නිව්ටෝනීය ගුළු අගාධ

නිව්ටෝනීය භෞතිකයෙහි ද ගුළු අගාධ ඇතිවන්නේ කෙසේ දැයි සොයා බලමු. පළමුවෙන් ම කිවයුතු කරුන නම් මෙහි දී බටහිර විද්‍යාඥයන් නිව්ටෝනීය භෞතිකය මත පමණක් පදනම් නොවන බව ය. ඔවුහු එහි දී නිව්ටෝනීය භෞතිකය මෙන් ම විශේෂ සාපේක්ෂතාවාදයෙහි කියැවෙන අදහසක් ද යොදාගනිති. එබැවින් එක් අතකින් ගත්කල නිව්ටෝනීය භෞතිකයෙහි ද ගුළු අගාධ ඇතැයි කීම නිවැරදි නො වෙයි. එහෙත් අද බටහිර විද්‍යාවේ සාමාන්‍ය පිලිගැනීම වී ඇත්තේ නිව්ටෝනීය භෞතිකයෙහි ද ගුළු අගාධ ඇති බව ය.

නිව්ටෝනීය භෞතිකයෙහි යම් වස්තුවක් ගුරුත්වාකර්ෂණ ක්ෂෙත්‍රයක සිරස්ව උඩු අතට (ක්ෂෙත්‍රයට එරෙහිව) ප්‍රක්ෂෙපනය කළහොත් එය යම් දුරක් ගමන්කර ක්ෂණික නිශ්චලතාවට පැමිණ ආපසු ප්‍රක්ෂෙප ලක්ෂ්‍යය කරා ළඟාවන බව අපි දනිමු. එහෙත් ඒ සෑම විටෙකම සිදුවන්නක් නො වෙයි. ප්‍රක්ෂෙපන ප්‍රවේගය වියෝග ප්‍රවේගය (escape velocity) යැයි හැඳින්වෙන යම් ප්‍රවේගයකට වඩා වැඩිවුවහොත් වස්තුව ගුරුත්වාකර්ෂණ ක්ෂෙත්‍රයෙන් මිදී අභ්‍යාවකාශයට ගමන්කරන බව නිව්ටෝනීය භෞතිකයෙහි ඉගැන්වෙයි.

උදාහරණයක් වශයෙන් ගෝලීය වශයෙන් සමමිතික ගුරුත්වාකර්ෂණ ක්ෂෙත්‍රයක් ගනිමු. පෘථිවි ගුරුත්වාකර්ෂණ ක්ෂෙත්‍රය මෙහි දී සිහියට නගාගත හැකි ය. පෘථිවියේ ස්කන්ධය M නම් එහි කේන්ද්‍රයෙහි සිට r දුරක දී ස්කන්ධය m වූ අංශුවක ගුරුත්වාකර්ෂණ විභව ශක්තිය $-GMm/r$ වෙයි. එම අංශුව එහි දී v ප්‍රවේගයකින් චලනයවන්නේ නම් එහි චාලක ශක්තිය $mv^2/2$ වෙයි. අංශුවෙහි චාලක ශක්තියෙහි හා විභව ශක්තියෙහි එකතුව නියතයක් වන බැවින් අංශුව පෘථිවියෙහි ගුරුත්වාකර්ෂණයෙන් මිදී අනන්තය කරා එළඹීමට නම් එහි ප්‍රවේගයෙහි වර්ගය $2Gm/r$ ට වඩා වැඩි හෝ සම විය යුතු ය. වෙනත් අයුරකින් කියන්නේ නම් r, $2GM/v^2$ ට වඩා වැඩි හෝ සම විය යුතු ය. එයට හේතුව අංශුව අනන්තයට යෑමට නම් එහි දී එහි ප්‍රවේගය සෘණ නොවිය යුතු වීම ය. දැන් අංශුවෙහි r හි දී ප්‍රවේගය ක්‍රමයෙන් වැඩි වී එය ආලෝකයේ ප්‍රවේගයට, එනම් c ට කිට්ටු වන්නේ යැයි සිතමු. එවැනි අවස්ථාවක අංශුවට අනන්තය කරා එළඹිය හැක්කේ r, $2GM/c^2$ ට වඩා වැඩි නම් ය. r හි මෙම අගය R යැයි සිතමු. එවිට අපට කිවහැක්කේ $r>R$ නම් අංශුව අනන්තය කරා එළඹෙන බවත් $r<R$ නම් අංශුවට අනන්තය කරා එළඹිය නොහැකි බවත් ය. ආලෝකයට වුව ද අනන්තය කරා එළඹිය හැක්කේ $r \geq R$ නම් ය.

