ගුරුත්වාකර්ෂණය අහෝසිකිරීම

ඒකාකාර ත්වරණයකින් එක් දිශාවක් දිගේ චලනයවන රොකට්ටුවක සිටින විද්‍යාඥයකු අතහරින වස්තුවල චලිතය ඒ විද්‍යාඥයාට පෙනෙන්නේ කෙසේ දැයි අපි දනිමු. විද්‍යාඥයාට පෙනෙන ආකාරයට එසේ අතහරින සියළු වස්තු නිශ්චලතාවෙන් පටන්ගෙන තම දෙපා දිශාවට එකම ඒකාකාර ත්වරණයකින් චලනය වෙයි. මෙය විද්‍යාඥයාට පමණක් නොව රොකට්ටුවේ සිටින සියළු දෙනාගේම පොදු අත්දැකීම වෙයි. මේ පොදු අත්දැකීම මත පදනම් වී රොකට්ටුවේ සිටින ජනයාට උඩ පහත යන සංකල්ප නිර්මානය කරගත හැකි ය. අතහරිනු ලබන වස්තු චලනයවන්නේ පහතට යැයි රොකට්ටු වැසියනට කිවහැකි ය. එසේත් නැත්නම් පාද ඇත්තේ පහත යැයි ගතහොත් අතහරිනු ලබන සියළු වස්තු පහතට වැටෙන්නේ යැයි කිවහැකි ය. පහතට විරුද්ධ දිශාව උඩ ලෙස ගතහැකි ය. මෙහි දී තේරුම්ගත යුත්තක් නම් උඩ පහත යන දිශා රොකට්ටු වැසියන්ගේ නිර්මාන බවත් ඒ නිර්මාන යම්කිසි අත්දැකීමක් මත පදනම්වන බවත් ය. රොකට්ටු වැසියන් සියළු දෙනාගේම පාද ඇත්තේ ද එකම දිශාවක බව ද මෙහි දී අමතක නොකළ යුතු ය. යම් අයුරකින් රොකට්ටු වැසියන්ගෙන් ඇතැමකුගේ පාද එක් දිශාවකටත් අනෙක් අයගේ පාද විරුද්ධ දිශාවටත් වී නම් කුමක් සිදුවීමට ඉඩ තිබුණි ද? එමෙන් ම අතහරිනු ලැබූ වස්තු ද එක් දිශාවකට පමණක් චලනය නොවී විරුද්ධ දිශාවනට චලනය වී නම් කුමක් සිදුවන්නට තිබුණි ද? එවැනි අවස්ථාවක උඩ පහත යනුවෙන් දිශා හඳුනාගන්නේ, එනම් නිර්මානය කරගන්නේ කෙසේ ද?

දැන් රොකට්ටු වැසියන්ගෙන් අන්අයට කෙසේ වෙතත් විද්‍යාඥයන්ට ප්‍රශ්නයක් වෙයි. අතහරිනු ලබන සියළු වස්තු පහතට චලනය වන්නේ ඇයි ද? කෙසේ ද? යන්න ඒ ප්‍රශ්නයයි. ප්‍රශ්න දෙකක් සේ තිබුණ ද මෙහි ඇත්තේ එකම ප්‍රශ්නයක් ය. මෙහි දී විද්‍යාඥයන් අතරින් එක් අයකුට කදිම අදහසක් පහළ වෙයි. මේ අදහස් පහළවන්නේ ප්‍රතිභාව හොතුකොටගෙන ය. එහෙත් අදහස් රික්තයක පහළ නො වෙයි. අදහස් පහළවන්නේ මනස්වල ය. ඒ ඒ මනස අනුව පහළවන අදහස් ද වෙනස් වෙයි. මනසට අදහස් පහළවීමට සංස්කෘතිය ද බලපායි. යම්කිසිවකුට අදහසක් පහළවන්නේ ඒ තැනැත්තා කුඩාකල සිට ඇසූ දුටු දේ පදනම් කරගනිමින් ය. අදහස් පහළවීම යනු එක් අතකින් ගත්කල අදහස් නිර්මානයක් වෙයි. අදහසක් ඇතිවීම යනු අදහසක් නිර්මානය කිරීමක් ද වෙයි.

