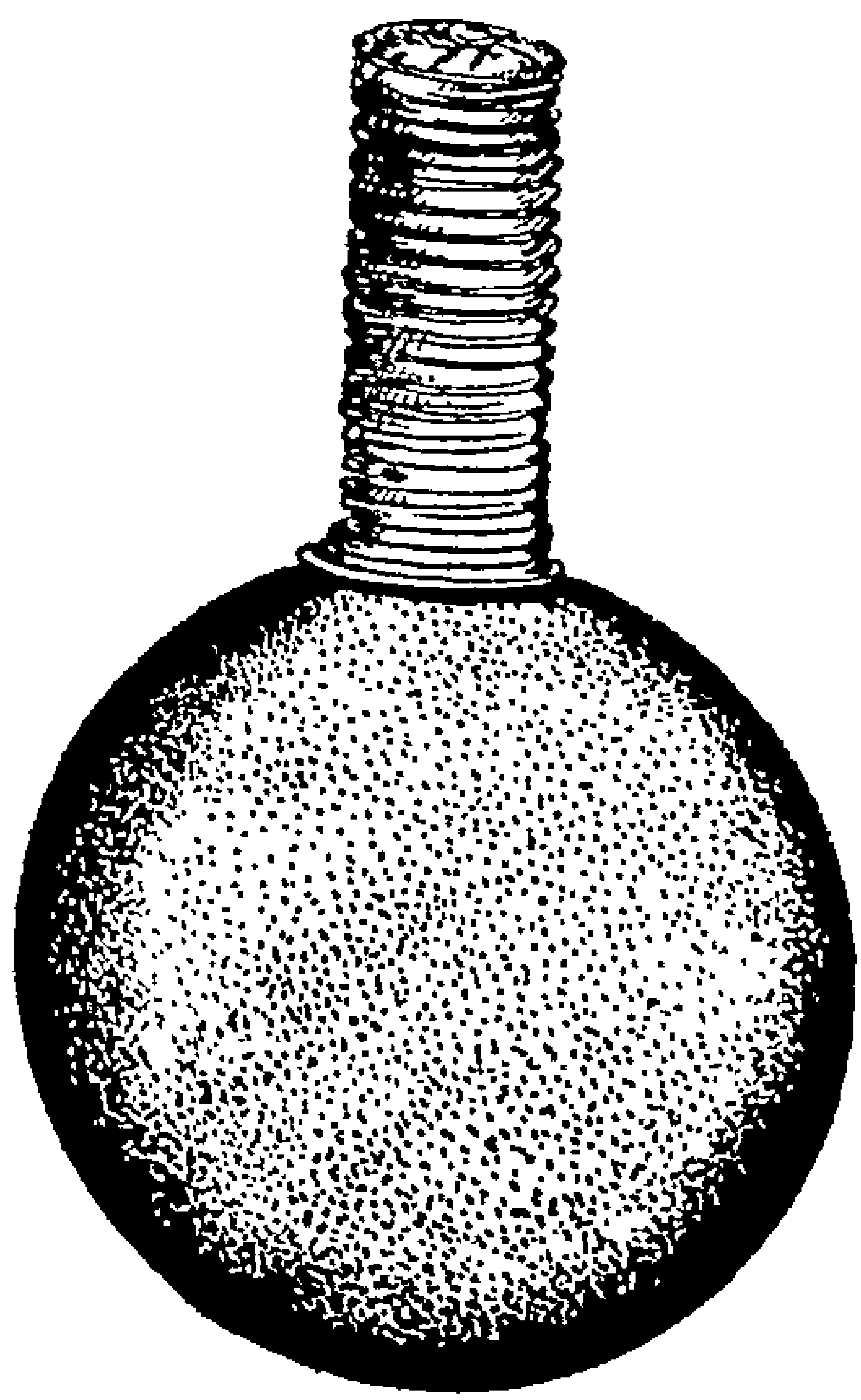
३३. *प्रकाशवर्णचिकित्सा*

सूर्यकिरणांत निरनिराळ्या रंगांचे जे घटक आहेत त्यांच्या मदतीने मनुष्याला जडणाऱ्या व्याधि किंवा रोग बरे करण्याची एक निराळीच वर्ण-चिकित्सा[2] पद्धति **डॉ. बॅबिट** या अमेरिकन संशोधकांनी शोधून काढलेली आहे. **डॉ. बॅबिट** यांच्या मतें, सूर्यप्रकाशांतील विशिष्ट रंगांच्या प्रकाश-किरणांमध्ये विशिष्ट रोगांवर उतारा देण्याचे गुण असतात. उदाहरणार्थ, निळ्या रंगाचे किरण अतिसार, हगवण, घशाचे रोग या व्याधींवर गुणकारी

आकृति २०. क्रोमोडिस्क

1. सूर्यकिरणघर = सोलेरियम्; 2. वर्णचिकित्सा = क्रोमोथेरपी.

ठरतात. पीत रंगाचे किरण बद्धकोष्ठ या रोगावर, तसेच लिव्हर, मूत्राशय, आंतडीं यांच्या रोगांवर गुणकारी ठरतात. किरमिजी रंगाचे किरण अपचनावर गुणकारी ठरतात. तांबड्या रंगाचे किरण संधिवात, पंडुरोग यांवर परिणामकारी ठरतात. सूर्यकिरणांतील फक्त पाहिजे असलेल्या घटकांचाच मारा मनुष्याच्या शरिरावर करविण्यासाठी, डॉ. **बॅबिट** यांनी निरनिराळ्या तऱ्हेचीं साधनें मुद्दाम तयार करवून घेतलीं आहेत. अशांपैकी कांही साधनें म्हणजे क्रोमोडिस्क [आकृति २० पाहा], क्रोमोलेन्स [आकृति २१ पाहा] व थर्मोल्यूम [आकृति २२ पाहा] हीं होत.

