<u>සංවෘත භූමිතික</u>

සාපේක්ෂතාවායෙහි භූමිතික තුන් වර්ගයක් වෙයි. ඒ කාල - සමාන (time - like), අවකාශ - සමාන (space – like) හා ශූන්‍ය (null) යනුවෙනි. කාල - සමාන භූමිතිකයක වූ සිද්ධි දෙකක් අතර අවකාශ - කාල ප්‍රාන්තරය කාලය වැනි ය. එනම් යම්කිසි රාමුවක ඒ සිද්ධි දෙක අතර අවකාශ දුර ශූන්‍ය ය. එනම් එම රාමුවෙහි නිරීක්ෂකයකුට ඒ සිද්ධි අතර ඇත්තේ කාලය සම්බන්ධයෙන් වූ වෙනසකි. නිරීක්ෂකයාට ඒ සිද්ධි දෙක අතර අවකාශයෙහි වෙනසක් නැත. ආලෝකයේ වේගයට අඩු වේගයකින් චලනය වන වෙනත් නිරීක්ෂකයකුට එවැනි සිද්ධි දෙකක් අතර චලනය විය හැකි ය. වෙනත් වචනවලින් කිවහොත් එවැනි නිරීක්ෂකයකුට එවැනි සිද්ධියක සිට අනෙක් සිද්ධියට චලනය විය හැකි ය. එහෙත් එසේ වන්නේ කාලය වශයෙන් ගත්කල අඩු සිද්ධියේ සිට වැඩි සිද්ධිය කරා ය.

අවකාශ - සමාන භූමිතිකවල සිද්ධි දෙකක් අතර අවකාශ - කාල ප්‍රාන්තරය අවකාශය වැනි ය. එහි තේරුම නම් යම් රාමුවක නිරීක්ෂකයකුට ඒ සිද්ධි දෙක අතර කාල ප්‍රාන්තරයක් නොමැති බව ය. වෙනත් නිරීක්ෂකයන්ට එවැනි සිද්ධි දෙකක් අතර අවකාශ වෙනසක් ඇති නමුත් ඒ සිද්ධි දෙකෙන් එක් සිද්ධියක සිට අනෙක් සිද්ධියට යෑමට ආලෝකයේ වේගයට වැඩි වේගයකින් චලනය විය යුතු ය. සාමාන්‍ය අංශුවලට එවැනි සිද්ධි අතර චලනය විය නො හැකි ය.

ශූන්‍ය භූමිතිකයක සිද්ධි දෙකක් අතර අවකාශ - කාල අන්තරය ශූන්‍ය වෙයි. එවැනි සිද්ධි දෙකක් අතර චලනය විය හැක්කේ ෆෝටෝනවලට ය. වෙනත් වචනවලින් කියන්නේ නම් ෆෝටෝන (ආලෝකය) ගමන් කරන්නේ ශූන්‍ය භූමිතිකවල ය. විශේෂ සාපේක්ෂතාවාදයෙහි ප්‍රශ්නයක් නොවුනත්, සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදයෙහි වේගය ගැන කතාකරන්නේ ස්ථානීය වශයෙන් බව අවධාරණය කළ යුතු ය.

විශේෂ සාපේක්ෂතාවාදයෙහි මෙන් ම සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදයෙහි ද බල රහිත සාමාන්‍ය අංශු හා වස්තු චලනය වන්නේ කාල - සමාන භූමිතිකවල ය. එහෙත් අප කලින් සඳහන්කර ඇති පරිදි සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදයෙහි බල රහිත අංශු යනු නිව්ටෝනීය භෞතිකයෙහි නම් ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය යටතේ චලනය වන අංශු ය. විශේෂ සාපේක්ෂතාවාදය හා සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදය අතර ඇති මේ වෙනස්කම් සිහි තබාගත යුතු ය.

අපි මෙතැන් සිට කාල - සමාන භූමිතිකවල චලනය වන සාමාන්‍ය අංශු ගැන විමසිලිමත් වෙමු. මේ අංශුවල (වෙනත් අංශුවලට ද මේ කරුණ පොදු ය) සිද්ධි යා කරන රේඛාවලට විශ්ව රේඛා (world line) යැයි කියමු. සාමාන්‍ය අංශුවක සිද්ධි දෙකක් අතර අවකාශ - කාල ප්‍රාන්තරය කාල - සමාන වෙයි. මේ අංශුවලට එබැවින් කාල - සමාන අංශු යනුවෙන් ද භාවිතා වෙයි. කාල - සමාන අංශු කාල - සමාන භූමිතකවල චලනය වන්නේ බල රහිත අවස්ථාවල ය. එවැනි අංශු සාධාරණ වශයෙන් ගත්කල බල රහිත ව හෝ බල සහිත ව හෝ විශ්ව රේඛා දිගේ චලනය වෙයි. භූමිතික ද විශ්ව රේඛා විශේෂයක් වෙයි. බල රහිත අවස්ථාවේ දී විශ්ව රේඛාවලට භූමිතික යැයි කියනු ලැබේ.

