© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

අ.පො.ස. (උසස් පෙළ)

භෞතික විද්‍යාව

13 ශ්‍රේණිය
සම්පත් පොත
11 වන ඒකකය

පදාර්ථ හා විකිරණ

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

විද්‍යා දෙපාර්තමේන්තුව
විද්‍යා හා තාක්ෂණ පීඨය
ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය
www.nie.lk

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

භෞතික විද්‍යාව
සම්පත් පොත
පදාර්ථ හා විකිරණ
11 වන ඒකකය

13 ශ්‍රේණිය

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© **ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය**

පළමු මුද්‍රණය - 2021

විද්‍යා දෙපාර්තමේන්තුව
විද්‍යා හා තාක්ෂණ පීඨය
ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය
www.nie.lk

මුද්‍රණය : මුද්‍රණාලය
ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය
මහරගම

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

අධ්‍යක්ෂ ජනරාල්ගේ පණිවිඩය

අධ්‍යාපනයේ ගුණාත්මකභාවය වර්ධනය කිරීම සඳහා ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය විසින් වරින් වර අවස්ථානුකූලව විවිධ පියවර ගනු ලැබේ. අදාළ විෂය සඳහා සම්පත් පොත් සකස් කිරීම එවන් පියවරකි.

12 සහ 13 ශ්‍රේණිවල විෂය නිර්දේශය සහ ගුරු අත්පොත් මඟින් යෝජිත ඉගෙනුම් - ඉගැන්වීම් ක්‍රියාවලිය සාර්ථකව ක්‍රියාත්මක කිරීම සඳහා සහාය කර ගනු පිණිස අතිරේක සම්පත් පොත ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය විසින් සකස් කර ඇත.

මේ ග්‍රන්ථය මඟින් විෂය නිර්දේශයට අදාළ විෂය කරුණු සැපයීම ඔස්සේ විෂය සන්ධාරය ඉගෙනීමට සිසුන්ට ද පහසුකම් සැපයෙනු ඇත.

මේ පොත සම්පාදනය කිරීමට සම්බන්ධ වූ ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනයේ කාර්ය මණ්ඩලයට හා බාහිර විෂය විශේෂඥයන්ට මාගේ කෘතඥතාව පළ කරමි.

ආචාර්ය සුනිල් ජයන්ත නවරත්න
අධ්‍යක්ෂ ජනරාල්
ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය
මහරගම

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

අධ්‍යක්ෂවරයාගේ පණිවිඩය

2017 වර්ෂයේ සිට ශ්‍රී ලංකාවේ සාමාන්‍ය අධ්‍යාපන පද්ධතියේ අ.පො.ස. (උසස් පෙළ) සඳහා තාර්කීකරණයට ලක් කළ නව විෂයමාලාවක් ක්‍රියාත්මක වේ. ඉන් අදහස් වන්නේ මෙතෙක් පැවැති විෂයමාලාව යාවත්කාලීන කිරීමකි. මේ කාර්යයේ දී අ.පො.ස. (උසස් පෙළ) රසායන විද්‍යාව, භෞතික විද්‍යාව හා ජීව විද්‍යාව යන විෂයවල විෂය සන්ධාරයේත්, විෂය ආකෘතියේත්, විෂයමාලා ද්‍රව්‍යවලත් යම් යම් සංශෝධන සිදු කළ අතර, ඊට සමගාමීව ඉගෙනුම්-ඉගැන්වීමේ ක්‍රමවේදයේත්, ඇගයීම් හා තක්සේරුකරණයේත් යම් යම් වෙනස්වීම් අපේක්ෂා කරන ලදි. විෂයමාලවේ අඩංගු විෂය කරුණුවල ප්‍රමාණය විශාල වශයෙන් අඩු කරන ලද අතර, ඉගෙනුම්-ඉගැන්වීමේ අනුක්‍රමයේ යම් යම් වෙනස්වීම් ද සිදු කරනු ලැබී ය. පැවති විෂයමාලා ද්‍රව්‍යයක් වූ ගුරු මාර්ගෝපදේශ සංග්‍රහය වෙනුවට ගුරු අත්පොතක් හඳුන්වා දෙන ලදි.

උසස් පෙළ විද්‍යා විෂය සඳහා ඉංග්‍රීසි භාෂාවෙන් සම්පාදිත අන්තර්ජාතික වශයෙන් පිළිගත් ග්‍රන්ථ පරිශීලනය කිරීම පසුගිය විෂයමාලා ක්‍රියාත්මක කිරීමේ දී අත්‍යවශ්‍ය විය. එහෙත් විවිධ පෙළපොත් භාවිත කිරීමේ දී පරස්පර විරෝධී විෂය කරුණු සඳහන් වීමත්, දේශීය විෂයමාලාවේ සීමා අබිබවා ගිය විෂය කරුණු ඒවායේ ඇතුළත් වීමත් නිසා ගුරුභවතුන්ට හා සිසුන්ට එම ග්‍රන්ථ පරිහරණය පහසු වූයේ නැත. මේ ග්‍රන්ථය ඔබ අතට පත් වන්නේ ඒ අවශ්‍යතාව සපුරාලීමට ගත් උත්සාහයක ප්‍රතිඵලයක් ලෙස ය.

එබැවින් මේ ග්‍රන්ථය මගින් දේශීය විෂයමාලාවේ සීමාවලට යටත්ව සිය මවුභාෂාවෙන් අදාළ විෂය සන්ධාරය පරිහරනය කිරීමට සිසුන්ට අවස්ථාව සලසා ඇත. එමෙන් ම විවිධ ග්‍රන්ථ, අතිරේක පත්ති වැනි මූලාශ්‍රවලින් අවශ්‍ය තොරතුරු ලබා ගැනීම වෙනුවට විෂයමාලාව මගින් අපේක්ෂිත තොරතුරු ගුරුභවතුන්ට හා සිසුන්ට නිවැරදිව ලබා ගැනීමට මේ ග්‍රන්ථය උපකාරී වනු ඇත.

විෂය සම්බන්ධ විශ්වවිද්‍යාල ආචාර්යවරුන් හා ගුරුභවතුන් විසින් සම්පාදිත මේ ග්‍රන්ථය ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනයේ විෂයමලා කමිටුවෙන් ද අධ්‍යයන මණ්ඩලයෙන් ද පාලක සභාවෙන් ද අනුමැතිය ලබා ඔබ අතට පත් වන බැවින් ඉහළ ප්‍රමිතියෙන් යුතු බව නිර්දේශ කළ හැකි ය.

ආචාර්ය ඒ.ඩී. අසෝක ද සිල්වා
අධ්‍යක්ෂ
විද්‍යා දෙපාර්තමේන්තුව
ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

අනුශාසකත්වය

රංජිත් පද්මසිරි මයා
නියෝජ්‍ය අධ්‍යක්ෂ ජනරාල්
විද්‍යා හා තාක්‍ෂණ පීඨය, ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය

මෙහෙයවීම

ආචාර්ය ඒ. ඩී. අසෝක ද සිල්වා
අධ්‍යක්ෂ, විද්‍යා දෙපාර්තමේන්තුව - ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය

සංස්කරණය

පී. මලව්පතිරණ මයා - ජ්‍යෝෂ්ඨ කථිකාචාර්ය, ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය
ආචාර්ය එම්. එල්. එස්. පියතිස්ස - සහකාර කථිකාචාර්ය, ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය
ආර්. ඒ. අමරසිංහ මෙණවිය - සහකාර කථිකාචාර්ය, ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය
ආර්. එන්. එන්. වීරසිංහ මිය - සහකාර කථිකාචාර්ය, ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය

විෂය උපදේශනය

ආචාර්ය එම්. කේ. ජයනන්ද - භෞතික විද්‍යා අධ්‍යයනාංශය, කොළඹ විශ්වවිද්‍යාලය
මහාචාර්ය එස්. ආර්. ඩී. රෝසා - භෞතික විද්‍යා අධ්‍යයනාංශය, කොළඹ විශ්වවිද්‍යාලය
ආචාර්ය වී. ශිවකුමාර් - භෞතික විද්‍යා අධ්‍යයනාංශය, පේරාදෙණිය විශ්වවිද්‍යාලය
ආචාර්ය බී. එම්. කේ. පේමසිරි - භෞතික විද්‍යා අධ්‍යයනාංශය, පේරාදෙණිය විශ්වවිද්‍යාලය
ඩී. ඩී. එල්. බියන්විල මයා - ප්‍රධාන කොමසාරිස්, ගුරු අධ්‍යාපන ඒකකය, අධ්‍යාපන අමාත්‍යාංශය

රචනය

බී. ඒ. තිලකරත්න මයා - හිටපු ශ්‍රී ලංකා අධ්‍යාපන පරිපාලන සේවය
හිටපු ව්‍යාපෘති නිලධාරි, ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය

භාෂා සංස්කරණය - ජයත් පියදසුන් මයා
ප්‍රධාන උප කර්තෘ - සිළුමිණ, ලේක්හවුස්

පිටුවැස්ම හා පරිගණක වදන් සැකසුම - ආර්. ආර්. කේ. පතිරණ මිය
ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය
ඩී. එම්. ඉරේෂා රංගනා දිසානායක මිය
ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය

විවිධ සහාය

- එම්. වැලිපිටිය මයා - ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය
- ඩබ්. පී. පී. වීරවර්ධන මිය - ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

පටුන

		පිටු
01.	විකිරණයේ ක්වොන්ටම් ස්වභාවය	
	1.1 තාප විකිරණය	1
	1.2 තාප විකිරණයේ මූලික ලක්‍ෂණ	2
	1.3 වස්තු අතර තාප සමතුලිතතාව	3
	1.4 කෘෂ්ණ වස්තු විකිරණය	5
	1.5 වීන් විස්ථාපන නියමය	7
	1.6 ස්ටෙෆාන් නියමය	7
	1.7 පෘෂ්ඨයක විමෝචකතාව	8
	1.8 පෘෂ්ඨයක අවශෝෂකතාව	8
	1.9 කෘෂ්ණ වස්තු විකිරණයේ තීව්‍රතා ව්‍යාප්තිය පැහැදිලි කිරීම	10
02.	ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය	
	2.1 ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණ සංසිද්ධිය	17
	2.2 ප්‍රකාශ කෝෂයක් මඟින් ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය ආදර්ශනය	18
03.	පදාර්ථයේ තරංග ස්වභාවය	
	3.1 හැඳින්වීම	29
	3.2 පදාර්ථ තරංග සඳහා ඩී බ්‍රොග්ලී සම්බන්ධතාව	30
	3.2 ඉලෙක්ට්‍රෝන විවර්තනය	33
	3.4 X - කිරණවලින් සිදුවන විවර්තනය	33
	3.5 ඉලෙක්ට්‍රෝන අණ්වීක්ෂය	34
04.	X - කිරණ	
	4.1 කැතෝඩ කිරණ	37
	4.2 X - කිරණ	38
05.	විකිරණශීලතාව	
	5.1 හැඳින්වීම	45
	5.2 α, β සහ γ - විකිරණ	45
	5.3 විකිරණශීලි ක්ෂය වීම	48
	5.4 විකිරණශීලි සමස්ථානික	49
	5.5 α - විමෝචනය (α - ක්ෂය වීම)	49
	5.6 β - විමෝචනය (β - ක්ෂය වීම)	50
	5.7 γ - විමෝචනය (γ - ක්ෂය වීම)	51
	5.8 විකිරණශීලී නියුක්ලයිඩ	52
	5.9 විකිරණශීලී පෘථක්කරණ නියමය	53
	5.10 විකිරණශීලී මූලද්‍රව්‍යයක සක්‍රියතාව (A)	55
	5.11 විකිරණශීලී කාල නිර්ණය හෙවත් කාබන් දිනැයුම	56
	5.12 විකිරණ මැනීමේ ඒකක	57

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

5.13 විකිරණ උපද්‍රව 58
5.14 විකිරණ අනාවරක 59

06. න්‍යෂ්ටික ශක්තිය හා එහි භාවිත

6.1 පරමාණුක ව්‍යුහය 65
6.2 සමස්ථානික 66
6.3 න්‍යෂ්ටික ඒකක 67
6.4 රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවල දී හා න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාවල දී නිකුත් වන ශක්ති 68
6.5 ස්කන්ධ ශක්ති තුල්‍යතාව 68
6.6 ස්කන්ධ දෝෂය හා න්‍යෂ්ටික බන්ධන ශක්තිය 69
6.7 න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනය 70
6.8 න්‍යෂ්ටික විලයනය 76
6.9 න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනය හා න්‍යෂ්ටික විලයනය පිළිබඳ සන්සන්දනාත්මක විමසුමක් 77

07. පදාර්ථයේ මූලික සංඝටක හා ඒවායේ අන්තර්ක්‍රියා

7.1 හැඳින්වීම 80
7.2 පරමාණුවක ව්‍යුහය 80
7.3 අන්තරීක්ෂ කිරණ 82
7.4 අංශු ත්වරක 83
7.5 මූලික අංශු 88
7.6 මූලික බල 90

පරිශීලන ග්‍රන්ථ 92
උපග්‍රන්ථය I : පදාර්ථ හා විකිරණ ආශ්‍රිතව යෙදෙන මූලික නියත 93

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

පළමුවන පරිච්ඡේදය

විකිරණයේ ක්වොන්ටම් ස්වභාවය
Quantum Nature of Radiation

1.1 තාප විකිරණය (Thermal radiation)

අප දන්නා පරිදි සන්නයනයෙන් හා සංවහනයෙන් තාප සංක්‍රාමණය සඳහා පදාර්ථමය මාධ්‍යයක් අවශ්‍ය වේ. එහෙත් නිරතුරුව ම සූර්යාගේ සිට අතිමහත් තාප ශක්ති ප්‍රමාණයක් පදාර්ථවලින් තොර වූ හිස් අවකාශය ඔස්සේ $1{\cdot}49 \times 10^{11}$ m පමණ දුරක් ගෙවා පෘථිවිය වෙත ළඟා වේ. මෙලෙස කිසියම් පදාර්ථමය මාධ්‍යයක සහභාගිත්වයකින් තොරව ශක්තිය සම්ප්‍රේෂණය වීමේ ක්‍රියාවලිය 'තාප විකිරණය' නම් වේ.

සියලු වස්තු තාප විකිරණ විමෝචනය සිදු කරයි. වස්තුවක උණුසුම වැඩි වන විට ඒ වස්තුවෙන් තත්පරයක දී ඉවතට ගලා යන ශක්ති ප්‍රමාණය ද වැඩි වේ. අප ගිනිමැලයක් ආසන්නයේ සිටින විට එහි උණුසුම දැනෙන්නේ විකිරණය මඟින් සිදු වන තාප සංක්‍රාමණය මඟිනි. සංවහනය මඟින් සිදු වන තාප සංක්‍රාමණය නොගිණිය හැකි තරම් කුඩා වන්නේ වාතය කුසන්නායකයක් වන බැවිනි. සංවහනය මඟින් පහළට හෝ පැතිවලට තාප සංක්‍රාමණය සිදු නො වේ.

සූත්‍රිකා බල්බයකින් නිකුත් වන දෘශ්‍ය ආලෝකය හා තාපය සංක්‍රාමණය වන්නේ ප්‍රධාන වශයෙන් විකිරණ වශයෙනි. බල්බය තුළ තිබෙන ටංස්ටන් සූත්‍රිකාව රත් වී ශ්වේත තප්ත වූ විට ඉන් දෘශ්‍ය ආලෝකය හා තාපය විකිරණ බල්බය තුළ වූ රික්තය හරහා ඉවතට සංක්‍රාමණය වේ. සූර්යාගෙන් අප වෙත ලැබෙන විකිරණවලින් 47%ක් පමණ දෘශ්‍ය ආලෝකය ලෙසින් ද 45%ක් පමණ අධෝරක්ත විකිරණ ලෙසින් ද 8%ක් පමණ පාර ජම්බුල විකිරණ ලෙසින් ද පවතී.

1.1 රූපය ජේම්ස් ක්ලාක් මැක්ස්වෙල්

දෘශ්‍ය ආලෝකය, අධෝරක්ත හා පාරජම්බුල විකිරණ විද්‍යුත් චුම්බක වර්ණාවලියේ සංරචක බව 1862 දී ජේම්ස් ක්ලාක් මැක්ස්වෙල් (James Clark Maxwell) නමැති විද්‍යාඥයා විසින් පෙන්වා දෙන ලදි. සන්නායකයක් ඔස්සේ ගලන විද්‍යුත් ධාරාවක් විචලනය වන විට සන්නායකයෙන් ඉවතට විද්‍යුත් චුම්බක තරංග විකිරණය වන බව ඔහුගේ වැදගත් සොයා ගැනීමක් විය. වෙනත් ආකාරයකින් සඳහන් කරනවා නම්, ආරෝපිත අංශු ත්වරණයට හෝ මන්දනයට භාජනය වීමෙන් විද්‍යුත් චුම්බක තරංග උපදවා ගත හැකි ය.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

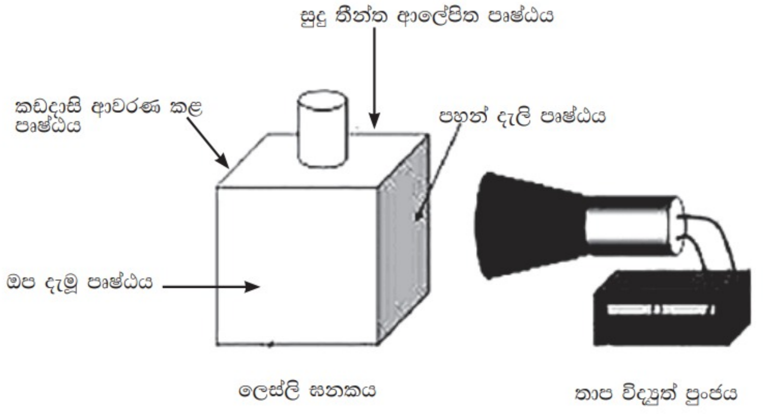
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

1.2 තාප විකිරණයේ මූලික ලක්ෂණ

උණුසුම් වස්තුවක උෂ්ණත්වය හේතුවෙන් විද්‍යුත් චුම්බක විකිරණ විමෝචනය වීම තාප විකිරණ ලෙස හැඳින්වෙයි.

- තාප විකිරණ ප්‍රචාරණය වීමට පදාර්ථමය මාධ්‍යයක් අවශ්‍ය නොවේ.
- නිදහස් අවකාශය තුළ දී ආලෝකයේ වේගයට සමාන වේගයකින් ගමන් ගනී.
- ඒවා ඔප දැමූ පෘෂ්ඨවලින් පරාවර්තනයට භාජනය වන අතර, පරාවර්තන නියම පිළිපදී.
- වෙනස් මාධ්‍ය තුළින් ගමන් කිරීමේ දී වර්තනය වීම සිදු වේ.
- විකිරණවල තීව්‍රතාව තාප ප්‍රභවයේ සිට ඇති දුරේ වර්ගයට ප්‍රතිලෝම වශයෙන් සමානුපාතික වේ.



1.2 රූපය ලෙස්ලි ඝනකය සහ තාප විද්‍යුත් පුංජය

රත්වූ වස්තුවකින් තාපය විමෝචනය වීමේ ශීඝ්‍රතාව ප්‍රධාන වශයෙන් මතු සඳහන් සාධක මත රඳා පවතී.

- වස්තුවේ උෂ්ණත්වය
- වස්තුවේ පෘෂ්ඨයේ ස්වභාවය
- වස්තුවේ පෘෂ්ඨ වර්ගඵලය

මේ සාධක ආදර්ශනය සඳහා 1.2 රූපයේ පෙන්වා ඇති ලෙස්ලි ඝනකය හා තාප විද්‍යුත් පුංජය (thermopile) යොදාගත හැකි ය. ලෙස්ලි ඝනකයක් යනු වෙනස් පෘෂ්ඨවල තාප විමෝචකතා සැසැඳීම සඳහා භාවිත කරන, ඇතුළත කුහරයක් සහිතව ලෝහයකින් තැනූ ඝනකයකි. තාප විද්‍යුත් පුංජය භාවිත කරන්නේ ලෙස්ලි ඝනකයේ එක් එක් මුහුණතෙන් සිදු වන තාප විකිරණ ශීඝ්‍රතාව මැන ගැනීම සඳහා ය. එය සාදා ඇත්තේ තාප විද්‍යුත් යුග්ම කිහිපයක් ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කිරීමෙනි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

ලෙස්ලි ඝනකයේ සිරස් මුහුණත් තුනක් පහන් දැලි, සුදු තීන්ත හා කඩදාසිවලින් ආවරණය කර, ඉතිරි සිරස් මුහුණත හොඳින් ඔප දමා ඇතැයි සිතමු. දැන් ඝනකය නටන ජලයෙන් පුරවා, එහි එක් එක් මුහුණත ඉදිරියේ එක ම දුරකින් තාප විද්‍යුත් පුංජය තබා එහි සටහන් වන ගැල්වනෝමීටර පාඨාංකය අනුව එක ම උෂ්ණත්වයක පවත්නා පෘෂ්ඨ හතර අතුරින් වැඩියෙන් ම තාපය විකිරණය වන්නේ පහන් දැලි තැවරූ පෘෂ්ඨයෙන් බවත්, අඩුම තාප විකිරණය සිදු වන්නේ ඔප දැමූ පෘෂ්ඨයෙන් බවත් නිරීක්ෂණය කළ හැකි ය.

සර්වසම පෘෂ්ඨවලින් යුත් විවිධ ප්‍රමාණයේ ලෙස්ලි ඝනක කීපයක් ගෙන, ඒවා සියල්ලට නටන ජලය පුරවා ඉහත පරීක්ෂණය නැවත සිදු කිරීමෙන් ලැබෙන නිරීක්ෂණ මඟින් විකිරණය වන ශීඝ්‍රතාව පෘෂ්ඨීය වර්ගඵලය මත රඳා පවතින බව ද පැහැදිලි වේ. ලෙස්ලි ඝනකයට විවිධ උෂ්ණත්වවල පවතින උණු ජලය පුරවා පරීක්ෂණය නැවත සිදු කළ විට විකිරණය වන ශීඝ්‍රතාව එහි උෂ්ණත්වය මත ද රඳා පවතින බව නිරීක්ෂණය කළ හැකි ය.

ක්රූක්ස් විකිරණමානය (Crooke's radiometer)

මෙය තාප විකිරණය ආදර්ශනය කිරීම සඳහා භාවිත කරනු ලබන උපකරණයකි. සිරස් මයිකා (mica) පෙති හතරකින් යුක්ත කුඩා සුළං යතක් (wind mill) සිරස් අක්ෂයක් වටා භ්‍රමණය විය හැකි වන පරිදි වීදුරු බල්බයක් තුළ නංවා ඇත. මේ බල්බය තුළ අඩු පීඩනයක් සහිත වාතය අන්තර්ගත වේ. කළු පෘෂ්ඨය ඔප දැමූ පෘෂ්ඨයට වඩා වැඩියෙන් විකිරණ අවශෝෂණය කර ගැනීම නිසා, එය ඔප දැමූ පෘෂ්ඨයට වඩා හැම විට ම උණුසුම්ව පවතී. කළු මුහුණත මත ගැටෙන වායු අණු පොලා පනින (rebound) මධ්‍යන්‍ය ප්‍රවේගය වැඩි ය. එහි ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් ඇති වන ප්‍රතික්‍රියාව හේතුවෙන් ඔප දැමූ පෘෂ්ඨය ඉදිරියෙන් සිටින ආකාරයට සුළං යත භ්‍රමණය වේ.

1.3 රූපය ක්රූක්ස් විකිරණමානය

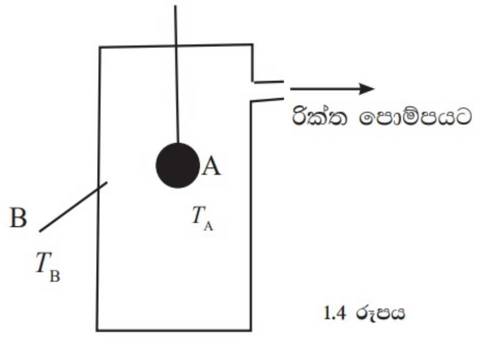
1.3 වස්තු අතර තාප සමතුලිතතාව

අපගේ සාමාන්‍ය අත්දැකීම වන්නේ උණුසුම් වස්තුවලින් තාපය විකිරණය වන බවයි. ගිනිමැලයක් අසලට යන විට හෝ ගිනියම් වූ ලෝහ කැබැල්ලක් අසලට අත ගෙන යන විට මේ බව අපට පැහැදිලි වෙයි. එහෙත් ප්‍රෙවෝස්ට් විසින් 1791 දී හඳුන්වා දෙන ලද තාප හුවමාරු වාදයෙන් කියවෙන්නේ ඕනෑ ම උෂ්ණත්වයක පවතින වස්තුවකින් තාප විකිරණය සිදු වන බවයි. ඒ වාදයට අනුව වස්තුවේ උෂ්ණත්වය වැඩි වන විට විකිරණ ශීඝ්‍රතාව ද වැඩි වෙයි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.



1.4 රූපය

1.4 රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ රික්ත පොම්පයකට සම්බන්ධ කිරීමෙන් රේචනය කරන ලද පෙට්ටියකි (B). මේ B පෙට්ටිය තුළ පරිවාරක නූලකින් A නමැති කුඩා වස්තුවක් එල්ලා ඇත. එහි උෂ්ණත්වය T_A වන අතර, පෙට්ටියේ බිත්ති වෙනත් T_B **නියත** උෂ්ණත්වයක පවත්වා ගෙන ඇත. B පෙට්ටිය රේචනය කර ඇති බැවින් A හා B අතර, ශක්ති හුවමාරුව සිදු වන්නේ විකිරණය මඟින් පමණි. $T_A > T_B$ නම් A ගේ උෂ්ණත්වය T_B තෙක් පහළ බසී. එහෙත් $T_A < T_B$ නම් A ගේ උෂ්ණත්වය T_B වන තෙක් ඉහළ නඟී. අවස්ථා දෙකේ දී ම A, Bගේ උෂ්ණත්වයට පත් වී තාප හුවමාරුව නතර වන බවක් පෙනේ.

මේ නිරීක්ෂණය (ප්‍රෙවොස්ට්ගේ තාප හුවමාරු වාදය) අනුව මේ අවස්ථා දෙකෙහි දී ම වස්තු දෙකෙන් ම තාප විකිරණ පිට වෙයි. $T_A < T_B$ වන අවස්ථාවේ A වස්තුවෙන් පිට වන විකිරණය ප්‍රමාණයට වඩා B වස්තුවෙන් පිටවන විකිරණය ප්‍රමාණය වැඩි ය. ඒ නිසා සම්ප්‍රයුක්ත තාප විකිරණය සිදු වන්නේ B සිට A වෙත ය. මේ හේතුවෙන් Aහි උෂ්ණත්වය ක්‍රමයෙන් ඉහළ යන අතර, ඒ සමගම Aගෙන් පිටවන විකිරණ ප්‍රමාණය ද ඉහළ යයි. Aහි උෂ්ණත්වය Bහි උෂ්ණත්වයට ළඟා වූ පසුව, වස්තු දෙකෙන් ම පිට වන විකිරණ ප්‍රමාණය සමාන වීම නිසා සඵල තාප හුවමාරුව ශූන්‍ය බවට පත් වී Aහි උෂ්ණත්වය ඉහළ යෑම නතර වෙයි.

$T_A > T_B$ වන අවස්ථාවේ A වස්තුවෙන් පිට වන විකිරණ ප්‍රමාණ B වස්තුවෙන් පිට වන විකිරණ ප්‍රමාණයට වඩා වැඩි ය. ඒ නිසා සම්ප්‍රයුක්ත තාප විකිරණය සිදු වන්නේ A සිට B වෙත ය. එවිට Aහි උෂ්ණත්වය සහ A මඟින් විකිරණය කරන තාප ප්‍රමාණය ක්‍රමයෙන් පහළ යයි. මෙහි දී ද, Aහි උෂ්ණත්වය Bහි උෂ්ණත්වයට ළඟා වූ පසුව, වස්තු දෙකෙන් ම පිට වන විකිරණ ප්‍රමාණය සමාන වීම නිසා සඵල තාප හුවමාරුව ශූන්‍ය බවට පත් වී Aහි උෂ්ණත්වය පහළ යෑම නතර වෙයි.

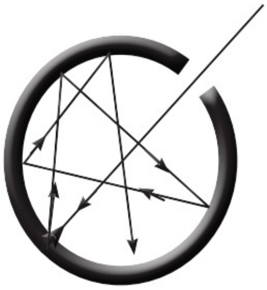
මේ අනුව යම් වස්තුවක උෂ්ණත්වය එය තබා ඇති පරිසරයේ උෂ්ණත්වයට සම වූ විට එම වස්තුව මඟින් පරිසරයට විකිරණ විමෝචනය වීමේ ශීඝ්‍රතාව, පරිසරය මඟින් එම වස්තුව මත විකිරණ අවශෝෂණය වීමේ ශීඝ්‍රතාවට සමාන වී ගතික සමතුලිතතාවකට පත් වෙයි. තාප හුවමාරුව ඉදිරියටත් සිදු වන අතර, එහි ශීඝ්‍රතාව උෂ්ණත්වය මත රඳා පවතී.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

1.4 කෘෂ්ණ වස්තු විකිරණය (Blackbody radiation)



1.5 රූපය කෘෂ්ණ වස්තුවක ආකෘතියක්

කිසියම් වස්තුවක් කළු පැහැයෙන් දිස් වන්නේ එය මත වැටෙන විවිධ තරංග ආයාමවලට (විවිධ වර්ණවලට) අයත් දෘශ්‍ය විකිරණ සම්පූර්ණයෙන් ම වාගේ අවශෝෂණය කර ගන්නා බැවිනි. සියලු තරංග ආයාමවල තාප විකිරණ සම්පූර්ණයෙන් ම අවශෝෂණය කර ගන්නා පෘෂ්ඨ සහිත වස්තුවක් කෘෂ්ණ වස්තුවක් ලෙස හඳුන්වනු ලැබෙයි.

1.5 රූපයේ පෙන්වා ඇති ආකාරයට කෘෂ්ණ වස්තුවක් ප්‍රායෝගිකව සාදා ගත හැකි ය. මෙහි පෙන්වා ඇත්තේ කුඩා සිදුරකින් යුත් ගෝලාකාර කුහරයක් සහිත කබොලකි. මේ කබොලේ ඇතුළු පැත්ත දැලි ආලේප කිරීමෙන් කළු කොට ඇත. සිදුරෙන් කුහරයට ඇතුළු වන කිරණයක් කුහරය තුළ කිහිප වතාවක් පරාවර්තනය වීමේ දී පතිත වන විකිරණයෙන් යම් කොටසක් සෑම විට ම අවශෝෂණය වන අතර, පරාවර්තන කිහිපයකට පසු එය මුළුමනින් ම අවශෝෂණය වේ. සිදුර තුළින් ලම්බකව ඇතුළු වන කිරණය ආපසු පරාවර්තනය වී සිදුරෙන් පිට වීම වැළැක්වීම සඳහා සිදුරට මුහුණලා උල් නෙරියක් තනා ඇත. මෙසේ මේ කුඩා සිදුරෙන් ඇතුළු වන කිරණ සම්පූර්ණයෙන් ම කුහරයේ බිත්තිවලට අවශෝෂණය වීම නිසා සිදුර කෘෂ්ණ වස්තුවක් ලෙස සැලකිය හැකි ය. මේ ආකාරයට සිදුර තුළින් ඇතුළු වන ඕනෑ ම තරංග ආයාමයකින් යුතු විකිරණ සම්පූර්ණයෙන් ම ඇතුළත පෘෂ්ඨය මගින් අවශෝෂණය කෙරේ නම් ඒ සිදුර කෘෂ්ණ වස්තුවක් (black body) ලෙස ක්‍රියා කරයි.

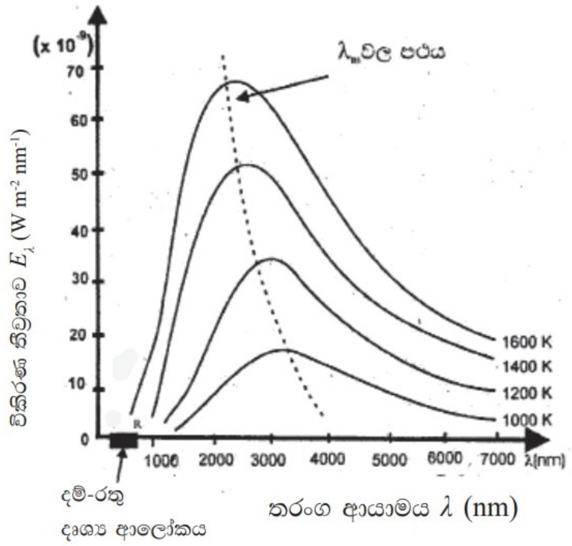
හොඳින් තාප විකිරණ අවශෝෂණය කර ගන්නා පෘෂ්ඨයක් හොඳින් තාප විකිරණ විමෝචනය කරන්නා වූ පෘෂ්ඨයක් ද වෙයි. කෘෂ්ණ වස්තුවක් අධික උෂ්ණත්වයකට රත් කළ හොත් එයට අවශෝෂණය කළ හැකි සියලු වර්ගයේ විකිරණ ඉන් විමෝචනය වේ. කෘෂ්ණ වස්තුවකින් විමෝචනය කෙරෙන විකිරණවල තීව්‍රතාව උෂ්ණත්වය මත පමණක් රඳා පවතියි. මේ විකිරණවලින් රැගෙන යන ශක්තිය තරංග ආයාම පරාසය හරහා එක සමානව ව්‍යාප්තව නොපවතී. ප්‍රභවයේ උෂ්ණත්වය වෙනස් වන විට ව්‍යාප්තිය ද වෙනස් වේ. එමෙන් ම උෂ්ණත්වය වැඩි වන විට කෙටි තරංගවලින් විකිරණය වන ශක්ති ප්‍රමාණය ද වැඩි වේ. මෙය පැහැදිලි කර ගැනීම සඳහා සරල අත්දැකීමක් සඳහන් කළ හැකි ය. වානේ කැබැල්ලක් රත් කරන විට මුලින් ම එය අඳුරු රතු වර්ණයෙන් ද, වැඩි දුරටත් රත් කරන විට තැඹිලි - රතු වර්ණයෙන් ද දිස් වේ. 1.6 රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ වෙනස් උෂ්ණත්ව අගයන්හි දී කෘෂ්ණ වස්තුවකින් ඒකක කාලයක දී විමෝචනය වන විකිරණ, තීව්‍රතාවය (E_λ), තරංග ආයාමය (λ) සමඟ වෙනස් වන ආකාරයයි. එක් එක් උෂ්ණත්වයට අනුරූප වන ව්‍යාප්ත වක්‍රයන්ගේ කුළු අගයයන් (peak values) උෂ්ණත්වය වැඩි වන විට කෙටි තරංග ආයාමයන් දෙසට නැඹුරු වන බව මේ ප්‍රස්තාරයෙන් ද දැක ගත හැකි ය.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

කෘෂ්ණ වස්තු විකිරණයේ තීව්‍රතා ව්‍යාප්තිය



1.6 රූපය කෘෂ්ණ වස්තු විකිරණය සඳහා E_λ හා λ අතර විචලනය

ඉහත ප්‍රස්තාරය අනුව,

- තරංග ආයාමය කෙටි අගයක සිට ක්‍රමයෙන් වැඩි වන විට E_λ පළමුව වැඩි වී එක්තරා තරංග ආයාමයක දී (λ_m) උපරිම වේ. තරංග ආයාමය තවදුරටත් වැඩි වීමේ දී E_λ ක්‍රමයෙන් අඩු වේ.
- වස්තුවේ උෂ්ණත්වය (T) වැඩි වන විට සෑම තරංග ආයාමයක දී ම E_λ වැඩි වේ.
- ඉහළ උෂ්ණත්වවල දී කෘෂ්ණ වස්තුවලින් දෘශ්‍ය ආලෝකය ද එක්තරා ප්‍රමාණයක් විමෝචනය වේ.
- සෑම උෂ්ණත්වයක දී ම විකිරණ විමෝචන වීමේ තීව්‍රතාවය E_λ එක්තරා තරංග ආයාමයක දී (λ_m) උපරිම වේ.

1.6 රූපයේ තිත් රේඛාවෙන් පෙන්වා ඇත්තේ E_λ හි කූළු අගයයන් $(E_{\lambda m})$ උෂ්ණත්වය සමඟ වෙනස් වන ආකාරයයි. එක් එක් උෂ්ණත්වයට අදාළ වක්‍රයට යටින් පවතින වර්ගඵලය මඟින් නිරූපණය වන්නේ ඒ උෂ්ණත්වයේ දී කෘෂ්ණ වස්තුවෙන් නිකුත් වන මුළු (සියලු තරංග ආයාමවල) විකිරණ ක්ෂමතාවයි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

1.5 වීන් විස්ථාපන නියමය (Wien's displacement law)

කෘෂ්ණ වස්තු වර්ණාවලි ව්‍යාප්තියේ උපරිම තීව්‍රතාවයට අනුරූප තරංග ආයාමයේත් - අනුරූප නිරපේක්ෂ උෂ්ණත්වයේත් ගුණිතය නියතයක් වේ.

$$\lambda_m T \quad = \text{නියතයකි}$$

නියතයේ අගය 2.898×10^{-3} m K වෙයි. තාරකාවල උෂ්ණත්වය නිර්ණය කිරීම සඳහා තාරකා විද්‍යාඥයන් විසින් මේ නියමය භාවිත කරනු ලැබේ.

වීන් නියමය භාවිත කර ආකාශ වස්තු වන සූර්යාගේ, සහ වෙනත් තාරකාවල උෂ්ණත්ව තක්සේරු කළ හැකි ය. සූර්ය විකිරණවල උපරිම තීව්‍රතාවට අනුරූප වන තරංග ආයාමයේ අගය $\lambda_m = 475$ nm නම් සූර්ය පෘෂ්ඨයේ උෂ්ණත්වය ගණනය කරමු.

වින් විස්ථාපන නියමයට අනුව,

$$\lambda_m T = \text{නියතයකි}$$

වීන් නියතයේ අගය වන 2.898×10^{-3} m K ආදේශ කිරීමෙන්,

$$T = \frac{2{\cdot}898 \times 10^{-3}\ \text{m K}}{475 \times 10^{-9}\ \text{m}}$$
$$= 6101.053\ \text{K}$$

මේ අනුව සූර්යාගේ මතුපිට උෂ්ණත්වය 6101 K ක් පමණ විය යුතු ය.

තාරකා හා සූත්‍රිකා පහන් යන දෙවර්ගය ම කෘෂ්ණ වස්තු විකිරක ලෙස ක්‍රියා කරයි. තාරකාවල වර්ණ ඒවායේ උෂ්ණත්ව හා බැඳී පවතී. උපරිම තීව්‍රතාවට අනුරූප තරංග ආයාමය 700 nm පමණ වන, රතු පැහැයෙන් දිස් වන තාරකාවක උෂ්ණත්වය 4100 K පමණ වෙයි.

1.6 ස්ටෙෆාන් නියමය (Stefan's law)

රත් වූ කෘෂ්ණ වස්තුවක ඒකක වර්ගඵලයකින් විකිරණය වන මුළු ක්ෂමතාව ඒ වස්තුවේ නිරපේක්ෂ උෂ්ණත්වයේ සිව්වන බලයට අනුලෝමව සමානුපාතික වේ.

$E = \sigma T^4$ (σ යනු සමානුපාතික නියතයයි. එය ස්ටෙෆාන් නියතය ලෙස හැඳින්වේ.)

$\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ W m^{-2} K^{-4} E මනිනු ලබන ඒකකය වර්ග මීටරයට තත්පරයට ජූල් (J s^{-1}m^{-2}) හෙවත් වර්ගමීටරයට වොට් (W m^{-2}) වේ.

උෂ්ණත්වය T වන කෘෂ්ණ වස්තුවක පෘෂ්ඨයේ A වර්ගඵලයකින් තත්පරයකට නිකුත්වන මුළු විකිරණ ශක්ති ප්‍රමාණය, $P = A\sigma T^4$ මෙහි P හි ඒකක වොට් (W) වේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

1.7 පෘෂ්ඨයක විමෝචකතාව (Emissivity of a surface)

යම් පෘෂ්ඨයක විමෝචකතාව *(e)* මඟින් දැක්වෙන්නේ ඒ පෘෂ්ඨය කොතරම් හොඳින් තාපය විමෝචනය කරන්නේ ද යන්නයි. මේ අගය ප්‍රකාශ කෙරෙන්නේ කෘෂ්ණ වස්තුවකට සාපේක්ෂ අගයක් ලෙසිනි.

$$e = \frac{\text{පෘෂ්ඨයක ඒකක වර්ගඵලයකින් තත්පරයක දී විමෝචනය කෙරෙන විකිරණ ශක්තිය}}{\text{ඒ උෂ්ණත්වයේ ම වූ කෘෂ්ණ වස්තුවක ඒකක වර්ගඵලයකින් තත්පරයක දී විමෝචනය කෙරෙන විකිරණ ශක්තිය}}$$

මේ අර්ථ දැක්වීමට අනුව කෘෂ්ණ වස්තුවක විමෝචකතාවේ අගය 1 වෙයි.

කෘෂ්ණ වස්තුවක් යනු ස්වභාවයේ පවතින වස්තුවක් නොවේ. එය සංකල්පයක් පමණකි. ප්‍රායෝගිකව අපට දකින්නට ලැබෙන ඕනෑ ම වස්තුවක (තාත්වික වස්තවක) පෘෂ්ඨය මඟින් දෙන ලද උෂ්ණත්වයක දී තාපය විමෝචනය වන ශීඝ්‍රතාව ඒ උෂ්ණත්වයේ ම පවතින කෘෂ්ණ වස්තුවකින් සිදු වන තාප විමෝචන ශීඝ්‍රතාවට වඩා අඩු ය. ඒ නිසා තාත්වික වස්තුවල විමෝචකතාව සැම විට ම 1ට අඩු අගයක් ගනියි.

කළු පැහැති රළු පෘෂ්ඨවල විමෝචකතාව 1ට ඉතා ආසන්න අගයක් ගන්නා අතර, හොඳින් ඔප දැමූ පෘෂ්ඨවල විමෝචකතාව 1ට වඩා ඉතා කුඩා ය.

1.8 පෘෂ්ඨයක අවශෝෂකතාව (Absorptivity of a surface)

යම් පෘෂ්ඨයක අවශෝෂකතාව *(a)* මඟින් දැක්වෙන්නේ ඒ පෘෂ්ඨය මත පතිත වන විකිරණ ශක්තියෙන් කොපමණ ප්‍රමාණයක් පෘෂ්ඨය මඟින් අවශෝෂණය කරන්නේ ද යන්න ය.

$$a = \frac{\text{දෙන ලද කාලයක් තුළ දී යම් පෘෂ්ඨයකින් අවශෝෂණය කෙරෙන විකිරණ ශක්තිය}}{\text{ඒ කාලය තුළ දී ඒ පෘෂ්ඨය මත පතිත වන විකිරණ ශක්තිය}}$$

කෘෂ්ණ නොවන වස්තු සඳහා ස්ටෝෆාන් නියමය විකරණය

උෂ්ණත්වය T හි පවත්නා, පෘෂ්ඨයේ විමෝචකතාවය e වන කෘෂ්ණ නොවන වස්තුවක පෘෂ්ඨයේ ඒකක වර්ගඵලයකින් තත්පරයකට නිකුත් වන මුළු විකිරණ ශක්ති ප්‍රමාණය,

$$E = e\sigma T^4$$

උෂ්ණත්වය T හි පවත්නා, පෘෂ්ඨයේ විමෝචකතාවය e වන කෘෂ්ණ නොවන වස්තුවක පෘෂ්ඨයේ A වර්ගඵලයකින් තත්පරයකට නිකුත් වන මුළු විකිරණ ශක්ති ප්‍රමාණය,

$$P = eA\sigma T^4$$

සාමාන්‍ය සූත්‍රිකා පහනක ක්‍රියාකාරී අවස්ථාවේ දී උෂ්ණත්වය (සූත්‍රිකාවේ) 3000 K පමණ වේ. සූත්‍රිකාවේ වර්ගඵලය 0.3 cm^2 හා විමෝචකතාව 0.4 නම් තත්පරයක දී ශක්තිය විකිරණය වන ශීඝ්‍රතාව පහත දැක්වෙන ආකාරයට ගණනය කළ හැකි ය.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

ස්ටෙෆාන් නියමයට අනුව, කෘෂ්ණ වස්තුවක ඒකක වර්ගඵලයකින් විකිරණය වන මුළු ක්ෂමතාව $E = \sigma T^4$ වෙයි. සූත්‍රිකාවේ වර්ගඵලය A නම්, සූත්‍රිකාව පූර්ණ කෘෂ්ණ වස්තුවක් යැයි උපකල්පනය කළ හොත් විකිරණය වන මුළු ක්ෂමතාව $P = \sigma AT^4$ වෙයි.

