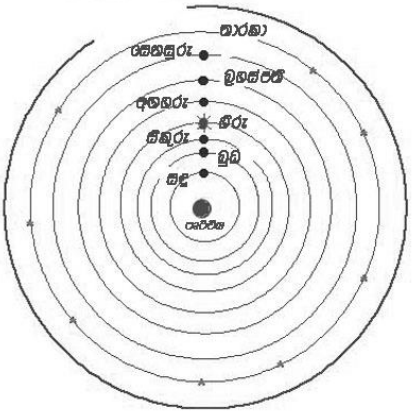
තාරකා විද්‍යාවේ ඉතිහාසය

ඈත අතිතයේ විසූ මිනිසා අප අද දකින අහසට බොහෝ දුරට සමාන අහසක් දැක ඇත. උදෑසනට සූර්යයා නැගෙනහිරින් පායා දිවා අහසේ ගමන් කොට බටහිරින් බැස යන බවත් ඒ සමගම පැතිරෙන අඳුරත් සමග රාත්‍රී අහසේ දිස්වන තාරකා නැගෙනහිරීන් පායා කෙමෙන් කෙමෙන් අහසේ ගමන්කොට බටහිරට ඇදීයන අයුරුද, ග්‍රහලෝකද මෙම තාරකා සමග ගමන් කරන අයුරුද නැරඹූහ. මෙසේ සූර්යයා, චන්ද්‍රයා ග්‍රහලෝක සහ තාරකා ආදිය නැගෙනහිරින් පායා බටහිරින් බැස යනු දුටු නිසා එම වස්තූන් නොසෙල්වෙන පෘථිවිය වටා ගමන් කරන්නේ යැයි ඔවුන් සිතූහ.

ග්‍රීක දාර්ශනිකයෙකු වූ ප්ලේටෝ කියා සිටියේ මෙම ආකාශ වස්තූන් නොසෙල්වෙන, බවත් පෘථිවිය වටා වෘත්තාකාර මාර්ගවල ගමන්කරන බවත්ය. මෙම භූගෝලිය වස්තූන්ගේ චලනය සම්බන්ධයෙන් ප්ලේටෝ ඉදිරිපත්කළ මතයට තවත් කරුණු ඉදිරිපත් කරමින් තවත් ග්‍රීක දාර්ශනිකයෙකු වූ ඇරිස්ටෝටල් (ක්‍රි. පූ. 350) පැවසුයේ අපට පෙනෙන ආකාශ වස්තූන් නැගෙනහිර සිට බටහිර දෙසට පෘථිවිය වටා භ්‍රමණය වන බවයි. රාත්‍රී අහස දෙස බැලුවහොත් අපටද පෙනෙන්නේ තාරකා, චන්ද්‍රයා, ග්‍රහලෝක වැනි ආකාශ වස්තූන් නැගෙනහිර සිට බටහිරට චලනය වන ආකාරයයි. එකල මෙම ඇරිස්ටෝටල්ගේ පෘථිවි කේන්ද්‍ර වාදයට හොඳ ප්‍රතිචාරයක් ලැබුනු නිසා පසුව මෙය භූකේන්ද්‍රීය වාදය ලෙස හැඳින්වේ. පෘථිවිය තම අක්ෂය වටා භ්‍රමණය වන බව නොදැන සිටි ඇරිස්ටෝටල් ආකාශ වස්තූන් නැගෙනහිර සිට බටහිරට ගමන් කරන බව විශ්වාස කලහ. මෙසේ ආකාශ වස්තූන් නැගෙනහිර සිට බටහිරට ගමන් කරන බව පෙනෙන්නේ පෘථිවිය තම අක්ෂය වටා බටහිර සිට නැගෙනහිරට භ්‍රමණය වීම නිසා සිදුවන දෘෂ්ඨි මායාව නිසායි.



ඇරිස්ටෝටල්ගේ ආකෘතිය

ඈත අතීතයේ සිටි මිනිසා ග්‍රහලෝක පහක් හදුනාගෙන තිබිනි. ඒවා බුද, සිකුරු, අඟහරු, බ්‍රහස්පති සහ සෙනසුරු වේ. තාරකාවලට සාපේක්ෂව දිනෙන් දින තමා සිටින ස්ථානය වෙනස් කිරීම හේතුවෙන් ග්‍රහලෝක හදුනාගනු ලැබිය. ඇරිස්ටෝටල්ගේ භූකේන්ද්‍රීය මණ්ඩලයේ පෘථිවිය වටා පිළිවෙලින් චන්ද්‍රයා, බුධ, අඟහරු, බ්‍රහස්පති, සෙනසුරු යන වස්තූන් භ්‍රමණය වේ. මින් අඟහරු, බ්‍රහස්පති වැනි ග්‍රහලෝකවල චලනය නිරීක්ෂණයේදී එම ග්‍රහලෝක නැගෙනහිර සිට බටහිරට ඒකාකාරී චලනයක් නොපෙන්වා ආපසු ගමන්කිරීමක් පෙන්වයි. මෙය Retrogade Motion යනුවෙන් හැඳින්වේ.

තවත් ග්‍රීක දාර්ශණිකයකු වූ ක්ලෝඩියස් ටොලමි, ඇරිස්ටෝටල්ගේ භූකේන්ද්‍රීය මතය තව දුරටත් තහවුරු කලහ. ඒ පිළිබඳ වාර්තා බොහොමයක් ලොව පුරා ප්‍රධාන පුස්තකාලවල සියවස් ගනනාවක් පුරා අදත් නොනැසී පවතියි. ටොලමි ක්‍රි.පූ 125 දී පමණ කාලය තුල තම අධ්‍යයන කටයුතු සහ නිරීක්ෂණයන් සිදුකළ බවට ඉතිහාසයේ සඳහන් වේ. අවාසනාවකට මෙන් උපන්දිනයක්, වියෝ වූ දිනයක් ඉතිහාසයේ සඳහන්වී නොමැත. ඔහුගේ බොහොමයක් තාරකා විද්‍යාත්මක සටහන් ඇතුලත් කොට තිබූ ලේඛණය Almagest යනුවෙන් හැඳින්වේ. ග්‍රීක භාෂාවෙන් Almagest යනු ටොලමිගේ ගණිතමය සංයෝජනය යන්නයි. මෙම ලේඛණය තාරකා විද්‍යාව සම්බන්ධයෙන් පළවූ ප්‍රථම ලේඛණය වශයෙන් හැඳින්වේ.

