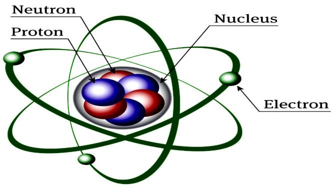
පරමාණුක ව්‍යුහය



පදාර්ථය පිළිබඳ පරමාණුකවාදය

ඈත අතීතයේ සිට ම ලෝකය සෑදී ඇති මූලික සංරචකවල ස්වභාවය පිළිබඳව දාර්ශනිකයෝ සමපේක්ෂණයේ යෙදුණහ. **එම්පිඩෝක්ලීස් (ක්‍රි.පූ. 440)** විශ්වාස කළේ සියලු දේ තැනී ඇත්තේ ගින්න, ජලය, වාතය සහ පස (ආපෝ, තේජෝ, වායෝ, පඨවි) යන මූලද්‍රව්‍ය සතරින් බවයි. හින්දූන්ගේ විශ්වාසය වූයේ ඉහත සඳහන් මූලද්‍රව්‍ය සතරින් හා අවකාශයෙන් ලෝකය නිර්මිතව ඇති බවයි. කෙසේ වුව ද **ඩෙමොක්‍රිටස් (ක්‍රි.පූ 460-370)** ඇතුළු තවත් ග්‍රීක දාර්ශනිකයෝ ද්‍රව්‍යමය ලෝකය ඉතා කුඩා, අදෘශ්‍ය, තව දුරටත් බෙදා වෙන් කිරීමට නොහැකි අංශුවලින් සෑදී ඇතැ යි විස්තර කළ අතර, ඒවා හැඳින්වීමට 'නොබෙදිය හැකි' හෙවත් 'කැඩිය නොහැකි' යන අරුතැති 'atomos' (පරමාණු) යන වදන යොදා ගත්හ.

එහෙත් පසු කාලීනව **ප්ලේටෝ** හා **ඇරිස්ටෝටල්** විසින් නොබෙදිය හැකි අත්‍යන්ත කුඩා අංශු පැවතිය නොහැකි ය යන මතය සූත්‍රගත කළ අතර, බටහිර සංස්කෘතියෙහි ඇරිස්ටෝටලියානු දර්ශනය ආධිපත්‍යය දරූ ශත වර්ෂ ගණනාවක් තුළ ම පදාර්ථය පිළිබඳ මේ 'පරමාණුක' මතය යටපත් වී ගියේ ය.

අප පරමාණු ලෙස හඳුන්වන පදාර්ථයේ බෙදිය නොහැකි තැනුම් ඒකක සඳහා නිශ්චිත අර්ථ දැක්වීමක් ඉදිරිපත් කරන ලද්දේ 1808 දී ඉංග්‍රීසි ජාතික විද්‍යාඥයකු හා පාසල් ගුරුවරයකු වූ **ජෝන් ඩෝල්ටන් (**1766-1844**)** විසිනි. ඩෝල්ටන්ගේ පරමාණුකවාදය ප්‍රධාන උපග්‍රහණ සතරක් පදනම් වී තිබේ.

1. මූලද්‍රව්‍ය සෑදී ඇත්තේ 'පරමාණු' යනුවෙන් හැඳින්වෙන, අතිශයින් ම කුඩා, බෙදිය නොහැකි අංශුවලිනි.
2. යම් මූලද්‍රව්‍යයක සියලු පරමාණු ස්කන්ධයෙන් හා තරමින් එකිනෙකට සමාන වන අතර යම් මූලද්‍රව්‍යයක පරමාණු අන් සියලු මූලද්‍රව්‍යවල පරමාණුවලින් වෙනස් වේ.
3. රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවලින් එක් මූලද්‍රව්‍යයක පරමාණු, තවත් මූලද්‍රව්‍යයක පරමාණු බවට වෙනස් කළ නොහැකි ය. එනම් රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවල දී පරමාණු මැවීමට හෝ විනාශ වීමට භාජන නො වේ.
4. වෙන් වෙන් මූලද්‍රව්‍යවල පරමාණු දෙකක් හෝ වැඩි ගණනක් සරල සංඛ්‍යාත්මක අනුපාතවලින් සම්බන්ධ වීමෙන් සංයෝග ඇති වේ.

ඩෝල්ටන්ගේ පරමාණුක ආකෘතිය හැඳින්වෙන්නේ 'ගොල්ෆ් බෝල ආකෘතිය' යනුවෙනි.

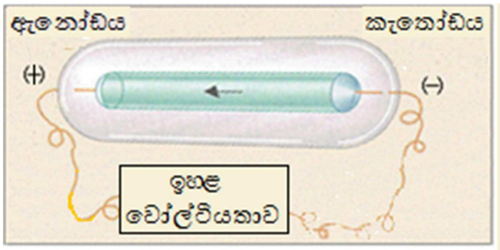
(a)

(b)

(a) ජෝන් ඩෝල්ටන් සහ (b) ගොල්ෆ් බෝල ආකෘතිය

1891 දී **ජොන්ස්ටන් ජී. ස්ටෝනි (1826-1911)** විසින් විද්‍යුතයෙහි මූලික අංශුව සඳහා 'ඉලෙක්ට්‍රෝනය' යන නම දෙන ලද නමුත් එහි පැවැත්ම පිළිබඳ කිසිදු පරීක්ෂණාත්මක සාක්ෂ්‍යයක් නො වීය.

1880 මැද භාගයේ දී විද්‍යාඥයන් සම්පූර්ණයෙන් ම වාගේ වාතය රේචනය කරන ලද වීදුරු නළ තුළ සිදු වන විද්‍යුත් විසර්ජන පිළිබඳව අධ්‍යයනය කිරීම ආරම්භ කර තිබිණි. බ්‍රිතාන්‍ය ජාතික භෞතික හා රසායන විද්‍යාඥයකු වූ **ශ්‍රීමත් විලියම් ක්‍රූක්ස්ගේ (1832-1919)** නිපැයුමක් වූ මේ උපකරණය **ක්‍රූක්ස් නළය** හෙවත් **කැතෝඩ කිරණ නළය** ලෙස හඳුන්වනු ලැබිණි.

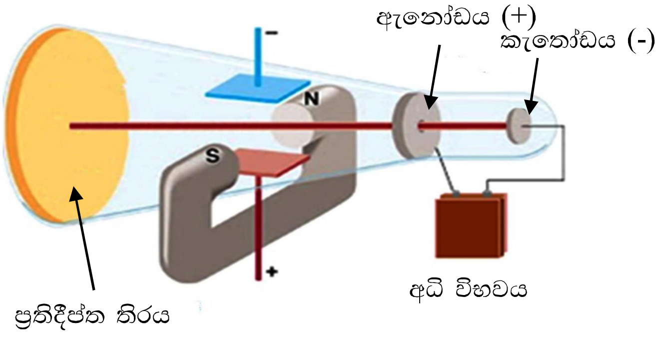


කැතෝඩ කිරණ නළය

ක්‍රූක්ස් හා සෙස්සන් විසින් කරන ලද මේ පරීක්ෂණයෙන්, ක්‍රූක්ස් නළයක ඉලෙක්ට්‍රෝඩ දෙකට ඉහළ වෝල්ටීයතා ප්‍රභවයක් සන්ධි කළ විට රත් කළ ඍණ ආරෝපිත තහඩුවෙන් හෙවත් කැතෝඩයෙන් අදෘශ්‍යමාන කිරණ ධාරාවක් නිපදවෙන බව පෙන්නුම් කෙරිණි. මේ කිරණ ඇසට නොපෙනෙන නමුත්, අඩු පීඩනයක් යටතේ ඇති වායුවල දීප්තියක් ඇති කිරීමෙන් හා වෙනත් ඇතැම් ද්‍රව්‍යවල ප්‍රතිදීප්තියක් ඇති කිරීමෙන් හෙවත් ඒවායින් ආලෝකය පිට වීමට සැලැස්වීමෙන් ඒවායේ පැවැත්ම අනාවරණය කෙරිණ. කැතෝඩයෙන් නිකුත් වන මෙම කිරණ '**කැතෝඩ කිරණ**' යනුවෙන් හැඳින්විණ.

පසු ව මේ කිරණ චුම්බක ක්ෂේත්‍රයකින් උත්ක්‍රමයට ලක් කළ හැකි බව ද ඒවා ඍණ විද්‍යුත් ආරෝපණයක් දරන බව ද සොයා ගන්නා ලදි. ඇතැම් විද්‍යාඥයන් මේවා තරංග විශේෂයක් ලෙස විශ්වාස කළ අතර, තවත් සමහරකු නැඹුරු වූයේ ඒවා අංශු ලෙස සැලකීමට ය.

