

අ.පො.ස. (උසස් පෙළ)

හෙළුතික විද්‍යාව

13 ගේනීය  
සම්පත් පොත  
11 වන ඒකකය

පදාර්ථ හා විකිරණ

© 2020 ජාතික අධ්‍යක්ෂණ ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

විද්‍යා දෙපාර්තමේන්තුව  
විද්‍යා හා ත්‍යැග්‍යාලා පිළිය  
ජාතික අධ්‍යක්ෂණ ආයතනය  
[www.nie.lk](http://www.nie.lk)

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

ජාතික විද්‍යාව  
සම්පන් පොත  
පදාර්ථ හා විකිරණ  
11 වන ඒකකය

13 ලේඛීය

© ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය  
පළමු මූල්‍ය - 2021

විද්‍යා දෙපාර්තමේන්තුව  
විද්‍යා හා තාක්ෂණ පියාය  
ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය  
[www.nie.lk](http://www.nie.lk)

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

මූල්‍ය : මූල්‍යාලය  
ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය  
මහරගම

## අධ්‍යාපන ජනරාල් ප්‍රතිච්ඡාලය

අධ්‍යාපනයේ ඉණාන්මකහාවය 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 ගෞනීවල විෂය නිරද්‍යාය සහ ගුරු අත්පොත් මගින් යෝජන ඉගෙනුම - ඉගැන්වීම් ක්‍රියාවලිය සාර්ථකව ක්‍රියාත්මක කිරීම සඳහා සහාය කර ගනු පිණිස අතිරේක සම්පත් පොත ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය විසින් සකස් කර ඇත.

මේ ගුන්දය මගින් විෂය නිරද්‍යායට අදාළ විෂය කරුණු සැපයීම ඔස්සේ විෂය සන්ධාරය ඉගෙනීමට සිපුන්ට ද පහසුකම් සැපයෙනු ඇත.

මේ පොත සම්පාදනය කිරීමට සම්බන්ධ වූ ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනයේ කාර්ය මණ්ඩලයට හා බාහිර විෂය විශේෂයන්ට මාතේ කෘතයාව පළ කරමි.

ආචාර්ය සුනිල් ජයන්ත නවරත්න

අධ්‍යක්ෂ ජනරාල්

ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය

මහරගම

## අධ්‍යාපක ප්‍රතිචාරය

2017 වර්ෂයේ සිට ශ්‍රී ලංකාවේ සාමාන්‍ය අධ්‍යාපන පද්ධතියේ අ.පො.ස. (උසස් පෙළ) සඳහා තර්කිකරණයට ලක් කළ නව විෂයමාලාවක් කිරීමකි. මේ කාර්යයේ දී අ.පො.ස. (උසස් පෙළ) රසායන විද්‍යාව, හොතික විද්‍යාව හා ජ්‍යවිද්‍යාව යන විෂයවල විෂය සන්ධාරයේන්, විෂය ආකෘතියේන්, විෂයමාලා ද්‍රව්‍යවලත් යම් යම් සංශෝධන සිදු කළ අතර, එට සමගාමීව ඉගෙනුම්-ඉගැන්වීමේ ක්‍රමවේදයේන්, ඇගයීම් හා තක්සේරුකරණයේන් යම් යම් වෙනස්වීම් අපේක්ෂා කරන ලදී. විෂයමාලාවේ අඩංගු විෂය කරුණුවල ප්‍රමාණය විශාල වශයෙන් අඩු කරන ලද අතර, ඉගෙනුම්-ඉගැන්වීමේ අනුකූලයේ යම් යම් වෙනස්වීම් ද සිදු කරනු ලැබේ ය. පැවති විෂයමාලා ද්‍රව්‍යයක් වූ ගුරු මාර්ගෝපදේශ සංග්‍රහය වෙනුවට ගුරු අත්පොතක් හඳුන්වා දෙන ලදී.

උසස් පෙළ විද්‍යා විෂය සඳහා ඉංග්‍රීසි හාජාවෙන් සම්පාදිත අන්තර්ජාතික වශයෙන් පිළිගත් ගුන්ථ පරිශීලනය කිරීම පසුගිය විෂයමාලා කිරීමක් කිරීමේ දී අක්‍රමය විය. එහෙත් විවිධ පෙළපාත් හාවත් කිරීමේ දී පරස්පර විරෝධී විෂය කරුණු සඳහන් වීමත්, දේශීය විෂයමාලාවේ සීමා අඩ්‍යතා ගිය විෂය කරුණු ඒවායේ ඇතුළත් විමත් නිසා ගුරුහවතුන්ට හා සිපුන්ට එම ගුන්ථ පරිහරණය පහසු වූයේ නැත. මේ ගුන්ථය ඔබ අතට පත් වන්නේ ඒ අවශ්‍යතාව සපුරාලීමට ගත් උත්සාහයක ප්‍රතිඵලයක් ලෙස ය.

එබැවින් මේ ගුන්ථය මගින් දේශීය විෂයමාලාවේ සීමාවලට යටත්ව සිය මුළුභාවෙන් අදාළ විෂය සන්ධාරය පරිහරනය කිරීමට සිපුන්ට අවස්ථාව සලසා ඇත. එමෙන් ම විවිධ ගුන්ථ, අතිරේක පත්ති වැනි මූලාශ්‍රවලින් අවශ්‍ය තොරතුරු ලබා ගැනීම වෙනුවට විෂයමාලාව මගින් අපේක්ෂා තොරතුරු ගුරුහවතුන්ට හා සිපුන්ට නිවැරදිව ලබා ගැනීමට මේ ගුන්ථය උපකාරී වනු ඇත.

විෂය සම්බන්ධ විශ්වවිද්‍යාල ආචාර්යවරුන් හා ගුරුහවතුන් විසින් සම්පාදිත මේ ගුන්ථය ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනයේ විෂයමාලා කම්ටුවෙන් ද අධ්‍යයන මණ්ඩලයෙන් ද පාලක සභාවෙන් ද අනුමැතිය ලබා ඔබ අතට පත් වන බැවින් ඉහළ ප්‍රමිතියෙන් යුතු බව නිරද්‍යු කළ හැකි ය.

ආචාර්ය එ.ඩී. ආසෝක ද සිල්වා  
අධ්‍යක්ෂ  
විද්‍යා දෙපාර්තමේන්තුව  
ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය

## අනුගාසකත්වය

රංජන් පද්මසිරි මයා  
නියෝගීතා අධ්‍යක්ෂ ජනරාල්  
විද්‍යා හා තාක්ෂණ පියිය, ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය

## මෙහෙයවීම

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

© 2020 ජාතික අධ්‍යක්ෂණ ආයතනය විශ්වාස මෙහෙයුම් මෙහෙයුම් මෙහෙයුම්

### සංස්කරණය

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| ඩී. මලවිපතිරණ මයා             | - ජේජ්ජේ ක්ලීකාවාර්ය, ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය |
| ආචාර්ය එම්. එල්. එස්. එයතිස්ස | - සහකාර ක්ලීකාවාර්ය, ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය  |
| ආර්. ඩී. අමරසිංහ මෙණවිය       | - සහකාර ක්ලීකාවාර්ය, ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය  |
| ආර්. එන්. එන්. විරසිංහ මිය    | - සහකාර ක්ලීකාවාර්ය, ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය  |

### විෂය උපදේශනය

- |   |   |
|---|---|
| ආචාර්ය එම්. කේ. ජයනන්ද                                | - හොඳික විද්‍යා අධ්‍යයනාංශය, කොළඹ විශ්වවිද්‍යාලය  |
| ආචාර්ය එස්. ආර්. ඩී. රෝසා                             | - හොඳික විද්‍යා අධ්‍යයනාංශය, කොළඹ විශ්වවිද්‍යාලය  |
| ආචාර්ය වි. ඩිවකුමාර්                                  | - හොඳික විද්‍යා අධ්‍යයනාංශය, පේරාදෙණිය විශ්වවිද්‍යාලය   |
| ආචාර්ය බී. එම්. කේ. පේමසිරි ඩී. ඩී. එල්. ඩියන්විල මයා | - හොඳික විද්‍යා අධ්‍යයනාංශය, පේරාදෙණිය විශ්වවිද්‍යාලය<br>- ප්‍රධාන කොමිෂන්සිංහ, ගුරු අධ්‍යාපන ඒකකය,<br>අධ්‍යාපන අමාත්‍යාංශය |

### රචනය

- |                     |  |
|---------------------|--|
| බී. ඩී. නිලකරණන මයා | - හිටපු හි ලංකා අධ්‍යාපන පරිපාලන සේවය<br>හිටපු ව්‍යාපෘති නිලධාරී, ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය |
|---------------------|--|

### භාෂා සංස්කරණය

- |   |  |
|---|--|
| - | ජයන් පියදුසුන් මයා<br>ප්‍රධාන උප කර්තා - සිල්මිණ, ලේක්ඛනවිස් |
|---|--|

### පිටුවැස්ම හා

- |                    |  |
|--------------------|--|
| පරිගණක වදන් සැකසුම | - ආර්. ආර්. කේ. පතිරණ මිය<br>ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය<br>ඩී. එම්. ඉරේෂා රංගනා දිසානායක මිය<br>ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය |
|--------------------|--|

### විවිධ සභාය

- |   |                           |                        |
|---|---------------------------|------------------------|
| - | එම්. වැලිපිටිය මයා        | - ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය |
| - | චිං. ඩී. ඩී. විරවර්ධන මිය | - ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය |

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

## පටුන

පටු

01.	විකිරණයේ ක්වොන්ටම් ස්වභාවය	
1.1	තාප විකිරණය	1
1.2	තාප විකිරණයේ මූලික ලක්ෂණ	2
1.3	වස්තු අතර තාප සම්බුද්ධතාව	3
1.4	කාෂේන වස්තු විකිරණය	5
1.5	වින් විස්පාපන නියමය	7
1.6	ස්වෙගාන් නියමය	7
1.7	පෘථියක විමෝශකතාව	8
1.8	පෘථියක අවශ්‍යකතාව	8
1.9	කාෂේන වස්තු විකිරණයේ තීවුණා ව්‍යාප්තිය පැහැදිලි කිරීම	10
02.	ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය	
2.1	ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණ සංසිද්ධිය	17
2.2	ප්‍රකාශ කේළයක් මගින් ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය ආදර්ශනය	18
03.	පදාර්ථයේ තරංග ස්වභාවය	
3.1	හැඳින්වීම	29
3.2	පදාර්ථ තරංග සඳහා ඩී බොග්ලී සම්බන්ධතාව	30
3.3	ඉලෙක්ට්‍රොන් විවරණය	33
3.4	X - කිරණවලින් සිදුවන විවරණය	33
3.5	ඉලෙක්ට්‍රොන් අන්වීක්ෂය	34
04.	X - කිරණ	
4.1	කැනෙක්බ කිරණ	37
4.2	X - කිරණ	38
05.	විකිරණයිලතාව	
5.1	හැඳින්වීම	45
5.2	$\alpha$ , $\beta$ සහ $\gamma$ - විකිරණ	45
5.3	විකිරණයිල ක්ෂය විම	48
5.4	විකිරණයිල සමස්පානික	49
5.5	$\alpha$ - විමෝශනය ( $\alpha$ - ක්ෂය විම)	49
5.6	$\beta$ - විමෝශනය ( $\beta$ - ක්ෂය විම)	50
5.7	$\gamma$ - විමෝශනය ( $\gamma$ - ක්ෂය විම)	51
5.8	විකිරණයිල නියුක්ලයිඩ්	52
5.9	විකිරණයිල පෘථිකරණ නියමය	53
5.10	විකිරණයිල මූල්‍යව්‍යයක ස්ක්‍රියතාව (A)	55
5.11	විකිරණයිල කාල නිර්ණය හෙවත් කාලන් දිනයුම්	56
5.12	විකිරණ මැනීමේ ඒකක	57

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

5.13 විකිරණ උපදාව	58
5.14 විකිරණ අනාවරක	59
<b>06. න්‍යාෂේෂික ගක්තිය හා එහි හාවිත</b>	
6.1 පරමාණුක ව්‍යුහය	65
6.2 සමස්ථානික	66
6.3 න්‍යාෂේෂික ඒකක	67
6.4 රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවල දී හා න්‍යාෂේෂික ප්‍රතික්‍රියාවල දී නිකුත් වන ගක්ති	68
6.5 ස්කන්ද ගක්ති තුළුණාව	68
6.6 ස්කන්ද දේශීලය හා න්‍යාෂේෂික බන්ධන ගක්තිය	69
6.7 න්‍යාෂේෂික විබැංචිනය	70
6.8 න්‍යාෂේෂික විලයනය	76
6.9 න්‍යාෂේෂික විබැංචිනය හා න්‍යාෂේෂික විලයනය පිළිබඳ සන්සන්දනාත්මක විමුදුමක්	77
<b>07. පදාර්ථයේ මූලික සංසටක හා ඒවායේ අන්තර්ක්‍රියා</b>	
7.1 භැඳින්වීම	80
7.2 පරමාණුවක ව්‍යුහය	80
7.3 අන්තරික්ෂ කිරණ	82
7.4 අංශු ත්වරක	83
7.5 මූලික අංශු	88
7.6 මූලික බල	90
පරිදිලන ගුන්ස්	92
උපග්‍රන්ථය I : පදාර්ථ හා විකිරණ ආග්‍රිතව යෙදෙන මූලික නියත	93

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

## පළමුවන පරිච්ඡේදය

# විකිරණයේ ක්වොන්ටම් ස්වභාවය

## Quantum Nature of Radiation

### 1.1 තාප විකිරණය (Thermal radiation)

අප දත්තා පරිදි සන්නයනයෙන් හා සංවහනයෙන් තාප සංක්‍රාමණය සඳහා පදාර්ථමය මාධ්‍යයක් අවශ්‍ය වේ. එහෙත් නිරතුව ම සූර්යාගේ සිට අතිමහත් තාප ගක්ති ප්‍රමාණයක් පදාර්ථවලින් තොර වූ හිස් අවකාශය මස්සේ  $1.49 \times 10^{11}$  m පමණ දුරක් ගෙවා පාලීවිය වෙත ලැබා වේ. මෙලෙස කිසියම් පදාර්ථමය මාධ්‍යයක සහභාගිත්වයකින් තොරව ගක්තිය සම්පූෂ්ණය විමෝ ක්‍රියාවලිය 'තාප විකිරණය' නම් වේ.

සියලු වස්තු තාප විකිරණ විමෝවනය සිදු කරයි. වස්තුවක උණුසුම වැඩි වන විට ඒ වස්තුවෙන් තත්පරයක දී ඉවතට ගලා යන ගක්ති ප්‍රමාණය ද වැඩි වේ. අප ගිනිමැලයක් ආසන්නයේ සිටින විට එහි උණුසුම දැනෙන්නේ විකිරණය මගින් සිදු වන තාප සංක්‍රාමණය මගිනි. සංවහනය මගින් සිදු වන තාප සංක්‍රාමණය නොහිතිය හැකි තරම් කුඩා වන්නේ වාය කුසන්නායකයක් වන බැවිනි. සංවහනය මගින් පහළට හෝ පැතිවලට තාප සංක්‍රාමණය සිදු නො වේ.

සූත්‍රිකා බල්බයින් නිකත් වන දැඟා ආලේකය හා තාපය සංක්‍රාමණය වන්නේ ප්‍රධාන වශයෙන් විකිරණ වශයෙනි. බල්බය තුළ තිබෙන වංස්වන් සූත්‍රිකාව රන් වී ග්‍රවිත තප්ත වූ විට ඉන් දැඟා ආලේකය හා තාපය විකිරණ බල්බය තුළ වූ රික්තය හරහා ඉවතට සංක්‍රාමණය වේ. සූර්යාගෙන් අප වෙත ලැබෙන විකිරණවලින් 47%ක් පමණ දැඟා ආලේකය ලෙසින් ද 45%ක් පමණ අධ්‍යාරක්ති විකිරණ ලෙසින් ද 8%ක් පමණ පාර ජම්බුල විකිරණ ලෙසින් ද පවතී.



1.1 රුපය ජේම්ස් ක්ලාක් මැක්ස්වල්

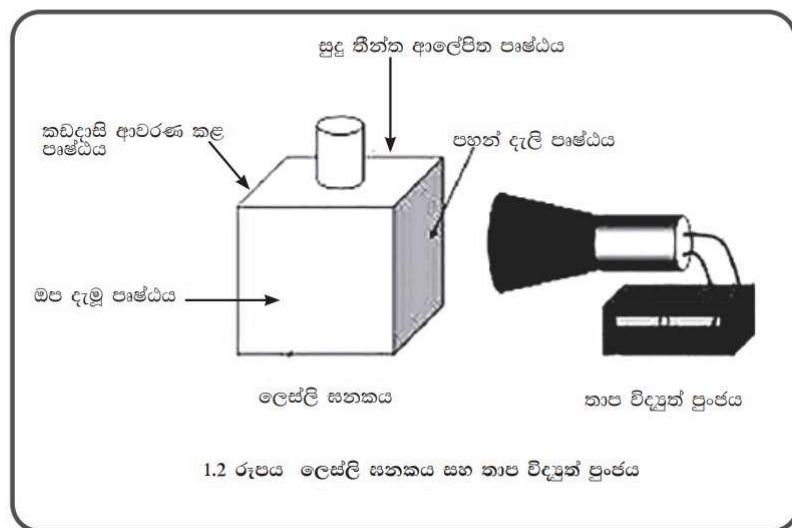
දැඟා ආලේකය, අධ්‍යාරක්ත හා පාරජම්බුල විකිරණ විද්‍යාත් වූම්බක වර්ණාවලියේ සංරවක බව 1862 දී ජේම්ස් ක්ලාක් මැක්ස්වල් (James Clark Maxwell) නමැති විද්‍යාඥයා විසින් පෙන්වා දෙන ලදී. සන්නායකයක් මස්සේ ගලන විද්‍යාත් බාරාවක් විවෘතය වන විට සන්නායකයෙන් ඉවතට විද්‍යාත් වූම්බක තරංග විකිරණය වන බව ඔහුගේ වැදගත් සොයා ගැනීමක් විය. වෙනත් ආකාරයකින් සඳහන් කරනවා නම්, ආරෝපිත අංශ ත්වරණයට හෝ මන්දනයට හාජනය විමෙන් විද්‍යාත් වූම්බක තරංග උපදාවා ගත හැකි ය.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

## 1.2 තාප විකිරණයේ මූලික ලක්ෂණ

උණුසුම් වස්තුවක උෂ්ණත්වය හේතුවෙන් විදුත් වුම්බක විකිරණ විමෝචනය විම තාප විකිරණ ලෙස හැඳින්වේයි.

- තාප විකිරණ ප්‍රවාරණය විමට පදාර්ථමය මාධ්‍යකක් අවශ්‍ය නොවේ.
- නිදහස් අවකාශය කුළ දී ආලේපයේ වෙශයට සමාන වෙශයකින් ගමන් ගනී.
- එවා ඔප දැමු පෘෂ්ඨවලින් පරාවර්තනයට හාජනය වන අතර, පරාවර්තන නියම පිළිපදී.
- වෙනස් මාධ්‍ය තුළින් ගමන් කිරීමේ දී වර්තනය විම සිදු වේ.
- විකිරණවල තීවුණාව තාප ප්‍රහාරයේ සිට ඇති දුරේ වර්ගයට ප්‍රතිලොම් වශයෙන් සමානුපාතික වේ.



© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

රත්වු වස්තුවකින් තාපය විමෝචනය විමේ දිසුනාව ප්‍රධාන වශයෙන් මතු සඳහන් සාධක මත රදා පවතී.

- වස්තුවේ උෂ්ණත්වය
- වස්තුවේ පෘෂ්ඨයේ ස්වභාවය
- වස්තුවේ පෘෂ්ඨ වර්ගලීය

මේ සාධක ආදර්ශනය සඳහා 1.2 රුපයේ පෙන්වා ඇති ලෙස්ලි සනකය හා තාප විදුත් ප්‍රංශය (thermopile) යොදාගත හැකි ය. ලෙස්ලි සනකයක් යනු වෙනස් පෘෂ්ඨවල තාප විමෝචකතා සැපැදීම සඳහා භාවිත කරන, ඇතුළත ක්‍රහරයක් සහිතව ලෝහයකින් තැනු සනකයකි. තාප විදුත් ප්‍රංශය භාවිත කරන්නේ ලෙස්ලි සනකයේ එක් එක් මූලුණතෙන් සිදු වන තාප විකිරණ දිසුනාව මැන ගැනීම සඳහා ය. එය සාදා ඇත්තේ තාප විදුත් යුතුම කිහිපයක් ග්‍රෑන්ඩත්ව සම්බන්ධ කිරීමෙනි.

ලේස්ලි සනකයේ සිරස් මූහුණත් තුනක් පහන් දැලී, සුදු නින්ත හා කඩිදාසිවලින් ආවරණය කර, ඉතිරි සිරස් මූහුණත ලොඳින් ඔප දමා ඇතැයි සිනමු. දැන් සනකය නවන ජලයෙන් පුරවා, එහි එක් එක් මූහුණත ඉදිරියේ එක ම දුරකින් තාප විද්‍යුත් ප්‍රංශය තබා එහි සටහන් වන ගැල්වනේම්ටර පාඨාංකය අනුව එක ම උෂ්ණත්වයක පවත්නා පෘෂ්ඨ හතර අතුරින් වැඩියෙන් ම තාපය විකිරණය වන්නේ පහන් දැලී තැවරු පෘෂ්ඨයෙන් බවත්, අඩුම තාප විකිරණය සිදු වන්නේ ඔප දැමු පෘෂ්ඨයෙන් බවත් නිරික්ෂණය කළ හැකි ය.

සර්වසම පෘෂ්ඨවලින් යුත් විවිධ ප්‍රමාණයේ ලේස්ලි සනක කිහිපයක් ගෙන, ඒවා සියලුලට නවන ජලය පුරවා ඉහත පරික්ෂණය නැවත සිදු කිරීමෙන් ලැබෙන නිරික්ෂණ මගින් විකිරණය වන ශිසුතාව පෘෂ්ඨය වර්ගත්තය මත රඳා පවතින බව ද පැහැදිලි වේ. ලේස්ලි සනකයට විවිධ උෂ්ණත්වවල පවතින උණු ජලය පුරවා පරික්ෂණය නැවත සිදු කළ විට විකිරණය වන ශිසුතාව එහි උෂ්ණත්වය මත ද රඳා පවතින බව නිරික්ෂණය කළ හැකි ය.

### ක්‍රූක්ස් විකිරණමානය (Crooke's radiometer)

මෙය තාප විකිරණය ආදර්ශනය කිරීම සඳහා හාටිත කරනු ලබන උපකරණයකි. සිරස් මයිකා (mica) පෙනී හතරකින් යුත්ත කඩා සුලං යහක් (wind mill) සිරස් අක්ෂයක් වටා ප්‍රමාණය විය හැකි වන පරිදි විදුරු බල්බයක් තුළ නාංචා ඇත. මේ බල්බය තුළ අඩු පිඩිනයක් සහිත වාතය අන්තර්ගත වේ. කළ පෘෂ්ඨය ඔප දැමු පෘෂ්ඨයට වඩා වැඩියෙන් විකිරණ අවශ්‍යක්ෂණය කර ගැනීම නිසා, එය ඔප දැමු පෘෂ්ඨයට වඩා හැම විට ම උණුසුම් පවතී. කළ මූහුණත මත ගැවෙන වායු අණු පොලා පනින (rebound) මධ්‍යනා ප්‍රවේශය වැඩි ය. එහි ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් අතී වන ප්‍රතික්ෂාව හේතුවෙන් ඔප දැමු පෘෂ්ඨය ඉදිරියෙන් සිටින ආකාරයට සුලං යන ප්‍රමාණය වේ.

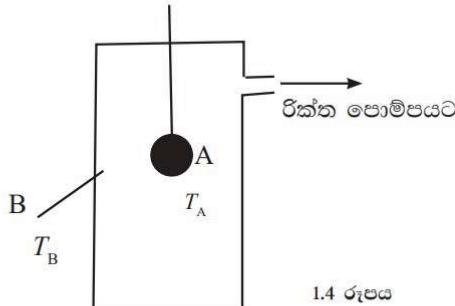


1.3 රුපය ක්‍රූක්ස් විකිරණමානය

### 1.3 වස්තු අතර තාප සමත්ලිතතාව

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

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.



1.4 රුපයේ පෙන්වා ඇත්තේ රික්ත පොම්පයකට සම්බන්ධ කිරීමෙන් රේවනය කරන ලද පෙට්ටියකි (B). මේ B පෙට්ටිය තුළ පරිවාරක තුළකින් A නමැති කුඩා වස්තුවක් එල්ලා ඇත. එහි උෂ්ණත්වය  $T_A$  වන අතර, පෙට්ටියේ බිත්ති වෙන්  $T_B$  නියන උෂ්ණත්වයක පවත්වා ගෙන ඇත. B පෙට්ටිය රේවනය කර ඇති බැවින් A හා B අතර, ගක්ති පුවමාරුව සිදු වන්නේ විකිරණය මගින් පමණි.  $T_A > T_B$  නම් A ගේ උෂ්ණත්වය  $T_B$  තෙක් පහළ බසි. එහෙත්  $T_A < T_B$  නම් A ගේ උෂ්ණත්වය  $T_B$  වන තෙක් ඉහළ නාමි. අවස්ථා දෙක් දී ම A, B ගේ උෂ්ණත්වයට පත් වී තාප පුවමාරුව නතර වන බවක් පෙන්.

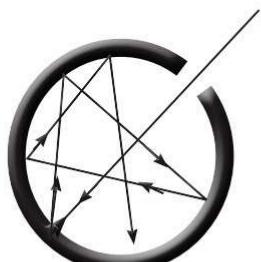
මේ නිරික්ෂණය (ප්‍රෙවාස්ට්‍රේග් කාප පුවමාරු වාද්‍ය) අනුව මේ අවස්ථා දෙකෙහි දී ම වස්තු දෙකෙන් ම තාප විකිරණ පිට වෙයි.  $T_A < T_B$  වන අවස්ථාවේ A වස්තුවෙන් පිට වන විකිරණය පුමාණයට වඩා B වස්තුවෙන් පිටවන විකිරණය පුමාණය වැඩි ය. ඒ නිසා සම්පූද්‍යක්ත තාප විකිරණය සිදු වන්නේ B සිට A වෙත ය. මේ හේතුවෙන් Aහි උෂ්ණත්වය ක්‍රමයෙන් ඉහළ යන අතර, ඒ සමගම A ගෙන් පිටවන විකිරණ පුමාණය ද ඉහළ යයි. Aහි උෂ්ණත්වය Bහි උෂ්ණත්වයට ලැඟා වූ පසුව, වස්තු දෙකෙන් ම පිට වන විකිරණ පුමාණය සමාන වීම නිසා සඳුල තාප පුවමාරුව ඉහා බවට පත් වී Aහි උෂ්ණත්වය ඉහළ යැම් නතර වෙයි.

$T_A > T_B$  වන අවස්ථාවේ A වස්තුවෙන් පිට වන විකිරණ පුමාණ B වස්තුවෙන් පිට වන විකිරණ පුමාණයට වඩා වැඩි ය. ඒ නිසා සම්පූද්‍යක්ත තාප විකිරණය සිදු වන්නේ A සිට B වෙත ය. එවිට Aහි උෂ්ණත්වය සහ A මගින් විකිරණය කරන තාප පුමාණය ක්‍රමයෙන් පහළ යයි. මෙහි දී ද, Aහි උෂ්ණත්වය Bහි උෂ්ණත්වයට ලැඟා වූ පසුව, වස්තු දෙකෙන් ම පිට වන විකිරණ පුමාණය සමාන වීම නිසා සඳුල තාප පුවමාරුව ඉහා බවට පත් වී Aහි උෂ්ණත්වය පහළ යැම් නතර වෙයි.

මේ අනුව යම් වස්තුවක උෂ්ණත්වය එය තබා ඇති පරිසරයේ උෂ්ණත්වයට සම වූ විට එම වස්තුව මගින් පරිසරයට විකිරණ වීමේ දිසුනාව, පරිසරය මගින් එම වස්තුව මත විකිරණ අවශ්‍යකය වීමේ දිසුනාවට සමාන වී ගනික සමතුලිතකාවකට පත් වෙයි. තාප පුවමාරුව ඉදිරියටත් සිදු වන අතර, එහි දිසුනාව උෂ්ණත්වය මත රඳා පවතී.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

## 1.4 කාෂේන වස්තු විකිරණය (Blackbody radiation)



1.5 රුපය කාෂේන වස්තුවක ආකෘතියක්

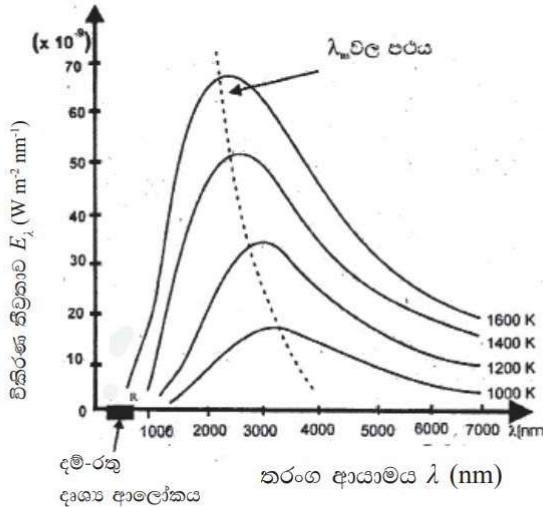
කිසියම් වස්තුවක් කළ පැහැයෙන් දිස් වන්නේ එය මත වැටෙන විවිධ තරංග ආයාමවලට (විවිධ වර්ණවලට) අයන් දායා විකිරණ සම්පූර්ණයෙන් ම වාතේ අවශ්‍යෝගය කර ගන්නා බැවිනි. සියලු තරංග ආයාමවල තාප විකිරණ සම්පූර්ණයෙන් ම අවශ්‍යෝගය කර ගන්නා ප්‍රශ්නය සහිත වස්තුවක් කාෂේන වස්තුවක් ලෙස හඳුන්වනු ලැබේයි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. අවශ්‍යෝග විශ්වාස විශ්වාස විශ්වාස විශ්වාස විශ්වාස

1.5 රුපයේ පෙන්වා ඇති ආකාරයට කාෂේන වස්තුවක් ප්‍රායෝගිකව සාදා ගත හැකි ය. මෙහි පෙන්වා ඇත්තේ කුඩා සිදුරකින් යුත් ගෝලොකාර කුහරයක් සහිත කොළඹලි. මේ කොළඹලේ ඇතුළු පැන්ත දැලී ආලේප කිරීමෙන් කළ කොට ඇත. සිදුරෙන් කුහරයට ඇතුළු වන කිරණයක් කුහරය තුළ කිහිප වතාවක් පරාවර්තනය වීමේ දී පතිත වන විකිරණයෙන් යම් කොටසක් සැම විට ම අවශ්‍යෝගය වන අතර, පරාවර්තන කිහිපයකට පසු එය මුළුමතින් ම අවශ්‍යෝගය වේ. සිදුර තුළින් ලමිකකට ඇතුළු වන කිරණය ආපසු පරාවර්තනය වී සිදුරෙන් පිට වීම වැළැක්වීම සඳහා සිදුරට මූහුණා උල් නොරෝක් තනා ඇත. මෙසේ මේ කුඩා සිදුරෙන් ඇතුළු වන කිරණ සම්පූර්ණයෙන් ම කුහරයේ බිත්තිවලට අවශ්‍යෝගය වීම තීසා සිදුර කාෂේන වස්තුවක් ලෙස සැලකිය හැකි ය. මේ ආකාරයට සිදුර තුළින් ඇතුළු වන සිනෑ ම තරංග ආයාමයකින් යුතු විකිරණ සම්පූර්ණයෙන් ම ඇතුළත ප්‍රශ්නය මගින් අවශ්‍යෝගය කෙරේ නම් ඒ සිදුර කාෂේන වස්තුවක් (black body) ලෙස කියා කරයි.

හොඳින් තාප විකිරණ අවශ්‍යෝගය කර ගන්නා ප්‍රශ්නයක් හොඳින් තාප විකිරණ විමෝවනය කරන්නා වූ ප්‍රශ්නයක් ද වෙයි. කාෂේන වස්තුවක් අධික උෂ්ණත්වයකට රත් කළ භෞත් එයට අවශ්‍යෝගය කළ හැකි සියලු වර්ගයේ විකිරණ ඉන් විමෝවනය වේ. කාෂේන වස්තුවකින් විමෝවනය කෙරෙන විකිරණවල තීව්තව උෂ්ණත්වය මත පමණක් රදා පවතියි. මේ විකිරණවලින් රැගෙන යන ගක්තිය තරංග ආයාම පරාසය හරහා එක සමානව ව්‍යාප්තව තොපවති. ප්‍රහාරයේ උෂ්ණත්වය වෙනස් වන විට ව්‍යාප්තිය ද වෙනස් වේ. එමෙන් ම උෂ්ණත්වය වැඩි වන විට කෙටි තරුවලින් විකිරණය වන ගක්ති ප්‍රමාණය ද වැඩි වේ. මෙය පැහැදිලි කර ගැනීම සඳහා සරල අත්දැකීමක් සඳහන් කළ හැකි ය. වාතේ කැබැලේලක් රත් කරන විට තැකිලි - රතු වර්ණයෙන් ද දිස් වේ. 1.6 රුපයේ පෙන්වා ඇත්තේ වෙනස් උෂ්ණත්ව අගයන්හි දී කාෂේන වස්තුවකින් එකක කාලයක දී විමෝවනය වන විකිරණ, තීව්තාවය ( $E$ ), තරංග ආයාමය ( $\lambda$ ) සමඟ වෙනස් වන ආකාරයයි. එක් එක් උෂ්ණත්වයට අනුරූප වන ව්‍යාප්ත ව්‍යුහන්ගේ කුඩා අගයන් (peak values) උෂ්ණත්වය වැඩි වන විට කෙටි තරංග ආයාමයන් දෙසට නැඹුරු වන බව මේ ප්‍රස්ථාරයෙන් ද දැක ගත හැකි ය.

කාලීන වස්තු විකිරණයේ තීවුණා ව්‍යාප්තිය



1.6 රුපය කාලීන වස්තු විකිරණය සඳහා  $E_{\lambda}$  හා  $\lambda$  අනුර විවෘතය

ඉහත ප්‍රස්තාරය අනුව,

- තරුණ ආයාමය කෙටි අගයක සිට ක්‍රමයෙන් වැඩි වන විට  $E_{\lambda}$  පළමුව වැඩි වී එක්තරා තරුණ ආයාමයක දී ( $\lambda_m$ ) උපරිම වේ. තරුණ ආයාමය තවදුරටත් වැඩි විමෝ දී  $E_{\lambda}$  ක්‍රමයෙන් අඩු වේ.
- වස්තුවේ උෂ්ණත්වය ( $T$ ) වැඩි වන විට සැම තරුණ ආයාමයක දී ම  $E_{\lambda}$  වැඩි වේ.
- ඉහළ උෂ්ණත්වවල දී කාලීන වස්තුවලින් දැයා ආලේකය දී එක්තරා ප්‍රමාණයක් විමෝවනය වේ.
- සැම උෂ්ණත්වයක දී ම විකිරණ විමෝවන විමෝ තීවුණාවය  $E_{\lambda}$  එක්තරා තරුණ ආයාමයක දී ( $\lambda_m$ ) උපරිම වේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

1.6 රුපයේ තින් රේඛාවෙන් පෙන්වා ඇත්තේ  $E_{\lambda}$  හි කුඩා අගයයන් ( $E_{\lambda_m}$ ) උෂ්ණත්වය සමඟ වෙනස් වන ආකාරයයි. එක් එක් උෂ්ණත්වයට අදාළ වෙත යටතින වර්ගීය මගින් තිරුපණය වන්නේ ඒ උෂ්ණත්වයේ දී කාලීන වස්තුවෙන් නිකුත් වන මූල (සියලු තරුණ ආයාමවල) විකිරණ ක්ෂේමතාවයයි.

### 1.5 වින් විස්ට්‍රාපන නියමය (Wien's displacement law)

කාලේන වස්තු වර්ණාවලි ව්‍යාපේකියේ උපරිම තිවුතාවයට අනුරූප තරංග ආයාමයේන් - අනුරූප නිරපේක්ෂ උෂ්ණත්වයේන් ගුණිතය නියතයක් වේ.

$$\lambda_m T = \text{නියතයකි}$$

නියතයේ අගය  $2.898 \times 10^{-3} \text{ m K}$  වෙයි. තාරකාවල උෂ්ණත්වය නිරණය කිරීම සඳහා තාරකා විද්‍යාඥයන් විසින් මේ නියමය හාවිත කරනු ලැබේ.

වින් නියමය හාවිත කර ආකාශ වස්තු වන සුරුයාගේ, සහ වෙනත් තාරකාවල උෂ්ණත්ව තක්සේරු කළ හැකි ය. සුරුය විකිරණවල උපරිම තිවුතාවට අනුරූප වන තරංග ආයාමයේ අගය  $\lambda_m = 475 \text{ nm}$  නම් සුරුය පාෂ්චියේ උෂ්ණත්වය ගණනය කරමු.

වින් විස්ට්‍රාපන නියමයට අනුව,

$$\lambda_m T = \text{නියතයකි}$$

වින් නියතයේ අගය වන  $2.898 \times 10^{-3} \text{ m K}$  ආදේශ කිරීමෙන්,

$$T = \frac{2.898 \times 10^{-3} \text{ m K}}{475 \times 10^{-9} \text{ m}} \\ = 6101.053 \text{ K}$$

මේ අනුව සුරුයාගේ මතුපිට උෂ්ණත්වය  $6101 \text{ K}$  ක් පමණ විය යුතු ය.

තාරකා හා සූත්‍රිකා පහන් යන දෙවරුගය ම කාලේන වස්තු විකිරක ලෙස කියා කරයි. තාරකාවල වර්ණ ඒවායේ උෂ්ණත්ව හා බැඳී පවතී. උපරිම තිවුතාවට අනුරූප තරංග ආයාමය  $700 \text{ nm}$  පමණ වන, රතු පැහැයෙන් දිස් වන තාරකාවක උෂ්ණත්වය  $4100 \text{ K}$  පමණ වෙයි.

### 1.6 ස්ටෙෆාන් නියමය (Stefan's law)

රත් වූ කාලේන වස්තුවක ඒකක වර්ගේලයකින් විකිරණය වන මූල් ක්ෂේමතාව ඒ වස්තුවේ නිරපේක් උෂ්ණත්වයේ සිව්වන බලයට අනුලෝධව සමානුපාතික වේ.

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

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4} \quad E \text{ මතිනු ලබන ඒකකය වර්ග මිටරයට තත්පරයට ජුල් (J s}^{-1} \text{ m}^{-2}) \\ \text{හෙවත් වර්ගමිටරයට වොට් (W m}^{-2}) \text{ වේ.}$$

උෂ්ණත්වය  $T$  වන කාලේන වස්තුවක පාෂ්චියේ  $A$  වර්ගේලයකින් තත්පරයකට නිකුත්වන මූල් විකිරණ ගක්ති ප්‍රමාණය,  $P = A\sigma T^4$  මෙහි  $P$  හි ඒකක වොට් (W) වේ.

### 1.7 ප්‍රාථ්‍යායක විමෝශකතාව (Emissivity of a surface)

යම් ප්‍රාථ්‍යායක විමෝශකතාව ( $e$ ) මගින් දැක්වෙන්නේ ඒ ප්‍රාථ්‍යාය කොතරම් හොඳින් තාපය විමෝශනය කරන්නේ ද යන්නයි. මේ අයය ප්‍රකාශ කෙරෙන්නේ කාෂේන වස්තුවකට සාපේක්ෂ අගයක් ලෙසිනි.

$$e = \frac{\text{ප්‍රාථ්‍යායක ඒකක වර්ගලයකින් තත්පරයක දී විමෝශනය කෙරෙන විකිරණ ගක්තිය}{\text{ල් උෂේණත්වයේ ම වූ කාෂේන වස්තුවක ඒකක වර්ගලයකින් තත්පරයක දී විමෝශනය කෙරෙන විකිරණ ගක්තිය}$$

මේ අර්ථ දැක්වීමට අනුව කාෂේන වස්තුවක විමෝශකතාවේ අගය 1 වේයි.

කාෂේන වස්තුවක් යනු ස්වභාවයේ පවතින වස්තුවක් නොවේ. එය සංක්ලේෂයක් පමණකි. ප්‍රායෝගිකව අපට දකින්නට ලැබෙන ඕහැ ම වස්තුවක (තාත්වික වස්තුවක) ප්‍රාථ්‍යාය මගින් දෙන ලද උෂේණත්වයක දී තාපය විමෝශනය වන දියුතාව ඒ උෂේණත්වයේ ම පවතින කාෂේන වස්තුවකින් සිදු වන තාප විමෝශන දියුතාවට වඩා අඩු ය. ඒ නිසා තාත්වික වස්තුවල විමෝශකතාව සැම විට ම 10 අඩු අගයක් ගනියි.

කළ පැහැති රාජ්‍ය ප්‍රාථ්‍යාවල විමෝශකතාව 10 ඉතා ආසන්න අගයක් ගන්නා අතර, හොඳින් මප දැමු ප්‍රාථ්‍යාවල විමෝශකතාව 1ට වඩා ඉතා කුඩා ය.

### 1.8 ප්‍රාථ්‍යායක අවගෝෂකතාව (Absorptivity of a surface)

යම් ප්‍රාථ්‍යායක අවගෝෂකතාව ( $a$ ) මගින් දැක්වෙන්නේ ඒ ප්‍රාථ්‍යාය මත පතිත වන විකිරණ ගක්තියෙන් කොපමින ප්‍රමාණයක් ප්‍රාථ්‍යාය මගින් අවගෝෂණය කරන්නේ ද යන්න ය.

$$a = \frac{\text{දෙන ලද කාලයක් තුළ දී යම් ප්‍රාථ්‍යායකින් අවගෝෂණය කෙරෙන විකිරණ ගක්තිය}{\text{කාලය තුළ දී ඒ ප්‍රාථ්‍යාය මත පතිත වන විකිරණ ගක්තිය}}$$

කාෂේන නොවන වස්තු සඳහා ස්වොෂාන් නියමය විකරණය

෋ෂේණත්වය  $T$  හි පවත්නා, ප්‍රාථ්‍යායයේ විමෝශකතාවය  $e$  වන කාෂේන නොවන වස්තුවක ප්‍රාථ්‍යායයේ ඒකක වර්ගලයකින් තත්පරයකට නිකුත් වන මුළු විකිරණ ගක්ති ප්‍රමාණය,

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

෋ෂේණත්වය  $T$  හි පවත්නා, ප්‍රාථ්‍යායයේ විමෝශකතාවය  $e$  වන කාෂේන නොවන වස්තුවක ප්‍රාථ්‍යායයේ  $A$  වර්ගලයකින් තත්පරයකට නිකුත් වන මුළු විකිරණ ගක්ති ප්‍රමාණය,

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

සාමාන්‍ය ප්‍රතිකා පහනක ක්‍රියාකාර අවස්ථාවේ දී උෂේණත්වය (ඡ්‍රුතිකාවේ) 3000 K පමණ වේ. ඡ්‍රුතිකාවේ වර්ගලය  $0.3 \text{ cm}^2$  හා විමෝශකතාව  $0.4$  නම් තත්පරයක දී ගක්තිය විකිරණය වන දියුතාව පහත දැක්වෙන ආකාරයට ගණනය කළ හැකි ය.