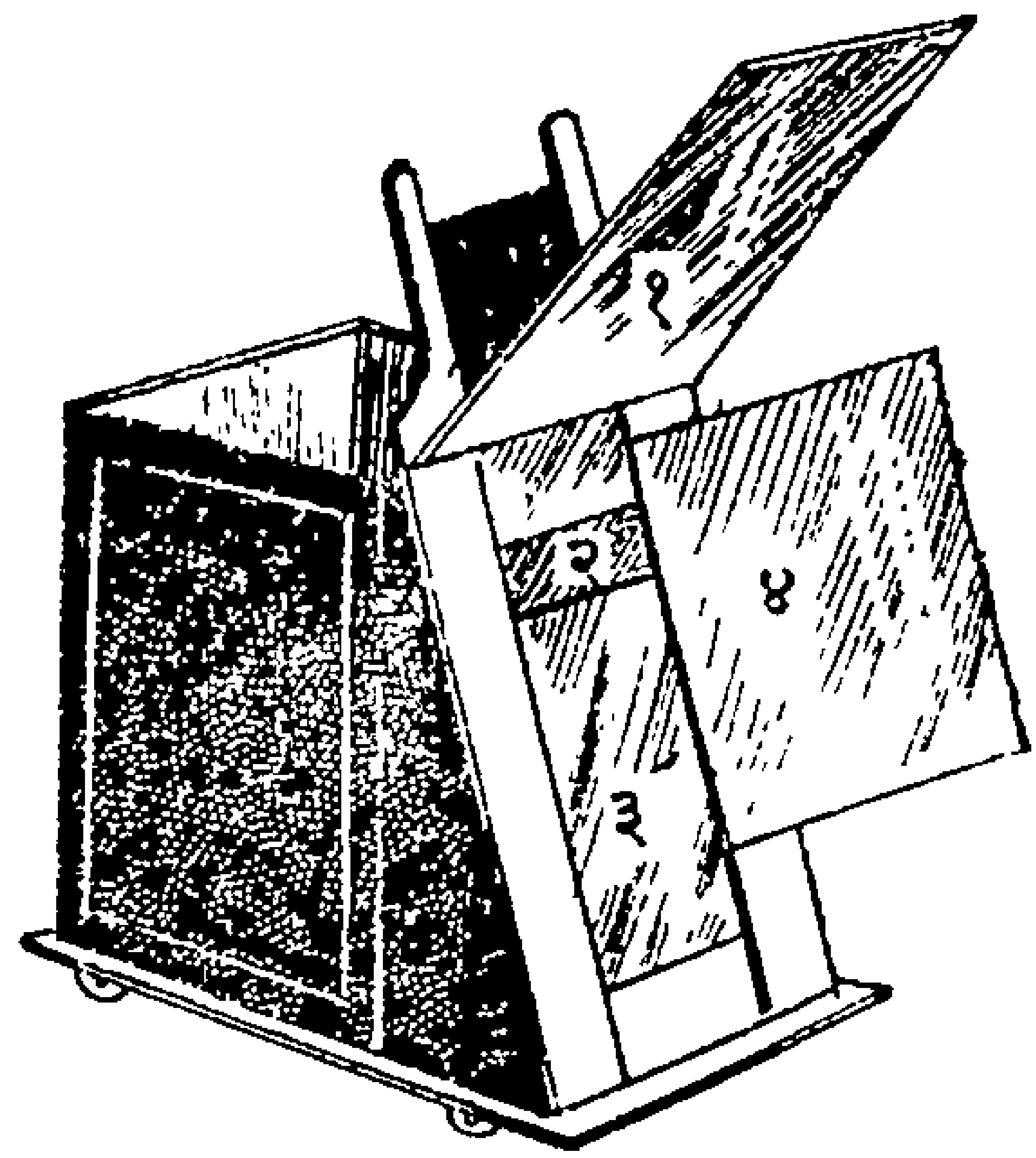


आकृति २१. क्रोमोलेन्स

क्रोमोलेन्स म्हणजे बहिर्गोल[1] कांचेची एक सुरई किंवा चंबूच होय. निळ्या, पिवळ्या, किरमिजी, तांबड्या रंगांच्या कांचेच्या बाटल्यादेखील

१. बहिर्गोल = कॉन्व्हेक्स.

क्रोमोलेन्सऐवजी वापरतां येतील. अशा बाटल्यांमध्ये साधें पाणी भरून ठेवून त्या बाटल्या सूर्यप्रकाशांत एक तास अगर जास्त कालपर्यंत ठेवतात.



१ वरच्या बाजूचा परावर्तक २ रंगीत कांच
३ जाड फ्रेंच सपाट कांच ४ बाजूचा परावर्तक

आकृति २२. थर्मोल्यूम

निळी काच म्हणजे एकप्रकारें, निळया रंगाचे किरण गाळणारें सूर्यप्रकाशाचें गाळणेंच होय. अशा निळया काचेमधून फक्त निळया रंगाचे किरणच बाटलींतील पाण्यावर येऊन पडतात व पाण्याला योग्य ते औषधी गुणधर्म प्राप्त करून देतात. अशा बाटल्यांतील पाणी, औषधाप्रमाणे थोड्या थोड्या प्रमाणांत रोग्यास दिल्यास, विशिष्ट रोग कमी होण्यास मदत होते असें या उपचारपद्धतीच्या पुरस्कर्त्यांचें म्हणणें आहे. या क्षेत्रांत संशोधन करणाऱ्या तज्ज्ञांचें म्हणणें असें आहे की, सूर्यकिरणांतील निरनिराळया रंगांच्या किरणांचा मारा पाण्यावर स्वतंत्रपणें केला असतां, अशा पाण्यांत अतिशय सूक्ष्म प्रमाणांत विशिष्ट द्रव्यें तयार होत जातात. उदाहरणार्थ, पाण्यावरील पीत किरणांच्या माऱ्यामुळे पाण्यांत लोह, फॉस्फरस, सोडिअम, कर्ब इत्यादि द्रव्यें तयार होतात. तांबड्या रंगाच्या किरणांच्या माऱ्यामुळे