ඉහත දී ඇති අගයයන්

$P = \sigma AT^4$ හි ආදේශයෙන්,

$P = (5{\cdot}67 \times 10^{-8}\ \mathrm{Wm^{-2}K^{-4}}) \times (0.3 \times 10^{-4}\ \mathrm{m}^2) \times (3000\ \mathrm{K})^4$

$= \underline{137{\cdot}78\ \mathrm{W}}$

එහෙත්, සූත්‍රිකාවේ විමෝචකතාව 0.4 නිසා, ඒ මඟින් විකිරණ විමෝචනය වන ශීඝ්‍රතාව

$P = e.\ \sigma AT^4$ මඟින්

$P = 0.4 \times 137.78\ \mathrm{W}$

$= \underline{55\ \mathrm{W}}$

මීළඟට T නිරපේක්ෂ උෂ්ණත්වයක් සහිත කෘෂ්ණ වස්තුවක් T_0 නියත නිරපේක්ෂ උෂ්ණත්වයක පවතින කුටියක් තුළ එල්ලා ඇති අවස්ථාවක් සලකමු. වස්තුවේ පෘෂ්ඨ වර්ගඵලය A යැයි ද $T > T_0$ යැයි ද උපකල්පනය කරමු. එවිට, වස්තුවේ විකිරණ ශක්තිය නිකුත්වීමේ ශීඝ්‍රතාව σAT^4 වෙයි. මේ වස්තුව තාප විකිරණය කරන අතරම කුටියේ බිත්තිවලින් විකිරණය කරන තාපය අවශෝෂණය කිරීම ද සිදු කරයි. කුටියේ බිත්ති ද කෘෂ්ණ වස්තුවක් ලෙස හැසිරෙයි නම් විමෝචන ශීඝ්‍රතාව σAT_0^4 වන අතර, වස්තුව මඟින් අවශෝෂණය කරන ශීඝ්‍රතාව වන්නේ σAT_0^4 ප්‍රමාණයකි. වස්තුවෙන් තාපය හානි වන මුළු ශීඝ්‍රතාව මේ අගයන් දෙකෙහි වෙනසයි. එනම්,

$P_{net} = \sigma AT^4 - \sigma AT_0^4$

කෘෂ්ණ වස්තුවෙන් ශක්තිය හානි වන ශීඝ්‍රතාව ඉහත සමීකරණයෙන් දැක්වේ. කෘෂ්ණ නොවන වස්තු සඳහා $P_{net} = e\sigma A\,(T^4 - T_0^4)$

මෙහි e ඒ වස්තුවේ පෘෂ්ඨීක විමෝචකතාව වේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

විසඳූ ගැටලුව

1. 15·0 cm හා 12·0 cm පැති සහිත තුනී සෘජුකෝණාස්‍රාකාර තහඩුවක් 600 °C උෂ්ණත්වයකට රත් කර ඉවතට ගනු ලැබේ. මේ තහඩුව ඉහත උෂ්ණත්වයේ ම පවත්වා ගැනීම සඳහා අවශ්‍ය කරන විද්‍යුත් ජවය ගණනය කරන්න. තහඩුවේ පෘෂ්ඨ විමෝචකතාව 0·25 කි. සංවහනයෙන් සිදු වන තාප හානිය නොසලකා හරින්න.

ඒකක කාලයක දී විකිරණය වන ශක්තිය

$$P = \sigma A e T^4$$

$$T = (600 + 273) = 873\ \text{K}$$

$$A = 3{\cdot}6 \times 10^{-2}\ \text{m}^2$$

තහඩුවෙන් තාපය හානි වීමේ ශීඝ්‍රතාව $= (5{\cdot}67 \times 10^{-8}\ \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}) \times (3.6 \times 10^{-2}\text{m}^2) \times 0.25 \times (873\ \text{K})^4$

$$= \underline{296\ \text{W}}$$

තහඩුව 600 °C උෂ්ණත්වයේ පවත්වා ගැනීම සඳහා මේ ශක්ති හානියට සමාන ශක්තියක් විද්‍යුත් තාපකයක් වැනි උපකරණයකින් සැපයිය යුතු ය. එහෙත් විද්‍යුත් තාපකයෙන් විකිරණය මඟින් තාපය හානි වීම නිසා ඉහත අගයට වඩා වැඩි තාප ප්‍රමාණයක් සැපයිය යුතු වේ.

1.9 කෘෂ්ණ වස්තු විකිරණයේ තීව්‍රතා ව්‍යාප්තිය පැහැදිලි කිරීම

1.9.1 රේලි-ජීන් වාදය හා වීන්ගේ වාදය
(Rayleigh - Jean's theory and Wien's theory)

කෘෂ්ණ වස්තු විකිරණයේ තීව්‍රතා ව්‍යාප්තිය දැක්වෙන පරීක්‍ෂණාත්මක වක්‍රය සෛද්ධාන්තිකව පැහැදිලි කිරීමට එකල සිටි භෞතික විද්‍යාඥයන් විවිධ ප්‍රයත්න දැරූ නමුත් ඒ සියල්ල අසාර්ථක විය. ඉහත උත්සාහයන් සියල්ල එවකට පිළිගනු ලැබූ නිව්ටෝනියානු යාන්ත්‍ර විද්‍යාව, තාපගති විද්‍යාව සහ විද්‍යුත් චුම්බක වාදය වැනි සංකල්ප ආශ්‍රිතව කෘෂ්ණ වස්තු විකිරණය සන්තතික ක්‍රියාවලියක් ලෙස සලකන ලදී. ප්‍රතිෂ්ඨිත භෞතික විද්‍යා (classical physics) සංකල්ප භාවිතයෙන් කෘෂ්ණ වස්තු විකිරණය යම් තරමකට හෝ පැහැදිලි කිරීමට සමත් වාද දෙකක් වූයේ රේලි-ජීන් වාදය හා වීන් වාදයයි. 1896 දී ඉදිරිපත් කරන ලද වීන්ගේ වාදය අනුව තීව්‍රතාව හා තරංග ආයාමය අතර, ප්‍රස්තාරය කෙටි තරංග ආයාම සඳහා පරීක්ෂණාත්මක වක්‍රය හා සැසඳුණ අතර, රේලි-ජීන් වාදය පරීක්ෂණාත්මක දත්ත සමග එකඟ වන්නේ දිගු තරංග ආයාම සහිත විකිරණ සඳහා පමණක් බව ප්‍රස්තාරය මඟින් පැහැදිලි වේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

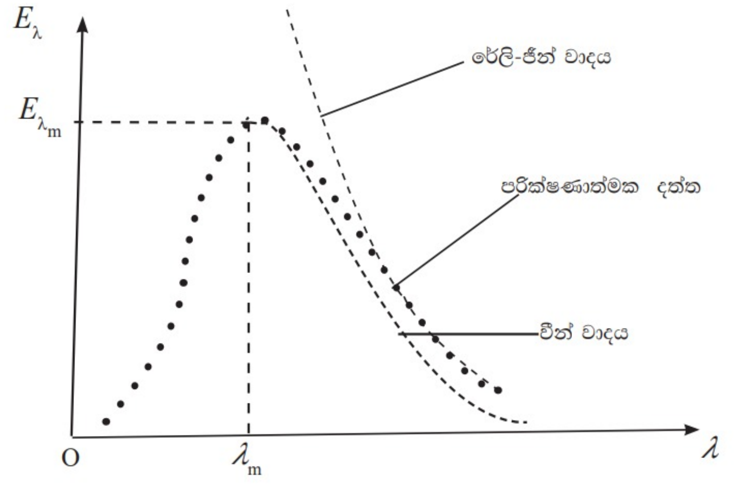
රේලි-ජීන් සූත්‍රය $E_\lambda = \dfrac{2\pi ckT}{\ddot{e}^4}$ ---------(1)*

වීන් සූත්‍රය $E_\lambda = \dfrac{c_1}{\lambda^5}\dfrac{1}{e^{c_2/\lambda T}}$ ----------(2) **

c යනු ආලෝකයේ ප්‍රවේගය ද
k යනු බෝල්ට්ස්මාන් නියතය ද
c_1 හා c_2 යන නියතයන් ද වේ.

T කෘෂ්ණ වස්තුවේ නිරපේක්ෂ උෂ්ණත්වය වෙයි.

ඔවුන්ගේ වාද අනුව කෘෂ්ණ වස්තුවේ පෘෂ්ඨයේ තිබෙන පරමාණුවල/අණුවල සිදු වන තාපජ දෝලන මගින් තාප විකිරණ ආරම්භ වේ. එසේ ම ඒවා විශාල සන්තතික පරාසයක් තුළ සියලු සංඛ්‍යාතවලින් යුත් තාප විකිරණ විමෝචනය කරයි. රේලි-ජීන් සූත්‍රය අනුව λ ශූන්‍යය වෙත ළඟා වන විට තීව්‍රතාව (E_λ) අනන්තය කරා ළඟා වේ. එහෙත් පරීක්ෂණාත්මක දත්තවලට අනුව $\lambda \rightarrow 0$ වන විට E_λ ද ශූන්‍යය වෙත එළැඹේ. ඉහත සිද්ධාන්ත දෙකෙන් ම කෘෂ්ණ වස්තු විකිරණය සඳහා ලබා ගත් පරීක්ෂණාත්මක ප්‍රතිඵල විග්‍රහ කිරීමට නොහැකි වීම නිසා ප්‍රතිෂ්ඨිත භෞතික විද්‍යා සංකල්ප විශාල අර්බුදයකට ලක් වී තිබිණි.



1.7 රූපය රේලි-ජීන් වාදය හා වීන් වාදය පරීක්ෂණාත්මක දත්ත සමඟ සන්සන්දනය

1.9.2 ප්ලාන්ක් වාදය (Plank's theory)

මේ වකවානුවේ දී ජර්මන් ජාතික භෞතික විද්‍යාඥයකු වූ මැක්ස් ප්ලාන්ක් (Max Planck) විසින් එක්තරා විප්ලවීය සංකල්පයක් ඉදිරිපත් කරනු ලැබීය. එහිදී ඔහු ඉදිරිපත් කළ කල්පිතය, ප්ලාන්ක් කල්පිතය ලෙස හැඳින්වේ.

** ඉහත (1) හා (2) සූත්‍ර 2017 වර්ෂයේ සිට ක්‍රියාත්මක වන අ.පො.ස. උසස් පෙළ භෞතික විද්‍යාව විෂය නිර්දේශයට ඇතුළත් නොවේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

ප්ලාන්ක් කල්පිතය අනුව,

1. කෘෂ්ණ වස්තු විකිරණය සමඟ තාපජ සමතුලිතතාවයේ පවත්නා පරමාණුක (හෝ අණුක) දෝලකවලට ඕනෑම ශක්තිය තිබිය නො හැක. ඒවාට තිබිය හැක්කේ,

   $E = nhf$

   සමීකරණයට අනුකූල වූ ශක්ති අගයයන් පමණි. මෙහි h යනු ප්ලාන්ක් නියතයයි. එහි අගය $h = 6{\cdot}634 \times 10^{-34}$ J s වේ. f යනු පරමාණුක දෝලකවල කම්පන සංඛ්‍යාතය ද n යනු ක්වොන්ටම් අංකයක් ද ($n = 0, 1, 2, 3, ...$) වේ.

   මෙම උපග්‍රහණයෙන් කියැවෙන්නේ, පරමාණුක දෝලකවල ශක්තිය, E **ක්වොන්ටීකරණය** (quantized) වී ඇති බවයි. එනම්, f සංඛ්‍යාතයකින් කම්පනය වන දෝලකයක ශක්තියට තිබිය හැක්කේ, hf, $2hf$, $3hf$,... ආදී විවික්ත (discrete) අගයන් පමණි. ඒවාට මෙවැනි අනුයාත ශක්ති අගයන් දෙකක් අතර වූ ශක්ති අගයක් තිබිය නො හැක.

   කලින් සඳහන් කළ පරිදි පෞරාණික වාදයට අනුව නම්, දෝලකයක් සතු ශක්තිය E සන්තතික විය යුතු වේ. එනම්, එයට නිශ්චිත පරාසයක් තුළ, ඕනෑ ම E අගයක් තිබිය හැකි වේ. එබැවින් ''දෝලනයක් සතු ශක්තිය ක්වොන්ටීකරණය වී තිබිය යුතුය'' යන ප්ලාන්ක්ගේ මතය, සංකල්පික වශයෙන් විප්ලවීය එකක් විය.

2. පරමාණුක දෝලකයක් යම් කිසි අනුදත් (allowed) ශක්ති මට්ටමක තිබෙන තාක්කල් ඉන් විකිරණය විමෝචනය වීමක් හෝ අවශෝෂණය වීමක් සිදු නො වේ. එහෙත්, දෝලකයක් එක් ශක්ති මට්ටමක සිට තවත් ශක්ති මට්ටමකට පත්වීමේ දී, ශක්තිය විමෝචනය වීමක් හෝ අවශෝෂණය වීමක් සිදු වේ. පරමාණුක දෝලක ශක්තිය විමෝචනය හෝ අවශෝෂණය කරන්නේ ද ශක්ති ක්වෝන්ටම් (හෙවත් ශක්ති '' කැටිති'' හෝ ''පැකට්'') ආකාරයට මිස, සන්තතික ආකාරයට නො වේ. මේ අනුව දෝලකයක් එක් ශක්ති මට්ටමක සිට ඊට යාබද ශක්ති මට්ටමක පත්වීමේ දී විමෝචනය (හෝ අවශෝෂණය) වන ශක්ති ප්‍රමාණය හෙවත් '' ක්වොන්ටම්' $\Delta E = \Delta nhf = hf$ වේ. $\Delta n = 1$ බැවිනි. මෙම විකිරණ ශක්ති ක්වොන්ටමක්, **ෆෝටෝනයක්** (Photon) යනුවෙන් හඳුන්වනු ලැබේ.

   උදාහරණයක් වශයෙන්, දෝලකයක් $E = 4\,hf$ ශක්ති මට්ටමක සිට $E = 0$ ශක්ති මට්ටමකට පත්වීමේ දී විමෝචනය වන විකිරණ ශක්ති ක්වොන්ටමයක අඩංගු ශක්ති ප්‍රමාණය, $4hf$ වේ. f කම්පන සංඛ්‍යාතයක් සහිත දෝලකයකට තිබිය හැකි අනුදත් ශක්ති මට්ටම් හා දෝලකය මඟින් ෆෝටෝන අවශෝෂණය හා විමෝචනය කෙරෙන ආකාරය 1.8 රූපයෙන් පැහැදිලි කර ඇත.

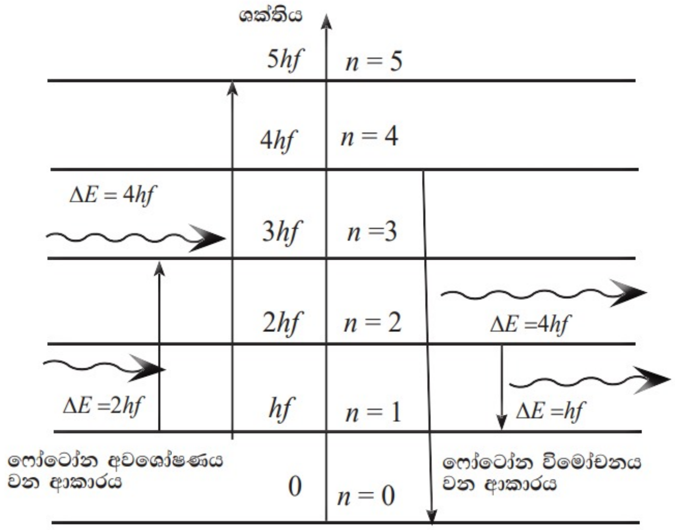
   පරමාණු දෝලකයක්, උදාහරණයක් වශයෙන් $n = 5$ වැනි ශක්ති මට්ටමක සිට $n = 1$ වැනි ශක්ති මට්ටමකට පැනීම ද සිදු විය හැකි ය. එවිට ද ක්වොන්ටමයක අඩංගු ශක්ති ප්‍රමාණය $E = 5hf - 1hf$

   $= 4hf$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.



1.8 රූපය ෆෝටෝන අවශෝෂණය හා විමෝචනය වන ආකාරය

මේ අනුව ශක්ති අවශෝෂණය හෝ විමෝචනය සිදු වන්නේ hf හි පූර්ණ ගුණාකාර ලෙසිනි. ඉහත උපකල්පන භාවිත කරමින් ප්ලාන්ක් විසින් ව්‍යුත්පන්න කරන ලද සූත්‍රය පහත දැක්වේ.

මෙහි

$$E_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5(e^{hc/\lambda kT} - 1)} \text{------------}(3)^*$$

c යනු ආලෝකයේ ප්‍රවේගය ද

h යනු ප්ලාන්ක් නියතය ද

k යනු බෝල්ට්ස්මාන් නියතය ද

T යනු වස්තුවේ නිරපේක්ෂ උෂ්ණත්වය ද වේ.

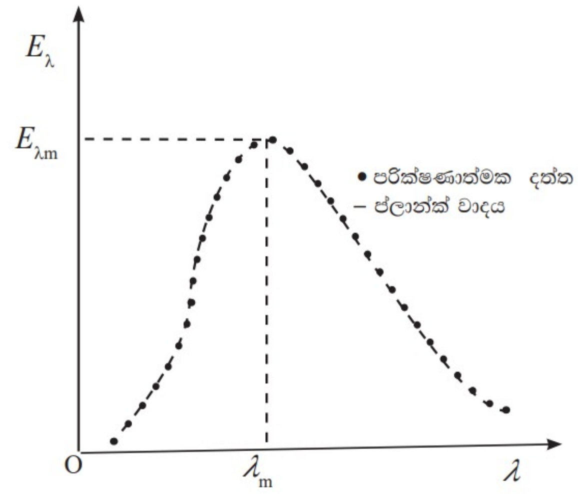
මේ සමීකරණය කෘෂ්ණ වස්තු විකිරණය සඳහා පරීක්ෂණාත්මකව ලබා ගත් E_λ හා λ අතර ප්‍රස්තාරය හා ගැළපේ (1.9 රූපය).

* ඉහත (3) සූත්‍රය 2017 වර්ෂයේ සිට ක්‍රියාත්මක වන අ.පො.ස. උසස් පෙළ භෞතික විද්‍යාව විෂය නිර්දේශයට ඇතුලත් නොවේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.



1.9 රූපය පරීක්ෂණාත්මක දත්ත හා ප්ලාන්ක්වාදය.

විසඳූ ගැටලු

1. වීන් විස්ථාපන නියමය භාවිත කර, උපරිම තීව්‍රතාවට අනුරූප තරංග ආයාමය 1 μm (සූක්ෂම තරංග) වන කෘෂ්ණ වස්තු විකිරණ ව්‍යාප්තියක් ලබා ගැනීම සඳහා අවශ්‍ය උෂ්ණත්වය ගණනය කරන්න.

$$\lambda_m T = C$$

$$\lambda_m = 1\ \mu m = 10^{-6}\ m$$

$$T = \frac{2.9\times 10^{-3}\ m\ K}{10^{-6}\ m} = 2.9\times 10^{3}\ K$$

2. 100 W පහනක ක්ෂමතාවෙන් 5%ක් පමණ දෘශ්‍ය විකිරණවලට පරිවර්තනය වේ. පහනේ සිට 1 m දුරින් වූ ලක්ෂ්‍යයක දෘශ්‍ය විකිරණවල තීව්‍රතාව සොයන්න.
මේ ගණනයේ දී, පහන ලක්ෂ්‍යාකාර ප්‍රභවයක් ලෙස සලකා ඇත. එවිට, පහනේ සිට r දුරක දී එයින් නිකුත් වන ආලෝකය r අරය සහිත ගෝලාකාර පෘෂ්ඨයක ඒකාකාරව පැතිර ඇතැයි උපකල්පනය කළ විට,

$$\text{තීව්‍රතාව } I = \frac{\text{දෘශ්‍ය ආලෝකයේ ක්ෂමතාව}}{\text{වර්ගඵලය}}$$

$$= \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{100}{4\pi r^2}\times\frac{5}{100}$$

$$= 0.398\ W\ m^{-2}$$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

3. කාබන් මොනොක්සයිඩ් අණුවක්, කාබන් හා ඔක්සිජන් පරමාණුවලට විඝටනය (dissociate) කිරීම සඳහා 11 eV ශක්තියක් අවශ්‍ය වේ. මෙය ඉටු කර ගැනීම සඳහා ආලෝකය ලෙස ශක්තිය සපයන්නේ නම්, ඒ ආලෝක තරංගවල තිබිය යුතු සංඛ්‍යාතය සොයන්න.

$$11\text{ eV} = 11 \times 1.6 \times 10^{-19}\text{ J}$$

$E = hf$ භාවිතයෙන්

$$\therefore f = \frac{11 \times 1.6 \times 10^{-19}\text{ J}}{6.62 \times 10^{-34}\text{ J s}}$$

$$= 2.65 \times 10^{15}\text{ Hz}$$

මේ සංඛ්‍යාතය අයත් වන්නේ පාරජම්බුල කලාපයටයි.

බහුවරණ ප්‍රශ්න හා කෙටි පිළිතුරු ප්‍රශ්න

1. පහත දැක්වෙන විකිරණවලින් විද්‍යුත් චුම්බක තරංගයක් නොවන්නේ කුමක් ද?

(a) γ -කිරණ (b) β -කිරණ (c) X - කිරණ (d) තාප විකිරණ

පිළිතුර (b)

2. γ -කිරණ, X - කිරණ හා පාරජම්බුල කිරණවල සංඛ්‍යාත පිළිවෙළින් $a, b,$ හා c වෙයි. එම සංඛ්‍යාතවල සම්බන්ධතා නිවැරදිව දැක්වෙන වරණය තෝරන්න.

(a) $a > b > c$ (b) $a < b < c$ (c) $a = b = c$ (d) $a > c > b$

පිළිතුර (a)

3. ක්ෂමතාව 4 kW වූ එක්තරා ප්‍රභවයකින් තත්පරයක දී ෆෝටෝන 10^{20} ක් නිපදවේ. මේ ෆෝටෝන සියල්ල එක ම තරංග ආයාමයකින් යුක්ත වන්නේ නම්, ඒවා අයත් වන්නේ වර්ණාවලියේ කුමන කොටසට ද?

(a) සූක්ෂ්ම තරංග (b) uv කිරණ (c) X - කිරණ (d) γ - කිරණ

පිළිතුර (c)

ෆෝටෝනයක ශක්තිය $E = \dfrac{\text{ප්‍රභවයේ ක්ෂමතාව}}{\text{විමෝචනය වූ ෆෝටෝන සංඛ්‍යාව}}$

$$= \frac{4 \times 10^{3}\text{ J s}^{-1}}{10^{20}\text{ s}^{-1}}$$

$$= 4 \times 10^{-17}\text{ J}$$

එහෙත් $E = hf = \dfrac{hc}{\lambda}$

$$\therefore \lambda_2 = \frac{(6.6 \times 10^{-34}\text{ J s}) \times (3 \times 10^{8}\text{ m s}^{-1})}{4 \times 10^{-17}\text{ J}}$$

$$= 49.7 \times 10^{-9}\text{ m}$$

$$= 5\text{ nm}$$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

මේ තරංග ආයාමය අයත් වන්නේ X - කිරණ කලාපයට ය.

7. සනවල ස්ඵටික ව්‍යුහය අධ්‍යයනය කිරීම සඳහා යොදා ගන්නා විද්‍යුත් චුම්බක තරංගය නම් කර, එහි සංඛ්‍යාත පරාසය සඳහන් කරන්න.

පිළිතුර : X - කිරණ, සංඛ්‍යාතය 10^{18} Hz - 3×10^{21} Hz

8. ඕසෝන් ස්තරය මඟින් අවශෝෂණය කරනු ලබන්නේ සූර්ය විකිරණයේ කුමන සංඝටකය ද?

පිළිතුර (uv කිරණ)

9. 100 W විදුලි බල්බයක සිලින්ඩරාකාර සූත්‍රිකාවේ විෂ්කම්භය 8×10^{-5} m හා දිග 0·60 m වෙයි. සූත්‍රිකාව කෘෂ්ණ වස්තුවක් යැයි උපකල්පනය කර එහි ක්‍රියාකාරී උෂ්ණත්වය ගණනය කරන්න (ස්ටෙෆාන් නියතය $5{\cdot}7 \times10^{-8}$ W m^{-2} K^{-4}).

සිලින්ඩරාකාර සූත්‍රිකාවේ පෘෂ්ඨ වර්ගඵලය

$= 2\ \pi rl$

$= 2\pi \times 4 \times 10^{-5}\ \text{m} \times 0{\cdot}6\ \text{m}$

$= 1{\cdot}5\times10^{-4}\ \text{m}^2$

සූත්‍රිකාවෙන් ඒකක කාලයක දී ඒකක වර්ගඵලයකින් විමෝචනය වන ශක්තිය,

$$E = \frac{100\ \text{W}}{1{\cdot}5 \times 10^{-4}\ \text{m}^2}$$

$$= 6{\cdot}62 \times 10^5\ \text{W m}^{-2}$$

එහෙත් $E = \sigma T^4$ අනුව

$$6{\cdot}62 \times 10^5 = 5{\cdot}7 \times10^{-8} T^4$$

$$T = 1827\ \text{K}$$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

දෙවන පරිච්ඡේදය

ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආචරණය
Photoelectric Effect

2.1 ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආචරණ සංසිද්ධිය

ලෝහ පෘෂ්ඨයක් මත පාරජම්බුල ආලෝකය පතිත වූ විට ඒ පෘෂ්ඨයෙන් විද්‍යුත් ආරෝපණ විමෝචනය වන බව වර්ෂ 1887 දී හයින්රිච් හර්ට්ස් (Heinrich Hertz) විසින් සොයා ගන්නා ලදි. මේ සංසිද්ධිය සොයා ගනු ලැබුවේ ඉහත වර්ෂයේ දී වුවත් වර්ෂ 1899 දී ජේ. ජේ. තොම්සන් විසින් ඉලෙක්ට්‍රෝනය සොයා ගන්නා තුරු එය පහදා දීමට නොහැකි විය. වර්ෂ 1900 දී පිලිප් ලෙනාඩ් විසින් සිදු කරන ලද පරීක්ෂණ මඟින් මේ විද්‍යුත් ආරෝපණ ඉලෙක්ට්‍රෝන බව තහවුරු කරන ලදි. ඒ සඳහා 1905 වර්ෂයේ දී භෞතික විද්‍යාව පිළිබඳ නොබෙල් ත්‍යාගය මොහුට පිරිනැමිණි.

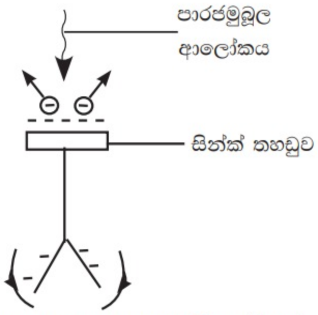
ලෝහ පෘෂ්ඨයක් මත විද්‍යුත් චුම්බක විකිරණ පතිත වීමෙන් ඒ පෘෂ්ඨයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන නිදහස් වීම ප්‍රකාශ විද්‍යුත් විමෝචනය නම් වේ.

2.1 රූපය ජේ.ජේ.තොම්සන්

2.2 රූපය හයින්රිච් හර්ට්ස්

2.3 රූපය පිලිප් ලෙනාඩ්

ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආචරණය ආදර්ශනය සඳහා යොදා ගත හැකි පරීක්ෂණ



2.4 රූපය සෘණ ලෙස ආරෝපිත විද්‍යුත් දර්ශකයේ පත්‍ර හැකිලී යෑම

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

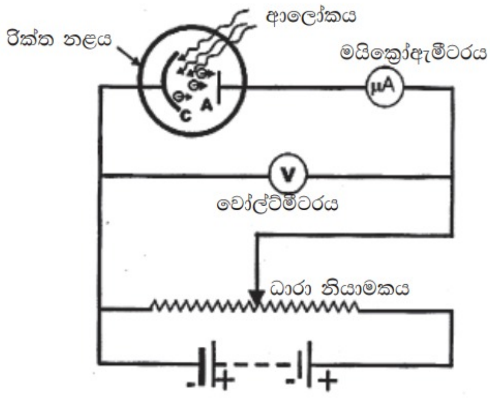
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

2.4 රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ ඍණ ලෙස ආරෝපණය කරන ලද ස්වර්ණ පත්‍ර විද්‍යුත් දර්ශකයක ලෝහ තැටිය මත පිරිසිදු සින්ක් තහඩුවක් තබා ඇති ආකාරයයි. ඍණ ආරෝපණ නිසා දර්ශකයේ පත්‍ර දෙපසට විහිදී ඇත. රසදිය වාෂ්ප පහනකින් නිකුත් වන පාරජම්බූල ආලෝකය මේ තහඩුව මත පතිත වීමට සැලැස්වූ විට පත්‍ර හැකිළී යන බව නිරීක්ෂණය කළ හැකි ය. සින්ක් තහඩුවෙන් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය වී ඉවතට යෑම නිසා විද්‍යුත් දර්ශකයේ තිබූ ඍණ ආරෝපණය ක්‍රමයෙන් අඩු වී යෑමෙන් පත්‍ර හැකිළීම සිදු වේ. සින්ක් තහඩුවත් පහනත් අතර, වීදුරු තහඩුවක් තබා මේ පරීක්ෂණය නැවත කළ විට විට පත්‍ර හැකිළී යාම නතර වන බව ද නිරීක්ෂණය කළ හැකි ය. මෙයට හේතුව වීදුරු තහඩුව තැබීම මගින් පාරජම්බූල කිරණ විශාල වශයෙන් කපාහැරීම යි.

2.2 ප්‍රකාශ කෝෂයක් මගින් ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආචරණය ආදර්ශනය

මේ සඳහා යොදා ගැනෙන පරීක්ෂණාත්මක ඇටවුමක් 2.5 රූපයේ දැක්වේ. විචල්‍ය විභව සැපයුමක්, ප්‍රකාශ කෝෂයක් (රික්ත වර්ගයේ), සුදුසු සංඛ්‍යාතය සහිත ඒකවර්ණ (monochromatic) ආලෝක කදම්බයක්, මයික්‍රෝඇමීටරයක්, වෝල්ට්මීටරයක් සහ ධාරා නියාමකයක් මේ සඳහා අවශ්‍ය උපකරණ වේ.

මෙහි ඇතුළත් C කැතෝඩයත්, A ඇනෝඩයත් සීසියම් හෝ පොටෑසියම් වැනි එක ම ක්ෂාර ලෝහයකින් සෑදූ ඔප දමන ලද තහඩු දෙකකි. මේවා ක්වාර්ට්ස්වලින් සෑදූ රික්ත නළයක් තුළ තබා බාහිර විද්‍යුත් පරිපථයකට සම්බන්ධ කොට ඇත. කෝෂ පද්ධතියේ ඍණ අග්‍රය, C කැතෝඩයට ද ධන අග්‍රය A ඇනෝඩයට ද සම්බන්ධ කර ඇත. ප්‍රකාශ කෝෂය අඳුරේ තැබූ විට මයික්‍රෝඇමීටරයේ පාඨාංකය ශුන්‍ය වන බව දැකිය හැකි ය. එහෙත් සුදුසු සංඛ්‍යාතයක් සහිත ඒකවර්ණ ආලෝක කදම්බයක් කැතෝඩය මත පතිත කරවූ විට මයික්‍රොඇමීටරයේ විද්‍යුත් ධාරාවක් සටහන් වේ. C සහ A අතර, හිදැස හරහා විද්‍යුත් ධාරාවක් ගලා යන බව මෙයින් පැහැදිලි වේ. කැතෝඩය මත තවදුරටත් ආලෝකය පතිත කරවා පරිපථයේ ඇති කෝෂ පද්ධතිය වෙනුවට සන්නායක කම්බියක් යෙදූ විට ද මයික්‍රොඇමීටරයේ යම් ධාරාවක් සටහන් වේ. කැතෝඩය හා ඇනෝඩය අතර, විභව අන්තරයක් නොතිබුන ද කැතෝඩයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන මුක්ත වී ඒවා ඇනෝඩය වෙත ළඟා වී බාහිර පරිපථය තුළින් ගමන් කොට කැතෝඩය වෙත පැමිණෙන බව මෙයින් පැහැදිලි වේ.

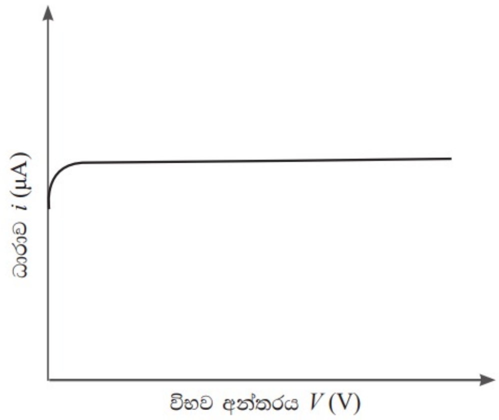


2.5 රූපය ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආචරණය අධ්‍යයනය කිරීම සඳහා යොදා ගන්නා ඇටවුම

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.



2.6 රූපය ධාරාව හා විභව අන්තරය අතර ප්‍රස්තාරය (තීව්‍රතාව නියතව තබා)

2.2.1 තීව්‍රතාව නියතව තබා කැතෝඩය හා ඇනෝඩය අතර, විභව අන්තරය වෙනස් කිරීම

ඉහත සන්නායක කම්බිය ඉවත් කර 2.5 රූපයේ දැක්වෙන ආකාරයට නැවත කෝෂ සම්බන්ධ කර, පරිපථය ඇටවූ විට කෝෂ මඟින් ඇනෝඩය සහ කැතෝඩය අතර, විභව අන්තරයක් යෙදුව ද මයික්‍රොඇමීටරයේ පාඨාංකයෙහි වෙනසක් සිදු නො වේ. කැතෝඩය මත පතිත වන ආලෝකයේ තීව්‍රතාව නියතව පවත්වා ගෙන කැතෝඩය හා ඇනෝඩය අතර, විභව අන්තරය ක්‍රමයෙන් වැඩි කළ විට ද මයික්‍රෝඇමීටරය හරහා ගලන ධාරාව නියතව පවතී. ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය නිසා විමෝචනය වන ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණන කැතෝඩය හා ඇනෝඩය අතර, යොදා ඇති විභව අන්තරය මත රඳා නොපවතින බව මෙයින් තහවුරු වේ.

2.2.2 කැතෝඩය හා ඇනෝඩය අතර, විභව අන්තරයේ දිශාව ප්‍රතිවර්තනය කිරීම

කැතෝඩය (C) මත පතිත කරන ආලෝකයේ තීව්‍රතාව නියතව පවත්වා ගෙන C හා ඇනෝඩය (A) අතර, විභව අන්තරයේ දිශාව මාරු කළ විට සිදු වන දේ මීළඟට අධ්‍යයනය කරමු. දැන් කෝෂවලින් ලැබෙන ඉලෙක්ට්‍රෝන නිසා A තහඩුව පවතින්නේ සෘණ විභවයක ය. මෙසේ විභව අන්තරයේ දිශාව මාරු කර, ආලෝක තීව්‍රතාව නියතව තබා ගෙන විභව අන්තරය ශුන්‍යයේ සිට ක්‍රමයෙන් වැඩි කර ගෙන යන විට මයික්‍රෝඇමීටරයේ ධාරාව 2.7 රූපයේ ප්‍රස්තාරයෙන් පෙන්වා ඇති ආකාරයට ක්‍රමයෙන් අඩු වී, විභව අන්තරයේ එක්තරා අගයක දී ශුන්‍ය ධාරාවක් පෙන්වයි. මෙසේ ධාරාව ශුන්‍ය වන අවස්ථාවේ දී විභව අන්තරයේ අගය නැවතුම් විභවය (stopping potential) නමින් හැඳින්වේ.

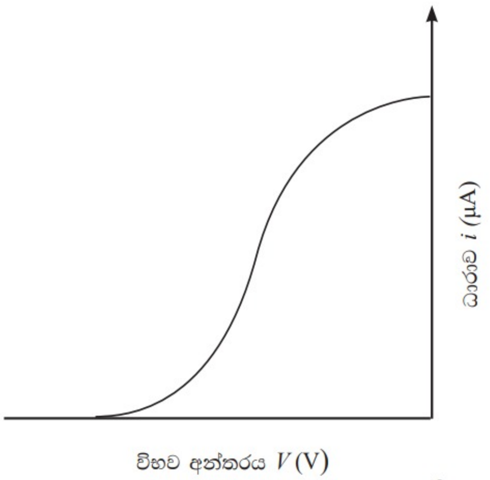
මේ ප්‍රතිඵලය විමෝචනය වන ඉලෙක්ට්‍රෝනවල චාලක ශක්තිය ආශ්‍රයෙන් පැහැදිලි කළ හැකි ය. කැතෝඩයෙන් විමෝචනය වන ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන A වෙත ළඟා වීමේ දී විකර්ෂණයට ලක් වේ. දෙන ලද විභව අන්තරයක් යටතේ A වෙත ළඟා වන්නේ ඒ විභව අන්තරය අභිබවා යෑමට ප්‍රමාණවත් තරම් චාලක ශක්තියක් සහිත ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන පමණි. මේ අගයට වඩා අඩු චාලක ශක්ති ඇති ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන A වෙතින් විකර්ෂණය වේ. මේ ප්‍රතිඵලයෙන්

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

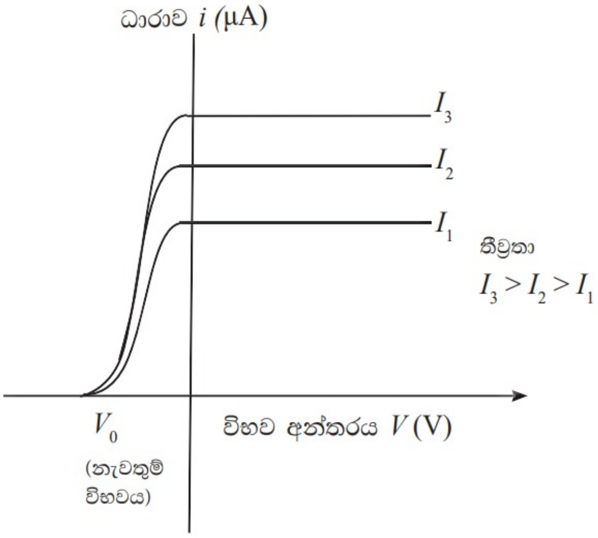
පෙනෙන්නේ ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය නිසා විමෝචනය වන සෑම ඉලෙක්ට්‍රෝනයකම චාලක ශක්තිය එක ම නොවන බවයි. යොදන ලද විභව අන්තරය නැවතුම් විභවයට (V_0) යන්තමින් ළඟා වන අවස්ථාවේ දී ධාරාව ඇති කරන්නේ විමෝචනය වූ ඉලෙක්ට්‍රෝනවලින් උපරිම චාලක ශක්තියක් ඇති ඉලෙක්ට්‍රෝන පමණකි.



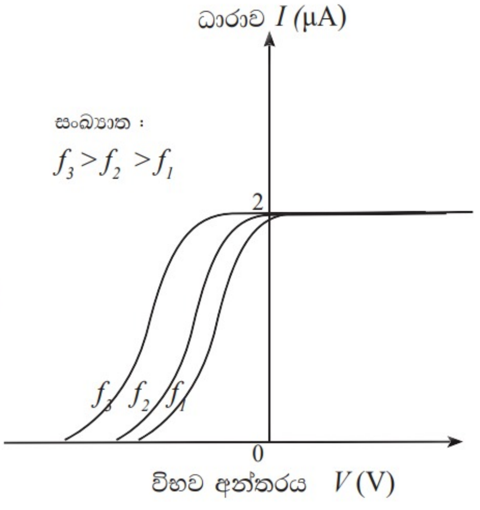
2.7 රූපය ධාරාව හා විභව අන්තරය අතර ප්‍රස්තාරය

(තීව්‍රතාව නියතව තබා C හා A අතර, විභව අන්තරයේ දිශාව ප්‍රතිවර්ත්‍ය කළ අවස්ථාව)

ඉහත සඳහන් පරීක්ෂණය සඳහා යොදා ගත් ආලෝකය ම වෙනස් I_1, I_2 හා I_3, f_2 හා f_3 තීව්‍රතා සහිතව සිදු කළ විට ලැබෙන i ධාරාව හා V විභව අන්තරය අතර, ප්‍රස්තාරය 2.8 (a) රූපයේ පෙන්වා ඇත. 2.8 (a) රූපයේ ඇති යම් ආලෝක තීව්‍රතාවකට අනුරූප වක්‍රයක් ලබා ගෙන ඇත්තේ එම තීව්‍රතාවට අනුරූප 2.6 රූපයේ සහ 2.7 රූපයේ ඇති වක්‍ර සංයුක්ත කිරීමෙනි.



2.8 (a) රූපය - ධාරාව හා විභව අන්තරය අතර ප්‍රස්තාරය (ආලෝකයේ තීව්‍රතාව වෙනස් කළ විට)



2.8 (b) රූපය - ධාරාව හා විභව අන්තරය අතර ප්‍රස්තාරය (තීව්‍රතාව නියතව පවත්වා ගෙන වෙනස් සංඛ්‍යාත සහිත ආලෝකය භාවිත කළ විට)

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

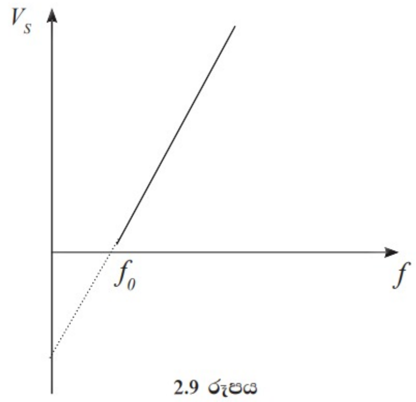
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

2.8 (a) ප්‍රස්තාරයට අනුව, තීව්‍රතාව වැඩි කළ විට ධාරාවේ අගය වැඩි වන බව පෙනෙයි. එනම්, ආලෝකයේ තීව්‍රතාව වැඩි වන විට ඒකක කාලයක් තුළ දී වැඩි ඉලෙක්ට්‍රෝන සංඛ්‍යාවක් විමෝචනය වෙයි.

එසේ වුව ද, නැවතුම් විභවය ආලෝකයේ තීව්‍රතාව මත රඳා නොපවතින බව ද මේ ප්‍රස්තාරයෙන් නිගමනය කළ හැකි ය. එනම්, විමෝචනය වන ඉලෙක්ට්‍රෝනවල උපරිම චාලක ශක්තිය තීව්‍රතාව මත රඳා නො පවතියි.

තීව්‍රතාව යම් අගයක නියතව පවත්වා ගෙන වෙනස් සංඛ්‍යාත සහිත ආලෝකය භාවිත කර පරීක්ෂණ නැවත සිදු කළ විට, 2.8 (b) රූපයේ දැක්වෙන ආකාරයේ වක්‍ර ලැබේ. තීව්‍රතාව එක ම වුව ද, ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය වැඩි වන විට නැවතුම් විභවය වැඩි වන බව මේ ප්‍රස්තාරයෙන් පෙනෙයි. මේ නිසා වැඩි සංඛ්‍යාතයක් සහිත ආලෝකය මඟින් වැඩි උපරිම චාලක ශක්තියක් සහිත ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය කරන බව නිගමනය කළ හැකි ය.



2.9 රූපය

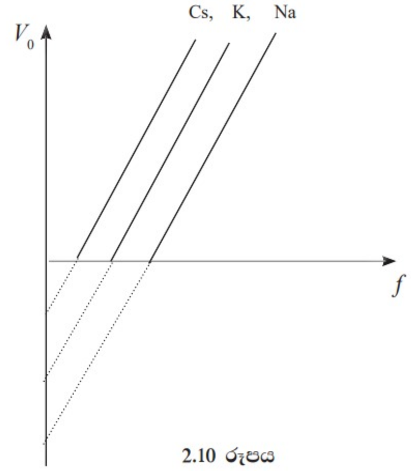
නැවතුම් විභවය හා පතනය වන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාත යන රාශිවල විචලනය ප්‍රස්තාරගත කළ විට 2.9 රූපයේ දැක්වෙන ආකාරයේ රේඛීය ප්‍රස්තාරයක් ලැබේ. නැවතුම් විභවයේ අගය ශූන්‍යය වන සංඛ්‍යාතය දේහලී සංඛ්‍යාතය (f_0) ලෙස හැඳින්වේ. ප්‍රකාශ විමෝචනය සිදු වන්නේ පතනය වන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය දේහලී සංඛ්‍යාතය (threshold frequency) නමින් හැඳින්වෙන එක්තරා අවම අගයකට වඩා වැඩි වුව හොත් පමණි.

පතනය වන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය දේහලී සංඛ්‍යාතයට වඩා අඩු කළ විට ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන නිකුත් නොවන බැවින් ධාරාව නතර වේ. කැතෝඩය සඳහා වෙනත් ලෝහ භාවිත කර පරීක්ෂණය කළ විට 2.10 රූපයේ පෙන්වා ඇති පරිදි සරල රේඛා කිහිපයක් ලැබේ. මෙහි දී වෙනස් දේහලී සංඛ්‍යාත ලැබෙන අතර, සියලු සරල රේඛාවල අනුක්‍රමණ එක ම අගයක් ගන්නා බව ප්‍රස්තාරවලින් දැක්වේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.



