दिवसाउजेडीचे खगोलशास्त्र

सूर्य–पृथ्वी प्रयोग
कृती कार्डे

संकल्पना व लेखन

डॉ. विवेक मॉंटेरो, गीता महाशब्दे, प्रियंवदा बारभाई

नवनिर्मिती

मसुदा प्रत

दिवसाउजेडीचे खगोलशास्त्र: सूर्य–पृथ्वी प्रयोग कृती कार्डे

विनानफा शैक्षणिक कामासाठी हे पुस्तक जसेच्या तसे भाषांतरित, प्रकाशित, वितरित करण्याचा हक्क कोणाही व्यक्ती / संस्थेला देण्यात येत आहे. याच प्रकारच्या कॉपीलेफ्ट सूचनेसह ते केले पाहिजे.

मूळ कामाच्या नामोल्लेखाचे स्वागत आहे.

बाकी सर्व हक्क मूळ लेखकांकडे सुरक्षित : डॉ. विवेक माँटेरो, गीता महाशब्दे, प्रियवंदा बारभाई आणि नवनिर्मिती

लेखक संपर्क : vivekmonteiro@yahoo.com
geeta_uam@yahoo.com
priyanvada@gmail.com

पहिली आवृत्ती : २००८

नवनिर्मिती
डिस्कवर इट, तिसरा मजला, प्रियदर्शनी अपार्टमेंटस,
पद्मावती पथ, आय. आय. टी. मार्केट गेटसमोर,
पवई, मुंबई – ४०००७६
(०२२)२५७८६५२० टेलिफॅक्स – २५७७३२१५
navnirmiti@yahoo.com

नवनिर्मिती पुणे
गुणवत्ता, उमेद, ५६४ ब, शनिवार पेठ, रमणबाग चौक,
ॲक्सिस बँक ए. टी. एम. शेजारी, पुणे – ४११०३०
(०२०)२५४४२७९४, २४४७१०४०
navnirmitipune@yahoo.com

www.navnirmiti.org
www.sunderstanding.net

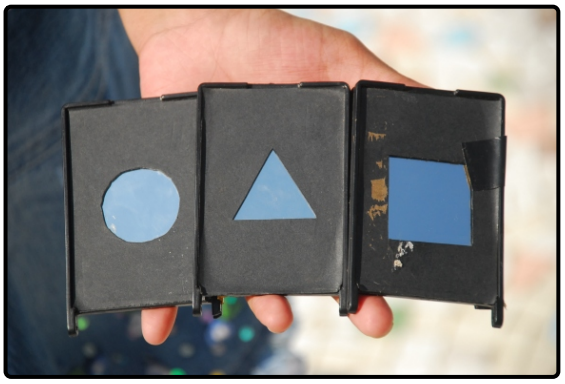
१ जादूई आरशाचे प्रयोग

१.१ आरशाचे कवडसे

एक छोटा आरसा उन्हात धरून त्याने कवडसा पाडा. वेगवेगळ्या जागी कवडसे पाडायचा प्रयत्न करा.

दिवा किंवा ट्युबलाईटच्या प्रकाशात रात्री तुम्हाला असा कवडसा पाडता येतो का?

१.२ जादूई आरसा बनवा :



चौकोनी, त्रिकोणी आणि गोल आकारांचे तीन छोटे आरसे घ्या. तुमच्याकडे जर एकच आरसा असेल तर ? अशा आकारांचे आरसे तुम्ही कसे मिळवाल ?

सोपं आहे... तुम्हाला पाहिजे त्या आकाराचं भोक असलेले कागद तुमच्या आरशावर लावा.

१.३ जादूई आरशाचा प्रयोग :

गोल आरसा उन्हात धरा. तुमच्या समोर उभ्या असलेल्या मित्राच्या किंवा मैत्रिणीच्या शर्टावर कवडसा पाडा. कवडसा कोणत्या आकाराचा आहे?

चौकोनी आणि त्रिकोणी आरसा घेऊन हाच प्रयोग पुन्हा करा.

चौकोनी आरशाचा चौकोनी कवडसा मिळतो आणि त्रिकोणी आरशाचा त्रिकोणी.

आणि गोल आरशाचा गोल.

१.४ आता या तीनही आरशांनी लांब अंतरावरच्या भिंतीवर (साधारण २० मीटर अंतरावर) कवडसे पाडा. काय दिसते?

लांब अंतरावर पाडलेल्या कवडशांचे आकार कसे आहेत?

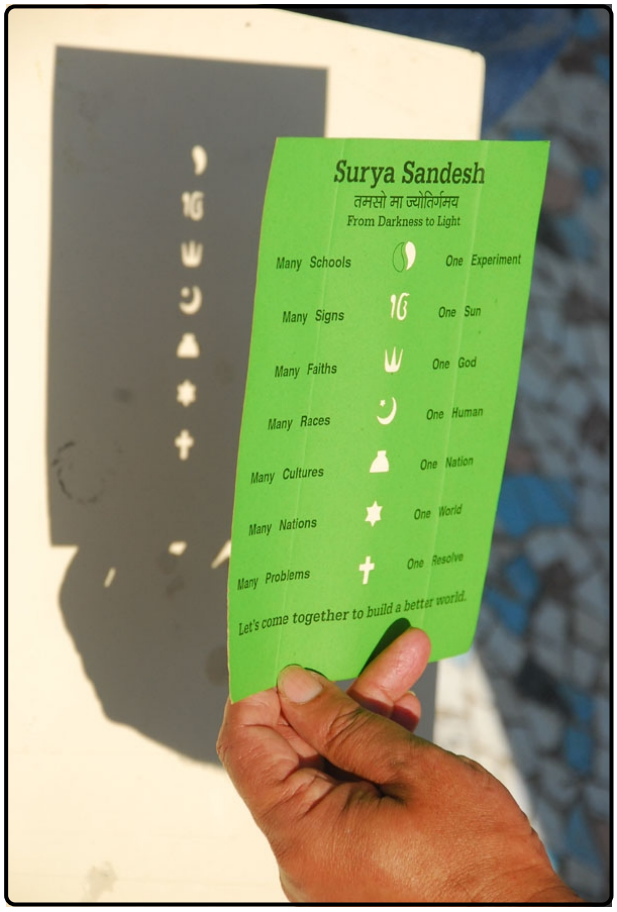
आरसा चौकोनी, त्रिकोणी अशा कोणत्याही आकाराचा असला तरी लांब अंतरावर पाडलेला कवडसा गोलच आहे. **असे का?**

या प्रश्नाचं उत्तर कृती कार्ड २, ३ व ४ मध्ये आहे.

निरनिराळ्या आकारांचे आरसे वापरून हे तपासून पहा.

जवळ पडणारा त्रिकोणी कवडसा अंतर वाढताना हळूहळू गोल कसा बनत जातो त्याचे निरीक्षण करा.

२ सूर्यसंदेश कार्ड



२.१

हे कार्ड उन्हात जमिनीजवळ धरा.

जमिनीवर पडलेल्या सावलीचे निरीक्षण करा.

कार्डावरची निरनिराळी चिन्हे जमिनीवर उमटलेली तुम्हाला दिसतील.

आता हे कार्ड सूर्याच्या दिशेला हळूहळू वर न्या. जितकं उंच नेता येईल तितकं.

ती सगळी चिन्हं एकसारखी होतात. प्रकाशाचे गोल. आपल्या रूंदावणाऱ्या जाणीवांचे प्रकाशगोल. आणखी उंच गेल्यावर ते सगळे गोल एकमेकांना स्पर्श करतात. एकतेचा, एकत्र येण्याचा संदेश देत... मानव म्हणून, धर्मनिरपेक्ष भारताचे आणि धरित्रीचे नागरिक म्हणून आपण सारे मुळातून एक असल्याचा संदेश देत..

असं का होतं?

हा चमत्कार नाही, तर हा एक वैज्ञानिक आविष्कार आहे. जमिनीवर दिसणारे प्रकाशगोल म्हणजे सूर्याच्या प्रतिमा आहेत.

म्हणून कार्डावरच्या कवितेत 'अनेक चिन्हे, एक सूर्य' असे आहे. सूर्य गोल आहे म्हणून त्याच्या प्रतिमाही गोल आहेत.

याला पिनहोल प्रोजेक्शन किंवा सूचीछिद्र कॅमेऱ्याचं तत्व असं म्हणतात.

निसर्गातले पिनहोल प्रोजेक्टर्स

झाडाच्या सावलीतला सूर्यदर्शक

ऊन पडलेलं असताना, झाडाच्या थंड सावलीत, जमिनीवर, तुम्ही काही प्रकाशाचे गोल इकडे तिकडे पसरलेले पाहिले आहेत का?

हे प्रकाशाचे गोल म्हणजे आकाशातल्या प्रखर वस्तूच्या प्रतिमा आहेत.

पिनहोल कॅमेऱ्याच्या तत्वानुसार या प्रतिमा तयार होतात. हे समजून घेण्यासाठी पुढील प्रयोग करा :

साधारणपणे पोस्टकार्डाच्या मापाचं एक कार्ड घ्या. त्याच्या मध्यभागी एक लहानसं भोक पाडा (साधारण ५ मिमी व्यासाचं.) आकृती पहा. तुमच्या सूर्य प्रयोगशाळा किटमध्ये एक असे कार्ड आहे. या साध्या उपकरणाच्या मदतीने तुम्हाला डार्करुममध्ये प्रखर वस्तूंच्या प्रतिमा घेता येतील. (टीप : या लहान भोकाला पिनहोल म्हणतात, पण खरं तर ते पिनेपेक्षा बरंच जाड आहे.)

३.१ ट्युबलाईटची प्रतिमा मिळवणे :

रात्री, अंधार असताना, फक्त एक ट्युबलाईट चालू ठेवून बाकी सगळे दिवे बंद करा. ट्युबलाईटपासून सर्वात दूर असलेल्या भिंतीजवळ उभे रहा. पिनहोल असलेलं तुमचं कार्ड भिंतीपासून सुमारे १५ सेमी अंतरावर धरा. कार्डाच्या सावलीत तुम्हाला ट्युबलाईटची धूसर प्रतिमा मिळेल.

३.२

हाच प्रयोग तुम्हाला एका अंधाऱ्या खोलीत आणखी वेगळ्या प्रकारे करता येईल. यावेळी तुमची प्रखर वस्तू असेल एक प्रकाशित उघडी खिडकी. ही सोडून बाकी सर्व अंधार असेल. तुम्हाला खिडकीसमोरच्या भिंतीवर खिडकीची उलटी प्रतिमा दिसेल.

३.३

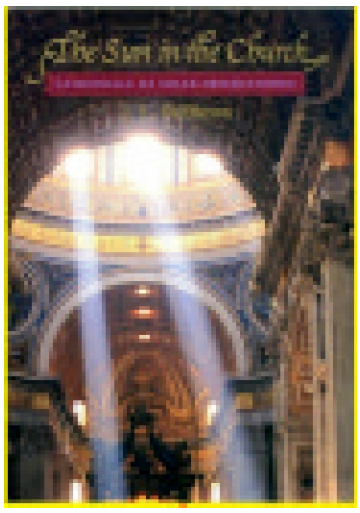
आता आपल्याला झाडाच्या सावलीत दिसणाऱ्या प्रकाशाच्या गोलांचा अर्थ समजेल. पानांमधल्या जागांनी पिनहोलचं काम करून पाडलेल्या त्या गोल सूर्याच्या गोल प्रतिमा आहेत. वाऱ्यानं पानं हलली, की एका जागचे गोल नाहीसे होतात आणि नवीन जागी दिसतात.

३.४

रेल्वे स्टेशनसारख्या उंच छपरे असलेल्या इमारतींमध्येही आपल्याला जमिनीवर असे प्रकाशाचे गोल दिसतात. छताच्या पत्र्यांना असलेल्या छोट्या भोकांमुळे या सूर्यप्रतिमा तयार होतात.

३.५

पहिले सूर्यदर्शक हे असेच पिनहोल कॅमेरे होते, अंधाऱ्या उंच इमारतींच्या छतांच्या भोकांमधून सूर्याची प्रतिमा जमिनीवर घेणारे. दिल्लीच्या जंतरमंतरमध्ये एक अशी पिनहोल प्रोजेक्टर्सची खोली आहे. युरोपमध्ये, विशेषतः इटलीमध्ये असे सूर्यदर्शक चर्चमध्ये पहायला मिळतात.



चेंडू–आरशाचा सूर्यदर्शक

आपण जादूई आरशाच्या प्रयोगात पाहिलं, की उन्हात सपाट आरसा धरून लांब अंतरावर पाडलेली सूर्यप्रतिमा नेहमी गोलच असते, आरसा कोणत्याही आकाराचा असला तरीही.

कारण?

कारण ती सूर्याची प्रतिमा आहे. सूर्य गोल म्हणून त्याची प्रतिमा गोल.

आरसा हातात धरला तर प्रतिमा स्थिर ठेवणं अवघड जातं.

स्थिर प्रतिमा कशी मिळवायची? त्यासाठी आरशाला एका स्थिर माऊंटवर लावला पाहिजे. आपल्याला हव्या त्या जागी सहज प्रतिमा घेता आली पाहिजे. हे कसं करायचं?

४.१ – प्लॅस्टिकचा मध्यम आकाराचा चेंडू घ्या.

– त्याला एक भोक पाडून त्यात वाळू भरा.

– त्यावर तुमचा छोटा आरसा चिकटवा.

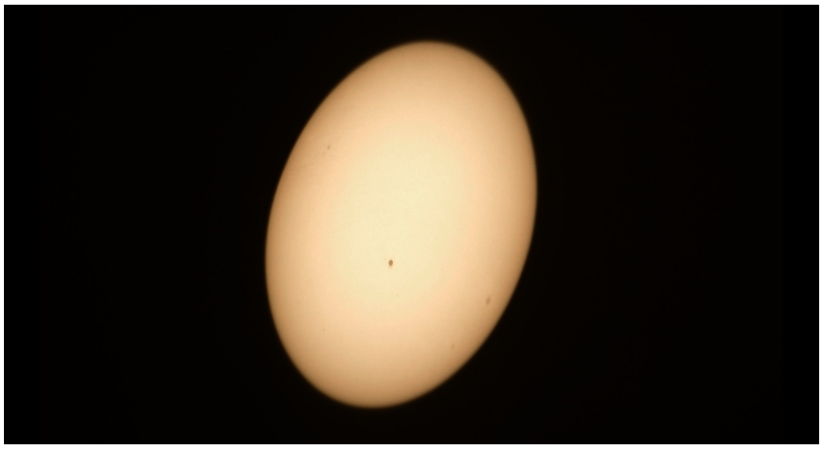
– त्या चेंडूला एका रिंगवर ठेवा.

तुम्ही स्वस्त, टिकावू आणि शक्तिशाली सूर्यदर्शक तयार केलात !

चेंडू–आरशाचा शक्तिशाली सूर्यदर्शक ही सूर्याची प्रतिमा मिळवण्याची सर्वात सोपी आणि स्वस्त पद्धत आहे. सूर्यप्रकाशाची तीव्रता खूप असल्याने इतक्या साध्या साहित्यातूनही उत्तमदर्जाची प्रतिमा मिळवता येते.

४.२

एका खोलीसमोर उन्हात ठेवलेल्या स्टुलावर तुमचा सूर्यदर्शक ठेवा. तो अशा पद्धतीने फिरवा की खोलीतल्या पांढऱ्या भिंतीवर तुम्हाला सूर्याची प्रतिमा मिळेल. आरसा या भिंतीपासून सुमारे ३०–४० मीटर अंतरावर असावा. या अंतरावर तुम्हाला सूर्याची साधारण ३५ सेमी व्यासाची सुंदर रेखीव प्रतिमा मिळेल.



कोठेही नेता येण्यासारखी अंधारी खोली बनवा

तुमच्या चेंडू आरशाच्या सूर्यदर्शकाने जर तुम्हाला सूर्याची जास्तीत जास्त स्पष्ट आणि रेखीव प्रतिमा मिळवायची असेल, तर ती जास्तीत जास्त अंधाऱ्या खोलीत घ्यायला हवी.

कोठेही सहज नेता येण्यासारखी 'पोर्टेबल डार्करूम' अशी बनवता येईल :

५.१ एक मोठं खोकं घ्या. जवळजवळ टी. व्ही. च्या खोक्याइतकं.

५.२ त्याच्या आतून एका बाजूला पांढरा कागद चिकटवा. हा प्रतिमा घेण्याचा पडदा.

५.३ या पडद्याच्या समोरील बाजूला मध्यभागी साधारण ३०–४० सेमी व्यासाचे गोल भोक पाडा. प्रकाशकिरण या बाजूने आत शिरून पडद्यावर पडतील.

५.४ खोक्याच्या इतर सर्व बाजू टेप लावून सीलबंद करा. म्हणजे या गोलाखेरील कोणत्याही बाजूने प्रकाश आत जाणार नाही.

५.५ आता तुमची पोर्टेबल डार्करूम तयार झाली. या घनाच्या एका बाजूला पडदा आहे. त्याच्या समोरील बाजूला प्रकाश आत येण्याचे भोक आहे. खोक्याच्या इतर चार बाजूंपैकी एका बाजूला कटरने एक उघडबंद करता येण्यासारखी छोटी झडप कापा. यातून तुम्हाला प्रतिमा पाहता येईल.

५.६ तुमची पोर्टेबल डार्करूम आता वापरण्यासाठी तयार झाली. तुम्ही ती कोठेही स्टुलावर ठेवू शकाल आणि मैदानावरच्या किंवा कोणत्याही मोकळ्या जागेतल्या लोकांसाठी खुल्या कार्यक्रमासाठी वापरू शकाल.

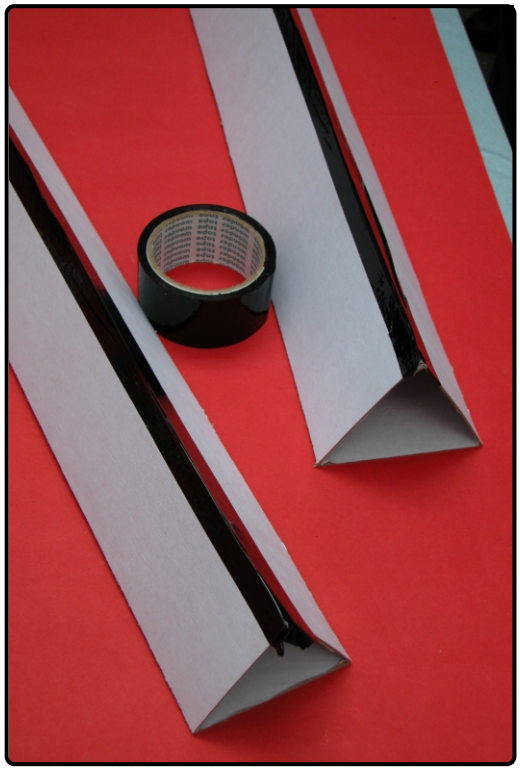
५.७

आणखी गडद अंधार करणे : या डार्करूममधला अंधार जर गडद करायचा असेल तर त्यासाठी पुढील पद्धत वापरता येईल. साधारणपणे त्याच आकाराचं आणखी एक खोकं घ्या. तुमच्या पोर्टेबल डार्करूमला ज्या मापाचं भोक आहे, त्याच मापाची दोन भोके या खोक्याच्या समोरासमोरच्या दोन बाजूंना पाडा. हे दोन भोकांचं खोकं तुमच्या डार्करूमच्या खोक्याच्या बरोबर समोर, त्याला चिकटवून ठेवलं की तीनही भोकं एका सरळ रेषेत येतील. यामुळे बाहेरून आत येणारा प्रकाश आणखी अडवला जाईल आणि पडद्याजवळचा अंधार आणखी वाढेल.

दूरदर्शी अंतरमापक : तयार करा आणि वापरा.

६.१ दूरदर्शी अंतरमापक तयार करणे :

१) माऊंटबोर्डचे दोन तुकडे वापरून एकात एक सहज सरकतील अशा त्रिकोणी आकाराच्या दोन नळ्या तयार करा. नळ्या सहजपणे पुढे–मागे सरकल्या पाहिजेत, फार सैल नकोत किंवा फार घट्ट नकोत. आतली नळी सैल बसत असेल तर तिच्या कडांवर चिकटपट्टी लावा. त्रिकोणांची बाजू १० ते ११ सेमी असेल.

