සුද්දන්ගේ සුදු කුහර

ගුරුත්වාකර්ෂණය යටතේ නැත්නම් අවකාශ කාලයේ වක්‍රතාව වැඩිවීම හේතුකොටගෙන කඩාවැටෙන හෙවත් එක් ලක්ෂ්‍යයකට සංකේන්ද්‍රවන තාරකාවක් වැනි වස්තුවකට අවසානයේ දී කුමක් සිදුවන්නේ ද? බටහිර භෞතික විද්‍යාඥයන්ට කිවහැක්කේ එය ගුළු අගාධයක් බවට පත්වන බව ය. අපට ගුළු අගාධය නොපෙණුන ද කලින් සඳහන්වී ඇති ආකාරයට එහි ගුරුත්වාකර්ෂණය, එනම් ඒ විසින් අවකාශ කාලයේ වක්‍රතාවයෙහි ඇතිකෙරෙන වෙනස, විද්‍යුත් චුම්බක ක්ෂෙත්‍රය හා භ්‍රමණය දැනෙයි. එමෙන් ම ගුළු අගාධය වටා ඇති දූලි හා අංශුවලින් නිකුත්කෙරෙන විද්‍යුත් චුම්බක කිරණවලින් යම් ප්‍රමාණයක් ද අපට ලැබෙයි. එහෙත් අපට ප්‍රශ්නය වන්නේ ගුළු අගාධය තුළට වැදි තාරකාවට කුමක් සිදුවන්නේ ද යන්න ය.

ඒ ප්‍රශ්නය වෙනත් අවස්ථාවක දී ද අපට ඇසිය හැකි ය. ගුළු අගාධයක් දෙසට ඇදී යන අංශුවකට අවසානයේ දී කුමක් සිදුවන්නේ ද? ඒ අංශුව ගුළු අගාධය තුළට වැදීමෙන් පසුව එයට කුමක් සිදුවන්නේ ද? මේ ප්‍රශ්නයෙන් ගැලවීම සඳහා ඇතැමුන් පවසන්නේ බාහිරව ඈතින් සිටින නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂව ගුළු අගාධයක් දෙසට ඇදී යන අංශුවක් එයට ළඟාවීමට අනන්ත කාලයක් ගන්නා බව ය. ගුළු අගාධයට බාහිර ඈතින් පිහිටි නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂව අංශුව ගුඩ අගාධය කරා ඇදී යෑමට අනන්ත කාලයක් ගන්නේ නම් ඉන් කියැවෙන්නේ බාහිර නිරීක්ෂකයාට අංශුවට අවසානයේ දී කුමක් සිදුවන්නේ දැයි දැනගැනීමට නොහැකි බව යැයි ඔවුහු කියති. තාරකාවක් වැනි වස්තුවක් ගුළු අගාධයක් බවට පත්වීමේ දී ද එවැනිම පිළිතුරක් දිය හැකි ය. ඔවුන්ට කිවහැක්කේ බාහිර නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂව තාරකාව ගුළු අගාධයක් බවට පත්වීම සඳහා අනන්ත කාලයක් ගන්නා බව ය. එහෙත් එය ප්‍රශ්නයෙන් පළායෑමක් පමණක් වෙයි.