සේටොන් නියමයට අනුව, කාෂේන වස්තුවක ඒකක වර්ගේලයකින් විකිරණය වන මුළු ක්ෂමතාව  $E = \sigma T^4$  වෙයි. සූත්‍රිකාවේ වර්ගේලය  $A$  නම්, සූත්‍රිකාව ප්‍රතින් කාෂේන වස්තුවක් යැයි උපක්ල්පනය කළ භාත් විකිරණය වන මුළු ක්ෂමතාව  $P = \sigma A T^4$  වෙයි.

ඉහත දී ඇති අගයයන්

$$P = \sigma A T^4 \text{ හි ආද්‍යයෙන්,}$$

$$P = (5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-4}) \times (0.3 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \times (3000 \text{ K})^4$$

$$= \underline{137.78 \text{ W}}$$

එහෙත්, සූත්‍රිකාවේ විමෝශකතාව 0.4 නිසා, ඒ මගින් විකිරණ විමෝශනය වන දිසුතාව

$$P = e \cdot \sigma A T^4 \text{ මගින්}$$

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

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

මිළගට  $T$  තිරපේශී උෂ්ණත්වයක් සහිත කාෂේන වස්තුවක්  $T_0$  තියත තිරපේශී උෂ්ණත්වයක පවතින කුටියක් තුළ එල්ලා ඇති අවස්ථාවක් සලකමු. වස්තුවේ පාෂ්ශී වර්ගේලය  $A$  යැයි ද  $T > T_0$  යැයි ද උපක්ල්පනය කරමු. එවිට, වස්තුවේ විකිරණ ගක්තිය නිශ්චත්වීමේ දිසුතාව  $\sigma A T^4$  වෙයි. මේ වස්තුව තාප විකිරණය කරන අතරම කුටියේ බිත්තිවලින් විකිරණය කරන කාපය අවශ්‍යතාවය කිරීම ද සිදු කරයි. කුටියේ බිත්ති ද කාෂේන වස්තුවක් ලෙස හැකිරෙයි නම් විමෝශන දිසුතාව  $\sigma A T_0^4$  වන අතර, වස්තුව මගින් අවශ්‍යතාවය කරන දිසුතාව වන්නේ  $\sigma A T_0^4$  ප්‍රමාණයකි. වස්තුවෙන් තාපය හානි වන මුළු දිසුතාව මේ අගයන් දෙකෙහි වෙනසයි. එහම්,

$$P_{net} = \sigma A T^4 - \sigma A T_0^4$$

කාෂේන වස්තුවෙන් ගක්තිය හානි වන දිසුතාව ඉහත සමීකරණයෙන් දැක්වේ. කාෂේන නොවන වස්තු සඳහා  $P_{net} = e \sigma A (T^4 - T_0^4)$

මෙහි  $e$  ඒ වස්තුවේ පාෂ්ශීක විමෝශකතාව වේ.

### විසඳු ගැටුව

- 15.0 cm හා 12.0 cm පැති සහිත තුනී සූප්‍රකෝෂණාප්‍රාකාර තහවුවක් 600 °C උෂ්ණත්වයකට රන් කර ඉවතට ගනු ලැබේ. මේ තහවුව ඉහත උෂ්ණත්වයේ ම පවත්වා ගැනීම සඳහා අවශ්‍ය කරන විද්‍යාත් ජ්‍යව ගණනය කරන්න. තහවුවේ පැශ්‍ය විමෝෂකතාව 0.25 කි. සංවහනයෙන් සිදු වන තාප හානිය තොසලකා හරින්න.

ඒකක කාලයක දී විකිරණය වන ගක්තිය

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

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

$$A = 3.6 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{තහවුවෙන් තාපය හානි විමෝ දිගුතාව} &= (5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}) \times (3.6 \times 10^{-2} \text{ m}^2) \times 0.25 \times (873 \text{ K})^4 \\ &= \underline{\underline{296 \text{ W}}} \end{aligned}$$

තහවුව 600 °C උෂ්ණත්වයේ පවත්වා ගැනීම සඳහා මේ ගක්ති හානියට සමාන ගක්තියක් විද්‍යාත් තාපකයක් වැනි උපකරණයකින් සැපයිය යුතු ය. එහෙන් විද්‍යාත් තාපකයෙන් විකිරණය මගින් තාපය හානි විම නිසා ඉහත අගයට වඩා වැඩි තාප ප්‍රමාණයක් සැපයිය යුතු වේ.

## 1.9 කාල්ජ්‍ය වස්තු විකිරණයේ තීව්‍ය ව්‍යාප්තිය පැහැදිලි කිරීම

### 1.9.1 රේල්-ජේන් වාදය හා වින්ගේ වාදය

#### (Rayleigh - Jean's theory and Wien's theory)

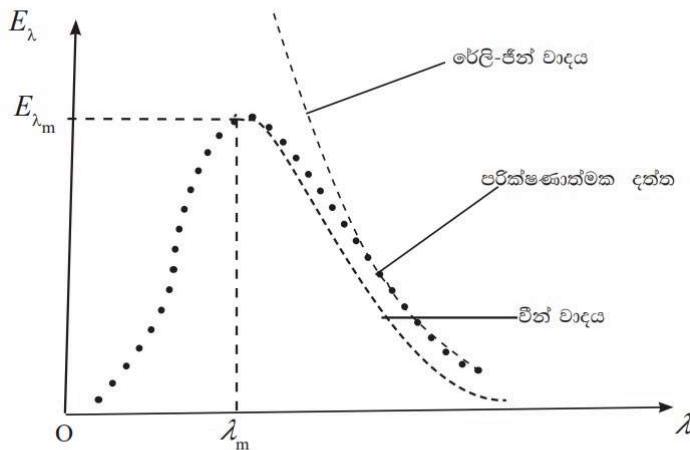
කාල්ජ්‍ය වස්තු විකිරණයේ තීව්‍ය ව්‍යාප්තිය දැක්වෙන පරීක්ෂණාත්මක ව්‍යුය සෙසද්ධාන්තිකව පැහැදිලි කිරීමට එකල සිරි ගොනික විද්‍යායෙන් විවිධ ප්‍රයන්න දැරූ නමුත් ඒ සියල්ල අසාර්ථක විය. ඉහත උත්සාහයන් සියල්ල එවකට පිළිගනු ලැබූ නිවිටෝනියානු යාන්ත්‍ර විද්‍යාව, තාපගති විද්‍යාව සහ විද්‍යාත් මුම්බක වාදය වැනි සංකල්ප ආශ්‍රිතව කාල්ජ්‍ය වස්තු විකිරණය සන්නතික ක්‍රියාවලියක් ලෙස සලකන ලදී. ප්‍රතිශ්වීත ගොනික විද්‍යා (classical physics) සංකල්ප හාවිතයෙන් කාල්ජ්‍ය වස්තු විකිරණය යම් තරමකට හෝ පැහැදිලි කිරීමට සමන් වාද දෙකක් වූයේ රේල්-ජේන් වාදය හා වින් වාදයයි. 1896 දී ඉදිරිපත් කරන ලද වින්ගේ වාදය අනුව තීව්‍යතාව හා තරුණ ආයාමය අතර, ප්‍රස්ථාරය කෙටි තරුණ ආයාම සඳහා පරීක්ෂණාත්මක ව්‍යුය හා සැපයුණ අතර, රේල්-ජේන් වාදය පරීක්ෂණාත්මක දත්ත සමග එකග වන්නේ දිගු තරුණ ආයාම සහිත විකිරණ සඳහා පමණක් බව ප්‍රස්ථාරය මගින් පැහැදිලි වේ.

$$\text{රේලි-ඡේන් සූත්‍රය } E_\lambda = \frac{2\pi c k T}{\lambda^4} \quad \dots\dots\dots (1)^*$$

$$\text{වින් සූත්‍රය } E_\lambda = \frac{c_1}{\lambda^5} e^{c_2/\lambda T} \quad \dots\dots\dots (2) ^{**} \quad c_1 \text{ හා } c_2 \text{ යන නියතයන් ද වේ. \\ c \text{ යනු ආලෝකයේ ප්‍රවේශය ද} \\ k \text{ යනු බෝල්ට්‍රිස්මාන් නියතය ද}$$

*T කාල්ණ වස්තුවේ නිරපේක්ෂ උෂ්ණත්වය වෙයි.*

මධුන්ගේ වාද අනුව කාල්ණ වස්තුවේ පාඨ්‍යාලේ තිබෙන පරමාණුවල/අනුවල සිදු වන තාපය දේළන මගින් තාප විකිරණ ආරම්භ වේ. එසේ ම ඒවා විශාල සන්තතික පරායයක් තුළ සියලු සංඛ්‍යාතවලින් යුත් තාප විකිරණ විමෝචනය කරයි. රේලි-ඡේන් සූත්‍රය අනුව  $\lambda$  යුතුත්වය වෙත ලැබා වන විට තිව්‍යතාව ( $E_\lambda$ ) අනුත්වය කරා ලැබා වේ. එහෙත් පරික්ෂණාත්මක දත්තවලට අනුව  $\lambda \rightarrow 0$  වන විට  $E_\lambda$  ද යුතුත්වය වෙත එලැංඝී. ඉහත සිද්ධාන්ත දෙකෙන් ම කාල්ණ වස්තු විකිරණය සඳහා ලබා ගත් පරික්ෂණාත්මක ප්‍රතිඵල විග්‍රහ කිරීමට නොහැකි විම නිසා ප්‍රතිශේෂීන හොතික විද්‍යා සංකල්ප විශාල අරුමුදයකට ලක් වී තිබේ.



1.7 රුපය රේලි-ඡේන් වාදය හා වින් වාදය පරික්ෂණාත්මක දත්ත සමග සන්දර්ඛනය

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

### 1.9.2 ප්ලාන්ක් වාදය (Plank's theory)

මෙම වකවානුවේ දී ජර්මන් ජාතික හොතික විද්‍යායෙකු වූ මැක්ස් ප්ලාන්ක් (Max Planck) විසින් එකතුරා විප්ලවීය සංකල්පයක් ඉදිරිපත් කරනු ලැබේය. එහිදී ඔහු ඉදිරිපත් කළ කළුපිතය, ප්ලාන්ක් කළුපිතය ලෙස හැඳින්වේ.

\*\* ඉහත (1) හා (2) සූත්‍ර 2017 වර්ෂයේ සිට හියාත්මක වන අ.පො.ස. උසස් පෙළ හොතික විද්‍යාව විෂය නිරදේශයට ඇතුළත් නොවේ.

ඡ්ලාන්ක් කළුපිතය අනුව,

- කෘෂිණ වස්තු විකිරණය සමග තාප්‍ර සමතුලිතතාවයේ පවත්නා පරමාණුක (හෝ අනුක) දේශකවලට ඕනෑම ගක්තිය තිබිය නො හැක. ඒවාට තිබිය හැක්කේ,

$$E = nhf$$

සමිකරණයට අනුකූල වූ ගක්ති අගයන් පමණි. මෙහි  $h$  යනු ඡ්ලාන්ක් නියතයයි. එහි අගය  $h = 6.634 \times 10^{-34} \text{ J s}$  වේ.  $f$  යනු පරමාණුක දේශකවල කම්පන සංඛ්‍යාතය ද න යනු ක්වොන්ටම් අංකයක් ද (  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$  ) වේ.

මෙම උපග්‍රහණයෙන් කියුවෙන්නේ, පරමාණුක දේශකවල ගක්තිය,  $E$  ක්වොන්ටිකරණය (quantized) වී ඇති බවයි. එනම්,  $f$  සංඛ්‍යාතයකින් කම්පනය වන දේශකයක ගක්තියට තිබිය හැක්කේ,  $hf, 2hf, 3hf, \dots$  ආදි විවිධ (discrete) අගයන් පමණි. ඒවාට මෙවැනි අනුයාත ගක්ති අගයන් දෙකක් අතර වූ ගක්ති අගයක් තිබිය නො හැක.

කළුන් සඳහන් කළ පරිදි පොරාණික වාදයට අනුව නම්, දේශකයක් සතු ගක්තිය  $E$  සහන්තතික විය යුතු වේ. එනම්, එයට තිශ්විත පරාසයක් තුළ, ඕනෑම  $E$  අගයක් තිබිය හැකි වේ. එබැවින් “දේශකයක් සතු ගක්තිය ක්වොන්ටිකරණය වී තිබිය යුතුය” යන ඡ්ලාන්ක්ගේ මතය, සංක්ලේෂණ වශයෙන් විශ්ලේෂණ එකක් විය.

- පරමාණුක දේශකයක් යම් කිසි අනුදත් (allowed) ගක්ති මට්ටමක තිබෙන තාක්කල් ඉන් විකිරණය විමෝෂනය වීමක් හෝ අවශේෂණය වීමක් සිදු නො වේ. එහෙත්, දේශකයක් එක් ගක්ති මට්ටමක සිට තවත් ගක්ති මට්ටමකට පත්වීමේ දී, ගක්තිය විමෝෂනය වීමක් හෝ අවශේෂණය වීමක් සිදු වේ. පරමාණුක දේශක ගක්තිය විමෝෂනය හෝ අවශේෂණය කරන්නේ ද ගක්ති ක්වොන්ටම් (හෙවත් ගක්ති “කුටිති” හෝ “පැකට්”) ආකාරයට මිස, සහන්තතික ආකාරයට නො වේ. මේ අනුව දේශකයක් එක් ගක්ති මට්ටමක සිට එට යාබද ගක්ති මට්ටමක පත්වීමේ දී විමෝෂනය (හෝ අවශේෂණය) වන ගක්ති ප්‍රමාණය හෙවත් “ක්වොන්ටම්”  $\Delta E = \Delta hf = hf$  වේ.  $\Delta n = 1$  බැවිනි. මෙම විකිරණ ගක්ති ක්වොන්ටමක්, ගෝටෝනයක් (Photon) යනුවෙන් හඳුන්වනු ලැබේ.

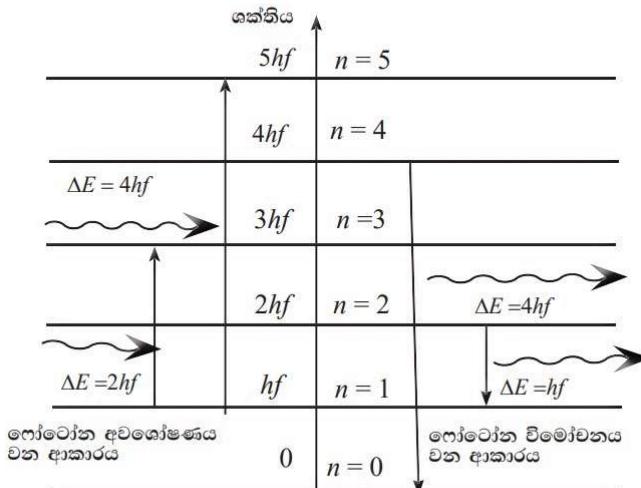
උදාහරණයක් වශයෙන්, දේශකයක්  $E = 4hf$  ගක්ති මට්ටමක සිට  $E = 0$  ගක්ති මට්ටමකට පත්වීමේ දී විමෝෂනය වන විකිරණ ගක්ති ක්වොන්ටමයක අඩංගු ගක්ති ප්‍රමාණය,  $4hf$  වේ.  $f$  කම්පන සංඛ්‍යාතයක් සහිත දේශකයට තිබිය හැකි අනුදත් ගක්ති මට්ටම හා දේශකය මගින් ගෝටෝන අවශේෂණය හා විමෝෂනය කෙරෙන ආකාරය 1.8 රුපයෙන් පැහැදිලි කර ඇත.

පරමාණු දේශකයක්, උදාහරණයක් වශයෙන්  $n = 5$  වැනි ගක්ති මට්ටමක සිට  $n = 1$  වැනි ගක්ති මට්ටමකට පැනීම ද සිදු විය හැකි ය. එවිට ද ක්වොන්ටමයක අඩංගු ගක්ති ප්‍රමාණය

$$E = 5hf - 1hf$$

$$= 4hf$$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.



1.8 රුපය ගෝවේන අවශ්‍යතාය හා විමෝෂණය වන ආකාරය

මේ අනුව ගක්ති අවශ්‍යතාය හෝ විමෝෂණය සිදු වන්නේ  $hf$  හි පූර්ණ ග්‍රණකාර ලෙසිනි. ඉහත උපකළුපන හාවිත කරමින් ප්ලාන්ක් විසින් ව්‍යුත්පන්න කරන ලද සූත්‍රය පහත දැක්වේ.

මෙහි

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

c යනු ආලෝකයේ ප්‍රමේණය ද

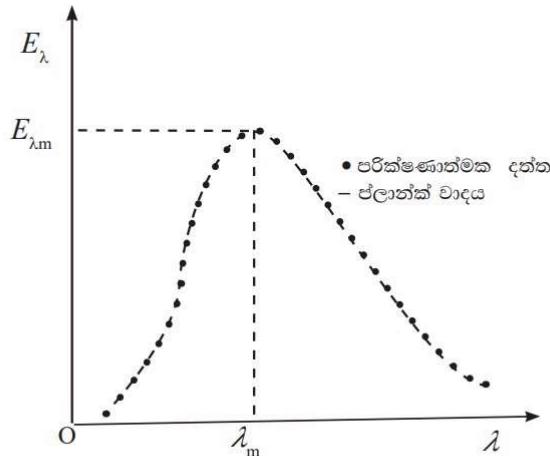
h යනු ප්ලාන්ක් නියතය ද

k යනු බෝල්ට්‍රිස්මාන් නියතය ද

T යනු වස්තුවේ නිරපේක්ෂ උෂ්ණත්වය ද වේ.

මේ සම්කරණය කාලේන වස්තු විකිරණය සඳහා පරීක්ෂණාත්මකව ලබා ගත්  $E_\lambda$  හා  $\lambda$  අතර ප්‍රස්තාරය හා ගැළපේ ( 1.9 රුපය ).

\* ඉහත (3) සූත්‍රය 2017 වර්ෂයේ සිට ක්‍රියාත්මක වන අ.පො.ස. උසස් පෙළ නොතික විද්‍යාව විෂය නිරදේශයට ඇතුළත් තොවේ.



1.9 රුපය පරික්ෂණාත්මක දත්ත හා ජ්ලාන්ක්වාදය.

### විසඳු ගැටුපු

1. වින් විස්තාපන නියමය හාවිත කර, උපරිම තීවුණාවට අනුරූප කරුණ ආයාමය  $1 \mu\text{m}$  (සූක්ෂ්ම කරුණ) වන ක්ෂේත්‍ර විකිරණ ව්‍යාප්තියක් ලබා ගැනීම සඳහා අවශ්‍ය උපේන්ත්වය ගණනය කරන්න.

$$\lambda_m T = C$$

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

$$T = \frac{2.9 \times 10^3 \text{ m K}}{10^{-6} \text{ m}} = 2.9 \times 10^9 \text{ K}$$

2.  $100 \text{ W}$  පහනක ක්ෂේත්‍රවෙන්  $5\%$ ක් පමණ දායා විකිරණවලට පරිවර්තනය වේ. පහනේ සිට  $1 \text{ m}$  දුරින් වූ ලක්ෂාකයක දායා විකිරණවල තීවුණාව සොයන්න.  
මේ ගණනයේ දී, පහන ලක්ෂාකාර ප්‍රහවයක් ලෙස සලකා ඇතේ. එවිට, පහනේ සිට  $r$  දුරක දී එයින් තිකුත් වන ආලෝකය  $r$  අරය සහිත ගෝලාකාර පාෂ්පියක එකාකාරව පැනිර ඇතැයි උපකල්පනය කළ විට,

$$\text{තීවුණාව } I = \frac{\text{දායා ආලෝකයේ ක්ෂේත්‍රවෙන් සැපයා ඇත්තාව}}{\text{වර්ග එලය}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{100}{4\pi r^2} \times \frac{5}{100} \\ &= 0.398 \text{ W m}^{-2} \end{aligned}$$

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

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

$$E = hf \text{ හාවිතයෙන්} \quad \therefore f = \frac{11 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}}$$

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

මේ සංඛ්‍යාතය අයත් වන්නේ පාර්ශම්බූල කළාපයටයි.

බහුවරණ ප්‍රශ්න හා කෙටි පිළිතුරු ප්‍රශ්න

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

- (a)  $\gamma$  -කිරණ (b)  $\beta$  -කිරණ (c) X - කිරණ (d) කාප විකිරණ

පිළිතුරු (b)

2.  $\gamma$  -කිරණ, X - කිරණ හා පාර්ශම්බූල කිරණවල සංඛ්‍යාත පිළිවෙළින් a, b, හා c වෙයි. එම සංඛ්‍යාතවල සම්බන්ධතා තිබැරදිව දැක්වෙන වරණය තෝර්න්න.

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

පිළිතුරු (a)

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

- (a) යුක්ස්ම තරංග (b) uv කිරණ (c) X - කිරණ (d)  $\gamma$  - කිරණ

පිළිතුරු (c)

$$\text{ගොවේනයක ගක්තිය } E = \frac{\text{පහවයේ ක්ෂමතාව}}{\text{විමෝශනය වූ ගොවේන සංඛ්‍යාව}}$$

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

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

$$\text{එහෙත් } E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

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

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

$$= 5 \text{ nm}$$

මේ තරංග ආයාමය අයන් වන්නේ X - කිරණ කළාපයට ය.

7. සහවල ස්ථිරික ව්‍යුහය අධ්‍යාපනය කිරීම සඳහා යොදා ගන්නා විද්‍යුත් වූමික තරංගය නම් කර, එහි සංඛ්‍යාත පරාසය සඳහන් කරන්න.

පිළිතුර : X - කිරණ, සංඛ්‍යාතය  $10^{18}$  Hz -  $3 \times 10^{21}$  Hz

8. ඔසේන් ස්තරය මගින් අවශ්‍යෝගීතය කරනු ලබන්නේ සූර්ය විකිරණයේ කුමන සංසටහය දී?

පිළිතුර (uv කිරණ)

9. 100 W විදුලි බල්බයක සිලින්බාරාකාර සූර්යිකාවේ විෂ්කම්භය  $8 \times 10^{-5}$  m හා දිග 0.60 m වෙයි. සූර්යිකාව කාෂේන වස්තුවක් යැයි උපකල්පනය කර එහි ත්‍රියාකාරී උෂ්ණත්වය ගණනය කරන්න (ස්වේච්ඡන් නියතය  $5.7 \times 10^{-8}$  W m<sup>-2</sup> K<sup>-4</sup>).

සිලින්බාරාකාර සූර්යිකාවේ පාෂ්චා වර්ගාලය

$$= 2 \pi r l$$

$$= 2\pi \times 4 \times 10^{-5} \text{ m} \times 0.6 \text{ m}$$

$$= 1.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

සූර්යිකාවෙන් ඒකක කාලයක දී ඒකක වර්ගාලයකින් විමෝශනය වන ගක්තිය,

$$E = \frac{100 \text{ W}}{1.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$= 6.62 \times 10^5 \text{ W m}^{-2}$$

$$\text{එහෙන් } E = \sigma T^4 \text{ අනුව}$$

$$6.62 \times 10^5 = 5.7 \times 10^{-8} T^4$$

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

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

## දෙවන පරිවර්ත්දය

### ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය Photoelectric Effect

#### 2.1 ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණ සංසිද්ධිය

ලෝහ ප්‍රශ්නයක් මත පාර්ශම්බූල ආලේකය පතිත වූ විට ඒ ප්‍රශ්නයෙන් විද්‍යුත් ආරෝපණ විමෝෂණය වන බව වර්ෂ 1887 දී හයින්රිච් හර්ටිස් (Heinrich Hertz) විසින් සොයා ගන්නා ලදී. මේ සංසිද්ධිය සොයා ගනු ලැබුවේ ඉහත වර්ෂයේ දී වුවත් වර්ෂ 1899 දී ඩේ. ඩේ. තොම්සන් විසින් ඉලෙක්ට්‍රොනය සොයා ගන්නා කුරු එය පහදා දීමත නොහැකි විය. වර්ෂ 1900 දී පිලිප් ලෙනාඩි විසින් සිදු කරන ලද පරීක්ෂණ මගින් මේ විද්‍යුත් ආරෝපණ ඉලෙක්ට්‍රොන බව තහවුරු කරන ලදී. ඒ සඳහා 1905 වර්ෂයේ දී හොතික විද්‍යාව පිළිබඳ නොබේල් තහාය මොහුට පිරිනැමිණි.

ලෝහ ප්‍රශ්නයක් මත විද්‍යුත් මුම්බක විකිරණ පතිත විමෝන් ඒ ප්‍රශ්නයෙන් ඉලෙක්ට්‍රොන නිදහස් විම ප්‍රකාශ විද්‍යුත් විමෝෂණය නම් වේ.



2.1 රුපය ඩේ.ඩේ.තොම්සන්

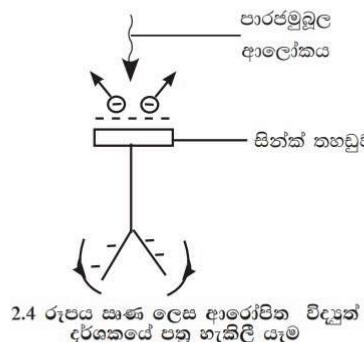


2.2 රුපය හයින්රිච් හර්ටිස්



2.3 රුපය පිලිප් ලෙනාඩි

#### ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය ආදර්ශනය සඳහා යොදා ගත හැකි පරීක්ෂණ



© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

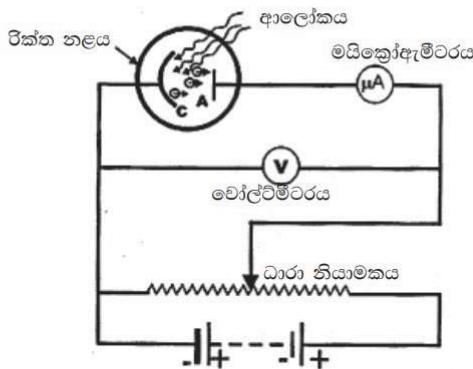
2.4 රුපයේ පෙන්වා ඇත්තේ සාන් ලෙස ආරෝපණය කරන ලද ස්වර්ණ පත්‍ර විද්‍යාත් දැරුණු නිසා ලේඛන තැවිය මත පිරිසිදු සින්ක් තහඩුවක් තබා ඇති ආකාරයයි. සාන් ආරෝපණ නිසා දැරුණු නිසා පත්‍ර දෙපසට විනිදි ඇත. රසදිය වාෂ්ප පහනකින් නිකුත් වන පාර්ශමිඩූල ආලෝකය මේ තහඩුව මත පතින වීමට සැලැස්වූ විට පත්‍ර හැකිලි යන බව නිරික්ෂණය කළ හැකි ය. සින්ක් තහඩුවෙන් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොන් විමෝෂවනය වී ඉවතට යැමැ නිසා විද්‍යාත් දැරුණු නිසා ආරෝපණය කුමයෙන් අඩු වී යැමෙන් පත්‍ර හැකිලිම සිදු වේ. සින්ක් තහඩුවෙන් පහනක් අතර, විද්‍යාත් තහඩුවක් තබා මේ පරික්ෂණය නැවත කළ විට විට පත්‍ර හැකිලි යාම නතර වන බව ද නිරික්ෂණය කළ හැකි ය. මෙයට හේතුව විද්‍යාත් තහඩුව තැබීම මගින් පාර්ශමිඩූල කිරණ වියාල වශයෙන් කපාහැරීම සි.

## 2.2 ප්‍රකාශ කොෂයක් මගින් ප්‍රකාශ විද්‍යාත් ආවරණය ආදර්ශනය

මේ සඳහා යොදා ගැනෙන පරික්ෂණයෙන්මක ඇටවුමක් 2.5 රුපයේ දැක්වේ. විවෘත විහා සැපයුමක්, ප්‍රකාශ කොෂයක් (රික්ත වර්ගයේ), සුදුසු සංඛ්‍යාතය සහිත ඒකවර්ණ (monochromatic) ආලෝක ක්දම්බයක්, මයිනොෂැල්ට්‍රයක්, වෝල්ට්මීටරයක් සහ බාරා නියාමකයක් මේ සඳහා අවශ්‍ය උපකරණ වේ.

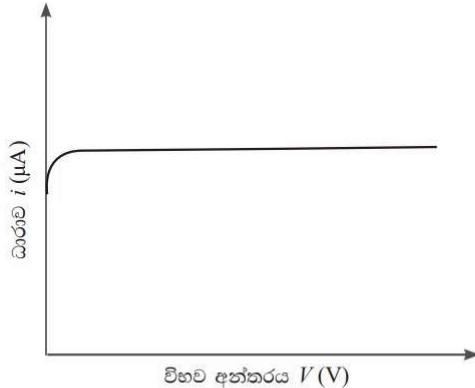
මෙහි ඇතුළත් C කැනෙක්ඩයත්, A ඇනෙක්ඩයත් සිසියම් හෝ පොටුසියම් වැනි එක ම ක්ෂාර ලේඛනයකින් සඳු ඔප දමන ලද තහඩු දෙකකි. මෙවා ක්වාරට්ස්වලින් සඳු රික්ත නළයක් තුළ තබා බාහිර විද්‍යාත් පරිපර්යකට සම්බන්ධ කොට ඇත. කොෂ පද්ධතියේ සාන් අගුර, C කැනෙක්ඩයට ද දහ අගුර A ඇනෙක්ඩයට ද සම්බන්ධ කර ඇත. ප්‍රකාශ කොෂය අදුරු තැබූ විට මයිනොෂැල්ට්‍රයේ පාඨාකය ගුන්‍ය වන බව දැකිය හැකි ය. එහෙත් සුදුසු සංඛ්‍යාතයක් සහිත ඒකවර්ණ ආලෝක ක්දම්බයක් කැනෙක්ඩය මත පතින කරවූ විට මයිනොෂැල්ට්‍රයේ විද්‍යාත් බාරාවක් සටහන් වේ. C සහ A අතර, හිඳුස හරහා විද්‍යාත් බාරාවක් ගාලා යන බව මෙයින් පැහැදිලි වේ. C කැනෙක්ඩය මත තවදුරටත් ආලෝකය පතින කරවා පරිපර්යේ ඇති කොෂ පද්ධතිය වෙනුවට සන්නායක කම්බියක් යෙදු විට ද මයිනොෂැල්ට්‍රයේ

යම් බාරාවක් සටහන් වේ. කැනෙක්ඩය භා ඇනෙක්ඩය අතර, විහා අන්තරයක් තොතිබුන ද කැනෙක්ඩයෙන් ඉලෙක්ට්‍රොන් මුක්ත වී ඒවා ඇනෙක්ඩය වෙත ලැඟ වී බාහිර පරිපර්ය තුළින් ගමන් කොට කැනෙක්ඩය වෙත පැමිණෙන බව මෙයින් පැහැදිලි වේ.



2.5 රුපය ප්‍රකාශ විද්‍යාත් ආවරණය අධ්‍යාපනය කිරීම සඳහා යොදා ගන්නා ඇටවුම

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.



2.6 රුපය බාරාව හා විහාන අන්තරය අතර ප්‍රස්ථාරය  
(නිව්‍යතාව නියතව තබා)

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

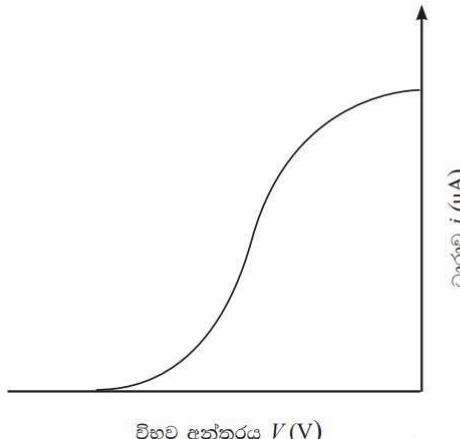
**2.2.1 නිව්‍යතාව නියතව තබා කැනේඩය හා ඇනේඩය අතර, විහාන අන්තරය වෙනස් කිරීම ඉහත සන්නායක කම්බිය ඉවත් කර 2.5 රුපයේ දැක්වෙන ආකාරයට නැවත කෝඡ සම්බන්ධ කර, පරිපථය ඇටුවූ විට කෝඡ මගින් ඇනේඩය සහ කැනේඩය අතර, විහාන අන්තරයක් යෙදුව ද මයිකුෂාංකයේ පායිංකයෙහි වෙනසක් සිදු නො වේ. කැනේඩය මත පතිත වන ආලෝකයේ නිව්‍යතාව නියතව පවත්වා ගෙන කැනේඩය හා ඇනේඩය අතර, විහාන අන්තරය කුමයෙන් වැඩි කළ විට ද මයිකුෂාංකයේ හරහා ගලන බාරාව නියතව පවතී. ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය තිසා විමෝෂණය වන ඉලෙක්ට්‍රොන් ගණන කැනේඩය හා ඇනේඩය අතර, යොදා ඇති විහාන අන්තරය මත රඳා නොපාතින බව මෙයින් තහවුරු වේ.**

### 2.2.2 කැනේඩය හා ඇනේඩය අතර, විහාන අන්තරයේ දිගාව ප්‍රතිවර්තනය කිරීම

කැනේඩය (C) මත පතිත කරන ආලෝකයේ නිව්‍යතාව නියතව පවත්වා ගෙන C හා ඇනේඩය (A) අතර, විහාන අන්තරයේ දිගාව මාරු කළ විට සිදු වන දේ මිශ්‍රගත අධ්‍යයනය කරමු. දැන් කෝඡවලින් ලැබෙන ඉලෙක්ට්‍රොන් තිසා A තහවුරු පවතින්නේ සානු විහානයක ය. මෙසේ විහාන අන්තරයේ දිගාව මාරු කර, ආලෝක නිව්‍යතාව නියතව තබා ගෙන විහාන අන්තරය ඉහුදු යේ සිට කුමයෙන් වැඩි කර ගෙන යන විට මයිකුෂාංකයේ බාරාව 2.7 රුපයේ ප්‍රස්ථාරයෙන් පෙන්වා ඇති ආකාරයට කුමයෙන් අඩු වේ, විහාන අන්තරයේ එකතුරා අගයක දී ඉහුදු බාරාවක් පෙන්වයි. මෙසේ බාරාව ඉහුදු වන අවස්ථාවේ දී විහාන අන්තරයේ අගය නැවතුම් විහානය (stopping potential) නමින් හැඳින්වේ.

මෙ ප්‍රතිඵලය විමෝෂණය වන ඉලෙක්ට්‍රොනවල වාලක ගක්තිය ආගුයෙන් පැහැදිලි කළ හැකි ය. කැනේඩයෙන් විමෝෂණය වන ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොන A වෙත ලැඟ වීමේ දී විකර්ෂණයට ලක් වේ. දෙන ලද විහාන අන්තරයක් යටතේ A වෙත ලැඟ වන්නේ ඒ විහාන අන්තරය අඩුවා යැමව ප්‍රමාණවත් තරම් වාලක ගක්තියක් සහිත ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොන පමණි. මේ අගයට වඩා අඩු වාලක ගක්ති ඇති ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොන A වෙතින් විකර්ෂණය වේ. මේ ප්‍රතිඵලයෙන්

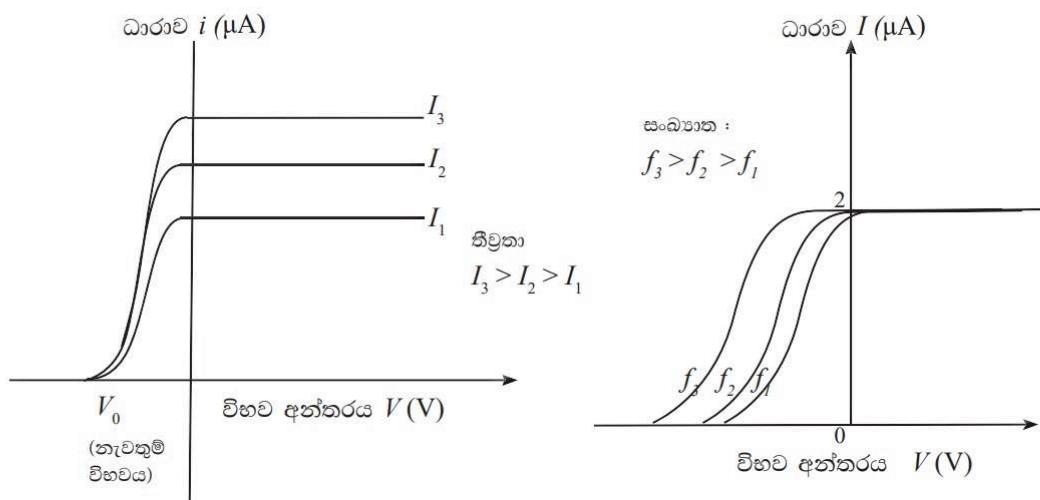
පෙනෙන්නේ ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණය නිසා විමෝෂනය වන සැම ඉලෙක්ට්‍රොනයකම වාලක ගක්තිය එක ම තොවන බවයි. දොදා ලද විහාර අන්තරය නැවතුම් විහාරය ( $V_0$ ) යන්තමින් ලතා වන අවස්ථාවේ දී ධාරාව ඇති කරන්නේ විමෝෂනය වූ ඉලෙක්ට්‍රොනවලින් උපරිම වාලක ගක්තියක් ඇති ඉලෙක්ට්‍රොන පමණකි.



විහාර අන්තරය  $V(V)$

2.7 රුපය ධාරාව හා විහාර අන්තරය අතර ප්‍රස්ථාරය  
(කීවුකාව නියතව තබා C හා A අතර, විහාර අන්තරයේ  
දිගාව ප්‍රමිතරාජ කළ අවස්ථාව)

ඉහත සඳහන් පරීක්ෂණය සඳහා දොදා ගත් ආලෝකය ම වෙනස්  $I_1, I_2$  හා  $I_3, f_1, f_2, f_3$ , කීවුකාව සහිතව සිදු කළ විට ලැබෙන ධාරාව හා  $V$  විහාර අන්තරය අතර, ප්‍රස්ථාරය 2.8 (a) රුපයේ පෙන්වා ඇත. 2.8 (a) රුපයේ ඇති යම් ආලෝක කීවුකාවකට අනුරූප වනුයක් ලබා ගෙන ඇත්තේ එම කීවුකාවට අනුරූප 2.6 රුපයේ ඇති වනු සංයුත්ත කිරීමෙනි.



2.8 (a) රුපය - ධාරාව හා විහාර අන්තරය අතර ප්‍රස්ථාරය  
( ආලෝකයේ කීවුකාව වෙනස් කළ විට )

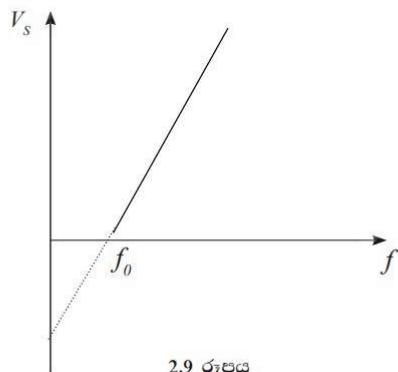
2.8 (b) රුපය - ධාරාව හා විහාර අන්තරය අතර  
ප්‍රස්ථාරය (කීවුකාව නියතව පවත්වා ගෙන  
වෙනස් සංඛ්‍යාත සහිත ආලෝකය හාවිත  
කළ විට )

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

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

එසේ වූව ද, නැවතුම් විහාරය ආලෝකයේ තීව්තාව මත රඳා නොපවතින බව ද මේ ප්‍රස්තාරයෙන් නිගමනය කළ හැකි ය. එනම්, විමෝශනය වන ඉලෙක්ට්‍රොනවල උපරිම වාලක ගක්තිය තීව්තාව මත රඳා නො පවතියි.

තීව්තාව යම් අගයක නියතව පවත්වා ගෙන වෙනස් සංඛ්‍යාත සහිත ආලෝකය හාවිත කර පරික්ෂණ නැවත සිදු කළ විට, 2.8 (b) රුපයේ දැක්වෙන ආකාරයේ වනු ලැබේ. තීව්තාව එක ම වූව ද, ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය වැඩි වන විට නැවතුම් විහාරය වැඩි වන බව මේ ප්‍රස්තාරයෙන් පෙනෙයි. මේ නිසා වැඩි සංඛ්‍යාතයක් සහිත ආලෝකය මගින් වැඩි උපරිම වාලක ගක්තියක් සහිත ඉලෙක්ට්‍රොන විමෝශනය කරන බව නිගමනය කළ හැකි ය.

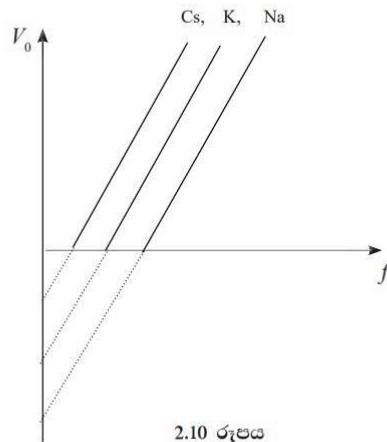


2.9 රුපය

නැවතුම් විහාරය හා පතනය වන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාත යන රාඛිවල විවෘතය ප්‍රස්තාරගත කළ විට 2.9 රුපයේ දැක්වෙන ආකාරයේ රේඛිය ප්‍රස්තාරයක් ලැබේ. නැවතුම් විහාරයේ අගය ගුහ්‍යය වන සංඛ්‍යාතය දේහලි සංඛ්‍යාතය ( $f_t$ ) ලෙස නැඳින්වේ. ප්‍රකාශ විමෝශනය සිදු වන්නේ පතනය වන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය දේහලි සංඛ්‍යාතය (threshold frequency) නමින් නැඳින්වෙන එක්තරා අවම අගයකට වඩා වැඩි වූව හොත් පමණි.

පතනය වන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය දේහලි සංඛ්‍යාතයට වඩා අඩු කළ විට ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොන නිකුත් නොවන බැවින් ධාරාව තතර වේ. කුතෙක්ඩ සඳහා වෙනත් ලෝහ හාවිත කර පරික්ෂණය කළ විට 2.10 රුපයේ පෙන්වා ඇති පරිදි සරල රේඛා කිහිපයක් ලැබේ. මෙහි දී වෙනස් දේහලි සංඛ්‍යාත ලැබෙන අතර, සියලු සරල රේඛාවල අනුකූල එක ම අගයක් ගන්නා බව ප්‍රස්තාරවලින් දැක්වේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.



