# දාදු කැටයක පැත්තක් පෙරළීමේ සම්භාවිතාව

කාටීසීය තාප්පය බිඳ වැටීම පිළිබඳව බටහිරයන් සියළු දෙනාම එකම මතයක නැත. බොහෝ දෙනා ඒ පිළිබඳ එතරම් උනන්දුවක් නො දක්වති. උනන්දුවක් දක්වන්න්ගෙන් ද බොහෝ දෙනා ඒ පිළිගැනීමට අකමැතිවෙති. මුළු මහත් බටහිර නූතනත්ව සංස්කෘතිය ගොඩනැගී ඇත්තේ කාටීසිය තාප්පය වටා ය. නූතනත්ව සංස්කෘතියෙහි ආරම්භය ඩෙකාටෙ පඬිවරයා ඉපදීමට බොහෝ කලකට ඉහත දී සිදුවුව ද, ඒ ආරම්භයේ දී ද නිරීක්ෂකයාගෙන් තොරව, එසේත් නැත්නම් නිරීක්ෂකයාට බාහිර වූ නිරීක්ෂ්‍යයන් ගැන උපකල්පනයක් තිබිණි. නිව්ටෝනීය යාන්ත්‍රිකය පළමුවත් නිව්ටෝනීය භෞතිකය ඉන්පසුවත් ගොඩනැගුණේ ඒ උකල්පනය ද පදනම්කරගනිමින් ය. නිව්ටන් පඬිවරයාටත් පසුව ජීවත්වූ ඩෙකාටෙ විද්වතා කෙළේ ඒ අවිඥානික ව තිබූ උපකල්පන සවිඥානික දෑ බවට පත්කිරීම ය.

කාටීසීය තාප්පය බිඳවැටීම වැදගත්වන්නේ ක්වොන්ටම් භෞතිකයෙහි කෝපන්හේගන් අර්ථකථනයෙහි ය. බටහිර භෞතික විද්‍යාවෙහිම වුව ද අනෙක් ක්ෂෙත්‍රවල දී ඒ වැදගත් නො වෙයි. ඒ අනෙක් ක්ෂෙත්‍රවල කාටීසීය තාප්පය යහතින් වැජඹෙයි. අයින්ස්ටයිනීය සාපේක්ෂතාවාදය ඒ ඒ නිරීක්ෂකයාට සාපේක්ෂව නිරීක්ෂණයකිරීමක් ගැන වුව ද, එහි දී ද කාටීසීය තාප්පය බිඳ නො වැටිණි. ඒ අයින්ස්ටයින් පඬිවරයා නිරීක්ෂකයාගෙන් තොරව පවතින ලෝකයක් ගැන විශ්වාස කළ බැවින් ය. එතුමා කාටීසීය තාප්පය කෙතරම් තදින් ගත්තේ දැයි කිවහොත් තම ජීවිතයේ අවසානය තෙක්ම කෝපන්හේගන් අර්ථකථනය නො පිළිගත්තේ ය. එපමණක් නොව එතුමා ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාව අසම්පූර්ණ පද්ධතියක් ලෙස සැලකී ය.

අයින්ස්ටයින් පඬිවරයා ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාවෙහි කියැවෙන සම්භාවිතාවන් නො පිළිගත්තේ ය. අප කලින් දුටු ආකාරයට ක්වොන්ටම් පද්ධතියක යම් නිරීක්ෂණයක් කර ඇති විටෙක, එහි ප්‍රතිබද්ධ විචල්‍යය ගන්නා අගයක් නැතිවා පමණක් නොව, ඒ විචල්‍යය නිරීක්ෂණය කිරීමේ දී යම්කිසි අගයක් ගැනීමට ඇති සම්භාවිතාව හැරෙන්නට වෙනත් යමක් කිව නො හැකි ය. ඒ ප්‍රතිබද්ධ විචල්‍යය නිරීක්ෂණයකිරීමෙන් <u>පසුව</u> එයට නිශ්චිත අගයක් ඇති බව සැබෑ ය. එහෙත් ඒ නිරීක්ෂණයකිරීමට <u>පෙර</u> සඳහන්කළ හැක්කේ ඒ ඒ අගය ලැබීමේ සම්භාවිතා ගැන පමණ ය. අයින්ස්ටයින් පඬිවරයා ඒ කරුණ දුටුවේ ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාවෙහි අසම්පූර්ණතාවක් ලෙස ය. ඔහුට අනුව සම්භාවිතා ගණනයකිරීමට යොදාගතහැකි වෙනත් සම්පූර්ණ ගතිමය පද්ධතියක් (ඒ ගැන දැනුමක්) වත්මන් ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාව පිටුපස තිබිය යුතු ය.