බාහිර නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂව එසේ අනන්ත කාලයක් ගන්නා බව සැබෑ නමුත් ගුළු අගාධයක් දෙසට ඇදීයන අංශුවක් ඒ තුළට වැදීමට අංශුවට සාපේක්ෂව ගතවන්නේ පරිමිත කාලයකි. එනම් අංශුවේ සිටින නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂව අංශුව පරිමිත කාලයක දී ගුළු අගාධය තුළට වැදෙයි. එයට හේතුව සාපේක්ෂතාවාදයට අනුව නිරීක්ෂකයන් දෙදෙනකුට සාපේක්ෂව සිද්ධි දෙකක් අතර කාල ප්‍රාන්තරය වෙනස් අගයන් ගැනීමට හැකිවීම ය. බාහිර නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂව අංශුව ගුළු අගාධය තුළට වැදීමට අනන්ත කාලයක් ගත්ත ද අංශුව සමග ගමන්කරන නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂව ගන්නේ පරිමිත කාලයක් බැවින් ගුළු අගාධයට වැදීමෙන් පසුව අංශුවට සිදුවන්නේ කුමක් ද යන ප්‍රශ්නයට පිළිතුරු සැපයිය යුතුවෙයි. එමෙන් ම තාරකාවක් වැනි වස්තුවක් ගුළු අගාධයක් බවට පත්වීමට බාහිර නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂව අනන්ත කාලයක් ගන්නා නමුත් තාරකාව සමග ගමන්කරන නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂව ගන්නේ පරිමිත කාලයක් බැවින් ප්‍රශ්නය එහි දී ද ඇතිවෙයි.

මෙහි දී අංශුව හෝ වස්තුව හෝ සමග ගමන්කරන නිරීක්ෂකයා කවුද යන්න ප්‍රශ්නයක් වියහැකි ය. එවැනි නිරීක්ෂකයකු අංශුව ගුළු අගාධයට ළඟාවන අවස්ථාවේ දී හෝ වස්තුව ගුළු අගාධයක් බවට පත්වන අවස්ථාවේ දී හෝ ජීවත්ව නොසිටිනවා විය හැකි ය. එවැනි නිරීක්ෂකයකු පමණක් නොව අංශුව හෝ වස්තුව හෝ සමග ගමන්කරන ඔරලෝසුවක් ද ඒ අවස්ථාව වනවිට කැඩී බිඳී යා හැකි ය. එසේ නම් ඒ කියන පරිමිත කාලය මනින්නේ කවුද, කුමකින් ද යන ප්‍රශ්නය පැනනගියි. ඒ ප්‍රශ්නයට පිළිතුර ලෙස බටහිර භෞතික විද්‍යාඥයකු කියනු ඇත්තේ ඉන් අදහස්කරන්නේ නිරීක්ෂකයකු හෝ වෙනත් ඔරලෝසුවක් නොව අංශුව ම බව ය. අංශුවකට එක්තරා ආකාරයකින් ගත්කල ඒ විසින් ම කාලය මැනගත හැකි යැයි විද්‍යාඥයා පවසනු ඇත. එබැවින් මෙහි දී සිදුවන්නේ අංශුව අංශුවට ම සාපේක්ෂව පරිමිත කාලයක දී ගුළු අගාධය තුළට වැදීම යැයි වැඩිදුරටත් කියැවෙයි. මේ කාලය සිද්ධි දෙක අතර නියම කාලය (proper time) ලෙස හැඳින්වෙයි.

මෙහි දී ගුළු අගාධයක් ගැන තවත් කරුණක් පැවසිය යුතු ය. ගුළු අගාධයක් තුළ අවකාශ කාලය සාමාන්‍ය අවකාශ කාලයෙන් වෙනස් වෙයි. එහි දී අවකාශ කාලයෙහි අපූර්වතාවක් (singularity) වෙයි. එමෙන් ම ඒ අපූර්වතාවට පෙර සිද්ධි ක්ෂිතිජයක් (event horizon) ද වෙයි. අපූර්තාවක් යනු එක්තරා ආකාරයකින් ගත්කල අවකාශ කාලයේ අයින්ස්ටයිනීය ක්ෂෙත්‍ර සමීකරණ වලංගු නොවන ලක්ෂ්‍යයක් වෙයි. එවැනි ලක්ෂ්‍යයක දී අවකාශ කාල වක්‍රතාව අර්ථ