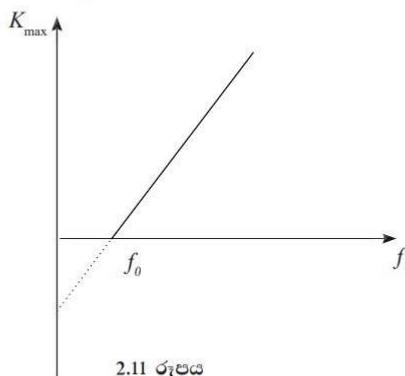
2.10 රුපය

ඇතැත්ත් තේරු සාපේක්ෂව සාන් විහාරයක පවත්වා ඇති විට පවා බාරාවක් ගලන්නේ විහාරයට විරුද්ධව ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන මගින් කළ යුතු කාර්යයට වඩා වැඩි වාලක ශක්තියක් සහිත ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝෂනය වන නිසාය. මේ විහාරය අන්තරය නැවතුම් විහාරයේ අගය ( $V_0$ ) ව සමාන වන අවස්ථාවේ දී ඉලෙක්ට්‍රෝනයක පැවතිය හැකි උපරිම වාලක ශක්තිය  $K_{max}$ , විහාරයට විරුද්ධව කළ යුතු කාර්යය වන  $eV_0$  සමාන වේයි. එනම්,

$$K_{max} = eV_0$$

මේ සම්කරණයට අනුව උපරිම වාලක ශක්තිය නැවතුම් විහාරයට සමානුපාතික වේයි. ඒ නිසා උපරිම වාලක ශක්තිය සහ සංඛ්‍යාතය අතර, ප්‍රස්ථාරය, 2.9 රුපයේ පෙන්වා ඇති නැවතුම් විහාරය සහ සංඛ්‍යාතය අතර, ප්‍රස්ථාරයේ ආකාරයේ ම විය යුතුය. මෙය 2.11 රුපයේ පෙන්වා ඇති.

බොහෝ ලෝහ සඳහා දේහලී සංඛ්‍යාතය පාර්ශමීඩ්‍ය පරාසයේ (තරංග ආයාමය 200-300 nm) පවතින අතර, සියියම් හා පොටැසියම් ලෝහ සඳහා දේහලී සංඛ්‍යාත දූෂණ වර්ණාවලියේ 400-700 nm තරංග ආයාම පරාසය තුළ පවතී.



2.11 රුපය

- ඉහත සඳහන් කළ පරික්ෂණවලින් ලබා ගත් ප්‍රතිඵල මෙසේ සඳහන් කළ හැකි ය.
- විමෝශනය වන ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොන්වලට යුතුවයේ සිට යම් උපරිම අගයක් දක්වා විවිධ වාලක ගක්ති අයන් වේ. සංඛ්‍යාතයේ වැඩි විමන් සමඟ උපරිම වාලක ගක්තියන් වැඩි වේ.
  - මිනෑ ම මූලදුව්‍යයක් සඳහා ඉලෙක්ට්‍රොන විමෝශනය සිදු වන්නේ පතන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය, දේහලී සංඛ්‍යාතය නමින් හැඳින්වෙන යම් අගයකට වඩා වැඩි වූ විට ය. පාර්ශම්වල කිරණවලට ඉතා අඩු තීව්‍යතාවකදී වුව ද සින්ක් ලේඛයෙන් ඉලෙක්ට්‍රොන විමෝශනය කළ හැකි ය. එහෙත් අධ්‍යාරක්ත කිරණවලට ඉතා වැඩි තීව්‍යතාවකදී වුව ද මෙසේ කිරීමට නොහැකි ය.
  - දේහලී සංඛ්‍යාතය හාවිත කරන ලේඛය මත රඳා පවතී. වඩාත් ප්‍රතික්‍රියාකාලී මූලදුව්‍ය (most reactive elements) සඳහා එය අඩු අගයක් ගතී. උදාහරණයක් ලෙස සින්ක්වලට වඩා අඩු දේහලී සංඛ්‍යාතයක් පොටැසියම්වලට ඇතේ.
  - විමෝශනය වන ඉලෙක්ට්‍රොනවල උපරිම වාලක ගක්තිය රඳා පවතින්නේ පතන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය මත පමණි. එය ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතයන් දේහලී සංඛ්‍යාතයන් අතර, අන්තරයට සාමානුපාතික වේ.

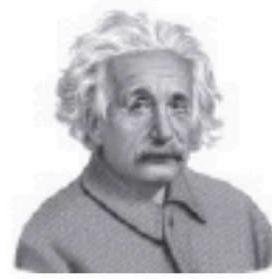
$$k_{\max} \propto (f - f_0)$$

- ලේඛ පාෂේයෙන් ඉලෙක්ට්‍රොනයක් තීදහස් කර ගැනීමට අවශ්‍ය අවම ගක්තිය ලේඛය මත රදා පවතී.
- විමෝශනය වන ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොනවල වාලක ගක්තිය ආලෝකයේ තීව්‍යතාව මත රඳා නොපවතී.
- ප්‍රකාශ විදුත් විමෝශන සංසිද්ධිය ක්ෂේත්‍රීක ක්‍රියාවලියකි. කැනෙක්ඩය මත ආලෝකය පතිත වූ විය කාල පමාවක් නැතිව තත්පර  $10^{-9}$  ට වඩා අඩු කාලයකදී ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොන විමෝශනය ආරම්භ වේ.

ප්‍රතිශේෂිත හොතික විද්‍යාවේ ආලෝකය සැලකන්නේ තරංග විශේෂයක් ලෙස ය. තරංගයක ගක්තිය රඳා පවතින්නේ තරංගයේ විස්තරය මත වන අතර, ආලෝකයේ තීව්‍යතාවයෙහි ප්‍රමාණයයි. මේ අනුව, අලෝකය මගින් ලේඛ පාෂේයකින් සිදු වන ඉලෙක්ට්‍රොන විමෝශනය රඳා පැවතිය යුත්තේ ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය මත නොව තීව්‍යතාව මත ය. තීව්‍යතාව වැඩි ආලෝකය මගින් පහසුවෙන් ඉලෙක්ට්‍රොන විමෝශනය වීම බලාපොරොත්තු විය හැකි ය. තීව්‍යතාව යම් ප්‍රමාණයකට වඩා අඩු වූ විට ඉලෙක්ට්‍රොනවල විමෝශනය නතර විය යුතු ය. විමෝශනය වන ඉලෙක්ට්‍රොනවල වාලක ගක්තිය රඳා පැවතිය යුත්තේ ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය මත නොව තීව්‍යතාව මත ය. ඉතා අඩු තීව්‍යතාවකින් ආලෝකය පතිත වන්නේ නම්, ඉලෙක්ට්‍රොනයක් විමෝශනය කිරීම සඳහා අවශ්‍ය ගක්තිය ලබා ගැනීමට යම් කාලයක් ගත විය යුතු ය. ආලෝකය ලේඛ පාෂේය මත පතිත වූ සැලකීන් ම ඉලෙක්ට්‍රොන විමෝශනය වීම බලාපොරොත්තු විය නොහැකි ය.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

මේ නිසා 20 වන සියවසේ ආරම්භයේ දී ප්‍රකාශ විද්‍යාත් ආචාරණය පිළිබඳ පරික්ෂණාත්මක නිරික්ෂණ සෙස්දාන්තිකව පැහැදිලි කිරීම විශාල ප්‍රශ්නයක්ට පැවතිණි.



වර්ත 1905 දී ඇල්බර් අයින්ස්ටිඩින් (Albert Einstein) විසින් ගොඩනගන ලද ක්වොන්ට්‍රිකරණය වූ ගක්තිය (quantized energy) පිළිබඳ සිද්ධාන්තය මගින් ප්‍රකාශ විද්‍යාත් ආචාරණය ආස්‍රිත සියලු නිරික්ෂණ පැහැදිලි කිරීමට හැකි විය. ඒ වෙනුවෙන්

1921 වර්තයේ හොඟික විද්‍යාව පිළිබඳ නොබෙල් ත්‍රෑපය - ඇල්බර් අයින්ස්ටිඩින් අයින්ස්ටිඩින්ට හිමි විය.

අයින්ස්ටිඩින් ඉදිරිපත් කළ සිද්ධාන්තයට අනුව, ප්‍රකාශ විද්‍යාත් ආචාරණයේ දී ආලෝකය ඉතා කුඩා අංශු ආකාරයෙන් හැකිවර. මේ එක් අංශුවක අඩංගු ගක්තිය ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතයට සාමාන්‍යාත්මක වෙයි. මේ අනුව ආලෝකය යනු ගක්ති පොදී හෙවත් ක්වොන්ටම (quanta) ලෙස සැලැකිය හැකි ය. ඉලෙක්ට්‍රොන් විමෝෂනය වන්නේ මේ ආලෝක ගක්ති ක්වොන්ටම අවශ්‍යාතය කර ගැනීමෙනි. අයින්ස්ටිඩින් මේ අංශු ගෝටෝන (photon) නමින් හැඳින්වායේ ය.

මේ වන විට ගක්ති ක්වොන්ටම පිළිබඳ අදහස මැක්ස් ඒලාන්ක් විසින් ඉදිරිපත් කර තිබේ. පලමු වැනි පරිවිශේෂයේදී අප සාකච්ඡා කළ පරිදි, කෘෂිණ වස්තු විකිරණයේ දී අවශ්‍යාතය වන හෝ විමෝෂනය වන ගක්ති ක්වොන්ටමයක අඩංගු ගක්තිය,  $E = hf$  යන සම්කරණයට අනුව සංඛ්‍යාතය මත රඳා පවතින බව ඒලාන්ක් විසින් උපකළුපනය කර තිබේ. ප්‍රකාශ විද්‍යාත් ආචාරණයේදී ද, ඉලෙක්ට්‍රොනයක් මගින් මෙවැනි ක්වොන්ටමයක් අවශ්‍යාතය කර ගත් විට ඒ ගක්තියෙන් කොටසක් ඉලෙක්ට්‍රොනය ලෝහ පාශ්චයෙන් නිදහස් වීම සඳහා වැය වන අතර, ඉතිරිය ඉලෙක්ට්‍රොනයේ වාලක ගක්තිය බවට පරිවර්තනය වෙයි.

ලෝහ පාශ්චයෙන් ඉලෙක්ට්‍රොනයක් නිදහස් වීම සඳහා අවශ්‍ය ගක්තිය ඒ ලෝහයේ කාර්ය ලිඛිතය (work function) නමින් හැඳින්වෙයි. එය  $\phi$  සංකේතයෙන් නිරුපණය කළ හොත්, විමෝෂනය වන ඉලෙක්ට්‍රොනයකට තිබිය හැකි උපරිම වාලක ගක්තිය  $k_{\max} = hf - \phi$  විය යුතු ය. මේ සම්කරණය නැවතුම් විහාරය ආශ්‍රිතයෙන්  $eV_0 = hf - \phi$  ලෙස ද ලිවිය හැකි ය. මේ අනුව උපරිම වාලක ගක්තිය සහ සංඛ්‍යාතය අතර ප්‍රස්ථාරය සරල රේඛාවක් විය යුතු අතර, එහි අනුතුමණය ඒලාන්ක් තියතයට සමාන විය යුතු ය. ඒ ආකාරයට ම, නැවතුම් විහාරය සහ සංඛ්‍යාතය අතර ප්‍රස්ථාරය ද සරල රේඛාවක් විය යුතු අතර, එහි අනුතුමණය  $h/e$  විය යුතු ය.

කාර්ය ලිඛිතය ලෝහය මත රඳා පවතින නියතයක් නිසා ලෝහ පාශ්චය මත පතිත කරන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය කුමයෙන් අඩු කර ගෙන යැමි දී ඉලෙක්ට්‍රොනයට ලැබෙන වාලක ගක්තිය කුමයෙන් අඩු වී, එක්තරා සංඛ්‍යාතයක දී ගුනා බවට පත් වෙයි. මෙයට වඩා සංඛ්‍යාතය අඩු කළ හොත් ඉලෙක්ට්‍රොනය නිදහස් වීම සඳහා ගෝටෝනයෙන් ලැබෙන ගක්තිය ප්‍රමාණවත් නොවන නිසා ප්‍රකාශ විද්‍යාත් ආචාරණය සිදු නොවේ. මේ නිසා වාලක ගක්තිය ගුනා වන අවස්ථාවේ දී සංඛ්‍යාතය දේහලී සංඛ්‍යාතයයි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම නිමිත්ම ඇවිරීම්.

මේ ආකාරයට 2.9, 2.10 සහ 2.11 රුප මගින් පෙන්වා ඇති පරික්ෂණාත්මක ප්‍රතිඵල ඉතා පහසුවෙන් පැහැදිලි කිරීමට අයිත්ත්වයින්ට හැකි විය.

ආලෝක කුදාලයේ තීවුණාව වැඩි කිරීමෙන් සිදු වන්නේ ඒ කුදාලයේ ඇති ගෝටෝන සංඛ්‍යාව වැඩි විමයි. එහෙත් සංඛ්‍යාතය වෙනස් නොවන බැවින් ගෝටෝනයේ ගක්තිය කෙරෙහි බලපෑමක් ඇති නොකරයි.

2.1 වගුවෙහි ලෝහ කිහිපයක කාර්ය ප්‍රිතියන් හා දේහලි සංඛ්‍යාතයන් දැක්වේ.

2.1 වගුව ලෝහ කිහිපයක කාර්ය ප්‍රිතිය හා දේහලි සංඛ්‍යාතය

ලෝහය	කාර්ය ප්‍රිතිය $\phi$ (eV)	දේහලි සංඛ්‍යාතය - $f_0$ (Hz)
සෝඩියම්	2.4	$5.8 \times 10^{14}$
කැලුසියම්	2.9	$7.0 \times 10^{14}$
සින්ක්	3.6	$8.8 \times 10^{14}$
සිල්වර	4.3	$1.0 \times 10^{15}$

ඉලෙක්ට්‍රොන වෝල්ටය (eV) යනු ගක්තියේ ඒකකයකි. එය 1 V විහාර අන්තරයක් යටතේ ඉලෙක්ට්‍රොනයක් ත්වරණය විමෙදි අයත් කර ගන්නා ගක්තිය ලෙස අර්ථ දැක්වේ.

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

මෙතා ඉලෙක්ට්‍රොන වෝල්ටි 1 =  $10^6$  eV

#### අභ්‍යාස

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

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

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

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

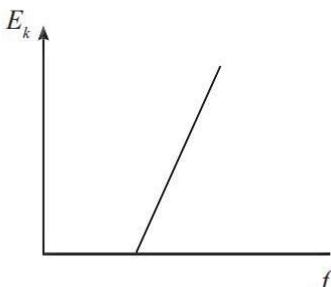
1. කාර්ය ප්‍රිතිය  $\phi$  වූ ලෝහයක් මත තරංග ආයාමය  $\lambda$  වූ ආලෝකය පතිත වේ. ප්‍රකාශ විද්‍යාත්මක ආවරණය සිදු වීමට නම්

- (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 ඉලෙක්ට්‍රොන විමෙර්ණය වූ බවත් කහ වර්ණවත් ආලෝකය පතිත කරවූ විට එසේ නොවන බවත් දක්නට ලැබේ. ඒ පෘෂ්ඨය මත රතු ආලෝකය පතිත කරවූ විට,

- (a) වැඩි ගක්තියක් සහිත ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝෂනය වේ.
- (b) අඩු ගක්තියක් සහිත ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝෂනය වේ.
- (c) ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝෂනය රඳා පවතින්නේ පතිත ආලෝකයේ තීවුණාව මත ය.
- (d) ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝෂනයක් සිදු නොවේ.
- (e) යම් කාල පමාවකින් පසුව ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝෂනය සිදු වේ.
3. දේහලී සංඛ්‍යාතය  $f_0$  වූ දව්‍ය පෘෂ්ඨයක් මත සංඛ්‍යාතය  $f$  ( $f_0 < f$ ) වූ ආලෝකය පතිත වේ. විමෝෂනය වූ ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝනවල වාලක ගක්තිය
- (a)  $h(f-f_0)$     (b)  $\frac{h}{f}$     (c)  $he(f-f_0)$     (d)  $\frac{h}{f_0}$     (e)  $he$
4. ප්‍රකාශ විද්‍යුත් විමෝෂනය සිදු වීමේ ක්‍රියාවලියේදී පතිත ආලෝකයේ තීවුණාව අඩු කළ විට නැවතුම් විභාග,
- (a) අඩු වේ.    (b) වැඩි වේ.    (c) එසේ ම පවතී.
- (d) වැඩි විම හෝ අඩු විම රඳා පවතින්නේ ආලෝකයේ ඉළුවණය මත ය.
- (e) ඉහත කිසිවක් නො වේ.
5. ප්‍රකාශ සංවේදී පෘෂ්ඨයකින් විමෝෂනය වන ඉලෙක්ට්‍රෝන සංඛ්‍යාව රඳා පවතින්නේ
- (a) පතිත වන ආලෝකයේ තීවුණාව මත ය.    (b) ඒ ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය මත ය.
- (c) ඒ ආලෝකයේ තරග ආයාමය මත ය.    (d) ඒ ආලෝකයේ වර්ණය මත ය.
- (e) ඒ පෘෂ්ඨයේ විමෝෂකතාව මත ය.
6. සෝංඩ්ම් පහනකින් නිකුත් වන තරග ආයාමය  $0.6 \text{ } \mu\text{m}$  වූ ආලෝකය ප්‍රකාශ කොළඹක් මත පතිත විමෙන් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝෂනය වීම සිදු වේ. මේ සංසිද්ධියට අදාළ නැවතුම් විභාග  $0.5 \text{ V}$  ය. පහනකින් ලැබෙන ආලෝකයේ තරග ආයාමය  $0.4 \text{ } \mu\text{m}$  වූ විට නැවතුම් විභාග  $1.5 \text{ V}$  වෙයි. ආලෝකයේ වෙශය  $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  ලෙස ගත හොත්, මේ දත්ත හාවිත කොට ලැබෙන  $h/e$  හි අය වන්නේ,
- (a)  $4 \times 10^{-59} \text{ V s}$     (b)  $0.25 \times 10^{15} \text{ V s}$     (c)  $4 \times 10^{-15} \text{ V s}$     (d)  $4 \times 10^{-8} \text{ V s}$
- (e)  $1.6 \times 10^{-19} \text{ V s}$
7. එක්තරා ලෝහයක් සඳහා ප්‍රකාශ විද්‍යුත් ආවරණ සංසිද්ධිය සම්බන්ධ දේහලී සංඛ්‍යාතය  $f_0$  වන අතර, ඒ ලෝහයෙන් තැනු තහවුවක් මත සංඛ්‍යාතය  $f$  වන ආලෝක කදම්බයක් පතනය වෙයි. ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝෂනය වීම සඳහා
- (a)  $f = f_0$     (b)  $f = 2f_0$     (c)  $f < f_0$     (d)  $f > f_0$     (e)  $f = \sqrt{2}f_0$

8. ප්‍රකාශ විශ්‍යුත් ආවරණ පරීක්ෂණයක දී පතනය වන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතය ( $f$ ) එදිරියෙන් නැවතුම් විවෘත ( $V_0$ ) අතර, අදින ලද ප්‍රස්ථාරය සරල රේඛාවකි. ඒ සරල රේඛාව  $f$  අක්ෂය සමඟ  $\theta$  කොළඹක් සාදයි.  $\phi$  යනු පාශ්චාත්‍ය කාර්ය ප්‍රිතිය නම්  $\tan \theta$  සමාන වන්නේ,
- (a)  $\frac{h}{e}$       (b)  $\frac{e}{h}$       (c)  $\frac{-\phi}{e}$       (d)  $\frac{eh}{\phi}$       (e)  $\frac{\phi}{e}$
9. A හා B නමැති ලෝහවල කාර්ය ප්‍රිති අතර, අනුපාතය  $1 : 2$  කි. A හා B මත පතිත වන ආලෝකයේ සංඛ්‍යාත පිළිවෙළින්  $f_A$  හා  $2f$  වෙයි.  $f > f_A$  හා  $2f > f_B$ , යනු A හා Bගේ දේහලී සංඛ්‍යාත වේ. එක් එක් ලෝහ පාශ්චාත්‍යයන් විමෝෂනය වන ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොනවල උපරිම වාලක ගක්තිය 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 ප්‍රිති පිළිවෙළින්  $4.5 \text{ eV}$ ,  $4.3 \text{ eV}$  හා  $3.5 \text{ eV}$  වෙයි. තරුග ආයාමය  $4000 \text{ \AA}^{\circ}$  වූ ආලෝකය එවා මත පතිත වේ. පහත ප්‍රකාශ අතුරින් වඩාත්ම නිවැරදි ප්‍රකාශය කුමක් ද?
- (a) A ගෙන් පමණක් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොන විමෝෂනය වේ.  
 (b) B ගෙන් පමණක් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොන විමෝෂනය වේ.  
 (c) C ගෙන් පමණක් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොන විමෝෂනය වේ.  
 (d) සියලු ලෝහවලින් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොන විමෝෂනය වේ.  
 (e) කිසිවකින් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොන විමෝෂනය නොවේ.
11. කාර්ය ප්‍රිතිය  $2 \text{ eV}$  වූ ලෝහයක් මත තරුග ආයාමය  $4000 \text{ \AA}^{\circ}$  වූ ආලෝකය පතිත වූ විට විමෝෂනය වන ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොනවල වාලක ගක්තිය ආසන්න වශයෙන්,
- (a)  $0.5 \text{ eV}$       (b)  $1.1 \text{ eV}$       (c)  $2.5 \text{ eV}$       (d)  $3 \text{ eV}$       (e)  $2 \text{ eV}$
12. ආලෝකය පිළිබඳ ක්වොන්ටම් වාදය මගින් ගොඩනැගෙන සංකල්පය වන්නේ
- (a) ඉලෙක්ට්‍රොන      (b) ගෝටෝන      (c) පොසිට්‍රොන      (d) නියුට්‍රොන  
 (e) ක්වාර්ක් පිළිබඳ සංකල්පයයි.
13. ප්‍රකාශ විශ්‍යුත් ආවරණය සම්බන්ධ පරීක්ෂණයක දී විමෝෂනය වූ ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රොනවල උපරිම වාලක ගක්තියන් ( $E_k$ ) පතිත ආලෝක ගෝටෝනවල සංඛ්‍යාතයන් ( $f$ ) අතර, ප්‍රස්ථාරයේ අනුකූලය වනුයේ
- (a) ඉලෙක්ට්‍රොනයේ ආර්ථණය යි.  
 (b) ලෝහයේ කාර්ය ප්‍රිතිය යි.  
 (c) ජ්ලාන්ක් නියතය යි.  
 (d) ජ්ලාන්ක් නියතයන් ඉලෙක්ට්‍රොනයේ  
 ආර්ථණයන් අතර, අනුපාතය යි.  
 (e) ඉලෙක්ට්‍රොනයේ ආර්ථණයන් ජ්ලාන්ක් නියතයන් අතර, අනුපාතය යි.



14. ලෝහ පෘෂ්ඨයකින් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝෂනය සම්බන්ධ පරීක්ෂණයක දී නැවතුම් විහාරයේ ( $K_{max}$ ) පතිත ආලෝකයේ සංඛ්‍යාතයන් (f) අතර, අදින ලද ප්‍රස්ථාරය සරල රේඛාවකි. ජ්ලාන්ක් තියතය දෙනු ලබන්නේ
- (a) ප්‍රස්ථාරයේ අනුතුමණයෙනි.
  - (b) සරල රේඛාවේ අනුතුමණයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝනික ආරෝපණයෙන් ගුණීතයෙනි.
  - (c)  $V$  අක්ෂය මත ලැබෙන අන්තර්ඛෑණ්ඩයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ආරෝපණයන් අතර, අනුපාතයෙනි.
  - (d)  $f$  අක්ෂය මත ලැබෙන අන්තර්ඛෑණ්ඩයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ස්කන්ධයෙන් ගුණීතයෙනි.
  - (e) අනුතුමණයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ස්කන්ධයෙන් ගුණීතයෙනි.
15. ප්‍රකාශ සංවේදී පෘෂ්ඨයක් මත ආලෝක ගෝටෝනයක් පතිත විමෙන් ප්‍රකාශ ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් තිකුත් විම සඳහා ගත වන කාලය ආසන්න වගයෙන්
- (a)  $10^{-1} \text{ s}$
  - (b)  $10^{-4} \text{ s}$
  - (c)  $10^{-10} \text{ s}$
  - (d)  $10^{-7} \text{ s}$
  - (e)  $10 \text{ s}$
16. ප්‍රකාශ සංවේදී පෘෂ්ඨයක් මත  $10^{-8} \text{ J s}^{-1}$  දිගුකාවකින් තරුණ ආයාමය  $5000 \text{ \AA}$  වූ ආලෝක ගක්තිය පතිත වේ. තත්පරයකට ලැබෙන ගෝටෝන සංඛ්‍යාව වන්නේ
- (a)  $2.5 \times 10^{10}$
  - (b)  $2.5 \times 10^{11}$
  - (c)  $2.5 \times 10^{13}$
  - (d)  $2.5 \times 10^9$
  - (e)  $2.5 \times 10^6$

#### 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)  |           |          |          |           |

## තෙවන පරිච්ඡේදය

### පදාර්ථයේ තරංග ස්වභාවය

### Wave Nature of Matter

#### 3.1 හැඳින්වීම

ආලෝකයේ (විශ්‍යුත් වූමික විකිරණ) තරංග ස්වභාවය සැලකිල්ලට ගතිමින් නිරෝධ්‍යය, විවරතනය හා ඉළුවනය යන සංසිද්ධිය සාර්ථකව පැහැදිලි කිරීමට හැකි විය. අනෙක් අතින් ප්‍රකාශ විශ්‍යුත් ආවරණය හා කොමිටන් ආවරණය (Compton effect) වැනි ගක්තිය හා ගම්‍යනාව සම්බන්ධ සංසිද්ධින් පැහැදිලි කර ඇත්තේ විකිරණයේ ක්වොන්ටම් ස්වභාවය (quantum nature) පදනම් කර ගෙන ය.

ප්‍රකාශ විශ්‍යුත් ආවරණයේ -දී ප්‍රමාණවත් ගක්තියක් ඇති (අදාළ ලෝහයේ කර්ය ක්‍රිතයට වඩා වැඩි ගක්තියක් සහිත) ආලෝක ගොට්ටෝනයක් ප්‍රකාශ සංවේදී (photosensitive) ලෝහ පැශේයක් මත පතිත වී එහි මුළු ගක්තිය ම පරමාණුවක ඇති එක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයකට පවරා දීමෙන් ලෝහ පැශේයයෙන් ඒ ඉලෙක්ට්‍රෝනය විමෝෂණය විම සිදු වේ.

කොමිටන් ආවරණය යනු ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් හෝ වෙනත් ආරෝපිත අංශුවකින් ගොට්ටෝනයක් ප්‍රකිරණය කිරීම (ගොට්ටෝනය ගමන් කරන දිගාව වෙනස් කිරීම) සි. මුල් වරට මේ සංසිද්ධිය සෞයා ගත් ආතර කොමිටන් මෙහි දී ගොට්ටෝනයේ දිගාව වෙනස් විම හැරෙන්නට, එහි තරංග ආයාමය වැඩි වන (එනම් ගක්තිය අඩු වන) බවත් ඉලෙක්ට්‍රෝනය තවත් දිගාවකට වාංශ වන බවත් සෞයා ගත්තේ ය.

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

ආලෝකය (විශ්‍යුත් වූමික විකිරණ) සමහර අවස්ථාවන්හි දී තරංග ආකාරයටත් වෙනත් සමහර අවස්ථාවන්හි දී අංශු ආකාරයටත් හැසිරෙන බව මේ අනුව පැහැදිලි වෙයි. මෙය විකිරණවල තරංග අංශු ද්වීත්ව ස්වභාවය නමින් හැඳින්වීම්.

අලේ ඇස්ට්ලින් යමක් දැකිමේ සංසිද්ධියේ දී මේ පැහැදිලි කිරීම දෙක ම එනම්, ආලෝකයේ තරංග ස්වභාවයන් අංශුමය ස්වභාවයන් - ඉතා වැදගත් වේ. එක් අතකින් ආලෝකය රස් කර ගැනීම හා නාහිත කිරීමේ යන්ත්‍රණය කාවයෙන් සිදු කරනු ලබන අතර, ඒ ක්‍රියාවලිය තරංග ආගුණයන් හොඳින් පැහැදිලි වේ. අනෙක් අතින් ඇස් දාෂ්ටි විනානයේ ඇති යූරී සෙල හා කේතු සෙල (rods and cones) මගින් ආලෝකය අවශ්‍යාත්‍යනය විම පැහැදිලි කර ගැනීම සඳහා ගොට්ටෝන ක්‍රියාවලිය යොදා ගැනීම අත්‍යවශ්‍ය වේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

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

ආලෝක තරංග අංශු (ගෝටෝන්) ආකාරයට හැසිරීමට හැකි නම් අංශුවලට තරංග ලෙස හැසිරීමට හැකි නොවන්නේ මත්ද යන තර්කය වර්ෂ 1924 දී ප්‍රංශ ජාතික හොඹික විද්‍යාඥයක වූ ලුවිස් ඩි බ්‍රොග්ලී (Louis de Broglie) විසින් ඉදිරිපත් කරන ලදී. “ස්වභාවයේ සම්මිතියට ආදරය කරයි. ඒ බව සම්මිතික ගති ලක්ෂණවලින් පෙන්වුම් කෙරේ ය” යන්න ඔහුගේ මතය විය. ඒ මතය අනුව පදාර්ථයට හා ගක්තියට ද සම්මිතික ලක්ෂණ තිබිය යුතු ය. ඔහුගේ මතයට අනුව අංශු ආකාරයට හැකිරෙන ඉලෙක්ට්‍රොන් වැනි පරමාණුක අංශුවලට ද සම්බන්ධතාව විවිධ තරංග ආකාරයට ද හැසිරීමට හැකියාව ඇතේ. එවැනි තරංග, ඩි බ්‍රොග්ලී තරංග හෝ පදාර්ථ තරංග (matter waves) නමින් හැඳින්වේ. ක්වොන්ටම් වාදයත් අයින්ස්ට්‍යින්ගේ ස්කන්ද ගක්ති සම්බන්ධතාවත් මත පදනම් වූ අදහස් හාවිතයෙන් ස්කන්ධය  $m$  වූ අංශුවක් හා සබඳ ගක්තිය  $E = mc^2$  ලෙස ලිවිය හැකි ය. මෙහි  $c$  යනු නිදහස් අවකාශයේ දී ආලෝකයේ වෙශය සි.

අයින්ස්ට්‍යින්ගේ සම්කරණයට අනුව, සංඛ්‍යාතය  $f$  වන ගෝටෝනයක ගක්තිය  $E = hf$  මගින් ද, එහි ගම්භතාව

$$p = \frac{E}{c} \quad \text{මගින් } d \quad \text{දෙනු ලැබේ.}$$

මෙම සම්කරණ දෙක හාවිතයෙන් ගෝටෝනයක ගම්භතාව සහ තරංග ආයාමය අතර, සම්බන්ධතාව

$$p = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad \text{මගින් } d \quad \text{දෙනු ලැබේ.}$$

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

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

ඩි බ්‍රොග්ලී තරංග ආයාමය ලෙස හැඳින්වේ.

මෙම පදාර්ථ අංශුව ආරෝපිත හෝ අනාරෝපිත විය හැකි ය. අංශුව හා සබඳ තරංග ආයාමය අංශුවේ ආරෝපණයෙන් ස්වායන්ත වේ. මෙයින් පැහැදිලි වන්නේ ඩි බ්‍රොග්ලී තරංග, විදුත් වූමිබක තරංග නොවන බවයි. විදුත් වූමිබක තරංග නිපදවන්නේ ආරෝපිත අංශු ත්වරණයකට හාජ්‍යය වීමෙනි.

ඉහත සම්කරණයට අනුව විශාල ස්කන්ධයක් සහිත අංශුවක හෝ විශාල ප්‍රවේශයක් සහිත වැඩි ගක්තියක් ඇති අංශුවක හෝ තරංග ආයාමය අඩු අගයක් ගනී.

නිදුසුනක් වශයෙන්  $22 \text{ m s}^{-1}$  වේගයෙන් වලින වන ස්කන්ධය  $0.14 \text{ kg}$  වූ බෝලයක හා  $5.8 \times 10^6 \text{ m s}^{-1}$  වේගයෙන් වලනය වන ඉලෙක්ට්‍රොනයක ඩි බ්‍රැග්ලි තරංග ආයාමයන් සොයලු (ඉලෙක්ට්‍රොනයේ ස්කන්ධය  $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$  බව සලකන්න).

වලනය වන බෝලය සඳහා ගම්‍යතාව

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

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

වලනය වන ඉලෙක්ට්‍රොනය සඳහා

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

$$\therefore \lambda_2 = \frac{6.63 \times 10^{-32} \text{ J s}}{5.28 \times 10^{-24} \text{ kg m s}^{-1}} = 0.12 \text{ nm}$$

බෝලය සඳහා ලැබුණු තරංග ආයාමය මැනිය නොහැකි තරම් ඉතා කුඩා අගයකි. එදිනෙදා ජීවිතයේ දී භමු වන මහේක්ෂ වස්තු සඳහා ඉහත තරංග ආයාමය ඉතා කුඩා නිසා ඒවා තරංග ආකාරයේ ලක්ෂණ නොපෙන්වයි. අනෙක් අතින් උප පරමාණක අන්වික්ෂිය අංශ වන ඉලෙක්ට්‍රොන, ප්‍රෝටෝන ආදිය ඒවායේ තරංග ස්වභාවය මැනවීන් පෙන්වයි. ඉලෙක්ට්‍රොනයේ ඩි බ්‍රැග්ලි තරංග ආයාමය සඳහා ලැබුණු අගය  $0.12 \text{ nm}$  ක මැනිය හැකි අර්ථවත් අගයකි.

### විසඳු ගැටුම්

- ස්කන්ධය  $m$ , ආරෝපණය  $e$  වූ ඉලෙක්ට්‍රොනයක් නිශ්චිත තුළාවේ සිට  $V$  විභව අන්තරයක් යටතේ ත්වරණය වන අවස්ථාවක් සලකමු. එහි වාලක ගක්තිය  $K$  ඉලෙක්ට්‍රොනය මත ක්ෂේත්‍රය මගින් කරන ලද කාර්යයට ( $eV$ ) සමාන වේ. ඉලෙක්ට්‍රොන ප්‍රවාහයේ ඩි බ්‍රැග්ලි තරංග ආයාමය සඳහා ප්‍රකාශයක් ලබා ගන්න.

ඉලෙක්ට්‍රොනය ලබා ගත් ගම්‍යතාව,

$$p = mv \quad (\nu යනු ඉලෙක්ට්‍රොනයේ ප්‍රවේශයයි) = \sqrt{2mk}$$

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

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV$$

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

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

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

$\lambda$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meV}}$$

2. එක ම වාලක ගක්තියක් සහිත ඉලෙක්ට්‍රොනයක්, ප්‍රෝටෝනයක් හා a- අංශුවක් අතුරින් කුඩා ම ඩි බොර්ලි තරංග ආයාමය ඇත්තේ කුමකට ද?

$$\text{ස්කන්දය } m \text{ හා ගම්පතාව } p \text{ වූ අංශුවක ඩි බොර්ලි තරංග ආයාමය, } \lambda = \frac{h}{p} , \quad k = \frac{p^2}{2m}$$

$$p = mv (\nu යනු අංශුවේ ප්‍රවේශය සි). \lambda = \frac{h}{\sqrt{2mK}} \quad \text{එක ම වාලක ගක්තිය ඇති නිසා } \lambda \propto \frac{1}{\sqrt{m}},$$

$\alpha$  - අංශුව ප්‍රෝටෝනය මෙන් හතර ගුණයක් ස්කන්දයයේ ප්‍රක්ෂේප වන අතර, ප්‍රෝටෝනයේ ස්කන්දය ඉලෙක්ට්‍රොනයේ ස්කන්දය මෙන් 1836 ගුණයකි. ඒනිසා මේ අංශුවලින් කුඩා ම ඩි බොර්ලි තරංග ආයාමයක් ඇත්තේ  $\alpha$  - අංශුවට ය.

3. එක්තරා අංශුවක් ඉලෙක්ට්‍රොනයේ වේගය මෙන් කුන් ගුණයක වේගයෙන් වලනය වේ. ඒ අංශුවේත් ඉලෙක්ට්‍රොනයේත් ඩි බොර්ලි තරංග ආයාම අතර, අනුපාතය  $1.813 \times 10^{-4}$  ක් වේ. අංශුවේ ස්කන්දය ගණනය කරන්න. අංශුව හඳුනා ගන්න.

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

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

$$\text{ඉලෙක්ට්‍රොනය සඳහා } m_e = \frac{h}{\lambda_e v_e}$$

$$\text{අංශුවේ ස්කන්දය } m \text{ යයි ගනිමු. } \frac{\nu}{v_e} = 3 \quad \text{හා} \quad \frac{\lambda}{\lambda_e} = 1.813 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{\lambda_e}{\lambda} \cdot \frac{v_e}{\nu} m_e \\ &= 9.11 \times 10^{-31} \times \frac{1}{1.813 \times 10^{-4}} \times \frac{1}{3} \\ &= 1.6749 \times 10^{-27} \text{kg} \\ m_p &= 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg} \\ m_m &= 1.675 \times 10^{-27} \text{ kg} \end{aligned}$$

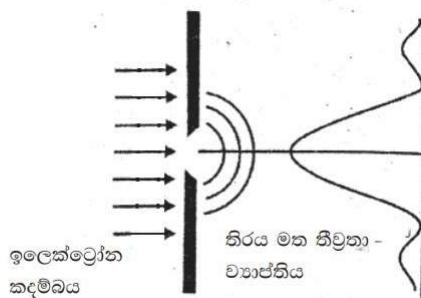
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

බැවින් මේ අංශුව ප්‍රෝටෝනයක් හෝ නියුට්‍රොනයක් විය හැකි ය.

### 3.3 ඉලෙක්ට්‍රෝන විවරණය (Diffraction of electrons)

වර්ත 1927 දී සී. ඩේ. ඩෙවිසන් (C.J. Davisson) හා එල්. එච්. ජර්මර (L.H. Germer) යන අමෙරිකානු ජාතික විද්‍යාඥයන් දෙදෙනා විසින් සිදු කරන ලද පරීක්ෂණ මගින් වලනය වන ඉලෙක්ට්‍රෝනයකට තරඟ ස්වභාවයක් පවතින බව මූල්‍යව තහවුරු කරන ලදී. එවැනි ඉලෙක්ට්‍රෝන කද්මිබයක් ස්ථිරිකයක් වෙත යොමු කිරීමෙන් විවරණය රටා ලබා ගත හැකි බව 1928 දී ගී. පී. තොමිසන් (G.P. Thomson) ස්වාධීනව සිදු කළ පරීක්ෂණයක දී ද අනාවරණය විය. ස්ථිරික මගින් ඉලෙක්ට්‍රෝන විවරණය පරීක්ෂණාත්මකව සොයා ගැනීම වෙනුවෙන් සී.ඩේ. ඩෙවිසන් සහ ගී. පී. තොමිසන් යන දෙදෙනාට ම 1937 වර්ෂයේ හොඨික විද්‍යාව පිළිබඳ නොබේල් ත්‍රේන්සර් පිරිනැමිණි.

නියත වේගයෙන් ගමන් ගන්නා ඉලෙක්ට්‍රෝන කද්මිබයක් තුනී ලෙස පත්‍රයක් වෙත යොමු කිරීමෙන් තිරයක් මත විවරණ රටාවක් ලබා ගත හැකි බවත් ඒ රටාව X-කිරණ රටාවට සමාන බවත් තොමිසන් විසින් පෙන්වා දෙන ලදී. මේ පරීක්ෂණවල ප්‍රතිඵල මගින් ඩී බ්ලාග්ලීගේ තරඟ අංශ වාදයේ සත්‍යතාව තහවුරු විණි.



3.1 රුපය තන දික් සිදුරුකින් සිදුවන ඉලෙක්ට්‍රෝන විවරණය

### 3.4 X - කිරණවලින් සිදු වන විවරණය (X-ray diffraction)

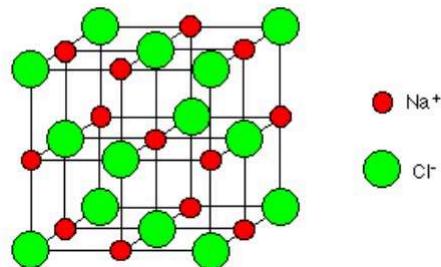
දැඟා ආලේංකයෙන් විවරණ රටාවක් ලබා ගැනීම සඳහා බහුලව හාවිත වන්නේ විවරණ ග්‍රේට්මකි. විවරණ ග්‍රේට්මක් යනු, එකිනොකට ඉතා ආසන්නයෙන් පිහිටි සමාන්තර දික් සිදුරු විශාල සංඛ්‍යාවකි. යම් තරඟ ආයාමයක් සහිත ආලේංක කද්මිබයකින් විවරණ රටාවක් ලබා ගැනීමට නම් ග්‍රේට්මේ ඇති දික් සිදුරුවල පළල ඒ තරඟ ආයාමයට වඩා කුඩා හෝ එයට ආසන්න වැඩයෙන් සමාන විය යුතු ය.

X-කිරණවල තරඟ ආයාමය  $1 \text{ nm}$  පමණ වේ. දැඟා ආලේංකය සඳහා හාවිත වන ග්‍රේට්මක සිදුරු X-කිරණවල තරඟ ආයාමයට වඩා ඉතා විශාල වෙයි. ඒ නිසා එවැනි ග්‍රේට්මේ මගින් X-කිරණ විවරණය කළ නොහැකි වන අතර,  $1 \text{ nm}$  ප්‍රමාණයේ ග්‍රේට්ම නිෂ්පාදනය ප්‍රායෝගිකව ඉතා අපහසු ය.

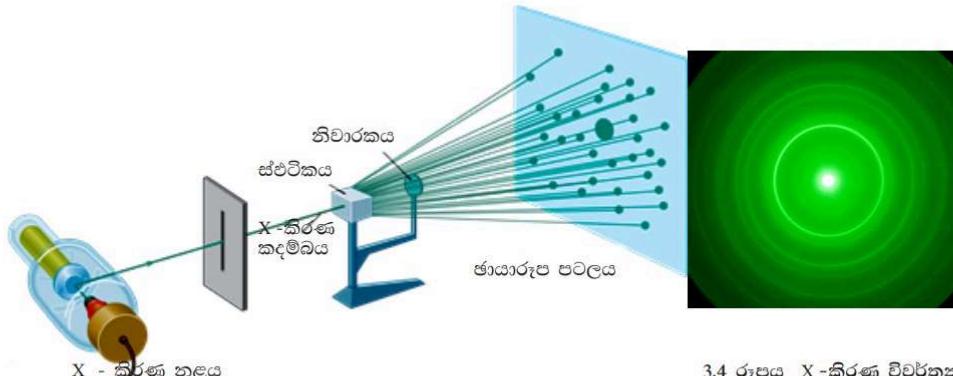
එහෙත් වර්ෂ 1913 දී මැක්ස් ටොන් ලැවේ (Max von Laue) විසින් සෞඛ්‍ය දැනු දහමේ මෙටැනි ග්‍රේටීම දක්නට ලැබෙන බව පෙන්වා දෙන ලදී. ස්ථ්‍රීක්‍රිකල (උදා: සෞඛ්‍යම් ක්ලෝරයිඩ්) තිබෙන සමාකාර දැලිසක (Lattice) ආකාරයට ඉතා ප්‍රතිනිෂ්පිත ස්ථ්‍රීක්‍රිකල නිස්පාදනයට හියා කර විවර්තන රටා ලබා දෙන බව ඔහු විසින් සෞඛ්‍ය ගන්නා ලදී. X-කිරණ කද්ධියක් සෞඛ්‍යම් ක්ලෝරයිඩ් ස්ථ්‍රීක්‍රිකයක් වෙත යොමු කිරීමෙන් වෘත්තාකාර වාචි සහිත විවර්තන රටාවක් ඡායාරූප පටලයක් මත ලබා ගැනීමට හැකි වේ. පරමාණු කළ අතර, නිඩිය (පුරු සිදුරේ පලල) X-කිරණවල තරංග ආයාමයේ ගණයට ආසන්න වශයෙන් සමාන වූ විට මෙසේ සිදු වේ.



