2. પ્રકાશ

2.0 પ્રાસ્તાવિક

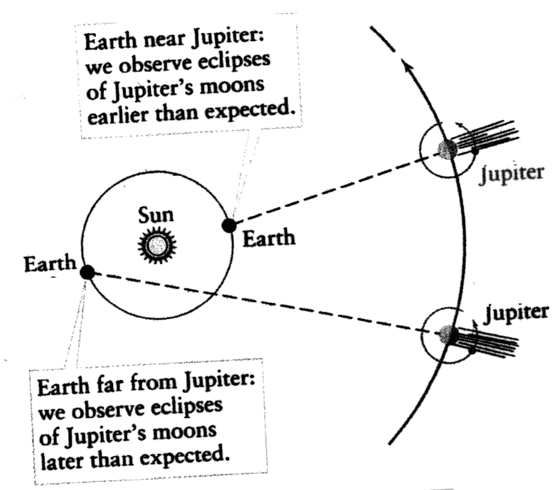
આપણે તારાઓનો અભ્યાસ કઇ રીતે કરી શકીએ ? આપણે તારાઓ ઉપર જઇ શકીએ તેમ નથી કે તારાઓ ઉપરથી કંઇ લાવી શકીએ તેમ નથી. તારાઓ આપણને પ્રકાશના કિરણો મોકલે છે. આથી આપણે તારાઓના પ્રકાશના કિરણોનો અભ્યાસ કરીને તારાઓની માહિતી મેળવી શકીએ. ભૌતિકશાસ્ત્રમાં પ્રકાશનાં કિરણો સંબંધી ઘણી બધી શોધો થયેલી હોઇને, તે શોધોનો ઉપયોગ કરીને તારાઓ સંબંધી ઘણી બધી માહિતી મેળવી શકીએ.

2.1 પ્રકાશની ગતિ

ગેલિલીયો અને આઇઝેક ન્યુટન પ્રકાશ વિષેના પાયાના પ્રશ્નો પૂછનારા હતા. તેમનો પાયાનો પહેલો પ્રશ્ન હતો કે પ્રકાશ એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ એકમ તાત્કાલિક પહોંચી જાય છે કે માપી શકાય તેવી ગતિએ પહોંચે છે? પ્રકાશની પ્રકૃતિ ગમે તે હોય, પણ તેના ઉદ્દ્ગમ સ્થાનથી આપણી આંખે ખૂબ જ ઝડપથી પહોંચે છે. વીજળીનો કડાકો સાંભળીએ તે પહેલાં તેનો ઝબકારો આપણને દેખાય છે.

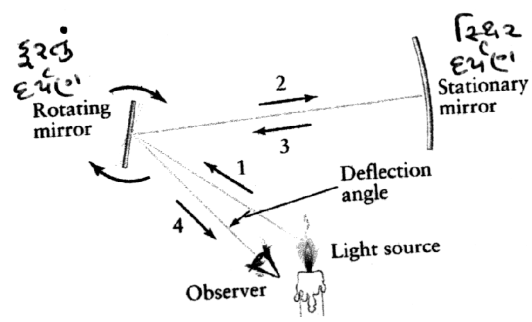
ઇ.સ. 1600ની આસપાસમાં ગેલિલીયોએ પ્રકાશની ગતિ માપવાનો પ્રયત્ન કર્યો. ગેલિલીયો અને તેમના મદદનીશે બે ઊંચી ટેકરીઓ ઉપર ઢાંકણા સાથેના ફાનસો સાથે રાતના ઉભા રહીને ગતિ માપવાનો પ્રયત્ન કર્યો. ગેલિલીયો એ તેમના ફાનસનું ઢાંકણું ખોલ્યું અને તે પ્રકાશ જોઇને તેના મદદનીશે તેના ફાનસનું ઢાંકણું ખોલ્યું. આ બંને ઘટના વચ્ચેનો સમય તેમની નાડીના ધબકારાના સમયથી મેળવાનો પ્રયત્ન કર્યો. પ્રકાશની ગતિ ખૂબ જ હોઇને માનવીની ધીમી પ્રતિક્રિયાના કારણે પ્રકાશની ગતિ માપી શકાય તેમ નથી તેવો ગેલિલીયોનો મત હતો.

ઇ.સ. 1676માં પ્રકાશ એકદમ એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ પહોંચતો નથી તેનો પુરાવો ડચ ખગોળશાસ્ત્રી ઓલસ રોમેરે (Olaus Romer) આપ્યો. ગુરુંને ઓછામાં ઓછા 28 ઉપગ્રહો છે. આ બધામાં વધારેમાં વધારે પ્રકાશિત અને મોટામાં મોટો ઉપગ્રહ ગેલિલીયોએ જોયેલો.



