නිව්ටන්ට ප්‍රශ්න වැලක්

පොළොවට පොල්, ඇපල් ආදිය වැටෙන්නේ ඇයි ද යන්න තම ගතික පද්ධතියෙහි තේරුම්ගැනීම සඳහා නිව්ටන් විද්වතා ගුරුත්වාකර්ෂණ ප්‍රවාදය නිර්මාණය කෙළේ ය. කලින් සඳහන්කර ඇති පරිදි එදා ඔහුට අභියෝගකළෝ ද වූහ. ඔවුන් කියා සිටි ප්‍රධාන ම කරුණක් වූයේ පොල් ගෙඩිය මත බලයක් යොදන කඹයක් වැනි දෙයක් නොමැති බව ය. එහෙත් නිව්ටන් පඬිවරයා එවැනි ප්‍රශ්නවලට පිළිතුරු නො දුන්නේ ය. ඔහුට අවශ්‍ය වූයේ පොල් වැටීම පිළිබඳ ප්‍රශ්නයට ඔහු විසින් නිර්මානයකරන ලද ගතික පද්ධතියෙහි යම් ආකාරයකට හෝ සංගත පිළිතුරක් දීම ය.

නිව්ටෝනීය ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය පොළොව විසින් පොල් ගෙඩිය මත ඇතිකරන්නක් පමණක් නො වෙයි. පොල් ගෙඩිය ද පොළොව මත බලයක් ඇති කරයි. එපමණක් නො වෙයි. විශ්වයෙහි පවතින ඕනෑම අංශුවක්, වස්තුවක් වෙනත් ඕනෑම අංශුවක්, වස්තුවක් මත ද ගුරුත්වාකර්ෂණ බලයක් ඇතිකරයි. ඒ අරුතින් ගත්කල ගුරුත්වාකර්ෂණය විද්‍යුත් ආකර්ෂණය හෝ චුම්බක ආකර්ෂණය හෝ මෙන් නොව සාර්වත්‍රික (universal) බලයක් වෙයි. උදාහරණයක් ලෙස ගතහොත් විද්‍යුත් ආකර්ෂණය හෝ විකර්ෂණය හෝ සිදුවන්නේ විද්‍යුත් ආරෝපණ අතර පමණ ය. විද්‍යුත් ආරෝපණයක් උදාසීන අංශුවක් මත බලයක් ඇති නො කරයි. එහෙත් නිව්ටන් පඬිවරයා සූත්‍රගතකළ ආකාරයට ගුරුත්වජ බලය සෑම විටෙකම ආකර්ෂණ බලයක් වෙයි. මේ වන තුරු ගුරුත්වජ විකර්ෂණයක් නිරීක්ෂණය කෙරී නොමැති බව ද වැදගත් වෙයි.

නිව්ටන් විද්වතා විසින් ගුරුත්වාකර්ෂණ ප්‍රවාදය ආශ්‍රිතව ඉදිරිපත්කරන ලද සූත්‍රය කුමක් දැයි අපි දැන් සලකාබලමු. ඔහු කියා සිටියේ එකිනෙකෙහි ස්කන්ධ M හා වූ m වූ ද එකිනෙකෙන් d දුරකින් පිහිටියා වූ ද අංශු දෙකක් GMm/d^2 බලයකින් එකිනෙක ආකර්ෂණයකරන බව ය. මෙහි G යනු නියතයක් වෙයි. ඒ නියතයට නිව්ටන්ගේ ගුරුත්වාකර්ෂණ නියතය යැයි කියනු ලැබෙයි.

මේ සමග නිව්ටෝනීය ගතික පද්ධතිය ද අපේ සැලකිල්ලට යොමුවිය යුතු ය. එහි ඕනෑම අවස්ථිති සමුද්දේශ රාමුවකට සාපේක්ෂව අංශුවක් මත යොදන බලය අංශුවෙහි ගම්‍යතාව වෙනස්වීමේ ශීඝ්‍රතාවට සමානුපාතික වෙයි. අංශුවෙහි ස්කන්ධය නියතයක් ලෙස ගතහොත් මෙයින් කියැවෙන්නේ යොදන ලද බලය අශුවෙහි ප්‍රවේගය වෙනස්වීමේ ශීඝ්‍රතාවට හෙවත් අංශුවෙහි ත්වරණයට සමානුපාතික බව ය. අංශුවෙහි ස්කන්ධය m, ත්වරණය f, හා යොදන ලද බලය P නම්, සුදුසු ඒකක භාවිතයෙන් මේ සමානුපාතිකබව සමානත්වයක් ලෙස $P = mf$ ආකාරයෙන් සමීකරණයක් මගින් ප්‍රකාශකළ හැකි ය.