කෙසේ හෝ වේවා අප විද්‍යාඥයා පවසන්නේ රොකට්ටුව යට (පහතින්) සියළු වස්තු ආකර්ශනය කරන විශාල වස්තුවක් ඇති බව ය. ඒ වස්තුව රොකට්ටුවේ සියළු වස්තු මත බලයක් ඇතිකරන බවත් ඒ බලය වස්තුවක ස්කන්ධය යැයි කියැවෙන යම් පරාමිතියකට සමානුපාත බවත් විද්‍යාඥයා කියයි. විද්‍යාඥයා මේ කියන්නේ කතන්දරයකි. ඒ කතන්දරයට අවශ්‍ය නම් ප්‍රවාදයක් යැයි කිවහැකි ය. ඒ අතර විද්‍යාඥයා තවත් කතන්දරයක් කියයි. ඒ කතන්දරයට අනුව වස්තුවක් මත ඇතිකරන බලය හේතුවෙන් වස්තුවට ත්වරණයක් ලැබෙයි. බලය වස්තුව මත ක්‍රියාකරන්නේ වස්තුවෙහි කලින් කියන ලද ස්කන්ධයේත් වස්තුවට ලැබෙන ත්වරණයේත් ගුණිතයට සමානුපාතික වන අයුරින් ය.

විද්‍යාඥයාගේ මේ කතන්දර දෙකට අනුව අතහරිනු ලබන වස්තුවල චලිතය විස්තර කළහැකි ය. වස්තුව මත ඇතිකරන බලය එහි ස්කන්ධයට සමානුපාතවීමත් බලය ත්වරණයෙහි හා ස්කන්ධයෙහි ගුණිතයට සමානුපාතවීමත් හේතුකොටගෙන අතහරිනු ලැබූ සියළු වස්තු එකම ත්වරණයෙන් පහතට චලනය වෙයි. එය කාහටත් ලබාගත හැකි නිරීක්ෂණයකි. විද්‍යාඥයාගේ කාර්යය සඵල වී ඇත. ඔහු කෙසේ හෝ, එකවිට එකතැනින් අතහරිනු ලබන වස්තු එකම ත්වරණයකින් චලනය වන්නේ කෙසේ ද යන ප්‍රශ්නයට පිළිතුරක් සපයා ඇත.

එහෙත් අනෙක් විද්‍යාඥයෝ අප විද්‍යාඥයාට අවශ්‍ය ඕනෑම දෙයක් කීමට ඉඩතබා පැත්තකට නො වෙති. ඔවුහු අප විද්‍යාඥයන්ගෙන් ප්‍රශ්න අසති. අතහරිනු ලැබූ වස්තුව මත රොකට්ටුව යට ඇති වස්තුව බලයක් යොදන්නේ කෙසේදැයි ඔවුහු ප්‍රශ්න කරති. ඒ වස්තුව රොකට්ටුවේ ඇති වස්තු සමග සම්බන්ධකරන කඹයක් රිටක් වැනි දෙයක් දක්නට නොමැත. රොකට්ටුව යට ඇතැයි කියන වස්තුව දුටු අයකු නැත. රොකට්ටුව යට ඇතැයි කියන වස්තුව පෙන්වන ලෙස ද ඇතැම්හු බලකරති. එහෙත් අප විද්‍යාඥයා මේ එක ප්‍රශ්නයකටවත් පිළිතුරු නොසපයයි. ඔහු කියන්නේ තම කතන්දරවලට, එනම් ප්‍රවාදවලට, අනුව අතහරිනු ලබන වස්තුවල චලනය විස්තර කෙරෙන බව ය.