આકૃતિ 2.1.1

રોમેર આકૃતિ 2.1.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે ગુરુનો ઉપગ્રહ ક્યારે ગુરુના પડછાયામાં જાય છે કે બહાર નીકળે છે તેનો અભ્યાસ કરતા હતા. આ અભ્યાસ દરમિયાન તેમણે જોયું કે ગુરુના આ ઉપગ્રહના ગ્રહણનો આધાર ગુરુ અને પૃથ્વીની અરસપરસ જગ્યાઓ ઉપર આધાર રાખે છે. જ્યારે ગુરુ પૃથ્વીની નજીક હોય ત્યારે ગ્રહણ થતું તેના કરતાં ઘણી મિનિટો મોડું ગ્રહણ જ્યારે પૃથ્વી ગુરુથી આકૃતિ 2.1.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે દૂર હોય ત્યારે થતું. રોમેરને ખ્યાલ આવી ગયો કે આમ બનવાનું કારણ પ્રકાશને ગુરુથી પૃથ્વી સુધી પહોંચતાં વધારે સમય જોઈએ છે તે છે. રોમેરે પૃથ્વીની ભ્રમણકક્ષાના વ્યાસની લંબાઈની (2AU) મુસાફરી કરવામાં વધારાની 16.6 મિનિટો વાપરાતી ગણી. તે સમયે પૃથ્વીની ભ્રમણકક્ષાનો વ્યાસ જાણીતો ન હોઈને રોમેર પ્રકાશનો વેગ ગણી ન શક્યા. આજે 1 AU = 150 $\times 10^6$ કિલોમીટર ગણતા, રોમેરની રીતે ગણતાં પ્રકાશની ગતિ લગભગ *300,000* કિલોમીટર /સેકન્ડ થાય.



આકૃતિ 2.1.2

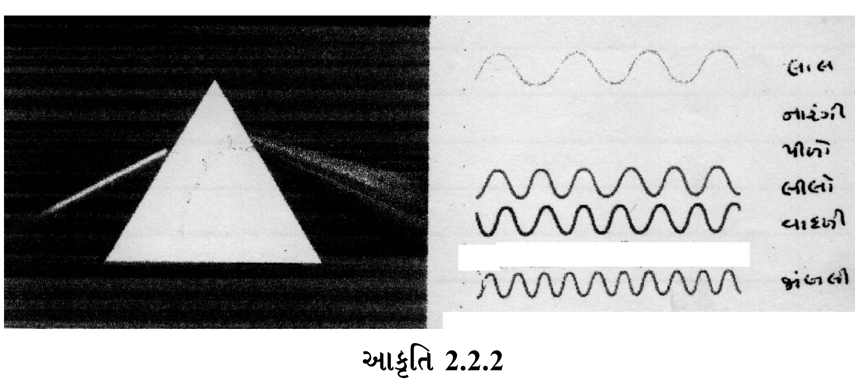
ઈ.સ. 1850માં ફ્રેન્ચ ભૌતિકશાસ્ત્રીઓ આર્મન્ડ-હિપ્પોલીટ ફિઝીઆઉ (Armond-Hippolyte Fizeau) અને જીન ફોકોલ્ટે(Jean Foucault) આકૃતિ 2.1.2માં બતાવ્યા પ્રમાણે પ્રયોગ કરીને પ્રકાશની ગતિ માપી.

મીણબત્તીમાંથી આવતો પ્રકાશ ફરતા દર્પણમાં પરાવર્તન થઈને 20 મીટર દૂર આવેલા સ્થિર દર્પણ પર પડે છે. આ સ્થિર દર્પણ ઉપર પડેલા પ્રકાશનું પરાવર્તન થાય છે. પરાવર્તન થઈને આ પ્રકાશનું કિરણ આવે. ફિઝીઆઉ અને ફોકોલ્ટને આશરે પ્રકાશની ગતિ 300,000 કિલોમીટર/સેકંડ મળી. પ્રકાશની ગતિ અવકાશમાં એટલે કે સાવ દ્રવ્યહીન માધ્યમમાં c વડે દર્શાવવામાં આવે છે અને c = 299,792.458 કિલોમીટર/સેકંડ છે. લેટિન ભાષાના શબ્દ સીલીરિટાસ (Celeritas) મો અર્થ ગતિ છે અને આના ઉપરથી ગતિની સંજ્ઞા c લેવામાં આવી છે.