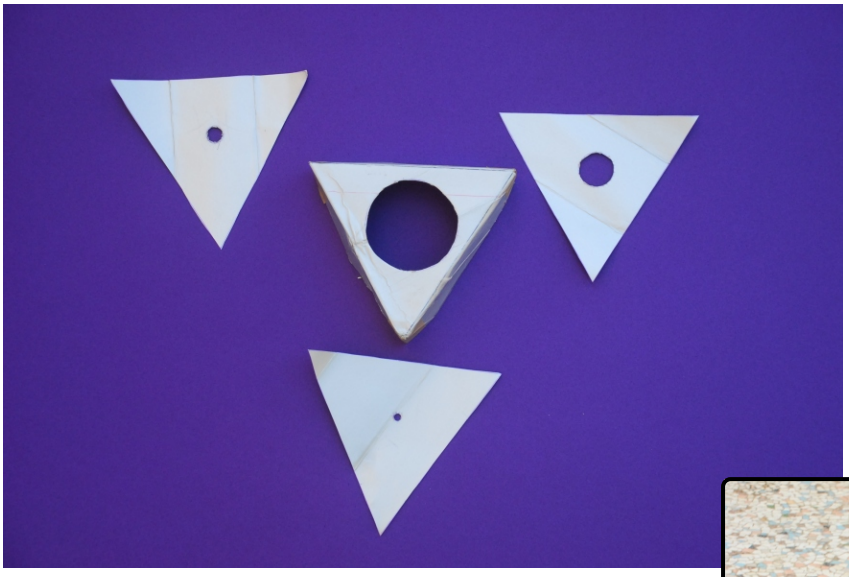


२) फ्रुटी ज्यूसचे किंवा धारा तेलाचे खोके घ्या. ते पूर्ण उलगडा आणि स्वच्छ धुवून घ्या. फोटोत दाखवल्याप्रमाणे त्याचे एक त्रिकोणी झाकण बनवून ते दूरदर्शकाच्या त्रिकोणी नळीला बसवा. रबरबँडने ते घट्ट बसवता येईल.

३) या झाकणाच्या मध्यभागी एक ५५ मिमी व्यासाचे गोलाकार भोक पाडा. आता या झाकणात तुम्ही निरनिराळी भिंगे, निरनिराळी ॲपर्चर्स लावू शकाल. हे प्रत्येक भिंग किंवा ॲपर्चर त्रिकोणी आकाराच्या झाकणाच्या होल्डरमध्ये बसवावे लागेल.

४) या झाकणात बरोबर बसतील असे ४ त्रिकोण फ्रुटी पॅकपासून कापून घ्या. जास्त सैल नको, जास्त घट्ट नको.

५) एका त्रिकोणाच्या मध्यभागी १० मिमी व्यासाचे गोल भोक पाडा आणि तो त्रिकोण झाकणात बसवून झाकण नळीवर लावा. (फोटोत दाखवल्याप्रमाणे). इतर ३ त्रिकोणांमध्ये २० मिमी, ५ मिमी आणि ३ मिमी व्यासाची भोके पाडा. आता तुमच्याकडे ४ निरनिराळ्या मापांची ॲपर्चर्स तयार झाली, १० मिमी, २० मिमी, ५ मिमी आणि ३ मिमी.



६) यातले एक ॲपर्चर तुमच्या अंतरमापकाच्या त्रिकोणी झाकणात बसवा.

तुमचा दूरदर्शी अंतरमापक तयार झाला.

दूरदर्शी अंतरमापक वापरणे :

१. एक प्लॅस्टिकचा चेंडू घ्या. त्याचा व्यास मोजा. समजा तो ६ सेमी आहे. हा चेंडू खोलीच्या एका टोकाला स्टुलावर ठेवा.

२. खोलीच्या दुसऱ्या टोकाला साधारण त्याच उंचीच्या स्टुलावर तुमचा अंतरमापक ठेवा. त्रिकोणी झाकणात १० मिमीचे ॲपर्चर लावा. अंतरमापकाच्या दुसऱ्या मोकळ्या बाजूने पहा. अंतरमापकाच्या नळ्या आतबाहेर सरकवून त्याची लांबी अशी करा, की त्या भोकात तुम्हाला चेंडू बरोबर बसलेला दिसेल. तुमच्या डोळ्यापासून ॲपर्चरपर्यंतचे अंतर मोजा. समजा ते d आहे.

३. आता यावरून तुमच्या डोळ्यापासून चेंडूचे (l) अंतर पुढीलप्रमाणे काढा :

चेंडूचा व्यास / चेंडूचे अंतर = ॲपर्चरचा व्यास / ॲपर्चरचे अंतर

60 मिमी / l = 10 मिमी / d

l = d x (60/10)

आपण d मोजलेला आहे. त्यामुळे आपल्याला l काढता येईल. आता टेपने l हे अंतर प्रत्यक्ष मोजा आणि तुमचे हिशेबाने काढलेले अंतर किती बिनचूक आले ते पहा.

टीप : प्रयोगाने आलेले अंतर आणि प्रत्यक्ष मोजून काढलेले अंतर फक्त जवळपास असेल, अगदी सारखे नसेल.

६.३ मैदानाची लांबी मोजणे :

तुमच्या एका मित्राची / मैत्रिणीची उंची मोजा. तुम्ही तुमचा अंतरमापक घेऊन मैदानाच्या एका बाजूला उभे रहा आणि मित्राला मैदानाच्या दूरच्या टोकाला जाऊन उभे रहायला सांगा. तुमच्या अंतरमापकातून त्याला / तिला पहा. ॲपर्चर्स बदलून आणि नळ्या आतबाहेर करून अशा तऱ्हेने मांडणी करा की त्या ॲपर्चरमध्ये तुमचा मित्र बरोबर मावलेला दिसला पाहिजे. ॲपर्चरचे अंतर मोजा. त्यावरून आणि मित्राच्या उंचीवरून तो किती अंतरावर उभा आहे ते वरील सूत्राने काढता येईल. त्यानंतर मैदानाची लांबी मोजून तुमचे उत्तर पडताळून पहा.

अंतरमापक वापरून सूर्याचं आपल्यापासूनचं अंतर आणि सूर्याचा व्यास यांचं गुणोत्तर काढणे.

७.१ **ॲपर्चरवर सूर्यचष्मा लावून किंवा डोळ्यांवर सूर्यचष्मा लावून** या अंतरमापकाचा वापर सूर्याकडे पाहण्यासाठीही करता येईल. **निर्दोष सूर्यचष्मा लावल्याशिवाय कधीही सूर्याकडे थेट पाहू नका. (सूर्योदय आणि सूर्यास्ताची वेळ वगळता)** ५ मिमीचे ॲपर्चर वापरा. सूर्य जेव्हा या भोकात बरोबर बसेल तेव्हा अंतरमापकाची लांबी सुमारे ५५ सेमी असेल.

परंतु सूर्य हा केवळ एक दूरस्थ चेंडू आहे.

७.२

आता आपण सूर्याचं आपल्यापासूनचं अंतर आणि त्याचा व्यास याचं गुणोत्तर काढू शकू. (कृती ६.२ पहा).

सूर्याचा व्यास / सूर्याचं अंतर

= ॲपर्चरचा व्यास / ॲपर्चरचं डोळ्यापासूनचं अंतर

= ॲपर्चरचा व्यास / अंतरमापकाची लांबी

= (०.५)/५५ = १ / ११०

यावरून आपल्याला समजतं की, सूर्याचा व्यास जितका आहे त्याच्या ११० पट त्याचं अंतर आहे.

७.३

५ मिमी व्यासाचं भोक पाडलेल्या कार्डाला सूर्यचष्मा लावून हातात धरूनही हा प्रयोग करता येईल. कार्ड आणि डोळ्यातलं अंतर बदलत सूर्य भोकात बरोबर बसेल अशा जागी कार्ड धरा. भोकाचं डोळ्यापासूनचं अंतर मोजा.

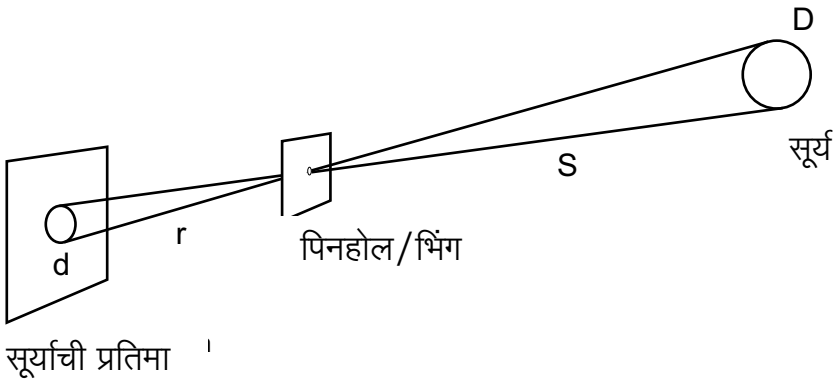
निरनिराळ्या प्रकारे ११०

८.१

मध्यभागी भोक असलेलं काळं कार्ड पिनहोल प्रोजेक्टरसारखं वापरा आणि जमिनीवर सूर्याची प्रतिमा मिळवा.

प्रतिमेचं पिनहोलपासूनचं अंतर 'r' मोजा. प्रतिमेचा व्यास 'd' मोजा. (आकृती पहा).

'r' ला 'd' ने भागा. r/d किती आलं?



८.२

पिनहोल जमिनीपासून दूर धरून r हे अंतर वाढवा. प्रतिमेचा आकार वाढेल. पुन्हा d मोजा. r/d ची किंमत काढा.

निरनिराळे r घेऊन हा प्रयोग पुन्हापुन्हा करा. दरवेळी r आणि d मोजा आणि r/d काढा. याचं उत्तर नेहमीच १०० च्या जवळपास येईल.

८.३

बहिर्वक्र भिंगाने सूर्याची प्रतिमा घ्या. प्रतिमा रेखीव येईल अशा जागी भिंग धरा.
r आणि d मोजा. (यावेळी r = भिंगाचे नाभीय अंतर)
r/d ची किंमत काढा. पुन्हा तुम्हाला १०० च्या जवळपास उत्तर मिळेल.

८.४

चेंडू आरशाचा सूर्यदर्शक वापरून सूर्याची प्रतिमा मिळवा. आरशापासून प्रतिमेचे अंतर (r) मोजा आणि प्रतिमेचा व्यास (d) मोजा. r/d ची किंमत काढा. निरनिराळ्या अंतरांसाठी हा प्रयोग करा आणि r/d काढा. हे उत्तर दरवेळी १०० च्या आसपास येईल. तुम्ही अगदी बिनचूक मोजमाप केलंत तर हे उत्तर नेहमी ११० येईल.

पिनहोल प्रोजेक्टर, बहिर्वक्र भिंग किंवा चेंडू आरशाचा सूर्यदर्शक. उत्तर नेहमी ११० च का येतं?

कारण सूर्याच्या व्यासाच्या ११० पट इतकं त्याचं आपल्यापासूनचं अंतर आहे.

मोठ्या नाभीय अंतराचं बहिर्वक्र भिंग

बहिर्वक्र भिंग सूर्याचा प्रकाश एकत्र गोळा करतं असा सर्वसाधारण समज असतो. भिंगाचं नाभीय अंतर लहान असेल तरच हे खरं आहे. भिंगाचं नाभीय अंतर जसजसं वाढतं तसतसा सूर्याच्या प्रतिमेचा आकार वाढत जातो. त्याचं सूत्र पिनहोल प्रोजेक्टरसारखंच येतं.

सूर्याच्या प्रतिमेचा व्यास = भिंगाचं नाभीय अंतर / ११०

खूप मोठ्या नाभीय अंतराच्या भिंगातून आपल्याला सूर्याची मोठी प्रतिमा मिळू शकते, भिंगाच्या व्यासापेक्षाही मोठी.

नवनिर्मितीने ४ मीटर आणि १० मीटर नाभीय अंतराची भिंगे विकसित केली आहेत. यातील दुसऱ्या भिंगाने ९ सेमी पेक्षा मोठी सूर्याची प्रतिमा मिळते.

चेंडू–आरशाच्या सूर्यदर्शकाबरोबर मोठ्या नाभीय अंतराचं बहिर्वक्र भिंग

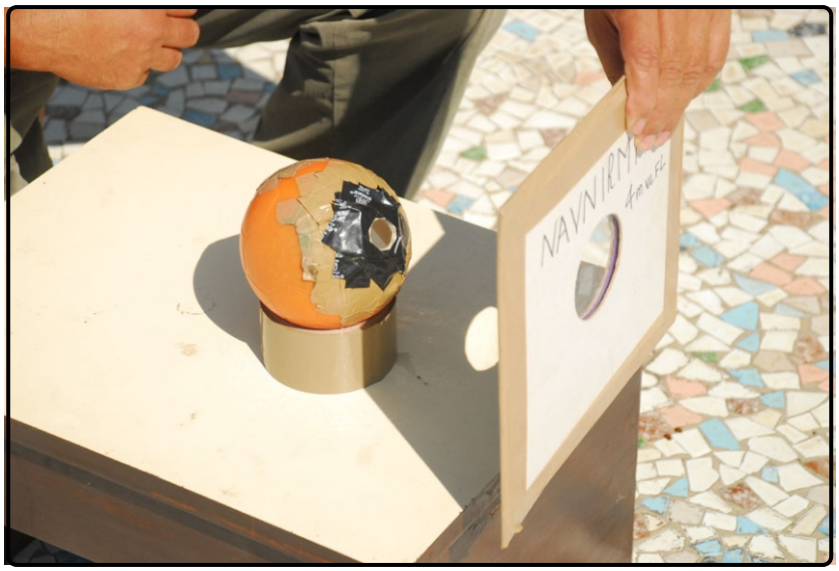
मोठ्या नाभीय अंतराच्या भिंगाने आपल्याला सूर्याची मोठी प्रतिमा मिळवता येते हे आपण कार्ड क्र. ९ मध्ये पाहिले. स्पष्ट आणि रेखीव प्रतिमा मिळवायची तर भिंग आणि पडदा यातलं अंतर त्याच्या नाभीय अंतराइतकं असायला हवं.

१० मीटर नाभीय अंतराच्या भिंगातून रेखीव प्रतिमा मिळवायची तर आपल्याला ३ मजली इमारतीच्या गच्चीवर जाऊन भिंग धरावे लागेल आणि जमिनीवर प्रतिमा घ्यावी लागेल. हे दरवेळी शक्य आणि सोयीचं असेलच असं नाही. सूर्य बरोबर डोक्यावर असताना जी गच्ची योग्य उंचीवर असेल ती सकाळी ९ वाजता किंवा दुपारी ३ वाजता सोयीची नसेल.

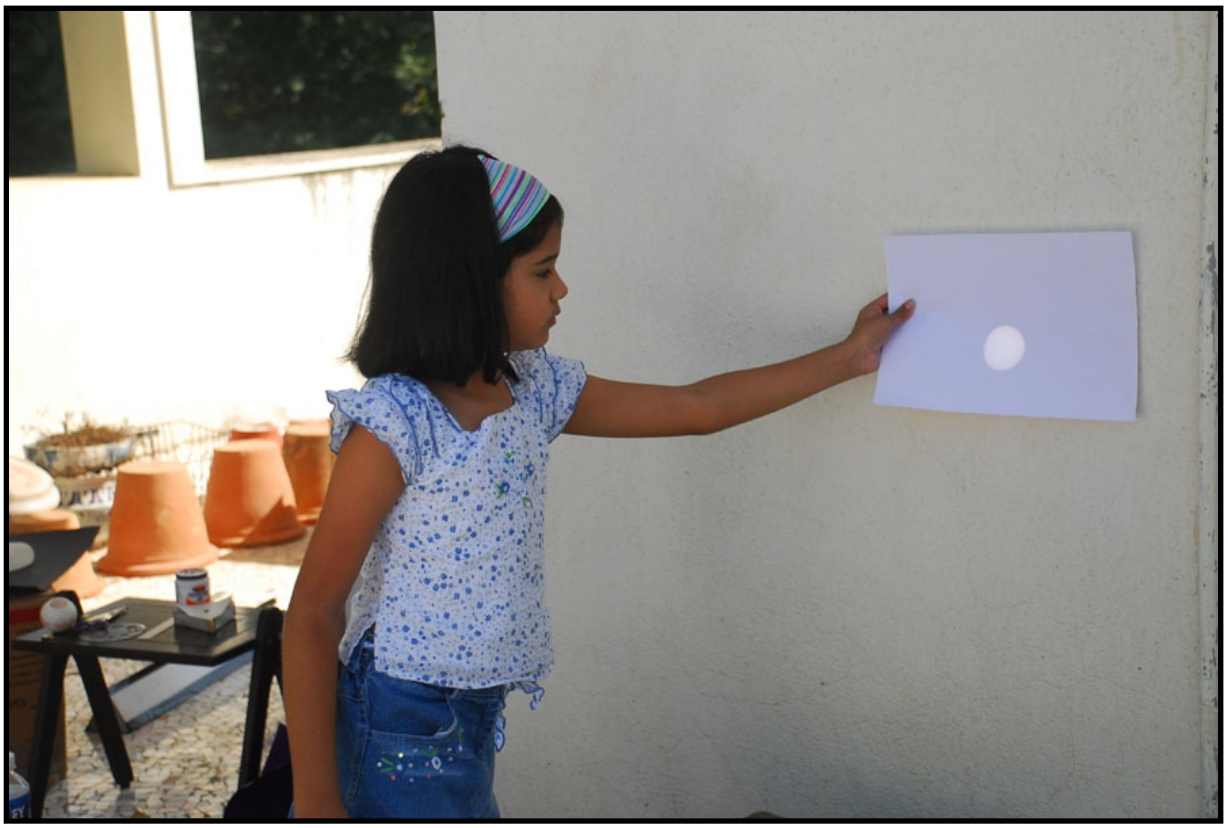
चेंडूवर माऊंट केलेला आरसा (कार्ड क्र. ४) आपल्याला कोणत्याही वेळी कोणत्याही जागी मोठ्या नाभीय अंतराच्या बहिर्वक्र भिंगाने सूर्याची प्रतिमा घ्यायला मदत करतो. सूर्य आकाशात कोठेही असला तरीही तो आपल्याला 'जमिनीशी समांतर' सूर्य देतो.

१०.१

चेंडू आरशाच्या सूर्यदर्शकाने सूर्याची प्रतिमा मिळवा. त्या आरशासमोर मोठ्या नाभीय अंतराचे भिंग अशा तऱ्हेने धरा की आरशातून परावर्तित झालेले किरण भिंगातून आरपार जातील. सूर्याची स्पष्ट आणि रेखीव प्रतिमा मिळेल अशी तऱ्हेने तुमचा पडदा मागेपुढे करा.



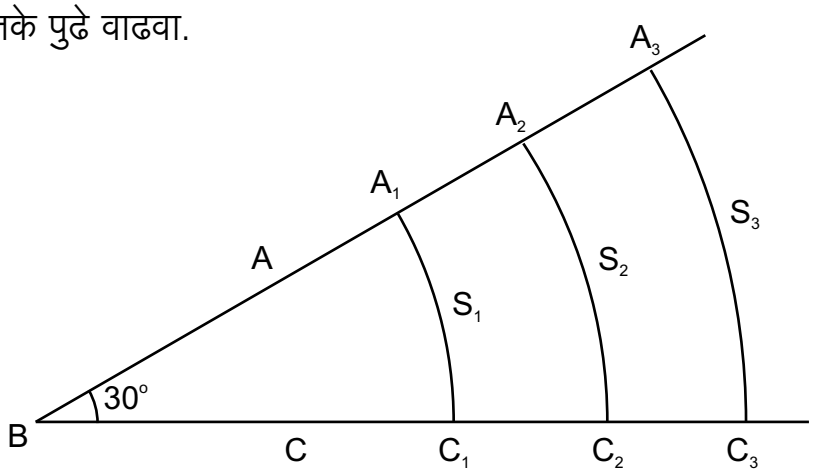
NAVNIRMITI



कोन : वर्तुळकंसाची लांबी आणि त्रिज्येच्या गुणोत्तराच्या रूपात

११.१

$\angle$ ABC हा 30° चा कोन काढा. आकृती पहा. BA आणि BC हे रेषाखंड तुमच्या कागदावर शक्य तितके पुढे वाढवा.



B हा केंद्र धरून कंपासच्या सहाय्याने ३ कंस काढा : S_1, S_2, आणि S_3.

