දිග අඩුවෙයි ස්කන්ධය වැඩිවෙයි

යම් නිරීක්‍ෂකයකුගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි සිටින නිරීක්‍ෂක සගයන් මුල් නිරීක්‍ෂකයාට සාපේක්‍ෂව නිසලතාවෙහි ඇත. ඒ නිරීක්‍ෂක සගයන් සියළු දෙනාටම තම තමන්ගේ කෝදු ඇති අතර ඒ කෝදු එකිනෙකින් වෙනස් නො වෙයි. එමෙන් ම ඒ සියළු නිරීක්‍ෂකයන්ට තම තමන්ගේ ඔරලෝසු ද ඇත. ඒ සියළු ඔරලෝසු එකිනෙක සමග සමමුර්තිකර ඇති අතර ඔරලෝසුවල යාන්ත්‍රික දෝෂ නැතැයි ද උපකල්පනය කෙරෙයි. දැන් ඒ ඒ නිරීක්‍ෂක සගයන්ට ද තම තමන්ගේ ම වූ සමුද්දේශ රාමු තිබිය යුතු බව පැහැදිලි ය. ඒ ඒ නිරීක්‍ෂකයන්ගේ සමුද්දේශ රාමු ගැන අපට කිව හැක්කේ කුමක් ද?

අපි උදාහරණයක් ලෙස A නම් නිරීක්‍ෂකයකු සලකමු. A ගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි B නම් නිරීක්‍ෂක සගයකු ඇතැයි සිතමු. දැන් A ගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි B නිසලව ඇත. එසේ නම් B ගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි A නිසල වෙයි. එමෙන් ම නිරීක්‍ෂකයන් දෙදෙනාගේ ම කෝදු හා ඔරලෝසු අදාළ පරිදි සමාන වෙයි. එක් අයකුගේ ඔරලෝසුවෙන් විනාඩි පහක් යනු අනෙකාගේ ඔරලෝසුවෙන් ද විනාඩි පහක් වෙයි. නිරීක්‍ෂකයන් දෙදෙනා ඒ බව දැනගන්නේ සන්නිවේදනයෙනි. කලින් කතාකරගෙන දෙදෙනාට තම ඔරලෝසු සමමුර්තිකර ගත හැක. ඒ සඳහා පළමුවෙන් දෙදෙනා තමන් අතර ඇති දුර දැනගත යුතු ය. එය රේඩාර සංඥාවක් හෝ වෙනත් එවැන්නක් අනෙකා වෙත යවා පරාවර්තනයෙන් ආපසු ගෙන්වාගෙන දැනගත හැකි ය. එසේ සංඥාව ආපසු ලැබීමට ගත වූ කාලය දැනගෙන ඒ කාලය ආලෝකයේ වේගයෙන් වැඩිකිරීමෙන් එක් අයකුට සාපේක්‍ෂව අනෙකා කෙතරම් දුරකින් වේදැයි දැනගැනීමට හැකි ය. එකිනෙකා අතර දුර දැනගැනීමෙන් පසු කලින් කතාකරගෙන එක් නිරීක්‍ෂකයකු තම ඔරලෝසුවෙන් උදැසන හතට සංඥාවක් යවන්නේ යැයි සිතමු. දැන් දෙවැනි නිරීක්‍ෂකයා කළ යුතු වන්නේ තමන්ට සංඥාව ලැබුණු වෙලාව උදැසන හත පසු වී තත්පර ගණනක් යැයි ලකුණු කරගැනීම ය. ඒ තත්පර ගණන නිරීක්‍ෂකයන් දෙදෙනා අතර දුර ගෙවා යැමට ආලෝක සංඥාවක් ගන්නා කාලය වෙයි.