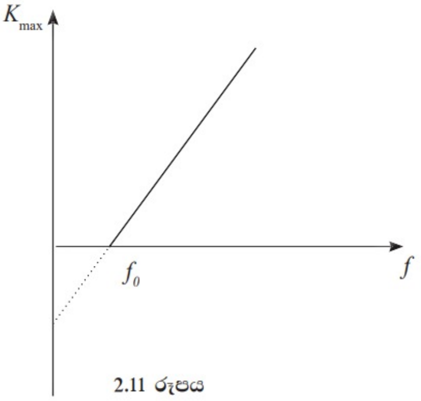
2.10 රූපය

ඇනෝඩය කැතෝඩයට සාපේක්ෂව ඍණ විභවයක පවත්වා ඇති විට පවා ධාරාවක් ගලන්නේ විභව අන්තරයට විරුද්ධව ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන මගින් කළ යුතු කාර්යයට වඩා වැඩි චාලක ශක්තියක් සහිත ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය වන නිසා ය. මේ විභව අන්තරය නැවතුම් විභවයේ අගය (V_0) ට සමාන වන අවස්ථාවේ දී ඉලෙක්ට්‍රෝනයක පැවතිය හැකි උපරිම චාලක ශක්තිය K_{max},විභව අන්තරයට විරුද්ධව කළ යුතු කාර්යය වන eV_0ට සමාන වෙයි. එනම්,

$$K_{\max} = eV_0$$

මේ සමීකරණයට අනුව උපරිම චාලක ශක්තිය නැවතුම් විභවයට සමානුපාතික වෙයි. ඒ නිසා උපරිම චාලක ශක්තිය සහ සංඛ්‍යාතය අතර, ප්‍රස්තාරය, 2.9 රූපයේ පෙන්වා ඇති නැවතුම් විභවය සහ සංඛ්‍යාතය අතර, ප්‍රස්තාරයේ ආකාරයේ ම විය යුතු ය. මෙය 2.11 රූපයේ පෙන්වා ඇත.

බොහෝ ලෝහ සඳහා දේහලී සංඛ්‍යාතය පාරජම්බුල පරාසයේ (තරංග ආයාමය 200-300 nm) පවතින අතර, සීසියම් හා පොටෑසියම් ලෝහ සඳහා දේහලී සංඛ්‍යාත දෘශ්‍ය වර්ණාවලියේ 400-700 nm තරංග ආයාම පරාසය තුළ පවතී.



2.11 රූපය

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

ඉහත සඳහන් කළ පරීක්ෂණවලින් ලබා ගත් ප්‍රතිඵල මෙසේ සඳහන් කළ හැකි ය.

- විමෝචනය වන ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට ශූන්‍යයේ සිට යම් උපරිම අගයක් දක්වා විවිධ චාලක ශක්ති අයත් වේ. සංඛ්‍යාතයේ වැඩි වීමත් සමඟ උපරිම චාලක ශක්තියත් වැඩි වේ.
- ඕනෑ ම මූලද්‍රව්‍යයක් සඳහා ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය සිදු වන්නේ පතන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය, දේහලී සංඛ්‍යාතය නමින් හැඳින්වෙන යම් අගයකට වඩා වැඩි වූ විට ය. පාරජම්බුල කිරණවලට ඉතා අඩු තීව්‍රතාවකදී වුව ද සින්ක් ලෝහයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය කළ හැකි ය. එහෙත් අධෝරක්ත කිරණවලට ඉතා වැඩි තීව්‍රතාවකදී වුව ද එසේ කිරීමට නොහැකි ය.
- දේහලී සංඛ්‍යාතය භාවිත කරන ලෝහය මත රඳා පවතී. වඩාත් ප්‍රතික්‍රියාශීලී මූලද්‍රව්‍ය (most reactive elements) සඳහා එය අඩු අගයක් ගනී. උදාහරණයක් ලෙස සින්ක්වලට වඩා අඩු දේහලී සංඛ්‍යාතයක් පොටෑසියම්වලට ඇත.
- විමෝචනය වන ඉලෙක්ට්‍රෝනවල උපරිම චාලක ශක්තිය රඳා පවතින්නේ පතන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය මත පමණි. එය ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතයත් දේහලී සංඛ්‍යාතයත් අතර, අන්තරයට සමානුපාතික වේ.

$$k_{\max} \propto (f - f_0)$$

- ලෝහ පෘෂ්ඨයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් නිදහස් කර ගැනීමට අවශ්‍ය අවම ශක්තිය ලෝහය මත රඳා පවතී.
- විමෝචනය වන ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝනවල චාලක ශක්තිය ආලෝකයේ තීව්‍රතාව මත රඳා නොපවතී.
- ප්‍රකාශ විද්‍යුත් විමෝචන සංසිද්ධිය ක්ෂණික ක්‍රියාවලියකි. කැතෝඩය මත ආලෝකය පතිත වූ විගස කාල පමාවක් නැතිව තත්පර 10^{-9} ට වඩා අඩු කාලයකදී ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය ආරම්භ වේ.

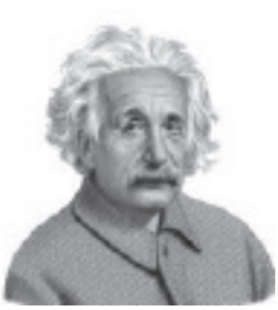
ප්‍රතිෂ්ඨිත භෞතික විද්‍යාවේ ආලෝකය සැලකෙන්නේ තරංග විශේෂයක් ලෙස ය. තරංගයක ශක්තිය රඳා පවතින්නේ තරංගයේ විස්තාරය මත වන අතර, ආලෝකයේ තීව්‍රතාව යනු, ආලෝක තරංග මඟින් ඒකක වර්ගඵලයක් හරහා ගෙන යන ශක්ති ප්‍රමාණයයි. මේ අනුව, අලෝකය මඟින් ලෝහ පෘෂ්ඨයකින් සිදු වන ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය රඳා පැවතිය යුත්තේ ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය මත නොව තීව්‍රතාව මත ය. තීව්‍රතාව වැඩි ආලෝකය මඟින් පහසුවෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය වීම බලාපොරොත්තු විය හැකි ය. තීව්‍රතාව යම් ප්‍රමාණයකට වඩා අඩු වූ විට ඉලෙක්ට්‍රෝනවල විමෝචනය නතර විය යුතු ය. විමෝචනය වන ඉලෙක්ට්‍රෝනවල චාලක ශක්තිය රඳා පැවතිය යුත්තේ ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය මත නොව තීව්‍රතාව මත ය. ඉතා අඩු තීව්‍රතාවකින් ආලෝකය පතිත වන්නේ නම්, ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් විමෝචනය කිරීම සඳහා අවශ්‍ය ශක්තිය ලබා ගැනීමට යම් කාලයක් ගත විය යුතු ය. ආලෝකය ලෝහ පෘෂ්ඨය මත පතිත වූ සැණින් ම ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය වීම බලාපොරොත්තු විය නොහැකි ය.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

මේ නිසා 20 වන සියවසේ ආරම්භයේ දී ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය පිළිබඳ පරීක්ෂණාත්මක නිරීක්ෂණ සෛද්ධාන්තිකව පැහැදිලි කිරීම විශාල ප්‍රශ්නයක්ව පැවතිණි.



2.12 රූපය - ඇල්බට් අයින්ස්ටයින්

වර්ෂ 1905 දී ඇල්බට් අයින්ස්ටයින් (Albert Einstein) විසින් ගොඩනගන ලද ක්වොන්ටීකරණය වූ ශක්තිය (quantized energy) පිළිබඳ සිද්ධාන්තය මඟින් ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය ආශ්‍රිත සියලු නිරීක්ෂණ පැහැදිලි කිරීමට හැකි විය. ඒ වෙනුවෙන් 1921 වර්ෂයේ භෞතික විද්‍යාව පිළිබඳ නොබෙල් ත්‍යාගය අයින්ස්ටයින්ට හිමි විය.

අයින්ස්ටයින් ඉදිරිපත් කළ සිද්ධාන්තයට අනුව, ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණයේ දී ආලෝකය ඉතා කුඩා අංශු ආකාරයෙන් හැසිරේ. මේ එක් අංශුවක අඩංගු ශක්තිය ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතයට සමානුපාතික වෙයි. මේ අනුව ආලෝකය යනු ශක්ති පොදි හෙවත් ක්වොන්ටම (quanta) ලෙස සැලකිය හැකි ය. ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය වන්නේ මේ ආලෝක ශක්ති ක්වොන්ටම අවශෝෂණය කර ගැනීමෙනි. අයින්ස්ටයින් මේ අංශු ෆෝටෝන (photon) නමින් හැඳින්වූයේ ය.

මේ වන විට ශක්ති ක්වොන්ටම පිළිබඳ අදහස මැක්ස් ප්ලාන්ක් විසින් ඉදිරිපත් කර තිබිණි. පළමු වැනි පරිච්ඡේදයේදී අප සාකච්ඡා කළ පරිදි, කෘෂ්ණ වස්තු විකිරණයේ දී අවශෝෂණය වන හෝ විමෝචනය වන ශක්ති ක්වොන්ටමයක අඩංගු ශක්තිය, $E = hf$ යන සමීකරණයට අනුව සංඛ්‍යාතය මත රඳා පවතින බව ප්ලාන්ක් විසින් උපකල්පනය කර තිබිණි. ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණයේදී ද, ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් මඟින් මෙවැනි ක්වොන්ටමයක් අවශෝෂණය කර ගත් විට ඒ ශක්තියෙන් කොටසක් ඉලෙක්ට්‍රෝනය ලෝහ පෘෂ්ඨයෙන් නිදහස් වීම සඳහා වැය වන අතර, ඉතිරිය ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ චාලක ශක්තිය බවට පරිවර්තනය වෙයි.

ලෝහ පෘෂ්ඨයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් නිදහස් වීම සඳහා අවශ්‍ය ශක්තිය ඒ ලෝහයේ කාර්ය ශ්‍රිතය (work function) නමින් හැඳින්වෙයි. එය ϕ සංකේතයෙන් නිරූපණය කළ හොත්, විමෝචනය වන ඉලෙක්ට්‍රෝනයකට තිබිය හැකි උපරිම චාලක ශක්තිය $k_{max} = hf - \phi$ විය යුතු ය. මේ සමීකරණය නැවතුම් විභවය ආශ්‍රයෙන් $eV_o = hf - \phi$ ලෙස ද ලිවිය හැකි ය. මේ අනුව උපරිම චාලක ශක්තිය සහ සංඛ්‍යාතය අතර ප්‍රස්තාරය සරල රේඛාවක් විය යුතු අතර, එහි අනුක්‍රමණය ප්ලාන්ක් නියතයට සමාන විය යුතු ය. ඒ ආකාරයට ම, නැවතුම් විභවය සහ සංඛ්‍යාතය අතර ප්‍රස්තාරය ද සරල රේඛාවක් විය යුතු අතර, එහි අනුක්‍රමණය h/e විය යුතු ය.

කාර්ය ශ්‍රිතය ලෝහය මත රඳා පවතින නියතයක් නිසා ලෝහ පෘෂ්ඨය මත පතිත කරන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය ක්‍රමයෙන් අඩු කර ගෙන යෑමේ දී ඉලෙක්ට්‍රෝනයට ලැබෙන චාලක ශක්තිය ක්‍රමයෙන් අඩු වී, එක්තරා සංඛ්‍යාතයක දී ශූන්‍ය බවට පත් වෙයි. මෙයට වඩා සංඛ්‍යාතය අඩු කළ හොත් ඉලෙක්ට්‍රෝනය නිදහස් වීම සඳහා ෆෝටෝනයෙන් ලැබෙන ශක්තිය ප්‍රමාණවත් නොවන නිසා ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය සිදු නොවේ. මේ නිසා චාලක ශක්තිය ශූන්‍ය වන අවස්ථාවේ දී සංඛ්‍යාතය දේහලී සංඛ්‍යාතයයි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

මේ ආකාරයට 2.9, 2.10 සහ 2.11 රූප මඟින් පෙන්වා ඇති පරීක්ෂණාත්මක ප්‍රතිඵල ඉතා පහසුවෙන් පැහැදිලි කිරීමට අයින්ස්ටයින්ට හැකි විය.

ආලෝක කදම්බයේ තීව්‍රතාව වැඩි කිරීමෙන් සිදු වන්නේ ඒ කදම්බයේ ඇති ෆෝටෝන සංඛ්‍යාව වැඩි වීමයි. එහෙත් සංඛ්‍යාතය වෙනස් නොවන බැවින් ෆෝටෝනයේ ශක්තිය කෙරෙහි බලපෑමක් ඇති නොකරයි.

2.1 වගුවෙහි ලෝහ කිහිපයක කාර්ය ශ්‍රිතයන් හා දේහලී සංඛ්‍යාතයන් දැක්වේ.

2.1 වගුව ලෝහ කිහිපයක කාර්ය ශ්‍රිතය හා දේහලී සංඛ්‍යාතය

ලෝහය	කාර්ය ශ්‍රිතය ϕ (eV)	දේහලී සංඛ්‍යාතය - f_0(Hz)
සෝඩියම්	2.4	5.8×10^{14}
කැල්සියම්	2.9	7.0×10^{14}
සින්ක්	3.6	8.8×10^{14}
සිල්වර්	4.3	1.0×10^{15}

ඉලෙක්ට්‍රෝන වෝල්ටය (eV) යනු ශක්තියේ ඒකකයකි. එය 1 V විභව අන්තරයක් යටතේ ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් ත්වරණය වීමේදී අයත් කර ගන්නා ශක්තිය ලෙස අර්ථ දැක්වේ.

$$1\ \text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

මෙගා ඉලෙක්ට්‍රෝන වෝල්ට් $1 = 10^{6}\ \text{eV}$

අභ්‍යාස

ප්ලාන්ක් නියතය $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J s

ආලෝකයේ ප්‍රවේගය $c = 3 \times 10^{8}$ m s^{-1}

$1\ \text{Å} = 10^{-10}$ m, $1\text{nm} = 10^{-9}$ m

$1\ \text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}$ J

1. කාර්ය ශ්‍රිතය ϕ වූ ලෝහයක් මත තරංග ආයාමය λ වූ ආලෝකය පතිත වේ. ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය සිදු වීමට නම්

   (a) $\lambda < \frac{ch}{\phi}$ (b) $\lambda = \frac{ch}{\phi}$ (c) $\lambda > \frac{ch}{\phi}$ (d) $\lambda > \frac{2ch}{\phi}$ (e) $\lambda = \frac{4ch}{\phi}$

2. එක්තරා ලෝහ පෘෂ්ඨයක් මත කොළ වර්ණවත් ආලෝකය පතිත කරවූ විට ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය වූ බවත් කහ වර්ණවත් ආලෝකය පතිත කරවූ විට එසේ නොවන බවත් දක්නට ලැබිණි. ඒ පෘෂ්ඨය මත රතු ආලෝකය පතිත කරවූ විට,

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

(a) වැඩි ශක්තියක් සහිත ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය වේ.

(b) අඩු ශක්තියක් සහිත ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය වේ.

(c) ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය රඳා පවතින්නේ පතිත ආලෝකයේ තීව්‍රතාව මත ය.

(d) ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනයක් සිදු නොවේ.

(e) යම් කාල පමාවකින් පසුව ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය සිදු වේ.

3. දේහලී සංඛ්‍යාතය f_0 වූ ද්‍රව්‍ය පෘෂ්ඨයක් මත සංඛ්‍යාතය f ($f_0 < f$) වූ ආලෝකය පතිත වේ. විමෝචනය වූ ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝනවල චාලක ශක්තිය

(a) $h(f-f_0)$ (b) $\frac{h}{f}$ (c) $he(f-f_0)$ (d) $\frac{h}{f_0}$ (e) he

4. ප්‍රකාශ විද්‍යුත් විමෝචනය සිදු වීමේ ක්‍රියාවලියේදී පතිත ආලෝකයේ තීව්‍රතාව අඩු කළ විට නැවතුම් විභවය,

(a) අඩු වේ. (b) වැඩි වේ. (c) එසේ ම පවතී.

(d) වැඩි වීම හෝ අඩු වීම රඳා පවතින්නේ ආලෝකයේ ධ්‍රැවණය මත ය.

(e) ඉහත කිසිවක් නො වේ.

5. ප්‍රකාශ සංවේදී පෘෂ්ඨයකින් විමෝචනය වන ඉලෙක්ට්‍රෝන සංඛ්‍යාව රඳා පවතින්නේ

(a) පතිත වන ආලෝකයේ තීව්‍රතාව මත ය. (b) ඒ ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය මත ය.

(c) ඒ ආලෝකයේ තරංග ආයාමය මත ය. (d) ඒ ආලෝකයේ වර්ණය මත ය.

(e) ඒ පෘෂ්ඨයේ විමෝචකතාව මත ය.

6. සෝඩියම් පහනකින් නිකුත් වන තරංග ආයාමය 0.6 μm වූ ආලෝකය ප්‍රකාශ කෝෂයක් මත පතිත වීමෙන් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය වීම සිදු වේ. මේ සංසිද්ධියට අදාළ නැවතුම් විභවය 0.5 V ය. පහනින් ලැබෙන ආලෝකයේ තරංග ආයාමය 0.4 μm වූ විට නැවතුම් විභවය 1.5 V වෙයි. ආලෝකයේ වේගය 3×10^8 m s^{-1} ලෙස ගත හොත්, මේ දත්ත භාවිත කොට ලැබෙන h/e හි අගය වන්නේ,

(a) 4×10^{-59} V s (b) 0.25×10^{15} V s (c) 4×10^{-15} V s (d) 4×10^{-8} V s

(e) 1.6×10^{-19} V s

7. එක්තරා ලෝහයක් සඳහා ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණ සංසිද්ධිය සම්බන්ධ දේහලී සංඛ්‍යාතය f_0 වන අතර, ඒ ලෝහයෙන් තැනූ තහඩුවක් මත සංඛ්‍යාතය f වන ආලෝක කදම්බයක් පතනය වෙයි. ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොන විමෝචනය වීම සඳහා

(a) $f = f_0$ (b) $f = 2f_0$ (c) $f < f_0$ (d) $f > f_0$ (e) $f = \sqrt{2}f_0$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

8. ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණ පරීක්ෂණයක දී පතනය වන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය (f) එදිරියෙන් නැවතුම් විභවය (V_0) අතර, අඳින ලද ප්‍රස්තාරය සරල රේඛාවකි. ඒ සරල රේඛාව f අක්ෂය සමඟ θ කෝණයක් සාදයි. ϕ යනු පෘෂ්ඨයේ කාර්ය ශ්‍රිතය නම් $\tan\theta$ සමාන වන්නේ,

(a) $\frac{h}{e}$ (b) $\frac{e}{h}$ (c) $\frac{-\phi}{e}$ (d) $\frac{eh}{\phi}$ (e) $\frac{\phi}{e}$

09. A හා B නමැති ලෝහවල කාර්ය ශ්‍රිත අතර, අනුපාතය 1 : 2 කි. A හා B මත පතිත වන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාත පිළිවෙළින් f හා $2f$ වෙයි. $f > f_A$ හා $2f > f_B$, යනු A හා Bගේ දේහලී සංඛ්‍යාත වේ. එක් එක් ලෝහ පෘෂ්ඨයෙන් විමෝචනය වන ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝනවල උපරිම චාලක ශක්තිය අතර, අනුපාතය

(a) 1 : 1 (b) 1 : 2 (c) 1 : 3 (d) 1 : 4 (e) 1 : $\sqrt{2}$

10. A, B හා C ලෝහවල කාර්ය ශ්‍රිත පිළිවෙළින් 4.5 eV, 4.3 eV හා 3.5 eV වෙයි. තරංග ආයාමය 4000 $\mathring{A}$ වූ ආලෝකය ඒවා මත පතිත වේ. පහත ප්‍රකාශ අතුරින් වඩාත්ම නිවැරදි ප්‍රකාශය කුමක් ද?

(a) A ගෙන් පමණක් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය වේ.
(b) B ගෙන් පමණක් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය වේ.
(c) C ගෙන් පමණක් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය වේ.
(d) සියලු ලෝහවලින් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය වේ.
(e) කිසිවකින් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය නොවේ.

11. කාර්ය ශ්‍රිතය 2 eV වූ ලෝහයක් මත තරංග ආයාමය 4000 $\mathring{A}$ වූ ආලෝකය පතිත වූ විට විමෝචනය වන ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝනවල චාලක ශක්තිය ආසන්න වශයෙන්,

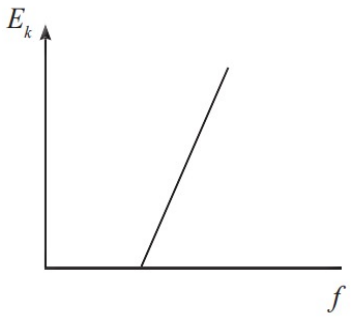
(a) 0.5 eV (b) 1.1 eV (c) 2.5 eV (d) 3 eV (e) 2 eV

12. ආලෝකය පිළිබඳ ක්වොන්ටම් වාදය මඟින් ගොඩනැගෙන සංකල්පය වන්නේ

(a) ඉලෙක්ට්‍රෝන (b) ෆෝටෝන (c) පොසිට්‍රෝන (d) නියුට්‍රෝන
(e) ක්වාර්ක් පිළිබඳ සංකල්පයයි.

13. ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය සම්බන්ධ පරීක්ෂණයක දී විමෝචනය වූ ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝනවල උපරිම චාලක ශක්තියත් (E_k) පතිත ආලෝක ෆෝටෝනවල සංඛ්‍යාතයත් (f) අතර, ප්‍රස්තාරයේ අනුක්‍රමණය වනුයේ

(a) ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ආරෝපණය යි.
(b) ලෝහයේ කාර්ය ශ්‍රිතය යි.
(c) ප්ලාන්ක් නියතය යි.
(d) ප්ලාන්ක් නියතයත් ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ආරෝපණයත් අතර, අනුපාතය යි.
(e) ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ආරෝපණයත් ප්ලාන්ක් නියතයත් අතර, අනුපාතය යි.



© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

14. ලෝහ පෘෂ්ඨයකින් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය සම්බන්ධ පරීක්ෂණයක දී නැවතුම් විභවයත් (K_{max}) පතිත ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතයත් (f) අතර, අඳින ලද ප්‍රස්තාරය සරල රේඛාවකි. ප්ලාන්ක් නියතය දෙනු ලබන්නේ
   (a) ප්‍රස්තාරයේ අනුක්‍රමණයෙනි.
   (b) සරල රේඛාවේ අනුක්‍රමණයේත් ඉලෙක්ට්‍රෝනික ආරෝපණයේත් ගුණිතයෙනි.
   (c) V අක්ෂය මත ලැබෙන අන්තඃඛණ්ඩයේත් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ආරෝපණයත් අතර, අනුපාතයෙනි.
   (d) f අක්ෂය මත ලැබෙන අන්තඃඛණ්ඩයේත් ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ස්කන්ධයේත් ගුණිතයෙනි.
   (e) අනුක්‍රමණයේත් ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ස්කන්ධයේත් ගුණිතයෙනි.

15. ප්‍රකාශ සංවේදී පෘෂ්ඨයක් මත ආලෝක ෆෝටෝනයක් පතිත වීමෙන් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් නිකුත් වීම සඳහා ගත වන කාලය ආසන්න වශයෙන්
   (a) 10^{-1} s (b) 10^{-4} s (c) 10^{-10} s (d) 10^{-7}s (e) 10 s

16. ප්‍රකාශ සංවේදී පෘෂ්ඨයක් මත 10^{-8} J s^{-1} ශීඝ්‍රතාවකින් තරංග ආයාමය 5000 Å වූ ආලෝක ශක්තිය පතිත වේ. තත්පරයකට ලැබෙන ෆෝටෝන සංඛ්‍යාව වන්නේ
   (a) 2.5×10^{10} (b) 2.5×10^{11} (c) 2.5×10^{13} (d) 2.5×10^{9} (e) 2.5×10^{6}

පිළිතුරු

1 - (a),	2- (d),	3 - (a),	4 - (c),	5- (a),
6 - (c),	7 - (d) ,	8 - (a).	9 -(b),	10- (d),
11 - (d),	12 - (b),	13-(c),	14 -(b),	15 - (c),
16 - (d)				

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

තෙවන පරිච්ඡේදය

පදාර්ථයේ තරංග ස්වභාවය
Wave Nature of Matter

3.1 හැඳින්වීම

ආලෝකයේ (විද්‍යුත් චුම්බක විකිරණ) තරංග ස්වභාවය සැලකිල්ලට ගනිමින් නිරෝධනය, විවර්තනය හා ධ්‍රැවණය යන සංසිද්ධි සාර්ථකව පැහැදිලි කිරීමට හැකි විය. අනෙක් අතින් ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය හා කොම්ටන් ආවරණය (Compton effect) වැනි ශක්තිය හා ගම්‍යතාව සම්බන්ධ සංසිද්ධීන් පැහැදිලි කර ඇත්තේ විකිරණයේ ක්වොන්ටම් ස්වභාවය (quantum nature) පදනම් කර ගෙන ය.

ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණයේ -දී ප්‍රමාණවත් ශක්තියක් ඇති (අදාළ ලෝහයේ කාර්ය ශ්‍රිතයට වඩා වැඩි ශක්තියක් සහිත) ආලෝක ෆෝටෝනයක් ප්‍රකාශ සංවේදී (photosensitive) ලෝහ පෘෂ්ඨයක් මත පතිත වී එහි මුළු ශක්තිය ම පරමාණුවක ඇති එක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයකට පවරා දීමෙන් ලෝහ පෘෂ්ඨයෙන් ඒ ඉලෙක්ට්‍රෝනය විමෝචනය වීම සිදු වේ.

කොම්ටන් ආවරණය යනු ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් හෝ වෙනත් ආරෝපිත අංශුවකින් ෆෝටෝනයක් ප්‍රකිරණය කිරීම (ෆෝටෝනය ගමන් කරන දිශාව වෙනස් කිරීම) යි. මුල් වරට මේ සංසිද්ධිය සොයා ගත් ආතර් කොම්ටන් මෙහි දී ෆෝටෝනයේ දිශාව වෙනස් වීම හැරෙන්නට, එහි තරංග ආයාමය වැඩි වන (එනම් ශක්තිය අඩු වන) බවත් ඉලෙක්ට්‍රෝනය තවත් දිශාවකට විංගු වන බවත් සොයා ගත්තේ ය.

ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය සහ කොම්ටන් ආවරණය යන සංසිද්ධි දෙක ම පැහැදිලි කළ හැකි වන්නේ විකිරණ පිළිබඳ තරංග වාදයෙන් නො ව, ඒවා අංශු ලෙස හැසිරෙන බව උපකල්පනය කිරීමෙන් පමණකි.

ආලෝකය (විද්‍යුත් චුම්බක විකිරණ) සමහර අවස්ථාවන්හි දී තරංග ආකාරයටත් වෙනත් සමහර අවස්ථාවන්හි දී අංශු ආකාරයටත් හැසිරෙන බව මේ අනුව පැහැදිලි වෙයි. මෙය විකිරණවල තරංග අංශු ද්විත්ව ස්වභාවය නමින් හැඳින්වේ.

අපේ ඇස්වලින් යමක් දැකීමේ සංසිද්ධියේ දී මේ පැහැදිලි කිරීම් දෙක ම එනම්, ආලෝකයේ තරංග ස්වභාවයත් අංශුමය ස්වභාවයත් - ඉතා වැදගත් වේ. එක් අතකින් ආලෝකය රැස් කර ගැනීම හා නාභිගත කිරීමේ යන්ත්‍රණය කාචයෙන් සිදු කරනු ලබන අතර, ඒ ක්‍රියාවලිය තරංග ආශ්‍රයෙන් හොඳින් පැහැදිලි වේ. අනෙක් අතින් ඇසේ දෘෂ්ටි විතානයේ ඇති යෂ්ටි සෛල හා කේතු සෛල (rods and cones) මඟින් ආලෝකය අවශෝෂණය වීම පැහැදිලි කර ගැනීම සඳහා ෆෝටෝන ක්‍රියාවලිය යොදා ගැනීම අත්‍යවශ්‍ය වේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

3.2 පදාර්ථ තරංග සඳහා ඩි බ්‍රොග්ලී සම්බන්ධතාව (The de Broglie relation for matter waves)

ආලෝක තරංග අංශු (ෆෝටෝන) ආකාරයට හැසිරීමට හැකි නම් අංශුවලට තරංග ලෙස හැසිරීමට හැකි නොවන්නේ මන්ද යන තර්කය වර්ෂ 1924 දී ප්‍රංශ ජාතික භෞතික විද්‍යාඥයකු වූ ලුවිස් ඩී බ්‍රොග්ලී (Louis de Broglie) විසින් ඉදිරිපත් කරන ලදි. ''ස්වභාවධර්මය සමමිතියට ආදරය කරයි. ඒ බව සමමිතික ගති ලක්ෂණවලින් පෙන්නුම් කෙරේ ය'' යන්න ඔහුගේ මතය විය. ඒ මතය අනුව පදාර්ථයට හා ශක්තියට ද සමමිතික ලක්ෂණ තිබිය යුතු ය. ඔහුගේ මතයට අනුව අංශු ආකාරයට හැසිරෙන ඉලෙක්ට්‍රෝන වැනි පරමාණුක අංශුවලට ද සමහර විට තරංග ආකාරයට ද හැසිරීමට හැකියාව ඇත. එවැනි තරංග, ඩී බ්‍රොග්ලී තරංග හෝ පදාර්ථ තරංග (matter waves) නමින් හැඳින්වේ. ක්වොන්ටම් වාදයත් අයින්ස්ටයින්ගේ ස්කන්ධ ශක්ති සම්බන්ධතාවත් මත පදනම් වූ අදහස් භාවිතයෙන් ස්කන්ධය m වූ අංශුවක් හා සබැඳි ශක්තිය $E = mc^2$ ලෙස ලිවිය හැකි ය. මෙහි c යනු නිදහස් අවකාශයේ දී ආලෝකයේ වේගය යි.

අයින්ස්ටයින්ගේ සමීකරණයට අනුව, සංඛ්‍යාතය f වන ෆෝටෝනයක ශක්තිය $E = hf$ මඟින් ද, එහි ගම්‍යතාව

$$p = \frac{E}{c}$$ මඟින් ද දෙනු ලැබේ.

මේ සමීකරණ දෙක භාවිතයෙන් ෆෝටෝනයක ගම්‍යතාව සහ තරංග ආයාමය අතර, සම්බන්ධතාව

$$p = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$ මඟින් දෙනු ලැබේ.

ඩි බ්‍රොග්ලීගේ තර්කය අනුව මේ සම්බන්ධතාව අංශුමය තරංග සඳහා ද වලංගු විය යුතු ය. එනම් ස්කන්ධය m, ගම්‍යතාව p සහ ප්‍රවේගය v වන අංශුවක් තරංගයක් ලෙස හැසිරෙන්නේ නම් එහි තරංග ආයාමය,

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$ යන සමීකරණයෙන් ගණනය කළ හැකි ය. මෙය ඒ අංශුවේ

ඩී බ්‍රොග්ලී තරංග ආයාමය ලෙස හැඳින්වේ.

මේ පදාර්ථ අංශුව ආරෝපිත හෝ අනාරෝපිත විය හැකි ය. අංශුව හා සබැඳි තරංග ආයාමය අංශුවේ ආරෝපණයෙන් ස්වායත්ත වේ. මෙයින් පැහැදිලි වන්නේ ඩි බ්‍රොග්ලී තරංග, විද්‍යුත් චුම්බක තරංග නොවන බවයි. විද්‍යුත් චුම්බක තරංග නිපදවන්නේ ආරෝපිත අංශු ත්වරණයකට භාජනය වීමෙනි.

ඉහත සමීකරණයට අනුව විශාල ස්කන්ධයක් සහිත අංශුවක හෝ විශාල ප්‍රවේගයක් සහිත වැඩි ශක්තියක් ඇති අංශුවක හෝ තරංග ආයාමය අඩු අගයක් ගනී.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

නිදසුනක් වශයෙන් 22 m s^{-1} වේගයෙන් චලිත වන ස්කන්ධය 0.14 kg වූ බෝලයක හා 5.8×10^{6} m s^{-1} වේගයෙන් චලනය වන ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ඩි බ්‍රොග්ලී තරංග ආයාමයන් සොයමු (ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ස්කන්ධය 9.11×10^{-31} kg බව සලකන්න).

චලනය වන බෝලය සඳහා ගම්‍යතාව

$$p_1 = m_1 v_1 = 0.14\ \text{kg} \times\ 22\ \text{m s}^{-1} = 3.08\ \text{kg m s}^{-1}$$

$$\therefore \lambda_2 = \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J s}}{3.08\ \text{kg m s}^{-1}} = 2.15\ 10^{-34}\ \text{m}$$

චලනය වන ඉලෙක්ට්‍රෝනය සඳහා

$$p_2 = m_2 v_2 = (9.11\ \times\ 10^{-31})\ \text{kg} \times\ (5.8\ \times\ 10^{6})\ \text{m s}^{-1} =\ 5.28 \times 10^{-24}\ \text{kg m s}^{-1}$$

$$\therefore \lambda_2 = \frac{6.63\times10^{-32}}{5.28\times10^{-24}}\frac{\text{J s}}{\text{kg m s}^{-1}} = 0.12\ \text{nm}$$

බෝලය සඳහා ලැබුණු තරංග ආයාමය මැනිය නොහැකි තරම් ඉතා කුඩා අගයකි. එදිනෙදා ජීවිතයේ දී හමු වන මහේක්ෂ වස්තු සඳහා ඉහත තරංග ආයාමය ඉතා කුඩා නිසා ඒවා තරංග ආකාරයේ ලක්ෂණ නොපෙන්වයි. අනෙක් අතින් උප පරමාණුක අණ්වීක්ෂීය අංශු වන ඉලෙක්ට්‍රෝන, ප්‍රෝටෝන ආදිය ඒවායේ තරංග ස්වභාවය මැනවින් පෙන්වයි. ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ඩි බ්‍රොග්ලී තරංග ආයාමය සඳහා ලැබුණු අගය 0.12 nm ක මැනිය හැකි අර්ථවත් අගයකි.

විසඳූ ගැටලු

1. ස්කන්ධය m, ආරෝපණය e වූ ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් නිශ්චලතාවේ සිට V විභව අන්තරයක් යටතේ ත්වරණය වන අවස්ථාවක් සලකමු. එහි චාලක ශක්තිය K ඉලෙක්ට්‍රෝනය මත ක්ෂේත්‍රය මගින් කරන ලද කාර්යයට (eV) සමාන වේ. ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රවාහයේ ඩි බ්‍රොග්ලී තරංග ආයාමය සඳහා ප්‍රකාශයක් ලබා ගන්න.

ඉලෙක්ට්‍රෝනය ලබා ගත් ගම්‍යතාව,

$p = mv$ (v යනු ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ප්‍රවේගයයි) $= \sqrt{2mk}$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV \qquad v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

$$p = mv = \sqrt{2mk}$$

$$= \sqrt{2m\,eV}$$

λ

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m\,eV}}$$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

2. එක ම චාලක ශක්තියක් සහිත ඉලෙක්ට්‍රෝනයක්, ප්‍රෝටෝනයක් හා α- අංශුවක් අතුරින් කුඩා ම ඩි බ්‍රොග්ලී තරංග ආයාමය ඇත්තේ කුමකට ද?

ස්කන්ධය m හා ගම්‍යතාව p වූ අංශුවක ඩි බ්‍රෝග්ලී තරංග ආයාමය, $\lambda = \frac{h}{p}$, $k = \frac{p^2}{2m}$

$p = mv$ (v යනු අංශුවේ ප්‍රවේගය යි). $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mK}}$ එක ම චාලක ශක්තිය ඇති නිසා $\lambda \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$,

α - අංශුව ප්‍රෝටෝනය මෙන් හතර ගුණයක් ස්කන්ධයෙන් යුක්ත වන අතර, ප්‍රෝටෝනයේ ස්කන්ධය ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ස්කන්ධය මෙන් 1836 ගුණයකි. ඒනිසා මේ අංශුවලින් කුඩා ම ඩි බ්‍රොග්ලී තරංග ආයාමයක් ඇත්තේ α - අංශුවට ය.

3. එක්තරා අංශුවක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ වේගය මෙන් තුන් ගුණයක වේගයෙන් චලනය වේ. ඒ අංශුවේත් ඉලෙක්ට්‍රෝනයේත් ඩි බ්‍රෝග්ලී තරංග ආයාම අතර, අනුපාතය 1.813×10^{-4} ක් වේ. අංශුවේ ස්කන්ධය ගණනය කරන්න. අංශුව හඳුනා ගන්න.

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

$$m = \frac{h}{\lambda v}$$

ඉලෙක්ට්‍රෝනය සඳහා $m_e = \frac{h}{\lambda_e v_e}$

අංශුවේ ස්කන්ධය m යයි ගනිමු. $\frac{v}{v_e} = 3$ හා $\frac{\lambda}{\lambda_e} = 1.813 \times 10^{-4}$

$$m = \frac{\lambda_e}{\lambda} \cdot \frac{v_e}{v} me$$

$$= 9.11 \times 10^{-31} \times \frac{1}{1.813 \times 10^{-4}} \times \frac{1}{3}$$

$$= 1.6749 \times 10^{-27} \text{kg}$$

$$m_p = 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_m = 1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

බැවින් මේ අංශුව ප්‍රෝටෝනයක් හෝ නියුට්‍රෝනයක් විය හැකි ය.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

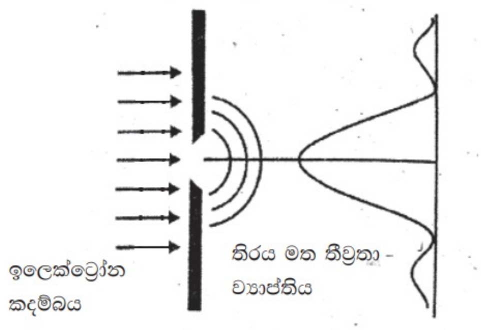
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

3.3 ඉලෙක්ට්‍රෝන විවර්තනය (Diffraction of electrons)

වර්ෂ 1927 දී සී. ජේ. ඩේවිසන් (C.J. Davisson) හා එල්. එච්. ජර්මර් (L.H. Germer) යන අමෙරිකානු ජාතික විද්‍යාඥයන් දෙදෙනා විසින් සිදු කරන ලද පරීක්ෂණ මඟින් චලනය වන ඉලෙක්ට්‍රෝනයකට තරංග ස්වභාවයක් පවතින බව මුල්වරට තහවුරු කරන ලදි. එවැනි ඉලෙක්ට්‍රෝන කදම්බයක් ස්ඵටිකයක් වෙත යොමු කිරීමෙන් විවර්තන රටා ලබා ගත හැකි බව 1928 දී ජී. පී. තොම්සන් (G.P. Thomson) ස්වාධීනව සිදු කළ පරීක්ෂණයක දී ද අනාවරණය විය. ස්ඵටික මඟින් ඉලෙක්ට්‍රෝන විවර්තනය පරීක්ෂණාත්මකව සොයා ගැනීම වෙනුවෙන් සී.ජේ. ඩේවිසන් සහ ජී. පී. තොම්සන් යන දෙදෙනාට ම 1937 වර්ෂයේ භෞතික විද්‍යාව පිළිබඳ නොබෙල් ත්‍යාගය පිරිනැමිණි.

නියත වේගයෙන් ගමන් ගන්නා ඉලෙක්ට්‍රෝන කදම්බයක් තුනී ලෝහ පත්‍රයක් වෙත යොමු කිරීමෙන් තිරයක් මත විවර්තන රටාවක් ලබා ගත හැකි බවත් ඒ රටාව X -කිරණ රටාවට සමාන බවත් තොම්සන් විසින් පෙන්වා දෙන ලදි. මේ පරීක්ෂණවල ප්‍රතිඵල මඟින් ඩි බ්‍රොග්ලීගේ තරංග අංශු වාදයේ සත්‍යතාව තහවුරු විණි.



3.1 රූපය තනි දික් සිදුරකින් සිදුවන ඉලෙක්ට්‍රෝන විවර්තනය

3.4 X - කිරණවලින් සිදු වන විවර්තනය (X - ray diffraction)

දෘශ්‍ය ආලෝකයෙන් විවර්තන රටාවක් ලබා ගැනීම සඳහා බහුලව භාවිත වන්නේ විවර්තන ග්‍රේටිමකි. විවර්තන ග්‍රේටිමක් යනු, එකිනෙකට ඉතා ආසන්නයෙන් පිහිටි සමාන්තර දික් සිදුරු විශාල සංඛ්‍යාවකි. යම් තරංග ආයාමයක් සහිත ආලෝක කදම්බයකින් විවර්තන රටාවක් ලබා ගැනීමට නම් ග්‍රේටිමේ ඇති දික් සිදුරුවල පළල ඒ තරංග ආයාමයට වඩා කුඩා හෝ එයට ආසන්න වශයෙන් සමාන විය යුතු ය.

X-කිරණවල තරංග ආයාමය 1 nm පමණ වේ. දෘශ්‍ය ආලෝකය සඳහා භාවිත වන ග්‍රේටිමක සිදුරු X-කිරණවල තරංග ආයාමයට වඩා ඉතා විශාල වෙයි. ඒ නිසා එවැනි ග්‍රේටිම මඟින් X-කිරණ විවර්තනය කළ නොහැකි වන අතර, 1 nm ප්‍රමාණයේ ග්‍රේටිම නිෂ්පාදනය ප්‍රායෝගිකව ඉතා අපහසු ය.

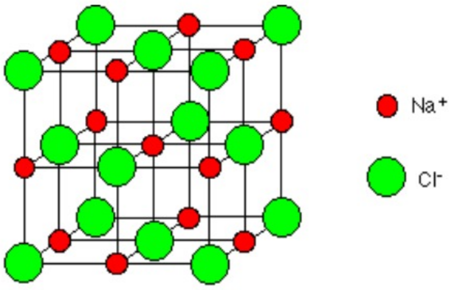
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

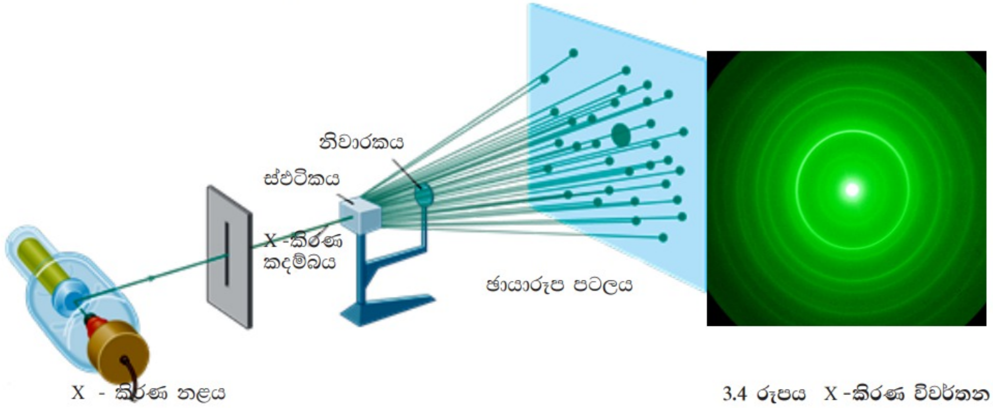
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

එහෙත් වර්ෂ 1913 දී මැක්ස් වොන් ලවේ (Max von Laue) විසින් සොබාදහමේ මෙවැනි ග්‍රේටිම දක්නට ලැබෙන බව පෙන්වා දෙන ලදී. ස්ඵටිකවල (උදා: සෝඩියම් ක්ලෝරයිඩ්) තිබෙන සමාකාර දැලිසක (Lattice) ආකාරයට ඉතා ළඟින් සකස් වී ඇති පරමාණු තල ග්‍රේටිමක් ආකාරයට ක්‍රියා කර විවර්තන රටා ලබා දෙන බව ඔහු විසින් සොයා ගන්නා ලදී. X-කිරණ කදම්බයක් සෝඩියම් ක්ලෝරයිඩ් ස්ඵටිකයක් වෙත යොමු කිරීමෙන් වෘත්තාකාර වාටි සහිත විවර්තන රටාවක් ඡායාරූප පටලයක් මත ලබා ගැනීමට හැකි වේ. පරමාණු තල අතර, හිඩැස (පටු සිදුරේ පළල) X-කිරණවල තරංග ආයාමයේ ගණයට ආසන්න වශයෙන් සමාන වූ විට මෙසේ සිදු වේ.