पाण्यांत स्ट्रॉंशिअम्, जस्त, बेरिअम्, रुबिडिअम्, लोह इत्यादि द्रव्यें तयार होतात. निळया रंगाच्या किरणांच्या माऱ्यामुळे पाण्यांत गंधक, तांबें, क्लोरिन, निकेल, कोबाल्ट, मॅंगेनिज, कॅडमिअम् इत्यादि द्रव्यें तयार होत जातात.

वर वर्णन केल्याप्रमाणे, विशिष्ट रंगांच्या किरणांचा मारा केलेलें पाणी, पोटांत घेण्याऐवजी, सूर्यप्रकाशाच्या झोतामध्ये तांबड्या, निळया, पिवळया, किरमिजी अशा रंगांच्या काचा धरून त्यांमधून गाळून येणारे विशिष्ट रंगांचे प्रकाशकिरण शरिराच्या रोग झालेल्या भागावर पाडले तरी-देखील रोगाचें निवारण होण्यास मदत होते असें डॉ. बॅबिट यांनी दाखवून दिलें आहे. या कामासाठी थर्मोल्यूम या साधनाचा उपयोग करतां येतो.

पृथ्वीपासून नऊ कोटि तीस लक्ष पांचहजार मैल एवढ्या अंतरावर असूनदेखील सूर्यासारखा महान् तेजस्वी तारा, पृथ्वीवरील विविध स्वरूपाच्या घडामोडींवर निरनिराळया प्रकारें नियंत्रण घालीत असतो. सूर्याच्या अंतरंगांत ठराविक कालाने खळबळी उडून प्रचंड वादळें निर्माण होतांच, त्यांचे परिणाम व पडसाद आपल्या पृथ्वीवरील कांही घटनांमध्ये उठलेले दिसतात. सूर्यामध्ये ठराविक कालानंतर होणारीं डाग, उद्रेक, दिवट्या यांसारखीं स्थित्यंतरें व पृथ्वीवरील आपलें भौतिक जीवन यांचे अन्योन्यसंबंध ज्या वेळेस अतिशय स्पष्ट अशा स्वरूपांत आपल्याला माहिती होतील त्या वेळेस आपलें जीवन अधिक सुखकर होण्यास मदत होईल असें म्हटल्यास चूक होणार नाही.

मराठी ग्रंथ संग्रहालय
दा. क्र. १०२०२
सं.

उपयुक्त वाचनीय ग्रंथ :

(१) "The Sun" *by* Giorgio Abetti
Translated *by* Alexandre Zimmermann and Frans Borghouts.
Publishers :—Crosby Lockword and Son Ltd., Stationer's Hall Court E. C 4, 1938.

(२) "Our Sun" *by* Donald H. Menzel
Publishers :—The Blackiston Company, Philadelphia, Toronto, 1949.

(३) "The Sun" *by* C. A. Young
Publishers :—London, Kegan Paul, Trench Trübner & Company Ltd., Fourth Edition, 1892.

(४) "The Birth and Death of the Sun" *by* George Gamow
Publishers :—The Viking Press, New York, 1946.

(५) "The Principles of Light and Color" *by* Edwin D. Babbit. Second Edition, 1896.
Published by the author at the College of Fine Forces East Orange, New Jersey, U. S. A.

(६) "Sunspots and their Effects" *by* Harlan True Stetson
Publishers:—Whittlesey House, a division of the McGraw Hill Book Coy. Inc.,
Published for the Scientific Book Club, 121, Charing Cross Road London W. C. 2; England
Third Printing, 1937.

