

## Moon and its shapes चंद्र आणि त्याच्या कला

### Introduction

#### प्रस्तावना

We have observed that the Moon changes shape gradually every day, from full Moon to new moon and back to full Moon again over a period of about one month. The changing shapes of the Moon are referred to as the “phases of the Moon”. In this unit, we will understand some ideas related to the phases of the Moon, by doing some tasks and exploring answers to some related questions. After we finish writing the answers, we will discuss all the answers together and try to arrive at a well-reasoned answers.

आपण पाहतो की चंद्राच्या आकारात एका महिन्याच्या कालावधीत दररोज, पौर्णिमेपासून अमावास्येपर्यंत आणि पुन्हा पौर्णिमेपर्यंत हळूहळू बदल होत असतात. चंद्राच्या या बदलत्या आकारांना ‘चंद्राच्या कला’ म्हणतात. या अध्ययन घटकात, चंद्राच्या कलांसंबंधी आपण काही कृती करून आणि त्यासंबंधी काही प्रश्नांची उत्तरे शोधणार आहोत. प्रश्नांची उत्तरे लिहून झाल्यानंतर, आपण त्या सर्व उत्तरांची एकत्रितपणे चर्चा करू आणि योग्य कारणांच्या मदतीने काही संकल्पना समजून घेण्याचा प्रयत्न करू या.

### Materials required

#### कृतीसाठी लागणारे साहित्य:

Paper, pencil, eraser, etc.

कागद, पेन्सिल, खोडरबर इत्यादी

### Task 1: Role playing activity

#### कृती 1: भूमिका वठवणी कृती

"Orbit" is a regular path or trajectory that an object in the space takes around the other. The path taken by Earth around the Sun is called Earth's orbit around Sun. Similarly, the path taken by the Moon around the Earth is Moon's orbit around Earth. Figure 1 shows the orbit of the Earth around the Sun, and the orbit of the Moon around Earth. Note that the figure is not to scale.

ज्या मार्गाने पृथ्वी सूर्याभोवती फिरते त्या मार्गाला पृथ्वीची कक्षा म्हणतात आणि ज्या मार्गाने चंद्र पृथ्वीभोवती फिरतो त्या मार्गाला चंद्राची ‘कक्षा’ म्हणतात. आकृती 1 मध्ये पृथ्वीची सूर्याभोवतीची कक्षा आणि चंद्राची पृथ्वीभोवतीची कक्षा दाखवली आहे. ही आकृती प्रमाणात नाही, याची नोंद घ्या.

The orbit of Earth makes a plane in which both Earth and the Sun lie. Similarly the orbit of the Moon makes a plane in which both Earth and the Moon lie. These two planes are actually different planes. The plane of orbit of the Moon is tilted with reference to the plane of Earth's orbit around the Sun, at an approximate angle of  $5^\circ$ .

पृथ्वीच्या कक्षेमुळे एक प्रतल बनते ज्या प्रतलात पृथ्वी आणि सूर्य, दोन्हीही, असतात. त्याप्रमाणेच चंद्राच्या कक्षेमुळेही एक प्रतल बनते ज्यात पृथ्वी आणि चंद्र दोन्ही असतात. ही दोन्ही प्रतले वेगवेगळी असतात. चंद्राच्या कक्षाचे प्रतल हे सूर्याभोवती फिरणाऱ्या पृथ्वीच्या कक्षेच्या प्रतलाच्या तुलनेत अंदाजे  $5^\circ$  च्या कोनातून कललेले असते.

