ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් අත්පොත

How to Design Electronics Circuits

by TekCroach

I

Copyright © 2015 S Wanni Arachchige

මෙම පොත හෝ එහි කිසිදු කොටසක් මුද්‍රණය කිරීම, පිටපත් කිරීම, හෝ මුද්‍රිත හෝ විද්‍යුත් හෝ වෙනත් ආකාරයකින් නැවැත පළ කිරීම කර්තෘගේ අවසරයකින් තොරව සිදු කිරීම බුද්ධිමය දේපල නීතිය යටතේ දඩුවම් ලැබිය හැකි වරදකි.

I dedicate this book to my ever-loving nephews

Thusitha, Kavindu, Hashitha, Praveen, and Dasun.

අන්තර්ගතය

හැඳින්වීම 4
යන්ත්‍ර සූත්‍ර, මෙවලම්වල ඉතිහාසය 3
විදුලිය (electricity)..6
විදුලි පරිපථ 8
ධාරාව හා විදුලි විභවය..10
ඕම් නියමය 13
විදුලිය සතුව පවතින ශක්තිය ගණනය කරන්නේ කෙසේද?...15
ප්‍රතිරෝධක 18
විදුලි හා ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපාංගයකට අවශ්‍ය ධාරාව හා වෝල්ටියතාව නිශ්චය කිරීම 19
වයර්වල ප්‍රතිරෝධය ශූන්‍ය ලෙස සලකන්නේ ඇයි?...22
ස්ථිතික හා ගතික විදුලිය 24
ධාරිත්‍රකය..30
ප්‍රේරක 36
ඩයෝඩය 45
ට්‍රාන්සිස්ටර් 50
සංගෘහිත පරිපථ 57
පරිපථයක මූලික කාර්ය මොනවාද?...63
ඇනලොග් හා ඩිජිටල් ලෝක 66
ඉලෙක්ට්‍රොනික් පරිපථ සමග වැඩ කිරීමට අත්‍යවශ්‍ය උපකරණ...73
නිවැරදිව සන්නායක සම්බන්ධ කරන විදිය 92
නිවැරදිව පාස්සන ආකාරය... 109
සර්කිට් බෝඩ් 116
පරිස්සම හා ආරක්ෂාව (Safety & Security) 122
අතිරේකය 1 (විද්‍යා අතිරේකය) 138
තරංග.. 179
අතිරේකය 2 (ගණිත අතිරේකය) 187

පෙරවදන

විද්‍යාව හා තාක්ෂණය ඉතා සීඝ්‍රයෙන් දියුණු වෙමින් පවතින අතර, ඒ ගැන දිනපතා සිය දහස් ගණන් ඉංග්‍රිසි බසින් පොත පත පළ වෙනවා. එහෙත් සිංහල භාෂාවෙන් තාක්ෂණය හා විද්‍යාව පිළිබඳ ලියවෙන්නේ නැති තරම්. ගුණාත්මක හා ලාභදායි ප්‍රවේශයන් උසස් අධ්‍යාපන ක්ෂේත්‍රයට අවම බැවින්ද, දන්නා අය එම දැනුම සිංහල බසින් ලබා දීමට වැඩි උත්සහයක් ගෙන නොමැති බැවින්ද, (ඉංග්‍රිසි බස මැනවින් නොදත්) බොහෝ අයට දැනුම ලබා ගැනීම ප්‍රශ්නකාරී වී ඇත. එයට පිළියම එක්කෝ ඉංග්‍රිසි බස හැකියාවක් ලෙස ප්‍රගුණ කිරීම හෝ සිංහල බසින් දැනුම බෙදා දීම වේ.

ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ගැන ඉතා ආධුනික මට්ටමේ සිට ක්‍රමයෙන් උසස් දැනුමක් කරා රැගෙන යන පරිදි සිංහලෙන් හැකි පමණ සරල බසින් මෙම පොතත් මේ හා බැඳුණු පොත් පෙළක්ම ඉදිරිපත් කරමි. ඒ සෑම පොතක්ම අන්තර්ජාලය ඔස්සේ නොමිලේ ඊ-පොත් වශයෙන් කියවීමටද සලස්වා ඇත.

සමහර සංකල්ප හා සිද්ධාන්ත මා සාම්දායික නොවන අයුරින් ඉදිරිපත් කර ඇත. ඉංග්‍රිසි වචන වලට මුල් තැනක් දී ඇත. සෑම වැදගත් වචනයකම ඉංග්‍රිසි වචනයද ඒ සමගම ලියා ඇත. ඕනෑම දෙයක් ඉගෙන ගැනීමේ එක් අනිවාර්ය අංගයක් නම්, එම ක්ෂේත්‍රයේ හමුවන වචනවලින් කියන්නේ කුමක්ද, ඇයි ඒ වචනය ඒ විදියට ලබා දී ඇත්තේ ආදී ලෙස දැනුවත් වී, එම වචන කටපාඩම් කර ගැනීමයි. වචන යනු හුදෙක්ම “වචන” නොවේ; වචන යනු සංකල්පයි. ඔබට වචන තේරුම් සහිතව මතක නම්, සංකල්පද ඉබේම මතක සිටිනු ඇත.

පොතක් නිසි ලෙස තේරුම් ගැනීමට නම් එය කිහිප සැරයක්ම කියවිය යුතුයි. කතුවරයාගේ ලේඛන ශෛලයට හුරු වීමද තවත් පහසුවක් ඇති කරයි. තාක්ෂණික හා විද්‍යාත්මක කරුණු තේරුම් ගැනීමට ඒ හා බැඳුණු ගණිත හා විද්‍යා දැනුමක් අවශ්‍ය කෙරෙන බව මතක තබා ගන්න. ඕනෑම දෙයක් ඉගෙන ගැනීමේදී දෙතුන් දෙනෙකුගේ කණ්ඩායමක් ලෙස එය කළ හැකි නම්, තවත් රසවත් හා කාර්යක්ෂම විදියට ඉගෙන ගැනීමටද පුළුවන්.

මා සිංහල බසින් ලියනු ලැබූ සෑම පොතක්ම ආර්ථික ලාභයක් ලබා ගැනීමේ අරමුණින් කර නොමැති අතර, පහසුව නිසා එම පොත්වලට අවශ්‍ය බොහෝ රූප අන්තර්ජාලය ඔස්සේ ලබා ගෙන ඇති අතර, ඒවායේ මුල් නිර්මාණකරුවන්ට මාගේ ස්තූතිය හිමි වෙනවා. (I am very much grateful to the original legal artists/owners of the illustrations and pictures that I have downloaded from the Internet, and included in my books.)

මෙම පොතත්, මාගේ අනෙක් පොත්ද කියවා ඉන් ප්‍රයෝජනවත් දෙයක් කිරීමට ඔබට හැකි වේවා යැයි මා ප්‍රාර්ථනා කරනවා.

2015 මැයි මස 25 වැනිදා සඳුදා

හැඳින්වීම

මෙම පොත, ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් පොත් පෙළක පළමු පොතයි. ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ගැන කිසිදු දැනීමක් නැති අයට මූලික දැනුමක ලැබෙන ලෙස මෙන්ම න්‍යායාත්මකවත් නව නිර්මාණ කිරීමට හැකියාවක් ලබා දෙන ආකාරයටත් මෙම පොත (හා අනෙක් පොත්) සකසා ඇත. අනෙක් සෑම ක්ෂේත්‍රයක් මෙන්ම, ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්ද මැනවින් හැදෑරීමට උනන්දුවක් ("පිස්සුවක්") තිබීම වැදගත්.

ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් යනු ඉංජිනේරුමය විෂයක් නිසා, එය ඉතා හොඳින් වටහ ගැනීමට තරමක ගණිත හා විද්‍යා දැනීමක් අවශ්‍ය කෙරේ. මෙම පොත් පෙළ තුළ එම අවශ්‍ය ගණිත හා විද්‍යා දැනුමද අවශ්‍ය ප්‍රමාණයට ලබා දේ. එහෙත් මෙම පොත් පෙළ සකසා ඇත්තේ ඔබව ක්‍රම ක්‍රමයෙන් සරල දැනුමේ සිට උසස් දැනුම දක්වා රසවත් ආකාරයට ගෙන එන ආකාරයෙනි. එහිදී අනවශ්‍ය උසස් ගණිතය හැකි පමණ ඉවත් කර ඇත. එහෙත් එයද සිදු කර ඇත්තේ ඔබට නව පරිපථ සැකසීමට අවශ්‍ය තරම් ගණිත දැනුමක් ඔබට ලබා දෙන අතරේය. ඔබට හමුවන අලුත් වචන කටපාඩම් කරගන්න. නව සංකල්ප මා පුළුවන් තරම් උපමා හා උදාහරණ ආශ්‍රයෙන් පැහැදිලි කර දීමට උත්සහ කරනවා. ඒවාද මැනවින් මතක තබා ගත යුතුය. ඔබට අඩුම ගානේ ඉංග්‍රිසියෙන් ලියා තිබෙන දෙයක් ශබ්ද කිරීමට තරම්වත් ඉංග්‍රිසි හැකියාවක් තිබීම වැදගත් බවද සිහි තබා ගන්න. තාක්ෂණික විෂයන් ඉගෙන ගැනීමේදී බොහෝ නව වචන හමු වේ. ඒවා බොහෝ විට ඉංග්‍රිසි වදන්ය. (බොහෝ ඒවාට සිංහල පරිවර්තනද ඇත.) එම වදන් ඉංග්‍රිසියෙන්ම ඉගෙන ගැනීම උචිතය. එම නිසා මෙම පොත්වල මා වැඩිපුරම යොදාගන්නේ ඉංග්‍රිසි වචන වේ. කෂේත්‍රයේදී නිතර ඇසෙන්නේද ඉංග්‍රිසි වචනයි.

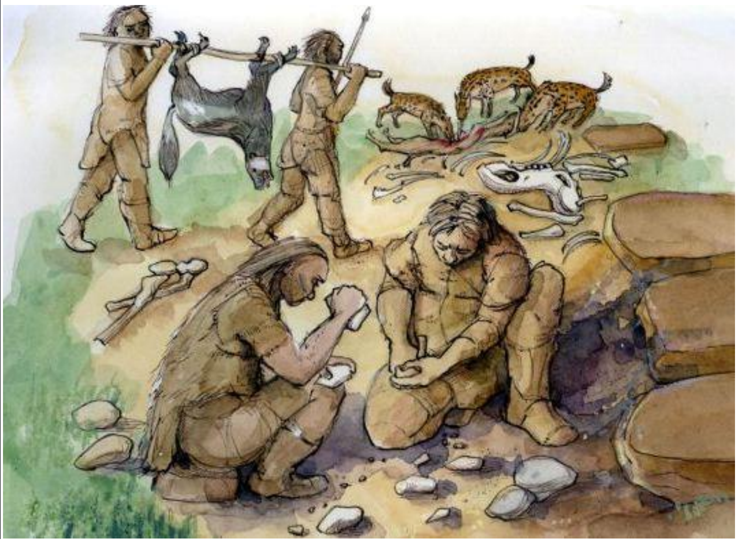
මේ පොත් පෙළ කියවීමෙන් ඔබට විවිධ ප්‍රායෝගික අවශ්‍යතා සඳහා පරිපථ සැලසුම් කිරීමට අවශ්‍ය දැනුම ලැබෙනු ඇත. ඔබට විවිධ නිර්මාණය කිරීමට අවශ්‍ය නම්, වෙනත් ක්ෂේත්‍රයන් ගැනද දළ හෝ දැනුමක් තිබීම වැදගත්ය. පරිපථ සැලසුම් කිරීමට ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් දැනුම පමණක් ප්‍රමාණවත් නැත මක්නිසාද යත් ඔබ නිපදවන නව උපකරණ භාවිතා වෙන්නේ විවිධ වූ වෙනස් ක්ෂේත්‍රයන් තුළ නිසා. උදාහරණයක් ලෙස, කෘෂිකර්ම ක්ෂේත්‍රයට අදාළ යම් නව ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් උපකරණයක් නිපදවීමට නම්, අදාළ කෘෂිකර්ම භාවිතාව ගැනද ඔබට දැනුමක් තිබීම අවශ්‍ය වේ. උපමාවකින් මා නැවත එය පැහැදිලි කරන්නම්. ඔබට කකුල් දෙකක් තිබෙන නිසා ඔබට ඕනෑම තැනකට යා හැකිය. එහෙත් එම යෑමෙන් ප්‍රයෝජනයක් ගැනීමට නම්, ඔබ ඇවිදින ප්‍රදේශයේ මංමාවත් ගැන දැනුමක් ඔබට අවශ්‍ය කෙරෙනවා. (මෙලෙසම, ඔබට ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ගැන සුපිරි දැනුමක් තිබුණට වැඩක් නැහැ, එය විවිධ ප්‍රයෝජනවත් උපකරණ සෑදීමට යොදා ගත නොහැකි නම්.) මෙම විවිධ ක්ෂේත්‍ර ගැන දැනුම ඉංග්‍රිසියෙන් domain (ඩොමේන්) යන වචනයෙන් හැඳින්වේ. සමහර ක්ෂේත්‍රයන් ගැන ඉතා ගැඹුරු දැනුමක් ඔබට ලබා ගැනීමට නොහැකි විය හැකිය. (උදාහරණයක් ලෙස, ඔබ වෛද්‍ය ක්ෂේත්‍රයට ප්‍රයෝජනවත් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් උපකරණයක් නිර්මාණය කරන විට, වෛද්‍ය ක්ෂේත්‍රය ඉතා බරපතල විශාල බොහෝ කාලයක් හා ශ්‍රමයක් වැය කර ඉගෙන ගත යුතු දෙයක් නිසා, ඔබ එම කැප කිරීම සිදු කිරීමට සූදානම් නැති වීමට පුළුවන්.) එවැනි අවස්ථාවල, එම ක්ෂේත්‍රය ගැන දැනුමක් ඇති වෙනත් අයකුගේ උපදෙස් හා සහය ලබා ගැනීමට සිදු වේ. මෙවැනි යම් ක්ෂේත්‍රයක් ගැන දැනුමක් ඇති තැනැත්තා domain expert ලෙස හැඳින් වේ. ඇත්ත වශයෙන්ම ලෝකයේ විවිධ ඉලෙක්ට්‍රොනික උපකරණ නිපදවන ආයතනවලට එලෙස domain expert සේවය බහුල ලෙස ලබා ගනී.

ඉහත ආකාරයට තනියම හෝ සගයන් කිහිප දෙනෙකු සමග ප්‍රයෝජනවත් උපකරණ නිර්මාණය කර, ඒවා වෙළඳ පොලටද ඉදිරිපත් කළ හැකිය. අද ලෝකප්‍රකට ආයතන ගණනාවක් (cisco, hp, apple, GE) එලෙස තමන් නිපදවූ නව නිපයුම් විකිණීමට සෑදූ ව්‍යාපාර වේ. උදාහරණයක් ලෙස, දහසකට ආසන්න නව නිපැයුම් සංඛ්‍යාවක් සොයාගත් තෝමස් අල්වා එඩිසන්ගේ කොම්පැනිය General Electric (GE) ලෙස අදටත් ලෝකයේ සුපතලය. ඔබගේ නව නිපැයුම්වලට නීතිමය ආරක්ෂාවක්ද ලබා ගත හැකිය **බුද්ධිමය දේපල නීතිය** (Intellectual Property Law – IP Law) යටතේ. **පේටන්ට් බලපත්‍ර** (patent) යනුවෙන් බොහෝ දෙනා පවසන්නේ මෙවැනි එක් බුද්ධිමය දේපල ආරක්ෂණ ක්‍රම වේදයකි.

පොත් පෙළේ පළමු පොත වන මෙයින් මා ඉදිරිපත් කිරීමට බලාපොරොත්තු වන්නේ, ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ගැන දළ හා සරලම දැනුමක් ඔබට ලබා දීමයි. ඉදිරි පාඩම්වලට අඩිතාලම මෙය වනු ඇත. තමන් ඉගෙන ගැනීමට යන ක්ෂේත්‍රයේ දිග පළල ගැන අවබෝධයක්ද මින් ලබා දේ.

යන්ත්‍ර සූත්‍ර, මෙවලම්වල ඉතිහාසය

වසර ලක්ෂ ගණනකට පෙර “මිනිසා” නම් සත්වයා අනෙක් සතුන්ට වඩා “බුද්ධිමත්” සත්වයකු ලෙස පරිනාමය වීමට පටන් ගත්තා. එහි විවිධ ප්‍රතිඵලයන් අතරින් එක් වටිනා ඵලයක් වූයේ තමන්ගේ වැඩ පහසුකර ගැනීමට විවිධ කුඩා කුඩා **මෙවලම් (tools)** නිපැදවීමයි. මුල්ම කාලයේ එම මෙවලම් ඉතාම සරල හා පරිසරයෙන් පහසුවෙන්ම ලබාගත හැකි ලී, ගල්, සත්ව ඇටකටු වැනි ද්‍රව්‍යයන්ගෙන් සාදාගත් ඒවාය (උදාහරණ ලෙස, හෙල්ලය, කැපීමට ගන්නා ගල්වලින් සෑදූ තියුණු තල ආදිය). එම සියලු මෙවලම් තමන්ගේ අතේ පයේ ශක්තියෙන් වැඩ කරපු ඒවාය. සතුන් දඩයම් කිරීමට හා ආහාර කැබලි කිරීමට බොහෝ විට මෙවැනි සරල මෙවලම් ඔවුන් භාවිතයට ගත්තා. මෙලෙස නව මෙවලම් භාවිතාව නිසා වැඩිපුර දඩයම් කිරීමට ඔවුනට හැකි වුණා. ඔවුන්ගේ පෝෂණ මට්ටමද ඉහළ ගියා. (මෙනිසා, ඔවුන්ගේ බුද්ධි මට්ටමද නිරන්තරයෙන් වැඩුණා.) මෙය යහපත් ආකාරයට චක්‍රයක් මෙන් මිනිසාගේ වර්ධනයට හේතු වුවා.

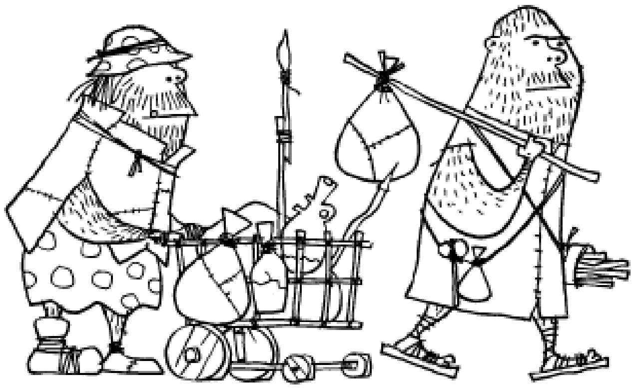


බුද්ධිය යනු මොලය ආශ්‍රය කරගත් ඵලයකි. මොලයේ ස්නායු සෛල (neuron) අතර වැඩිපුර සම්බන්ධතා ඇතිවන විට බුද්ධියද දළ වශයෙන් වැඩි වේ. එම සෛල අතර ඇතිවන සෑම නව සම්බන්ධතාවක් සඳහාම ශරීරය විසින් යම් ශක්තියක් වැඩිපුර වැය කිරීමට සිදු වේ. එවිට වැඩි වැඩියෙන් එම සෛල අන්තර්-සම්බන්ධතා වැඩි වනවා යනු බුද්ධිය වැඩිවනවා සේම, ශරීරය විසින් අමතර ශක්තියක්ද වැය කිරීමට සිදුවීමකි. අද සමාජයේ මිනිසාට ශරීරයට අවශ්‍ය කරන ශක්තිය ලබාගැනීම එතරම් ගැටලුවක් නොවූවද, ආදී මානවයාට ආහාර සොයා ගැනීම එකල තිබූ ප්‍රධානම ගැටලුව විය. අදටත් අනෙක් සතුනට තිබෙන ප්‍රධානම ගැටලුව ආහාර සොයා ගැනීමයි. පරිසරයේ වෙසෙන කුරුල්ලෙක් ගන්න. උගේ වැඩේම එළි වුණු මොහොතේ සිට රෑ වනතුරුත් ආහාර සොයමින් ඇවිදීමයි. එම කුරුල්ලනුත් ආහාර සොයා ගැනීමට හා තම පෝෂණය සරි කරගැනීමට යම් යම් මෙවලම් භාවිතා කිරීමට පටන් ගත්තොත් එම සතුන්ගේද බුද්ධිය ක්‍රම ක්‍රමයෙන් වේගයෙන් වර්ධනය වනු ඇත. ඇත්ත වශයෙන්ම, ආහාර බහුලව ලබාගත් පලියටම බුද්ධිය වැඩෙන්නේද නැත. මනස/මොලය නිරන්තරයෙන් අභියෝග/ප්‍රශ්න/අර්බුද විසඳීමට සැලැස්විය යුතුය. බුද්ධිය වැඩෙන්නේ මොලය වැඩි වැඩියෙන් වෙහෙසවන විටය. මෙලෙස මොලය වැඩි වැඩියෙන් වෙහෙසවන විට, වැඩි වැඩියෙන් මොලයේ සෛල අතර සම්බන්ධතා

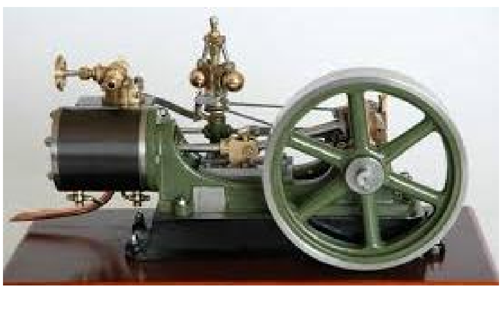
ඇතිකරගනී. එවිට, එම සම්බන්ධතාවලට අවශ්‍ය අමතර ශක්තිය (පෝෂණය) ආහාර මගින් ලබා ගත යුතුය. මානවයාට නිරන්තර අභියෝග පැවතුණි. මෙවලම් භාවිතාව නිසා ආහාර (පෝෂණය) සුලභ විය. එමගින් බුද්ධිය වර්ධනය වූ බව ඔබට දැන් සිතාගත හැකි නේද?

මෙම බුද්ධි වර්ධනය නිසා, ඔවුන්ගේ මොලය වෙහෙසා ඔවුන් වඩා වඩා කාර්යක්ෂම හා ප්‍රයෝජනවත් හා සංකීර්ණ මෙවලම් නිපදවීමට පටන් ගත්තා. මේ චක්‍රය අඛණ්ඩව අද දක්වා වර්ධනය වෙමින් පවතිනවා. අද නිපදවන යන්ත්‍රයට වඩා හොඳ යන්ත්‍ර හෙට නිපදවනවා. මෙයම මිනිසාගේ බුද්ධියේ අඛණ්ඩ වර්ධනය පෙන්නුම් කරනවා. ආදි මානවයාගේ යන්ත්‍ර නිපදවීමේ සන්ධිස්ථාන කිහිපයක් ඇත.

මෙතෙක් කලක් තමන්ගේ බාහු ශක්තියෙන් වැඩ කරන මෙවලම් නිපදවූ ඔවුන් අශ්වයන්, ගවයන්, අලියන් හෝ වෙනත් සත්වයන් මගින් එම යන්ත්‍ර ක්‍රියා කරවීමට සැලැස්සුවා. මෙම සතුන්ගේ ජවය හා වේගය මිනිසාට වඩා වැඩි නිසා, වඩා වේගවත් හා අධිශක්ති මෙවලම් නිපදවූවා. රෝදය සොයා ගැනීම ඉතා වටිනා සන්ධිස්ථානයක් වූවා. එමගින් එක් තැනක සිට තවත් තැනකට වේගයෙන් ගමන් කිරීමටත් විශාල බඩු මුට්ටුද ඒ සමග එහා මෙහා කිරීමට හැකි වූවා. මානවයා ලොව පුරා සංචාරය කරමින් ශිෂ්ඨාචාර බිහිකිරීමට මෙමගින් හැකි වූවා. ගින්දර සොයා ගැනීම තවත් සන්ධිස්ථානයක් වූවා. එක අතකින් එය පෝෂණයට වැදගත් වූවා. එනම්, මෙතෙක් කලක් ආහාර අනුභව කළේ අමුවෙන්ය. එවිට බොහෝ ආහාරවල පෝෂණ පදාර්ථ ශරීරයට උරාගත්තේ අඩුවෙනි. එහෙත් ගින්දර භාවිතය සමඟ ආහාර පිසීම නිසා එම ආහාර ශරීරයට පහසුවෙන් උරාගත හැකි ආකාරවලට පත් වීම නිසා, ඔවුන්ගේ පෝෂණ මට්ටමටද ඉහළ ගියා. මානවයාගේ බුද්ධිය වර්ධනයට ගින්දර බලපා ඇති බව බොහෝ දෙනා පිළිගන්නා මතයකි. බුද්ධය වර්ධනය වීම යන්ත්‍රවලට යහපත් ආකාරයෙන් හැමවිටම බලපා තිබෙන බව මින් පෙනෙනවා.