© Prof. Nalin De Silva

නො දැක්වෙයි. එය අනන්ත අගයක් ගන්නේ යැයි සමහරවිට කියැවෙයි. ගුළු අගාධයක් නිර්ණය වන්නේ මෙවැනි අපූර්වතාවක් මගින් ය. සිද්ධි ක්ෂිතිජයක් යනු බාහිර නිරීක්ෂකයකුට නිරීක්ෂණය කළහැකි සිද්ධිවල සීමාව වෙයි. සිද්ධි ක්ෂිතිජයෙන් ඔබ්බෙහි වූ සිද්ධි බාහිර නිරීක්ෂකයකුට නිරීක්ෂණය නොකළ හැකි වෙයි. සිද්ධි ක්ෂිතිජයෙන් නිකුත්කෙරෙන ආලෝක කිරණයක් වුව ද බාහිර නිරීක්ෂකයකු කරා නො එළඹෙයි. බොහෝ විට ගුළු අගාධ ගැන සඳහන්කරන විට කියැවෙන්නේ මේ සිද්ධි ක්ෂිතිජය ගැන ය. ආලෝකය පවා දර්ශනය නොවන්නේ යැයි කියන විට ඉන් හැඟෙන්නේ සිද්ධි ක්ෂිතිජයෙන් නිකුත් කෙරෙන ආලෝකය ය. එහෙත් ගුළු අගාධයක් සිද්ධි ක්ෂිතිජයෙන් ඔබ්බට ද වෙයි. ගුළු අගාධයක් තුළට වැදෙන අංශුවක් මේ සිද්ධි ක්ෂිතිජයෙන් ඔබ්බටද යයි. බාහිර නිරීක්ෂකයුට සාපේක්ෂව අංශුවට සිද්ධි ක්ෂිතිජය කරා යෑමට ද අනන්ත කාලයක් ගතවෙයි. එහෙත් අංශුවට එයට සාපේක්ෂව සිද්ධි ක්ෂිතිජය පසුකිරීමට ගතවන්නේ පරිමිත කාලයකි.

අංශුවක් සිද්ධි ක්ෂිතිජය පසුකරනවාත් සමග එහි ඛණ්ඩාංකවල ගුණාත්මක වෙනසක් ද සිදුවෙයි. අපි උදාහරණයක් ලෙස ෂ්වාර්ට්ස්චයිල්ඩ් විසඳුම ගනිමු. කලින් සඳහන්කර ඇති ආකාරයට මේ විසඳුමෙන් ලැබෙන්නේ ලක්ෂ්‍යයකට සංකේන්ද්‍රිය වූ ස්කන්ධයක් නිසා ඇතිවන අවකාශ කාලය ය. මෙහි දී $r = R = 2GM/c^2$ හි සිට ආලෝකයට වුව ද බාහිර නිරීක්ෂකයකු වෙතට යෑමට නොහැකි බව අපි දුටුවෙමු. එමෙන් ම $r = R$ කරා ඈතක සිට චලනය වන අංශුවකට ඒ කරා යෑමට බාහිර නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂව අනන්ත කාලයක් ගතවෙයි. එසේ වුව ද අංශුවට සාපේක්ෂව ඒ සඳහා ගතවන්නේ පරිමිත කාලයකි.