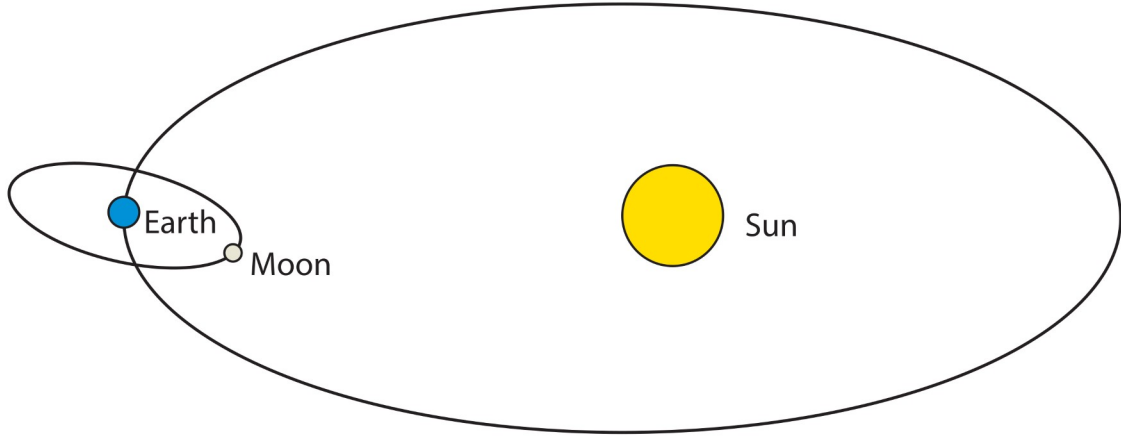


Figure 1: Illustration of the Sun-Earth-Moon orbit

आकृती 1 सूर्य-पृथ्वी-चंद्र यांच्या कक्षांची चित्रे

Let us play a game which helps us understand the different positions of the Moon between the Sun and Earth, during its different phases.

चला आपण एक खेळ खेळू या! चंद्राच्या कला बदलताना सूर्य आणि पृथ्वी यांच्या दरम्यान चंद्र कोठे असतो, हे या खेळातून आपण समजून घेऊ.

## Instructions

### सूचना

- Three students will play the roles of the Sun, Earth, and the Moon. Other students, who are not playing any roles, will observe the activity from a distance.  
तीन विद्यार्थी स्वतंत्रपणे सूर्य, पृथ्वी आणि चंद्र यांच्या भूमिका साकारतील. इतर विद्यार्थी थोड्याशा अंतरावरून ही कृती बारकाईने पाहतील.
- Head of the student playing Earth's role represents the planet Earth, and his/her nose is an imaginary person on Earth's surface.  
पृथ्वीच्या भूमिकेत असलेल्या विद्यार्थ्याचे डोके म्हणजे पृथ्वी आणि त्याचे नाक म्हणजे पृथ्वीवरील एक काल्पनिक व्यक्ती समजू या.
- The student playing the Moon's role will draw a circle around Earth, to represent the Moon's orbit around Earth (This is not absolutely essential, but it will help).  
चंद्राच्या भूमिकेतील विद्यार्थी चंद्राची पृथ्वीभोवतीची कक्षा दाखविण्यासाठी एक वर्तुळ काढेल (हे आवश्यक नाही, परंतु त्याची मदत होऊ शकते).
- The student playing the Sun will stand at some distance away from the Earth and the Moon. This student's head should be at a slightly higher position than the heads of the other two students. (He/She could be taller or stand on a small stool or chair.)  
सूर्याच्या भूमिकेतील विद्यार्थी पृथ्वी आणि चंद्र यांच्यापासून काही अंतरावर उभी राहील. तिचे डोके इतर दोन विद्यार्थ्यांपेक्षा थोडेसे उंच असले पाहिजे (सूर्याच्या भूमिकेतील ती विद्यार्थी उंच असू शकते किंवा लहान टेबलावर

किंवा खुर्चीवर उभी राहू शकते).

- Here is some information. If you are looking from the side of Earth's north pole down at the plane of Earth's orbit, you will see that the Moon moves around Earth in an anticlockwise direction, Earth moves around the sun in an anti-clockwise direction, and the Earth rotates around itself also in an anti-clockwise direction. Keep this information in mind as you play the game.

पुढील माहिती विचारात घ्या. जर आपण पृथ्वीच्या उत्तर ध्रुवाकडून खालच्या दिशेने पृथ्वीच्या कक्षेचे प्रतल पाहिले तर असे दिसेल की चंद्र पृथ्वीभोवती घड्याळाच्या काट्यांच्या उलट (प्रतिघटिवत) दिशेने फिरतो, पृथ्वी सूर्याभोवती घड्याळाच्या काट्यांच्या उलट दिशेने (प्रतिघटिवत) फिरते आणि पृथ्वी स्वतःभोवतीदेखील घड्याळाच्या काट्यांच्या उलट दिशेने (प्रतिघटिवत) फिरते. ही माहिती तुम्ही खेळताना लक्षात ठेवा.