११.२

S_1 हा कंस BA या रेषाखंडाला जेथे छेदतो त्या बिंदूला A_1 हे नाव द्या आणि तो BC ला जेथे छेदतो त्याला C_1 हे नाव द्या.

तसेच S_2 हा कंस BA आणि BC या रेषाखंडांना जेथे छेदतो त्या बिंदूंना A_2 आणि C_2 अशी नावे द्या. त्याचप्रमाणे आपल्याला A_3 आणि C_3 हे बिंदू मिळतात.

११.३

दोऱ्याच्या सहाय्याने A_1 आणि C_1 मधील कंसाची लांबी मोजा. तिला x_1 म्हणू.

पट्टीने त्रिज्या r_1 मोजा. (BA_1 ची लांबी)

त्याचप्रमाणे A_2 आणि C_2 मधील कंसाची लांबी x_2 मोजा. BA_2 ची लांबी r_2 मोजा.

x_3 आणि r_3 मोजा.

११.४

कॅलक्युलेटर वापरून x_1 ला r_1 ने भागा.

x_2 ला r_2 ने भागा.

x_3 ला r_3 ने भागा.

तुम्हाला काय दिसतं? (ही तीनही उत्तरं जवळपास सारखीच असतील.)

या गुणोत्तराला 'गुणोत्तर$_{(३०)}$' असं नाव देऊ.

११.५

आता ६० अंशाचा कोन काढा आणि ११.१ ते ११.४ या कृती त्या कोनाबरोबर परत करा.
म्हणजे

- तीन कंस काढा.
- कंसांची लांबी मोजा.
- तीन त्रिज्या मोजा.
- प्रत्येक कंसाच्या लांबीला त्याच्या त्रिज्येने भागून तीन गुणोत्तरे मिळवा.

काय दिसतं? या तीनही गुणोत्तरांची किंमत जवळपास सारखीच दिसेल.
या गुणोत्तराला 'गुणोत्तर$_{(६०)}$' असं नाव द्या.

११.६

वरीलप्रमाणेच ९० अंशाचा कोन काढा आणि 'गुणोत्तर$_{(९०)}$' ची किंमत काढा.

११.७

गुणोत्तर$_{(३०),}$ गुणोत्तर$_{(६०),}$ आणि गुणोत्तर$_{(९०)}$ यांची तुलना करा.
तुम्ही जर वरील सर्व कृती बिनचूक केल्या असतील तर तुम्हाला पुढील किंमती मिळतील.

गुणोत्तर$_{(३०)}$ = ०.५२
गुणोत्तर$_{(६०)}$ = १.०५
गुणोत्तर$_{(९०)}$ = १.५७

जेव्हा तुम्ही कोनाचे माप ३० अंशावरून ६० अंश केले, म्हणजेच कोन दुप्पट केला तेव्हा तुमचे गुणोत्तर ०.५२ वरून १.०५ म्हणजे दुप्पट झाले. जेव्हा कोन तिप्पट केला तेव्हा गुणोत्तर तिप्पट झाले.

११.८

३६० अंशाच्या कोनाचे हे गुणोत्तर किती येईल?
r या त्रिज्येच्या कंसाचे माप $2 \times \pi \times r$ इतके, म्हणजे $2\pi r$ असेल.
त्यामुळे कंसाचे माप आणि त्रिज्या यांचे गुणोत्तर $2 \times \pi$ म्हणजे ६.२८ येईल.

११.९

आधीच्या कृतींवरून आपल्या लक्षात येतं की,

- जेव्हा कोन वाढतो तेव्हा त्याच प्रमाणात हे गुणोत्तर वाढतं.
- कोणत्याही एका कोनासाठी हे गुणोत्तर स्थिर असतं.
- जर एक गुणोत्तर दिलं असेल, तर ते एकाच विशिष्ट कोनाचं गुणोत्तर असतं. समान कोनांचं गुणोत्तर समान असतं.

त्यामुळे 'कंसाची लांबी भागिले त्रिज्या' हे गुणोत्तर कोनाचे परिमाण म्हणून वापरता येतं. कोन मोजण्याच्या या पद्धतीला कोनाचे 'रेडियन' माप म्हणतात.

३६० अंशाच्या कोनाचे रेडियन माप किती?

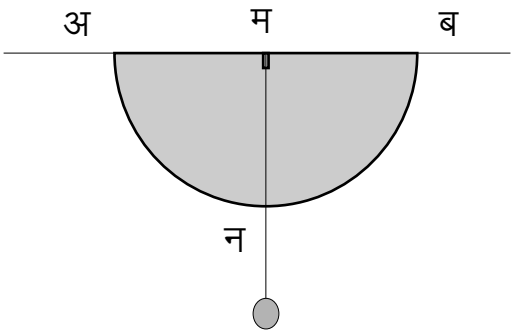
१८० अंशाच्या कोनाचे रेडियन माप किती?

९० अंशाच्या कोनाचे रेडियन माप किती?

ओळंब्याचा कोनमापक किंवा दगड–दोरीचा कोनमापक.

ध्रुवताऱ्याने क्षितीजाच्या पातळीशी केलेला कोन तुम्हाला मोजता येतो का? शुक्र, किंवा इतर कोणताही ग्रह जमिनीपासून किती कोनावर आहे ते मोजता येतं का? आकाशातल्या किंवा उंचावरच्या वस्तूंचे कोन मोजण्याचं एक साधन तुमचं तुम्ही बनवू शकाल : ओळंब्याचा कोनमापक किंवा दगड–दोरीचा कोनमापक.

गवंडी किंवा सुतार वापरतात तो ओळंबा तुम्ही पाहिला असेल. आपल्या या कोनमापकाला एक ओळंब्यासारखा जमिनीकडे सरळ लोंबणारा दगड बांधलेला दोरा असतो. म्हणून याला ओळंब्याचा कोनमापक म्हणतात.



१२.१

हा कोनमापक बनवणं खरंच फार सोपं आहे.

तुम्हाला एक कडक पुठ्ठा किंवा प्लायवुड लागेल, एक दोरी, आणि दोन लहान दगड, जे दोरीच्या दोन टोकांना लटकतील आणि तिला ओळंब्यासारखं जमिनीकडे सरळ ठेवतील.

– साधारणपणे एक मीटर लांबीची दोरी घ्या.
– तिच्या दोन्ही टोकांना दगड बांधा.
– एक आयताकार पुठ्ठा घ्या.
– या पुठ्ठ्याच्या वरच्या बाजूला म या बिंदूपाशी एक छोटीशी खाच करून त्यात दगड बांधलेली दोरी लटकवा. म्हणजे दगड पुठ्ठ्याच्या दोन्ही बाजूंना लटकतील.
– जेव्हा अब जमिनीशी समांतर असेल तेव्हा दोरी 'मन' या रेषेत सरळ लटकेल.

म हा केंद्र आणि अब हा व्यास धरून एक मोठे अर्धवर्तुळ तुमच्या पुठ्ठ्यावर काढा.

अमन आणि बमन हे दोन्ही कोन ९० अंशाचे आहेत. कोनमापकाचा वापर करून अन या कंसाचे प्रत्येकी १ अंशाचे ९० समान भाग करा. बन या कंसाचेही प्रत्येकी १ अंशाचे ९० भाग करा.

– तुमचा ओळंब्याचा कोनमापक वापरण्यासाठी तयार झाला.

१२.२

उंचावरच्या एखाद्या वस्तूचा कोन मोजणे, उदा. समोरच्या उंच झाडाचा शेंडा.

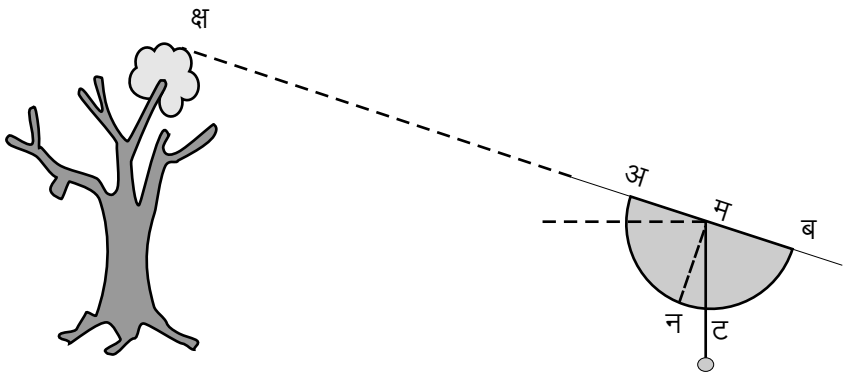
१. आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे ब पाशी डोळा ठेवा.

२. ओळंब्याचा कोनमापक अशा तऱ्हेने पकडा, की अब या सरळ रेषेत झाडाचा शेंडा (क्ष) येईल.

३. लटकणारी दोरी बन या कंसाला कोठे छेदते ते नीट पहा.

४. कोन नमट मोजा.

५. हा झाडाच्या शेंड्याचा क्षितीजपातळीशी असलेला कोन आहे.



आता तुमचा कोनमापक घेऊन बाहेर फिरा आणि ध्रुवतारा, शुक्र, टेकडीवरचं देऊळ, मनोरा अशा गोष्टींचे कोन मोजा.

१२.३

बिनचूक माप यावं म्हणून ओळंब्याच्या कोनमापकाला एक स्थिर माऊंट द्यावा लागेल.

– एक मध्यम आकाराचा मटका घ्या.

– त्यात वाळू भरा.

– तुमच्या कोनमापकाला एक उभी पट्टी स्क्रूने जोडा.

– ही पट्टी वाळू भरलेल्या मटक्यात घट्ट खोचून ठेवा. मटक्यात पट्टी हलता कामा नये.

– मटका एका रिंगवर ठेवा.

– आता वस्तू आणि रेषा अब सरळ रेषेत लावण्यासाठी तुम्ही मटका हलवू शकाल.

पृथ्वी गोल आहे.

आपण शाळेत शिकतो की पृथ्वी गोल आहे. अवकाशात कोणत्याही आधाराशिवाय तरंगत – लटकत असलेला तो एक मोठा गोळा आहे. (जसा फुगा आकाशात तरंगतो तसा)

याची कल्पना आपण कशी करू शकतो? चंद्राकडे पहा. आपल्याला दिसतं, (विशेषतः दुर्बिणीतून किंवा टेलिस्कोपमधून पाहिल्यावर), की तो अवकाशात लटकणारा एक मोठा चेंडू आहे. आपण जर चंद्रावर जाऊ शकलो आणि तिथून पृथ्वीकडे पाहिलं तर आपल्याला पृथ्वी अशी दिसेल...

खूप पूर्वी लोकांना वाटायचं की पृथ्वी सपाट आहे. ती सपाटच दिसते. त्यांना असंही वाटायचं की कोणी जर सरळ सरळ चालत क्षितीजापर्यंत गेलं तर त्याच्या टोकावरून ते खाली पडणार. पृथ्वी सपाट नसून गोल आहे हे पहिल्यांदा कोणी शोधलं ते कोणालाच माहीत नाही.

पृथ्वीच्या गोलव्याचा अनुभव आपल्याला काही प्रयोगांनी घेता येतो.

१३.१

१) तुमच्या मित्राबरोबर सूर्योदयाच्या बरंच आधी भारताच्या पूर्वेच्या समुद्रकिनाऱ्यावर जा. तुम्हा दोघांकडे घड्याळ असायला हवं. तुमच्या घड्याळातल्या वेळा अगदी एकसारख्या जुळवून घ्या.

२) एकानं पाण्याच्या किनारीशी थांबून पूर्वेच्या क्षितीजाकडे पहा आणि दुसऱ्यानं जवळच्या इमारतीच्या गच्चीवरून पूर्वेच्या क्षितीजाकडे पहा.

३) प्रत्येकाने सूर्य दिसताक्षणी वेळेची अगदी बरोबर नोंद घ्यायची.

४) तुमच्या असं लक्षात येईल की उंचावर उभ्या असलेल्या मुलाला सूर्योदय आधी दिसतो आणि खाली उभ्या असलेल्या मुलाला तो नंतर दिसतो.

५) तुमच्या असंही लक्षात येईल की तुम्हाला सूर्योदय दिसण्याच्या बरंच आधी आकाशातले ढग गुलाबी होतात. असं का होतं? कारण ढग आकाशात बरेच उंचावर असतात आणि त्यामुळे त्यांना तुमच्या आधी सूर्य दिसतो.

१३.२

पृथ्वी जर सपाट असती तर ढग, गच्चीवरचा मित्र आणि समुद्रकिनाऱ्यावरचा मित्र तिघांनाही सूर्य अगदी एकाच वेळी दिसला असता. पण पृथ्वी गोल असल्यामुळे वेगवेगळ्या उंचीवरच्या लोकांना सूर्योदय वेगवेगळ्या वेळी दिसतो.

१३.३

असाच प्रयोग तुम्ही पश्चिम किनाऱ्यावरही करू शकता. तुम्हाला काय दिसेल? समुद्रात बुडणाऱ्या सूर्याचा शेवटचा ठिपका सर्वात शेवटी कोणाला दिसेल? काठावरच्याला, की उंचावरच्याला?

१३.४

आणखी एक मनोरंजक प्रयोग तुम्हाला करता येईल. त्यासाठी तुम्हाला भारताच्या पूर्व भागातला एक मित्र किंवा मैत्रीण लागेल आणि तुम्ही पश्चिमेकडे कोठेतरी मुंबईत किंवा कोकणात असू शकता. तुमच्या घड्याळातल्या वेळा तंतोतंत जुळवून घ्या. आपापल्या जागी पहाटे आणि संध्याकाळी उभं राहून सूर्योदयाची आणि सूर्यास्ताची वेळ नोंदवा. तुमच्या असं लक्षात येईल की पूर्वेकडे सूर्य लवकर उगवतो आणि लवकर मावळतो.

असं का?

पृथ्वीचं परिवलन

सूर्य रोज उगवतो आणि मावळतो. चंद्र आणि इतर ग्रह–तारेही उगवतात आणि मावळतात. सूर्य चंद्र आणि ग्रह–ताऱ्यांसह सगळं आकाशच आपल्याभोवती फिरत असतं.

अनेक शतकांपूर्वी आपल्या पूर्वजांनी असा शोध लावला की पृथ्वी गोल आहे आणि आपण एका मोठ्या चेंडूच्या पृष्ठभागावर राहतो. (कार्ड क्र. १३)

हा मोठा चेंडू जर स्थिर नसेल, स्वतःभोवती फिरत असेल, तर चेंडूवरच्या माणसांना आकाश त्यांच्याभोवती फिरताना दिसेल. (पृथ्वी जरी गोलाकार नसती, ठोकळ्यासारखी किंवा इतर कोणत्याही आकाराची असती, तरीही तिच्या स्वतःभोवती फिरण्यामुळे आकाश आपल्याभोवती फिरतंय असंच वाटलं असतं.)

याचा अनुभव आपण खालील प्रयोग करून घेऊ शकतो.

जमिनीवर एक मोठा गोल आखा, साधारणपणे २ मीटर त्रिज्येचा. तुम्ही मध्यभागी उभे रहा आणि तुमच्या मित्राला/मैत्रिणीला गोलावर उभं करा.

तुम्ही स्थिर रहा. तुमच्या मित्राने गोलावर चालत रहायचे. तो तुमच्याभोवती फिरतो आहे, परिभ्रमण करतो आहे असे दिसेल. समजा, तुमची डावी बाजू म्हणजे पूर्व आहे आणि तुमची उजवी बाजू म्हणजे पश्चिम आहे. तुमच्या मित्राला गोलावर तुमच्या डावीकडून तुमच्या उजव्या दिशेला चालायला सांगा. तो जेव्हा तुमच्या समोर असेल तेव्हा तो तुम्हाला दिसेल. जेव्हा तो तुमच्या मागे असेल तेव्हा तो तुम्हाला दिसणार नाही. आता कल्पना करा, ती तुमचा मित्र म्हणजे सूर्य आहे. तुमच्या 'समोर' म्हणजे 'आकाशात वर' आणि आणि 'मागे' म्हणजे खाली. तुमचा मित्र म्हणजे सूर्य, पूर्वेला उगवेल आणि पश्चिमेला मावळेल. अर्धा वेळ तो तुम्हाला दिसेल, तेव्हा दिवस असेल. आणि अर्धा वेळ रात्र.

१४.२

आता तुमच्या मित्राला गोलावर एका जागी स्थिर उभं रहायला सांगा. तुम्ही जागच्याजागी स्वतःभोवती गोल फिरा. तुम्ही जेव्हा उजवीकडून डावीकडे फिराल तेव्हा तुमचा मित्र पूर्वेला (तुमच्या डावीकडे) उगवेल आणि पश्चिमेला मावळेल. अर्धा वेळ दिवस असेल आणि अर्धा वेळ रात्र.

आकाश आपल्याभोवती फिरतंय का? का आकाश स्थिर आहे आणि आपण एका गिरकी घेणाऱ्या चेंडूवर असल्यामुळे आकाश फिरत असल्यासारखं वाटतंय?

१४.३

इसवीसन पूर्व ३५० च्या सुमाराला हेराक्लीडीस, हैसेटास आणि एक्फांटस या तीन ग्रीक खगोलशास्त्रज्ञांनी असं मांडलं की पृथ्वी स्वतःभोवती फिरते आणि म्हणून आकाश आपल्याभोवती फिरत असल्यासारखं वाटतं. परंतु त्याकाळच्या प्रस्थापित पंडितांनी हा विचार मान्य केला नाही. नंतरच्या काळात ॲरिस्टॉटल आणि टॉलमीने पृथ्वीकेंद्रित विश्वाची कल्पनाच पुढे मांडली..

१४.४

थोर भारतीय खगोलशास्त्रज्ञ आर्यभट्टानेही ५ व्या शतकात पृथ्वी फिरते अशी कल्पना मांडली.

आर्यभटियम्मध्ये तो लिहितो, 'होडीत बसून पुढे जाणाऱ्या माणसाला जशा (दुसऱ्या किनाऱ्यावरच्या) स्थिर वस्तू मागे जाताना दिसतात, तसेच लंकेतल्या माणसांना (विषुववृत्तावरच्या) स्थिर तारे बरोबर पश्चिमेकडे जाताना दिसतात.'

आज आपण सगळे शिकतो की आपण फिरत्या पृथ्वीवर राहतो. परंतु हा दृष्टीकोण कोपर्निकस आणि गॅलिलिओ येईपर्यंत काही सर्वमान्य झालेला नव्हता. सुमारे २००० वर्षे, ग्रीसमधला हेराक्लीडीस आणि भारतातला आर्यभट्ट यांच्यासारखे काही अपवाद वगळता, जवळजवळ सर्वजण असं मानत होते, की आपल्याला जसं दिसतं, तसंच असतं. 'जसं दिसतं तसंच दरवेळी असेल असं नाही' हे जगानं स्वीकारायला खूप मोठं धाडस आणि ब्रुनोसारख्या माणसांचं बलिदान जावं लागलं. पवित्र ग्रंथांमध्ये जे दिलं आहे ते खरं असेलच असं नाही. सत्यापर्यंत पोहोचण्यासाठी दृश्य गोष्टींच्या पलीकडे जावं लागतं हे त्यानंतर जगाला कळलं.

ध्रुवतारा पाहणे

१५.१

– तुमच्या ओळंब्याच्या कोनमापकावर अब या रेषेत एक पोकळ नळी बसवा. (कार्ड क्र. १२ पहा) ही नळी अरूंद आणि सरळ हवी. त्यामधून ताऱ्यांसारख्या दूरच्या वस्तू पाहता आल्या पाहिजेत.

१५.२

– रात्रीच्या वेळी मोकळ्या जागी जा आणि तुमचं हे उपकरण उंच स्टूलावर ठेवा.

– ती नळी टेलिस्कोपसारखी किंवा बंदुकीसारखी वापरून त्या नळीतून पहात कोणत्याही एका ताऱ्याचा / चांदणीचा नेम धरा.

१५.३

बॉल किंवा नळी अजिबात हलू न देता १५ मिनिटांनी पुन्हा नळीतून पहा. कुठे गेली ती चांदणी? आता ती नळीतून दिसत नाही. असे का?

१५.४

आकाशात उत्तरेकडे ध्रुवतारा शोधा. तुमच्या चेंडूची नळी ध्रुवताऱ्यावर लावा. नळीतून ध्रुवतारा पहा. बॉल किंवा नळी हलू न देता १५ मिनिटांनी पहा. ध्रुवतारा अजूनही नळीतून दिसतो.