3.2 රූපය මැක්ස් වොන් ලවේ



3.3 රූපය සෝඩියම් ක්ලෝරයිඩ් ස්ඵටිකය



3.4 රූපය X -කිරණ විවර්තන රටාව

3.5 ඉලෙක්ට්‍රෝන අණ්වීක්ෂය (Electron microscope)

තාක්ෂණික කටයුතුවල දී මෙන් ම වෛද්‍ය පර්යේෂණ සඳහා ද බොහෝ සෙයින් වැදගත් වන මේ උපකරණය ඉලෙක්ට්‍රෝනවල තරංග ගුණ ප්‍රයෝජනයට ගෙන නිර්මාණය කර ඇත. යම් වස්තුවක් අපට දැක ගත හැක්කේ ඒ මත පතනය වූ ආලෝක කිරණ වස්තුව මඟින් පරාවර්තනය වී අපේ ඇස වෙත පැමිණෙන විට ය. ඒ සඳහා භාවිත කරන ආලෝකයේ තරංග ආයාමයට වඩා වස්තුව කුඩා නම්, ඒ ආලෝකය හොඳින් පරාවර්තන නොවන අතර, ඒ නිසා අපට ඉතා ඉහළ විශාලනයක් සහිත අණ්වීක්ෂයකින් වුව ද ඒ වස්තුව දැක ගත නොහැකි වෙයි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

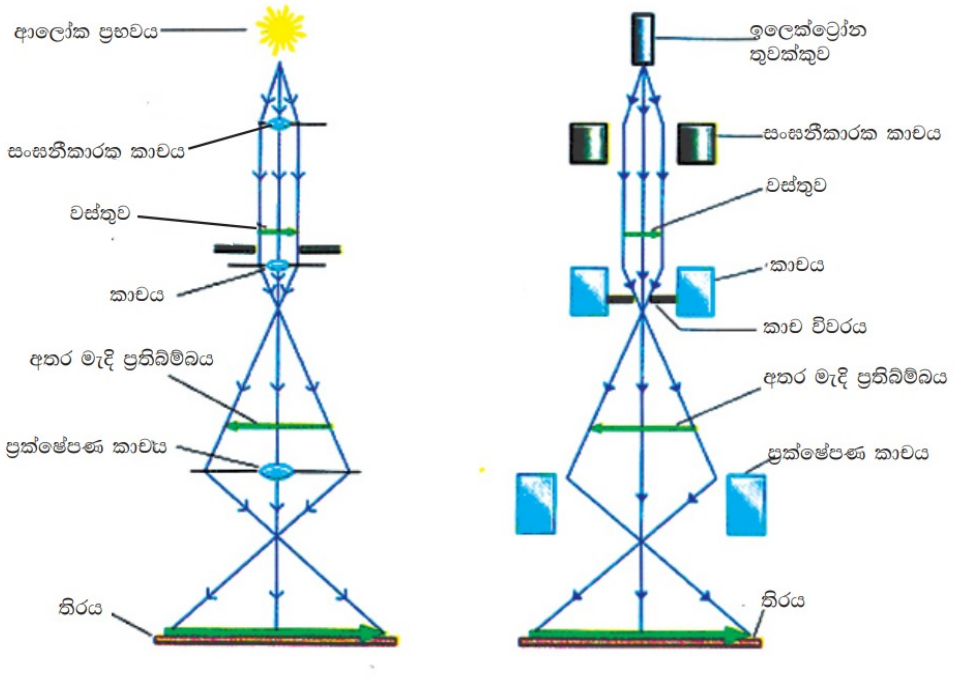
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

ඒ අනුව, දෘශ්‍ය ආලෝකයේ තරංග ආයාමය 400 nm සිට 700 nm දක්වා පමණ වන නිසා අපට දෘශ්‍ය ආලෝකයෙන් ක්‍රියා කරන අණ්වීක්ෂයකින් දැක ගත හැක්කේ 400 nm ට වඩා විශාල වස්තූන් පමණකි. එනම්, ප්‍රකාශ අණ්වීක්ෂයකින් ලබා ගත හැකි විභේදන බලයේ සීමාව 400 nm පමණ වෙයි. ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට තරංග ගුණ තිබෙන නිසා ඉලෙක්ට්‍රෝන කදම්බයක් ඉහළ ප්‍රවේගයක් දක්වා ත්වරණය කර ඉතා කෙටි තරංග ආයාම සහිත තරංගයක් ලබා ගැනීමෙන් ඉහළ විභේදක බලයක් (resolving power) සහිත ඉලෙක්ට්‍රෝන අණ්වීක්ෂ නිපදවා ඇත.

ඉලෙක්ට්‍රෝන අණ්වීක්ෂ දෙවර්ගයක් ඇත. ඒවා නම් ද්විමාන ප්‍රතිබිම්බ සාදන සම්ප්‍රේෂණ ඉලෙක්ට්‍රෝන අණ්වීක්ෂ (transmission electron microscope) හා ත්‍රිමාන ප්‍රතිබිම්බ සාදන පරිලෝකන ඉලෙක්ට්‍රෝන අණ්වීක්ෂ (scanning electron microscope) වේ.

දෘශ්‍ය ආලෝකය භාවිතයට ගන්නා ප්‍රකාශ අණ්වීක්ෂයක හා ඉලෙක්ට්‍රෝන කදම්බයක් භාවිතයට ගන්නා ඉලෙක්ට්‍රෝන අණ්වීක්ෂයක ව්‍යුහයන් 3.5 සහ 3.6 රූපවල පෙන්වා ඇත.



3.5 රූපය ප්‍රකාශ අණ්වීක්ෂය 3. 6 රූපය ඉලෙක්ට්‍රෝන අණ්වීක්ෂය

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

රත් වූ ලෝහ සූත්‍රිකාවකින් විමෝචනය වන ඉලෙක්ට්‍රෝන කදම්බයක් අධික විභව අන්තරයකට භාජනය කරවීමෙන් ත්වරණය කොට අධික චාලක ශක්තියක් ලබා දීම මෙහි දී සිදු වේ. මේ විභව අන්තරය V, ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ආරෝපණය e ද ස්කන්ධය m ද ප්‍රවේගය v ද නම් ඉලෙක්ට්‍රෝනය අයත් කර ගන්නා චාලක ශක්තිය $\frac{1}{2}mv^2 = eV$

$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ගම්‍යතාව $p = mv$

$$= \sqrt{2eVm}$$

ඩි බ්‍රොග්ලී තරංග ආයාමය $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2eVm}}$

ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ස්කන්ධය = 9.1×10^{-31} kg

ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ආරෝපණය = 1.6×10^{-19} C

ප්ලාන්ක් නියතය (h) = 6.6×10^{-34} J s

V = 3600 V ලෙස ගත් විට ඉහත සූත්‍රය භාවිතයෙන් $\lambda = 2 \times 10^{-11}$ m වේ. මේ අගය දෘශ්‍ය ආලෝකයේ තරංග ආයාමයට වඩා ඉතා කුඩා ය. එබැවින් ප්‍රකාශ අණ්වීක්ෂයකට වඩා ඉතා අධික විභේදන බලයක් ඉලෙක්ට්‍රෝන අණ්වීක්ෂයකට ඇත.

3.1 වගුව - ආලෝක අණ්වීක්ෂයක හා සම්ප්‍රේෂණ ඉලෙක්ට්‍රෝන අණ්වීක්ෂයක පවතින ලාක්ෂණික වෙනස්කම්

ගුණය	ආලෝක අණ්වීක්ෂය	ඉලෙක්ට්‍රෝන අණ්වීක්ෂය
උපරිම ප්‍රායෝගික විශාලනය (magnification)	1,000 - 1,500	100,000 ට වඩා වැඩි
උපරිම විභේදනය (resolution)	0.2 μm	0.5 nm
ප්‍රභවය (source)	දෘශ්‍ය ආලෝකය	ඉලෙක්ට්‍රෝන කදම්බය
ගමන් කරන මාධ්‍ය (අණ්වීක්ෂය තුළ)	වාතය	ඉතා ඉහළ රික්තය
කාචවල වර්ගය	වීදුරු	විද්‍යුත්- චුම්බක
අසමතාව (contrast) ඇති වීමට හේතුව	ආලෝකයේ ආන්තර (differential) අවශෝෂණය	ඉලෙක්ට්‍රෝනවල ප්‍රකිරණය (irradiation of electrons)
නාභිගත කිරීමේ ක්‍රියාවලිය	කාචවල පිහිටුම වෙනස් කිරීම	විද්‍යුත් චුම්බකවලට සැපයෙන ධාරාව වෙනස් කිරීම

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

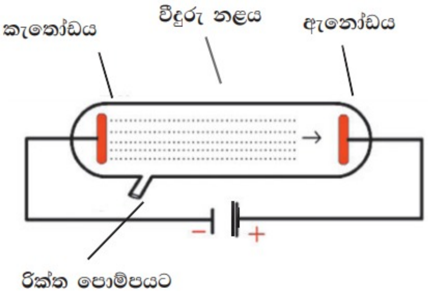
හතරවන පරිච්ඡේදය

X - කිරණ
X - Rays

4.1 කැතෝඩ කිරණ

වර්ෂ 1870 දී විලියම් ක්රූක්ස් (William Crookes) විසින් අඩු පීඩනයක් සහිත වායු අඩංගු වීදුරු නළ තුළ අධිවෝල්ටීයතාවක් පවත්වා ගත් විට ඒ වායු තුළින් විද්‍යුතය සන්නයනය වන බව සොයා ගන්නා ලදි. ඔහුගේ පරීක්ෂණ මගින් නළය තුළ අඩංගු වායුව වර්ණවත් දිලියුමකට (glow) ලක් වීම වැනි අපූරු හා වැදගත් ආචරණ කීපයක් ඔහුට නිරීක්ෂණය කළ හැකි විය. නළය තුළ නියෝන් වායුව යෙදූ විට තද තැඹිලි-රතු වර්ණවත් දිලියුමක් දක්නට ලැබුණු අතර, ඔක්සිජන් හා නයිට්‍රජන් සඳහා දම් පාට දිලියුමක් ලැබිණි.

4.1 රූපය විලියම් ක්රූක්ස්



4.2 රූපය විසර්ජන නළය

වායුමය විසර්ජන පිළිබඳ තව දුරටත් අධ්‍යයනය කළ ක්රූක්ස් සහ අනෙකුත් අයගේ සොයා ගැනීම්වලින් ලැබුණු කරුණු ආශ්‍රයෙන් වර්ෂ 1879 දී ජේ. ජේ. තොම්සන්ට (J.J.Thomson) ඉලෙක්ට්‍රෝනය හඳුනා ගැනීමට හැකි විය. නළය තුළ වූ වායුව පමණක් නො ව, ඇනෝඩය පිටුපසින් වූ වීදුරු බිත්තිය ද දිලියුමකට භාජනය වූ බව ඔහුගේ නිරීක්ෂණයට ලක් විය. කැතෝඩයේ සිට පැමිණෙන කිරණ ප්‍රවාහයක් නිසා මෙසේ සිදු වන්නට ඇතැයි යන්න ඔහුගේ උපකල්පනය විය. ඒ අනුව මේ කිරණ, කැතෝඩ කිරණ (cathode rays) නමින් හඳුන්වා දෙන ලදි. දහනව වන සියවස අග භාගයේ දී ඔහු විසින් සිදු කරනු ලැබූ පරීක්ෂණ රාශියක ප්‍රතිඵල මඟින් කැතෝඩ කිරණ සම්බන්ධයෙන් පහත සඳහන් කරුණු සනාථ වී ඇත.

- කැතෝඩ කිරණ ඍණ ආරෝපිත අංශු ප්‍රවාහයකින් සමන්විත වේ.
- මේවා කැතෝඩයෙන් ආරම්භ වී සරල රේඛීයව ගමන් කරයි.
- නළය තුළ කුමන වායුවක් යෙදුවත්, කැතෝඩය ලෙස කුමන ලෝහයක් යෙදුවත් ඒවා සමාන ගුණ පෙන්වයි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

- සුදුසු තත්ත්ව යටතේ ඒවා පදාර්ථය හා ගැටුණු විට X -කිරණ නිපදවයි.
- විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍ර මගිනුත් චුම්බක ක්ෂේත්‍ර මගිනුත් අපගමනයට භාජනය වෙයි.
- ඒවාට චාලක ශක්තිය ඇත.

මෑතක් වන තුරු රූපවාහිනී යන්ත්‍රවල, පරිගණක මොනිටරවල සහ දෝලනේක්ෂවල භාවිත වූ කැතෝඩ කිරණ නළ සඳහා මූලාදර්ශය වූයේ තොම්සන්ගේ පරීක්ෂණවලින් ලැබුණු ප්‍රතිඵලයි.

4.2 X - කිරණ

4.3 රූපය විල්හෙල්ම් රොන්ජන්

වර්ෂ 1895 දී ජර්මන් ජාතික විල්හෙල්ම් රොන්ජන් (Wilhelm Rontgen) වායු තුළින් විසර්ජන පිළිබඳ අධ්‍යයනයක යෙදී සිටි අවස්ථාවක අනපේක්ෂිත සිදුවීමක් දුටුවේ ය. මේ සඳහා ඔහු යොදා ගත් අඩු පීඩනයකට හා අධිවෝල්ටීයතාවකට යටත් කළ වායුව අඩංගු විසර්ජන නළය පසෙකින් තිබූ බේරියම් ප්ලැටිනොසයනයිඩ් ආලේපිත ප්‍රතිදීපන තිරයක් ප්‍රතිදීපනය වූ බවත් පරීක්ෂණාගාරයෙහි වෙනත් තැනක සුරක්ෂිත ලෙස ඔතා තිබූ ඡායාරූප පටලවල වෙනසක් සිදුව තිබූ බව දක්නට ලැබිණි. මේ අනුව විසර්ජන නළයෙන් යම් කිරණ විශේෂයක් නිකුත් වූ බව ඔහු විසින් නිගමනය කරන ලදී.

තිරය සහ නළය අතර, විවිධ ඝනකම් සහිත විවිධ ද්‍රව්‍ය තැබීමෙන් තිරයේ ප්‍රතිදීපන තීව්‍රතාව වෙනස් වූ බවත් සෙන්ටිමීටරයක් පමණ ඝනකමැති ඇලුමිනියම් තහඩුවක් පවා විනිවිද යෑමට තරම් එම කිරණ ප්‍රබල වූ බවත් ඔහුට තවදුරටත් දැක ගත හැකි විය. ඉහත සඳහන් කිරණවල ස්වභාවය ඔහුට එවකට තේරුම් ගත නොහැකි වූ බැවින් ඒවා X -කිරණ ලෙස නම් කරන ලදී.

X -කිරණ නිෂ්පාදනය සඳහා යොදා ගනු ලබන නවීන ආකාරයේ X කිරණ නළයක් 4.4 රූපයේ දැක්වේ. රේචනය කරන ලද නළය තුළ කැතෝඩය හා ඇනෝඩය ස්ථානගත කර ඇත. ඒවා අතර, $10^5\,V$ තරම් අධික වෝල්ටීයතාවක් පවත්වාගෙන ඇති අතර, ඇනෝඩයේ විභවය කැතෝඩයට සාපේක්ෂව ධන වෙයි. මේ වෝල්ටීයතාව කාරක විභව අන්තරය (operating potential difference) ලෙස හැඳින්වේ. කුඩා වෝල්ටීයතාවක් භාවිතයෙන් ටංස්ටන් සූත්‍රිකාව රත් කිරීමෙන් තර්මයන ආචරණය (thermionic effect) මගින් ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය වේ. රත් වූ සූත්‍රිකාවෙන් පිට වන ඉලෙක්ට්‍රෝන විභව අන්තරය නිසා ත්වරණය වී අධික චාලක ශක්තියක් සහිතව ඉලක්ක ලෝහය (ඇනෝඩය) හා ගැටේ.

අධික වේගයෙන් ගමන් ගන්නා ඉලෙක්ට්‍රෝන කදම්බයක් ඇනෝඩයේ පවතින ඉලක්ක ලෝහය හා ගැටුණු විට ඒවායේ ශක්තියෙන් ඉතා අධික ප්‍රමාණයක් තාප ශක්තිය ලෙසට පරිවර්තනය වේ. මේ තාප ශක්තිය මගින් ඇනෝඩයේ ඇති ඉලක්ක ලෝහයේ උෂ්ණත්වය නැංවීම සිදු කරයි. ඉලක්ක ලෝහය ලෙස ටංස්ටන් හෝ මොලිබ්ඩිනම් හෝ යොදා ගැනේ. ඉලක්ක ලෝහය තුළ දී ඉලෙක්ට්‍රෝන මන්දනයට භාජනය වීම නිසා ඒ ඉලෙක්ට්‍රෝනවල ශක්තියෙන් කොටසක් අධික

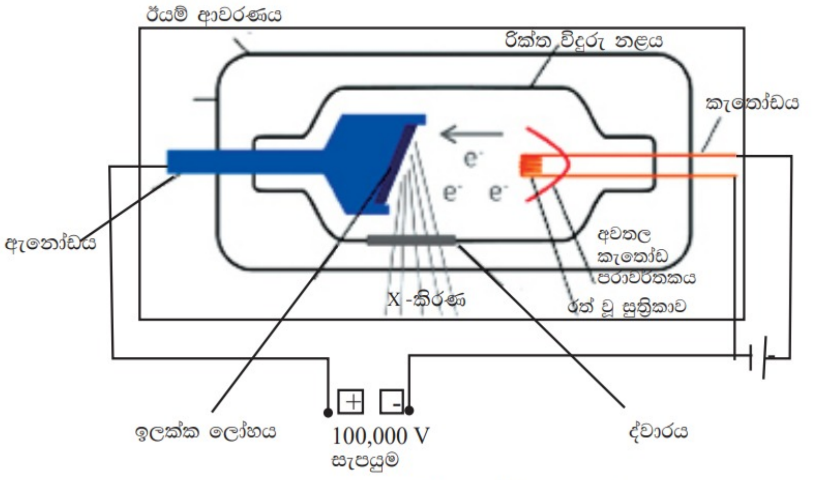
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

ශක්තියෙන් යුතු විද්‍යුත් චුම්බක කිරණ (ෆෝටෝන) ලෙස විමෝචනය වෙයි. X -කිරණ ලෙස හැඳින්වෙන්නේ මේ අධික ශක්තියෙන් යුත් විද්‍යුත් චුම්බක විකිරණයි. මේවායේ තරංග ආයාම පරාසය $\lambda = 0.005$ nm සිට 0.01 nm දක්වා වෙයි.

ඉලක්ක ලෝහය තුළ දී ඉලෙක්ට්‍රෝන මන්දනය වීම නිසා X -කිරණ නිපද වේ. ඉලෙක්ට්‍රෝන මන්දනය වීම නිසා පිට වන විකිරණ, රෝධන විකිරණය (breaking radiation) නමින් ද හැඳින්වේ. මන්දනයට ලක් වන මේ ඉලෙක්ට්‍රෝන නිශ්චල වන තෙක් ම ඒවා මඟින් සන්තතිකව X -කිරණ විමෝචනය කෙරේ. X -කිරණ නළය කුඩා කවුළුවක් සහිත ඊයම් ආවරණයක් තුළ තබා ඇත. ඉලෙක්ට්‍රෝනවල චාලක ශක්තියෙන් 99% පමණ තාපය බවට පත් වන බැවින් තඹ දණ්ඩ ජලය සංසරණයෙන් සිසිලනය කරවනු ලැබේ. ඇනෝඩයේ උත්පාදනය වූ තාපය ඉවතට ගෙන යෑම සඳහා වැඩි තාප සන්නායකතාවක් ඇති තඹ දණ්ඩක් භාවිත කළ යුතු ය.



4.4 රූපය නවීන X - කිරණ නළයක්

මෙහිදී පදාර්ථය මත ඉලෙක්ට්‍රෝන විවර්ෂණය මඟින් X -කිරණ නිපදවෙන බැවින් මේ ක්‍රියාවලිය ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණයට ප්‍රතිලෝම සංසිද්ධියක් ලෙස සැලකිය හැකි ය. කවුළුවෙන් නිකුත්වන X -කිරණ ෆෝටෝනවලට යම් පරාසයක් තුළ වූ විවිධ ශක්තීන් තිබිය හැකි ය. ඉලක්ක ලෝහයේ පරමාණුවක් සමඟ ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් ඍජුව ම ගැටුණු විට ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ සියලු ශක්තිය අවශෝෂණය වුව හොත් නිපදවෙන X -කිරණ ෆෝටෝනයකට උපරිම ශක්තිය අයත් වේ. ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් සතු මුළු ශක්තිය එක්වර ම X -කිරණ ෆෝටෝනයක් බවට පත් වන විට ඒ ෆෝටෝනයේ ශක්තිය උපරිම වේ. මේ අවස්ථාවේ දී X -කිරණ ෆෝටෝනයක සංඛ්‍යාතය f නම් ඉලක්කය වෙත ළඟා වන ඉලෙක්ටෝනයේ චාලක ශක්තිය, $K = eV$ ලෙස ලිවිය හැකි ය. මෙහි V යනු කාරක විභව අන්තරය වන අතර, ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ආරෝපණය e වේ. c යනු ආලෝකයේ ප්‍රවේගයයි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

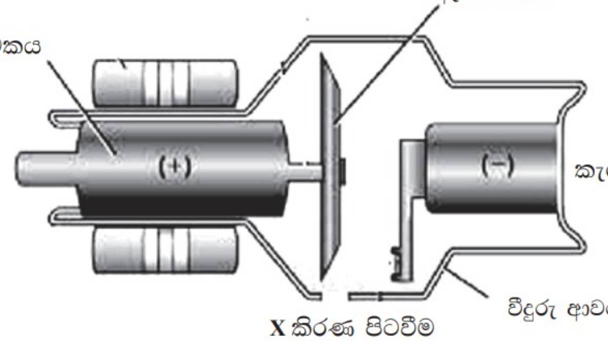
$$K = eV = hf_{max} = h\frac{c}{\lambda_{\min}}$$

(h යනු ප්ලාන්ක් නියතයි.)

මෙහි $\lambda_{\min}$ යනු සන්තතික X -කිරණවලට තිබිය හැකි අවම තරංග ආයාමයයි.

$hf_{max} = h\frac{c}{\lambda_{\min}}$ යනු සන්තතික X -කිරණ ෆෝටෝනයකට තිබිය හැකි උපරිම ශක්තිය යි.

දෘශ්‍ය ආලෝකයට මෙන් නොව, X -කිරණ සංක්‍රාමණයට පරමාණුව අභ්‍යන්තරයේ ඇති ශක්ති මට්ටම් (energy levels) සම්බන්ධ වෙයි. මෙම ඉලක්ක ද්‍රව්‍යය ඉහළ ද්‍රවාංකයක් හා ඉහළ පරමාණුක ක්‍රමාංකයක් ඇති ද්‍රව්‍යයකින් සාදනු ලැබේ. මේ සඳහා ටංස්ටන් හෝ මොලිබ්ඩිනම් ලෝහ භාවිත කළ හැක. රෝග විනිශ්චය සඳහා භාවිත කෙරෙන භ්‍රමණය වන ඇනෝඩයක් සහිත X -කිරණ නළයක් 4.5 රූපයේ දැක්වේ. ඇනෝඩය අධික රත් වීමකට භාජනය නොකර වැඩි තීව්‍රතාවකින් යුතු X -කිරණ ලබා ගැනීම මෙහි අරමුණ වේ.



4.5 රූපය භ්‍රමණ වන ඇනෝඩයක් සහිත X කිරණ නළය

4.2.1 X - කිරණ කදම්බය පාලනය කිරීම

ඉතා උසස් තත්ත්වයේ X -කිරණ ප්‍රතිබිම්බයක් ලබා ගැනීම සඳහා X -කිරණ කදම්බයේ තීව්‍රතාවත් දැඩි බවත් (hardness) පාලනය කිරීම අවශ්‍ය වේ. කාරක විභව අන්තරය වැඩි කිරීමෙන් X -කිරණවල විනිවිද යෑමේ හැකියාව වැඩි කළ හැකි වේ. එමෙන් ම සංඛ්‍යාතය වැඩි X -කිරණවල (එනම් කෙටි තරංග ආයාමයක් සහිත) වැඩි විනිවිද යෑමේ හැකියාවක් ඇත. ඒවා දැඩි X -කිරණවල (Hard X -rays) ලෙස හඳුන්වනු ලැබේ. සංඛ්‍යාතය අඩු X -කිරණ (එනම් දිගු තරංග ආයාමයක් සහිත) මෘදු X -කිරණ (Soft X -rays) ලෙස හඳුන්වනු ලබන අතර, ඒවායේ විනිවිද යෑමේ හැකියාව අඩු ය.

X -කිරණවල තීව්‍රතාව රඳා පවතින්නේ ඇනෝඩය වෙත ගමන් ගන්නා ඉලෙක්ට්‍රෝන සංඛ්‍යාව මතය. සූත්‍රිකාව හරහා ගලන ධාරාව පාලනය කිරීමෙන් X -කිරණවල තීව්‍රතාව වෙනස් කළ හැකි වේ. ඉලක්කය මත ඉලෙක්ට්‍රෝන පතිත වන ශීඝ්‍රතාව වැඩි වීමෙන් ඉලක්ක ලෝහයෙන් නිකුත්

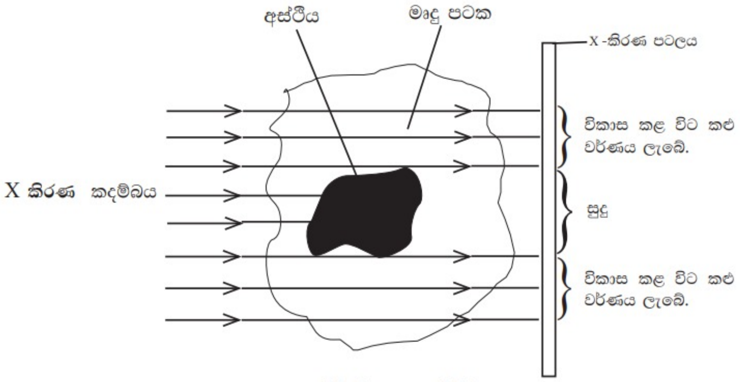
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

වන X -කිරණවල තීව්‍රතාව වැඩි වේ.

4.6 රූපය **X**- කිරණ ඡායාරූපයක්



රූපය 4.7 X කිරණ ප්‍රතිබිම්බය

4.6 රූපයේ දැක්වෙන X -කිරණ ප්‍රතිබිම්බය කාචයක් මඟින් ලැබෙන තාත්වික ප්‍රතිබිම්බයක් ආකාරයේ එකක් නොවේ. මේ ප්‍රතිබිම්බය රූපයේ දැක්වෙන අයුරු ඡායාවක් වේ. රෝගියාගේ ශරීර කොටසක් මත X -කිරණ පතිත වීමෙන් සම, මේද කොටස් හා මෘදු පේශි ආදිය තුළින් විනිවිද යන X -කිරණ ඉතා අඩු ශක්ති ප්‍රමාණයක් හානි කර ගනී. ඒමඟින් ලැබෙන ඡායාරූප පටලය විකාස කිරීමෙන් පසු මෘදු පටකවලට අනුරූප කොටස් අඳුරු පැහැයකින් දැක්වේ. අස්ථි කොටස් මඟින් X -කිරණවල තීව්‍රතාව විශාල වශයෙන් අඩු වේ. අස්ථි කොටස්වල පිහිටීමට අනුරූප ප්‍රදේශ සුදු පැහැයෙන් දැක්වේ. මිනිස් සිරුරේ අස්ථි, පේශි, මෘදු පටක හා රුධිරය යන ශාරීරික කොටස් විවිධ ඝනත්වවලින් යුක්ත බැවින් ඒවා X -කිරණ අවශෝෂණ කර ගන්නේ වෙනස් ප්‍රමාණවලිනි. මෙවැනි කොටස් තුළින් සම්ප්‍රේෂණය වූ X -කිරණ මඟින් ලබා ගන්නා ඡායා ප්‍රතිබිම්බය මඟින් කැඩුණු කොටස් හෝ විසන්ධි වූ අස්ථීන් හා අසාමාන්‍ය ලෙස වර්ධනය වූ පේශින් පමණක් නොව, සිරුර තුළට ඇතුළු වී තිබෙන ලෝහ හෝ ගල් කැබලි වැනි බාහිර ද්‍රව්‍ය ද පහසුවෙන් හඳුනා ගැනීමට හැකියාව ලැබේ. තියුණු ප්‍රතිබිම්බයක් ලබා ගැනීම සඳහා සමාන්තර X -කිරණ කදම්බයක් අවශ්‍ය වේ. බේරියම්වලට හොඳින් X -කිරණ ෆෝටෝන

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

අවශෝෂණය කර ගැනීමට හැකියාව ඇත. ආමාශයේ හා බඩවැල්වල රෝගාබාධ පරීක්ෂා කිරීම සඳහා රෝගියාට බේරියම් සල්ෆේට් සහිත ද්‍රාවණයක් පානය කිරීමට සැලැස්විය යුතු ය. බේරියම් හොඳින් X -කිරණවල අවශෝෂණය කරන නිසා බඩවැල තුළින් එම බේරියම් මිශ්‍ර ආහාරය යෑමේදී X -කිරණ ඡායාරූපයක් ගත් විට බඩවැල තුළ හා බඩවැල් බිත්ති පටක අතර X -කිරණ අවශෝෂණයේ අසමානතාවයක් හටගන්නා බැවින් අවහිරයක් හෝ අසාමාන්‍ය වැඩිවීමක් ඇති ස්ථානය නිරීක්ෂණය කිරීම පහසු වේ. දැඩි X -කිරණ (අධික සංඛ්‍යාතය හා අධික ෆෝටෝන ශක්තිය ඇති), පිළිකා සෛල විනාශ කිරීම සඳහා රේඩියම් ප්‍රතිකාරයට විකල්පයක් වශයෙන් යොදා ගැනේ. වෛද්‍ය හා දන්ත වෛද්‍ය ප්‍රතිකාර කටයුතු සඳහා යොදා ගන්නා X -කිරණ ප්‍රතිබිම්බ සාමාන්‍යයෙන් සෙවණැලි (shadow) ඡායාරූප වේ. අස්ථි හා දත් ඉතා තදින් X -කිරණ අවශෝෂණය කරයි. X -කිරණ, ලෝහ (ඇලුමිනියම්) පෙරනයක් තුළින් යැවීමෙන් අඩු ශක්ති ෆෝටෝන ඉවත් කර ගත හැකි ය. එවිට දත් හා අස්ථි ආශ්‍රිත මෘදු පටකවලට සිදු වන හානිය අවම වේ.

4.2.2 X - කිරණවල ගුණ

- X -කිරණ ඉතා කෙටි තරංග ආයාමයක් සහිත විද්‍යුත් චුම්බක තරංග වේ. ඒවා රික්තයක් තුළ ආලෝකයේ ප්‍රවේගයෙන් ගමන් කරයි.
- විද්‍යුත් හා චුම්බක ක්ෂේත්‍ර මඟින් අපගමනයට භාජනය නො වේ. ඒවා ආරෝපිත අංශු විශේෂයක් නොවන බවට මෙය ප්‍රබල සාක්ෂියකි.
- X -කිරණවලට පදාර්ථය තුළට විනිවිද යෑමේ හැකියාවක් ඇත. 1 mm පමණ ඝනකමක් ඇති ඊයම් තහඩුවකින් ඒවා සම්පූර්ණයෙන් ම වාගේ අවශෝෂණය වේ. X -කිරණවලින් ආරක්ෂා වීම සඳහා ඊයම් තහඩුවලින් තැනූ ආවරණ භාවිත කෙරේ.
- X -කිරණ කාච මඟින් නාභිගත කළ නොහැකි ය. වෙනස් මාධ්‍ය ඔස්සේ ගමන් කිරීමේ දී ඉතා මඳ වශයෙන් අපගමනය වේ. සියලු ද්‍රව්‍ය සඳහා ඒවායේ වර්තන අංකය එකට ඉතා ආසන්න වේ.
- ස්ඵටික දැලිසක් මඟින් විවර්තනය කළ හැකි ය.
- වායු තුළින් ගමන් කිරීමේ දී X -කිරණ මඟින් වාතය අයනීකරණය කෙරේ.
- ඡායාරූප පටල මත සංවේදනයක් ඇති කරයි.
- ඇතැම් ඛනිජ ද්‍රව්‍ය හා ලවණ (PbS, ZnS, Ba ලවණ සහ බේරියම් ප්ලැටිනෝ සයනයිඩ වැනි) මත පතිත වූ විට ප්‍රතිදීපනයක් (fluorescence) ඇති කරයි.
- ප්‍රකාශ විද්‍යුත් විමෝචනය ඇති කරයි. ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය මඟින් ලෝහ පෘෂ්ඨයකින් ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය කරයි.

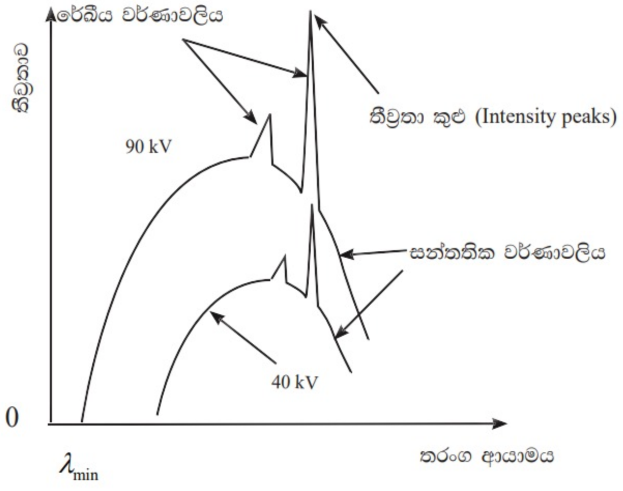
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

4.2.3 X - කිරණ වර්ණාවලිය*

X -කිරණ නළයකින් නිකුත් වන විකිරණ වර්ණාවලී මානය භාවිතයෙන් විශ්ලේෂණය කර තීව්‍රතාව හා තරංග ආයාමය ප්‍රස්තාර ගත කළ විට 4.8 රූපයේ ආකාරයේ ප්‍රස්තාරයක් ලැබේ. නළය හරහා විභව අන්තරය වැඩි වන විට අවම තරංග ආයාමය අඩු වේ. X -කිරණ වර්ණාවලිය රේඛීය වර්ණාවලිය සහ සන්තතික වර්ණාවලිය ලෙස ප්‍රධාන කොටස් දෙකකින් යුක්ත වේ.



4.8 රූපය **X-කිරණ නළයක් සඳහා තරංග ආයාමය එදිරියෙන් තීව්‍රතාව***

- X - කිරණ නළයට යොදන විභව අන්තරය මත රඳා පවතින අවම තරංග ආයාමයක් (λ_{min}) සහිත සන්තති වර්ණාවලිය**:** විභව අන්තරය වැඩි වන විට λ_{min} අගය අඩු වේ. සියලු ඉලක්ක ලෝහ මෙවැනි විකිරණ විමෝචනය කරයි.
- තීව්‍රතාවෙන් වැඩි කොටස් කීපයකින් යුක්ත රේඛීය වර්ණාවලිය **:** මේ තරංග ආයාම ඉලක්ක ලෝහයේ ලාක්ෂණික වේ. ඒවා X - කිරණ නළයට යොදනු ලබන අධිවෝල්ටීයතාව මත රඳා නොපවතී. විමෝචනය වන X - කිරණවල තරංග ආයාමය ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට සිදු වන මන්දනය මත රඳා පවතී.

ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට එක ම මන්දනයක් නොමැති අතර, ඒවායේ අගයයන් පුළුල් පරාසයක් තුළ පැතිර පවතී. මෙය පැහැදිලි කර ගැනීම සඳහා කැතෝඩය හා ඇනෝඩය අතර, විභව අන්තරය 30 kV වූ නළයකින් නිපදවෙන X - කිරණවල තිබිය හැකි අවම තරංග ආයාමය ගණනය කරමු.

ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ආරෝපණය 1.6×10^{-19} C, ආලෝකයේ ප්‍රවේගය 3×10^{8} m s^{-1} හා ප්ලාන්ක් නියතය 6.6×10^{-34} J s වෙයි.

අවම තරංග ආයාමයක් සහිත X - කිරණ (එනම් උපරිම ශක්තියක් සහිත ෆෝටෝන) ලැබෙන්නේ ඉලෙක්ට්‍රෝනයක අඩංගු ශක්තිය මුළුමනින් ම ෆෝටෝනයක් බවට පත් වූ විට ය. V විභව අන්තරයක් හරහා ත්වරණය වන ඉලෙක්ට්‍රෝනයක අඩංගු මුළු චාලක ශක්තිය eV ලෙස ද, තරංග ආයාමය λ වූ ෆෝටෝනයක ශක්තිය $\frac{hc}{\lambda}$ ලෙස ද ලිවිය හැකි නිසා, ඉලෙක්ට්‍රෝනයක අඩංගු ශක්තිය මුළුමනින් ම ෆෝටෝනයක් බවට පත් වූ විට,

* '4.2.3 **X-**කිරණ වර්ණාවලිය' කොටස 2017 වර්ෂයේ සිට ක්‍රියාත්මක වන අ.පො.ස උසස් පෙළ භෞතික විද්‍යාව විෂය නිර්දේශයට ඇතුළත් නොවේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

$$eV = \frac{hc}{\lambda_{min}}$$ ලෙස ලිවිය හැකි ය.

$$\left(1.6\times10^{-19}C\right)\times\left(6.6\times10^{3}V\right) = \frac{\left(6.6\times10^{-34}Js\right)\times\left(3\times10^{8}ms^{-1}\right)}{\lambda_{min}}$$

$$\lambda_{min} = 4.1 \times 10^{-11}\ \text{m}$$

එහෙත් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක අඩංගු ශක්තිය මුළුමනින් ම ෆෝටෝනයක් බවට පත් වීමේ සම්භාවිතාව ඉතා අඩු ය. බොහෝ විට සිදු වන්නේ ඒ ශක්තියෙන් කොටසක් පමණක් සහිත ෆෝටෝන විමෝචනය වීම ය. ඒ නිසා දෙන ලද විභව අන්තරය සඳහා ලැබෙන අවම තරංග ආයාමයට වැඩි ඕනෑ ම තරංග ආයාමයක් සහිත ෆෝටෝන විමෝචනය විය හැකි ය. X -කිරණ වර්ණාවලියේ සන්තතික කොටස ලැබෙන්නේ මේ ක්‍රියාවලිය නිසා ය.

4.2.4 X - කිරණවල වෙනත් භාවිත

1. අභ්‍යවකාශ විද්‍යාවේ දී ද්විත්ව තාරකා (binary stars) පද්ධති, නියුට්‍රෝන තාරකා, සූර්යා හා ඇතැම් ධූමකේතු වැනි අභ්‍යවකාශ වස්තුන්ගෙන් ද X -කිරණ විමෝචනය වන බව සොයා ගෙන ඇත. X -කිරණ අනාවරක සහිත චන්ද්‍රිකා භාවිතයෙන් ඉහත වස්තුන්ගෙන් පිට වන X -කිරණ පිළිබඳ අධ්‍යයනය කෙරේ.
2. ඉංජිනේරු හා කර්මාන්ත ක්ෂේත්‍රයේදී ලෝහමය කොටස්වල වෑද්දුම් සන්ධි වැනි ස්ථානවල පවතින අභ්‍යන්තර විෂමතා සොයා ගැනීම් සඳහා ද X -කිරණ භාවිත කෙරේ.
3. ලෝහ හා මිශ්‍රලෝහ හඳුනා ගැනීම සඳහා ද ඒවායේ X -කිරණ විවර්තන රටා උපයෝගී කර ගනු ලැබේ. මෙවැනි විශ්ලේෂණයක් සඳහා මුල් වරට භාවිත කර ඇත්තේ සරල සංයෝගයක් වන සෝඩියම් ක්ලෝරයිඩ් ස්ඵටිකයකි. එවැනි පර්යේෂණ මගින් පසු කලෙක DNA ඇතුළු ඉතා සංකීර්ණ අණුවල ව්‍යුහයන් පවා සවිස්තරව තේරුම් කර ගැනීමට හැකි විය.
4. ගුවන් තොටුපළවල හා වෙනත් වැදගත් ස්ථානවල ආරක්ෂක කටයුතුවල දී ගමන් මලු සහ පාර්සල් වැනි භාණ්ඩ විවෘත කිරීමෙන් තොරව ඒවා තුළ ඇති දෑ පරීක්ෂා කිරීමට ඒවායේ X -කිරණ ඡායාරූප කෙළින් ම පරිගණක කඩතිරයක් මතට යොමු කෙරේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

පස්වන පරිච්ඡේදය

විකිරණශීලතාව
Radioactivity

5.1 හැඳින්වීම

වර්ෂ 1896 දී හෙන්රි බෙකරල් (Henry Becquerel) නම් වූ විද්‍යාඥයා විසින් කළු දවටනයකින් ඔතන ලද ඡායාරූප පටලයක් මත තැබූ යුරේනියම් ලවණ මගින් ඒ පටල මත කළු පැහැති ලප ඇති කරන බව නිරීක්ෂණය කළේය. පසුව යුරේනියම් ලවණය හා ඡායාරූප තහඩුව අතරට කාඩ්බෝඩ්, ඇලුමිනියම් හා ඊයම් වැනි තහඩු තබා පරීක්ෂණය කළ විට මෙවැනි ම ප්‍රතිඵල දක්නා ලදී. ඒ අනුව ඉහත කී යුරේනියම් ලවණ විනිවිද යෑමේ හැකියාවක් ඇති විකිරණ විශේෂයක් නිකුත් කරන බව නිගමනය කරන ලදී. මේ විකිරණ X - කිරණවලට වඩා වෙනස් බවත්, මේ විකිරණ පිළිබඳ තව දුරටත් අධ්‍යයනය කළ මාරි කියුරි විසින් ඒ සංසිද්ධිය විකිරණශීලතාව (radioactivity) ලෙසත් නම් කරන ලදී.

5.1 රූපය හෙන්රි බෙකරල්

5.2 රූපය මාරි කියුරි

පසු කලෙක ස්වාභාවිකව පවත්නා පිච්බ්ලෙන්ඩ් (pitchblende) නම් ඛනිජය නිස්සාරණය කිරීමෙන් රේඩියම් හා පොලෝනියම් යනුවෙන් විකිරණශීලී මූලද්‍රව්‍ය දෙකක් සොයා ගැනීමට මාරි කියුරි සහ පියරි කියුරි දෙපළට හැකි විය. මේ වෙනුවෙන් ඔවුන්ට 1903 වර්ෂයේ දී භෞතික විද්‍යාව පිළිබඳ නොබෙල් ත්‍යාගය ද හිමි විය. ඉහත ආකාරයට විකිරණ පිට කරන මූලද්‍රව්‍ය විකිරණශීලී මූලද්‍රව්‍ය ලෙස හැඳින්වේ. මේ වන විට විකිරණශීලී මූලද්‍රව්‍ය 40ක් පමණ පවතින බව සොයා ගෙන ඇත. පරමාණුක අංකය (Z) 82කට වඩා වැඩි මූලද්‍රව්‍ය අස්ථායි හා විකිරණශීලී වෙයි. රේඩියම්, තෝරියම් ආදිය උදාහරණ ලෙස දැක්විය හැකි ය. බැර මූලද්‍රව්‍යවල පරමාණුක න්‍යෂ්ටි අස්ථායි වේ. මේ අස්ථායිතාව විකිරණශීලීතාවට හේතු වේ.

5.2 α, β සහ γ - විකිරණ

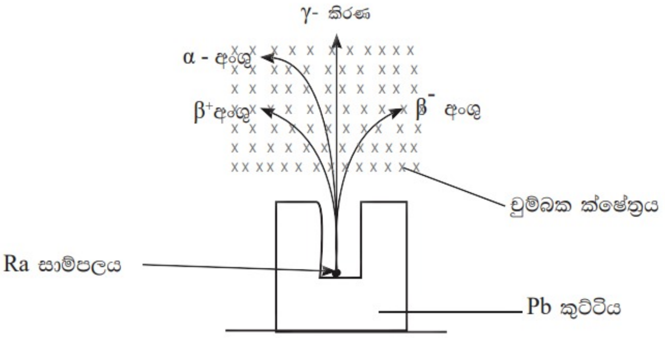
විකිරණශීලී මූලද්‍රව්‍ය මගින් තුන් ආකාරයක විකිරණ නිකුත් කෙරේ. අවම විනිවිද යෑමේ හැකියාවක් ඇති විකිරණ ඇල්ෆා අංශු (α-particle) ලෙස ද මේවාට සාපේක්ෂව වැඩි විනිවිද යෑමේ හැකියාවක් ඇති විකිරණ බීටා අංශු (β-particle) ලෙස ද උපරිම විනිවිද යෑමේ හැකියාවක් ඇති විකිරණ ගැමා කිරණ (γ - කිරණ) ලෙස ද නම් කර ඇත.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

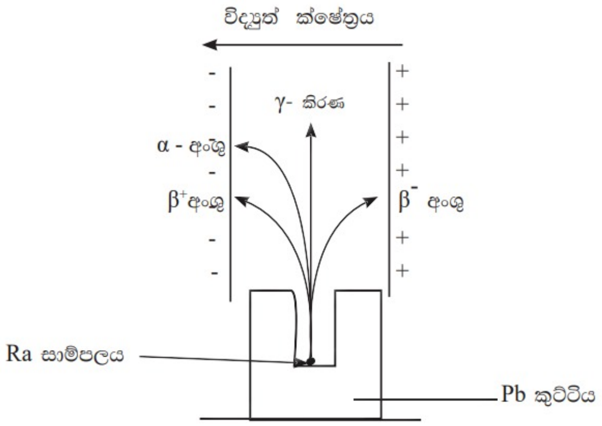
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

ගැමා කිරණවලට කාඩ්බෝඩ් සහ ඇලුමිනියම් තහඩු හරහා වුව ද ගමන් කළ හැකි ය. ඝන ඊයම් තහඩු මගින් ගැමා කිරණ නතර කළ හැකි ය. බීටා අංශුවලට කාඩ්බෝඩ් හරහා ගමන් කළ හැකි වුව ද, ඇලුමිනියම් හරහා ගමන් කළ නොහැකි ය. ඇල්ෆා අංශු, කාඩ්බෝඩ් මගින් වුව ද නතර කළ හැකි ය.



