ගුළත්වයෙන් තව තවත් ගුළත්වයට

මුල්කාලයේ දී බටහිර භෞතික විද්‍යාඥයන් සිතා සිටියේ ගුළ අගාධයකින් කිසිවක් බාහිර ලෝකයට ආපසු නොඑන බව ය. ආලෝකයට වුව ද ගුළ අගාධයක ආකර්ෂණයෙන් මිදී ඉන් ඉකුත් වී බාහිර නිරීක්ෂකයකු වෙතට ගිය නොහැකි යැයි ඔවුහු සිතූහ. අයින්ස්ටයිනීය සාපේක්ෂතාවාදය අනුව සාමාන්‍ය අංශුවකට හෝ වස්තුවකට හෝ ආලෝකයේ වේගයෙන් චලනයවිය නොහැකි අතර තොරතුරු ප්‍රචාරණයකිරීමේ උපරිම වේගය ආලෝකයේ වේගය වෙයි. ආලෝකයට වුව ද ගුළ අගාධයකින් නික්ම බාහිර ලෝකයට යා නොහැකි නම් ගුළ අගාධයක් දර්ශනයකරන්නේ කෙසේ ද යන ප්‍රශ්නය පැන නගියි. අප යම් වස්තුවක් දර්ශනයකරන්නේ ඒ වස්තුවෙන් නික්මෙන හෝ පරාවර්තනයවන හෝ ආලෝකය ආධාරයෙන් ය.

ගුළ අගාධ තිබිය හැකි බව සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදයෙන් සෛද්ධාන්තිකව කියැවුණ ද ඒ නිරීක්ෂණයකිරීමේ හැකියාවක් නොමැතිකමින් ඒ පිළිබඳ එතරම් අවධානයක් හැටේ දශකයට පෙර නො වීය. එකල විශ්වාසකෙරුණේ ගුළ අගාධයක් නිරීක්ෂණය නොකළ හැකි වුව ද එහි ගුරුත්වාකර්ෂණය (ඒ නිසා ඇති කෙරෙන අවකාශ කාල වක්‍රතාව) අනෙක් වස්තුවලට දැනෙන බව ය. හැටේ දශකයේ අගභාගයෙහි නිරීක්ෂණයකෙරුණු ක්වේසාර (Quasars) මගින් තත්ත්වය මුළුමනින් ම වෙනස්කෙරිණි. ක්වේසාර යන කෙටි නම ඉංගිරිසියෙන් යෙදුණේ ක්වේසයි ස්ටෙලර් ඔබ්ජෙක්ට්ස් (Quasi Stellar Objects) යන්නට ය. එහි තේරුම තාරකා වැනි වස්තු යන්න ය. ක්වේසාර මුලින් ම නිරීක්ෂණයකෙරුණේ ප්‍රධාන වශයෙන් ම ගුවන්විදුලි කිරණ මගින් ශක්තිය නිකුත්කරන ප්‍රභව (radio sources) ලෙස ය. එහෙත් පසුව වෙනත් තරංග ආයාම සහිත කිරණ ඔස්සේ ද ඉන් ශක්තිය නිකුත්කෙරෙන බව දැනගැනීමට ලැබිණි.

ක්වේසාරයක් සාමාන්‍යයෙන් තාරකාවක ප්‍රමාණයේ වූ වස්තුවක් වුව ද, ඉන් නිකුත් කෙරෙන ශක්තිය අතිමහත් විය. එහි ශක්තිය සාමාන්‍ය වශයෙන් ගත්කල මන්දාකිණියක ශක්තියට සමාන විය. දැන් ප්‍රශ්නය වූයේ එතරම් විශාල ශක්තියක් තාරකාවක ප්‍රමාණයේ වූ වස්තුවකින් නිකුත්කෙරෙන්නේ කෙසේ ද යන්න ය. එයට පිළිතුරු ලෙස විවිධ ආකෘති ඉදිරිපත් කෙරිණි. ඉන් එක් ආකෘතියකට අනුව ක්වේසාරයක් මැද ගුළ අගාධයක් විය. ගුළ අගාධය විසින් ඒ අවට ඇති දූලි හා අංශු අවශෝෂණයකෙරෙයි. ගුළ අගාධය අවට දූලි හා අංශු ඒ වටා භ්‍රමණයවෙමින් පවතියි. එසේ භ්‍රමණයවන අතර අංශු හා දූලි ක්‍රමයෙන් ගුළ අගාධය තුළට පිවිසෙයි. දූලි හා අංශු ගුළ අගාධය වටා භ්‍රමණයවෙමින් ඒ තුළට වැටෙන්නේ ඒ ඒ අංශු හා දූලි අතර ඝර්ෂණයක් ද ඇතිකරමින් ය. මේ ඝර්ෂණය නිසා තාපය ද ඇතුළු ශක්ති ජනනයකෙරෙයි.