© Prof. Nalin De Silva

රොකට්ටුවේ සිටින විද්‍යාඥයා අතහරිනු ලබන වස්තුවල චලනය විස්තරකරන ආකාරය හා නිව්ටන් විද්වතා නිදැල්ලේ වැටෙන වස්තුවල චලනය විස්තරකළ ආකාරය අතර වෙනසක් නැත. ඔවුහු දෙදෙනාම ඉන්ද්‍රිය ගෝචර නොවන සංකල්ප යොදාගනිති. අප විද්‍යාඥයාගේ රොකට්ටුව යට පිහිටි වස්තුව දුටුවකු නැත. එමෙන්ම නිව්ටන් පඬිවරයාගේ ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය ද දුටු අයකු නැත. ඒ ඒ අවස්ථාවල බල ක්‍රියා කෙරෙන්නේ කෙසේ ද යන්න ද පැහැදිලි නො කෙරෙයි. බලය ඇතිකරන කඹයක් රිටක් වැනි දෙයක් නො පවතියි. එසේ වුවත් නිව්ටන් පඬිවරයා මෙන් ම අප විද්‍යාඥයා ද ඇතැම් නිරීක්ෂණ තම ප්‍රවාද හෙවත් කතන්දර මගින් තේරුම්කරයි.

දැන් අපි පොළොවෙහි නිදැල්ලේ වැටෙන වස්තුවක සමුද්දේශ රාමුව සලකමු. නිදැල්ලේ වැටෙන වස්තුවක් පොළොවට සාපේක්ෂව ත්වරණයකින් චලනය වෙයි. එකිනෙකට ආසන්නයේ පිහිටි වස්තු දෙකක් පොළොවට සාපේක්ෂව එකම ත්වරණයකින් චලනයවන්නේ යැයි කිවහැකි ය. එහෙත් එසේ නිදැල්ලේ වැටෙන වස්තුවක සමුද්දේශ රාමුවෙහි සිට බැලූ විට කිවහැක්කේ කුමක් ද? ඒ වස්තුව එහි සමුද්දේශ රාමුවෙහි නිසලව ඇත. එමෙන් ම අසල පිහිටි නිදැල්ලේ වැටෙන වස්තුව ද පළමු රාමුවෙහි එක්කෝ නිසල ඇත. නැත්නම් ඒකාකාර ප්‍රවේගයකින් ගමන්කරයි.

මෙයින් කිවහැක්කේ, අයින්ස්ටයින් විද්වතා නිගමනය කළ ආකාරයට, ස්ථානීය වශයෙන් ගත්කල ත්වරණයකින් චලනයවන සමුද්දේශ රාමුවක් හා ගුරුත්වාකර්ෂණය යන්න තුල්‍ය බව ය. රොකට්ටුවේ සිටින විද්‍යාඥයා රොකට්ටුව සමග ත්වරණයකින් චලනය වෙයි. එවිට ඔහුගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි නිදැල්ලේ වැටෙන වස්තු හෙවත් අතහරිනු ලැබූ වස්තු ත්වරණයක් සහිතව චලනය වෙයි. රොකට්ටුව නිසල යැයි ගතහොත් එලෙස අතහරිනු ලැබූ වස්තුවල චලිතය විස්තර කළහැකි එක් ක්‍රමයකට අනුව ඒ වස්තු ආකර්ෂණය කරන විශාල වස්තුවක් රොකට්ටුව යට වෙයි. අනෙක් අතට පෙළොවට සාපේක්ෂව නිදැල්ලේ වැටෙන වස්තුවක් ගතහොත්, එයට සාපේක්ෂව එය නිසලව ඇතිවා පමණක් නොව ආසන්නයේ ඇති වස්තුවක් ඒ වස්තුවට සාපේක්ෂව එක්කෝ නිසලව ඇත, නැත්නම් ඒකාකාර ප්‍රවේගයෙන් ගමන්කරයි. ඒ දෙවැනි වස්තුවට පළමු වස්තුවට සාපේක්ෂව ආසන්නයේ දී ත්වරණයක් නැත.