$r = R$ යනු ෂ්වාර්ට්ස්චයිල්ඩ් අවකාශ කාලයෙහි සිද්ධි ක්ෂිතිජයකි. ෂ්වාර්ට්ස්චයිල්ඩ් අවකාශ කාලයෙහි අපූර්වතාව ඇත්තේ $r = 0$ මූලයෙහි දී ය. ඈතක සිට මූලය දෙසට චලනයවන අංශුවක් සිද්ධි ක්ෂිතිජයට පැමිණෙන තෙක් r යන්නෙන් දුර ද t යන්නෙන් කාලය ද නිරූපණය වෙයි. එහෙත් අංශුව $r = R$ කරා පැමිණීමෙන් පසුව r යන්නෙන් කාලය ද t යන්නෙන් දුර ද නිරූපණය වෙයි. යම්කිසි අංශුවක් සම්බන්ධයෙන් ගත්කල යම්කිසි ලක්ෂ්‍යයක සිට එහි දුර අචල වියහැකි නමුදු , එනම් දුර නියතයක් වියහැකි නමුදු, කාලය නියත ව තැබිය හැකි නො වෙයි. එබැවින් අංශුව සිද්ධි ක්ෂිතිජය පසුකිරීමෙන් ඉක්බිතිව කාලය r මගින් නිරූපණයවන බැවින් r දිගින් දිගටම අඩුවෙයි. එහි ප්‍රතිඵලය ලෙස අංශුව අපූර්වතාව කරා සීඝ්‍රයෙන් ඇදී යයි.

අංශුවට අපූර්වතාව කරා යෑමට එයට සාපේක්ෂව ගතවන කාලය පරිමිත වෙයි. අපූර්වතාවට අංශුව යන්නේ සිද්ධි ක්ෂිතිජය පසුකර බව අමතක නොකළ යුතු ය. බාහිර නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂව අංශුවට සිද්ධි ක්ෂිතිජයට ද යෑමට අනන්ත කාලයක් ගතවන බැවින් එවැනි නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂව අංශුවට අපූර්වතාවට යෑමට නො හැකිවෙයි. එහෙත් ප්‍රශ්නය එය නො වෙයි. අංශුවට සාපේක්ෂව එයට අපූර්වතාව වෙතට යෑමට ගතවන්නේ පරිමිත කාලයකි. අපූර්වතාව වෙතට පැමිණීමෙන් පසුව අංශුවට සිදුවන්නේ කුමක් ද? මේ බටහිර විද්‍යාවෙන් සාර්ථක පිළිතුරක් නොලැබෙන තවත් ප්‍රශ්නයක් වෙයි. සිද්ධි ක්ෂිතිජයෙන් ඈත පිහිටි ලක්ෂ්‍යයක සිට පරිමිත කාලයකින් අපූර්වතාවට පැමිණෙන අංශුවට එතැන නැවතිය නො හැකි ය. එහෙත් එය යන්නේ කොතැනකට ද?

තම ගුරුත්වාකර්ෂණය යටතේ කඩා වැටෙන තාරකාවක් වැනි සමමිතික වස්තුවක් සඳහා ද මෙවැනි ප්‍රශ්නයක් ඇසිය හැකිවෙයි. කඩාවැටෙන තාරකාවට එහි සිද්ධි ක්ෂිතිජය පසුකිරීමට අනන්ත කාලයක් ගතවන්නේ බාහිර නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂව ය. තාරකාවට ම සාපේක්ෂව ඒ සඳහා ගතවන්නේ පරිමිත කාලයක් ය. සිද්ධි ක්ෂිතිජය පසුකිරීමෙන් පසුව තාරකාව අල්ලා නිසල ව තැබීමට හැකිකමක් නැත. එසේ නම් තාරකාව අපූර්වතාව කරා සීඝ්‍රයෙන් චලනය වෙයි. එපමණක් නොව ඒ තාරකාවට සාපේක්ෂව පරිමිත කාලයක දී සිදුවෙයි. අපූර්වතාවේ ද තාරකාවට නිසලව තිබිය නොහැකි බැවින් එය ඉන් ඔබ්බට ද යා යුතු ය. එහෙත් අපූර්වතාවෙන් ඔබ්බට තාරකාව යන්නේ කොහාට ද?