- Fix the position of the person playing the Sun's role to indicate the direction of sunlight.  
सूर्यप्रकाशाची दिशा दाखविण्यासाठी सूर्याच्या भूमिकेतील विद्यार्थिनीचे स्थान निश्चित करा.
- The person playing Earth's role need not go around the Sun and can remain stationary at one position, as we want to focus on the phases of the Moon. This person can rotate on his/her position itself as per the need to observe the Moon's phase.  
पृथ्वीची भूमिका बजावणाऱ्या विद्यार्थ्याला सूर्याभोवती फिरण्याची गरज नाही आणि तो एका ठिकाणी स्थिर राहू शकतो, कारण आपल्याला चंद्राच्या कलांवर लक्ष केंद्रित करायचे आहे. चंद्राच्या कला पाहण्यासाठी गरजेनुसार तो विद्यार्थी स्वतःभोवती फिरू शकतो.
- To begin with, let the Moon be between Earth and the Sun. Now make the Moon go around in its orbit with its face towards the Earth.  
सुरुवात करताना चंद्राचे स्थान पृथ्वी आणि सूर्य यांच्या दरम्यान असू द्या. आता चंद्राला पृथ्वीकडे चेहरा करून त्याच्या कक्षेत फिरायला सांगा.

Guess which part of the Moon's head will be illuminated, and which part will be dark due to the absence of sunlight?

तुम्ही अंदाज करा की चंद्राचा कोणता भाग उजेडात असेल आणि जेव्हा सूर्यप्रकाश नसेल तेव्हा कोणता भाग काळोखात असेल?

- Now let the Moon take a position such that Earth is between the Moon and the Sun, and all the three are aligned.

आता चंद्राचे स्थान असे करा की पृथ्वी ही चंद्र आणि सूर्य यांच्या दरम्यान असेल आणि तिन्ही एका रेषेत असतील.

Discuss which part of the Moon is illuminated, and which is not.

चंद्राचा कोणता भाग उजेडात आहे आणि कोणता भाग काळोखात असेल, याची चर्चा करा.

- Now let the Moon take various positions in its path. Let the students guess which part of the Moon is illuminated and which is not.

आता चंद्राला त्याच्या मार्गावर वेगवेगळ्या जागी थांबू द्या. चंद्राचा कोणता भाग प्रकाशित होईल आणि कोणता नाही, याचा अंदाज करा.

## Full Moon and new Moon

### पौर्णिमा आणि अमावास्या

At which position in the orbit of the Moon will a person on Earth (who is at the position of the nose of the student playing Earth's role) see full Moon (or new Moon)?

चंद्राच्या कक्षेत चंद्र कोणत्या ठिकाणी असल्यास पृथ्वीवरील व्यक्तीला (पृथ्वीच्या भूमिकेत असलेल्या विद्यार्थ्याच्या नाकाचे स्थान) पौर्णिमा (किंवा अमावास्या) दिसेल?

Where should the Moon be, so that it is full Moon (or new Moon) for an imaginary person at a point on the back of the head of the student playing Earth's role? (The orientation of the Moon is important to note here).

पृथ्वीच्या भूमिकेतील विद्यार्थ्याच्या डोक्याच्या मागील बाजूला एखादी व्यक्ती आहे अशी कल्पना केली, तर तिच्यासाठी पौर्णिमा (किंवा अमावास्या) दिसण्यासाठी चंद्र कोठे असायला हवा? (येथे चंद्राची दिशा लक्षात घेणे महत्त्वाचे आहे).

## Half Moon

### अर्धचंद्र

Guess at which position there would be a half Moon, and discuss it in your group.

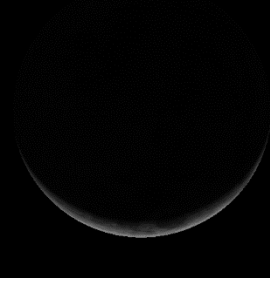

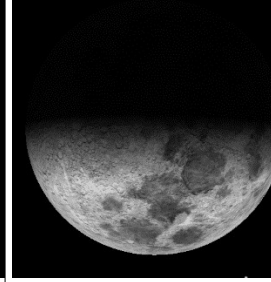

अर्धचंद्र कोणत्या स्थानी असेल याचा अंदाज करा आणि त्याबाबत तुमच्या गटात चर्चा करा.