2.2 પ્રકાશનાં કિરણો

પ્રકાશનું કિરણ ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી પસાર થાય ત્યારે આકૃતિ 2.2.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે તેનું વક્રીભવન થાય છે અને તેનું છ રંગોમાં વિભાજન થાય છે અને આ છ રંગોના કિરણોનું ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી હવામાં વક્રીભવન થાય છે. આ છ રંગો લાલ, નારંગી, પીળો, લીલો, વાદળી અને જાંબલી (લાનાપીલીવાજાં) છે. પહેલાંના સમયમાં સાત રંગો ગણાતા. વાદળી અને જાંબલી વચ્ચે ગળી જેવો નીલો રંગ હાલમાં જુદો રંગ ગણાતો નથી. નવા પુસ્તકોમાં છ રંગ જ ગણાય છે.

પ્રકાશના કિરણને વિદ્યુતચુંબકીય ઉર્જા (electromagnetic radiation)ના મોજાંઓના સ્વરૂપમાં પણ જોઈ શકાય. આ મોજાંઓના વર્ણપટ (spectrum)ના અમુક ભાગને જ માનવીની આંખો જોઈ શકે છે. દરિયાનાં મોજાંઓની જેમ આ મોજાંઓ પણ અમુક દિશામાં જઈ શકે છે. દરિયાનાં મોજાંઓને આગળ વધવા કે મુસાફરી કરવા પાણીના માધ્યમની જરૂર છે તે જ રીતે અવાજનાં મોજાંઓ માટે હવાના માધ્યમની જરૂર છે. જ્યારે પ્રકાશનાં મોજાંઓને મુસાફરી કરવા માટે કોઈ માધ્યમની જરૂર નથી. માધ્યમના કારણે ઘણી વખત પ્રકાશની ગતિ ઓછી થાય અને પ્રકાશનું પરાવર્તન કે વક્રીભવન પણ થાય છે.

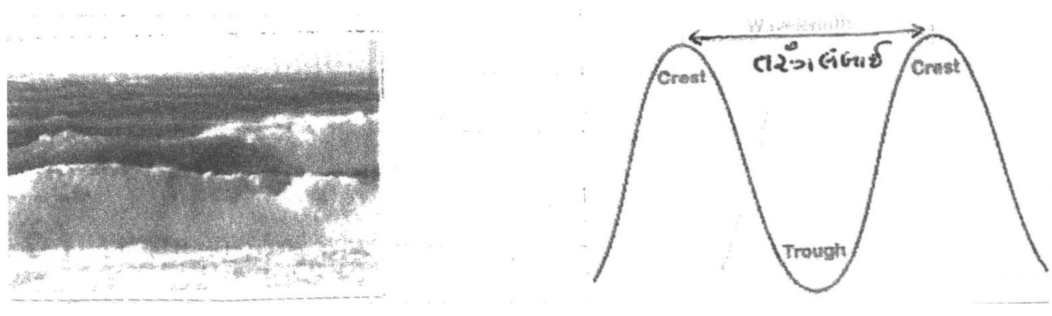


આકૃતિ 2.2.2

આકૃતિ 2.2.2માં બતાવ્યા પ્રમાણે તરંગની (મોજાંની) બે ટોચો વચ્ચેની લંબાઈને તરંગલંબાઈ કહેવાય છે. અને તરંગલંબાઈને ગ્રીક ભાષાના મૂળાક્ષર લેમ્ડા (Lamda) λ થી દર્શાવવામાં આવે છે. આકૃતિ 2.2.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પ્રકાશના કિરણના છ રંગોનાં કિરણોની તરંગલંબાઈઓ જુદી જુદી છે. આ તરંગલંબાઈઓ ખૂબ જ ટૂંકી હોઈને તેમને દર્શાવવા માટે નીચેના ટેબલ 2.1.1માં માપ અને એકમો આપ્યા છે.

ટેબલ 2.1.1

સંજ્ઞા	ગુણકો	પૂર્વગ
E	10^{18}	એકસા (Exa) અબજ અબજ
P	10^{15}	પેટા (Peta) દસ લાખ અબજ
T	10^{12}	ટેરા (Tera) એક હજાર અબજ (Trillion)
G	10^{9}	ગીગા (Giga) એક અબજ (Billion)
M	10^{6}	મેગા (Mega) દસ લાખ (Million)
K	10^{3}	કિલો (Kilo) હજાર (Thousand)
d	10	ડેકા (deka) દસ
	10^{0}	એકમ
m	10^{-3}	મિલિ (mili) હજારમો
μ	10^{-6}	માઈક્રો (micro) દસ લાખમો
n	10^{-9}	નેનો (nano) અબજમો
p	10^{-12}	પિકો (pico) હજાર અબજમો
f	10^{-15}	ફીમ્ટો (femto) દસ લાખ અબજમો
a	10^{-18}	એટ્ટો (atto) અબજ અબજમો



આકૃતિ 2.2.2

આપણે દરિયા કિનારે બેઠા હોઈએ અને સરખા સમયે મોજાંઓ આવે જતાં હોય, ત્યારે ઘડિયાળમાં બરાબર જોઈને એક મિનિટમાં જેટલાં મોજાં આવે તેટલા મોજાંની સંખ્યાને એ મોજાનો આવર્ત (frequency) કહેવાય. આવર્તને f વડે દર્શાવવામાં આવે છે. ધારો કે દર મિનિટે એક મોજું દરિયાના કિનારાને અથડાતું હોય, તો મોજાનો આવર્ત મિનિટે એક કહેવાય. ધારો કે આ મોજાંઓની તરંગલંબાઈ 10 મીટર છે, તો

મોજાંની ગતિ = તરંગલંબાઈ $\times$ આવર્ત $= 10 \times 1 \; = 10$ મીટર/મિનિટ ગણાય.

