

LU 8.2 Pinhole camera

LU 8.2 પિનહોલ કેમેરો

Introduction

પરિચય

The pinhole camera is a simple device which allows light to pass only through a very small hole of the size of a pin tip. By putting a screen (flat surface) at a distance from this hole, you can see the image of an object (present in front of the pinhole on other side) on the screen. If the screen is a thin translucent sheet, then the image can be observed on both sides of screen. See figure 1 below.

પિનહોલ કેમેરા એ એક સરળ ઉપકરણ છે જે પ્રકાશને સોય/ટાંકણી થી કરેલા અતિસૂક્ષ્મ છિદ્રમાંથી પસાર થવા દે છે. આ છિદ્ર થી થોડા અંતરે પડેલો (સ્ક્રીન, સમતલ સપાટી) મૂકીને, તમે પડેલા પર પિનહોલની સામેની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ જોઈ શકો છો. જો પડેલો પાતળો અને અર્ધપારદર્શક હોય, તો પડેલા ની બંને બાજુઓ પર પ્રતિબિંબ જોઈ શકાય છે. નીચે આકૃતિ 1 જુઓ.

In this unit, you will make a pinhole camera and use it as a measurement device. You will also understand how image is formed by a pinhole.

આ એકમમાં, તમે પિનહોલ કેમેરા બનાવશો અને એક માપન ઉપકરણ તરીકે તેનો ઉપયોગ કરશો. તમે એ પણ સમજી શકશો કે પિનહોલ દ્વારા પ્રતિબિંબ કેવી રીતે બને છે.

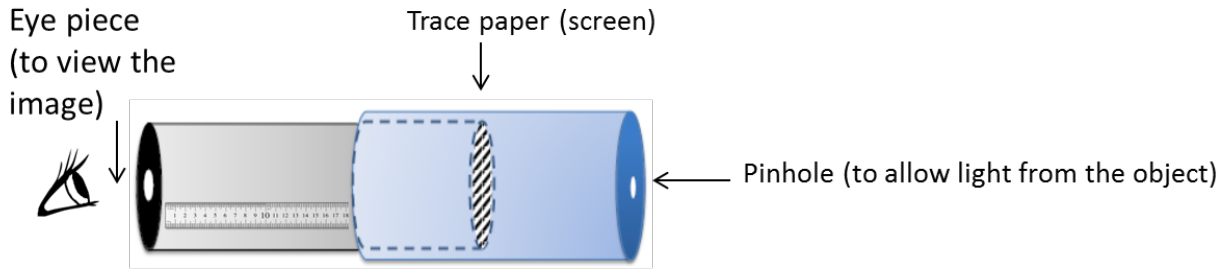


Figure 1: Schematic of pinhole camera that also acts as a measuring device

આકૃતિ 1: પિનહોલ કેમેરાનું યોજનાકીય (સ્કીમેટિક) ચિત્ર કે જે માપન ઉપકરણ તરીકે પણ કાર્ય કરે છે

Materials

સામગ્રી

Black chart paper, tracing paper/translucent polythene sheet, printed ruler on paper or graph paper, measuring tape, scissors, adhesive, cutter, sticky tape, aluminum foil used in kitchen.

કાળું ચાર્ટ પેપર, ટ્રેસીંગ પેપર/અર્ધપારદર્શક પ્લાસ્ટિક શીટ, આલેખ પત્ર (ગ્રાફ પેપર) અથવા કાગળ પર છપાયેલ માપપટ્ટી (રૂલર), માપન ટેપ, કાતર, ગુંદર (એડહેસિવ), કટર, સેલો ટેપ, રસોડામાં વપરાતી એલ્યુમિનિયમ ફોઇલ.

Task 1: Making a pinhole camera

કાર્ય 1: પિનહોલ કેમેરો બનાવવો

This stage is one of making and the task is to come up with a working pinhole camera. Instructions for making are given below.

અહીં આપણે એક પિનહોલ કેમેરો બનાવવાનો છે. પિનહોલ કેમેરો બનાવવા માટેની સૂચનાઓ નીચે આપેલ છે.

I) Cut a rectangular piece from the black chart paper and roll into a hollow tube. Secure with sticky tape or with rubber bands so that the tube is firm. The diameter should be approximately 3 cm and height 25 cm.

II) કાળા ચાર્ટ પેપરમાંથી એક લંબચોરસ ભાગ કાપો અને તેને વાળીને એક પોલો નળાકાર બનાવો. નળાકારનો વ્યાસ આશરે 3 સેમી અને ઊંચાઈ આશરે 25 સેમી હોવી જોઈએ. સેલો ટેપ અથવા રબર બેન્ડ વાપરી નળાકારની મજબુતાઈ સુનિશ્ચિત કરો.