මේ සමීකරණය හා ගුරුත්වාකර්ෂන බලය සඳහා වූ ප්‍රකාශනය දෙස බැලීමේ දී පෙනී යන කරුණක් නම් ඒ දෙකෙහි ම m යනුවෙන් ස්කන්ධයක් සඳහන්වන බව ය. අප එහි දී එකම m සංකේතය යොදාගත්ත ද ඒ දෙතැනෙහි ම කියැවෙන්නේ එකම ස්කන්ධයක් ද? නිව්ටෝනීය ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය අදාළ අංශු දෙකෙහි ස්කන්ධවල ගුණිතයට සමානුපාතික වෙයි. මෙහි දී කියැවෙන ස්කන්ධය අංශුවෙහි ගුරුත්වජ ස්කන්ධය (gravitational mass) ලෙස ද, $P = mf$ ලෙස ප්‍රකාශ වී ඇති නිව්ටෝනීය දෙවැනි චලිත නියමයෙහි සඳහන් ව ඇති ස්කන්ධය අංශුවෙහි අවස්ථිති ස්කන්ධය (inertial mass) ලෙස ද හැඳින්විය හැකි ය. එක් ස්කන්ධයකින් අංශුව මත යෙදෙන ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය ප්‍රකාශ වෙයි. අනෙක් ස්කන්ධයෙන් අංශුවෙහි අවස්ථිතිය හෙවත් වෙනස්වීමට ඇති අකමැත්ත ප්‍රකාශ වෙයි. ඒ දෙක එකක් ම විය යුතු යැයි කිවහැකි නො වෙයි. ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය තීරණය වීමේ දී බලපාන ස්කන්ධය අංශුවෙහි කම්මැලිකම හෙවත් වෙනස්වීමට ඇති අකමැත්ත ප්‍රකාශවන ස්කන්ධය හා සමානවිය යුත්තේ ඇයි?

මේ ප්‍රශ්නය නිව්ටන් විද්වතාගේ කාලයේ සිටම බටහිර විද්‍යාඥයන්ගේ හා දාර්ශනිකයන්ගේ සාකච්ඡාවට බඳුන් වී ඇත. නිව්ටන් විද්වතා ඒ ස්කන්ධ දෙක සමාන යැයි ගත්තේ ය. එසේ ගත්විට ලැබෙන ප්‍රතිඵලය ඔහුට වඩා වැදගත්වන්නට ඇත. $P = mf$ සමීකරණයෙහි P යනු අංශුව මත යෙදෙන බලය වෙයි. මේ බලය අංශුව මත පොළොව විසින් ඇති කෙරෙන ගුරුත්වජ බලය යැයි සිතමු. අංශුව ද පොළොව මත බලයක් යොදන බව ද අමතක නොකළ යුතු ය. ගුරුත්වාකර්ෂණ ආකර්ෂණ බලය යනු අන්‍යෝන්‍ය බලයක් බව සිහිතබා ගතයුතු ය. දැන් $P = mf$

© Prof. Nalin De Silva

සමීකරණයෙහි P සඳහා පොළොව විසින් අංශුව මත ඇතිකෙරෙන ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය සඳහා වූ ප්‍රකාශය ආදේශ කරමු. එවිට අපට ලැබෙන සමීකරණය පහත සඳහන් අයුරින් ප්‍රකාශකළ හැකි ය.

$$GMm/d^2 = mf.$$

නිව්ටන් පඬිවරයා ගත් ආකාරයට දෙපැත්තෙහිම ඇත්තේ එකම ස්කන්ධය යැයි ගතහොත් එවිට

$$GM/d^2 = f$$ යන සමීකරණය ලැබෙයි.