પ્રકાશના કિરણો ખાલી જગ્યામાં (vacuum) એક સેકંડમાં 299,793 કિલોમીટરની ઝડપે મુસાફરી કરે છે અને

પ્રકાશની ઝડપને c વડે દર્શાવવામાં આવે છે. cની કિંમત આશરે 3×10^5 = 3 લાખ કિ.મી/સે. = 3×10^8 મી/સે કહી શકાય. પ્રકાશના કિરણના છ રંગોના કિરણોની તરંગલંબાઈઓ જુદી જુદી હોઈને આ છ રંગોના કિરણોના આવર્તો પણ જુદા જુદા છે. આ રંગોના કિરણોની તરંગલંબાઈઓ ખૂબ જ નાની છે અને તે લંબાઈ નેનોમીટરમાં (nm = નેમી = 10^{-9} = 0.000000001 = મીટરનો અબજમો ભાગ) દર્શાવવામાં આવે છે. કોઈ કોઈ વખત એન્ગ્સ્ટ્રોમ્સ (Angstroms) વપરાય છે અને તેને A^o વડે દર્શાવવામાં આવે છે અને $A^o = 0.1$ નેમી = 10^{-10} મીટર છે. આપણે 350 નેમી અને 800 નેમીની વચ્ચેની તરંગલંબાઈઓ જોઈ શકીએ છીએ અને તેમના આવર્તો $\lambda = 350$ નેમી માટે,

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8}{350\times10^{-9}} = 8.6\times10^{14} \text{ હટ્ર્ઝ} = 860\times10^{12} = 860 \text{ ટીહટ્ર્ઝ}$$

અને $\lambda = 800$ નેમી માટે,

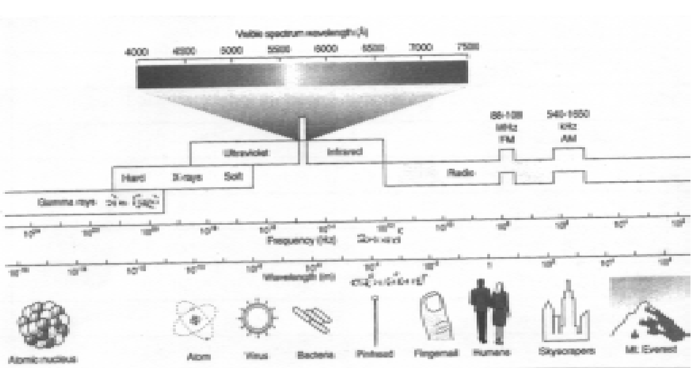
$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8}{800\times10^{-9}} = 3.8\times10^{14} \text{ હટ્ર્ઝ} = 380\times10^{12} = 380 \text{ ટીહટ્ર્ઝ}$$

આવર્તના એકમ તરીકે હટ્ર્ઝ (Hertz) વપરાય છે. જેના બરાબર એક સેકન્ડમાં પસાર થયેલી માળાઓ (Cycles) છે અને જેને ટૂંકામાં હઝ (Hz) વડે દર્શાવવામાં આવે છે. જુદા જુદા રંગોના કિરણોની તરંગલંબાઈઓ અને આવર્તો નીચેના ટેબલ 2.2.2માં આપેલાં છે. લાલ રંગના તરંગની તરંગલંબાઈ વધારેમાં વધારે છે. જ્યારે જાંબુડિયા રંગના મોજાની તરંગલંબાઈ ઓછામાં ઓછી છે.