Figure 2(a): Rolling chart paper

આકૃતિ 2(a): ચાર્ટ પેપર ને વાળવું

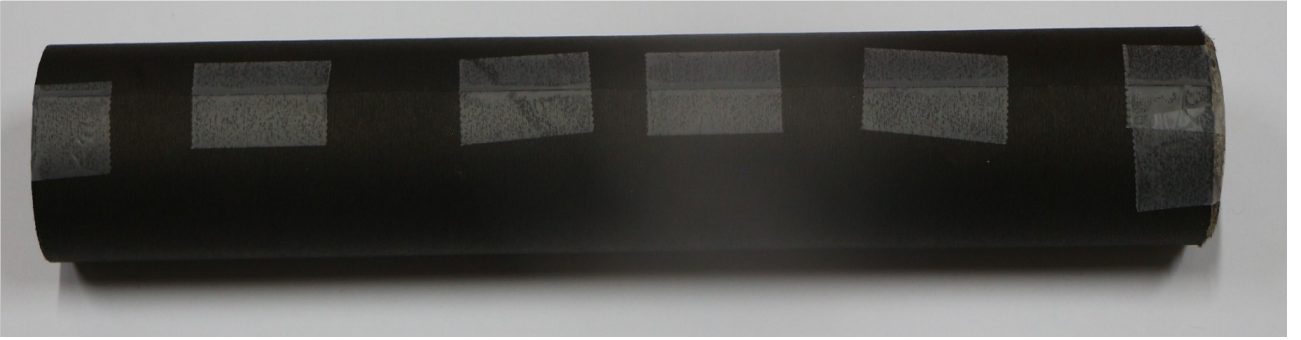


Figure 2(b): Chart paper as pipe

આકૃતિ 2(b): ચાર્ટ પેપર માંથી વાળેલું નળાકાર

You can also vary the diameter and length of the tube. Smaller diameter will increase the clarity of the image. (One can also use the cardboard tubes on which aluminum foil or kitchen paper tissue are rolled.)

તમે નળાકારના વ્યાસ અને લંબાઈને પણ બદલી શકો. નાનો વ્યાસ પ્રતિબિંબની સ્પષ્ટતામાં વધારો કરશે. (કોઈ કાર્ડબોર્ડ ટ્યુબનો પણ ઉપયોગ કરી શકાય જેના પર એલ્યુમિનિયમ ફોઇલ અથવા કિચન ટિશ્યુ પેપર રોલ કરવામાં આવે છે.)

II) Cover the other end of the tube with a translucent sheet of tracing paper or a similar material. This sheet will work as the screen. Let us call this tube as the image tube (IT). Put the markings on the screen as shown in figure 3 at every 5 mm. The markings will help in measuring the size of the image formed on the screen in task 3.

III) નળાકારના બીજા છેડાને ટ્રેસિંગ પેપરની અર્ધપારદર્શક શીટ અથવા તેના જેવી સામગ્રીથી ઢાંકો. આ શીટ પડદા તરીકે કામ કરશે. આ નળાકારને ઇમેજ ટ્યુબ (IT) તરીકે ઓળખીએ. આકૃતિ 3 માં બતાવ્યા પ્રમાણે પડદા પર 5 મિમી ના અંતરે નિશાન બનાવો. આ નિશાનો કાર્ય 3 માં પડદા પર રચાયેલા પ્રતિબિંબનું કદ માપવામાં મદદ કરશે.

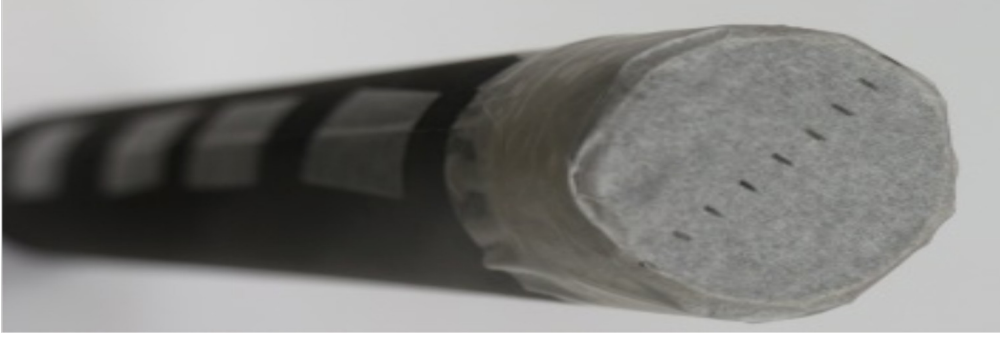


Figure 3: Markings on screen for measuring image size

આકૃતિ 3: પ્રતિબિંબ નું કદ માપવા માટે પડદા પરના ચિહ્નો

III) Fold another rectangular chart paper into a cylindrical tube such that it is smaller in length and slightly larger in diameter than the IT, so that the IT can slide inside smoothly. Cover one end of this tube with a circular black chart paper or aluminium foil and make a hole in the centre using a pin (aluminium foil is slightly easier to work with). We will call this tube the pinhole tube (PT)