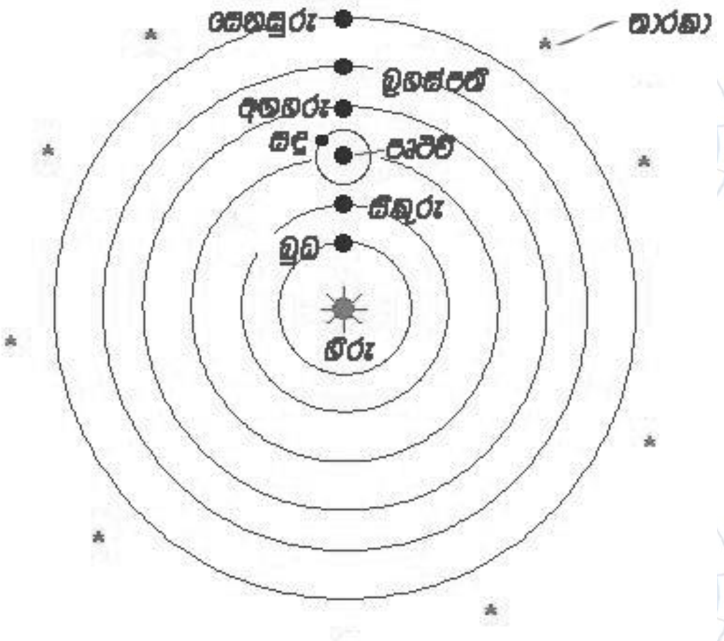
තාරකා විද්‍යාව සම්බන්ධයෙන් පර්යේෂණ සිදුකිරීමට ඔහු යොදා ගනු ලැබූ ජ්‍යාමිතික උපකරණ ඔහු විසින් නිර්මාණය නොකරනු ලැබූ ඒවා බව ඉතිහාසයේ සඳහන් වේ. නමුත් ග්‍රහචලනයන් සම්බන්ධයෙන් සහ එම පද්ධති සම්බන්ධයෙන් පැහැදිලි කිරීමක් සිදුකළ පළමු පුද්ගලයා වශයෙන් ටොලමි ඉතිහාස ගත වී ඇත. අහස් ගෝලය තුල හිරු ගමන්ගන්නා මාර්ගයට හෙවත් ක්‍රාන්තිවලයට ආසන්නයේ ග්‍රහලෝක ගමන්ගන්නා බව ඔහු ජ්‍යාමිතික පැහැදිලි කිරීම් මගින් පෙන්වා දෙයි. ටොලමිගේ සැලැස්ම අනුව අහස් ගෝලය මවාගත් දෙයක් නොව භෞතික වශයෙන් පවතින්නකි. එසේම මෙම ගෝලය ස්වාභාවිකව චලනය වන බවත් ඊට අනුරූපව ග්‍රහලෝක චලනය වන බවත් ඔහු පැවසිය. ඒ අනුව සියළුම ග්‍රහලෝක අපිචක්‍ර නම් කුඩා වෘත්තාකාර මාර්ගයක ගමන් කරන අතර එම අපිචක්‍රයෙහි කේන්ද්‍රය අවකලය නම් විශාල වෘත්තාකාර මාර්ගයක ගමන් කරයි. පෘථිවිය මෙම අවකලයේ කේන්ද්‍රයේ නොව පැත්තකට වන්නට පිහිටා ඇතිබව ඔහු පැවසිය. ටොලමිට මෙම අපිචක්‍රයේ විශාලත්වය හා ග්‍රහලෝක ගමන්කරන වේගය සැකසීමෙන් නිවැරදි වූ දත්තයන් ලබාදෙන ආකෘතියක් ඉදිරිපත් කිරීමට හැකිවිය. සෙනසුරුගේ අවකලයට එපිටින් තරු ගෝලය නම් ගෝලයක් ඇති බව ඔහු තවදුරටත් පැවසිය. මෙම භූකේන්ද්‍රීය මතය නිකලස් කොපර්නිකස් විසින් සූර්‍යය කේන්ද්‍රවාදය ඉදිරිපත් කරන තුරුම පැවතිනි.

නිකලස් කොපර්නිකස් 16 වන සහ 17 වන සියවස්වල යුරෝපයේ සිටි විද්වතෙකු වේ. 1473 දී උපත ලැබූ කොපර්නිකස් ළමා කාලය තුළදී පාසලේ අනෙක් ශිෂ්‍යයින්ට වඩා වැඩි උනන්දුවක් තාරකා විද්‍යාව සම්බන්ධයෙන් දැක්වූයේය. ඔහු පාසල් අධ්‍යාපනය නිමා කොට නීති විෂය හැදෑරීම සඳහා ඉතාලියට ගියහ. එහිදී ඔහු තාරකාවිද්‍යා පොත් මිළයට ගෙන Bologna විශ්ව විද්‍යාලයේ නීතිය හදාරන අතර තුරදී තාරකා විද්‍යාව පිළිබඳවත් අධ්‍යනය කලහ. එහිදී ඔහු තුන්වන සියවසේ ඇතිවූ ප්ලේටෝගේ කල්පිතය අධ්‍යනය කිරීමෙන් හිරුත්, ග්‍රහලෝකත් අතර යම් වෙනසක් ඇති බව වටහා ගත්තේය. ඉන් අනතුරුව කොපර්නිකස් සූර්යයා කේන්ද්‍ර කොටගත් තමාගේ අදහස පිළිබඳව අධ්‍යනය කිරීම ආරම්භ කලහ. නිති විෂයට අමතරව වසර දෙකක් පුරා Padua විශ්ව විද්‍යාලයේ වෛද්‍ය විද්‍යාව හැදෑරූ කොපර්නිකස් එය අවසන්කොට නිති උපාධිය ලබාගැනිම සඳහා Ferrara විශ්ව විද්‍යාලයට ඇතුල් විය. එහිදී නීති උපාධිය ලබාගත් ඔහු අවසානයේදී පෝලන්තයේ පිහිටි Fauenbury ආසන දෙව් මැදුරේ සේවයට බැඳිනි.

ඉන් අනතුරුව තාරකා විද්‍යාව සම්බන්ධයෙන් නිරීක්ෂණයන් ආරම්භ කළ කොපර්නිකස්, ටොලමි විසින් අනාවැකි පලකරනු ලැබූ බ්‍රහස්පති සහ සෙනසුරු යන ග්‍රහලෝක අතර ඇතිවන ග්‍රහ යුද්ධය සම්බන්ධයෙන් අධ්‍යනය කරනු ලැබිය. මෙහිදී ටොලමි විසින් ඉදිරිපත් කළ කරුණු වැරදි සහිත බව වටහා ගත්තේය. (ග්‍රහ යුද්ධයක් යනු, ග්‍රහලෝක දෙකක් නැතහොත් තාරීය වස්තූන් දෙකක් අහසේ එකිනෙකට ආසන්නයේ ගමන් කරන ලෙසින් දර්ශණය වීමයි.) 1504 දී ඇති වූ ග්‍රහ යුද්ධය ඇතිවන දිනය සම්බන්ධයෙන් ටොලමිගේ ගණනය කිරීම් අතර සහ එය සැබවින්ම සිදු වූ දිනය අතර දින දහයක පමණ වෙනසක් ඇති බව කොපර්නිකස් තමාගේ අධ්‍යනයන්ගෙන් සොයාගනු ලැබිය. මෙම කරුණු ටොලමිගේ භූකේන්ද්‍රීය වාදය සංශෝධනය කිරීමටත් හා කොපර්නිකස්ගේ සූර්‍යයා කේන්ද්‍රකොටගත් මතය ගොඩනැගීමටත් හේතු විය.

