මහළු නොවන ෆෝටෝනය

වස්තුවක නිශ්චලතා රාමුවෙහි (rest frame) මැනෙන දිග ඒ රාමුවට සාපේක්ෂව දිග අතට චලනයවන රාමුවක වස්තුවෙහි මැනෙන දිගට වඩා වැඩිවන බව ද වස්තුවක නිශ්චලතා ස්කන්ධයට (rest mass) වඩා වෙනත් රාමුවක මැනෙන ස්කන්ධය වැඩි බව ද අපි සඳහන්කෙළෙමු. වස්තුවක නිශ්චලතා රාමුවෙහි මැනෙන දිගට වඩා දිග අතට චලනයවන වෙනත් රාමුවක මැනෙන දිග අඩුවෙයි. මෙයට දික් සංකෝචනය (length contraction) යැයි කියනු ලැබෙයි. වස්තුවෙහි නිශ්චලතා රාමුවට සාපේක්ෂව චලනයවන රාමුවක මැනෙන වස්තුවෙහි ස්කන්ධය වැඩිවීමේ ප්‍රතිඵලයක් ලෙස නිශ්චලතා ස්කන්ධය ශූන්‍ය නොවූ වස්තුවකට කිසිම රාමුවකට සාපේක්ෂව ආලෝකයේ ප්‍රවේගයෙන් ගමන්කිරීමට නො හැකි ය. ආලෝකයේ ප්‍රවේගයට වඩා වැඩි වේගයකින් චලනය වන වස්තු නොමැති යැයි මෙයින් නො කියැවෙයි. සෛද්ධාන්තික වශයෙන් එවැනි වස්තු තිබිය හැකි ය. සෛද්ධාන්තික වශයෙන් ඇතැයි සැලකිය හැකි එවැනි අංශුවලට බටහිර භෞතික විද්‍යාවෙහි ටැකියොන යැයි කියනු ලැබෙයි. එහෙත් බටහිර භෞතික විද්‍යාවෙහි වත්මන් දැනුම අනුව යම් සමුද්දේශ රාමුවකට සාපේක්ෂව ආලෝකයේ වේගයට අඩු ප්‍රවේගයකින් ගමන් ගන්නා වස්තුවකට ඒ රාමුවට සාපේක්ෂව ආලෝකයේ වේගයට වැඩි වේගයකින් කිසිදා චලනය විය නො හැකි ය.

යම්කිසි සමුද්දේශ රාමුවකට සාපේක්ෂව සෛද්ධාන්තික වශයෙන් හෝ ආලෝකයේ වේගයට වැඩි වේගයකින් චලනයවන වස්තු ඇත්නම් ඒ වස්තු හා ආලෝකයේ වේගයට අඩු වේගයකින් චලනයවන වස්තු අතර බෙදීමක් වෙයි. එක් වර්ගයක වස්තු අනෙක් වර්ගයෙහි වස්තු බවට පත්වීමක් සාපේක්ෂතාවාදී මූලධර්මවලට අනුව නො සිදුවෙයි. මේ දෙවර්ගය අතර ඇත්තේ ආලෝක අංශු ය. එනම් ෆෝටෝන ය. ෆෝටෝන ද දැනට බටහිර භෞතික විද්‍යාවේ සම්මත අදහස්වලට අනුව වෙනත් වර්ගයක අංශු බවට පත්වීමක් නැත. එහෙත් ෆෝටෝනයක ඇති ශක්තිය ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් වැනි අංශුවකට අවශෝෂණය කළහැකි වෙයි. එමෙන් ම ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් වැනි අංශුවකට ෆෝටෝනයක් ලෙස අංශුවක් මුදාහැරිය හැකි ය. පරමාණුවක ඇති ඉලෙක්ට්‍රෝනයකට එලෙස ෆෝටෝනයක ඇති ශක්තිය අවශෝෂණයකිරීමෙන් එක් කාක්ෂිකයක (orbital) සිට ඉහළ කාක්ෂිකයකට පැනිය හැකිවෙයි. අනෙක් අතට පරමාණුවක වූ ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් ෆෝටෝනයක් ලෙස ශක්තිය මුදාහැරීමෙන් කක්ෂකයක සිට පහළ කක්ෂයකට පනියි. එහෙත් බටහිර භෞතික විද්‍යාවෙහි දැනට නිර්මාණය කෙරී ඇති දැනුම අනුව සාමාන්‍ය අංශුවක් ෆෝටෝනයක් හෝ ෆෝටෝන කිහිපයක් හෝ බවට පත්වීමක් නො සිදුවෙයි.