III) અન્ય લંબચોરસ ચાર્ટ પેપરને નળાકારમાં વાળો જેથી તે પહેલા બનાવેલ IT કરતાં લંબાઈમાં નાનું અને વ્યાસમાં થોડું મોટું હોય, જેથી IT સરળતાથી અંદર સરકી શકે. આ નળાકારના એક છેડાને ગોળાકાર કાળા ચાર્ટ પેપર અથવા એલ્યુમિનિયમ ફોઇલથી ઢાંકી દો અને સોય/ટાંકણીનો ઉપયોગ કરીને મધ્યમાં એક નાનું છિદ્ર બનાવો (એલ્યુમિનિયમ ફોઇલ સાથે કામ કરવું થોડું સરળ છે). આ નળાકારને આપણે પિનહોલ ટ્યુબ (PT) કહીશું.

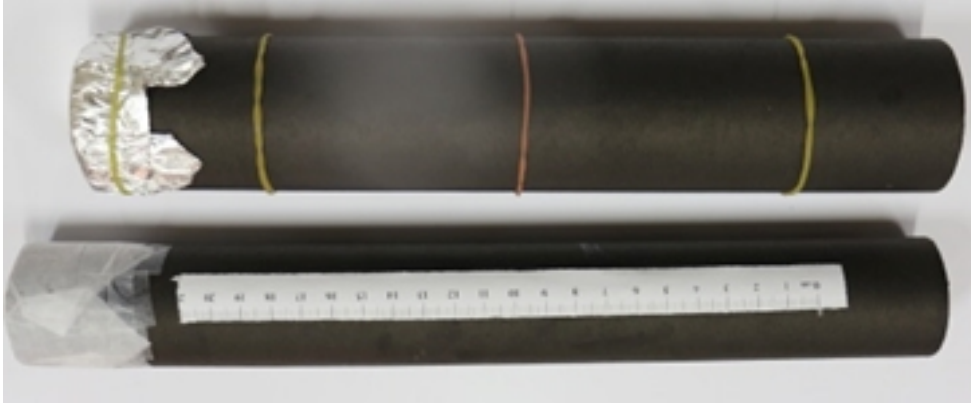


Figure 4: Pinhole Tube and Image Tube

આકૃતિ 4: પિનહોલ ટ્યુબ અને ઇમેજ ટ્યુબ

IV) Insert IT inside PT (as shown in figure 5) till the screen just touches the pinhole (refer figure 1). Mark a point 'O' on the IT where PT ends. Now take the IT out and stick a strip of white paper on it along its length (which is already done in figures 4 and 5). Taking point 'O' as zero, mark 5 mm intervals on the paper so that it can be used as a scale [You may also use a printed scale, if available]. This scale will be used to measure l , i.e., the distance between the screen and pinhole.

IV) આકૃતિ 5 માં બતાવ્યા પ્રમાણે IT ને PT ની અંદર ત્યાં સુધી સરકાવો જ્યાં સુધી પડદો પિનહોલને ફક્ત સ્પર્શે કરે (આકૃતિ 1 પ્રમાણે). જ્યાં PT સમાપ્ત થાય છે ત્યાં IT પર બિંદુ 'O' ચિહ્નિત કરો. હવે IT ને બહાર કાઢો અને તેની લાંબી ધારી પર સફેદ કાગળની પટ્ટી ચોંટાડો (જે આકૃતિ 4 અને 5 માં પહેલેથી જ બતાવવામાં આવી છે). બિંદુ 'O' ને શૂન્ય તરીકે લેતા, કાગળ પર 5 મિમી અંતરાલોને ચિહ્નિત કરો, જેથી તેનો ઉપયોગ માપપટ્ટી તરીકે થઈ શકે [જો ઉપલબ્ધ હોય તો તમે છપાયેલ માપપટ્ટીનો પણ ઉપયોગ કરી શકો છો]. આ માપપટ્ટીનો ઉપયોગ, પડદા અને પિનહોલ વચ્ચેનું અંતર l માપવા માટે કરવામાં આવશે.

Now the pinhole camera is ready to use!

હવે પિનહોલ કેમેરો વાપરવા માટે તૈયાર છે!