5.3 රූපය

α - අංශු , β - අංශු හා γ - කිරණවල ස්වභාවය අධ්‍යයනය කිරීම සඳහා යොදා ගත් පරීක්ෂණයක් 5.3 රූපයේ දැක්වේ. ඊයම් කුට්ටියක හාරන ලද කුඩා කුහරයක් තුළ රේඩියම් සාම්පලයක් තබා ඇත. සිදුරින් නිකුත් වන විකිරණ ඊට ලම්බකව ක්‍රියා කරන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයකට හසු කරනු ලැබේ. මෙහි දී එක් විකිරණ වර්ගයක් අපගමනයකින් තොරව ගමන් කරන අතර, අනෙක් විකිරණ දෙවර්ගය දෙපසට අපගමනය වෙයි. ෆ්ලෙමින්ගේ වමත් නීතිය අනුව වම් පැත්තට අපගමනය වන විකිරණ + ලෙස ද දකුණු පැත්තට අපගමනය වන විකිරණ (-) ලෙස ද ආරෝපිත වී ඇති බව පැහැදිලි වේ. ඒවා පිළිවෙළින් α- අංශු හා β -අංශු ලෙස හඳුන්වනු ලැබේ. අපගමනය නොවී ගමන් කරන විකිරණ (γ-කිරණ) අනාරෝපිත වන අතර, ඒවා අධික සංඛ්‍යාතයෙන් යුත් විද්‍යුත් චුම්බක විකිරණ වේ. චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් වෙනුවට විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක් යොදා ඉහත පරීක්ෂණය සිදු කළ විට ලැබෙන ප්‍රතිඵලය 5.4 රූපයේ දැක්වේ.



5.4 රූපය

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

මෙ අවස්ථාවේ දී සියලු α-අංශු එක ම ප්‍රමාණයකින් ඍණ ආරෝපිත ඉලෙක්ට්‍රෝඩය වෙත අපගමනය වන අතර, β-අංශු විවිධ ප්‍රමාණයන්ගෙන් ධන ආරෝපිත ඉලෙක්ට්‍රෝඩය වෙත අපගමනය වන බව දැකිය හැකි ය.

α - අංශු සියල්ල එක ප්‍රමාණයකින් අපගමනය වීමට හේතුව ඒවා සියල්ල නිකුත් වන්නේ එක ම ශක්ති ප්‍රමාණයකින් යුක්තව වීම බවත්, β-අංශුවල අපගමනයන් විවිධ වීමට හේතුව ඒවායේ අඩංගු ශක්තිය එකිනෙකින් වෙනස් වීම බවත් සොයා ගෙන ඇත.

5.2.1 α - අංශු ($^{4}_{2}He$)

1. මේවා හීලියම් න්‍යෂ්ටි $^{4}_{2}He$ ලෙස හඳුනා ගෙන ඇත. ප්‍රෝටෝනයේ ආරෝපණය මෙන් දෙගුණයක ආරෝපණයක් දරයි.
2. α-අංශුවක ස්කන්ධය ආසන්න වශයෙන් හයිඩ්‍රජන් පරමාණුක ස්කන්ධය මෙන් සිව් ගුණයක් වෙයි.
3 α-අංශුවල ප්‍රවේගය ආසන්න වශයෙන් ආලෝකයේ ප්‍රවේගය මෙන් 0.06 ගුණයකි. මේ ප්‍රවේගය ඒවා විමෝචනය කරන ප්‍රභවය මත රඳා පවතී.
4 ඒවායේ විනිවිද යෑමේ හැකියාව β-අංශුවල විනිවිද යෑමේ හැකියාවෙන් $\frac{1}{100}$ ක් පමණ වන අතර, γ කිරණවල ඒ හැකියාවෙන් $\frac{1}{10^4}$ පමණ වෙයි. එයට හේතුව සාපේක්ෂව α-අංශුවල ස්කන්ධය වැඩි වීමයි. α-අංශුවලට සම්මත උෂ්ණත්ව හා පීඩන තත්ත්ව යටතේ වූ වාතයේ 5 cmක් පමණ ගමන් කළ හැකි ය. α-අංශුවලට ඝනකම 0.01cm ට අඩු ඇලුමිනියම් (Al) තහඩුවක් හරහා විනිවිද යාමේ හැකියාව ඇත.
5 α - අංශුවලට අධික වශයෙන් වායු අයනීකරණය සිදු කළ හැකි ය.
6. බේරියම් ප්ලැටිනෝසයනයිඩ් හා සින්ක් සල්ෆයිඩ් වැනි ද්‍රව්‍ය මත පතිත වූ විට ප්‍රතිදීපනයක් ඇති කරයි.
7. විද්‍යුත් හා චුම්බක ක්ෂේත්‍ර මඟින් අපගමනයට ලක් වේ.
8. තුනී ලෝහ පත්‍ර මඟින් ප්‍රකිරණයට (scattering) භාජනය වෙයි.
9. α-අංශු මඟින් සම පිලිස්සීමට ලක්වේ.

5.2.2 β - අංශු

1. β^- අංශු ඉලෙක්ට්‍රෝනය මෙන් ඍණ ආරෝපණයක් දරයි.
2. β^+ අංශු ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ආරෝපණ ප්‍රමාණය මෙන් ධන ආරෝපණයක් දරයි.
3 β අංශුවල ස්කන්ධය අඩු නිසා වැඩි විනිවිද යෑමේ හැකියාවක් ඇත. 0.1 cm ට වඩා අඩු ඝනකමකින් යුතු ඇලුමිනියම් තහඩුවක් විනිවිද යාමේ හැකියාව ඇත.
4. වායු අයනීකරණය කිරීමේ හැකියාව අඩු ය.
5. ඡායාරූප තහඩු මත බලපෑමක් ඇති කරයි.
6. β අංශු මඟින් කෘත්‍රිම විකිරණශීලිතාවක් ඇති කළ හැකි ය.
7. විද්‍යුත් හා චුම්බක ක්ෂේත්‍ර මඟින් අපගමනයට ලක්වේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

8. ඒවා ආසන්න වශයෙන් ආලෝකයේ ප්‍රවේගයෙන් ගමන් කරන ඉලෙක්ට්‍රෝන සේ සැලකිය හැකි ය.

5.2.3 γ-කිරණ

1. ආලෝකයේ ප්‍රවේගයෙන් ගමන් කරයි.
2. විද්‍යුත් හා චුම්බක ක්ෂේත්‍ර මඟින් අපගමනය නො වේ.
3. γ- කිරණ, සංඛ්‍යාතය 5×10^{22} - 3×10^{18} Hz පරාසයේ පිහිටි විද්‍යුත් චුම්බක තරංග වෙයි.
4. වායු අයනීකරණය ඉතා දුර්වල ය.
5. විනිවිද යෑමේ හැකියාව ඉතා අධික ය. සෙන්ටිමීටර කිහිපයක් ඝනකම ඇති ලෝහ තහඩුවක් විනිවිද යෑමේ හැකියාව ඇත.
6. ඡායාරූප පටල මත බලපෑමක් ඇති කරයි.
7. ඉතා කෙටි තරංග ආයාමයක් ඇත. හානිකර බැක්ටීරියා විනාශ කිරීමටත්, ආහාර හා වෛද්‍ය උපකරණ ජීවාණුහරණය (sterilizing) කිරීමටත් යොදා ගනී.
8. යම් පෘෂ්ඨයක් මත පතිත වූ විට ඒ පෘෂ්ඨයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන ගලවා ගැනීමට හැකියාව ඇත.
9. වෛද්‍ය විද්‍යාවේ දී පිළිකා සෛල විනාශ කිරීමට යොදා ගනී.
10. γ -කිරණ ෆෝටෝනයක නිශ්චලතා ස්කන්ධය (rest mass) ශූන්‍ය වේ.

5.3 විකිරණශීලී ක්ෂය වීම (Radioactive decay)

විකිරණශීලතාව යනු යම් මූලද්‍රව්‍යයක පරමාණුක න්‍යෂ්ටි, ඒවායේ අස්ථායිතාව නිසා ආරෝපිත අංශු සහ ශක්තිය නිකුත් කිරීමයි. මේ ක්‍රියාවලියේ දී බොහෝ විට පළමු මූලද්‍රව්‍යය වෙනත් මූලද්‍රව්‍යයක් බවට පරිවර්තනය වෙයි. උදාහරණයක් ලෙස විකිරණශීලී මූලද්‍රව්‍යයක් වන රේඩියම් ග්‍රෑම් 1ක ප්‍රමාණයක් ගෙන සෑහෙන කලකට පසු එහි ඇති රේඩියම් ප්‍රමාණය මැන බැලුව හොත්, එය ග්‍රෑම් 1කට අඩු බව පෙනෙනු ඇත. ඒ නිසා මේ ක්‍රියාවලිය විකිරණශීලී ක්ෂය වීම ලෙස හැඳින්වෙයි.

විකිරණශීලතාව නිසා එක් එක් න්‍යෂ්ටිය ආරෝපිත අංශු සහ ශක්තිය නිකුත් කර වෙනත් මූලද්‍රව්‍යයක න්‍යෂ්ටියක් බවට පත් වීම පෘථක්කරණය (disintegration) නමින් හැඳින්වෙයි.

විකිරණශීලතාව යනු න්‍යෂ්ටිවල අභ්‍යන්තර ස්ථායිතාවට සම්බන්ධ ක්‍රියාවලියක් නිසා එය උෂ්ණත්වය, පීඩනය ආදී බාහිර සාධක මත රඳා නොපවතින සංසිද්ධියකි. විකිරණශීලී මූලද්‍රව්‍යයක කුමන පරමාණුවක් කුමන අවස්ථාවක දී පෘථක්කරණයට භාජනය වේ දැයි පුරෝකථනය කිරීමට නොහැකි ය.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

විකිරණශීලී මූලද්‍රව්‍යයක් පෘථක්කරණය වන විට. α-අංශුවක් හෝ β-අංශුවක් හෝ විමෝචනය වෙයි. මේ අංශු දෙක ම එක්වර විමෝචනය නො වේ. යම් පරමාණුවක් එක්වරකට α - අංශු හෝ β- අංශු එකකට වඩා වැඩි ගණනක් විමෝචනය නොකරයි.

α - අංශුවක් හෝ β- අංශුවක් විමෝචනය වීමෙන් න්‍යෂ්ටිය වඩාත් ස්ථායි වේ. එහෙත් ඒමඟින් එහි ඇති ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝන ගණන් වෙනස් වේ. ආරම්භක න්‍යෂ්ටිය මාතෘ න්‍යෂ්ටිය ලෙසත් පෘථක්කරණයේ ප්‍රතිඵලයක් ලෙස ලැබුණු න්‍යෂ්ටිය දුහිතෘ න්‍යෂ්ටිය ලෙසත් හැඳින්වේ.

5.4 විකිරණශීලී සමස්ථානික

න්‍යෂ්ටියක් සෑදී ඇත්තේ යම් කිසි ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාවක් (Z) සහ යම් කිසි නියුට්‍රෝන සංඛ්‍යාවක් (N) එකට බැඳීමෙනි. න්‍යෂ්ටියක් කුමන මූලද්‍රව්‍යයකට අයත් දැයි හඳුනා ගන්නේ ඒ න්‍යෂ්ටියේ ආරෝපණය, එනම් එහි ඇති ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාව අනුව ය. පරමාණුක ක්‍රමාංකය ලෙස හැඳින්වෙන්නේ ද මේ අගයයි. න්‍යෂ්ටියේ ස්කන්ධ අංකය (A) ලෙස හැඳින්වෙන්නේ එහි ඇති ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාවේ සහ නියුට්‍රෝන සංඛ්‍යාවේ එකතුව ($Z+N$) ය.

නිශ්චිත ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාවක් සහ නිශ්චිත නියුට්‍රෝන සංඛ්‍යාවක් සහිත න්‍යෂ්ටි වර්ගයක් නියුක්ලයිඩයක් (nuclide) නමින් හැඳින්වෙයි. එවැනි නියුක්ලයිඩයක් සඳහා $^{A}_{Z}\mathrm{X}$ ආකාරයේ සංකේතයක් භාවිත වෙයි. මෙහි X මඟින් නිරූපණය වන්නේ අදාළ මූලද්‍රව්‍යයයි.

එක ම ප්‍රෝටෝන ගණනක් සහිත, එහෙත් වෙනස් නියුට්‍රෝන සංඛ්‍යා සහිත නියුක්ලයිඩ ස්වභාවයේ දක්නට ලැබෙයි. න්‍යෂ්ටියේ ආරෝපණය එක ම නිසා මේවා එක ම මූලද්‍රව්‍යයකට අයත් වන නමුත් ඒවායේ ස්කන්ධ අංකය එකිනෙකින් වෙනස් වෙයි. මෙවැනි නියුක්ලයිඩ සමස්ථානික (isotopes) නමින් හැඳින්වෙයි. දෙන ලද මූලද්‍රව්‍යයක සමස්ථානික කිහිපයක් පැවතිය හැකි අතර, ඒවායින් සමහරක් ස්ථායි සමස්ථානික ද, සමහරක් අස්ථායි (එනම්, විකිරණශීලී) සමස්ථානික ද විය හැකි ය.

5.5 α - විමෝචනය (α - ක්ෂය වීම)

α - අංශුවක් විමෝචනය වීමෙන් දුහිතෘ න්‍යෂ්ටියේ ස්කන්ධ අංකය හතරකින් අඩු වන අතර, පරමාණුක අංකය දෙකකින් අඩු වේ. එක් මූලද්‍රව්‍යයක් ක්ෂය වීමෙන් වෙනත් මූලද්‍රව්‍යයන් ඇති වීම තත්ත්වාන්තරකරණය (transmutation) නම් වේ.

α - විමෝචනය න්‍යෂ්ටික සමීකරණයක් ලෙස පහත දැක්වෙන ආකාරයට ලිවිය හැකි ය.

Raවලින් α - විමෝචනය

$$^{226}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\mathrm{Rn} + {}^{4}_{2}\alpha$$

Uවලින් α - විමෝචනය

$$^{238}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\mathrm{Th} + {}^{4}_{2}\alpha$$

α - විමෝචනය දැක්වෙන පොදු සමීකරණය

$$^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\mathrm{Y} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$ ලෙස ලිවිය හැකි ය.

මෙයින් කියැවෙන්නේ ස්කන්ධ අංකය A සහ පරමාණුක අංකය z වන X නමැති න්‍යෂ්ටිය හීලියම් න්‍යෂ්ටියක් හා ශක්තිය නිකුත් කිරීමෙන් පසුව ස්කන්ධ අංකය A-4 සහ පරමාණුක අංකය Z - 2 වන Y නමැති න්‍යෂ්ටිය බවට පරිවර්තනය වන බවයි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

5.6 β-විමෝචනය (β - ක්ෂය වීම)

සමහර විකිරණශීලී න්‍යෂ්ටි වඩා ස්ථායි අවස්ථාවකට පත් වීම සඳහා ඉලෙක්ට්‍රෝන හෝ පොසිට්‍රෝන විමෝචනය කරයි. මෙය β^- විමෝචනය වීම ලෙස හැඳින්වෙයි. පොසිට්‍රෝනයක් යනු, ආරෝපණයෙන් හැර අන් සෑම ලක්ෂණයකින්ම ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් හා සමාන වූ අංශුවකි. ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ආරෝපණයට විශාලත්වයෙන් සමාන වූ ධන (+) ආරෝපණයක් එයට ඇත. ප්‍රොසිටෝනය යනු ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ප්‍රති අංශුව ලෙස සැළකේ. න්‍යෂ්ටිය තුළ අඩංගු නියුට්‍රෝන ගණන ප්‍රෝටෝන ගණනට වඩා වැඩි අවස්ථාවල දී β^- විමෝචනය සිදු වේ.

ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් විමෝචනය වීමේ ක්‍රියාවලිය β^- විමෝචනයක් ලෙස හැඳින්වේ. මෙහි දී ස්කන්ධ ක්‍රමාංකය නොවෙනස් වී පරමාණුක ක්‍රමාංකය එකකින් වැඩි වේ.

උදාහරණ කිහිපයක්:

$${}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{234}_{91}\text{Pa} + {}^{0}_{-1}\beta + \overline{\upsilon}_e$$

$${}^{32}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{32}_{16}\text{S} + {}^{0}_{-1}\beta + \overline{\upsilon}_e$$

$${}^{14}_{6}\text{P} \rightarrow {}^{14}_{7}\text{S} + {}^{0}_{-1}\beta + \overline{\upsilon}_e$$

$${}^{131}_{53}\text{I} \rightarrow {}^{131}_{54}\text{Xe} + {}^{0}_{-1}\beta + \overline{\upsilon}_e$$

$${}^{14}_{6}\text{C} \rightarrow {}^{14}_{7}\text{N} + {}^{0}_{-1}\beta + \overline{\upsilon}_e$$

ඉහත දැක්වූ විමෝචනවල දී β^- අංශුවකට අමතරව υ_e ප්‍රතිනියුට්‍රිනෝව නමැති අංශුවක් ද නිකුත් වෙයි (ශක්ති සංස්ථිතියට හා ගම්‍යතා සංස්ථිතියට අනුකූලව පැවතීම සඳහා β^- විමෝචනයේ දී ප්‍රතිනියුට්‍රිනෝව නම් වූ අංශුවක් ද විමෝචනය වීම අවශ්‍ය කෙරේ). ප්‍රතිනියුට්‍රිනෝව යනු ස්කන්ධය නොගිණිය හැකි තරම් වූ අනාරෝපිත මූලිකාංශුවකි. න්‍යෂ්ටිය තුළ වැඩි නියුට්‍රෝන සංඛ්‍යාවක් $(N > Z)$ ඇති අවස්ථාවක නියුට්‍රෝනයක් ප්‍රෝටෝනයකට හා ඉලෙක්ට්‍රෝනයකට පරිවර්තනය වේ. මෙහි දී ප්‍රෝටෝනය න්‍යෂ්ටිය තුළ රැඳෙන අතර, ඉලෙක්ට්‍රෝනයත් ප්‍රතිනියුට්‍රිනෝවත් අධික වේගයෙන් න්‍යෂ්ටියෙන් බැහැර වේ.

ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ප්‍රති අංශුව වන පොසිට්‍රෝනයක් (${}^{0}_{1}\beta$) විමෝචනය වීම β^+ ක්ෂය වීමක් ලෙස හැඳින්වේ.

උදාහරණ කීපයක්

$${}^{23}_{12}\text{Mg} \rightarrow {}^{23}_{11}\text{Na} + {}^{0}_{+1}\beta + \upsilon_e$$

$${}^{11}_{6}\text{C} \rightarrow {}^{11}_{5}\text{B} + {}^{0}_{+1}\beta + \upsilon_e$$

υ_e යනු නියුට්‍රිනෝවක් ලෙස හැඳින්වේ.

ඉහත ක්ෂය වීම් පොදු ආකාරයෙන් පහත දැක්වේ.

β^- ක්ෂය වීම $\quad {}^{A}_{Z}\text{X} \rightarrow {}_{Z+1}^{A}\text{Y} + {}^{0}_{-1}\beta + \overline{\upsilon}_e$

β^- ක්ෂයවීමේ දී නියුට්‍රෝනයක් ප්‍රෝටෝනයකට පරිවර්තනය වේ.

$$\text{n} \rightarrow \text{p} + {}^{0}_{-1}\beta + \overline{\upsilon}_e$$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

β^+ ක්ෂය වීම $^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow {}^{A-0}_{Z-1}\mathrm{Y} + {}^{0}_{+1}\beta + \upsilon_e$

β^+ ක්ෂය වීමේ දී ප්‍රෝටෝනයක් නියුට්‍රෝනයකට පරිවර්තනය වේ.

$$p \rightarrow n + {}^{0}_{+1}\beta + \bar{\upsilon}_e$$

5.7 γ - විමෝචනය (γ - ක්ෂය වීම)

සාමාන්‍යයෙන් විකිරණශීලී න්‍යෂ්ටියක් ක්ෂය වීමේ දී α-අංශු හෝ β - අංශු විමෝචනය වීමේ ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් ලැබෙන දුහිතෘ න්‍යෂ්ටිය සැකැබුණු අවස්ථාවකට පත් වේ. මේ දුහිතෘ න්‍යෂ්ටිය γ-කිරණ විමෝචනය කර අඩු ශක්ති අවස්ථාවකට හෝ භූමි අවස්ථාවකට හෝ පත් වේ. මෙහි දී ඒ න්‍යෂ්ටිය අයත් මූලද්‍රව්‍යය වෙනස් නො වේ. උදාහරණයක් ලෙස මේ ක්‍රියාවලිය සිදු වන ආකාරය පහත සඳහන් ආකාරයට සමීකරණ මඟින් නිරූපණය කළ හැකි ය.

$$^{12}_{5}\mathrm{B} \rightarrow {}^{12}_{6}\mathrm{C}^* + {}^{0}_{-1}\beta + \bar{\upsilon}$$

මෙහි * මඟින් නිරූපණය කරන්නේ C (කාබන්) න්‍යෂ්ටිය සැකැබුණු අවස්ථාවක පවතින බවයි. පසුව මේ සැකැබුණු C න්‍යෂ්ටිය, ගැමා කිරණයක් නිකුත් කර භූමි අවස්ථාවට පත්වෙයි.

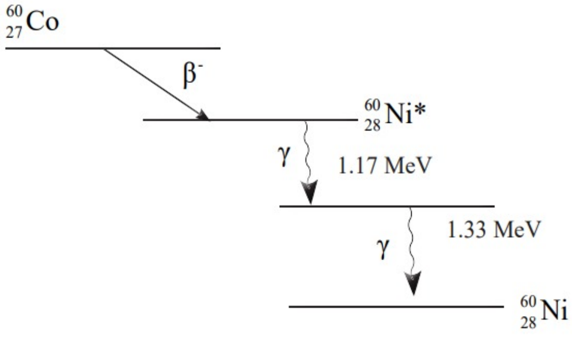
$$^{12}_{6}\mathrm{C}^* \rightarrow {}^{12}_{6}\mathrm{C} + \gamma$$

සමහර අවස්ථාවල දී ගැමා කිරණ නිකුත් වී භූමි අවස්ථාවට පත් වීම පියවර දෙකකින් සිදු වෙයි. පහත දැක්වෙන්නේ එවැනි අවස්ථාවක් සඳහා උදාහරණයකි.

$$^{60}_{27}\mathrm{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\mathrm{Ni}^* + {}^{0}_{-1}\beta + \bar{\upsilon}_e$$

$$^{60}_{28}\mathrm{Ni}^* \rightarrow {}^{60}_{28}\mathrm{Ni} + \gamma$$

මෙහි දී පළමුව Co න්‍යෂ්ටිය බීටා කිරණයක් නිකුත් කර සැකැබුණු අවස්ථාවක පවතින Ni න්‍යෂ්ටියක් බවට පත් වෙයි. ඉන් පසු එය භූමි අවස්ථාවට පත් වන්නේ 5.5 රූපයේ පෙන්වා ඇති ආකාරයට ගැමා කිරණ දෙකක් නිකුත් කිරීම මඟිනි.



5.5 රූපය

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

5.8 විකිරණශීල නියුක්ලයිඩ

නොයෙකුත් කර්මාන්තවල දී හා වෛද්‍ය විද්‍යාත්මක ප්‍රතිකාර සඳහා භාවිත කෙරෙන විකිරණශීල ද්‍රව්‍ය (විකිරණශීලී නියුක්ලයිඩ)

කොබෝල්ට් - 60

- ශල්‍ය කටයුතුවල දී භාවිත වන උපකරණ ජීවාණුහරණය
- පිළිකා සෛල විනාශ කිරීම
- කල් තබා ගැනීම සඳහා ආහාර ප්‍රවිකිරණය (irradiation)

අයන් - 55

- වාතයේ සල්ෆර් පවතී ද යන්න හඳුනා ගැනීම

සෝඩියම් - 24

- කර්මාන්ත ක්ෂේත්‍රයේ දී යොදා ගන්නා නළ පද්ධතිවල (pipe lines) කාන්දු වීම් සිදු වන ස්ථාන සොයා ගැනීම

යුරේනියම් - 235

- න්‍යෂ්ටික බලාගාරවල
- න්‍යෂ්ටික ප්‍රචාලන පද්ධති (propulsion systems) - විශේෂයෙන් සබ්මැරීනවල
- ප්‍රතිදීප්ත වීදුරු භාණ්ඩ, වර්ණවත් ඔප දැමූ වීදුරු හා වෝල්ටයිල් නිපදවීමේ දී

ප්ලූටෝනියම් - 238

- චන්ද්‍රිකාවල ජව සැපයුම් ප්‍රභවය ලෙස (power source)

  [1972 සිට නාසා (NASA) අභ්‍යවකාශ යානා සඳහා ජව සැපයුම සිදු කරයි.]

තෝරියම් - 229

- පෑස්සුම් කූරු (welding rods) නිපදවීමේ දී
- ප්‍රතිදීප්ත පහන්වල ආයු කාලය දීර්ඝ කිරීම සඳහා

පෝලෝනියම් - 210

- ඡායාරූප පටල නිෂ්පාදනයේ දී ඇති වන ස්ථිතික ආරෝපණ අවම කිරීම

ඉරිඩියම් - 192

- ගුවන්යානා කොටස් ආදිය නිසි අයුරින් සම්පූර්ණත්වයට (integrity) පත් කර තිබේ දැයි පරීක්ෂා කිරීම
- ටියුමර් ප්‍රවිකිරණය (tumor irradiation)

ඇමෙරිෂියම්- 241

- තෙල් ළිං කැණීම් සිදු කළ යුතු ස්ථාන හඳුනා ගැනීම
- වියළි තීන්ත සාම්පලවල විෂ සහිත ඊයම් මට්ටම පරීක්ෂා කිරීම

කැලිපෝනියම් - 252

- ගුවන් තොටුපලවල ගමන් මලු තුළ පුපුරන ද්‍රව්‍ය තිබේ දැයි පරීක්ෂා කිරීම

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

ක්‍රිප්ටන් -85

- තුනී ප්ලාස්ටික් හෝ ලෝහ තහඩුවල ගනකම ඉතා නිවැරදිව ඇති දැයි පරීක්ෂා කිරීම

අයඩින් - 125

- ශරීරයේ රුධිර පරිමාව මැනීම

අයඩින් 123

- වකුගඩු ක්‍රියාකාරිත්වය පරීක්ෂා කිරීම, තයිරොයිඩ් පරීක්ෂා කිරීම (thyroid test)

5.9 විකිරණශීල ක්ෂයකරණ නියමය

මෙයට පෙර ද සඳහන් කළ පරිදි, විකිරණශීලතාව යනු සසම්භාවී ක්‍රියාවලියකි. එනම්, දෙන ලද න්‍යෂ්ටියක් ක්ෂයකරණය වන්නේ කුමන අවස්ථාවක දී දැයි යන්න පිළිබඳ අපට අනාවැකි පළ කළ නොහැකි ය. එහෙත්, විකිරණශීලී න්‍යෂ්ටි විශාල සංඛ්‍යාවක් තිබෙන විට, ඒ සංඛ්‍යාව කාලය සමඟ අඩු වී යන ආකාරය පහසුවෙන් ගණනය කළ හැකි ය. ඒ සඳහා භාවිත වන නියමය, විකිරණශීල ක්ෂයකරණ නියමය නමින් හැඳින්වෙයි.

ඒ නියමයෙන් කියවෙන්නේ, කිසියම් මොහොතක දී විකිරණශීල මූලද්‍රව්‍ය සාම්පලයක ක්ෂයකරණ ශීඝ්‍රතාව ඒ මොහොතේ ඒ සාම්පලයේ පවතින විකිරණශීල පරමාණු සංඛ්‍යාවට අනුලෝම වශයෙන් සමානුපාතික වන බවයි. සාම්පලයේ ඇති න්‍යෂ්ටි සංඛ්‍යාව N ද Δt ඉතා කුඩා කාල අන්තරයක දී ක්ෂය වීමට භාජනය වන න්‍යෂ්ටි සංඛ්‍යාව ΔN ද නම් සාම්පලයේ ක්ෂයකරණ ශීඝ්‍රතාව $\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N$ ලෙස ලිවිය හැකි ය. මෙහි λ යනු නියතයක් වන අතර, එය ක්ෂය නියතය නමින් හැඳින්වෙයි.

ආරම්භයේ දී න්‍යෂ්ටි N_0 ගණනක් සහිත මූලද්‍රව්‍ය සාම්පලයක් t කාලයක් ක්ෂයකරණයට භාජනය වූ පසු ඉතිරිව පවතින න්‍යෂ්ටි ගණන N නම් ඉහත සමීකරණය අනුකලනය භාවිතයෙන්

$N = N_0 e^{-\lambda t}$ ----------(1) * වශයෙන් ලිවිය හැකි ය.

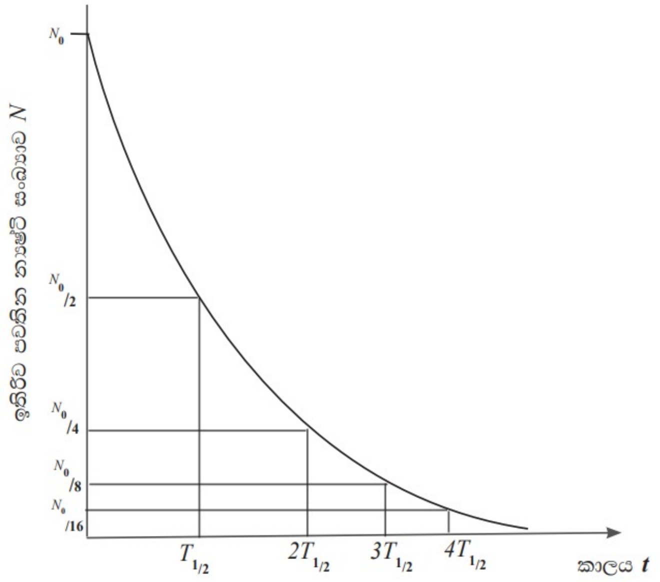
මේ අනුව ඕනෑ ම අවස්ථාවක ඉතිරිව පවතින න්‍යෂ්ටි ගණන කාලයට එරෙහිව ප්‍රස්තාරගත කළ විට 5.6 රූපයේ පෙන්වා ඇති ආකාරයේ ප්‍රස්තාරයක් ලැබෙයි.

* ඉහත (1) සමීකරණය 2017 වර්ෂයේ සිට ක්‍රියාත්මක වන අ.පො.ස උසස් පෙළ භෞතික විද්‍යාව විෂය නිර්දේශයේ ඇතුළත් නොවේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.



5.6 රූපය

විකිරණශීල මූලද්‍රව්‍ය සාම්පලයක ආරම්භක න්‍යෂ්ටි සංඛ්‍යාව අර්ධයක් බවට ගත වන කාලය, එම විකිරණශීල මූලද්‍රව්‍යයේ අර්ධ ආයු කාලය ලෙස හැඳින්වෙයි. මේ කාලය ආරම්භක අංශු සංඛ්‍යාව මත රඳා නොපවතින අතර, එය දෙන ලද විකිරණශීල න්‍යෂ්ටි වර්ගයක් සඳහා නියතයකි. අර්ධ ආයු කාලය, සාමාන්‍යයෙන් $T_{1/2}$ යන සංකේතය භාවිත කරයි.

5.6 රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ ආරම්භයේ ඇති N_0 න්‍යෂ්ටි ක්‍රමයෙන් ක්ෂය වන ආකාරයයි. ආරම්භයේ සිට $T_{1/2}$ කාලයකට පසුව ඉතිරි වන්නේ $N_0/2$ න්‍යෂ්ටි සංඛ්‍යාවකි. තවත් $T_{1/2}$ කාලයකට පසුව ඉතිරි වන්නේ, $N_0/4$ න්‍යෂ්ටි සංඛ්‍යාවකි. මෙලෙස සෑම $T_{1/2}$ කාලයකටම පසුව ඉතිරිව ඇති න්‍යෂ්ටි සංඛ්‍යාව හරි අඩකින් අඩුවෙයි.

ආරම්භක න්‍යෂ්ටි සංඛ්‍යාව N_0 නම් ආරම්භක අවස්ථාවේ සිට t කාලයකට පසුව ඇති න්‍යෂ්ටි සංඛ්‍යාව

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{——— (1)}$$

මගින් දෙනු ලබන බව ඉහත සඳහන් කළෙමු. අර්ධ ආයු කාලයේ අර්ථ දැක්වීම අනුව $T_{1/2}$ කාලයකට පසුව ඉතිරි වී ඇත්තේ $\frac{N_0}{2}$ න්‍යෂ්ටි සංඛ්‍යාවකි.

මේ අගයයන් ඉහත සමීකරණයේ ආදේශ කළ විට,

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

මෙය සුළු කිරීමෙන්

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \text{ හෝ } 2 = e^{\lambda T_{1/2}} \text{ ලෙස ලැබෙයි.}$$

ඒ නිසා $T_{1/2} = \frac{1}{\lambda} \ ln\,(2)$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

5.10 විකිරණශීලී මූලද්‍රව්‍යයක සක්‍රියතාව (A)

විකිරණශීලී ද්‍රව්‍ය සාම්පලයක් ක්ෂය වීමේ ශීඝ්‍රතාව, නොහොත් සාම්පලයේ තත්පරයකට සිදු වන පෘථක්කරණ සංඛ්‍යාව, ඒ සාම්පලයේ සක්‍රියතාව ලෙස හැඳින්වෙයි.

දෙන ලද අවස්ථාවක ඇති න්‍යෂ්ටි සංඛ්‍යාව N නම්, ඒ සංඛ්‍යාව අඩු වීමේ ශීඝ්‍රතාව $-\frac{dN}{dt}$ ලෙස ලිවිය හැකි ය. මෙහි ඍණ ලකුණක් යොදා ඇත්තේ එය අඩු වීමක් නිසා ය.

දෙන ලද අවස්ථාවක ඇති න්‍යෂ්ටි සංඛ්‍යාව (N) හා ආරම්භක න්‍යෂ්ටි (N_0) අතර සම්බන්ධතාව $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ලෙස දැක්විය හැක. ඉහත සඳහන් කළ සමීකරණය අවකලනය කිරීමෙන්,

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{---------- (2)}^{*}$$

ලෙස ලිවිය හැකි නිසා සක්‍රියතාව, $A = -\frac{dN}{dt} = -\lambda N$ බව පෙන්විය හැකිය. සක්‍රියතාව මැනීමේ ඒකකය බෙකරල් (becquerel) නමින් හැඳින්වෙන අතර, බෙකරල් 1ක් (1 Bq) තත්පරයකට පෘථක්කරණ 1ක් ලෙස අර්ථ දැක්වෙයි.

සක්‍රියතාව මැනීම සඳහා කියුරි (Ci) නම් ඒකකය ද බහුලව භාවිත වෙයි.

$$1\ \text{Ci} = 3.7 \times 10^{10}\ \text{Bq}$$

විකිරණශීලී සමස්ථානිකයක අර්ධ ආයුකාලය එහි දෙන ලද සාම්පලයක සක්‍රියතාව ආරම්භක අගයෙන් හරි අඩක් වීමට ගත වන කාලය ලෙස ද අර්ථ දැක්විය හැකි ය. විකිරණශීලී මූලද්‍රව්‍ය කිහිපයක අර්ධ ආයු කාල 5.1 වගුවේ දැක්වේ.

5.1 වගුව විකිරණශීලී මූලද්‍රව්‍ය කිහිපයක අර්ධ ආයු කාල

විකිරණශීලී ද්‍රව්‍යය	අර්ධ ආයු කාලය
බෝරෝන් - 12	තත්පර 0.02
රේඩෝන් - 220	තත්පර 52
අයඩින් - 128	මිනිත්තු - 25
රේඩියම් - 226	අවුරුදු - 1602
කාබන් - 14	අවුරුදු - 5730

* ඉහත (2) සමීකරණය 2017 වර්ෂයේ සිට ක්‍රියාත්මක වන අ.පො.ස උසස් පෙළ භෞතික විද්‍යාව විෂය නිර්දේශයේ ඇතුළත් නොවේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

5.11 විකිරණශීල කාල නිර්ණය හෙවත් කාබන් දිනැයුම (Carbon dating)

විකිරණශීල කාල නිර්ණය යනු, පුරාවිද්‍යා කැණීම්වල දී සොයා ගන්නා සත්ත්ව හෝ ශාක කොටස්වල වයස විකිරණශීල කාබන්වල ගුණ භාවිතයෙන් නිර්ණය කිරීමේ ක්‍රමයකි.

අපගේ පරිසරයේ කාබන් බහුල වශයෙන් ම පවතින්නේ ${}^{12}_{6}C$ (කාබන්-12) සමස්ථානික ලෙස ය. එහෙත් ඉතා සුළු ප්‍රතිශතයක්, විකිරණශීල සමස්ථානිකයක් වන ${}^{14}_{6}C$ (කාබන්-14) ලෙස ද පවතියි.

මේ කාබන්-14 සමස්ථානිකය නිපදවෙන්නේ අන්තරීක්ෂ කිරණ හේතුවෙනි. අන්තරීක්ෂ කිරණ යනු පෘථිවියට බාහිරින් පැමිණෙන, අධික වේගයෙන් ගමන් කරන ආරෝපිත අංශුය. මේ ආරෝපිත අංශු වායුගෝලයේ ඇති වායු අණු සමඟ ගැටීමේ දී නියුට්‍රෝන සහ වෙනත් මූලික අංශු වර්ග ගණනාවක් නිපදවෙයි. එසේ නිපදවෙන නියුට්‍රෝන, වායුගෝලයේ ඇති නයිට්‍රජන් න්‍යෂ්ටි සමග ගැටී පහත සමීකරණයෙන් පෙන්වා ඇති පරිදි කාබන්-14 නිපදවෙයි.

$${}^{1}_{0}n + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}p$$

ඉන් පසු ඒ කාබන්-14 වායුගෝලයේ ඇති ඔක්සිජන් සමඟ සම්බන්ධ වී කාබන්ඩයොක්සයිඩ් ලෙස වායුගෝලයට එක් වී පසුව ශාක හරහා සතුන්ගේ ආහාර දාමයට ද එක් වෙයි.

කාබන්-14 සමස්ථානිකයේ අර්ධ ආයු කාලය වසර 5730ක් පමණ වෙයි. ඒ නිසා සත්ත්ව ශරීරයක හෝ ශාකයක ඇති කාබන්-14 සෙමෙන් ක්ෂය වෙයි. එහෙත් සත්ත්වයා හෝ ශාකය සජීව ලෙස පවතින තාක් කල්, ආහාර හරහා හෝ වාතය හරහා අලුතින් කාබන්-14 ඇතුළු වන නිසා එහි ඇති කාබන් -12 සහ කාබන්-14 අතර, අනුපාතය නියතව පවතියි. මේ අනුපාතයේ අගය 1.3×10^{-12} වන අතර, වසර දහස් ගණනක් තිස්සේ ආසන්න වශයෙන් නියතව පවතින බව සොයා ගෙන ඇත. එනම්, සජීවී සත්ත්ව හෝ ශාක කොටස් සඳහා ඉහත සඳහන් කරන ලද පෘථක්කරණ ක්‍රියාව මෙසේ දැක්විය හැකි ය.

$$\frac{{}^{14}_{6}C}{{}^{12}_{6}C} = 1.3\times10^{-12}$$

එහෙත් මරණයෙන් පසුව සත්ත්ව ශරීර හෝ ශාකවලට බාහිරින් කාබන් ඇතුළු නොවන නිසා කාබන්-14 ප්‍රතිශතය ක්‍රමයෙන් අඩු වීමට පටන් ගනියි. ඒ නිසා, අජීව සත්ත්ව හෝ ශාක කොටසක පවතින කාබන්-12 සහ කාබන්-14 ප්‍රමාණ අතර, අනුපාතය මැනීමෙන් ඒ කොටස කොපමණ පැරණි දැයි නිර්ණය කර ගත හැකි ය.

පුරාවිද්‍යාත්මක කැණීමක දී සොයා ගන්නා ලද සාම්පලයක තිබෙන කාබන් ග්‍රෑම් 1ක සක්‍රියතාව A ද, සාම්පලය සජීවී ලෙස තිබිය දී ඒ කාබන් ග්‍රෑමයේ සක්‍රියාතාව A_0 ද, සාම්පලයේ වයස t ද නම්, ඒ සක්‍රියතා අතර, සම්බන්ධය

$A = A_0 e^{-\lambda t}$ ---------------- (3) * ලෙස ලිවිය හැකි ය.

* ඉහත (3), සමීකරණය 2017 වර්ෂයේ සිට ක්‍රියාත්මක වන අ.පො.ස උසස් පෙළ භෞතික විද්‍යාව විෂය නිර්දේශයේ ඇතුළත් නොවේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

මේ සමීකරණයෙන් සාම්පලයේ වයස සඳහා ප්‍රකාශනය ලිවිය හැකි ය.

$$t = \frac{1}{\lambda}\log_e\left(\frac{A_0}{A}\right) \text{ --------- } (4)^{*}$$

සාම්පලයේ දැනට පවතින සක්‍රියතාව A ගයිගර් ගණකයක් හෝ වෙනත් සුදුසු උපකරණයක් මඟින් මැන ගත හැකි ය. ආරම්භක සක්‍රියතාව පහත දැක්වෙන ආකාරයට ගණනය කිරීම සුදුසු ය.

කාබන්-14 න්‍යෂ්ටියේ ක්ෂය නියත $\lambda = \frac{0.698}{T_{1/2}} = \frac{0.698}{5730\times365\times24\times3600}\ \text{s}^{-1} = 4.00\times10^{-12}\ \text{s}^{-1}$

සජීව සාම්පලයේ කාබන් ග්‍රෑම් 1ක ඇති කාබන්-14 න්‍යෂ්ටි ගණන

$$N = \left(\frac{6.023\times10^{23}}{12}\right)\times1.3\times10^{-12}$$

සජීව සාම්පලයේ කාබන් ග්‍රෑම් 1ක සක්‍රියතාව

$$A_0 = \lambda N = \left(\frac{6.023\times10^{23}}{12}\right)\times1.3\times10^{-12}\times4.00\times10^{-12}\,\text{Bq} = 0.26\ \text{Bq}$$

A_0, A හා λ (4) සමීකරණයේ ආදේශයෙන් t නිර්ණය කළ හැකිය.

5.12 විකිරණ මැනීමේ ඒකක

යම් පදාර්ථයක් මඟින් (ද්‍රව්‍යයක් හෝ ජීවියකු) මඟින් අවශෝෂණය කර ගනු ලබන විකිරණ ශක්තිය නොහොත් මාත්‍රාව (dose) මැනීම සඳහා භාවිත කරන ඒකකය ග්‍රේ (Gy) නම් වේ.

$$1\text{Gy} = 1\ \text{J kg}^{-1}$$

විවිධ විකිරණ වර්ගවලින් විවිධ ජීව වස්තුවලට සිදු වන බලපෑම නොහොත් හානිය විකිරණයේ සඵල මාත්‍රාව මඟින් මැනිය හැක. එහි ඒකකය sievert (Sv) වේ.

විකිරණයේ සඵල මාත්‍රාව = Q සාධකය × විකිරණය අවශෝෂණය කළ මාත්‍රාව

Q සාධකය හෙවත් RBE සාධකය (Relative Biological Effectiveness) විකිරණයේ ස්වභාවය මත රඳා පවතින්නකි.

විවිධ විකිරණ සඳහා Q සාධකයේ අගයන් 5.2 වගුවේ දක්වා ඇත.

5.2 වගුව විකිරණ වර්ග කිහිපයක් සඳහා Q සාධකයේ අගය

විකිරණ වර්ගය	Q සාධකයේ අගය
β, γ, X	1
n	5 සිට 20 දක්වා
α	20

*ඉහත (4) සමීකරණය 2017 වර්ෂයේ සිට ක්‍රියාත්මක වන අ.පො.ස උසස් පෙළ භෞතික විද්‍යාව විෂය නිර්දේශයේ ඇතුළත් නොවේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

5.12.1 පසුබිම් විකිරණය (Background radiation)

විකිරණශීලතාව ස්වාභාවික සංසිද්ධියකි. ග්‍රැනයිට් වැනි පාෂාණ තුළ විකිරණශීල නියුක්ලයිඩ සුළු ප්‍රමාණයක් ඇත. විකිරණශීල රේඩොන් හා එහි දුහිතෘ ඵලවලින් පසුබිම් විකිරණවලින් 51%ක් පමණ ලැබේ. මීට අමතරව X -කිරණ වැනි ප්‍රභවවලින්, අප පරිභෝජනයට ගන්නා ආහාරවලින්, පානීය ද්‍රවවලින්, කොස්මික් කිරණවලින් හා ආශ්වාස වාතය මඟින් ද ශරීරයට විකිරණ ඇතුළු වේ. මේ හේතුවෙන් එක් පුද්ගලයෙක් සාමාන්‍යයෙන් වසරකට 0.0015 Sv පමණ විකිරණ මාත්‍රාවකට ගොදුරු වේ. විකිරණ ආශ්‍රිත රැකියාවල නිරත පුද්ගලයකුට වාර්ෂිකව ලැබෙන විකිරණ මාත්‍රාව 0.05 Sv නොවැඩි විය යුතු ය.