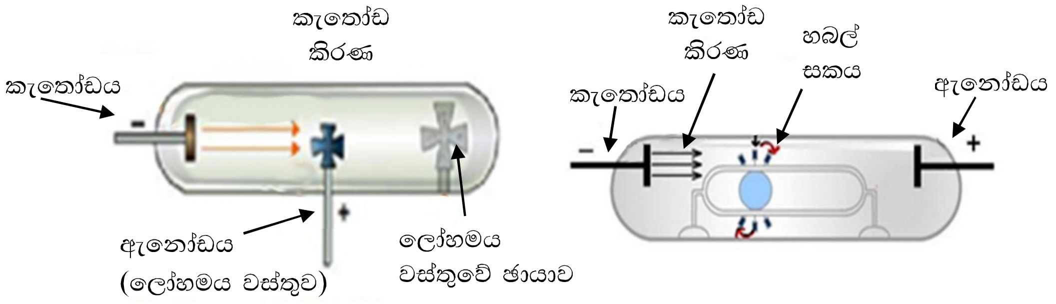
කැතෝඩය කුමන ද්‍රව්‍යයකින් සැදුණු එකක් වුවත් සහ නලය තුල ඇති වායුව කුමක් වුවත් කැතෝඩ කිරණ ස්වභාවයෙන් ඒකාකාර වන බව බ්‍රිතාන්‍ය විද්‍යාඥයකු වූ **ජේ.ජේ. තොම්සන් (1856-1940)** විසින් නිරීක්ෂණය කරන ලදි. 1897 දී කැතෝඩ කිරණ යනු ඍණ ලෙස ආරෝපිත වූ අංශු ධාරාවක් හැටියට හෙතෙම විස්තර කළේ ය. මැද සිදුරක් ඇති ඇනෝඩයක් සහිත කැතෝඩ කිරණ නළයක් යොදා ගනිමින් කරන ලද පරීක්ෂණයකින් හා ඉන් ලද ප්‍රතිඵලවලින් තොම්සන්ට ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ආරෝපණය හා ස්කන්ධය අතර අනුපාතය ගණනය කිරීමට හැකි වූ අතර, ඉන් ලද ප්‍රතිඵලය $1.76 \times 10^{8}\ C\ g^{-1}$ (ග්‍රෑමයට කූලෝම්) විය.



තොම්සන්ගේ කැතෝඩ කිරණ නළය

කැතෝඩ කිරණවල ගුණ (පරීක්ෂණාත්මක නිරීක්ෂණ)

- කැතෝඩ කිරණවල පථය සරල රේඛීය වේ. විසර්ජන නළයක කැතෝඩ කිරණවල පථයෙහි ලෝහමය කුරුසයක් වැනි පාරාන්ධ වස්තුවක් තැබූ විට, කැතෝඩයට ප්‍රතිවිරුද්ධ අන්තයෙහි ඒ කුරුසයේ ඡායාවක් ඇති වේ. මෙසේ සෙවණැලි ඇති වීමෙන් තහවුරු වන්නේ කැතෝඩ කිරණ සරල රේඛීය මාර්ගවල ගමන් කරන බවයි.

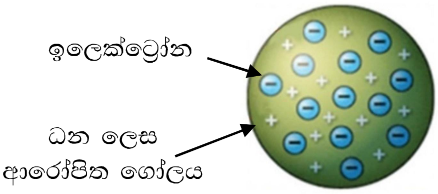


කැතෝඩ කිරණවල ගුණ

- කැතෝඩ කිරණ යනු ස්කන්ධයක් හා චාලක ශක්තියක් සහිත අංශු කදම්බයකි. විසර්ජන නළයක් තුළ කැතෝඩ කිරණවල පථයෙහි සැහැල්ලු හබල් සකයක් තැබූ විට එහි තල කරකැවේ.
  මෙය ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට (කැතෝඩ කිරණ) ගම්‍යතාවක් ඇති බව දක්වන නිරීක්ෂණයක් ලෙස සැලකේ (කෙසේ වෙතත් නළය තුළ උෂ්ණත්වය ඉහළ යෑම ද තලවල භ්‍රමණයට හේතුවන නිසා මේ නිගමනය ගැන සැකයක් ද පවතී).
- කැතෝඩ කිරණ ඍණ ලෙස ආරෝපිත ය. කැතෝඩ කිරණ ගමන් ගන්නා පථයට විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක් යෙදූ කල ඒවා ධන තහඩුව වෙත ආකර්ෂණය වේ. ඒවා චුම්බක ක්ෂේත්‍රවල බලපෑමට ද යටත් වේ. මෙහිදී කිරණ උත්ක්‍රමණය වන දිශාව, වෙනත් ඕනෑම ඍණ ආරෝපිත අංශුවක් උත්ක්‍රමණය වන දිශාවම වේ. එබැවින් කැතෝඩ කිරණ ඍණ ආරෝපිත බව තවදුරටත් තහවුරු වේ.

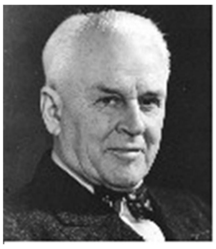
බාහිර විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍ර සමඟ කැතෝඩ කිරණවල අන්තර් ක්‍රියා

- කැතෝඩ කිරණවල ස්වභාවය විසර්ජන නළය තුළ ඇති වායුව අනුව හෝ කැතෝඩය සෑදී ඇති ද්‍රව්‍යය අනුව හෝ වෙනස් නො වේ.
- විවිධ වායුවලින් ලැබෙන කැතෝඩ කිරණවල ආරෝපණය/ ස්කන්ධය අනුපාතය (e/m අනුපාතය) හරියටම සමාන වේ.



ජේ.ජේ. තොම්සන් සහ ඔහුගේ පරමාණුක ආකෘතිය

තම අනාවරණ පදනම් කර ගනිමින් 1899 දී **ජේ.ජේ. තොම්සන්** පරමාණුක ව්‍යුහය පිළිබඳ 'ප්ලම් පුඩිං' ආකෘතිය ඉදිරිපත් කළේ ය. 1909 දී තම තෙල් බින්දු පරීක්ෂණය පදනම් කර ගනිමින් **ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ආරෝපණය 1.602 × 10^{-19} C** ලෙස අනාවරණය කර ගැනීමට **රොබට් මිලිකන්** (1868-1953) සමත් විය. පරීක්ෂණාත්මකව සොයා ගත් ඉලෙක්ට්‍රෝනික ආරෝපණයත් තොම්සන් විසින් සොයා ගන්නා ලද ආරෝපණය/ ස්කන්ධය අනුපාතයත් සම්බන්ධ කර ගනිමින් ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ස්කන්ධය ගණනය කළ හැකි විය.



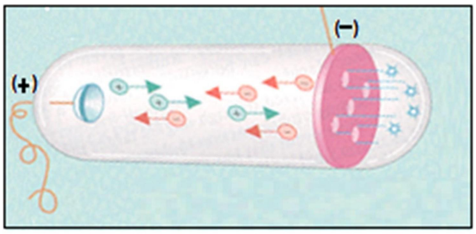
ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ස්කන්ධය $= \dfrac{1.602 \times 10^{-19}\,\mathrm{C}}{1.76 \times 10^{8}\,\mathrm{C/g}} = 9.10 \times 10^{-28}\,\mathrm{g}$

රොබට් මිලිකන් සහ ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ස්කන්ධය

මේ ස්කන්ධය සැහැල්ලුතම පරමාණුව වන හයිඩ්‍රජන් පරමාණුවේ ස්කන්ධයෙන් 1/1837කි. **ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ සාපේක්ෂ ආරෝපණය -1 කි.**

පරමාණුක න්‍යෂ්ටිය

ජර්මන් ජාතික භෞතික විද්‍යාඥ **එයුජන් ගෝල්ඩ්ස්ටයින්** පදාර්ථයේ ධන ආරෝපණවල පැවැත්ම පරීක්ෂණාත්මක ලෙස සනාථ කළේ ය. ඔහුගේ පරීක්ෂණවල දී ඉතා අඩු පීඩනයෙන් යුත් වාතය අඩංගු සිදුරු පිහිටි කැතෝඩයක් සහිත විසර්ජන නළයක් භාවිත කරන ලදි. වොල්ට් 10,000ක පමණ ඉහළ වෝල්ටීයතාවක් කැතෝඩයට යෙදූ විට සිදුරු සහිත කැතෝඩයට පිටුපසින් මඳ රත් පැහැ දිලිසුමක් ඇති වන බව හෙතෙම නිරීක්ෂණය කළේ ය. නළයට ඉහළ වෝල්ටීයතාවක් යෙදූ කල එහි විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රය වාතයේ අල්ප වශයෙන් ඇති අයන ත්වරණය කරයි. මේවා වායු පරමාණු සමඟ ගැටීමේ දී ඒවායින් ඉලෙක්ට්‍රෝන ගැලවී ඉවත් වන හෙයින් තව තවත් ධන අයන සෑදේ. මේ අයන හා ඉලෙක්ට්‍රෝන තව දුරටත් වායු පරමාණු හා ගැටෙමින් ධන අයන සංඛ්‍යාව වැඩි කරයි. ධන අයන සියල්ල ඍණ කැතෝඩය වෙත ආකර්ෂණය වන අතර, ඉන් සමහරක් කැතෝඩයේ සිදුරු හරහා ගමන් කරයි. කැතෝඩයේ සිදුරු තුළින් ගමන් කරන හෙයින් ගෝල්ඩ්ස්ටයින් විසින් මේ කිරණ නම් කරන ලද්දේ 'නාළ කිරණ' යනුවෙනි. සැබැවින් ම මේ කිරණ ධන ඉලෙක්ට්‍රෝඩයෙන් හෙවත් ඇනෝඩයෙන් පැන නොනඟින නමුත් ඒවා කැතෝඩයෙන් ඈත ඇනෝඩය අසලින් උපදින හෙයින් 'ඇනෝඩ කිරණ' හෙවත් 'ධන කිරණ' යනුවෙන් ද හැඳින්වේ.