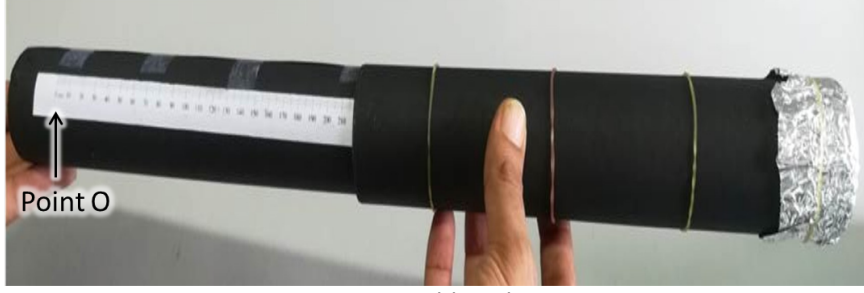


Figure 5: Assembling the camera

આકૃતિ 5: બનાવેલો પિનહોલ કેમેરો

V) To view an image, point the pinhole towards the object (the object should be brightly lit) and adjust the distance between the screen and the pinhole to view a clear image of the object on the screen. A picture of Homi Bhabha Centre for Science Education building, Figure 6(a), when viewed through the pinhole is shown in Figure 6(b).

V) પ્રતિબિંબ જોવા માટે, પિનહોલને વસ્તુ (ઓબ્જેક્ટ) તરફ રાખો અને વસ્તુને પિનહોલમાંથી જુઓ (વસ્તુ તેજસ્વી રીતે પ્રકાશિત હોવી જોઈએ). હવે પડદા અને પિનહોલ વચ્ચેનું અંતર ગોઠવો (એડજસ્ટ કરો) જેથી પડદા પર વસ્તુનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ જોવા મળે. આકૃતિ 6(a), એ હોમી ભાભા વિજ્ઞાન શિક્ષણ કેન્દ્ર ના બિલ્ડિંગ નું ચિત્ર છે અને આકૃતિ 6(b) માં તેની પિનહોલ દ્વારા જોવામાં આવેલું પ્રતિબિંબ દર્શાવવામાં આવ્યું છે.



Figure 6(a): Object

આકૃતિ 6(a): વસ્તુ



Figure 6(b): Image in pinhole camera

આકૃતિ 6(b): પિનહોલ કેમેરામાંથી દેખાતું પ્રતિબિંબ

Q1. What has changed from the object to the image? Can you describe the changes and think of reasons?

Q1. વસ્તુ કરતા તેના પ્રતિબિંબમાં શું બદલાયું છે? શું તમે તે ફેરફારોનું વર્ણન અને તેના કારણો વિશે વિચારી શકો છો?

Q2. What happens to the image?

Q2. પ્રતિબિંબમાં શું થાય છે?

(i) if without changing the pinhole camera setting, if you move the pinhole further away from the object? Compare your image in terms of what view is covered now and before, size of image etc.

(i) પિનહોલ કેમેરાની ગોઠવણી બદલ્યા વિના, જો તમે પિનહોલ કેમેરા ને વસ્તુથી દૂર ખસેડો તો ? તમે અત્યારે અને પહેલાં લીધેલા પ્રતિબિંબની તુલના, કેટલું દૃશ્ય દેખાય છે, પ્રતિબિંબનું કદ, વગેરેના સંદર્ભમાં કરો.

(ii) if you increase the distance between the pinhole and the screen?

(ii) જો તમે પિનહોલ અને પડદા વચ્ચેનું અંતર વધારો તો ?

(iii) if the illumination (brightness) of the object changes, or you look towards another object with lesser illumination?

(iii) જો વસ્તુ પર પડતા પ્રકાશનું પ્રમાણ (તેજ) બદલવામાં આવે અથવા ઓછી પ્રકાશિત અન્ય વસ્તુ તરફ જોવામાં આવે તો ?

Q3. Now explore what happens if pinhole size is smaller and larger respectively. First, make some guesses of how variation in the pinhole size will affect the image. [You may compare the same object with pinhole cameras of different groups, which may vary in pinhole size.]

Q3. હવે અન્વેષણ કરો કે જો પિનહોલનું કદ અનુક્રમે નાનું અને મોટું હોય તો શું થાય છે. પ્રથમ, થોડું અનુમાન લગાવો કે પિનહોલના કદની ભિન્નતા પ્રતિબિંબને કેવી રીતે અસર કરશે. [તમે એકજ વસ્તુની તુલના વિવિધ જૂથો દ્વારા પિનહોલ કેમેરા સાથે કરી શકો છો, કે જે માં પિનહોલના કદ જુદા હોઈ શકે છે.]

Task 2: Constructing a model to explain the image formation in Task 1

કાર્ય 2: કાર્ય 1 ની પ્રતિબિંબ ની રચના સમજાવવા માટે એક મોડેલ બનાવવું

Here our aim is to construct a geometrical model that would explain the image formation observed in task 1.

અહીં આપણો ઉદ્દેશ્ય એક ભૌમિતિક મોડેલ બનાવવાનો છે જે કાર્ય 1 માં અવલોકન કરાયેલ પ્રતિબિંબ રચનાને સમજાવશે.