යම්කිසි රාමුවක කාල - සමාන අංශුවක විශ්ව රේඛාවල කාල ඛණ්ඩාංකය මෙන් ම අවකාශ ඛණ්ඩාංක ද වෙනස් වෙයි. විශ්ව රේඛාවක අවකාශ ඛණ්ඩාංක වැඩි හෝ අඩු හෝ විය හැකි නමුත් කාල ඛණ්ඩාංකය සාධාරණ වශයෙන් ගත්කල වැඩි වෙයි. කාල ඛණ්ඩාංකය එක් සිද්ධියක සිට එහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස ඇතිවන සිද්ධියක් දක්වා වැඩිවනු මිස අඩුවනු නො වේ. මේ විශ්ව රේඛා, එබැවින් එහි විශේෂයක් වූ භූමිතික සාධාරණ වශයෙන් ගත්කල විවෘත වෙයි. එනම් ඒ රේඛා සංවෘත නො වෙයි. එහි තේරුම විශ්ව රේඛාවක් එකම ඛණ්ඩාංක කුලකයක් දෙවරක් නොගන්නා බව ය. කාල - සමාන අංශුවකට අවකාශ ඛණ්ඩාංක එක්වරකට වඩා ගතහැකි නමුත් කාල ඛණ්ඩාංකය ගත හැක්කේ එක් වතාවක් පමණකි. ඒ හේතුවෙන් කාල - සමාන අංශුවක විශ්ව රේඛා සංවෘත නො වේ.

විශ්ව රේඛා සංවෘත නොවන්නේ නම් විශේෂිත විශ්ව රේඛා වූ භූමිතික ද සංවෘත විය නො හැකි ය. එහෙත් සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදයෙහි ඇතැම් අවකාශ - කාලවල සංවෘත භූමිතික වෙයි. එනම් ඒ අවකාශ - කාලවල කාල - සමාන භූමිතික ලෙස සංවෘත රේඛා ලැබෙයි. එහි තේරුම එවැනි භූමිතිකයකට යම් කාල ඛණ්ඩාංකයක් (ඛණ්ඩාංක) එක්වරකට වඩා ගත හැකි බව ය. ඒ අවස්ථාවෙහි දී අවකාශ ඛණ්ඩාංක ද එක්වරකට වඩා ගෙන ඇති නමුත් අපට

© Prof. Nalin De Silva

එය ප්‍රශ්නයක් නොවන්නේ කාල - සමාන අංශුවකට අවකාශ ඛණ්ඩාංක එක් වරකට වඩා ගත හැකි බැවිනි. අපට එකම ස්ථානයට කිහිප වතාවක් ගිය හැකි වෙයි.

කාල - සමාන අංශුවකට අවකාශ ඛණ්ඩාංක එක් වරකට වඩා ගත හැකි වීම අපට ප්‍රශ්නයක් නොවුණ ද කාල ඛණ්ඩාංකය එක් වරකට වඩා ගතහැකි වන්නේ කෙසේ ද යන්න ප්‍රශ්නයක් වෙයි. කාල - සමාන අංශුවකට එසේ කාල ඛණ්ඩාංකය එක් වරකට වඩා ගතහැකි වන්නේ කාල ඛණ්ඩාංකය යම් පරාසයක වැඩි වී වෙනත් පරාසයක අඩු වන්නේ නම් පමණකි. අවකාශ ඛණ්ඩාංක අඩු විය හැකි වුවත් කාල ඛණ්ඩාංකය අඩු වන්නේ කෙසේ ද?