3.2 රුපය මැක්ස් ටොන් ලැවේ



3.3 රුපය සෞඛ්‍යම් ක්ලෝරයිඩ් ස්ථ්‍රීක්‍රිය



3.4 රුපය X-කිරණ විවර්තන රටාව

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

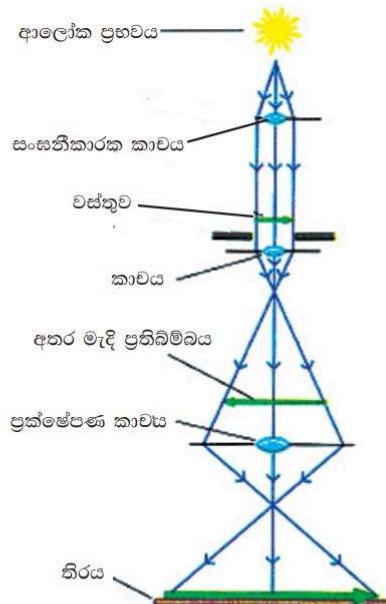
### 3.5 ඉලෙක්ට්‍රොන් අණ්වික්ෂය (Electron microscope)

තාක්ෂණික කටයුතුවල දී මෙන් ම වෙදානු පර්යේෂණ සඳහා ද බොහෝ සෞඛ්‍ය වැදගත් වන මේ උපකරණ ඉලෙක්ට්‍රොන්වල තරංග ගුණ ප්‍රයෝගනයට ගෙන තිර්මාණය කර ඇත. යම් වස්තුවක් අපට දැක ගත හැක්කේ ඒ මත පතනය වූ ආලෝක කිරණ වස්තුව මගින් පරාවර්තනය එහි අංශ ප්‍රයෝග ප්‍රාග්ධනය වේ. ඒ සඳහා හාවිත කරන ආලෝකයේ තරංග ආයාමයට වඩා වස්තුව කුඩා නම්, ඒ ආලෝකය හොඳින් පරාවර්තන නොවන අතර, ඒ නිසා අපට ඉතා ඉහළ විශාලනයක් සහිත අණ්වික්ෂයකින් වූව ද ඒ වස්තුව දැක ගත නොහැකි වේයි.

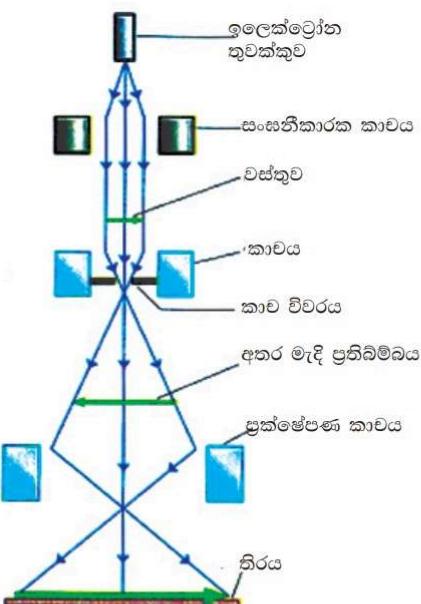
ඒ අනුව, දායු ආලෝකයේ තරංග ආයාමය 400 nm සිට 700 nm දක්වා පමණ වන නිසා අපට දායු ආලෝකයෙන් ක්‍රියා කරන අන්වික්ෂයකින් දැක ගත හැකිකේ 400 nm ට වඩා විශාල වස්තුන් පමණකි. එනම්, ප්‍රකාශ අන්වික්ෂයකින් ලබා ගත හැකි විශේදන බලයේ සීමාව 400 nm පමණ වෙයි. ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට තරංග ගුණ තිබෙන නිසා ඉලෙක්ට්‍රෝන කද්ම්ලයක් ඉහළ ප්‍රවේගයක් දක්වා ත්වරණය කර ඉතා කෙටි තරංග ආයාම සහිත තරංගයක් ලබා ගැනීමෙන් ඉහළ විශේදක බලයක් (resolving power) සහිත ඉලෙක්ට්‍රෝන අන්වික්ෂ නිපදවා ඇති.

ඉලෙක්ට්‍රෝන අන්වික්ෂ දෙවර්ගයක් ඇත. ඒවා නම් ද්‍රිමාන ප්‍රතිචිත්‍රි සාදන සම්පූෂණ ඉලෙක්ට්‍රෝන අන්වික්ෂ (transmission electron microscope) හා ක්‍රිමාන ප්‍රතිචිත්‍රි සාදන පරිලෝකන ඉලෙක්ට්‍රෝන අන්වික්ෂ (scanning electron microscope) වේ.

දායු ආලෝකය හාවිතයට ගන්නා ප්‍රකාශ අන්වික්ෂයක හා ඉලෙක්ට්‍රෝන කද්ම්ලයක් හාවිතයට ගන්නා ඉලෙක්ට්‍රෝන අන්වික්ෂයක ව්‍යුහයන් 3.5 සහ 3.6 රුපවල පෙන්වා ඇති.



3.5 රුපය ප්‍රකාශ අන්වික්ෂය



3.6 රුපය ඉලෙක්ට්‍රෝන අන්වික්ෂය

රත් වූ ලෝහ සූත්‍රිකාවකින් විමෝෂනය වන ඉලෙක්ට්‍රෝන කදුම්බයක් අධික විහාර අන්තරයකට භාජනය කරවීමෙන් ත්වරණය කොට අධික වාලක ගක්තියක් ලබා දීම මෙහි දී සිදු වේ. මේ විහාර අන්තරය  $V$ , ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ආරෝපණය  $e$  ද ස්කන්දය  $m$  ද ප්‍රවේශය  $v$  ද නම් ඉලෙක්ට්‍රෝනය අය් කර ගන්නා වාලක ගක්තිය  $\frac{1}{2}mv^2 = eV$

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

$$\text{ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ගම්තාව } p = mv \\ = \sqrt{2eVm}$$

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

$$\text{ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ස්කන්දය} = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ආරෝපණය} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{ප්ලානක් නියතය } (h) = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$V = 3600 \text{ V}$  ලෙස ගන් විට ඉහන සූත්‍රය භාවිතයෙන්  $\lambda = 2 \times 10^{-11} \text{ m}$  වි. මේ අගය දැඟන ආලෝකයේ තරංග ආයාමයට වඩා ඉතා කුඩා ය. එබැවින් ප්‍රකාශ අන්වීක්ෂණයකට වඩා ඉතා අධික විශේෂ බලයක් ඉලෙක්ට්‍රෝන අන්වීක්ෂණයකට ඇත.

3.1 වගුව - ආලෝක අන්වීක්ෂණය හා සම්පූර්ණ ඉලෙක්ට්‍රෝන අන්වීක්ෂණය පවතින පාක්ෂීක වෙනස්කම්

ගුණය	ආලෝක අන්වීක්ෂණය	ඉලෙක්ට්‍රෝන අන්වීක්ෂණය
උපරිම ප්‍රායෝගික විශාලනය (magnification)	1,000 - 1,500	100,000 ට වඩා වැඩි
උපරිම විශේෂනය (resolution)	0.2 μm	0.5 nm
ප්‍රහවය (source)	දැඟන ආලෝකය	ඉලෙක්ට්‍රෝන කදුම්බය
ගමන් කරන මාධ්‍ය (අන්වීක්ෂය තුළ)	වාතය	ඉතා ඉහළ රික්තය
කාවචල වර්ගය	විදුරු	විදුන්- වුම්බක
අසමතාව (contrast) ඇති වීමට හේතුව	ආලෝකයේ ආන්තර (differential) අවශ්‍යාෂණය	ඉලෙක්ට්‍රෝනවල ප්‍රවිතිරණය (irradiation of electrons)
නාහිගත කිරීමේ ක්‍රියාවලිය	කාවචල පිහිටුම වෙනස් කිරීම	විදුන් වුම්බකවලට සැපයෙන ධාරාව වෙනස් කිරීම

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

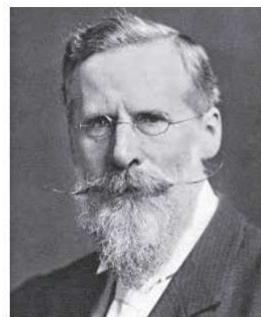
## නතරවන පරිවිෂේෂය

### X - කිරණ

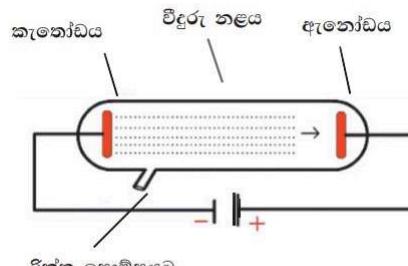
### X - Rays

#### 4.1 කැනේඩ් කිරණ

වර්ෂ 1870 දී විලියම් ක්‍රූක්ස් (William Crookes) විසින් අඩු පිබිනයක් සහිත වායු අඩංගු විදුරු නළ තුළ අධිවෝල්ට්‍රියතාවක් පවත්වා ගත් විට ඒ වායු තුළින් විදුත්‍ය සහ්තයනය වන බව සෞයා ගන්නා ලදී. ඔහුගේ පරීක්ෂණ මගින් නළය තුළ අඩංගු වායුව වර්ණවත් දිලියුමකට (glow) ලක් විම වැනි අභ්‍යරු හා වැදගත් ආවරණ කිපයක් ඔහුට නිරීක්ෂණය කළ හැකි විය. නළය තුළ නියෝග්න් වායුව යොදු විට තද තැකිලි-රතු වර්ණවත් දිලියුමක් දක්නට ලැබුණු අතර, මක්සිජන් හා නයිට්‍රෝන් සඳහා දම් පාට දිලියුමක් ලැබේයි.



4.1 රුපය විලියම් ක්‍රූක්ස්



4.2 රුපය විභරණ නළය

වායුමය විසර්ගන පිළිබඳ තව දුරටත් අධ්‍යයනය කළ ක්‍රූක්ස් සහ අනෙකුත් අයගේ සෞයා ගැනීම්වලින් ලැබුණු කරුණු ආගුයෙන් වර්ෂ 1879 දී ඩේ. ඩේ. තොම්සන් (J.J.Thomson) ඉලෙක්ට්‍රික් තුළ භූතා ගැනීමට හැකි විය. නළය තුළ වූ වායුව පමණක් නො ව, ඇනේඩ් කිරණ වායු විදුරු බිජ්‍යා ද දිලියුමකට භාර්තය වූ බව ඔහුගේ නිරීක්ෂණයට ලක් විය. කැනේඩ් කිරණ සිට පැමිණෙන කිරණ ප්‍රවාහයක් නිසා මෙසේ සිදු වන්නට අයුරියි යන්න ඔහුගේ උපකළුපනය විය. ඒ අනුව මේ කිරණ, කැනේඩ් කිරණ (cathode rays) නමින් හඳුන්වා දෙන ලද. දහනට වන සියවස අග භාගයේ දී ඔහු විසින් සිදු කරනු ලැබූ පරීක්ෂණ රාඛියක ප්‍රතිඵල මගින් කැනේඩ් කිරණ සම්බන්ධයෙන් පහත සඳහන් කරුණු සනාථ වී ඇත.

- කැනේඩ් කිරණ සාර්ථක ආරෝපිත අංශ ප්‍රවාහයකින් සමන්විත වේ.
- මෙවා කැනේඩ් කිරණ ආරම්භ වී සරල රේඛියට ගමන් කරයි.
- නළය තුළ කුමන වායුවක් යොදුවත්, කැනේඩ් කිරණ ලෙස කුමන ලෝහයක් යොදුවත් ඒවා සමාන ගුණ පෙන්වයි.

- සුදුසු තත්ත්ව යටතේ ඒවා පදාර්ථය හා ගැටුණු විට X -කිරණ නිපදවයි.
- විදුත් ක්ෂේත්‍ර මගිනුත් ව්‍යුම්බක ක්ෂේත්‍ර මගිනුත් අපගමනයට හාජනය වෙයි.
- ඒවාට වාලක ගක්තිය ඇත.

මැතක් වන තුරු රුපවාහිනී යන්තුවල, පරිගණක මොනිටරවල සහ දෝලනේක්ෂවල හාවත වූ කැනෙක් කිරණ නළ සඳහා මූලාදරුය වූයේ තොම්සන්ගේ පරික්ෂණවලින් ලැබුණු ප්‍රතිඵලයි.

## 4.2 X - කිරණ



4.3 රුපය විල්හේල්ම රෝන්ජන්

වර්ෂ 1895 දී ජර්මන් ජාතික විල්හේල්ම රෝන්ජන් (Wilhelm Röntgen) වායු තුළින් විසර්පන පිළිබඳ අධ්‍යාපනයක යෙදී සිටි අවස්ථාවක අනළේක්මිත සිදුවීමක් දුටුවේ ය. මේ සඳහා ඔහු යොදා ගත් අඩු පිඛිනයකට හා අධිවෝල්වීයතාවකට යටත් කළ වායුව අඩංගු විසර්පන නළය පසෙකින් තිබූ බෙරියම් ජැලැටිනොසයනයිඩ් ආලේපිත ප්‍රතිදීපන තිරයක් ප්‍රතිදීපනය වූ බවත් පරික්ෂාණාගාරයෙහි වෙනත් තැනක සුරක්මිත ලෙස මතා තිබූ ජායාරුප පවත්වල වෙනසක් සිදුව තිබූ බව දක්නට ලැබේයි. මේ අනුව විසර්පන නළයෙන් යම් කිරණ විශේෂයක් නිශ්චත් වූ බව ඔහු විසින් නිගමනය කරන ලදී.

තිරය සහ නළය අතර, විවිධ සහකම් සහිත විවිධ ඉවශ තැබේමෙන් තිරයේ ප්‍රතිදීපන තිබුතාව වෙනස් වූ බවත් සෙන්ටීම්ටරයක් පමණ සහකමැති ඇලුමිනියම් තහවුවක් පවා විනිවිද යැමට තරම් එම කිරණ ප්‍රබල වූ බවත් ඔහුට තවදුරටත් දක ගත හැකි විය. ඉහත සඳහන් කිරණවල ස්වභාවය මහුව එවකට තේරුම් ගත නොහැකි වූ බැවින් ඒවා X -කිරණ ලෙස නම් කරන ලදී.

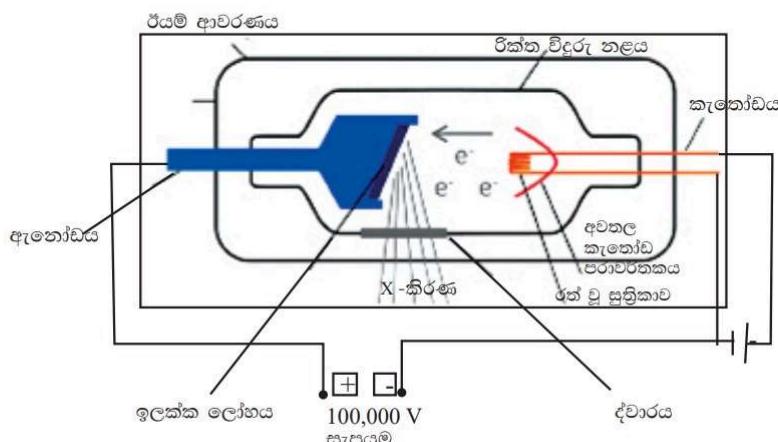
X -කිරණ නිෂ්පාදනය සඳහා යොදා ගනු ලබන නැවීන ආකාරයේ X කිරණ නළයක් 4.4 රුපයේ දක්වේ. රේවනය කරන ලද නළය තුළ කැනෙක්ඩය හා ඇනෙක්ඩය ස්ථානගත කර ඇත. ඒවා අතර,  $10^5 \text{ V}$  තරම් අධික වෝල්ටීයතාවක් පවත්වාගෙන ඇති අතර, ඇනෙක්ඩයේ විභාග කැනෙක්ඩයට සාපේක්ෂව ධෙන වෙයි. මේ වෝල්ටීයතාව කාරක විභාග අන්තරය (operating potential difference) ලෙස හැඳින්වේ. කුඩා වෝල්ටීයතාවක් හාවිතයෙන් වංස්ටන් සූත්‍රිකාව රත් කිරීමෙන් තරුමයන අවරණය (thermionic effect) මගින් ඉලෙක්ට්‍රොන විමෝෂනය වේ. රත් වූ සූත්‍රිකාවෙන් පිට වන ඉලෙක්ට්‍රොන විභාග අන්තරය නිසා ත්වරණය වී අධික වාලක ගක්තියක් සහිතව ඉලක්ක ලෝහය (ඇනෙක්ඩය) හා ගැවේ.

අධික වේගයෙන් ගමන් ගන්නා ඉලෙක්ට්‍රොන කදුම්බයක් ඇනෙක්ඩයේ පවතින ඉලක්ක ලෝහය හා ගැටුණු විට ඒවායේ ගක්තියෙන් ඉතා අධික ප්‍රමාණයක් තාප ගක්තිය ලෙසට පරිවර්තනය වේ. මේ තාප ගක්තිය මගින් ඇනෙක්ඩයේ ඇති ඉලක්ක ලෝහයේ උෂේණත්වය නැවීම සිදු කරයි. ඉලක්ක ලෝහය ලෙස වංස්ටන් හෝ මොලිබිඩ්‍යම් හෝ යොදා ගැනේ. ඉලක්ක ලෝහය තුළ දී ඉලෙක්ට්‍රොන මන්දනයට හාජනය වීම නිසා ඒ ඉලෙක්ට්‍රොනවල ගක්තියෙන් කොටසක් අධික

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

කක්තියෙන් යුතු විශ්‍යුත් වූමික කිරණ (ගෝටෝන්) ලෙස විමෝචනය වේ. X -කිරණ ලෙස හැදින්වෙන්නේ මේ අධික ගක්තියෙන් යුතු විශ්‍යුත් වූමික විකිරණය. මේවායේ තරුණ ආයාම පරාසය  $\lambda = 0.005 \text{ nm}$  සිට  $0.01 \text{ nm}$  දක්වා වේ.

ඉලක්ක ලෝහය තුළ දී ඉලක්ටෝන් මත්දනය වීම නිසා X -කිරණ නිපද වේ. ඉලක්ටෝන් මත්දනය වීම නිසා පිට වන විකිරණ, රෝධන විකිරණය (breaking radiation) නමින් ද හැදින්වේ. මත්දනයට ලක් වන මේ ඉලක්ටෝන් නිශ්චල වන තෙක් ම එවා මගින් සන්තතිකව X -කිරණ විමෝචනය කෙරේ. X -කිරණ නළය කුඩා ක්වුෂවක් සහිත රුයම් ආවරණයක් තුළ තබා ඇත. ඉලක්ටෝනවල වාලක ගක්තියෙන් 99% මත්දන තාපය බවට පත් වන බැවින් තඳ දීන් ජලය සංසරණයෙන් සිසිලනය කරවනු ලැබේ. ඇනෙක් බවේ උත්පාදනය වූ තාපය ඉවතට ගෙන යැම පදනා වැඩි තාප සන්නායකතාවක් ඇති තඳ දීන් බවක් හාවිත කළ යුතු ය.



4.4 රුය නවීන X -කිරණ නළයක්

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

මෙහිදී පදාර්ථය මත ඉලක්ටෝන් විවරණය මගින් X -කිරණ නිපදවන බැවින් මේ ක්‍රියාවලිය ප්‍රකාශ විශ්‍යුත් ආවරණයට ප්‍රතිලෝෂ්ම සංසිද්ධියක් ලෙස සැලකිය හැකි ය. ක්වුෂවන් නිශ්චතවන X -කිරණ ගෝටෝනවලට යම් පරාසයක් තුළ වූ විවිධ ගක්තින් තිබිය හැකි ය. ඉලක්ක ලෝහයේ පරමාණුවක් සමග ඉලක්ටෝනයක් සැපුව ම ගැටුණු විට ඉලක්ටෝනයේ සියලු ගක්තිය අවශ්‍යතාවය වුව හෝත් නිපදවන X -කිරණ ගෝටෝනයකට උපරිම ගක්තිය අයන් වේ. ඉලක්ටෝනයක් සතු මූල්‍ය ගක්තිය එක්වර ම X -කිරණ ගෝටෝනයක් බවට පත් වන විට ඒ ගෝටෝනයේ ගක්තිය උපරිම වේ. මේ අවස්ථාවේ දී X -කිරණ ගෝටෝනයක සංඛ්‍යාතය  $f$  නම් ඉලක්කය වෙත ලැබා වන ඉලක්ටෝනයේ වාලක ගක්තිය,  $K = eV$  ලෙස ලිවිය හැකි ය. මෙහි  $V$  යනු කාරක විභා අන්තරය වන අතර, ඉලක්ටෝනයේ ආරෝපණය  $e$  වේ.  $c$  යනු ආලෝකයේ ප්‍රවේශයයි.

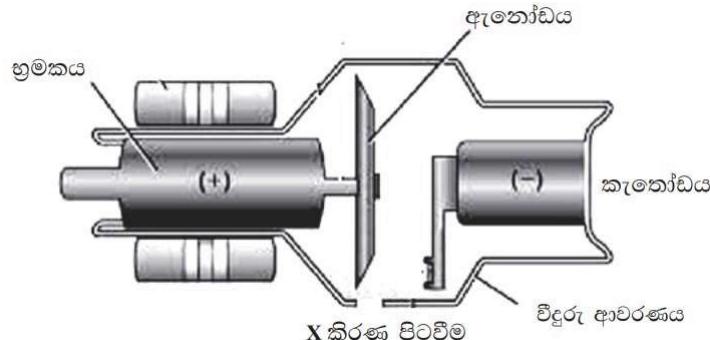
$$K = eV = hf_{max} = h \frac{c}{\lambda_{min}}$$

( $h$  යනු ජ්‍යෙෂ්ඨ නියතයි.)

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

$$hf_{max} = h \frac{c}{\lambda_{min}} \quad \text{යනු සහ්තතික X-කිරණ ගෝටේනයකට තිබිය හැකි උපරිම ගක්තිය සි.}$$

දැඟු ආලෝකයට මෙන් නොව, X-කිරණ සංකුමණයට පරමාණුව අභ්‍යන්තරයේ ඇති ගක්ති මට්ටම් (energy levels) සම්බන්ධ වෙයි. මෙම ඉලක්ක ද්‍රව්‍ය ඉහළ ද්‍රව්‍යකයක් හා ඉහළ පරමාණුක ක්‍රමාකෘතියක් ඇති ද්‍රව්‍යකින් සාදනු ලැබේ. මේ සඳහා වංස්ටන් හෝ මොලිඩ්‍රිනම් ලෝහ හා විත කළ හැක. රෝග විනිශ්චය සඳහා හා විත කෙරෙන ප්‍රමාණය වන ඇනෙක්ස්ඩක් සහිත X-කිරණ නළයක් 4.5 රුපයේ දැක්වේ. ඇනෙක්ස්ඩ අධික රත් විමකට හාජනය නොකර වැඩි තීවුතාවකින් යුතු X-කිරණ ලබා ගැනීම මෙහි අරමුණ වේ.



4.5 රුපය ප්‍රමාණ වන ඇනෙක්ස්ඩක් සහිත X-කිරණ නළය

#### 4.2.1 X-කිරණ කද්ම්බය පාලනය කිරීම

ඉතා උසස් තන්ත්වයේ X-කිරණ ප්‍රතිච්‍රිතයක් ලබා ගැනීම සඳහා X-කිරණ කද්ම්බයේ තීවුතාවන් දැඩි බවත් (hardness) පාලනය කිරීම අවශ්‍ය වේ. කාරක විභාග 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) මෑදු X-කිරණ (Soft X-rays) ලෙස හඳුන්වනු ලබන අතර, ඒවායේ විනිවිද යෑමේ හැකියාව අඩු ය.

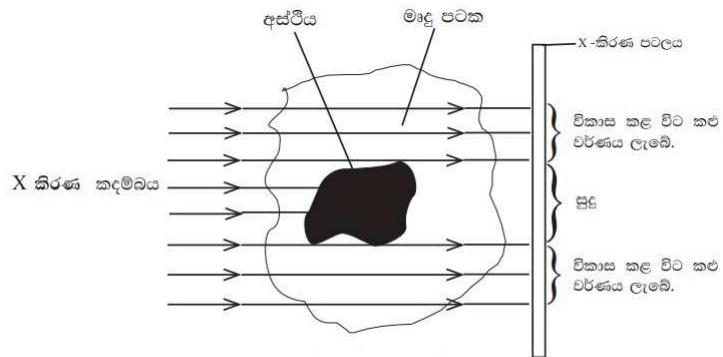
X-කිරණවල තීවුතාව රඳා පවතින්නේ ඇනෙක්ස්ඩ වෙත ගමන් ගන්නා ඉලෙක්ට්‍රූෂ්න සංඛ්‍යාව මතය. සූඩ්‍රිකාව හරහා ගෙන ධාරාව පාලනය කිරීමෙන් X-කිරණවල තීවුතාව වෙනස් කළ හැකි වේ. ඉලක්කය මත ඉලෙක්ට්‍රූෂ්න පතිත වන ශීසුතාව වැඩි වීමෙන් ඉලක්ක ලෝහයෙන් නිකුත් හැකියාව අඩු ය.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

වන X -කිරණවල තිවුකාව වැඩි වේ.



4.6 රුපය X- කිරණ ජයාරුපයක්



රුපය 4.7 X කිරණ ප්‍රතිච්ඡිලිය

4.6 රුපයේ දැක්වෙන X -කිරණ ප්‍රතිච්ඡිලිය කාවයක් මගින් ලැබෙන තාත්වික ප්‍රතිච්ඡිලියක් ආකාරයේ එකක් නොවේ. මේ ප්‍රතිච්ඡිලිය රුපයේ දැක්වෙන අපුරු ජායාවක් වේ. රෝගීයාගේ ගරීර කොටසක් මත X -කිරණ පතින වීමෙන් සම, මේද කොටස් හා මෘදු පේශී අදිය තුළින් විනිවිද යන X -කිරණ ඉතා අඩු ගක්ති ප්‍රමාණයක් හානි කර ගනී. ඒමගින් ලැබෙන ජායාරුප පටලය විකාස කිරීමෙන් පසු මෘදු පටකවලට අනුරුප කොටස් අපුරු පැහැයුකින් දැක්වේ. අස්ට්‍රිය කොටස් මගින් X -කිරණවල තිවුකාව විශාල වශයෙන් අඩු වේ. අස්ට්‍රිය කොටස්වල පිහිටිවමට අනුරුප ප්‍රදේශ සුදු පැහැයෙන් දැක්වේ. මිනිස් සිරුරේ අස්ට්‍රිය, පේශී, මෘදු පටක හා රුධිරය යන ගාරීරික කොටස් විවිධ සනන්වලින් යුත්ත බැවින් ඒවා X -කිරණ අවශ්‍යතා කර ගන්නේ වෙනස් ප්‍රමාණවලිනි. මෙවැනි කොටස් තුළින් සම්පූර්ණය වූ X -කිරණ මගින් ලබා ගන්නා ජායා ප්‍රතිච්ඡිලිය මගින් කැඩුණු කොටස් හෝ විසන්ධි වූ අස්ට්‍රින් හා අසාමාන්‍ය ලෙස වර්ධනය වූ පේශීන් පමණක් නොව, සිරුර තුළට ඇතුළ වී තිබෙන ලෝහ හෝ ගල් කැබලි වැනි බාහිර ද්‍රව්‍ය ද පහසුවෙන් හඳුනා ගැනීමට හැකියාව ලැබේ. තියුණු ප්‍රතිච්ඡිලියක් ලබා ගැනීම සඳහා සමාන්තර X -කිරණ කදම්බයක් අවශ්‍ය වේ. බෙරියම්වලට හොඳින් X -කිරණ ගෝටෝන

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

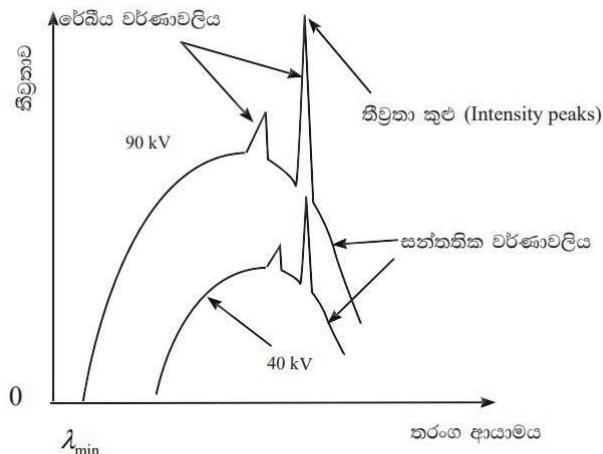
අවශ්‍යාත්‍යන් කර ගැනීමට හැකියාව ඇත. ආමාගයේ හා බඩවැල්වල රෝගාබාධ පරීක්ෂා කිරීම සඳහා රෝගියට බෙරියම් සල්ලේට් සහිත දුවණයක් පානය කිරීමට සැලැස්විය යුතු ය. බෙරියම් හොඳින් X -කිරණවල අවශ්‍යාත්‍යන් කරන නිසා බඩවැල් තුළින් එම බෙරියම් මිශ්‍ර ආහාරය යැමෙදී X -කිරණ ජායාරූපයක් ගත් විට බඩවැල් තුළ හා බඩවැල් බිත්ති පටක අතර X -කිරණ අවශ්‍යාත්‍යන්යේ අසමානතාවයක් හටගන්නා බැවින් අවශ්‍යාත්‍යන් වැඩිවිමක් ඇති ස්ථානය නිරීක්ෂණය කිරීම පහසු වේ. දැඩි X -කිරණ (අධික සංඛ්‍යාතය හා අධික ගෝටෝන ගක්තිය ඇති), පිළිකා සෙසල විනාශ කිරීම සඳහා රෝගියම් ප්‍රතිකාරයට විකල්පයක් වශයෙන් යොදා ගැනීම්. වෙවදා හා දත්ත වෙවදා ප්‍රතිකාර කඩපුතු සඳහා යොදා ගත්නා X -කිරණ ප්‍රතිච්ඡිල සාමාන්‍යයෙන් සෙවණුලි (shadow) ජායාරූප වේ. අස්ථි හා දත්ත ඉතා තදින් X -කිරණ අවශ්‍යාත්‍යන් කරයි. X -කිරණ, ලෝහ (අලුමිනියම්) පෙරනයක් තුළින් යැවිමෙන් අඩු ගක්ති ගෝටෝන ඉවත් කර ගත හැකි ය. එවිට දත්ත හා අස්ථි ආශ්‍රිත මෘදු පටකවලට සිදු වන හානිය අවම වේ.

#### 4.2.2 X - කිරණවල ගුණ

- X -කිරණ ඉතා ගක්ටි තරංග ආයාමයක් සහිත විශ්‍යුත් ව්‍යුම්බක තරංග වේ. ඒවා රික්තයක් තුළ අභෝකයේ ප්‍රවේශයෙන් ගමන් කරයි.
- විශ්‍යුත් හා ව්‍යුම්බක ක්ෂේත්‍ර මගින් අපගමනයට හාර්තය නො වේ. ඒවා ආරෝපිත අංගු විශ්‍යාත්‍යක් නොවන බවට මෙය ප්‍රබල සාක්ෂියකි.
- X -කිරණවලට පදාර්ථය තුළට විනිවිද යැමේ හැකියාවක් ඇත. 1 mm පමණ සනාකමක් ඇති රියම් තහඩුවකින් ඒවා සම්පූර්ණයෙන් ම වාගේ අවශ්‍යාත්‍යන් වේ. X -කිරණවලින් ආරක්ෂා වීම සඳහා රියම් තහඩුවලින් තැනු ආවරණ හාවිත කෙරේ.
- X -කිරණ කාව මගින් නාහිත කළ නොහැකි ය. වෙනස් මාධ්‍ය ඔස්සේ ගමන් කිරීමේ දී ඉතා මද වශයෙන් අපගමනය වේ. සියලු දුව්‍ය සඳහා ඒවායේ වර්තන අංකය එකට ඉතා ආසන්න වේ.
- ස්ථේරික දැලිසක් මගින් විවරතනය කළ හැකි ය.
- වායු තුළින් ගමන් කිරීමේ දී X -කිරණ මගින් වාතය අයනීකරණය කෙරේ.
- ජායාරූප පටල මත සංවේදනයක් ඇති කරයි.
- ඇතැම් බනිජ දුව්‍ය හා ලවණ (PbS, ZnS, Ba ලවණ සහ බෙරියම් ජ්ලැබිනෝෂ සයනයිඩ වැනි) මත පතිත තු විට ප්‍රතිදිපනයක් (fluorescence) ඇති කරයි.
- ප්‍රකාශ විශ්‍යුත් විමෝචනය ඇති කරයි. ප්‍රකාශ විශ්‍යුත් ආවරණය මගින් ලෝහ පෘෂ්ඨයකින් ඉලෙක්ට්‍රොන විමෝචනය කරයි.

#### 4.2.3 X - කිරණ වර්ණාවලිය\*

X - කිරණ නළයකින් නිකුත් වන විකිරණ වර්ණාවලි මානය හා විෂ්ටෝප්‍ය කර තිබුනාව හා තරංග ආයාමය ප්‍රස්ථාර ගත කළ විට 4.8 රුපයේ ආකාරයේ ප්‍රස්ථාරයක් ලැබේ. නළය හරහා විහාර අන්තරය වැඩි වන විට අවම තරංග ආයාමය අඩු වේ. X - කිරණ වර්ණාවලිය රේඛිය වර්ණාවලිය සහ සන්තතික වර්ණාවලිය ලෙස ප්‍රධාන කොටස් දෙකකින් යුත්ත වේ.



4.8 රුපය X - කිරණ නළයක් සඳහා තරංග ආයාමය එදිරියෙන් තිබුනාව\*

- X - කිරණ නළය යොදාන විහාර අන්තරය මත රඳා පවතින අවම තරංග ආයාමයක් ( $\lambda_{\min}$ ) සහිත සන්තති වර්ණාවලිය: විහාර අන්තරය වැඩි වන විට  $\lambda_{\min}$  අගය අඩු වේ. සියලු ඉලක්ක ලෙස මෙවැනි විකිරණ විමෝෂණය කරයි.
- තිබුනාවෙන් වැඩි කොටස් කිපයකින් යුත්ත රේඛිය වර්ණාවලිය : මේ තරංග ආයාම ඉලක්ක ලෙස්හේ ලාක්ෂණික වේ. ඒවා X - කිරණ නළයට යොදනු ලබන අධිවේල්ටීයනාව මත රඳා නොපවතී. විමෝෂණය වන X - කිරණවල තරංග ආයාමය ඉලෙක්ට්‍රොනවලට සිදු වන මන්දනය මත රඳා පවතී.

ඉලෙක්ට්‍රොනවලට එක ම මන්දනයක් නොමැති අතර, ඒවායේ අයයෙන් ප්‍රාථමික පරාසයක් තුළ පැනිර පවතී. මෙය පැහැදිලි කර ගැනීම සඳහා කැනීම්බය හා ඇනෙන්සිය අතර, විහාර අන්තරය 30 kV වූ නළයකින් නිපදවෙන X - කිරණවල තිබිය හැකි අවම තරංග ආයාමය ගණනය කරමු.

ඉලෙක්ට්‍රොනයේ ආරෝපණය  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ , ආලෝකයේ ප්‍රවේශය  $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  හා ජ්ලාන්ක් තියතය  $6.6 \times 10^{-34} \text{ J s}$  වෙයි.

අවම තරංග ආයාමයක් සහිත X - කිරණ (එනම් උපරිම ගක්තියක් සහිත ගොටෝන) ලැබෙන්නේ ඉලෙක්ට්‍රොනයක අඩංගු ගක්තිය මුළුමතින් ම ගොටෝනයක් බවට පත් වූ විට ය.  $V$  විහාර අන්තරයක් හරහා ත්වරණය වන ඉලෙක්ට්‍රොනයක අඩංගු මුළු වාලක ගක්තිය  $eV$  ලෙස ද, තරංග ආයාමය  $\lambda$  වූ ගොටෝනයක ගක්තිය  $\frac{hc}{\lambda}$  ලෙස ද ලිවිය හැකි නිසා, ඉලෙක්ට්‍රොනයක අඩංගු ගක්තිය මුළුමතින් ම ගොටෝනයක් බවට පත් වූ විට,

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

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

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

$$(1.6 \times 10^{-19} C) \times (6.6 \times 10^3 V) = \frac{(6.6 \times 10^{-34} Js) \times (3 \times 10^8 ms^{-1})}{\lambda_{\min}}$$

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

එහෙත් ඉලෙක්ට්‍රොනයක අඩංගු ශක්තිය මුළුමතින් ම ගෝටෝනයක් බවට පත් වීමේ සම්බන්ධිතාව ඉතා අඩු ය. බොහෝ විට සිදු වන්නේ ඒ ශක්තියෙන් කොටසක් පමණක් සහිත ගෝටෝන විමෝෂනය වීම ය. ඒ නිසා දෙන ලද විහාර අන්තරය සඳහා ලැබෙන අවම තරංග ආයාමයට වැඩි ඕනෑම තරංග ආයාමයක් සහිත ගෝටෝන විමෝෂනය විය හැකි ය. X -කිරණ වර්ණවලියේ සන්තතික කොටස ලැබෙන්නේ මේ ක්‍රියාවලිය නිසා ය.

#### 4.2.4 X - කිරණවල වෙනත් හාටික

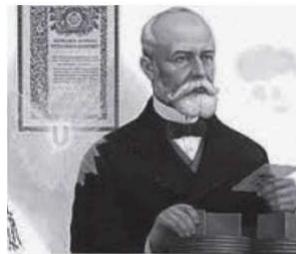
1. අභ්‍යවකාශ විද්‍යාවේ දී ද්වීත්ව තාරකා (binary stars) පද්ධති, නියුටෝන තාරකා, සූර්ය හා අනුමැති දුම්කේතු වැනි අභ්‍යවකා වස්තූන්ගෙන් ද X -කිරණ විමෝෂනය වන බව සොයා ගෙන ඇත. X -කිරණ අනාවරක සහිත වනැදිකා හාටිකයෙන් ඉහත වස්තූන්ගෙන් පිට වන X -කිරණ පිළිබඳ අධ්‍යාපනය කෙරේ.
2. ඉංජිනේරු හා කර්මාන්ත ක්ෂේත්‍රයේදී ලෝහමය කොටසවල වැදුදුම් සන්ධි වැනි සේවානවල පවතින අභ්‍යන්තර විෂමතා සොයා ගැනීම් සඳහා ද X -කිරණ හාටික කෙරේ.
3. ලෝහ හා මිශ්‍රලෝහ හදුනා ගැනීම සඳහා ද ඒවායේ X -කිරණ විවරණ රටා උපයෝගි කර ගනු ලැබේ. මෙශ්‍රන් විශ්‍රේෂණයක් සඳහා මුළු වරට හාටික කර ඇත්තේ සරල සංයෝගයක් වන සොචියම් ක්ලෝරයිඩ් ස්ථිරිකයකි. එවැනි පර්යේෂණ මගින් පසු කළේ DNA ඇතුළු ඉතා සංකීරණ අණුවල වුළුනයන් පවා සවිස්තරව තේරුම් කර ගැනීමට හැකි විය.
4. ගුවන් තොටුපළවල හා වෙනත් වැදගත් සේවානවල ආරක්ෂක කටයුතුවල දී ගමන් මුදු සහ පාර්සල් වැනි භාණ්ඩ විවෘත කිරීමෙන් තොරව ඒවා තුළ ඇති දී පරික්ෂා කිරීමට ඒවායේ X -කිරණ ජායාරූප කෙළින් ම පරිගණක කඩිතිරයක් මතට යොමු කෙරේ.

## පස්වන පරිවේශ්දය

# විකිරණයීලතාව Radioactivity

### 5.1 හැඳින්වීම

වර්ෂ 1896 දී හෙන්රි බෙකරල් (Henry Becquerel) නම් වූ විද්‍යාඥයා විසින් කළ දවටනයකින් මතන ලද ජායාරූප පටලයක් මත තැබූ යුරෝනියම් ලවණ මගින් ඒ පටල මත කළ පැහැති ලප ඇති කරන බව නිරික්ෂණය කළේය. පසුව යුරෝනියම් ලවණය හා ජායාරූප තහවුව අතරට කාචිබෝධී, ඇලුම්නියම් හා රයම් වැනි තහවු තබා පරික්ෂණය කළ විට මෙවැනි ම ප්‍රතිඵල දක්නා ලදී. ඒ අනුව ඉහත කි යුරෝනියම් ලවණ විනිවිද යැමේ හැකියාවක් ඇති විකිරණ විශේෂයක් නිකුත් කරන බව නිශ්චලය කරන ලදී. මේ විකිරණ X - කිරණවලට වඩා වෙනස් බවත්, මේ විකිරණ පිළිබඳ තව දුරටත් අධ්‍යාපනය කළ මාරි කියුරි විසින් ඒ සංසිද්ධීය විකිරණයීලතාව (radioactivity) ලෙසත් නම් කරන ලදී.



5.1 රුපය හෙන්රි බෙකරල්



5.2 රුපය මාරි කියුරි

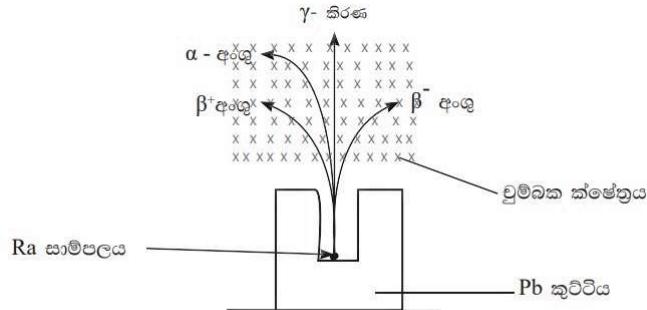
පසු කළෙක ස්වාභාවිකව පවත්නා පිවිල්ලෙන්ඩි (pitchblende) නම් බනිජය නිස්සාරණය කිරීමෙන් රේඛියම් හා පොලෝනියම් යනුවෙන් විකිරණයීල මූලුවා දෙකක් සොයා ගැනීමට මාරි කියුරි සහ පියරි කියුරි දෙපළට හැකි විය. මේ වෙනුවෙන් මලුන්ට 1903 වර්ෂයේ දී හොඨික විද්‍යාව පිළිබඳ නොබේල් ක්‍රියා ද හිමි විය. ඉහත ආකාරයට විකිරණ පිට කරන මූලුවා විකිරණයීල මූලුවා ලෙස හැඳින්වේ. මේ වන විට විකිරණයීල මූලුවා 40ක් පමණ පවතින බව සොයා ගෙන ඇත. පරමාණුක අංකය ( $Z$ ) 82කට වඩා වැඩි මූලුවා අස්ථායි හා විකිරණයීල වෙයි. රේඛියම්, තොරියම් ආදිය උදාහරණ ලෙස දැක්වීය හැකි ය. බැර මූලුවාවල පරමාණුක ත්‍යාම් අස්ථායි වේ. මේ අස්ථායිතාව විකිරණයීලතාවට හේතු වේ.