१५.५

तुम्ही १ तास, २ तास, ३ तास, ३० तास, ३ दिवस, ३ आठवडे, ३ महिने कितीही दिवसांनी पाहिलं तरीही ध्रुवतारा तिथेच असेल.

कारण ध्रुवतारा आकाशात अजिबात हालत नाही. (खरं तर तो अगदी थोडासा हलतो, पण इतका थोडा की ते लक्षात येत नाही. अगदी अरुंद ट्यूब घेऊन हा प्रयोग केला तर कदाचित तुम्हाला ती हालचाल दिसेल.)

१५.६

ध्रुवतारा सोडून सगळे ग्रहतारे आकाशात फिरतात.

ध्रुवतारा नेहमी स्थिर का राहतो?

कारण पृथ्वीचा अक्ष हा भोवऱ्याच्या अक्षासारखा आहे, नेहमी एकाच दिशेने राहणारा. ध्रुवतारा त्या अक्षाच्या दिशेला आहे. दुसरं कारण म्हणजे ध्रुवतारा पृथ्वीपासून इतका, इतका दूर आहे की पृथ्वी सूर्याभोवती फिरून आली तरीही ती हालचाल त्याच्या अंतराच्या मानाने नगण्य आहे.

एका दिवसात किती मिनिटे?

पृथ्वीच्या परिवलनाचा वेग मोजणे

आपल्याला सगळ्यांना माहीत आहे की पृथ्वी स्वतःभोवतीची एक फेरी २४ तासात पूर्ण करते. एका दिवसात किती मिनिटे असतात ते आपण स्वतः मोजून पाहू या.

१६.१

आपण स्वतः पृथ्वीचं परिवलन पाहूया. चेंडू–आरशाचा सूर्यदर्शक (कार्ड क्र. ४) वापरून साधारण ३० मीटर अंतरावरच्या अंधाऱ्या खोलीतील भिंतीवर सूर्याची प्रतिमा घ्या.

१६.२

तुमच्या लक्षात येईल की ही प्रतिमा एकाजागी स्थिर राहत नाही. ती सरकते. ३० मीटर अंतरावरून घेतलेली प्रतिमा एका मिनिटाला साधारणपणे १३ सेमी सरकेल.

१६.३

– एका मिनिटात प्रतिमा किती सरकली ते जास्तीजास्त अचूकपणे मोजा.

१६.४

प्रतिमा ज्या वर्तुळात फिरत आहे त्याची त्रिज्या शक्य तितक्या अचूकपणे मोजा. (जर भिंतीवर पडणारे किरण भिंतीशी काटकोन करत असतील तर ही त्रिज्या म्हणजे आरसा आणि भिंतीमधील अंतर आहे.

१६.५

या वर्तुळाची त्रिज्या मोजा. एका मिनिटात प्रतिमा किती सरकते ते आपल्याला माहीत आहे.

१६.६

त्यावरून संपूर्ण वर्तुळाकार अंतर जायला किती वेळ लागेल ते काढा.

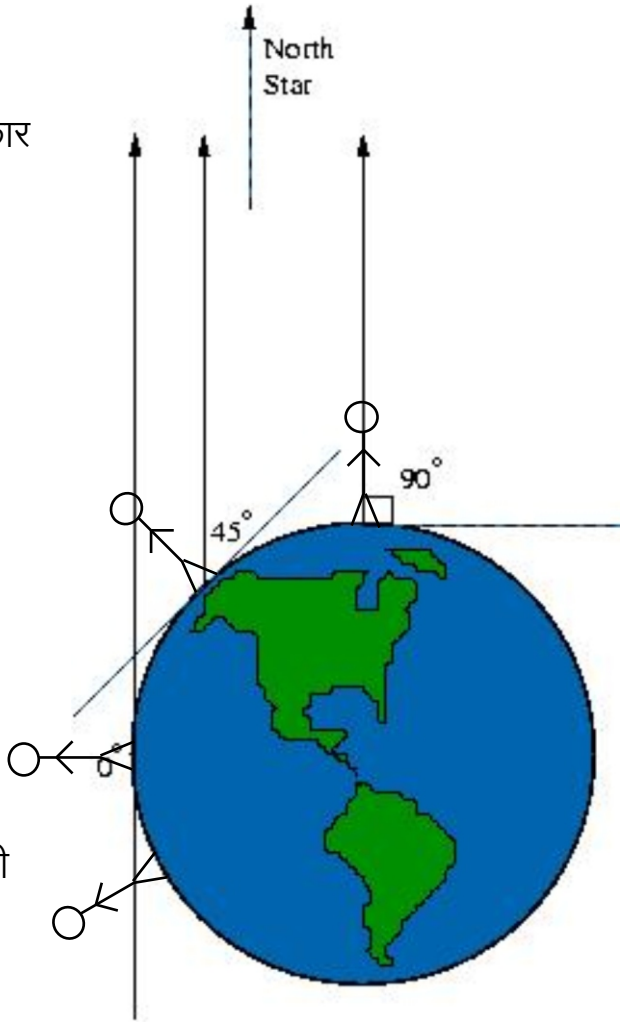
तुमचं उत्तर १४४० मिनिटांच्या जवळ आलं का? असं का?

अक्षांश

ध्रुवताऱ्याचा कोन :

आपल्या ओळंब्याच्या कोनमापकाच्या मदतीने (कार्ड क्र. १२) ध्रुवताऱ्याचा कोन मोजून आपण एका गोलाकार पृष्ठभागावर आहोत हे आपल्याला समजून घेता येतं.

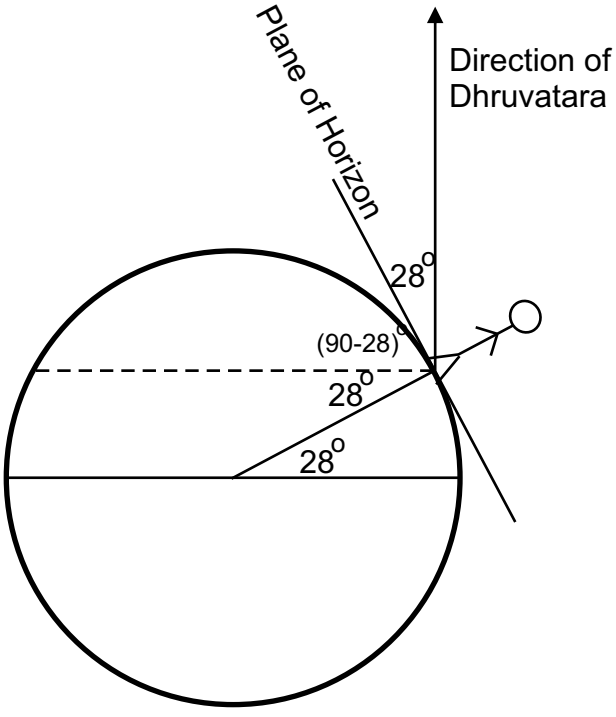
दिल्लीमध्ये आपल्याला हा कोन २८° इतका मिळतो. मुंबईमध्ये तो १८° इतका मिळतो. तिरुवनंतपुरमला ध्रुवतारा क्षितीजाच्या जवळ दिसेल.



जसजसे आपण उत्तरेकडे जातो तसतसा ध्रुवताऱ्याने क्षितीजाशी केलेला कोन हळूहळू वाढत जातो. आपण उत्तर ध्रुवावर असलो तर ध्रुवतारा आकाशात बरोबर डोक्यावर दिसेल. (आकृती पहा.) दक्षिणेकडे जाऊ लागलं की विषुववृत्तावर पोहोचेपर्यंत हा कोन कमी कमी होत जाईल. विषुववृत्तावर उभ्या असलेल्या माणसाला ध्रुवतारा बरोबर क्षितीजावर दिसेल. विषुववृत्ताच्याही दक्षिणेला गेलं तर ध्रुवतारा अजिबात दिसणार नाही.

१७.२ तुमचे अक्षांश मोजा :

तुमच्या ओळंब्याच्या कोनमापकानं ध्रुवताऱ्याने क्षितीजाशी केलेला कोन मोजा. ॲटलसमध्ये पाहून तुमच्या गावाचे अक्षांश शोधा. हे कोन सारख्या मापाचे असतील. असे का?

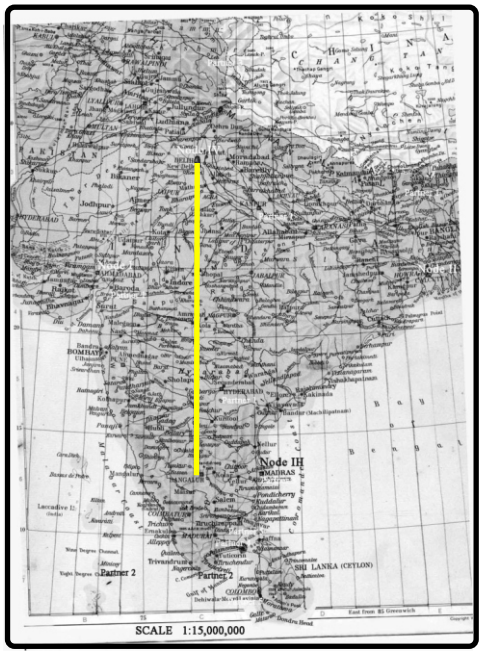


ही आकृती पहा. यात २८ अंश अक्षांशावर एक व्यक्ती उभी असेल तर ध्रुवताराही क्षितीजाशी २८ अंशाचा कोन का करतो हे तुम्हाला लक्षात येईल.

पृथ्वी केवढी आहे?

१८.१

भारताचा नकाशा पहा.

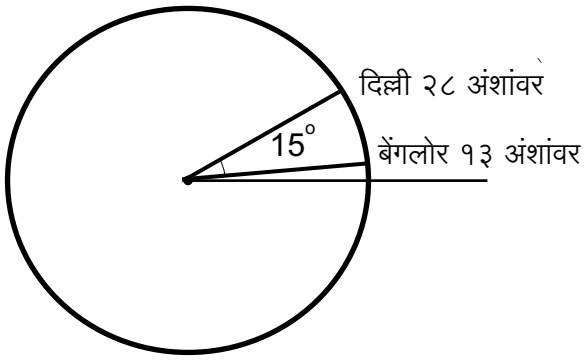


आपल्याला असं दिसतं की बेंगलोर आणि दिल्ली एकमेकांच्या साधारणपणे उत्तर–दक्षिणेस आहेत.

विमानासारखं अगदी सरळ रेषेतलं अंतर पाहिलं तर बेंगलोर–दिल्ली अंतर साधारण १७०० किमी आहे.

बेंगलोरचे अक्षांश १३° आणि दिल्लीचे २८°.
त्यांच्या अक्षांशातला फरक १५°

आता एक साधा हिशेब करू. खालील आकृती पहा. १५ अंशाचा कोन म्हणजे पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरचा १७०० किमी चा वर्तुळकंस. तर त्या वर्तुळाचा परीघ किती? सोपं आहे.



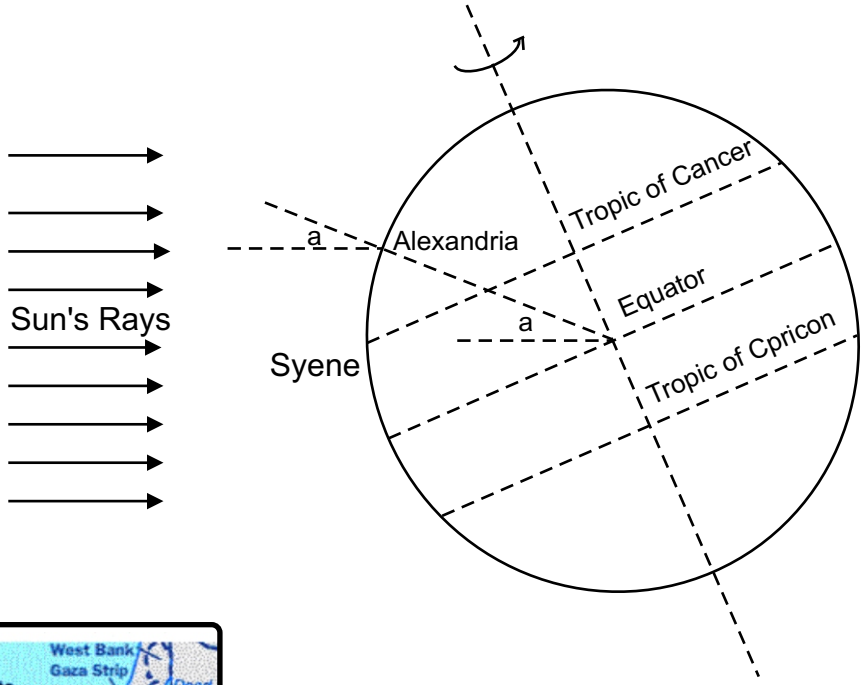
परीघ ३६० अंशाच्या प्रमाणात असणार. म्हणजे तो (३६०/१५)× १७०० किमी .
म्हणजे पृथ्वीचा परीघ सुमारे ४०,८०० किमी आहे.

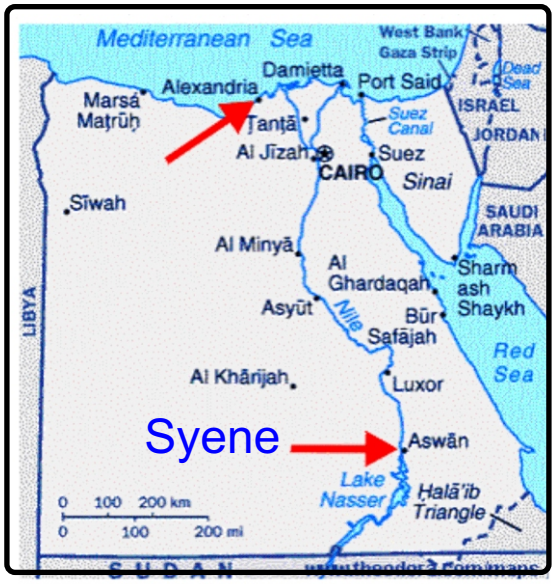
१८.३

सुमारे २२०० वर्षांपूर्वी इरॅटोस्थेनिसने अशाच पद्धतीने पृथ्वीचा परीघ पहिल्यांदा मोजला. त्याला माहीत होते की २१ जूनला मध्यान्हवेळी सायीन या ठिकाणी सूर्य बरोबर डोक्यावर असतो. त्याच दिवशी

अलेक्झांड्रिया येथे तो आकाशात सर्वात उंच जागी असताना बरोबर डोक्यावर नसतो. त्यावेळी तो क्षितीजपातळीशी ८३ अंशाचा कोन करतो. याचा अर्थ असा की सायीन आणि अलेक्झांड्रिया यांच्या अशांशांमधील फरक ७ अंश. त्याला हे देखील माहीत होतं की ही दोन ठिकाणं एकमेकांच्या दक्षिण–उत्तरेला आहेत आणि त्यांच्यातलं अंतर सुमारे ८०० किमी. यावरून त्यानं काढलं की :

पृथ्वीचा परीघ (३६० / ७) × ८०० किमी.





पृथ्वी केवढी आहे?
वेळ मोजून पृथ्वीचा आकार मोजा.

भारताच्या पूर्वेला (उदा. भुवनेश्वरला) तुमचा एखादा मित्र / मैत्रीण आहे का? तुम्ही पश्चिमेकडे असू शकता. तुम्ही दोघांनीही साधारणपणे एकाच अक्षांशावर असायला हवं.

१९.१

तुमच्या घड्याळांमधल्या वेळा जुळवून घ्या. भारतीय प्रमाणवेळेशी, किंवा टी. व्ही. च्या वेळेशी दोन्ही घड्याळं बरोबर लावून घ्या. तुम्हाला प्रत्येकाला सूर्योदय नेमका केव्हा दिसला (क्षितीजाच्या वर येणाऱ्या सूर्याचं वरचं टोक) त्याची नोंद करा. किंवा दोघांनीही सूर्यास्ताच्या वेळी क्षितीजाच्या खाली जाणाऱ्या सूर्याचं शेवटचं टोक केव्हा दिसलं त्याची नोंद करा.

१९.२

या दोन वेळांमधला फरक किती आहे? समजा तो 't' तास असेल.
आणि समजा या दोन ठिकाणांमधलं अंतर 'd' किमी असेल तर आपण असं म्हणू शकतो की पृथ्वीला तिच्या परीघावरचं 'd' अंतर काटायला 't' तास लागतात. पृथ्वीला तिचा पूर्ण परीघ काटायला २४ तास लागतात. यावरून आपल्याला पृथ्वीचा साधारण आकार काढता येईल.

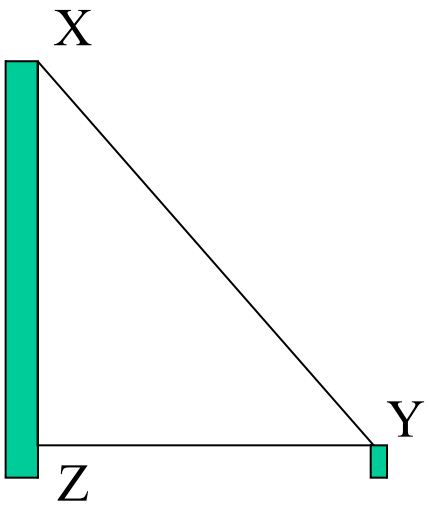
पृथ्वीचा अंदाजे परीघ = (२४ × d) /t

टीप : या पद्धतीने तुम्हाला पृथ्वीचा अंदाजे परीघ मिळेल. तुम्ही आणि तुमचा मित्र दोघेही जर विषुववृत्तावर असाल तरच तुम्हाला अचूक परीघ मिळेल. परंतु भारत विषुववृत्ताच्या वर आहे.

१९.३

तुमच्यापैकी ज्यांना त्रिकोणमिती येते त्यांच्यासाठी :
तुमच्या उत्तराला sin (तुमचे अक्षांश) याने भागले तर बिनचूक उत्तर मिळेल. तुमचे अक्षांश शोधण्यासाठी कार्ड क्र. १५ वरील प्रयोग करा. त्या कोनाचा sin काढण्यासाठी sin तक्ता पहा.

दूरच्या उंच इमारतीची उंची मोजा :



२०.१

उंच इमारतीच्या गच्चीवर न जाता तिची उंची मोजूया. तुमचा मटक्यातला ओळंब्याचा कोनमापक एका स्टुलावर रिंगवर ठेवा (कार्ड क्र. १२). इमारतीच्या अगदी वरच्या टोकाचा कोन मोजा. (कोन XYZ,) कोनमापक इमारतीपासून अशा अंतरावर न्या, की हा कोन ४५ अंश होईल.

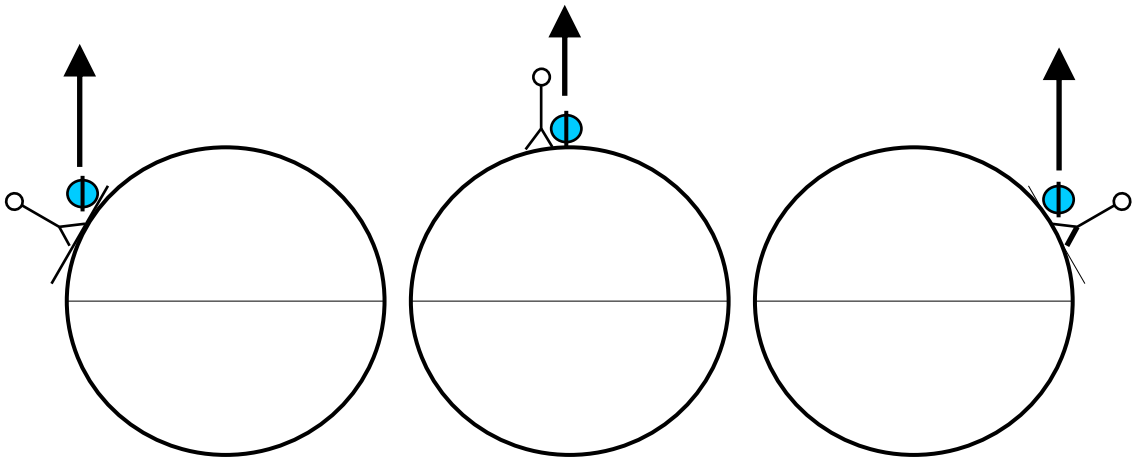
या जागी, स्टुलाचं इमारतीपासूनचं अंतर हे (इमारतीची उंची – स्टुलाची उंची) इतकं असेल.