පෝෂණයට අමතරව, ගින්දර නිසා යන්ත්‍රවල නව පිම්මක් ඇති වූවා. එනම් මෙතෙක් කලක් තම ශරීරවල හෝ වෙනත් සතුන්ගේ ශක්තියෙන් ක්‍රියාකරන යන්ත්‍ර වෙනුවට භාහිර ශක්තිවලින් ක්‍රියාකරන යන්ත්‍ර සෑදීම ඇරඹුවා. ගින්දර සේම සුළඟ හා ගඟක දිය සැඩ පහර වැනි "බල ශක්තින්" වලින් ක්‍රියා කරන මෙවලම් ඔවුන් නිපදවූවා. මෙය ඉතා වැදගත් සන්ධිස්ථානයක්. විශේෂයෙන් විශාල ජල භාජනයකට යටින් ගින්දර තබා එය වාෂ්ප කර එමගින් අවර පෙත්තක් කරකැවීමට සලස්සවා එම අවරපෙත්ත කරකැවීම රෝදයකට සම්බන්ධ කර ජලවාෂ්ප එන්ජිම (steam engine) නිපදවීමට සමත් වූවා.



දර වෙනුවට විවිධ ද්‍රව්‍ය ඔවුන් යොදා ගෙන අත් හදා බැලීම් කළා. එහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස ගල් අඟුරු (coal) නම් දැල්වූ විට වැඩි තාපයක් පිටකරන ද්‍රව්‍යයක් ඔවුන් සොයා ගත්තා. වාෂ්ප එන්ජිම හා ගල් අඟුරු නිසා ලෝකය උඩු යටි කුරු වුණා. යෝධ යන්ත්‍ර සේම, නාවුක යාත්‍රා, ගොඩබිම යන මෝටර් වාහන පවා බිහි වුණා. ඔබ අසා තිබෙන ටයිටැනික් නවුකාව පවා එවැනි ගල් අඟුරුවලින් ක්‍රියාකළ වාෂ්ප එන්ජිම් සහිත යෝධ නවුකාවක් බව දන්නවාද? සරල යන්ත්‍ර වෙනුවට ඉතා විශාල, ඉතා බලවත්, ඉතා වේගවත්, ඉතා සංකීර්ණ දේවල් කළ හැකි යන්ත්‍ර සූත්‍ර නිපදවීමට මේ සමඟ හැකි වුණා.

මානවයා මුලින්ම නිපදවූ මෙවලම් **සරල යන්ත්‍ර** (simple tools) ලෙසද, පසුව බලශක්තිය ආදිය උපයෝගි කරගෙන නිපදවූ සංකීර්ණ මෙවලම් **යාන්ත්‍රික උපකරණ** (mechanical tools/machines) ලෙසද අපට නම් කළ හැකිය. කාලයාගේ ඇවෑමෙන්, විදුලිය (electricity) නම් අලුත් පෙරළිකාර බලශක්තියක්ද සොයා ගත්තා. ගල් අඟුරු වැනි බලශක්ති ප්‍රභවයන්ට වඩා විදුලිය ඉතා හුරුබුහුටි (smart) බලශක්තියකි. (විදුලිය ගැන පසුව විස්තර කෙරේ.) විදුලිය භාවිතා කරන යන්ත්‍ර සූත්‍ර නිපදවීමට පටන් ගත්තා. මෙම උපකරණ **විදුලි උපකරණ** (electrical machines) ලෙස නම් කළ හැකිය. දළ වශයෙන්, **මෙවලම්** (appliances), **උපකරණ** (equipment, tools), **යන්ත්‍ර** (machine/machinery) යන වචනවලින් ලැබෙන්නේ එකම අර්ථය වේ. විදුලි බුබුල, ස්විචය, විදුලි පංකාව, මෝටරය, ජෙනරේටරය, හීටරය ආදී බොහෝ විදුලි උපකරණ අදද බහුලව භාවිතාවට ගැනේ.

විදුලි තාක්ෂණයේම දිගුවක් හෙවත් දියුණු අවස්ථාවක් ලෙස ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් (electronics යන්නට ප්‍රචලිත හරිහමන් සිංහල වචනයක් නැත. වචනය දිග බැවින් බොහෝ දෙනා ට්‍රොනික්ස් යන සුරතල් නාමයද භාවිතා කරනවා.) හැඳින්විය හැකිය. මෙම පොතේ (හා අනෙක් පොත්වලද) අරමුණ **ට්‍රොනික්ස්** ගැන අවබෝධයක් ඔබට ලබා දීමයි. ට්‍රොනික්ස් යොදාගෙන සාදන යන්ත්‍රවලට **ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපකරණ** (electronic equipment) යන නම භාවිතා කෙරේ. ඒවා විදුලි උපකරණවලට වඩා බෙහෙවින් සංකීර්ණ හා "බුද්ධිමත්" වේ. රූපවාහිනි යන්ත්‍ර, පරිගණක, මොබයිල් ෆෝන් ආදිය බහුලව භාවිතා කෙරෙන ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපකරණ කිහිපයකි. ඉහත කෙටි විස්තරය කියවූ විට ඔබට පෙනෙනවා යන්ත්‍ර හා මිනිසා අතර ඇති කිට්ටු සම්බන්ධය.

යන්ත්‍ර සූත්‍ර හා ඉංජිනේරුවේද

පොදුවේ යන්ත්‍ර සූත්‍ර ගැන උගැන්වෙන ක්ෂේත්‍රය **යාන්ත්‍රික ඉංජිනේරුවේදය** (mechanical engineering) ලෙස හැඳින්වේ. විදුලිය හා විදුලිය භාවිතා කරන යන්ත්‍ර ආදිය ගැන ඉගැන්වෙන ක්ෂේත්‍රය **විදුලි ඉංජිනේරුවේදය** (electrical engineering) වේ. ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ගැන ඉගැන්වෙන්නේ **ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් (හෝ ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ඉංජිනේරුවේදය)** (electronics or electronics engineering) වේ. මීට අමතරම තවත් විවිධ ඉංජිනේරුවේදයන් ගණනාවක් පවතී (උදාහරණ ලෙස, computer engineering, software engineering, marine engineering, civil engineering...). **ඉංජිනේරුවා** (engineer - **ඉංජිනියර්**) යනු යම් පිළිගත් ඉංජිනේරුවේදයක් උගත් තැනැත්තකි. වර්ථමානයේ විවිධ පිළිගත් විශ්වවිද්‍යාල හෝ වෙනත් එවැනි ආයතන වලින් (ECUK, IESL, City & Guilds ආදී) පවත්වන ඉංජිනේරු පාඨමාලා හා විභාග ආදිය සමත් වීමෙන් පිළිගත් ඉංජිනේරුවකු විය හැකිය. තවද, එවැනි ආයතනයකින් පවත්වපු පාඨමාලා හදාරන්නේ නැතිව හා එවැනි විභාග කරන්නේ නැතිව විවිධ ආකාරවලින් තමන් විසින්ම ඉංජිනේරු විෂයන් අද ඉගෙන ගැනීමට අවස්ථාව ඇත. අන්තර්ජාලය හා පරිගණක භාවිතාව සුලභ වීමත් සමඟ සාම්ප්‍රදායිකව යම් ආයතනයකට (විශාල මුදලක්ද වැය කර) සම්බන්ධ වී ඉගෙන ගැනීම වෙනුවට ගෙදර සිට නොමිලේම ඉගෙන ගැනීමට අද වටපිටාව දියුණු වී තිබීමද ඊට විශාල පිටුවහලක් වී ඇත. එවැනි අයට පිළිගත් ඉංජිනේරු සහතික නොමැති වුවද, තමන්ගේ තෘප්තිය වෙනුවෙන් හා/හෝ ජීවනෝපායක් ලෙස හෝ ඉංජිනේරුමය දේවල් කිරීමට හැකිය. ඉංජිනේරුවන්ගේ විශේෂත්වය වන්නේ, අවශ්‍ය නම් ඔවුන්ට තම ඉංජිනේරු දැනුම උපයෝගි කරගෙන විවිධ උපකරණ සැදීමට හැකිවීමයි. අභාග්‍යයකට මෙන්, බොහෝ උපාධි සහතික ඇති ඉංජිනේරුවන්ට මෙම හැකියාව නැත. ඉංජිනේරුවාට පහළ මට්ටමින් "**තාක්ෂණවේදීන්**" (technician - **ටෙක්නීෂියන්**) යන නමින් හැඳින්වෙන වෘත්තික

පිරිසක්ද ඇත. මොවුන්ටද යම් තාක් දුරකට ඉංජිනේරු විෂය ගැන දැනුමක් ඇති අතර, එය ඉංජිනේරුවෙකු තරම් නොවේ. බොහෝ විට ඉංජිනේරුවන්ගේ උපදෙස් පිට මොවුන් රාජකාරි කරයි.

විදුලිය (electricity)

බලශක්තියක් ලෙස විදුලියේ ඇති වටිනාකම හා විශේෂතා ඔබ දැන සිටිය යුතුය. සුළඟ, තාපය/ගින්දර වැනි අනෙක් බලශක්ති ප්‍රභවයන්ට වඩා විදුලිය පහත දැක්වෙන් හේතු නිසා ඉතා ඉදිරියෙන් සිටී.

- විදුලිය ඉතා පහසුවෙන් ගබඩාකර තබා ගත හැකිය.
- ඉතා කෙටි ඉඩ ප්‍රමාණයක වැඩි බලශක්ති ප්‍රමාණයක් ගබඩාකර තබා ගත හැකිය.
- ඉතා දිගු කාලයක් ශක්තිය හානියක් නැතිව විදුලි ශක්තිය ගබඩාකර තබා ගත හැකිය.
- ඉතා වේගයෙන් එක තැනක සිට තවත් තැනකට විදුලි ශක්තිය සම්ප්‍රේෂණ (transmission) කළ හැකිය.
- ඉතාම කුඩා ප්‍රමාණයේ සිට අති දැවැන්ත ප්‍රමාණය දක්වා පරාසයක විදුලි ශක්තිය පහසුවෙන් හා කාර්යක්ෂමව හැසිරවිය හැකිය.
- විදුලි ශක්තිය ඉතා පහසුවෙන් හා කාර්යක්ෂමව තාපය, ආලෝකය, චාලක වැනි වෙනත් ශක්ති බවට පරිවර්ථනය කළ හැකිය.
- විවිධ ක්‍රම ඔස්සේ (ජල පහරකින්, ගින්දරින්, සූර්යාලෝකයෙන්, සුළඟින්, රසායනිකව ආදී ලෙස) විදුලිය පහසුවෙන් නිපදවිය හැකිය.

ඉහත සඳහන් කරුණු ආදිය නිසා ඇසට නොපෙනෙන කුඩා උපකරණයක සිට යෝධ උපකරණ දක්වා විදුලිය ඉතා බුද්ධිමත් (smart) ආකාරයට භාවිතා කළ හැකිය. තවද, අවශ්‍ය අවම ආරක්ෂිත ක්‍රම අනුගමනය කරන්නේ නම්, විදුලිය යනු ඉතාමත්ම ආරක්ෂාකාරී බලශකත්යක්ද වේ. (එහෙත් ඕනෑම අහිංසක දෙයකින් වුවද, මිනිසාගේ මෝඩකම් නිසා අනතුරු ඇතිවිය හැකිය.) පරිසර හානිය අවමයෙන්ම සිදු වෙන ආකාරයට විදුලිය නිපදවීම මෙන්ම පරිහරණය කිරීමද කළ හැකිය. (ඉන්ධණ යනුද ප්‍රචලිත බලශක්ති ප්‍රභවයක් වුවත්, එය භාවිතයෙන් ඇතිවන පරිසර හානිය පෘථිවියේ වෙසෙන සියලු ජීවීන්ට බරපතල වන අයුරින් පවතින බව ඔබ දැනටමත් දන්නවා විය යුතුය.)

සටහන

කාර්යක්ෂම (effective) හා **කාර්යක්ෂමතාව** (effectiveness) යන වදන් ඔබට එදිනෙදා ජීවිතයෙත් තාක්ෂණික ලෝකයෙත් නිතර අසන්නට ලැබේ. පුදුමයට මෙන් මෙම වචනයේ නියම සරල තේරුමක් එම අයට නැත. මේවා හුදු වචනම නොවේ. වැදගත් විද්‍යාත්මක තේරුමක් ඇත. "නිවැරදි/අවශ්‍ය වැඩේ කරන" යන තේරුම මින් ලබා දේ. උදාහරණයක් ලෙස, ඔබගේ නියපොතු කැපීමට නියපොතු කපනයක් භාවිතා කළ හැකිය. එම වැඩේ කිරීමටම එලවලු කපන පිහියද භාවිතා කළ හැකිය. අවශ්‍ය කරන වැඩේ (එනම්, නියපොතු කැපීම) කිරීමට මෙම ක්‍රම දෙකෙන්ම පුළුවන් වුණත්, එම වැඩේට වඩා සුදුසු මේ දෙකෙන් කුමක්දැයි ඔබ දන්නවා. ඒ අනුව, නිවැරදිව ආරක්ෂිතව පහසුවෙන් යම් වැඩක් කිරීමට ඇති හැකියාව කාර්යක්ෂමතාව වේ.

මෙලෙසම මේ ළඟින් යන තවත් වචනයක් තියෙනවා efficient (efficiency) ලෙස. සමහරුන් මෙම ඉංග්‍රීසි වදනට දෙන්නේද "කාර්යක්ෂම" යන තේරුමම වේ. තවත් සමහරෙක් "ඵලදායිතාව" යනුවෙන්ද සිංහල තේරුම ලබා දෙනවා. ඇත්ත වශයෙන්ම effective මෙන්ම efficient යන වචනයටද නිශ්චිත විද්‍යාත්මක තේරුමක් ඇති අතර, එම වචන දෙක කිසි සේත් සමාන නැති නිසා වෙන වෙන නිශ්චිතව සිංහල තේරුම් ලබා දීමට සුදුසුය. මෙහි තේරුම නම්, යම් කාර්යක් කිරීමට **ලබා දෙන ශක්තියෙන්** (**ප්‍රදාන ශක්තිය** - input energy) කොතරම් ශක්ති ප්‍රමාණයක් අවශ්‍ය වැඩේ සිදු කිරීමට වැය වෙනවාද (**ප්‍රතිදාන ශක්තිය** - output energy) යන්නයි. උපමාවක් ලෙස, ඔබ කඩේට ගොස් රුපියල් 100 දී අයිස් පැකට් එකක් ගත්තා නම්, ඔබට දැනෙනවා නේද දුන් වටිනාකමට වඩා ඉතා අඩු වටිනාකමක් ලැබුණු බව (එනම්, කාර්යක්ෂමතාව අඩුයි.). යම් උපකරණයකට ලබා දෙන

ශක්තියෙන් වැඩි කොටසක් අපට අවශ්‍ය වැඩය සිදු කිරීමට යොදාගනු ලබන විට, එම උපකරණය efficiency වැඩි එකක් ලෙස සැලකෙනවා.

ඇත්තටම, ඉහත සිංහල තේරුම් අවුල විසදීමට, effective යන්නට "කාර්යශූර හෝ කාර්යසාධක" යන වචනයත්, efficient යන්නට "කාර්යක්ෂම" යන වචනයත් යොදමු. යන්ත්‍ර සැදීමේදී පමණක් නොව, ජීවිතයේ සෑම කටයුත්තකදී වුවද, ඔබ කළ යුත්තේ කාර්යසාධණය හා කාර්යක්ෂමතාව වැඩි දේවල් සෑදීම හා කිරීම වේ. මෙම දෙකින් එකක් අඩු වූ විට, එම කරන දෙයින් වැඩක් නැත. සිංහල කියමනක් තියෙනවා "ලෙඩා මලත් බඩ සුද්දයි" කියලා. එම කියමන මෙතැනට කදිමට අදාල වෙනවා. (කරන වැඩේ කාර්යක්ම වුවත් කාර්යසාධණය අවම බව මෙම කියමනෙන් කියැවේ.)

විදුලි සන්නයනය

විදුලිය ගමන් කිරීමට හැකි (තඹ, යකඩ වැනි) ද්‍රව්‍යය **විදුලි සන්නායක** (electrical conductor) ලෙස හැඳින්වේ. සන්නායකය යන්නෙහි තේරුම "ගමන් කරවන්නා" යන්නයි. එමනිසාම, තාපය ගමන් කිරීමට හැකි ද්‍රව්‍යය **තාප සන්නායක** (heat conductor) ලෙසද හැඳින්වෙනවා. විදුලි කොටන (lightning) විට ඉන් ඇතිවන අනතුරු අවම කිරීමට උස් තැනක සවි කරන "අකුණු සන්නායකය" (lightning conductor) යන්නට එම නම ලැබී ඇත්තේත්, එම උපකරණය එය අසලින් ගමන් කරන අකුණක් ඊට ඇද ගෙන (උරා ගෙන) බිමට ගමන් කිරීමට සලස්වන නිසාය (එමඟින් එම අකුණු සැර අහළ පහළ ස්ථානයකට වැදීමට ඇති ඉඩ කඩ නැති කර දමයි). බොහෝ දෙනා "වයර්" (wire) යනුවෙන් හඳුන්වන්නේ විදුලි වැඩ සඳහාම සැකසූ සන්නායක වේ. මතක තබා ගත යුතු තව දෙයක් නම්, සාමාන්‍යයෙන් හමුවන ඕනෑම ජලයක් (වැසි දිය, ටැප් වතුර, ළිං ජලය ආදි), මිනිස් (හා වෙනත් සත්ව) ශරීර මෙන්ම මහ පොළොවද විදුලිය සන්නයනය කරන බවයි.

විදුලියට ගමන් කළ නොහැකි (ලී, ප්ලාස්ටික්, වීදුරු වැනි) ද්‍රව්‍යය **විදුලි පරිවාරක** (electrical insulator) ලෙස හැඳින්වෙනවා. එලෙසම, තාපය ගමන් කිරීමට නොහැකි ද්‍රව්‍ය තාප පරිවාරක ලෙස පවසන බව ඔබට තේරුම්ගත හැකියි නේද? වාතයද සාමාන්‍යයෙන් විදුලි පරිවාරකයක් ලෙස හැසිරේ.

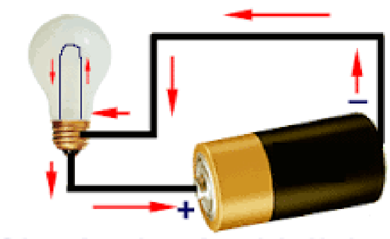
විදුලිය, සන්නායක ඔස්සේ ගමන් කිරීමට පෙර ඒවා උත්පාදනය කළ යුතුය. විදුලිය උත්පාදනය කරන ක්‍රම ගණනාවක්ම පවතී. විද්‍යාත්මක ඇසකින් බැලූ විට, විදුලිය නිපදවීමට මූලික විද්‍යාත්මක මූලධර්ම කිහිපයක්ම පවතී. විදුලි ජනකය (electric generator) නම් "මෝටරය" කැරකැවීමට සැලැස්වීම එම ක්‍රම අතරින් ඉතා බහුලව භාවිතා කෙරෙන පහසුම ක්‍රමයයි (දෙවැනි පොතේ සියලුම චුම්භක ගතිගුණ හා ඒ ආශ්‍රිත උපකරණ ගැන ඉගැන්වේ). සියලුම ජල විදුලි බලාගාර (hydro-power) තුළදී සිදු වන්නේ ඉහළ සිට පහළට වේගවත් ජල පහරක් (දිය ඇල්ලක මෙන්) එම මෝටරයට සවි කරන ලද බඹරයකට පතිත වීමට සලස්වා ඉන් මෝටරය කැරකැවීමයි. තවද, සුළං විදුලි මෝල් (wind power) වලදිද සිදුවන්නේ සුළඟට කැරකැවීමට හැකි විශාල බඹරයක් මගින් එම විදුලි ජනකය (මෝටරය) කැරකැවීමයි. ගල් අඟුරු බලාගාර (coal power) මෙන්ම තාප/තෙල් විදුලි බලාගාර (fuel power) වලද එම ගල් අඟුරු හෝ තෙල් දහනය කර පෙර සේම විදුලි ජනකය කරකැවීමට සලස්වයි. ඒ විතරක් නොවේ, සාමාන්‍ය දර ආදිය දහනය කර විදුලිය (dendro power) නිපදවීමද මෙන්ම, මුහුදු ජල තරංග යොදාගෙන විදුලිය නිපදවීමද (wave power) ඉහත ආකාරයටම ජෙනරේටරයක් කරකැවීමෙන් සිදු කෙරේ. ඒ විතරක්ද නොවේ, න්‍යෂ්ටික ශක්තයෙන් විදුලිය නිපදවීමද (nuclear power) සිදු වන්නේ පෙර සේම ජෙනරේටරයක් කැරකැවීමෙන්ය. (මේවා ගැන විස්තරාත්මකව පසු පොතක ඉගැන් වේ.)

ඉහත ජෙනරේටර් නොමැතිවද විදුලිය නිපදවන ආකාර ගණනාවක් පවතී. ඉන් ප්‍රචලිතම ක්‍රමය නම්, සූර්ය කෝෂ (solar cell/ solar power) වේ. සූර්ය කෝෂ පැනල් මතට හිරු එළිය වැටෙන විට ඉන් විදුලියක් නිපදවයි. යම් යම් රසායනික ප්‍රතික්‍රියා සිදුවන විටද විදුලියක් නිපද වන අතර, සෙල්ලම් බඩුවලට ආදිය දමන බැටරි ක්‍රියා කරන්නේ මෙම ක්‍රමයටය. තවද, යම් යම් ද්‍රව්‍ය ඇතිල්ලීමෙන්ද විදුලිය නිපැදවේ (triboelectricity). යම් යම් ද්‍රව්‍යය පීඩනයට

ලක් වීමෙන්ද විදුලිය නිපදවිය හැකිය (piezoelectricity). මේ ආදි ක්‍රම කිහිපයක් ඇති අතර, බොහෝ විට මෙම විශේෂිත අපූරු ක්‍රමවලින් නිපදවෙන විදුලිය කුඩා වේ. එහෙත් ඒවා සමහර අය ඉතා නිර්මාණශීලිව භාවිතාවට ගනී. උදාහරණයක් ලෙස, ඇතිල්ලීමෙන් හා පීඩනයට ලක් වීමෙන් විදුලිය නිපදවන සපත්තු නිර්මාණය කර ඇත (එනම් ඇවිදින විට ඉබේම විදුලිය නිපැදවේ). එම විදුලියෙන් සපත්තුව තුළම කුඩා සිසිලන උපාංග ක්‍රියා කරවයි. එවිට, එම සපත්තු පළඳින අයගේ පාදවලට සිසිලක් දැනේ. එමගින් ඔවුන්ගේ විඩාව සමනය කර ශාරීරික සුවතාව වැඩි කරයි.

