7

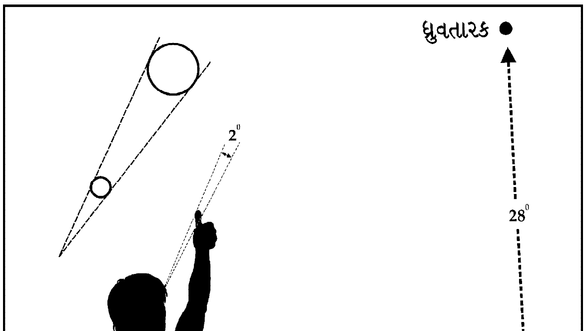
આકાશમાં કોણીય અંતરોનું માપન

'ધીમે ધીમે અંધકાર ઊતરી આવ્યો. ગિરિમાળાઓમાંથી ઠંડા પવનની લ્હેર શરૂ થઈ. અંધકારના આશ્રયે આકાશમાં તારાઓ અવરોધ વિના ચમકી રહ્યા. આ તારાઓનું તેજ અંધારાને સોહામણું બનાવતું હતું. મારા અંધારાને પણ આ તેજના દીપકો અજવાળી રહ્યા હતા. અંધારી રાત્રિનું આવું આહ્લાદક સાન્દર્ય મેં આજ સુધી અનુભવ્યું નહોતું... .આકાશને વાંચવું એટલે પરમાત્મા સાથે સંગોષ્ટિ કરવી, એ અત્યારે હું કરી રહ્યો છું. હું આકાશની આટલી નજીક ક્યારેય નહોતો!' – કિશોરસિંહ સોલંકી, 'અરવલ્લી'

ખગોળના નકશાને સમજાવતા આપણા લખાણમાં ક્યાંક તારાઓ વચ્ચેના અંતરો અંશમાં લખેલા જોવા મળશે. જેમકે, '*અગસ્ત્યનો તારો વ્યાધ તારાથી દક્ષિણે 35 અંશ અંતરે આવેલો છે*'. તેવી રીતે, તારાઓની કે આકાશી પદાર્થોની ગતિ દર્શાવવા આવી જાતનું લખાણ પણ જોવા મળશે : '*બર્નાડનો તારો દર વર્ષે સવાદસ વિકલા જેટલો ખસે છે.*' આકાશદર્શન કરાવતા બીજા પુસ્તકોમાં પણ આમ જ લખેલું જોવા મળશે. આમતો આકાશી અંતરો પ્રકાશવર્ષમાં હોય. તો પછી આમ કેમ લખ્યું હશે?

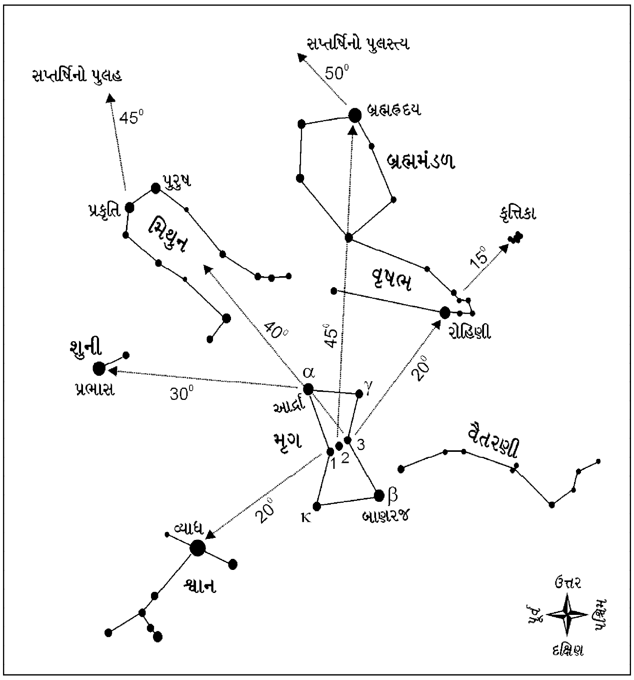
આપણે જાણીએ છીએ કે જમીન પરના 'રોડ મેપ'માં શહેરો વચ્ચેના અંતરો કિલોમીટરમાં હોય છે. આ અંતરો ભૂમિ પરના માપ છે; જે રૈખિક, એટલે કે સીધી સપાટી પરના માપ છે. પણ આકાશના નકશામાં આવા રૈખિક માપ ન ચાલે. કારણ કે આકાશી નકશા આકાશના ઘૂમટનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો, આકાશી પિંડો આપણે કલ્પેલા ઘૂમટની વક્રિત (curved) સપાટી પર આવેલા છે. આ કારણે આકાશી ઘૂમટ પરના જ્યોતિઓ વચ્ચેના અંતરો માપવા ખગોળવિદોએ એક વિશિષ્ઠ પદ્ધતિ વિકસાવી.