මේ ප්‍රශ්නයට ඇතැම් බටහිර විද්‍යාඥයන් දෙන පිළිතුර නම් අංශුව හෝ තාරකාව හෝ අදාළ අවස්ථාවේ දී අපූර්වතාවෙන් ඔබ්බට වෙනත් විශ්වයකට යන බව ය. එවැනි අවස්ථාවක් ඔවුන් විසින් හැඳින්වෙන්නේ ශ්වේත හෝ ධවල කුහරයක් (white hole) ලෙස ය. මේ විශ්වයෙන් අපූර්වතාව ඔස්සේ නික්ම යන අංශුව හෝ තාරකාව හෝ වෙනත් විශ්වයක යම් වස්තුවක් ලෙස උපත ලබයි. බටහිර සුද්දන්ට විපතක් සෑම විටම කළු වන අතර උපතක් සුදු

© Prof. Nalin De Silva

වෙයි. සිංහල බෞද්ධයන් මරණයක දී සුදු අඳින්නේ ඇයි ද යන්න සුද්දන්ට ප්‍රශ්නයක් වෙයි! කෙසේ වෙතත් මෙහි දී කෙරෙන උපකල්පනය නම් අපේ විශ්වය හැරෙන්නට තවත් විශ්ව තිබෙන බව ය. අපේ විශ්වයෙන් නික්ම වෙනත් විශ්වයකට යෑම සිදුවන්නේ පණු හිලක් හෝ (worm hole) උමගක් හෝ ලෙස යැයි ඇතැම් බටහිර විද්‍යාඥයෝ විශ්වාසකරති. පණුවකු පසෙහි එක් තැනකින් ඇතුළට වැදී වෙනත් තැනකින් මතුවන්නාක් සේ අංශුව හෝ වස්තුව හෝ මේ විශ්වයෙන් නික්මී වෙනත් විශ්වයකට යන්නේ යැයි ඔවුහු උපකල්පනයකරති.

අංශුවට හෝ තාරකාවක් වැනි වස්තුවට හෝ අපූර්වතාව පසුකර නැවතත් මේ විශ්වයට ම ආපසු ඒමට නොහැකි දැයි යමකු ප්‍රශ්නකිරීමට ඉඩ ඇත. එහෙත් එය සිදුවිය නොහැක්කේ බාහිර නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂව අංශුවට හෝ තාරකාවට හෝ අපූර්වතාවට නොව සිද්ධි ක්ෂිතිජයට ළඟාවීමට ද අනන්ත කාලයක් යන බැවින් ය. අංශුව හෝ තාරකාව හෝ නැවතත් මේ විශ්වයට ම පැමිණෙන්නේ නම් එසේ කළයුත්තේ අපූර්වතාව පසුකර ගොස් බැවින් අපේ විශ්වයෙහි කිනම් නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂ වුව ද ඒ සඳහා අනන්ත කාලයක් ගතවිය යුතු ය. එහෙත් අංශුව හෝ තාරකාව හෝ එයට සාපේක්ෂව පරිමිත කාලයක දී නැවතත් විශ්වයට ඇතුල්වන බැවින් එය නිරීක්ෂකයකුට සාපේක්ෂව දර්ශනය නොවී සිටින්නේ කෙසේ ද යන ගැටළුව මතුවෙයි. බටහිර භෞතික විද්‍යාඥයන්ට වෙනත් විශ්ව ගැන කතාකිරීමට සිදු වී ඇත්තේ එබැවින් ය. අනන්ත කාලයකින් පසුව සිදුවිය යුතු සිද්ධියක්, එනම් අංශුව හෝ තාරකාව හෝ නැවත මේ විශ්වයට ම ආපසු ඒම පරිමිත කාලයක දී අපට දැනගැනීමට නො හැකි ය. එලෙස අංශුව හෝ තාරකාව හෝ ආපසු පැමිනෙන්නේ නම් එය අපට දර්ශනය නොවී පමණක් නොව අප විශ්වය කෙරෙහි ගුරුත්වාකර්ෂණය වැනි කිසිදු බලපෑමක් ද සිදු නොකර සිටිය යුතු ය.

මහාචාර්ය නලින් ද සිල්වා

© Prof. Nalin De Silva