සිදුරු පිහිටි කැතෝඩයක් සහිත කැතෝඩ කිරණ නළය

ධන කිරණවල ගුණ (පරීක්ෂණවලින් ලද නිරීක්ෂණ)

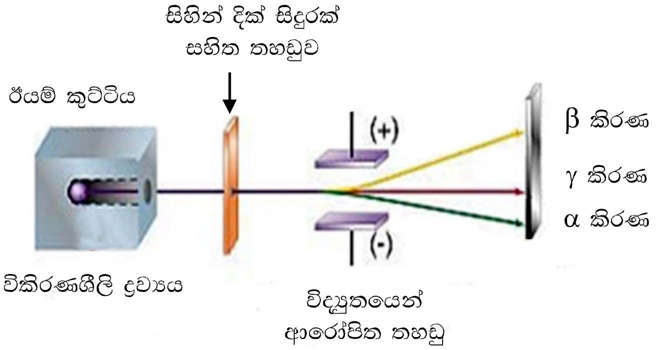
- ධන කිරණ සරල රේඛීය මාර්ගවල ගමන් ගන්නා අතර, ඒවායෙහි පථයේ තබන ලද වස්තුවල ඡායා ඇති කරයි.
- ඒවාට ඒවායේ පථයේ තබන ලද හබල් සකයක් චලනය කළ හැකි ය.
- මෙම කිරණ ධන ලෙස ආරෝපිත වන අතර, විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයකට භාජන කළ විට ඒවා එහි සෘණ ලෙස ආරෝපිත තහඩුව වෙත උත්ක්‍රමය වේ.
- ධන කිරණවල ස්වභාවය, විසර්ජන නළයේ අඩංගු වායුව මත රඳා පවතී. විවිධ වායුවලින් ඇති වන්නේ වෙනස් ස්කන්ධ සහ වෙනස් ආරෝපණවලින් යුත් අංශුවලින් සමන්විත විවිධාකාර ධන කිරණයි. මේ නිසා වෙන් වෙන් වායුවලින් ලැබෙන ධන කිරණ අංශුවල e/m අනුපාතය නියත නො වේ.

මේ 'කිරණ' චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක දී කෙසේ උත්ක්‍රම වේ දැයි සෙවීම සඳහා 1907 දී කරන ලද අධ්‍යයනයකින් අනාවරණය වූයේ ඒවා නිර්මිත වී ඇති අංශු ස්කන්ධයෙන් එකිනෙකට වෙනස් බවයි. මේ අතරින් සැහැල්ලුතම අංශු සැදෙන්නේ නළය තුළ හයිඩ්‍රජන් වායුව යම් තරමක් හෝ අන්නතර්ගතව තිබෙන විට ය. ඒ අංශුවල ස්කන්ධය ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ස්කන්ධය මෙන් 1840 ගුණයක් පමණ වේ. වෙනත් ධන අංශු, සැහැල්ලුම ධන අංශවේ ස්කන්ධයෙහි ගුණාකාර විය. එම නිසා මෙය උප පරමාණු අංශුවක් විය යුතුය. ඒවා ප්‍රෝටෝන ලෙස නම් කරන ලදී. ප්‍රෝටෝනයක සාපේක්ෂ ස්කන්ධය එකකි. මේ අනුව **ප්‍රෝටෝනයේ ස්කන්ධය** **1.6×10^{-24} g** හෝ **1.007276 u** ^පරමාණුක ස්කන්ධය ඒකකය& හෝ **Da** ඩෝල්ටන් (Daltons). (පරමාණුක ස්කන්ධ ඒකකය, අතීතයේ දී amu ලෙස සංකේතවත් කර ඇත)

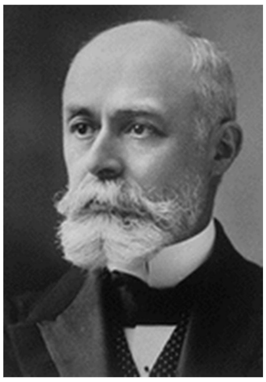
ප්‍රෝටෝනයක ආරෝපණය ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ආරෝපණයට සමාන හා ප්‍රතිවිරුද්ධ වේ. මේ අනුව ප්‍රෝටෝනයක නිරපේක්ෂ ආරෝපණය (ධන) කූලෝම් **1.6×10^{-19}**කි. ඕනෑ ම අංශුවක් විසින් දරන්නා වූ කුඩාතම ධන ආරෝපණය වන මෙය ඒකක 1ක ධන ආරෝපණයක් සේ සැලකේ. **ප්‍රෝටෝනයක සාපේක්ෂ ආරෝපණය +1 කි.**

ප්‍රංස ජාතික විද්‍යාඥයකු වූ **හෙන්රි බෙකරල්** **(1852-1908)** විසින් 1896 දී විකිරණශීලතාව සොයා ගැනීමෙන් ඉක්බිති බ්‍රිතාන්‍ය ජාතික භෞතික විද්‍යාඥ **ශ්‍රීමත් අර්නස්ට් රදෆර්ඩ් (1871-1973)** විකිරණශීලි ද්‍රව්‍යවලින් තුන් ආකාරයක විකිරණ, එනම් ඇල්ෆා (α), බීටා (β) හා ගැමා (γ) කිරණ නිකුත් වන බව පෙන්වා දුන්නේ ය. මින් α සහ β විකිරණ විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයකින් උත්ක්‍රමයට ලක් වේ.

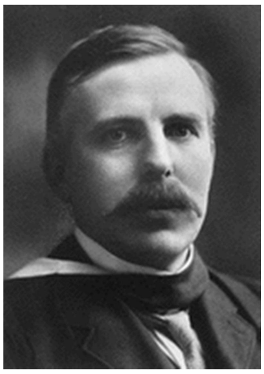
ඇල්ෆා (α) කිරණ α අංශු යනුවෙන් හැඳින්වෙන ධන ලෙස ආරෝපිත අංශුවලින් සමන්විත වන අතර, එබැවින් ඒවා ධන ආරෝපිත තහඩුවකින් ඉවතට උත්ක්‍රම වේ. **බීටා (β) කිරණ** β අංශුවලින් යුක්ත වන අතර, ඒවා අනන්‍යතාවෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන හා සම වේ. **β අංශු ඍණ** ලෙස ආරෝපිත තහඩුවකින් ඉවතට උත්ක්‍රම වේ. විකිරණශීලි විකිරණ අතුරින් තුන් වැනි වර්ගය අධිශක්ති විකිරණ වර්ගයක් වන **ගැමා (γ) කිරණයි**. X කිරණ සේ ම මේවා ද ආරෝපණයකින් තොර වන අතර, බාහිර විද්‍යුත් හෝ චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක බලපෑමට යටත් නො වේ.



විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක ඇල්ෆා (α), ඇල්ෆා (β) සහ ගැමා (γ) කිරණවල හැසිරීම



(a)

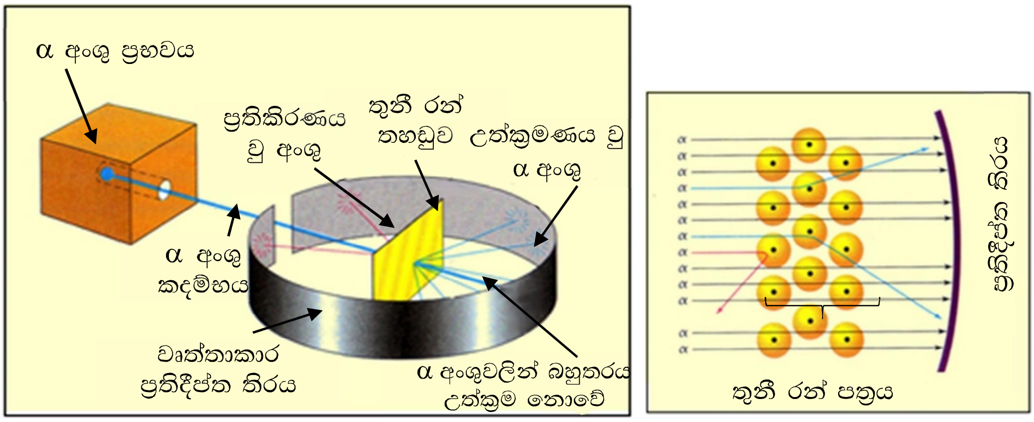


(b)

(a) හෙන්රි බෙකරල් සහ (b) අර්නස්ට් රදෆර්ඩ් සාමිවරයා

ධන කිරණවල ගුණ (පරීක්ෂණවලින් ලද නිරීක්ෂණ)

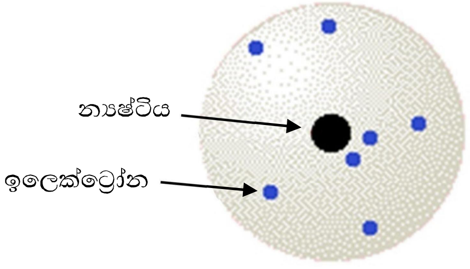
1908-09 අතර කාලයේ දී රදෆර්ඩ් ඔහුගේ සහායක, ජර්මන් ජාතික භෞතික විද්‍යාඥ **ජොහැන්ස් හාන්ස් විල්හෙල්ම් ගයිගර්ගේ (1882-1945)** හා එවකට උපාධි අපේක්ෂකයකු වූ **අර්නස්ට් මාස්ඩන්ගේ** ද සහාය ඇතිව, විකිරණශීලි ප්‍රභවයකින් නිකුත් වන α අංශු, රන් ඇතුළු වෙනත් ලෝහවල ඉතා තුනී ලෝ පත් වෙත එල්ල කරමින් පරීක්ෂණ ගණනාවක් පැවැත්වී ය.