Q1. Let us try to draw a ray diagram to represent the image formation obtained in task 1. One ray TP starting from an object which goes in a straight line towards the pinhole P will meet the screen at point T', as already drawn in figure 7 below. Can you draw three rays similar to TPT' originating from different points from the object in the figure

Q1. ચાલો કાર્ય 1 માં મેળવેલ પ્રતિબિંબ નિર્માણને દર્શાવવા માટે એક કિરણાકૃતિ દોરવાનો પ્રયાસ કરીએ. વસ્તુથી શરૂ થતું અને પિનહોલ P તરફ સીધી લીટીમાં જતું એક કિરણ TP પડદાને બિંદુ T' પર મળશે, જેમ કે આકૃતિ 7 માં પહેલેથી દોરવામાં આવ્યું છે. શું તમે આકૃતિ માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે વસ્તુમાંથી જુદા જુદા બિંદુઓ માંથી ઉદ્ભવતા TPT' જેવા ત્રણ કિરણો દોરી શકો છો?

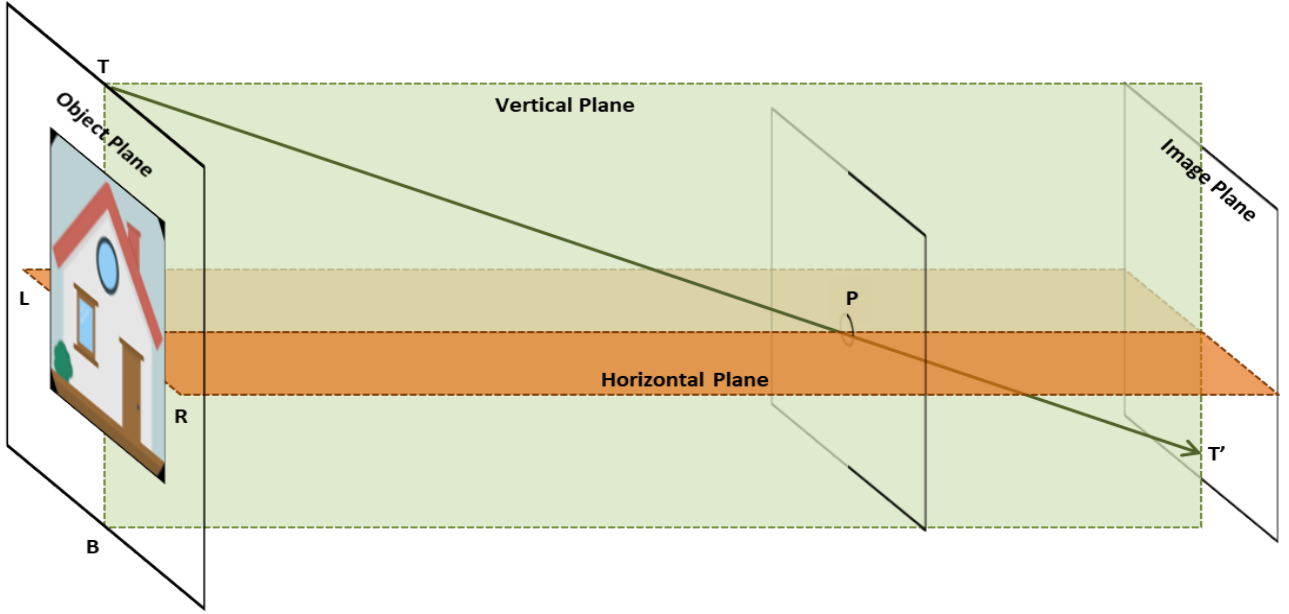


Figure 7: Draw rays originating from the object and falling on screen

આકૃતિ 7: વસ્તુમાંથી ઉદ્ભવતા અને પડદા પર પડતા કિરણો દોરો

Q2a. Refer to figure 8. Consider the ray ZPZ' . The ray starts from a green coloured point Z in the object. There is a brown coloured point at Q . What do you think will be seen at Z' in the image plane? A green dot or a brown dot? Similarly, suppose there is another ray QPQ' . What will you see at Q' in the image plane?

Q2a. આકૃતિ 8 નો સંદર્ભ લો. કિરણ ZPZ' ને ધ્યાનમાં લો. આ કિરણ વસ્તુમાંથી લીલા રંગના બિંદુ Z થી શરૂ થાય છે. Q પર એક કથ્યાઈ રંગનું બિંદુ છે. તમને શું લાગે છે કે પ્રતિબિંબના સમતલમાં Z' પર શું જોવા મળશે? લીલું ટપકું કે કથ્યાઈ ટપકું? એ જ રીતે, ધારો કે બીજી કિરણ QPQ' છે. પ્રતિબિંબના સમતલમાં તમે Q' પર શું જોશો ?