මෙයින් පැහැදිලිවන කරුණ නම් යම් ලක්ෂ්‍යයක දී අංශුවෙහි වේගය ආලෝකයෙහි වේගයට අඩුවන විට අංශුවට අනන්තය කරා එළඹිය හැක්කේ එම ලක්ෂ්‍යය ගෝලීය වශයෙන් සමමිතික ගුරුත්වාකර්ෂණයක් ඇතිකරන වස්තුවෙහි කේන්ද්‍රයෙහි සිට R දුරකට වඩා වැඩි දුරකින් පිහිටන විට බව ය. ආලෝකයට අනන්තය කරා එළඹිය හැක්කේ එය ගුරුත්වාකර්ෂණය ඇතිකරන වස්තුවේ කේන්ද්‍රයේ සිට අඩුම තරමින් R දුරකින් ප්‍රචාරණය අරඹන විට ය. එකී කේන්ද්‍රයේ සිට R ට වඩා අඩු දුරකින් ඇරඹුවහොත් ආලෝකයට වුව ද අනන්තය කරා එළඹිය හැකි නො වෙයි. එවැනි දුරක සිට අනන්තය කරා එළඹීමට නම් අංශුවට ආලෝකයේ වේගයට වඩා වැඩි වේගයක් තිබිය යුතු ය.

නිව්ටෝනීය භෞතිකයෙහි අංශුවකට ගතහැකි වේගයට සීමාවක් නැත. එහි දී අංශුවට ආලෝකයේ වේගයට වැඩි වේගයක් වුවත් අත්කරගත හැකි ය. එබැවින් නිව්ටෝනීය භෞතිකය පමණක් යොදාගන්නේ නම් අංශුවට ගුරුත්වාකර්ෂණ වස්තුවේ කේන්ද්‍රයේ සිට ඕනෑම දුරකින් අරඹා අනන්තය කරා එළඹිය හැකි ය. එහෙත් නිව්ටෝනීය භෞතිකය සමග විශේෂ සාපේක්ෂතාවාදයෙහි එන අදහසක් යොදාගතහොත් වෙනත් නිගමනයකට එළඹිය හැකි වෙයි. විශේෂ සාපේක්ෂතාවාදයට අනුව අංශුවකට ආලෝකයේ වේගයෙන් චලනය විය නො හැකි ය. අංශුවකට ගතහැකි වේගය සම්බන්ධයෙන් ගත්කල ආලෝකයේ වේගය සීමාකාරී වේගයක් වෙයි. ආලෝකයේ වේගය තොරතුරු සන්නිවේදනය කිරීමේ උපරිම වේගය වෙයි.

© Prof. Nalin De Silva

නිව්ටෝනීය භෞතිකයට අදාළව ඉහත ලබාගත් ප්‍රතිඵල සමග, අංශුවකට ආලෝකයේ වේගයෙන් චලනයවිය නොහැකිය යන්න හා ආලෝකයටද නිශ්චිත වේගයක් ඇත යන්න ගත්කල කිවහැක්කේ r<R නම් කිසිම අංශුවකට හෝ ආලෝකයට හෝ අනන්තය කරා එළඹිය නොහැකි බව ය. වෙනත් වචනවලින් කිවහොත් r=R ගෝලය තුළින් කිසිවක්, අංශුවක් හෝ ආලෝකය හෝ පිටතට නො පැමිණෙයි. අයින්ස්ටයින් විද්වතාගේ සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදයෙහි සමීකරණ ස්කන්ධය M වූ අංශුවක් සඳහා පළමුවෙන් ම විසඳුයේ ෂ්වාර්ට්ස්චයිල්ඩ් (Schwarzchild) නම් විද්වතෙකි. ඔහුගේ විසඳුමෙන් ලැබෙන්නේ කේන්ද්‍රයෙහි පිහිටි ඉතාමත්ම සංකේන්ද්‍රගත වූ අංශුවක් නිසා බාහිරව ඇතිවන අවකාශ කාලයයි. මේ විසඳුමට අනුව ද $r,\ 2GM/c^2 = R$ ට අඩු නම් අංශුවකට හෝ ආලෝකයට හෝ ගෝලයෙන් පිටතට ඒමට නොහැකි ය. අනෙක් අතට අංශුවක් හෝ ආලෝක පුංජයක් (ෆෝටෝනයක්) හෝ පිටත සිට r = R ගෝලය තුළට ගියහොත් ඒ අංශුවට හෝ ෆෝටෝනයට හෝ ආපසු ඉන් පිටතට ඒමට නො හැකි ය.