එකිනෙකට සාපේක්ෂව චලනයවන රාමු දෙකක් අනුබද්ධයෙන් වස්තුවක දිග හා ස්කන්ධය වෙනස් අගයන් ගන්නා අයුරින්, රාමු දෙක අනුබද්ධයෙන් සිද්ධි දෙකක් අතර කාල ප්‍රාන්තරය ද වෙනස් අගයන් ගනියි. සිද්ධි අවකාශයෙහි, නැත්නම් අවකාශ කාලයෙහි, ඒ ඒ ස්ථානවල සිදුවෙයි. යම් නිරීක්ෂකයකුගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි එක් සිද්ධියක් එක් තැනක ද තවත් සිද්ධියක් තවත් තැනක ද සිදුවිය හැකි ය. එවිට බොහෝ විට වෙනත් නිරීක්ෂකයකුගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි ද ඒ සිද්ධි දෙක සිදුවන්නේ තැන් දෙකක ය. වෙනත් ආකාරයකින් පවසන්නේ නම් ඒ සිද්ධිවල අවකාශ ඛණ්ඩාංක වෙනස් වෙයි. එහෙත් ඇතැම් නිරීක්ෂකයකුගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි ඒ සිද්ධි දෙක ම එකම තැනක සිදුවිය හැකි ය. එනම් එවැනි නිරීක්ෂකයකුගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි ඒ සිද්ධි දෙකෙහි අවකාශ ඛණ්ඩාංක සමාන වෙයි.

එය සිදුවන්නේ කෙසේ ද යන්න ඇතැම්විට ප්‍රශ්නයක් විය හැකි ය. අපි උදාහරණයක් ලෙස කපුටකුගේ කෑගැසීම හා බල්ලකුගේ බිරීම සලකමු. A නම් නිරීක්ෂකයකුගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි කපුටාගේ කෑගැසීම බල්ලාගේ බිරීමට කලින් සිදුවන්නේ යැයි සිතමු. එමෙන් ම ඒ සමුද්දේශ රාමුවෙහි බල්ලා හා කපුටා ඇත්තේ තැන් දෙකක යැයි ද සිතමු. දැන් අපි B නම් වෙනත් නිරීක්ෂකයකු ගනිමු. A ගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි B, *u* ඒකාකාර ප්‍රවේගයකින් චලනය වන්නේ යැයි ද සිතමු. දැන් B ට අවශ්‍ය පරිදි චලනය වීමෙන් කපුටා කෑගසන අවස්ථාවෙහි කපුටා සමීපයෙහි ද, බල්ලා බුරන අවස්ථාවෙහි බල්ලා සමීපයෙහි ද සිටිය හැකි ය. කපුටා කෑගසන අවස්ථාවෙහි කපුටා සමීපයෙහි සිටින B නිරීක්ෂකයාට බල්ලා සිටින දිශාවට A ගේ රාමුවෙහි සුදුසු ප්‍රවේගයකින් ගමන්කරන්නේ නම් බල්ලා බුරන අවස්ථාවෙහි බල්ලා සමීපයෙහි ද සිටිය හැකි ය. එවිට ඒ සිද්ධි දෙක ම B ගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි සිදුවන්නේ එකම ලක්ෂ්‍යයක දී ය. වෙනත් වචනවලින් කියන්නේ නම් B ගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි සිද්ධි දෙකම සිදුවන්නේ එකම අවකාශ ඛණ්ඩාංකයක ය. මේ ඛණ්ඩාංකය B ගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි මූලය ලෙස ද ගතහැකි ය.