-----  
-----





Discuss that during the motion of the Moon in its orbit, the bright portion of the Moon (as seen from Earth) increases for some time, and then decreases for some time. When the bright portion of the Moon (as seen from Earth) is increasing it is called as the waxing of the Moon, and when it is decreasing it is called as the waning of the Moon. Now, guess in which half of the Moon's orbit it would be waxing and in which half it would be waning. Explain this by role play. Notice that when the Moon is going from full Moon to new Moon it is waning, and when it is going from new Moon to full Moon, it is waxing (krishna paksha and shukla paksha, respectively).

चंद्र त्याच्या कक्षेत परिभ्रमण करीत असताना, पृथ्वीवरून पाहताना चंद्राचा प्रकाशित भाग काही काळासाठी वाढत गेलेला दिसतो आणि नंतर काही काळासाठी कमीकमी होताना दिसतो, यावर चर्चा करा. जेव्हा चंद्राचा प्रकाशित भाग वाढत जातो, त्याला चंद्राची कला वाढली (waxing of the Moon) असे म्हणतात आणि जेव्हा चंद्राचा प्रकाशित भाग कमीकमी होत जातो, त्याला चंद्राची कला कमी झाली (waning of the Moon) असे म्हणतात. आता, अंदाज बांधा की चंद्राची कला कोणत्या अर्ध्या कक्षेत वाढेल आणि चंद्राची कला कोणत्या अर्ध्या कक्षेत कमी होईल. हे भूमिका वठवणी (Role playing activity) कृतीमधून स्पष्ट करा. लक्षात घ्या की, जेव्हा चंद्र पौर्णिमेपासून अमावास्येकडे जात असतो (कृष्ण पक्ष किंवा काळोखी पंधरवडा) तेव्हा त्याची कला कमी होत जाते, तर अमावस्येपासून पौर्णिमेकडे जात असतो (शुक्ल पक्ष किंवा उजेडी पंधरवडा) तेव्हा चंद्राची कला वाढते.

**Task 2: Analysing a data table****कृती 2: तक्त्यातील विदेचे/माहितीचे विश्लेषण**

Sr. No. अनुक्रमांक	01	02	03	04
Image of Moon चंद्राची प्रतिमा				
Date तारीख	18/02/2018	20/02/2018	23/02/2018	24/02/2018
Rise Time चंद्रोदया ची वेळ	08:02	10:01	12:15	13:07
Set Time चंद्रास्ताची वेळ	20:00	22:39	00:31	01:31

Sr. No. अनुक्रमांक	05	06	07	08
Image of Moon चंद्राची प्रतिमा				
Date तारीख	26/02/2018	28/02/2018	01/03/2018	02/03/2018
Rise Time चंद्रोदया ची वेळ	15:04	17:10	18:12	19:12
Set Time चंद्रास्ताची वेळ	03:32	05:27	06:19	07:08

Sr. No. अनुक्रमांक	09	10	11	12
Image of Moon चंद्राची प्रतिमा				
Date तारीख	04/03/2018	05/03/2018	07/03/2018	09/03/2018
Rise Time चंद्रोदयाची वेळ	21:06	22:01	00:13	01:54
Set Time चंद्रास्ताची वेळ	08:36	09:18	12:06	13:29

*Table 1: Images of the Moon taken on different dates along with rise and setting times. In all pictures, west is top and east is down. Depending on the time and the position of the Moon in the sky, the actual appearance may be different from what is shown above.*

तक्ता 1 वेगवेगळ्या तारखांना चंद्रोदय आणि चंद्रास्त यांवेळी चंद्राच्या घेतलेल्या प्रतिमा. सर्व चित्रांमध्ये, पश्चिम दिशा वरील बाजूला तर पूर्व दिशा खालील बाजूला आहे. आकाशातील चंद्राचे स्थान आणि वेळ यांनुसार वास्तविक स्वरूप चित्रात दाखविल्यापेक्षा भिन्न असू शकते.

1. In Table 2, fill the columns 4 (Moon shape) and 5 (Boundary) of using the information given in the first three columns

तक्ता २ मध्ये, पहिल्या तीन रकान्यात दिलेली माहिती वापरून रकाना 4 (चंद्राचा आकार) आणि 5 (सीमारेषा) भरा.