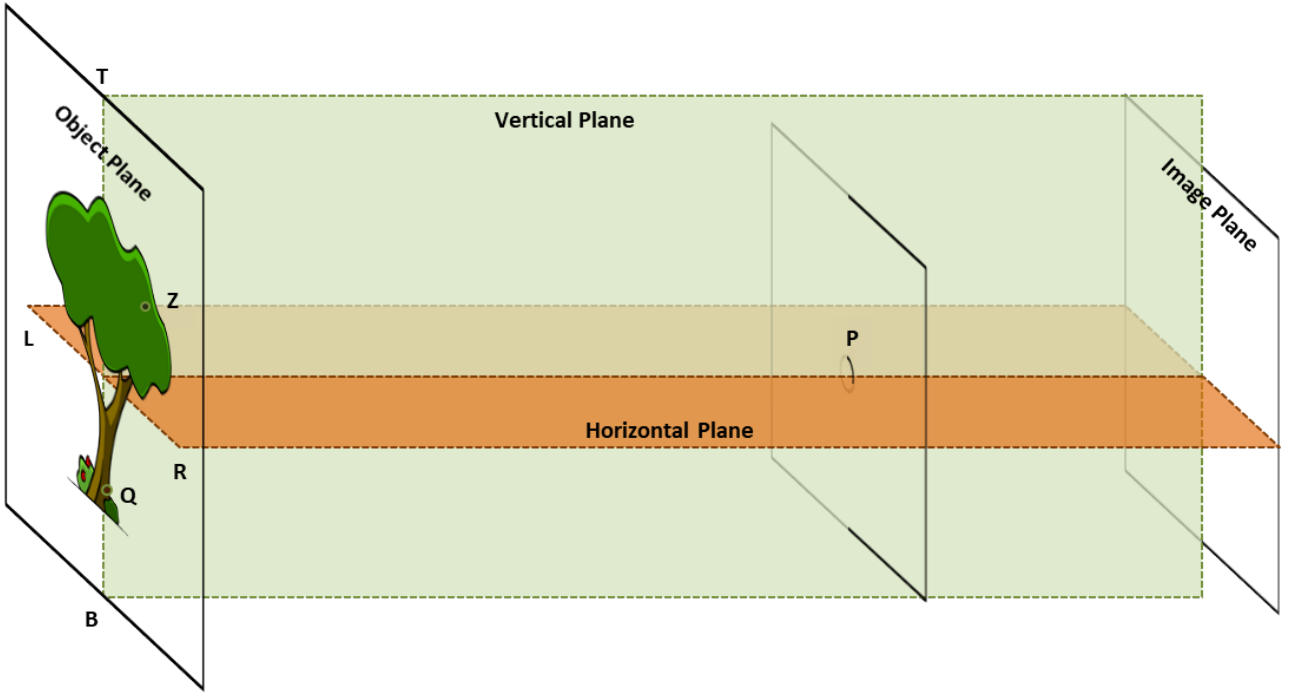


Figure 8: By drawing rays originating from the object, predict where green and brown points would be observed on the screen (image plane)

આકૃતિ 8: વસ્તુમાંથી ઉઠ્કવતા કિરણો દોરીને, પડદા પર લીલા અને કથ્થાઈ બિંદુઓ ક્યાં જોવા મળશે તેનું અનુમાન કરો (પ્રતિબિંબના સમતલમાં)

Q2b. Do you think there is a relation between the points on the object and the image plane? Discuss.

Q2b. શું તમને લાગે છે કે વસ્તુ પરના બિંદુઓ અને પ્રતિબિંબના સમતલ વચ્ચે કોઈ સંબંધ છે? ચર્ચા કરો.

Q2c. Referring to figure 8, can you explain the orientation of the image observed?

Q2c. આકૃતિ 8 નો સંદર્ભ લેતા, શું તમે અવલોકન કરેલ પ્રતિબિંબની દિશા (ઓરિએન્ટેશન) સમજાવી શકો?

Q2d. What should be the light path if the image was to be of same orientation as the object? Check if this is observed in any of the pinhole cameras made by you or your friends.

Q2d. જો પ્રતિબિંબ અને વસ્તુની એક જ દિશા હોય તો પ્રકાશનો માર્ગ કેવો હોવો જોઈએ? તમે અથવા તમારા મિત્રો દ્વારા બનાવેલા કોઈપણ પિનહોલ કેમેરામાં આ જોવા મળે છે કે, તે તપાસો.

Q3. Now, with the knowledge of light path discussed in the previous question, draw two rays in figure 8 which originate from the same point on the object, fall on the surface surrounding the pinhole (which acts as a blocking surface), and don't enter the hole. Where will these rays go?