(७) "ज्योतिर्विलास अथवा रात्रीची दोन घटका मौज"
लेखक :—कै. ज्योतिर्विद् शं. बा. दीक्षित
संपादक व प्रकाशक :—श्री. रा. शं. दीक्षित, पुणें.
आवृत्ति सहावी, १९४८.

(८) "सूर्यावरील डाग"
लेखक :—प्रा. ना. वा. कोगेकर
स्वाध्याय माला पुष्प १६०,
अ. वि. गृह प्रकाशन पुणें–२.

सूची

अणु
केंद्र १७, ३०
बॉम्ब २२
रचना १७, ३०
व्यास ३१
शक्ति ३२, ७७, ७८
अतिनील किरण ९, ११, ५७, ७१, ७३, ९४, ९५
अतिरक्त किरण १०, ११, ९४, ९५
अनुचर ३८
अन्वस्तिक पृष्ठभाग ८४
अयनावरण ५१, ५५, ५७, ७१
अर्ग ८०
अर्धायुष्य ७८
अर्मेनिया ८८
अल्जेरिया ९३
अश्वशक्ति ८०
ॲपेल्टन् ५२
ॲबट ८७
ॲरगॉन ८९
ॲरिझोना ६९
आइनस्टाइन–समीकरण ३३
—सापेक्षवाद १५
आराराट ८८
आर्सेनिक् ९१
आल्फा ७७
आंतरिक्षीय किरण ९, ११
ऑक्सिजन ८, ९२
ऑरोरा ऑस्ट्रेलिस् ६१
ऑरोरा ब्युरेलिस् ६१
इजिप्त ६२
इलेक्ट्रॉन १७, ३०, ३१, ५३, ६३, ७१, ७२, ८९, ९०
इस्रायल ८२
इंग्लंड ७६, ८२
उत्तर अमेरिका ६१
उद्रेक ४, ७, ६१, ९९
उपछाया ४१
उल्का २९
उष्णताजन्य विद्युत् ९२
ऋणदल ५३, ५४, ५७
एकक ८०
एडिसन् पेटिट ७१
एल्बेन ९६
ओझोन वायु १२
कर्क ९३, ९८
कार्बन–नायट्रोजन चक्रक्रम ३५
कार्बनपूरित युग १३
कार्बन-डाय-ऑक्साईड ८
कार्ल स्टोर्मर ६०
क्लार्क मॅक्सवेल १०

किरणोत्सारी मूलद्रव्यें ७७
किरीट २३
कुल्मर ६६
केनेली ५१
कॅलिफोर्निया ८३
क्लेटन ६५
कोड ९४
कोन ५६
कोरोनाग्राफ २३
क्रोमोथेरपी ९६, ९७, ९८
क्रोमोडिस्क ९६, ९७
क्रोमोलेन्स ९७
क्लोरेल्ला ९४
क्लोरोफिल् द्रव्य ८
खनिज तेल १३
गाऊस ४६
गामा किरण ९, ११, ७७
गॅलिलिओ १९, ४०, ४१
ग्रहमालिका उपपत्ति ३
चर्चिल ५९
चंद्र ५
चिझेवस्की ७३
चुंबकीय वादळें ५६, ५७, ५९, ६१, ६२, ६४
चुंबक सुई ५६
छत ५३, ५५, ५७
छाया ४१
छायाचित्रणपेटी १६
जपान ७६, ८२
जमिनीची धुपणी ८६
जळण ९४
जामनगर ९५
जीवनसत्त्वें ९४
जेफ्रिज ३
जेम्स जीन्स ३
टेक्सस् ८३
टेलिग्राफ ५०, ५८, ५९
टेलिफोन ५०, ५८, ५९
ट्रान्स-अटलांटिक टेलिफोन, टेलिग्राफ ५८
ट्रिटॉन ३६
डगलस् ६९
डाईन ४३, ८०
डार्विन ३
'डी' जीवनसत्त्व १०
ड्यूटेरॉन ३६
तरंग
ध्वनि ५४
नभोवाणी ५०–५५
तत्स्थानीय ३६
तारायंत्र ५८
तेज ६३
त्रिधारी लोलक ९, १६
थर्मोपंप ८६
थर्मोकपल् ९२
थर्मोल्यूस ९८