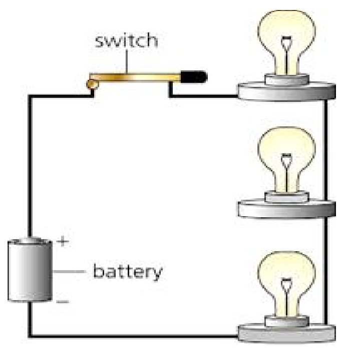
විදුලි පරිපථ

පරිපථ (circuit) යන්නෙහි සරල තේරුම සම්පූර්ණයෙන්ම වැසුණු/සංවෘත (completely closed) පථය (ගමන් මාර්ගය) යන්නයි. විදුලි උත්පාදකයක/ප්‍රභවයක හැම විටම **අග්‍ර** (lead - ලීඩ්) දෙකක් ඇත. ඉන් එක අග්‍රයකින් විදුලිය පිටතට ලබා දෙන අතර, අනෙක අග්‍රයෙන් මුලින් පිට කළ විදුලිය නැවැත ලබා ගනී. මෙම නිසයි මෙයට **විදුලි පරිපථයක්** (electric circuit) ලෙස පවසන්නේ.



එක් අග්‍රයකින් පිටවන විදුලිය අනෙක් අග්‍රය වෙතට ළඟා වෙන්නේ "සන්නායක ඔස්සේ සවාරියක්" ගොසින්ය. විදුලිය තම සවාරිය තුළ සන්නායක හා වෙනත් විදුලි උපාංග ඔස්සේ ගමන් කිරීම නිසා එම උපකරණ ක්‍රියාත්මක වේ. මෙම පරිපථය තුළින් විවිධ ප්‍රමාණයෙන් යුතු විදුලිය (ශක්තිය) ගමන් කළ හැකිය. එමනිසා, කුඩා විදුලියක් පරිපථය හරහා ගමන් කිරීමට සලස්වා එම පරිපථයට විශාල විදුලියක් අවශ්‍ය කරන විදුලි උපාංග සවි කිරීමෙන් පලක් නැත (එය හරියට කුඩා සුළඟකට ඔබව ගසා ගෙන යා නොහැකි සේය). එලෙසමයි, අති විශාල විදුලියක් පරිපථය හරහා යැමට සලස්වා, එම පරිපථයට ඉතා කුඩා විදුලියක් අවශ්‍ය කරන විදුලි උපාංගයක්ද සවි නොකළ යුතුය. එසේ සවි කළොත්, විශාල විදුලිය මගින් අර උපාංගය දැවී විනාශ වී යයි.

පරිපථය ක්‍රියාකාරී වීමට නම්, හැම විටම එය **සංවෘත** (closed) විය යුතු බව ඔබ දැන් දන්නවා (මෙවැනි පරිපථයක් **සංවෘත පරිපථයක්** (closed circuit) ලෙස හැඳින්වෙනවා. මීටම, පරිපථය ඔන් (on) එකේ තියෙනවා යැයිද කියනවා.) එම පරිපථයේ කොතැනකින් හෝ විදුලි සන්නයනය කැඩුවහොත් එම පරිපථය තුළ විදුලිය ගමන් කිරීම ඒ ක්ෂණයෙහිම නවතිනවා. එවිට පරිපථය ඕෆ් (off) වෙනවා යැයි කියනවා. පරිපථය විවෘත කරනවා (හෝ **විවෘත පරිපථයක්** (open circuit)) යැයිද කියන්නේ මෙයටයි. පරිපථයක් අපට අවශ්‍ය වෙලාවට ඔන් කිරීමටත්, අවශ්‍ය වෙලාවට ඕෆ් කිරීමටත් හැකි විදුලි උපාංගය **විදුලි ස්විචය** (electric switch) ලෙස හැඳින්වෙනවා.

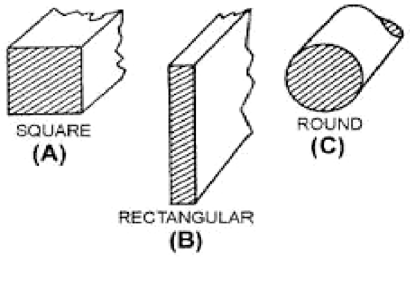


ප්‍රතිරෝධය

යම් දේකට කරන බාධාව **ප්‍රතිරෝධය (resistance)** ලෙස හැඳින් වේ. ඉතිං, යම් සන්නායකයක් ඔස්සේ විදුලිය ගමන් කරන විටද එම සන්නායක විසින් විදුලියට යම් බාධාවක් ඇති කරනවා. උපමාවකින් මා මෙම ප්‍රතිරෝධය පැහැදිලි කරන්නම්. අවුරුදු කාලයට ඔබ ටවුමක ඇවිදින විට ඇති වන තත්වය ඔබ අත් විඳ තිබෙනවා නේද? එනම්, මිනිසුන් හා වාහන විශාල සංඛ්‍යාවක් පාර පුරාම ගමන් කරනවා. ඔබට ඔබේ සාමාන්‍ය ගමන් විලාසයෙන් සාමාන්‍ය ඇවිදින වේගෙන්ම ගමන් කිරීමට දැන් අපහසුයි. අනිත් අය ඇඟේ හැපෙනවා. ඔබේ ගමනේ වේගය අඩාල වෙනවා. මෙම ක්‍රියාවලිය නිසා ඔබ දැන් අත් විඳ ඇත්තේ "ප්‍රතිරෝධයකි". අප විදුලියේදී සලකා බලන්නේ මෙවැනිම විදුලි ප්‍රතිරෝධයයි. සන්නායකය තුළින් විදුලිය ගමන් කරන විටද එවැනිම බාධාවක් පවතිනවා.

විදුලිය ගමන් කරන විට, එක් එක් ද්‍රව්‍යයකින් ඇති කරන රෙසිස්ටන්ස් එක වෙනස්ය. සමහරක් ද්‍රව්‍යය පහසුවෙන්ම විදුලිය ගමන් කරවයි (එනම්, රෙසිස්ටන්ස් ඉතා අඩුය.) ඒවා හොඳ සන්නායක වේ. වයර් සෑදීමට යොදා ගන්නේ මෙම හොඳ සන්නායකයි. තවත් සමහරක් ද්‍රව්‍යය විදුලිය ගමන් කරවයි; එහෙත් විශාල බාධාවක්ද ඇති කරයි. මේවා නරක සන්නායක වේ. විදුලි උඳුන් හා ඇඳුම් මදින අයන්වලට එහෙම යොදාගන්නේ මෙවැනි නරක සන්නායක වේ. මින් පෙනෙන්නේ හොඳ හා නරක සන්නායක දෙවර්ගයෙන්ම ප්‍රයෝජනවත් වැඩ ගත හැකි බවයි. තවද, රෙසිස්ටන්ස් එක් ඉතාම ඉතා වැඩි වූ විට, බාධාව කොතරම් වැඩිද යත් විදුලිය ටිකක් හෝ ගමන් කිරීමට පවා බැරි වෙනවා. ඔබට දැන් මතක් වෙනවා ඇති මෙවැනි විදුලිය ගමන් කළ නොහැකි ද්‍රව්‍ය වලට අප කියන්නේ පරිවාරක කියා බව. මේ අනුව, පරිවාරක හා සන්නායක යනු රෙසිස්ටන්ස් එකේ අඩු වැඩි කම නිසා ඇති වන තත්තවයන් දෙකක් බව මතක තබා ගන්න.

සෑම ද්‍රව්‍යයකටම ඊටම ආවේනික ප්‍රතිරෝධී ගුණයක් පවතිනවා. උදාහරණයක් ලෙස, එකම ප්‍රමාණයේ පවතින යකඩ, තඹ, රිදී යන සන්නායක තුනක් ගනිමු. යකඩවලට වඩා තඹවල රෙසිස්ටන්ස් එක අඩුය. තඹවලට වඩා රිදීවල රෙසිස්ටන්ස් එක අඩුය. ඒ ඒ ද්‍රව්‍යය සතු මෙම ආවේණික ප්‍රතිරෝධි ගුණය විද්‍යාතමකව මැන බලා වගුවල දක්වා ඇත. ද්‍රව්‍යවල ඇති එම ප්‍රතිරෝධය, **ප්‍රතිරෝධකතාව (resistivity)** යන විශේෂ නමකින් හැඳින්වේ. සාමාන්‍යයෙන් ප්‍රතිරෝධකතාව නියතයක් (එනම්, වෙනස් නොවන ගුණයක්) වුවත්, යම් ද්‍රව්‍යයක සමස්ථ (දළ) රෙසිස්ටන්ස් එක එම ද්‍රව්‍යයේ දිග (length), ද්‍රව්‍යයේ **හරස්කඩ වර්ගඵලය** (cross-sectional area), එම ද්‍රව්‍යය පවතින උෂ්ණත්වය මත රඳා පවතිනවා. මා මෙම තත්වයද උපමාවක් ආශ්‍රයෙන් පැහැදිලි කරන්නම්. ඔබ කඩේකින් බඩුවක් ගන්නා විට, මුදලාලි බඩුවල ගණන් දක්වා ඇත්තේ යම් ඒකකයක මිල වශයෙනි. එනම්, සීනි කිලෝවක් රුපියල් 60, තේකොල කිලෝවක් රුපියල් 200 ආදි වශයෙනි. මෙම "ඒකකයක මිළ" හරියටම ප්‍රතිරෝධකතාව වැනිය. **(ඇත්තටම ප්‍රතිරෝධකතාව යනු, සලකා බලන ද්‍රව්‍යයේ ඒකක දිගක් (එනම් දිග මීටර් එකක්) හා ඒකක හරස්කඩ වර්ගඵලයක් (එනම් හරස්කඩ වර්ගඵලය වර්ගමීටර් එකක්) වූ විට, උෂ්ණත්වය සෙල්සියස් අංශක 25 දී, එම ද්‍රව්‍යයේ රෙසිස්ටන්ස් එක වේ.)** දැන් ඔබ කියාවි සීනි කිලෝ දෙකක් දෙන ලෙස. එවිට, ඔබට රුපියල් 120ක් ගෙවීමට සිදු වේ. මෙම රුපියල් 120 අගය හරියටම යම් ද්‍රව්‍යයක දළ (සාමාන්‍ය, සමස්ථ) රෙසිස්ටන්ස් එක වැනිය. එනම්, දිග, හරස්කඩ වර්ගඵලය, උෂ්ණත්වය වෙනස් වන විට අවසන් දළ රෙසිස්ටන්ස් එක වෙනස් වේ (එහෙත් එම ද්‍රව්‍යයේ ප්‍රතිරෝධකතාව නියතව පවතී හරියට සීනි කිලෝවක මිළ නොවෙනස්ව පැවතියා සේ.)



ඉහත රූපයේ විවිධ හැඩයන්ගෙන් යුතු (රවුම්, හතරැස්) හරස්කඩ වර්ගඵලයන් තද ඉරිවලින් දක්වා ඇත.

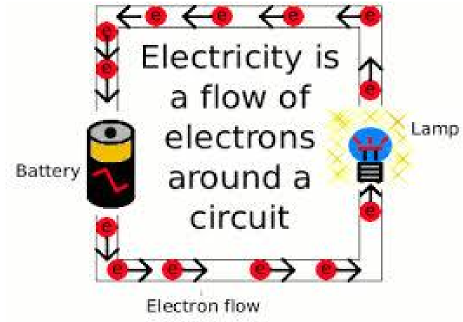
Material	Resistivity at 23 °C Ohms - meter	Material	Resistivity at 23 °C ohms – meter
Silver	1.59×10^{-8}	Nichrome	1.50×10^{-6}
Copper	1.68×10^{-8}	Coal	3.5×10^{-5}
Gold	2.20×10^{-8}	Germanium	4.6×10^{-1}
Aluminum	2.65×10^{-8}	Silicon	6.40×10^{2}
Tungsten	5.6×10^{-8}	Human Skin	5.0×10^{5} approx.
Iron	9.71×10^{-8}	Glass	10^{10} to 10^{14}
Steel	7.2×10^{-7}	Rubber	10^{13} approx.
Platinum	1.1×10^{-7}	Sulfur	10^{15}
Lead	2.2×10^{-7}	Quartz	7.5×10^{17}

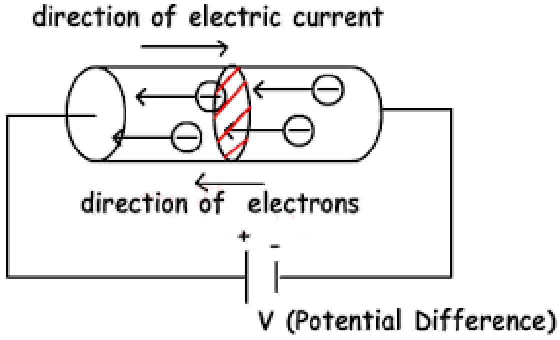
ධාරාව හා විදුලි විභවය

මෙතෙක් වෙලා අප විදුලිය ගැන සඳහන් කළේ හරියට "විදුලිය" යන නමින් යම් දෙයක් සන්නායක හරහා ගමන් කරන්නාක් ලෙස සලකමින්ය. එහෙත් එය එසේ නොවේ. විදුලිය යනු ශක්තියකි. විදුලිය යනුවෙන් හැඳින්වෙන කිසිදු ද්‍රව්‍යයක් හෝ අංශුවක් ඇත්තේ නැත (එවැනි දෙයක් නැති නිසා, එවැන්නක ගමන් කරනවා යැයිද කිව නොහැකියි නේද?). ඇත්තටම විදුලිය යනු කුමක්ද? සරලවම හා නිවැරදිවම කියතොත්, විදුලිය යනු **ඉලෙක්ට්‍රෝන (electron)** නිසා ඇති වන තත්වයකි. එනම්, යම් තැනක ඉලෙකට්‍රෝන ඒක රාශි වී ඇති විටක, එතැන ඉබේම විදුලිය ඇත. එම ඉලෙක්ට්‍රෝන (සන්නායකයක් ඔස්සේ) ගමන් කරන විට, එය විදුලිය ගමන් කරනවා ලෙස සැලකිය හැකිය.

යම් සනානායකක් දිගේ ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කරන විට, ඊට අප **විදුලි ධාරාවක් (electric current)** ලෙස පවසනවා. එය හරියට පාරක් දිගේ වාහන ගමන් කරන්නාක් වැනිය. පාරේ යම් තැනක නැවතී, එක දෙක තුන ආදී ලෙස, එම පාර හරහා (එක් පැත්තකට) යන වාහන ඔබට ගණන් කළ හැකියි නේද? එලෙසම, ඔබට (යම් විද්‍යාත්මක උපකරණයක් මගින්) යම් සන්නායකයක් දිගේ ගමන් කරන ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණන් කළ හැකිය. සන්නායකයේ යම් නිශ්චිත ස්ථානයක් හරහා එක තත්පරයක් තුළදී ගමන් කරන ඉලෙක්ට්‍රෝන සංඛ්‍යාව ගනන් කළ විට අපට විදුලි ධාරාවේ ප්‍රමාණය ගණනය කළ හැකිය.

ඔබ යම් භාණ්ඩයක් සලකා බලන්න (උදාහරණයක් ලෙස, පොතක්). එම පොතට යම්කිසි "බරක්" ඇත. එහි යම් වර්ණයක් ඇත. මෙලෙසම මිලක්, පිටු ගාණ ආදී ලෙස විවිධ මැනගත හැකි ගතිගුණ ඊට ඇත. එහෙත් වීදුරුව යන භාණ්ඩය ගත් විට, පොතට තිබෙන "පිටු ගණන" යන ගුණය ඊට නැත. මේ අනුව, විවිධ ද්‍රව්‍යය සඳහා මැනගත හැකි විවිධ ගති ගුණ පවතින බව මෙම සරල උදාහරණයෙන් පෙනෙනවා. ඉලෙක්ට්‍රෝනයටද "බරක්" ඇත. තවත් මැනගත හැකි (ක්වන්ටම් ගතිගුණ නමින් හැඳින්වෙන) ගතිගුණ පවතී. ඉන් අපට වැදගත් එක් ගතිගුණයක් නම්, **"ආරෝපනය" (charge)** යන්නයි (ආරෝපණය Q යන සංකේත නාමයෙන් සාමාන්‍යයෙන් නිරූපණය කෙරේ). **ධන ආරෝපන (positive charge), ඍණ ආරෝපන (negative charge)** ලෙස ආරෝපන වර්ග දෙකක් ඇත. එකම වර්ගයේ ආරෝපන (එනම්, ධන-ධන හෝ ඍණ-ඍණ) එකිනෙකාව විකර්ෂණය කරන අතර වෙනස් වර්ගයේ ආරෝපන දෙකක් (එනම්, ධන-ඍණ) එකිනෙකාව ආකර්ෂණය කිරීම ආරෝපනවල ඇති වැදගත් ලක්ෂණයකි. "බර" (ස්කන්ධය) සම්මතයක් ලෙස කිලෝග්‍රෑම්වලින් (kg) වලින් මනින්නාක් මෙන්ම, ආරෝපනය මැනීමට **කූලෝම් (Coulomb)** (C යන සංකේත අක්ෂරයෙන් එය දැක් වේ. සෑම ඒකකයක් සඳහාම මෙවැනි කෙටි ඉංග්‍රිසි සංකේත අක්ෂරයක් ඇත.) නම් ඒකකයක් සම්මත කරගෙන ඇත. කූලෝම් යන විද්‍යාඥයාට ගෞරවයක් පිණිස මෙම නම යොදාගෙන ඇත. එක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ආරෝපනය දළ වශයෙන් ඍණ කූලෝම් 10^{-19} (-10^{-19} C) වේ.





විදුලියෙන් වැඩ ගැනීමෙදී එය නිතරම මැනිය යුතුය. එහිදී, විදුලියෙහි මැනගත යුතු ප්‍රධාන මැනුම් දෙකක් ඇත. එකක් නම් “**විදුලි ධාරාව**” (electric current) වේ (I යන සංකේත අකුරින් ධාරාව සාමාන්‍යයෙන් නිරූපණය කෙරේ). ඉහතදී මේ ගැන සඳහන් විය. ඉහත සඳහන් කෙරුනේ සන්නායකයක යම් ස්ථානයක් හරහා තත්පරයකට ගමන් කරන ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රමාණය මැනගත් විට අපට ධාරාව සොයාගත හැකි බවයි. මා දැන් එය වඩාත් නිවැරදි ආකාරයට නැවත කියන්නම්. එනම්, පෙර සේම සන්නායකයක යම් ස්ථානයක් හරහා එක් තත්පරයකට ගමන් කරන ආරෝපන ප්‍රමාණය මැනගත් විට, එම අගය ධාරාව වේ. ඔබට එසේ ගමන් කරන ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණන මැනගත හැකි නම්, එම ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණන 10^{-19} වලින් වැඩි කළ විට ලැබෙන්නේ ධාරාව වේ. එහෙත් ප්‍රායෝගිකව අප එසේ ඉලෙකට්‍රෝන ගණන මනින්නේ නැත. ඒ වෙනුවට ඉතා පහසුවෙන්ම ගමන් කරන ආරෝපන ප්‍රමාණය කෙලින්ම මැනගත හැකිය. එවිට ඍජුවම අපට ධාරාව මැන ගත හැකිය. මෙය ගණිතානුකූලව

ධාරාව = ආරෝපනය/කාලය (ආරෝපනය කාලයෙන් බෙදීම) $I = \frac{Q}{t}$

එනම්, එක් තත්පරයකට ගමන් කරන ආරෝපන ප්‍රමාණය ධාරාව ලෙස අර්ථ දැක්විය හැකිය. තත්පරයට කූලෝම් ලෙස ඒකකය ලැබේ. එහෙත්, සම්මතයක් ලෙස **ඇම්පියර්** (Ampere) (A හෝ Amp යන සංකේත අක්ෂර භාවිතා වේ.) යන කෙටි ඒකකh යොදා ගැනේ. ඇම්පියර් යන විද්‍යාඥයාට ගෞරවයක් ලෙස මෙම නම යොදා ඇත. ඒ අනුව,

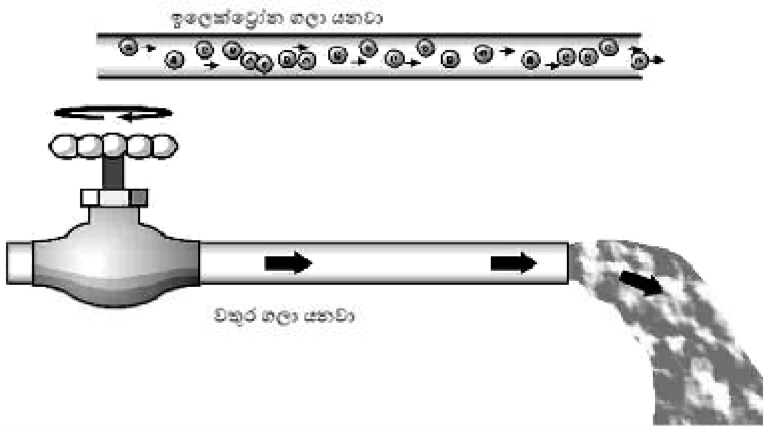
1 Cs^{-1} **(තත්පරයට කූලෝම්)** = 1 A **(ඇම්පියර්)**

ධාරාවට අමතරව, අනෙක් වැදගත් විදුලි මැනුම වනුයේ **විදුලි විභවයයි** (electric potential). මෙය බොහෝ දෙනා අතර ප්‍රචලිත වී තිබෙන්නේ “**වෝල්ටියතාව**” (Voltage) ලෙසයි. ඊට හේතුව විදුලි විභවය මනින ඒකකය වන්නේ **වෝල්ට්** (Volt) (V) වීමයි. විදුලිය ගැන පර්යේෂණ කළ හා පළමු වරට විදුලි බැටරිය නිපදවූ ඇලෙක්සැන්ඩර් වෝල්ටා යන විද්‍යාඥයාගේ නමින් එය නම් කර ඇත. මීටම **විද්‍යුත්ගාමක බලය** (electromotive force – EMF) යන වචනය යෙදේ. (කෙටි සංකේතය ලෙස V හෝ emf යන්න භාවිතා වේ.)

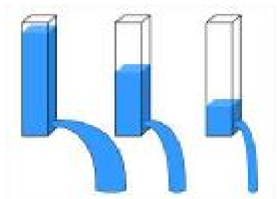
පළමුව විභවය යන්නෙහි සරල තේරුම දත යුතුය. එහි තේරුම “හැකියාව/ශක්තිය” යන්නයි. එනම්, යම් දෙයක් එහි පිහිටීම නිසා ලබා ගන්නා හැකියාව වේ. උදාහරණයක් ලෙස, ගල් කැටයක් පොළොව මට්ටමේ සිට අඩියක් උසින් තබා බිමට හෙලන්න (අවශ්‍ය නම් ඔබේ පාදය මතට. ටිකක් රිදේවි.) දැන් එම ගලම අඩි පහක් පමණ උසක සිට පෙර සේම අත් හරින්න. (නැවතත් එය අත් හැරියේ ඔබේ පාදය මත නම්, දැන් විශාල රිදීමක් දැනෙනු ඇත.) එකම ගල වුවත්, එහි පිහිටීම මත එහි ගබඩා කරගත් ශක්තිය (හෙවත් විභව ශක්තිය) වෙනස් වන බව ඔබට මෙම ක්‍රියාකාරකමින් තේරුම් යාවි. පොළොවේ සිට අඩියක් උඩින් ඇති විට ලබාගත් විභව ශක්තියට වඩා ශක්තියක් එය අඩි පහක් උඩින් තැබූ විට ලබා ගනී.