මෙහි දී කිවයුතු කරුණක් නම් ගුළ අගාධයක විද්‍යුත් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් ද ඇති බව ය. මේ විද්‍යුත් චුම්බක ක්ෂේත්‍රය ද ගුළ අගාධයෙහි ගුරුත්වාකර්ෂණයට අමතර ව බාහිර ලෝකයට දැනෙන බව අමතක නොකළ යුතු ය. බටහිර භෞතික විද්‍යාවට අනුව ගුළ අගාධයක් බාහිර ලෝකයට ආලෝකය ඇතුළු විද්‍යුත් චුම්බක කිරණ ආධාරයෙන් දර්ශන නොවුණ ද එහි ගුරුත්වාකර්ෂණය, විද්‍යුත් චුම්බක ක්ෂේත්‍රය හා භ්‍රමණය මගින් දැනගැනීමට හැකි ය. එනම් ගුළ අගාධයක ඒ ගුණ බාහිර ලෝකයට දැනෙයි.

ගුළ අගාධයක් අවට ඇති අංශු හා දූලි ඒ වටා භ්‍රමණයවෙමින් ඉන් අවශෝෂණය කෙරෙන්නේ එහි විද්‍යුත් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයෙහි ය. මේ හේතුවෙන් දූලි හා අංශු ඝර්ෂණයෙන් එකී විද්‍යුත් චුම්බක ක්ෂේත්‍රහි ඇතිවන ශක්තිය විවිධ තරංග ආයාම සහිත කිරණ ලෙස නිකුත් වෙයි. මෙලෙස නිකුත්වන ශක්තිය ඒ නිකුත්වන දිශාව අනුව බාහිර ලෝකයට ඇදී යයි. බොහෝ කිරණ ගුළ අගාධය තුළට ම අවශෝෂණයවන්නේ එහි ගුරුත්වාකර්ෂණයෙහි තීව්‍රතාව මෙපමණ යැයි පෙන්වමින් ය. එහෙත් දූලි හා අංශුවල ඝර්ෂණය හේතුවෙන් නිකුත්වන යම් ශක්ති ප්‍රමාණයක් ගුළ අගාධයෙන් ඉවතට වූ දිශා දිගේ කිරණ මගින් ප්‍රචාරණයවන බැවින් ඒ කිරණ බාහිර ලෝකය වෙතට යයි. මේ ශක්තිය නිකුත්වන්නේ ගුළ අගාධය තුළ නොව ඉන් බාහිර වූ ප්‍රදේශයක බව අවධාරණය කළ යුතු ය.

© Prof. Nalin De Silva

ගුඬ අගාධයක බාහිර පෙදෙසකින් එසේ නිකුත්වන ශක්තියෙන් යම් ප්‍රමාණයක් බාහිර ලෝකයට ලැබෙන බවත් ඒ ලැබෙන ශක්තිය වුව ද ඉතා විශාල බවත් දැනගැනීමෙන් පසුව බටහිර විද්‍යාඥයෝ ක්වේසාර යනු මෙලෙස ලැබෙන ශක්තිය යැයි විශ්වාසකිරීමට පටන්ගත්හ. ක්වේසාර සඳහා නිර්මානය වූ එකම ආකෘතිය මේ යැයි නොසිතිය යුතු ය. තවත් ආකෘතියකට අනුව ක්වේසාර යනු සීෆට් න්‍යෂ්ටි (Seyfert nuclei) නමින් හැඳින්වෙන තාරකා ගුරුත්වජ කාච මගින් ශක්තිය විශාලනයවීමෙන් දෘශ්‍යමානවන වස්තු වෙයි. වෙනත් වචනවලින් කියන්නේ නම් ඒ ආකෘතියට අනුව ක්වේසාර යනු සිෆට් න්‍යෂ්ටිවල ගුරුත්වජ කාච මගින් ඇතිකෙරෙන ප්‍රතිබිම්බ වෙයි. ඒ කෙසේ වෙතත් ක්වේසාර විසින් ගුඬ අගාධ පිළිබඳ අධ්‍යයනයකිරීමට බටහිර භෞතික විද්‍යාඥයෝ පොළඹනු ලැබූහ. ගුඬ අගාධ දර්ශනයකිරීමට නොහැකිවුව ද ඉන් ඇතිකෙරෙන යම් යම් ප්‍රතිඵල දර්ශනය කළහැකි බව බටහිර විද්‍යාඥයෝ විශ්වාසකළහ.