### 5.2 α, β සහ γ - විකිරණ

විකිරණයීල මූලුවා මගින් තුන් ආකාරයක විකිරණ නිකුත් කෙරේ. අවම විනිවිද යැමේ හැකියාවක් ඇති විකිරණ ඇල්ලා අංග ( $\alpha$ -particle) ලෙස ද මෙවාට සාම්ප්‍රේෂණ වැඩි විනිවිද යැමේ හැකියාවක් ඇති විකිරණ බීටා අංග ( $\beta$ -particle) ලෙස ද උපරිම විනිවිද යැමේ හැකියාවක් ඇති විකිරණ ගැමා කිරණ ( $\gamma$  - කිරණ) ලෙස ද නම් කර ඇත.

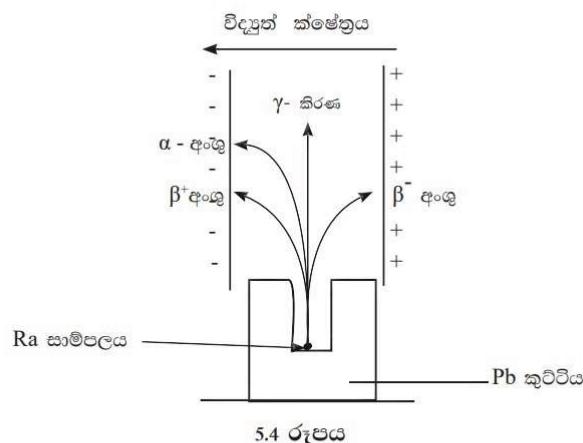
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

ගැමා කිරණවලට කාඩ්බෝචි සහ අලුමිනියම් තහඩු හරහා වුව ද ගමන් කළ හැකි ය. සන රියම් තහඩු මගින් ගැමා කිරණ නතර කළ හැකි ය. වේටා අංශවලට කාඩ්බෝචි හරහා ගමන් කළ හැකි වුව ද, අලුමිනියම් හරහා ගමන් කළ නොහැකි ය. ඇල්ගා අංශ, කාඩ්බෝචි මගින් වුව ද නතර කළ හැකි ය.



5.3 රුපය

$\alpha$  - අංශ,  $\beta$  - අංශ හා  $\gamma$  - කිරණවල ස්වභාවය අධ්‍යයනය කිරීම සඳහා යොදා ගත් පරීක්ෂණයක් 5.3 රුපයේ දැක්වේ. රියම් කුට්ටියක හාරන ලද කුඩා කුහරයක් තුළ රේඛියම් සාම්පලයක් තබා ඇත. සිදුරින් නිකුත් වන විකිරණ රේ ලුම්බකව ක්‍රියා කරන වුම්බක ක්ෂේත්‍රයකට හසු කරනු ලැබේ. මෙහි දී එක් විකිරණ වර්ගයක් අපගමනයකින් නොරව ගමන් කරන අතර, අනෙක් විකිරණ දෙවර්ගය දෙපසට අපගමනය වෙයි. ග්ලෙම්න්ගේ වමන් නීතිය අනුව වම් පැත්තට අපගමනය වන විකිරණ + ලෙස ද දකුණු පැත්තට අපගමනය වන විකිරණ (-) ලෙස ද ආරෝපිත වී ඇති බව පැහැදිලි වේ. ඒවා පිළිවෙළින්  $\alpha$ - අංශ හා  $\beta$ -අංශ ලෙස හඳුන්වනු ලැබේ. අපගමනය නොවී ගමන් කරන විකිරණ ( $\gamma$ -කිරණ) අනාරෝපිත වන අතර, ඒවා අධික සංඛ්‍යාතයෙන් යුත් විද්‍යුත් වුම්බක විකිරණ වේ. වුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් වෙනුවට විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක් යොදා ඉහත පරීක්ෂණය සිදු කළ වේ ලැබෙන ප්‍රතිඵලය 5.4 රුපයේ දැක්වේ.



5.4 රුපය

මේ අවස්ථාවේ දී සියලුම  $\alpha$ -අංගු එක ම ප්‍රමාණයකින් සාර්ථක ඉලෙක්ට්‍රෝඩිය වෙත අපගමනය වන අතර,  $\beta$ -අංගු විවිධ ප්‍රමාණයන්ගෙන් දහ ආරෝපිත ඉලෙක්ට්‍රෝඩිය වෙත අපගමනය වන බව දැකිය හැකි ය.

$\alpha$  - අංගු සියල්ල එක ප්‍රමාණයකින් අපගමනය වීමට හේතුව ඒවා සියල්ල නිකුත් වන්නේ එක ම ගක්ති ප්‍රමාණයකින් යුතුක්ව වීම බවත්,  $\beta$ -අංගුවල අපගමනයන් විවිධ වීමට හේතුව ඒවායේ අඩංගු ගක්තිය එකිනෙකින් වෙනස් වීම බවත් සොයා ගෙන ඇත.

### 5.2.1 $\alpha$ - අංගු ( ${}^4\text{He}$ )

- මේවා හිලියම් න්‍යාෂ්ටි  ${}^4\text{He}$  ලෙස හඳුනා ගෙන ඇත. ප්‍රෝටෝනයේ ආරෝපණය මෙන් දෙගුණයක ආරෝපණයක් දරයි.
- $\alpha$ -අංගුවල ස්කන්ධය ආසන්න වශයෙන් හයිඩ්‍රිජන් පරමාණුක ස්කන්ධය මෙන් සිව් ගණයක් වෙයි.
- $\alpha$ -අංගුවල ප්‍රවේශය ආසන්න වශයෙන් ආලෝකයේ ප්‍රවේශය මෙන් 0.06 ගණයකි. මේ ප්‍රවේශය ඒවා විමෝචනය කරන ප්‍රහවද මත රඳා පවතී.
- ඒවායේ විනිවිද යැමේ හැකියාව  $\beta$ -අංගුවල විනිවිද යැමේ හැකියාවෙන්  $\frac{1}{100}$  ක් පමණ වන අතර,  $\gamma$  කිරණවල ඒ හැකියාවෙන්  $\frac{1}{10^4}$  පමණ වෙයි. එයට හේතුව සාපේක්ෂව  $\alpha$ -අංගුවල ස්කන්ධය වැඩි වීමයි.  $\alpha$ -අංගුවලට සම්මත උෂ්ණත්ව හා පිඩින තත්ත්ව යටතේ වූ වාතයේ 5 cmක් පමණ මෙන් කළ හැකි ය.  $\alpha$ -අංගුවලට සනකම 0.01cm ට අඩු ඇලුම්නියම් (Al) තහවුවක් හරහා විනිවිද යාමේ හැකියාව ඇත.
- $\alpha$  - අංගුවලට අධික වශයෙන් වායු අයනිකරණය සිදු කළ හැකි ය.
- බෙරියම් පැලැටිනෝසයනයිඩ් හා සිනක් සල්ගයිඩ් වැනි ද්‍රව්‍ය මත පතිත වූ විට ප්‍රතිදිපනයක් ඇති කරයි.
- විදුත් හා වුම්බක ක්ෂේත්‍ර මගින් අපගමනයට ලක් වේ.
- තුනි ලෝහ පතු මගින් ප්‍රකිරණයට (scattering) හාරනය වෙයි.
- $\alpha$ -අංගු මගින් සම පිළිස්සීමට ලක්වේ.

### 5.2.2 $\beta$ - අංගු

- $\beta^-$  අංගු ඉලෙක්ට්‍රෝනය මෙන් සාර්ථක ආරෝපණයක් දරයි.
- $\beta^+$  අංගු ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ආරෝපණ ප්‍රමාණය මෙන් දහ ආරෝපණයක් දරයි.
- $\beta$  අංගුවල ස්කන්ධය අඩු නිසා වැශි විනිවිද යැමේ හැකියාවක් ඇත. 0.1 cm ට වඩා අඩු සනකමකින් යුතු ඇලුම්නියම් තහවුවක් විනිවිද යාමේ හැකියාව ඇත.
- වායු අයනිකරණය කිරීමේ හැකියාව අඩු ය.
- ඡ්‍යාරුප තහවු මත බලපෑමක් ඇති කරයි.
- $\beta$  අංගු මගින් කෘතිම විකිරණයිලිතාවක් ඇති කළ හැකි ය.
- විදුත් හා වුම්බක ක්ෂේත්‍ර මගින් අපගමනයට ලක්වේ.

8. ඒවා ආසන්න වගයෙන් ආලෝකයේ ප්‍රවේගයෙන් ගමන් කරන ඉලෙක්ට්‍රොන සේ සැලකිය හැකි ය.

#### 5.2.3 γ-කිරණ

1. ආලෝකයේ ප්‍රවේගයෙන් ගමන් කරයි.
2. විද්‍යුත් හා වුම්බක ක්ෂේත්‍ර මගින් අපගමනය නො වේ.
3. γ-කිරණ, සංඛ්‍යාතය  $5 \times 10^{22} - 3 \times 10^{18}$  Hz පරාසයේ පිහිටි විද්‍යුත් වුම්බක තරංග වෙයි.
4. වායු අයනීකරණය ඉතා දුර්වල ය.
5. විනිවිද යැමේ හැකියාව ඉතා අධික ය. සෙන්ටීමිටර කිහිපයක් සහකම ඇති ලෝහ තහවුවක් විනිවිද යැමේ හැකියාව ඇත.
6. ජායාරූප පරිල මත බලපෑමක් ඇති කරයි.
7. ඉතා කෙටි තරංග ආයාමයක් ඇත. භානිකර බැක්ටීරියා විනාශ කිරීමටත්, ආහාර හා වෛද්‍ය උපකරණ ඒවාණුහරණය (sterilizing) කිරීමටත් යොදා ගනී.
8. යම් ප්‍රශ්නයක් මත පතින වූ විට ඒ ප්‍රශ්නයෙන් ඉලෙක්ට්‍රොන ගලවා ගැනීමට හැකියාව ඇත.
9. වෛද්‍ය විද්‍යාවේ දී පිළිකා සෙල විනාශ කිරීමට යොදා ගනී.
10. γ-කිරණ ගෝටෝනයක තිශ්වලතා ස්කන්දය (rest mass) ඉහා වේ.

#### 5.3 විකිරණයේ ක්ෂය විම (Radioactive decay)

විකිරණයේ යනු යම් මූලද්‍රව්‍යයක පරමාණුක න්‍යුත්, ඒවායේ අස්ථායිතාව නිසා ආරෝපිත අංශ සහ ගක්තිය නිකුත් කිරීමයි. මේ ක්‍රියාවලියේ දී බොහෝ විට පළමු මූලද්‍රව්‍ය වෙනත් මූලද්‍රව්‍යක් බවට පරිවර්තනය වෙයි. උදාහරණයක් ලෙස විකිරණයේ මූලද්‍රව්‍යක් වන රේඛියම් ග්‍රයම් 1ක ප්‍රමාණයක් ගෙන සැහෙන කළකට පසු එහි ඇති රේඛියම් ප්‍රමාණය මැන බැලුව නොත්, එය ග්‍රයම් 1කට අඩු බව පෙනෙනු ඇත. ඒ නිසා මේ ක්‍රියාවලිය විකිරණයේ ක්ෂය විම ලෙස හැඳින්වේයි.

විකිරණයේ නිසා එක් එක් න්‍යුත් ආරෝපිත අංශ සහ ගක්තිය නිකුත් කර වෙනත් මූලද්‍රව්‍යක න්‍යුත් බවට පත් විම ප්‍රශ්නකරණය (disintegration) නමින් හැඳින්වේයි.

විකිරණයේ යනු න්‍යුත්වල අභ්‍යන්තර ස්ථායිතාවට සම්බන්ධ ක්‍රියාවලියක් නිසා එය උෂ්ණත්වය, පිඩිනය ආදි බාහිර සාධක මත රඳා නොපවතින සංසිද්ධියකි. විකිරණයේ මූලද්‍රව්‍යක ක්‍රමන පරමාණුවක් ක්‍රමන අවස්ථාවක දී ප්‍රශ්නකරණයට හාර්තය වේ දැයි ප්‍රරේක්තනය කිරීමට නොහැකි ය.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

විකිරණයේ මූලුව්‍යක් පාර්ක්කරණය වන විට. α-අංගුවක් හෝ β-අංගුවක් හෝ විමෝචනය වෙයි. මේ අංගු දෙක ම එකවර විමෝචනය නො වේ. යම් පරමාණුවක් එකවරකට α - අංගු හෝ β- අංගු එකකට වඩා වැඩි ගණනක් විමෝචනය නොකරයි.

α - අංගුවක් හෝ β- අංගුවක් විමෝචනය විමෙන් න්‍යාශේදය වඩාත් ස්ථායි වේ. එහෙත් එමගින් එහි ඇති ප්‍රෝටෝන හා නියුලෝට්‍රෝන ගණන් වෙනස් වේ. ආරම්භක න්‍යාශේදය මාත්‍රා න්‍යාශේදය ලෙසත් පාර්ක්කරණයේ ප්‍රතිඵලයක් ලෙස ලැබුණු න්‍යාශේදය දුනින් න්‍යාශේදය ලෙසත් හැඳින්වේ.

#### 5.4 විකිරණයේ සමස්ථානික

න්‍යාශේදක් සැදි ඇත්තේ යම් කිසි ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාවක් (Z) සහ යම් කිසි නියුලෝට්‍රෝන සංඛ්‍යාවක් (N) එකට බැඳීමෙනි. න්‍යාශේදයක් කුමන මූලුව්‍යයකට අයත් දැයි හඳුනා ගන්නේ ඒ න්‍යාශේදයේ ආරෝපණය, එනම් එහි ඇති ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාව අනුව ය. පරමාණුක කුමාංකය ලෙස හැඳින්වෙන්නේ ද මේ අයයි. න්‍යාශේදයේ ස්කන්ද අංකය (A) ලෙස හැඳින්වෙන්නේ එහි ඇති ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාවේ සහ නියුලෝට්‍රෝන සංඛ්‍යාවේ එකතුව ( $Z+N$ ) ය.

නිශ්චිත ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාවක් සහ නිශ්චිත නියුලෝට්‍රෝන සංඛ්‍යාවක් සහිත න්‍යාශේද වර්ගයක් නියුක්ලයිඩයක් (nuclide) නමින් හැඳින්වේයි. එවැනි නියුක්ලයිඩයක් සඳහා  ${}^A_Z X$  ආකාරයේ සාක්ෂියක් හැවිත වෙයි. මෙහි X මගින් නිරුපණය වන්නේ අදාළ මූලුව්‍යයයි.

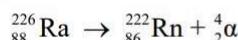
එක ම ප්‍රෝටෝන ගණනක් සහිත, එහෙත් වෙනස් නියුලෝට්‍රෝන සංඛ්‍යා සහිත නියුක්ලයිඩ ස්වභාවයේ දක්නට ලැබේයි. න්‍යාශේදයේ ආරෝපණය එක ම නිසා මේවා එක ම මූලුව්‍යයකට අයත් වන තමුන් ඒවායේ ස්කන්ද අංකය එකිනෙකින් වෙනස් වෙයි. මෙවැනි නියුක්ලයිඩ සමස්ථානික (isotopes) නමින් හැඳින්වේයි. දෙන ලද මූලුව්‍යයක සමස්ථානික කිහිපයක් පැවතිය හැකි අතර, ඒවායින් සමහරක් ස්ථායි සමස්ථානික ද, සමහරක් අස්ථායි (එනම්, විකිරණයේ) සමස්ථානික ද විය හැකි ය.

#### 5.5 α - විමෝචනය (α - ක්ෂය විම)

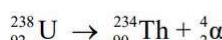
α - අංගුවක් විමෝචනය විමෙන් දුනින් න්‍යාශේදයේ ස්කන්ද අංකය හතරකින් අඩු වන අතර, පරමාණුක අංකය දෙකකින් අඩු වේ. එක් මූලුව්‍යයක් ක්ෂය විමෙන් වෙනත් මූලුව්‍යයන් ඇති විම තන්ත්වාත්තරකරණය (transmutation) නමි වේ.

α - විමෝචනය න්‍යාශේද සම්කරණයක් ලෙස පහත දැක්වෙන ආකාරයට ලිවිය හැකි ය.

Raවලින් α - විමෝචනය



Pwලින් α - විමෝචනය



α - විමෝචනය දැක්වෙන පොදු සම්කරණය



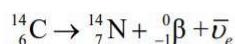
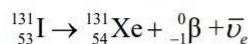
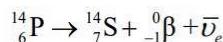
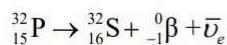
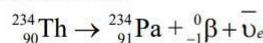
මෙයින් කියුවෙන්නේ ස්කන්ද අංකය A සහ පරමාණුක අංකය z වන X නමැති න්‍යාශේද හිලියම් න්‍යාශේදයක් හා ගක්තිය නිකුත් කිරීමෙන් පසුව ස්කන්ද අංකය A-4 සහ පරමාණුක අංකය Z - 2 වන Y නමැති න්‍යාශේදය බවට පරිවර්තනය වන බවයි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

### 5.6 $\beta$ -විමෝෂනය ( $\beta$ - ක්ෂය වීම)

සමහර විකිරණයිල න්‍යාමී වඩා ස්ථායි අවස්ථාවකට පත් වීම සඳහා ඉලෙක්ට්‍රොන හෝ පොසිලෝන විමෝෂනය කරයි. මෙය  $\beta^-$  විමෝෂනය වීම ලෙස හැඳින්වේයි. පොසිලෝනයක් යනු, ආරෝපණයෙන් හැර අන් සැම ලක්ෂණයකින්ම ඉලෙක්ට්‍රොනයක් හා සමාන වූ අංශුවකි. ඉලෙක්ට්‍රොනයේ ආරෝපණයට විශාලත්වයෙන් සමාන වූ දන (+) ආරෝපණයක් එයට ඇත. පොසිලෝනය යනු ඉලෙක්ට්‍රොනයේ ප්‍රති අංශුව ලෙස සැලකේ. න්‍යාමීය තුළ අඩංගු නියුලෝන ගණන ප්‍රෝටෝන ගණනට වඩා වැඩි අවස්ථාවල දී  $\beta^-$  විමෝෂනය සිදු වේ. ඉලෙක්ට්‍රොනයක් විමෝෂනය වීමේ ක්‍රියාවලිය  $\beta^-$  විමෝෂනයක් ලෙස හැඳින්වේ. මෙහි දී ස්කන්ධ ක්‍රමාංකය නොවෙනස් වී පරමාණුක ක්‍රමාංකය එකකින් වැඩි වේ.

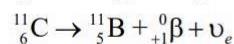
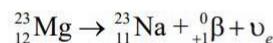
උදාහරණ කිහිපයක්:



ඉහත දැක්වූ විමෝෂනවල දී  $\beta^-$  අංශුවකට අමතරව  $v_e$  ප්‍රතිනියුවුනෝව නමැති අංශුවක් ද නිකුත් වෙයි (ඁක්ති සංස්කීරිත හා ගම්කා සංස්කීරිත අනුකූලව පැවතීම සඳහා  $\beta^-$  විමෝෂනයේ දී ප්‍රතිනියුවුනෝව නමි වූ අංශුවක් ද විමෝෂනය වීම අවශ්‍ය කෙරේ). ප්‍රතිනියුවුනෝව යනු ස්කන්ධය නොහිතිය හැකි තරම් වූ අනාරෝපිත මූලිකාංශුවකි. න්‍යාමීය තුළ වැඩි නියුලෝන සංඛ්‍යාවක් ( $N > Z$ ) ඇති අවස්ථාවක නියුලෝනයක් ප්‍රෝටෝනයකට හා ඉලෙක්ට්‍රොනයකට පරිවර්තනය වේ. මෙහි දී ප්‍රෝටෝනය න්‍යාමීය තුළ රැඳෙන අතර, ඉලෙක්ට්‍රොනයන් ප්‍රතිනියුවුනෝවත් අධික වේගයෙන් න්‍යාමීයන් බැහැර වේ.

ඉලෙක්ට්‍රොනයේ ප්‍රති අංශුව වන පොසිලෝනයක් ( ${}^0_1\beta$ ) විමෝෂනය වීම  $\beta^+$  ක්ෂය වීමක් ලෙස හැඳින්වේ.

උදාහරණ කිහිපයක්

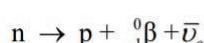


$\nu_e$  යනු නියුවුනෝවක් ලෙස හැඳින්වේ.

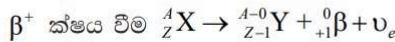
ඉහත ක්ෂය වීම් පොදු ආකාරයෙන් පහත දැක්වේ.



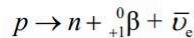
$\beta^-$  ක්ෂයවීමේ දී නියුලෝනයක් ප්‍රෝටෝනයකට පරිවර්තනය වේ.



© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

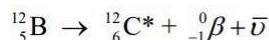


$\beta^+$  ක්ෂය විමේ දී ප්‍රෝටෝනයක් නියුලෝනයකට පරිවර්තනය වේ.



### 5.7 $\gamma$ - විමෝචනය ( $\gamma$ - ක්ෂය විම)

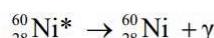
සාමාන්‍යයෙන් විකිරණයේ න්‍යුත්වීයක් ක්ෂය විමේ දී  $\alpha$ -අංගු හෝ  $\beta^-$  අංගු විමෝචනය විමේ ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් ලැබෙන දූහිතා න්‍යුත්වීය සැකැලුණු අවස්ථාවකට පත් වේ. මේ දූහිතා න්‍යුත්වීය  $\gamma$ -කිරණ විමෝචනය කර ඇතුළු ගක්ති අවස්ථාවකට හෝ භුම් අවස්ථාවකට හෝ පත් වේ. මෙහි දී එම න්‍යුත්වීය අයත් මූලුවය වෙනස් නො වේ. උදාහරණයක් ලෙස මේ ක්‍රියාවලිය සිදු වන ආකාරය පහත සඳහන් ආකාරයට සම්කරණ මගින් නිරුපණය කළ හැකිය.



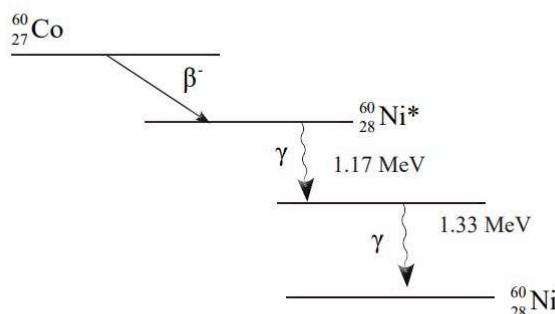
මෙහි  $*$  මගින් නිරුපණය කරන්නේ C (කාබන්) න්‍යුත්වීය සැකැලුණු අවස්ථාවක පවතින බවයි. පසුව මේ සැකැලුණු C න්‍යුත්වීය, ගැමා කිරණයක් නිකුත් කර භුම් අවස්ථාවට පත්වෙයි.



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



මෙහි දී පළමුව Co න්‍යුත්වීය බිටා කිරණයක් නිකුත් කර සැකැලුණු අවස්ථාවක පවතින Ni න්‍යුත්වීයක් බවට පත් වෙයි. ඉන් පසු එය භුම් අවස්ථාවට පත් වන්නේ 5.5 රුපයේ පෙන්වා ඇති ආකාරයට ගැමා කිරණ දෙකක් නිකුත් කිරීම මගිනි.



5.5 රුපය

51

### 5.8 විකිරණයේ නියුක්ලයිඩ්

නොයෙකුත් කරමාන්තවල දී හා වෛද්‍ය විද්‍යාත්මක ප්‍රතිකාර සඳහා හාවිත කෙරෙන විකිරණයේ ද්‍රව්‍ය (විකිරණයේ නියුක්ලයිඩ්)

කොටස්ලෝට් - 60

- ගලුව කටයුතුවල දී හාවිත වන උපකරණ ජ්වාණුහරණය
- පිළිකා සෙසල විනාශ කිරීම
- කල් තබා ගැනීම සඳහා ආහාර ප්‍රවිකිරණය (irradiation)

අයන් - 55

- වාතයේ සල්ගර් පවතී ද යන්න හඳුනා ගැනීම

සෞඛ්‍යම් - 24

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

පුරේනියම් - 235

- න්‍යෑත්‍රික බලාගාරවල
- න්‍යෑත්‍රික ප්‍රවාලන පද්ධති (propulsion systems) - විශේෂයෙන් සඩීරිනවල
- ප්‍රතිදින් විදුරු හාණේඩ, වර්ණවත් ඔප දැමු විදුරු හා වෝල්ටයිල් නිපදවීමේ දී

ජ්‍යුලෝනියම් - 238

- වන්දිකාවල ජව සැපයුම් ප්‍රහවය ලෙස (power source)

[1972 සිට නාසා (NASA) අභ්‍යන්තර යානා සඳහා ජව සැපයුම් සිදු කරයි.]

තොරියම් - 229

- පැය්සුම් කුරු (welding rods) නිපදවීමේ දී
- ප්‍රතිදින් පහන්වල ආසු කාලය දීප්ස කිරීම සඳහා

පොලෝනියම් - 210

- ඡායාරූප පෘත්‍ර නිෂ්පාදනයේ දී ඇති වන ස්ථීතික ආරෝපණ අවම කිරීම

ඉරිචියම් - 192

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

ඇුමෙරිශීයම් - 241

- තනල් මිං කැළීම් සිදු කළ යුතු ස්ථාන හඳුනා ගැනීම
- වියලි තීන්ත සාම්පූර්ණවල විෂ සහිත රෝම් මට්ටම පරික්ෂා කිරීම

කැලිපෝනියම් - 252

- ගුවන් තොටුපෘත්‍රවල ගමන් මලු තුළ ප්‍රපුරන ද්‍රව්‍ය තිබේ දැයි පරික්ෂා කිරීම

ක්‍රිජ්‍යාචන් -85

- කුඩා ප්‍රාස්ටේක් හෝ ලෝහ තහසුවල ගනකම ඉතා නිවැරදිව ඇති දැයි පරීක්ෂා කිරීම

ආයච්‍යන් - 125

- ගරිරයේ රුධිර පරිමාව මැනීම

ආයච්‍යන් 123

- වකුගතු ශ්‍රියාකාරීන්වය පරීක්ෂා කිරීම, තයිරෝයිඩ් පරීක්ෂා කිරීම (thyroid test)

### 5.9 විකිරණයේ පාරික්කරණ නියමය

මෙයට පෙර ද සඳහන් කළ පරිදි, විකිරණයේ යනු සසම්හාවේ ශ්‍රියාවලියකි. එනම්, දෙන ලද න්‍යාෂේරියක් පාරික්කරණය වන්නේ කුමන අවස්ථාවක දී දැයි යන්න පිළිබඳ අපට අනාවැකි පළ කළ නොහැකි ය. එහෙත්, විකිරණයේ න්‍යාෂේරි විශාල සංඛ්‍යාවක් තිබෙන විට, ඒ සංඛ්‍යාව කාලය සමඟ අඩු වී යන ආකාරය පහසුවෙන් ගණනය කළ හැකි ය. ඒ සඳහා භාවිත වන නියමය, විකිරණයේ පාරික්කරණ නියමය නමින් හැඳින්වේයි.

ඒ නියමයෙන් කියවෙන්නේ, කිසියම් මොහොතක දී විකිරණයේ මූලදුව්‍ය සාම්පූද්‍යක පාරික්කරණ දිසුතාව ඒ මොහොතේ ඒ සාම්පූද්‍යයේ පවතින විකිරණයේ පරමාණු සංඛ්‍යාවට අනුලෝධ වශයෙන් සමානුපාතික වන බවයි. සාම්පූද්‍යයේ ඇති න්‍යාෂේරි සංඛ්‍යාව  $N$  දී  $\Delta t$  ඉතා කුඩා කාල අන්තරයක දී ක්ෂේර වීමට භාජනය වන න්‍යාෂේරි සංඛ්‍යාව  $\Delta N$  දී නම් සාම්පූද්‍යයේ පාරික්කරණ දිසුතාව  $\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N$  ලෙස ලිවිය හැකි ය. මෙහි  $\lambda$  යනු නියතයක් වන අතර, එය ක්ෂේර නියතය නමින් හැඳින්වේයි.

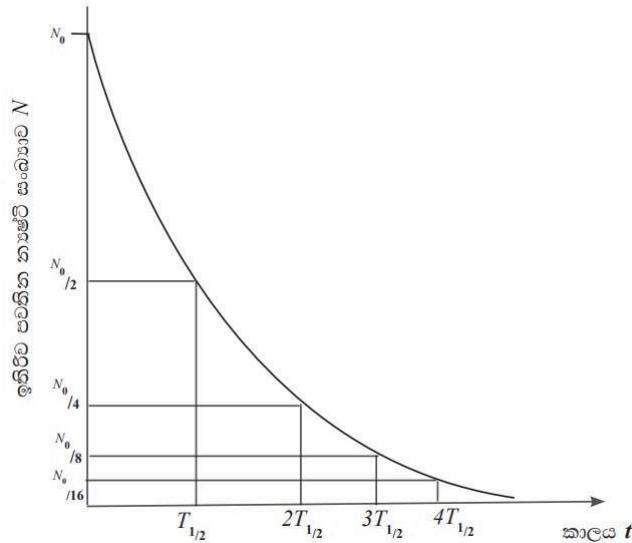
ආරම්භයේ දී න්‍යාෂේරි  $N_0$  ගණනක් සහිත මූලදුව්‍ය සාම්පූද්‍යක්  $t$  කාලයක් පාරික්කරණයට භාජනය වූ පසු ඉතිරිව පවතින න්‍යාෂේරි ගණන  $N$  නම් ඉහත සම්කරණය අනුකළනය භාවිතයෙන්

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

මේ අනුව ඕනෑම අවස්ථාවක ඉතිරිව පවතින න්‍යාෂේරි ගණන කාලයට එරෙහිව ප්‍රස්ථාරගත කළ විට 5.6 රුපයේ පෙන්වා ඇති ආකාරයේ ප්‍රස්ථාරයක් ලැබේයි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

\* ඉහත (1) සම්කරණය 2017 වර්ෂයේ සිට ශ්‍රියාත්මක වන අ.පො.ස උසස් පෙළ හොඨික විද්‍යාව විෂය නිරද්‍යුණයේ ඇතුළත් නොවේ.



### 5.6 රුපය

විකිරණයේ මූල්‍යවා සාම්ප්‍රදායක ආරම්භක න්‍යාම් සංඛ්‍යාව අර්ථයක් බවට ගත වන කාලය, එම විකිරණයේ මූල්‍යයේ අර්ථ ආයු කාලය ලෙස හැඳින්වේයි. මේ කාලය ආරම්භක අංශු සංඛ්‍යාව මත රඳා නොපවතින අතර, එය දෙන ලද විකිරණයේ න්‍යාම් වර්ගයක් සඳහා නියතයකි. අර්ථ ආයු කාලය, සාමාන්‍යයෙන්  $T_{1/2}$  යන සංකේතය හාවිත කරයි.

5.6 රුපයේ පෙන්වා ඇත්තේ ආරම්භයේ ඇති  $N_0$  න්‍යාම් ක්‍රමය වන ආකාරයයි. ආරම්භයේ සිට  $T_{1/2}$  කාලයකට පසුව ඉතිරි වන්නේ  $N_0/2$  න්‍යාම් සංඛ්‍යාවකි. තවත්  $T_{1/2}$  කාලයකට පසුව ඉතිරි වන්නේ,  $N_0/4$  න්‍යාම් සංඛ්‍යාවකි. මෙශෙස සැම  $T_{1/2}$  කාලයකටම පසුව ඉතිරිව ඇති න්‍යාම් සංඛ්‍යාව හරි අඩකින් අඩුවෙයි.

ආරම්භක න්‍යාම් සංඛ්‍යාව  $N_0$  නම් ආරම්භක අවස්ථාවේ සිට  $t$  කාලයකට පසුව ඇති න්‍යාම් සංඛ්‍යාව

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

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

මෙම අගයයන් ඉහත සමිකරණයේ ආදේශ කළ විට,

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

මෙය පූජ් කිරීමෙන්

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

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

### 5.10 විකිරණයේ මූලුවයක සක්‍රියතාව (A)

විකිරණයේ දුටුව සාම්පලයක් ක්ෂේත්‍රය විමෝ දිසුනාව, නොහොත් සාම්පලයේ තත්ත්වයකට සිදු වන පාරික්කරණ සංඛ්‍යාව, ඒ සාම්පලයේ සක්‍රියතාව ලෙස හැඳින්වෙයි.

දෙන ලද අවස්ථාවක ඇති න්‍යාම්‍ය සංඛ්‍යාව  $N$  නම්, ඒ සංඛ්‍යාව අඩු විමෝ දිසුනාව  $-\frac{dN}{dt}$  ලෙස ලිවිය හැකි ය. මෙහි සානු ලකුණක් යොදා ඇත්තේ එය අඩු විමක් නිසා ය.

දෙන ලද අවස්ථාවක ඇති න්‍යාම්‍ය සංඛ්‍යාව ( $N$ ) හා ආරම්භක න්‍යාම්‍ය ( $N_0$ ) අතර සම්බන්ධතාව  $N = N_0 e^{-\lambda t}$  ලෙස දැක්වීය හැක. ඉහත සඳහන් කළ සම්කරණය 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 පෙන්වීය හැකිය. සක්‍රියතාව මැනීමේ ඒකකය බෙකරල් (becquerel) නමින් හැඳින්වෙන අතර, බෙකරල් 1ක් (1 Bq) තත්ත්වයකට පාරික්කරණ 1ක් ලෙස අර්ථ දැක්වෙයි.

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

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

විකිරණයේ සමස්ථානිකයක අර්ථ ආපුකාලය එහි දෙන ලද සාම්පලයක සක්‍රියතාව ආරම්භක අගයෙන් හරි අඩක් විමට ගත වන කාලය ලෙස ද අර්ථ දැක්වීය හැකි ය. විකිරණයේ මූලුවය කිහිපයක අර්ථ ආපු කාල 5.1 වගුවේ දැක්වේ.

#### 5.1 වගුව විකිරණයේ මූලුවය කිහිපයක අර්ථ ආපු කාල

විකිරණයේ දුටුවය	අර්ථ ආපු කාලය
බෝරෝන් - 12	තත්ත්ර 0.02
රේබෝන් - 220	තත්ත්ර 52
ඇයඩින් - 128	මිනිත්ත් - 25
රේඩියම් - 226	ඇටුරුදු - 1602
කාබන් - 14	ඇටුරුදු - 5730

\* ඉහත (2) සම්කරණය 2017 වර්ෂයේ සිට ක්‍රියාත්මක වන අ.පො.ස උසස් පෙළ හොඟික විද්‍යාව විෂය නිරද්‍යායේ ඇතුළත් නොවේ.

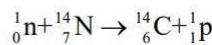
### 5.11 විකිරණයේ කාල නිරණය හෙවත් කාබන් දිනැයුම (Carbon dating)

විකිරණයේ කාල නිරණය යනු, පුරාවිද්‍යා කැණීම්වල දී සොයා ගන්නා සත්ත්ව හෝ ගාක කොටස්වල වයස විකිරණයේ කාබන්වල ගණ හාවිතයෙන් නිරණය කිරීමේ ක්‍රමයකි.

අපගේ පරිසරයේ කාබන් බහුල වගයෙන් ම පවතින්නේ  $^{12}\text{C}$  (කාබන්-12) සමස්ථානික ලෙස ය.

එහෙන් ඉතා පූර් ප්‍රතිශතයක්, විකිරණයේ සමස්ථානිකයක් වන  $^{14}\text{C}$  (කාබන්-14) ලෙස ද පවතියි.

මේ කාබන්-14 සමස්ථානිකය තිපදවෙන්නේ අන්තරික්ෂ කිරණ හේතුවෙති. අන්තරික්ෂ කිරණ යනු ප්‍රශ්නීය බාහිරන් පැමිණෙන, අධික වෙශයෙන් ගමන් කරන ආරෝපිත අංශය. මේ ආරෝපිත අංශ වායුගේලයේ ඇති වායු අනු සමග ගැටීමේ දී නියුලෝග්න සහ වෙනත් මුළුක අංශ වර්ග ගණනාවක් තිපදවේයි. එසේ තිපදවෙන නියුලෝග්න, වායුගේලයේ ඇති නයිලුණ් නාෂ්චිර සමග ගැටී පහත සම්කරණයෙන් පෙන්වා ඇති පරිදි කාබන්-14 තිපදවේයි.



ඉන් පසු ඒ කාබන්-14 වායුගේලයේ ඇති මික්සිජන් සමග සම්බන්ධ වී කාබන්ඩයොක්සයිඩ් ලෙස වායුගේලයට එක් වී පසුව ගාක හරහා සතුන්ගේ ආහාර දාමයට ද එක් වෙයි.

කාබන්-14 සමස්ථානිකයේ අර්ථ ආයු කාලය වසර 5730ක් පමණ වෙයි. ඒ නිසා සත්ත්ව ගරිරයක හෝ ගාකයක ඇති කාබන්-14 සෞඛ්‍ය ක්ෂේත්‍රය වෙයි. එහෙත් සත්ත්වයා හෝ ගාකය සර්ව 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  $1.3 \times 10^{-12}$  වන අතර, වසර දහස් ගණනක් තිස්සේ ආසන්න වගයෙන් නියතව පවතින බව සොයා ගෙන ඇත. එනම්, සර්වී සත්ත්ව හෝ ගාක කොටස් සඳහ ඉහත සඳහන් කරන ලද පාඨක්කරණ ක්‍රියාව මෙසේ දැක්විය හැකි ය.

$$\frac{^{14}_6\text{C}}{^{12}_6\text{C}} = 1.3 \times 10^{-12}$$

එහෙන් මරණයෙන් පසුව සත්ත්ව ගරිර හෝ ගාකවලට බාහිරන් කාබන් ඇතුළු නොවන නිසා කාබන්-14 ප්‍රතිශතය ක්‍රමයෙන් අඩු විමර්ශන පටන් ගනියි. ඒ නිසා, අර්ථ්‍ය සත්ත්ව හෝ ගාක කොටසක පවතින කාබන්-12 සහ කාබන්-14 ප්‍රමාණ අතර, අනුපාතය මැතිමෙන් ඒ කොටස කොපමණ පැරණි දැයි නිරණය කර ගත හැකි ය.

පුරාවිද්‍යාන්මක කැණීමක දී සොයා ගන්නා ලද සාම්පලයක තිබෙන කාබන් ගෝම් 1ක සත්ත්‍යතාව  $A$  ද, සාම්පලය සර්වී ලෙස තිබිය දී ඒ කාබන් ගෝමයේ සක්‍රියාතාව  $A_0$  ද, සාම්පලයේ වයස  $t$  ද නම්, ඒ සත්ත්‍යතාව අතර, සම්බන්ධය

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

\* ඉහත (3), සම්කරණය 2017 වර්ෂයේ සිට ක්‍රියාත්මක වන අ.පො.ස උසස් පෙළ හොඹික විද්‍යාව විෂය නිරද්‍යායේ ඇතුළත් නොවේ.

මේ සම්කරණයෙන් සාම්පලයේ වයස සඳහා ප්‍රකාශනය ලිවිය හැකි ය.

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

සාම්පලයේ දැනට පවතින ස්ථිරතාව  $A$  ගැඩිර් ගණකයක් හෝ වෙනත් සුදුසු උපකරණයක් මගින් මැන ගත හැකි ය. ආරම්භක ස්ථිරතාව පහත දැක්වෙන ආකාරයට ගණනය කිරීම සුදුසු ය.

$$\text{කාබන්-14 නාඡ්‍රීයේ ක්ෂේත්‍ර නියත } \lambda = \frac{0.698}{T_{1/2}} = \frac{0.698}{5730 \times 365 \times 24 \times 3600} \text{ s}^{-1} = 4.00 \times 10^{-12} \text{ s}^{-1}$$

ස්ථේව සාම්පලයේ කාබන් ගේම් 1ක ඇති කාබන්-14 නාඡ්‍රීය ගණන

$$N = \left( \frac{6.023 \times 10^{23}}{12} \right) \times 1.3 \times 10^{-12}$$

ස්ථේව සාම්පලයේ කාබන් ගේම් 1ක ස්ථිරතාව

$$A_0 = \lambda N = \left( \frac{6.023 \times 10^{23}}{12} \right) \times 1.3 \times 10^{-12} \times 4.00 \times 10^{-12} \text{ Bq} = 0.26 \text{ Bq}$$

$A_0, A$  හා  $\lambda$  (4) සම්කරණයේ ආදේශයෙන්  $t$  නිර්ණය කළ හැකිය.

### 5.12 විකිරණ මැනීමේ ඒකක

යම් පදාර්ථයක් මගින් (ද්‍රව්‍යයක් හෝ ජීවියකු) මගින් අවශ්‍යාත්‍යාය කර ගනු ලබන විකිරණ ගක්තිය නොහොත් මාත්‍රාව (dose) මැනීම සඳහා හාවිත කරන ඒකකය ගේර (Gy) නම් වේ.

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

විවිධ විකිරණ වර්ගවලින් විවිධ ජ්‍වල සිදු වන බලපෑම නොහොත් නාතිය විකිරණයේ ස්ථාල මාත්‍රාව මගින් මැනීය හැක. එහි ඒකකය sievert (Sv) වේ.

විකිරණයේ ස්ථාල මාත්‍රාව =  $Q$  සාධකය × විකිරණය අවශ්‍යාත්‍යාය 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
$\beta, \gamma, X$	1
$n$	5 සිට 20 දක්වා
$\alpha$	20

\* ඉහත (4) සම්කරණය 2017 වර්ෂයේ සිට ක්‍රියාත්මක වන අ.පො.ස උසස් පෙළ හොඨික විද්‍යාව විෂය තීර්ණයේ ඇතුළත් නොවේ.