२०.२

स्टूल कोणत्याही अंतरावर ठेवून तुम्ही कोन XYZ मोजू शकता, त्यावेळी तो ४५ अंश नसेल. आलेख कागद आणि त्रिकोणांची समरूपता वापरून तुम्हाला इमारतीची उंची काढता येईल.

त्रिकोणांची समरूपता वापरून तुम्हाला सूर्य आणि इतर ताऱ्यांची अंतरं प्रत्यक्ष सूर्यावर न जाता काढता येतील.

समांतर पृथ्वी



आपण शाळेत शिकतो की पृथ्वी स्वतःभोवतीची फेरी एका दिवसात मारते आणि सूर्याभोवतीची फेरी एका वर्षात मारते. समांतर पृथ्वी बनवून आपल्याला याचं निरीक्षण करता येतं.

समांतर पृथ्वी बनवण्यासाठी :

१. उत्तर आणि दक्षिण ध्रुवापाशी भोक असलेला एक मोठा पोकळ पृथ्वीचा गोल घ्या. या भोकांमधून पलीकडे पाहता येईल.

२. बाजारात मिळणारे पृथ्वीचे गोल किंवा मोठा प्लॅस्टिकचा चेंडूही यासाठी वापरता येईल.

३. या गोलाला रिंगवर असा बसवा की दक्षिण ध्रुवाच्या भोकाकडून उत्तर ध्रुवाच्या भोकातून आरपार पाहिलं की ध्रुवतारा दिसेल.

४. उत्तर–दक्षिण अक्षाच्या भोकातून ध्रुवतारा दृष्टीक्षेपात ठेवून तो गोल असा फिरवा की भारत वर येईल. आता तुमच्या समांतर पृथ्वीवरचा भारत खऱ्या भारताला समांतर झाला.
५. भारतात मध्यान्ह असेल तेव्हा या समांतर पृथ्वीवरील भारताच्याही सूर्य बरोबर डोक्यावर असेल आणि तेथेही मध्यान्ह असेल. म्हणजे, खऱ्या भारतावर जी सौरवेळ असेल तीच आपल्या पृथ्वीवरच्या भारतावरही असेल.

उत्तर–दक्षिण अक्ष बरोबर ध्रुवताऱ्याकडे लावण्याच्या एका साध्या कृतीतून आपण एक समांतर पृथ्वी तयार केली, जी खऱ्या पृथ्वीला नेहमीच समांतर राहते. पृथ्वी स्वतःभोवती फिरतानाही आणि ती सूर्याभोवती वर्षभरात फिरतानाही.

समांतर पृथ्वीचे प्रयोग :

२२.१

हा प्रयोग बाहेर उन्हात करा. तुमची समांतर पृथ्वी (कार्ड क्र. २१) अशी ठेवा की तिचा अक्ष खऱ्या पृथ्वीच्या अक्षाशी समांतर असेल. ती अशी फिरवा की भारत सर्वात वर येईल. जर तुम्ही भारतात प्रयोग करत असाल तर या प्रकारे ठेवल्यानंतर, अवकाशात आपली पृथ्वी जशी आहे, त्याला तुमची ही पृथ्वी अगदी समांतर असेल.

२२.२

तुमच्या समांतर पृथ्वीवरच्या भारतावर एक टुथपिक किंवा काडेपेटीची काडी सरळ उभी करा. त्यासाठी तुम्हाला चिकटपट्टी किंवा मातीचा छोटा गोळा वापरता येईल. त्या टुथपिकची सावली समांतर पृथ्वीच्या वरच्या भागावर पडेल. ती सावली कशी आहे त्याचे निरीक्षण करा.

समांतर पृथ्वीच्या शेजारी एक बांबू उभा करा. त्या बांबूची सावलीही पहा.

समांतर पृथ्वीवर आणि खऱ्या पृथ्वीवर दोन्हीकडे काठ्या आणि त्यांच्या सावल्यांनी बनवलेले समरुप त्रिकोण तुम्हाला दिसतात का? याचा अर्थ असा की तुमच्या समांतर पृथ्वीवरची सौरवेळ आणि तुम्ही जेथे उभे आहात तिथली सौरवेळ सारखीच आहे.

२२.३

समांतर पृथ्वीवरील कोणत्या देशांवर सूर्य उगवत आहे ते पहा. आपल्या पृथ्वीवरही त्याच देशांवर सूर्य उगवत आहे.

२२.४

कोणत्या देशांवर सूर्य मावळत आहे ते पहा.

२२.५

कोणत्या देशांवर रात्र आहे आणि कोणत्या देशांवर दिवस आहे ते पहा.

तुम्ही कल्पना करू शकता, की उजेड आणि अंधाराच्या किनारीवर लाखो लोक झोपेतून उठत आहेत, दात घासत आहेत, अंघोळ करून शाळेत किंवा कामावर जाण्याच्या तयारीत आहेत. त्याच्या विरूद्ध बाजूच्या किनारीवर लाखो लोक दिवसभराचे श्रम करून आले आहेत,

जेवणाच्या तयारीत आहेत, आराम करत आहेत किंवा टी. व्ही पाहत आहे. पृथ्वीच्या बाहेर हजारो किमी वर असलेल्या सॅटेलाईटवर बसून पृथ्वीकडे पाहण्याची मजा लुटा.

२२.६

समांतर पृथ्वीवर असा बिंदू शोधा की ज्यावर सूर्य बरोबर डोक्यावर आहे. या बिंदूवर काडीची सावली पडणार नाही. हा शून्य सावलीचा बिंदू आहे. टुथपिक सगळीकडे फिरवून तुम्ही हा बिंदू शोधू शकाल. जसजशी वेळ बदलेल तसा हा बिंदू सरकत जातो हे तुमच्या लक्षात येईल. तो कसा सरकतो ते पाहूया : १२ वाजता तो कोठे आहे? (आपली वेळ)

२ वाजता तो कोठे आहे? (आपली वेळ)

तुमच्या असं लक्षात येईल की शून्य सावलीचा बिंदू एका अक्षवृत्तावर बदलत्या रेखांशांच्या दिशेने सरकत जातो. प्रत्येक मिनिटाला या बिंदूचा रेखांश थोडासा बदलतो.

२२.७

हा प्रयोग आठवड्याच्या एकाच वारी (उदा. सोमवारी) एका ठराविक वेळी (उदा. दुपारी २ वाजता) केला पाहिजे. सुमारे ४ आठवडे दर सोमवारी दुपारी २ वाजता शून्य सावलीचा बिंदू कोठे आहे त्याची नोंद करा. हे सर्व बिंदू एकाच रेखावृत्तावर आहेत याचे निरीक्षण करा. जसजसे दिवस जातात तसतशी पृथ्वी सूर्याभोवती वर्तुळाकार कक्षेत सरकत जाते. एका ठराविक वेळी सूर्य एकाच रेखावृत्तावर वेगवेगळ्या अक्षांशांवर दिसेल. प्रत्येक दिवशी शून्य सावलीच्या बिंदूचा अक्षांश थोडा थोडा बदलेल.

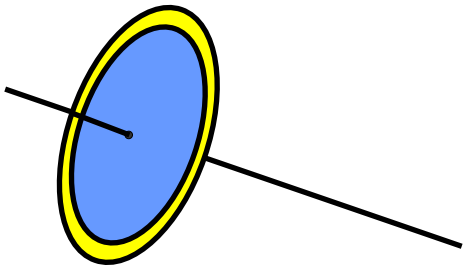
दिवसाच्या कोणत्याही वेळी आणि वर्षाच्या कोणत्याही दिवशी शून्य सावलीचा बिंदू हा समांतर पृथ्वीवर एकाच निश्चित जागी असणार.

शून्य सावलीचा बिंदू सतत सरकत असतो. परंतु बरोबर १ वर्षानी, त्याच तारखेला, त्याच वेळी, तो बरोबर त्याच जागी परत येतो.

शून्य सावलीचा बिंदू कोठे आहे ते जर आपल्याला समजलं तर आपण बरोबर तारीख आणि वेळ सांगू शकतो. समांतर पृथ्वी हे एक प्रकारचं वेळ–तारखेचं घड्याळ आहे.

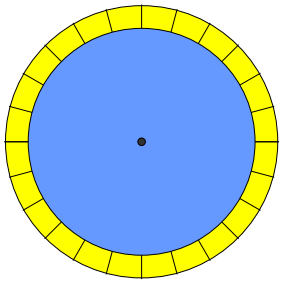
सौरघड्याळ बनवा.

तुमच्या सूर्य–पृथ्वी प्रयोगसाहित्यात मध्यभागी भोक असलेली एक गोलाकार तबकडी आहे. त्यात एक अरूंद नळीही आहे. हे घड्याळ बनवण्यासाठी कोणतीही सपाट गोलाकार वस्तू वापरता येईल (उदा. मोठ्या पातेल्याची झाकणी किंवा सायकल रिम)



२३.१

आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे ही नळी गोलाकार तबकडीमधून घाला. तबकडीच्या पृष्ठभागाला नळी बरोबर लंब असली पाहिजे. हे सौरघड्याळ अशा तऱ्हेने ठेवा की पोकळ नळीतून बरोबर ध्रुवतारा दिसला पाहिजे. तुमचं सौरघड्याळ वापरण्यायोग्य झालं आहे आणि वेळ दाखवण्यासाठी योग्य अशा तऱ्हेने ते ठेवलंही आहे. परंतु आधी त्याला घड्याळाच्या खुणा करायला हव्यात.



२३.२

तबकडीच्या किनारीचे २४ समान भाग करा. तेथे स्केचपेनाने खुणा करा. आकृती पहा. आता घड्याळाची डायल तयार झाली. नेहमीच्या घड्याळाच्या डायलवर १२ भाग असतात. या घड्याळाला २४ असतात.

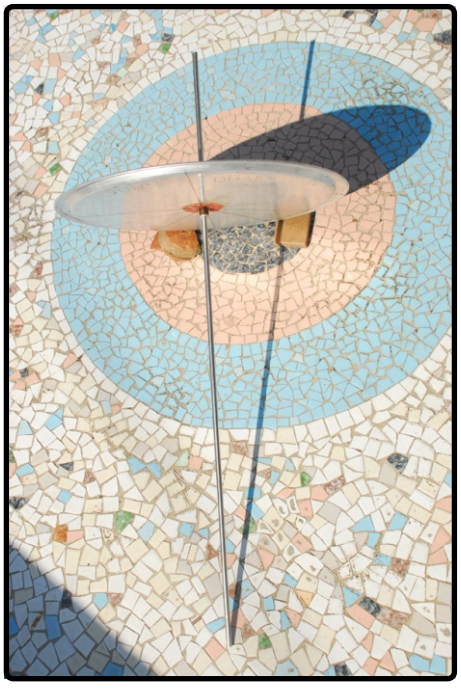
२३.३

आता तुमचे सौरघड्याळ पुन्हा पहिल्या कृतीसारखे (२३.३) ठेवा. नळीमधून ध्रुवतारा दिसला पाहिजे. दुसऱ्या दिवशी सकाळी सूर्य उगवल्यावर नळीची तबकडीवर पडलेली सावली पहा. एका तासात सावली एका खुणेपासून दुसऱ्या खुणेपर्यंत जाते.

२३.४

आता १ ते २४ संख्या पेनाने लिहून घ्या. तुमचं सौरघड्याळ योग्य स्थितीत ठेवा आणि तबकडी अशी फिरवा की घड्याळातली वेळ आणि सौरघड्याळातली वेळ एकमेकांशी जुळेल. तुमचं सौरघड्याळ आता तयार झालं.

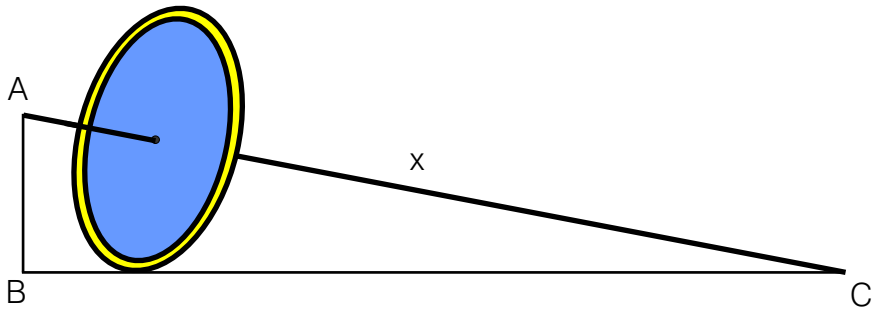
या घड्याळाची बॅटरी कधीच चार्ज करावी लागणार नाही. जेव्हा आकाशात सूर्य असेल तेव्हा ते वेळ दाखवेल.



तुमच्या सौरघड्याळाची नळी जर तुम्हाला ध्रुवताऱ्याच्या दिशेला लावायची असेल, आणि झाडं, इमारती याच्यामुळे ते शक्य नसेल तर काय कराल?

– तुमच्या भूगोलाच्या पुस्तकातून किंवा इंटरनेटवरून तुमचे अक्षांश शोधा. उदा. पाँडचेरीचे अक्षांश ११ अंश ५६ मिनिटे आहेत, म्हणजे जवळपास १२ अंश.

– तुमच्या सौरघड्याळाच्या नळीची लांबी (AC) मोजा. समजा ती x आहे.



– त्रिकोण ABC मध्ये ची दिशा ध्रुवताऱ्याकडे असली पाहिजे. याचा अर्थ कोन ACB हा १२ अंश असला पाहिजे.

$$\sin ACB = AB/AC$$
$$\sin 12 = AB/x$$

– यावरून AB काढा.

– तबकडी अशा तऱ्हेने ठेवा की तुम्हाला आवश्यक तितकं AB हे अंतर मिळेल.

– कोन ACB हा आपोआपच तुमच्या अक्षांशाइतका होईल.

– ध्यानात ठेवा, १२ अंश हे पाँडिचेरीचे अक्षांश आहेत. तुम्हाला तुमच्या गावाचे अक्षांश पाहून तुमच्यासाठीचा हिशेब करावा लागेल.

सूर्यघड्याळ आणि सूर्य दिनदर्शिका

२४.१

कार्ड २३ प्रमाणे तुमचं सावलीचं घड्याळ योग्य पद्धतीने ठेवा. त्याची नळी ध्रुवताऱ्याकडे रोखलेली असायला हवी. आधीच्या कृतीमध्ये आपण नळीची सावली गोल थाळीवर पडलेली पहात होतो.

आता आपण उलटं करणार. आता थाळीच्या कडेची नळीवर पडणारी सावली पहा. तुमचं घड्याळ जर योग्य पद्धतीने ठेवलेलं असेल तर तुम्हाला दिसेल की जरी सूर्य पूर्वेकडून पश्चिमेकडे गेला तरीही ही सावली सरकत नाही. या सावलीची खूण करा.

२४.२

तुमचं सूर्यघड्याळ त्याच स्थानी, जराही हलू न देता एक आठवडा ठेवा. त्यानंतर सावलीच्या जागेची परत खूण करा. (लक्षात असू द्या : आपण नळीची सावली पहात नसून नळीवर पडणारी सावली पहात आहोत.) सावली आधीच्या खुणेपासून सरकलेली दिसेल. दिवसभरात मात्र सूर्य सरकत गेला तरीही सावली त्याच जागी राहील.

थाळीची नळीवर पडणारी सावली जशी सरकते तशी ती दिवसऋतूंच्या खुणा करते. ती दिनदर्शिका सावली आहे.

नळीची थाळीवर पडणारी सावली दिवसातल्या तास–मिनिटांच्या खुणा करते. ती घड्याळ सावली आहे.

त्यामुळेच आपल्याला असं सूर्यघड्याळ हे घड्याळ म्हणून आणि कॅलेंडर म्हणून वापरता येतं. ते द्विकालदर्शक आहे.

चंद्र जितका मोठा त्याच्या ११० पट दूर

कृती २४.१

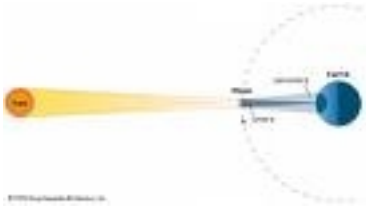
एखाद्या पौर्णिमेच्या रात्री हा प्रयोग करा. कार्ड क्र. ६ वरील कृतीप्रमाणे तुमच्या किटमधले मध्यभागी ५ मिमीचे भोक असलेले काळे कार्ड घ्या. त्या भोकातून चंद्राकडे पहा. हळूहळू ते कार्ड लांब न्या. अशा अंतरापर्यंत, की चंद्र त्या भोकात बरोब्बर मावल्यासारखा दिसेल. कार्डाचे तुमच्या डोळ्यापासूनचे अंतर मोजा. ते साधारणतः ५५ सेमी असेल. यावरून लक्षात येईल, की चंद्रबिंबाचा व्यास आणि चंद्रबिंबाचे अंतर याचे गुणोत्तर (१/२ सेमी ÷ ५५ सेमी) = १/११० असेल.

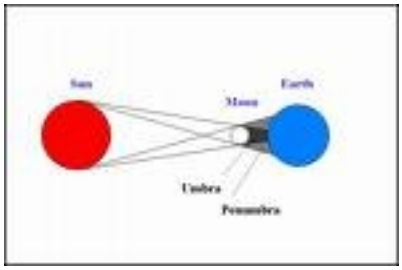
सूर्य जितका मोठा आहे, त्याच्या ११० पट तो दूर आहे. सूर्याचं अंतर त्याच्या व्यासाच्या ११० पट आहे.
चंद्र जितका मोठा आहे, त्याच्या ११० पट तो दूर आहे. चंद्राचं अंतर त्याच्या व्यासाच्या ११० पट आहे.

असं का? हा एक निव्वळ योगायोग आहे. एक सुंदर नैसर्गिक योगायोग, ज्यामुळे खग्रास सूर्यग्रहणासारखी विलोभनीय घटना घडते.

खग्रास सूर्यग्रहणाच्या वेळी चंद्र सूर्याला बरोबर पूर्ण झाकतो.

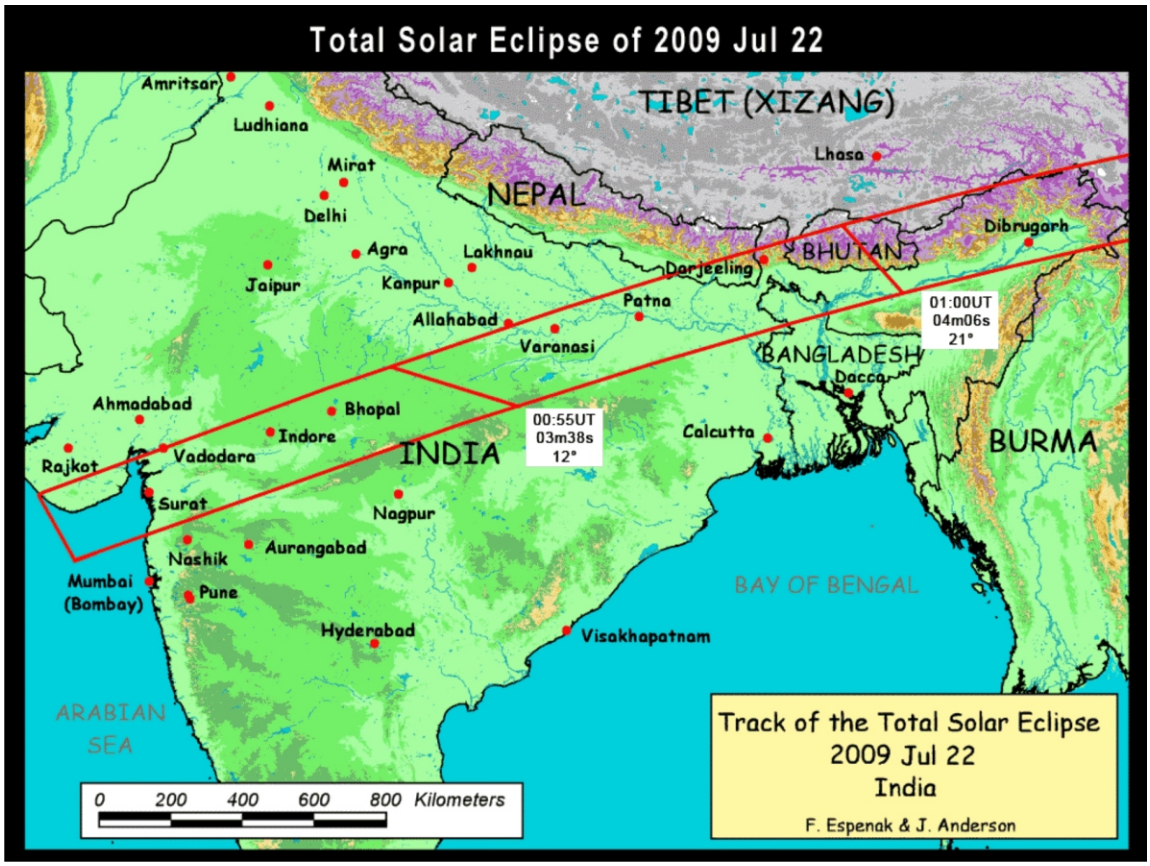
टीप : पृथ्वीची कक्षा वर्तुळाकार नसून लंबवर्तुळाकार आहे. चंद्राची कक्षासुद्धा किंचित लंबवर्तुळाकार आहे. त्यामुळे चंद्राचे अंतर–व्यासाचे गुणोत्तर बदलत राहते. कधीकधी जेव्हा चंद्र नेहमीपेक्षा जास्त दूर असतो तेव्हा तो नेहमीपेक्षा लहान दिसतो. त्यावेळी हे गुणोत्तर ११० पेक्षा जास्त असते. अशावेळी जर सूर्यग्रहण झाले तर चंद्र सूर्याला पूर्णपणे झाकू शकत नाही. सूर्याची एक चकती दिसत राहते आणि कंकणाकृती सूर्यग्रहण पहायला मिळते.