මෙහි දී කිවයුතු කරුණක් වෙයි. ෂ්වාර්ට්ස්චයිල්ඩ් විද්වතා ඉහත සඳහන් විසඳුම ලබාගත්තේ ස්කන්ධය එක් ලක්ෂ්‍යයක සංකේන්ද්‍රිය වී ඇත යන පදනමෙහි පිහිටමින් ය. එහෙත් සාමාන්‍යයෙන් ස්කන්ධ එසේ සංකේන්ද්‍රියව නොපවතියි. පදාර්ථ එලෙස සංකේන්ද්‍රිය නොවී ව්‍යාප්තියක් ලෙස සාමාන්‍යයෙන් පවතියි. ඒ ව්‍යාප්තියට ගෝලයක හෝ වෙනත් වස්තුවක හැඩයක් ගතහැකි ය. එවැනි ව්‍යාප්තියක ස්කන්ධය M යැයි සිතමු. එවිට ඒ ස්කන්ධය සඳහා ද කලින් සලකාබැලූ සංකේන්ද්‍රිය අවස්ථාවෙහි මෙන් ම අංශු හා ෆෝටෝන ආපසු නොඑන R අරයකින් යුත් ගෝලයක් පවතියි. ඒ ගෝලය, සමස්ත ස්කන්ධය සඳහා මිස එහි කොටසක් සඳහා නොවන බව ද අමතක නොකළ යුතු ය. බොහෝ අවස්ථාවල ඒ ගෝලය ඇත්තේ ව්‍යාප්තිය විසින් නිර්මානය කෙරෙන වස්තුවෙහි අභ්‍යන්තරයෙහි ය. එයට හේතුව R ඉතා කුඩාවීම ය. එබැවින් අංශු හෝ ෆෝටෝන හෝ R අරයකින් යුත් ගෝලයක් තුළට යෑමේ අවදානමක් නැත.

මෙහි දී යම් කිසිවකුට R අරය සහිත ගෝලය තුළ ඇති අංශුවලට කුමක් සිදුවන්නේ ද යන ප්‍රශ්නය ඇතිවිය හැකි ය. එහෙත් අප කලින් ද සඳහන් කර ඇති පරිදි ඒ ගෝලය අදාළවන්නේ සම්පූර්ණ ස්කන්ධය සඳහා මිස ගෝලය තුළ ඇති ස්කන්ධය සඳහා නො වෙයි. ගෝලය තුළ ඇති ස්කන්ධය පමණක් ගන්නේ නම් එයට ආදාළ ගෝලයෙහි අරය R ට වඩා බෙහෙවින් කුඩා වෙයි. ගුළු අගාධයක් නිර්මාණයවීමට නම් ස්කන්ධය M වූ සමස්ත ව්‍යාප්තියම R අරය සහිත ගෝලය තුළ පිහිටිය යුතු ය. එහෙත් සාමාන්‍යයෙන් එවැන්නක් නො සිදුවෙයි.

එසේ නම් ගුළු අගාධ ඇතිවන්නේ කෙසේ ද යන ප්‍රශ්නය ඇතිවිය හැකි ය. ගුළු අගාධ ඇතිවන්නේ ද යන්න ම තවමත් නොවිසිඳුනු ප්‍රශ්නයකි. ඒ කෙසේ වෙතත් ගුළු අගාධ නිර්මානය සාමාන්‍යයෙන් දෙයාකාරයකට සිදුවිය හැකි යැයි බටහිර විද්‍යාඥයෝ සිතති. එක් ක්‍රමයක් නම් තාරකාවක් හෝ වෙනත් වස්තුවක් හෝ ගුරුත්වාකර්ෂණය යටතේ (සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදය අනුව නම් අවකාශ කාලයේ වක්‍රතාව හේතුවෙන්) කඩාවැටීමෙන් හෙවත් සංකෝචනය වීම ය. තාරකාවක් සාමාන්‍ය අවස්ථාවල සමතුලිතතාවයෙහි ඇත්තේ ගුරුත්වාකර්ෂණය වායු පීඩනය මගින් තුලනය කෙරෙන බැවින් ය. මේ වායු පීඩනය සාමාන්‍ය වායු පීඩනය හෝ ඉලෙක්ට්‍රෝන න්‍යුට්‍රෝන වැනි අංශු නිසා ඇතිවන වායු පීඩනයක් වදය හැකි ය. ඉලෙක්ට්‍රෝන, න්‍යුට්‍රෝන ආදියෙන් ද සාමාන්‍ය අවස්ථාවල නොව පිරිහුණු (degenerated) යැයි කියැවෙන අවස්ථාවල වායු පීඩනයක් ඇති විය හැකි ය. පිරිහුණු අවස්ථාවල ඉලෙක්ට්‍රෝන හා න්‍යුට්‍රෝන වායුවක් මෙන් හැසිරෙයි. එවැනි අවස්ථාවල ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට පිරිහුණු ඉලෙක්ට්‍රෝන වායුවක් යැයි කියනු ලැබෙයි.