### 5.12.1 පසුබීම් විකිරණය (Background radiation)

විකිරණයිලාව ස්වාහාවික සංයිද්ධියකි. ගෝනයිට් වැනි පාඨාණ තුළ විකිරණයිල නිපුක්ලයිඩ් සූල් ප්‍රමාණයක් ඇත. විකිරණයිල රේබොන් හා එහි දුනිතා එලවලින් පසුම්බි විකිරණවලින් 51%ක් පමණ ලැබේ. මේ අමතරව X-කිරණ වැනි ප්‍රහවචිත්, අප පරිහැරනයට ගන්නා ආහාරවලින්, පානිය දුවචිත්, කොස්මික් කිරණවලින් හා ආශ්‍රාය වාකය මගින් ද ගිරියට විකිරණ ඇතුළු වේ. මේ හේතුවෙන් එක් පුද්ගලයෙක් සාමාන්‍යයෙන් වසරකට 0.0015 Sv පමණ විකිරණ මාත්‍රාවකට ගොදුරු වේ. විකිරණ ආශ්‍රිත රකියාවල නිරත පුද්ගලයකට වාර්ෂිකව ලැබෙන විකිරණ මාත්‍රාව 0.05 Sv නොවැඩී විය යුතු ය.

පසුබීම් විකිරණ ප්‍රහවචිත් ලැබෙන විකිරණ ප්‍රමාණය	ප්‍රමාණය
රේබොන් හා එහි දුනිතා එලවලින්	51%
X-කිරණ යන්තු වැනි වෛද්‍ය කටයුතු සඳහා හාවිත කරනු ලබන උපාංගවලින්	12%
පරිහැරනයට ගන්නා ආහාරවලින්	12%
පාඨාණ හා පස්වලින් නිකුත් වන $\gamma$ -කිරණවලින්	14%
අභ්‍යවකාශයෙන් ලැබෙන අන්තරික්ෂ කිරණවලින්	10%
විවිධ අභ්‍ය අවස්ථාවලින් (න්‍යුත්වික පිපිරිම් / න්‍යුත්වික බලාගාරවලින්)	
සිදු වන කාන්දුවීම මගින්	01%

### 5.13 විකිරණ උපදාව (Radiation hazards)

$\alpha$ ,  $\beta$  හා  $\gamma$ -කිරණ ආදි ස්වාහාවික විකිරණවලට ගොදුරු වීම නිසා සං්වී පටකවලට (living, tissue) හානි පැමිණේ. මේ න්‍යුත්වික විකිරණ මගින් ඒවා විම වස්තුවල සෙසල තුළ ඇති පරමාණු අයනීකරණයට හාර්තනය වීම මෙයට හේතුව වේ. ප්‍රජනන පද්ධතියට හානිවීම, ජාන විකාතිවීම, වුද්‍යාවය, ලේ නිපදවන සෙසල විනාශ වීම නිසා ලිපුකෙක්මියාව සහ වෙනත් පිළිකා ඇති වීම, අන්ධාවය හා ප්‍රතිශක්තිය අඩු වීම වැනි ප්‍රතිඵල මේ විකිරණවලට නිරාවරණය වීමෙන් ඇති විය හැකි ය. යමක් න්‍යුත්වික ප්‍රතිශ්‍යාවක දී නිපදවන අධික විකිරණ මාත්‍රාවකට ගොදුරු වුවහොත් ක්ෂේකීකුව මරණයට පත් විය හැකි ය.

විකිරණයිල ප්‍රහව අතින් ස්පර්ශ නොකළ යුතු ය. සැම විට ම ඒ ප්‍රහවයන්ට හැකි තරම් ඇතින් සිටිය යුතු ය. ඒවා අසල රඳී සිටින කාලය ද හැකි තරම් අවම කළ යුතු ය.

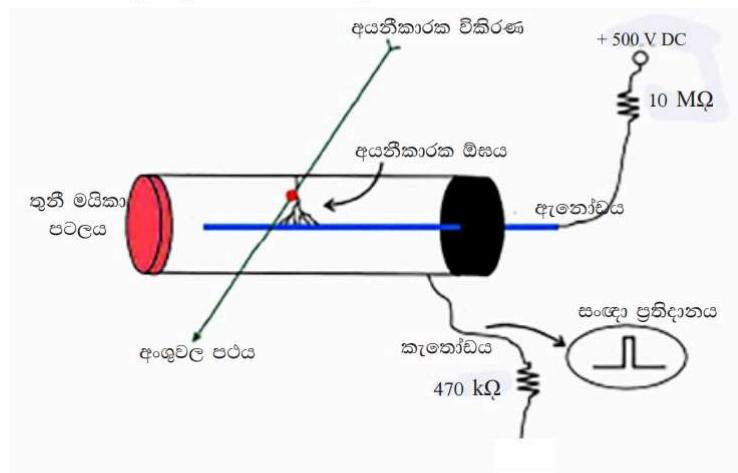
- ඒ ප්‍රහව නම් කොට ආරක්ෂක (රෝම්-කොන්ක්ටිට්) සේප්පු තුළ ගෙඩා කළ යුතු ය.
- ඒවා හාවිතයේ දී අන් වැශ්‍යම්, බැහි අඩු පාවිච්ච කළ යුතු ය.
- විකිරණයිල ද්‍රව්‍ය ඇති ස්ථානයක දී ආහාර ගැනීම සිදු නොකළ යුතු අතර, ඒවා දෙසට ඇස හෝ නාසය යොමු නොකළ යුතු ය.
- විකිරණයිල ද්‍රව්‍ය ආශ්‍රිත පරීක්ෂණවල දී යොදා ගනු ලබන රේදී කැබලි, කඩුසි කැබලි වැනි අපද්‍රව්‍ය නියමිත පරීදී බැහැර කළ යුතු ය.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

### 5.14 විකිරණ අනාවරක (Radiation detectors)

$\alpha$ -අංුරු,  $\beta$ -අංුරු, X-කිරණ හා  $\gamma$ -කිරණ වායුවක් තුළින් යැමි දී වායු අණු අයනීකරණය වී බන හා සානු ලෙස ආරෝපිත අයන සාදයි. මෙසේ සැදෙන අයන සංඛ්‍යාව රඳා පවතින්නේ වායුව තුළින් ගමන් ගත් විකිරණ ප්‍රමාණය මත ය. නිපදවෙන අයන සංඛ්‍යාව මැනු ගැනීමට විවිධ ආකාරවල අනාවරක හාවිත කරනු ලැබේ.

#### ගයිගර මලර නළය (Geiger Mueller tube)



5.7 රුපය ගයිගර නළය

ගයිගර නළය සාදා ඇත්තේ සිලින්බරුකාර කැනෙක්ඩයක් සහ ඒ සිලින්බරයේ අක්ෂය දිගේ කැබූ සිහින් ඇතෙක්ඩ කම්බියක් සහිතව ය. 5.8 රුපයේ පෙන්වා ඇති ආකාරයට නළයේ එක් කෙළවරක ඉතා තුනි මයිකා පෙළයකින් තැනු කුවුලුවක් ඇති අතර, අනෙක් කෙළවර පරිවාරක ද්‍රව්‍යකින් තැනු පියනකින් වසා ඇතෙක්ඩය සහ කැනෙක්ඩය අතර, 500 V පමණ විහව අන්තරයක් යොදා ඇත. සංමුද්‍රණය කරන ලද ගයිගර නළය 10 mm Hg පමණ අඩු පිඩියකින් යුත් ආගන් වායුවෙන් හා හැලුර්න් වායුව සූජ් ප්‍රමාණයකින් පුරවා ඇත. 5.7 රුපයේ පෙන්වා ඇති ආකාරයට අයනීකාරක විකිරණ අංුරුවක් නළය හරහා ගමන් කරන විට ආගන් පරමාණු අයනීකරණය වී ඉලෙක්ට්‍රොනා හා දන අයන ඇති වේ. ඇතෙක්ඩයත් කැනෙක්ඩයත් අතර, පවතින විහව අන්තරය නිසා ඉලෙක්ට්‍රොනා අධික වාලක සේක්නි ලබා ගනිමින් ආගන් පරමාණු සමඟ ගැටී තව තවත් වායු පරමාණු අයනීකරණය කරයි. මේ ක්‍රියාවලිය ඕසිය ආවරණය (Avalanche effect) නම් වේ. මෙහි ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් ඉලෙක්ට්‍රොනා අධික සංඛ්‍යාවක් එක්වර ම ඇතෙක්ඩය වෙත ගමන් කර විදුන් ධාරා ස්ථානයක් බාහිර පරිපථයේ ඇති කරයි. මේ අනුව නළයට ඇතුළු වන තනි විකිරණ අංුරුවක් මගින් වූව ද එක් අයනීකරණ සිදුවීමක දී  $\frac{1}{10}$ . μs වැනි ඉතා සූජ් කාලයක් තුළ ඉලෙක්ට්‍රොනා 10° පමණ සංඛ්‍යාවක් නිදහස් කර විශාල ධාරා ස්ථානයක් ලබා දීමේ හැකියාවක් ඇත. ඇතෙක්ඩය අසල එක් ඉලෙක්ට්‍රොනා ඕසියක් ඇති විමෙන් පසු කැනෙක්ඩය කරා පැමිණෙන

දහ ආගන් අයන උදාසීන කොට කැනෙක්ඩය හරහා ධාරා ස්පන්ද නතර කිරීමේ ක්‍රියාවලිය තොහොත් මරුදනය කිරීම සිදු කරනු ලබන්නේ නළය තුළ ඇති හැලුණ් (බෝලින්) වායුව මගිනි. ඉහත ක්‍රියාවලියේ ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් නළයට ඇතුළ වන එක් විකිරණයිල ගොට්ටෝනයක් මගින් ඇනෙක්ඩය තුළින් ධාරා ස්පන්දයක් පමණක් ඇති විම සිදු කරනු ලැබේ. බාහිර පරිපථයේ ඇති මෙගා ඕම් 10 පමණ ප්‍රතිරෝධය හරහා ඇති වන ධාරා ස්පන්දය මගින් එය හරහා වෝල්ට් 1 ක පමණ වූ වෝල්ටෝයිකා ස්පන්දයක් නිරමාණය වේ. එය වර්ධනය කර දිසුනාමානය වෙත ගැවීමෙන් විකිරණයිල අංශ (ගොට්ටෝන්) ඇතුළ විමේ දිසුනාව මැනැගැනීමට හැකි වේ. ඇනෙක්ඩයේ තීදිහස් කෙළවර අසල විදුලි ප්‍රමිත ඇතිවිම සඳහා තුළට විදුරු පබලවක් සවි කර ඇත.

### විසඳු අභ්‍යාස

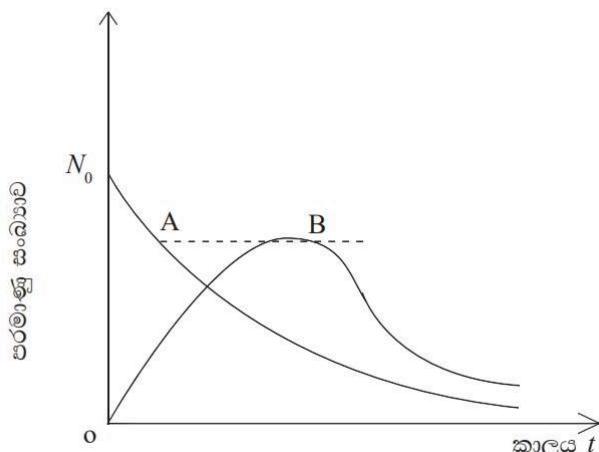
01. එක්තරා විකිරණයිල න්‍යුම්ටියක් (A) පහත දැක්වෙන ආකාරයට ස්ථාපි න්‍යුම්ටියක් (C) බවට පත් වේ. B යනු විකිරණයිල අතර මැදී න්‍යුම්ටියකි.

$$A \rightarrow B \rightarrow C$$

ආරම්භයේ දී (A) න්‍යුම්ටියේ  $N_0$  පරමාණු සංඛ්‍යාවක් තිබේ. කාලයන් සමග Aගේන් Bගේන් තිබෙන්නා වූ පරමාණු සංඛ්‍යාව විවෘත වන ආකාරය දැක්වෙන ප්‍රස්ථාර ඇඟින්න.

### පිළිතුර

ආරම්භයේ දී ( $t = 0$ )  $N_A = N_0$  හා  $N_B = 0$  වන අතර, කාලයන් සමග Aගේ පරමාණු සංඛ්‍යාව ( $N_A$ ) සාමීය ලෙස අඩු වී  $t \rightarrow \infty$  වන විට ගුණාය කරා ලා වේ. Bගේ පවතින පරමාණු සංඛ්‍යාව කාලයන් සමග වැඩි වී උපරිමයකට පත්ව සාමීය ලෙස අඩු වී ගුණාය කරා ලා වේ.



02. 1000 MW විබෙන්න ප්‍රතිකාරකයක් (fission reactor) එහි ඉන්ධනවලින් අර්ධයක් පරිභේදනය කිරීම සඳහා අවුරුදු රික කාලයක් ගනී. ආරම්භයේ දී එහි තිබූ  $^{235}\text{U}$  ප්‍රමාණය කොපමණ දී? සියලුම ගක්තිය උත්පාදනය වන්නේ විබෙන්නයෙන් බවත් ප්‍රතිතියාකාරකය ක්‍රියාත්මක වන කාලය මුළු කාලයෙන් 80%ක් බවත් උපකළුනය කරන්න. යුරේනියම් න්‍යුම්ටියක්

විඛ්‍යන් බිජය විමේ දී මුදාහරින ගක්තිය 200 MeV ලෙස සලකන්න.

පිළිතුර :- යුරෝපීයම් ත්‍යැපීයක් මගින් මුදාහරිනු ලබන ගක්තිය 200 MeV නම් 1 kg විඛ්‍යන් බිජය විමෙන් උත්පාදනය වන ගක්තිය

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

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

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

අවුරුදු 5ක දී උත්පාදනය කරන මුළු ගක්තිය

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

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

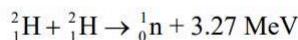
$$\text{අවුරුදු 5ක තුළ පරිභේදනය කරන ලද } {}_{92}^{235}\text{U ප්‍රමාණය} = \frac{1.2614 \times 10^{17}}{8.17 \times 10^{13}}$$

$$= 1544 \text{ kg}$$

$$\text{ආරම්භක ස්කන්ධය} = 2 \times 1544 \text{ kg}$$

$$= 3088 \text{ kg}$$

03. ඩියුට්‍රියම් 2.0 kg ප්‍රමාණයක් විලයනය විමෙන් ලැබෙන ගක්තියෙන් 100 W විදුලි පහනක් දැල්වීය හැකි කාලය ගණනය කරන්න. අදාළ විලයන ප්‍රතිච්‍රියාව පහත දැක්වේ.



පිළිතුර :- ඩියුට්‍රියම් 2.0 kg ප්‍රමාණයක ඇති පරමාණු සංඛ්‍යාව

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

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

පරමාණු දෙකක් විලයනය විම මගින්

මුත්ත වන ගක්තිය මුදා හරින ලද මුළු ගක්තිය =  $3.27 \text{ MeV} = 1.575 \times 10^{14} \text{ J}$

මේ ගක්ති ප්‍රමාණය 100 W ක්ෂමතාවකින් හාවිත කිරීමට

තත වන කාලය  $t$  නම්,

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

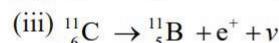
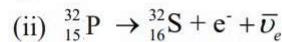
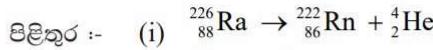
$$= 15.75 \times 10^{11} \text{ s}$$

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

$$= \text{අවුරුදු } 4.99 \times 10^4$$

04. පහත දැක්වෙන අවස්ථාවලට අදාළ න්‍යාෂේෂික ප්‍රතික්‍රියා සම්කරණ ලියා දක්වන්න.

- (i)  $^{226}_{88}\text{Ra}$  හි  $\alpha$  සෑය වීම
- (ii)  $^{32}_{15}\text{P}$  හි  $\beta^-$  සෑය වීම
- (iii)  $^{11}_{6}\text{C}$  හි  $\beta^+$  සෑය වීම



$e^+$  ලෙස දැක්වෙන්නේ පොසිලෝනයයි.

05. විකිරණයේ සමස්ථානිකයක අර්ථ 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 අර්ථ ආයු කාලයකට ම පසුව සක්‍රියතාව අර්ථයකින් අඩු වන නිසා අර්ථ ආයු කාල  $n$  ගණනකට පසුව

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

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

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

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

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

එම් නිසා ගත වූ කාලය  $5T$  වෙයි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

විකිරණයේ තැබූ අභ්‍යාස

- විකිරණයේ න්‍යායයකින්  $\alpha$  අංගු තුනක් හා පොසිලුවේ දෙකක් විමෝශනය වේ. ආරම්භයේදී ඒ න්‍යායයේ ස්කන්ද අංකය  $A$  හා පරමාණුක අංකය  $Z$  ලෙස සලකා අවසානයේදී න්‍යායයේ ඇති නියුලෝච්න හා ප්‍රෝටෝන අතර, අනුපාතය.  
 (a)  $\frac{A-Z-4}{Z-2}$  (b)  $\frac{A-Z-8}{Z-4}$  (c)  $\frac{A-Z-4}{Z-8}$  (d)  $\frac{A-Z-12}{Z-4}$  (e)  $\frac{A-Z-4}{Z+4}$
- න්‍යායයේ  $\alpha$  - කිරණයක් විමෝශනය වීමේදී  
 (a) නියුලෝච්න අංකයන් ප්‍රෝටෝන අංකයන් යන දෙක ම වෙනස් වේ.  
 (b) නියුලෝච්න අංකයන් ප්‍රෝටෝන අංකයන් යන දෙක ම වෙනස් නොවේ.  
 (c) නියුලෝච්න අංකය පමණක් වෙනස් වේ.  
 (d) ප්‍රෝටෝන අංකය පමණක් වෙනස් වේ.  
 (d) ස්කන්ද අංකය පමණක් වෙනස් වේ.
- විකිරණයේ ක්ෂේත්‍රය වීමේ ක්‍රියාවලියේ විමෝශනය වන සූර්‍ය ආරෝපිත  $\beta$  - අංගු  
 (a) න්‍යාය තුළ පැවැති ඉලෙක්ට්‍රොඩ් වේයි.  
 (b) න්‍යාය තුළ පැවැති නියුලෝච්න ක්ෂේත්‍රය වීමේ ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් නිපදවන ඉලෙක්ට්‍රොඩ් වේයි.  
 (c) පරමාණු අතර, සංස්විතවල දී (collision) ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් නිපදවන ඉලෙක්ට්‍රොඩ් වේයි.  
 (d) න්‍යාය තුළ පැවැති ප්‍රෝටෝන ක්ෂේත්‍රය වීමේ ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් නිපදවන ඉලෙක්ට්‍රොඩ් වේයි.  
 (e) න්‍යාය වටා පරිහුමණය වන ඉලෙක්ට්‍රොඩ් වේයි.
- එක්තර විකිරණයේ ද්‍රව්‍යයක් පැය දෙකකට පසුව එහි ආරම්භක ස්කන්ධයෙන්  $\frac{1}{16}$  ක් වේයි. මේ ද්‍රව්‍යයේ අර්ථ ආයු කාලය වන්නේ,  
 (a) මිනිත්තු 30 ඩී. (b) මිනිත්තු 90 ඩී.  
 (c) මිනිත්තු 45 ඩී. (d) මිනිත්තු 60 ඩී.  
 (e) මිනිත්තු 16 ඩී.
- විකිරණයේ ද්‍රව්‍යයක අර්ථ ආයු කාලය දින 3.6 කි. ආරම්භයේදී මේ ද්‍රව්‍යයේ 20 mg ස්කන්ධයක් තිබේ. 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.
- එක්තර විකිරණයේ ද්‍රව්‍ය සාම්පූහ්‍යක සැක්‍රියතාව දින 3 කට පසුව එහි ආරම්භක සැක්‍රියතාවෙන්  $\frac{1}{3}$  ක් වේයි. දින 9 කට පසුව සැක්‍රියතාව වන්නේ,  
 (a) ආරම්භක අගයෙන්  $\frac{1}{3}$  කි.  
 (b) ආරම්භක අගයෙන්  $\frac{1}{9}$  කි.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

- (c) ආරම්භක අගයෙන්  $\frac{1}{18}$  කි.  
 (d) ආරම්භක අගයෙන්  $\frac{1}{27}$  කි.  
 (e) ආරම්භක අගයෙන්  $\frac{1}{81}$  කි.
7. විකිරණයේ මූල්‍යවාසි සාම්පූර්ණ ආරම්භයේදී හියාකාරී න්‍යුත්‍රී  $4 \times 10^{10}$ ක් තිබේ. මූල්‍යවාසියේ අර්ථ ආසු කාලය දින 10කි. දින 33ක් තුළ ක්ෂේර වූ න්‍යුත්‍රී සංඛ්‍යාව කොපමෙන්ද?
- (a)  $0.5 \times 10^{10}$       (b)  $2 \times 10^{10}$       (c)  $3.5 \times 10^{10}$       (d)  $1 \times 10^{10}$       (e)  $\frac{4}{3} \times 10^9$
8. රේඛියම්වල අර්ථ ආසු කාලය අවුරුදු 1600ක් පමණ වෙයි. සාම්පූර්ණයේ 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.

පිළිතුර:-

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

## සයවන පරිච්ඡේදය

## න්‍යුත්ටික ගක්තිය හා එහි භාවිත Nuclear Energy and its Uses

### 6.1 පරමාණුක ව්‍යුහය

සියලුම මූල්‍යවාවල පරමාණු සැදී ඇත්තේ න්‍යුත්ටිකය් සහ ඒ වටා විවිධ ගක්ති මට්ටම්වල ගමන් ගන්නා ඉලෙක්ට්‍රෝනවලිනි. පරමාණුවක න්‍යුත්ටිය සැදී ඇත්තේ ප්‍රෝටෝන හා නියුටෝනවලිනි. ආරෝපණයක් නොදරන නියුටෝනය නමැති මේ උදාසීන අංගුව සොයා ගැනීම වෙනුවෙන් වර්ෂ 1935 දී ජේම්ස වැඩිවික්ට (James Chadwick) නොබේල් ක්‍රියා හිමි විය. මේ උප පරමාණුක අංගු (subatomic particles) අධික ගක්තියකින් බැඳී පවතී. ඉලෙක්ට්‍රෝනය සානු ආරෝපණයක් සහිත වන අතර, ඒවා න්‍යුත්ටිය වටා විවිධ කක්ෂවල පරිග්‍රැමණය වෙමින් පවතී. ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ස්කන්ධය පරමාණුවේ ස්කන්ධය හා සසදන විට ඉතා කුඩා වේ. ඉහත සඳහන් කළ උප පරමාණුක අංගු (ප්‍රෝටෝන සහ නියුටෝන) පොදුවේ හැඳින්වෙන්නේ නියුක්ලියෝන (nucleon) නමිනි. තුළන සොයා ගැනීම්වලට අනුව ප්‍රෝටෝන හා නියුටෝන සැදී ඇත්තේ වඩාත් ම මූලික අංගු වශයෙන් හැඳින්වෙන ක්වාක්ස්ට්ලින්ය (quarks).



6.1 උප ජේම්ස වැඩිවික්

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

ඉහත සඳහන් පරිදි ප්‍රෝටෝන හා නියුටෝනවල ස්කන්ධය ආසන්න වශයෙන් සමාන වන අතර, ඉලෙක්ට්‍රෝනයේ ස්කන්ධය එයින් 2000න් එක පැංගුවක් බව පැහැදිලි වේ. සාමාන්‍යයෙන් ස්වභාවයේ පවතින උදාසීන පරමාණුවක ඉලෙක්ට්‍රෝන හා ප්‍රෝටෝන ගණන සංඛ්‍යාත්මකව සමාන වේ. පරමාණුවේ සමස්ත ස්කන්ධයෙන් 99.9% ව වඩා වැඩි ප්‍රමාණයක් පවතින්නේ න්‍යුත්ටිය තුළ ය. පරමාණුවක අරය හා සසදන විට න්‍යුත්ටියේ අරය  $\frac{1}{10^4}$  ක් පමණ වේ. පරමාණුව

පාසල් පන්ති කාමරයක් තරමට විශාල කළ හොත් න්‍යාෂේෂීය ප්‍රමාණය අල්පෙනෙන්ති තුවක් හා සමාන වේ. කාබන්  $^{12}\text{C}$ වල න්‍යාෂේෂීක අරය  $2.7 \times 10^{-15} \text{ m}$  වන අතර, එහි පරමාණුක අරය  $0.9 \times 10^{-10} \text{ m}$  කි.

මේ අගයයන් සැලකු විට  $^{12}\text{C}$  කාබන් පරමාණුවක පරමාණුක අරය න්‍යාෂේෂීය අරය මෙන් 33000 රුණයක් පමණ වන බව පැහැදිලි වේ. න්‍යාෂේෂීක අරය ඉතා කුඩා අගයක් ගැනීමට හේතුව වන්නේ එය තුළ ඇති නියුත්ලියෝන ඉතා ප්‍රබල ආකර්ෂණ බලවලින් එකිනෙකට බැඳී පැවතීමයි.

#### න්‍යාෂේෂීක අංකනය

සම්මත න්‍යාෂේෂීක අංකනයේ, සමස්ථානිකයක රසායනික සංකේතය, ස්කන්ද අංකය සහ පරමාණුක අංකය පහත දැක්වෙන ආකාරයට පෙන්වනු ලබයි.



X යනු අදාළ මූලුව්‍යයයේ රසායනික සංකේතයයි.

Z යනු පරමාණුක අංකය හෙවත් න්‍යාෂේෂීය ඇති ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාවයි.

A යනු ස්කන්ද අංකයයි.

$$A = Z + N$$

මෙහි N යනු නියුතෝන සංඛ්‍යාවකි. පරමාණුවක න්‍යාෂේෂීය පවතින ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාව (පරමාණුක අංකය) Z මත පරමාණුවේ අනන්‍යතාව රඳා පවතී.

උදා:- කාබන් පරමාණුවක න්‍යාෂේෂීය ඇති ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාව කේ.

ලෙඩ් (Pb) පරමාණුවක ඇති ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාව 82කි.

කොපර් (Cu) පරමාණුවක ඇති ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාව 29කි.

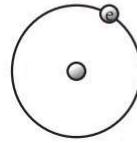
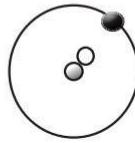
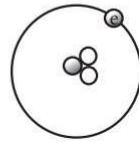
## 6.2 සමස්ථානික

එක ම මූලුව්‍යයේ පරමාණුවල විවිධ ආකාර සමස්ථානික ලෙස හැඳින්වේ. ඇතැම් මූලුව්‍යවල න්‍යාෂේෂීය පවතින ප්‍රෝටෝන සංඛ්‍යාව සමාන නමුත් නියුතෝන සංඛ්‍යාව වෙනස් පරමාණු සමස්ථානික ලෙස හැඳින්වේ. ඉත්ත අංකනය අනුව එක ම පරමාණුක අංකයකින් (Z) යුත් වෙනස් වූ ස්කන්ද සහිත වූ මූලුව්‍ය සමස්ථානික ලෙස නම් කළ හැකි ය.

උදාහරණයක් වශයෙන්  $^{238}_{92}\text{U}$ ,  $^{235}_{92}\text{U}$  හා  $^{233}_{92}\text{U}$  යුතුත්තියම් මූලුව්‍යයේ සමස්ථානික තුනකි.

සමස්ථානිකවල එක ම ප්‍රෝටෝන ගණනක් ඇති බැවින් එක් එක් අනාරෝපිත පරමාණුවක සමාන ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණනක් ඇති. රසායනික ප්‍රතික්‍රියා රඳා පවතින්නේ න්‍යාෂේෂීය වා පවතින ඉලෙක්ට්‍රෝන රටාව මත බැවින් එවාට සමාන රසායනික ගති ලක්ෂණ අයන් ය.

6.2 රුපයේ පෙන්වා ඇත්තේ හයිඩුජන්ති සමස්ථානික තුනකි. සාමාන්‍ය හයිඩුජන්ති න්‍යාෂේෂීය ඇත්තේ එක් ප්‍රෝටෝනයක් පමණකි. ඒ න්‍යාෂේෂීය උදාසීන පරමාණුවක් සාදන්නේ එක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් සමඟ බැඳීමෙනි. ඩියුට්‍රිටියම් නමැති සමස්ථානිකයේ ප්‍රෝටෝනයට අමතරව එක් නියුතෝනයක් තිබෙන අතර, එහි ද, ආරෝපණය 1 නිසා උදාසීන පරමාණුවේ ඇත්තේ එක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයකි. වයිටියම් න්‍යාෂේෂීය ප්‍රෝටෝනයක් සහ නියුතෝන දෙකක් ඇති. එහෙත් එහි උදාසීන පරමාණුවේ ඇත්තේ එක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයකි.

<sup>1</sup><sub>1</sub>H<sup>2</sup><sub>1</sub>H<sup>3</sup><sub>1</sub>H

සාමාන්‍ය භාෂිතයන්

චිපුවියම්

වුයිටියම් (මෙය අස්ථායි නෘත්තියකි).

6.2 රුපය

ස්වාභාවිකව නොපවති)

ස්වාභාවික ක්ලෝරින් වායුවේ සමස්ථානික තිබෙන අතර 75% පමණ ඇත්තේ  $^{35}_{17}\text{Cl}$  සමස්ථානිකයයි. ඉතිරි 25%ක්  $^{37}_{17}\text{Cl}$  සමස්ථානිකයයි. කාබන්හි  $^{11}_{6}\text{C}$ ,  $^{12}_{6}\text{C}$ ,  $^{13}_{6}\text{C}$  සහ  $^{14}_{6}\text{C}$  ලෙස සමස්ථානික හතරක් ඇතේ. කාබන්, ඔක්සිජන්, නයිට්‍රෝන් වැනි සැහැල්පූ මූලුව්‍යයන්හි බහුලව ම පවතින, ස්ථායි සමස්ථානිකයේ ප්‍රෝටෝන් සංඛ්‍යාව සහ නියුලෝන් සංඛ්‍යාව සමාන ය. එහෙත් න්‍යුත්විවා ස්කන්ධ වැඩි වන විට නියුලෝන් සංඛ්‍යාව ප්‍රෝටෝන් සංඛ්‍යාවට වඩා ක්‍රමයෙන් වැඩි වෙයි. බරින් වැඩි න්‍යුත්විවා ස්ථායිකාව පවත්වා ගැනීම සඳහා වැඩි නියුලෝන් සංඛ්‍යාවක් අවශ්‍ය වන බව මෙයින් නිගමනය කළ හැකි ය.

### 6.3 න්‍යුත්වික ඒකක

න්‍යුත්වික ගැකිය පිළිබඳ ගණනයන්හි දී බහුලව හාවත වන ඒකක කිහිපයක් පහත දැක්වෙයි.

එකිකාත ස්කන්ධ ඒකකය (unified atomic mass unit)

පරමාණුවල සහ න්‍යුත්විවා ස්කන්ධ මැනීමේ දී හාවත වන ඒකකය එකිකාත ස්කන්ධ ඒකකය (amu) ලෙස හැඳින්වේයි. මේ ඒකකය සඳහා සංකේතය ලෙස p හෝ amu හාවත වෙයි. මේ ඒකකය අර්ථ දක්වා ඇත්තේ කාබන්-12 පරමාණුවේ ස්කන්ධයෙන් හරියටම 1/12 වන ලෙස ය. ස්කන්ධ වර්ණවලිමානය හාවතයෙන් කළ මිනුම අනුව කාබන්-12 පරමාණුවේ ස්කන්ධය  $1.992647 \times 10^{-26} \text{ kg}$  වෙයි. ඒ අනුව

$$\begin{aligned} 1 \text{ u} &= \frac{^{12}_{6}\text{C} \text{ පරමාණුවක ස්කන්ධය}}{12} \\ &= \frac{1.992647 \times 10^{-26}}{12} \\ &= 1.660539 \times 10^{-27} \text{ kg} \end{aligned}$$

අයිත්ස්ටින්ගේ ස්කන්ධ ගක්ති සම්බන්ධතාව මගින් 1 u ට අනුරුප වන ගක්ති ප්‍රමාණය පහත දැක්වෙන ආකාරයට ගණනය කළ හැකි ය.

$$\begin{aligned} E &= mc^2 \\ &= 1.660539 \times 10^{-27} \text{ kg} \times (2.9979 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 \\ &= 1.49 \times 10^{-10} \text{ J} \end{aligned}$$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

### 6.3.1 ඉලෙක්ට්‍රෝන වෝල්ටය (eV)

ගක්තිය මැනීම සඳහා භාවිත වන ඒකකයක් වන ඉලෙක්ට්‍රෝන වෝල්ටය, 1V විහාර අන්තරයක් යටතේ ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් ත්වරණය විමෙ දී ඇයත් කර ගන්නා ගක්තිය ලෙස අර්ථ දැක්වේ. මේ ගක්ති ප්‍රමාණය ජ්ල්  $1.6022 \times 10^{-19}$  ට සමාන වේය.

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

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

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

$$\begin{aligned} 1\text{u} &= \frac{1.49239 \times 10^{-10}}{1.6022 \times 10^{-19}} \text{eV} \\ &= 931.5 \text{ MeV} \end{aligned}$$

### 6.4 රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවල දී හා න්‍යාෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාවල දී නිකුත් වන ගක්ති

රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවක දී පරමාණු අතර, ඉලෙක්ට්‍රෝන ඩුවමාරු වීම හෝ හුවලේ තබා ගැනීම හෝ සිදු වේ. පරමාණුවකින් ඉලෙක්ට්‍රෝන ලබා දීම, ලබා ගැනීම අනුව අයන ඇති වීම, අයනික බන්ධන ඇති වීම (Ionic bond) මෙන් ම ඉලෙක්ට්‍රෝන හුවලේ තබා ගැනීම මත සහසංයුත් බන්ධන (covalent bond) ඇති වීම ආදි ක්‍රියාවලි මගින් විවිධ සංයෝග අතර, රසායනික ප්‍රතික්‍රියා ඇති වේ. මේ අයනික බන්ධන තැනීම කැඩීම සහ සහසංයුත් බන්ධන තැනීම/කැඩීම ආදි ක්‍රියාවලියන් දක්නට ලැබේ. මෙවැනි රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවල දී ඉලෙක්ට්‍රෝන හා ප්‍රෝටෝනවල බලපෑම වැදගත් වූවත් නියුටෝනවල දායකත්වයක් සිදු නො වේ. ඉහත රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවල දී නිකුත් වන ගක්ති ප්‍රමාණය න්‍යාෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාවල දී නිකුත් වන ගක්ති ප්‍රමාණයට සාලේසුව ඉතා අඩුය.

න්‍යාෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාවක දී සිදු වන්නේ පරමාණුවක න්‍යාෂ්ටියේ ඇති ප්‍රෝටෝන හා නියුටෝන එකිනෙක බැඳී පවතින ප්‍රබල න්‍යාෂ්ටික බන්ධන කැඩීම හෝ තැනීමයි. න්‍යාෂ්ටික විබෙඩිනය හෝ විලයනය වැනි න්‍යාෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාවල දී නිකුත් වන ගක්ති ප්‍රමාණය ඉතා විශාල වන අතර, එහි දී විකිරණ පිට වීම ද සිදු වේ.

### 6.5 ස්කන්ධ ගක්ති තුළුතාව

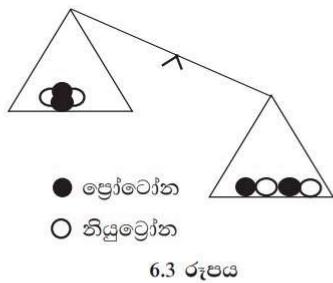
ස්කන්ධය හා ගක්තිය අතර, තුළුතාවක් පවතින බව 1905 දී අයින්ස්ටිඩින් විසින් පෙන්වා දෙන ලදී. ස්කන්ධය යනු තවත් ගක්ති ප්‍රහේදයක් බවත්, ස්කන්ධ ගක්තිය වාලක ගක්තිය වැනි වෙනත් ගක්ති ප්‍රහේදවලට පරිණාමනය කළ හැකි බවත් ඔහු විසින් පෙන්වා දෙන ලදී.

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

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

## 6.6 ස්කන්ධ දේශය හා න්‍යාෂ්ටික බන්ධන ගක්තිය

(Mass defect and nucleus binding energy)



න්‍යාෂ්ටික සැදී ඇත්තේ නියුටෝන හා ප්‍රෝටෝනවලින් බව ඉහත පරිවිෂේෂයේ දී සඳහන් කර ඇත. එබැවින් න්‍යාෂ්ටියේ ස්කන්ධය වන්නේ ප්‍රෝටෝන හා නියුටෝන වෙන වෙනම ගත් විට එවායේ ස්කන්ධවල එකතුව යැයි බලාපොරොත්තු විය හැකි ය. එහෙත් න්‍යාෂ්ටියේ ස්කන්ධය ඉහත බලාපොරොත්තු වූ අයට වඩා අඩු ය. මේ ස්කන්ධ වෙනස ස්කන්ධ දේශය (mass defect) යනුවෙන් හැඳින්වේ. ප්‍රෝටෝන හා නියුටෝන එකතු වී න්‍යාෂ්ටියක් සැදීමේ දී ස්කන්ධ හානියක් සිදු වී ඇති බව මෙයින් පැහැදිලි වේ. අයින්ස්ටියින්ගේ සම්බන්ධතාව අනුව මේ ස්කන්ධ වෙනස කිහිපම් ගක්ති වෙනසකට තුළු වේ. මේ ගක්ති ප්‍රමාණය වැය වී ඇත්තේ න්‍යාෂ්ටියේ බන්ධන ඇති කිරීම සඳහා ය. ඒ නිසා මේ ගක්ති වෙනසට න්‍යාෂ්ටියේ බන්ධන ගක්තිය (binding energy) යැයි කියනු ලැබේ. යම් ක්‍රමයකින් න්‍යාෂ්ටිය තුළ ඇති බන්ධන කැඩුව හොත් ඒ ගක්තිය නැවත අත්කර ගත හැකි ය. ප්‍රෝටෝනයක ස්කන්ධය 1.007276 u හා නියුටෝනයක ස්කන්ධය 1.008665 u වෙයෙන් සලකා හිලියම් න්‍යාෂ්ටියේ බන්ධන ගක්තිය සොයමු.

හිලියම්  ${}^4_2\text{He}$  න්‍යාෂ්ටියේ ප්‍රෝටෝන 2ක් හා නියුටෝන 2ක් ඇත.

$$\begin{aligned} \text{මුළු ස්කන්ධය සඳහා බලාපොරොත්තු වන අයය} &= (2 \times 1.007276) + (2 \times 1.008665) \\ &= 4.031882 \text{ u} \end{aligned}$$

එහෙත් හිලියම් න්‍යාෂ්ටියේ සත්‍ය ස්කන්ධය 4.001508 u වෙයි.

$$\begin{aligned} \text{මේ අනුව ස්කන්ධ දේශය (ස්කන්ධ හානිය)} &= 4.031882 - 4.001508 \\ &= 0.030374 \text{ u} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{මෙයට අනුරූප වන ගක්ති වෙනස} &= 0.0303 \times 931 \\ &= 28.3 \text{ MeV} \end{aligned}$$

ඒ අනුව හිලියම් න්‍යාෂ්ටියේ බන්ධන ගක්තිය 28.3 MeV වෙයි.

තවත් උදාහරණයක් ලෙස  ${}^{16}_8\text{O}$  සලකමු. එහි ප්‍රෝටෝන 8ක් හා නියුටෝන 8ක් ඇත. ඒ න්‍යාෂ්ටිය සඳහා ස්කන්ධ දේශය සොයමු.

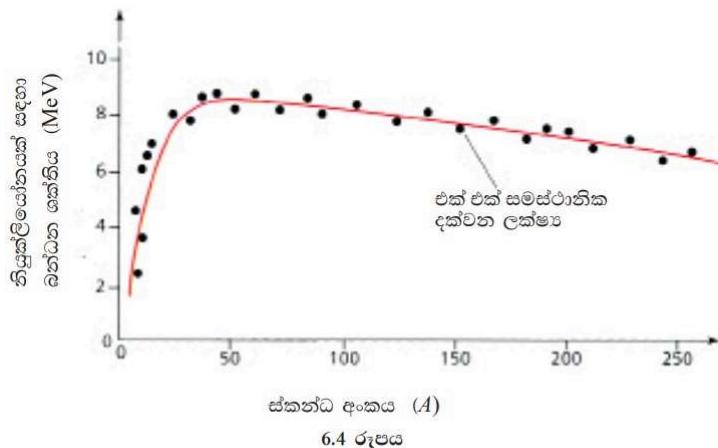
$$\begin{aligned} {}^{16}_8\text{O} \text{ න්‍යාෂ්ටිය සඳහා බලාපොරොත්තු වන ස්කන්ධය} &= 8 \times 1.00866 \text{ u} + 8 \times 1.00727 \text{ u} \\ &= 16.12744 \text{ u} \end{aligned}$$

$$\text{එහෙත් සත්‍ය ස්කන්ධය} = 15.99443 \text{ u}$$

$$\text{ස්කන්ධ දේශය} = 0.13301 \text{ u}$$

$$\text{බන්ධන ගක්තිය} = 123.83 \text{ MeV}$$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම නිමිත්ම ඇවිරීම්.



#### 6.4 රුපය

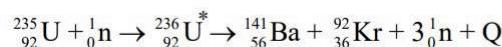
නියුතුලියෝනයක් සඳහා වූ බන්ධන ගක්තිය  $\frac{B}{A}$  ලෙස ලිවිය හැකි ය. මෙහි  $A$  ස්කන්ධ අංකයයි. නියුතුලියෝනයක් සඳහා වූ බන්ධන ගක්තිය  $\frac{B}{A}$  ස්කන්ධ අංකය ( $A$ ) සමඟ විවෘත වන ආකාරය 6.4 රුපයේ ඇති ප්‍රස්ථාරයෙන් දැක්වේ. ඒ ප්‍රස්ථාරය අනුව  $30 < A < 170$  පරාසය තුළ දී  $\frac{B}{A}$  ආසන්න වශයෙන් තියත්ව පවතී. සැහැල්ල න්‍යුත් (A<30) හා බැර න්‍යුත් (A>170) සඳහා පහත් අගයක් ගනී.  $\frac{B}{A}$  උපරිම අගයක් ගන්නේ  $A = 50$  ආසන්නයේ බව ප්‍රස්ථාරයෙන් පැහැදිලි වේ.

න්‍යුත්වික බන්ධන ගක්තිය වැඩි වන තරමට එහි ස්ථායිතාව වැඩි වෙයි. ඒ නිසා වඩාත් ම ස්ථායිත් න්‍යුත්විය වන්නේ ස්කන්ධ අංකය 50ට ආසන්න ඒවා ය. ස්කන්ධ අංකය ඉතා වැඩි න්‍යුත්වියක් කොටස් දෙකකට කැඳීමෙන් වඩා ස්ථායිත් න්‍යුත්වි දෙකක් ලැබෙන අතර, විශාල ප්‍රමාණයක් ගක්තිය ද පිට වෙයි. හිඹියම් වැනි ඉතා කුඩා න්‍යුත්වි දෙකක් එකතු කිරීමෙන් ද වඩා විශාල සහ වඩා ස්ථායිත් න්‍යුත්වියක් තනා ගත හැකි ය. එහිදී ද විශාල ගක්ති ප්‍රමාණයක් පිට වෙයි.