આ પદ્ધતિ ખૂણા પર આધારિત છે અને બધા માપ અંશમાં દર્શાવવામાં આવે છે. મતલબ કે કોઈ બે આકાશી પિંડ (કે ચંદ્ર જેવા કોઈ પણ મોટા પિંડનો વ્યાસ) આપણી આંખ સાથે જે ખૂણો બનાવે તે ખૂણા સાથે આ પદ્ધતિ નિસ્બત ધરાવે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે ખૂણો અંશ (ડિગ્રી)માં માપવામાં આવે છે. વર્તુળના પરિઘનો 360 મો ભાગ કરીને તેના બંને છેડા કેન્દ્ર સાથે જોડીએ તો જે ખૂણો બને છે તેને 1 અંશ કહેવાય છે. અંશના 60 મા ભાગને કલા અને 3600 મા ભાગને વિકલા કહેવામાં આવે છે. આ રીતે બે તારાઓ વચ્ચેના કોણીય અંતરો અને પિંડના વ્યાસ વગેરે અંશ (degree. સંજ્ઞા: ^{0}), ચાપ-કલા (arcminutes. સંજ્ઞા: '), અને ચાપ-વિકલા (arcseconds. સંજ્ઞા: '')માં માપવામાં આવે છે. ('ચાપ' કે 'arc' એટલે *વર્તુળના પરિઘનો નાનકડો અંશ કે ભાગ*).



આકૃતિ-7-1 : : હાથની મદદથી આકાશના કોણીય અંતરો માપવાની રીત. સાથે આપેલી સપ્તર્ષિની આકૃતિમાં તેના તારાઓ વચ્ચેના પ્રમાણિત માપ આપેલાં છે. તેમની સાથે તમારા હાથના માપો સરખાવી લેતાં આકાશદર્શનના વર્ણનો અને નકશાઓ સમજવાં સરળ થઈ પડશે.

હવે આકાશ એક ગુંબજ અથવા એક વિશાળ વર્તુળ હોવાનું માનીએ તો તેના પરિઘના પણ આવી રીતે ભાગ પડે. આકાશી જ્યોતિઓ આ વર્તુળના પરિઘના અંદરના ભાગ પર છત્રીની અંદરની સપાટી પર આભલા જડ્યા હોય તેમ ચોંટેલા ધારીએ અને આ વિશાળ વર્તુળના કેન્દ્રમાં આપણી જાતને મૂકી દઇએ તો તેમને આપણી આંખ સાથે કોણ બનાવતા પણ ધારી શકાય. આ કોણ માપીએ એટલે આકાશી પિંડોના વ્યાસ કે કોઈ પણ બે પિંડ વચ્ચેના અંતર જાણી શકાય. આ રીતે આકાશી જ્યોતિઓ વચ્ચેના અંતરો તથા પિંડના કદ વગેરે અંશમાં માપવા પાછળ આવી સાદી સમજ રહેલી છે. અહીં યાદ રાખવા જેવી વાત એ છે કે મિનિટ, સેકંડ વગેર શબ્દોને કારણે આ એકમો સમયના એકમો હોય તેવું લાગે છે, પણ તે સમયના નહિ,



આકૃતિ- 7-2 : મૃગ તારામંડળ. 1= ઉષા, 2= અનિરુદ્ધ અને 3= ચિત્રલેખા. આ ત્રણ તારા 'ત્રિકાંડ' કે 'બાણ' કહેવાય છે.

કોણના એકમો કે માત્રકો (યુનિટ) છે. વળી બીજી વાત એ છે કે અંશમાં આપેલા અંતરોના આ આંકડા સાચાં માપ નથી બતાવતાં. આ આંકડા 'આભાસી અંતર' બતાવે છે. મતલબ કે પૃથ્વી પરથી જોતા દેખાતા અંતર હોય છે.