ટેબલ 2.2.2

રંગ	**તરંગલંબાઈ**		**આવર્ત**
લાલ	620-750 નેમી	6200-7500 A^o	400-484 ટીહટ્ર્ઝ
નારંગી	590-620 નેમી	5900-6200 A^o	484-508 ટીહટ્ર્ઝ
પીળો	570-590 નેમી	5700-5900 A^o	508-526 ટીહટ્ર્ઝ
લીલો	495-570 નેમી	4950-5700 A^o	526-606 ટીહટ્ર્ઝ
વાદળી	450-495 નેમી	4500-4950 A^o	606-668 ટીહટ્ર્ઝ
જાંબલી	380-450 નેમી	3800-4500 A^o	668-789 ટીહટ્ર્ઝ

પ્રકાશના કિરણોની તરંગલંબાઈ જે આપણી આંખો જોઈ શકે છે તે ટેબલ 2.2.2માં આપેલી છે. પ્રકાશના કિરણોમાં બધા જ પ્રકારની તરંગલંબાઈઓવાળા તરંગો આવે છે જે આકૃતિ 2.2.3માં બતાવ્યા છે. નાનામાં નાની તરંગલંબાઈવાળા ગેમા કિરણો (gamma Rays) નજરે જોઈ શકાય તેવાં કિરણો, ગરમીના કિરણો અને રેડિયો કિરણો એમ ચાર મુખ્ય ભાગ છે.



આકૃતિ 2.2.3

મોજાંઓના વર્ણપટમાં ટૂંકામાં ટૂંકી તરંગલંબાઈવાળા 10 મીમી (10^{-12}) થી ઓછી તરંગલંબાઈવાળાં ગેમા કિરણો (Gamma Rays) અણુકેન્દ્ર પ્રતિક્રિયામાં પેદા થાય છે અને ખોરાકને જંતુ રહિત બનાવવામાં વપરાય છે. 0.1 નેનોમીટરની તરંગલંબાઈવાળાં X-કિરણોનું નિર્માણ ઈલેક્ટ્રોનિક ટ્યૂબમાં થાય છે અને તેનો ઉપયોગ તૂટેલા હાડકાનું અને દાંતના રોગનું નિદાન કરવામાં થાય છે. અલ્ટ્રાવાયોલેટ કિરણો આપણે જોઈ શકતા નથી પણ અનુભવીએ છીએ. ઉનાળામાં દરિયા કિનારે સૂતાં હોઈએ કે ખેતરમાં કામ કરતાં હોઈએ ત્યારે સૂર્યના કિરણોમાં રહેલા અલ્ટ્રાવાયોલેટ કિરણો ચામડીને કાળાશ પડતી કરે છે. નરી આંખે જોઈ શકાય તેવા કિરણોની તરંગલંબાઈ 380 નેનોમીટરથી 750 નેનોમીટર (3800 A^o થી 7500 A^o) જેટલી છે. ઈન્ફ્રારેડ કિરણો આપણે જોઈ શકતા નથી, પણ અનુભવી શકીએ છીએ. ગરમ ઈસ્ત્રીની આસપાસ ગરમીનાં કિરણો જે ઈન્ફ્રારેડ કિરણો છે તે હાથ રાખવાથી અનુભવી શકાય. મીલીમીટરથી થોડીક વધારે તરંગલંબાઈવાળાં મોજાઓ માઈક્રોવેવ તરીકે ઓળખાય છે. માઈક્રોવેવ ઓવન (Microwave Oven) ચાલુ કરીએ ત્યારે માઈક્રોવેવ પેદા થાય છે જેને આપણે જોઈ શકતા નથી. એક મીટરથી વધારે તરંગલંબાઈ હોય તેવાં મોજાંઓનું નામ રેડિયો (Radio) છે. આ મોજાંઓ તેમની તરંગલંબાઈના બદલે તેમના આવર્તથી ઓળખાય છે. આવર્તનો એકમ હર્ટ્ઝ (Hz) છે. એક સેકંડમાં એક મોજું પસાર થાય તેને એક હર્ટ્ઝ કહેવાય. આકાશવાણીના એએમ (AM) સ્ટેશનનાં મોજાંના આવર્તો 540 થી 1650 કી હર્ટ્ઝ (કી હર્ટ્ઝ એટલે કે 1000 હર્ટ્ઝ) હોય છે જ્યારે એફએમ (FM) સ્ટેશનનાં મોજાંઓનાં આવર્તો 88 થી 108 મે. હર્ટ્ઝ (એટલે કે દસ લાખ હર્ટ્ઝ) હોય છે. 1 મેગાહર્ટ્ઝની તરંગની તરંગલંબાઈ 0.2997 કિલોમીટર છે. પ્રમાણમાં આ ઘણી મોટી તરંગલંબાઈ થઈ. રેડિયો સ્ટેશન તરંગોને ચોક્કસ તરંગલંબાઈએ કે આવર્તે મોકલે છે, તે તરંગોને સંપાદન કરવા માટે તે ચોક્કસ આવર્તે આપણે રેડિયો સેટને ગોઠવવો પડે. તે જ પ્રમાણે અમુક ચોક્કસ તરંગલંબાઈના તરંગો મેળવવા માટે વર્ણપટદર્શકને પણ ગોઠવવો પડે. તારાઓ બધી જ જાતની તરંગલંબાઈએ તરંગો મોકલે છે. ખગોળશાસ્ત્રીએ બધી જ જાતના તરંગોમાંથી તારા વિષેની માહિતી મેળવી છે.