ඉන් කියැවෙන්නේ අංශුවෙහි ස්කන්ධය කුමක් වුවත් පොළොව විසින් ඇතිකෙරෙන ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය හේතුවෙන් අංශුවට ලබාදෙන ත්වරණය එකම බව ය. ත්වරණය සඳහා වූ ප්‍රකාශනයෙහි අංශුවෙහි ස්කන්ධය පිළිබිඹු නො වෙයි. වෙනත් වචනවලින් කිවහොත් d, එනම් අංශුවලට පොලොවෙහි (මධ්‍යයෙහි) සිට ඇති දුර, සමාන වන විට අංශුවලට ලැබෙන ත්වරණය එකක් ම වෙයි.

මේ අන්කිසිවක් නොව ගැලීලියෝ විද්වතා ලැබූ ප්‍රතිඵලය වෙයි. ඔහුට අනුව පොළොව ආසන්නයේ දී සියළු අංශු හා වස්තු එකම ත්වරණයකින් පොළොවට කඩා වැටෙයි. නිව්ටන් විද්වතා තම සමීකරණ හා චලිත නියමය මගින් පෙන්නුම් කෙළේ ද ඒ කරුණ ය. එනම් පොළොව ආසන්නයේ දී පොළොවේ සිට d නම් එකම දුරක දී අංශුවල පොලොව දෙසට ඇති ත්වරණ සමාන වෙයි. එලෙස නිව්ටන් පඬිවරයා තම ගතික පද්ධතිය රැක ගනිමින් ම තම ගුරුත්වාකර්ෂණ ප්‍රවාදය ඔස්සේ ගැලීලියෝ විද්වතා ලබාගත් ප්‍රතිඵලය ලබාගැනීමට සමත්විය.

මෙය විශිෂ්ට ප්‍රතිඵලයක් බව කිවමනා නො වෙයි. තම ප්‍රතිවාදීන් ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය පෙන්වන ලෙස අභියෝග කරත්දී නිව්ටන් විද්වතාට ඒ ප්‍රශ්න නො වීය. ඔහුට වුවමනා කෙලේ පොළොවට පොල් වැටෙන්නේ ඇයි දැයි විශ්ව විද්‍යාලවල උගතුන් ආදීන් කුමක් කීව ද ප්‍රවාදයක් මගින් තේරුම් කරදීම ය. එහි දී ඔහු ලැබූ තවත් ජයග්‍රහණයක් වූයේ ඔහුගේ ප්‍රවාදය මගින් ගැලීලියෝ විද්වතා තහවුරුකළ ප්‍රතිඵලය ද ලබාගැනීමට හැකිවීම ය.

එහෙත් මේ ප්‍රතිඵල ලබාගැනීමේ දී නිව්ටන් පඬිවරයා එක් උපකල්පනයක් කෙළේ ය. ඒ අංශුවක ගුරුත්වජ ස්කන්ධය එහි අවස්ථිති ස්කන්ධයට සමාන ලෙස සැලකීම ය. එයට ද යම් යම් අභියෝග තිබූ නමුත් නිව්ටන් පඬිවරයා ඒ සියල්ල ජයගත්තේ තම ප්‍රවාදය නිරීක්ෂණ මගින් සනාථවන බව පෙන්වීමෙන් ය. අංශුවක ගුරුත්වජ ස්කන්ධය හා අවස්ථිති ස්කන්ධය සමාන වන්නේ ය යන්න දුර්වල තුල්‍යතා මූලධර්මය (Weak Equivalence Principle) ලෙස හැඳින්වෙයි. එයට දුබල තුල්‍යතා මූලධර්මය යැයි කියනු ලබන්නේ ප්‍රබල තුල්‍යතා මූලධර්මයක් (Strong Equivalence Principle) ද ඇති බැවින් ය. ප්‍රබල තුල්‍යතා මූලධර්මයෙන් කියැවෙන්නේ අවකාශයෙහි සෑම ලක්ෂ්‍යක දී ම G ද එකම අගයක් ගන්නා බව ය.