තාරකාවක් න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියා මගින් ශක්තිය ජනනයකර අවසාන වීමෙන් පසුව එහි ස්කන්ධය අනුව ශ්වේත වාමන (white dwarfs) න්‍යුට්‍රෝන තාරකා ආදිය බවට පත්වෙයි. ඒ ඒ අවස්ථාවල දී තාරකාවේ ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය තුලනය වනුයේ පිරිහුණු ඉලෙක්ට්‍රෝන වායුව හෝ පිරිහුණු න්‍යුට්‍රෝන වායුව හෝ මගින් ඇතිකෙරෙන පීඩනය විසින් ය. එහෙත් ඇතැම් අවස්ථාවල තාරකාවේ ස්කන්ධය අනුව එවැනි වායුවකට හෝ ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය තුලනය කිරීමේ හැකියාවක් නොමැත. එවිට තාරකාව ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය යටතේ කඩාවැටීමට පටන් ගනියි. එනම් තාරකාව

© Prof. Nalin De Silva

සංකෝචනය වෙයි. සංකෝචනය වන තාරකාව එහි ස්කන්ධය අනුව එයට අදාළ R අරය සහිත ගෝලය තුළට ඇදී යයි. තාරකාව මුළුමනින්ම ඒ ගෝලය තුළට වැදුනු විට බටහිර විද්‍යාවට අනුව එතැන ඇතිවන්නේ ගුළු අගාධයකි.

අයින්ස්ටයින් විද්වතාගේ සාපේක්ෂතාවාදය අනුව පීඩනයට අවසාන වශයෙන් ගුරුත්වාකර්ෂණය තුලනය කළ නො හැකි ය. එයට හේතුව සාපේක්ෂතාවාදයට අනුව ශක්තිය හා ස්කන්ධය එකිනෙකට තුල්‍යවීම ය. මේ ප්‍රතිඵලය බොහෝ දෙනා අසා ඇති, දැක ඇති $E = mc^2$ ඇසුරෙන් ලැබෙන්නක් වෙයි. පීඩනය ද ශක්තියක් වන බැවින් එය ස්කන්ධයක් ද වෙයි. එබැවින් යම් පද්ධතියක පීඩනය වැඩිවන්නේය යන්නෙහි තේරුම එහි ස්කන්ධය ද වැඩිවන්නේ ය යන්න ය. මුල දී ඒ වැඩිවීම සුළු ප්‍රමාණයක් වියහැකි නමුදු පසුව එය විශාල වෙනසකට තුඩු දෙන්නක් විය හැකි ය. එබැවින් ගුරුත්වාකර්ෂණ පද්ධතියක පීඩනය වැඩිවීම මුල දී යහපත් ලෙස දැනුන ද පසුව පරහට සිටින්නක් වෙයි. පීඩනය වැඩිවීමත් සමග ස්කන්ධය ද වැඩිවන බැවින් අවසානයේ දී සිදුවන්නේ සමස්තයක් ලෙස ගත්කල පද්ධතියෙහි ස්කන්ධය වැඩි වී ගුරුත්වාකර්ෂණය යටතේ සිදුවන කඩාවැටීම හෙවත් සංකෝචනයවීම තව තවත් ඉක්මන්වීම ය.

ගුළු අගාධයක් නිර්මානය විය හැකි දෙවැනි ක්‍රමය රදා පවතින්නේ මේ ශක්තියේ හා ස්කන්ධයේ තුල්‍යතාව මත ය. විශ්වය ආරම්භයේ දී හෝ අද නිර්මානයකෙරී ඇති ශක්තිය අධික වූ ත්වරක (accelerators) තුළ ඉතා විශාල ශක්ති ප්‍රමාණයක් ඉතා කුඩා පරිමාවක් තුළ සංකේන්ද්‍රවීමේ ඉඩකඩ වෙයි. ශක්තිය ස්කන්ධයට තුල්‍ය බැවින් මෙයින් කියැවෙන්නේ ඉතා විශාල ස්කන්ධයක් ඉතා කුඩා පරිමාවක සංකේන්ද්‍ර වන බව ය. පරිමාව ස්කන්ධයට අදාළ R අගයෙහි ඝනයට අඩු නම් එතැන කුඩා ගුළු අගාධයක් නිර්මානයවීමේ ප්‍රවනතාවක් වෙයි. මේ ගුළු අගාධවල ස්කන්ධය තාරකා කඩාවැටීමෙන් නිර්මානයවන ගුළු අගාධවල ස්කන්ධයට වඩා බෙහෙවින් අඩු ය. එබැවින් මෙවැනි ගුළු අගාධවලට අව ගුළු අගාධ (mini black holes) යැයි කියනු ලැබෙයි.

මහාචාර්ය නලින් ද සිල්වා

© Prof. Nalin De Silva