විදුලියටද විභව ශක්තියක් ඇත. විභවය (එනම් වෝල්ට් ගණන) වැඩි වන විට ඊට කළ හැකි හැකියාව/ශක්තියද වැඩි වේ. විදුලි විභවයෙන් කළ හැක්කේ මොනවාද යන්නයි දැන් ගැටළුව විය යුත්තේ. ඇත්තටම,

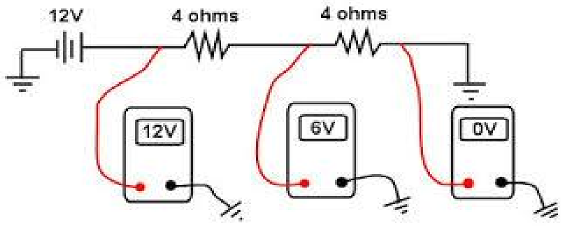
වෝල්ටියතාවෙන් සිදුකරන්නේ සරල වැඩකි. එනම්, ඉලෙක්ට්‍රෝන් ගමන් කරවීමයි. මදක් සිතා බලන්න. යම් තැනක ඇති දෙයක් ඉබේම ගමන් කරන්නේ නැහැ නේද? උදාහරණයක් ලෙස ඔබේ මේසය මත ඇති කඩදාසියක් ඉබේම ගමන් කරන්නේ නැත. මේසය මතට සුළං පාරක් වැදුනොත් එය විසි වී යනු ඇත. ඉලෙක්ට්‍රෝනවල තත්තවද එසේමයි. ඉලෙක්ට්‍රෝන යම් නිශ්චිත දිශාවකට ඉබේම ගමන් කරන්නේ නැත. එය යම් දිශාවකට ගමන් කරවීමට යම් “බලයක්” (“සුළං පාරක්”) ලබා දිය යුතුය. වෝල්ටියතාවෙන් සිදුකරන්නේ එම දෙයයි. එය හරියටම ගැලපෙන්නේ “පීඩනය” (pressure) යන විද්‍යා සංකල්පයටය. එම නිසාම, විදුලි විභවයට **විදුලි පීඩනය** (electric pressure) යන නමද යෙදෙනවා. එනම්, වාතය/වාත අංශු හෝ ජලය (හෝ එවැනි තරලයක්) ගමන් කරන්නේ හැම විටම වැඩි පීඩන කලාපයක සිට අඩු පීඩන කලාපයකටය. එලෙසමයි විදුලියත් (ඉලෙක්ට්‍රෝන). ඒවා ගමන් කරන්නේ වැඩි විභව මට්ටමක හෙවත් වැඩි විදුලි පීඩනයක සිට අඩු විභව මට්ටමකට (පීඩනයකට) යි. මෙම (විදුලි) පීඩන වෙනස නිසා ධාරාවක් ගමන් කරනවා. පීඩන වෙනස වැඩි වන්නට වන්නට ගලන ධාරාවද වැඩි වනවා.



තවද, විදුලි විභවය ගැන ගෙන හැර දැක්විය හැකි අනෙක් හොඳම උපමාවක් පහත රූපයේ දැක් වේ. ජල මට්ටම වැඩි විට, පහත සිදුරින් ගලන ජල පහර දැඩිය. (ජල මට්ටම වෝල්ටියතාව වන අතර ගලා යන දිය කඳ ධාරාව වේ. එනම්, වෝල්ටියතාව වැඩි විට ධාරාවද වැඩි වේ.)



මේ අනුව, ධාරාව හැම විටම එක් නිශ්චිත තැනකින් මනින දෙයක් වුවද, වොල්ටියතාව හැමවිටම ස්ථාන දෙකක් අතර මිම්මක් ලෙස මැනිය යුතු බව ඔබට පේනවා නේද? එනම්, පරිපථයක යම් ස්ථානයක ඇති වෝල්ටියතාව (වෝලට් ගණන) හැමවිටම එම පරිපථයේම තවත් ස්ථානයකට සාපේක්ෂව මැනිය යුතු වේ. යමකට වඩා යමක් අඩු (හෝ වැඩි) බව ප්‍රකාශ කිරීමට අගයන් දෙකක් අවශ්‍ය කෙරෙනවා නේද? උපමාවකින් කියන්නේ නම්, ඔබේ උස වැඩියි කියා කියන්නේ තවත් කෙනෙකු සමග සැසඳීමෙනි. වැඩි පීඩනයක සිට අඩු පීඩනයකට ධාරාව (ඉලේට්‍රෝන) ගමන් කරවීමට එම ස්ථාන දෙක අතර පීඩන වෙනස වැදගත් වෙනවා. එමනිසයි කියන්නේ විභවය ස්ථාන දෙකක් අතර පවතින දෙයක් බව. වැඩි විභවයේ/පීඩනයේ සිට අඩු විභවය දක්වා වොල්ටියතාව පවතින බැවින්, එය **විභව බැස්මක්** (voltage drop) ලෙසද හැඳින්වෙනවා. ධාරාව මෙන්ම වෝල්ටියතාවද ඉතා පහසුවෙන් මීටරයක් (මල්ටිමීටරයක්) මගින් මැනිය හැකිය.



විද්‍යාවේදී මැනිය හැකි දෙයක් රාශියක් ලෙස හැඳින්වෙන අතර, ඒ සෑම රාශියක් සඳහාම (කිලෝග්‍රෑම්, තත්පර, ඇම්පියර්, මීටර් වැනි) **ඒකකයක්** (unit) පවතී. මෙම සෑම ඒකකයක් සඳහාම කෙටි ඉංග්‍රිසි යෙදුමක්ද පවතී (උදාහරණ ලෙස, කිලෝග්‍රෑම් -> kg , තත්පර -> s , ඇම්පියර් -> A , මීටර් -> m). ඒ විතරක් නොවේ; ඒ සෑම රාශියක් සඳහාම කෙටි ඉංග්‍රිසි සංකේත නාමයක්ද පවතී (ස්කන්ධය (mass) -> M , දිග (length) -> L , කාලය (time) -> T). කැපිටල් අකුරු මෙන්ම සිම්පල් අකුරුවලින් එම සංකේත දැක්විය හැකිය. ඉතිං, ඉහත සඳහන් විදුලි රාශිවල සංකේත නාම බලමු.

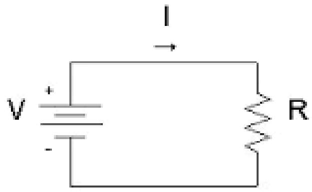
ධාරාව (Current) – I
වෝල්ටියතාව (Voltage) – E හෝ V හෝ emf
රෙසිස්ටන්ස් (ප්‍රතිරෝධය) – R

ඕම් නියමය

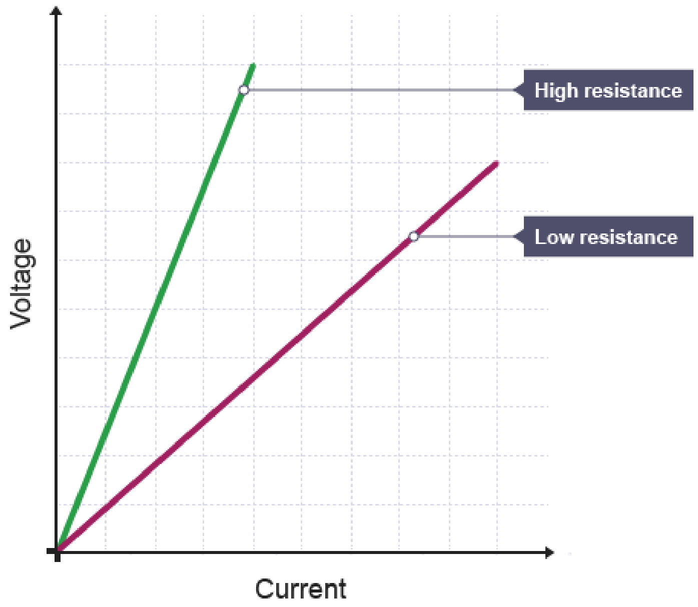
විදුලි ක්ෂේත්‍රයේ සෑම දෙනාම අනිවාර්යෙන්ම මතක තබා ගත යුතු හා ඉතා පහසුම හා ඉතා වැදගත්ම නියමය මෙය වේ. ඕම් නැමැති විද්‍යාඥයා විසින් මෙය මුල්වරට සොයාගත් නිසා ඔහුගේ නමින්ම මෙම නියමය නම් කර ඇත. ඉහත සඳහන් කළ, ධාරාව, වෝල්ටියතාව, හා ප්‍රතිරෝධය අතර ඇති සම්බන්ධතාව මෙම නියමය (මූලධර්මය) මගින් පෙන්වා දෙනවා. ඇත්තටම මෙම වැදගත් නියමය සිතාගත නොහැකි තරමටම ඉතා සරලය.

$$V = IR$$

(මෙයම E = IR යනුවෙන්ද ලියනවා.)



ඉහත රූපයෙන් පෙන්වා දී ඇති පරිදි, යම් සන්නායකයක් විද්‍යුත් ප්‍රභවයකට සම්බන්ධ කළ විට, එම විදුලි ප්‍රභවය විසින් එම සන්නායකය දෙපස යම් විදුලි පීඩනයක් හෙවත් වෝල්ටියතාවක් ඇති කරනවා. එම වෝල්ටියතාව නිසා, සන්නායකය තුළින් යම් ධාරාවක් ගමන් කරනවා. එසේ ගමන් කරන ධාරාවේ ප්‍රමාණය/අගය තීරණය වන්නේ එම යොදන වෝල්ටියතාව හා සන්නායකයේ රෙසිස්ටන්ස් එක මතයි. සාමාන්‍යයෙන් පරිපථයක රෙසිස්ටන්ස් එක නියතයකි. ඒ අනුව වෝල්ටියතාව වැඩි කරගෙන යනවා යනු ඊට සමානුපාතිකව ධාරාවද වැඩි වීමක් ලෙස සැලකිය යුතුය. වෝල්ටියතාව වැඩිකරගෙන යන විට, ධාරාවද රේඛීයව වැඩි වීම පහත ආකාරයට ප්‍රස්ථාරයකින් පෙන්නුම් කළ හැකියි. ප්‍රස්ථාරයේ බෑවුමින් පෙන්වන්නේ ප්‍රතිරෝධයේ විශාලත්වයයි (සරල ගණිත ප්‍රස්ථාර දැනුම අනුව මෙය පහසුවෙන් තේරුම් ගත හැකියි).



ප්‍රතිරෝධය මනින ඒකකය **ඕම්** (ohm) වන අතර, එම ඒකකයේ සංකේතය ග්‍රීක හෝඩියේ අකුරක් වන ඔමෙගා (**Ω**) වලින් දැක්වේ.

විදුලි හා ඉලෙක්ට්‍රෝනික්ස් පරිපථ නිර්මාණයේදී අත්‍යවශ්‍යයෙන්ම හා නිරන්තරයෙන්ම භාවිතා වෙන යම් සිද්ධාන්තයක් ඇත් නම්, එය මෙම ඕම් නියමය වේ. පරිපථ නිර්මාණයේදී ඔබ විවිධ විදුලි හා ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපාංග යොදනු ඇත. ඒ සෑම උපාංගයක්ම නිසියාකාරව ක්‍රියා කිරීමට අවශ්‍ය කරන වෝල්ටියතාවන් හා ධාරාවන් පවතී. එම අගයන් ඉක්මවා ගිය විට, එම උපාංග දැවී යන අතර, අවශ්‍ය අගයට වඩා අඩු වූ විට, එම උපාංග ක්‍රියා විරහිත වේ. එනිසා ඔබට දැන් තේරුම් යා යුතුයි අප යොදන ඒ සෑම උපාංගයකටම උචිත ධාරාව හා වෝල්ටියතාව ගණනය කිරීමට ඉහත සරල නියමය නිතර නිතර යෙදීමට සිදු වන බව.

සටහන

විදුලි උපාංග (electrical devices) හා **ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපාංග** (electronic devices) අතර වෙනසක් පවතී. විදුලි උපාංග පමණක් යෙදූ පරිපථ හඳුන්වන්නේ **විදුලි පරිපථ** (electric circuit) ලෙසය. ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග එකක් හෝ යොදා ගත් විට එම පරිපථයම **ඉලෙක්ට්‍රොනික් පරිපථයක්** (electronic circuit) ලෙස හැඳින්වේ.

විදුලි උපාංග බොහෝ විට සරලය. සරල බල්බය, ස්විචය, හීටර් කොයිලය, සරල මෝටරය වැනි කෙලින්ම විදුලියට සම්බන්ධ කොට යම් එක් නිශ්චිත කාර්යක් සිදු කර ගන්නා උපාංග විදුලි උපාංග වේ. එම උපාංගවල ක්‍රියාකාරිත්වය බොහෝ විට අපට අවශ්‍ය කරන යම් කාර්යක් සෘජුවම ලබා දෙයි (උදාහරණයක් ලෙස, බල්බයේ ආලෝකය අපට සෘජුවම ලැබේ; මෝටරය කරකවමින් ෆෑන් එකක් සේ ක්‍රියා කර සුළඟ ලබා දේ). කොහොමත්, විදුලි පරිපථ සරලය. බොහෝ විට සලකා බලනු ඇත්තේ ලබා දෙන බලයට (input power) සාපේක්ෂව හොඳ කාර්යක්ෂම හා කාර්යසාධක ප්‍රතිඵලයක් (output) ලබා ගැනීමය. ගෙවල් “වයරින්” කිරීම ආදියේදී සිදු කරන්නේ විදුලි පරිපථ සෑදීමයි.

එහෙත් ඉලෙක්ට්‍රොනික පරිපථ ඉතා සංකීර්ණ විය හැකිය. (පරිගණකයක පරිපථ සටහනක් කියවා බලන්න; එවිට පෙනෙයි එම ඉලෙක්ට්‍රොනික පරිපථය කෑලි දහස් ගණනකින් සැදුම්ලත් විශාල හා සංකීර්ණ දෙයක් බව.) ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග යනු පසුවට ඔබ එකින් එක ඉගෙන ගැනීමට යන රෙසිස්ටරය, කැපැසිටරය, ඩයෝඩය, ට්‍රාන්සිස්ටරය වැනි උපාංගයි. මෙම උපාංග බල්බය, මෝටරය වැනි විදුලි උපාංග මෙන් සෘජුව යම් ප්‍රතිඵලයක් ලබා නොදේ. ඒ වෙනුවට එම උපාංග රාශියක් සහයෝගයෙන් ක්‍රියා කර යම් “බුද්ධිමත්” ක්‍රියාවලියක් සිදුකරයි.

මේ අනුව, ඉලෙක්ට්‍රොනික් පරිපථ බුද්ධිමත් පරිපථ වේ. අප මෙම පාඩම් මාලාවෙන් ඉගෙනීමට යන්නේ ඉලෙක්ට්‍රොනික් පරිපථ සැදීමයි.

ඇත්තටම, ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ඉගෙන ගන්නවා කියන්නෙම මෙම විවිධ කාර්යන් සිදු කරන ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග එකින් එක වෙන වෙනම ඉගෙන ගැනීමත්, එම උපාංග විවිධ ප්‍රයෝජනවත් හා "බුද්ධිමත්" ප්‍රතිඵල ලබා දෙන ආකාරයට විවිධාකාරයෙන් එකට සම්බන්ධ කිරීමට ඉගෙන ගැනීමත්ය.

විදුලිය සතුව පවතින ශක්තිය ගණනය කරන්නේ කෙසේද?

විදුලිය යනු ශක්තියක් බව දැන් ඔබ දන්නවා. විදුලියේ ඇති වෝල්ටියතාව හා ධාරාව යන ගතිගුණ දෙක පිළිබඳවත් ඔබ දැන් දන්නවා. එහෙත්, වෝල්ටියතාව හෝ ධාරාව යනු විදුලියේ ශක්තිය නොවේ; ඒ දෙක විදුලි ශක්තියේ ගති ගුණ දෙකක් පමණි.

ශක්තිය (Energy) විවිධාකාරයෙන් පවතිනවා. **ආලෝකය** (light) යනුද ශක්තියකි. **තාපය** (heat) යනුද ශක්තියකි. ශක්තිය රසායනික (chemical) ස්වරූපයෙනුත් පවතිනවා (ඔබේ ශරීරයේ තිබෙන ශක්තිය පවතින්නේ මෙම රසායනික ක්‍රමයටයි). තව නොයෙක් ආකාරයෙන් ශක්තිය පවතිනවා. විදුලිය යනුද ශක්තිය පවතින එක් ආකාරයක් පමණයි. මොන ආකාරයෙන් පැවතියත්, ශක්තිය යනු "*යම් කිසි කාර්යක් කිරීමේ හැකියාව*" ලෙස අර්ථ දක්වා තිබෙනවා. ශක්තය මනින සම්මත ඒකකය **ජූල්** (Joule) (J) වේ (එය ජූල් යන විද්‍යාඥයාගේ නමින් නම් කර ඇත.) කිලෝ එකක බරක් කී විට ඔබට යම් හැඟීමක් ඒ ගැන ඇත. ඊට හේතුව ජීවිතයේ නිතරම විවිධ ද්‍රව්‍ය කඩෙන් මිලදී ගැනීමෙදි කිලෝග්‍රෑම් එක්ක නිතර හැප්පෙන නිසාය. සමහර විට බඩුවක් අතට ගෙන මෙතන කිලෝවක් නැහැයි කියා කඩේ මුදලාලි අඩුවෙන් කිරා ඇති බවට චෝදනා කරන අවස්ථාද නිතර අසන්නට ලැබේ. එහෙත් ජූල් එකක ශක්තියන් යනු කොතෙක්දැයි එකවර අපට දැනීමක් ඇති නොවේ. විවිධාකාරයේ ශක්තීන් ඇති නිසා එලෙස හැඟීමක් ඇති කර ගැනීම පහසුද නැත. (කැමති නම්, එදිනෙදා ජීවිතයේ හමුවන ශක්තීන් යොදාගන්නා අවස්ථාවල් ගැන සොයා බලා ඒ ඒ ඒවාට කොතරම් ශක්ති ප්‍රමාණයන් ඇතිදැයි සොයා බලන්න.) ඔබේ සාමාන්‍ය දැනීම හා විනෝදයට මා එවැනි උදාහරණ කිහිපයක් කියන්නම්. සාමාන්‍ය මිනිසෙකුගේ මොලය සෑම තත්තපරයකදීම 80 J ක් පමණ වැය කරයි. ගෙදර ඇති වොට් 60 සාමාන්‍ය බල්බයකින් සෑම තත්පරයකදීම 60 J ක් වැය කරනවා. ඔබ කෑමට ගන්නා සීනි ග්‍රෑම් එකක දළ වශයෙන් 16000J පමණ ශක්තියක් ශරීරයට ලබා දෙනවා.

ශක්තිය එක්කෝ ගබඩා (store) වී පවතී. නැතිනම්, ශක්තිය උත්පාදනය (generate) කරයි. එහෙමත් නැතිනම්, ශක්තිය වැය (dissipate/consume) වේ. ශක්තිය උත්පාදනය කරන හෝ වැය කරන විට, තත්පරයකට කොතරම් ප්‍රමාණයක් නිපදනවාද හෝ වැය වෙනවාද යන්න දැන ගැනීම වැදගත්ය. යම් දෙයක් තත්පරයට (යම් කාලයකට) කොතරම් වේගයකින් වෙනස්වනවාද (නිපදවෙනවාද හෝ වැයවෙනවාද) යන්න ගණනය කිරීමට අප "**සීඝ්‍රතාව**" (rate) කියා කියනවා. ඒ අනුව, "තත්පරයට ශක්තිය" යන්න නිතරම අපට හමුවන රාශියක්. එම "තත්පරයට ශක්තිය" යන සීඝ්‍රතාවට "**ක්ෂමතාව**" **හෝ** "**ජවය**" (power) (P) යන වෙනමම නමක්ද භාවිතා කරනවා. එහි සංකේතය P වේ. එය මනින ඒකකය "තත්පරයට ජූල්" (Js^{-1} හෝ J/s) වේ. මෙම රාශිය බහුලවම භාවිතාවන එකක් නිසා, ඊට තත්පරයට ජූල් යන දිග නාමයක් සහිත ඒකකය වෙනුවට "**වොට්**" (Watt) (W) යන කෙටි නමක්ද හඳුන්වා දී තිබෙනවා. (මෙයද ජේම්ස් වොට් යන විද්‍යාඥයාට ගෞරවයක් පිණිස ඔහුගේ නමින් නම් කර ඇත.) ඔබ වොට් යන නම නිතර භාවිතා කරනවා නේද (කඩෙන් බල්බයක් ගන්න ගිය විටදි එහෙම)? එනම්,

ක්මතාව (වොට්) = ශක්තිය (ජූල්) / කාලය (තත්පර)

ඇත්තටම, ශක්තිය ගණනය කිරීම වෙනුවට අප බොහෝ විට කරන්නේ ක්මතාව හෙවත් ජවය ගණනය කිරීමයි. (ජවය දන්නා විට පහසුවෙන්ම ශක්තියද මැනගත හැකිය.) දැන් ඔබ විදුලියේ ඇති ක්මතාව ගණනය කරන විදිය

දැන ගැනීම උගත යුතුය. වෝල්ටියතාව හා ධාරාව දන්නේ නම්, ඔබට ඉතා පහසුවෙන් එය කළ හැකිය. ඒ සඳහා පහත සූත්‍රය භාවිතා කරන්න. මෙම සූත්‍රයද හොඳින් කටපාඩමින් තිබිය යුතුය.

$$P = VI$$

අපි එක් උදාහරණයක් ගෙන බලමු. **ඔෙ   නිවසට සැපයෙන විදුලි බල සැපයුම 230V ක වෝල්ටියතාවක්ද, උපරිම ධාරාව 40A ද** වේ. ඉහත සූත්‍රය අනුව, එම විදුලි සැපයුමෙන් ඔබට තත්පරයකට උපරිමව (230 x 40 =) 9200J ක ශක්ති ප්‍රමාණයක් හෙවත් 9200 W ලැබේ. ඒ අනුව ඔබට අවශ්‍ය නම්, වොට් 100 විදුලි බල්බ (9200 / 100 =) 92ක් එකවර දැල්විය හැකිය. ඔබ ඇඳුම් මදින ඉස්තිරික්කය 1500W පමණ වේ. (ඔබේ නිවසේ ඇති විදුලි උපකරණවල වොට් ගණන සොයා බලන්න. බොහෝ උපකරණවල තමන්ට අවශ්‍ය කරන වොට් ගණන සටහන් කර ඇත.)

FOOD PREPARATION	Watts
Blender	300 to 500
Coffee Maker	800
Convection Oven	1500
Dishwasher	1000 to 1500
Food processor	500 to 750
Frying Pan	1000 to 1200
Hot Plate (per burner)	600 to 1000
Microwave	1000 to 1500
Mixer	120 to 250
Waffle Iron	1200

FOOD STORAGE	
Refrigerator (16 cu.ft., ± 13 hr./day,)	500
Sunfrost Refrigerator (16 cu.ft., ± 7 hr./day)	112
Freezer(14 cu.ft., x 14 hr./da	500
Sunfrost Freezer (19 cu.ft., ± 10 hr./day)	112

MOTORS	
1/4 HP. AC	300 to 400
½ HP AC	450 to 600
over 1/2 hp, per hp	950 to 1000
1/4HP DC	170 to 200
1/2 HP DC	200 to 450

PERSON CARE	Watts
Hair dryer	350 to 1200
Heating pad	50 to 75
Shaver	8 to 12
Blow Dryer	1000

ENVIRONMENTAL COMFORT	
Air Conditioner, central	2500 to 6000
Air Conditioner, room	800 to 2500
Electric Blanket	200
Dehumidifier	250
Fan, portable AC	50 to 200
Fan, portable DC	10 to 20
Ceiling fan AC	50 to 100
Ceiling fan DC	5 to 24
Heat lamp (infra-red)	250 to 500
Heater, Water Bed	800
Humidifier	450

LIGHTS	
AC incandescents(lights use slightly more than their rating, via inverter)	
Compact Fluorescent (Incand. Equiv)	
40 watt equiv.	11
60 watt equiv.	16
75 watt equiv.	20
100 watt equiv.	30

ENTERTAINMENT	Watts
Projector, slide or movie	300 to 500
Stereo AC	30 to 100
TV, black & white DC	15
TV, Color AC 25"	150
TV, Color AC 19"	70
VCR	40
Satillite Dish	150
Computer, laptop	20 to 50
Computer, PC	80 to 150
Copier, small	700

LAUNDRY	
Electric Dryer	4000 to 6000
Gas Dryer	300 to 400
Electric Iron	800 to 1200
Washing Machine, manual	300 to 550
Washing Machine, automatic	500 to 700
Washing Machine, auto.(efficient)	165 watt/hr.