වර්ෂ 1514 දී කොපර්නිකස් Narratio Prima නමින් ඔහුගේ නව අදහස් සාරාංශ ගත කොට එහි පිටපත් කීපයක් තම මිතුරන් අතරේ බෙදාහැරීය. එසේම ඔහු ඔවුන් ඉදිරියේ සූර්ය කේන්ද්‍රික මතය පිළිබඳව මූලික පැහැදිලි කිරීමක්ද සිදු කළහ. ටොලමිගේ ආකෘතිය වෙනස් කර පෘථිවිය පිහිටි ස්ථානයේ සූර්යයා තබා බුධ, සිකුරු, පෘථිවිය, අඟහරු, බ්‍රහස්පති සහ සෙනසුරු යන ග්‍රහලෝක පිළිවෙලින් සූර්‍යයා වටා පරිභ්‍රමණය

වන බව ඔහු ප්‍රකාශ කළහ. කොපර්නිකස් ග්‍රහලෝක එකම වේගයෙන් වෘත්තාකාර මාර්ගවල ගමන් කරන බවට සැලකූ නිසා ඔහුට ග්‍රහලෝකවල චලිතය නිවැරදිව ඉදිරිපත් කිරීමට නොහැකි විය. මේ හේතුව නිසා ඔහුත් සමහර ග්‍රහ වස්තූන් අපිචක්‍ර හා අවකල මාර්ගවල තැබූහ.



ඉහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ කොපර්නිකස් විසින් ඉදිරිපත් කරනු ලැබූ ආකෘතියයි. එහි මධ්‍යයේ ඇත්තේ සූර්‍යයා වේ. ඉන්පසු පිළිවෙලින් බුධ, සිකුරු,පෘථිවි, අඟහරු, බ්‍රහස්පති සහ සෙනසුරු යන ග්‍රහලෝක අවකල මාර්ගවලින් දක්වා ඇති අතර පෘථිවිය ඇති මාර්ගය තුල අපිචක්‍රයක් මගින් චන්ද්‍රයාගේ මාර්ගය දක්වා ඇත. එපමණක් නොව කොපර්නිකස්ද සෙනසුරු ග්‍රහයාට එපිටින් තරුගෝලයක් ඇති බව දක්වා ඇත.

පැරණි ටොලමිගේ ආකෘතිය හොඳින් ක්‍රියා කලත් අනාවැකි පලකිරීමේදී ඇතැම් කරුණු නිවැරදි නොවීම හේතුවෙන් ටොලමිගේ ආකෘතිය, කොපර්නිකස්ගේ සූර්ය කේන්ද්‍රික සංකල්පය හමුවේ අහෝසි විය. කොපර්නිකස් ඔහුගේ මෙම සංකල්පය ඉදිරිපත් කිරීමට වසර 20ක් පමණ කාලයක් ගතකරනු ලැබූ අතර නිකලස් කොපර්නිකස්ගේ අභාවය 1543 දී සිදු විය.

ලොව බිහි වූ හොඳම නිරීක්ෂකයා වන ටයිකෝ බ්‍රාහේ (Tico Brahe) තාරකා විද්‍යාවට අමිල සේවයක් කල අයෙකි. 1546 ඩෙන්මාකයේ උපත ලැබූ ටයිකෝ බ්‍රාහේ වංශවත් පවුලට අයත් වූ පුද්ගලයෙකි. කුඩා කල සිට තමාගේ මාමා කෙනෙකු ළඟ හැදී වැඩුනු ටයිකෝ පාසැල් කාලයේදී නීති විශයන් හැදෑරීය. තව දුරටත් නීතිය හැදෑරීම සඳහා ඔහු ජර්මනිය වෙත යැවුනු අතර එහිදී ඔහු පෞද්ගලික ගුරුවරයෙකු යටතේ තම ඉගෙනීමේ කටයුතු කලහ. කුඩා කළ සිටම තාරකා විද්‍යාවට ඇළුම් කලත් එය හැදෑරීමට අවස්ථාවක් නොලැබිනි. ජර්මනියේ ඉගෙනීම කරන අතරදී ඔහු තමාට වියදමට ලැබෙන මුදල් වලින් තාරකා විද්‍යා පොත් මිළට ගෙන රහසිගතව තාරකාවිද්‍යා ක්‍රියාකාරකම්වල යෙදින. එසේම රාත්‍රී කාලයේදී අහස නිරීක්ෂණයෙහිද යෙදින.

නීතිය හදාරා නැවත ඩෙන්මාකයට පැමිණි ටයිකෝ, නක්ෂත්‍ර විද්‍යාව පිළිබඳ දේශණ පැවැත්වීය. මේ හේතුවෙන් එවකට නීතිඥයකු ලෙස සේවය කල උසාවියේ සිටි ප්‍රසිද්ධ තාරකාවිද්‍යාඥයකු බවටද ටයිකෝ බ්‍රාහේ පත්විය. ඔහුට මෙම කාලය තුලදී රාජ්‍ය අනුග්‍රහයද ලැබින. 1572 නොවැම්බර් මාසයේදී නව තාරකාවක් අහසේ දර්ශණය විය. නෝවා නමින් හැඳින්වූ මෙම තාරකාව කැසියෝපියා තාරකා රාශිය තුල පිහිටා තිබිනි. (වර්මානයේ නෝවා තාරකාවක් යනුවෙන් හැඳින්වෙන්නේ සාමාන්‍ය අවස්ථාවකදී නිරීක්ෂණය කිරීමට අපහසු දීප්තියෙන් අඩු තාරකාවක් හදිසියේම තම දීප්තිය වැඩිකරමින් පියවි ඇසින් නිරීක්ෂණය කළ හැකි තත්වයට පත්වීමයි. තාරකාවක් මෙවැනි තත්වයට පත්වන්නේ එම තාරකාව පිපිරීමකට භාජනය වීම නිසා බව වර්තමානයේ පිළිගැනෙයි. එසේම මෙය වර්තමානයේ දී සුපිරි නොවාවක් වශයෙන්ද හැඳින්වේ.) ටයිකෝ විසින් නිරීක්ෂණය කරනු ලැබූ එම තාරකාව දහවල් කාලයේදී දර්ශණය වූ බව වාර්තා වේ.