खग्रास सूर्यग्रहण

२२ जुलै २००९ ला, सूर्योदयानंतर लगेचच (किंवा सूर्योदयाबरोबरच) सूर्यग्रहण लागणार आहे. खालील नकाशात दाखवलेल्या पश्चिम पूर्व जाणाऱ्या पट्ट्यातील सर्व ठिकाणांवरून खग्रास सूर्यग्रहण पाहता येईल. सुरत, वडोदरा, इंदोर, भोपाळ, पटना, दिब्रुगड ही महत्त्वाची ठिकाणे या पट्ट्यात आहेत. म्यानमार, चीन, कोरियातील काही भागांमधूनही खग्रास सूर्यग्रहण दिसणार आहे.



सूर्योदयाच्या वेळी सूर्यबिंब गोलाकार दिसणार नाही, तर सूर्याची कोर दिसेल.

एकच अडचण आहे, आणि ती म्हणजे, २२ जुलै हा दिवस ऐन पावसाळ्यातला आहे. आकाश ढगाळलेलं असू शकतं. आणि हे काही मिनिटांचं स्वर्गीय नाट्य पाहण्याची आपली संधी हातातून सुटू शकते.

सूर्याचे निरीक्षण करण्याच्या ज्या ज्या पद्धती तुम्ही शिकलात, त्या सर्व पद्धतींनी तुम्ही सूर्यग्रहण पाहू शकाल.

१. पिनहोल प्रोजेक्टरच्या पद्धतीने

२. चेंडू–आरशाच्या सूर्यदर्शकाने

३. दूरदर्शक उलटा लावून कागदावर प्रतिमा घेऊन

४. सुरक्षित सूर्यचष्मा वापरून

५. चेंडू–आरसा आणि मोठ्या नाभीय अंतराचे बहिर्वक्र भिंग वापरून.

खग्रास सूर्यग्रहणाच्या वेळी काय पहाल?

२७.१

सूर्यासमोरून चंद्र सरकत जाईल तसतशी बदलत जाणारी सूर्याची कोर पहा.

२७.२

उंच झाडाच्या सावलीत मधेमधे दिसणारे प्रकाशाचे गोल या वेळेत गोलाकार न दिसता करंजीसारखे दिसतात ते पहा.

२७.३

जसजसा सूर्य चंद्राने झाकला जाईल तसतसा त्याचा दर्शनी भाग लहान होत जाईल, आणि त्याचबरोबर सावल्या अधिक स्पष्ट आणि रेखीव होतील.

२७.४

संपूर्ण खग्रास अवस्थेच्या क्षणभर आधी डायमंड रिंग पाहण्याचा विलोभनीय आनंद घ्या.

२७.५

बैलीचे मणी पहा.

२७.६
संपूर्ण खग्रास अवस्थेच्या काही मिनिटांमधील नाट्य पहायला मिळण्याइतके जर तुम्ही भाग्यवान असाल, ढगांनी जर तुम्हाला तशी साथ दिली, तर सूर्यकिरिट आणि त्याचा आकार तुम्ही पाहू शकाल. संपूर्ण खग्रास अवस्थेची वेळ ही हा किरिट पाहण्याची एकमेव संधी असते.

१९९४, १९९९ आणि २००५ मधील सूर्याग्रहणांच्या वेळचे सूर्यकिरिट :

२७.७
संपूर्ण खग्रास अवस्थेत अंधाऱ्या आकाशाकडे पहा. तुम्हाला कोणते ग्रह किंवा तारे दिसतात ते पहा.

२७.८
या काळात पक्षी आणि प्राण्यांच्या वर्तनाचे निरीक्षण करा.

सूर्यडाग

चेंडू आरशाचा सूर्यदर्शक आणि मोठ्या नाभीय अंतराचं बहिर्वक्र भिंग एकत्र वापरून तुम्हाला सूर्याची स्पष्ट आणि रेखीव प्रतिमा मिळेल (कार्ड क्र. १०). या प्रतिमेवर सूर्यडाग स्पष्ट दिसतात.

मोठे सूर्यडाग हे चेंडू आरशाने घेतलेल्या प्रतिमेवरही स्पष्ट दिसतात.

नुसत्या चेंडू आरशाच्या सूर्यदर्शकाने पुण्यामध्ये फर्ग्युसन कॉलेजच्या ॲम्फिथिएटरमध्ये आम्हाला ही प्रतिमा मिळाली होती. त्यावर ३ सूर्यडाग स्पष्ट दिसत होते.

सूर्यडाग कसे फिरतात हे पाहण्यासाठी भिंतीवर एक पांढरा कागद कायमचा लावून त्यावर सूर्याची प्रतिमा घ्या. प्रतिमेची किनार पेन्सिलीने काढून घ्या. सूर्यडाग कोठे दिसत आहेत त्यांच्याही खुणा करा आणि तारीख घाला. दुसऱ्या दिवशी पुन्हा त्याच जागी सूर्याची प्रतिमा घ्या. पुन्हा सूर्यडागांच्या जागेची खूण करून तारीख घाला. आता ते वेगळ्या जागी असतील. हा प्रयोग सतत काही आठवडे करा.

तुम्हाला असं लक्षात येईल की साधारणपणे ४ आठवड्यांनी मोठे सूर्यडाग पुन्हा त्याच जागी येतात. (बरेचसे छोटे सूर्यडाग मात्र इतके दिवस टिकणार नाहीत.)

सूर्य स्वतःभोवती फिरत असल्याचं तुमच्या लक्षात येईल आणि तुम्हाला हे देखील समजेल की सूर्याचा अक्ष हा पृथ्वीच्या अक्षासारखाच कललेला आहे. पृथ्वीसारखंच विषुववृत्त आणि ध्रुव त्यालाही आहेत.

गॅलिलिओ आणि सूर्यडाग

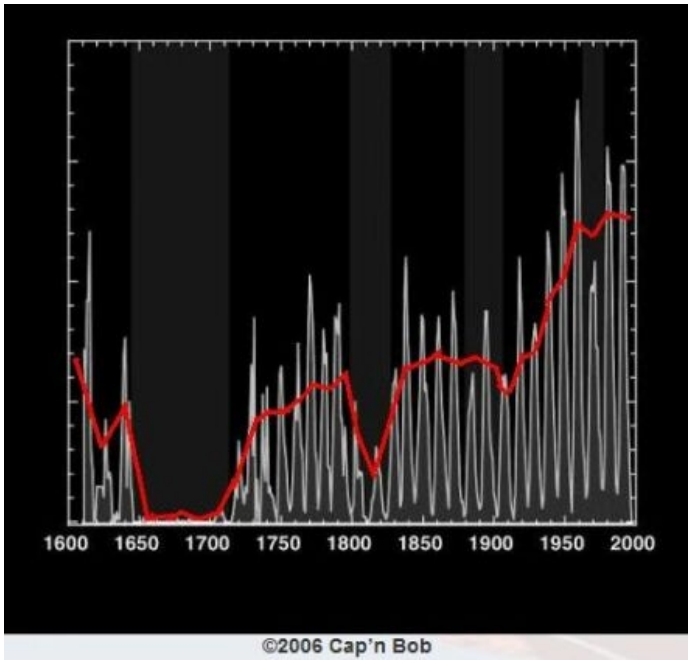
अनेक पुस्तकांमध्ये असं लिहिलंय की गॅलिलिओने त्याचा दूरदर्शक वापरून सूर्यडागांचा शोध लावला. परंतु प्राचीन खगोलशास्त्रीय नोंदी असं सांगतात, की चीनमधील प्राचीन खगोलशास्त्रज्ञांनी सर्वप्रथम नुसत्या डोळ्यांनी सूर्यडागांचे निरीक्षण केले होते.

आपण नुसत्या डोळ्यांनी सूर्याकडे थेट पाहू शकत नाही. परंतु सूर्योदय किंवा सूर्यास्ताच्या वेळी किंवा आकाश धूसर असताना सूर्यप्रकाशाची तीव्रता कमी असते. अशावेळी सूर्याकडे थेट पाहताना त्रास होत नाही. अशावेळीसुद्धा सलग १ मिनिटापेक्षा जास्त वेळ सूर्याकडे पाहू नका. तुमच्या डोळ्यांना इजा होऊ शकते. प्राचीन खगोलशास्त्रज्ञांनी अशीच वेळ साधून सूर्याकडे पाहून सूर्यडागांचा शोध लावला होता.

गॅलिलिओने त्याच्या दूरदर्शकातून सूर्य पाहिला होता आणि कदाचित त्यामुळेच त्याच्या डोळ्यांना इजा झाली असावी. तो म्हातारपणी अंध झाला होता. (सूर्याकडे दूरदर्शकातून तर कधीच पहायचे नाही.)

सूर्यडागांचे ११ वर्षांचे कालचक्र असते. दर ११ वर्षांनी सर्वाधिक सूर्यडाग दिसतात.

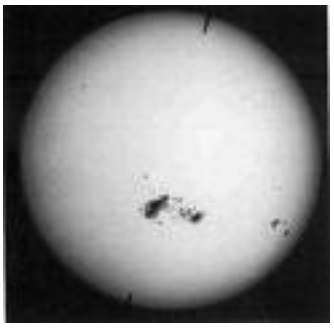
सूर्यडाग तक्ता



अशावेळी कधीकधी ते इतके मोठे असतात की सूर्यचष्मा लावून ते नुसत्या डोळ्यांनीही पाहता येतात. मधल्या काळात सूर्यडाग एकदम कमी होतात. अशावेळी मोठी सूर्यप्रतिमा मिळवूनही सूर्यडाग दिसत नाहीत.

आजवर दिसलेले सर्वात मोठे सूर्यडाग

७ एप्रिल १९४७



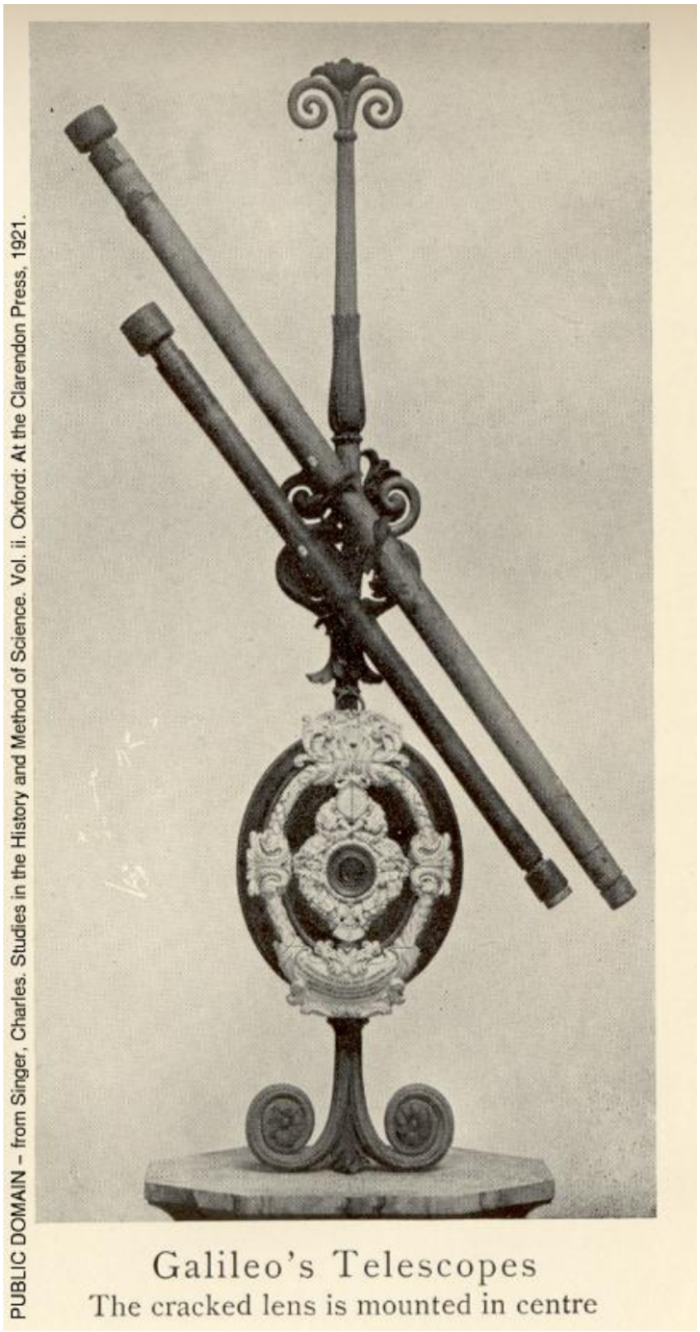
सर्वाधिक सूर्यडाग दर ११ वर्षांनी का येतात?

याचं उत्तर कोणालाच माहीत नाही ! सूर्याच्या अभ्यासातलं हे सर्वात मोठं कोडं आहे.
कदाचित हे कोडं सोडवणारे तुम्ही पहिले शास्त्रज्ञ असाल !

गॅलिलिओस्कोप : गॅलिलिओचा दूरदर्शक

२९.१

दूरदर्शक तयार करणारा गॅलिलिओ हा काही पहिला माणूस नव्हता. हॉलंडमधील लिपरशे आणि त्याच्यासारख्या अनेक जणांनी दूरदर्शक तयार केले होते. पण दूरदर्शक आकाशाकडे फिरवून खगोलशास्त्राच्या अभ्यासासाठी वापरणारा गॅलिलिओ हा पहिला माणूस होता.



हा गॅलिलिओच्या दूरदर्शकाचा फोटो आहे. दूरदर्शकातील सर्वात महत्त्वाचा भाग म्हणजे त्यातील भिंगे. गॅलिलिओच्या दूरदर्शकाला २ भिंगे होती. एक पदार्थभिंग (objective) आणि एक नेत्रिका (eyepiece). पदार्थभिंगाचे नाभीय अंतर जास्त असते. नेत्रिकेचे नाभीय अंतर कमी असते.

२९.२

दोन भिंगे आणि पुठ्ठा वापरून तुम्ही स्वतःसुद्धा खाली दाखवलेल्या फोटोतल्यासारखा दूरदर्शक बनवू शकाल.*

२९.३

या दूरदर्शकातून तुम्ही चंद्रावरचे उंचवटे आणि खड्डे पाहू शकाल.

२९.४

चेंडूच्या स्थिर माउंटवर जाड रबरबँडने हा दूरदर्शक बसवता येईल.

हा दूरदर्शक बनवण्यासाठीची भिंगे येथे मिळतील. : गुणवत्ता, नवनिर्मिती पुणे, डिस्कवर इट, नवनिर्मिती मुंबई.

ॲनेक्सागोरसने सूर्याचं अंतर कसं मोजलं असेल?

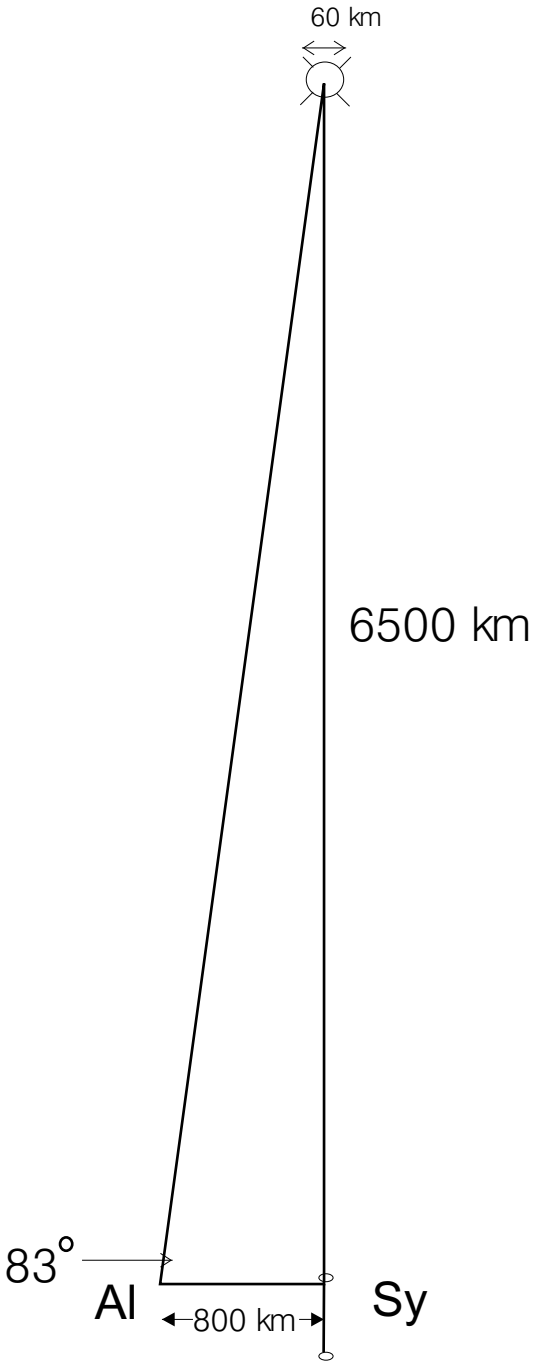
ऐतिहासिक नोंदींवरून आपल्याला हे माहीत आहे की मानवाच्या इतिहासात चंद्र-सूर्य हे खडकांचे बनले आहेत असं सांगणारा ॲनेक्सागोरस हा पहिला मानव होता. सूर्य हा 'पेलोपोनेससपेक्षा मोठा' जळता खडक आहे असे त्याने सांगितले.

तुम्ही जर ग्रीस देशाचा आजचा नकाशा पाहिला तर तुमच्या लक्षात येईल की पेलोपोनेसस हे ग्रीसच्या दक्षिणेकडचे सुमारे ८० किमी विस्ताराचे द्वीपकल्प आहे.

या ऐतिहासिक वास्तवावरून भौतिकशास्त्रज्ञ जॉर्ज गॅमॉव्ह याने त्याच्या 'सूर्य नावाचा तारा' (A Star Called The Sun) या पुस्तकात ॲनेक्सागोरस सूर्याच्या या आकारापर्यंत कसा पोचला असेल याची कल्पना केली आहे.

गॅमॉव्हचं म्हणणं असं की, इरॅटोस्थेनिसच्या २०० वर्षे आधी ॲनेक्सागोरसला हे माहीत होतं की दक्षिणायणारंभाच्या दिवशी (summer solstice) सायीन या गावावर मध्यान्हाच्यावेळी सूर्य बरोबर डोक्यावर असतो. एका खोल विहिरीत त्याचे किरण सरळ पोहोचतात. त्याला हे देखील माहीत होतं की त्याच दिवशी त्याचवेळी अलेक्झांड्रिया या गावी सूर्याचे किरण ८३ अंशाचा कोन करतात.... आणि त्याला हे देखील माहीत होतं की अलेक्झांड्रिया-साईन अंतर सुमारे ५००० स्टेडिया (सुमारे ८०० किमी) आहे.

या माहितीवरून त्याने ही आकृती काढली आणि सूर्याचं अंतर काढलं ६५०० किमी.