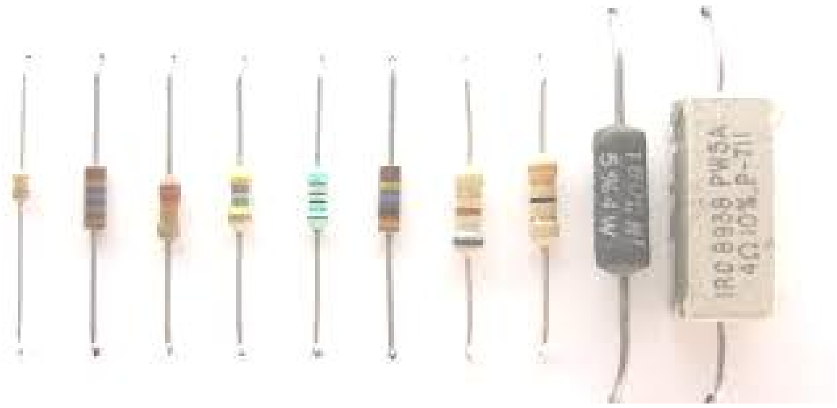
MISCELLANEOUS	
Vacuum Sweeper,	400 to 1000
Sewing Machine	60 to 90
Weed Eater	300 to 450
3/8" Drill	250
7 1/4" Circular saw	900

ප්‍රතිරෝධක

ප්‍රතිරෝධයක් හෙවත් බාධාවක් දැක්විය හැකි ඕනෑම දෙයක් **ප්‍රතිරෝධකයක්** (resistor) නම් වේ. විදුලියේදී අප සලකන්නේ විදුලියට බාධායක් දක්වන (හෙවත් රෙසිස්ටන්ස් එකක් දක්වන) විදුලි ප්‍රතිරෝධක ගැනයි. සෑම ද්‍රව්‍යයකටම යම් ප්‍රතිරෝධයක් පවතින බව මුලදී පැවසුවා මතකද? පරිපථ නිර්මාණයේදී, අපට ඕම් දහසකින් පංගුවේ (මිලි ඕම්) සිට ඕම්ස් මිලියන ගණන් (මෙගා ඕම්ස්) දක්වා වූ ප්‍රතිරෝධය අගයන් අවශ්‍ය කෙරේ (මේ ගැන තවදුරටත් සුළු මොහොතකින් කතා කරනු ඇත.) ඉතිං, මෙම විවිධ අගයන් සහිතව නිපදවූ විශේෂ ඉලෙක්ට්‍රොනික උපාංගයකි රෙසිස්ටරය කියන්නේ. විවිධ හැඩවලින් විවිධ කොම්පැනි විසින් විවිධ ද්‍රව්‍යවලින් විවිධ අගයන්ගෙන් හා විවිධ වෙනත් අමතර ගතිගුණ සහිතව මෙම රෙසිස්ටර් නිපදවනු ලබනවා. විවිධත්වය කුමක් වුවත්, මෙහි මූලිකම හා වැදගත්ම ක්‍රියාකාරිත්වය නම්, එම උපාංගය හරහා යන විදුලි ධාරාවට එම උපාංගයේ සඳහන් කර ඇති අගයට සමාන රෙසිස්ටන්ස් එකක් ඇති කිරීමයි.

මෙම උපාංගය ප්‍රධාන වශයෙන් බැලූ බැල්මටම වෙනස දැනෙන සේ ඇති “සයිස්” (size) දෙකකින් ලබා ගත හැකිය.

1. Hole-through (HT) (හෝල් තෲ) (හෝ Throgh-hole) - මේවා දැනටත් බහුලව භාවිතා කෙරෙන විශාලව නිපදවන, සවි කිරීමට දිග කුරු (leads) සහිත ඒවාය. සාමාන්‍ය “බවුත්” එකකින් පහසුවෙන්ම පෑස්සිය හැකිය. මේවා විවිධ හැඩයන්ගෙන්ද පවතී.

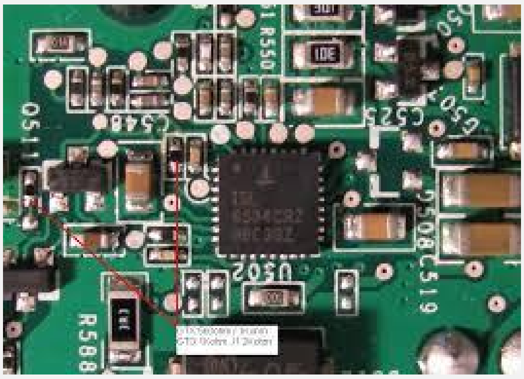


2. SMD (එස් එම් ඩී) (Surface Mount Devices) - මේවා ඉතා කුඩාය. ඇඟිලිවලින් පවා හැසිරවීමට අපහසුය. රොබෝ තාක්ෂණයෙන් පාස්සන නවීන උපකරණවල බොහෝවිට ඇත්තේ මේවාය. රොබෝ දෑත්වලට මේවා සිය ගණනක් තත්පර කිහිපයකින් පෑස්සීමට හැකි වුවත්, ඔබ අතින් (manually) පාස්සන විට ඉතා අපහසුය. සාමාන්‍ය බවුතයකින් පෑස්සීම නුසුදුසු වන අතර, ඒවා පෑස්සීමට විශේෂ උපකරණ ඇත. (ඔබ මොබයිල් ෆෝන් රෙපයාර් කරන අය දැක ඇත්නම්, මෙම විශේෂ පෑස්සුම් උපකරණය දැක ඇති. ඒවා රුපියල් හාර පන්දහකට පමණ ගත හැකිය.) ඇත්තටම, කැමති නම්, ඉතා සීරුමාරුවෙන් මෙම උපාංගද සාමාන්‍ය බවුතයකින් පෑස්සිය හැකිය.

සටහන

SMD තාක්ෂණය නව තාක්ෂණ ක්‍රමයකි. මෙම තාක්ෂණය SMT (Surface Mount Technology) යනුවෙන්ද හැඳින් වේ. මෙම උපාංගවල ඇති විශේෂත්වය නම්, ඒවා පරිපථ පුවරුවට සම්බන්ධවන්නේ එක් පැත්තකින් පමණි. එනම්, පැරණි HT උපාංගවලදී, එම උපාංගවල කූරු ඇතුලු කරන්නේ පුවරුවේ එක් පැත්තකින් වන අතර, පෑස්සීම සිදු කරන්නේ පුවරුවේ අනෙක් පැත්තේය. එවිට, පුවරුවේ සිදුරු (holes) ඇති කළ යුතුය (hole-through ලෙස නම ලැබී ඇත්තේද ඒ නිසයි.) එහෙත් SMD උපාංගවලට කූරු නොමැති අතර (ඒ වෙනුවට ඇත්තේ pad (පෑඩ්) ලෙස හැඳින්වෙන කුඩා සන්නායක කොටස්ය.) ඒවා පුවරුවේ එක් පසෙක පහසුවෙන් හා හුරුබුහුටියට සවි කළ හැකිය (විශේෂ පෑස්සීම් ක්‍රම මගින්).

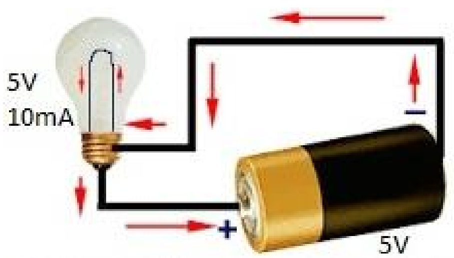
කුඩා වීම නිසා අඩු ඉඩ ප්‍රමාණයක් මෙන්ම වියදමද අඩු වේ. තවද, වැය කරන විදුලි ශක්ති ප්‍රමාණයද අඩු වේ. පරිපථය රත් වීමද අඩු වේ. මේ අනුව බලන කළ, මෙම තාක්ෂණය යහපත්ය. රෙසිස්ටර් පමණක් නොව, කැපැසිටර්, ට්‍රාන්සිස්ටර්, අයිසී ආදී අනෙකුත් ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපාංගද SMD ආකාරයෙන් මිල දී ගත හැකිය. කර්මාන්තශාලාවලින් අප අතට පත් වන සෑම ඉලෙක්ට්‍රෝනික පරිපථයකම දැන් භාවිතා වන්නේ මෙම තාක්ෂණයයි. එමනිසා, පරිපථ (උපකරණය) කුඩා වීම, මිල අඩු වීම සිදු වී ඇත.



රෙසිස්ටරය යනු ඕනෑම පරිපථයක වැඩිපුරම යොදාගනු ලබන විද්‍යුත් උපාංගය වේ. ඊට හේතුව වන්නේ, මුලදීත් සඳහන් කළ ආකාරයට, (අනෙක්) උපාංගවලට නියමිත ධාරාව හා වෝල්ටියතාව සකසා දෙන්නේ මෙම රෙසිස්ටර් භාවිතා කිරීමෙන් වීමයි.

විදුලි හා ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපාංගයකට අවශ්‍ය ධාරාව හා වෝල්ටියතාව නිශ්චය කිරීම

පහත පරිපථ සටහන බලන්න.



මෙහි විදුලි බල්බයට අවශ්‍ය කරන ධාරාව 10mA ක්ද, අවශ්‍ය කරන වෝල්ටියතාව 5v ක්ද වේ යැයි සිතමු. එනිසා, බල්බයට 5v ක බැටරියක් (විදුලි ශක්ති ප්‍රභවයක්) සවි කිරීම පමණක් සෑහේ. එවිට, බල්බය දෙපසට දිය යුතු

වෝල්ටියතාව නියම ප්‍රමාණයටම පවතී. උපාංගයකට අවශ්‍ය වෝල්ටීතාව මේ ආකාරයට කෙලින්ම විදුලි ප්‍රභවයෙන් සැපයිය හැකි නම්, ධාරාව ගැන එතරම් සැලකිලිමත් විය යුතු නැත. මක්නිසාද යත්, උපාංගයට අවශ්‍ය කරන ධාරා ප්‍රමාණය පමණක් බැටරියෙන් උකහා ගැනීම සිදු වේ. එනම්, අඩුවෙන් හෝ වැඩියෙන් ධාරාවක් බැටරියෙන් ලබා නොගෙන උපාංගයට අවශ්‍ය නියම ප්‍රමාණය පමණක් ලබා ගනී. (ඒ අතින් බලන කළ, විදුලි උපාංග සාධාරණයි නේද?)

ඔබගේ නිවසේ ඇති විදුලි බල්බ හා වෙනත් විදුලි උපකරණ සියල්ලම කෙලින්ම ගෙදර ප්‍රධාන විදුලියට ප්ලග් බේස් හරහා සම්බන්ධ කරනවා නේද? එම උපකරණ සියල්ලම 230v විදුලිය සමග වැඩ කරන ඒවාය. ශ්‍රී ලංකාවෙ නිවසකට විදුලි බල මණ්ඩලය මගින් ලබා දෙන්නේ 240V ක නියත විභවයක් හා උපරිමව 40A ක ධාරාවක් ගත හැකි විදුලි සම්බන්ධතාවකි. ඉහත ආකාරයට යම් උපකරණයක් සම්බන්ධ කළ විට, එම උපකරණයට අවශ්‍ය කරන ධාරා ප්‍රමාණය පමණක් ලබා ගනී. මෙහිදී එවැනි උපකරණයකට ලබා ගත හැකි උපරිම ධාරා ප්‍රමාණය 40A ඉක්මවා යා නොහැකියි. උපරිම ධාරා ප්‍රමාණය 40A ට සීමා වන බව ඔබට පේනවා නේද? (මොකද විදුලි බල මණ්ඩලයෙන් ලබා දෙන උපරිමය එය නිසා.)

එහෙත් මෙහිදී මතක තබා ගත යුතු වැදගත් කරුණක් ඇත. එනම්, බැටරියේ (ප්‍රභවයේ) වෝල්ටියතාව උපාංගයට අවශ්‍ය කරන ප්‍රමාණයෙන් පැවතුණත්, සමහරවිට අවශ්‍ය කරන ධාරා ප්‍රමාණය සැපයීමට එය පෙහොසත් නොවිය හැකිය. සෑම විදුලි ප්‍රභවයක්ම පිටතට සැපයිය හැකි විදුලි ධාරාවේ උපරිම සීමා පවතී. යම් අධි-ධාරාවක් බලාපොරොත්තු වන උපාංගයක් ඇති විටක, එම උපාංගය ඉල්ලන ධාරා ප්‍රමාණය අඛණ්ඩව සැපයීමට ඊට සවි කර ඇති බැටරියට නොහැකි වීමට ඉඩ තිබේ. එවිට, බැටරිය ඉක්මනින්ම රත් වී විනාශ වී යයි. මෙවැනි තත්වයන් සුවිශේෂිය. නිතර හමු නොවේ. එවැනි විටක, වැඩි ධාරා ප්‍රමාණයක් අඛණ්ඩව සැපයීමට හැකි බැටරි වර්ග හඳුන්වා දී ඇත. මේවා heavy duty (හෙවි ඩියුටි) බැටරි ලෙස හැඳින්වෙන අතර, ඒවා සාමාන්‍ය බැටරි මෙන් කිහිප ගුණයක් මිලෙන්ද වැඩිය. (මේ ගැන නැවත පසුවට විස්තර කෙරෙනු ඇත.) සමහරක් ඩිජිටල් කැමරා ආදියට මෙවැනි හෙවි ඩියුටි බැටරි යෙදිය යුතු බවට එම කැමරාව සමග එන විස්තර පත්‍රිකාවේ (manual) සඳහන් වේ.

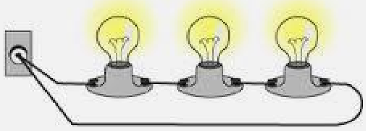
ඇත්තටම, ඉහත රූපයේ සඳහන් ආකාරයට උපාංගයට අවශ්‍ය කරන වෝල්ටියතාව කෙලින්ම බැටරි (හෝ වෙනත් විද්‍යුත් ශක්ති ප්‍රභවයකින්) සැපයීම ප්‍රායෝගික නැත. සාමාන්‍යයෙන් සරල පරිපථයක පවා, විවිධ වෝල්ටියතාවන් ඉල්ලා සිටින උපාංග දුසිම් ගණනක් ඇත. ඉහත ක්‍රමය අනුගමනය කරන්නට ගියොත්, එක් එක් උපාංගයක් සඳහා ඊටම සරිලන වෝල්ටියතා සහිත බැටරි දුසිම් ගණනක් පරිපථයකට එකතු කිරීමට සිදු වේ. එය කිසි සේත් සිදු කළ නොහැකි දෙයකි. එවිට, වෙනත් විසඳුමක් ඇත්ද? ඔව්, කදිම හා සරල විසඳුමක් ඇත. එක් විදුලි ශක්ති ප්‍රභවයක් (බැටරියක්) පමණක් යොදා ගෙන එය කළ හැකිය. එය කිරීමට උදව්වට එන්නේ රෙසිස්ටරය වේ.

යම් උපාංගයක් ඊට අවශ්‍ය කරන වෝල්ටියතාවට වඩා මදක් හෝ වැඩි වෝල්ටියතාවක් සහිත බැටරියකට සම්බන්ධ කළ විට, එම උපාංගය රත් වී විනාශ වී යයි. එමනිසා, ඒ වැඩිපුර ඇති වෝල්ටියතාව උපාංගයට අවශ්‍ය වෝල්ටියතාවට අඩු කරගත යුතුය. එය පහසුවෙන් කළ හැකිය. කළ යුතු වන්නේ සුදුසු අගයක් සහිත රෙසිස්ටර් එකක් එම උපාංගය සමග ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කිරීම පමණි (එය කරන ආකාරය පසුව විස්තර කෙරේ).

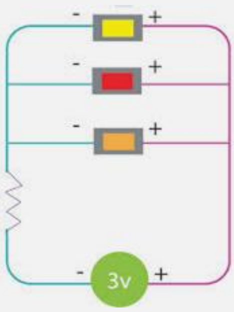
සටහන

එකම හෝ විවිධ වර්ගයේ උපාංග දෙකක් එකිනෙකට සම්බන්ධ කරන ක්‍රම දෙකක් පවතී.

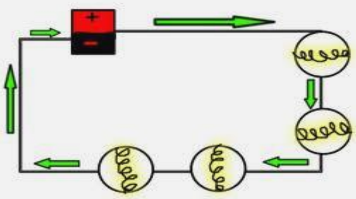
1. ශ්‍රේණිගත (series)



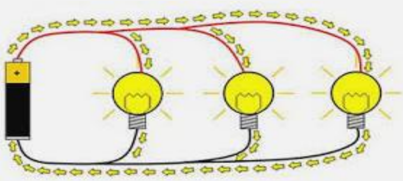
2. සමාන්තරගත (parallel හෝ shunt)



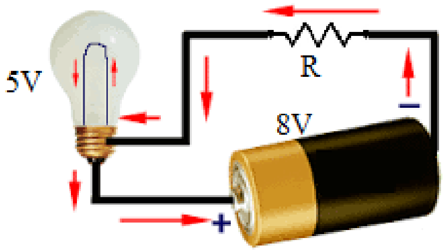
ශ්‍රේණිගතද සමාන්තරගතද යන්න තීරණය කරන්නේ එම සම්බන්ධ කරන ලද උපාංග දෙක හරහා ධාරාව ගමන් කරන විදිය අනුවය. ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කිරීමකදී, ධාරාව සම්බන්ධිත සෑම උපාංගයක් හරහාම නොබෙදී ගමන් කරයි. එනම්, පළමු උපාංගය තුළින් ගලන ධාරාවම කිසිදු අඩු වැඩියක් නොවී දෙවැනි උපාංගය හරහාද ගමන් කරයි.



සමාන්තරගතව සම්බන්ධ කිරීමකදී, ධාරාව සම්බන්ධිත උපාංගවලට අනිවාර්යෙන්ම බෙදී ගමන් කරයි. එනම්, උපාංග දෙක සම්බන්ධ වන ස්ථානයේදී (මහා පාරක තුන්මං හන්දියක මෙන්) මුළු ධාරාවෙන් එක් කොටසක් එක උපාංගයක් තුළින්ද, අනෙක් කොටස අනෙක් උපාංගය තුළින්ද ගමන් කර, එලෙස වෙන් වෙන්ම ගමන් ගත් ධාරා දෙක එම උපාංග දෙක එකතු වන අනෙක් කෙළවරේදී නැවත එකතු වේ.



පහත පරිපථයද බලන්න.



මෙහිදී සිදු වන්නේ විදුලි බල්බයට අවශ්‍යකරන වෝල්ටියතාව වන 5v පමණක් එම උපාංගය දෙපසටත් ඉතිරි (8v – 5v =) 3v ප්‍රමාණය R රෙසිස්ටරය දෙපසට ඩ්‍රොප් වීමට සැලැස්වීමයි. රෙසිස්ටරයක යම් නිශ්චිත ඕම් ප්‍රමාණයක් ඇති අතර එය ඕම් නියමයෙන් සොයා ගත යුතුය. එමනිසා, හැමවිටම රෙසිස්ටරයක් හරහා යන ධාරාව හේතුකොට ගෙන එම රෙසිස්ටරය දෙපස යම් වෝල්ටියතාවක් පවත්වා ගනී. මෙම උදාහරණයේදී එම රඳවා ගත යුතු වෝල්ටියතාව වෝල්ට් 3කි. එම 3v ලැබීමට නම්, කොතරම් ධාරාවක් එය හරහා ගලා යා යුතුදැයි සොයා ගත යුතුය. ඔබ දැනටමත් දන්නවා බල්බයට අවශ්‍ය කරන ධාරා ප්‍රමාණය 10mA බව. රෙසිස්ටරය සම්බන්ධ කර ඇත්තේ ශ්‍රේණිගතව බැවින්, R හරහාද ගලා යා යුත්තේ එම ධාරා ප්‍රමාණයම නේද? දැන් V=IR සූත්‍රය යොදා ගෙන R හි අගය සොයාගත හැකිය. එනම්,

V = IR

(8 – 5)v = 10mA x R à 3v = 0.01A x R à R = 3/0.01 = 300 ohms.

මෙම ගණනය කිරීම ඉතා සරලය. පරිපථ නිර්මාණය කිරීමේදී, මෙම ගණනය කිරීම ඔබට නිතර නිතර සිදු කිරීමට වේවි.

වයර්වල ප්‍රතිරෝධය ශුන්‍ය ලෙස සලකන්නේ ඇයි?

ඔබගේ බැංකු පොතේ කොතරම් මුදලක් ඇත්දැයි ඇසුවොත් සමහරවිට ඔබ කියාවි, රුපියල් 12000 ක් (පමණ) තිබෙනවා කියා. ඇත්තටම බැලුවොත් එහි රුපියල් 12030 ක් තිබේ යැයි සිතමු. එහෙත් ඔබ අර රුපියල් 30 එතරම් ගණන් ගන්නේ නැත. ඊට හේතුව 12000 ට සාපේක්ෂව 30 යනු කුඩා අගයක් වීමයි ("තෝරු මෝරු අස්සේ හාල් මැස්සන්" සේ). ප්‍රතිරෝධ ගැන කථා කරන විටද, මෙවැනි තත්වයක් මුණ ගැසෙනවා. ඔබ දන්නවා ඕනෑම ද්‍රව්‍යයකට ප්‍රතිරෝධයක් පවතින බව. සමහරක ප්‍රතිරෝධය මිලි ඕම්ස් ප්‍රමාණයක් තරම් කුඩා වන අතර, තවත් සමහරක (විශේෂයෙන් ප්‍රතිරෝධකවල) එම අගය දහස් හෝ මිලියන ගණනක් වේ. උදාහරණ ලෙස, පරිපථ සම්බන්ධ කිරීමට යොදා ගන්නා "වයර්" වල ප්‍රතිරෝධය ඉතා අඩුය. ඒ වගේමයි, එම වයර් මගින් සම්බන්ධ කරන උපාංග වල ඉතා ඉහළ ප්‍රතිරෝධ අගයන් පවතිනවා. එමනිසාම, ප්‍රායෝගිකව අප එම වයර්වල ප්‍රතිරෝධය ශුන්‍ය ලෙස සලකනවා.

සටහන

වයර් මෙන්ම ඕනෑම විදුලි උපාංගයක්ම ක්‍රියාකාරී වී ටික වෙලාවකින් රත් වන්නට පටන් ගන්නවා. ඊට හේතුවද ප්‍රතිරෝධය වේ. ඕනෑම ප්‍රතිරෝධයක් හරහා යම් ධාරාවක් ගලා යන විට, එම ප්‍රතිරෝධය සහිත ද්‍රව්‍යය රත් වෙනවා. එය භෞතික විද්‍යාව අනුව අනිවාර්යයෙන්ම සිදු වන්නකි. ප්‍රතිරෝධී අගය වැඩි වන්නට වන්නට රත් වීමද වැඩි වනවා. තවද, ගලන ධාරාව වැඩි වන විට ඊටත් වඩා වේගයෙන් රත් වන්නට පටන් ගන්නවා. එක අතකින්, මෙම රත්වීම නිසා උපාංග දැවී යාමටද හැකියි. තවත් පැත්තකින්, එය විදුලි ශක්තිය අපතේ යෑමකි (මොකද, එම තාපයෙන් අපට ප්‍රයෝජනයක් නොමැත. පරිපථය විසින් සිදු කිරීමට තිබෙන කාර්යන් වෙනුවෙන් වැය කළ යුතුව තිබූ ශක්තියෙන් යම් කොටසක් මෙලෙස තාපය ලෙස නාස්ති වේ.) මෙලෙස උපාංගවලින් තාපය ලෙස කරන

නාස්තිය හෙවත් "**තාප උත්සර්ජනය**" (heat dissipation) ඔබ නිතරම අත් දැක ඇතිවාට සැකයක් නැත. ඔබ මළ ගෙයක හෝ මගුල් ගෙයක ෆ්ලෑෂ් ලයිට් දල්වා තිබෙනු දැක ඇති. එම ෆ්ලෑෂ් ලයිට් එකක ළගට ගිහින් බලන්න. ඔබට විශාල රස්නයක් දැනෙනු ඇත. ෆ්ලෑෂ් ලයිට්ම ඕන නැත. සාමාන්‍ය වොට් 100ක පමණ බල්බයක් දල්වා එය අල්ලා බලන්න ටික වේලාවකට පස්සේ. ඇල්ලීමට නොහැකි තරමට එය රත් වී ඇති බව දැනේවි. බල්බයකින් අපට අවශ්‍ය කරන්නේ ආලෝකය මිසක් තාපය නොවේ. එහෙත් කරන්නට දෙයක් නැත. එම උපාංගවල ඇති අධික ප්‍රතිරෝධය නිසා තාපය ඇති වීම වැලැක්විය නොහැකිය. (තාපය අඩුවෙන් පිට කරන වෙනත් CFL, LED වැනි බල්බ භාවිතා කරන්නේ එම හේතුව නිසාය. මේවා ක්‍රියා කරන්නේ සාමාන්‍ය බල්බ ක්‍රියා කරන ක්‍රමයට වඩා වෙනස් ක්‍රම නිසා, තාපය ලෙස විදුලි ශක්තිය හානි වීම අඩු වේ. එහෙත් මේවායේද මුළුමනින්ම තාපය ඇති වීම වැලැක්විය නොහැකිය. ඒවාද දල්වා මොහොතකින් රත් වීමට පටන් ගනී.)