ඒ කුමක් වුවත් සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදයෙහි එලෙස කාල ඛණ්ඩාංකය අඩුවන භූමිතික ඇතැම් අවකාශ - කාලවල විසඳුම් ලෙස ලැබෙයි. උදාහරණයක් වශයෙන් ඉතා ප්‍රසිද්ධ ගර්ඩ්ල් අවකාශ - කාලය (Gödel Space - Time) දැක්විය හැකි ය. මේ අවකාශ - කාලය ලැබෙන්නේ සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදයෙහි අයින්ස්ටයිනීය ක්ෂෙත්‍ර සමීකරණ විශ්වය සඳහා විසඳීමේ දී ය. එය එවිට විශ්වවේදයට ද අයත් ප්‍රශ්නයක් වෙයි. ගර්ඩල් විසඳුමෙන් ලැබෙන්නේ භ්‍රමණය වන විශ්වයකි. විශ්වයේ සෑම වස්තුවක් ම පාහේ භ්‍රමණය වන බැවින් ගර්ඩ්ල් විසඳුම ගැන විශ්වවේදියෝ විශේෂ සැලකිල්ලක් දක්වති.

ගර්ඩ්ල් අවකාශ - කාලයෙහි ඇතැම් පරාසයක කාල ඛණ්ඩාංකය අඩුවන භූමිතික වෙයි. ඒ භූමිතික සංවෘත ද වෙයි. එයින් කියැවෙන්නේ ගර්ඩ්ල් අවකාශ - කාලයෙහි හෙවත් ගර්ඩ්ල් විශ්වයෙහි අංශුවකට (නිරීක්ෂකයකුට) එක් තැනකින් යම්කිසි කාලයක දී පටන්ගෙන ඒ ස්ථානයට ම එයට පෙර කාලයක දී පැමිණිය හැකි බව ය. ගර්ඩ්ල් විසඳුම අයින්ස්ටයිනීය සමීකරණවල විසඳුමක් බැවින් බටහිර විද්‍යාඥයන්ට ඒ පිළිගැනීමට බාධාවක් නැත.

ඒ සංසිද්ධිය අපට සිතාගැනීමට අපහසු දෙයක් විය හැකි ය. එහෙත් බටහිර භෞතික විද්‍යාඥයන්ට අනුව අපට එසේ සිතාගැනීමට නොහැකි වූ දේ පසුව නිරීක්ෂණවලින් පෙන්නුම් කෙරී ඇත. සෘණ ශක්තියක් ඇති පොසිට්‍රෝන සිතාගත නොහැකි අංශු වුවත් ඒ තිබෙන බව විද්‍යාඥයෝ දැන් දනිති. එලෙස ම සංවෘත කාල - සමාන භූමිතික සහිත විශ්ව ඇතැයි බටහිර විද්‍යාඥයෝ විශ්වාස කරති. ඔවුහු ඇතැම් විට එවැනි භූමිතිකයක චලනය කාල චාරිකා ලෙස හඳුන්වති.

බටහිර සෛද්ධාන්තික භෞතික විද්‍යාව අද එක්තරා අයුරකින් ගතහොත් පරීක්ෂණාත්මක භෞතික විද්‍යාවට එතරම් තැනක් නො දෙයි. පසුගිය සියවසෙහි බටහිර සෛද්ධාන්තික භෞතික විද්‍යාව ජයග්‍රහණ රාශියක් අත්කරගෙන ඇති බව පැහැදිලි ය. අප ද පාසල් වියේ සිට ම බටහිර සෛද්ධාන්තික භෞතික විද්‍යාවට ආකර්ෂණය වීමට එය ද එක් හේතුවකි. බටහිර සෛද්ධාන්තික භෞතික විද්‍යාව බටහිර පරීක්ෂණාත්මක භෞතික විද්‍යාවට වඩා බොහෝ ඉදිරියෙන් සිටියි. බටහිර සෛද්ධාන්තික භෞතික විද්‍යාවෙන් පුරෝකථනය කෙරෙන ප්‍රපංච පරීක්ෂා කිරීම සඳහා පරීක්ෂණ පැවැත්වීම අද බටහිර පරීක්ෂණාත්මක භෞතික විද්‍යාවට ප්‍රශ්නයක් වී ඇත.

කාල චාරිකාවක් සැලසුම් කිරීමට බටහිර පරීක්ෂණාත්මක භෞතික විද්‍යාවට තව බොහෝ කාලයක් ගතවනු ඇත. එතෙක් බටහිර සෛද්ධාන්තික භෞතික විද්‍යාඥයන්ට තම පරිකල්පනවල පිනුම් ගැසීමේ අවස්ථාව හිමිවෙයි. සෛද්ධාන්තික භෞතික විද්‍යාවෙහි සංවෘත කාල - සමාන භූමිතික වේ නම් ඒ නොපිළිගත හැක්කේ ඇයි දැයි සෛද්ධාන්තික භෞතික විද්‍යාඥයෝ ප්‍රශ්න කරති.