પણ સવાલ એ થાય કે વગર સાધને આકાશમાં કોણ માપવા કેવી રીતે?

માપનું અંકન (calibration) કરવાની આવી એક પદ્ધતિ હાથવગી અને તદ્દન સરળ છે. એનાથી અંશ સુધીના અંતરો આશરે માપી શકાય છે. પણ જો એનાથી પણ સૂક્ષ્મ અંતરો માપવા હોય તો બીજા સાધન જોઈએ. પણ સામાન્ય આકાશદર્શનમાં એથી નાના અંતરો માપવા જરૂરી નથી.

પહેલા તો તમારો હાથ કોણીએથી સીધો કરીને લંબાવો. ટચલી આંગળી (કનિષ્ઠિકા) ઊંચી કરીને એક આંખ બંધ કરીને જુઓ. આંગળીની પહોળાઈ લગભગ એક અંશ થશે. પૂર્ણ ખીલેલા ચંદ્રની થાળી (તકતી)નું અને સૂર્યની તકતીનું એટલે કે એકથી બીજી બાજુ સુધીનું અંતર અડધો અંશ છે. હવે બહાર જઈ પૂર્ણ ખીલેલા ચંદ્રની સામે આ રીતે આગંળી ધરીને જોશો તો ચંદ્ર ઢંકાઇ જશે. તેનો અર્થ એ કે આંગળીની પહોળાઈ એટલી છે કે તે પૂનમના ચાંદની થાળીને ઢાંકી દઈ શકે છે. (સૂર્ય સામે આવો અખતરો ક્યારેય ન કરવો). સાથેની આકૃતિમાં સપ્તર્ષિ બતાવ્યા છે. તેના આલ્ફા અને બીટા તારા વચ્ચેનું આભાસી અંતર પાંચ અંશ લખેલું છે. પાંચ અંશ એટલે હાથની અંગૂઠા પાસેની આંગળી (તર્જની), વચલી આંગળી (મધ્યમા) અને ટચલીની બાજુની આંગળી (અનામિકા). આ ત્રણ આંગળીઓ ભેગી કરીને જોતાં આ બે તારા વચ્ચેનું અંતર બરાબર આટલું જ થશે.

સાથેની આકૃતિમાં હાથના ભાગોથી બનતા વિવિધ માપના કોણ બતાવ્યા છે. વધારે મોટા વિસ્તારના માપન માટે હાથના એકથી વધુ અંગ-ઉપાંગનો ઉપયોગ કરી શકાય. પ્રયોગો કરીને ઉપરોક્ત મુદ્રાઓ સિવાય હાથની બીજી મુદ્રાઓ પણ તમે અજમાવી શકો. સાથે આપેલી સપ્તર્ષિની આકૃતિમાં પ્રમાણિત માપ આપેલાં છે. તમારા હાથની મુદ્રાઓ વડે બનતા કોણને પ્રમાણિત માપ સાથે સરખાવી લો. ધ્રુવ તારક અને સપ્તર્ષિના ક્રતુ (આલ્ફા/α) વચ્ચેનું અંતર 28 અંશ છે તે માપીને ખાતરી કરો. યાદ રહે કે હાથના સંદર્ભે અંતર માપનની આ પદ્ધતિમાં હાથ સીધો લંબાવેલો રાખવો જરૂરી છે.

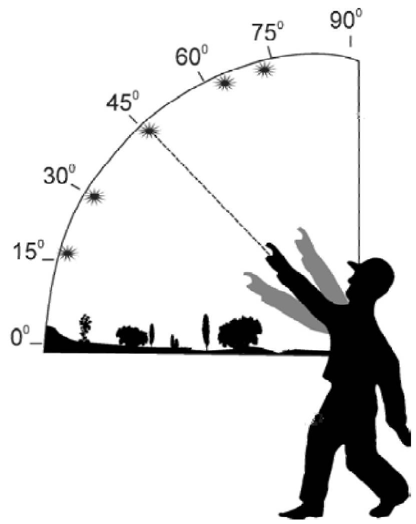
પુરુષ, સ્ત્રી કે બાળકના હાથ નાના-મોટા હોય તો પણ આ પદ્ધતિ નહીંજેવા તફાવતે કામ આપે છે. જો કે હાથની બધી આંગળીઓને પ્રસારતા કે વહેંત ભરતા કોઈનો અંગૂઠો અને ટચલી આંગળી વધારે ખેંચાય છે. તેથી આ માપમાં વ્યક્તિએ વ્યક્તિએ થોડો ફેર પડતો હોય છે. વહેંત ભરતા આ રીતે 20 થી 25 અંશ વચ્ચેનો ફેર આવતો હોય છે. તમારી વહેંતનું માપ બરાબર ચકાસી લો.