මෙලෙස ප්‍රතිරෝධය නිසා තාපය ඇති වීමේ ක්‍රියාව **joule heating (ජූල් තාපනය)** ලෙස හැඳින්වේ. එය පහත සූත්‍රයෙන් පහසුවෙන් ගණනය කළ හැකිය.

$P = I^2R$

මේ අනුව ඔබට පේනවා නේද, ප්‍රතිරෝධී අගය වැඩි වන විට ඊට සමානුපාතිකව තාපය නිපදවීමද වැඩි වන බව. එවිතරක් නොව, ධාරාව වැඩි වන විට, තාපය නිපදවීම ධාරාවේ වර්ගයට සමානුපාතිකව සිදු වේ. එනම්, ධාරාව දෙගුණයක් වන විට තාපය වැඩි වීම 2^2 හෙවත් 4 ගුණයකින්ද, ධාරාව තුන් ගුණයකින් වැඩි වන විට, තාපය වැඩි වීම 3^2 හෙවත් 9 ගුණයකින්ද ආදී ලෙස සීඝ්‍රයෙන් වැඩි වේ. මේ අනුව, ගලන ධාරාව තාපයේ ප්‍රමාණය තීරණය කරන වැදගත්ම සාධකය බව පේනවා.

විදුලි බලාගාරවල සිට, විදුලිය ඈත ප්‍රදේශ කරා සම්ප්‍රේෂණය කරන විට, ධාරාව අඩු කර (එවිට වෝල්ටියතාව වැඩි වේ) අධිබල රැහැන් ඔස්සේ සිදු කරන්නේ මේ හේතුව නිසායි. මෙම ක්‍රියාව සඳහා ට්‍රාන්ස්ෆෝර්මර් භාවිතා වේ. (මේ ගැන වැඩි විස්තර පසුවට ඇත.)

වයර් සෑදීමේදී හැකි පමණ අඩුම රෙසිස්ටන්ස් එකක් පවතින ආකාරයට එය කළ යුතුය. ඒ සඳහා සාමාන්‍යයෙන් කරන්නේ අඩුම ප්‍රතිරෝධකතාවක් පවතින ද්‍රව්‍යයකින් වයර් සෑදීමයි. සාමාන්‍යයෙන් අඩුම ප්‍රතිරෝධකතාව පවතින්නේ **රිදී** (Silver) යන ලෝහටයි. එහෙත් එය මිල අධික නිසා සාමාන්‍ය වයර් සෑදීමට එය යොදා නොගනී. ඉන්පසු අඩුම ප්‍රතිරෝධකතාව පවතින්නේ **තඹ** (Copper) ලෝහයේය. එය එතරම් මිල අධික නොවන නිසා, ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් කටයුතු වලදී මෙන්ම ගොඩනැගිලිවල යොදන වයර් සඳහාද (හා දුරකථන රැහැන් හා එවැනි අඩු ප්‍රතිරෝධයක් අවශ්‍ය කරන (දුරකථන කුළුනුවල ඉහල සවි කර ඇති අකුණු සන්නායකය පොළොවට සම්බන්ධ කරන වයරය වැනි) ඕනෑම අවස්ථාවක) තඹ යොදාගන්නේ ඒ නිසාය. එහෙත් දැන් දැන් තඹවල මිලද වැඩි වෙමින් පවතී. තඹ වලට පසුව හොඳම සන්නායකය වන්නේ **රත්තරන්** (Gold) ය. ඉන්පසු **ඇලුමිනියම්** (Aluminium) හොඳය. මිල අතින්ද, ශක්තිමත් බව අතින්ද, සැහැල්ලුව අතින්ද ඇලුමිනියම් අනෙක් සෑම සන්නායකයට වඩා ඉදිරියෙන් සිටී. එමනිසා, විදුලිබලය රටපුරා බෙදාහරින වයර් (පාරේ ලයිට් කනුවල ඇති) තනා ඇත්තේ ඇලුමිනියම් වලින්ය. **යකඩද** (Iron - **අයන්**) හොඳ සන්නායකයකි. මීට අමතරව, විද්‍යාවේ දියුණුව සමගම ප්‍රතිරෝධකතාව තව තවත් මිල අඩු ශක්තිමත් සන්නායක ද්‍රව්‍ය නිපදවමින් පවතී.

සටහන

ප්‍රතිරෝධකතාව ගැන කියන විට, ඒ සමගම කියවෙන අනෙක් වචනය නම් **සන්නායකතාව** (conductivity) වේ. සන්නායකතාව යනු ප්‍රතිරෝධකතාවට විරුද්ධ වචනයයි. එකක් දන්නේ නම් ඉතා පහසුවෙන් අනික ගණනය කළ හැකිය. ඒ අනුව, **සන්නයනය** (conductance) යනු ප්‍රතිරෝධයේ විලෝමයද වේ. ප්‍රතිරෝධයේ සංකේතය R වූවා සේම, සන්නයනයේ සංකේතය G වේ. ප්‍රතිරෝධකතාව යනු ඒකක දිගක, ඒකක හරස්කඩ වර්ගඵලයක් සහිත ද්‍රව්‍යයක පවතින ප්‍රතිරෝධය මෙන්ම, සන්නායකතාවද අර්ථ දක්වා ඇතේත් ඒකක දිගක් හා ඒකක හරස්කඩ

වර්ගඵලයක් සහිත ද්‍රව්‍යයක පෙන්වන සන්නයනය ලෙසයි. සන්නයනය මනින ඒකකයි “**සීමන්ස්**” (Siemens) (S) වේ. සීමන්ස් යන විද්‍යාඥයාගේ නමින් එය නම් කර ඇත. සමහරෙක් එය “**මෝ**” (mho) යන ඒකකයෙන්ද මනී. (1 **සීමන්ස්** = 1 **මෝ**) මෙම නම හැදී ඇත්තේ ohm යන වචනයේ අකුරු අනෙක් පසට (m-h-o) ලිවීමෙනි. සන්නායකතාව ප්‍රතිරෝධකතාවේ විලෝමය නිසා මෙම ක්‍රමයට මුල් කාලයේ සන්නයනයේ ඒකකය ලෙස යොදා ගෙන ඇත. ඒ වෙනුවට සීමන්ස් ඒකකය හඳුන්වාදුන්නේ පසු කාලයේදීය.

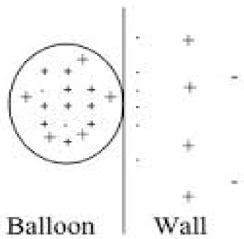
සන්නායකතාව = 1 / **ප්‍රතිරෝධකතාව**

ස්ථිතික හා ගතික විදුලිය

විදුලිය යනු ඉලෙක්ට්‍රෝන නිසා ඇති වන්නක් බව ඔබ දන්නවා. ඉලෙක්ට්‍රෝන ගලා යන විට එයට අප ගතික හෙවත් ධාරා **විදුලිය** (electric current හෝ current electricity) යනුවෙන් පවසනවා. ට්‍රොනික්ස්වලදී අප නිතරම භාවිතාවට ගන්නේ මෙම ධාරා විද්‍යුතයයි. එහෙත්, ගලා නොයන “එක තැන රැඳී පවතින” විදුලි ස්වභාවයක්ද තිබෙනවා. එනම්, ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කරන්නේ නැතිව එක තැනකට රොක් වී පවතී. මීට **ස්ථිතික විදුලිය** (static electricity) යැයි පවසනවා. ඇත්තටම විශේෂ අවස්ථාවන් හැර මෙම ස්ථිතික විදුලියෙන් එතරම් ප්‍රයෝජනයක් නැත; ඒ වෙනුවට මෙම ස්ටැටික් විදුලිය නිසා ඇති වන්නේ කරදරය (එනම්, ස්ථිතික විදුලිය නිසා ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපාංග දැවී යාමට පුළුවන.)

සන්නායකට මොනයම් ක්‍රමයකින් හෝ ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රමාණයක් ලැබුණොත් එය සන්නායකය පුරාම පැතිරීමට උත්සහ දරයි මක්නිසාද යත් සන්නායකයක් කියන්නේම පහසුවෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට ගමන් කළ හැකි මාධ්‍යයක්ය. එය හරියට වීදුරු කැබැල්ලක් මතට ජලය වක්කරනවා සේය. වීදුරුව මත ඇති ජලය බලන්නේ පුළුවන් තරම් පැතිරීමටය. තවත් උපමාවකින් එය දැක්වන්නම්. මගියෙක් බස් එකකට නැග්ග විට හැකි පමණ අනෙක් මගීන්ගෙන් ඈත්ව සිටීමට වග බලා ගන්නවා නේද? එනම්, මගීන් බස් රිය තුළ සිටින්නේ බසය පුරාම පැතිරීගෙනයි.

එහෙත්, සමහර පරිවාරක ද්‍රව්‍යයක් මතට මොනයම් ක්‍රමයකින් හෝ ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රමාණයක් ස්ථානගත කළොත්, එම ඉලෙක්ට්‍රෝන තිබූ තැන්වලම පවතී, මක්නිසාද යත් පරිවාරක යනු ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට ගමන් කිරීමට ඉඩ නොදෙන මාධ්‍යයක් වීමයි. මෙන්න මෙවැනි අවස්ථාවල එම ඉලෙක්ට්‍රෝන නිසා ඇති වන්නේ ස්ථිතික විදුලියයි. පරිවාරකයක් මතට එලෙස ස්ථිතික විදුලියක් ඇති කිරීම (එනම්, පරිවාරයකට යම් ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රමාණයක් ලබා දීම) හඳුන්වන්නේ **ධ්‍රැවීකරණය** (polarization) යන නමිනි. උදාහරණයක් ලෙස, ඔබ ලිවීමට ගන්නා බෝල් පොයින්ට් පෑනේ තුඩ නොවන කෙළවර ඔබගේ හිස කෙස්වල ඇතිල්ලූවිට එම පෑන් බටයේ අතිරේක ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රමාණයක් ඇති වේ. එනම්, පෑන් බටය ධ්‍රැවීකරණය වේ. දැන් පෑන් බටයේ කෙළවර යම් ස්ථිතික විදුලියක් ඇත. කුඩාවට කැඩූ කොල කැබැල්ලක් ළඟට එම ධ්‍රැවීකරණය වූ පෑන් බටය ළං කළ විට එම කොල කැබැල්ල ඊට ඇලෙනු ඇත. එලෙසම, පිම්බූ බැලූන් බෝලයක්ද පෙර සේම ඔබේ හිස කෙස් මත අතුල්ලා එම අතුල්ලපු පැත්ත බිත්තයක් දෙසට ළං කරන්න. ඔබට පෙනේවි එය බිත්තියට ඇලවෙන බව. මෙහිද ඇතිල්ලීම නිසා බැලූන් බෝලය මත ධ්‍රැවීකරණය සිදු වී ස්ථිතික විදුලිය හට ගත්තේය.

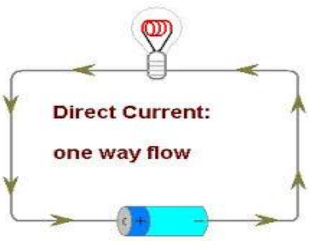


අප නිතර දෛනිකව ප්‍රයෝජනයට ගන්නේ ධාරා විදුලිය බව ඔබට දැන් වැටහිය යුතුය. ධාරා විදුලියට ඉංග්‍රීසියෙන් කියන්නේ "කරන්ට් ඉලෙක් සිටි" (current electricity) යන නම නිසා, බොහෝ දෙනා දැන් විදුලියට කියන්නේ කරන්ට් එක කියාය. එහෙත් මෙහි යම් ගැටලුවක් ඇත. එනම්, ඔබ දැනටමත් දන්නා පරිදි විදුලියේ එක් ගතිගුණයක් වන ධාරාවට (I) කියන්නේද කරන්ට් කියාය. එමනිසා, විදුලියට සිංහලෙන් විදුලිය ලෙස හෝ කැමැති නම් ඉංග්‍රීසි වචනය වන ඉලෙක්ට්‍රිසිටි යන නිවැරදි වචනය හෝ යෙදීමට පුරුදු වන්න. යම් කෙනෙකු කරන්ට් එක කියා කියන විට, ඔහු කියන්නේ මොන තේරුමින්ද යන්න ඔබට දැන් වටහ ගත හැකිය.

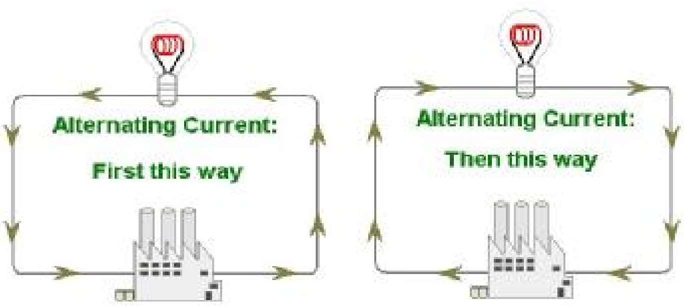
ධාරා විදුලිය (මෙතැන් සිට අප ස්ථිතික විදුලිය ගැන කතා නොකරමු. එමනිසා, විදුලිය යන වචනය තනිව ලියා ඇති විට එය ධාරා විදුලිය බව මතක තබා ගන්න.) එය ගමන් කරන ආකාරය මත වර්ග දෙකකි.

1. සෘජු ධාරා විදුලිය (Direct Current electricity හෙවත් කෙටියෙන් DC)
2. ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා විදුලිය (Alternating Current electricity හෙවත් කෙටියෙන් AC)

පරිපථය තුළ වයර් දිගේ එක් පැත්තකට පමණක් ගමන් කරන විදුලිය DC විදුලිය වේ. එය කුමන හැඩයක් සහිතව ගමන් කළත්, විදුලිය (එනම්, ඉලෙක්ට්‍රෝන) ගමන් කරන්නේ එක පැත්තකට පමණක් වීම එකම කොන්දේසිය වේ. පහත රූපයෙන් පෙන්වන්නේ DC විදුලිය වේ. සාමාන්‍යයෙන් බැටරි හා සූර්ය කෝෂවලින් කෙලින්ම පිටතට ලබා දෙන්නේ DC වේ.



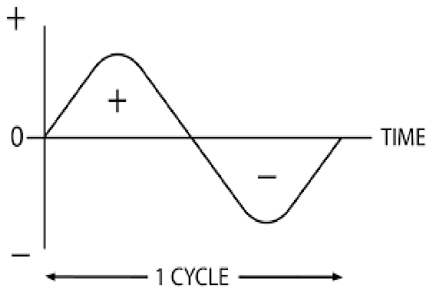
යම් කෙටි කාලයක් තුළ එක පැත්තකට විදුලිය ගමන් කර, ඊ ළඟ මොහොතේදී ඊට විරුද්ධ පැත්තට විදුලිය ගමන් කරමින්, මේ විදියට දිගටම මොහොතින් මොහොත දිශාව මාරු කරමින් ගමන් කරන විදුලිය AC විදුලිය වේ. පහත රූපයෙන් පෙන්වන්නේ AC විදුලිය ගමන් කරන ආකාරයයි.

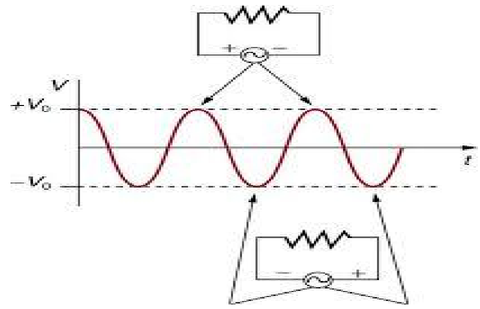


ගණිතයේදී යම් දිශාවක් ඔස්සේ ගමන් කිරීම ධන (+) යැයි සැලකුවහොත්, ඊට ප්‍රතිවිරුද්ධ දිශාවට ගමන් කිරීම සෘණ (-) ලෙස සැලකිය යුතුය (ගණිතයේ දෛශික යන සංකල්පය අනුව). මේ ගැන වැඩිපුර තේරුම් ගැනීමට මෙම සරල උදාහරණය (උපමාව) සලකා බලන්න. ඔබ යම් දිශාවකට මීටර් 50ක් වේගයෙන් දුව ගෙන ගොස් ආපසු නැවත වේගයෙන් ආ යුතු යැයි සිතන්න. මේ විදියට කිහිප වතාවක් (වට තුනක් පමණ) එහාට මෙහාට දිවීමට ඇතැයිද සලකන්න. ආරම්භයේදී ඔබ සිටින්නේ නිශ්චලවයි. ඉන්පසු ඔබ දිවීම පටන් ගනී. එකවර ඔබගේ උපරිම වේගයට පැමිණෙන්නේ නැත; ඒ වෙනුවට ක්‍රම ක්‍රමයෙන් ඔබේ වේගය වැඩි වේ. යම් දුරක් ඒ ආකාරයට වේගය වැඩි කරමින් දුවන විට ඔබට පේනවා ආපසු හැරිය යුතු රේඛාව. දැන් ඔබ මොකද කරන්නේ? ඔබ දැන්

දුවන වේගයෙන්ම දුවන්නේ නැහැ නේද? ඒ වෙනුවට, ඔබ දැන් ක්‍රමයෙන් වේගය අඩු කරමින් ගොස් ආපසු හැරිය යුතු රේඛාව මතට පැමිණ විට, එම දිශාව ඔස්සේම තවදුරටත් දුවන එක නවතා (එනම් දැන් ඔබ මොහොතකට නිශ්චලය), ආපසු හැරී ක්‍රම ක්‍රමයෙන් වේගය වැඩි වන ආකාරයට මුලින් දිව්ව දිශාවට විරුද්ධ දිශාවට දුවන්නට පටන් ගන්නවා. එසේ දුවගෙන යන විට නැවතත් පෙර කී ආකාරයටම ආපසු හැරිය යුතු රේඛාව දුටු විට වේගය අඩු කරමින් දුව ගොස් මොහොතකට නිශ්චල වී ආපසු හැරී විරුද්ධ දිශාවට දුවන්නට පටන් ගනී. (ක්‍රිකට් ඩාවේදී ඩකයෙක් කඩුලු අතර දුවන විටද මෙම දේම සිදු වෙනවා නේද? මතක නැති නම්, ඊ ළඟ මැ එක බලන විට අවධානයෙන් ඔහු දුවන සැටි බලන්න. නැතිනම්, ඔබම දිව ගොස් බලන්න.)

මා ඉහත උපමාව කිව්වේ හේතුවක් ඇතිවය. එනම්, ඇත්තටම AC විදුලිය එම දේම සිදු කරයි. එනම්, විදුලිය එක් දිශාවකට ගලන්නට පටන් ගනී. එම ගැලීම සිදු වන්නේ පළමුව ක්‍රමක්‍රමයෙන් විදුලිය (වෝල්ටියතාව) වැඩි වී ගොස්, එය යම් උපරිම අගයකට ආ පසු ක්‍රමක්‍රමයෙන් එය ශුන්‍ය දක්වා අඩු වේ. ඉන්පසු, ඊට ප්‍රතිවිරුද්ධ දිශාවට ක්‍රමක්‍රමයෙන් විදුලිය ගලා ගොස් එයද යම් උපරිමයකට ආ පසු ක්‍රමක්‍රමයෙන් අඩු වී ශුන්‍ය වේ. මෙය චක්‍රයක් සේ අඛණ්ඩව සිදු වේ. මෙය හරියටම අප දුවන විට සිදු දේ වැනිමයි නේද? විද්‍යාව තුළ මෙවැනි හැසිරීමක් ඉතා සාර්ථකව පෙන්වන ක්‍රමයක් ඇත. එය පහත රූපයෙන් දැක්වේ. මෙලෙස ප්‍රස්ථාර ඇඳීමේදී, තිරස් රේඛාවෙන් (x axis) ඉහළ අඳින කොටස් ධණ ලෙසත්, ඊට පහළින් අඳින කොටස් ඍණ ලෙසත් සලකනවා. මෙමගින් දෙපසට මාරුවෙන් මාරුවට විදුලිය පැත්ත වෙනස් කරමින් යන ගමන පහසුවෙන් ඇඳිය හැකි බව ඔබට දැන් වැටහෙනවා ඇත.



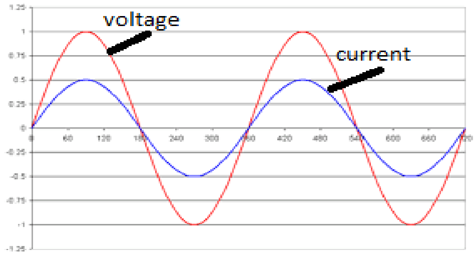


මෙම හැඩයට "**සයිනාකාර**" (sinusoidal) යැයි කියනවා. තවත් කෙනෙක් මෙය "**තරංග**" (wave) හැඩය යැයිද පවසනවා. (මීට සයිනාකාර යන වචනය ලැබී ඇත්තේ ගණිතයේ ත්‍රිකෝණමිතිය නම් කොටස යටතේ ඉගැන්වෙන් සයින් යන නමින් හඳුන්වනු ලබන දේ (ශ්‍රිතය) ප්‍රස්ථාරගත කළ විට ලැබෙන්නේ මෙම හැඩය නිසාමයි.) ඇත්තටම ඔබ ගණිතය හා විද්‍යාව ගැන හොඳ දැනුමක් ඇති නම්, ඔබ දැනටමත් දන්නවා ඇති මෙම සයිනාකාර තරංග හැඩය බොහෝ දේවල් පැහැදිලි කිරීමට ගන්නා ඉතා බලසම්පන්න දෙයක් බව.

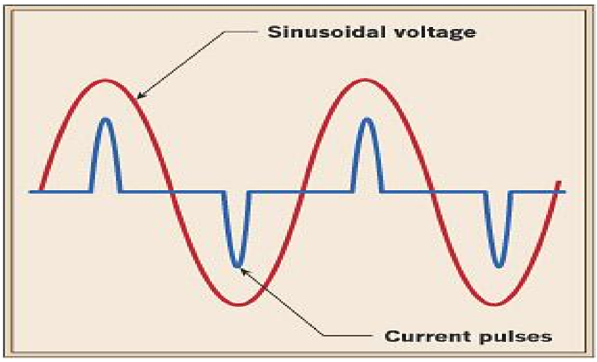
බොහෝ විට ජෙනරේටර් මගින් පිටකරන විදුලිය AC වේ. විදුලි බලාගාර තුළද ටර්බයින් (අවර පෙති) මගින් කරකවන්නේ ජෙනරේටරයක් (මෝටරයක්) බැවින්, අපේ නිවසට ලැබෙන ප්‍රධාන විදුලිය AC බව තේරුම් ගත යුතුය.