උදාහරණයක් ලෙස ගතහොත් නිව්ටෝනීය පද්ධතිය සම්පූර්ණ පද්ධතියක් වෙයි. යම්කිසි අංශුවක් හෝ වස්තුවක් හෝ මත ක්‍රියාකරන බල කවරේදැයි දැනගත් පසු ඒ අංශුවට හෝ වස්තුවට හෝ සිදුවන්නේ කුමක් දැයි නිශ්චිතව දැනගතහැකි ය. ආරම්භයේ දී අංශුවේ පිහිටිම හා ප්‍රවේගය (ගම්‍යතාව) දන්නේ නම් වෙනත් ඕනෑම අවස්ථාවක එහි පිහිටීම හා ප්‍රවේගය ගණනය කළහැකි ය. අංශු රාශියක් එකවිට ගත්කල, ඒ එක් එක් අංශුවෙහි පිහිටීම හා ගම්‍යතාව ගණනකිරීම අපහසු වූවිට (වේගය අධික පරිගණකයකට වුව ද, ඒ සඳහා අති විශාල කාලයක් ගතවනු ඇත.) සාමාන්‍යයක් ලෙස ඒ අංශුවල ගම්‍යතාව (එනම් අංශුවල ගම්‍යතාවන්හි සාමාන්‍යය) සොයාගතහැකි ය. එහි දී නිව්ටෝනීය පද්ධතිය යොදාගෙන සංඛ්‍යානය ඇසුරෙන් යම් සම්භාවිතාවන් ගණනය කෙරෙයි. සංඛ්‍යානාත්මක යාන්ත්‍රිකය (Statistical Mechanics) යනුවෙන් හැඳින්වෙන විෂයයෙහි කෙරෙන්නේ එවැන්නකි.

එහෙත් අප මෙහි දී සැලකිල්ලට ගතයුතු වැදගත් කරුණක් වෙයි. සංඛ්‍යානයෙහි දී සම්භාවිතාවන් ගණනය කෙරෙනුයේ සිද්ධි රාශියක්, අංශු රාශියක් ආදී වශයෙන් ගෙන ය. එහි දී තෝරාගැනෙන නියැදිවලට එක් සිද්ධියකට වඩා ඇත. උදාහරණයක් වශයෙන් ගතහොත් දාදු කැටයක් විසිකිරීමෙන් පසුව එය පෙරළී ඇති පැත්ත කුමක් දැයි නිරීක්ෂණයකරන්නේ යැයි සිතමු. දාදුව විසිකිරීමෙන් පසුව එහි එක යනුවෙන් සඳහන් වී ඇති පැත්ත පෙරළීමේ සම්භාවිතාව හයෙන් එක යැයි අපි කියමු. එමෙන් ම හතර හෝ පහ හෝ සඳහන් වී ඇති පැත්ත පෙරළීමේ සම්භාවිතාව ද හයෙන් එක වෙයි. මේ සම්භාවිතාව ගණය කෙරෙන්නේ දාදුව කිහිප වරක් විසිකිරීමෙන් පසුව ලැබෙන දත්ත ආශ්‍රයෙන් ය. දාදුව හයදහස් වරක් විසිකළහොත් එක සඳහන් පැත්ත එක්දහස් වාරයක් හෝ එයට ඉතා