#### 6.7 න්‍යුත්වික විඛ්‍යනය (Nuclear fission)

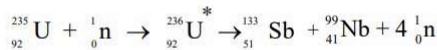
බරින් වැඩි න්‍යුත්වියක් ( $A > 200$ ) බරින් අඩු කුඩා න්‍යුත්වි දෙකකට කැඳීම න්‍යුත්වික විඛ්‍යනය යනුවෙන් හැඳින්වේ.

යුරෝපියම් 235 න්‍යුත්වියක් නියුලෝනයක් අවශ්‍යාත්‍යය කර ගත් විට එය අස්ථායි වී වඩාත් ස්ථායි බරින් අඩු න්‍යුත්වි දෙකකට කැඳී. මෙසේ සිදු විය හැකි න්‍යුත්වික ප්‍රතික්‍රියා ගණනාවක් ඇත. ඉන් එකක් පහත දැක්වේ.



මෙහි  $Q$  මගින් නිරුපණය කර ඇත්තේ පිට වන ගක්තියයි. මේ ක්‍රියාවලිය ආරම්භ වන්නේ යුරෝපියම් න්‍යුත්විය මගින් නියුලෝනයක් ග්‍රහණය කර ගැනීම නිසා ය. එය ප්‍රේරිත න්‍යුත්වික ප්‍රතික්‍රියාවක් ලෙස හැඳින්වේ. මෙහි  ${}^{236}_{92}\text{U}^*$  යනු සැකැබුණු අවස්ථාවයි. එය තත්ත්ව  $10^{-12}$  තරම් ඉතා කුඩා කාලයක් තුළ පවතින අස්ථායි සංයුක්ත න්‍යුත්වියකි. මේ න්‍යුත්විය ක්ෂේත්‍රයෙහි Ba හා Kr න්‍යුත්විවලට විඛ්‍යනය වේ.

මේ විබෙන්ඩිනයේ ආරම්භක යුරෝපිටියම් -235 න්‍යාෂේරියේ ස්කන්ධය 235.44 ම වන අතර, බෙරියම් 141 සහ ක්‍රිජ්ටෙන් -92 න්‍යාෂේරිවල ස්කන්ධ පිළිවෙළින් 140.914 ම සහ 91.926 ම ද, තියුලෝනයේ ස්කන්ධය 1.009 ම ද වෙයි. මේ අනුව මේ ක්‍රියාවලියේ ආරම්භක සහ අවසාන ස්කන්ධ අතර වෙනස  $(235.44 + 1.009) - (140.914 + 91.926 + 3 \times 1.009) = 0.582 \text{ } \mu = 0.582 \times 931.5 \text{ MeV} = 542.133 \text{ MeV}$  වෙයි. එනම්, මේ විබෙන්ඩිනයේ දී 542 MeV කරම් විගාල ගක්ති ප්‍රමාණයක් විමෝෂ්වනය වෙයි. ඉහත ප්‍රතික්‍රියාවේ එල ලෙස Ba හා Kr වෙනුවට වෙනත් න්‍යාෂේරි යුරුල ද ඇති වේ. උදාහරණයක් වශයෙන් පහත සඳහන් න්‍යාෂේරික ප්‍රතික්‍රියාව ඉදිරිපත් කළ හැකි ය.



මේ ආකාරයට විවිධ තත්ත්ව යටතේ සිදු වන න්‍යාෂේරික ප්‍රතික්‍රියා මගින් විවිධ මූලුදාවා තිහක් පමණ නිපදවෙන බව සෞයා ගෙන ඇති. න්‍යාෂේරික විබෙන්ඩිනයේ දී ඇති වුණු කැබලි ද විකිරණයිල න්‍යාෂේරි වෙයි. ඒවා ආ අංශ පිට කරමින් අවසානයේ දී ස්ථාපි න්‍යාෂේරි බවට පත් වේ. මේ විවිධ විබෙන්ඩින ආකාර නිසා යුරෝපිටියම් න්‍යාෂේරියක් විබෙන්ඩිය විමේ දී මුදා හැරෙන ගක්තියේ සාමාන්‍ය අයය 200 MeV පමණ වෙයි.

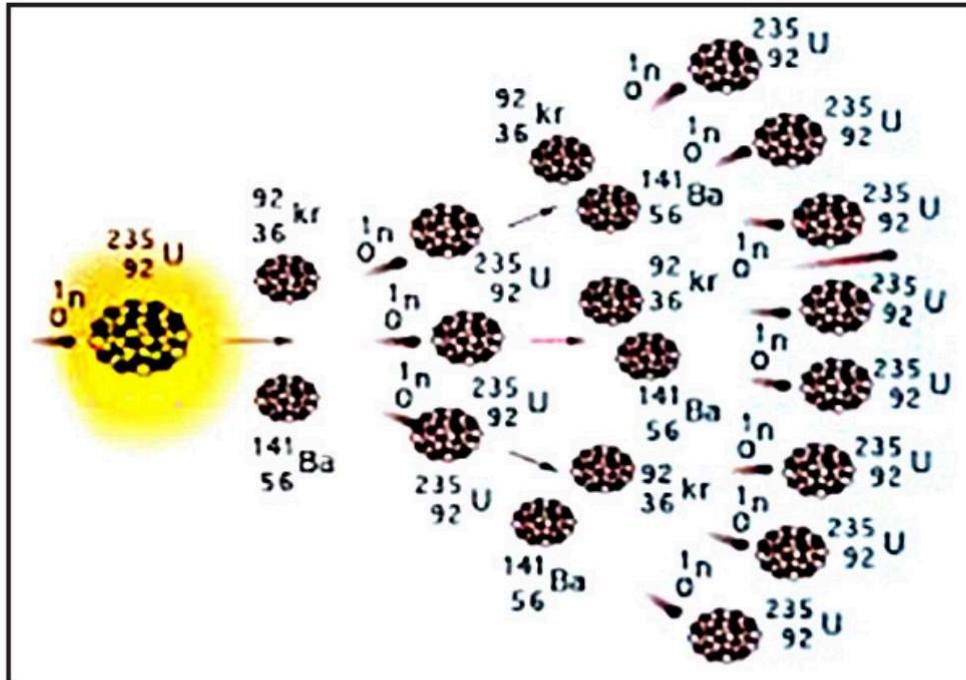
එ අනුව යුරෝපිටිය න්‍යාෂේරි ගේම් 1 ක් විබෙන්ඩිනය විමේ දී

$$\begin{aligned} \text{මුදා හැරෙන මූල්‍ය ගක්තිය} &= \frac{1}{235} \times 6.023 \times 10^{23} \times 200 \text{ MeV} \\ &= 8.2 \times 10^{10} \text{ J} \end{aligned}$$

මේ අනුව යුරෝපිටියම් 1 kg විබෙන්ඩිනය විමේ දී ආසන්න වශයෙන්  $10^{14} \text{ J}$  ගක්ති ප්‍රමාණයක් උත්පාදනය වේ. රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවක් වන ගල් අගුරු 1 kg දහනය විමෙන් නිපදවෙන ගක්තිය  $10^7 \text{ J}$  පමණ වේ. මේ අනුව විබෙන්ඩින ගක්තිය ඉතා විගාල බව පැහැදිලි වේ.

න්‍යාෂේරික විබෙන්ඩින සිදුවීම්වල දී ඇති වන පෑමක්කරණ ගක්තිය මූලින් ම කැඩුණු කැබලිවල (fragments) හා තියුලෝනවල වාලක ගක්තිය ලෙස විද්‍යාමාන වන අතර, අවසාන ප්‍රතිඵලය වන්නේ ඒ ගක්තිය තාපය ලෙස අවට පරිසරයේ ඇති පදාර්ථයට සංක්‍මණය විමියි. න්‍යාෂේරික ප්‍රතික්‍රියාකාරකවල (nuclear reactors) ගක්ති ප්‍රහවය වන්නේ විබෙන්ඩින ක්‍රියාවලියයි. මේ ප්‍රතික්‍රියා පාලනය කර, පිට වන තාප ගක්තිය විදුලිය ජනනය කිරීම සඳහා යොදා ගැනීම්.

### 6.7.1 න්‍යුත්‍රික දාම ප්‍රතික්‍රියා (Nuclear chain reactions)



6.5 රුපය U - 235 සඳහා දාම ප්‍රතික්‍රියාවක්

ඉහත සඳහන් කළ පරිදි යුරේනියම්-235 විබණ්ධනය ආරම්භ වන්නේ නියුලෝෂනයක් අවශ්‍යෙෂණය කර ගැනීමෙනි. ඒ විබණ්ධනයේ දී කුඩා න්‍යුත්‍රික දෙකකට අමතරව නියුලෝෂන තුනක් ද නිකුත් වෙයි. බාහිරින් පැමිණෙන නියුලෝෂන ස්වල්ප ප්‍රමාණයක් යුරේනියම්-235 සාම්පලයක ගැටෙන්නට සැලැස්වූ හොත්, ඒ නියුලෝෂන අවශ්‍යෙෂණය කර ගත යුරේනියම්-235 න්‍යුත්‍රික නියුලෝෂන විබණ්ධනය වෙයි. මෙසේ විබණ්ධනය වන සෑම න්‍යුත්‍රියකින්ම නියුලෝෂන තුන බැගින් නිකුත් වී ඒවා මගින් තවත් යුරේනියම්-235 න්‍යුත්‍රික විබණ්ධනය සිදු වෙයි. මේ ක්‍රියාවලිය න්‍යුත්‍රික දාම ප්‍රතික්‍රියාවක් ලෙස හැඳින්වේයි. 6.5 රුපයේ පෙන්වා ඇත්තේ එවැනි දාම ප්‍රතික්‍රියාවක්. දාම ප්‍රතික්‍රියා සංක්‍ලේෂය මුළුන් ම යෝජනා කරන ලද්දේ එන්රීකෝ ගර්මි (Enrico Fermi) විසිනි.

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



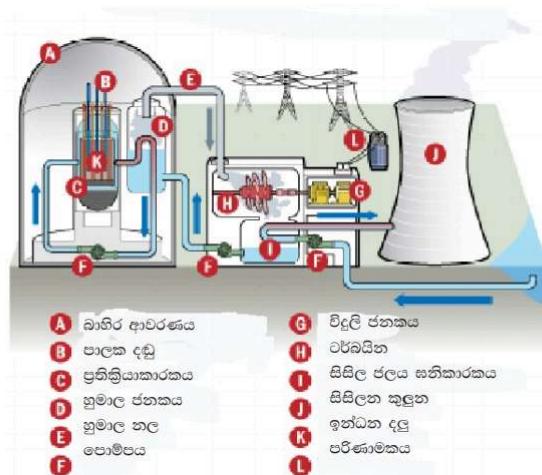
6.6 රුපය එන්රීකෝ ගර්මි

- ද්‍ර්විතීයික නියුලෝෂ්න සමහරක් තවදුරටත් විබණ්ධන ක්‍රියාවට සහභාගි නොවී පද්ධතියෙන් බැහැර වේ. පද්ධතිය සූප්‍රසූප්‍ර ආකාරයට නිර්මාණය කිරීමෙන් මේ කාන්ද විම අඩු කර ගැනීමට හැකි වේ.
- විබණ්ධනයට භාජනය නොවන (not fissionable) අපද්‍රව්‍ය මගින් ද්‍ර්විතිය නියුලෝෂ්න අවශ්‍යාත්මකය කර ගනී. විබණ්ධනයට භාජනය වන (fissionable) සංඛ්‍යා පදාර්ථයන් හාවිතයෙන් මේ හානිය වළක්වා ගත හැකි ය.
- ස්වාභාවිකව පවතින යුරේනියම්, සමස්ථානික තුනකින් සමන්විත ය.  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  හා  $^{238}\text{U}$  එවායේ බහුලත්වය පිළිවෙළින් 0.006%, 0.741%, හා 99.28% වගයෙන් දැක්වීය හැකි ය.  $^{235}\text{U}$  විබණ්ධනයට භාජනය වන්නේ වේගය අඩු (0.025 eV පමණ ගක්කියක් ඇති) නියුලෝෂ්න මගිනි. එහෙත්  $^{238}\text{U}$  විබණ්ධනයට භාජනය වන්නේ අධිවේග නියුලෝෂ්න මගිනි. ස්වාභාවික යුරේනියම් ( $^{235}\text{U}$ ) ප්‍රතිගතය  $^{238}\text{U}$  ප්‍රතිගතයට වඩා ඉකාමන් අඩු ය. එබැවින්  $^{238}\text{U}$  මත අති වන නියුලෝෂ්න ගැටුම් (collisions) අවස්ථා වාර ගණන විශාල ය.  $^{238}\text{U}$  මත සිදු වන ගැටුම් නිසා නියුලෝෂ්නවල වේගය අඩු වේ. මේ හේතුව නිසා තවදුරටත්  $^{238}\text{U}$  විබණ්ධනය විම සිදු නොවේ. මේ දාම ප්‍රතික්‍රියාව දිගට ම සිදු විම සඳහා විබණ්ධනයට භාජනය වන ද්‍රව්‍යයට යම් අවම ස්කන්ධයක් තිබිය යුතු ය. මේ අවම ස්කන්ධය අවධි ස්කන්ධය (critical mass) ලෙස හැඳින්වන අතර, මේ අවධි ස්කන්ධයට වඩා වැඩි ප්‍රමාණයකින් විබණ්ධනයට භාජනය වන ද්‍රව්‍ය පවතින තාක් මේ දාම ප්‍රතික්‍රියාව දිගට ම සිදු වේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

### 6.7.2 න්‍යාෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාකාරක (Nuclear reactor)

ප්‍රථම න්‍යාෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාකාරකය ඉදිකරන ලද්දේ 1942 දී ය. එහි සැලසුම් හා නිර්මාණය එන්ඩිකේෂ රේම්ලිගේ (Enrico Fermi) අධික්ෂණය යටතේ සිදු විය.



6.7 රුපය න්‍යාෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාකාරකය

6.7 රුපයේ දක්වා ඇත්තේ න්‍යාෂ්ටික බලාගාරයක සැකැස්ම දක්වන දළ රුප සටහනකි. මෙහි

දී න්‍යුම්බික විබණ්ධින ප්‍රතික්‍රියාව පාලනය කිරීම මගින් ජනනය වන තාප ශක්තිය විදුලිය උත්පාදනය සඳහා යොදා ගනු ලැබේ. උත්පාදනය වන තාපය අවශ්‍යාත්‍යනය කර ගැනීම සඳහා න්‍යුම්බික ප්‍රතිකාරකය සහිත කුටිරයට අධිඩ්ඩිනයට යටත් කළ ජලය පොම්ප කරනු ලැබේ. මේ ජලය එහි ඇති තාපය උරා ගෙන රුපයේ දක්වා ඇති පූමාල ජනකයේ ඇති ජලය අධි පිඩිනයකින් (වායුගෝල 170) යුත්, උත්සන්වය  $540^{\circ}\text{C}$  වූ ජල වාෂ්ප (super heated steam) බවට පත් කරයි. මේ ජල වාෂ්ප මගින් විදුලි ජනක යන්ත්‍රවලට සවි කර ඇති ටර්බයින් (turbine) යන්ත්‍රය ක්‍රියාත්මක කරනු ලැබේ. මෙවැනි බලාගාරයකින්  $650 \text{ MW}$  පමණ ක්ෂමතාවක් උපදාවා ගත හැකි ය. මෙහි දී න්‍යුම්බික ඉන්ධන (fuel) ලෙස යුරේනියම්-235 හාවිත කෙරේ.  $2.5 \text{ cm}$  පමණ විෂ්කම්ජයකින් යුත් දඩු ලෙස සකස් කරන ලද යුරේනියම්, ඇශ්‍රේම්නියම් සිලින්ඩර තුළ ඇතුරුම් කර කාබන් කුටිවල හාරන ලද සිරුරු තුළ අන්තර්ගත කර ඇත. මේ යුරේනියම් දඩු අතරට කැඩිමියම් (Cd) හෝ බෝරෝන් (B) දඩු ඇතුළු කිරීම මගින් යුරේනියම් දඩුවලින් තිබුන් කරන මන්දගාලී නියුටෝන් අවශ්‍යාත්‍යනය කර ගනී. මේ දඩු පාලක දඩු (control rods) ලෙස හැඳින්වේ.

න්‍යුම්බික විබණ්ධින ක්‍රියාවලියේ දී නිපදවන අධිවේගයෙන් වලනය වන නියුටෝන මන්දනයට ලක් කිරීම සඳහා හාවිත වන ද්‍රව්‍ය, ප්‍රමාණක (moderator) නමින් හැඳින්වේ. මේ ද්‍රව්‍ය සහැල්පු විය යුතු වන අතර, නියුටෝන අවශ්‍යාත්‍යනය නොකරන්නක් විය යුතු ය. දැඩි ජලය ( $\text{D}_2\text{O}$ ), ගුගුමිට, ඩියුටියම් හා පැරුණින් ආදි ද්‍රව්‍ය ප්‍රමාණක ලෙස ක්‍රියා කරයි.

එක් විබණ්ධින ප්‍රතික්‍රියාවකින් නියුටෝන 2ක් හෝ 3ක් පිට වුවත් දාම ප්‍රතික්‍රියා පාලනයක් යටතේ පවත්වා ගැනීමට අවශ්‍ය වන්නේ නියුටෝන එකක් පමණි. යුරේනියම් න්‍යුම්බික සමාගම සෙසු නියුටෝන ගැමීම වැළැක්වීම සඳහා පාලක දඩු හාවිත කරනු ලැබේ. මේ දඩු ඉවතට ගැනීම මගින් ප්‍රතික්‍රියාවේ සිසුකාව වැඩි කර ජල වාෂ්පයේ පිඩිනය වැඩි කිරීමෙන් වැඩියෙන් විදුලිය න්‍යුම්බික විවෘත කර ගත හැකි ය.

හදිසි අවස්ථාවක දී හෝ ඉන්ධන මාරු කිරීමට අවශ්‍ය වූ විට පාලක දඩු සම්පූර්ණයෙන් ම පහළට දැමීම මගින් බලාගාරයේ ක්‍රියාකාරීන්වය නතර කළ හැකි ය. දාම ප්‍රතික්‍රියාවල දී ලැබෙන ශක්තිය ගුවන්සානා, නැව් හා සම්බැංස් ප්‍රවාලනය (propulsion) සඳහාන් කාමිකාර්මික, වෛවදා හා කරමාන්ත ක්ෂේත්‍රයේ දී අවශ්‍ය වන විකිරණයිල සමස්ථානික න්‍යුම්බික සඳහාන් යොදා ගැනීන්. මාධ්‍යයෙන් ඉවත් කරන ලද, වැය කරන ලද ඉන්ධන කෑන් (fuel can) ආදිය දිරිස කාලයක් දක්වා ඇති ගිනි විකිරණයිල වෙයි. වැය වූ ඉන්ධන දඩු ආදිය දුරක්ෂ පාලක මගින් ප්‍රතික්‍රියාකාරකයේ මාධ්‍යයෙන් ඉතා පරිස්සමින් ඉවත් කළ යුතු ය.

### 6.7.3 පාලනයෙන් තොර න්‍යාෂේක විබෙන ප්‍රතික්‍රියා

#### පරමාණු බෝම්බය

පාලනය නොකරන ලද දාම ප්‍රතික්‍රියාවක දී නියුටෝන එකකට වඩා වැඩි ගණනක් මගින් විබෙන යය සිදු වේ. විබෙන යය සිදු වන වාර ගණන ඉතා යිශුෂයෙන් වැඩි වීම නිසා විශාල ගක්ති ප්‍රමාණයක් මුක්ත වේ. දෙවන ලෝක යුද්ධ කාලයේ (1945) දී ජපානයේ හිරෝමිමා නගරයට හෙළන ලද පරමාණුක බෝම්බයේ දී හාටිත කරන ලද්දේ  $^{235}\text{U}$  (යුරෝහියම්-235) න්‍යාෂේක ප්‍රතික්‍රියාකාරකයයි. මේ බෝම්බයෙන් මරණයට පත් වූ, තුවාල ලද හා අතුරුදෙන් වූ සංඛ්‍යාව 130,000ක් පමණ වන බව වාර්තා වේ ඇති.

නාගසාකි නගරයට හෙළන ලද පරමාණුක බෝම්බයේ හාටිත කරන ලද්දේ ඒදුටෝනියම් - 239 ප්‍රතික්‍රියාකාරකයයි. යුරෝහියම් 1 kgක් විබෙන යය කිරීමේ දී නිකුත් වන ගක්ති ප්‍රමාණය TNT පුපුරන ද්‍රව්‍ය ටොත් 20,000ක් පිළිරිම මගින් ඇති කරන ගක්තිය තරම් වේ.

නාගසාකි බෝම්බයෙන් සිදු වූ ජීවිත හානි සංඛ්‍යාව 66,000ක් පමණ වන අතර, තුවාල ලැබූ සංඛ්‍යාව 69,000ක් පමණ වෙයි. මෙවැනි බෝම්බ පිළිරිමෙන් ඇති වන කම්පනයටන් වඩා හානියක් සිදු වන්නේ විශාල වශයෙන් නිකුත් වන නියුටෝන හා ගැමා  $\gamma$ -විකිරණ මගිනි. මෙවා සංශෝධන සෙල විනාශ කිරීම, ජාන විකාශන විම් ආදියට බලපායි. න්‍යාෂේක විබෙන යයේ දී ඇති වන විකිරණයිල අපද්‍රව්‍ය ඉහළ වායුගේලයේ දුවිල හා වායු වශයෙන් පැවතිරිම නිසා බෝම්බය පිළිරුණු ප්‍රදේශයේ විකිරණ මගින් ඇති කරන බලපැමි පැතිර යාමට හේතු වේ.



6.8 රුපය පරමාණු බෝම්බයක්



6.9 රුපය එවැනි බෝම්බ පිළිරිමක දී අහසට නැගෙන යෝධ විකිරණ දුලි ව්‍යාව

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

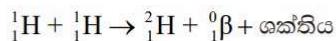
#### න්‍යාෂේක අනතුරු

ඉන්දියාව ද ඇතුළුව ලෝකයේ බොහෝ රටවල විදුලිය උත්පාදනය කිරීම සඳහා න්‍යාෂේක තාප බලාගාර පිහිටුවා ඇති. එහෙත් මෙවැනි බලාගාරයක යම් අනතුරක් ඇති වී විකිරණයිල මුලද්‍රව්‍ය පිටතට කාන්දු වීමේ හැකියාවක් ඇති. 1986 අප්‍රේල් 26 දින යුක්කේනයේ වර්නොබිල් (Chernobyl) න්‍යාෂේක බලාගාරයේ ජල සංසරණ පද්ධතියේ දේශීෂයක් නිසා ප්‍රතික්‍රියාකාරකයේ මාධ්‍ය (core) රත් වී පිළිරි යාමන් ගිනි ගැනීමන් නිසා වායුගේලයට විකිරණයිල අංශ අතිමහත් ප්‍රමාණයක් මුදා හැරීමි. ඒවා සුළු හා වර්ෂාව මගින් බටහිර රුසියාව සහ යුරෝපය දක්වා පැතිරියුම නිසා ඒ රටවල ජෙව්ව ගෝලයට හානිදායක තත්ත්වයක් ඇති විය. 2011 වර්ෂයේ දී මෙවැනි ම න්‍යාෂේක අනතුරක් ජපානයේ ප්‍රකුදීමා බිඡිට් (Fukushima Daichi) න්‍යාෂේක බලාගාරයේ සිදු විණි.

## 6.8 න්‍යුත්‍රීක විලයනය (Nuclear fusion)

න්‍යුත්‍රීක විලයනයේ දී සිදු වන්නේ ස්කන්ධ අංකය අඩු ( $A \leq 8$ ) හයිඩුජන් වැනි සැහැල්පූ න්‍යුත්‍රීක එකිනෙකට සම්බන්ධ විමෙන් ස්ථායිකාව වැඩි හිලයම් වැනි න්‍යුත්‍රී බවට පත්වීමයි.

බහුලව දක්නට ලැබෙන විලයන ප්‍රතිත්‍රියාවක්



ප්‍රෝටෝන් දෙකක් විලයනය විමෙන් බියුටිරියම් න්‍යුත්‍රීයක් සැදෙන ආකාරය ඉහත දැක්වේ. මෙහි දී මුදාහැරෙන ගක්තිය මෙසේ ගණනය කළ හැකි ය.

$$\text{විලයනයට පෙර මුළු ස්කන්ධය} = 1.00728 + 1.00728$$

$$= 2.01456 \text{ u}$$

$$\text{විලයනයට පසු මුළු ස්කන්ධය} = 2.01355 + 0.00055 (\beta - \text{අංගුවේ ස්කන්ධය} = 0.00055 \text{ u})$$

$$= 2.01410 \text{ u}$$

$$\text{ස්කන්ධ හානිය} = 2.01456 - 2.014410$$

$$= 0.00046 \text{ u}$$

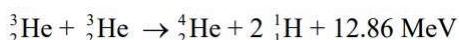
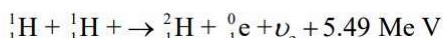
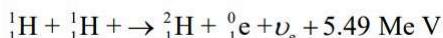
$$1 \text{ u} = 931 \text{ MeV} \text{ නිසා මුක්ත වූ ගක්තිය}$$

$$0.00046 \times 931 = 0.4 \text{ MeV}$$

සාමාන්‍යයෙන් ප්‍රෝටෝන් - ප්‍රෝටෝන් විලයනය විම සඳහා කෙල්වින් මිලියන කිපයක් තරම් අධික උෂ්ණත්වයක් අවශ්‍ය වේ. මේවා තාප න්‍යුත්‍රීක (thermonuclear fusion) ප්‍රතිත්‍රියා ලෙස හැඳින්වේ. එවැනි තත්ත්ව විද්‍යාගාර තුළ දී පහසුවෙන් ඇති කළ නොහැකි ය.

### 6.8.1 සුර්යා තුළ සිදු වන න්‍යුත්‍රීක විලයන ක්‍රියාවලිය

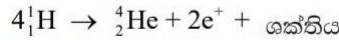
අපගේ සෞඛ්‍ය මණ්ඩලයේ ඇති සුර්යාගේ අභ්‍යන්තර උෂ්ණත්වය  $1.5 \times 10^7 \text{ K}$  පමණ වේ. සුර්යාගේ අභ්‍යන්තරය තුළ 90%ක් හයිඩුජන් හා හිලයම් අන්තර්ගත වන අතර, 10%ක් අනෙකුත් මූලුව්‍ය අන්තර්ගත වේ. සුර්යා තුළ බැර මූලුව්‍ය බහුලව නොපවති. මේ නිසා සුර්යාගේ ගක්ති ප්‍රහවය වන්නේ න්‍යුත්‍රීක විබේදනය නොවන බව සැලකිය හැකි ය. සුර්යාගේ න්‍යුත්‍රීක විලයන ක්‍රියාවලියට  ${}^1\text{H}$  පරිමා-සූ (අධියක්ති ප්‍රෝටෝන්) දායක වේ. මෙහි දී සිදු වන විලයන ක්‍රියාදාමය පියවර කිපයකින් සමන්විත ය. මෙය ප්‍රෝටෝන-ප්‍රෝටෝන ( $p, p$ ) වකුය ලෙස හැඳින්වේ.



මේ ප්‍රතිත්‍රියා දාමයේ දී ප්‍රෝටෝන (එනම් හයිඩුජන් න්‍යුත්‍රී) 4ක් විලයනය විමෙන්  ${}^4_2\text{He}$  න්‍යුත්‍රීයක් සැදෙන්. මෙයට අමතරව පොකිලෝන දෙකක් ( $2 {}^0\text{e}$ ) හා ගක්ති පිට විමක් ද සිදු වේ.

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

ඉහත සමස්ත ක්‍රියාවලිය මෙසේ දැක්විය හැකි ය.



මුක්ත වූ ගක්තිය  $26.2 \text{ MeV}$  කි. මේ අනුව සුර්යාගේ සිදු වන න්‍යාෂේක විලයන ක්‍රියාවලියේ එක් වත්තුයක දී  $25 \text{ MeV}$  පමණ ගක්තියක් මුදා හැරෙන බව පැහැදිලි වේ. මේ වන විට සුර්යාගේ වයස ආසන්න වගයෙන් වසර  $5 \times 10^9$  කි. තවත් වසර බිඳියන් කට පමණ සැහැන හසිඹුරුන් ප්‍රමාණයක් සුර්යා සැබුව ඇති බව තක්සේරු කොට ඇත. අවසානයේදී හසිඹුරුන් න්‍යාෂේක විලයන ක්‍රියාව නතර වී සුර්යාගේ සිසිල් වීම ආරම්භ වේ. පසුව ස්වකිය ගුරුත්වාකර්ෂණය හේතුවෙන් හැකිවීම ආරම්භ වී සුර්යාගේ මධ්‍යයේ උෂ්ණත්වය වැඩි වේ. අවසානයේදී සුර්යා වටා ඇති බාහිර ආවරණය ප්‍රසාරණයට ලක් වී එය රතු යෝධයකු (red giant) බවට පත් වේ.

#### 6.8.2 පාලනයක් යටතේ තාප න්‍යාෂේක විලයන ප්‍රතික්‍රියා සිදු වීම

මෙවැනි ප්‍රතිකාරකයක් ක්‍රියාත්මක කිරීම සඳහා  $10^9 \text{ K}$  තරම් අධික උෂ්ණත්වයක් අවශ්‍ය වේ. මේ උෂ්ණත්වය යටතේ සැහැල්ලු න්‍යාෂේකලින් යුත් ඒලාස්මාව (plasma) නම්ති අයන මිශ්‍රණයට කුලෝම් බාධකය (Coulomb barrier) විනිවිද ගොස් එක් වීමට හැකියාව ලැබේ. ඉතා අධික උෂ්ණත්වවල දී ඩියුටියෝම්, සම්පූර්ණ වගයෙන් ම අයනිකාත වී උදාසීන ඒලාස්මාවක් ඇති වේ. සහ ද්‍රව්‍යවලින් තනන හාජන (containers) මගින් ඉහත අවශ්‍යතා සපුරාලිය නොහැකි ය. තොරොයිඩ වුම්බක කුට්‍රි (Tokamak Toroidal magnetic chamber) තුළ මේ න්‍යාෂේක ප්‍රතික්‍රියා කිරීමේ අත්හදා බැලීම් සිදු වෙමින් පවතී. අනාගත ලේකකේ බල ගක්ති අවශ්‍යතාව සඳහා ඩියුටියෝම් වායුව ඉන්ධනයක් වගයෙන් යොදා ගැනීමේ හැකියාවක් ඇත. මූහුදු ජලයේදී දැඩි ජලය විදුත් විවිධේනය කිරීමෙන් ඩියුටියෝම් වායුව ලබා ගත හැකි ය.

#### 6.9 න්‍යාෂේක විබණ්ධිනය හා න්‍යාෂේක විලයනය පිළිබඳ සන්ස්කන්ද්‍රණත්මක විමුළුමක්

- මේ න්‍යාෂේක ක්‍රියාවලි දෙක ම අතිමහත් ගක්ති ප්‍රහව දෙකක් වේ.
- මේ ක්‍රියාවලි දෙක ම අයින්ස්ට්‍රින්ගේ ස්කන්ධ-ගක්ති සම්බන්ධතාවට අනුකූල වේ.
- විබණ්ධින ක්‍රියාවලියේදී අදාළ ප්‍රක්මිෂ්‍යතය සඳහා හාටින කරන්නේ නිශ්චටුවයකි.
- විලයන ක්‍රියාවලියේදී සැහැල්ලු න්‍යාෂේක දෙකක්, කුලෝම් ස්ථිති විදුත් විකර්ෂණය (Coulomb electrostatic repulsion) අනිවා එකිනෙකට සම්පූර්ණ කරවීම සිදුවේ. උෂ්ණත්වය  $10^8 \text{ K}$  පමණ තැංවීමෙන් මේ සඳහා අවශ්‍ය ගක්තිය සැපයිය හැකි ය.
- න්‍යාෂේක විබණ්ධිනයේදී ස්කන්ධය වැඩි න්‍යාෂේකක් සැහැල්ලු න්‍යාෂේක දෙකකට හෝ තුනකට කැඩී යැම සිදු වේ. න්‍යාෂේක විලයනයේදී සිදු වන්නේ සැහැල්ලු න්‍යාෂේක දෙකක් හෝ වැඩි ගණනාවක් එක් වෙමින් ස්කන්ධය වැඩි න්‍යාෂේකක් සැදිමැයි.
- න්‍යාෂේක විලයනයේදී එකක ස්කන්ධයක් මගින් මුක්ත වන ගක්තිය විබණ්ධිනයේදී එකක ස්කන්ධයකින් මුක්ත වන ගක්තියට වඩා බෙහෙවින් වැඩි ය.

ලදාහරණයක් වගයෙන් න්‍යාෂේක විලයනය මත පදනම් වූ හසිඹුරුන් බෝම්බය මගින්

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

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

- න්‍යාෂේක විබණ්ධිනයේ දී ලැබෙන එල විකිරණයිල වන අතර, ඒවා පරිසර දූෂණයට ද හේතු වේ. එහෙත් විලයන ක්‍රියාවලියේ දී ඇති වන එල විකිරණයිල තොවන අතර, හානිදායක තොවේ.
- විබණ්ධින දාම ප්‍රතික්‍රියා පාලනය කළ හැකි වේ. එහෙත් තාප න්‍යාෂේක විලයන ප්‍රතික්‍රියා පාලනය කිරීම පහසු තොවේ.

#### විසඳු අභ්‍යාස

1. න්‍යාෂේක විලයනය සිදු වන්නේ

- සැහැල්ල න්‍යාෂේක දෙකක් හෝ කිහිපයක් අතර, පමණි.
- බර න්‍යාෂේක දෙකක් අතර පමණි.
- සැහැල්ල න්‍යාෂේක දෙකක් අතරන් බැර න්‍යාෂේක දෙකක් අතරන් පමණි.
- ක්ෂය වීමට විරුද්ධ ස්ථායි න්‍යාෂේක දෙකක් අතර පමණයි.
- ඉහත කිසිවක් තොවේ.

2. මාත්‍ර න්‍යාෂේකයේ නියුක්ලියෝනයකට බන්ධන ගක්තිය  $E_1$ , දුනිතා න්‍යාෂේකයේ ඒ ගක්තිය  $E_2$  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 මූලුදව්‍යයේ  $^6\text{Li}$  හා  $^7\text{Li}$  ස්ථායි 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.

$$\text{ලිතියම්වල පරමාණුක ස්කන්ධය} = \frac{6.01572 \times 7.5}{100} + \frac{7.01600 \times 92.5}{100} \\ = 6.914 \text{ u}$$

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

(බෝරෝන්වල පරමාණුක ස්කන්ධය = 10.811 u)

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

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

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

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

$$\therefore x = 19.9\%$$

$${}_{5}^{10}\text{B} \text{ ප්‍රතිශතය} = 19.9\%$$

$$\begin{aligned} {}_{5}^{11}\text{B} \text{ ප්‍රතිශතය} &= (100 - 19.9)\% \\ &= 80.1\% \end{aligned}$$

5. නයිට්‍රෝන් න්‍යුත්‍රීයේ  ${}_{7}^{14}\text{N}$  බන්ධන ගක්තිය MeVවලින් ලබා ගන්න. ඒ න්‍යුත්‍රීයේ ස්කන්ධය 14.00307 u බන්ධන ගක්තිය යනු ස්කන්ධ ඒකකවලින් දෙන ස්කන්ධ දේශයයි. (පෝටෝනයක ස්කන්ධය 1.007276 u ද නියුටෝනයක ස්කන්ධය 1.008665 u ද වේ.)
- $$\text{ස්කන්ධ දේශය} = (7 \times 1.007276 + 7 \times 1.008665 - 14.00307) \text{ u} = 0.10852 \text{ u}$$
- $$\begin{aligned} \text{ඒ නිසා බන්ධන ගක්තිය} &= 0.10852 \times 931.5 \text{ MeV} \\ &= 101.1 \text{ MeV} \end{aligned}$$

6. විලයන ක්‍රියාවලියේ දී සූර්යාගේ මධ්‍යයේ පවතින නයිට්‍රෝන් 1 kg කින් මුදා හැරෙන ගක්තිය හා විබණ්ධන ප්‍රතික්‍රියාකාරකයක් තුළ  ${}_{92}^{235}\text{U}$  1 kg කින් විබණ්ධනයේ දී මුදා හැරෙන ගක්ති වෙන වෙනම සොයා සන්සන්දනය කරන්න.

- (a) සූර්යාගේ අහාන්තරය තුළ දී  ${}_{1}^1\text{H}$  න්‍යුත්‍රී හතරක් සම්බන්ධ වී  ${}_{2}^4\text{He}$  න්‍යුත්‍රීයක් ඇති විමෙන් (එක් සිද්ධියක් සඳහා) මුදා හැරෙන ගක්තිය 26 MeV වෙයි.

නයිට්‍රෝන් 1 kgක් මගින් මුදා හැරෙන ගක්තිය

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

- (b) පුරුෂනීයම පරමාණුවක් විබණ්ධනයේ දී

$$\text{මුදා හැරෙන ගක්තිය} = 200 \text{ MeV}$$

$$\text{පුරුෂනීයම 1 kg විබණ්ධනයේ දී මුදා හැරෙන ගක්තිය} E_2 = \frac{6 \times 10^{23} \times 10^3 \times 200}{235} \\ = 5.1 \times 10^{26} \text{ MeV}$$

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

විලයනයේ දී මුදා හැරෙන ගක්තිය විබණ්ධනයේ දී මුදා හැරෙන ගක්තිය මෙන් අට ගුණයක් පමණ වෙයි.

## හත්වන පරිවේෂීදය

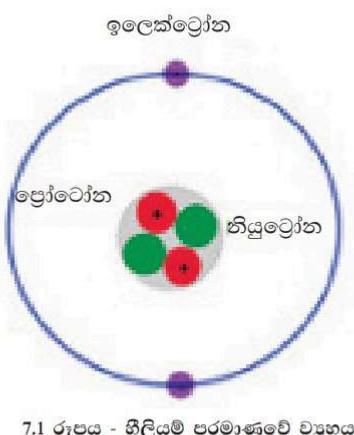
# පදාර්ථයේ මූලික සංසටක හා ඒවායේ අන්තර්ක්‍රියා Fundamental Constituents of Matter and their Interactions

## 7.1 හැඳින්වීම

ලෝකයේ ඇති පදාර්ථ මූලික තැනුම් ඒකක කිපයකින් සෑදී ඇති බව අතිතයේ ජ්‍යෙන් වූ මිනිස්සු පවා දැන සිටියය. පැරණි වින විශ්වාසයකට අනුව පාලීවිය (පස) දැව, ලෝහ හා ජලය, ශෞතික විශ්වයේ (physical universe) ප්‍රාථමික සංසටක ලෙස පිළිගැනීමේ. දහනවතන ගතවර්ෂයේ අග හාගයේ දී සියලු පදාර්ථ පරමාණුවලින් සෑදී ඇති බව සලකන ලදී. සියලු මූල්‍යවාවල මූලික ව්‍යුහය පැහැදිලි කිරීම සඳහා මේ අදහස් මග පෙන්වීමක් විය. ඒ කාල වකවානුවේ දී සිදු කරන ලද පරික්ෂණ මගින් පරමාණුවේ ව්‍යුහය පිළිබඳ බොහෝ කරුණු අනාවරණය විය. ඒවායින් නිගමනය වූයේ සියලු පරමාණු ප්‍රෝටෝන සහිත න්‍යාෂ්ටියකින් සෑදී ඇති බවත්, එය වටා විවිධ කක්ෂවල ඉලෙක්ට්‍රොන පරිහුමණය වෙමින් පවතින බවත් ය. පරමාණුවේ ප්‍රමාණය සමග සසඳන විට න්‍යාෂ්ටිය ඉතා කුඩා බව ද, තහවුරු වී ඇතේ. පරමාණුවේ ස්කන්ධයක් ප්‍රෝටෝනවල ස්කන්ධයක් අතර, නොගැලීම (discrepancy) පැහැදිලි කර දීම සඳහා ඒ වකවානුවේ සිටි විද්‍යාඥයන්ට නියුත්වෙනය තමැති තවත් උපපරමාණුක අංශුවක් හඳුන්වා දීමට සිදු විය. වර්ෂ 1932 දී වැඩිවික් (Chadwick) විසින් නියුත්වෙනය සොයා ගැනීමෙන් පසු පරමාණුවේ තැනුම් ඒකකය ලෙස ප්‍රෝටෝන, ඉලෙක්ට්‍රොන හා නියුත්වෙන සලකන ලදී. ඒ අනුව උදාහරණයක් වශයෙන්: හිලියම් පරමාණුවක ව්‍යුහය සලකා බලමු.

## 7.2 පරමාණුවක ව්‍යුහය

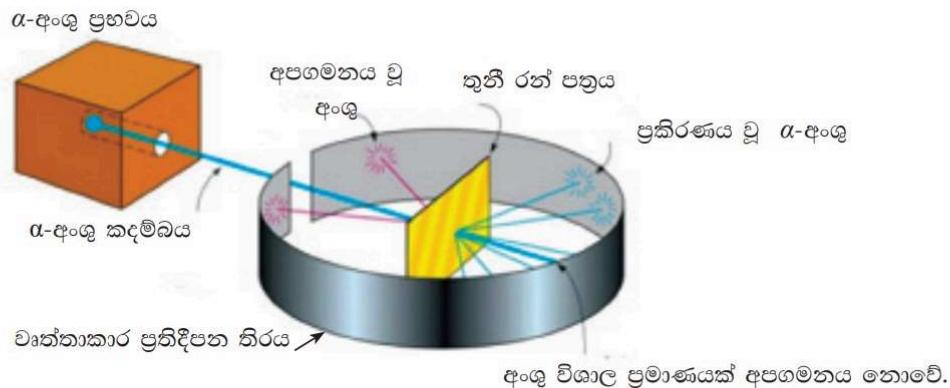
ඉලෙක්ට්‍රොන න්‍යාෂ්ටිය වටා වූ කවචවල පවතියි. පරමාණුවේ න්‍යාෂ්ටිය තුළ නියුත්වෙන හා ප්‍රෝටෝන පවතී.



7.1 රුපය - හිලියම් පරමාණුවේ ව්‍යුහය

### 7.2.1 ගේගර සහ මාස්චින් පරීක්ෂණය

වර්ෂ 1911 දී රදර්කර්ඩ් හා ඔහුගේ සහායකයන් දෙදෙනකු වන ගේගර හා මාස්චින් (Geiger and Marsden) විසින් ඉතා තුනී රන් පත්‍රයක් මතට α-අංගු කදම්බයක් ප්‍රක්ෂේප කර නිරීක්ෂණ ලබා ගන්නා ලදී. රන් පත්‍රය හා ගැටුමෙන් පසු α-අංගු වලනය වන දිගාව හඳුනා ගැනීම සඳහා සින්ක් සල්ලයිඩ් අනාවරකයක් රන් පත්‍ර ඇටුවුම වටා වලනය කරවන ලදී.