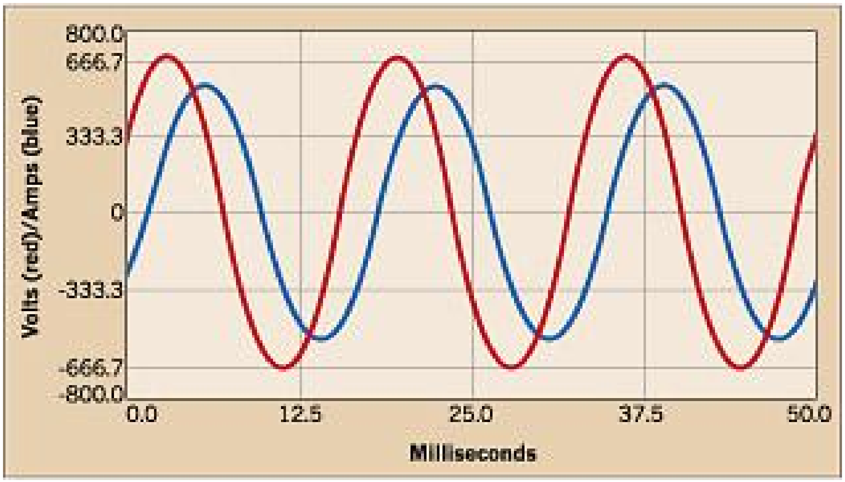
සමහර උපාංග හරහා යන විදුලිය AC වුවත් DC වුවත් ප්‍රශ්නයක් නොමැත. උදාහරණයක් ලෙස, ප්‍රතිදීපන (එනම්, සූතිකාවක් ඇති සාමාන්‍ය) බල්බයකට AC හෝ DC විදුලිය වුණාට අවුලක් නැත. උපමාවකින් කියන්නේ නම්, එය හරියට ඔබට යමක් යම් කෙනෙක් විසින් වම් අතින් දුන්නත් දකුණු අතින් දුන්නත් වෙනසක් නැතිවාක් මෙන්ය. තවද, තාපය ලබා දෙන උපකරණවලටත් (ඉස්තිරික්කය, හීටරය, රයිස් කුකරය වැනි) මෙහි වෙනසක් නැත. එහෙත් බොහෝමයක් ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපාංගවලට අවශ්‍ය කරන්නේ DC විදුලියකි.

එකම ප්‍රස්ථාරය තුළ අපට වෝල්ටියතාව හා ධාරාව යන දෙකෙහිම හැඩයන් පෙන්විය හැකිය. පහත රූපය බලන්න.



ඒසී වේවා ඩීසී වේවා, ධාරාව හා වෝල්ටියතාව යන දෙකම වෙනස් වනවා නම් වෙනස් වන්නේ එකටම බව ඉන් පෙනේ. එනම්, ධාරාව හා වෝල්ටියතාව එකම වෙලාවකදී ශූන්‍ය වේ; එකම වෙලාවකදී උපරිම හා අවමයන්ට ළඟා වේ. මෙවැනි සමාකාරව සිදුවන වෙනස් වීමක් (එනම්, වෝල්ට් පෙන්වන හැඩයට අනුරූපවම ධාරාව පෙන්වන හැඩයද පැවැතීම) **රේඛීය** (linear) යන විශේෂණ පදයෙන් හඳුන්වනවා. එය හරියට, යමෙකු (අප ආදරය ඉල්ලමින් පස්සෙන් යන ගැහැනු ළමයා) පස්සේ අප හොර රහසේ යෑමට උපමා කළ හැකිය. එනම්, ඇය ඉදිරියෙන් යන අතර, ඔබ ඇයට පිටුපසින් යම් දුරකින් ඈ පසු පස යයි. ඈ වේගය වැඩි කළ විට ඔබද ඊට අනුරූපව වේගය වැඩි කරයි. ඈ යම් දිශාවක හැරුණොත් ඔබද ඒ දෙසට හැරේ. හැබැයි මේ සියල්ලම කරන්නේ ඔබයි ඇයයි අතර අර ඉඩ ප්‍රමාණය තබා ගනිමින්ය. මෙය රේඛීය තත්තවයකි. **රේඛිය නොවන** හෙවත් **අරේඛිය** (nonlinear) සම්බන්ධතා ගැනද අපට ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් වල ඉගෙන ගැනීමට ඇත. පහත රූපවලින් දැක්වෙන්නේ එවැනි අරේඛිය ප්‍රස්ථාරයකි.

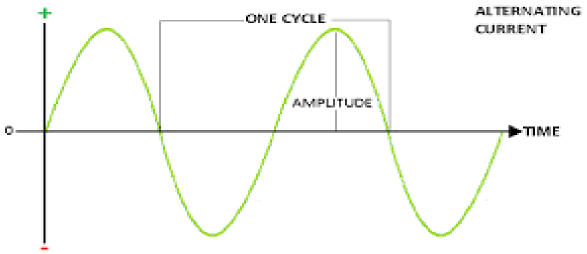




රෙසිස්ටර් වැනි සමහර උපාංග රේඛිය වේ. එනම්, එවැනි උපාංගයක් තුළින් විදුලිය ගමන් කරන විට, ධාරාව හා වෝල්ටියතාව රේඛියව හැසිරේ. ඩයෝඩ, ට්‍රාන්සිස්ටර්, කැපැසිටර්, ඉන්ඩක්ටර් වැනි ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපාංග

අරේඛීය වේ. එනම්, මෙවැනි උපාංගයක් තුළින් විදුලිය ගමන් කරන විට, වෝල්ටියතාව හා ධාරාව එකිනෙකට වෙනස් ආකාරවලින් ගමන් කරයි.

ඒසී විදුලියට **සංඛ්‍යාතය** (frequency) යනුවෙන් ගතිගුණයක් ඇත. සංඛ්‍යාතය යනු "එක් තත්පරයකට කැරකෙන වට ගණන" වේ. සෑම තරංගය ස්වරූපයක් ඇති දේකට මෙම සංඛ්‍යාතය යන ගති ගුණය පවතී. ඒසී විදුලිය ගැන පමණක් සැලකූ විට, "එක් වටයක්" (cycle) යනු විදුලිය වරක් එක පසකටත් ඊළඟ පාර ඊට ප්‍රතිවිරුද්ධ පැත්තටත් එක් වරක් පමණක් ගමන් කිරීමයි.



ඒසී විදුලිය නිපදවන්නේ ජෙනරේටර් එකකින් නිසා ජෙනරේටරයේ කැරකැවෙන කොටස (rotor) සම්පූර්ණ එක වටයක් (හෙවත් අංශක 360ක්) කැරකැවුණු විටද එය එක් වටයක් ලෙස සැලකිය හැකිය. මෙලෙස ජෙනරේටර් දණ්ඩ තත්පරකයකට වට 50ක් කැරකැවෙන්නේ නම්, අප එය හර්ට්ස් 50 (50 Hertz) යැයි පවසනවා. සංඛ්‍යාතය මනින ඒකකය **හර්ට්ස්** වන අතර එහි සංකේතය Hz වේ. මෙය හර්ට්ස් නම් විද්‍යාඥයාට ගෞරවයක් පිණිස නම් කර ඇත. ශ්‍රී ලංකාව තුළ විදුලි බලාගාර වල ජෙනරේටර් කැරකැවෙන්නේ 50Hz කින්ය (එනම්, තත්පරයකට වට 50 කි). එම නිසා ලංකාව තුළ විදුලි බල මණ්ඩලයෙන් සැපයෙන විදුලිය 50Hz ක විදුලියක් ලැබේ. ලෝකයේ බොහෝ රටවල සපයන විදුලිය එක්කෝ හර්ට්ස් 50 හෝ 60 වේ. බෝහෝ විදුලි උපකරණවල මෙම අගය සඳහන් කර ඇත.

අපට AC විදුලිය DC බවට පහසුවෙන්ම පත් කළ හැකිය. එම ක්‍රියාවලිය **ඍජුකරණය** (rectification) යන නමින් හැඳින්වේ. ඒ කිරීම සඳහා ඉතා සරල හා ලාභ පරිපථ වර්ග කිහිපයක්ම ඇති අතර එම පරිපථ (හෝ පරිපථ කොටස) **ඍජුකාරකය** (rectifier) ලෙස හැඳින්වේ. ප්‍රධාන විදුලියට කෙලින්ම සම්බන්ධ කරන ටීවී, රේඩියෝ, පරිගණක ආදී සෑම ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපකරණයකම පාහේ මෙම ඍජුකාරක පරිපථ කොටසක් තිබිය යුතු බව දැන් ඔබට වැටහෙනවා නේද? (මක්නිසාද, සියලුම ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් උපකරණවලට ඩීසී විදුලිය අවශ්‍ය වේ.)

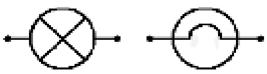
එලෙසම, DC විදුලිය AC බවටත් පත් කළ හැකිය. එම ක්‍රියාවලිය **අපවර්ථනය** (inversion) යන නමින් හැඳින් වෙන අතර, එම ක්‍රියාව සිදු කරන පරිපථයට **අපවර්ථකය** (inverter) යන නම භාවිතා කෙරේ. මෙය ඉහත ඍජුකරණයට වඩා තරමක සංකීර්ණ ක්‍රියාවක් වේ. ප්‍රධාන විදුලිය විසන්ධි වූ විටක, සමහර උපකරණ තව ටික කාලයක් ඕෆ් නොවී පවත්වාගැනීමට බැටරි යෙදූ UPS (යූ පී එස්) නම් උපකරණ භාවිතා කරන අවස්ථා ඇත. එවිට ප්‍රධාන විදුලිය ඇන හිටපු අවස්ථාවක, UPS එක ක්‍රියාත්මකවී බැටරිය මගින් විදුලිය අඛණ්ඩව සැපයේ (යම් ටික කාලයක් සඳහා). එහෙත් බැටරියෙන් ලැබෙන්නේ DC විදුලියක් නමුත්, විදුලි උපකරණය නිර්මාණය කර ඇත්තේ පිටතින් AC විදුලිය ලබා දිය යුතු ලෙසටයි. මෙහිදී UPS එක තුළ ඇති ඉන්වර්ටර් එකක් මගින් DC විදුලිය AC බවට පත් කළ යුතුය. මේ විතරක් නොවේ; සූර්ය කෝෂ පැනල් වලින්ද ලබා දෙන්නේ DC විදුලියක්. එවිට සූර්ය පැනල් වලින් ලැබෙන විදුලියද ඉන්වර්ටර් එකක් හරහා ගොස් AC බවට පත් වේ.

විදුලිය ගැන මෙම කොටස ඉවර කිරීමට පෙර තව දෙයක් මතක තබා ගත යුතුය. එනම්, මුලදීත් අප පැවසුවා ස්ථිතික විදුලිය අපට ධාරා විදුලිය තරම් වටින්නේ නැති බව. ඔබ සංගීතය ඉගෙන ගෙන තිබේ නම්, මතකද එහිදී කියනවා, සංගීතයේදී අප බහුලව යොදා ගන්නේ නාද (tone) බවත්, ඝෝෂාව (noise) යොදා ගන්නේ නැති බවත්. ඔබ සංගීතයක් රස විඳින විට ඝෝෂාව ඇසීම කරදරයක්. එහෙත්, සංගීතය තුළ නිර්මාණශීලි විදියට ඝෝෂාව යම්

රසයක් ඇති කිරීම පිණිස යොදා ගත හැකිය. ස්ථිතික විදුලිය ගැනද කිව යුත්තේ එයයි. බොහෝමයක් අවස්ථාවල ස්ථිතික විදුලිය කරදරයක් වුවත්, එය ප්‍රයෝජනවත් යම් යම් වැඩ වලට යොදා ගත හැකියි.

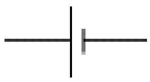
(රූපමය) සංකේත

ඉලෙක්ට්‍රෝනික්ස් තුළ පරපථ ඇඳීමේදී විවිධ උපාංගවලට සංකේත (symbols) සම්මත කරගෙන ඇත. (ට්‍රොනික්ස්වල පමණක් නොව, වෙනත් ඕනෑම ක්ෂේත්‍රයක වුවද මෙලෙස සංකේත භාවිතා කරන බව ඔබ දන්නවා.) විභවයට V, ධාරාවට I, ප්‍රතිරෝධකයට R ආදී ලෙස එක් එක් රාශියක් ඉංග්‍රීසි අකුරකින් සංකේතවත් කරන අතරම, එම උපාංග රූපමය ආකාරයටද සංකේත ඇත. දැනටමත් අප විදුලි ප්‍රභවයන් (බැටරි), වයර් (සන්නායක), වහරු (ස්වි), සරල (සූත්‍රිකා) විදුලි බුබුල (බල්බ්), රෙසිස්ටර් යන උපාංග ගැන කතා කළා. ඒවායේ සංකේත පහත දැක්වේ. සමහර ඒවාට සංකේත දෙකක් හෝ කිහිපයක්ද පවතී.

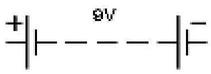
බල්බය 

රෙසිස්ටරය

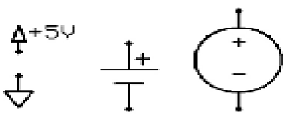
ස්විචය (ඕෆ්) ස්විචය (ඔන්)

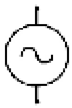
වියළි කෝෂය (cell) 

බැටරිය



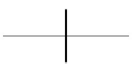
(වෝල්ට් ගණන දක්වයි)

DC වෝල්ටියතා සැපයුම 

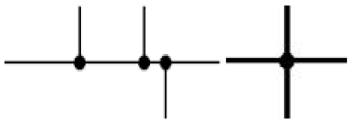
AC වෝල්ටියතා සැපයුම 

සන්නායක (වයර්)

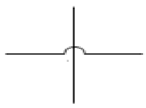
ඉහතදී වයර් හෝ සන්නායක සරල හෝ වක්‍ර රේඛාවලින් නිරූපණය කෙරෙන බව පෙනේ. සන්නායක දෙකක් (හෝ කිහිපයක්) එකිනෙකට සම්බන්ධ වන බව පෙන්වන්නේ වයර් දෙක එකිනෙකට හරහා යෑමට සැලැස් වීමෙනි.



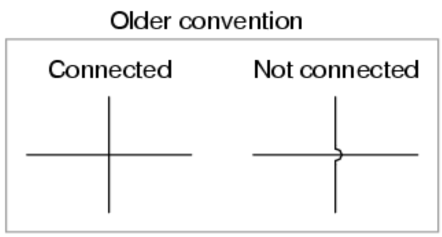
එහෙත්, තවදුරටත් එය පැහැදිලිව දැක්වීමට සමහරෙක් එලෙස එකිනෙකට මූට්ටු වෙන තැන් ඩොට් එකකින්ද සලකුණු කරයි.

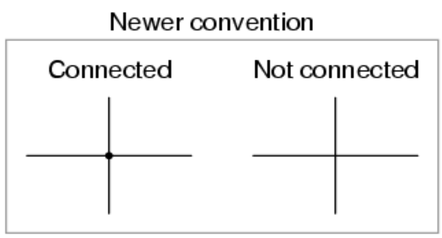


වයර් එකිනෙකට විදුලිමය ලෙස සම්බන්ධ නොවී ගමන් කරන විට, එක් රේඛාවක් අනෙක් රේඛාව මතින් පන්නා පෙන්වනවා.



එහෙත් මෙහිදී එක් සම්මතයක් නැත. සමහරෙක් සන්නායක එකිනෙකට සම්බන්ධ කරන විට අනිවාර්යෙන්ම ඩොට් එක දමා, සම්බන්ධ නොවී යන විට, පන්නන්නේ නැතිව නිකංම රේඛා ඇඳ දක්වයි. බොහෝ දෙනා කරන්නේ, සම්බන්ධව සන්නායක ගමන් කරන විට, නිකංම රේඛා එක් මත එක යවා, අසම්බන්ධව යන විට රේඛාවක් පන්නා දමා පෙන්වීමයි.

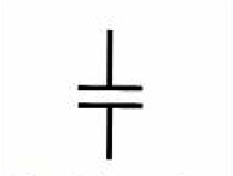




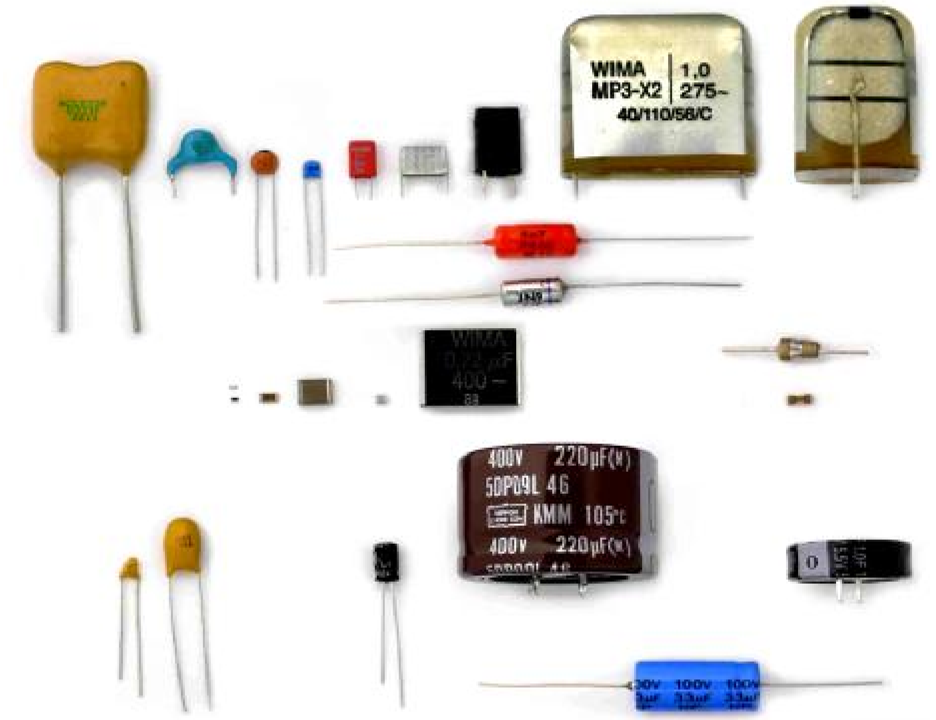
ඔබද ඉහත රූපයේ පෙන්වා ඇති දෙවන ක්‍රමයට හුරුවන්න. එහෙත් අනෙක් අය කුමන ක්‍රමය අනුගමනය කළත් දැන් ඔබට ඒවා තේරුම්ගත හැකිය. අනෙක් උපාංගවල සංකේත මින් පසු එම උපාංග හඳුන්වා දෙන මොහොතේම දකවනු ඇත.

ධාරිත්‍රකය

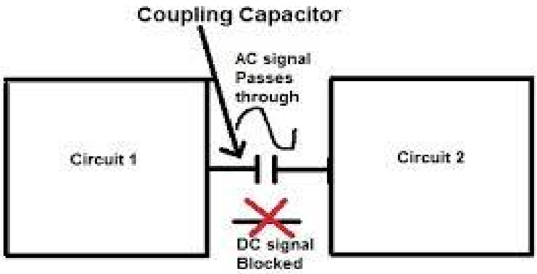
ඔබ ඉහත රෙසිස්ටරය නම් ඉතාම වැදගත් ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපාංගය ගැන තරමක් ඉගෙන ගත්තා. **ධාරිත්‍රකය** (capacitor) යනු තවත් ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපාංගයකි. “කන්ඩෙන්සර්” (condenser) යන නමක්ද අතීතයේ මීට භාවිතා වුණු අතර, බොහෝ දෙනා “**කැප්**” (capacitor යන වචනයේ කෙටි කිරීමකි මෙය.) යන සුරතල් නාමයෙන් මේවා හඳුන්වනවා. එහි රූපමය සංකේතය පහත දැක්වේ.



වෙළඳපොලෙන් ලබාගත හැකි විවිධ හැඩයන්ගෙන් යුතු කැප්ස් කිහිපයක් පහත රූපයේ දැක්වේ.



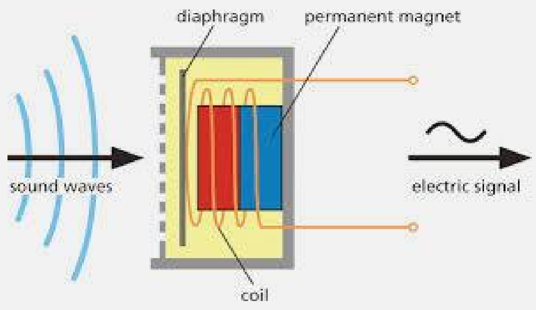
විවිධාකාරයෙන් විවිධ කොම්පැනි විවිධ අගයන්ගෙන් හා විවිධ ද්‍රව්‍යයන්ගෙන් කැප්ස් නිපදනවා. රෙසිස්ටරයක් මූලිකම කාර්යභාරය වූයේ යම් උපාංගයකට අවශ්‍ය කරන ධාරා ප්‍රමාණය හා වෝල්ටියතා ප්‍රමාණය ලබා දීමයි. එලෙස අපට හමුවන සෑම ඉලෙක්ට්‍රෝනික (හා විදුලි) උපාංගයකම මූලික කාර්යභාරය දත යුතුය. ධාරිත්‍රකයක් මූලිකව සිදු කරන්නේ (යම් සන්නායකයක් දිගේ ගමන් කරන) AC විදුලියට පමණක් යෑමට සලස්වා, එය හරහා DC විදුලියකට ගමන් කිරීමට නොදීමයි. එනම්, ධාරිත්‍රකයක් DC ලොක් (DC blocking) කරනවා. ඩීසී බ්ලොක් කර, ඒසී විදුලියට පමණක් ගමන් කිරීමට ඉඩ දීමට වුවමනාකරන අවස්ථා නිතර අපට හමුවන බව ඔබ පරිපථ ගැන අධ්‍යනය කරන විට පෙනේවි. එනම්, යම් පරිපථයක කොටසකින් (පහත රූපයේ circuit 1 ලෙස දැක්වෙන) ප්‍රතිදානය කරන (output) සිග්නල් එකක් දෙවැනි පරිපථ කොටසේ ප්‍රදානයට (input) සම්බන්ධ කරන විට, මෙලෙස සුදුසු අගයකින් යුතු ධාරිත්‍රිකයක් හරහා සම්බන්ධ කළ යුතුය. කෙලින්ම එම පරිපථ දෙක සම්බන්ධ කළොත්, සිග්නල් එකට අමතරව ඒ ඒ පරිපථ දෙකෙහි ඉලෙක්ට්‍රෝනික් උපාංග ක්‍රියාකාරි කරවීමට සැපයූ ඩීසී විදුලියද එකිනෙකට සම්බන්ධ වී පරිපථ අවුල් වී යනු ඇත. එය වැලැක්වීමට නම්, සිග්නල් එකට පමණක් පරිපථ හරහා ගමන් කිරීමට කටයුතු කළ යුතුය (සිග්නල් එක ඒසී විදුලි ස්වභාවයක් ගන්නා අතර, උපාංගවල ක්‍රියාකාරිව තැබීමට සපයන විදුලිය ඩීසී ස්වභාවයක් ගන්නා බව මතක තබා ගන්න). මෙවැනි අරමුණකින් යොදන කැපෑසිටරය ඈඳුම් ධාරිත්‍රකය (coupling capacitor) ලෙසද හැඳින්වේ.



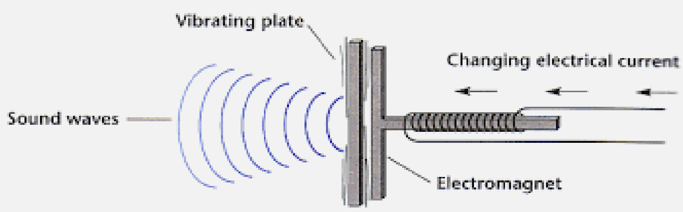
සටහන

විදුලි සංඥාවක් (electric signal) යනු කුමක්ද? පළමුව සංඥාවක් යනු කුමක්දැයි හඳුනාගනිමු. යම් කිසි දෙයක් හඳුනා ගැනීම පිණිස භාවිතා කෙරෙන දේ සංඥාවක් ලෙස සරලව අර්ථ දැක්විය හැකිය. අප කථා කරන සිංහල ඉංග්‍රීසි ආදී භාෂාවන් යනුද සංඥා (පද්ධතියක්) වේ. අප ලෝකය යැයි තේරුම් අරන් ඇති (පුටුව, අහස, අම්මා ආදී) සියලු දේද ගැඹුරින් බැලූ විට අපේ මනසේ ගබඩා කරගත් සංඥා වේ. යම් සංඥාවක් පවතින්නේ විද්‍යුත් වශයෙන් නම්, එය විදුලි සංඥාවක් ලෙස සැලකේ. එය ඇත්තටම යම් වයර් එකක් දිගේ යන හෝ යම්කිසි මාධ්‍යයක ගබඩා වී ඇති විදුලියකි. සංඥාවක යම් වටිනා දෙයක් හෙවත් “බුද්ධියක්” (intelligence) ගබඩා වී පවතී. විවිධාකාරයෙන් ස්වභාවිකව පවතින සංඥාවල පවතින මෙම බුද්ධිය උකහා ගෙන එය මගින් විදුලියේ වෝල්ටියතාව විචලනය කරමින් විදුලි සංඥා බවට පරිවර්තනය කෙරේ. උදාහරණ කිහිපයක් බලමු.