2.3 તેજસ્વિતાની તીવ્રતા અને તીવ્રતાનો (તે.તી.) આંક

જ્યારે આપણે આકાશમાં તારાઓ જોઈએ છીએ ત્યારે કોઈ તારો તેજસ્વી કે તેજવાળો કે ચળકાટવાળો દેખાય છે. અહીં તેજસ્વી, તેજવાળો કે ચળકાટવાળો, બધાનો અર્થ એક જ છે. અંગ્રેજીમાં આના માટે બ્રાઈટ (Bright) શબ્દ છે. કોઈ તારો ખૂબ જ ઝાંખો પણ દેખાય છે. ઈ.સ. પૂર્વે 150માં ગ્રીક ખગોળશાસ્ત્રી હિપ્પાર્કસે (Hipparchus) નરી આંખે દેખાતા તારાઓને છ વર્ગમાં વહેંચ્યા. તેજસ્વીમાં તેજસ્વી તારાઓનો વર્ગ 1, ખૂબ તેજસ્વી તારાઓનો વર્ગ 2, તેજસ્વી તારાઓનો વર્ગ 3, તેજસ્વી ઝાંખા તારાઓનો વર્ગ 4, ઝાંખા તારોનો વર્ગ 5 અને છેલ્લો વર્ગ 6 જેમાં ખૂબ જ ઝાંખા, માંડ માંડ જોઈ શકાય તેવા તારાઓનો વિભાગ. આપણી આંખો સરખી તેજસ્વિતાની તીવ્રતાના (તે.તી) ગુણોત્તરના બરાબર સરખી તેજસ્વિતાનો તફાવત સમજે છે. આથી

$$\frac{\text{વર્ગ 1 ની તે.તી.}}{\text{વર્ગ 2 ની તે.તી.}} = \frac{i_1}{i_2} = \frac{\text{વર્ગ 2 ની તે.તી.}}{\text{વર્ગ 3 ની તે.તી.}} = \frac{i_2}{i_3} = \ldots = \ldots$$

$$= \frac{\text{વર્ગ 5 ની તે.તી.}}{\text{વર્ગ 6 ની તે.તી.}} = \frac{i_5}{i_6} = k\,.$$

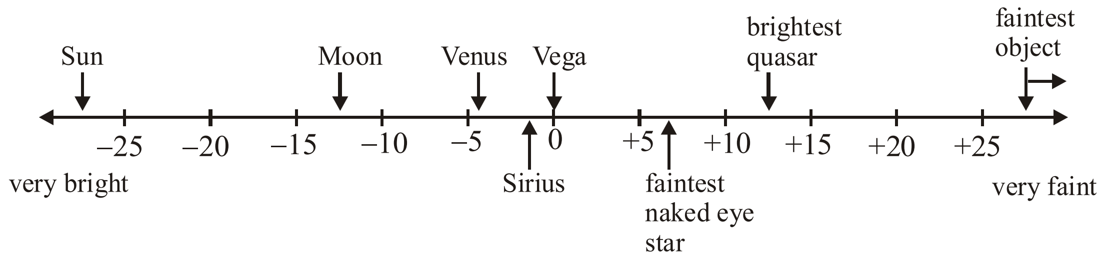
અહીં i_m, વર્ગ m ના તારાઓની તેજસ્વીતાની તીવ્રતા દર્શાવે છે. m ને તેજસ્વિતાની તીવ્રતાના (તે.તી.) આંક તરીકે ઓળખીશું. ટૂંકમાં m ને તેજસ્વિતાનો આંક કહીશું. k અચળ છે. આથી $i_1 = k^5 i_6$ થાય. i_1 તેજસ્વીમાં તેજસ્વી તારાની તેજસ્વિતાની તીવ્રતા દર્શાવે છે. નરી આંખે માંડ દેખાતા તારાની તે.તી.થી તેજસ્વીમાં તેજસ્વી તારાની તે.તી. સો ગણી હોય તેમ માનવું વ્યાજબી હોઈને $k^5 = 100$ લઈએ, તો $k = \sqrt[5]{100} \approx 2.512$ થાય. જેમ π, e વિગેરે ગણિતમાં ઉપયોગી વાસ્તવિક અચળ સંખ્યાઓ છે, તેમ ખગોળશાસ્ત્રમાં પણ $\sqrt[5]{100} \approx 2.512$ ઉપયોગી વાસ્તવિક સંખ્યા છે.