© Prof. Nalin De Silva

B සිද්ධි දෙකම එකම ඔරලෝසුවකින් වාර්තාකරගනියි. B ට ඔරලෝසු වෙනස්කිරීමට හෝ ඔරලෝසු දෙකක් යොදාගැනීමට අවශ්‍ය නො වෙයි. එහෙත් A ට එසේ නො වෙයි. A ට එකම ඔරලෝසුවකින් සිද්ධි දෙකම සිදුවන කාල මැනගත නො හැකි ය. සාමාන්‍යයෙන් බටහිර භෞතික විද්‍යා පොත්වල A ගේ සමුද්දේශ රාමුව පරීක්ෂණාගාරයේ සමුද්දේශ රාමුව ලෙස ද B ගේ සමුද්දේශ රාමුව චලනයවන සමුද්දේශ රාමුව ලෙස ද හඳුන්වනු ලැබෙයි. පරීක්ෂණාගාර සමුද්දේශ රාමුව චලනයවන රාමුවට වඩා මූලික බවක් මෙයින් හැඟීයැමට ඉඩ ඇත. එක්තරා ආකාරයකින් ගත්විට A ගේ සමුද්දේශ රාමුව එසේ පරීක්ෂණාගාර සමුද්දේශ රාමුව ලෙස හැඳින්වීම නිවැරදි වුව ද මා දකින ආකාරයට නම් මෙහි දී වඩා මූලිකවන්නේ B ගේ රාමුව ය.

දිග මැනීමේ දී මූලික රාමුව ලෙස වස්තුවේ සමුද්දේශ රාමුව හෙවත් නිශ්චලතා රාමුව ගතහැකි වෙයි. එහෙත් සිද්ධි දෙකක් සම්බන්ධයෙන් ගත්කල නිශ්චලතා රාමුව කුමක් ද? සිද්ධියක් යනු වස්තුවක් නො වෙයි. සිද්ධියක් තනි සිද්ධියක් ලෙස ගත්කල මූලික යැයි කිවහැකි රාමුවක් නැත. එයට හේතුව ඕනෑම රාමුවක තනි සිද්ධියකට අවකාශ ඛණ්ඩාංක තුනක් හා කාල ඛණ්ඩාංක එකක් පමණක් තිබීම ය. කිනම් ඔරලෝසුවකින් කාලය මැනගත්ත ද, තනි සිද්ධියකට ලැබෙන්නේ එක් කාල ඛණ්ඩාංකයක් පමණකි. එහෙත් සිද්ධි දෙකක් ගත්කල එසේ නො වෙයි. සිද්ධි දෙකකට කාල ඛණ්ඩාංක දෙකක් වෙයි. කාල ඛණ්ඩාංක දෙකම තනි ඔරලෝසුවකින් වාර්තාකරගත හැකි සමුද්දේශ රාමුවක් වෙයි. ඒ සමුද්දේශ රාමුවෙහි සුදුසු පරිදි තෝරාගත් එක් නිරීක්ෂක සගයකුට සිද්ධි දෙකම සිදුවන ස්ථානවලට යැමේ හැකියාව වෙයි. ඉහත සඳහන් උදාහරණයේ දී B ඒ කාර්යය කරයි. එවැනි සමුද්දේශ රාමුවක් මූලික රාමුව ලෙස ගැනීම උචිත වෙයි.