સપ્તર્ષિની જેમ મૃગ મંડળ (ઓરાયન) પણ આવા માપન માટે ઉપયોગી છે. ઓરાયન શિકારીના ખભાના આર્દ્રા (આલ્ફા) અને રણચંડી (ગામા) નામના બે તારા વચ્ચેનું અંતર આશરે 10 અંશ છે. બંધ મુઠ્ઠી વડે માપ લઈ ખાતરી કરો. બાણરજ (રાઇજેલ) અને સાઇફ (કાપ્પા) વચ્ચે આશરે 7 અંશ છે. આર્દ્રા અને બાણરજ વચ્ચેનું અંતર આશરે 20 અંશ છે. શિકારીના કમરપટ્ટાના ત્રિકાંડની લંબાઈ લગભગ 3 અંશ છે. તેવી રીતે, ત્રિકાંડના વચલા તારા- અનિરુદ્ધ (ઇપ્સીલોન)થી ઉત્તરે 45 અંશ અંતરે બ્રહ્મહૃદય તારો આવેલો છે. આનો અર્થ એ કે અનિરુદ્ધથી ઉત્તરે બે વહેંત અને વચલી ત્રણ આંગળી જેટલું અંતર માપીએ તો સીધા જ બ્રહ્મહૃદય તારા પાસે પહોંચી જવાય! આવી રીતે, ત્રિકાંડના પૂર્વ તરફના તારા- ઉષા (ઝીટા)થી અગ્નિ દિશા તરફ 20 અંશ અંતરે વ્યાધ તારો આવેલો છે; તો ત્રિકાંડના પશ્ચિમ તરફના ચિત્રલેખા (ડેલ્ટા)થી વાયવ્યે તેટલા જ અંતરે (20 અંશે) રોહિણી તારો આવેલો છે અને રોહિણીથી એ જ દિશામાં 15 અંશ આગળ જતાં કૃત્તિકા નક્ષત્ર આવેલું દેખાશે. આર્દ્રાથી ઈશાને 40 અંશ અંતરે મિથુન મંડળના પ્રકૃતિ અને પુરુષ નામના તારા આવેલા છે. આર્દ્રાથી

પૂર્વ તરફ 30 અંશના અંતરે શુની મંડળનો પ્રભાસ તારો આવેલો છે. શર્મિષ્ઠાના W ની પહોળાઈ આશરે 14 અંશ છે. હંસ મંડળના હંસપુચ્છ (Deneb)થી હંસમુખ (Albireo) તારા વચ્ચેની લંબાઈ 23 અંશ છે.

લખાણમાં જરા અટપટું લાગતું આ બધું વ્યવહારમાં તદ્દન સરળ છે. એક વાર આ પદ્ધતિમાં નિપુણતા મેળવી લેવાથી આકાશદર્શન અને તેની સમજ આપતા વર્ણનો સમજવા ખૂબ આસાન થઈ પડશે.

એક બીજી વાત તમે જોઈ? આ પદ્ધતિની કમાલ એ છે કોઈ પણ બે પિંડો વચ્ચેનું સાચું અંતર આપણે જાણતા નથી, તે આપણાથી કેટલે દૂર આવેલા છે તે પણ જાણતા નથી. તો પણ આપણે તેમની વચ્ચેના કોણને માપીને તે બંને એકમેકથી કેટલા દૂર કે પૃથક્ છે; અર્થાત્, બે પિંડો વચ્ચેની કોણીય જુદાઈ (angular separation) કેટલી છે વગેરે જેવી બાબતો અંગે કહી શકીએ છીએ! વળી આવા આભાસી આંકડા તારાનકશામાં પણ બતાવી શકીએ, જેથી પ્રત્યક્ષ આકાશદર્શનમાં પણ તે આંકડાના ઉપયોગથી આકાશમાં તારા શોધી શકીએ! ગણિતનો આ છે ચમત્કાર અને ખગોળવિજ્ઞાન આવી અનેક અજાયબીઓથી ભરેલું છે.