අපට පැහැදිලි වන කරුණ නිරීක්‍ෂකයන් දෙදෙනා දුර හා කාල ප්‍රාන්තර වශයෙන් මනින දෑ අදාළ පරිදි සමානවන බව ය. එමෙන් ම දෙදෙනා එකිනෙකාගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි නිසල ව ඇත. මේ සියල්ලෙන් අප ලබාගන්නා නිගමනය නම් දෙදෙනාගේ සමුද්දේශ රාමු සමපාත වන බව ය. වෙනත් වචනවලින් කිවහොත් යම් නිරීක්‍ෂකයකුගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි සිටින සියළු නිරීක්‍ෂක සගයන්ගේ සමුද්දේශ රාමු පළමු නිරීක්‍ෂකයාගේ සමුද්දේශ රාමු සමග සමපාත වෙයි. ඒ සමුද්දේශ රාමු අතර වෙනසක් නැත.

දැන් අපි එකිනෙකාගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි එකිනෙකාට සාපේක්‍ෂව ඒකාකාර ප්‍රවේගයෙන් චලනයවන නිරීක්‍ෂකයන් දෙදෙනකු ගනිමු. මේ නිරීක්‍ෂකයන් දෙදෙනාගේ සමුද්දේශ රාමු ගැන කිව හැක්කේ කුමක් ද? ඒ රාමු සමපාත විය යුතු ද? ඔවුන්ගේ කෝදු සමාන ප්‍රතිඵල අත්කර දිය යුතු ද? ඔවුන්ගේ ඔරලෝසුවලින් මැනෙන කාල ප්‍රාන්තර සමාන විය යුතු ද? ඒ සියල්ලට ම පළමු එක් සමුද්දේශ රාමුවකට සාපේක්‍ෂව චලනයවන වස්තුවක දිග පළල මැන ගන්නේ කෙසේ ද?

යම් සමුද්දේශ රාමුවක නිසලව ඇති වස්තුවක දිග පළල මැනගැනීම ප්‍රශ්නයක් නො වෙයි. එහි දී කළයුතු වන්නේ නිරීක්‍ෂකයා වස්තුව අසල තම සමුද්දේශ රාමුවෙහි නිසල ව ඇති නිරීක්‍ෂක සගයකුට සංඥාවක් යවා වස්තුවේ දිග පළල මනින ලෙස ඉල්ලුම්කිරීම ය. නිරීක්‍ෂක සගයා දිග පළල මැනගෙන මුල් නිරීක්‍ෂකයාට ඒ තොරතුරු ලබාදෙයි. එහෙත් යම් වස්තුවක් නිරීක්‍ෂකයාගේ සමුද්දේශ රාමුවට සාපේක්‍ෂව චලනය වන්නේ නම් ඉහත සඳහන් ක්‍රමය එපරිද්දෙන් යොදාගත නො හැකි ය.

අපි අප අසල ඇති යම් වස්තුවක දිග මනින්නේ යැයි සිතමු. එහි දී අප කරන්නේ කෝදුවක් ගෙන වස්තුව සමග සමපාත කිරීම ය. වස්තුවේ එක් කෙළවරකින් පටන්ගෙන අනෙක් කෙළවර දක්වා කෝදුව කී වරක් දිගින් දිගට වස්තුව සමග එකට තැබිය යුතු දැයි අපි නිරීක්‍ෂනයකරමු. කෝදුව එසේ තුන්වාරයක් තැබිය යුතු නම් වස්තුවේ දිග කෝදුවේ ඒකක අනුව අඩි තුනක් හෝ මීටර් තුනක් යනුවෙන් අපි නිගමනයකරන්නෙමු. එහෙත් වස්තුව අපට සාපේක්‍ෂව, එනම් අපේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි චලනය වන්නේ නම් අපට ඒ ක්‍රමය අනුගමනය කළහැකි නො වෙයි. එයට

© Prof. Nalin De Silva

හේතුව වස්තුව අපේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි නිසල ව නොමැති බැවින් අපට ඒ මත කෝදුවක් තැබීමට නොහැකි වීම ය. වස්තුව මත කෝදුවක් තැබිය හැක්කේ අපේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි වස්තුව නිසල ව ඇත්නම් පමණකි.

අපේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි අප අසලින් චලනය වන වස්තුවක දිග මැනීමේ දී අපට වස්තුව මත කෝදුවක් තැබිය හැකිවන්නේ වස්තුව නිශ්චලත්වයට පත්කිරීමෙන් ය. එහෙත් එසේ කළහොත් අප මනින්නේ චලනයවන වස්තුවක දිග නොව නිසලව ඇති වස්තුවක දිග ය. එහි දී අපි වස්තුවේ භෞතික තත්ත්වය වෙනස් කරන්නෙමු. වස්තුවේ භෞතික තත්ත්වය වෙනස් නොකර අපට එහි දිග මැනගත හැක්කේ අපේ ඔරලෝසුවෙන් යම් ක්‍ෂණයක දි ය.

අපේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි නිසල ව ඇති වස්තුවක දිග මැනීමේ දී අපි එය ක්‍ෂණයක දී සිදු නොකරමු. වස්තුව මත කෝදුව කිහිප වාරයක් තැබීමට සිදුවුවහොත් එයට යම්කිසි කාලයක් ගතවෙයි. එහෙත් එය අපට ප්‍රශ්නයක් නොවන්නේ වස්තුව ඒ මුළු කාලයෙහි ම අප සමග නිසලව ඇති බැවින් ය. වස්තුව අපේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි චලනය වන්නේ නම් අපට එලෙස යම් කාලයක් ගතකර කෝදුව වස්තුව මත තැබීමෙන් අපට එහි දිග මැනගත නො හැකිවෙයි.

එවැනි අවස්ථාවක දී අපට අපේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි නිසලව ඇති අපේ නිරීක්‍ෂක සගයන්ගේ සහාය ලබාගැනීමට සිදුවෙයි. යම්කිසි කාලයක දී වස්තුවේ දිග මැනීමට අපි තීරණය කරමු. ඒ සමහර විට වස්තුවේ එක් කෙළවරක් අප පසුකරමින් සිටින අවස්ථාව විය හැකි ය. එසේ නැතිවුව ද එය ප්‍රශ්නයක් නො වෙයි. අප කරන්නේ අපට අවශ්‍ය ක්‍ෂණයෙහි දී වස්තුවේ දෙකෙළවර සමග සමපාත වන අපේ නිරීක්‍ෂක සගයන් දෙදෙනා හැඳිනගැනීම ය. අප අපේ නිරීක්‍ෂකයන්ට දන්වා ඇත්තේ අප නියම කරගත් ක්‍ෂණයක දී වස්තුවේ එක් කෙළවරක් හෝ තමන් පසුකරන්නේ දැයි දැනගැනීමට ය. ඒ ක්‍ෂණයෙහි දී වස්තුවේ දෙකෙළවර තමන් පසුකරන නිරීක්‍ෂකයන් දෙදෙනකු සිටිය යුතු ය. ඒ දෙදෙනා කවුදැයි හැඳිනගත් පසු අප කළයුතු වන්නේ ඒ දෙදෙනා අතර දිග (දුර) මැනගැනීම ය. ඒ දෙදෙනා එකිනෙකාට තරමක් ඈතින් පිහිටිය ද ඔවුන් අපේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි නිසලව ඇති බැවින් ඔවුන් අතර දුර මැනගැනීම අපහසුවක් නො වෙයි. එක්කෝ අපේ නිරීක්‍ෂක සගයන් සහභාගි කරගනිමින් කෝදුවක් අතින් අත යවමින් ඒ දුර මැනගත හැකි ය. නැතහොත් රේඩාර හෝ වෙනත් සංඥා ආධාරයෙන් අපට අවශ්‍ය දුර මැනගත හැකිවෙයි. ඒ දුර කෙලෙස මැනගත්ත ද අපේ රාමුවෙහි චලනය වන වස්තුවේ දිග ඒ නිරීක්‍ෂකයන් දෙදෙනා අතර ඇති දුරට සමාන යැයි කියනු ලැබෙයි.