© Prof. Nalin De Silva

ආසන්න වාරයක් හෝ පෙරළීමට ඉඩ ඇත. සිද්ධි හයදහසකින් අප සැලකිලිමත් වන කරුණ ගෙනදෙන සිද්ධි ආසන්න වශයෙන් දහසක් වෙයි. අප ඒ කරුණ ගෙනදීමේ (දාදුවක නම් යම් පැත්තක් පෙරළීමේ) සම්භාවිතාව ගණනයකරන්නේ ඒ සිද්ධි දහස සිද්ධි හයදහසින් බෙදීමෙන් ය. සංඛ්‍යානාත්මක යාන්ත්‍රිකයෙහි සම්භාවිතාවන් ගණනයකෙරෙන්නේ ද ඒ මූලධර්මය පදනම්කරගනිමින් ය.

එහෙත් ක්වොන්ටම් භෞතිකයෙහි දී ඒ එසේ නො වෙයි. සම්භාවිතාව යන වචනය යොදාගැණුන ද, එහි දී කෙරෙන්නේ වෙනත් දෙයකි. එහි දී සිද්ධි රාශියක් ය යන්න අනවශ්‍ය කරුණක් වෙයි. එහි දී ඇත්තේ එක් අංශුවකි. ඒ අංශුවෙහි පිහිටීම අපි දනිමු. එහෙත් එහි ගම්‍යතාව අපි නොදනිමු. අපට දැන් අංශුවෙහි ගම්‍යතාව මැනගැනීමට අවශ්‍ය වෙයි. අපි ඒ සඳහා යම් උපකරණයක් යොදාගෙන ඒ අනුසාරයෙන් ගම්‍යතාව මැනගනිමු (නිරීක්ෂණයකරමු). ඒ නිරීක්ෂිත අගය මේ යැයි වීමේ සම්භාවිතාවක් ගැන අපි කතාකරමු. ඒ අගය දැනගන්නවාත් සමග අපට එතෙක් පැවති දත්තයක් නැතිවෙයි. අංශුවේ ගම්‍යතාව දැනගත් විට එහි පිහිටීම කුමක්දැයි අපි නො දන්නෙමු.

දාදුවක් විසිකිරමෙන් පසුව ද සුවන්නේ එවැන්නක් නොවන්නේ දැයි යමකුට ප්‍රශ්නකළ හැකි ය. දාදුව පෙරළීමට පෙර ඒ පෙරළෙන පැත්ත කුමක් ද යන්න පිළිබඳ ව අපට අවබෝධයක් නැත. එහෙත් අප නිරීක්ෂණය නො කළ ද ඕනෑම අවස්ථාවක දාදුවට අවකාශයේ පිහිටීමක් ඇත. දාදුව ලෑල්ලක හෝ බිත්තියක හෝ වෙනත් වස්තුවක හෝ හැපීමට පෙර ද පසු ද දාදුවට අවකාශයේ නිශ්චිත පිහිටීමක් ඇත. ඕනෑම අවස්ථාවක දාදුවෙහි එක සඳහන් පැත්ත යම් දිශාවකට හැරී ඇත. එය ලෑල්ල හෝ වෙනත් යමක් සමග ගැටීමට මොහොතකට පෙර ද ඒ ආකාරයෙන් එයට නිශ්චිත පිහිටීමක් වෙයි. ගැටීමට පෙර දාදුවෙහි පිහිටීම මෙන් ම ගම්‍යතාව ද අපට අවශ්‍ය නම් දැනගත හැකි ය. ගැටීමෙන් මොහොතකට පසුව ද එලෙස ම දාදුවෙහි පිහිටීම මෙන් ම ගම්‍යතාව දැනගත හැකි ය.