අයින්ස්ටයින් විද්වතා මේ නිරීක්ෂණවලින් නිගමනය කෙළේ ස්ථානීය වශයෙන් ගත්කල ත්වරණයවන සමුදදේශ රාමුවක් හා ගුරුත්වාකර්ෂණය තුල්‍ය බව ය. වෙනත් වචනවලින් කියන්නේ නම් ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය ත්වරණයවන සමුද්දේශ රාමුවක සිට බැලූ කල නැති වී යන බව ය. එනම් ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය ත්වරණයවන සමුද්දේශ රාමුවක් මගින් නැතිකළ හැකි බව ය. එහෙත් මෙහි දී ප්‍රවේසම් විය යුතු තැනක් වෙයි. ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය හා ත්වරණයවන සමුද්දේශ රාමුවක් තුල්‍යවන්නේ ස්ථානීය වශයෙන් පමණකි. ස්ථානීය යන අවශ්‍යතාව ඉවත්කළ විට යටකී තුල්‍යතාව නැති වී යයි.

මෙය පැහැදිලි කිරීම සඳහා පොළොවට බොහෝ දුරක සිට ඒ කරා වැටෙන කුඩා වස්තු දෙකක් සලකමු. මේ වස්තු දෙක ආරම්භයේ දී එකිනෙකට සාපේක්ෂව එකම ප්‍රවේගයෙන් ගමන්කරනු ඇත. නැත්නම් එකිනෙකට සාපේක්ෂව නිසලව ඇත. මේ වස්තු දෙකට ටික වේලාවක් එසේ එකට සිටීමේ අවස්ථාව එළඹෙන නමුත් වැඩි වේලවක් නොගොසින්ම ඒ ඔවුනොවුන්ට සාපේක්ෂව දුරස්වන්නට පටන්ගනියි. එයට හේතුව පොළොවෙහි ගුරුත්වාකර්ෂනය ඒකාකාර නො වීම ය. පොළොවෙහි ගුරුත්වාකර්ෂණය ඒකාකාර නොවන බැවින් වස්තු දෙක මත ක්‍රියාකරන බල වෙනස්වෙයි. බල වෙනස්වීම හේතුවෙන් ටික වේලාවක් ගෙවී ගිය පසු වස්තු දෙක මත ක්‍රියාකරන බල ද වෙනස් වෙයි. එවිට එක් අංශුවක් අනෙක් අංශුවෙන් ක්‍රමයෙන් ඉවතට යනවා පමණක් නොව අංශු මත ඇතිකෙරෙන ත්වරණ ද වෙනස් වෙයි. ස්ථානීයතාව ඉවත්කළ විට අපට ලැබෙන්නේ එකිනෙකට සාපේෂව ත්වරණයවන වස්තු දෙකක් ය.

අයින්ස්ටයින් විද්වතා කළ දේ නැවතත්කීමෙහි වරදක් නොමැත. ඔහු ස්ථානීය වශයෙන් ගත්කල ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය ත්වරණයකින් චලනයවන සමුද්දේශ රාමුවක් හා සම බව පෙන්නුම් කෙළේ ය. ස්ථානීය වශයෙන් ගත්කල ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය ත්වරණයකින් චලනයවන සමුද්දේශ රාමුවකින් ප්‍රතිස්ථාපනය කෙළේ ය. අයින්ස්ටයින් විද්වතාගේ සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදයෙහි මූල ධර්මය එය වෙයි. සංකල්පයක් ලෙස ගත්කල මෙය අවබෝධ කරගැනීමේ අපහසුතාවක් නැත. එහෙත් ඒ හා සම්බන්ධ ගණිතය තරමක් සංකීර්ණ වෙයි.