රදෆර්ඩ්ගේ රන්පත් පරීක්ෂාව

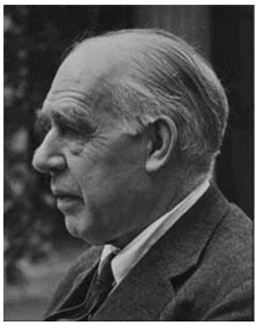
අංශුවලින් බහුතරය උත්ක්‍රමයකින් තොරව, නැතහොත් ඉතා අල්ප උත්ක්‍රමයකින් යුක්තව රන්පත විනිවිද යන බව ඔවුහු නිරීක්ෂණය කළහ. ඒ අතර අංශුවලින් කිහිපයක් පමණක් විශාල කෝණයකින් උත්ක්‍රම වන බව හෙවත් ප්‍රකිරණයට ලක් වන බව ඔවුහු දුටහ. තව ද, අංශුවලින් ඉතා සුළු සංඛ්‍යාවක් රන් පත්‍රයේ වැදී පොලා පැනීම නිසා ඒවා පැමිණි දිශාවට ම පරාවර්තනය විය.

මේ පරීක්ෂණයේ ප්‍රතිඵල පැහැදිලි කරනු වස් පරමාණුවෙන් වැඩි කොටසක් හිස් අවකාශය විය යුතු යැයි යෝජනා කරමින් රදර්ෆඩ් පරමාණුව සඳහා නව ආකෘතියක් ඉදිරිපත් කළේ ය. යෝජිත ව්‍යුහය, α අංශුවලින් බහුතරයක් උත්ක්‍රමයකින් තොර ව, නොඑසේ නම් ඉතා අල්ප උත්ක්‍රමයක් පමණක් ඇති ව රන්පත හරහා ගමන් කිරීම පැහැදිලි කරයි. පරමාණුවෙහි ධන ආරෝපණ සියල්ල එහි කේන්ද්‍රයෙහි වූ ඝන හරයක හෙවත් **න්‍යෂ්ටියක** ඒකරාශි වී ඇත. ප්‍රකිරණ පරීක්ෂාවේ දී α අංශුවක් න්‍යෂ්ටියට ආසන්නව පැමිණෙන කල්හි එය අධික විකර්ෂණ බලයකට පාත්‍ර වන අතර, එහෙයින් ම විශාල උත්ක්‍රමණයකට ද ලක් වේ. තව ද කෙළින් ම න්‍යෂ්ටිය එල්ලේ එන α අංශුවක් අතිප්‍රබල විකර්ෂණයකට භාජන වන බැවින් එයට චලනය වන අංශුව සම්පූර්ණයෙන් ම ආපසු හරවා යැවිය හැකි ය.



රදෆර්ඩ්ගේ පරමාණුක ආකෘතිය (1911)

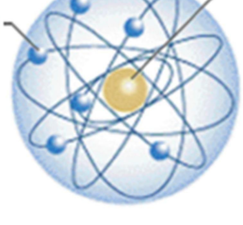
පසුකාලීනව, විශේෂයෙන් ම ස්කන්ධ වර්ණාවලීක්ෂණය පදනම් කොට සිදු කරන ලද අධ්‍යයනවලින් පෙන්නුම් කරන ලද්දේ පරමාණුවල ස්කන්ධය, ඒවායේ ඇතුළත් ප්‍රෝටෝනවල හා ඉලෙක්ට්‍රෝනවල ස්කන්ධයට වඩා වැඩි බවයි. එම නිසා පරමාණුවේ ස්කන්ධයට දායක වන තවත් උප අංශුවක් තිබිය යුතු වේ. 1932 දී බ්‍රිතාන්‍ය විද්‍යාඥයකු වූ **ශ්‍රීමත් ජේම්ස් චැඩ්වික්** (1891-1972) විසින් **නියුට්‍රෝනය** සොයා ගනු ලැබිණි. **නියුට්‍රෝනයේ ආරෝපණය ශුන්‍ය (0)** වන අතර, එහි **ස්කන්ධය $\mathbf{1.6749 \times 10^{-24}}$ g** හෙවත් **1.008665 u** වේ.



(a) (b)

(a) ජේම්ස් චැඩ්වික් සහ (b) නීල්ස් බෝර්

රදර්ෆර්ඩ්ගේ කාලයේ පටන් භෞතික විද්‍යාඥයන් විසින් වඩ වඩාත් පරමාණුක න්‍යෂ්ටිය ගැන හැදෑරීම් කරන ලදී. 1913 දී ඩෙන්මාර්ක් ජාතික භෞතික විද්‍යාඥයකු වූ **නීල්ස් හෙන්ඩ්‍රික් ඩේවිඩ් බෝර් (1885-1962)** එවකට දන තිබූ අදහස් සම්පිණ්ඩනය කරමින්, හිරු වටා ග්‍රහලෝක පරිභ්‍රමණය වන්නේ යම් සේ ද පරමාණුක න්‍යෂ්ටිය ද ඒ වටා වූ කක්ෂවල පරිභ්‍රමණය වන ඉලෙක්ට්‍රෝනවලින් වට වී ඇති බව යෝජනා කළේ ය. තව ද හේ ඉලෙක්ට්‍රෝන පරමාණුක කක්ෂවල ස්ථිර ව පිහිටීමට නම් න්‍යෂ්ටිය හා ඉලෙක්ට්‍රෝන අතර පවත්නා විද්‍යුත්-ස්ථිතික බල ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් මත ඇති කෙරෙන කේන්ද්‍රාපසාරී බලයට සමාන බව උපග්‍රහණය කළේ ය. වෙනත් වචනවලින් කිව හොත් ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට න්‍යෂ්ටියේ සිට ඇති දුර නියතව පවත්වා ගනිමින් ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට න්‍යෂ්ටිය වටා නියත වේගයකින් ගමන් කිරීමට සිදු වේ. බෝර් විසින් ඉදිරිපත් කරන ලද මේ පරමාණුක ආකෘතිය **රදෆර්ඩ්-බෝර් ආකෘතිය** හෙවත් **බෝර් ආකෘතිය** යනුවෙන් හඳුන්වනු ලැබේ. න්‍යෂ්ටිය තුළ හමුවන අංශු **නියුක්ලියෝන** ලෙස හැඳින්වේ. එබැවින් පරමාණුවේ ප්‍රෝටෝන සහ නියුට්‍රෝන, නියුක්ලියෝනවල සංරචක වේ. නියුක්ලයිඩයක් යනු නිශ්චිත වූ ප්‍රෝටෝන සහ නියුට්‍රෝන සංඛ්‍යාවක් ඇති පරමාණුවක න්‍යෂ්ටියකි. (නියුක්ලියෝන සියල්ල) එමනිසා නියුක්ලයිඩ යනු නියුක්ලියෝනවල සංයුක්ත අංශූන් වේ.



බෝර් ආකෘතිය

පරමාණුක ක්‍රමාංකය, සමස්ථානික හා ස්කන්ධ ක්‍රමාංකය

රදර්ෆර්ඩ්ගේ සම-සහකරුවෙකු වූ ඉංග්‍රීසි භෞතික විද්‍යාඥ **හෙන්රි ග්වින් ජෙෆ්රි මෝස්ලි (1887-1915),** න්‍යෂ්ටියෙහි ධන ආරෝපණ සංඛ්‍යාව වැඩි වන්නේ ඉලෙක්ට්‍රෝන ඒකක එකින් එක බව සොයා ගත්තේ ය. එක් එක් මූලද්‍රව්‍යයේ පරමාණුවකට ඊට ම ලාක්ෂණික වූ ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාවක් ඇත. කිසියම් සුවිශේෂ මූලද්‍රව්‍යයක පරමාණුවක ඇති ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාව එහි **පරමාණුක ක්‍රමාංකය** යනුවෙන් හැඳින්වේ.