පසුබිම් විකිරණ ප්‍රභවවලින් ලැබෙන විකිරණ ප්‍රමාණය

ප්‍රභවය	ප්‍රමාණය
රේඩෝන් හා එහි දුහිතෘ ඵලවලින්	51%
X -කිරණ යන්ත්‍ර වැනි වෛද්‍ය කටයුතු සඳහා භාවිත කරනු ලබන උපාංගවලින්	12%
පරිභෝජනයට ගන්නා ආහාරවලින්	12%
පාෂාණ හා පස්වලින් නිකුත් වන γ-කිරණවලින්	14%
අභ්‍යවකාශයෙන් ලැබෙන අන්තරීක්ෂ කිරණවලින්	10%
විවිධ අහඹු අවස්ථාවලින් (න්‍යෂ්ටික පිපිරීම්/ න්‍යෂ්ටික බලාගාරවලින් සිදු වන කාන්දුවීම මඟින්)	01%

5.13 විකිරණ උපද්‍රව (Radiation hazards)

α, β හා γ -කිරණ ආදී ස්වාභාවික විකිරණවලට ගොදුරු වීම නිසා සජීව පටකවලට (living, tissue) හානි පැමිණේ. මේ න්‍යෂ්ටික විකිරණ මඟින් ජීව වස්තුවල සෛල තුළ ඇති පරමාණු අයනීකරණයට භාජනය වීම මෙයට හේතුව වේ. ප්‍රජනන පද්ධතියට හානිවීම, ජාන විකෘතිවීම, වඳභාවය, ලේ නිපදවන සෛල විනාශ වීම නිසා ලියුකේමියාව සහ වෙනත් පිළිකා ඇති වීම, අන්ධභාවය හා ප්‍රතිශක්තිය අඩු වීම වැනි ප්‍රතිඵල මේ විකිරණවලට නිරාවරණය වීමෙන් ඇති විය හැකි ය. යමකු න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාවක දී නිපදවෙන අධික විකිරණ මාත්‍රාවකට ගොදුරු වුවහොත් ක්ෂණිකව මරණයට පත් විය හැකි ය.

විකිරණශීල ප්‍රභව අතින් ස්පර්ශ නොකළ යුතු ය. සෑම විට ම ඒ ප්‍රභවයන්ට හැකි තරම් ඈතින් සිටිය යුතු ය. ඒවා අසල රැඳී සිටින කාලය ද හැකි තරම් අවම කළ යුතු ය.

- ඒ ප්‍රභව නම් කොට ආරක්ෂක (ඊයම්-කොන්ක්‍රීට්) සේප්පු තුළ ගබඩා කළ යුතු ය.
- ඒවා භාවිතයේ දී අත් වැසුම්, ඩැහි අඬු පාවිච්චි කළ යුතු ය.
- විකිරණශීල ද්‍රව්‍ය ඇති ස්ථානයක දී ආහාර ගැනීම සිදු නොකළ යුතු අතර, ඒවා දෙසට ඇස හෝ නාසය යොමු නොකළ යුතු ය.
- විකිරණශීල ද්‍රව්‍ය ආශ්‍රිත පරීක්ෂණවල දී යොදා ගනු ලබන රෙදි කැබලි, කඩදාසි කැබැලි වැනි අපද්‍රව්‍ය නියමිත පරිදි බැහැර කළ යුතු ය.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

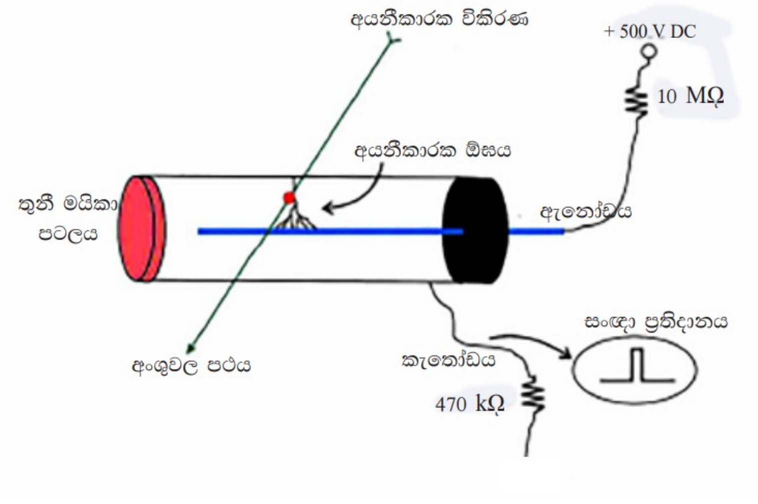
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

5.14 විකිරණ අනාවරක (Radiation detectors)

α-අංශු β-අංශු, X-කිරණ හා γ -කිරණ වායුවක් තුළින් යෑමේ දී වායු අණු අයනීකරණය වී ධන හා ඍණ ලෙස ආරෝපිත අයන සාදයි. මෙසේ සෑදෙන අයන සංඛ්‍යාව රඳා පවතින්නේ වායුව තුළින් ගමන් ගත් විකිරණ ප්‍රමාණය මත ය. නිපදවෙන අයන සංඛ්‍යාව මැන ගැනීමට විවිධ ආකාරවල අනාවරක භාවිත කරනු ලැබේ.

ගයිගර් මලර් නළය (Geiger Mueller tube)



5.7 රූපය ගයිගර් නළය

ගයිගර් නළය සාදා ඇත්තේ සිලින්ඩරාකාර කැතෝඩයක් සහ ඒ සිලින්ඩරයේ අක්ෂය දිගේ තැබූ සිහින් ඇනෝඩ කම්බියක් සහිතව ය. 5.8 රූපයේ පෙන්වා ඇති ආකාරයට නළයේ එක් කෙළවරක ඉතා තුනී මයිකා පටලයකින් තැනූ කවුළුවක් ඇති අතර, අනෙක් කෙළවර පරිවාරක ද්‍රව්‍යයකින් තැනූ පියනකින් වසා ඇනෝඩය සහ කැතෝඩය අතර, 500 V පමණ විභව අන්තරයක් යොදා ඇත. සංමුද්‍රණය කරන ලද ගයිගර් නළය 10 mm Hg පමණ අඩු පීඩනයකින් යුත් ආගන් වායුවෙන් හා හැලජන් වායුව සුළු ප්‍රමාණයකින් පුරවා ඇත. 5.7 රූපයේ පෙන්වා ඇති ආකාරයට අයනීකාරක විකිරණ අංශුවක් නළය හරහා ගමන් කරන විට ආගන් පරමාණු අයනීකරණය වී ඉලෙක්ට්‍රෝන හා ධන අයන ඇති වේ. ඇනෝඩයත් කැතෝඩයත් අතර, පවතින විභව අන්තරය නිසා ඉලෙක්ට්‍රෝන අධික චාලක ශක්ති ලබා ගනිමින් ආගන් පරමාණු සමඟ ගැටී තව තවත් වායු පරමාණු අයනීකරණය කරයි. මේ ක්‍රියාවලිය ඕඝීය ආවරණය (Avalanche effect) නම් වේ. මෙහි ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන අධික සංඛ්‍යාවක් එක්වර ම ඇනෝඩය වෙත ගමන් කර විද්‍යුත් ධාරා ස්පන්දයක් බාහිර පරිපථයේ ඇති කරයි. මේ අනුව නළයට ඇතුළු වන තනි විකිරණ අංශුවක් මගින් වුව ද එක් අයනීකරණ සිදුවීමක දී $\frac{1}{10}$ μs වැනි ඉතා සුළු කාලයක් තුළ ඉලෙක්ට්‍රෝන 10^8 පමණ සංඛ්‍යාවක් නිදහස් කර විශාල ධාරා ස්පන්දයක් ලබා දීමේ හැකියාවක් ඇත. ඇනෝඩය අසල එක් ඉලෙක්ට්‍රෝන ඕඝයක් ඇති වීමෙන් පසු කැතෝඩය කරා පැමිණෙන

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

ධන ආගන් අයන උදාසීන කොට කැතෝඩය හරහා ධාරා ස්පන්ද නතර කිරීමේ ක්‍රියාවලිය නොහොත් මර්දනය කිරීම සිදු කරනු ලබන්නේ නළය තුළ ඇති හැලජන් (බ්‍රෝමීන්) වායුව මගිනි. ඉහත ක්‍රියාවලියේ ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් නළයට ඇතුළු වන එක් විකිරණශීල ෆෝටෝනයක් මඟින් ඇනෝඩය තුළින් ධාරා ස්පන්දයක් පමණක් ඇති වීම සිදු කරනු ලැබේ. බාහිර පරිපථයේ ඇති මේගා ඕම් 10 පමණ ප්‍රතිරෝධය හරහා ඇති වන ධාරා ස්පන්දය මඟින් එය හරහා වෝල්ට් 1 ක පමණ වූ වෝල්ටීයතා ස්පන්දයක් නිර්මාණය වේ. එය වර්ධනය කර ශීඝ්‍රතාමානය වෙත යැවීමෙන් විකිරණශීල අංශු (ෆෝටෝන) ඇතුළු වීමේ ශීඝ්‍රතාව මැනගැනීමට හැකි වේ. ඇනෝඩයේ නිදහස් කෙළවර අසල විදුලි පුළිඟු ඇතිවීම වැළැක්වීම සඳහා තුඩට වීදුරු පබළුවක් සවි කර ඇත.

විසඳූ අභ්‍යාස

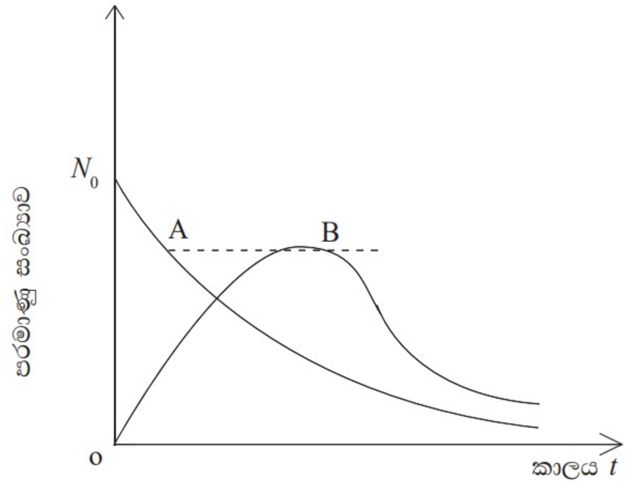
01. එක්තරා විකිරණශීල න්‍යෂ්ටියක් (A) පහත දැක්වෙන ආකාරයට ස්ථායි න්‍යෂ්ටියක් (C) බවට පත් වේ. B යනු විකිරණශීලී අතර මැදි න්‍යෂ්ටියකි.

    $A \rightarrow B \rightarrow C$

    ආරම්භයේ දී (A) න්‍යෂ්ටියේ N_0 පරමාණු සංඛ්‍යාවක් තිබිණි. කාලයත් සමඟ Aගේත් Bගේත් තිබෙන්නා වූ පරමාණු සංඛ්‍යාව විචලනය වන ආකාරය දැක්වෙන ප්‍රස්තාර අඳින්න.

පිළිතුර

ආරම්භයේ දී $(t = 0)$ $N_A = N_0$ හා $N_B = 0$ වන අතර, කාලයත් සමඟ Aගේ පරමාණු සංඛ්‍යාව (N_A) ඝාතීය ලෙස අඩු වී $t \rightarrow \infty$ වන විට ශුන්‍යය කරා ළඟා වේ. Bගේ පවතින පරමාණු සංඛ්‍යාව කාලයත් සමඟ වැඩි වී උපරිමයකට පත්ව ඝාතීය ලෙස අඩු වී ශුන්‍යය කරා ළඟා වේ.



02. 1000 MW විඛණ්ඩන ප්‍රතිකාරකයක් (fission reactor) එහි ඉන්ධනවලින් අර්ධයක් පරිභෝජනය කිරීම සඳහා අවුරුදු 5ක කාලයක් ගනී. ආරම්භයේ දී එහි තිබූ $^{235}_{92}U$ ප්‍රමාණය කොපමණ ද? සියලුම ශක්තිය උත්පාදනය වන්නේ විඛණ්ඩනයෙන් බවත් ප්‍රතික්‍රියාකාරකය ක්‍රියාත්මක වන කාලය මුළු කාලයෙන් 80%ක් බවත් උපකල්පනය කරන්න. යුරේනියම් න්‍යෂ්ටියක්

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

විඛණ්ඩනය වීමේ දී මුදාහරින ශක්තිය 200 MeV ලෙස සලකන්න.

පිළිතුර :- යුරේනියම් න්‍යෂ්ටියක් මගින් මුදාහරිනු ලබන ශක්තිය 200 MeV නම් 1 kg විඛණ්ඩනය වීමෙන් උත්පාදනය වන ශක්තිය

$$= \frac{200 \times 10^6 \times 6.023 \times 10^{23} \times 1000}{235}$$

$$= 5.106 \times 10^{32} \times 1.6 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

$$= 8.17 \times 10^{13}\ \text{J}$$

අවුරුදු 5ක දී උත්පාදනය කරන මුළු ශක්තිය

$$= 1000 \times 10^6 \times 0.8 \times 5 \times 365 \times 24 \times 3600$$

$$= 1.2614 \times 10^{17}\ \text{J}$$

අවුරුදු 5ක තුළ පරිභෝජනය කරන ලද $^{235}_{92}U$ ප්‍රමාණය $= \frac{1.2614 \times 10^{17}}{8.17 \times 10^{13}}$

$$= 1544\ \text{kg}$$

ආරම්භක ස්කන්ධය $= 2 \times 1544$ kg

$= 3088$ kg

03. ඩියුටීරියම් 2.0 kg ප්‍රමාණයක් විලයනය වීමෙන් ලැබෙන ශක්තියෙන් 100 W විදුලි පහනක් දැල්විය හැකි කාලය ගණනය කරන්න. අදාළ විලයන ප්‍රතික්‍රියාව පහත දැක්වේ.

$$^2_1H + ^2_1H \rightarrow ^1_0n + 3.27\ \text{MeV}$$

පිළිතුර :- ඩියුටීරියම් 2.0 kg ප්‍රමාණයක ඇති පරමාණු සංඛ්‍යාව

$$= \frac{6.023 \times 10^{23} \times 2000}{2}$$

$$= 6.023 \times 10^{26}$$

පරමාණු දෙකක් විලයනය වීම මගින්
මුක්ත වන ශක්තිය මුදා හරින ලද මුළු ශක්තිය $= 3.27\ \text{MeV} = 1.575 \times 10^{14}$ J

මේ ශක්ති ප්‍රමාණය 100 W ක්ෂමතාවකින් භාවිත කිරීමට
ගත වන කාලය t නම්,

$$t = \frac{1.575 \times 10^{14}}{100}$$

$$= 15.75 \times 10^{11}\ \text{s}$$

$$t(\text{අවුරුදු}) = \frac{15.75 \times 10^{11}}{365 \times 24 \times 3600}$$

$=$ අවුරුදු 4.99×10^4

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

04. පහත දැක්වෙන අවස්ථාවලට අදාළ න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියා සමීකරණ ලියා දක්වන්න.

(i) $^{226}_{88}Ra$ හි α ක්ෂය වීම

(ii) $^{32}_{15}P$ හි β^- ක්ෂය වීම

(iii) $^{11}_{6}C$ හි β^+ ක්ෂය වීම

පිළිතුර :- (i) $^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}He$

(ii) $^{32}_{15}P \rightarrow ^{32}_{16}S + e^- + \overline{\upsilon}_e$

(iii) $^{11}_{6}C \rightarrow ^{11}_{5}B + e^+ + v$

e^+ ලෙස දැක්වෙන්නේ පොසිට්‍රෝනයයි.

05. විකිරණශීල සමස්ථානිකයක අර්ධ ආයු කාලය අවුරුදු T වෙයි. එහි සක්‍රියතාව ආරම්භක සක්‍රියතාවෙන් 3.125% වීමට ගත වන කාලය ගණනය කරන්න.

පිළිතුර :-

ආරම්භක සක්‍රියතාව A නම් සහ අවසාන සක්‍රියතාව A_0 නම්,

$$\frac{A}{A_0} = \frac{3.125}{100}$$

සෑම අර්ධ ආයු කාලයකට ම පසුව සක්‍රියතාව අර්ධයකින් අඩු වන නිසා අර්ධ ආයු කාල n ගණනකට පසුව

$$\frac{A}{A_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

විය යුතු ය. ඒ නිසා ගත වූ කාලය අර්ධ ආයු කාල කුමන ගණනකට සමාන වේ දැයි සොයා ගැනීම සඳහා අපට අවශ්‍ය වන්නේ, 3.125/100 අගයට අනුරූප nහි අගය සොයා ගැනීමයි. එනම්,

$$\frac{3.125}{100} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

$$2^n = \frac{100}{3.125} = 32$$

$$\underline{\underline{n = 5}}$$

ඒ නිසා ගත වූ කාලය $5T$ වෙයි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

විකිරණශීලතාව අභ්‍යාස

1. විකිරණශීල න්‍යෂ්ටියකින් α අංශු තුනක් හා පොසිට්‍රෝන දෙකක් විමෝචනය වේ. ආරම්භයේ දී ඒ න්‍යෂ්ටියේ ස්කන්ධ අංකය A හා පරමාණුක අංකය Z ලෙස සලකා අවසානයේ දී න්‍යෂ්ටියේ ඇති නියුට්‍රෝන හා ප්‍රෝටෝන අතර, අනුපාතය.

   (a) $\dfrac{A-Z-4}{Z-2}$ (b) $\dfrac{A-Z-8}{Z-4}$ (c) $\dfrac{A-Z-4}{Z-8}$ (d) $\dfrac{A-Z-12}{Z-4}$ (e) $\dfrac{A-Z-4}{Z+4}$

2. න්‍යෂ්ටියකින් α - කිරණයක් විමෝචනය වීමේ දී
   (a) නියුට්‍රෝන අංකයත් ප්‍රෝටෝන අංකයත් යන දෙක ම වෙනස් වේ.
   (b) නියුට්‍රෝන අංකයත් ප්‍රෝටෝන අංකයත් යන දෙක ම වෙනස් නොවේ.
   (c) නියුට්‍රෝන අංකය පමණක් වෙනස් වේ.
   (d) ප්‍රෝටෝන අංකය පමණක් වෙනස් වේ.
   (d) ස්කන්ධ අංකය පමණක් වෙනස් වේ.

3. විකිරණශීල ක්ෂය වීම් ක්‍රියාවලියේ විමෝචනය වන ඍණ ආරෝපිත β -අංශු
   (a) න්‍යෂ්ටිය තුළ පැවැති ඉලෙක්ට්‍රෝන වෙයි.
   (b) න්‍යෂ්ටිය තුළ පැවති නියුට්‍රෝන ක්ෂය වීමේ ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් නිපදවෙන ඉලෙක්ට්‍රෝන වෙයි.
   (c) පරමාණු අතර, සංඝට්ටනවල දී (collision) ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් නිපදවෙන ඉලෙක්ට්‍රෝන වෙයි.
   (d) න්‍යෂ්ටිය තුළ පැවැති ප්‍රෝටෝන ක්ෂය වීමේ ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් නිපදවෙන ඉලෙක්ට්‍රෝන වෙයි.
   (e) න්‍යෂ්ටිය වටා පරිභ්‍රමණය වන ඉලෙක්ට්‍රෝන වෙයි.

4. එක්තරා විකිරණශීල ද්‍රව්‍යයක් පැය දෙකකට පසුව එහි ආරම්භක ස්කන්ධයෙන් $\frac{1}{16}$ක් වෙයි. මේ ද්‍රව්‍යයේ අර්ධ ආයු කාලය වන්නේ,
   (a) මිනිත්තු 30 යි. (b) මිනිත්තු 90 යි.
   (c) මිනිත්තු 45 යි. (d) මිනිත්තු 60 යි.
   (e) මිනිත්තු 16 යි.

5. විකිරණශීල ද්‍රව්‍යයක අර්ධ ආයු කාලය දින 3.6 කි. ආරම්භයේ දී මේ ද්‍රව්‍යයේ 20 mg ස්කන්ධයක් තිබිණි. දින 36 කට පසුව ඉතිරිව තිබෙන ස්කන්ධය,
   (a) 0.0019 mg වේ. (b) 1.109 mg වේ.
   (c) 1.019 mg වේ. (d) 0.019 mg වේ.
   (e) 0.19 mg වේ.

6. එක්තරා විකිරණශීල ද්‍රව්‍ය සාම්පලයක සක්‍රියතාව දින 3 කට පසුව එහි ආරම්භක සක්‍රියතාවෙන් $\frac{1}{3}$ක් වෙයි. දින 9කට පසුව සක්‍රියතාව වන්නේ,

   (a) ආරම්භක අගයෙන් $\frac{1}{3}$කි.
   (b) ආරම්භක අගයෙන් $\frac{1}{9}$කි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

(c) ආරම්භක අගයෙන් $\frac{1}{18}$ කි.

(d) ආරම්භක අගයෙන් $\frac{1}{27}$ කි.

(e) ආරම්භක අගයෙන් $\frac{1}{81}$ කි.

7. විකිරණශීල මූලද්‍රව්‍ය සාම්පලයක ආරම්භයේ දී ක්‍රියාකාරී න්‍යෂ්ටි 4×10^{10} ක් තිබිණ. මූලද්‍රව්‍යයේ අර්ධ ආයු කාලය දින 10කි. දින 33ක් තුළ ක්ෂය වූ න්‍යෂ්ටි සංඛ්‍යාව කොපමණ ද?

(a) 0.5×10^{10} (b) 2×10^{10} (c) 3.5×10^{10} (d) 1×10^{10} (e) $\frac{4}{3} \times 10^{9}$

8. රේඩියම්වල අර්ධ ආයු කාලය අවුරුදු 1600ක් පමණ වෙයි. සාම්පලයේ ආරම්භක ස්කන්ධය 100 g නම් ස්කන්ධය 25 g වීම සඳහා ගත වන කාලය අවුරුදු

(a) 4800කි. (b) 6400 කි. (c) 2400කි. (d) 3200කි. (e) 400කි.

පිළිතුරු:-

1. (d) 2. (a) 3. (b) 4. (a) 5. (d) 6. (d)
7. (c) 8. (d)

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

සයවන පරිච්ඡේදය

න්‍යෂ්ටික ශක්තිය හා එහි භාවිත
Nuclear Energy and its Uses

6.1 පරමාණුක ව්‍යුහය

සියලුම මූලද්‍රව්‍යවල පරමාණු සෑදී ඇත්තේ න්‍යෂ්ටියක් සහ ඒ වටා විවිධ ශක්ති මට්ටම්වල ගමන් ගන්නා ඉලෙක්ට්‍රෝනවලිනි. පරමාණුවක න්‍යෂ්ටිය සෑදී ඇත්තේ ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝනවලිනි. ආරෝපණයක් නොදරන නියුට්‍රෝනය නමැති මේ උදාසීන අංශුව සොයා ගැනීම වෙනුවෙන් වර්ෂ 1935 දී ජේම්ස් චැඩ්වික්ට (James Chadwick) නොබෙල් ත්‍යාගය හිමි විය. මේ උප පරමාණුක අංශු (subatomic particles) අධික ශක්තියකින් බැඳී පවතී. ඉලෙක්ට්‍රෝන ඍණ ආරෝපණයක් සහිත වන අතර, ඒවා න්‍යෂ්ටිය වටා විවිධ කක්ෂවල පරිභ්‍රමණය වෙමින් පවතී. ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ස්කන්ධය පරමාණුවේ ස්කන්ධය හා සසඳන විට ඉතා කුඩා වේ. ඉහත සඳහන් කළ උප පරමාණුක අංශු (ප්‍රෝටෝන සහ නියුට්‍රෝන) පොදුවේ හැඳින්වෙන්නේ නියුක්ලියෝන (nucleon) නමිනි. නූතන සොයා ගැනීම්වලට අනුව ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝන සෑදී ඇත්තේ වඩාත් ම මූලික අංශු වශයෙන් හැඳින්වෙන ක්වාක්ස්වලින්ය (quarks).

6.1 රූපය ජේම්ස් චැඩ්වික්

උපපරමාණුක අංශුව	සංකේතය	ආරෝපණය	ස්කන්ධය
ඉලෙක්ට්‍රෝන	e	-1.6×10^{-19} C	9.11×10^{-31} kg
ප්‍රෝටෝන	p	$+1.6 \times 10^{-19}$ C	1.6726×10^{-27} kg
නියුට්‍රෝනය	n	0	1.6748×10^{-27} kg

ඉහත සඳහන් පරිදි ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝනවල ස්කන්ධය ආසන්න වශයෙන් සමාන වන අතර, ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ස්කන්ධය එයින් 2000න් එක් පංගුවක් බව පැහැදිලි වේ. සාමාන්‍යයෙන් ස්වභාවයේ පවතින උදාසීන පරමාණුවක ඉලෙක්ට්‍රෝන හා ප්‍රෝටෝන ගණන සංඛ්‍යාත්මකව සමාන වේ. පරමාණුවේ සමස්ත ස්කන්ධයෙන් 99.9%ට වඩා වැඩි ප්‍රමාණයක් පවතින්නේ න්‍යෂ්ටිය තුළ ය. පරමාණුවක අරය හා සසඳන විට න්‍යෂ්ටියේ අරය $\frac{1}{10^4}$ ක් පමණ වේ. පරමාණුව

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

පාසල් පන්ති කාමරයක් තරමට විශාල කළ හොත් න්‍යෂ්ටියේ ප්‍රමාණය අල්පෙනෙත්ති තුඩක් හා සමාන වේ. කාබන් ^{12}Cවල න්‍යෂ්ටික අරය 2.7×10^{-15} m වන අතර, එහි පරමාණුක අරය 0.9×10^{-10} m කි.

මේ අගයයන් සැලකූ විට ^{12}C කාබන් පරමාණුවක පරමාණුක අරය න්‍යෂ්ටියේ අරය මෙන් 33000 ගුණයක් පමණ වන බව පැහැදිලි වේ. න්‍යෂ්ටික අරය ඉතා කුඩා අගයක් ගැනීමට හේතුව වන්නේ එය තුළ ඇති නියුක්ලියෝන ඉතා ප්‍රබල ආකර්ෂණ බලවලින් එකිනෙකට බැඳී පැවතීමයි.

න්‍යෂ්ටික අංකනය

සම්මත න්‍යෂ්ටික අංකනයේ, සමස්ථානිකයක රසායනික සංකේතය, ස්කන්ධ අංකය සහ පරමාණුක අංකය පහත දැක්වෙන ආකාරයට පෙන්වනු ලබයි.

$${}_{Z}^{A}X$$

X යනු අදාළ මූලද්‍රව්‍යයයේ රසායනික සංකේතයයි.

Z යනු පරමාණුක අංකය හෙවත් න්‍යෂ්ටියේ ඇති ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාවයි.

A යනු ස්කන්ධ අංකයයි.

$A = Z + N$ මෙහි N යනු නියුට්‍රෝන සංඛ්‍යාවකි.

පරමාණුවක න්‍යෂ්ටියේ පවතින ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාව (පරමාණුක අංකය) Z මත පරමාණුවේ අනන්‍යතාව රඳා පවතී.

උදා:- කාබන් පරමාණුවක න්‍යෂ්ටියේ ඇති ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාව 6කි.
ලෙඩ් (Pb) පරමාණුවක ඇති ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාව 82කි.
කොපර් (Cu) පරමාණුවක ඇති ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාව 29කි.

6.2 සමස්ථානික

එක ම මූලද්‍රව්‍යයේ පරමාණුවල විවිධ ආකාර සමස්ථානික ලෙස හැඳින්වේ. ඇතැම් මූලද්‍රව්‍යවල න්‍යෂ්ටියේ පවතින ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාව සමාන නමුත් නියුට්‍රෝන සංඛ්‍යාව වෙනස් පරමාණු සමස්ථානික ලෙස හැඳින්වේ. ඉහත අංකනය අනුව එක ම පරමාණුක අංකයකින් (Z) යුත් වෙනස් වූ ස්කන්ධ සහිත වූ මූලද්‍රව්‍ය සමස්ථානික ලෙස නම් කළ හැකි ය.

උදාහරණයක් වශයෙන් ${}_{92}^{238}U$, ${}_{92}^{235}U$ හා ${}_{92}^{233}U$ යුරේනියම් මූලද්‍රව්‍යයේ සමස්ථානික තුනකි.

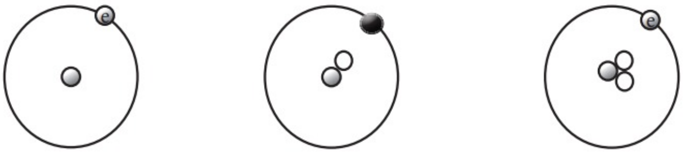
සමස්ථානිකවල එක ම ප්‍රෝටෝන ගණනක් ඇති බැවින් එක් එක් අනාරෝපිත පරමාණුවක සමාන ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණනක් ඇත. රසායනික ප්‍රතික්‍රියා රඳා පවතින්නේ න්‍යෂ්ටිය වටා පවතින ඉලෙක්ට්‍රෝන රටාව මත බැවින් එවාට සමාන රසායනික ගති ලක්ෂණ අයත් ය.

6.2 රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ හයිඩ්‍රජන්හි සමස්ථානික තුනකි. සාමාන්‍ය හයිඩ්‍රජන් න්‍යෂ්ටියේ ඇත්තේ එක් ප්‍රෝටෝනයක් පමණකි. ඒ න්‍යෂ්ටිය උදාසීන පරමාණුවක් සාදන්නේ එක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් සමඟ බැඳීමෙනි. ඩියුටීරියම් නමැති සමස්ථානිකයේ ප්‍රෝටෝනයට අමතරව එක් නියුට්‍රෝනයක් තිබෙන අතර, එහි ද, ආරෝපණය 1 නිසා උදාසීන පරමාණුවේ ඇත්තේ එක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයකි. ට්‍රයිටියම් න්‍යෂ්ටියේ ප්‍රෝටෝනයක් සහ නියුට්‍රෝන දෙකක් ඇත. එහෙත් එහි උදාසීන පරමාණුවේ ඇත්තේ එක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයකි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.



${}^{1}_{1}H$ ${}^{2}_{1}H$ ${}^{3}_{1}H$

සාමාන්‍ය හයිඩ්‍රජන් ඩියුටීරියම් ට්‍රයිටියම් (මෙය අස්ථායි න්‍යෂ්ටියකි. ස්වාභාවිකව නොපවතී)

6.2 රූපය

ස්වාභාවික ක්ලෝරීන් වායුවේ සමස්ථානික තිබෙන අතර 75% පමණ ඇත්තේ ${}^{35}_{17}Cl$ සමස්ථානිකයයි. ඉතිරි 25%ක් ${}^{37}_{17}Cl$ සමස්ථානිකයයි. කාබන්හි ${}^{11}_{6}C$, ${}^{12}_{6}C$, ${}^{13}_{6}C$ සහ ${}^{14}_{6}C$ ලෙස සමස්ථානික හතරක් ඇත. කාබන්, ඔක්සිජන්, නයිට්‍රජන් වැනි සැහැල්ලු මූලද්‍රව්‍යයන්හි බහුලව ම පවතින, ස්ථායි සමස්ථානිකයේ ප්‍රෝට්‍රෝන සංඛ්‍යාව සහ නියුට්‍රෝන සංඛ්‍යාව සමාන ය. එහෙත් න්‍යෂ්ටිවල ස්කන්ධ වැඩි වන විට නියුට්‍රෝන සංඛ්‍යාව ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාවට වඩා ක්‍රමයෙන් වැඩි වෙයි. බරින් වැඩි න්‍යෂ්ටිවල ස්ථායිතාව පවත්වා ගැනීම සඳහා වැඩි නියුට්‍රෝන සංඛ්‍යාවක් අවශ්‍ය වන බව මෙයින් නිගමනය කළ හැකි ය.

6.3 න්‍යෂ්ටික ඒකක

න්‍යෂ්ටික ශක්තිය පිළිබඳ ගණනයන්හි දී බහුලව භාවිත වන ඒකක කිහිපයක් පහත දැක්වෙයි.

ඒකීකෘත ස්කන්ධ ඒකකය (unified atomic mass unit)

පරමාණුවල සහ න්‍යෂ්ටිවල ස්කන්ධ මැනීමේ දී භාවිත වන ඒකකය ඒකීකෘත ස්කන්ධ ඒකකය (amu) ලෙස හැඳින්වෙයි. මේ ඒකකය සඳහා සංකේතය ලෙස u හෝ amu භාවිත වෙයි. මේ ඒකකය අර්ථ දක්වා ඇත්තේ කාබන්-12 පරමාණුවේ ස්කන්ධයෙන් හරියටම **1/12** වන ලෙස ය. ස්කන්ධ වර්ණාවලිමානය භාවිතයෙන් කළ මිනුම අනුව කාබන්-12 පරමාණුවේ ස්කන්ධය 1.992647×10^{-26} kg වෙයි. ඒ අනුව

$$1\ u = \frac{{}^{12}_{6}C \text{ පරමාණුවක ස්කන්ධය}}{12}$$

$$= \frac{1.992647 \times 10^{-26}}{12}$$

$$= 1.660539 \times 10^{-27}\ kg$$

අයින්ස්ටයින්ගේ ස්කන්ධ ශක්ති සම්බන්ධතාව මගින් 1 u ට අනුරූප වන ශක්ති ප්‍රමාණය පහත දැක්වෙන ආකාරයට ගණනය කළ හැකි ය.

$$E = mc^2$$

$$= 1.660539 \times 10^{-27}\ kg \times (2.9979 \times 10^{8}\ m\ s^{-1})^2$$

$$= 1.49 \times 10^{-10}\ J$$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

6.3.1 ඉලෙක්ට්‍රෝන වෝල්ටය (eV)

ශක්තිය මැනීම සඳහා භාවිත වන ඒකකයක් වන ඉලෙක්ට්‍රෝන වෝල්ටය, 1V විභව අන්තරයක් යටතේ ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් ත්වරණය වීමේ දී අයත් කර ගන්නා ශක්තිය ලෙස අර්ථ දැක්වේ. මේ ශක්ති ප්‍රමාණය ජූල් 1.6022×10^{-19} ට සමාන වෙයි.

$$1\text{eV} = 1.6022 \times 10^{-19}\,\text{J}$$

$$1\text{u} = 1.49239 \times 10^{-10}\,\text{J}$$

මේ අනුව, 1 u ස්කන්ධයක් ඉලෙක්ට්‍රෝන වෝල්ට් මගින් ප්‍රකාශ කළ හොත්

$$1\text{u} = \frac{1.49239 \times 10^{-10}}{1.6022 \times 10^{-19}}\,\text{eV}$$

$$= 931.5\ \text{MeV}$$

6.4 රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවල දී හා න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාවල දී නිකුත් වන ශක්ති

රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවක දී පරමාණු අතර, ඉලෙක්ට්‍රෝන හුවමාරු වීම හෝ හවුලේ තබා ගැනීම හෝ සිදු වේ. පරමාණුවකින් ඉලෙක්ට්‍රෝන ලබා දීම, ලබා ගැනීම අනුව අයන ඇති වීම, අයනික බන්ධන ඇති වීම (Ionic bond) මෙන් ම ඉලෙක්ට්‍රෝන හවුලේ තබා ගැනීම මත සහසංයුජ බන්ධන (covalent bond) ඇති වීම ආදී ක්‍රියාවලි මඟින් විවිධ සංයෝග අතර, රසායනික ප්‍රතික්‍රියා ඇති වේ. මේ අයනික බන්ධන තැනීම කැඩීම සහ සහසංයුජ බන්ධන තැනීම/කැඩීම ආදි ක්‍රියාවලියන් දක්නට ලැබේ. මෙවැනි රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවල දී ඉලෙක්ට්‍රෝන හා ප්‍රෝටෝනවල බලපෑම වැදගත් වුවත් නියුට්‍රෝනවල දායකත්වයක් සිදු නො වේ. ඉහත රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවල දී නිකුත් වන ශක්ති ප්‍රමාණය න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාවල දී නිකුත් වන ශක්ති ප්‍රමාණයට සාපේක්ෂව ඉතා අඩුය.

න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාවක දී සිදු වන්නේ පරමාණුවක න්‍යෂ්ටියේ ඇති ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝන එකිනෙක බැඳී පවතින ප්‍රබල න්‍යෂ්ටික බන්ධන කැඩීම හෝ තැනීමයි. න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනය හෝ විලයනය වැනි න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාවල දී නිකුත් වන ශක්ති ප්‍රමාණය ඉතා විශාල වන අතර, එහි දී විකිරණ පිට වීම ද සිදු වේ.

6.5 ස්කන්ධ ශක්ති තුල්‍යතාව

ස්කන්ධය හා ශක්තිය අතර, තුල්‍යතාවක් පවතින බව 1905 දී අයින්ස්ටයින් විසින් පෙන්වා දෙන ලදි. ස්කන්ධය යනු තවත් ශක්ති ප්‍රභේදයක් බවත්, ස්කන්ධ ශක්තිය චාලක ශක්තිය වැනි වෙනත් ශක්ති ප්‍රභේදවලට පරිණාමනය කළ හැකි බවත් ඔහු විසින් පෙන්වා දෙන ලදි.

අයින්ස්ටයින්ගේ සුප්‍රසිද්ධ ස්කන්ධ ශක්ති සම්බන්ධතාව $E = mc^2$ යනුවෙන් ලිවිය හැකි ය. මෙහි c යනු රික්තයක් තුළ දී ආලෝකයේ වේගයයි. ඉහත සම්බන්ධතාව අනුව පදාර්ථ 1 kg ක්

$1\text{ kg} \times (3 \times 10^{8}\text{ m s}^{-1})^2 = 9 \times 10^{16}\text{ J}$ ට තුල්‍ය වේ.

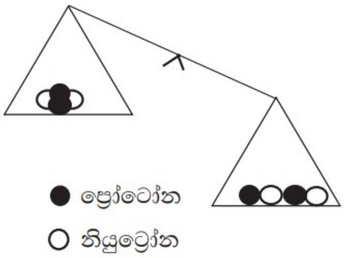
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

6.6 ස්කන්ධ දෝෂය හා න්‍යෂ්ටික බන්ධන ශක්තිය

(Mass defect and nucleus binding energy)



6.3 රූපය

න්‍යෂ්ටිය සෑදී ඇත්තේ නියුට්‍රෝන හා ප්‍රෝටෝනවලින් බව ඉහත පරිච්ඡේදයේ දී සඳහන් කර ඇත. එබැවින් න්‍යෂ්ටියේ ස්කන්ධය වන්නේ ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝන වෙන වෙනම ගත් විට එවායේ ස්කන්ධවල එකතුව යැයි බලාපොරොත්තු විය හැකි ය. එහෙත් න්‍යෂ්ටියේ ස්කන්ධය ඉහත බලාපොරොත්තු වූ අගයට වඩා අඩු ය. මේ ස්කන්ධ වෙනස ස්කන්ධ දෝෂය (mass defect) යනුවෙන් හැඳින්වේ. ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝන එකතු වී න්‍යෂ්ටියක් සෑදීමේ දී ස්කන්ධ හානියක් සිදු වී ඇති බව මෙයින් පැහැදිලි වේ. අයින්ස්ටයින්ගේ සම්බන්ධතාව අනුව මේ ස්කන්ධ වෙනස කිසියම් ශක්ති වෙනසකට තුල්‍ය වේ. මේ ශක්ති ප්‍රමාණය වැය වී ඇත්තේ න්‍යෂ්ටියේ බන්ධන ඇති කිරීම සඳහා ය. ඒ නිසා මේ ශක්ති වෙනසට න්‍යෂ්ටියේ බන්ධන ශක්තිය (binding energy) යැයි කියනු ලැබේ. යම් ක්‍රමයකින් න්‍යෂ්ටිය තුළ ඇති බන්ධන කැඩුව හොත් ඒ ශක්තිය නැවත අත්කර ගත හැකි ය. ප්‍රෝටෝනයක ස්කන්ධය 1.007276 u හා නියුට්‍රෝනයක ස්කන්ධය 1.008665 u වශයෙන් සලකා හීලියම් න්‍යෂ්ටියේ බන්ධන ශක්තිය සොයමු.

හීලියම් $^{4}_{2}He$ න්‍යෂ්ටියේ ප්‍රෝටෝන 2ක් හා නියුට්‍රෝන 2ක් ඇත.

මුළු ස්කන්ධය සඳහා බලාපොරොත්තු වන අගය $= (2 \times 1.007276) + (2 \times 1.008665)$

$= 4.031882$ u

එහෙත් හීලියම් න්‍යෂ්ටියේ සත්‍ය ස්කන්ධය 4.001508 u වෙයි.

මේ අනුව ස්කන්ධ දෝෂය (ස්කන්ධ හානිය) $= 4.031882 - 4.001508$

$= 0.030374$ u

මෙයට අනුරූප වන ශක්ති වෙනස $= 0.0303 \times 931$

$= 28.3$ MeV

ඒ අනුව හීලියම් න්‍යෂ්ටියේ බන්ධන ශක්තිය 28.3 MeV වෙයි.

තවත් උදාහරණයක් ලෙස $^{16}_{8}O$ සලකමු. එහි ප්‍රෝටෝන 8ක් හා නියුට්‍රෝන 8ක් ඇත. ඒ න්‍යෂ්ටිය සඳහා ස්කන්ධ දෝෂය සොයමු.

$^{16}_{8}O$ න්‍යෂ්ටිය සඳහා බලාපොරොත්තු වන ස්කන්ධය $= 8 \times 1.00866$ u $+ 8 \times 1.00727$ u

$= 16.12744$ u

එහෙත් සත්‍ය ස්කන්ධය $= 15.99443$ u

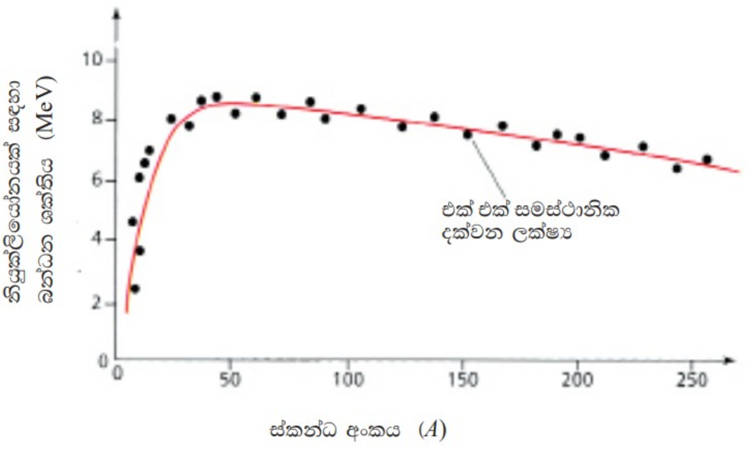
ස්කන්ධ දෝෂය $= 0.13301$ u

බන්ධන ශක්තිය $= 123.83$ MeV

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.



6.4 රූපය

නියුක්ලියෝනයක් සඳහා වූ බන්ධන ශක්තිය $\frac{B}{A}$ ලෙස ලිවිය හැකි ය. මෙහි A ස්කන්ධ අංකයයි. නියුක්ලියෝනයක් සඳහා වූ බන්ධන ශක්තිය $\frac{B}{A}$ ස්කන්ධ අංකය (A) සමඟ විචලනය වන ආකාරය 6.4 රූපයේ ඇති ප්‍රස්තාරයෙන් දැක්වේ. ඒ ප්‍රස්තාරය අනුව $30 < A < 170$ පරාසය තුළ දී $\frac{B}{A}$ ආසන්න වශයෙන් නියතව පවතී. සැහැල්ලු න්‍යෂ්ටි ($A<30$) හා බැර න්‍යෂ්ටි ($A>170$) සඳහා පහත් අගයක් ගනී. $\frac{B}{A}$ උපරිම අගයක් ගන්නේ $A = 50$ ආසන්නයේ බව ප්‍රස්තාරයෙන් පැහැදිලි වේ.

න්‍යෂ්ටික බන්ධන ශක්තිය වැඩි වන තරමට එහි ස්ථායිතාව වැඩි වෙයි. ඒ නිසා වඩාත් ම ස්ථායි න්‍යෂ්ටිය වන්නේ ස්කන්ධ අංකය 50ට ආසන්න ඒවා ය. ස්කන්ධ අංකය ඉතා වැඩි න්‍යෂ්ටියක් කොටස් දෙකකට කැඩීමෙන් වඩා ස්ථායි න්‍යෂ්ටි දෙකක් ලැබෙන අතර, විශාල ප්‍රමාණයක් ශක්තිය ද පිට වෙයි. හීලියම් වැනි ඉතා කුඩා න්‍යෂ්ටි දෙකක් එකතු කිරීමෙන් ද වඩා විශාල සහ වඩා ස්ථායි න්‍යෂ්ටියක් තනා ගත හැකි ය. එහිදී ද විශාල ශක්ති ප්‍රමාණයක් පිට වෙයි.

6.7 න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනය (Nuclear fission)

බරින් වැඩි න්‍යෂ්ටියක් ($A > 200$) බරින් අඩු කුඩා න්‍යෂ්ටි දෙකකට කැඩීම න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනය යනුවෙන් හැඳින්වේ.