३०.१

आलेख कागदावर एक कोन ८३ अंशाचा असेल असा काटकोन त्रिकोण काढा. तुमच्या लक्षात येईल की त्या त्रिकोणाची उंची त्याच्या पायाच्या सव्वा आठ पट आहे. यावरून पाया जर ८०० किमी असेल तर त्याची उंची काढा.

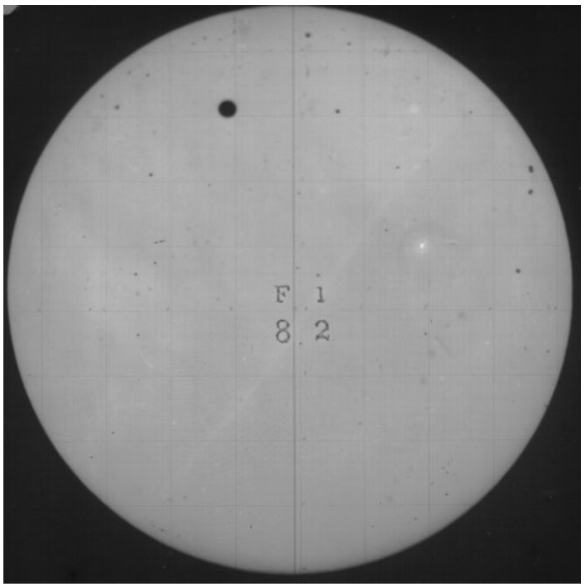
ॲनेक्सागोरसला सूर्याचं अंतर मिळालं ६४०० किमी. 'सूर्य किती दूर आहे' या प्रश्नाचं हे बरोबर उत्तर नव्हतं. का? कारण ॲनेक्सागोरसने गृहीत धरलं की पृथ्वी सपाट आहे.

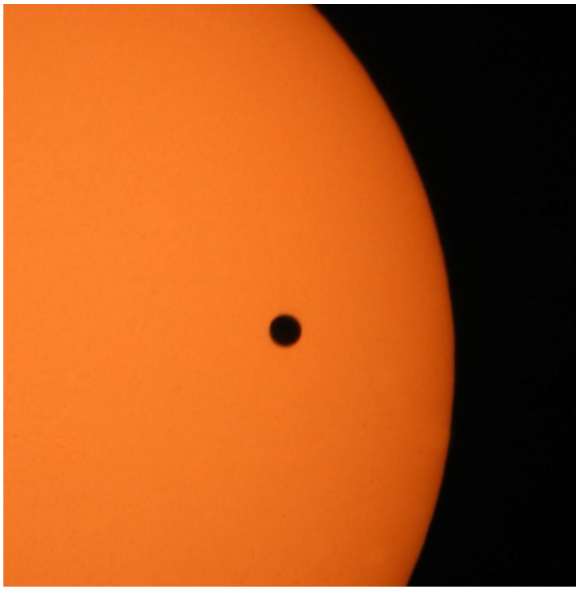
परंतु, त्याचं उत्तर हे दुसऱ्या एका प्रश्नाचं अचूक उत्तर होतं. 'पृथ्वीची त्रिज्या किती आहे?' हा तो प्रश्न.

खरं तर, इरॅटोस्थेनिसच्या २०० वर्षे आधी ॲनेक्सागोरसने पृथ्वीची त्रिज्या काढली होती, पण त्याला स्वतःला ते माहीत नव्हतं... कारण त्याला माहीत नव्हतं की पृथ्वी गोल आहे.

शुक्राचं अधिक्रमण

खाली डावीकडे दिलेला फोटो हा १८८२ सालच्या शुक्राच्या अधिक्रमणाचा फोटो आहे.





८ जून २००४ रोजी जेव्हा शुक्राचं अधिक्रमण झालं तेव्हा केदार भट्ट यांनी काढलेला फोटो उजवीकडे दिला आहे.

शुक्र जेव्हा सूर्यासमोर येतो तेव्हा सूर्यगोलावरून शुक्राचा काळा ठिपका आपल्याला सरकत जाताना दिसतो. त्याला शुक्राचं अधिक्रमण म्हणतात. शुक्राचं अधिक्रमण ही अत्यंत दुर्मिळ घटना आहे. ती १२१.५ वर्षांनी घडते, त्यानंतर ८ वर्षांनी. त्यानंतर १०५.५ वर्षांनी.... पुन्हा ८ वर्षांनी. हा क्रमही थोडा-थोडा बदलत राहतो.

विज्ञानाच्या इतिहासात शुक्र अधिक्रमणाच्या घटनेला खास महत्त्व आहे, कारण त्यावेळी आपल्याला सूर्य किती दूर आहे ते मोजता येतं.

हे अंतर, सूर्य-पृथ्वी अंतर म्हणजे एक खगोलीय एकक Astronomical Unit. (AU)

२००४ साली १२१ वर्षांनी शुक्राचं अधिक्रमण घडलं होतं.
हजारो विद्यार्थ्यांनी वेगवेगळ्या प्रकारे ते पाहिलं

शनिवारवाडा पुणे येथे, चेंडू आरशाचा सूर्यदर्शक, मोठ्या नाभीय अंतराचे भिंग आणि पोर्टेबल डार्करुम वापरून

सूर्यचष्मा वापरून थेट सूर्याकडे पाहून

स्वतः बनवलेला १०० रुपयांचा टेलिस्कोप वापरून सूर्याची उलटी प्रतिमा कागदावर घेऊन

२००४ नंतर ते ८ वर्षांनी म्हणजे ६ जून २०१२ रोजी घडणार आहे.

त्यानंतर मात्र आपल्या हयातीत ते आपल्याला एकदाही पहायला मिळणार नाही.
२०१२ चं अधिक्रमण ही तुमच्या आयुष्यातली एकमेवाद्वितीय घटना असेल.

३१.१

ही अद्‌भुत वैज्ञानिक घटना तुम्ही पुढील सर्व प्रकारे पाहू शकाल. स्वतः पाहण्याबरोबरच तुम्ही जास्तीत जास्त लोकांना त्याचा आनंद देऊ शकता.

– चेंडू – आरशाच्या सूर्यदर्शकाने सूर्याची प्रतिमा घेऊन

– मोठ्या नाभीय अंतराच्या भिंगाने सूर्याची प्रतिमा घेऊन)

– टेलिस्कोप उलटा लावून कागदावर सूर्याची प्रतिमा घेऊन

– सुरक्षित फिल्टर लावून तज्ञांच्या देखरेखीखाली टेलिस्कोपमधून

३१.२

सूर्याची रेखीव आणि स्पष्ट प्रतिमा मिळवण्याचं तंत्र जर तुम्ही शिकून घेतलंत, तर तुम्हाला आणखी एक मजा पाहता येईल, ती म्हणजे तुमच्या प्रतिमेत तुम्हाला शुक्राचं वातावरण पाहता येईल. शुक्राच्या काळ्या ठिपक्याभोवती एका धूसर किनारीसारखं ते दिसेल.

३१.३

१६३९ साली हॉरॉक्स आणि त्याचा मित्र क्रॅबट्री यांनी पहिल्यांदा सूर्याची प्रतिमा घेऊन शुक्राचं अधिक्रमण पाहिलं. हॉरॉक्सने यावेळी शुक्र आणि सूर्याचे सापेक्ष आकार मोजून सूर्याचं अंतर काढायचा प्रयत्न केला होता. सूर्याचं अंतर काढण्यासाठी त्याला शुक्र आणि पृथ्वीच्या आकारांबाबत एक गृहीतक मांडणं आवश्यक होतं. पण त्याने चुकीचं गृहीतक मांडलं. त्यांचं गृहीतक असं होतं की सूर्यापासून जसजसे दूर जावे तसतसे ग्रहांचे आकार वाढत जातात. प्रत्येक ग्रहाचा व्यास त्याच्या सूर्यापासूनच्या अंतराच्या प्रमाणात असतो. चुकीच्या गृहीतकामुळे हॉरॉक्सला ॲस्ट्रॉनॉमिकल युनिटचं चुकीचं उत्तर मिळालं. त्यानं जर वेगळं, जास्त सोपं गृहीतक मांडलं असतं, तर त्याला ॲस्ट्रॉनॉमिकल युनिटचं बरोबर उत्तर मिळालं असतं. 'शुक्र आणि पृथ्वी हे सारख्या मापाचे आहेत', असं गृहीतक जर त्यानं मांडलं असतं तर सूर्य–पृथ्वी अंतर ५% त्रुटीच्याही आत मोजून त्याला इरॅटोस्थेनिसच्या रांगेतलं स्थान मिळालं असतं.

त्यानंतरचं शुक्राचं अधिक्रमण १७६१ साली झालं. एडमंड हॅले या थोर खगोलशास्त्रज्ञाने असं दाखवलं होतं की शास्त्रज्ञाने शुक्राच्या अधिक्रमण काळात पृथ्वी–सूर्य कसं मोजता येईल त्याची मांडणी केली होती. परंतु ही पद्धत शोधूनही त्याला स्वतःला ती वापरता आली नाही कारण एडमंड हॅलेच्या संपूर्ण हयातीत शुक्राच्या अधिक्रमणाची घटना घडलीच नाही. न्यूटनसारख्या श्रेष्ठ शास्त्रज्ञालाही पृथ्वी–सूर्य अंतर अर्थात ॲस्ट्रॉनॉमिकल युनिट (AU) किती आहे या कोड्याचा उलगडा झाला नव्हता. न्यूटनच्याही आयुष्यात शुक्राचं अधिक्रमण घडलं नाही. न्यूटनने मांडलेल्या सूर्यमालेच्या संकल्पनेत एकच कच्चा दुवा राहिलेला होता, त्याचं उत्तर सापडण्यापूर्वीच न्यूटनचा अंत झाला. तो म्हणजे सूर्य–पृथ्वी अंतर हे खगोलशास्त्रीय एकक.

३१.४

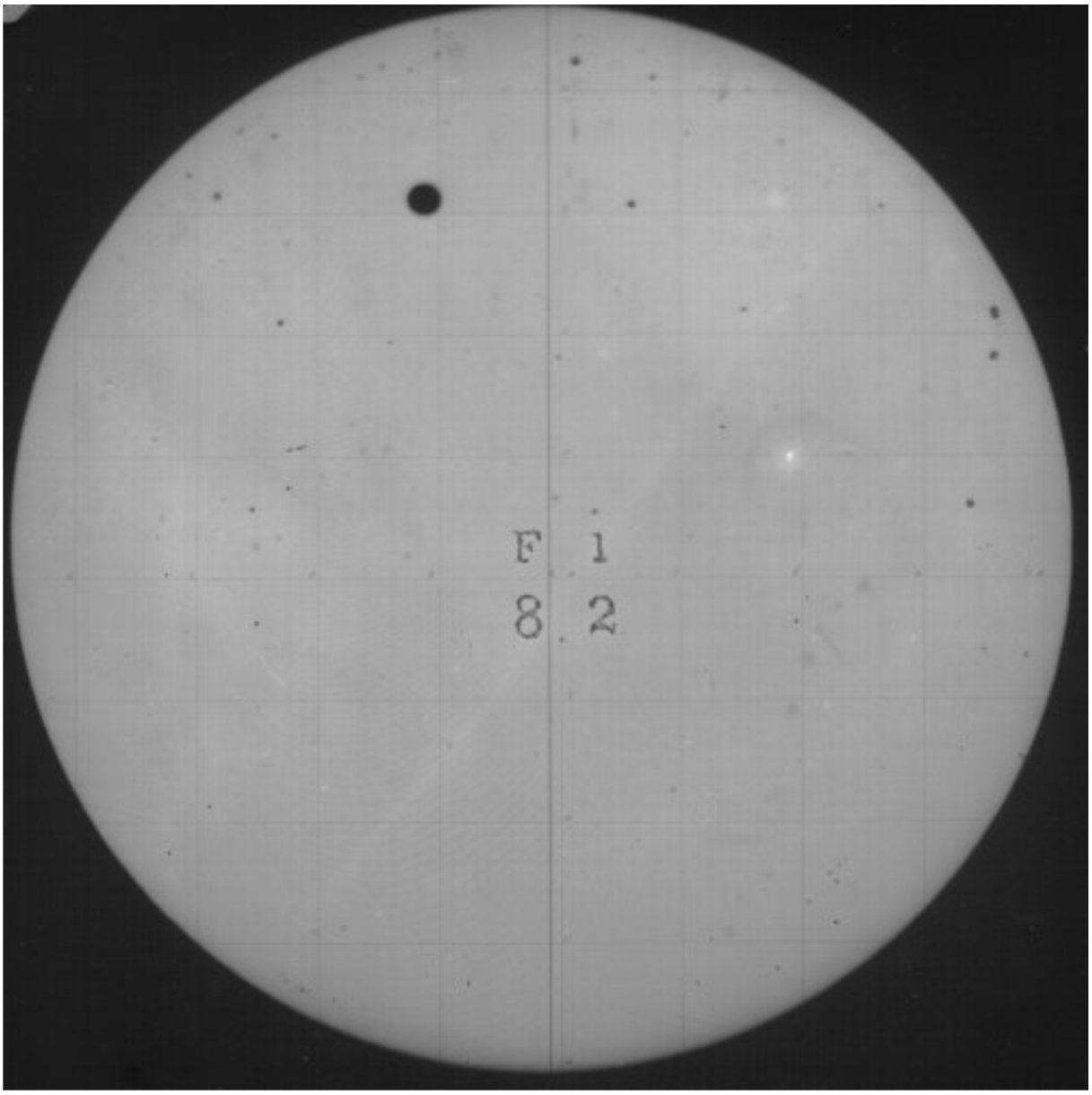
कार्ड क्र. ३२ आणि ३३ वरील कृती करा.

सूर्य–पृथ्वी अंतर तुम्हाला स्वतःला कसं मोजता येईल याच्या सविस्तर माहितीसाठी नवनिर्मितीची डॉ. विवेक माँटेरो यांनी लिहिलेली “Measuring the Universe with a String and a Stone” ही पुस्तिका पहा.

सूर्याचा आकार मोजण्यासाठी शुक्र वापरणे

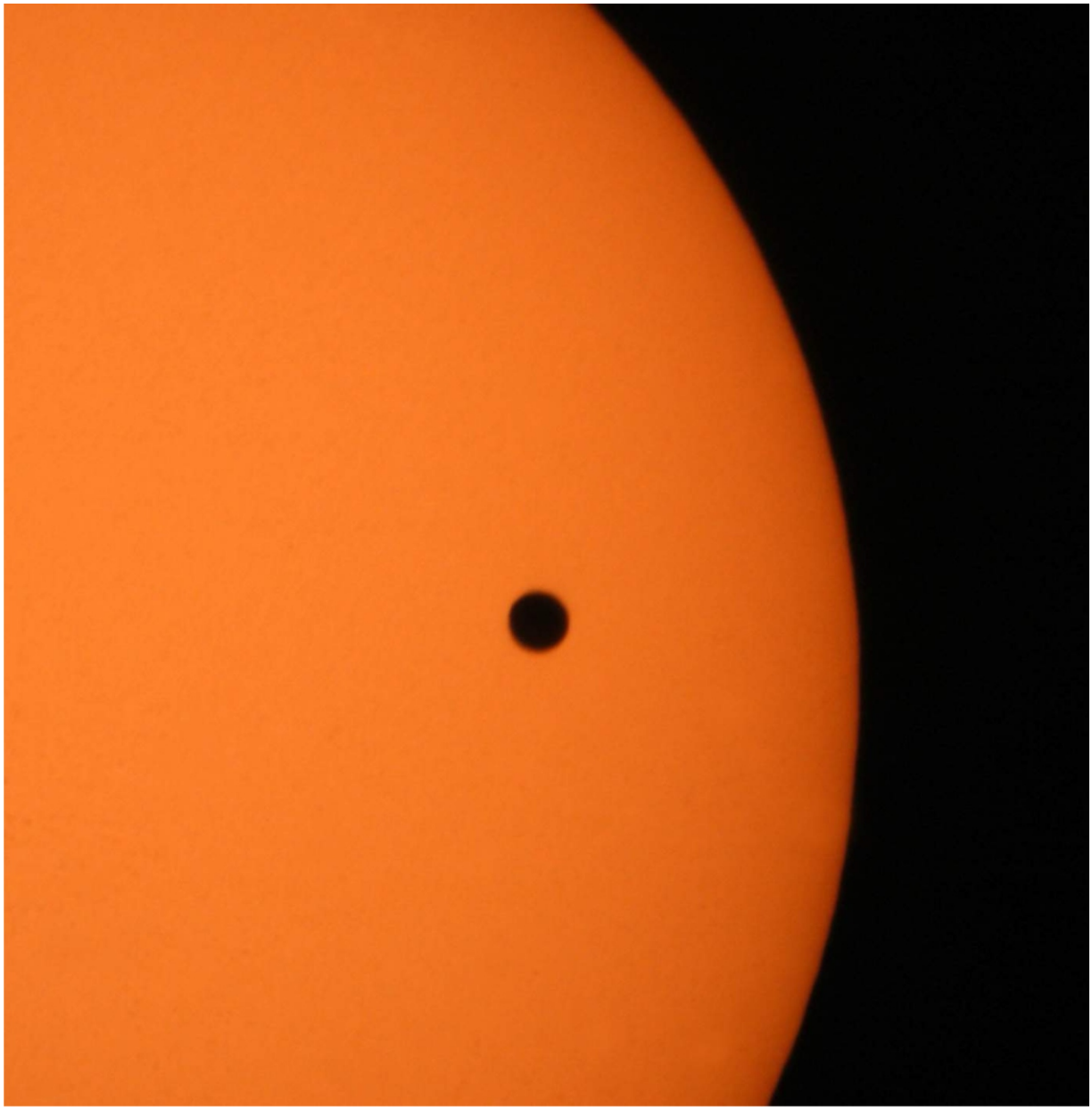
३२१.

शुक्र सूर्यावरून सरकत जाताना घेतलेले हे दोन फोटो आहेत. पहिला फोटो १८८२ च्या अधिक्रमणाचा आहे. दुसरा ८ जून २००४ ला केदार भट्ट यांनी घेतलेला आहे. या प्रत्येक फोटोमध्ये शुक्राचा आणि सूर्याचा व्यास मोजा. २००४ च्या फोटोत तुम्ही सूर्याचा व्यास कसा मोजाल?

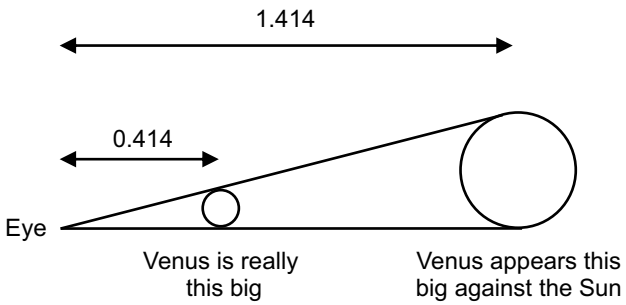


३२.२

तुमच्या मोजमापांवरून तुमच्या लक्षात येईल की सूर्याचा व्यास हा शुक्राच्या काळ्या ठिपक्याच्या साधारणपणे ३० पटीच्या थोडा वर आहे. बिनचूक मापन केलं तर तो ३३ पट येईल.



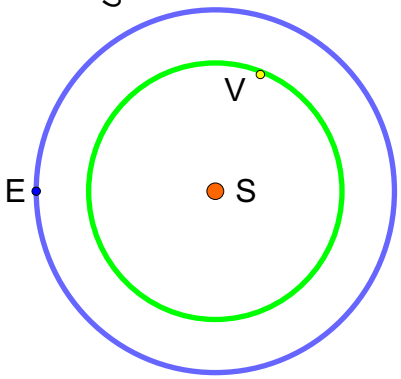
याचा अर्थ असा होतो का, की सूर्य शुक्राच्या ३३ पट मोठा आहे? नाही. सूर्य आणखी बराच मोठा आहे. अधिक्रमणाच्या वेळी सूर्य आपल्यापासून खूप जास्त दूर आहे. शुक्र त्यामानाने बराच जवळ आहे. (आकृती पहा.) त्यामुळे शुक्र प्रत्यक्ष जितका आहे त्यापेक्षा जास्त मोठा भासत आहे. किती पट मोठा? हे आपण पुढील कार्डामध्ये पाहणार आहोत.



शुक्र किती दूर आहे?