මෙය තරමක් සංකීර්ණ ක්‍රියාවලියක් බව සැබෑ ය. එහෙත් එය නොකළ හැක්කක් නො වෙයි. වස්තුවෙහි දිග අප මැනගන්නේ අපේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි ය. එලෙස වස්තුවෙහි දිග වෙනත් සමුද්දේශ රාමුවල ද මැනගත හැකි ය. විශේෂයෙන් ම වස්තුවෙහි දිග එහි සමුද්දේශ රාමුවෙහි ද මැනගත හැකි ය. වස්තුවෙහි සමුද්දේශ රාමුවෙහි වස්තුව නිසල ව ඇත. මේ සමුද්දේශ රාමුවට වස්තුවෙහි නිශ්චලතා රාමුව යැයි කියනු ලැබෙයි. වස්තුවක නිශ්චලතා රාමුවෙහි එහි දිග පළල මෙන් ම ස්කන්ධය ආදිය ද මැනගත හැකි ය. වස්තුවක නිශ්චලතා රාමුවෙහි මැනෙන ස්කන්ධයට එහි නිශ්චලතා ස්කන්ධය යැයි කියනු ලැබෙයි.

යම් නිරීක්‍ෂකයකුගේ සමුද්දේශ රාමුවෙහි චලනයවන වස්තුවක දිග ඒ රාමුවෙහි මෙන් ම වස්තුවෙහි නිශ්චලතා රාමුවෙහි ද මැනගත හැකි ය. එමෙන් ම වෙනත් නිරීක්‍ෂකයන්ගේ සමුද්දේශ රාමුවල ද මැනගත හැකි ය. දැන් ප්‍රශ්නය වනුයේ ඒ ඒ රාමුවෙහි මැනෙන වස්තුවෙහි දිග එකිනෙකට සමානවන්නේ ද යන්න ය. නිව්ටෝනීය භෞතික විද්‍යාවෙහි මේ ප්‍රශ්නය නො ඇසෙයි. එහි දී ඒ සියළු දිග එකිනෙකට සමාන යැයි ගැනෙයි. එහෙත් අයින්ස්ටයිනීය භෞතිකයෙහි, එනම් සාපේක්‍ෂතාවාදී භෞතිකයෙහි ඒ එසේ නො වෙයි. ඒ ඒ රාමුවෙහි මැනෙන වස්තුවෙහි දිග සාධාරණ වශයෙන් ගතහොත් එකිනෙකට සමාන නො වෙයි. දිග සමාන වන්නේ එකිනෙකට සාපේක්‍ෂව නිසලව ඇති සමුද්දේශ රාමුවල ය.

වස්තුවක මැනෙන දිග උපරිමයක් වනුයේ වස්තුවේ නිශ්චලතා රාමුවෙහි ය. වෙනත් රාමුවක මැනෙන වස්තුවෙහි දිග නිශ්චලතා රාමුවෙහි මැනෙන දිගට වඩා අඩුවෙයි. යම් සමුද්දේශ රාමුවකට සාපේක්‍ෂව වස්තුව එහි දිග අතට v ප්‍රවේගයකින් චලනයවන්නේ යැයි සිතමු. එමෙන් ම ඒ සමුද්දේශ රාමුවෙහි මැනෙන වස්තුවෙහි දිග l යැයි ද සිතමු.