යුරේනියම් 235 න්‍යෂ්ටියක් නියුට්‍රෝනයක් අවශෝෂණය කර ගත් විට එය අස්ථායි වී වඩාත් ස්ථායී බරින් අඩු න්‍යෂ්ටි දෙකකට කැඩේ. මෙසේ සිදු විය හැකි න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියා ගණනාවක් ඇත. ඉන් එකක් පහත දැක්වේ.

$${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{236}_{92}U^{*} \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n + Q$$

මෙහි Q මගින් නිරූපණය කර ඇත්තේ පිට වන ශක්තියයි. මේ ක්‍රියාවලිය ආරම්භ වන්නේ යුරේනියම් න්‍යෂ්ටිය මගින් නියුට්‍රෝනයක් ග්‍රහණය කර ගැනීම නිසා ය. එය ප්‍රේරිත න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාවක් ලෙස හැඳින්වේ. මෙහි ${}^{236}_{92}U^{*}$ යනු සැකෙබුණු අවස්ථාවයි. එය තත්පර 10^{-12} තරම් ඉතා කුඩා කාලයක් තුළ පවතින අස්ථායි සංයුක්ත න්‍යෂ්ටියකි. මේ න්‍යෂ්ටිය ක්ෂණිකව Ba හා Kr න්‍යෂ්ටිවලට විඛණ්ඩනය වේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

මේ විඛණ්ඩනයේ ආරම්භක යුරේනියම් -235 න්‍යෂ්ටියේ ස්කන්ධය 235.44 u වන අතර, බේරියම් 141 සහ ක්‍රිප්ටන් -92 න්‍යෂ්ටිවල ස්කන්ධ පිළිවෙළින් 140.914 u සහ 91.926 u ද, නියුට්‍රෝනයේ ස්කන්ධය 1.009 u ද වෙයි. මේ අනුව මේ ක්‍රියාවලියේ ආරම්භක සහ අවසාන ස්කන්ධ අතර වෙනස

$(235.44+ 1.009)-(140.914+91.926+3 \times 1.009) = 0.582 \text{ u} = 0.582\times 931.5 \text{ MeV}=542.133 \text{ MeV}$ වෙයි. එනම්, මේ විඛණ්ඩනයේ දී 542 MeV තරම් විශාල ශක්ති ප්‍රමාණයක් විමෝචනය වෙයි.

ඉහත ප්‍රතික්‍රියාවේ ඵල ලෙස Ba හා Kr වෙනුවට වෙනත් න්‍යෂ්ටි යුගල ද ඇති වේ. උදාහරණයක් වශයෙන් පහත සඳහන් න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාව ඉදිරිපත් කළ හැකි ය.

$$^{235}_{92}\text{U} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow {}^{236}_{92}\text{U}^{*} \rightarrow {}^{133}_{51}\text{Sb} + {}^{99}_{41}\text{Nb} + 4\,{}^{1}_{0}\text{n}$$

මේ ආකාරයට විවිධ තත්ත්ව යටතේ සිදු වන න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියා මඟින් විවිධ මූලද්‍රව්‍ය තිහක් පමණ නිපදවෙන බව සොයා ගෙන ඇත. න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනයේ දී ඇති වුණු කැබලි ද විකිරණශීලී න්‍යෂ්ටි වෙයි. ඒවා β අංශු පිට කරමින් අවසානයේ දී ස්ථායි න්‍යෂ්ටි බවට පත් වේ. මේ විවිධ විඛණ්ඩන ආකාර නිසා යුරේනියම් න්‍යෂ්ටියක් විඛණ්ඩය වීමේ දී මුදා හැරෙන ශක්තියේ සාමාන්‍ය අගය 200 MeV පමණ වෙයි.

ඒ අනුව යුරේනිය න්‍යෂ්ටි ග්‍රෑම් 1 ක් විඛණ්ඩනය වීමේ දී

$$\text{මුදා හැරෙන මුළු ශක්තිය} = \frac{1}{235} \times 6.023 \times 10^{23} \times 200 \text{ MeV}$$
$$= 8.2 \times 10^{10} \text{ J}$$

මේ අනුව යුරේනියම් 1 kg විඛණ්ඩනය වීමේ දී ආසන්න වශයෙන් 10^{14} J ශක්ති ප්‍රමාණයක් උත්පාදනය වේ. රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවක් වන ගල් අඟුරු 1 kg දහනය වීමෙන් නිපදවෙන ශක්තිය 10^{7} J පමණ වේ. මේ අනුව විඛණ්ඩන ශක්තිය ඉතා විශාල බව පැහැදිලි වේ.

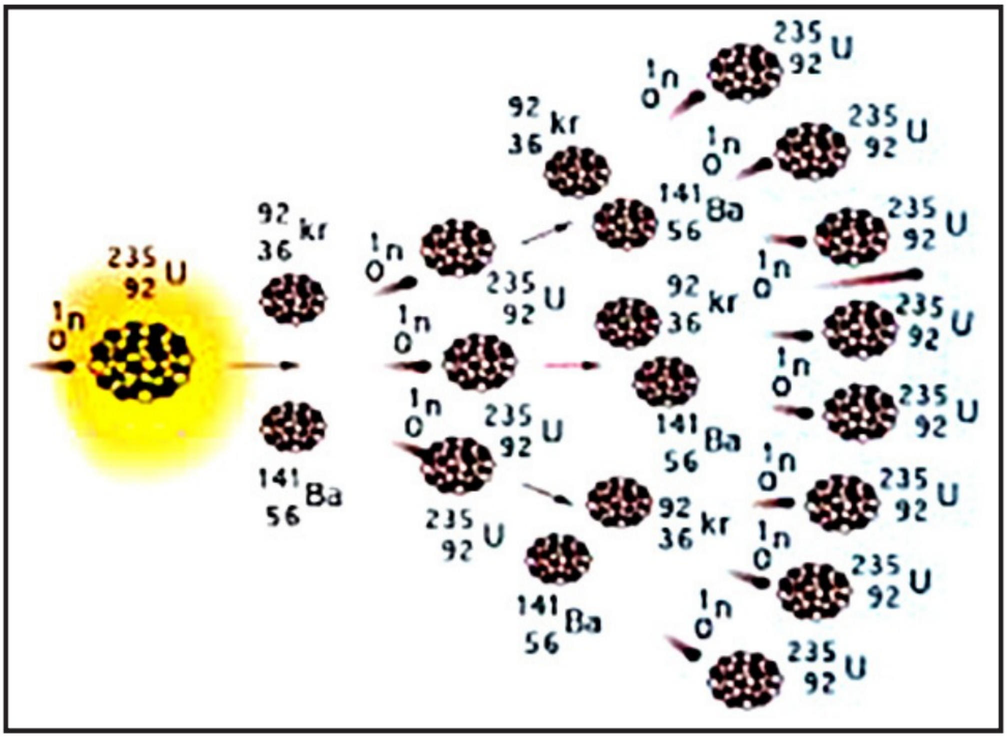
න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩන සිදුවීම්වල දී ඇති වන ප්‍රතික්කරණ ශක්තිය මුලින් ම කැඩුණු කැබලිවල (fragments) හා නියුට්‍රෝනවල චාලක ශක්තිය ලෙස විද්‍යාමාන වන අතර, අවසාන ප්‍රතිඵලය වන්නේ ඒ ශක්තිය තාපය ලෙස අවට පරිසරයේ ඇති පදාර්ථයට සංක්‍රාමණය වීමයි. න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාකාරකවල (nuclear reactors) ශක්ති ප්‍රභවය වන්නේ විඛණ්ඩන ක්‍රියාවලියයි. මේ ප්‍රතික්‍රියා පාලනය කර, පිට වන තාප ශක්තිය විදුලිය ජනනය කිරීම සඳහා යොදා ගැනේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

6.7.1 න්‍යෂ්ටික දාම ප්‍රතික්‍රියා (Nuclear chain reactions)



6.5 රූපය U - 235 සඳහා දාම ප්‍රතික්‍රියාවක්

ඉහත සඳහන් කළ පරිදි යුරේනියම්-235 විඛණ්ඩනය ආරම්භ වන්නේ නියුට්‍රෝනයක් අවශෝෂණය කර ගැනීමෙනි. ඒ විඛණ්ඩනයේ දී කුඩා න්‍යෂ්ටි දෙකකට අමතරව නියුට්‍රෝන තුනක් ද නිකුත් වෙයි. බාහිරින් පැමිණෙන නියුට්‍රෝන ස්වල්ප ප්‍රමාණයක් යුරේනියම්-235 සාම්පලයක ගැටෙන්නට සැලැස්වුව හොත්, ඒ නියුට්‍රෝන අවශෝෂණය කර ගත් යුරේනියම්-235 න්‍යෂ්ටි කිහිපයක් විඛණ්ඩනය වෙයි. මෙසේ විඛණ්ඩනය වන සෑම න්‍යෂ්ටියකින්ම නියුට්‍රෝන තුන බැගින් නිකුත් වී ඒවා මඟින් තවත් යුරේනියම් -235 න්‍යෂ්ටි විඛණ්ඩනය සිදු වෙයි. මේ ක්‍රියාවලිය න්‍යෂ්ටික දාම ප්‍රතික්‍රියාවක් ලෙස හැඳින්වෙයි. 6.5 රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ එවැනි දාම ප්‍රතික්‍රියාවකි. දාම ප්‍රතික්‍රියා සංකල්පය මුලින් ම යෝජනා කරන ලද්දේ එන්රිකෝ ෆර්මි (Enrico Fermi) විසිනි.

6.6 රූපය එන්රිකෝ ෆර්මි

මේ දාම ප්‍රතික්‍රියාව සුදුසු ලෙස පාලනය කිරීමෙන් සන්තතික ශක්ති ප්‍රතිදානයක් ලබා ගත හැකි ය. කෙසේ වෙතත් එය පාලනයෙන් තොර වුව හොත් න්‍යෂ්ටික බෝම්බයක සිදු වන ආකාරයට පිපිරුම් ශක්ති ප්‍රතිදානයක් (explosive energy output) සිදු වේ. ස්වයං ප්‍රචාරණ (self propagating) න්‍යෂ්ටික දාම ප්‍රතික්‍රියා සිදු වීමේ දී පහත සඳහන් කරුණු කෙරෙහි සැලකිලිමත් විය යුතු ය.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

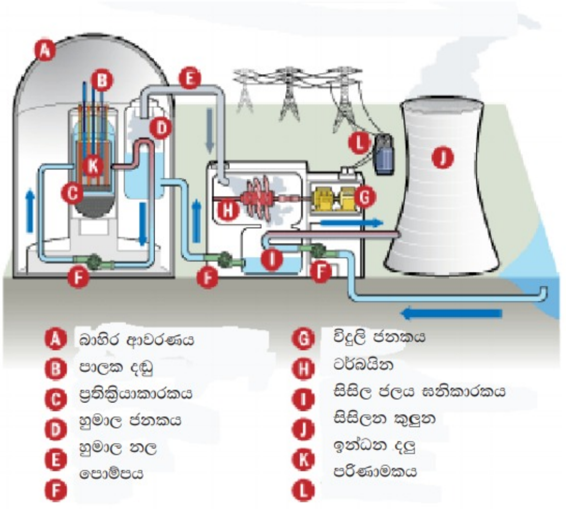
- ද්විතීයික නියුට්‍රෝන සමහරක් තවදුරටත් විඛණ්ඩන ක්‍රියාවට සහභාගි නොවී පද්ධතියෙන් බැහැර වේ. පද්ධතිය සුදුසු ආකාරයට නිර්මාණය කිරීමෙන් මේ කාන්දු වීම අඩු කර ගැනීමට හැකි වේ.

- විඛණ්ඩනයට භාජනය නොවන (not fissionable) අපද්‍රව්‍ය මගින් ද්විතීය නියුට්‍රෝන අවශෝෂණය කර ගනී. විඛණ්ඩනයට භාජනය වන (fissionable) සංශුද්ධ පදාර්ථයන් භාවිතයෙන් මේ හානිය වළක්වා ගත හැකි ය.

- ස්වාභාවිකව පවතින යුරේනියම්, සමස්ථානික තුනකින් සමන්විත ය. ^{233}U, ^{235}U හා ^{238}U ඒවායේ බහුලත්වය පිළිවෙළින් 0.006%, 0.741%, හා 99.28% වශයෙන් දැක්විය හැකි ය. ^{235}U විඛණ්ඩනයට භාජනය වන්නේ වේගය අඩු (0.025 eV පමණ ශක්තියක් ඇති) නියුට්‍රෝන මගිනි. එහෙත් ^{238}U විඛණ්ඩනයට භාජනය වන්නේ අධිවේගී නියුට්‍රෝන මගිනි. ස්වාභාවික යුරේනියම් (^{235}U) ප්‍රතිශතය ^{238}U ප්‍රතිශතයට වඩා ඉතාමත් අඩු ය. එබැවින් ^{238}U මත ඇති වන නියුට්‍රෝන ගැටුම් (collisions) අවස්ථා වාර ගණන විශාල ය. ^{238}U මත සිදු වන ගැටුම් නිසා නියුට්‍රෝනවල වේගය අඩු වේ. මේ හේතුව නිසා තව දුරටත් ^{238}U විඛණ්ඩනය වීම සිදු නොවේ. මේ දාම ප්‍රතික්‍රියාව දිගට ම සිදු වීම සඳහා විඛණ්ඩනයට භාජනය වන ද්‍රව්‍යයට යම් අවම ස්කන්ධයක් තිබිය යුතු ය. මේ අවම ස්කන්ධය අවධි ස්කන්ධය (critical mass) ලෙස හැඳින්වෙන අතර, මේ අවධි ස්කන්ධයට වඩා වැඩි ප්‍රමාණයකින් විඛණ්ඩනයට භාජනය වන ද්‍රව්‍ය පවතින තාක් මේ දාම ප්‍රතික්‍රියාව දිගට ම සිදු වේ.

6.7.2 න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාකාරක (Nuclear reactor)

ප්‍රථම න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාකාරකය ඉදිකරන ලද්දේ 1942 දී ය. එහි සැලසුම හා නිර්මාණය එන්රිකෝ ෆර්මිගේ (Enrico Fermi) අධීක්ෂණය යටතේ සිදු විය.



6.7 රූපය න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාකාරකය

6.7 රූපයේ දක්වා ඇත්තේ න්‍යෂ්ටික බලාගාරයක සැකැස්ම දක්වන දළ රූප සටහනකි. මෙහි

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

දී න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩන ප්‍රතික්‍රියාව පාලනය කිරීම මඟින් ජනනය වන තාප ශක්තිය විදුලිය උත්පාදනය සඳහා යොදා ගනු ලැබේ. උත්පාදනය වන තාපය අවශෝෂණය කර ගැනීම සඳහා න්‍යෂ්ටික ප්‍රතිකාරකය සහිත කුටීරයට අධිපීඩනයට යටත් කළ ජලය පොම්ප කරනු ලැබේ. මේ ජලය එහි ඇති තාපය උරා ගෙන රූපයේ දක්වා ඇති හුමාල ජනකයේ ඇති ජලය අධි පීඩනයකින් (වායුගෝල 170) යුත්, උෂ්ණත්වය 540 °C වූ ජල වාෂ්ප (super heated steam) බවට පත් කරයි. මේ ජල වාෂ්ප මඟින් විදුලි ජනක යන්ත්‍රවලට සවි කර ඇති ටර්බයින් (turbine) යන්ත්‍රය ක්‍රියාත්මක කරනු ලැබේ. මෙවැනි බලාගාරයකින් 650 MW පමණ ක්ෂමතාවක් උපදවා ගත හැකි ය. මෙහි දී න්‍යෂ්ටික ඉන්ධන (fuel) ලෙස යුරේනියම්-235 භාවිත කෙරේ. 2.5 cm පමණ විෂ්කම්භයකින් යුත් දඬු ලෙස සකස් කරන ලද යුරේනියම්, ඇලුමිනියම් සිලින්ඩර තුළ ඇවුරුම් කර කාබන් කුට්ටිවල හාරන ලද සිදුරු තුළ අන්තර්ගත කර ඇත. මේ යුරේනියම් දඬු අතරට කැඩ්මියම් (Cd) හෝ බෝරෝන් (B) දඬු ඇතුළු කිරීම මඟින් යුරේනියම් දඬුවලින් නිකුත් කරන මන්දගාමී නියුට්‍රෝන අවශෝෂණය කර ගනී. මේ දඬු පාලක දඬු (control rods) ලෙස හැඳින්වේ.

න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩන ක්‍රියාවලියේ දී නිපදවෙන අධිවේගයෙන් චලනය වන නියුට්‍රෝන මන්දනයට ලක් කිරීම සඳහා භාවිත වන ද්‍රව්‍ය, ප්‍රමාණක (moderator) නමින් හැඳින්වේ. මේ ද්‍රව්‍ය සැහැල්ලු විය යුතු වන අතර, නියුට්‍රෝන අවශෝෂණය නොකරන්නක් විය යුතු ය. දැඩි ජලය (D_2O), ග්‍රැෆයිට්, ඩියුටීරියම් හා පැරෆින් ආදී ද්‍රව්‍ය ප්‍රමාණක ලෙස ක්‍රියා කරයි.

එක් විඛණ්ඩන ප්‍රතික්‍රියාවකින් නියුට්‍රෝන 2ක් හෝ 3ක් පිට වුවත් දාම ප්‍රතික්‍රියා පාලනයක් යටතේ පවත්වා ගැනීමට අවශ්‍ය වන්නේ නියුට්‍රෝන එකක් පමණි. යුරේනියම් න්‍යෂ්ටිය සමඟ සෙසු නියුට්‍රෝන ගැටීම වැළැක්වීම සඳහා පාලක දඬු භාවිත කරනු ලැබේ. මේ දඬු ඉවතට ගැනීම මඟින් ප්‍රතික්‍රියාවේ ශීඝ්‍රතාව වැඩි කර ජල වාෂ්පයේ පීඩනය වැඩි කිරීමෙන් වැඩියෙන් විදුලිය නිෂ්පාදනය කර ගත හැකි ය.

හදිසි අවස්ථාවක දී හෝ ඉන්ධන මාරු කිරීමට අවශ්‍ය වූ විට පාලක දඬු සම්පූර්ණයෙන් ම පහළට දැමීම මඟින් බලාගාරයේ ක්‍රියාකාරිත්වය නතර කළ හැකි ය. දාම ප්‍රතික්‍රියාවල දී ලැබෙන ශක්තිය ගුවන්යානා, නැව් හා සබ්මැරීන් ප්‍රචාලනය (propulsion) සඳහාත් කෘෂිකාර්මික, වෛද්‍ය හා කර්මාන්ත ක්ෂේත්‍රයේ දී අවශ්‍ය වන විකිරණශීල සමස්ථානික නිෂ්පාදනය සඳහාත් යොදා ගැනේ. මාධ්‍යයෙන් ඉවත් කරන ලද, වැය කරන ලද ඉන්ධන කෑන් (fuel can) ආදිය දීර්ඝ කාලයක් දක්වා අතිශයින් විකිරණශීලී වෙයි. වැය වූ ඉන්ධන දඬු ආදිය දුරස්ථ පාලක මඟින් ප්‍රතික්‍රියාකාරකයේ මාධ්‍යයෙන් ඉතා පරිස්සමින් ඉවත් කළ යුතු ය.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

6.7.3 පාලනයෙන් තොර න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩන ප්‍රතික්‍රියා

පරමාණු බෝම්බය

පාලනය නොකරන ලද දාම ප්‍රතික්‍රියාවක දී නියුට්‍රෝන එකකට වඩා වැඩි ගණනක් මඟින් විඛණ්ඩනය සිදු වේ. විඛණ්ඩනය සිදු වන වාර ගණන ඉතා ශීඝ්‍රයෙන් වැඩි වීම නිසා විශාල ශක්ති ප්‍රමාණයක් මුක්ත වේ. දෙවන ලෝක යුද්ධ කාලයේ (1945) දී ජපානයේ හිරෝෂිමා නගරයට හෙළන ලද පරමාණුක බෝම්බයේ දී භාවිත කරන ලද්දේ ^{235}U (යුරේනියම්-235) න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාකාරකයයි. මේ බෝම්බයෙන් මරණයට පත් වූ, තුවාල ලද හා අතුරුදන් වූ සංඛ්‍යාව 130,000ක් පමණ වන බව වාර්තා වී ඇත.

නාගසාකි නගරයට හෙළන ලද පරමාණුක බෝම්බයේ භාවිත කරන ලද්දේ ප්ලූටෝනියම් - 239 ප්‍රතික්‍රියකාරකයයි. යුරේනියම් 1 kgක් විඛණ්ඩනය කිරීමේ දී නිකුත් වන ශක්ති ප්‍රමාණය TNT පුපුරන ද්‍රව්‍ය ටොන් 20,000ක් පිපිරීම මඟින් ඇති කරන ශක්තිය තරම් වේ.

නාගසාකි බෝම්බයෙන් සිදු වූ ජීවිත හානි සංඛ්‍යාව 66,000ක් පමණ වන අතර, තුවාල ලැබූ සංඛ්‍යාව 69,000ක් පමණ වෙයි. මෙවැනි බෝම්බ පිපිරීමෙන් ඇති වන කම්පනයටත් වඩා හානියක් සිදු වන්නේ විශාල වශයෙන් නිකුත් වන නියුට්‍රෝන හා ගැමා γ–විකිරණ මඟිනි. මේවා සජීව සෛල විනාශ කිරීම, ජාන විකෘති වීම් ආදියට බලපායි. න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනයේ දී ඇති වන විකිරණශීලී අපද්‍රව්‍ය ඉහළ වායුගෝලයේ දූවිලි හා වායු වශයෙන් පැතිරීම නිසා බෝම්බය පිපිරුණු ප්‍රදේශයේ විකිරණ මඟින් ඇති කරන බලපෑම් පැතිර යාමට හේතු වේ.

6.8 රූපය පරමාණු බෝම්බයක්

6.9 රූපය එවැනි බෝම්බ පිපිරීමක දී අහසට නැඟෙන යෝධ විකිරණ දූලි වළාව

න්‍යෂ්ටික අනතුරු

ඉන්දියාව ද ඇතුළුව ලෝකයේ බොහෝ රටවල විදුලිය උත්පාදනය කිරීම සඳහා න්‍යෂ්ටික තාප බලාගාර පිහිටුවා ඇත. එහෙත් මෙවැනි බලාගාරයක යම් අනතුරක් ඇති වී විකිරණශීලී මූලද්‍රව්‍ය පිටතට කාන්දු වීමේ හැකියාවක් ඇත. 1986 අප්‍රේල් 26 දින යුක්රේනයේ චර්නොබිල් (Chernobyl) න්‍යෂ්ටික බලාගාරයේ ජල සංසරණ පද්ධතියේ දෝෂයක් නිසා ප්‍රතික්‍රියාකාරකයේ මාධ්‍යය (core) රත් වී පිපිරී යාමත් ගිනි ගැනීමත් නිසා වායුගෝලයට විකිරණශීලී අංශු අතිමහත් ප්‍රමාණයක් මුදා හැරිණි. ඒවා සුළඟ හා වර්ෂාව මඟින් බටහිර රුසියාව සහ යුරෝපය දක්වා පැතිරයෑම නිසා ඒ රටවල ජෛව ගෝලයට හානිදායක තත්ත්වයක් ඇති විය. 2011 වර්ෂයේ දී මෙවැනි ම න්‍යෂ්ටික අනතුරක් ජපානයේ ෆුකුශිමා ඩයිචි (Fukushima Daichi) න්‍යෂ්ටික බලාගාරයේ සිදු විණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

6.8 න්‍යෂ්ටික විලයනය (Nuclear fusion)

න්‍යෂ්ටික විලයනයේ දී සිදු වන්නේ ස්කන්ධ අංකය අඩු $(A \leq 8)$ හයිඩ්‍රජන් වැනි සැහැල්ලු න්‍යෂ්ටි එකිනෙකට සම්බන්ධ වීමෙන් ස්ථායිතාව වැඩි හීලියම් වැනි න්‍යෂ්ටි බවට පත්වීමයි.

බහුලව දක්නට ලැබෙන විලයන ප්‍රතික්‍රියාවක්

$^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{2}_{1}H + ^{0}_{1}\beta +$ ශක්තිය

ප්‍රෝටෝන දෙකක් විලයනය වීමෙන් ඩියුටීරියම් න්‍යෂ්ටියක් සෑදෙන ආකාරය ඉහත දැක්වේ. මෙහි දී මුදාහැරෙන ශක්තිය මෙසේ ගණනය කළ හැකි ය.

විලයනයට පෙර මුළු ස්න්ධය = 1.00728 + 1.00728

= 2.01456 u

විලයනයට පසු මුළු ස්කන්ධය= 2.01355 + 0.00055 (β -අංශුවේ ස්කන්ධය = 0.00055 u)

= 2.01410 u

ස්කන්ධ හානිය = 2.01456 - 2.014410

= 0.00046 u

1u = 931 MeV නිසා මුක්ත වූ ශක්තිය

$0.0046 \times 931 = 0.4$ MeV

සාමාන්‍යයෙන් ප්‍රෝටෝන - ප්‍රෝටෝන විලයනය වීම සඳහා කෙල්වින් මිලියන කීපයක් තරම් අධික උෂ්ණත්වයක් අවශ්‍ය වේ. මේවා තාප න්‍යෂ්ටික (thermonuclear fusion) ප්‍රතික්‍රියා ලෙස හැඳින්වේ. එවැනි තත්ත්ව විද්‍යාගාර තුළ දී පහසුවෙන් ඇති කළ නොහැකි ය.

6.8.1 සූර්යා තුළ සිදු වන න්‍යෂ්ටික විලයන ක්‍රියාවලිය

අපගේ සෞරග්‍රහ මණ්ඩලයේ ඇති සූර්යාගේ අභ්‍යන්තර උෂ්ණත්වය 1.5×10^{7} K පමණ වේ. සූර්යාගේ අභ්‍යන්තරය තුළ 90%ක් හයිඩ්‍රජන් හා හීලියම් අන්තර්ගත වන අතර, 10%ක් අනෙකුත් මූලද්‍රව්‍ය අන්තර්ගත වේ. සූර්යා තුළ බැර මූලද්‍රව්‍ය බහුලව නොපවතී. මේ නිසා සූර්යාගේ ශක්ති ප්‍රභවය වන්නේ න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනය නොවන බව සැලකිය හැකි ය. සූර්යාගේ න්‍යෂ්ටික විලයන ක්‍රියාවලියට $^{1}_{1}H$ පරමාණු (අධිශක්ති ප්‍රෝටෝන) දායක වේ. මෙහි දී සිදු වන විලයන ක්‍රියාදාමය පියවර කීපයකින් සමන්විත ය. මෙය ප්‍රෝටෝන-ප්‍රෝටෝන (p, p) චක්‍රය ලෙස හැඳින්වේ.

$$^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H + \rightarrow ^{2}_{1}H + ^{0}_{1}e + \upsilon_{e} + 5.49 \text{ Me V}$$

$$^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H + \rightarrow ^{2}_{1}H + ^{0}_{1}e + \upsilon_{e} + 5.49 \text{ Me V}$$

$$^{3}_{2}He + ^{3}_{2}He \rightarrow ^{4}_{2}He + 2\ ^{1}_{1}H + 12.86 \text{ MeV}$$

මේ ප්‍රතික්‍රියා දාමයේ දී ප්‍රෝටෝන (එනම් හයිඩ්‍රජන් න්‍යෂ්ටි) 4ක් විලයනය වීමෙන් $^{4}_{2}He$ න්‍යෂ්ටියක් සෑදේ. මෙයට අමතරව පොසිට්‍රෝන දෙකක් $(2^{0}_{1}e)$ හා ශක්ති පිට වීමක් ද සිදු වේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

ඉහත සමස්ත ක්‍රියාවලිය මෙසේ දැක්විය හැකි ය.

$$4\,{}_1^1\mathrm{H} \rightarrow {}_2^4\mathrm{He} + 2e^+ + \text{ශක්තිය}$$

මුක්ත වූ ශක්තිය 26.2 MeVකි. මේ අනුව සූර්යාගේ සිදු වන න්‍යෂ්ටික විලයන ක්‍රියාවලියේ එක් චක්‍රයක දී 25 MeV පමණ ශක්තියක් මුදා හැරෙන බව පැහැදිලි වේ. මේ වන විට සූර්යාගේ වයස ආසන්න වශයෙන් වසර 5×10^9 කි. තවත් වසර බිලියන 5කට පමණ සෑහෙන හයිඩ්‍රජන් ප්‍රමාණයක් සූර්යා සතුව ඇති බව තක්සේරු කොට ඇත. අවසානයේ දී හයිඩ්‍රජන් න්‍යෂ්ටිවල න්‍යෂ්ටික විලයන ක්‍රියාව නතර වී සූර්යාගේ සිසිල් වීම ආරම්භ වේ. පසුව ස්වකීය ගුරුත්වාකර්ෂණය හේතුවෙන් හැකිළීම ආරම්භ වී සූර්යාගේ මධ්‍යයේ උෂ්ණත්වය වැඩි වේ. අවසානයේ දී සූර්යා වටා ඇති බාහිර ආවරණය ප්‍රසාරණයට ලක් වී එය රතු යෝධයකු (red giant) බවට පත් වේ.

6.8.2 පාලනයක් යටතේ තාප න්‍යෂ්ටික විලයන ප්‍රතික්‍රියා සිදු වීම

මෙවැනි ප්‍රතිකාරකයක් ක්‍රියාත්මක කිරීම සඳහා 10^9 K තරම් අධික උෂ්ණත්වයක් අවශ්‍ය වේ. මේ උෂ්ණත්වය යටතේ සැහැල්ලු න්‍යෂ්ටිවලින් යුත් ප්ලාස්මාව (plasma) නමැති අයන මිශ්‍රණයට කූලෝම් බාධකය (Coulomb barrier) විනිවිද ගොස් එක් වීමට හැකියාව ලැබේ. ඉතා අධික උෂ්ණත්වවල දී ඩියුටීරියම්, සම්පූර්ණ වශයෙන් ම අයනීකෘත වී උදාසීන ප්ලාස්මාවක් ඇති වේ. ඝන ද්‍රව්‍යවලින් තනන භාජන (containers) මඟින් ඉහත අවශ්‍යතා සපුරාලිය නොහැකි ය. තොරොයිඩ චුම්බක කුටි (Tokamak Toroidal magnetic chamber) තුළ මේ න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියා කිරීමේ අත්හදා බැලීම් සිදු වෙමින් පවතී. අනාගත ලෝකයේ බල ශක්ති අවශ්‍යතාව සඳහා ඩියුටීරියම් වායුව ඉන්ධනයක් වශයෙන් යොදා ගැනීමේ හැකියාවක් ඇත. මුහුදු ජලයේ ඇති දැඩි ජලය විද්‍යුත් විච්ඡේදනය කිරීමෙන් ඩියුටීරියම් වායුව ලබා ගත හැකි ය.

6.9 න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනය හා න්‍යෂ්ටික විලයනය පිළිබඳ සන්සන්දනාත්මක විමසුමක්

- මේ න්‍යෂ්ටික ක්‍රියාවලි දෙක ම අතිමහත් ශක්ති ප්‍රභව දෙකක් වේ.
- මේ ක්‍රියාවලි දෙක ම අයින්ස්ටයින්ගේ ස්කන්ධ-ශක්ති සම්බන්ධතාවට අනුකූල වේ.
- විඛණ්ඩන ක්‍රියාවලියේ දී අදාළ ප්‍රක්ෂිප්තය සඳහා භාවිත කරන්නේ නියුට්‍රෝනයකි.
- විලයන ක්‍රියාවලියේ දී සැහැල්ලු න්‍යෂ්ටි දෙකක්, කූලෝම් ස්ථිති විද්‍යුත් විකර්ෂණය (Coulomb electrostatic repulsion) අභිබවා එකිනෙකට සමීප කරවීම සිදුවේ. උෂ්ණත්වය 10^8 K පමණ නැංවීමෙන් මේ සඳහා අවශ්‍ය ශක්තිය සැපයිය හැකි ය.
- න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනයේ දී ස්කන්ධය වැඩි න්‍යෂ්ටියක් සැහැල්ලු න්‍යෂ්ටි දෙකකට හෝ තුනකට කැඩී යෑම සිදු වේ. න්‍යෂ්ටික විලයනයේ දී සිදු වන්නේ සැහැල්ලු න්‍යෂ්ටි දෙකක් හෝ වැඩි ගණනාවක් එක් වීමෙන් ස්කන්ධය වැඩි න්‍යෂ්ටියක් සෑදීමයි.
- න්‍යෂ්ටික විලයනයේ දී ඒකක ස්කන්ධයක් මඟින් මුක්ත වන ශක්තිය විඛණ්ඩනයේ දී ඒකක ස්කන්ධයකින් මුක්ත වන ශක්තියට වඩා බෙහෙවින් වැඩි ය.

උදාහරණයක් වශයෙන් න්‍යෂ්ටික විලයනය මත පදනම් වූ හයිඩ්‍රජන් බෝම්බය මඟින්

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

සිදු වන විනාශකාරී ප්‍රතිඵල න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනය මත පදනම් වූ පරමාණු බෝම්බයෙන් සිදු වන එවැනි ප්‍රතිඵලවලට වඩා අතිශයින් වැඩි ය.

- න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනයේ දී ලැබෙන ඵල විකිරණශීල වන අතර, ඒවා පරිසර දූෂණයට ද හේතු වේ. එහෙත් විලයන ක්‍රියාවලියේ දී ඇති වන ඵල විකිරණශීල නොවන අතර, හානිදායක නො වේ.

- විඛණ්ඩන දාම ප්‍රතික්‍රියා පාලනය කළ හැකි වේ. එහෙත් තාප න්‍යෂ්ටික විලයන ප්‍රතික්‍රියා පාලනය කිරීම පහසු නොවේ.

විසඳූ අභ්‍යාස

1. න්‍යෂ්ටික විලයනය සිදු වන්නේ

   (a) සැහැල්ලු න්‍යෂ්ටික දෙකක් හෝ කිහිපයක් අතර, පමණි.
   (b) බර න්‍යෂ්ටි දෙකක් අතර පමණි.
   (c) සැහැල්ලු න්‍යෂ්ටි දෙකක් අතරත් බැර න්‍යෂ්ටි දෙකක් අතරත් පමණි.
   (d) ක්ෂය වීමට විරුද්ධ ස්ථායි න්‍යෂ්ටි දෙකක් අතර පමණයි.
   (e) ඉහත කිසිවක් නො වේ.

2. මාතෘ න්‍යෂ්ටියේ නියුක්ලියෝනයකට බන්ධන ශක්තිය E_1, දුහිතෘ න්‍යෂ්ටියේ ඒ ශක්තිය E_2 ද නම්,

   (a) $E_1 = 2E_2$ (b) $E_2 = 2E_1$
   (c) $E_1 > E_2$ (d) $E_2 > E_1$ (e) $E_1 = E_2$

3. ලිතියම් මූලද්‍රව්‍යයේ ${}^{6}_{3}\text{Li}$ හා ${}^{7}_{3}\text{Li}$ ස්ථායී සමස්ථානික දෙකේ ප්‍රතිශත පිළිවෙළින් 7.5% හා 92.5% කි. ඒ සමස්ථානිකවල ස්කන්ධ පිළිවෙළින් 6.0512 u හා 7.01600 u වෙයි. ලිතියම්වල පරමාණුක ස්කන්ධය සොයන්න.

   ලිතියම්වල පරමාණුක ස්කන්ධය $= \dfrac{6.01572 \times 7.5}{100} + \dfrac{7.01600 \times 92.5}{100}$

   $= 6.914\ \text{u}$

4. බෝරෝන් මූලද්‍රව්‍යයේ ස්ථායි සමස්ථානික දෙක ${}^{10}_{5}\text{B}$ හා ${}^{11}_{5}\text{B}$ වේ. ඒවායේ ස්කන්ධ පිළිවෙළින් 10.01294 u හා 11.00931 u නම් එක් එක් සමස්ථානිකය අඩංගු ප්‍රමාණය ප්‍රතිශතයක් ලෙස දක්වන්න.

   (බෝරෝන්වල පරමාණුක ස්කන්ධය = 10.811 u)

   ${}^{10}_{5}\text{B}$ ප්‍රතිශතය x % ලෙස ගනිමු.

   එවිට ${}^{11}_{5}\text{B}$ ප්‍රතිශතය $(100 - x)\%$

   $$10.811\ \text{u} = \frac{10.01294x}{100} + \frac{10.00931(100-x)}{100}$$

   $$= \frac{492.857}{56}\ \text{MeV}$$

   $$\therefore x = 19.9\%$$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

$^{10}_{5}B$ ප්‍රතිශතය = 19.9%

$^{11}_{5}B$ ප්‍රතිශතය = (100 - 19. 9)%

= 80.1%

5. නයිට්‍රජන් න්‍යෂ්ටියේ $^{14}_{7}N$ බන්ධන ශක්තිය MeVවලින් ලබා ගන්න. ඒ න්‍යෂ්ටියේ ස්කන්ධය 14.00307 u බන්ධන ශක්තිය යතු ස්කන්ධ ඒකකවලින් දෙන ස්කන්ධ දෝෂයයි. (ප්‍රෝටෝනයක ස්කන්ධය 1.007276 u ද නියුට්‍රෝනයක ස්කන්ධය 1.008665 u ද වේ.)
ස්කන්ධ දෝෂය = (7 × 1.007276 + 7 × 1.008665 - 14.00307) u = 0.10852 u
ඒ නිසා බන්ධන ශක්තිය = 0.10852 × 931.5 MeV
= 101.1 MeV

6. විලයන ක්‍රියාවලියේ දී සූර්යාගේ මධ්‍යයේ පවතින හයිඩ්‍රජන් 1 kg කින් මුදා හැරෙන ශක්තිය හා විඛණ්ඩන ප්‍රතික්‍රියාකාරකයක් තුළ ^{235}U 1 kg කින් විඛණ්ඩනයේ දී මුදා හැරෙන ශක්ති වෙන වෙනම සොයා සන්සන්දනය කරන්න.

(a) සූර්යාගේ අභ්‍යන්තරය තුළ දී $^{1}_{1}H$ න්‍යෂ්ටි හතරක් සම්බන්ධ වී $^{4}_{2}He$ න්‍යෂ්ටියක් ඇති වීමෙන් (එක් සිද්ධියක් සඳහා) මුදා හැරෙන ශක්තිය 26 MeV වෙයි.

හයිඩ්‍රජන් 1 kgක් මඟින් මුදා හැරෙන ශක්තිය

$$E_1 = \frac{26}{4} \times 6 \times 10^{23} \times 10^3$$
$$= 39 \times 10^{26}\ \text{MeV}$$

(b) යුරේනියම් පරමාණුවක් විඛණ්ඩනයේ දී
මුදා හැරෙන ශක්තිය = 200 MeV

යුරේනියම් 1 kg විඛණ්ඩනයේ දී මුදා හැරෙන ශක්තිය $E_2 = \dfrac{6 \times 10^{23} \times 10^3 \times 200}{235}$

$= 5.1 \times 10^{26}$ MeV

$$E_1 = 39 \times 10^{26}\ \text{MeV}$$
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{39 \times 10^{26}}{5.1 \times 10^{26}}$$
$$= 7.65$$

විලයනයේ දී මුදා හැරෙන ශක්තිය විඛණ්ඩනයේ දී මුදා හැරෙන ශක්තිය මෙන් අට ගුණයක් පමණ වෙයි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

හත්වන පරිච්ඡේදය

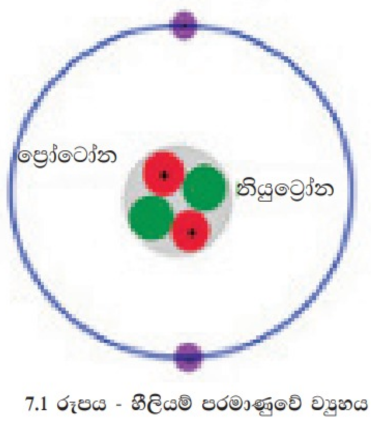
පදාර්ථයේ මූලික සංඝටක හා ඒවායේ අන්තර්ක්‍රියා Fundamental Constituents of Matter and their Interactions

7.1 හැඳින්වීම

ලෝකයේ ඇති පදාර්ථ මූලික තැනුම් ඒකක කීපයකින් සෑදී ඇති බව අතීතයේ ජීවත් වූ මිනිස්සු පවා දැන සිටියහ. පැරණි චීන විශ්වාසයකට අනුව පෘථිවිය (පස) දැව, ලෝහ හා ජලය, භෞතික විශ්වයේ (physical universe) ප්‍රාථමික සංඝටක ලෙස පිළිගැනිණි. දහනවවන ශතවර්ෂයේ අග භාගයේ දී සියලු පදාර්ථ පරමාණුවලින් සෑදී ඇති බව සලකන ලදි. සියලු මූලද්‍රව්‍යවල මූලික ව්‍යූහය පැහැදිලි කිරීම සඳහා මේ අදහස් මඟ පෙන්වීමක් විය. ඒ කාල වකවානුවේ දී සිදු කරන ලද පරීක්ෂණ මඟින් පරමාණුවේ ව්‍යුහය පිළිබඳ බොහෝ කරුණු අනාවරණය විය. ඒවායින් නිගමනය වූයේ සියලු පරමාණු ප්‍රෝටෝන සහිත න්‍යෂ්ටියකින් සෑදී ඇති බවත්, එය වටා විවිධ කක්ෂවල ඉලෙක්ට්‍රෝන පරිභ්‍රමණය වෙමින් පවතින බවත් ය. පරමාණුවේ ප්‍රමාණය සමඟ සසඳන විට න්‍යෂ්ටිය ඉතා කුඩා බව ද, තහවුරු වී ඇත. පරමාණුවේ ස්කන්ධයත් ප්‍රෝටෝනවල ස්කන්ධයත් අතර, නොගැළපීම (discrepancy) පැහැදිලි කර දීම සඳහා ඒ වකවානුවේ සිටි විද්‍යාඥයන්ට නියුට්‍රෝනය නමැති තවත් උපපරමාණුක අංශුවක් හඳුන්වා දීමට සිදු විය. වර්ෂ 1932 දී චැඩ්වික් (Chadwick) විසින් නියුට්‍රෝනය සොයා ගැනීමෙන් පසු පරමාණුවේ තැනුම් ඒකකය ලෙස ප්‍රෝටෝන, ඉලෙක්ට්‍රෝන හා නියුට්‍රෝන සලකන ලදි. ඒ අනුව උදාහරණයක් වශයෙන්: හීලියම් පරමාණුවක ව්‍යූහය සලකා බලමු.

7.2 පරමාණුවක ව්‍යූහය

ඉලෙක්ට්‍රෝන න්‍යෂ්ටිය වටා වූ කවචවල පවතියි. පරමාණුවේ න්‍යෂ්ටිය තුළ නියුට්‍රෝන හා ප්‍රෝටෝන පවතී.



7.1 රූපය - හීලියම් පරමාණුවේ ව්‍යූහය

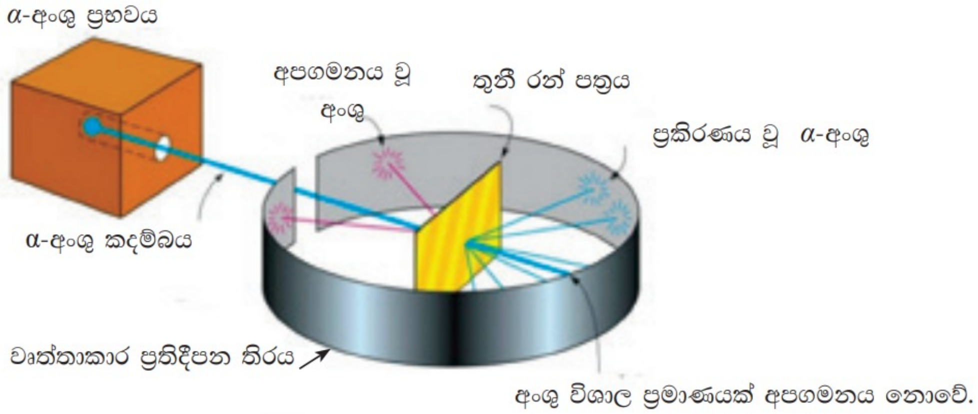
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

7.2.1 ගයිගර් සහ මාස්ඩන් පරීක්ෂණය

වර්ෂ 1911 දී රදර්ෆර්ඩ් හා ඔහුගේ සහායකයන් දෙදෙනකු වන ගයිගර් හා මාස්ඩන් (Geiger and Marsden) විසින් ඉතා තුනී රන් පත්‍රයක් මතට α-අංශු කදම්බයක් ප්‍රක්ෂේප කර නිරීක්ෂණ ලබා ගන්නා ලදි. රන් පත්‍රය හා ගැටීමෙන් පසු α-අංශු චලනය වන දිශාව හඳුනා ගැනීම සඳහා සින්ක් සල්ෆයිඩ් අනාවරකයක් රන් පත්‍ර ඇටවුම වටා චලනය කරවන ලදි.

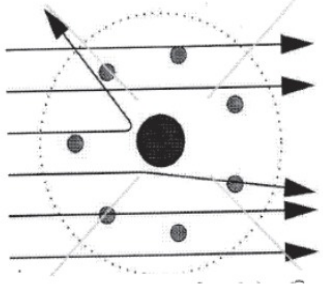


7.2 රූපය රන් පත්‍රයක් මඟින් α-අංශු ප්‍රකිරණය කිරීම

α-අංශු වැඩි සංඛ්‍යාවක් කිසි ම අපගමනයක් නොමැතිව රන් පත්‍රය හරහා ගමන් ගන්නා බවත්, සමහරක් කුඩා කෝණයකින් විවිධ දිශාවලට අපගමනය වන බවත්, කලාතුරකින් α අංශුවක් 90^0කටත් වඩා වැඩි කෝණයකින් අපගමනය වන බවත් ඔවුහු සොයා ගත්හ.