३३.१

ही आकृती पहा. दोन समकेंद्री वर्तुळांच्या मध्यभागी सूर्य आहे. आतील वर्तुळ शुक्राची कक्षा दाखवतं. आणि बाहेरचं वर्तुळ पृथ्वीची कक्षा दाखवतं. शुक्र V या बिंदूपाशी आहे. पृथ्वी E या बिंदूपाशी आहे. सूर्य म्हणजे S . कागदावर दोन समकेंद्री वर्तुळे काढा. निरनिराळ्या स्थानांवर V आणि E काढून कोन VES चे निरीक्षण करा. तुमच्या असं लक्षात येईल की V आतल्या बाजूला आणि E बाहेरच्या बाजूला असल्यामुळे कोन VES हा नेहमी लघुकोन असतो.

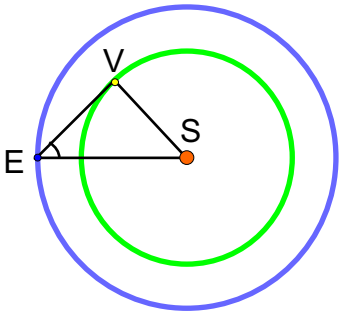


३३.२

कोन VES सर्वाधिक केव्हा असतो? जेव्हा कोन VES सर्वाधिक असतो तेव्हा कोन EVS किती असतो?

३३.३

वरील ३३.२ या कृतीत तुम्ही हे शोधलं असेल की जेव्हा रेषा EV ही आतल्या वर्तुळाची स्पर्शिका असते तेव्हा कोन VES हा सर्वाधिक असतो. स्पर्षबिंदूपाशी त्रिज्या SV आणि स्पर्शिका EV एकमेकींना लंब असतात. त्यामुळे कोन VES सर्वाधिक असताना कोन EVS हा ९०° असतो.



३३.४

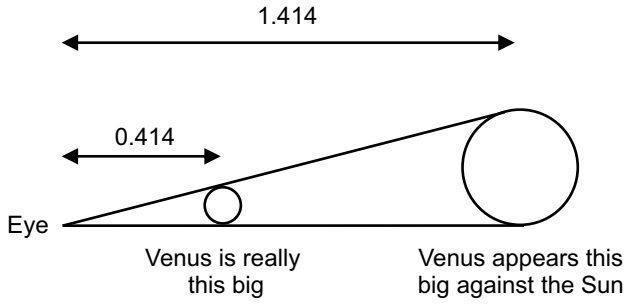
सूर्य अस्ताला जात असताना शुक्राकडे पहा. सूर्यास्ताच्या वेळी ES ही क्षितीजसमांतर आडवी रेषा असते. आता E म्हणजे तुमचा डोळा किंवा पृथ्वी. (EV आणि ES ही अंतरे खूप मोठी असल्यामुळे याने फारसा फरक पडत नाही. त्या अंतरांच्या तुलनेत शुक्र आणि पृथ्वी हे पेन्सिलीच्या बिंदूंसारखे असतात.) तुमच्या ओळंब्याच्या कोनमापकाने कोन VES मोजा. काही आठवडे तो रोज मोजा.

३३.५

शुक्र सूर्यापासून दूर दूर जात आहे असं वाटतं, त्यानंतर तो थांबल्यासारखा वाटतो आणि मग सूर्याच्या जवळ जवळ गेल्यासारखा वाटतो. १४ जानेवारी २००९ रोजी शुक्र सूर्यापासून सर्वात दूर असल्यासारखा वाटेल. त्या दिवशी सूर्य मावळत असताना तो आकाशातल्या त्याच्या सर्वोच्च स्थानी असेल. VES हा कोन मोजला तर आपल्याला लक्षात येईल की तो सुमारे ४५ अंश आहे. याचा अर्थ असा की १४ जानेवारीला VES हा समद्विभुज काटकोन त्रिकोण असतो. यावरून पृथ्वीच्या कक्षेची त्रिज्या ही शुक्राच्या कक्षेच्या त्रिज्येच्या √2 पट असते.

३३.६

शुक्राच्या अधिक्रमणाच्या दिवशी शुक्र पृथ्वीच्या सर्वात जवळ असतो. पृथ्वीचं सूर्यापासूनचं अंतर √2 असेल तर शुक्राचं सूर्यापासूनचं अंतर एक एकक असेल. म्हणजे शुक्र पृथ्वी अंतर (√2 - 1) असेल. सूर्य पृथ्वीपासून १.४१४ अंतरावर आणि शुक्र ०.४१४ अंतरावर असेल. सूर्य ३.४ पट दूर आहे आणि तो शुक्राच्या तुलनेत ३.४ पट लहान दिसत आहे.

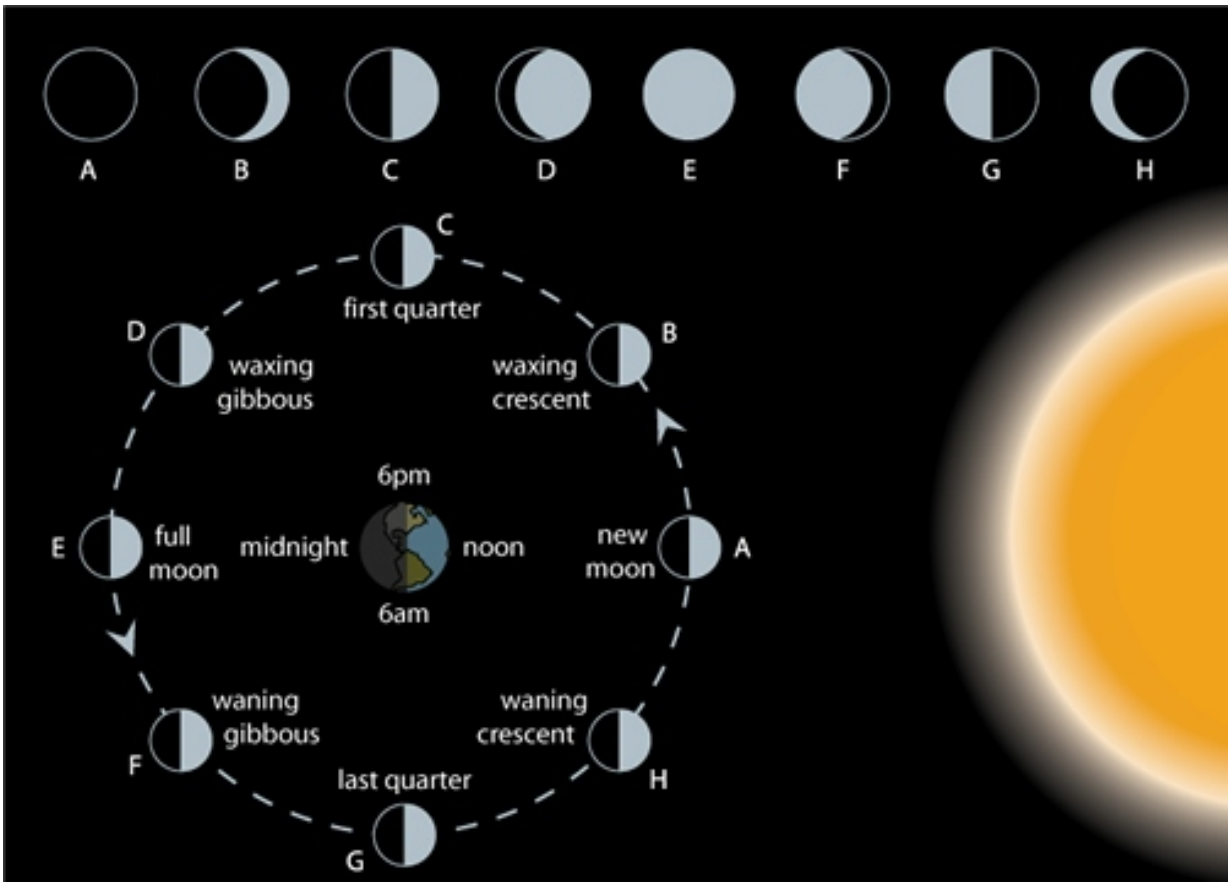


३३.७

त्यामुळे सूर्य हा शुक्राच्या मानाने (३३ × ३.४) पट मोठा आहे.

चंद्राच्या कला

प्राचीन अभ्यासकांनी अनेक रात्री नियमितपणे चंद्राचे निरीक्षण केले आणि त्यांच्या लक्षात आले की चंद्र सूर्याच्या अनुषंगाने आपले स्थान आणि आकार दोन्हीही बदलत असतो.



त्यांनी पाहिले की, जेव्हा पूर्ण चंद्र उगवत असतो, तेव्हा सूर्य मावळत असतो. म्हणजे सूर्य आणि चंद्र जेव्हा पृथ्वीच्या बरोबर विरूद्ध बाजूला असतात तेव्हा चंद्र पूर्ण गोलाकार दिसतो. पृथ्वीच्या मागून सूर्य चंद्रावर प्रकाश पाडतो. त्यामुळे संपूर्ण चंद्र प्रकाशमान झालेला दिसतो.

त्यांच्या असंही लक्षात आलं की जेव्हा सूर्य आणि चंद्र दोघेही पृथ्वीच्या एकाच बाजूला असतात, तेव्हा चंद्र अजिबात दिसत नाही. सूर्यप्रकाश चंद्राच्या दुसऱ्या बाजूवर पडतो, जी बाजू त्यांना दिसत नव्हती. जी बाजू त्यांना दिसत होती, त्यावर प्रकाश नव्हता, त्यामुळे ती अंधारी होती.

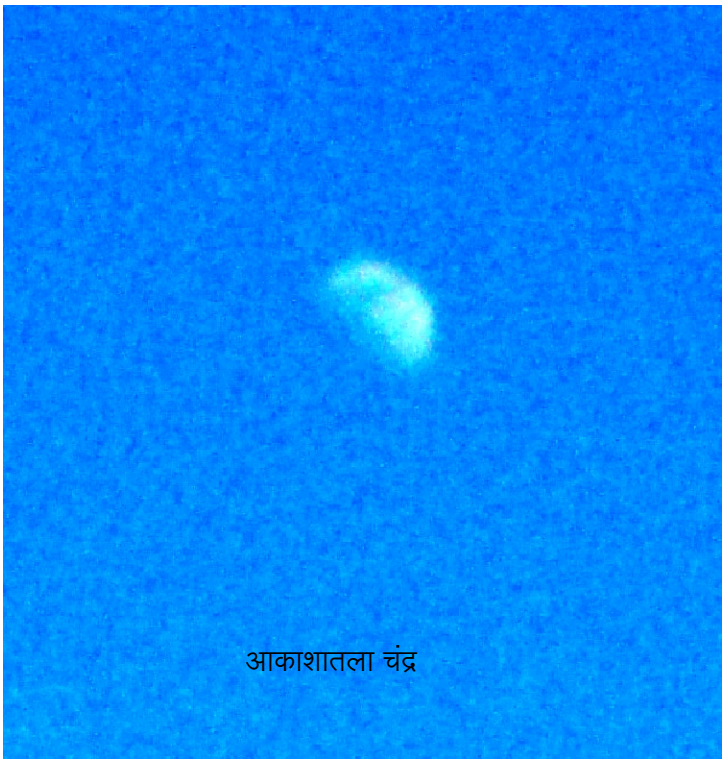
यावरून त्यांनी असं अनुमान काढलं की सूर्याला त्याचा स्वतःचा प्रकाश आहे आणि चंद्राला नाही. चंद्रप्रकाश हा परावर्तित प्रकाश असतो. चंद्रावर प्रकाश पडल्यावर त्यातला कमी–अधिक भाग आपल्याला दिसतो म्हणून वेगवेगळ्या आकारांच्या चंद्रकोरी दिसतात. त्यांना चंद्राच्या कला म्हणतात.
चंद्राच्या कला आपण एका सोप्या प्रयोगाने पाहू शकतो.

३४.१

– एक पांढरा चेंडू, किंवा मोसंब किंवा कोणतीही गोलाकार वस्तू घ्या.

– ज्यादिवशी दिवसा सूर्य आणि चंद्र दोघेही आकाशात दिसत असतील अशावेळी तो चेंडू चंद्राकडे धरा. चेंडूने चंद्राला झाकले पाहिजे.

– त्या दिवशी चंद्रकोर जशी दिसत असेल तशीच कोर तुमच्या चेंडूवर तुम्हाला दिसेल.



आकाशातला चंद्र

इतर दिवशी जेव्हाजेव्हा शक्य असेल तेव्हा हा प्रयोग करा. चेंडूची कले चंद्राच्या कलेशी बरोबर जुळते का?

मोसंब्यावरची सावली

चंद्राच्या कला आणि सूर्यास्त व चंद्रास्ताच्या वेळेतील फरक

चंद्राची कला पाहून सूर्य आकाशात कोठे आहे त्याचा अंदाज आपल्याला बांधता येऊ शकतो. हे समजून घेण्यासाठी आपण एक कृत्रीम चंद्र तयार करू व त्याआधारे सूर्य–चंद्र–डोळा या त्रिकोणाचा आणि चंद्राच्या कलांचा संबंध पाहू.

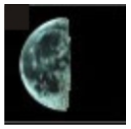
३५.१

तुम्ही बनवलेल्या खोक्याच्या अंधाऱ्या खोलीला आतून काळा कागद लावा. या खोक्याला सर्व बाजूंनी छोट्या झडपा करा. एक लहान पांढरा चेंडू किंवा मोसंब (कृत्रीम चंद्र) त्या खोक्याच्या मध्यभागी लटकवून ठेवा. तुमच्या चेंडू–आरशाच्या सूर्यदर्शकाने अगदी जवळून (२ मीटरपेक्षा कमी अंतरावरून) या चंद्रावर सूर्याचा कवडसा पाडा. यासाठी मोठा आरसा वापरा. आता या कृत्रीम चंद्राकडे वेगवेगळ्या झडपांमधून पहा. चंद्र–डोळा–सूर्य हा कोन बदलत तुमच्या कृत्रीम चंद्रावर बदलणाऱ्या कला पहा.

प्रकाश पडलेल्या मोसंब्याचा
डार्करूमचे झाकण उघडून वरून
घेतलेला फोटो

जेव्हा कोन हा लघुकोन असेल तेव्हा तुम्हाला अशी कला दिसेल :

हा कोन काटकोन असेल तेव्हा अर्धा चंद्र दिसेल :



आणि चंद्र–डोळा–सूर्य हा कोन जेव्हा १८० अंशाचा असेल तेव्हा पूर्ण चंद्र दिसेल.

चंद्रकोरीच्या आकारावरून आपल्याला सूर्य कोठे आहे याचा अंदाज बांधता येईल हे ध्यानात घ्या.

३५.२

आकाशातल्या चंद्राकडे पहा. त्याची कला कोणती आहे त्यावरून सूर्य कोठे आहे त्याचा अंदाज करा.

३५.३

सूर्यास्त आणि चंद्रास्त यांच्या वेळेतील फरक आणि चंद्र–डोळा–सूर्य कोन यांचाही संबंध आहे. जेव्हा हा कोन ९० अंशांचा असतो तेव्हा चंद्रकोर कशी असते? जेव्हा अर्धा चंद्र असतो तेव्हा सूर्यास्त आणि चंद्रास्ताच्या वेळेत किती तासांचा फरक असतो?

३५.४

जेव्हा चंद्र–डोळा–सूर्य कोन १८० अंशाचा असतो तेव्हा सूर्यास्त आणि चंद्रास्ताच्या वेळेत किती तासांचा फरक असतो?

पौर्णिमेच्या दिवशी सूर्य मावळतो त्याचवेळी चंद्र उगवतो असे का होते ते तुमच्या लक्षात येईल.

मध्यरात्री पूर्णचंद्र बरोब्बर डोक्यावर का असतो हे समजले का?

जेव्हा पूर्णचंद्र बरोबर डोक्यावर असतो तेव्हा सूर्य कोठे असतो? (उत्तर : आपल्या पायाखाली !)

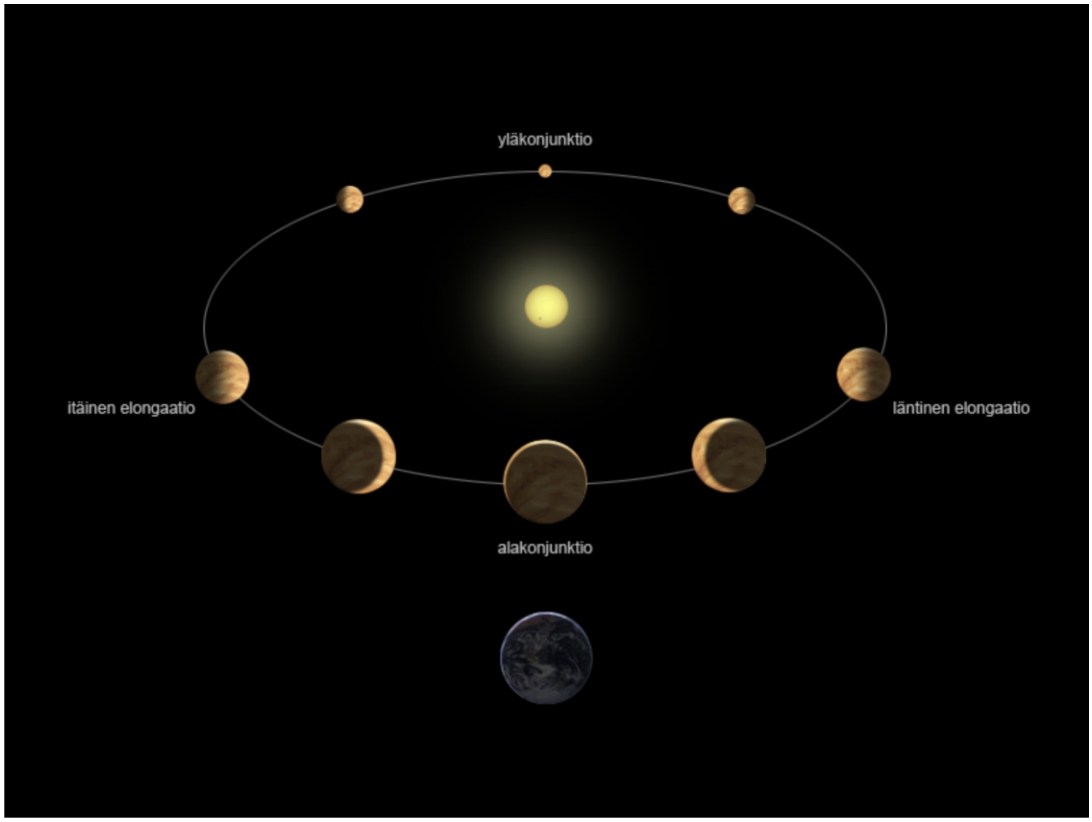
शुक्राच्या कला

३६.१

२००८ च्या अखेरीला आणि २००९ च्या सुरुवातीला तुमच्या दूरदर्शकातून शुक्राकडे पहा. शुक्र गोलाकार दिसत नाही असे तुमच्या लक्षात येईल.

चंद्र–पृथ्वी–सूर्य या कोनामुळे जशा आपल्याला चंद्राच्या कला दिसतात, तशाच शुक्र–पृथ्वी –सूर्य या कोनामुळे शुक्राच्या कला दिसतात. त्या पहायला मात्र दूरदर्शक वापरावा लागेल.

शुक्राच्या कला :



शुक्राच्या कला पाहणारा गॅलिलिओ हा पहिला माणूस होता. शुक्राच्या कला हा केप्लरच्या 'सूर्यकेंद्री' रचनेला पुष्टी देणारा सबळ पुरावा होता : पृथ्वी सूर्याभोवती फिरते, शुक्र सूर्याभोवती फिरतो आणि शुक्राची कक्षा पृथ्वीच्या कक्षेपेक्षा लहान, आतल्या बाजूला आहे.

३६.२

१४ किंवा १५ जानेवारी २००९ ला सूर्यास्ताच्या वेळी शुक्र आकाशात त्याच्या सर्वोच्च स्थानी असेल. त्या दिवशी शुक्राच्या कलेचे निरीक्षण करा. कार्ड ३३ मध्ये आपण पाहिले की यावेळी EVS हा कोन ९० अंशाचा असेल. आपण चंद्राच्या बाबतीत पाहिले की जेव्हा कोन EMS हा ९० अंशाचा असतो, तेव्हा आपल्याला बरोबर अर्धा चंद्र दिसतो. त्याचप्रमाणे जेव्हा कोन EVS ९० अंशाचा असेल, तेव्हा शुक्राचीही तशीच कोर दिसेल.