थालिअम् ७७
थोरीअम् ७७
दगडी कोळसा १३, ७६, ७७
दिवट्या ४८, ४९, ९९
दिल्ली संशोधनशाला ८५, ८६
दीप्तिगोल २२, २३, ४८
दुर्बिण १५, २०
दुसरें महायुद्ध ७३
धनदल ५३, ५४, ५७
ध्वनितरंग ५४, ५८, ५९
ध्वनिक्षेपण ५१, ५५
धूमकेतू ६, २२, २९
ध्रुव ५५, ५६, ६४
ध्रुवप्रदेश ७
ध्रुवप्रकाश ६०, ६१, ६३, ६४
ध्रुवप्रदेशांतील रहिवासी ८
नभोवाणी तरंग ५१, ६४
नायट्रोजन ८, ९३
नायट्रिक आम्ल ९३
निकेल् ५७
निसर्गाच्या वेधशाळा ६७
न्यूटन ६, १४
न्यूट्रॉन ३२, ७८
नेपच्यून ४०
पलटपातळी २३
पर्ल बंदर ६१
प्रकाशशक्ति १७
प्रकाशविद्युत्घट ८९, ९०
प्रकाशवेग ३३
प्रकाश देखावे ६०, ६२, ६३
पुढारी ३८
प्लूटो ४
पृथ्वीवरील पावसाचें प्रमाण ७, ६६
पृथ्वीवरील हवामान ६, ६५
पेट्रोल १३
पॅसिफिक महासागर ५, ६७, ९३
प्रोटॉन ३२, ७१, ७२
पोटॅशिअम् ८९
फ्रान्स लिपरशे १६
फ्राऊनहोफर १८
फेलिक्स ट्रॉंबे ८८
फॅक्युला ४९
फ्यूजन ३२
फ्लोरिडा ८३
बर्कनेस् ४५
बर्फाचे डोंगर ६५
बहिर्गोल कांच ९७
बॅबिट ९६, ९७, ९९
बीटा ७७
बुंध्यावरील वर्तुळें ६८
बेथे ३४
बेल् टेलिफोन कंपनी ९१
बेरिअम् ८९
बोड ४
बोरॉन् ९१
बंगालचा उपसागर ६७

भारत ६२
भौतिक जीवन ९९
माऊंट पॉलोमर दुर्बिण १५
माऊंट विल्सन् ७१
माऊंट लुई ८८
मातीविना शेती ९४
माटा ७३
मायकेल् फॅरेडे ५८
मूलद्रव्य १७, ३०
यामलो ७२
युरेनिअम् ३०, ७७, ७८
रशिया ८८, ९०
रिकेटस् १०
रुझवेल्ट ५९
रेणू १२
रेडिअम् ७७, ७८
रेडिओ तरंग १०, ११, ५३
रोझेलँडस् ४५
लाप्लास ३
लोखंड ५७
लोहचुंबक ४५, ४६, ५५, ५६, ६४
—चकचकीत रेषा १६, १८
—काळ्या रेषा १८
—पलटीकरण १९
वर्णगोल २२, २३, ४८
वर्णचिकित्सा ९६, ९७, ९८
वर्णपट १६, १८, २०, २१
वर्णादर्श १५, १९, २०
वनस्पतिजीवन ६७, ६८
वनस्पति साखर ८
वराहमिहिर ४०
वाईझेकर ४, ३४
वातावरण ६४
वादळ ७, ४६, ५३, ५६, ६१, ६४, ६६
वातावरणभार ८९
वॉशिंग्टन् ६१
विद्युत्-चुंबकीय प्रारण १०, ११, ५३
विद्युत्-वाहक ५३
विद्युत्-जनकाचीं चक्रें ८९
विद्युत्-घट ५७, ८०
विद्युत्-प्रवाह ५८, ५९
विषुववृत्त ७
विंडसर ६०
वूल्फ ४३, ६६
वॅट ८०, ८९
शक्ति ६३
शक्तिवेग ८०
शाफनर ७३
श्वाब ४४
शिसें ७७
शेणखत ८६
शेवाळी वनस्पति ९४
शोधदीप ६१
सल्फर-डाय-ऑक्साईड ८३
सागर ५४