Q3. હવે, અગાઉના પ્રશ્નમાં ચર્ચા કરાયેલા પ્રકાશના માર્ગના જ્ઞાન સાથે, આકૃતિ 8 માં બે કિરણો દોરો જે વસ્તુ પરના એક જ બિંદુમાંથી ઉઠીને છે, તથા પિનહોલની આસપાસની સપાટી પર પડે છે (જે અવરોધક સપાટી તરીકે કાર્ય કરે છે), અને તે ઊંચાઈમાંથી પસાર થતા નથી. આ કિરણો ક્યાં જશે?

Q4. If this blocking surface is removed, then where would these rays go? What would be the effects of these light rays on the image on the screen?

Q4. જો આ અવરોધક સપાટીને દૂર કરવામાં આવે, તો આ કિરણો ક્યાં જશે? પડદા પરના પ્રતિબિંબ પર આ પ્રકાશ કિરણોની શું અસર થશે?

Q5. What do you think will happen to the image if the size of the pinhole is too big? Is your answer consistent with your observations in task 1?

Q5. જો પિનહોલનું કદ ખૂબ મોટું હોય તો પ્રતિબિંબ નું શું થશે એવું તમને લાગે છે? શું તમારો જવાબ કાર્ય 1 માં તમારા અવલોકનો સાથે સુસંગત છે?

Further questions to discuss: Based on the above model/representation of image formation, answer the following questions:

ચર્ચા કરવા માટેના વધુ પ્રશ્નો: ઉપરોક્ત મોડેલ નિર્માણની પ્રક્રિયાના આધારે, નીચેના પ્રશ્નોના જવાબ આપો:

Q6. To get a clear image, why do you think object should be well-illuminated?

Q6. તમને એવું શાં માટે લાગે છે કે સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ મેળવવા માટે, વસ્તુ સારી રીતે પ્રકાશિત હોવી જોઈએ?

Q7. What do you think will happen to the image, if the size of the pinhole is too small? Is your answer consistent with your observations in task 1?

Q7. જો પિનહોલનું કદ ખૂબ નાનું હોય તો પ્રતિબિંબ નું શું થશે એવું તમને લાગે છે? શું તમારો જવાબ કાર્ય 1 માં તમારા અવલોકનો સાથે સુસંગત છે?

Task 3: Measuring the height of a very tall object (Pilot (Ideal scenario))

કાર્ય 3: ખૂબ ઊંચી વસ્તુની ઊંચાઈ માપવી (પાયલોટ (આદર્શ પરિસ્થિતિ))

Figure 9 below shows the diagram for image formation in a pinhole camera.

નીચેની આકૃતિ 9 પિનહોલ કેમેરામાં પ્રતિબિંબ બનાવવા માટેની રેખાકૃતિ દર્શાવે છે.

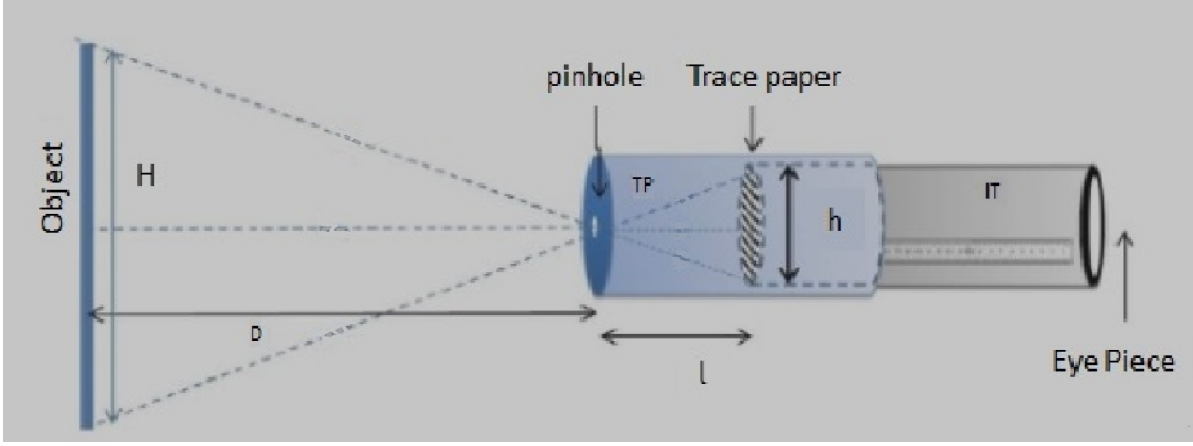


Figure 9: Schematic diagram of pinhole camera

આકૃતિ 9: પિનહોલ કેમેરાની યોજનાકીય રેખાકૃતિ

You have to measure three quantities, distance (D) between pinhole and the object, screen-pinhole distance (l), and size (h) of the image on the screen.