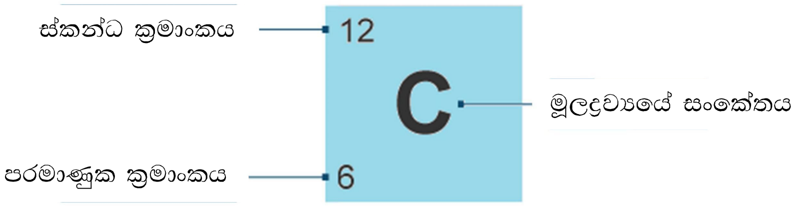
පරමාණුක ක්‍රමාංකය (Z) = ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාව = පරමාණුවක ඉලෙක්ට්‍රෝන සංඛ්‍යාව

පරමාණුවක ශුද්ධ විද්‍යුත් ආරෝපණයක් නොමැති හෙයින් එහි ඇතුළත් ඉලෙක්ට්‍රෝන සංඛ්‍යාව එම පරමාණුවේ න්‍යෂ්ටියෙහි අඩංගු ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාවට සමාන වේ. නිදසුනක් ලෙස කාබන් මූලද්‍රව්‍යයේ සියලු පරමාණු ප්‍රෝටෝන හයකින් හා ඉලෙක්ට්‍රෝන හයකින් යුක්ත වන අතර, ඔක්සිජන්වල සියලු පරමාණුවල ප්‍රෝටෝන අටක් හා ඉලෙක්ට්‍රෝන අටක් අඩංගු ය. ඒ අනුව කාබන්වල පරමාණුක ක්‍රමාංකය 6 ද ඔක්සිජන්වල පරමාණුක ක්‍රමාංකය 8 ද වේ.

බ්‍රිතාන්‍ය විද්‍යාඥයන් වූ **ජේ.ජේ. තොම්සන්** සහ **ෆ්රැන්සිස් විලියම් ඇස්ටන් (1877-1945)** විසින් නිපදවන ලද ස්කන්ධ භේද මානය, මුල් ම වරට සමස්ථානික (නියෝන්වල) සොයා ගැනීම සඳහා 1912-13 අතර කාලයේ දී ඔවුන් විසින් භාවිත කරන ලදී. දෙන ලද මූලද්‍රව්‍යයක පරමාණු ඒවායේ අන්තර්ගත නියුට්‍රෝන සංඛ්‍යාවෙන් වෙනස් විය හැකි ය. එබැවින් ඒවායේ ස්කන්ධය ද එකිනෙකින් වෙනස් විය හැකි ය. පරමාණුවක ඇති ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාවේ හා නියුට්‍රෝන සංඛ්‍යාවේ එකතුව එහි **ස්කන්ධ ක්‍රමාංකය** නම් වේ.

ස්කන්ධ ක්‍රමාංකය (A) = ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාව (Z) + නියුට්‍රෝන සංඛ්‍යාව

කිසියම් පරමාණුවක් දක්වීම සඳහා මූලද්‍රව්‍යයේ සංකේතයෙහි වම් පස ඉහළ කෙළවරින් ස්කන්ධ ක්‍රමාංකය ලියනු ලබන අතර, වම් පස පහළ කෙළවර වෙන් වන්නේ පරමාණුක ක්‍රමාංකය සඳහා ය. කෙසේ වුව ද රසායනික සංකේතයෙන් ද පරමාණුක ක්‍රමාංකය ගම්‍ය වන බැවින් සාමාන්‍යයෙන් එය සංකේතය සමඟ නො දක්වේ.



කාබන්වල පරමාණුක සංකේත

සමාන පරමාණුක ක්‍රමාංකවලින් යුත් එහෙත් වෙනස් ස්කන්ධ ක්‍රමාංක සහිත (එනම් එක ම ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යා සහ වෙනස් නියුට්‍රෝන සංඛ්‍යා සහිත) පරමාණු එකිනෙකෙහි **සමස්ථානික** යනුවෙන් හැඳින්වේ.

නිදසුනක් ලෙස කාබන්වල පරමාණුවලින් බොහොමයකට ඇත්තේ නියුට්‍රෝන 6ක් නමුදු ඇතැම් පරමාණුවලට ඊට වැඩි නියුට්‍රෝන ගණනක් ඇත. ප්‍රෝටෝන 6ක් හා නියුට්‍රෝන 6ක් ඇති කාබන් පරමාණුවල ස්කන්ධ ක්‍රමාංකය 12ක් වන අතර, ඒවා ^{12}C ලෙස නිරූපණය කෙරේ. එසේ ම ප්‍රෝටෝන 6ක් සහ නියුට්‍රෝන 7ක් ඇති කාබන් පරමාණුවල ස්කන්ධ ක්‍රමාංකය 13ක් වන අතර ඒවා ^{13}C ලෙස ද ප්‍රෝටෝන 6ක් හා නියුට්‍රෝන 8ක් ඇති කාබන් පරමාණුවල ස්කන්ධ ක්‍රමාංකය 14ක් වන අතර, ඒවා ^{14}C ලෙස ද පෙන්නුම් කෙරේ. මූලද්‍රව්‍යයක ස්වභාවයෙන් ස්ථායී වන සමස්ථානික **ස්ථායි සමස්ථානික** ලෙස ද, ස්ථායි නොවන සමස්ථානික **විකිරණශීලි සමස්ථානික** ලෙස ද හැඳින්වේ.

පරමාණුක ස්කන්ධ පරිමාණය

පරමාණු යනු ඉතා කුඩා පදාර්ථමය කොටස් බැවින් ඒවාට ස්කන්ධයක් ඇත. කෙසේ වුව ද මෙබඳු ඉතා කුඩා ස්කන්ධ ආශ්‍රිතව කටයුතු කිරීමේ දී ඒකීකරණය කරන ලද **පරමාණුක ස්කන්ධ ඒකකය (u)** භාවිතයට ගැනීම පහසු ය.

1 u හෝ 1Da (පෙර amu) $= \frac{12\ g}{6.02214 \times 10^{23}} \times \frac{1}{12} = 1.66054 \times 10^{-24} g$

1 u = 1.66054×10^{-24} g හා 1g = 6.02214×10^{23} u හෝ Da

මෙහි ඒකීකරණය කරන ලද පරමාණුක ස්කන්ධ ඒකකය (u), අර්ථ දක්වනු ලබන්නේ කාබන්වල රසායනික වශයෙන් නොබැඳුණු ^{12}C සමස්ථානිකයේ පරමාණුක ස්කන්ධයෙන් හරියටම 1/12 ලෙස ය. මේ ඒකකයෙන් ^{1}H පරමාණුවක ස්කන්ධය 1.0078 u හෝ Da වන අතර ^{16}O පරමාණුවක ස්කන්ධය 15.9949 u හෝ Da වේ.

මූලද්‍රව්‍යයක මධ්‍යක පරමාණුක ස්කන්ධය සහ සාපේක්ෂ පරමාණුක ස්කන්ධය

බොහෝ මූලද්‍රව්‍ය ස්වභාවයෙහි පවතිනුයේ සමස්ථානික මිශ්‍රණ වශයෙනි. පරමාණුවක ස්කන්ධය, **සාපේක්ෂ පරමාණුක ස්කන්ධය** හෝ **පරමාණුක ස්කන්ධය** ලෙස ලබා දිය හැක. මධ්‍යක පරමාණුක ස්කන්ධය, මූලද්‍රව්‍යයේ සමස්ථානිකවල ස්කන්ධ ඒවායේ සාපේක්ෂ සුලභතාවලින් ගුණකර එකතු කිරීමෙන් ලබා ගත හැකි ය.

මධ්‍යක පරමාණුක ස්කන්ධය = Σ (සමස්ථානික ස්කන්ධය) × (භාගික සමස්ථානික සුලභතාව)

පරමාණුක ස්කන්ධය, පරමාණු මවුලයක ස්කන්ධයක් ලෙස ($g\ mol^{-1}$ ඒකකවලින්) ප්‍රකාශ කරනු ලබන කල්හි ඊට මූලද්‍රව්‍යයේ නොහොත් පරමාණුවේ **මවුලික ස්කන්ධය** යැයි කියනු ලැබේ.

$1g = 6.02214 \times 10^{23}$ u හා පරමාණු මවුල එකක් පරමාණු 6.02214×10^{23} බැවින් කාබන්වල මවුලික ස්කන්ධය 12.01 $g\ mol^{-1}$ වේ.

සාපේක්ෂ පරමාණුක ස්කන්ධය (A_r) මාන රහිත භෞතික රාශියකි. එය මූලද්‍රව්‍යයක පරමාණුවල මධ්‍යක ස්කන්ධය සහ (ඒකීකරණය කරන ලද පරමාණුක ස්කන්ධ ඒකකය යනුවෙන් හැඳින්වෙන) කාබන්-12 පරමාණුවේ ස්කන්ධයෙන් 1/12 අතර අනුපාතයකි. එබැවින් කාබන්වල සාපේක්ෂ පරමාණුක ස්කන්ධය 12.01 වේ.