එලෙස ගැටී අවකාශයෙහි ආපසු එන දාදුවෙහි ඕනෑම මොහොතක පිහිටීමක් හා ගම්‍යතාවක් ඇත. ඒ දාදුව ඉන්පසු පොළොව හා ගැටී ස්වල්ප මොහොතකින් නිසලතාවට පත්වෙයි. ඒ නිසලතාවට පත්වූ පසු දාදුව පෙරළී ඇත්තේ කිනම් පැත්තකට ද යන්න අපි නිරීක්ෂණයකරමු. අප අවසානයේ දී නිරීක්ෂණයකරන්නේ එය වුව ද දාදුව විසිකළ මොහෙතේ සිට අවසානයේ නිසලතාවට පත්වන තෙක් ම දාදුවට යම් පිහිටීමක් (හා ගම්‍යතාවක්) වෙයි. ඒ එසේ වුවත් ප්‍රායෝගික ව ගත්කල අපට දාදුවෙහි පිහිටීම ඕනෑම මොහොතක දැනගැනීම අසීරු කරුණකි. එබැවින් දාදුව වැටෙන්නේ කිනම් පැත්තකට දැයි අපට නිශ්චිතව කල්තබා ප්‍රකාශකිරීම ප්‍රායෝගික ව ගත්කල අසීරු කරුණක් වෙයි. එබැවින් දාදුව හයදහස් වරක් හෝ විශාල වාරගණනක් හෝ විසිකර ලැබෙන ප්‍රතිඵල මත සම්භාවිතාවන් ගණනය කිරීමට අපි පුරුදු වී සිටිමු.

එහෙත් මෙය ප්‍රායෝගික ප්‍රශ්නයක් පමණකි. සෛද්ධාන්තිකව ගත්කල අපට ඕනෑම අවස්ථාවක දාදුවෙහි පිහිටීම ගණනය කළහැකි ය. එහි දී අපට අවශ්‍ය දත්ත කිහිපයක් වෙයි. ඒ දත්ත ගැන දැනුමක් වේ නම්, දාදුවෙහි ගමන් මග, ඕනෑම අවස්ථාවක එහි පිහිටීම, ඒ හැරී ඇති පැත්ත ආදිය ගණනය කළහැකි ය. ඒ දත්ත අතර ආරම්භක අවශ්‍යතා සහ ගතිමය විචල්‍ය වෙයි. ආරම්භක අවශ්‍යතා වනුයේ විසිකරන මොහොතෙහි දාදුවෙහි පිහිටීම හා ගම්‍යතාව ය. එහද දී පිහිටීම යන්නෙන් දාදුවෙහි ස්කන්ධ කේන්ද්‍රයෙහි (ගුරුත්ව කේන්ද්‍රය) පිහිටීම පමණක් නොව දිශානතිය (orientation) ද, එනම් දාදුව හැරී ඇති පැත්ත ද කියැවෙයි. ගතිමය විචල්‍ය නම් වායුවෙහි ප්‍රතිරෝධය, ලෑල්ලහේ ඝර්ෂණ සංගුණකය, ලෑල්ල හා දාදුව අතර ප්‍රත්‍යාගති සංගුණකය (coefficient of restitution), දාදුව හා පොළොව අතර ප්‍රත්‍යාගති සංගුණකය, පොළොවෙහි ඝර්ෂණය ආදිය වෙයි. ඒ සියල්ල නිවැරදිව දන්නේ නම් අඩුම තරමින් සෛද්ධාන්තික ව දාදුව පෙරළෙන්නේ කිනම් පැත්තකට දැයි දැනගැනීමට හැකි ය. අපට දාදුව සම්බන්ධයෙන් සම්භාවිතා අවශ්‍යවන්නේ ප්‍රායෝගිකව එලෙස හැරෙන පැත්ත ගණයකිරීම අසීරු බැවින් ය.