මේ ප්‍රතිඵල විශ්ලේෂණය කළ රදර්ෆර්ඩ්, පරමාණුවේ විශාල ප්‍රමාණයක් හිස් අවකාශය බවත්, පරමාණුවේ ස්කන්ධයෙන් විශාල ප්‍රතිශතයක් එහි මධ්‍යයේ ඉතා කුඩා ප්‍රදේශයකට සීමා වී පවතින බවත්, ඒ මධ්‍යය ධන ආරෝපිත බවත් නිගමනය කළේ ය. ඔහු ඒ මධ්‍යය න්‍යෂ්ටිය ලෙස හැඳින්වූයේ ය.

රදර්ෆර්ඩ්ගේ විශ්ලේෂණයට අනුව අංශු ගමන් කරන අන්දම අපට 7.3 රූපයේ පෙන්වා ඇති ආකාරයට තේරුම් ගත හැකි ය.



7.3 රූපය - ප්‍රකිරණය වූ අංශු ගමන් කරන ආකාරය

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

7.3 රූපයට අනුව, බොහෝ අංශු හිස් අවකාශය හරහා බාධාවක් නැතිව ගමන් කරයි. න්‍යෂ්ටියට ආසන්නයේ ගමන් කරන සමහර අංශු සුළු වශයෙන් අපගමනය වන අතර, ඉතා සුළු සංඛ්‍යාවක් න්‍යෂ්ටිය එල්ලේ ම පැමිණ, විශාල කෝණ සාදමින් අපගමනය වෙයි.

මෙයට ශතවර්ෂයකටත් ඉහත සිදු කළ ගයිගර් සහ මාර්ස්ඩන්ගේ පරීක්ෂණයෙන් පසුව, තව මත් න්‍යෂ්ටික සහ මූලික අංශු පිළිබඳ කෙරෙන බොහෝ පරීක්ෂණ ඒ පරීක්ෂණයේ ආකාරය ගනියි. එනම්, ඒවායේ දී සිදු කරන්නේ α-අංශු හෝ වෙනත් වේගවත් අංශු කදම්බයක් යම් ඉලක්කයක් මත වැදෙන්නට සැලැස්වීමයි.

ගයිගර් සහ මාර්ස්ඩන්ගේ පරීක්ෂණය සඳහා α-අංශු ලබා ගත්තේ ස්වාභාවික විකිරණශීල ප්‍රභවයකිනි. ඒ α-අංශුවල ශක්තිය 5 MeV පමණ විය. ධන ආරෝපිත ඇල්ෆා අංශුවල මේ ශක්තිය රන් පතෙහි ඇති පරමාණු තුළට ඇතුළු වීමට ප්‍රමාණවත් වුව ද, ඒවා න්‍යෂ්ටියට ආසන්න වන විට න්‍යෂ්ටියේ ඇති ධන ආරෝපණය නිසා ඉතා පහසුවෙන් විකර්ෂණය වෙයි.

ස්වාභාවික විකිරණශීල ප්‍රභවවලින් ලැබෙන අංශුවලට වඩා වැඩි ශක්තියක් සහිත අංශු භාවිත කිරීමට හැකි නම්, ඒ අංශුවලට න්‍යෂ්ටියට වඩාත් ළංවීමට හෝ න්‍යෂ්ටියේ වැදී න්‍යෂ්ටිය බිඳ දැමීමට වුව ද හැකි විය යුතු යැයි විද්‍යාඥයෝ වටහා ගත්හ. මෙසේ වැඩි ශක්තියක් සහිත අංශු ලබා ගැනීමට හැකි ක්‍රමයක් වන්නේ α-අංශු, ප්‍රෝටෝන හෝ ඉලෙක්ට්‍රෝන වැනි ආරෝපිත අංශු විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක් භාවිතයෙන් ත්වරණය කිරීමයි. අනෙක් ක්‍රමය වන්නේ අන්තරීක්ෂ කිරණ භාවිතයයි.

7.3 අන්තරීක්ෂ කිරණ

අන්තරීක්ෂ කිරණ නමින් හැඳින්වෙන්නේ අභ්‍යවකාශයේ සිට පෘථිවිය කරා එන අධික ශක්තියකින් යුතු කිරණ විශේෂයකි. අන්තරීක්ෂ කිරණ පළමුවෙන් ම සොයා ගත්තේ 1912 දී වික්ටර් හෙස් නමැති විද්‍යාඥයා විසිනි. ඔහු විසින් අහසේ විවිධ උසට යවන ලද බැලූන මඟින් වායුගෝලයේ ඇති අයන සාන්ද්‍රණය මනින ලද අතර, ඒ මිනුම්වලට අනුව මුහුදු මට්ටමේ සිට ඉතා ඉහළට ගමන් කරන විට අයන සාන්ද්‍රණය ඉහළ යන බව පෙනී ගියේ ය. සූර්ය ග්‍රහණයක් පවතින අවස්ථාවක සිදු කළ මිනුම් අනුව මෙයට හේතුව සූර්යා ගෙන් පැමිණෙන කිරණ නොවන බවත් ඔහු සොයා ගත්තේ ය.

අන්තරීක්ෂ කිරණවල වැඩි වශයෙන් අඩංගු වන්නේ ප්‍රෝටෝන බවත්, ඊට අමතරව α-අංශු සහ ඉලෙක්ට්‍රෝන ද, ලිතියම්, බෙරිලියම්, බෝරෝන්, කාබන්, ඔක්සිජන් වැනි න්‍යෂ්ටි ද පවතින බවත් දැන් සොයා ගෙන ඇත. මේ අංශුවල ශක්තිය 10^{20} eV වැනි ඉතා ඉහළ අගයක් දක්වා වූ විශාල පරාසයක පැතිර පවතින බව ද සොයා ගෙන තිබේ.

පෘථිවියේ වායුගෝලයට ඇතුළු වන අන්තරීක්ෂ කිරණ සියල්ල පාහේ ඉහළ වායුගෝලයේ ඇති න්‍යෂ්ටි සමග ගැටී පයෝන (π), කේයෝන (k) වැනි අස්ථායි අංශු නිපදවන අතර, අවසානයේ මුහුදු මට්ටම දක්වා වැඩි වශයෙන් පැමිණෙන්නේ ඒ අංශු පසුව ක්ෂය වීමේ දී නිකුත් වන මියෝන (μ) නමැති අංශු සහ ගැටුම්වල දී නිපදවෙන ඉලෙක්ට්‍රෝන, පොසිට්‍රෝන වැනි අංශු ය.

පසුගිය ශතවර්ෂයේ මුල් අර්ධයේ දී මූලික අංශු පිළිබඳ කළ සොයා ගැනීම් වැඩි වශයෙන් සිදු වූයේ මේ අන්තරීක්ෂ කිරණ වෙනත් ද්‍රව්‍ය සමග සිදු කරන ගැටීම් අධ්‍යයනය කිරීමෙනි. මෙවැනි

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

පරීක්ෂණ බහුලව ම සිදුකරන ලද්දේ ආරෝපිත අංශු අනාවරණය කර ගත හැකි අනාවරක, බැලුන මගින් ඉහළට යැවීමෙන් හෝ මුහුදු මට්ටමෙන් ඉතා ඉහළ උස් කඳු මුදුන් වැනි ස්ථානවල තැබීමෙනි.

එහෙත් මූලික අංශු පිළිබඳ අධ්‍යයනයන් සඳහා අන්තරීක්ෂ කිරණ භාවිතය එතරම් පහසු නොවේ. මුහුදු මට්ටම දක්වා පැමිණෙන්නේ අන්තරීක්ෂ කිරණ ක්ෂය වීමෙන් ලැබෙන අංශු පමණක් වීම එයට හේතුවකි. අනාවරකයක් හරහා තත්පරයකට යන අන්තරීක්ෂ කිරණ සංඛ්‍යාව ඉතා අඩු වීම සහ පර්යේෂකයන්ට අවශ්‍ය පරිදි ඒවායේ ශක්තිය හෝ අංශු වර්ගය පාලනය කර ගත නොහැකි වීම තවත් හේතු දෙකකි. මේ නිසා වර්තමානයේ පර්යේෂණ සඳහා ත්වරක බහුල වශයෙන් යොදා ගැනෙයි.

7.4 අංශු ත්වරක

ආරෝපිත අංශු ත්වරණය කිරීමට භාවිත කෙරෙන උපකරණ අංශු ත්වරක නමින් හැඳින්වෙයි. කැතෝඩ කිරණ නළයක් ත්වරකයකට ඉතා සරල උදාහරණයකි. කැතෝඩ කිරණ නළයක ඇති සූත්‍රිකාව රත් වීමේ දී නිපදවෙන ඉලෙක්ට්‍රෝන කැතෝඩය සිට ඇනෝඩය දක්වා කැතෝඩ කිරණ ධාරාවක් ලෙස ගමන් කරන්නේ ඒ ඉලෙක්ට්‍රෝන කැතෝඩය සහ ඇනෝඩය අතර, ඇති විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රය හේතුවෙන් ත්වරණයකට භාජනය වන නිසා ය. එහෙත් කැතෝඩ කිරණ නළයක් මගින් 5 MeV වැනි විශාල ශක්තියක් සහිත ඉලෙක්ට්‍රෝන කදම්බයක් නිපදවිය නොහැකි ය. ඉලෙක්ට්‍රෝනයකට 5 MeV ශක්තියක් ගෙනදීමට නම්, 5×10^6 V විභව අන්තරයක් සැපයිය යුතු ය. එවැනි විභව අන්තරයක් නිපදවීම ඉතා අපහසු වන අතර, කැතෝඩ කිරණ නළයක ඉලෙක්ට්‍රෝඩ අතර, පවතින කුඩා දුරක, විද්‍යුත් විසර්ජන සිදු නොවී, එවැනි විභව අන්තරයක් පවත්වා ගැනීම ද අපහසු ය.

ඒ නිසා විද්‍යාඥයෝ ආරෝපිත අංශුවලට අවශ්‍ය ත්වරණය සැපයීම සඳහා වෙනත් නොයෙක් ක්‍රම භාවිත කළහ. ඒ ක්‍රම සියල්ලට පොදු ලක්ෂණ දෙකක් වන්නේ විශාල විභව අන්තරයක් නිපදවීම සඳහා සරල ධාරා විභව අන්තර වෙනුවට ප්‍රත්‍යාවර්තක ධාරා භාවිත කිරීමත්, එක් ඉලෙක්ට්‍රෝඩ යුගලයක් හරහා විශාල විභව අන්තරයක් යෙදීම වෙනුවට අංශුවල ගමන් මාර්ගය දිගේ තැබූ ඉලෙක්ට්‍රෝඩ යුගල ගණනාවක් මගින් පියවරෙන් පියවර ත්වරණය සිදු කිරීමත් ය.

විසඳූ ගැටලු :

චාලක ශක්තිය 1 keV වන ප්‍රෝටෝනයක වේගය ගණනය කරන්න. (ප්‍රෝටෝනයක ස්කන්ධය 1.67×10^{-27} kg ලෙස ගන්න).

විසඳුම:

v වේගයකින් ගමන් ගන්නා අංශුවක ශක්තිය E සඳහා සමීකරණය $E=\frac{1}{2}mv^2$ වෙයි. මේ අනුව ශක්තිය E වන අංශුවක වේගය,

$v=\sqrt{\frac{2E}{m}}$ මගින් දෙනු ලැබෙයි. මේ සමීකරණයට අගයන් ආදේශ කිරීමෙන්,

$$v=\frac{2\times10^3\times1.6\times10^{-19}\,\text{J}}{1.67\times10^{-27}\,\text{kg}} \quad = 4.38\times10^5\ \text{m s}^{-1}$$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

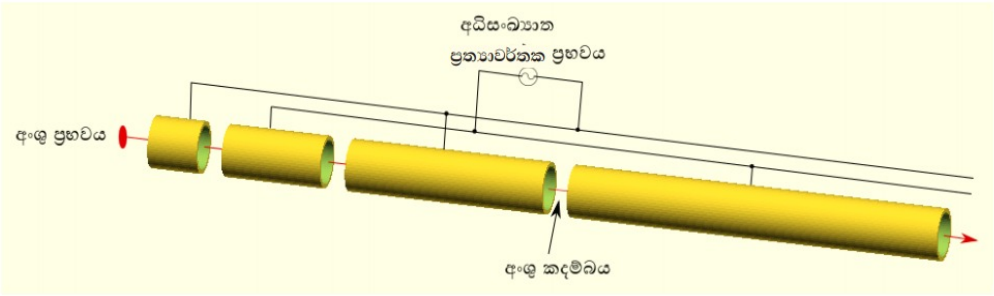
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

නවීන ත්වරක මඟින් නිපදවනු ලබන ප්‍රෝටෝන කදම්බවල GeV සහ TeV ප්‍රමාණවල ශක්තිය සහිත ප්‍රෝටෝන අඩංගු වෙයි. එවැනි ප්‍රෝටෝන සමඟ සසඳන විට 1 keV යනු ඉතා කුඩා ශක්ති ප්‍රමාණයක් වන නමුත් ඒ චාලක ශක්තිය අඩංගු ප්‍රෝටෝනයක වුව ද වේගය ඉතා අධික බව ඔබට දැකිය හැකි ය. අංශුවල ශක්තිය GeV හෝ TeV ප්‍රමාණ දක්වා ඉහළ යන විට ඒවායේ වේගය ආලෝකයේ වේගයට ඉතා ආසන්න වෙයි. අංශුවක වේගය ආලෝකයේ වේගයට ආසන්න වන විට, සාපේක්ෂතාවාදයට අනුව ඒවායේ ස්කන්ධය ද ඉහළ යයි. ඒ නිසා එවැනි අංශුවල වේගය ගණනය කිරීමට ඉහත සඳහන් සමීකරණය භාවිත කළ නොහැකි ය.

7.4.1 රේඛීය ත්වරක

දැනට ලෝකයේ විවිධ ස්ථානවල පවතින අංශු ත්වරක, රේඛීය ත්වරක සහ වෘත්තාකාර ත්වරක වර්ග ලෙස වර්ග දෙකකට බෙදිය හැකි ය.



7.4 රූපය රේඛීය ත්වරකයක්

7.4 රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ රේඛීය ත්වරකයක් සාදා ඇති ආකාරයයි. මෙහි ඉලෙක්ට්‍රෝඩ ලෙස ක්‍රියාකරන්නේ සන්නායක නළ සමූහයකි. සෑම නළ දෙකක් අතරට ම අධි සංඛ්‍යාත ප්‍රභවයකින් ලබා ගත් ප්‍රත්‍යාවර්තක විභව අන්තරයක් යොදා ඇත. සන්නායක නළ නිසා ඒවා තුළ විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක් නොපවතියි. ත්වරණය කිරීමට අවශ්‍ය අංශු, නළ පද්ධතියේ එක් කෙළවරකින් ඇතුළු කෙරෙයි. ඒ අංශු ධන ආරෝපිත නම්, ත්වරණය සිදු වන්නේ ඒ අංශු නළ දෙකක් අතර, පවතින විට සහ ඒ නළ දෙක අතර, විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයේ දිශාව අංශු ගමන් කරන දිශාවට ම පවතින්නේ නම් පමණකි. විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රය විරුද්ධ දිශාවට පවතින කාලය තුළ අංශු නළ තුළ ගමන් කරයි. අංශු ඍණ ආරෝපිත නම්, ත්වරණය සිදු වන්නේ එම ක්ෂේත්‍රයේ දිශාව, අංශු ගමන් කරන දිශාවට ප්‍රතිවිරුද්ධ දිශාවට නම් පමණකි. අංශුවල ආරෝපණයේ සලකුණ ධන වුවද ඍණ වුවද ත්වරණය සිදුවන්නේ ප්‍රත්‍යාවර්තක විභව අන්තරයේ එක් අර්ධයක් තුළ දී පමණක් බැවින් අංශු කදම්බය ගමන් කරන්නේ සන්තතික ප්‍රවාහයක් ලෙස නොව අංශු පොකුරු ලෙසයි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

විසඳූ ගැටලුව:

චාලක ශක්තිය 1 keV වන ප්‍රෝටෝනයක් 7.4 රූපයේ පෙන්වා ඇති රේඛීය ත්වරකයේ පළමු නළය තුළට ඇතුළු වන්නේ යැයි සිතමු.

(i) මේ ප්‍රෝටෝනය 1μs කාලයකින් පසු නළයෙන් පිටතට පැමිණෙන්නේ නම්, නළයේ දිග කොපමණ ද?

(ii) මේ නළය සහ දෙවන නළය අතර, විභව අන්තරය 3000 V නම්, දෙවන නළයට ඇතුළු වන විට ප්‍රෝටෝනයේ ශක්තිය කොපමණ ද?

(iii) ප්‍රෝටෝනය තවත් 1μs කාලයක් දෙවන නළය තුළ ගමන් කිරීමට නම් දෙවන නළයේ දිග කොපමණ විය යුතු ද?

විසඳුම:

(i) චාලක ශක්තිය 1 keV වන ප්‍රෝටෝනයක වේගය 4.38×10^{5} m s^{-1} බව මීට පෙර ගැටලුවේ දී අප සොයා ගත්තෙමු. ඒ අනුව, 1 μs කාලයක දී එය ගමන් කරන දුර $4.38\times10^{5}\times10^{-6} = 0.438$ m වෙයි. ඒ නිසා නළයේ දිග 43.8 cm විය යුතු ය.

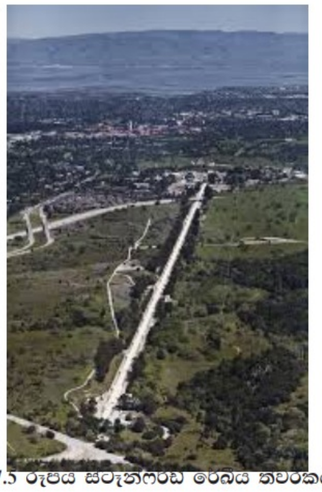
(ii) නළ දෙක අතර, විභව අන්තරය 3000 V නම්, ප්‍රෝටෝනයේ ආරෝපණය +1 නිසා එය අත් කර ගන්නා ශක්තිය 3000 eV වෙයි. එය කලින් පැවති ශක්තියට එකතු වන නිසා නව ශක්තිය 4000 eV (4 keV) වෙයි.

(iii) දැන් ප්‍රෝටෝනයේ වේගය

$$v = \sqrt{\frac{2\times4\times10^{3}\times1.6\times10^{-19}\ \text{J}}{1.67\times10^{-27}\ \text{kg}}} \quad \left(\sqrt{\frac{2E}{m}} \text{ මඟින්}\right)$$

$$= 8.75\times10^{5}\ \text{m s}^{-1}$$

ඒ නිසා මීළඟ 1 μs කාලයේ දී එය ගමන් කරන දුර $8.75\times10^{5}\times10^{-6} = 0.875$ m වෙයි. එනම්, දෙවන නළයේ දිග 87.5 cm විය යුතු ය. ප්‍රත්‍යාවර්තක විභව අන්තරයේ එක් අර්ධයක දී අංශු නළ තුළ පැවතීමට නම් සෑම නළයක් ම ඊට පෙර නළයට වඩා දිගින් වැඩි විය යුතු බව මේ ගණනයෙන් ඔබට දැකිය හැකි ය.



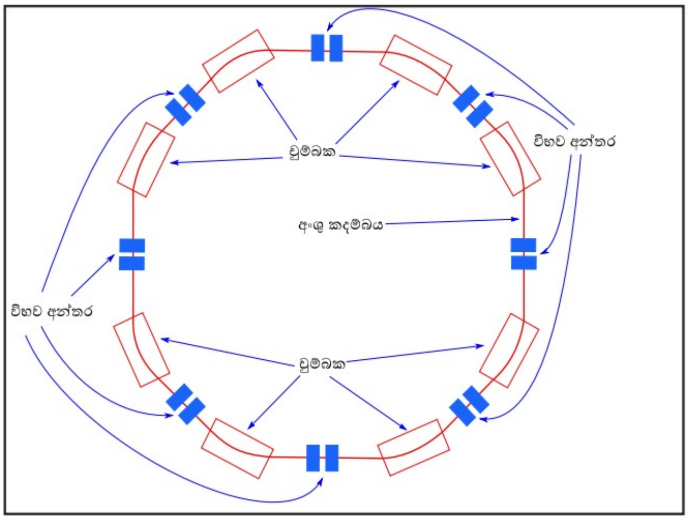
7.5 රූපය ස්ටැන්ෆර්ඩ් රේඛීය ත්වරකය

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

7.5 රූපයේ දැක්වෙන්නේ ස්ටැන්ෆර්ඩ් රේඛීය ත්වරණයයි. මෙහි දිග 3.2 kmක් වන අතර, එය ලෝකයේ දිග ම රේඛීය ත්වරකයයි.

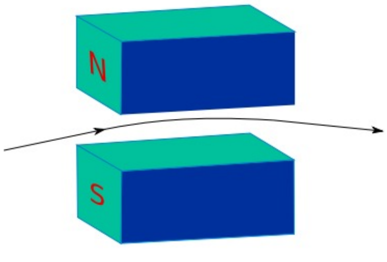


7.6 රූපය- වෘත්තාකාර ත්වරකයක්

7.6.රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ වෘත්තාකාර ත්වරකයක් සාදා ඇති ආකාරය යි. මෙහි ද ත්වරණය ලබා ගන්නේ අංශුවල මාර්ගයේ තැබූ ඉලෙක්ට්‍රෝඩ අතර, යෙදූ විභව අන්තරය මඟින් ය. අංශු වෘත්තාකාර මාර්ගයක ගමන් කරවන්නේ ඒවායේ ගමන් මාර්ගයේ තැබූ චුම්බක සමූහයක් මඟිනි. සෑම චුම්බකයක් මඟින් ම අංශුවේ ගමන් මාර්ගය කුඩා කෝණයකින් හැරවෙයි. චුම්බක දෙකක් අතර, දුරෙහි අංශු ගමන් කරන්නේ සරල රේඛීය මාර්ගයක ය. ඒනිසා මේ අංශුවල මාර්ගය පරිපූර්ණ වෘත්තයක් නො වේ. එහෙත් වඩාත් වැදගත් වන්නේ අංශු එක ම මාර්ගයක නැවත නැවත ගමන් කිරීමයි. එසේ ගමන් කරන සෑම වටයක දී ම අංශුව ත්වරණය වෙයි. ඉතා කුඩා චාලක ශක්තියක් ඇතිව පටන් ගන්නා අංශුවක් වට ගණනාවක් ගමන් කළ පසු ඉතා විශාල ශක්තියක් අත් කර ගනියි.

විසඳු ගැටලුව :

පහත රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ චුම්බක ක්ෂේත්‍රයකට ඇතුළු වන ප්‍රෝටෝනයක ගමන් මාර්ග යයි. ප්‍රෝටෝනය ආලෝකයේ වේගයෙන් හරි අඩක වේගයෙන් ගමන් කරයි නම් ද, චුම්බක ක්ෂේත්‍රය 0.1T හා චුම්බක ක්ෂේත්‍රය පවතින ප්‍රදේශයේ දිග 1 m නම් ද, ප්‍රෝටෝනය හැරවෙන කෝණය ගණනය කරන්න.



© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

ස්‍රාව ඝනත්වය B වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් හරහා ඒ ක්ෂේත්‍රයට ලම්බක දිශාවකට v වේගයකින් ගමන් කරන q ආරෝපණයක් මත යෙදෙන බලයේ විශාලත්වය $F = qvB$ වන අතර, එහි දිශාව ෆ්ලෙමින්ගේ වමත් නීතියෙන් දෙනු ලැබෙයි. ඒ බලය සෑම විට ම ආරෝපණයේ ගමන් දිශාවට ලම්බක නිසා ආරෝපණයේ පථය වෘත්ත චාපයක් වෙයි.

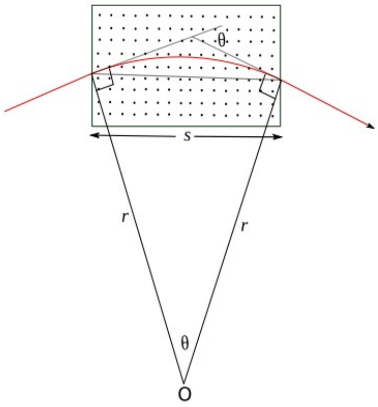
ඒ වෘත්තයේ අරය r නම්, වෘත්ත කේන්ද්‍රය දිශාවට ආරෝපණයේ ත්වරණය v^2/r වන අතර, නිව්ටන් නියමය යෙදීමෙන්, $qvB = m\frac{v^2}{r}$ ලෙස ලැබෙයි. මේ අනුව, වෘත්තයේ අරය $r = \frac{mv}{qB}$ මඟින් දෙනු ලැබෙයි.

ප්‍රෝටෝනයක වේගය 1.5×10^{8} m s^{-1} වන අතර, ස්කන්ධය 1.67×10^{-27} kg ද ආරෝපණය 1.6×10^{-19} C ද වෙයි. චුම්බක ක්ෂේත්‍රය 0.1T වෙයි. මේ අගයයන් ආදේශ කිරීමෙන්,

$$r = \frac{1.67\times10^{-27}\times1.5\times10^{8}}{1.6\times10^{-19}\times0.1}$$

$$= 15.65 \text{ m}$$

මීළගට ජ්‍යාමිතිය භාවිතයෙන්, ප්‍රෝටෝනය හැරෙන කෝණය සෙවීම සඳහා පහත රූපය සලකමු.



චුම්බක ක්ෂේත්‍රය තුළ අංශුව ගමන් ගන්නා මාර්ගය චාප කොටසක් වෙයි. ඒ චාප කොටස තුළ දී අංශුව හැරෙන කෝණය θ, ඒ චාප කොටස මඟින් කේන්ද්‍රය Oහි ආපාතනය කරන කෝණයට සමාන වෙයි. ඒ නිසා ,

$$\theta = 2\sin^{-1}\left(\frac{s}{2r}\right)$$
$$= 2\sin^{-1}\left(\frac{1}{2\times15.65}\right)$$
$$= 3.66^{\circ}$$

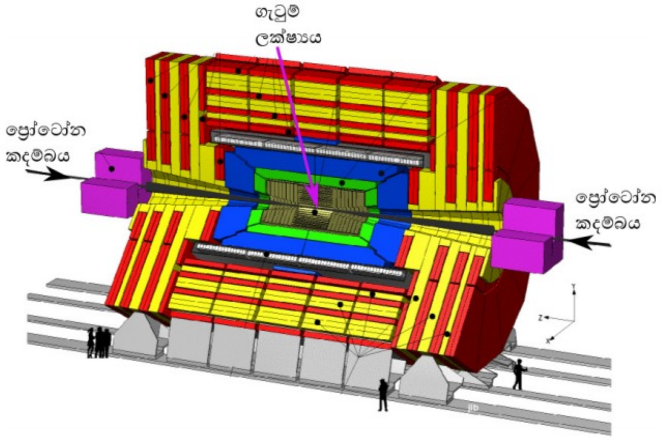
දැනට ලෝකයේ ඇති විශාලතම වෘත්තාකාර ත්වරකය, ස්විට්සර්ලන්තයේ ජිනිවා නගරය ආසන්නයේ පිහිටි න්‍යෂ්ටික පර්යේෂණ පිළිබඳ යුරෝපීය මධ්‍යස්ථානයේ (CERN) ඇති Large Hadron Collider (LHC) නමැති ත්වරකයයි. එය සාදා ඇත්තේ පොළොව මට්ටමේ සිට මීටර

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

100ක් පමණ පහළින් ඇති උමඟක් තුළ ය. එහි පරිධිය 26.7 kmක් වන අතර, එහි එකිනෙකට ප්‍රතිවිරුද්ධ දිශාවලට ගමන් කරන 14 TeV ශක්තියෙන් යුතු කදම්බ දෙකක් නිපදවෙයි. මේ ප්‍රෝටෝන කදම්බ ස්ථාන කිහිපයක දී ගැටෙන්නට සලස්වන අතර, ඒ ගැටුම්වල දී නිපදවෙන අංශු විවිධ අනාවරක භාවිතයෙන් අධ්‍යයනය කෙරෙයි.



7.7 රූපය- LHC ත්වරකයේ භාවිත වන අනාවරකයක්

7.7 රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ එවැනි සංකීර්ණ අනාවරකයකි. මේ ප්‍රෝටෝන කදම්බ දෙකෙන් එන ප්‍රෝටෝන එකිනෙකෙහි ගැටෙන ස්ථානය වට වන ආකාරයට සුදුසු උපකරණ සවි කර ඇත. මෙහි සිදු වන ගැටුම්වල දී නිපදවෙන විවිධ අංශුවල ශක්තිය, ගමන් මාර්ගය, ස්කන්ධය, ආරෝපණය ආදී ගුණ මැනීමට හැකි අනාවරක විශාල සංඛ්‍යාවකින් මේ උපකරණය සමන්විත ය. 7.7 රූපයේ පෙන්වා ඇති, CMS (Compact Muon Solenoid) නමින් හැඳින්වෙන අනාවරකයේ විෂ්කම්භය 15 mක් පමණ වන අතර, එහි ස්කන්ධය ටොන් 15කට ආසන්න වෙයි.

මෙවැනි අනාවරක නිර්මාණය කිරීම, ක්‍රියාත්මක කිරීම සහ එය උපයෝගී කර ගෙන ලබා ගන්නා දත්ත විශ්ලේෂණය සඳහා විශාල මුදලක් සහ ශ්‍රමයක් අවශ්‍ය වන නිසා මෙවැනි පර්යේෂණ සිදු කරන්නේ රටවල් ගණනාවක විද්‍යාඥයන් දහස් ගණනක සහභාගිත්වයෙනි. ස්විට්සර්ලන්තයේ හැරුණු විට වූ මූලික අංශු පිළිබඳ පර්යේෂණ සඳහා භාවිත වන මෙවැනි ත්වරක ලෝකයේ රටවල් ගණනාවක ඉදි කර ඇත.

7.5 මූලික අංශු

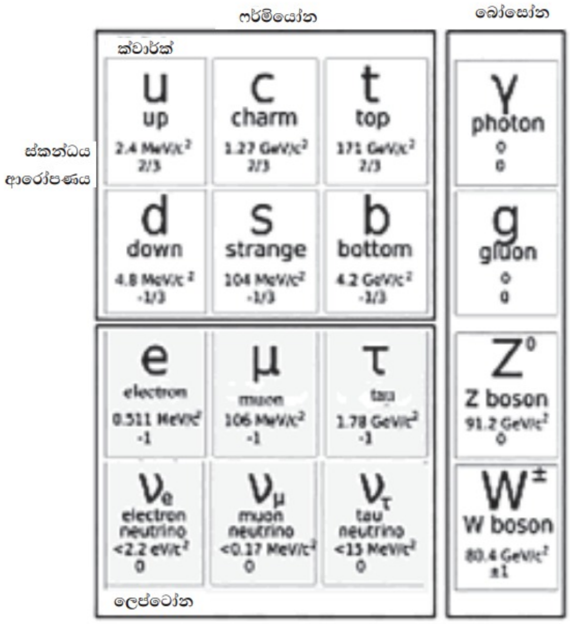
විද්‍යාවේ ඉතිහාසය සලකා බලන විට පදාර්ථය සෑදී ඇති මූලික අංශු පිළිබඳ සංකල්පය වරින් වර වෙනස් වී ඇති බව අපට දැකිය හැකි ය. ඩෝල්ටන්ගේ පරමාණුක වාදයෙන් කියවෙන්නේ පරමාණු තවදුරටත් බිඳිය නොහැකි මූලික අංශු බවයි. නමුත් විසිවන සියවස ආරම්භයේ දී, පරමාණුව සෑදී ඇත්තේ ඉලෙක්ට්‍රෝන සහ න්‍යෂ්ටිවවලින් බව විද්‍යාඥයන්ට අවබෝධ විය. ඉන් පසුව, න්‍යෂ්ටිය සෑදී ඇත්තේ ප්‍රෝටෝන සහ නියුට්‍රෝනවලින් බව සොයා ගැනිණි. මේ පිළිබඳ සිදු කරන ලද පර්යේෂණවල ප්‍රතිඵල ලෙස දැනට පිළිගත් ආකාරයට නියුට්‍රෝනය හා

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

ප්‍රෝටෝනය ද වඩාත් මූලික අංශු වර්ගවලින් සම්බන්ධ වී ඇත. පවතින මූලික අංශු 7.8 රූපයේ දැක්වෙයි. මේ සෑම අංශුවක් සඳහා ම එයට සම්පූර්ණයෙන් ප්‍රතිවිරුද්ධ වන ප්‍රති අංශුවක් ද ඇත.



7.8 රූපය - මූලික අංශු

මේ අංශු, මූලික ආකාර හතරකින් එකිනෙක අතර, අන්තර්ක්‍රියා සිදු කරයි. මේ ආකාර හතර නම්, ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය (gravitational force), විද්‍යුත් චුම්බක බලය (electromagnetic force), ප්‍රබල න්‍යෂ්ටික බලය (strong nuclear force) සහ දුර්වල න්‍යෂ්ටික බලය (weak nuclear force) ය.

සියලුම පදාර්ථ සෑදී ඇත්තේ ෆර්මියෝන (fermions) ලෙස හැඳින්වෙන අංශු වර්ගයෙනි. බෝසෝන (bosons) නමින් හැඳින්වෙන අංශු මූලික අන්තර් ක්‍රියා සඳහා මැදිහත්කාර අංශු ලෙස ක්‍රියා කරයි. උදාහරණයක් ලෙස, ස්ථිති විද්‍යුත් ආරෝපණ දෙකක් එකිනෙක අතර, ආකර්ෂණ හෝ විකර්ෂණ බලය ඇති කරන්නේ ඒ ආරෝපණ අතර, ෆෝටෝන හුවමාරු කර ගැනීමෙනි. ප්‍රබල න්‍යෂ්ටික බලය සඳහා මැදිහත්කාර අංශුව ලෙස ග්ලූඕනය (gluon) ක්‍රියා කරයි. W සහ Z බෝසෝන දුර්වල න්‍යෂ්ටික බලය රැගෙන යන මැදිහත්කාර අංශු වෙයි.

ෆර්මියෝන වර්ග දෙකක් ඇත. ඒවා නම් ලෙප්ටෝන (leptons) සහ ක්වාර්ක් (quarks) ය. ඉලෙක්ට්‍රෝනය ෆර්මියෝන ගණයට අයත් වන අතර, ප්‍රෝටෝන සහ නියුට්‍රෝන සෑදී ඇත්තේ ක්වාර්ක් තුනක් එකතු වීමෙනි. ක්වාර්ක් අංශුවල වැදගත් ලක්ෂණයක් වන්නේ, ඒවායේ ආරෝපණයේ විශාලත්වය ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ආරෝපණයෙන් 1/3ක් හෝ 2/3ක් වීම ය.

ප්‍රෝටෝනය සෑදී තිබෙන්නේ ආරෝපණය +2/3 වන u ක්වාර්ක් අංශු දෙකක් සහ ආරෝපණය -1/3 වන d ක්වාර්ක් අංශු එකක් එකතු වීමෙනි. මේ අනුව ප්‍රෝටෝනයේ ආරෝපණය +1 වෙයි. නියුට්‍රෝනය සෑදී තිබෙන්නේ u ක්වාර්ක් අංශු එකක් සහ d ක්වාර්ක් අංශු දෙකක් එකතු වීමෙනි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

ඒ නිසා නියුට්‍රෝනයේ ආරෝපණය ශුන්‍ය වෙයි. මේ අනුව, අපට විශ්වයේ දකින්නට ලැබෙන වැඩි ම පදාර්ථ ප්‍රමාණයක් සෑදී තිබෙන්නේ u සහ d ක්වාර්ක් සහ ඉලෙක්ට්‍රෝනවලිනි. අනෙක් සියලුම මූලික අංශු නිරීක්ෂණය කළ හැකි වන්නේ අන්තරීක්ෂ කිරණ සහ අධිශක්ති අංශු අතර, ගැටුම් ආදියේ පමණකි.

මේ හැරෙන්නට අනෙකුත් ක්වාර්ක් හෝ ප්‍රතික්වාර්ක් තුනක් එකතු වීමෙන් විවිධ අංශු විශාල ගණනක් සෑදී ඇත. ක්වාර්ක් සැම විට ම පවතින්නේ තවත් ක්වාර්ක් අංශු සමඟ බැඳී සංයුක්ත අංශු ලෙස ය. එසේ නැතිව තනිව ම පවතින ක්වාර්ක් අංශු මෙතෙක් පරීක්ෂණාත්මකව නිරීක්ෂණය කර නැත.

7.6 මූලික බල

ඉහත සඳහන් කළ ආකාරයට, අප දන්නා පරිදි ස්වභාව ධර්මයේ අන්තර් ක්‍රියා සිදු වන මූලික බල හතරක් ඇත. එයින් අපට වඩාත් ම හුරුපුරුදු බලය වන්නේ ගුරුත්වාකර්ෂණ බලයයි. එහෙත් එය අනෙක් බල තුනට ම වඩා දුර්වල බලයකි. ඔබ හොඳින් දන්නා පරිදි ගුරුත්වාකර්ෂණ බල ඇති වන්නේ ස්කන්ධ අතරය. යම් ස්කන්ධයක් නිසා ඇති වන ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය අනන්තය දක්වා විහිදේ.

විද්‍යුත් චුම්බක බලය රඳා පවතින්නේ විද්‍යුත් ආරෝපණ මත ය. නිශ්චලව පවතින ආරෝපණ අතර, ස්ථිති විද්‍යුත් බල ඇති වන අතර, චලනය වන ආරෝපණ නිසා චුම්බක බල ඇති වෙයි. මේ නිසා අප ස්ථිති විද්‍යුත් බල සහ චුම්බක බල සලකන්නේ විද්‍යුත් චුම්බක බලය නමැති එකම බලයක ආකාර දෙකක් ලෙස ය. විද්‍යුත් චුම්බක බලය ද අනන්තය දක්වා විහිදෙන බලයකි.

ප්‍රබල න්‍යෂ්ටික බලය යනු න්‍යෂ්ටියක් තුළ ප්‍රෝටෝන සහ නියුට්‍රෝන එකිනෙකට බැඳ තබන බලයයි. ප්‍රෝටෝන දෙකක් අතර, නියුට්‍රෝන දෙකක් අතර හෝ ප්‍රෝටෝනයක් සහ නියුට්‍රෝනයක් අතර, ප්‍රබල න්‍යෂ්ටික බලය එක ම ආකාරයකට ක්‍රියා කරයි. මූලික බල හතර අතුරින් වඩාත්ම ප්‍රබල බලය, ප්‍රබල න්‍යෂ්ටික බලයයි. ඒ නිසා න්‍යෂ්ටියක් තුළ ප්‍රෝටෝන ගණනාවක් තිබෙන විට, ප්‍රෝටෝන අතර, පවතින විද්‍යුත් විකර්ෂණය මැඩ පවත්වා ප්‍රෝටෝන න්‍යෂ්ටියට තදින් බැඳ තැබීමට ප්‍රබල න්‍යෂ්ටික බලයට හැකියාව ඇත. එහෙත් එම බලයේ පරාසය ඉතා කුඩා ය.

එනම් ප්‍රෝටෝන හෝ නියුට්‍රෝන අතර, ප්‍රබල න්‍යෂ්ටික බලය ඇති වන්නේ ඒ අංශු න්‍යෂ්ටික විෂ්කම්භයේ (10^{-15} m පමණ) ප්‍රමාණයේ හෝ ඊට අඩු දුරකින් පිහිටන්නේ නම් පමණකි.

දුබල න්‍යෂ්ටික බලය ගුරුත්වාකර්ෂණ බලයට වඩා ප්‍රබල නමුත් අනෙක් බල දෙකට ම වඩා දුර්වල ය. එහි පරාසය ද 10^{-18} m තරම් කුඩා ය. එහි දුර්වලත්වය නිසා ඒ බලයේ බලපෑම අපට එතරම් පහසුවෙන් දක්නට ලැබෙන්නේ නැත. විකිරණශීලතාවේ දකින්ට ලැබෙන බීටා ක්ෂය වීම දුබල න්‍යෂ්ටික බලය නිසා සිදු වන සංසිද්ධියක් ලෙස හඳුනා ගෙන ඇත. එය දුර්වල බලයක් වුව ද සූර්යාගේ ක්‍රියාකාරීත්වයට බීටා ක්ෂය වීම ඉතා වැදගත් නිසා අපගේ පැවැත්මට දුබල න්‍යෂ්ටික බලය අත්‍යවශ්‍ය බලයකි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

7.1 වගුවේ මූලික බල සන්සන්දනය කර ඇත.

වගුව 7.1 මූලික බල සංසන්දනය

බලය	සාපෙක්ෂ ප්‍රබලතාව	ක්‍රියාත්මක වන්නේ කුමක් මත ද?	පරාසය	බලය යෙදෙන අවස්ථා
ප්‍රබල බලය	1	ක්වාර්ක්	10^{-15} m	න්‍යෂ්ටිය තුළ ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝන එකට පවත්වා ගැනීම
විද්‍යුත් චුම්බක බලය	$\frac{1}{100}$	විද්‍යුත් ආරෝපණ	අනන්තයි	පරමාණු එකට පවත්වා ගැනීම
දුබල බලය	10^{-4}	ලෙප්ටෝන හා ක්වාර්ක්	10^{-18} m	විකිරණශීල ක්ෂය වීම
ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය	10^{-39}	සියලු ස්කන්ධ	අනන්තයි	සෞරග්‍රහ පද්ධතිය එකට පවත්වා ගැනීම

අභ්‍යාස

1. මූලික අංශු යනුවෙන් අදහස් කරන්නේ කුමක් ද?
2. ක්වාර්ක්වලට භාගික ආරෝපණ (fractional charges) ඇත. නියුට්‍රෝනය සෑදී ඇත්තේ ක්වාර්ක් තුනකින් ය. එය ආරෝපණයක් නොදක්වයි. පැහැදිලි කරන්න.
3. පහත දැක්වෙන අංශුවලින් කවරක් මූලික අංශු ලෙස සැලකේ ද?

   ඉලෙක්ට්‍රෝන, ප්‍රෝටෝන, නියුට්‍රෝන, ක්වාර්ක්
4. (a) ප්‍රෝටෝනය, (b) නියුට්‍රෝනය සඳහා ක්වාර්ක් සංයුතිය ලියන්න.
5. පහත සඳහන් අවස්ථාව සඳහා මුළු ආරෝපණය ලියන්න.

   u ක්වාර්ක් තුනක් හා d ක්වාර්ක් තුනක්

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

පරිශීලන ග්‍රන්ථ

දිසානායක, එල්. (2009). *පදාර්ථ හා විකිරණ - හය වන මුද්‍රණය,* සඳුනි ඔෆ්සෙට් ප්‍රින්ටර්ස්, පේරාදෙණිය.

Breithaupt, J. (2001). *Key Science: Physics–Third Edition.* Nelson Thornes Ltd, Cheltenham, UK.

Breithaupt, J. (2003). *Understanding Physics For Advanced Level - Fourth Edition.* Nelson Throne, Cheltenham, UK.

Bruno, R. (1993). *Cosmic Rays – Tenth Edition*. McGraw-Hill, University of Bolagna, USA.

Cutnell, J. D., Kenneth, W. J. (2009). *Introduction to Physics – Sixth Edition.* John Wiley & Sons, Southern Illinois University, Carbondale, USA.

Muncaster, R. (1993). *A-level Physics- Fourth Edition*. Stanley Thornes (Publishers) Ltd, Cheltenham, UK.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

උප ග්‍රන්ථය I : පදාර්ථ හා විකිරණ ආශ්‍රිත ව යෙදෙන මූලික නියත

	සංකේතය	අගය සහ ඒකකය
ඇවගාඩ්රෝ නියතය	N_A	$= 6.022 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$
මවුලික වායු නියතය	R	$= 8.314\ \text{J K}^{-1}\ \text{mol}^{-1}$
බෝල්ට්ස්මාන් නියතය	k	$= 1.381 \times 10^{-23}\ \text{J K}^{-1}$
ස්ටෙෆාන් නියතය	σ	$= 5.670 \times 10^{-8}\ \text{W m}^{-2}\ \text{K}^{-4}$
ගුරුත්වාකර්ෂණ නියතය	G	$= 6.672 \times 10^{-11}\ \text{N m}^{2}\ \text{kg}^{-2}$
නිදහස් අවකාශයේ පාරවේද්‍යතාව	ε_0	$= 8.854 \times 10^{-12}\ \text{F m}^{-1}$
රික්තයක් තුළ දී ආලෝකයේ වේගය	c	$= 2.998 \times 10^{-8}\ \text{m s}^{-1}$
ප්ලාන්ක් නියතය	h	$= 6.626 \times 10^{-34}\ \text{J s}$
ඉලෙක්ට්‍රෝනික ආරෝපණය	e	$= 1.602 \times 10^{-19}\ \text{C}$
ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ විශිෂ්ට ආරෝපණය	e/m	$= 1.759 \times 10^{11}\ \text{C kg}^{-1}$
ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ස්කන්ධය	m_e	$= 9.109 \times 10^{-31}\ \text{kg}$
ප්‍රෝටෝනයේ ස්කන්ධය	m_p	$= 1.673 \times 10^{-27}\ \text{kg}$
නියුට්‍රෝනයේ ස්කන්ධය	m_n	$= 1.675 \times 10^{-27}\ \text{kg}$
පරමාණුක ස්කන්ධ ඒකකය	1 u	$= 1.661 \times 10^{-27}\ \text{kg}$
නිදහස් අවකාශයේ පාරගම්‍යතාව	μ_0	$= 4\pi \times 10^{-7}\ \text{H m}^{-1}$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.