ආවර්තිතා වගුවල, මූලද්‍රව්‍යයක සාපේක්ෂ පරමාණුක ස්කන්ධය සාමාන්‍යයෙන් මූලද්‍රව්‍යයේ සංකේතයට පහළින් දක්වනු ලැබේ.

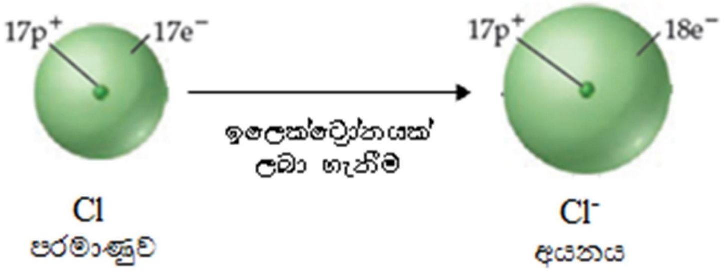
අයන

රසායනික ක්‍රියාවලියක් මගින් පරමාණුවක න්‍යෂ්ටිය වෙනසකට භාජන නො වේ. එහෙත් ඇතැම් පරමාණුවලට පහසුවෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන ඉවත් කිරීමට ද ඉලෙක්ට්‍රෝන ලබා ගැනීමට ද හැකි ය. පරමාණුවකින් ඉලෙක්ට්‍රෝන ඉවත් වුව හොත්, නැත හොත් ඊට ඉලෙක්ට්‍රෝන එකතු වුව හොත් සෑදෙන්නේ ආරෝපිත අංශුවකි. එය **අයනයක්** යනුවෙන් හැඳින්වේ. ධන ආරෝපණයක් සහිත අයනයක් **කැටායනයක්** යනුවෙන් ද ඍණ ආරෝපණයක් සහිත අයනයක් **ඇනායනයක්** යනුවෙන් ද නම් කෙරේ.

උදා: ප්‍රෝටෝන 11කින් හා ඉලෙක්ට්‍රෝන 11කින් යුත් සෝඩියම් පරමාණුවකට එක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් පහසුවෙන් බැහැර කළ හැකි ය. එහි ප්‍රතිඵලය වශයෙන් ඇති වන කැටායනයෙහි ඇත්තේ ප්‍රෝටෝන 11ක් සහ ඉලෙක්ට්‍රෝන 10කි. එනම්: එහි ශුද්ධ ආරෝපණය +1කි.

සෝඩියම් පරමාණුවක අයනීකරණය

උදා: ප්‍රෝටෝන 17කින් හා ඉලෙක්ට්‍රෝන 17කින් යුත් ක්ලෝරීන් පරමාණුවකට රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවල දී ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් ලබා ගනිමින් Cl^- අයනයක් නිපදවිය හැකි ය.



ක්ලෝරයිඩ් අයනය සෑදීම

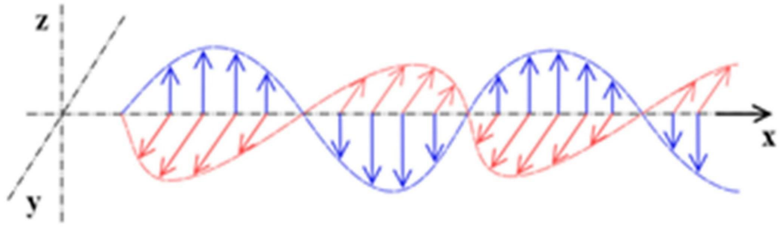
අයනයක මුළු ආරෝපණය දක්වනු ලබන්නේ පරමාණුක සංකේතයේ දකුණු පස උඩු පෙළක් ලෙස ය. එබැවින් (යකඩ පරමාණුවකින් ඉලෙක්ට්‍රෝන තුනක් ඉවත් වී සෑදෙන) ෆෙරික් අයනයක් මෙසේ පෙන්නුම් කෙරේ.

$$^{58}_{26}Fe^{3+}$$

Na^+ හා Cl^- වැනි සරල අයනවලට අමතර ව NH_4^+ (ඇමෝනියම් අයනය) හා SO_4^{2-} (සල්ෆේට් අයනය) වැනි **බහුපරමාණුක අයන** ද වේ. අණුවල මෙන් ම මේවායෙහි ද එකිනෙකට බැඳුණු පරමාණු අඩංගු වන නමුත් ඒවාට ශුද්ධ ධන හෝ ශුද්ධ සෘණ ආරෝපණයක් ඇත.

විද්‍යුත්-චුම්බක විකිරණ හා පදාර්ථයේ තරංගාකාර ගුණ

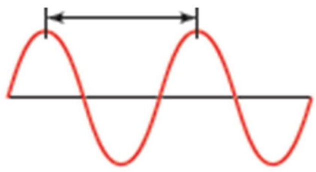
පරමාණුවක ඉලෙක්ට්‍රෝනික ව්‍යූහය පිළිබඳව අප විසින් අවබෝධ කර ගෙන ඇති කරුණුවලින් බොහොමයක් පැමිණ ඇත්තේ ද්‍රව්‍ය මගින් විමෝචනය කෙරෙන, නැත හොත් අවශෝෂණය කෙරෙන ආලෝකය විශ්ලේෂණයෙනි. විද්‍යුත්-චුම්බක විකිරණ සමන්විත වී ඇත්තේ විද්‍යුත්-චුම්බක තරංගවලිනි. **විද්‍යුත්-චුම්බක තරංග** යනු රික්තයක් තුළ ආලෝකයේ වේගයෙන් ප්‍රචාරණය වන එකිනෙක සමග සම්පාත වූ විද්‍යුත් හා චුම්බක ක්ෂේත්‍ර වේ. මේ ක්ෂේත්‍ර දෙකෙහි දෝලන එකිනෙකට ලම්බක වන අතර, තරංගය ප්‍රචාරණය වන දිශාවට ද ලම්බ වේ.



විද්‍යුත්-චුම්බක විකිරණ

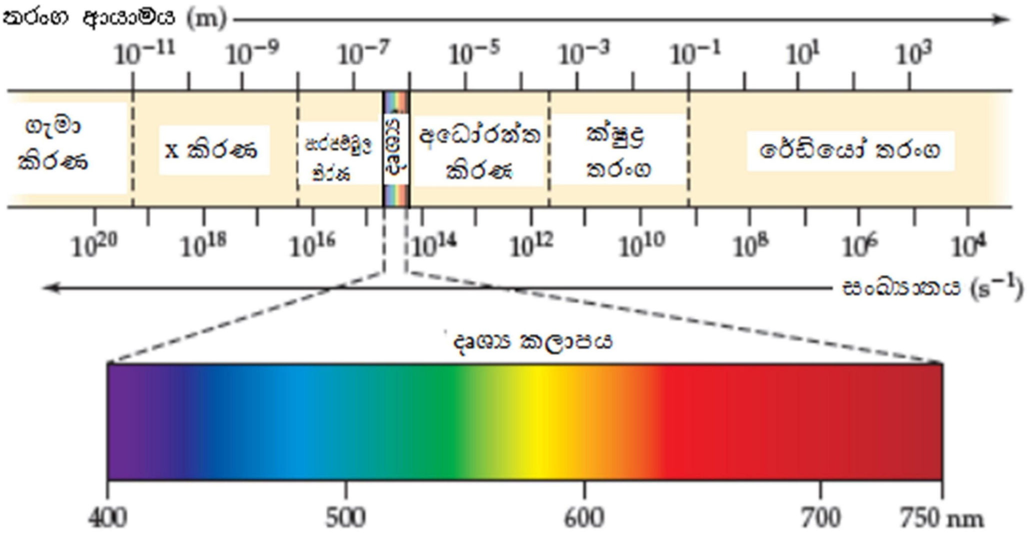
අපේ ඇසින් අප දකින ආලෝකය හෙවත් දෘශ්‍ය ආලෝකය විද්‍යුත්-චුම්බක විකිරණවල එක් ස්වරූපයකි. සියලු ආකාරයේ විද්‍යුත්-චුම්බක විකිරණ රික්තකයක් තුළ දී ආලෝකයේ වේගයෙන් (c), එනම් 2.998×10^{8} $\mathrm{m\,s^{-1}}$ ක වේගයෙන් ගමන් ගන්නා අතර, තරංගාකාර ගුණවලින් යුක්ත ය. තරංග ආවර්තිත වේ. මෙයින් අදහස් වන්නේ ඒවායේ ශීර්ෂවල හා නිම්නවල රටාව නියත අන්තරවල දී යළි යළිත් පුනරාවර්තනය වන බව ය. යාබද ශීර්ෂ දෙකක් හෝ නිම්න දෙකක් අතර දුර (චක්‍රයක දුර) **තරංග ආයාමය** (λ) නම් වේ. තත්පරයක් තුළ යම් ලක්ෂ්‍යයක් පසු කර යන සම්පූර්ණ තරංග ආයාම සංඛ්‍යාව හෙවත් චක්‍ර සංඛ්‍යාව තරංගයේ **සංඛ්‍යාතය** (ν) නම් වේ. සංඛ්‍යාතය ප්‍රකාශ කෙරෙනුයේ තත්පරයට චක්‍ර ලෙස හෙවත් **හර්ට්ස්** (Hz) යන ඒකකයෙනි. චක්‍ර ඇති බව තහවුරු වූ බැවින් හර්ට්ස් ඒකකයෙන් බොහෝ විට ප්‍රකාශ වනුයේ 'තත්පරයට' යන්න හැඟවෙන $\mathrm{s^{-1}}$ ලෙස ය. මේ අනුව,

$$c = \nu\lambda$$



විද්‍යුත්-චුම්බක තරංගයක්

විවිධ වර්ගයේ විද්‍යුත්-චුම්බක විකිරණ විවිධ ගුණවලින් යුක්ත ය. ඒ ඒවායේ තරංග ආයාම එකිනෙකින් වෙනස් බැවිනි. විද්‍යුත්-චුම්බක විකිරණ ඒවායේ තරංග ආයාමවල ආරෝහණ පිළිවෙළ අනුව පෙළගැස්වූ විට ලැබෙන්නේ **විද්‍යුත්-චුම්බක වර්ණාවලියයි.**