මෙම දුර්ලභ අවස්ථාව සම්බන්ධයෙන් යුරෝපය පුරා විවිධ ස්ථානයන්ගේ සිට කරනු ලැබූ නිරීක්ෂණ වාර්තා එකතු කර අධ්‍යනය කිරීමේදී, එම තාරකාව කොතැනක සිට නිරීක්ෂණය කලත් එය අහසේ අදාල ස්ථානයේම පිහිටා ඇතිබව ඔහුට වැටහිනි. මේ හේතුවෙන් එම තාරකාව අපට වඩාත් දුරින් පිහිටා ඇතිබව ඔහු නිගමනය කලේය. මේ අනුව ආකාශ වස්තූ දිව්‍යමය බලයක් ඇති සදා අමරණීය වස්තූන් නොවන බව පර්යේෂණාත්මකව තහවුරු කිරීමට ඔහු සමත් විය. එයින් ඇරිස්ටෝටල් ප්‍රකාශකර තිබූ මතය බිඳ වැටිනි.

මේ හේතුවෙන් ටයිකෝ තාරකා විද්‍යා ක්‍රියාකාරකම් සම්බන්ධයෙන් කීර්තියට පත්වූ අතර එවකට ඩෙන්මාකයේ රජුව සිටි දෙවන ෆෙඩ්රික් රජතුමා විසින් ඔහුට තාරකා විද්‍යා නිරීක්ෂණාගාරයක් ඉදිකිරීම සඳහා දූපතක් ලබා දුනි. එහි ඉදි වූ නිරීක්ෂණාගාරය නවීන තාරකාවිද්‍යාවේ පළමු නිරීක්ෂණාගාරය ලෙස ඉතිහාස ගත වී ඇත. ටයිකෝ විසින් මෙම නිරීක්ෂණාගාරය තුලම මුද්‍රණාලයක් ආරම්භ කොට ඔහුගේ නිරීක්ෂණ වාර්තා මුද්‍රණය කොට ප්‍රකාශයට පත් කරනු ලැබිය. ටයිකෝ බ්‍රාහේ විසින්ද ග්‍රහලෝක වල චලනය සම්බන්ධයෙන් නව ආකෘතියක් ප්‍රකාශයට පත් කරනු ලැබිය. එය ටොලමිගේ භූකේන්ද්‍රීය වාදයටත්, කොපර්නිකස්ගේ සූර්ය කේන්ද්‍රවාදයටත් අතර පැවතුණු එකක් විය. ඔහු ප්‍රකාශකර සිටියේ පහත රූපයේ දැක්වෙන පරිදි පෘථිවිය ටොලමිගේ ආකෘතිය මෙන් මධ්‍යයේ පවතින බවත්, පෘථිවිය වටා වෘත්තාකාර මාර්ග ඔස්සේ චන්ද්‍රයා සහ සූර්‍යයා ගමන්කරන බවත්, අනෙක් සියළුම ග්‍රහලෝක සූර්‍යයා වටා ගමන් කරන අතර පෙර සඳහන් වූ තාරකා ගෝලය ග්‍රහලෝක වල වෘත්තාකාර මාර්ගවලට එපිටින් පෘථිවිය කේන්ද්‍රකොටගෙන පවතින බවයි.

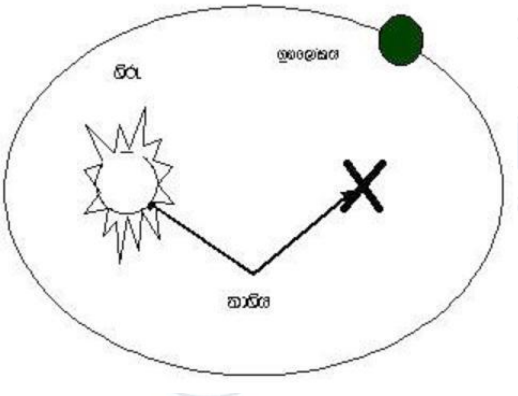
තවද, සූර්ය කේන්ද්‍රීය ආකෘතියේ අසම්පාතය ගණනය කිරීමද සිදුකරනු ලැබිය. එහිදී ලැබුනු ප්‍රතිඵලය අධ්‍යනය කිරීමේදී එම අසම්පාතයේ වෙනස්කම් ඇතිබව සොයාගැනීමට ඔහුට හැකි විය. මේ හේතුවෙන් කොපර්නිකස්ගේ ආකෘතිය අවලංගු විය. තාරකා විද්‍යාවට වැදගත් වන වාර්තා බොහොමයක් ඔහු විසින් සකසනු ලැබු අතර ඒවායේ ප්‍රධාන වශයෙන්, ග්‍රහලෝකවල චලිතයන් පිළිබඳ දත්ත සටහන් කර තැබිය. ඔහු බොහොමයක් වාර්තා 1576 හා 1597 අතර කාලය තුල වඩාත් සංවිධානාත්මකව රැස් කොට තැබිය. පසු කලක තාරකා විද්‍යාවේ ප්‍රගමනයට විශාල කරුණු සංඛ්‍යාවක් සොයාගත් ජොහැන්ස් කෙප්ලර් භාවිතා කලේද මෙම වාර්තාය. ලොව බිහි වූ හොඳම නිරීක්ෂකයා 1601 දී අභාවයට පත් විය.

1571 දෙසැම්බර් 27 වෙනි දින ජර්මනියේ උපන් ජොහැන්ස් කෙප්ලර් ප්‍රාථමික අධ්‍යාපනය ලබා ගැනිමෙන් අනතුරුව 1589 දී Tubingen විශ්ව විද්‍යාලයට ඇතුල් විය. එහි අධ්‍යාපනය සාර්ථකව කරගෙන ගිය කෙප්ලර් තාරකා විද්‍යා විෂයට වැඩි උනන්දුවක් දැක්විය. විශ්ව විද්‍යාල අධ්‍යාපනය සම්පූර්ණ කළ ඔහු තමාගේ ප්‍රථම කලා උපාධිය ලබාගත් අතර පසුව ශාස්ත්‍රපති උපාධියද ලබා ගත්තේය. විශ්ව විද්‍යාල අධ්‍යාපනයෙන් පසුව කෙප්ලර් දේවධර්ම සම්බන්ධයෙන් වූ වැඩසටහනකට ඇතුල් විය. ඔහුට රෙපරමාදු නිකායට සම්බන්ධවී දේවගැතියකු වීමට, අවශ්‍යතාවයක් තිබිම මීට හේතු විය. මෙම වැඩසටහනේ අවසන් වසර මැදභාගයේදී, රෙපරමාදු පාසලක ගණිත විෂය ඉගැන්වීමට ඔහුව තෝරා ගනු ලැබිය.