එහෙත් ඔවුන් අමතක කරන වැදගත් ප්‍රශ්නයක් වෙයි. සාපේක්ෂතාවාදයෙහි අවකාශය හා කාලය එක සමාන ව සැලකීම කෙතෙක් දුරට පිළිගත හැකි ද? සාපේක්ෂතාවාදයෙහි වුවත් කාලය හා අවකාශය මුළුමනින් ම එක සමාන ව නො සැලකෙයි. එහි අවකාශ - කාල ප්‍රාන්තරය ලියැවෙද්දී කාල ඛණ්ඩාංකයෙහි වර්ගයෙහි සංගුණකය ධන වන්නේ නම් අවකාශ ඛණ්ඩාංකවල වර්ගවල සංගුණක සෘණ වෙයි. එහෙත් ඒ වෙනස තිබිය දී ද සාපේක්ෂතාවාදී භෞතිකයෙහි කාලයට හා අවකාශයට එක සමාන සැලකිල්ලක් දැක්වෙයි.

© Prof. Nalin De Silva

කාලය හා අවකාශය එලෙස එක සමාන ව සැලකීම උච්චස්ථානයකට ගෙනෙ ලද්දේ නොබෙල් ත්‍යාගලාභී ඉංගිරිසි ජාතික භෞතික විද්‍යාඥයකු වූ පෝල් ඩිරැක් මහතා විසිනි. ඔහු ක්වොන්ටම් භෞතිකයෙහි ෂ්රොඩිංගර් සමීකරණය විශේෂ සාපේක්ෂතාවාදයට ගැලපෙන පරිදි ලියුවේ ය. එනම් අවකාශ හා කාල ඛණ්ඩාංකවලට එකම ආකාරයෙන් සැලකිය යුතු ය යන පදනමේ සිට ඔහු ඒ සමීකරණය අමුතුවෙන් ලියුවේ ය. එහි ප්‍රතිඵලය විශ්මය ජනක විය.

එසේ ලියන ලද සමීකරණ මගින් ඔහු සෘණ ශක්තියක් සහිත අංශු තිබිය හැකි බව අනාවරණය කෙළේ ය. පොසිට්‍රෝන යනු එවැනි අංශු විශේෂයකි. ඩිරැක් මහතා තම සමීකරණ ඇසුරෙන් පොසිට්‍රෝන ගැන පුරෝකථනය කිරීමෙන් වසර කිහිපයකට පසු පරීක්ෂණාගාරයේ දී පොසිට්‍රෝන දැක ගැනීමට බටහිර භෞතික විද්‍යාඥයන්ට හැකි විය. ඩිරැක් සමීකරණයෙහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස සපේක්ෂතාවාදී ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාව බිහිවිය. පසුව ක්වොන්ටම් ක්ෂෙත්‍රවාදය (Quantum Field Theory) බිහිවූයේ ඒ ඇසුරෙනි. ක්වොන්ටම් ක්ෂෙත්‍රවාදය මෙතෙක් ලෝකයේ ඇති වූ සාර්ථක ම ප්‍රවාදය ලෙස සැලකෙයි.

එහෙත් මෙහි ප්‍රශ්න නැතිවා නො වේ. අවුරුදු හැත්තෑවකට අධික කාලයක් තිස්සේ බටහිර භෞතික විද්‍යාඥයන් උත්සාහ ගනානා නමුත් තවමත් සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදය හා ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාව එකතු කිරීමට බටහිර සෛද්ධාන්තික භෞතික විද්‍යාඥයන්ට නොහැකි වී ඇත. ඩිරැක් සමීකරණයෙන් කෙරෙන්නේ ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාව හා විශේෂ සාපේක්ෂතාවාදය එකතු කිරීමකි. භෞතික විද්‍යාවෙහි දැක්වෙන විද්‍යුත් චුම්බක බලය, දූර්වල බලය හා ශක්තිමත් බලය එකතු කිරීමට සෛද්ධාන්තික භෞතික විද්‍යාව සමත් වී ඇතත් ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය අනෙක් බල සමග එකතු කිරීමට, එනම් සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදය ඉතිරි බල (ක්ෂෙත්‍ර) සමග එකතු කිරීමට අවුරුදු හැත්තෑවකට පමණ පසුවත් බටහිර සෛද්ධාන්තික භෞතික වියාඥයන්ට හැකි වී නැත.

මහාචාර්ය නලින් ද සිල්වා

© Prof. Nalin De Silva