© Prof. Nalin De Silva

මෙහි දී යමකුට ඇසිය හැකි ප්‍රශ්නය නම් ත්වරණයවන සමුද්දේශ රාමුව එසේ ත්වරණය වන්නේ කිනම් රාමුවකට සාපේක්ෂව ද යන්න ය. එලෙස ගතහැකි විශේෂ සමුද්දේශ රාමු නැත. යම් සමුද්දේශ රාමුවක අතහරිනු ලැබූ වස්තු පා නොවේ නම්, එසේ අතහරිනු ලැබූ වස්තු රාමුවෙහි විශේෂ ප්‍රදේශයක් කරා ත්වරණයකින් ගමන්කරන්නේ නම්, ඉන් කියැවෙන්නේ ඒ සමුද්දෙශ රාමුව යම් රාමුවකට සාපේක්ෂව ත්වරණයකින් චලනයවන බව හා කලින් කියන ලද රාමුවට සාපේක්ෂව අත්හරිනු ලැබූ වස්තුවල චලිතය ආකර්ෂණයක් මගින් තේරුම් කළහැකි බව ය. එහෙත් මේ කියන යමසමුද්දේශ රාමුව කුමක් ද?

කෙසේ හෝ වේවා දැන් අවස්ථිති සමුද්දේශ රාමුවල තත්ත්වය කුමක් ද? අවස්ථිති සමුද්දේශ රාමු යනුවෙන් විශේෂිත වූ රාමු කුලකයක් නැත යන්න අයින්ස්ටයින් පඬිවරයා අවස්ථිති රාමු සොයා යෑමේ ප්‍රතිඵලය ලෙස ලෝකයාට දැනුම් දුන්නේ ය. මේ ත්වරණය සහිත සමුද්දේශ රාමවක් යනු අවකාශ කාලය වක්‍රවීමේ ප්‍රතිඵලයක් ලෙස නිර්මානය වන්නක් යැයි ඔහු කීවේ ය. නිව්ටන් පඬිවරයා ගුරුත්වාකර්ෂණ බලයක් මගින් තේරුම්ගත් නිදැල්ලේ වැටෙන වස්තුවල චලිතය අයින්ස්ටයින් විද්වතා අවකාශ කාලයෙහි වක්‍රතාව (curvature of space time) මගින් තේරුම් කර දුන්නේ ය. එමගින් අයින්ස්ටයින් පඬිවරයා ගුරුත්වාකර්ෂණය මගින් බටහිර ලෝකය තේරුම්ගත් දුරක දී සිදුකරන ක්‍රියාව අහෝසි කෙළේ ය. තවදුරටත් ගුරුත්වාකර්ෂණයක් අවශ්‍ය නො වීය. අවකාශ කාලයෙහි වක්‍රතාව යනු ස්ථානීය ගුණයකි. ඒ ස්ථානීය ගුණය අවකාශ කාලයෙහි ඇතිකරන්නේ වස්තු හා විකිරණ මගින් ය. වස්තුවක් එක් තැනක සිට තවත් තැනකට ගෙනගියහොත් එවිට අසළ වූ අවකාශ කාලය වෙනස් වෙයි. එනම් අවකාශ කාලයෙහි වක්‍රතාව වෙනස් වෙයි. මේ වෙනස්වීම ක්‍රමයෙන් අවකාශ කාලයෙහි අනෙක් ප්‍රදේශවලට ද දන්වනු ලැබෙයි. එසේ දන්වනු ලබන්නේ ක්ෂණිකව නො වෙයි. ඒ සඳහා යම් කාලයක් ගතවෙයි. දුරක දී ක්ෂණිකව සිදුවන ක්‍රියාව අහෝසි වෙයි.

මහාචාර්ය නලින් ද සිල්වා

© Prof. Nalin De Silva