කෙප්ලර් එම රැකියාව කරන අතරතුරදී, කාලගුණය, දේශපාලනය හා නක්ෂත්‍රය සම්බන්ධයෙන් නොයෙකුත් අනාවැකි පලකළහ. බලාපොරොත්තු නොවූ ආකාරයට ඇතැම් අනාවැකි ක්‍රියාත්මක වීම හේතුවෙන් ඔහු නක්ෂත්‍රවේදියකු වශයෙන් ප්‍රසිද්ධියට පත්විය. ඉන්පසු ඔහු යලිත් තාරකා විද්‍යාවට අවතිර්ණ වූ අතර ග්‍රහ චලිතය සම්බන්ධයෙන් නව මතයක් ඉදිරිපත් කිරීමට ඔහුට හැකිවිය. කෙප්ලර් කොපර්නිකස්ගේ ආකෘතිය පාදක කොටගෙන ඔහුගේ අදහස් ඉදිරිපත් කලත් ටොලමි, කොපර්නිකස් සහ ටයිකෝ බ්‍රාහේ ප්‍රකාශ කල පරිදි ග්‍රහලෝක වෘත්තාකාර මාර්ගවල ගමන් නොකරන බවත් ඉලිප්සාකාර මාර්ගවල ගමන් කරන බවත් ප්‍රකාශ කලහ. ඔහු භූකේන්ද්‍රීය ආකෘතිය ඉවතලමින් සූර්ය කේන්ද්‍රිය ආකෘතිය පාදක කොට ගෙන තම අධ්‍යනයන් සිදුකලහ. එසේ පර්යේෂණය සිදු කල ඔහු තාරකා විද්‍යාවට වැදගත් වන ග්‍රහ චලිතය සම්බන්ධයෙන් වූ න්‍යායන් 3ක් ඉදිරිපත් කලහ.

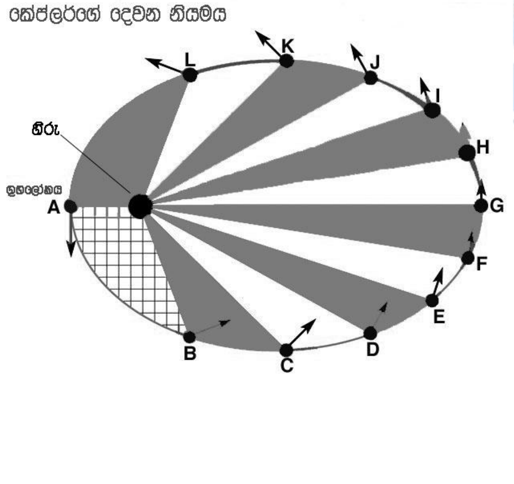
පළමු න්‍යාය:

මෙම න්‍යාය 1609 දී ඉදිරිපත් කරනු ලැබු අතර එය ඉලිප්සයෝ නිතිය යනුවෙන් හැදින්වේ. ග්‍රහලෝක, සූර්‍යයා එක් නාභියක් වූ ඉලිප්සාකාර කක්ෂවල ගමන් කරන බව ඔහු ප්‍රකාශ කලේය.



දෙවන න්‍යාය:

මෙම න්‍යායද 1609 දී ඉදිරිපත් කරනු ලැබු අතර එය සමාන ක්ෂේත්‍රඵල නිතිය යනුවෙන් හැදින්වේ. ග්‍රහලෝකත්, සූර්‍යයාත් යා කරන රේඛාවෙන් සමාන කාලාන්තර වලදී, සමාන ක්ෂේත්‍රඵල පිසදමයි. නැතහොත් ග්‍රහලෝක සූර්‍යයාට ආසන්නයේදී වැඩි වේගයකින්ද, සූර්‍යයාට දුරින් පිහිටන විටදී සෙමින්ද ගමන් කරන බව එයින් පැහැදිලි වේ.
රූපය



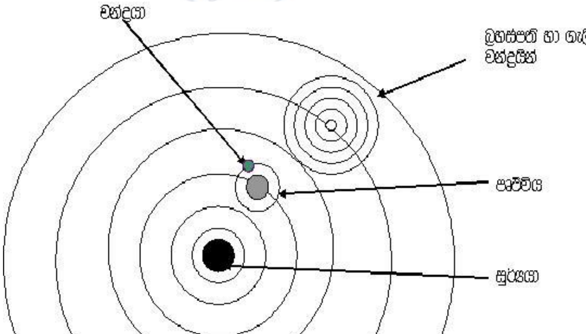
තෙවන න්‍යාය:
වර්ශ 1618 දී ඉදිරිපත් කරනු ලැබු මෙම නිතිය ඒකාන්ත නිතිය යනුවෙන් හැදින්වේ. සූර්‍යයා සහ ග්‍රහලෝක යාකරන දුරෙහි ඝනය එම ග්‍රහලෝක සූර්‍යයා වටා යාමට ගතකරන කාලයේ වර්ගයට අනුලෝමව සමානුපාතික වේ. එනම්, සූර්යයාට සමීප ග්‍රහලෝක වල වර්ෂයක් ගත වීමට යන කාලයට වඩා සූර්යයාට දුරින් පිහිටි ග්‍රහලෝක වල වර්ෂයක් ගත වීමට යන කාලය වැඩි බව මෙයින් පැහැදිලි කෙරේ.

කෙප්ලර්ගේ මෙම න්‍යායන්ගෙන් පැහැදිලි කරනු ලබන්නේ ග්‍රහ චලිතයේ ඇති විශේෂ ලක්ෂණයි. ග්‍රහලෝක හිරුවටා ගමන් කරන කක්ෂය ඉලිප්සිය හැඩයකින් යුක්තබව පළමු න්‍යායෙන් ඔහු පැහැදිලි කරයි. එමෙන්ම එක් එක් අවස්ථාවේදී සූර්‍යයාගේ සිට ග්‍රහලෝකයට ඇති දුර වෙනස්වන බවත්, ලක්ෂ්‍ය 2ක් ඇති ඉලිප්සාකාර කක්ෂයේ එක් ලක්ෂ්‍යයක සූර්‍යයා පිහිටන බවත් අනෙක් ලක්ෂ්‍යය අභ්‍යාවකාශයේ යම් ස්ථානයක පිහිටන බවත් ඔහු ප්‍රකාශ කර ඇත. නමුත් ඉලිප්සයේ අනෙක් ලක්ෂ්‍යය පිළිබඳ ඔහු පැහැදිලි කිරීමක් කර නොමැත. දෙවන න්‍යායෙන් ග්‍රහලෝක හා සූර්‍යයා අතර දුර ප්‍රමාණය සහ ඒවායේ කක්ෂීය වේගයන් පිළිබඳව පැහැදිලි කරනු ලබයි. ඉලිප්සාකාර මාර්ගයේ ගමන් කරන ග්‍රහලෝක සූර්‍යයාට ආසන්නයේදී වැඩිවේගයකින් ගමන්කරනු ලබන අතර එසේ සිදුවන්නේ එම ග්‍රහලෝක සූර්‍යයා වෙත ඇද ගැනිම හේතුවෙනි. එසේ සූර්‍යයාට ආසන්න වීමේදී වේගයෙන් ඇදීයන ග්‍රහලෝක, සූර්‍යයාගෙන් ඈත් වීමත් සමඟම ක්‍රමයෙන් වේගය අඩු වන බව ඔහු එම න්‍යාය මගින් ප්‍රකාශ කළේය. තුන්වන න්‍යාය මගින් පැහැදිලි කරනු ලැබුවේ, සූර්‍යයාට වඩාත් දුරින් පිහිටි ග්‍රහලෝකවල කක්ෂීය චලිතය සෙමින් සිදුවන බවයි. මේ අනුව සූර්‍යයාගේ සිට ග්‍රහලෝකවලට ඇති දුර වැඩිවීමත් සමඟ සූර්‍යයා හා ග්‍රහලෝක අතර ඇති බලය අඩු වන බව දෙවන හා තුන්වන න්‍යායන් දෙකෙන්ම පැහැදිලි විය. නමුත් දුර ප්‍රමාණය හා බලය පිළිබඳව මනා වැටහිමක් නොතිබිම හේතුවෙන් මේ අතර ඇති අන්තර් සම්බන්ධතා වටහා ගැනිමට කෙප්ලර්ට නොහැකි විය. තාරකා විද්‍යාවේ හදවත බඳු මෙම න්‍යායයන් තුන ඉදිරිපත් කරනු ලැබු ජොහැන්ස් කෙප්ලර්ගේ අභාවය 1630 දී සිදුවිය.