එහෙත් ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාවෙහි සම්භාවිතා අවශ්‍ය වන්නේ සම්භාවිතා නැතිව සෛද්ධාන්තික ව හෝ නිරීක්ෂණයකින් ලැබෙන්නේ කුමක් දැයි කල් ඇතිව ප්‍රකාශකළ නොහැකි බැවින් ය. ක්වොන්ටම් අංශුවක පිහිටීම දන්නේ නම් එහි ගම්‍යතාව සෛද්ධාන්තිකව හෝ වෙනත් කිසිම ආකාරයකට හෝ දැනගත හැකි නො වෙයි. අංශුවෙහි ගම්‍යතාව මැනගැනීමෙන් හැර වෙනත් කිසිම ආකාරයකට ඒ දැනගත හැකි නො වෙයි. ක්වොන්ටම් භෞතික

© Prof. Nalin De Silva

විද්‍යාවෙහි සම්භාවිතා සම්භාව්‍ය සම්භාවිතාවලින් (classical probabilities) වෙනස් වෙයි. සම්භාව්‍ය සම්භාවිතාවල පදනමෙහි ඇත්තේ සම්භාව්‍ය භෞතික විද්‍යාව ය. ඒ බොහෝ විට නිව්ටෝනීය සුසමාදර්ශය මත පදනම් වෙයි. සාපේක්ෂතාවාදී භෞතික විද්‍යාව පමණක් අයින්ස්ටයිනීය සුසමාදර්ශය මත පදනම් වෙයි. අයින්ස්ටයින් විද්වතා ඇතුළු මුළු මහත් බටහිර ලෝකය ම මෙන් සිතන්නේ සම්භාව්‍ය ලෝකයෙහි ය. ඉනුදු අති මහත් බහුතරය තවමත් ජීවත්වන්නේ නිව්ටෝනීය ලෝකයෙහි ය.

ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාව විසින් නව ලොවක් බිහිකෙරී ඇත. මේ නව ලොව පිළිගැනීමට බටහිරයෝ අකමැති වෙති. ඔවුහු පොදුවේ ගත්කල කෝපන්හේගන් විවරණයට විරුද්ධ වෙති. එයට පක්ෂවන්නේ ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාව හැදෑරූ කිහිප දෙනකු පමණ ය. ඇතැම් ක්වොන්ටම් භෞතික විද්‍යාඥයෝ ද කෝපන්හේගන් විවරණයට එතරම් සුහදශීලී ආකල්පයක් නො දක්වති. කෝපන්හේගන් විවරණයෙහි මුල්ගලක් වනුයේ හයිසන්බර්ග් අනිශ්චය මූලධර්මය ය (Heisenberg’s Uncertainty Principle). අපි ඒ මූලධර්මය දැනටමත් සාකච්ඡාකර ඇත්තෙමු. ඉන් කියැවෙන්නේ ප්‍රතිබද්ධ ගතිමය විචල්‍ය (conjugate dynamical variables) දෙකක් එක්වර මැනගත නොහැකි බව ය. අංශුවක පිහිටීම හා ගම්‍යතාව එවැනි ප්‍රතිබද්ධ ගතිමය විචල්‍ය දෙකකි. අපි අංශුවක පිහිටීම නිශ්චිතව  දන්නේ නම් එහි ගම්‍යතාව නො දන්නෙමු. ගතිමය විචල්‍යයක් දන්නේ ය යන්නෙන් කියැවෙන්නේ ඒ විචල්‍යය ගන්නා අගයක් දන්නා බව ය. එනම් එය මැනගන්නා බව ය. අංශුවෙහි පිහිටීම දන්නේ නම් ඉන් කියැවෙන්නේ අප පිහිටීම මැන ඇති බවත් ඒ මිනුමට  අගයක් ලැබී ඇති බවත්, අපට අංශුවෙහි ගම්‍යතාව මැනගත නොහැකි බවත් ය. මෙහි දී අවධාරණය කළයුත්තක් වෙයි. අංශුවෙහි ගම්‍යතාව මැනගත නොහැකිය යන්නේ අපේ තාක්ෂණික  දුර්වලකමක් හෝ අඩුවක් හෝ ඉන් නොකියවෙන බව ය.

**මහාචාර්ය නලින් ද සිල්වා**

© Prof. Nalin De Silva