දුර්වලතා තුල්‍යතා මූලධර්මය වලංගුවන්නේ දැයි දැනගැනීම සඳහා පර්යේෂණ රාශියක් ඉතිහාසය පුරා කෙරී ඇත. දැනුදු කෙරීගෙන යන අතර අනාගතයේ දී වඩ වඩාත් සියුම්ව ඒ කෙරීමට සැලසුම් සකස්වී ඇත. දැනට ඒ 10^{-12} පමණ නිවැරදිතාවයකට යටත්ව වලංගුවන බව පෙනී ගොස් ඇත. එහෙත් යම් දිනෙක මේ මූලධර්මය යම් යම් අවශ්‍යතා යටතේ බිඳවැටෙන බව පෙනී යෑමේ අනතුරක් නැතැයි මෙයින් නො කියැවෙයි. එසේ දුර්වල තුල්‍යතා මූලධර්මය වලංගු නොවන්නේ නම් ඉන් කියැවෙන්නේ අංශුවක ගුරුත්වජ ස්කන්ධය එහි අවස්ථිති ස්කන්ධයට අසමාන බව ය. එසේ වුවහොත් ඇතැම් අවශ්‍යතා යටතෙහි ඊනියා නිදැල්ලේ වැටෙන වස්තු අවකාශයෙහි එකම ස්ථානවල දී විවිධ ත්වරණවලින් චලනයවීමේ ඉඩකඩක් වෙයි.

විද්‍යුත් ආරෝපණ නිසා ඇතිවන ත්වරණ මෙන් නොව ගුරුත්වජ ත්වරණය දැනට නිරීක්ෂණය කෙරී ඇති සෑම අවස්ථාවක ම ධන වන බව තහවුරු වී ඇත. විද්‍යුත් ආරෝපණ නිසා ඇතිවන ත්වරණ ඇතැම්විට ඍණ ද තවත්

© Prof. Nalin De Silva

සමහර විටෙක සෘණ ද වෙයි. අංශු දෙකෙහි ආරෝපණ එකම වර්ගයෙහි නම් විකර්ෂණයක් ද විරුද්ධ වර්ගවල නම් ආකර්ෂණයක් ද වෙයි. එහෙත් ගුරුත්වය සම්බන්ධයෙන් ඒ එසේ නො වෙයි. අංශු දෙකක් අතර බලය සැම විටෙකම ආකර්ෂණයක් වෙයි. එමෙන්ම ගුරුත්වජ ස්කන්ධය ද සැම අංශුවක් සඳහා ම ධන වෙයි. යම් අයුරකින් අංශුවල ගුරුත්වජ ස්කන්ධ හා අවස්ථිති ස්කන්ධ අසමාන වී ඇතැම් අංශුවල ගුරුත්වජ ස්කන්ධ සෘණ වුවහොත් එවැනි අංශුවක් හා ගුරුත්වජ ස්කන්ධය ධන වූ අංශුවක් අතර ගුරුත්වජ බලය නිසා ආකර්ෂණයක් නොව විකර්ෂණයක් ඇතිවිය හැකි ය. මෙවැනි අවස්ථාවක් තවම නිරීක්ෂණය කෙරී නැති බව සැබෑ ය. එහෙත් විශ්වයෙහි ඇතැම් පෙදෙස්වල එවැනි තත්ත්වයක් නැතැයි නිශ්චිත ව කිවහැකි නො වෙයි. ඇතැම් බටහිර විද්‍යාඥයන් අංශුවක ගුරුත්වජ ස්කන්ධය සෘණ විය හැකිය යන පදනමෙහි පිහිටා ප්‍රවාද ගෙතීම දැනටමත් ආරම්භ කර ඇත.

නිව්ටන් පඬිවරයාට අභියෝග එල්ල වූයේ ඉහත සඳහන්කළ ප්‍රශ්න සම්බන්ධයෙන් පමණක් නො වෙයි. ඔහුට බලවත් ම ප්‍රහාරය එල්ල වූයේ ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය ක්‍රියාත්මකවීම සම්බන්ධයෙන් ය. ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය දුරක දී සිදුවන ක්‍රියාවක් (action at a distance) විය. එමෙන් ම එය ක්ෂණික ක්‍රියාවක් ද විය. මෙයින් අදහස්කරන්නේ කුමක් ද යන්න අප විමසිල්ලෙන් සාකච්චාකළ යුතු ය. ඒ කරුණු දෙකම පසුකලෙක අයින්ස්ටයින් පඬිවරයාගේ විවේචනයට හසුවිය. ඔහු තම සාධාරණ සාපේක්ෂතාවාදය නිර්මාණයකිරීමේ දී ඒ කරුණු දෙකම බැහැරකෙළේ ය. එහෙත් ඔහු දුර්වල තුල්‍යතා මූලධර්මය තම ප්‍රවාදය ගෙතීමේ දී යොදාගත්තේ ය.

මහාචාර්ය නලින් ද සිල්වා

© Prof. Nalin De Silva