Date तारीख	Moon-rise time चंद्रोदयाची वेळ	Moon-set time चंद्रास्ताची वेळ	Moon shape (crescent / half / more than half (gibbous) / full / not visible throughout night) चंद्राचा आकार (चंद्रकोर / अर्धचंद्र / अर्ध्यापेक्षा जास्त (फुगीर) / पूर्ण / चंद्र रात्रभर दिसला नाही)	Boundary of Bright and Dark region of Moon is (convex / concave) चंद्रावर पडलेला उजेड आणि काळोख यांची सीमा (बहिर्वक्र / अंतर्वक्र)
18/02/2018	08:02	20:00		
20/02/2018	10:01	22:39		
23/02/2018	12:15	00:31		
24/02/2018	13:07	01:31		

26/02/2018	15:04	03:32		
28/02/2018	17:10	05:27		
01/03/2018	18:12	06:19		
02/03/2018	19:12	07:08		
04/03/2018	21:06	08:36		
05/03/2018	22:01	09:18		
07/03/2018	00:13	12:06		
09/03/2018	01:54	13:29		

2. Study the table and state if the following statements are true or false.

तक्त्यात दिलेल्या माहितीचा अभ्यास करून पुढील विधाने बरोबर की चूक, ते सांगा.

a. The bright part of the Moon is always towards the Sun.

चंद्राचा प्रकाशित भाग नेहमी सूर्याकडे असतो. \_\_\_\_\_

b. The boundary of dark and bright part of the Moon is always concave.

चंद्राचा गडद आणि प्रकाशित भाग यांची सीमा नेहमीच अंतर्वक्र असते. \_\_\_\_\_

c. The Moon does not rise at the same time everyday.

चंद्र दररोज एकाच वेळी उगवत नाही. \_\_\_\_\_

d. The Moon does not rise on a new Moon day.

अमावास्येच्या दिवशी चंद्रोदय होत नाही. \_\_\_\_\_

e. On the day after full Moon, we expect the Moon to rise around one hour after sunset.

पौर्णिमेच्या दुसऱ्या दिवशी सूर्यास्तानंतर सुमारे एक तासाने चंद्र उगवतो. \_\_\_\_\_

f. On the day before new Moon, we expect the Moon to rise around one hour before sunrise.

अमावास्येच्या आदल्या दिवशी सूर्योदयाच्या सुमारे एक तास आधी चंद्र उगवतो. \_\_\_\_\_

g. In a waxing fortnight (shukla paksha/bright fortnight), the Moon is already in the sky at sunset.

चंद्रवृद्धीच्या पंधरवड्यात (शुक्ल पक्ष), चंद्र सूर्यास्ताच्या वेळी आकाशातच असतो.

\_\_\_\_\_

h. In a waning fortnight (krishna paksha/dark fortnight), the Moon is already in the sky at sunrise.

चंद्रक्षयाच्या पंधरवड्यात (कृष्ण पक्ष), चंद्र सूर्योदयाआधीच आकाशात असतो. \_\_\_\_\_

3. Imagine that we are astronauts and have gone in space above the plane of our solar system, and we are observing Earth and the Moon from above. Rays of the Sun are falling on Earth and the

Moon from the left of the page and are parallel to the bottom edge. In the diagram (figure 2), draw appropriate diameters of Earth and the Moon, to separate the parts receiving sunlight and the parts not receiving sunlight. Shade the dark part with your pencil. Next, assume a tiny observer "O" on the surface of earth, exactly along the line connecting the centres of Earth and the Moon. Draw an appropriate diameter of the Moon to show which part of the Moon will be visible to this observer.

कल्पना करा की आपण अंतराळयात्री आहोत आणि अवकाशात आपल्या सूर्यमालेच्या प्रतलावर जाऊन पृथ्वी आणि चंद्र यांचे निरीक्षण करीत आहोत. आकृती 2 मध्ये, सूर्याची किरणे पृथ्वी आणि चंद्र यांच्यावर म्हणजे पानाच्या डावीकडून आणि तळाला समांतर अशी पडली आहेत. या आकृतीत, योग्य व्यासाचे पृथ्वी आणि चंद्र काढा ज्यामुळे सूर्यप्रकाश पडलेला भाग आणि न पडलेला भाग वेगळे दिसून येतील. ज्या भागावर सूर्यप्रकाश पडलेला नाही तो भाग पेन्सिलने रंगवा. आता, पृथ्वी आणि चंद्र यांच्या केंद्रांना जोडणाऱ्या रेषेवर पृथ्वीवर एक लहान निरीक्षक 'O' गृहीत धरा. चंद्राचा कोणता भाग 'O' निरीक्षकाला दिसेल, हे दर्शविण्यासाठी योग्य व्यासाचा चंद्र काढा.