सॉयर ७२
सिलिकॉन ९१
सिंगापूर ६२
स्वित्झरलंड ७६
स्मिथसोनिअन् संस्था ८७
सूर्य
—चित्राचें वर्णन १
—सर्व शक्तींचें मूळ २
—शक्तीचीं भूगर्भांतील कोठारें २३, ७४, ७६
—चंद्राचा जन्मदाता ५
—वस्तुसंचय ६, २१
—पृथ्वीवरील हवामान घडविणारा ६, ७
—गुरुत्वाकर्षण ६
—पृष्ठभाग ३८
—पृथ्वीवरील पावसाचें मूळ ७, ८
—वनस्पतींच्या वाढीसाठी जरुरी ८, ९३
—मनुष्यप्राण्यांच्या जीवनाला आवश्यक ९, ७१
—रोगनिवारणासाठी उपयुक्त ९४
—किरणघर ९५, ९६
—दृश्यप्रकाश ९
—किरणांची तरंगलांबी ९
—तारा २१, ९९
—त्रिज्या २१
—आकारमान २१
—घनता २१
—तपमान २२, २७
—भ्रमणकाल ४३
—काळे डाग २४, ३८, ४१
—दाब २५
—उष्णतेचें मूळ २७, २९, ३२, ३४
—अंतकाल ३६, ३७
—तेजस्वीपणा ३७, ३८
—शक्तीचे उपयोग ७५, ७९, ८१, ८३, ८६, ९०, ९२, ९४, ९६
सूर्यावरील वादळें ४६, ५३
स्पेक्ट्रोहेलिओग्राफ १५, २०, ४५
सैबेरिया ६१
सोडिअम् ८९
सोलर-कुकर ८५
स्पोरर ४४
सोलेरिअम ९५, ९६
सौर उष्णतामापक १५, १९
सौरडाग
सौर दर्पण ८८
सौर पाकयंत्र ८५, ८६
सौर विद्युत्‌घट ९१
—तपमान ४२
—क्षेत्रफळ ४२
—हालचाल ४२
—आयुष्य ४३
—संख्या ४४
—चक्राचा काल ४४
—लोहचुंबकीय क्षेत्र ४५, ४६

सौरडागांचे परिणाम
—नभोवाणी तरंगांची वाहतूक ५०–५५
—पृथ्वीवरील चुंबकीय वादळें ५५–५९
—ध्रुवप्रकाश देखावे ६०–६४
—पृथ्वीचें हवामान ६५
—पृथ्वीवरील बर्फाचें प्रमाण ६५
—बर्फाचे डोंगर ६५
—पृथ्वीवरील पावसाचें मान ६६
—पृथ्वीवरील वादळें ६६, ६७, ९९
—सरोवरांतील पाण्याची पातळी ६७
—वनस्पति-जीवनावर ६७, ६९
—प्राणि-जीवनावर ७०, ७१
—मानवी जीवनावर ७१
—आर्थिक घडामोडींवर ७३, ७४
—राजकीय क्षेत्रांमधील घटनांवर ७३
हवामान ६, ७, ६४
हायड्रोजन् ३०, ३४, ३६, ९२
हायड्रोजन् बॉम्ब २२
हिंदी महासागर ६७
हिरोयामा ४०
हेल् २०, ४५
हेलिअम् ३४, ३६
हेल्महोल्टझ २७
हेविसाईड ५१
क्ष-किरण ९, ११,
क्षय १०, ९४
क्षिप्रता ५१