B ගේ රාමුව මූලික රාමුව ලෙස ගෙන ඒ රාමුවේ සිද්ධි දෙක අතර මැනෙන කාල ප්‍රාන්තරය t_0 යැයි සිතමු. එමෙන් ම B ගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි A ගේ ප්‍රවේගය v යැයි ද සිතමු. කලින් u අර්ථදක්වා ඇති ආකාරය සළකාබැලීමේ දී පෙනී යනු ඇත්තේ $v = -u$ බව ය. A ගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි සිද්ධි දෙක අතර මැනෙන කාල ප්‍රාන්තරය t යැයි සිතමු. විශේෂ සාපේක්ෂතාවාදයට අනුව $t = t_0\sqrt{(1 - v^2/c^2)}$ වෙයි. එනම් $t = t_0/\sqrt{(1 - v^2/c^2)}$ වෙයි. මේ සූත්‍ර කිහිප ආකාරයකට විවරණය කළ හැකි ය. සිද්ධි දෙකක් අතර කාල ප්‍රාන්තරය අවමයක් වනුයේ මූලික රාමුවෙහි බව පෙනී යනු ඇත. එනම් වෙනත් ඕනෑම රාමුවක සිද්ධි දෙක අතර මැනෙන කාල ප්‍රාන්තරය මූලික රාමුවෙහි මැනෙන කාල ප්‍රාන්තරයට වඩා වැඩිවෙයි. මෙයට කාල විස්තරණය (time dilation/ time dilatation) යැයි කියනු ලැබෙයි. විස්තරණය යන්නෙහි වැඩිවීම යන තේරුම ඇත. මූලික රාමුවට සාපේක්ෂව ආලෝකයේ ප්‍රවේගයෙන් චලනයවන රාමුවක සිද්ධි දෙක අතර මැනෙන කාල ප්‍රාන්තරය කුමක් ද?

මෙවැනි ප්‍රශ්න දිග හා ස්කන්ධය සම්බන්ධයෙන් ද ඇසිය හැකි ය. එහි දී මූලික රාමුව ලෙස නිශ්චලතා රාමුව ගැනීමේ බාධාවක් නැත. නිශ්චලතා රාමුවෙහි වස්තුවක මැනෙන දිග උපරිමයක් බව ද වෙනත් ඕනෑම රාමුවක මැනෙන දිග (දිග අතට චලනයවන සමුද්දේශ රාමුව යන්න මෙයින් අදහස්වන බව මේ වනවිට පැහැදිලි විය යුතු ය.) එයට අඩුවන බව ද අපි දුටුවෙමු. වස්තුවක නිශ්චලතා රාමුවට සාපේක්ෂව චලනයවන සමුද්දේශ රාමුවක සාපේක්ෂ ප්‍රවේගය ආලෝකයේ ප්‍රවේගය කරා එළඹෙත් ම එසේ චලනයවන රාමුවෙහි මැනෙන වස්තුවේ දිග කලින් දක්වා ඇති සූත්‍ර අනුව ශුන්‍යය කරා එළඹිය යුතු ය. එහි එතරම් ගැටළුවක් නැත. එහෙත් නිශ්චලතා රාමුවට සාපේක්ෂව ආලෝකයේ ප්‍රවේගයෙන් ගමන්කරන රාමුවක මැනෙන වස්තුවේ දිග පරිමිත යැයි ගතහොත් $l = l_0\sqrt{(1 - v^2/c^2)}$ සූත්‍රයට අනුව නිශ්චලතා රාමුවෙහි මැනෙන වස්තුවෙහි දිග අනන්තයට එළඹිය යුතුවෙයි. මෙය ගැටළු සහගත නිගමනයකි. එබැවින් මෙයින් කියැවෙන්නේ එලෙස ආලෝකයේ ප්‍රවේගයෙන් ගමන්කරන රාමුවක මැනෙන වස්තුවේ දිග පරිමිත නොවියහැකි බව යැයි නිගමනය කළ හැකි වෙයි.

© Prof. Nalin De Silva

මූලික රාමුවෙහි සිද්ධි දෙකක් අතර කාල ප්‍රාන්තරය ශුන්‍ය නොවේ නම් ඒ රාමුවට සාපේක්ෂව ආලෝකයේ ප්‍රවේගයෙන් ගමන්කරන රාමුවක ඒ සිද්ධි අතර කාල ප්‍රාන්තරය දී ඇති සූත්‍ර අනුව අනන්ත විය යුතු ය. මෙය ද ගැටළු සහගත ය. මෙහි දී සිදුවිය හැක්කේ මූලික රාමුවෙහි අදාළ සිද්ධි දෙක අතර මැනෙන කාල ප්‍රාන්තරය ද ශුන්‍ය වීම ය. එවිට අනන්තය පිළිබඳ ප්‍රශ්නය මතු නො වෙයි.