Parallel rays  
from the Sun

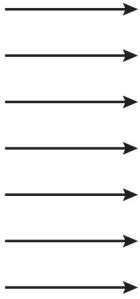


Figure 2: Moon phase for observer O (To be drawn by the student)

आकृती 2: O निरीक्षकाला दिसलेल्या चंद्राच्या कलेचे चित्र काढा.

4. Based on your diagram, answer the following:

तुमच्या आकृतीच्या आधारे पुढील उत्तरे द्या:

a. Is the observer in the bright part or the dark part?

निरीक्षक जेथे उभा आहे तेथे उजेड आहे की काळोख आहे?

b. As seen by this observer, how much of the Moon's disc is bright (less than half/more than half)?

निरीक्षकाने पाहिल्याप्रमाणे, चंद्राचा किती भाग प्रकाशित आहे (अर्ध्यापेक्षा कमी / अर्ध्यापेक्षा जास्त)?

c. Let us assume that the diameter of the Moon is 2 mm. Then the diameter of Earth will be approximately 7 mm. At this scale, the distance between Earth and the Moon will be about 23 cm. Draw a diagram of the relative sizes and the distance between Earth and the Moon. By looking at the diagram, it is possible to conclude that observers at any location on Earth will see approximately the same phase of the Moon. Do you agree? You could also use an A4 paper to draw the figure.

आपण असे मानू, की चंद्राचा व्यास 2 मिमी. आहे. त्यानुसार पृथ्वीचा व्यास सुमारे 7 मिमी. होईल. या प्रमाणानुसार, पृथ्वी आणि चंद्र यांच्यातील अंतर सुमारे 23 सेंमी. असेल. एक कोरा कागद घेऊन पृथ्वी आणि चंद्र यांच्यातील अंतर आणि त्यांचे सापेक्ष आकार हे दाखविणारी आकृती काढा. आकृती पाहून पृथ्वीवर कोणत्याही ठिकाणी निरीक्षक असल्यास त्याला चंद्राच्या कला सारख्याच दिसतील, असा निष्कर्ष काढता



येईल का? आकृतीसाठी वेगळा A4 आकाराचा कागद वापरा.