ඉතාලියානු විද්‍යාඥයකු වු ගැලිලියෝ ගැලිලි 1565 දී උපත ලැබිය. ප්‍රථම වතාවට දුරේක්ෂයක් භාවිතයෙන් තාරකා විද්‍යාත්මක නිරීක්ෂණ සිදුකරනු ලැබු තාරකා විද්‍යාඥයා වශයෙන් ඔහු ඉතිහාස ගත වී ඇත. මේ වන විට වසර 300 කට පමණ පෙර වීදුරු කාච සොයාගෙන තිබු අතර වර්ශ 1609 දී එම කාච යොදා ගෙන ලන්දේසි පුද්ගලයකු දුර පිහිටි වස්තුන් ළංකොට නිරීක්ෂණය කළ හැකි උපකරණයක් නිපද වු බවට වාර්තා විය. එහි ක්‍රියාකාරිත්වය සොයාගත් ගැලිලියෝ ගැලිලි එම උපකරණය ඔහු වැඩකරන ස්ථානයේදී නිපදවීය. එම උපකරණය භාවිතයෙන් දුර පිහිටි වස්තුන් පැහැදිලිව නිරීක්ෂණය කලහැකි බව වටහාගත් ගැලිලියෝ ගැලිලි එය තාරකා විද්‍යා නිරීක්ෂණයක් සඳහා යොදා ගනු ලැබිය. ගැලිලියෝ ඉන් අනතුරුව 1609 සහ 1610 වසර තුලදී තාරකා විද්‍යාත්මක සොයාගැනිම් මාලාවක් සිදු කරනු ලැබිය. ඒ සමඟම තාරකා විද්‍යාවේ නව යුගයක් ආරම්භ විය.

ගැලිලියෝ දුරේක්ෂය භාවිතයෙන් ප්‍රථමයෙන්ම නිරීක්ෂණය කරනු ලැබුවේ චන්ද්‍රයායි. මෙහිදී ඔහු චන්ද්‍රයාට සමතලා මතුපිටක් නොමැති බවත්, චන්ද්‍රයා ගෝලාකාර බවත්, කඳු වැටි, නිම්න හා ආවාට වලින් සමන්විත වන බවත්, චන්ද්‍රයා මතුපිට ඇති සෙවනැලි භාවිතයෙන් චන්ද්‍රයාගේ කඳු වැටි වල උස ගණනය කළ හැකි බවත් සොයාගනු ලැබුවේය. එහිදී ඇතැම් කඳුවැටි කි.මී 6ක් පමණ උසකින් යුක්ත බව ඔහු සොයා ගනු ලැබිය. ගැලිලියෝ ඊළඟට අධ්‍යනය කරනු ලැබුවේ තාරකා පිළිබඳවයි. මෙහිදී ඔහු වැඩි අවධානයක් යොමු කරනු ලැබුවේ ක්ෂීරපථය සම්බන්ධයෙනි. (ක්ෂීරපථය යනු කැසියෝපියා, සිග්නස් සහ ධනු යන රාශීන් අතුරින් වැටී ඇති නිරීක්ෂණයට තරමක් අපහසු වලාපටලයි. වර්තමානයේදී මෙම ක්ෂීරපථය යනුවෙන් හැදින්වෙන්නේ අපගේ සෞරග්‍රහ මණ්ඩලය අයත්වන චක්‍රාවාටයයි.) මෙම ක්ෂීරපථය තුල ගණනය කල නොහැකි තරම් තාරකා ඇතිබව ගැලිලියෝ ප්‍රකාශ කරනු ලැබිය. මෙයින් තාරකා ඇත්තේ නිශ්චිත සංඛ්‍යාවක් පමණක් බව යන ඇරිස්ටෝටල්ගේ අදහස අහෝසි විය. එසේම ඔහු රාත්‍රි අහසේ දක්නට ලැබෙන තාරකා සම්බන්ධයෙන් පමණක් නොව අපට ආසන්නයේ පිහිටා ඇති සූර්යයා පිළිබඳවත් අධ්‍යනය කරනු ලැබිය. ඔහු දුරේක්ෂය භාවිතාකරමින් සූර්‍යයා නිරීක්ෂණය කොට සූර්යයා මතුපිට ඇති සූර්‍ය ලප හඳුනා ගැනිම හා නිරීක්ෂණය කල බව ඉතිහාසයේ සඳහන් වේ.

ගැලිලියෝගේ වැදගත්ම සොයාගැනිම වශයෙන් හැදින්වෙන්නේ බ්‍රහස්පති වටා චන්ද්‍රයින් හතරක් සොයාගැනිමයි. තව දුරටත් මේ සම්බන්ධයෙන් අධ්‍යනය කිරීමේදී එම චන්ද්‍රයින්ගේ කක්ෂීය කාලපරිච්ජේද සොයාගනු ලැබිය. ඔහු මෙම සොයාගැනිම 1610 මාර්තු 12 ප්‍රකාශයට පත්කරනු ලැබිය. එසේම චන්ද්‍රයාගේ කලාව වෙනස් වන පරිදි සිකුරු ග්‍රහයාද එක් එක් කාලයන් වලදී කලාව සහිතව දර්ශණය වන බව ඔහු සොයාගනු ලැබිය. ගැලිලියෝද ග්‍රහචලිතය සම්බන්ධයෙන් ආකෘතියක් ඉදිරිපත් කරනු ලැබිය. එම ආකෘතියේ සටහනක් පහත රූපයෙන් දැක්වේ.
රූපය