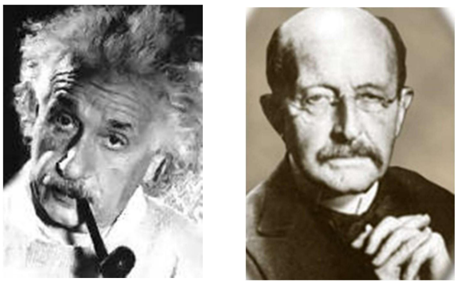
විද්‍යුත්-චුම්බක වර්ණාවලිය

ශක්ති ක්වොන්ටම්කරණය

1900 දී ජර්මන් ජාතික භෞතික විද්‍යාඥයකු වූ **මැක්ස් ප්ලාන්ක් (1958 - 1947)** ශක්තිය ක්වොන්ටම්කරණය වී ඇති බව ප්‍රකාශ කළේ ය. මින් අදහස් වන්නේ පරමාණුවලින් ශක්තිය විමෝචනය වන්නේ, නැත හොත් අවශෝෂණය වන්නේ යම් අවමයකින් යුත් විවික්ත ප්‍රමාණ වශයෙන් බවයි. විද්‍යුත්-චුම්බක විකිරණ ලෙස විමෝචනය විය හැකි, නො එසේ නම් අවශෝෂණය විය හැකි මේ කුඩාතම ශක්ති ප්‍රමාණවලට ප්ලාන්ක් විසින් දෙන ලද නම වූයේ 'නිශ්චිත ප්‍රමාණ' යන අරුතැති **ක්වොන්ටම** යන්නයි. ඔහු විසින් යෝජනා කරන ලද පරිදි එක් ශක්ති ක්වොන්ටමයක ශක්තිය E, විකිරණයේ සංඛ්‍යාතය එක්තරා නියතයකින් ගුණ කළ විට ලැබෙන ගුණිතයට සමාන වේ.

$$E = h\nu$$

මෙහි h යනු **ප්ලාන්ක් නියතය** ලෙස හැඳින්වෙන නියතයක් වන අතර, එහි අගය 6.626×10^{-34} J s (ජුල් තත්පර) වේ.



(a) (b)

(a) ඇල්බට් අයින්ස්ටයින් හා (b) මැක්ස් ප්ලාන්ක්

ප්ලාන්ක්ගේ ක්වොන්ටම්වාදය තවදුරටත් අභිවර්ධනය කළ **ඇල්බට් අයින්ස්ටයින් (1879-1955),** 1905 දී අපෝහනය කළේ ලෝහ පෘෂ්ඨයකින් නිකුත් වන විකිරණ කුඩා ශක්ති පොදි වශයෙන් හැසිරෙන බව ය. 'ශක්ති අංශුවක්' ලෙස ක්‍රියා කරන එක් පොදියක් **ෆෝටෝනයක්** වශයෙන් හඳුන්වනු ලැබේ. එක් ෆෝටෝනයක අඩංගු ශක්තිය ප්ලාන්ක් නියතය, අදාළ තරංගයේ සංඛ්‍යාතයෙන් ගුණ කිරීමෙන් ලැබේ.

ෆෝටෝනයක ශක්තිය = $E = h\nu$

හයිඩ්‍රජන් පරමාණුව සඳහා බෝර් ආකෘතිය සංවර්ධනය කිරීමට පසුකාලීන ව, පරීක්ෂණාත්මක තත්ත්වවලට අනුව, විකිරණවලට තරංගාකාර ගුණ හා අංශුමය (ෆෝටෝන) ගුණ තිබිය හැකි බව විද්‍යාඥයෝ තහවුරු කළහ.

ලුවී ඩී බ්‍රෝග්ලි (1892 – 1987) මේ අදහස තව දුරටත් අභිවර්ධනය කරමින්, උචිත තත්ත්ව යටතේ දී විකිරණ ශක්තියට අංශු ධාරාවක් (ෆෝටෝන) ලෙස හැසිරිය හැකි බවත්, පදාර්ථයට තරංගයක ගුණ ප්‍රදර්ශනය කළ හැකි බවත් පෙන්වා දුන්නේ ය.

පරමාණුවක න්‍යෂ්ටිය වටා චලනය වන ඉලෙක්ට්‍රෝනයකට තරංගයක් ලෙස හැසිරිය හැකි බව ද එනයින් ඊට තරංග ආයාමයක් තිබෙන බව ද යෝජනා කලේ ය. ඉලෙක්ට්‍රෝනයක තරංග ආයාමය එහි ස්කන්ධය m හා එහි ප්‍රවේගය v මත රැඳී පවතින බව ද, ඔහු විසින් යෝජනා කරන ලදී.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

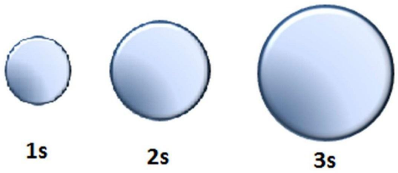
මෙහි h යනු ප්ලාන්ක් නියතය වේ. ඕනෑම වස්තුවක් සඳහා mv යන රාශිය එහි **ගම්‍යතාවය** (p) යනුවෙන් හැඳින්වේ.

ඩී බ්‍රෝග්ලි කල්පිතය සියලු පදාර්ථ විෂයයෙහි යෙදිය හැකි බැවින් හා (m) ස්කන්ධයෙන් හා (v) ප්‍රවේගයෙන් යුත් ඕනෑම වස්තුවකට ලාක්ෂණික පදාර්ථමය තරංගයක් බවට පත් විය හැක්කේ ය. කෙසේ වුව ද, ගොල්ෆ් බෝලයක් වැනි සාමාන්‍ය ප්‍රමාණයේ වස්තුවක් ආශ්‍රිත තරංග ආයාමය කෙතෙක් කුඩා ද යත් එය නිරීක්ෂණය කළ නොහැකි ය. එහෙත් ස්කන්ධයෙන් ඉතා කුඩා ඉලෙක්ට්‍රෝනයකට එය එසේ නො වේ.

කාක්ෂිකවල හැඩ

පරමාණුවක් වටා ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් පිහිටීමේ සම්භාවිතාව, එහි න්‍යෂ්ටිය වටා ඉලෙක්ට්‍රෝන ඝනත්වය ව්‍යාප්ත වී ඇති ආකාරය (කාක්ෂිකවල හැඩය) අපට පෙන්වා දෙයි.

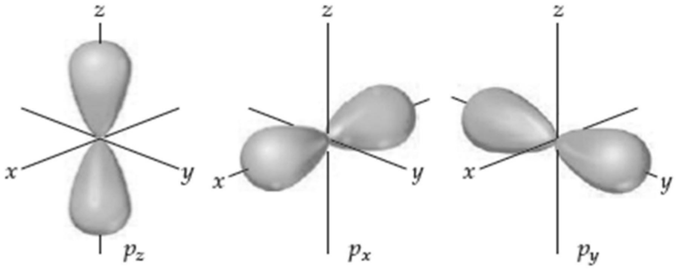
s කාක්ෂිකයක ඉලෙක්ට්‍රෝන ඝනත්වය ගෝලීයව සමමිතික වන අතර, න්‍යෂ්ටිය වටා කේන්ද්‍රගත වී ඇත. වෙනත් වචනවලින් කිවහොත් s කාක්ෂික හැඩයෙන් ගෝලීය ය.



s කාක්ෂිකවල හැඩය

එක් p උපකවචයක් සඳහා m_l ට ගත හැකි අගයන් වන -1, 0 සහ +1 ට අනුරූප ව කාක්ෂික තුනක් වෙයි. s කාක්ෂිකවල මෙන් මේවායෙහි ඉලෙක්ට්‍රෝන ඝනත්වය ගෝලීය ව ව්‍යාප්ත වී නැත. ඒ වෙනුවට න්‍යෂ්ටිය දෙපසින් වූ ඩම්බෙල් ආකාර ප්‍රදේශ දෙකක, ඉලෙක්ට්‍රෝන ඝනත්වය සාන්ද්‍රණය වී ඇත. මේ ඩම්බෙල් ආකාර කාක්ෂිකයක් ඛණ්ඩිකා දෙකකින් යුක්ත වන අතර, එම ඛණ්ඩිකා න්‍යෂ්ටිය මඟින් වෙන් වී පවතී.