તમારે ત્રણ વસ્તુઓ માપવાની રહેશે: પિનહોલ અને વસ્તુ વચ્ચેનું અંતર (D), પડદા-પિનહોલનું અંતર (l), તથા પડદા પરના પ્રતિબિંબ નું કદ (h).

Once you know D , l , and h you can find the height of the object H based on the following considerations.

એકવાર D , l અને h જાણ્યા પછી તમે નીચેની બાબતોના આધારે H : વસ્તુની ઊંચાઈ શોધી શકો છો.

Consider the two triangles in figure 9 with shared vertex at the pinhole. Since they are similar triangles, $h/l = H/D$. Rearranging we get $H = hD/l$

પિનહોલ પર વહેંચાયેલ શિરોબિંદુ સાથે આકૃતિ 9 માં બે ત્રિકોણનો વિચાર કરો. તે સમાન ત્રિકોણ છે તેથી,

$h/l = H/D$. એટલે કે $H = hD/l$ મળે છે.

You may use the formula directly at this point without deriving it but you might want to check the properties of similar triangles to learn how the formula is derived.

તમે આ સૂત્રને તારવ્યા વિના તેનો સીધો ઉપયોગ કરી શકો છો પરંતુ તમે સૂત્ર કેવી રીતે મેળવ્યું છે તે જાણવા માટે સમાન ત્રિકોણના ગુણધર્મો તપાસી શકો છો.

Working (real) example

વાસ્તવિક ઉદાહરણ

Now, we will make use of this equation in a real-life example. Take your pinhole camera, and capture an image of a distant (well-illuminated) object such as a building or a tree. Measure D using a tape, measure l using the scale on the inner tube, and h using the scale marked on the screen.

હવે, આપણે આ સમીકરણનો વાસ્તવિક જીવનના ઉદાહરણમાં ઉપયોગ કરીશું. તમારો પિનહોલ કેમેરો લો અને દૂરના (સારી રીતે પ્રકાશિત) વસ્તુ જેમ કે મકાન અથવા વૃક્ષનું પ્રતિબિંબ જુવો. ટેપનો ઉપયોગ કરીને D માપો, આંતરિક નળાકાર પરની માપપટ્ટીનો ઉપયોગ કરીને l માપો અને પડદા પર ચિહ્નિત માપપટ્ટીનો ઉપયોગ કરીને h માપો.

Obtain clear inverted image for multiple values of D . Tabulate your reading of D , l and h below:

D ના બહુવિધ મૂલ્યો માટે સ્પષ્ટ ઊંધું પ્રતિબિંબ મેળવો. તમે મેળવેલ D , l અને h ના મૂલ્યો નીચેના કોષ્ટક માં લખો.

D (cm)	I (cm)	h (cm)	$H = hD/I$ (cm)

Average height of the object, (Mean) $H =$ _____

વસ્તુની સરેરાશ ઊંચાઈ, H (સરેરાશ) = _____

Q1. Can you estimate the height of the object by any other methods? Compare it with the answer you obtained using pinhole camera?

Q1. શું તમે અન્ય કોઈપણ પદ્ધતિઓ દ્વારા વસ્તુની ઊંચાઈનો અંદાજ લગાવી શકો છો? પિનહોલ કેમેરાનો ઉપયોગ કરીને તમે મેળવેલ જવાબ સાથે તેની સરખામણી કરો.

Discuss

ચર્ચા કરો

Q2. If you want to see a bigger image on the screen (without changing the pinhole screen distance I), should you move the pinhole closer to the object or farther away?

Q2. જો તમને પડદા પર મોટું પ્રતિબિંબ જોવા માંગતા હો (પિનહોલ અને પડદાનું અંતર I બદલ્યા વિના), તો તમારે પિનહોલ કેમેરાને, વસ્તુની વધુ નજીક લઈ જવો જોઈએ કે વધુ દૂર ખસેડવો જોઈએ?

Q3. What will happen to the image if you make the screen using a transparent plastic sheet instead of translucent sheet?

Q3. જો તમે અર્ધપારદર્શક શીટને બદલે પારદર્શક પ્લાસ્ટિક શીટનો ઉપયોગ કરીને પડદો બનાવશો તો પ્રતિબિંબનું શું થશે?

Credits

Main Authors: Joseph Amalnathan, Praveen Pathak, Pranay Parte

Contributing Authors: K. K. Mashood, Tripti Bameta

Reviewers: Arnab Bhattacharya, Vandana Nanal, Deepa Chari

Editors: Beena Choksi, Geetanjali Date, Ankush Gupta, Reema Mani, K. Subramaniam

Gujarati Translators: Amish Parmar, Jayesh Parmar

Gujarati Editors: Bhavana Trivedi, Parag Shah

Gujarati Editorial Assistance: Amish Parmar, Jayesh Parmar

Creative Commons Licence: CC BY-SA 4.0 International, HBCSE