$\frac{i_m}{i_n} = k^{n-m}$ m, n (હાલ તો) 1, 2, 3, 4, 5 અને 6.

$$\therefore \log \frac{i_m}{i_n} = (n-m)\log k = (n-m)\log \sqrt[5]{100} = \frac{(n-m)}{5}\log 10^2 = \frac{2}{5}(n-m)$$

$$\therefore (n-m) = 2.5\log \frac{i_m}{i_n}$$

દૂરબીનના કારણે આપણે ઘણા બધા ઝાંખામાં ઝાંખા તારાઓ જોઈ શક્યા છીએ. આથી m અને nની કિંમતો 24 સુધીની છે અને m અને nની કિંમતો વાસ્તવિક સંખ્યાઓ છે. દિવસના સૂર્યનો પ્રકાશ અને રાતના ચંદ્રનો પ્રકાશ ઉમેરતાં m અને nની કિંમતો ઋણ છે. આમ બંને છેડે નવી કિંમતો ઉમેરાઈ છે. હવે નજરે જોઈને તારાઓની તેજસ્વિતાનો આંક નક્કી કરવાને બદલે ફોટોગ્રાફી અને ફોટોઈલેક્ટ્રીકની વિશ્વસનીય રીતેથી તેજસ્વિતાનો આંક નક્કી કરવામાં આવે છે. આથી m વાસ્તવિક સંખ્યા છે.



આકૃતિ 2.3.1

આકૃતિ 2.3.1માં જાણીતા તારાઓ, સૂર્ય, ચંદ્ર અને ગ્રહોના તેજસ્વિતાના આંકો આપ્યા છે અને ટેબલ 2.3.1માં આંકો અને ઝાંખાપણું આપ્યું છે. જેમ જેમ તારાઓની તેજસ્વીતાનો આંક મોટો, તેમ તેમ તારો વધારે ઝાંખો.

ટેબલ 2.3.1.

તે.તી.નો આંક	કેટલાં ગણું ઝાંખુ
1.00	2.5 (k^1)
2.00	6.3 (k^2)
3.00	16 (k^3)
4.00	40 (k^4)
5.00	100 (k^5)
10.00	10,000 (k^{10})

ખરેખર આ માપ ઝાંખાપણાનું માપ ગણાય. અત્યંત તેજસ્વી તારાઓમાં અભિજીત (Vega) તારો તેજસ્વી ગણાય છે અને તેનો તે.તી.નો આંક શૂન્ય ગણાય છે અને તેની તેજસ્વીતાની તીવ્રતા $i_{vega} = 1$ ગણાય છે. આ કિંમતો

$n - m = 2.5\log \frac{i_m}{i_n}$ માં મૂકતાં $m = -2.5\log i_m$ મળે.

આપણે પૃથ્વી ઉપરથી તેજસ્વીતા માપતા હોઈને mને દેખીતો તે.તી.નો આંક (Apparent Magnitude of intensity of brightness) કહેવામાં આવે છે, જે રાતના આકાશમાં પૃથ્વી ઉપરથી તારો કેટલો તેજસ્વી છે તે દર્શાવે

છે. હવે નજરે જોઈને તારાઓના વિભાગ પાડવાને બદલે ફોટોગ્રાફી અને ફોટોઈલેક્ટ્રીકની વિશ્વસનીય રીતોથી તારાનો દેખીતો તે.તી.નો આંક નક્કી કરવામાં આવે છે.

તેજસ્વીતાની તીવ્રતાનો આંક પૃથ્વીથી તારાના અંતર ઉપર આધાર રાખે છે. બે સરખા તેજસ્વી તારાઓ પૃથ્વીથી જુદા જુદા અંતરે હોય તો પૃથ્વી ઉપરથી તેમની દેખીતી તે.તી.ના અંકો જુદા જુદા હશે. પૃથ્વીની નજીકનો તારો પૃથ્વી ઉપરથી વધારે તેજસ્વી દેખાશે. આપણને તારો પોતે જ કેટલો પ્રકાશિત છે તે જાણવામાં રસ છે. આ માટે આપણે દરેક તારો પૃથ્વીથી દસ પાર્સેક અથવા 32.6 પ્રકાશવર્ષ દૂર હોય ત્યારે તેનો તે.તી.નો આંક મેળવીએ. પૃથ્વીથી દશ પાર્સેક અંતરે રાખીને મેળવેલા તે.તી.ના આંકને નિરપેક્ષ ખરેખરો તે.તી.નો આંક (Abbsolute Magnitude of intensity of brightness) કહેવામાં આવે છે. તારાના ખરેખરા તે.તી.ના આંકને M વડે દર્શાવીએ તો તારાની ખરેખરી તેજસ્વિતાની તીવ્રતા નીચેના સમીકરણથી મળે.

$$M = -2.5\log \mathrm{I}$$

આપણે પૃથ્વી પરથી તારાની m અને i ની કિંમતો મેળવી શકીએ. પૃથ્વી ઉપરથી માપેલી તે.તી. i , તારાની ખરેખરી તે.તી. I, અને પૃથ્વીથી તારાના અંતર d ના વર્ગ ઉપર આધારિત હોઈને

$$i = \frac{AI}{d^2}$$

છે, જ્યાં A એ પ્રમાણપદનો અચળ છે. બંને બાજુએ log લઈને -2.5 વડે ગુણીને સાદુ રૂપ આપતાં

$$-2.5\log i - 5\log d = -2.5\log A - 2.5\log I$$

મળે.