එහි ප්‍රතිඵලය වූයේ ගුඬ අගාධ ගැන සෛද්ධාන්තික ගුණ රාශියක් බටහිර භෞතික විද්‍යාඥයන් විසින් නිර්මානයකෙරීම ය. ස්ටීවන් හෝකින් විද්වතාගේ හැදෑරීම් මගින් ගුඬ අගාධ පිළිබඳ වෙනස් මතයක් ඉදිරිපත්කෙරිණි. ඔහු කියා සිටියේ ගුඬ අගාධයකට, විශේෂයෙන් ම අව ගුඬ අගාධයකට, "වාෂ්පීකරණයවීමට" (evaporate) හැකි බව ය. ඔහුට අනුව ගුඬ අගාධයක් වටා ඇති රික්තය මෙහි දී වැදගත් වෙයි. සාමාන්‍යයෙන් රික්තය යනුවෙන් හැඳින්වෙන්න ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාවට අනුව නොයෙකුත් ප්‍රතික්‍රියා සිදුවන ප්‍රදේශයක් වෙයි. රික්තයක අංශු නිර්මානය වෙයි. මේ අංශු යුගල වශයෙන් නිර්මානය වෙයි. හෝකින් විද්වතාගේ ගණනයකිරීම්වලට අනුව එක් අංශුවක් බාහිර ලෝකයට නිකුත්විය හැකි අතර අනෙක් අංශුව ගුඬ අගාධය විසින් අවශෝෂණයකෙරෙයි. මේ අංශු නිපදවෙන්නේ ගුඬ අගාධය තුළ නොව ඉන් පිටත බැවින් එක් අංශුවකට බාහිර ලෝකය කරා නික්මයෑමේ හැකියාවක් පවතියි.

එසේ බාහිර ලෝකයට නික්ම යන අංශුව ඒ සමග යම් ශක්ති ප්‍රමාණයක් රැගෙන යයි. ඒ අංශුවට ශක්තියක් ලැබෙන්නේ වෙනත් කිසිවකින් නොව ගුඬ අගාධයෙන් ම ය. රික්තයේ ශක්තිය ගුඬ අගාධයේ ශක්තිය වෙයි. එවිට නිර්මානයවූ අංශු දෙකෙන් එකක් විසින් බාහිර ලෝකයට ගෙනයනු ලබන්නේ ගුඬ අගාධයේ ශක්තිය ය. එලෙස අංශු රාශියක් බාහිර ලෝකයට නික්මයෑමත් සමග ගුඬ අගාධයෙහි ශක්තිය ක්‍රමයෙන් හීනවී අවසානයෙහි දී ගුඬ අගාධය නැතිවී යයි. එය ගුඬ අගාධයේ වාෂ්පීකරණයක් ලෙස හැඳින්වෙයි. මෙලෙස ගුඬ අගාධය අවට නිර්මානයවෙන අංශු මගින් බාහිර ලෝකයට ශක්තිය ගලායෑම අද හෝකින් විකිරණය (Hawking Radiation) ලෙස හැඳින්වෙයි.

මෙහි තේරුම නම් ගුඬ අගාධයක් තුළට ගලායන ශක්තිය නැවත ආපසු ලබාගත හැකි බව ය. මෙය තරමක පුදුම සහගත දෙයක් වුවත් හෝකින් විද්වතාගේ ගණනයකිරීම්වලට අනුව සිදුවිය හැකි දෙයක් වෙයි. ගුඬ අගාධයකින් ශක්තිය ආපසු ලබාගත නොහැක්කේ හුදු සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදී මූලධර්මවලට අනුව ය. එහෙත් සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදයට අක්‍රමවත් ආකාරයකට වුව ද ක්වොන්ටම් භෞතිකය මුසු කිරීමේ ප්‍රතිඵලය වනුයේ හෝකින් විකිරණ ය. අප මෙහි දී මතක තබාගත යුත්තක් නම් අද වන තුරුත් බටහිර විද්‍යාඥයන් කිසිවකුටවත් තවමත් සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදය ක්‍රමවත් ව නිසි අයුරෙන් ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාව සමග මුසුකිරීමට නොහැකි වී ඇති බව ය. යම් දිනෙක එසේ සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදය හා ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාව එකතුකළහොත් ගුඬ අගාධවලට වැඩි ආයුෂක් නැතිවනු ඇත.