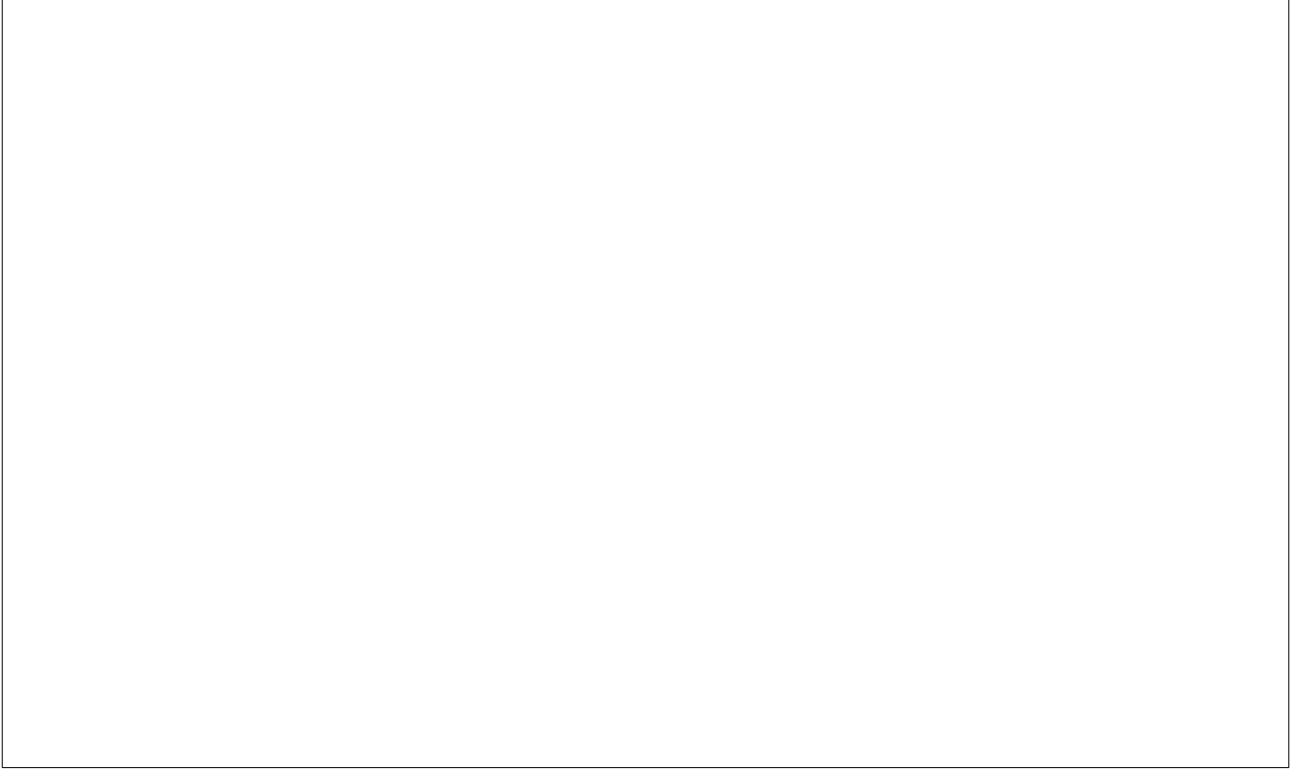


Figure 3:

आकृती 3

- d. Where will the moon be on the full moon day? In your diagram, mark the position with a circle, and label it as F.

पौर्णिमेच्या दिवशी चंद्र कोठे असेल? तुमच्या आकृतीत, त्याच्या स्थानाभोवती वर्तुळ काढा आणि त्याला F हे नाव द्या.



- e. Where will the Moon be on the new Moon day? In your diagram, mark the position with a circle, and label it as N.  
 अमावास्येच्या दिवशी चंद्र कोठे असेल? तुमच्या आकृतीत, त्याच्या स्थानाभोवती वर्तुळ काढा आणि त्याला **N** हे नाव द्या.



- f. Will the shadow of Earth fall on the Moon on a new Moon day?  
 अमावास्येच्या दिवशी पृथ्वीची सावली चंद्रावर पडेल का?
- g. As seen by astronauts, Earth rotates anticlockwise. In question no. 3, now place a second observer on the surface of Earth, on the upper edge of the dark part. Does this second observer see a sunrise or a sunset?  
 अंतराळयात्रींनी पाहिल्याप्रमाणे, पृथ्वी स्वतःभोवती घड्याळाच्या काट्यांच्या उलट दिशेने फिरते. प्रश्न 3 मध्ये, आता एक दुसरा निरीक्षक पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर, काळोखाच्या वरच्या कडेला उभा करा. अशा स्थितीत दुसऱ्या निरीक्षकाला सूर्योदय की सूर्यास्त दिसेल?
- h. As seen by astronauts, direction of the Moon's revolution is also anti-clockwise. So is this a waxing fortnight or a waning fortnight?  
 अंतराळयात्रींनी पाहिल्याप्रमाणे, चंद्राचे परिभ्रमणदेखील घड्याळाच्या काट्यांच्या विरुद्ध होते. तर मग हा शुक्ल पक्ष असेल की कृष्ण पक्ष असेल?
- i. During a lunar eclipse, the Sun, Earth, and the Moon get aligned. But we don't see a lunar eclipse on every full Moon day. What do you think is the reason for this?  
 चंद्रग्रहणाच्या वेळी सूर्य, पृथ्वी आणि चंद्र एकाच रेषेत येतात. परंतु आपल्याला प्रत्येक पौर्णिमेला चंद्रग्रहण दिसत नाही. यामागील कारण काय असेल असे तुम्हाला वाटते?
- j. Do we see a solar eclipse on every new Moon day? Give reason.  
 प्रत्येक अमावास्येच्या दिवशी आपल्याला सूर्यग्रहण दिसते का? कारण सांगा.