$\therefore m - 5\log d = -2.5\log A + M$ થાય.

$d = 10$ પાર્સેક હોય, ત્યારે ખરેખરા તે.તી.ના આંક M = દેખીતો તે.તી.નાં આંક થાય. આથી,

$$-5\log 10 = -5 = -2.5\log A$$

$$\therefore \log A = \frac{5}{2.5} = 2$$

$$\therefore m - 5\log d = -5 + M$$

$$\therefore M = m - 5\log d + 5$$

આ ખરેખરા તે.તી.ના આંક M, દેખીતા તે.તી.ના આંક m અને પૃથ્વી અને તારા વચ્ચેના અંતર d વચ્ચેનો સંબંધ દર્શાવતું સમીકરણ છે.

વ્યાધ (Sirius)ની દેખીતી તે.તી.નો આંક $m = -1.46$ છે અને હિપ્પાર્કોસ (Hipparcos) સેટેલાઈટે પૃથ્વીથી તેનું અંતર $d = 2..6379$ પાર્સેક માપેલું છે. આથી તેનો ખરેખરો તે.તી.નો આંક

$$M_{વ્યાધ} = m + 5 - 5\log d = -1.6 + 5 - 5\log 2.6379 = 1.43 \text{ થાય.}$$

આ જ પ્રમાણે સૂર્યનો ખરેખરો તે.તી.નો આંક $M_{સૂર્ય} = 4.83$ મળે.

હવે $M_{વ્યાધ} = -2.5\log I_{વ્યાધ}$ અને $M_{સૂર્ય} = -2.5\log I_{સૂર્ય}$ છે.

$$\therefore M_{વ્યાધ} - M_{સૂર્ય} = 1.43 - 4.83 = -3.4 = -2.5\log\frac{I_{વ્યાધ}}{I_{સૂર્ય}} \text{ છે.}$$

આથી $log\frac{I_{વ્યાધ}}{I_{સૂર્ય}} = \frac{3.4}{2.5} = 1.36 \qquad \therefore \frac{I_{વ્યાધ}}{I_{સૂર્ય}} = 10^{1.36} = 22.9$.

$\therefore I_{વ્યાધ} = 22.9 I_{સૂર્ય}$ થાય. આથી વ્યાધ સૂર્ય કરતાં 22.9 ગણો પ્રકાશિત છે.

જાણીતા તારાઓના દેખીતા તે.તી.ના આંક, ખરેખરા તે.તી.ના આંક અને પૃથ્વીથી પ્રકાશવર્ષમાં અંતર ટેબલ 2.3.2 માં આપ્યા છે.

ટેબલ 2.3.2

તારાનું નામ	Star Name	દેખીતો તે.તી.નો આંક	ખરેખરો તે.તી.નો આંક	પૃથ્વીથી અંતર પ્રકાશવર્ષ
સૂર્ય	Sun	–26.74	4.83	0.000015
વ્યાધ	Sirius	–1.44	1.45	8.7
અગત્સ્ય	Canopus	–0.72	–3.1	98
સ્વાતિ	Arcturus	–0.06	–0.3	36
જય	Alpha Centauri	–0.01	4.36	4.36
અભિજિત	Vega	0.04	0.5	26.5
બ્રહ્મ હૃદય	Capella	0.05	–0.6	45
બાણરજ	Rigel	0.14	–7.1	900
પ્રભાસ	Procyon	0.37	2.7	11.4
આર્દ્રા	Betelgeuse	0.41	–5.6	520
નદીમુખ	Achernar	0.51	–2.3	118
વિજય	Beta-Centa	0.63	–5.2	4990
શ્રવણ	Altair	0.77	2.2	16.5
રોહિણી	Aldebaran	0.86	–0.7	68
ચિત્રા	Spica	0.91	–3.3	220
જ્યેષ્ઠા	Antaras	0.92	–5.1	520
મિનાશ્ય	Fomalhat	1.15	2.0	22.6
પુરુષ	Pollux	1.16	1.0	35
હંસપુચ્છ	Deneb	1.26	–7.1	1600
ત્રિશંકુ	Beta-Crucis	1.28	–4.6	490
મઘા	Regulus	1.36	–0.7	84
અગ્નિ	Betatauri	1.65`	–3.2	300