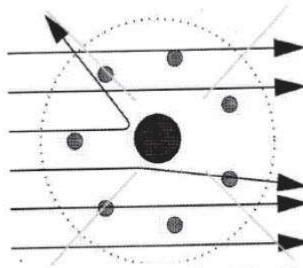
© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

### 7.2 රුපය රන් පත්‍රයක් මගින් α-අංගු ප්‍රකිරණය කිරීම

α-අංගු වැඩි සංඛ්‍යාවක් කිසි ම අපගමනයක් නොමැතිව රන් පත්‍රය හරහා ගමන් ගන්නා බවත්, සමහරක් කුඩා කොශයකින් විවිධ දිගාවලට අපගමනය වන බවත්, කළාතුරකින් α අංගුවක් 90°කටත් වඩා වැඩි කොශයකින් අපගමනය වන බවත් මුහු සොයා ගත්තා.

මෙම ප්‍රතිඵල විශ්ලේෂණය කළ රදර්කර්ඩ්, පරමාණුවේ විභාල ප්‍රමාණයක් හිස් අවකාශය බවත්, පරමාණුවේ ස්කන්ධයෙන් විභාල ප්‍රතිශතයක් එහි මධ්‍යයේ ඉතා කුඩා ප්‍රදේශයකට සිමා වී පවතින බවත්, ඒ මධ්‍යය ධන ආරෝපිත බවත් නිගමනය කළේ ය. මුහු ඒ මධ්‍යය න්‍යුත්වීය ලෙස හැඳින්වූයේ ය.

රදර්කර්ඩ්ගේ විශ්ලේෂණයට අනුව අංගු ගමන් කරන අන්දම අපට 7.3 රුපයේ පෙන්වා ඇති ආකාරයට තෝරුම් ගත හැකි ය.



7.3 රුපය - ප්‍රකිරණය හි α-අංගු ගමන් කරන ආකාරය

7.3 රුපයට අනුව, බොහෝ අංශ හිස් අවකාශය හරහා බාධාවක් නැතිව ගමන් කරයි. න්‍යාෂේෂයට ආසන්නයේ ගමන් කරන සමහර අංශ සූළු වශයෙන් අපගමනය වන අතර, ඉතා සූළු සංඛ්‍යාවක් න්‍යාෂේෂය එල්ලේ ම පැමිණ, විශාල කොළ සාදීමින් අපගමනය වෙයි.

මෙයට ගතවර්ෂයකටත් ඉහත සිදු කළ ගයිගර් සහ මාර්ස්චින්ගේ පරීක්ෂණයෙන් පසුව, තව මත් න්‍යාෂේෂය සහ මූලික අංශ පිළිබඳ කෙරෙන බොහෝ පරීක්ෂණ ඒ පරීක්ෂණයේ ආකාරය ගනියි. එනම්, ඒවායේ දී සිදු කරන්නේ  $\alpha$ -අංශ හෝ වෙනත් අංශ කුදාලිබයක් යම් ඉලක්කයක් මත වැශේන්නට සැලැස්වීමයි.

ගයිගර් සහ මාර්ස්චින්ගේ පරීක්ෂණය සඳහා  $\alpha$ -අංශ ලබා ගත්තේ ස්වාභාවික විකිරණයිල ප්‍රහවයකිනි. ඒ  $\alpha$ -අංශවල ගක්තිය 5 MeV පමණ විය. ධන ආරෝපිත ඇල්ගා අංශවල මේ ගක්තිය රන් පතෙහි ඇති පරමාණු තුළට ඇතුළු වීමට ප්‍රමාණවත් වුව ද, ඒවා න්‍යාෂේෂයට ආසන්න වන විට න්‍යාෂේෂයේ ඇති ධන ආරෝපණය නිසා ඉතා පහසුවෙන් විකර්ෂණය වෙයි.

ස්වාභාවික විකිරණයිල ප්‍රහවවලින් ලැබෙන අංශවලට වඩා වැඩි ගක්තියක් සහිත අංශ භාවිත කිරීමට හැකි නම්, ඒ අංශවලට න්‍යාෂේෂයට වඩාත් ලංචිමට හෝ න්‍යාෂේෂයේ වැදි න්‍යාෂේෂය බිඳ දැමීමට වුව ද හැකි විය යුතු යැයි විද්‍යායුයෙන් වටහා ගත්ත. මෙසේ වැඩි ගක්තියක් සහිත අංශ ලබා ගැනීමට හැකි කුමයක් වන්නේ  $\alpha$ -අංශ, ප්‍රෝටෝන හෝ ඉලෙක්ට්‍රොන් වැනි ආරෝපිත අංශ විදුත් ක්ෂේත්‍රයක් භාවිතයෙන් ත්වරණය කිරීමයි. අනෙක් කුමය වන්නේ අන්තරික්ෂ කිරණ භාවිතයයි.

### 7.3 අන්තරික්ෂ කිරණ

අන්තරික්ෂ කිරණ නමින් හැඳින්වෙන්නේ අන්තරික්ෂයේ සිට පාරීටිය කරා එන අධික ගක්තියකින් යුතු කිරණ විශේෂයකි. අන්තරික්ෂ කිරණ පළමුවෙන් ම සොයා ගත්තේ 1912 දී වික්ටර් හෙස් නමැති විද්‍යායුයා විසිනි. ඔහු විසින් අහසේ විවිධ උසට යවන ලද බැඳුන මගින් වායුගෝලයේ ඇති අයන සාන්දුණය මතින ලද අතර, ඒ මිනුම්වලට අනුව මූහුද මට්ටමේ සිට ඉතා ඉහළට ගමන් කරන විට අයන සාන්දුණය ඉහළ යන බව පෙනී ගියේ ය. සූර්ය ග්‍රහණයක් පවතින අවස්ථාවක සිදු කළ මිනුම් අනුව මෙයට හේතුව සූර්ය ගෙන් පැමිණෙන කිරණ නොවන බවත් මහු සොයා ගත්තේ ය.

අන්තරික්ෂ කිරණවල වැඩි වශයෙන් අඩංගු වන්නේ ප්‍රෝටෝන බවත්, රේ අමතරව  $\alpha$ -අංශ සහ ඉලෙක්ට්‍රොන ද, ලිතියම්, බෙරිලියම්, බෝරෝන්, කාබන්, මක්සිජන් වැනි න්‍යාෂේෂි ද පවතින බවත් දැන් සොයා ගෙන ඇති. මේ අංශවල ගක්තිය  $10^{20}$  eV වැනි ඉතා ඉහළ අයයක් දක්වා වූ විශාල පරාසයක පැතිර පවතින බව ද සොයා ගෙන තිබේ.

පාරීටියේ වායුගෝලයට ඇතුළු වන අන්තරික්ෂ කිරණ සියලුළු පාහේ ඉහළ ව්‍යුහයෝලයේ ඇති න්‍යාෂේෂ සමග ගැටී පයෝන් ( $\pi$ ), කේයෝන් ( $k$ ) වැනි අස්ථ්‍රායි අංශ නිපදවන අතර, අවසානයේ මූහුද මට්ටම දක්වා වැඩි වශයෙන් පැමිණෙන්නේ ඒ අංශ පසුව ක්ෂේය විමේ දී නිකුත් වන මියෝන ( $\mu$ ) නමැති අංශ සහ ගැලුම්වල දී නිපදවන ඉලෙක්ට්‍රොන, පොසිලෝන වැනි අංශ ය.

පසුගිය ගතවර්ෂයේ මූල් අර්ධයේ දී මූලික අංශ පිළිබඳ කළ සොයා ගැනීම් වැඩි වශයෙන් සිදු වූයේ මේ අන්තරික්ෂ කිරණ වෙනත් ද්‍රව්‍ය සමග සිදු කරන ගැටීම් අධ්‍යයනය කිරීමෙනි. මෙවැනි

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරිණි.

පරීක්ෂණ බහුලව ම සිදුකරන ලද්දේ ආරෝපිත අංශු අනාවරණය කර ගත හැකි අනාවරක, බැඳුන මගින් ඉහළට යැවීමෙන් හෝ මූහුදු මට්ටමෙන් ඉතා ඉහළ උස් කදු මූහුන් වැනි ස්ථානවල තැබීමෙනි.

එහෙත් මූලික අංශු පිළිබඳ අධ්‍යාපනයන් සඳහා අන්තරීක්ෂ කිරණ හාවිතය එතරම් පහසු නොවේ. මූහුදු මට්ටම දක්වා පැමිණෙන්නේ අන්තරීක්ෂ කිරණ ක්ෂේර විමෙන් ලැබෙන අංශු පමණක් විම එයට හේතුවකි. අනාවරකයක් හරහා තත්පරයකට යන අන්තරීක්ෂ කිරණ සංඛ්‍යාව ඉතා අඩු විම සහ පර්යේෂකයන්ට අවශ්‍ය පරිදි ඒවායේ ගක්තිය හෝ අංශු වර්ගය පාලනය කර ගත නොහැකි විම තවත් හේතු දෙකකි. මේ නිසා වර්තමානයේ පර්යේෂණ සඳහා ත්වරක බහුල වශයෙන් යොදා ගැනෙයි.

#### 7.4 අංශු ත්වරක

ආරෝපිත අංශු ත්වරණය කිරීමට හාවිත කෙරෙන උපකරණ අංශු ත්වරක නමින් හැඳින්වේයි. කැනෝඩ් කිරණ නළයක් ත්වරකයකට ඉතා සරල උදාහරණයකි. කැනෝඩ් කිරණ නළයක ඇති සුත්‍රිකාව රත් වීමේ දී නිපදවෙන ඉලෙක්ට්‍රොන කැනෝඩ් සිට ඇනොඩය දක්වා කැනෝඩ් කිරණ ධාරාවක් ලෙස ගමන් කරන්නේ ඒ ඉලෙක්ට්‍රොන කැනෝඩ් සහ ඇනොඩය අතර, ඇති විෂුන් ක්ෂේත්‍රය හේතුවෙන් ත්වරණයකට හාර්නය වන නිසා ය. එහෙත් කැනෝඩ් කිරණ නළයක් මගින් 5 MeV වැනි විශාල ගක්තියක් සහිත ඉලෙක්ට්‍රොන ක්දම්බයක් නිපදවිය නොහැකි ය. ඉලෙක්ට්‍රොනයකට 5 MeV ගක්තියක් ගෙනඳීමට නම්,  $5 \times 10^6$  V විහාර අන්තරයක් සැපයිය යුතු ය. එවැනි විහාර අන්තරයක් නිපදවීම ඉතා අපහසු වන අතර, කැනෝඩ් කිරණ නළයක ඉලෙක්ට්‍රොන අතර, පවතින කුඩා දුරක, විෂුන් විසර්ජන සිදු නොවේ, එවැනි විහාර අන්තරයක් පවත්වා ගැනීම ද අපහසු ය.

ඒ නිසා විද්‍යායුයෙන් ආරෝපිත අංශුවලට අවශ්‍ය ත්වරණය සැපයීම සඳහා වෙනත් නොයෙක් තුම හාවිත කළහ. ඒ තුම සියලුව පොදු ලක්ෂණ දෙකක් වන්නේ විශාල විහාර අන්තරයක් නිපදවීම සඳහා සරල ධාරා විහාර අන්තර වෙනුවට ප්‍රත්‍යාවර්තක ධාරා හාවිත කිරීමත්, එක් ඉලෙක්ට්‍රොන යුගලයක් හරහා විශාල විහාර අන්තරයක් යෙදීම වෙනුවට අංශුවල ගමන් මාර්ගය දිගේ තැබූ ඉලෙක්ට්‍රොන යුගල ගණනාවක් මගින් පියවරෙන් පියවර ත්වරණය සිදු කිරීමත් ය.

**විසඳු ගැටුලු :**

වාලක ගක්තිය 1 keV වන ප්‍රෝටෝනයක වේගය ගණනය කරන්න. (ප්‍රෝටෝනයක ස්කන්දය  $1.67 \times 10^{-27}$  kg ලෙස ගන්න).

**විසඳුම්:**

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

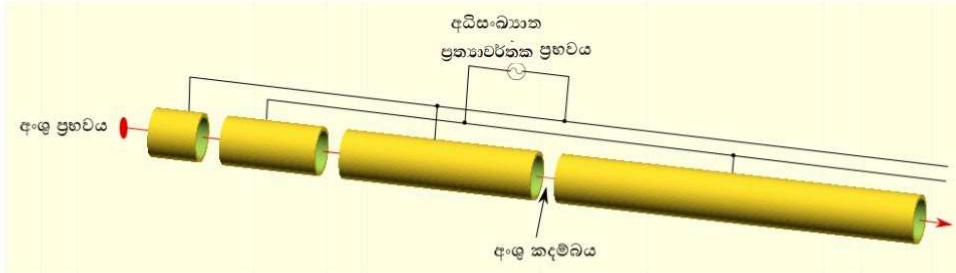
$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} \quad \text{මගින් දෙනු ලැබේයි. මේ සම්කරණයට අගයයන් ආදේශ කිරීමෙන්,}$$

$$v = \frac{2 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}} = 4.38 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

නවීන ත්වරක මගින් නිපදවනු ලබන ප්‍රෝටෝන් කදුම්බවල GeV සහ TeV ප්‍රමාණවල ගක්තිය සහිත ප්‍රෝටෝන් අඩංගු වෙයි. එවැනි ප්‍රෝටෝන් සම්ග සසදන විට 1 keV යනු ඉතා කුඩා ගක්ති ප්‍රමාණයක් වන නමුත් ඒ වාලක ගක්තිය අඩංගු ප්‍රෝටෝනයක වූව ද වේගය ඉතා අධික බව ඔබට දැකිය හැකි ය. අංගුවල ගක්තිය GeV හෝ TeV ප්‍රමාණ දක්වා ඉහළ යන විට ඒවායේ වේගය ආලෝකයේ වේගයට ඉතා ආසන්න වෙයි. අංගුවක වේගය ආලෝකයේ වේගයට ආසන්න වන විට, සාපේක්ෂතාවාදයට අනුව ඒවායේ ස්කන්ධය ද ඉහළ යයි. ඒ නිසා එවැනි අංගුවල වේගය ගණනය කිරීමට ඉහත සඳහන් සම්කරණය හාවත කළ නොහැකි ය.

#### 7.4.1 රේඛිය ත්වරක

දැනට ලෙස්කයේ විවිධ ස්ථානවල පවතින අංගු ත්වරක, රේඛිය ත්වරක සහ වෘත්තාකාර ත්වරක වර්ග ලෙස වර්ග දෙකකට බෙදිය හැකි ය.



7.4 රුපය රේඛිය ත්වරකයක්

7.4 රුපයේ පෙන්වා ඇත්තේ රේඛිය ත්වරකයක් සාදා ඇති ආකාරයයි. මෙහි ඉලෙක්ට්‍රෝන් ලෙස ක්‍රියාකාරන්නේ සන්නායක නළ සම්බුද්‍යයි. සම් නළ දෙකක් අතරට ම අධි සංඛ්‍යාත ප්‍රහවයකින් ලබා ගත් ප්‍රත්‍යාවර්තක විහාව අන්තරයක් යොදා ඇතේ. සන්නායක නළ නිසා ඒවා තුළ විශ්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක් නොපවියි. ත්වරණය කිරීමට අවශ්‍ය අංගු, නළ පද්ධතියේ එක් කෙළවරකින් ඇතුළු කෙරෙයි. ඒ අංගු දන ආරෝපිත නම්, ත්වරණය සිදු වන්නේ ඒ අංගු නළ දෙකක් අතර, පවතින විට සහ ඒ නළ දෙක අතර, විශ්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයේ දිගාව අංගු ගමන් කරන දිගාවට ම පවතින්නේ නම් පමණකි. විශ්‍යුත් ක්ෂේත්‍රය විරුද්ධ දිගාවට පවතින කාලය තුළ අංගු නළ තුළ ගමන් කරයි. අංගු සානු ආරෝපිත නම්, ත්වරණය සිදු වන්නේ එම ක්ෂේත්‍රයේ දිගාව, අංගු ගමන් කරන දිගාවට ප්‍රතිච්‍රියා දිගාවට නම් පමණකි. අංගුවල ආරෝපණයේ සලකුණ දන වූවද සානු වූවද ත්වරණය සිදුවන්නේ ප්‍රත්‍යාවර්තක විහාව අන්තරයේ එක් අර්ධයක් තුළ දී පමණක් බැවින් අංගු කදුම්බය ගමන් කරන්නේ සන්තතික ප්‍රවාහයක් ලෙස නොව අංගු පොකුරු ලෙසයි.

විසඳු ගැටුව:

වාලක ගක්තිය 1 keV වන ප්‍රෝටෝනයක් 7.4 රුපයේ පෙන්වා ඇති රේඛිය ත්වරකයේ පළමු නළය තුළට ඇතුළු වන්නේ යැයි සිතම්.

- මේ ප්‍රෝටෝනය 1μs කාලයකින් පසු නළයෙන් පිටතට පැමිණෙන්නේ නම්, නළයේ දිග කොපමෙන් ද?
- මේ නළය සහ දෙවන නළය අතර, විහාර අන්තරය 3000 V නම්, දෙවන නළයට ඇතුළු වන චිට ප්‍රෝටෝනයේ ගක්තිය කොපමෙන් ද?
- ප්‍රෝටෝනය තවත් 1μs කාලයක් දෙවන නළය තුළ ගමන් කිරීමට නම් දෙවන නළයේ දිග කොපමෙන් විය යුතු ද?

විසඳුම්:

- වාලක ගක්තිය 1 keV වන ප්‍රෝටෝනයක වේගය  $4.38 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$  බව මේ පෙර ගැටුවෙහි දී ඇප සොයා ගත්තෙමු. ඒ අනුව,  $1 \mu\text{s}$  කාලයක දී එය ගමන් කරන දුර  $4.38 \times 10^5 \times 10^{-6} = 0.438 \text{ m}$  වෙයි. ඒ නිසා නළයේ දිග 43.8 cm විය යුතු ය.
- නළ දෙක අතර, විහාර අන්තරය 3000 V නම්, ප්‍රෝටෝනයේ ආරෝපණය +1 නිසා එය අන් කර ගන්නා ගක්තිය 3000 eV වෙයි. එය කළින් පැවති ගක්තියට එකතු වන නිසා නව ගක්තිය 4000 eV (4 keV) වෙයි.
- දැන් ප්‍රෝටෝනයේ වේගය

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 4 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}}} \left( \sqrt{\frac{2E}{m}} \text{ මගින්} \right)$$

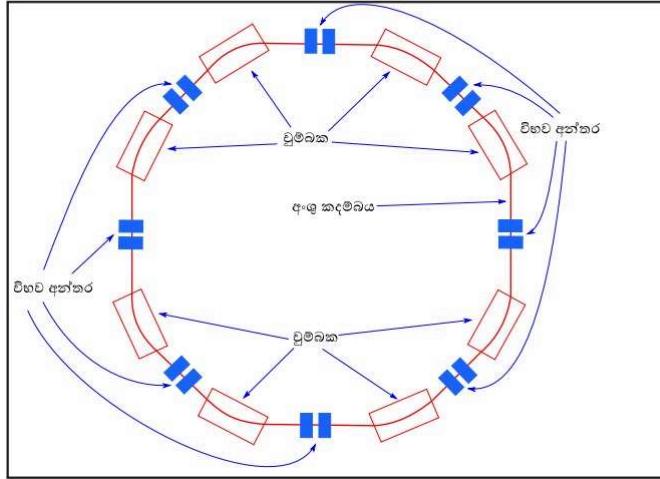
$$= 8.75 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

ඒ නිසා මේලැත 1 μs කාලයේ දී එය ගමන් කරන දුර  $8.75 \times 10^5 \times 10^{-6} = 0.875 \text{ m}$  වෙයි. එනම්, දෙවන නළයේ දිග 87.5 cm විය යුතු ය. ප්‍රත්‍යාවර්තන විහාර අන්තරයේ එක් අර්ධයක දී අංගු නළ තුළ පැවතීමට නම් සෑම නළයක් ම ර්ව පෙර නළයට වඩා දිගින් වැඩි විය යුතු බව මේ ගණනයෙන් ඔබට දැකිය හැකි ය.



7.5 රුපය සංැක්‍රාන්ත තෙවන තහංකය

7.5 රුපයේ දැක්වෙන්නේ ස්ටෑන්ගර්ඩ් රේඛිය ත්වරණයයි. මෙහි දිග 3.2 kmක් වන අතර, එය ලෝකයේ දිග ම රේඛිය ත්වරකයයි.

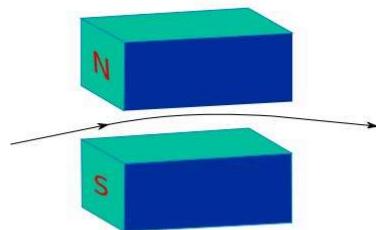


7.6 රුපය- වෘත්තාකාර ත්වරකයක්

7.6. රුපයේ පෙන්වා ඇත්තේ වෘත්තාකාර ත්වරකයක් සාදා ඇති ආකාරය යි. මෙහි ද ත්වරණය ලබා ගත්තේ අංගුවල මාර්ගයේ තැබූ ඉලෙක්ට්‍රික අතර, යෙදු විහාව අන්තරය මගින් ය. අංගු වෘත්තාකාර මාර්ගයක ගමන් කරවන්නේ ඒවායේ ගමන් මාර්ගයේ තැබූ වුම්බක සම්බන්ධයක් මගිනි. සැම වුම්බකයක් මගින් ම අංගුවේ ගමන් මාර්ගය කුඩා කේත්‍යාකින් හැරවෙයි. වුම්බක දෙකක් අතර, දුරටහි අංගු ගමන් කරන්නේ සරල රේඛිය මාර්ගයක ය. ඒනිසා මේ අංගුවල මාර්ගය පරිපූර්ණ වෘත්තයක් නො වේ. එහෙත් වඩාත් වැදගත් වන්නේ අංගු එක ම මාර්ගයක නැවත නැවත ගමන් කිරීමයි. එසේ ගමන් කරන සැම වටයක දී ම අංගුව ත්වරණය වෙයි. ඉතා කුඩා වාක්‍ය ගක්තියක් ඇතිව පටන් ගත්තා අංගුවක් වට ගණනාවක් ගමන් කළ පසු ඉතා විශාල ගක්තියක් අත් කර ගතියි.

#### විසඳු ගැටුව :

පහත රුපයේ පෙන්වා ඇත්තේ වුම්බක ක්ෂේත්‍රයකට ඇතුළු වන ප්‍රෝටෝනයක ගමන් මාර්ග යයි. ප්‍රෝටෝනය ආලෝකයේ වෙශයෙන් හරි අඩක වෙශයෙන් ගමන් කරයි නම් ද, වුම්බක ක්ෂේත්‍රය  $0.1\text{ T}$  හා වුම්බක ක්ෂේත්‍රය පවතින ප්‍රදේශයේ දිග 1 m නම් ද, ප්‍රෝටෝනය හැරවෙන කේත්‍ය ගණනය කරන්න.



ප්‍රාව සනන්වය  $B$  වන වූම්බක ක්ෂේත්‍රයක් හරහා ඒ ක්ෂේත්‍රයට ලම්බක දිගාවකට  $v$  වේයකින් ගමන් කරන  $q$  ආරෝපණයක් මත යෙදෙන බලයේ විශාලන්වය  $F = qvB$  වන අතර, එහි දිගාව ග්‍රැලෙමින්ගේ වමන් නිතියෙන් දෙනු ලැබේයි. ඒ බලය සැම විට ම ආරෝපණයේ ගමන් දිගාවට ලම්බක නිසා ආරෝපණයේ පරිය වෘත්ත වාපයක් වෙයි.

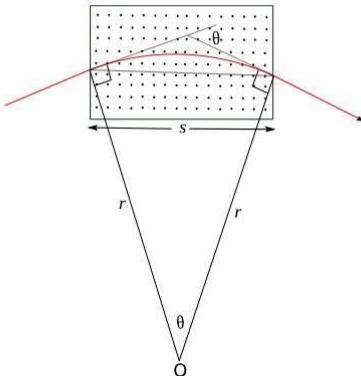
එම වෘත්තයේ අරය  $r$  නම්, වෘත්ත කේන්ද්‍රය දිගාවට ආරෝපණයේ ත්වරණය  $v^2/r$  වන අතර, නිවිතන් නියමය යෙදීමෙන්,  $qvB = m \frac{v^2}{r}$  ලෙස ලැබේයි. මේ අනුව, වෘත්තයේ අරය  $r = \frac{mv}{qB}$  මගින් දෙනු ලැබේයි.

ප්‍රෝටෝනයක වේය  $1.5 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  වන අතර, ස්කන්දය  $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$  ද ආරෝපණය  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  ද වෙයි. වූම්බක ක්ෂේත්‍රය  $0.1 \text{ T}$  වෙයි. මේ අගයයන් ආදේශ කිරීමෙන්,

$$r = \frac{1.67 \times 10^{-27} \times 1.5 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.1}$$

$$= 15.65 \text{ m}$$

මිළගට ජ්‍යාමිතිය හාවිතයෙන්, ප්‍රෝටෝනය හැරෙන කේෂය සෙවීම සඳහා පහත රුපය සලකුම්.



වූම්බක ක්ෂේත්‍රය කුළ අංශුව ගමන් ගන්නා මාර්ගය වාප කොටසක් වෙයි. ඒ වාප කොටස කුළ දී අංශුව හැරෙන කේෂය  $\theta$ , ඒ වාප කොටස මගින් කේන්ද්‍රය Oහි ආපාතනය කරන කේෂයට සමාන වෙයි. ඒ නිසා,  $\theta = 2 \sin^{-1} \left( \frac{s}{2r} \right)$

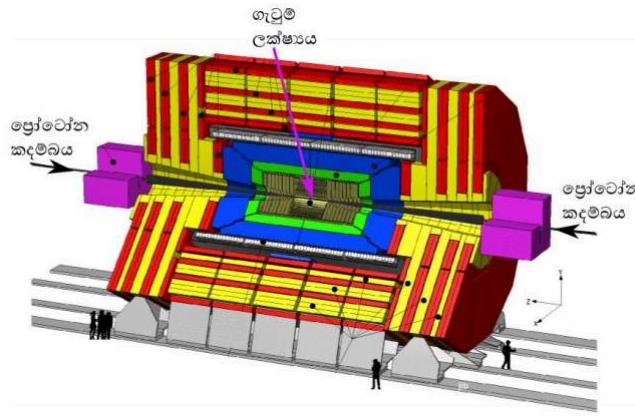
$$= 2 \sin^{-1} \left( \frac{1}{2 \times 15.65} \right)$$

$$= 3.66^\circ$$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

දැනට ලේකයේ ඇති විශාලම වෘත්තාකාර ත්වරකය, ස්විචර්ලන්තයේ ජීවිත තරගය ආසන්නයේ පිහිටි න්‍යාෂ්ටික පර්යේෂණ පිළිබඳ යුරෝපීය මධ්‍යස්ථානයේ (CERN) ඇති Large Hadron Collider (LHC) නමැති ත්වරකයයි. එය සාදා ඇත්තේ පොලොව මට්ටමේ සිට මිටර

100ක් පමණ පහළින් ඇති උමගක් කුළ ය. එහි පරිධිය  $26.7 \text{ km}$ ක් වන අතර, එහි එකිනෙකට ප්‍රතිච්‍රියා දිගාවලට ගමන් කරන  $14 \text{ TeV}$  ගක්නියෙන් යුතු කළම්බ දෙකක් නිපදවේයි. මේ ප්‍රෝටෝන කළම්බ ස්පාන කිහිපයක දී ගැටෙන්නට සලස්වන අතර, ඒ ගැටුම්වල දී නිපදවෙන අංශ විවිධ අනාවරක හාවිතයෙන් අධ්‍යයනය කෙරෙයි.



7.7 රුපය- LHC ත්වරකයේ හාවිත වන අනාවරකයක්

7.7 රුපයේ පෙන්වා ඇත්තේ එවැනි සංකීර්ණ අනාවරකයකි. මේ ප්‍රෝටෝන කළම්බ දෙකෙන් එන ප්‍රෝටෝන එකිනෙකේ ගැටෙන ස්පානය වට වන ආකාරයට සුදුසු උපකරණ සවි කර ඇත. මෙහි සිදු වන ගැටුම්වල දී නිපදවෙන විවිධ අංශවල ගක්නිය, ගමන් මාර්ගය, ස්කන්ඩය, ආරෝපණය ඇදී ගුණ මැතිමට හැකි අනාවරක විශාල සංඛ්‍යාවකින් මේ උපකරණය සමන්විත ය. 7.7 රුපයේ පෙන්වා ඇති, CMS (Compact Muon Solenoid) නමින් හැඳින්වෙන අනාවරකයේ විෂ්කම්භය  $15 \text{ m}$ ක් පමණ වන අතර, එහි ස්කන්ඩය වොන්  $15\text{-}20 \text{ cm}$  අංශන්න වේයි.

මෙවැනි අනාවරක තීර්මාණය කිරීම, ක්‍රියාත්මක කිරීම සහ එය උපයෝගී කර ගෙන ලබා ගන්නා දත්ත විශ්ලේෂණය සඳහා විශාල මුදලක් සහ ගුමයක් අවශ්‍ය වන නිසා මෙවැනි පර්යේෂණ සිදු කරන්නේ රටවල් ගණනාවක විද්‍යායුද්‍යන් දහස් ගණනක සහභාගිත්වයෙනි. ස්ට්‍රිපර්ලන්තයේ නැරුණු විට තු මුලික අංශ පිළිබඳ පර්යේෂණ සඳහා හාවිත වන මෙවැනි ත්වරක ලෝකයේ රටවල් ගණනාවක ඉදි කර ඇතුළු.

## 7.5 මුලික අංශ

විද්‍යාවේ ඉතිහාසය සලකා බලන විට පදාර්ථය සැදී ඇති මුලික අංශ පිළිබඳ සංකල්පය විරින් වර වෙනස් වී ඇති බව අපට දැකිය හැකි ය. බෝල්ට්ටන්ගේ පරමාණුක වාදයෙන් තියවෙන්නේ පරමාණු තවදුරටත් බිඳීය නොහැකි මුලික අංශ බවයි. නමුත් විසිවන සියවස ආරම්භයේ දී, පරමාණුව සැදී ඇත්තේ ඉලෙක්ට්‍රොන සහ න්‍යුට්‍රොන්වලින් බව විද්‍යායුද්‍යනට අවබෝධ විය. ඉන් පසුව, න්‍යුට්‍රොන සැදී ඇත්තේ ප්‍රෝටෝන සහ නියුට්‍රොනවලින් බව සොයා ගැනීමි. මේ පිළිබඳ සිදු කරන ලද පර්යේෂණවල ප්‍රතිඵල ලෙස දැනට පිළිගත් ආකාරයට නියුට්‍රොනය හා

ප්‍රෝටෝනය ද වඩාත් මූලික අංශ වර්ගවලින් සම්බන්ධ වේ ඇත. පවතින මූලික අංශ 7.8 රුපයේ දැක්වෙයි. මේ සෑම අංශවක් සඳහා ම එයට සම්පූර්ණයෙන් ප්‍රතිචිරුදී වන ප්‍රති අංශවක් ද ඇත.

ඉරුපක්			බේසෝන		
ස්ට්‍රිජ්‍ය ආරෝපණය					
u up	c charm	t top	γ photon		
2.4 MeV/c <sup>2</sup> 2/3	1.27 GeV/c <sup>2</sup> 2/3	171 GeV/c <sup>2</sup> 2/3	0 0		
d down	s strange	b bottom	g gluon		
4.8 MeV/c <sup>2</sup> -1/3	104 MeV/c <sup>2</sup> -1/3	4.2 GeV/c <sup>2</sup> -1/3	0 0		
ලෙපෝන			Z <sup>0</sup> Z boson		
e electron	μ muon	τ tau	91.2 GeV/c <sup>2</sup> 0		
0.511 MeV/c <sup>2</sup> -1	106 MeV/c <sup>2</sup> -1	1.78 GeV/c <sup>2</sup> -1			
v <sub>e</sub> electron neutrino <2.2 eV/c <sup>2</sup> 0	v <sub>μ</sub> muon neutrino <0.17 MeV/c <sup>2</sup> 0	v <sub>τ</sub> tau neutrino <13 MeV/c <sup>2</sup> 0	W <sup>±</sup> W boson		
ලෙපෝන			80.4 GeV/c <sup>2</sup> ±1		

7.8 රුපය - මූලික අංශ

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. ආයුධ අනුෂ්‍ය අනුමත මෙම තොරතුරු මෙහෙයුම් ඇතිවයි.

මේ අංශ, මූලික ආකාර හතරකින් එකිනෙක අතර, අන්තර්ත්‍යා සිදු කරයි. මේ ආකාර හතර නම්, ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය (gravitational force), විදුත් වුම්බක බලය (electromagnetic force), ප්‍රබල න්‍යාෂ්ටික බලය (strong nuclear force) සහ දුර්වල න්‍යාෂ්ටික බලය (weak nuclear force) ය. සියලුම පදාර්ථ සැදී ඇත්තේ ගර්මියෝන (fermions) ලෙස හැඳින්වෙන අංශ වර්ගයෙනි. බේසෝන (bosons) නම්ත් හැඳින්වෙන අංශ මූලික අන්තර්ත්‍යා සඳහා මැදිහත්කාර අංශ ලෙස ත්‍රියා කරයි. උදාහරණයක් ලෙස, ස්ට්‍රිජ්‍ය විදුත් ආරෝපණ දෙකක් එකිනෙක අතර, ආකර්ෂණ හෝ විකර්ෂණ බලය ඇති කරන්නේ ඒ ආරෝපණ අතර, ගොටෝන ප්‍රවාහක ගැනීමෙනි. ප්‍රබල න්‍යාෂ්ටික බලය සඳහා මැදිහත්කාර අංශව ලෙස ග්ලුඩිනය (gluon) ත්‍රියා කරයි. W සහ Z බේසෝන දුර්වල න්‍යාෂ්ටික බලය යෙනෙ යන මැදිහත්කාර අංශ වෙයි.

ගර්මියෝන වර්ග දෙකක් ඇත. එවා නම් ලෙපෝන (leptons) සහ ක්වාර්ක් (quarks) ය. ඉලෙක්ට්‍රොනය ගර්මියෝන ගණයට අයත් වන අතර, ප්‍රෝටෝන සහ නියුට්‍රොන සැදී ඇත්තේ ක්වාර්ක් තුනක් එකතු වීමෙනි. ක්වාර්ක් අංශවල වැදගත් ලක්ෂණයක් වන්නේ, එවායේ ආරෝපණයේ විශාලත්වය ඉලෙක්ට්‍රොනයක ආරෝපණයෙන් 1/3ක් හෝ 2/3ක් විම ය.

ප්‍රෝටෝනය සැදී තිබෙන්නේ ආරෝපණය +2/3 වන u ක්වාර්ක් අංශ දෙකක් සහ ආරෝපණය -1/3 වන d ක්වාර්ක් අංශ එකක් එකතු වීමෙනි. මේ අනුව ප්‍රෝටෝනයේ ආරෝපණය +1 වෙයි. නියුට්‍රොනය සැදී තිබෙන්නේ u ක්වාර්ක් අංශ එකක් සහ d ක්වාර්ක් අංශ දෙකක් එකතු වීමෙනි.

ල් නිසා තියුවෝනයේ ආරෝපණය ඉහා වෙයි. මේ අනුව, අපට විශ්වයේ දැකින්නට ලැබෙන වැඩි ම පදාර්ථ ප්‍රමාණයක් සඳී තිබෙන්නේ ම සහ d ක්වාරක් සහ ඉලක්වෝනවලිනි. අනෙක් සියලුම මූලික අංශ නිරික්ෂණය කළ හැකි වන්නේ අන්තරික්ෂ කිරණ සහ අධිගත්ති අංශ අතර, ගැටුම් ආදියේ පමණකි.

මේ හැරෙන්නට අනෙකුත් ක්වාරක් හෝ ප්‍රතික්වාරක් තුනක් එකතු වීමෙන් විවිධ අංශ විශාල ගණනක් සඳී ඇත. ක්වාරක් සැම විට ම පවතින්නේ තවත් ක්වාරක් අංශ සමඟ බැඳී සංයුත්ත අංශ ලෙස ය. එසේ නැතිව තහිට ම පවතින ක්වාරක් අංශ මෙතෙක් පරින්ශ්ණාත්මකව නිරික්ෂණය කර නැත.

## 7.6 මූලික බල

ඉහත සඳහන් කළ ආකාරයට, අප දන්නා පරිදි ස්වභාව ධර්මයේ අන්තර් ත්‍රියා සිදු වන මූලික බල හතරක් ඇත. එයින් අපට වඩාත් ම තුරුපුරුෂ බලය වන්නේ ගුරුත්වාකර්ෂණ බලයයි. එහෙන් 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.

විදුත් වුමික බලය රඳා පවතින්නේ විදුත් ආරෝපණ මත ය. නිශ්චලව පවතින ආරෝපණ අතර, ස්ථීරි විදුත් බල ඇති වන අතර, වලනය වන ආරෝපණ නිසා වුමික බල ඇති වෙයි. මේ නිසා අප ස්ථීරි විදුත් බල සහ වුමික බල සලකන්නේ විදුත් වුමික බලය නමැති එකම බලයක ආකාර දෙකක් ලෙස ය. විදුත් වුමික බලය d අනන්තය දක්වා විහිදෙන බලයකි.

ප්‍රබල න්‍යුත්වීක බලය යනු න්‍යුත්වීයක් තුළ ප්‍රෝටෝන සහ තියුවෝන එකිනෙකට බැඳ තබන බලයයි. ප්‍රෝටෝන දෙකක් අතර, තියුවෝන දෙකක් අතර හෝ ප්‍රෝටෝනයක් සහ තියුවෝනයක් අතර, ප්‍රබල න්‍යුත්වීක බලය එක ම ආකාරයකට ත්‍රියා කරයි. මූලික බල හතර අතුරින් වඩාත්ම ප්‍රබල බලය, ප්‍රබල න්‍යුත්වීක බලයයි. ඒ නිසා න්‍යුත්වීයක් තුළ ප්‍රෝටෝන ගණනාවක් තිබෙන විට, ප්‍රෝටෝන අතර, පවතින විදුත් විකර්ෂණය මැඩ පවත්වා ප්‍රෝටෝන න්‍යුත්වීයට තදින් බැඳ තැබීමට ප්‍රබල න්‍යුත්වීක බලයට හැකියාව ඇත. එහෙන් එම බලයේ පරාසය ඉතා කුඩා ය.

එනම් ප්‍රෝටෝන හෝ තියුවෝන අතර, ප්‍රබල න්‍යුත්වීක බලය ඇති වන්නේ ඒ අංශ න්‍යුත්වීක විෂ්කම්භයේ ( $10^{-15} \text{ m}$  පමණ) ප්‍රමාණයේ හෝ ඊට අඩු දුරකින් පිශිවන්නේ නම් පමණකි.

දුබල න්‍යුත්වීක බලය ගුරුත්වාකර්ෂණ බලයට වඩා ප්‍රබල නමුත් අනෙක් බල දෙකට ම වඩා දුර්වල ය. එහි පරාසය d  $10^{-18} \text{ m}$  තරම් කුඩා ය. එහි දුර්වලන්වය නිසා ඒ බලයේ බලපෑම අපට එතරම් පහසුවෙන් දක්නට ලැබෙන්නේ නැත. විකිරණයින්ට ලැබෙන බිටා ක්ෂය වීම දුබල න්‍යුත්වීක බලය නිසා සිදු වන සංයිද්ධියක් ලෙස හදුනා ගෙන ඇත. එය දුර්වල බලයක් වුව d සූර්යාගේ ත්‍රියාකාරීත්වයට බිටා ක්ෂය වීම ඉතා වැදගත් නිසා අපගේ පැවැත්මට දුබල න්‍යුත්වීක බලය අත්‍යවශ්‍ය බලයකි.

7.1 වගුවේ මූලික බල සහසන්දනය කර ඇත.

වගුව 7.1 මූලික බල සහසන්දනය

බලය	සාපෙක්ෂ ප්‍රබලතාව	ක්‍රියාත්මක වන්නේ කුමක් මත ද?	පරාසය	බලය යෙදෙන අවස්ථා
ප්‍රබල බලය	1	ක්වාර්ක්	$10^{-15} \text{ m}$	න්‍යුත්වීය තුළ පෙළ්ටෝන හා නියුලෝන එකට පවත්වා ගැනීම
විදුත් වුම්බක බලය	$\frac{1}{100}$	විදුත් ආරෝපණ	අනන්තයි	පරමාණු එකට පවත්වා ගැනීම
දුබල බලය	$10^{-4}$	ලෙප්ටෝන හා ක්වාර්ක්	$10^{-18} \text{ m}$	විකිරණයිල ක්ෂේර වීම
ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය	$10^{-39}$	සියලු ස්කන්ධ	අනන්තයි	සොරගු පද්ධතිය එකට පවත්වා ගැනීම

#### අන්තර්

- මූලික අංශ යනුවෙන් අදහස් කරන්නේ කුමක් ද?
- ක්වාර්ක්වලට හාඩික ආරෝපණ (fractional charges) ඇත. නියුලෝනය සැදී ඇත්තේ ක්වාර්ක් තුනකින් ය. එය ආරෝපණයක් නොදක්වයි. පැහැදිලි කරන්න.
- පහත දැක්වෙන අංශවලින් කවරක් මූලික අංශ ලෙස සැලකේ ද?  
ඉලෙක්ටෝන, පෙළ්ටෝන, නියුලෝන, ක්වාර්ක්
- (a) පෙළ්ටෝනය, (b) නියුලෝනය සඳහා ක්වාර්ක් සංපූර්ණ ලියන්න.
- පහත සඳහන් අවස්ථාව සඳහා මූල ආරෝපණය ලියන්න.  
a ක්වාර්ක් තුනක් හා b ක්වාර්ක් තුනක්

### පරිභෑන ඉන්ස්

දිසානායක, එල්. (2009). පදාර්ථ හා විකිරණ - හය වන මූල්‍යය සඳහා ඔබේ සියලුම ප්‍රිත්‍යාස්, 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 Thronne, 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 ඇවිරීම්.

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

විංගක්තය	ආගය සහ ඒකකය
ඇටගාචිරෝ නියනය	$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
මුළුලික වායු නියනය	$R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
බෝල්ට්ටස්මාන් නියනය	$k = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
ස්වේච්ඡාන් නියනය	$\sigma = 5.670 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
ගුරුත්වාකර්ෂණ නියනය	$G = 6.672 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
නිදහස් අවකාශයේ පාරවේද්‍යතාව	$\mathcal{E}_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$
රික්තයක් තුළ දී ආලෝකයේ වේගය	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
ප්ලාන්ක් නියනය	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$
ඉලෙක්ට්‍රොනික ආරෝපණය	$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
ඉලෙක්ට්‍රොනයේ විශිෂ්ට ආරෝපණය	$e/m = 1.759 \times 10^{11} \text{ C kg}^{-1}$
ඉලෙක්ට්‍රොනයේ ස්කන්ධය	$m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$
ප්‍රෝටෝනයේ ස්කන්ධය	$m_p = 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
නියුලෝනයේ ස්කන්ධය	$m_n = 1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
පරමාණුක ස්කන්ධ ඒකකය	$1 \text{ u} = 1.661 \times 10^{-27} \text{ kg}$
නිදහස් අවකාශයේ පාරගම්‍යතාව	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$

© 2020 ජාතික අධ්‍යාපන ආයතනය. සියලුම හිමිකම් ඇවිරීම්.