එක් එක් අගය සඳහා වූ p කාක්ෂික තුන එක ම තරමින් හා හැඩයෙන් යුක්ත වන අතර එකිනෙකට වෙනස් වන්නේ අවකාශීය දිශානතියෙනි. මේවා p_x, p_y සහ p_z ලෙස නම් කිරීම සුදුසු ය. යටි අකුරින් ප්‍රකාශ වන්නේ කාක්ෂිකය දිශානත වී ඇති කාටීසියානු අක්ෂයයි.



p කාක්ෂිකවල හැඩය

දෙන ලද කවචයක ඇති d කාක්ෂික විවිධ හැඩවලින් යුක්ත වන අතර, ඒවායේ අවකාශීය දිශානති ද වෙනස් ය. f කාක්ෂිකවල හැඩ d කාක්ෂිකවල හැඩවලට ද වඩා සංකීර්ණ ය.

කාක්ෂික හා ක්වොන්ටම් අංක

බෝර් ආකෘතිය මගින් කක්ෂයක් විස්තර කෙරෙන n නම් වූ එක් ක්වොන්ටම් අංකයක් හඳුන්වා දෙන ලදී. ක්වොන්ටම් යාන්ත්‍ර විද්‍යා ආකෘතිය, පරමාණුවක ඉලෙක්ට්‍රෝන සැරිසරන කාක්ෂියක් විස්තර කිරීම සඳහා ගණිතමය වශයෙන් ව්‍යුත්පන්න කරන ලද n, l හා m_l නම් වූ ක්වොන්ටම් අංක තුනක් ද ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ බැමීම විස්තර කරන්නා වූ m_s නමැති තවත් ක්වොන්ටම් අංකයක් ද භාවිතයට ගනී.

1. ප්‍රධාන ක්වොන්ටම් අංකය, n

මෙය 1, 2, 3... ලෙස යන ධන පූර්ණ සංඛ්‍යා දරයි. මේ ක්වොන්ටම් අංකයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝනය පරමාණුව තුළ අත්පත් කර ගන්නා වූ ප්‍රධාන ශක්ති මට්ටම (ඉලෙක්ට්‍රෝන කවචය) අර්ථ දක්වෙයි. n හි අගය වැඩි වත් ම කාක්ෂිකය වඩ වඩා විශාල වන අතර, ඉලෙක්ට්‍රෝනය න්‍යෂ්ටියට දුරස්ථ ව ගත කරන කාලය ව ඩි වෙයි

ι .

2. කෝණික ගම්‍යතා (හෙවත් උද්දිගංශ) ක්වොන්ටම් අංකය, l

එක් එක් n අගය විෂයයෙහි, මෙයට 0 සිට $(n-1)$ දක්වා වූ පූර්ණ සංඛ්‍යාත්මක අගයන් තිබිය හැකි ය. මේ ක්වොන්ටම් අංකයෙන් කාක්ෂිකයෙහි හැඩය අර්ථ දක්වෙයි. ඒ ඒ කාක්ෂිකයට හිමි වන 0, 1, 2, 3 යන l හි අගයවලට අනුරූප ව ඒවා s, p, d සහ f යන අක්ෂරවලින් සංකේතවත් වෙයි.

එක ම n හා l අගයන් දරන්නා වූ කාක්ෂික කුලකයක් **උපකවචයක්** යනුවෙන් හැඳින්වේ. එක් එක් උපකවචය සංඛ්‍යාවකින් (n හි අගය) හා l හි අගයට අනුරූපව අක්ෂරයකින් (s, p, d හෝ f) සංකේතවත් කෙරේ. නිදසුනක් ලෙස n=3 හා l=2 වන කාක්ෂික 3d කාක්ෂික ලෙස හැඳින්වෙන අතර, ඒවා 3d උපකවචයට අයත් වේ.

3. චුම්බක ක්වොන්ටම් අංකය, m_l

මෙය 0 ද ඇතුළුව $-l$ සිට $+l$ දක්වා වූ පූර්ණ සංඛ්‍යාත්මක අගයන් ගත හැකි ය. මේ ක්වොන්ටම් අංකයෙන්, අවකාශයෙහි කාක්ෂිකයේ දිශානතිය විස්තර වේ. lට තිබිය හැකි අගයන් සංඛ්‍යාවෙන් උපකවචයක තිබිය හැකි කාක්ෂික සංඛ්‍යාව ප්‍රකාශ වේ. නිදසුන් ලෙස l= 2 වන කල්හි, m_l සඳහා තිබිය හැකි අගයයන් වන්නේ 2, 1, 0, -1 සහ -2 ය. d උපකවචයට කාක්ෂික පහක් අයත් වන බව මින් ප්‍රකාශිත ය.

4. භ්‍රමණ ක්වොන්ටම් අංකය, m_s

+ ½ හා – ½ යනුවෙන් මීට අත් කර ගත හැකි අගයයන් දෙකකි. ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ බැමීම සිදු විය හැකි දෙදිශාව මින් ප්‍රකාශිත ය. භ්‍රමණය වන ආරෝපණයකට චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් නිපදවිය හැකි ය. එබැවින් එකිනෙකට ප්‍රතිවිරුද්ධ භ්‍රමණ විසින් ප්‍රතිවිරුද්ධ ලෙස දිශානත වූ චුම්බක ක්ෂේත්‍ර ජනනය කෙරේ.

n, l සහ m_l ගයන් අතර සම්බන්ධතාව

n	l ට තිබිය හැකි අගයයන්	උපකවචය	m_l ට තිබිය හැකි අගයයන්	උපකවචයක ඇති කාක්ෂික සංඛ්‍යාව	කවචයක ඇතුළත් මුළු කාක්ෂික සංඛ්‍යාව
1	0	1*s*	0	1	1
2	0	2*s*	0	1	4
	1	2*p*	-1, 0, 1	3	
3	0	3*s*	0	1	9
	1	3*p*	-1, 0, 1	3	
	2	3*d*	-2, -1, 0, 1, 2	5	
4	0	4*s*	0	1	16
	1	4*p*	-1, 0, 1	3	
	2	4*d*	-2, -1, 0, 1, 2	5	
	3	4*f*	-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3	7	

පැවැතිය හැකි ක්වොන්ටම් අංකවල සීමා, පහත දැක්වෙන ඉතා වැදගත් නිරීක්ෂණවලට තුඩු දෙයි.

1. ප්‍රධාන ක්වොන්ටම් අංක n වූ කවචයක් හරියට ම n උපකවච සංඛ්‍යාවක් දරයි.

එක් එක් උපකවචය l හි අගය 0 සිට (n-1) දක්වා වූ අගය අතුරින් කිසියම් අගයකට අනුරූප වේ. ඒ අනුව පළමු (n=1) කවචය *1s* (l = 0) යන එක ම උපකවචය ද දෙවැනි (n = 2) කවචය 2*s* (l = 0) හා *2p* (l = 1) යන උපකවච දෙක ද තුන් වැනි (n = 3) කවචය 3*s*, 3*p*, 3*d* යනාදි වශයෙන් ද උපකවච තුනක් දරයි.

2. එක් එක් උපකවචයක නිශ්චිත කාක්ෂික සංඛ්‍යාවක් අන්තර්ගත ය.

එක් එක් කාක්ෂිකය, m_l සඳහා ගත හැකි යම් අගයකට අනුරූප ය. දෙන ලද l අගයක් සඳහා $-l$ සහ $+l$ අතර පරාසයක පිහිටි අගයන් $(2l + 1)$ සංඛ්‍යාවක් ගත හැකිය. මේ අනුව එක් *s* (l = 0) උපකවචයකට එක් කාක්ෂිකයක් පවතී ; එක් *p* (l = 1) උපකවචයකට කාක්ෂික තුනක් පවතී; එක් *d* (l = 2) උපකවචයකට කාක්ෂික පහක් ආදි වශයෙන් වේ.

3. ප්‍රධාන ක්වොන්ටම් අංකය n වන කවචයක ඇති මුළු කාක්ෂික සංඛ්‍යාව n^2 වේ.

මෙහි ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් ඇති වන 1, 4, 9 සහ 16 යන කාක්ෂික සංඛ්‍යා ආවර්තිතා වගුවේ දක්නට ලැබෙන රටාවට සම්බන්ධ ය. ආවර්තිතා වගුවේ පේළිවල ඇති 2, 8, 18 සහ 32 යන මූලද්‍රව්‍ය සංඛ්‍යා ඉහත සංඛ්‍යාවල දෙගුණය බව අපට පෙනේ.