આકૃતિ- :7-3 : આકાશી પિંડની ઊંચાઈ (ઉન્નતાંશ) માપવાની સરળ રીત.

આવી રીતે, હાથની મદદથી કોઈ પણ આકાશીપિંડની ક્ષિતિજથી ઊંચાઈ પણ માપી શકાય. આ માટે તમારો એક હાથ સીધો કરીને ક્ષિતિજની સીધમાં લઇ જાવ. આ શૂન્ય અંશ થયા. ત્યાંથી પછી હાથને ધીમે ધીમે ઉપર લેતા જઇને આખરે ગરદનને સમાંતર, માથા ઊપર સીધો કરો. આ રીતે તમારો હાથ વર્તુળના ચોથા ભાગ જેટલો ફરશે. આને વૈજ્ઞાનિક ભાષામાં ચતુર્થાંશ કે વૃત્તપાદ (quadrant) કહેવાય. આ રીતે હાથ આકાશી ગુંબજની મધ્યમાં આવેલા માથા ઉપરના બિંદુને તાકશે. ક્ષિતિજના અંશ શૂન્ય ગણીએ, તો હાથ જેમ જેમ ઊંચે લેતા જઇએ, તેમ તેમ 30^0, 45^0, 60^0 અને તે રીતે ક્રમિક વધતા જઇને ખમધ્યના 90^0 થાય. ક્ષિતિજથી ખમધ્ય (શિરોબિંદુ) સુધી હાથના આવા છએક ગાળા (15x 6 = 90) થશે. આ રીતે ક્ષિતિજથી આકાશી પિંડની ઊંચાઈ અંશમાં માપી શકાય, જેને ઉન્નતાંશ (altitude) કહેવાય.

ડિગ્રી, આર્ક-મિનિટ અને આર્ક-સેકંડ એકમોનો ઉપયોગ ઉપર જોયું તેમ, ખગોલીય પદાર્થો વચ્ચેના દૃષ્ટ કે આભાસી (apparent) અંતરો કે વ્યાસ વ્યક્ત કરવા માટે થાય છે. આ ઉપરાંત તેમનો ઉપયોગ ટેલિસ્કોપની વિભેદનક્ષમતા (resolving power) વ્યક્ત કરવા માટે પણ થાય છે. વિભેદનક્ષમતા એટલે આંખ કે દૂરબીન જેવી પ્રકાશીય વ્યવસ્થાની યુગ્મ તારા જેવા બે અલગ પણ એક દેખાતા પિંડોને જુદા પાડવાની, તેમની વચ્ચે વિભેદ કરવાની શક્તિ. જેમ દૂરબીન મોટું તેમ તેની વિભેદનક્ષમતા વધુ. મનુષ્યની આંખની વિભેદનક્ષમતા લગભગ એક આર્ક-મિનિટ છે. આ કારણે અમુક યુગ્મ તારા નરી આંખે જોતાં એકલા દેખાય છે, પણ સાથી તારાને જોવા માટે ટેલિસ્કોપ વાપરવું પડે છે. દા.ત. સપ્તર્ષિના વસિષ્ઠ (Mizar/ζ /ઝીટા) તારાની સાથે એક ઝાંખો તારો આવેલો છે, તેને અરુંધતી (Alcor) કહે છે. આ બંને વચ્ચે 12 ચાપ-મિનિટનું અંતર છે, એટલે તે નરી આંખે દેખાય છે. પણ વસિષ્ઠને બીજા પણ બે જોડીદાર તારા છે, જે નરી આંખે દેખાતા નથી. કારણ કે તેમની વચ્ચે 14 ચાપ-સેકંડ જેટલું કોણીય અંતર છે. આંખ આટલી સૂક્ષ્મ વિભેદનક્ષમતા પારખી શકતી નથી. એટલે તેમને જોવા દૂરબીન કે બાઇનૉક્યુલર વાપરવું પડે છે.

-ડૉ. સુશ્રુત પટેલ