© Prof. Nalin De Silva

වස්තුවෙහි නිශ්චලතා රාමුවෙහි එහි මැනෙන දිග l_0 නම් එවිට $l = l_0\sqrt{(1- v^2 / c^2)}$ වෙයි. මෙයින් පැහැදිලි වන කරුණ නම් යම්කිසි රාමුවකට සාපේක්‍ෂව වස්තුවෙහි ප්‍රවේගය වැඩිවත් ම ඒ රාමුවෙහි වස්තුව චලනය වන අතට මැනෙන දිග අඩුවන බව ය. (මෙහි c යනු ආලෝකයෙහි ප්‍රවේගය වෙයි.) මෙහි දී සැලකිය යුතු කරුණ නම් අප වස්තුව චලනය වන අතට මැනෙන දිග ගැන සඳහන් කිරීම ය. වස්තුව යම්කිසි රාමුවකට සාපේක්‍ෂව චලනයවීම නිසා එය චලනයවන අතට ලම්බ දිශාවක් දිගේ මැනෙන දිග ඒ අතට ම වස්තුවෙහි නිශ්චලතා රාමුවෙහි මැනෙන දිගෙන් වෙනස් නො වෙයි.

ඉහත සඳහන් පැහැදිලිවන තවත් කරුණක් නම් යම් සමුද්දේශ රාමුවකට සාපේක්‍ෂව වස්තුවේ ප්‍රවේගය ආලෝකයේ වේගයට සමාන වන්නේ නම් එවිට ඒ රාමුවෙහි වස්තුව ගමන්කරන අතට මැනෙන වස්තුවෙහි දිග ශූන්‍ය වන බව ය. මෙහි දී නැගෙන ප්‍රශ්නය නම් වස්තුවකට එසේ යම් සමුද්දේශ රාමුවකට සාපේක්‍ෂව ආලෝකයේ ප්‍රවේගයෙන් ගමන්කළ හැකි ද යන්න ය. වස්තුවක දිග සම්බන්ධයෙන් පමණක් නොව ස්කන්ධය සම්බන්ධයෙන් ද එ ඒ සමුද්දේශ රාමුවෙහි ලැබෙන අගය එකිනෙකින් වෙනස් වෙයි. එහෙත් මෙහි දී එය සිදුවන්නේ කලින් මෙන් නොව ප්‍රවේගය වැඩිවත් ම ස්කන්ධය වැඩිවන ආකාරයට ය. කලින් මෙන් ම වස්තුව යම් සමුද්දේශ රාමුවක v ප්‍රවේගයකින් චලනයවන්නේ යැයි සිතමු. එමෙන් ම ඒ රාමුවෙහි වස්තුවෙහි ස්කන්ධය m යැයි ද සිතමු. වස්තුවෙහි නිශ්චලතා ස්කන්ධය m_0 නම් එවිට

$m = m_0 / \sqrt{(1- v^2 / c^2)}$ වෙයි. මෙයින් පැහැදිලි වන්නේ ප්‍රවේගය වැඩිවන විට මැනෙන ස්කන්ධය වැඩිවන බව ය.

යම් සමුද්දේශ රාමුවක වස්තුවෙහි ස්කන්ධය වැඩිවත් ම වස්තුවෙහි ප්‍රවේගය තව තවත් වැඩිකිරීම සඳහා යෙදිය යුතු බලය ද වැඩිවෙයි. වස්තුවෙහි ප්‍රවේගය ආලෝකයේ ප්‍රවේගය කරා එළඹෙත් ම එහි මැනෙන ස්කන්ධය ද අනන්තය කරා එළඹෙයි. ස්කන්ධය අනන්තය කරා එළඹෙත් ම වස්තුවට යෙදිය යුතු බලය ද අනන්තය කරා එළඹෙයි. මෙහි ප්‍රතිඵලය වන්නේ යම් රාමුවක වස්තුවෙහි ප්‍රවේගය ආලෝකයේ ප්‍රවේගයට සමාන කිරීම සඳහා අනන්ත වූ බලයක් යෙදිය යුතු ය යන්න ය. එවැනි බලයක් යෙදිය නොහැකි බව අමුතුවෙන් කිවයුතු නො වෙයි.

මහාචාර්ය නලින් ද සිල්වා

© Prof. Nalin De Silva