හෝකින් විද්වතා පසුගියදා තමා ගුඬ අගාධ සම්බන්ධයෙන් එතෙක් දැරූ මතයක් වෙනස්කර ගත්තේ ය. ඔහු කලින් කියා තිබුණේ ගුඬ අගාධයක් තුළට යන ශක්තිය ලබාගත හැකිවුව ද තොරතුරු (information) ලබාගත නොහැකි බව ය. උදාහරණයක් ලෙස පැටළුණු අංශු දෙකක ඇති පැටලීම පිළිබඳ තොරතුරු නැවත ලබාගත නොහැකි යැයි ඔහු විශ්වාස කෙළේ ය. ඒ සම්බන්ධයෙන් ඔහු තවත් විද්‍යාඥයකු සමග ඔට්ටුවක් ද අල්ලා තිබුණේ ය. එහෙත් මෑත දී බටහිර භෞතික විද්‍යාඥයෝ තන්තු ප්‍රවාදය (string theory) නමින් හැඳින්වෙන ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාවේ එක් අංශයක් ගුඬ අගාධවලට යොදාගැනීමෙන් පසුව ගුඬ අගාධවල ගුණ සම්බන්ධ වෙනස්කම් ද සිදුවී තිබේ. ඒ අනුව අද හෝකින් විද්වතාට ගුඬ අගාධයකින් තොරතුරු පවා ආපසු ලබාගත හැකිය යන මතයට එළඹීමට සිදු වී ඇත.

© Prof. Nalin De Silva

තන්තු ප්‍රවාදය හෝ ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාවේ වෙනත් ප්‍රවාදයක් හෝ සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදයට යොදාගැනෙන්නේ එතරම් ක්‍රමවත් භාවයකින් නොවන බව අමතක නොකළ යුතු ය. සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදය ක්වොන්ටීකරන්නේ (quantise) කෙසේ ද යන්න බටහිර භෞතික විද්‍යාවේ අදටත් නොවිසඳුණු ප්‍රශ්නයක් වෙයි. සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදය තබා විශේෂ සාපේක්ෂතාවාදය ද ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාව සමග මනාව පෑහෙන්නේ යැයි සිතිය නො හැකි ය. මේ සම්බන්ධයෙන් දශක ගණනාවකට පෙර පෝල් ඩිරැක් නම් ඉංගිරිසි ජාතික භෞතික විද්‍යාඥයා විසින් කරන ලද පෑහීමක් ඇත. එය ඉතා සාර්ථකව යෙදෙන බව ද සැබෑ ය. ඩිරැක් විද්වතා ප්‍රති අංශු (anti particles) ඇති බවට පුරෝකථනයක යෙදුණේ ද ඒ පෑහීම මත පදනම්වෙමින් ය යන්න ද සැබෑ ය. එවැනි කොතෙකුත් ජයග්‍රහණ තිබිය ද ක්වොන්ටම් භෞතිකයට විශේෂ සාපේක්ෂතාවාදය යොදාගෙන ඇත්තේ යම් අක්‍රමිකතාවකින් යැයි සිතෙයි. විසිවැනි සියවසේ බටහිර භෞතික විද්‍යාවේ ප්‍රධානම ප්‍රවාද වූයේ සාපේක්ෂතාවාදය හා ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාව ය. එහෙත් අවුරුදු හැත්තෑපහකට පමණ පසුව ද ඒ ප්‍රවාද දෙක අතර එතරම් පෑහීමක් නැත. මේ බටහිර භෞතික විද්‍යාවට විශාල ප්‍රශ්නයක් වෙයි. විසිඑක්වැනි සියවසේ බටහිර භෞතික විද්‍යාව එක්කෝ මේ ප්‍රවාද අතර පෑහීමක් ඇතිකළ යුතු ය. නැත්නම් ප්‍රවාද දෙකෙන් එකක් හෝ දෙකම හෝ අත්හැර දැමිය යුතු ය. එකක් පමණක් අත්හැරීමට සිදුවුවහොත් ඒ සාපේක්ෂතාවාදය මිස ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාව නොවීමට ඇති ඉඩකඩ අධික ය.

සම්භාව්‍ය (classical) හෙවත් නිර්ක්වොන්ටම් (non quantum) භෞතික විද්‍යාවේ කියැවෙන ගුළු අගාධ පිළිබඳ තවත් දැක්විය යුතු වැදගත් කරුණක් වෙයි. ඒ ගුළු අගාධයකට ඇදී යන වස්තුවක් හෝ අංශුවක් හෝ සම්බන්ධයෙන් ය. එසේ ගුළු අගාධයක් තුළට ඇදී යෑමේ දී වස්තුවක් කෑලි කෑලිවලට කැඩී යෑමට හැකි බැවින් අපේ පහසුව සඳහා අපි අංශුවක් සලකමු. මේ ඇදී යන අංශුවට සිදුවන්නේ කුමක් ද? ඒ ඇදී යෑමට කෙළවරක් වේ ද? මූලය කරා ඇදී යන අංශුවට ඉන්පසු සිදුවන්නේ කුමක් ද? ඒ අංශුව අපේ විශ්වයෙන් පිටතට යන්නේ ද? මේ ප්‍රශ්නවලට බටහිර භෞතික විද්‍යාවේ සෑහීමකට පත්විය හැකි පිළිතුරු දී නැත.

මහාචාර්ය නලින් ද සිල්වා

© Prof. Nalin De Silva