සිද්ධි දෙකක් අතර කාල ප්‍රාන්තරය ශුන්‍ය විය හැක්කේ කිනම් අවස්ථාවල ද? ඒ සිද්ධි දෙක යම් සමුද්දේශ රාමුවක සමගාමී නම් ඒ සිද්ධි දෙක අතර කාල ප්‍රාන්තරය ශුන්‍ය වෙයි. මෙහි දී සිහි තබාගත යුතු කරුණක් නම් සාපේක්ෂතාවාදයෙහි එක් සමුද්දේශ රාමුවක සමගාමී සිද්ධි දෙකක් වෙනත් ඕනෑම සමුද්දේශ රාමුවක සමගාමී වීම අනිවාර්යය නොවන බව ය. එහෙත් යම් සිද්ධි දෙකක් යම් සමුද්දේශ රාමුවක එකම ලක්ෂ්‍යයක දී සමගාමී වේ නම්, එවිට ඒ සිද්ධි දෙක වෙනත් ඕනෑම සමුද්දේශ රාමුවක එකම ලක්ෂ්‍යයක දී සමගාමී වෙයි.

ෆෝටෝනයක් යනු ආලෝකයේ වේගයෙන් ගමන්කරන අංශුවකි. අපට මෙහි දී සාමාන්‍ය අංශුවක් නොවූ ෆෝටෝනයෙහි ප්‍රවේගය මනින්නේ කිනම් සමුද්දේශ රාමුවක ද යන්න දැක්වීම අනවශ්‍ය වන්නේ ඕනෑම සමුද්දේශ රාමුවකට සාපේක්ෂව ෆෝටෝනයෙහි ප්‍රවේගය එකම අගයක් ගැනීම නිසා ය. අපට ෆෝටෝනයක වේගයෙන් චලනයවීමට නොහැකි බව අමතක නොකරන අතර, ෆෝටෝනයක සිට බැලිය හැකි නම් ලෝකය පෙනෙන්නේ කෙසේ ද යන්න තේරුම්ගැනීමට උත්සාහකිරීමේ වරදක් නැත. ෆෝටෝනයකට කාලය ගෙවීයැමක් ගැන නො දැනෙයි. ෆෝටනයේ සමුද්දේශ රාමුවක් ඇතැයි සැලකුවහොත් ඒ සමුද්දේශ රාමුවෙහි කාලය නො ගෙවෙයි. එවිට එහි ඕනෑම සිද්ධි දෙකක් අතර කාල ප්‍රාන්තරය ශුන්‍ය වෙයි. එනම් එහි සියළු සිද්ධි සමගාමී වෙයි. මෙය තවත් අයුරකින් පැහැදිලි කළ හැකි ය. ෆෝටෝනයක් අනුබද්ධයෙන් කාලය ගෙවීයැමක් නොමැති බැවින් ෆෝටෝනයට වයස්ගතවීමක් නැත. වෙනත් වචනවලින් කියන්නේ නම් ෆෝටෝනය මහළු නො වෙයි. ෆෝටෝනයට යම් සමුද්දේශ රාමුවකට සාපේක්ෂව එක් ලක්ෂ්‍යයක සිට තවත් ලක්ෂ්‍යයක් කරා යැමට යම් කාලයක් ගතවනු ඇත. එහෙත් ෆෝටෝනය සම්බන්ධයෙන් ගත්කල එයට කාලයක් ගත නොවනවා පමණක් නොවේ. එය එකම ලක්ෂ්‍යයක පවතියි. එය චලනයවන බව සැබෑ ය. එහෙත් එසේ සිදුවන්නේ වෙනත් සමුදදේශ රාමුවල ය.

මහාචාර්ය නලින් ද සිල්වා

© Prof. Nalin De Silva