එය කොපර්නිකස්ගේ ආකෘතිය මෙන් සූර්යයා කේන්ද්‍ර කොටගත් ආකෘතියක් විය. එසේම ගැලිලියෝගේ ආකෘතිය මගින් සූර්යයා විශ්වයේ කේන්ද්‍රය බවට ප්‍රකාශ වු මතය අහෝසි විය. එසේ වුයේ බ්‍රහස්පති වටා චන්ද්‍රයින් සොයාගැනිමක් සමඟයි. තවද අතිතයේ පටන් පැවත ආ පරිදි තරුගෝලය සෙනසුරුගේ කක්ෂයට එපිටින් පිහිටයි. එසේම ග්‍රහලෝක වෘත්තාකාර කක්ෂයන් ඔස්සේ චලනය වන බව ගැලිලියෝ එම ආකෘතිය මගින් ප්‍රකාශ කරනු ලැබිය. ඔහු මෙම ආකෘතිය ඉදිරිපත් කරනු ලැබුවේ ජොහැන්ස් කෙප්ලර්ගේ ඉලිප්සිය න්‍යාය සැලකිල්ලට නොගෙනයි. මෙසේ දුරේක්ෂය තාරකාවිද්‍යාවට හඳුන්වා දෙමින් තාරකා විද්‍යාව නව මගකට යොමුකරනු ලැබු ගැලිලියෝ ගැලිලිගේ අභාවය 1642 දී සිදුවිය.
ක්‍රි.ව. 1642 දෙසැම්බර් 25 දින බ්‍රිතාන්‍යයේ කුඩා ගමක අයිසැක් නිවුටන් (1642-1727) උපත ලැබිය. වයස අවුරුදු 12 දී ඔහු උපන්ගමට සැතපුම් හතක් පමණ දුරින් පිහිටි කිංස් විද්‍යාලයට ඇතුලත් විය. ඔහුගේ නිවසේ සිට පාසලට ඇති මෙම දුර හේතුවෙන් ඔහු නොයෙකුත් දෑ අධ්‍යනය කිරීමට පෙළඹිනි. වයස 18 දී කේම්බ්‍රිජ් විශ්ව විද්‍යාලයට අයත් ට්‍රින්ටි විද්‍යාලයට ඇතුලත් වු නිවුටන් නක්ෂත්‍රයට සම්බන්ධ ගණිත ක්‍රම ඉගෙනිමට උනන්දුවක් දැක්වීය. තරුණ නිවුටන්ගේ හැකියාවන් හඳුනාගත්

මහාචාර්‍ය්‍ය අයිසැක් බැරෝ භෞතික විද්‍යාව හැදෑරීමට නිවුටන්ව උනන්දු කලේය. ක්‍රි.ව. 1665 දී බ්‍රිතාන්‍ය පුරා මහාමාරිය පැතිරීමත් සමඟ විශ්ව විද්‍යාල වසා දැමිණ. මේ හේතුවෙන් නැවතත් නිවසට පැමිණි නිවුටන් වයස 23 පමණ වන විට ගණිත, ආලෝකය සහ අනෙකුත් විද්‍යාත්මක ක්ෂේත්‍රයන් තුල සොයාගැනීම් සිදු කලහ.

වර්තමානයටත් වැදගත්වන චලිතය සම්බන්ධ න්‍යායන් ඉදිරිපත් කිරීමට මුල් වුයේ, ඇපල් ගසකින් ඇපල් ගෙඩියක් ගැලවී වැටීමයි. මෙය පාදක කොටගෙන ඔහු සොබාදහමේ බලයන් ආකර්ශණය හා ස්කන්ධය පිළිබඳව අධ්‍යනයේ යෙදින. නැවත ට්‍රිනිටි විද්‍යාලයට පැමිණීමෙන් අනතුරුව ඔහුගේ මෙම අදහස් මහාචාර්‍ය්‍ය බැරෝ වෙත ඉදිරිපත් කලේය. එසේම දෘශ්‍ය උපකරණ සම්බන්ධයෙන් උනන්දුවක් දැක්වූ නිවුටන් පරාවර්තක දුරේක්ෂයක් ක්‍රි.ව. 1671 දී නිර්මාණය කරනු ලැබීය. කාචයක් වෙනුවට දර්පණයක් යොදාගත් නිවුටන්, ලන්ඩනයේ පිහිටි රාජකීය සංගමයට ඔහු නිර්මාණය කරනු ලැබූ කුඩා පරිමාණයෙන් පරාවර්තක දුරේක්ෂයක් ඉදිරිපත් කලේය. මේ හේතුවෙන් එම සංගමයේ සාමාජිකත්වය ඔහුට හිමිවිය. පසුව යලිත් ස්කන්ධය, වේගය හා ත්වරණය සම්බන්ධයෙන් අධ්‍යනය ආරම්භකල අතර අවසානයේදී චලිතය සම්බන්ධයෙන් න්‍යායන් 3ක් ඉදිරිපත් කලහ.

න්‍යාය 1-
යම් වස්තුවක් මත අසන්තුලිත බාහිර බලයක් නොමැතිනම්, එම වස්තුව නිශ්චලව පවතියි. එසේ නොමැතිනම් එය සරල රේඛාවක් ඔස්සේ ඒකකාර ප්‍රවේගයකින් ගමන් කරමින් පවතියි.

න්‍යාය 2-
යම් වස්තුවක් මත අසන්තුලිත බාහිර බලයක් ක්‍රියාකරන විට එම බලය, එම බලයේ දිශාවට වස්තුවේ ගම්‍යතාව වෙනස් වීමේ ශීඝ්‍රතාවයට අනුලෝමව සමානුපාතික වේ.

න්‍යාය 3-
එක් වස්තුවක් මගින් තවත් වස්තුවක් මත බලයක් යෙදූ විට එම දෙවැනි වස්තුව මගින් පළමු වස්තුව මත ඊට සමාන හා ප්‍රතිවිරුද්ධ බලයක් ඇති කරයි.

නිව්ටන් අධ්‍යනය කරනු ලැබූ ගණිතමය සංකල්ප ඇතුලත් කරමින් ක්‍රි.ව. 1687 දී ඔහු විසින් ස්වාභාවික දර්ශණ විද්‍යාවට අදාල ගණිතමය සංකල්පයන් ප්‍රකාශයට පත් කරනු ලැබිය. එම ගණිතමය සංකල්පයන් හේතුවෙන් එතෙක් පැවති ග්‍රහචලිතයේ ගැටළු විසදාගැනීමට හැකි විය. නිව්ටන්ගේ එම ගණිතමය න්‍යායන් සහ කෙප්ලර්ගේ ඉලිප්සාකාර කක්ෂයන් පිළිබඳ න්‍යායන් අධ්‍යනය කල එඩ්මන් හැලි (1656-1742) වල්ගාතරුවක් පිළිබඳව අනාවැකි පළකලහ. ක්‍රි.ව. 1781 දී විලියම් හර්ෂල් විසින් සෙනසුරු ග්‍රහයාට එපිටින් පිහිටි කක්ෂයකට අයත්වන ග්‍රහලෝකයක් සොයාගනු ලැබිය. මෙය යුරේනස් නමින් හැදින්වූ අතර මෙය දුරේක්ෂයක් භාවිතයෙන් සොයා ගත් ප්‍රථම ග්‍රහලෝකය විය.
නිව්ටන්ගේ න්‍යායන් සෞරග්‍රහ මණ්ඩලයට පමණක් සීමා වූ න්‍යායන් නොවන බව පැහැදිලි කරමින් විලියම් හර්ෂල් (1768-1822) සහ ඔහුගේ සොහොයුරිය වූ කැරොලින් හර්ෂල් (1750-1848) විසින් දෙබිඩි තාරකා පද්ධති සොයාගනු ලැබීය. (දෙබිඩි තාරකා පද්ධති යනු අන්‍යෝන්‍ය ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය හේතුවෙන් එක් තාරකාවක් වටා අනෙක් තාරකාව කක්ෂගත වී ඇති පද්ධතියයි.) ඔවුන් කාලයක් පුරා මෙම තාරකා පද්ධති සම්බන්ධයෙන් නිරීක්ෂණයන් සිදුකරනු ලැබූ අතර එහිදී ඒවායේ කක්ෂීය චලිතයන් සොයාගැනීමට හැකිවිය. ලැවේරියර් (1811-1877) විසින් නිව්ටන්ගේ නියමයන් යොදාගනිමින් සෞරග්‍රහමණ්ඩලයෙන් අටවන ග්‍රහලොව ගණිතමය ලෙස සොයාගත් අතර ජොහාන් ගෝල් (1812-1910) විසින් දුරේක්ෂයක් ආධාරයෙන් නිරීක්ෂණය කොට ක්‍රි.ව. 1846 සැප්තැම්බර් 23 වන දින එම ග්‍රහලොව හඳුනාගෙන නෙප්චූන් ලෙස නම්කරනු ලැබූහ.
ඇමරිකාවේ පිටිසර ප්‍රදේශයක් වූ කෙන්ටකි නම් ගම්මානයේදී ක්‍රි.ව.1889 දී එඩ්වින් පවල් හබල් උපන්නේය. මූලික අධ්‍යාපනය ලබා චිකාගෝ විශ්ව විද්‍යාලයට ඇතුල් වූ හබල් 1910 වසරේ දී එහි උපාධිය ලබාගත්තේය. පසුව නීතිය හැදෑරීමට යොමුවූ ඔහු ශිෂ්‍යත්වයක් මත එංගලන්තයේ ඔක්ස්ෆර්ඩ් විශ්ව විද්‍යාලයේ නීති පීඨයට ඇතුල් විය. නීතිඥයකු වීමෙන් අනතුරුව එම වෘත්තිය පිළිබඳව තෘප්තිමත් නොවූ ඔහු, තාරකා විද්‍යාව කෙරෙහි යොමු විය. නැවතත් චිකාගෝ විශ්ව විද්‍යාලයට ඇතුල් වූ ඔහු වර්ශ 1917 දී තාරකා විද්‍යාව සම්බන්ධයෙන් වූ ආචාර්‍ය්‍ය උපාධිය දිනා ගත්තේය.
එවකට ලොව පැවති විශාලතම දුරේක්ෂය පිහිටුවා තිබූ කැලිෆෝනියාවේ විල්සන් කන්දේ අභ්‍යවකාශ නිරීක්ෂණාගාරයේ සේවය කිරීමට හබල්ට අවස්ථාව ලැබින. ඔහුගේ සොයාගැනීම් සඳහා මෙය මහගු අත්වැලක් විය. හබල්ගේ පළමු කාර්යය වූයේ අපට බොහෝ දුරින් පිහිටි ආකාශ වස්තූන්ට පෘථිවියේ සිට ඇති දුර සෙවීමයි. අපගේ මන්දාකිණිය වන ක්ෂීරපථයට ආසන්නයෙන්ම පිහිටි මන්දාකිණිය වූ ඇන්ඩ්‍රොමීඩා චක්‍රාවාටය පෘථිවියේ සිට ඇති දුර සාර්ථකව ගණනය කිරීම සඳහා ඔහු ක්‍රමයක් සොයා ගනු ලැබිය.
ධූලි වලාවන් ලෙස එවකට හඳුනාගෙන තිබූ බොහෝ ආකාශ වස්තු ධූලි වලාවන් නොව, මන්දාකිණී බව ඒවායේ හැඩය හා හැසිරීම ඇසුරෙන් පෙන්වා දීමට ඔහුට හැකිවිය. විශ්වයේ වූ මන්දාකිණී ක්‍රමයෙන් අප වෙතින් ඉවතට ඇදීයමින් පවතින බව විශ්වය දෙස ලොව ප්‍රභල දුරේක්ෂයෙන් නිරීක්ෂණයන් සිදු කරනු ලැබූ හබල්ට පෙනී ගියහ. එසේම ඒවා පෘථිවියෙන් ඈත් වන වේගය පෘථිවියේ සිට ඒවාට ඇති දුරට සමානුපාතිකව වැඩිවන බවද ඔහු විසින් සොයාගනු ලැබිය.
විශ්වයේ උපත පිළිබඳව පවතින එක් මතයක් වන මහා පිපුරුම් න්‍යායට අඩිතාලම වැටුනේ පෘථිවියේ සිට වඩාත් දුරින් පිහිටි චක්‍රාවාට වඩා වැඩි ප්‍රවේග වලින් අපෙන් ඈත්වන බව පැවසෙන හබල්ගේ මෙම නියමය මගිනි. නමුත් මෙම මතය පිළිනොගත් ඇතැම් විද්‍යාඥයන්ගේ අදහස වූයේ හබල් පැවසූ ආකාරයට විශ්වය ප්‍රසාරණය නොවන අතර ඒ වෙනුවට විශ්වය හැකිලෙමින් පවතින බවයි. මෙම මතවාද සඳහා විද්‍යාඥයන් සාක්ෂි සෙවූ නිසා තාරකා විද්‍යාවේ ශීඝ්‍ර දියුණුවක් ඇතිවිය. මෙසේ තාරකා විද්‍යාවේ නව පිටුවක් පෙරලූ එඩ්වින් හබල් 1953 දී මිය ගියේය. නෙප්චූන් ග්‍රහලොවට එපිටින් පිහිටි තවත් ග්‍රහලොවක් සම්බන්ධයෙන් කෙරුණ නිරීක්ෂණයන්ගේ ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් සෞරග්‍රහ මණ්ඩලයේ නමවන ග්‍රහලෝකය වන ප්ලූටෝ වර්ශ 1930 පෙබරවාරි 18 වන දින සොයා ගනු ලැබිය. මෙය සොයා ගැනීමේ ගෞරවය හිමිවන්නේ ක්ලයිඩ් ටොම්බෝ නම් තාරකා විද්‍යාඥයටායි. ඔහු මෙම සොයාගැනීම ඇමරිකාවේ ලෝවෙල් නිරීක්ෂණාගාරයේදී සිදුකලේය.