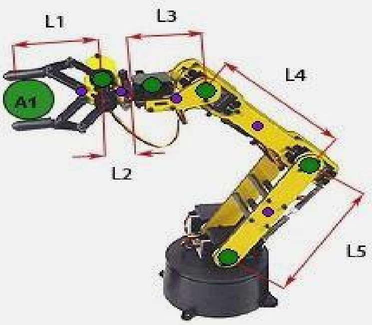
ඔබ කතා කරන විට අවට වාතය කම්පනය වී ශබ්දය වටේට විසුරුවා හැරේ. එලෙස වාතයේ ඇතිවන විචලනය නිසා ඇතිවන ශබ්ද ඔබේ කනින් අසා ඒ කියන දේ ඔබ තේරුම් ගනී. ඔබට යමක් තේරෙන්නේ එම ශබ්ද තුළ යම් “බුද්ධිමත්” (තේරුම්ගත් යුතු වටිනා) දෙයක් හෙවත් සංඥා තිබූ නිසාය. දැන්, ඔබ කුඩා මයික් එකක් තැබීමෙන් මෙම වාතයේ තිබූ සංඥාව විදුලි සංඥාවක් බවට පත් කළ හැකිය.

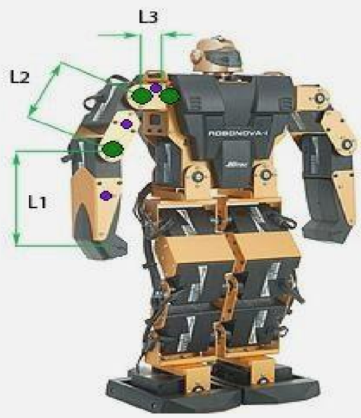


පසුව මෙම සංඥාව ඇම්ප් එකක් වැනි සර්කිට් එකක් හරහා යවා එම විදුලි සංඥාව වැඩි දියුණු කරයි. එම වැඩි දියුණු කරපු විදුලි සංඥාව ඔබේ කනට ඇසෙන්නේ නැත. එය කනට ඇසීමට නම්, ස්පීකර් එකක් එයට සම්බන්ධ කළ යුතුය. ස්පීකරයෙන් කරන්නේ විදුලි සංඥාවක් සාමාන්‍ය (වාතය කම්පනය වී ඇති වන) ශබ්ද සංඥාවක් බවට පත් කිරීමයි.

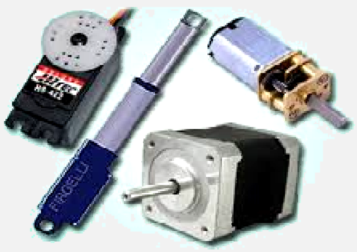


ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල නිතරම යම් (භෞතික) සංඥාවක් විදුලි සංඥාවක් බවටත් නැවත විදුලි සංඥාවක් වෙනත් සංඥාවක් බවටත් පත් කිරීම සිදු වේ. මෙම ක්‍රියාව කරන උපාංග **“පාරනායක”** (transducer) යන පොදු නමින් හැඳින්වේ. මයික් එක (සාමාන්‍ය ශබ්ද සංඥාවක් විදුලි සංඥාවක් බවට), ස්පීකරය (විදුලි සංඥාවක් ශබ්ද සංඥාවක් බවට), උෂ්ණත්වය මනින විදුලි සංවේදකය (සාමාන්‍ය උෂ්ණත්වය විදුලි සංඥාවක් බවට), LED බල්බය (විදුලි සංඥාවක් ආලෝකය බවට), මෝටරය (විදුලි සංඥාවක් චලනයක් බවට), රුධිරයේ ග්ලූකෝස් ප්‍රමාණය මනින සංවේදකය (රුධිරගත ග්ලූකෝස් ප්‍රමාණය නම් සංඥාව විදුලි සංඥාවක් බවට) ආදී විවිධ වර්ගයේ ට්‍රාන්ස්ඩියුසර් සිය ගණනක් පවතී. **සංවේදක** (sensor) යන නමින් හැඳින්වෙන උපාංගවලින් කරන්නේ සාමාන්‍ය භෞතික සංඥාවක් විදුලි සංඥාවක් බවට පත් කිරීමයි. සෙන්සර් එකක් යනු ට්‍රාන්ඩියුසර් යටතේම පවතින උපකොටසක් බව මේ අනුව පැහැදිලි විය යුතුය. actuator (ඇක්චුවේටර්) යනුවෙන්ද ට්‍රාන්ඩියුසර් යටතේ ඇති තවත් උපකොටසක් ඇත. ඒවා මගින් කෙරෙන්නේ ඊට සපයන විදුලි සංඥාවක් අනුව යම් චලනයන් සිදු කිරීමයි. සියලුම මෝටර් අයිති වන්නේ මෙම ඇක්චුවේටර් ගණයට වේ. පහත දැක්වෙන්නේ රොබෝවක් හා දොඹකරයක අතක් ඇක්චුවේටර් භාවිතා කර තනා ඇති ආකාරය. L1, L2 ආදි ලෙස දක්වා ඇත්තේ තනි තනි ඇක්චුවේටර් වේ.



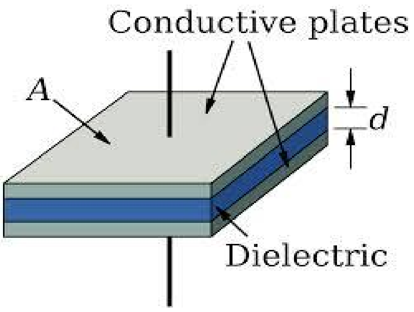


කඩෙන් මිල දී ගත හැකි විවිධාකාරයේ ඇක්චුවේටර් කිහිපයක් පහත රූපයේ දැක්වේ.

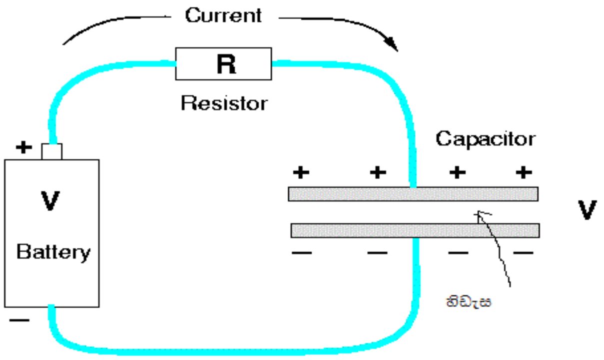


සාමාන්‍යයෙන් පරිසරයේ ඇති යම් (විදුලි නොවන) සංඥාවක් විදුලි පරිපථයක් තුළට ඇතුළත් කර ගැනීම (input) හා එම ඇතුළත් කරගත් විදුලි සංඥාවට විදුලිමය වශයෙන් කළ යුතු දේවල් (සංඥාව වර්ධනය කිරීම, සංඥාව තවත් සංඥා සමග මිශ්‍ර කිරීම, සංඥාව විවිධාකාරයෙන් කොටස් කිරීම ආදීය) පරිපථය තුළ සිදු කිරීම පරිපථ නිර්මාණය කරන ඔබට නිතර කිරීමට සිදුවන රාජකාරයකි. බොහෝ විට, මෙම වෙනස්කම් සිදු කළ විදුලි සංඥාව අපගේ දැනගැනීම (දැකීම, ඇසීම, හෝ චලනයක්) පිණිස පරිපථයෙන් පිටතට යොමු කළ (output) යුතුය. මේ අනුව ට්‍රාන්ස්ඩියුසර් ඉන්පුට් ට්‍රාන්ස්ඩියුසර් හා අවුට්පුට් ට්‍රාන්ස්ඩියුසර් යනුවෙන්ද දෙකකට වර්ග කළ හැකි බව පෙනේ. ඉන්පුට් ට්‍රාන්ස්ඩියුසර් යනු ඉහත කථා කළ සෙන්සර් යන නමින් හැඳින්වූ උපාංගම වේ.

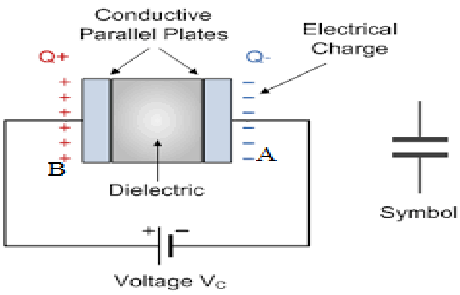
ධාරිත්‍රකයක් සෑම විටම කුමන ලෙසකින් හෝ පහත රූපයේ පෙන්වා තිබෙන දළ සැකැස්මකින් යුතු වේ.



එනම්, යම් සන්නායක කැබැලි (conductive plates) දෙකක් අතර කුඩා පරිවාරකයකින් (හිඩැසකින්) (dielectric) වෙන් වී තිබිය යුතුය. ඒ අනුව එකවරම ඔබට යම් ගැටලුවක් දැන් සිතට පැන නැගිය යුතුය. එනම්, ධාරිත්‍රකයක් පරිපථයකට සම්බන්ධ කළ විට මෙම පරිවාරක හිඩැස නිසා දැන් පරිපථය කැඩී (විවෘත වී) පවතින නිසා, විදුලිය ගැලීමක් සිදු විය නොහැකි බව ඔබට එකවර සිතිය හැකිය.

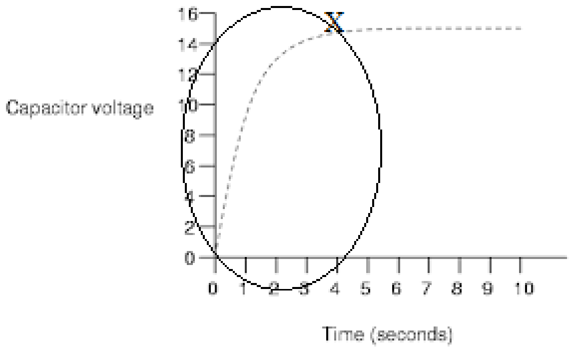


ඔව්, ඔබ එක්තරා දුරකට නිවැරදිය. මෙම කැඩුනු පරිපථය නිසා තමයි ඩීසී විදුලිය ගමන් නොකරන්නේ. ධාරිත්‍රකයක් ඩීසී බ්ලොක් කරනවා යැයි කියන්නේ එමනිසා තමයි. එහෙත් ඒසී විදුලිය ගමන් කරන විට යම් කිසි අමුතු දෙයක් සිදු වේ. එනම්, එක පැත්තකට විදුලිය හෙවත් ධාරාව (ඉලෙක්ට්‍රෝන) ගමන් කරන විට, පහත රූපයේ දැක්වෙන පරිදි එම ඉලෙක්ට්‍රෝන A තහඩුවට පැමිණේ. එමගින් එම තහඩුව - ආරෝපනය වේ. එය හරියට ගං ඉවුරකට මිනිසුන් දුව විත් නතර වෙනවා වැනිය (ගඟ හරහා ඇවිදගෙන යා නොහැකි බැවින්). මෙම ඉලෙක්ට්‍රෝන විසින් ඊට යාබදව ඇති B තහඩුවේ ඇති ඉලෙක්ට්‍රෝන විකර්ෂණය කරයි. එවිට එම තහඩුව + ආරෝපනය වේ. ඇත්තටම තහඩු දෙක හරහා ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කළේ නැත. එහෙත් ඉහත විකර්ෂණ ක්‍රියාව නිසා ප්‍රායෝගිකව ධාරිත්‍රකයේ එක් අග්‍රයකට පැමිණි ඉලෙක්ට්‍රෝන (ධාරාව) අනෙක් අග්‍රයෙන් පිට වූවා සේ පෙනේ.

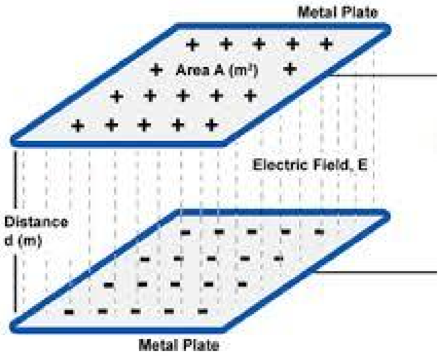


ඒසී විදුලියේදී ධාරාව ශුන්‍යයේ සිට ක්‍රමයෙන් යම් උපරිම අගයක් දක්වා ක්‍රමයෙන් වැඩි වන නිසා, A තහඩුව මත ඉලෙක්ට්‍රෝනද ක්‍රමයෙන් තැන්පත් වීම වැඩි වේ. මෙම ඉලෙක්ට්‍රෝන තැන්පත්වීමට අනුරූපවම B තහඩුවෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන ඉවත් වීමද සිදු වේ. ඒ අනුව ධාරාවේ (ප්‍රස්ථාරගත) හැඩයටම ධාරිත්‍රකය හරහා ධාරාවක් ගමන් කළේ යැයි ප්‍රායෝගිකව පෙනේ (සත්‍ය වශයෙන්ම ධාරිත්‍රකය හරහා ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් නොකළත්). ඉන්පසු උපරිම අගයට පැමිණි පසු, ධාරාව ක්‍රමයෙන් අඩු වේ. එවිට A තහඩුව මත තැන්පත්වී ඇති ඉලෙක්ට්‍රෝනද ක්‍රමයෙන් අඩු වේ. එවිට B තහඩුව මත ඇති විකර්ෂණයද ක්‍රමයෙන් අඩු වේ. එවිට B තහඩුව මතට මුලදී ඉවත් වූ ඉලෙක්ට්‍රෝන ක්‍රමයෙන් ආපසු ආකර්ෂණය වේ. දැන් විදුලි ධාරාව ශුන්‍ය වන මොහොත වන විට, කැපැසිටරයේ තහඩු දෙකම මුලදීම තිබූ ආකාරයට උදාසීන වී පවතී. දැන්, පිටතින් සපයන ධාරාව දිශාව මාරු කරමින් ක්‍රමයෙන් ධාරාව වැඩි කරමින් යයි. එවිට, පෙර A තහඩුවට සිදු වූ දේ දැන් B තහඩුවට සිදු වේ. එනම්, ක්‍රමයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන B තහඩුව මත තැන්පත් වේ. එමගින් A තහඩුවට කෙරෙන විකර්ෂණය නිසා ඉන් ඉලෙක්ට්‍රෝන ඉවත්ව යෑමෙන් එය ධණ ආරෝපනය වේ. මෙම විස්තරය පෙරදී විස්තර කළ පරිදිම සිදු වේ. මෙම ක්‍රියාවලිය නිසා, අවසන් වශයෙන් කිව යුත්තේ, ධාරිත්‍රකයක් හරහා (කුමන විදියකින් හෝ) ඒසී විදුලියට ගමන් කළ හැකි බවයි.

ඉහතදී මා කිව්වා ධාරිත්‍රකයක් හරහා ඩීසී ධාරාවක් ගමන් නොකරන බව. එහෙත්, ඩීසී ධාරාවක් වුවද මුල්වරට ධාරිත්‍රකයට සම්බන්ධ කළ විගසම ඉතා සුළු ආරම්භක කාලයක් තුළ ධාරිත්‍රකයේ තහඩු මත පෙර සඳහන් කළ ආකාරයට එක් තහඩුවක් මත ඉලෙක්ට්‍රෝන ගබඩා වීම හා ඊට ප්‍රතිවිරුද්ධ තහඩුව මත විකර්ෂණයක් ඇති වීම සිදු වේ. එමගින් ඉලෙක්ට්‍රෝන තැන්පත් වූ තහඩුව - ලෙසද අනෙක් තහඩුව + ලෙසද ැවීකරණය සිදු වේ. ඊට හේතුව, විදුලිය ක්ෂණිකවම එක වර ලබා දුන්නද, සත්‍ය වශයෙන්ම ධාරිත්‍රකය හරහා ධාරාව ශුන්‍ය අගයේ සිට සාමාන්‍ය ඩීසී ධාරා අගය දක්වා එම ධාරාව වැඩි වන්නේ ක්‍රමක්‍රමයෙනි. (ඉලෙක්ට්‍රෝන ක්‍රමයෙන් තැන්පත් වන විට, ඊට සමානුපාතිකව වෝල්ටියතාවද වැඩි වන බව ඔබට තේරුම් යා යුතුය.) රූපය බලන්න.



ඉහත රූපයේ රවුම් කර ඇති කොටස ඒසී ධාරා තරංගයක ආරම්භක කොටසේ ස්වරූපය ගනී. ඇත්තෙන්ම එම ඒසී ස්වභාවය පෙන්නුම් කරන කාලය ඉතාම කුඩාය. කෙසේ හෝ, සරල ධාරා පරිපථයකට සම්බන්ධ කළ විට ධාරිත්‍රකය ඉහත ආකාරයට ැවීකරණය සිදු වී ධාරිත්‍රකය ආරෝපන (charge) වේ. ඉහත රූපයෙන් X යන ස්ථානය වන තෙක් ධාරිත්‍රකය හරහා ධාරාවක් ගමන් කර, එතැන් සිට පරිපථය තුළ ධාරාව ගලා යෑම නවතී. එහෙත්, ධාරිත්‍රකය ආරෝපනය වී පවතින නිසා එම ධාරිත්‍රකයේ තහඩු (අග්‍ර) දෙක අතර වෝල්ටියතාවක පවතී. එම ධාරිත්‍රකය දෙපස පවතින වෝල්ටියතාව භාහිර විදුලි සැපයුමේ (බැටරියේ) වෝල්ටියතාවට සමාන වේ. ධාරාව ගැලීම නතර වුවත්, කැපැසිටරය චාජ් වී පවතී. ධාරිත්‍රකය දැන් පරිපථයෙන් ගලවා ගත් විට, එය තවමත් චාජ් වී පවතී. මෙම චාජ් වී පවතින ධාරිත්‍රකයෙන් යම් යම් ප්‍රයෝජනවත් කාර්යන් කරගත හැකිය. (එනම් ධාරිත්‍රකය තුළ ශක්තියක් ගබඩා වී ඇත.) ධාරිත්‍රකය තුළ ඇති තහඩු දෙකේ වෙන් වෙන්ව ධණ හා ඍණ ආරෝපන පවතින බැවින්, ධණ ආරෝපනවල සිට ඍණ ආරෝපන දක්වා විදුලි ක්ෂේත්‍රයක් පවතී. ඇත්තටම ඉහත ශක්තිය ගබඩා වී ඇත්තේ මෙම විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රය (electric field) තුළය. රූපය බලන්න.



ඉලෙක්ට්‍රෝන යනු ඍණ ආරෝපනයකි. ඒ අනුව කැපෑසිටරයක් යනු ආරෝපනය ගබඩා කර තබා ගන්නා උපාංගයක් ලෙසද සැලකිය හැකිය. කැපෑසිටරයක් දෙපසට යොදන වෝල්ටියතාව වැඩි වන විට එහි ආරෝපන ගබඩා කර ගැනීමද වැඩි වේ. තවද, රෙසිස්ටරයකට ඕම්ස් යන ඒකකයෙන් මනිනු ලබන ප්‍රතිරෝධය නම් ගුණයක් තිබෙන්නාක් මෙන්, කැපෑසිටරයක "ධාරිතාව" (capacitance) (c) නම් ගුණයක් ඇත. එය ෆැරඩ් (Farad) (F) නම් ඒකකයෙන් මනිනු ලැබේ. මයිකල් ෆැරඩේ යන විද්‍යාඥයාට ගෞරව පිණිස මෙම නම යොදා ඇත. ඔබ කඩෙන් කැපෑසිටර් මිලදී ගන්නා විට, ඔබට අවශ්‍ය ෆැරඩ් ගණන සහිත ධාරිත්‍රකයක් මිල දී ගත යුතුය. ධාරිත්‍රකයක දෙපස ඇති වෝල්ටියතාව (V), එහි ගබඩා කළ හැකි ආරෝපනය (Q), හා ධාරිතාව (C) යන තුන එකිනෙකට සම්බන්ධ කරන සූත්‍රයක් ඇත.

$$Q = CV$$

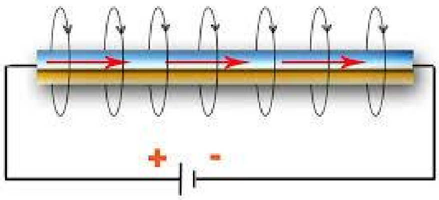
රෙසිස්ටර් මෙන්ම, කැපෑසිටර්ද හෝල්-තෲ හා SMD යන දෙයාකාරයෙන්ම ලබා ගත හැකිය.

ප්‍රේරක

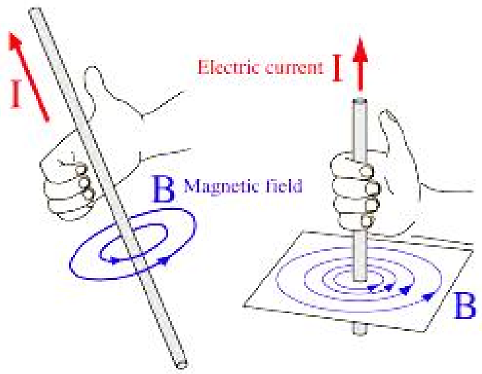
ප්‍රේරකය (inductor) (L) යනුද සරල ඉලෙක්ට්‍රොනික උපාංගයකි. යම් සන්නායක කම්බි කැබැල්ලක් ගත් විට, එයම ප්‍රේරකයක් ලෙස සැලකිය හැකිය.

රෙසිස්ටරයක ප්‍රතිරෝධය නම් ගුණයද, කැපැසිටරයක ධාරිතාව නම් ගුණයද ඇතිවාක් සේ, ඉන්ඩක්ටරයක ඇත්තේ “**ප්‍රේරණතාව**” (inductance) නම් ගුණයයි. එය මනින ඒකකය වන්නේ **හෙන්රි** (Henry) (H) ය. හෙන්රි නම් විද්‍යාඥයාගේ නමින් එය යොදා ඇත.

ඉහත රූපයේ දැක් වූ පරිදි සරල කම්බි කැබැල්ලක් වුවද ඉන්ඩක්ටරයක් සේ සැලකීමට හැකි වූයේ ඇයි? යම් සන්නායකයක් දිගේ ධාරාවක් (ac වේවා dc වේවා) ගලන විට, එම සන්නායකය දිගේ (එම කම්බිය වට කරගෙන) වලලු (මුදු) ආකාරයෙන් **චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක්** (magnetic field) ඇති වේ. පහත රූපය බලන්න.

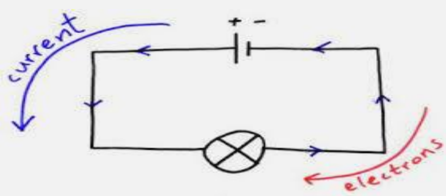


එම චුම්භක ක්ෂේත්‍රය කුමන දිශාවකට පවතිනවාද යන්න (වාමාර්තවද දක්ෂිණාවර්තවද යන වග) **දකුණත් නීතිය** (right hand rule) යෙදීමෙන් පහසුවෙන්ම සොයා ගත හැකිය. දකුණත් නීතිය යනු, කම්බියක් දිගේ (සම්මත) ධාරාව ගලන දිශාවට මහපොට ඇඟිල්ල සිටින සේ කම්බිය අල්ලා ගත් විට, අනෙක් ඇඟිලි කැරකී පවතින දිශාවට චුම්භක ක්ෂේත්‍රය පිහිටනු ඇත.



සටහන

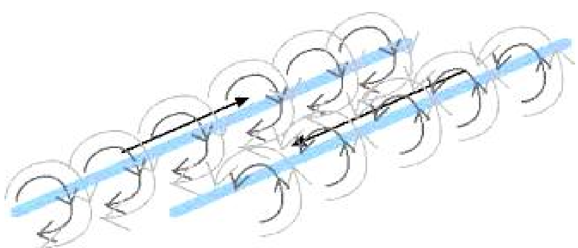
විදුලි ධාරාව යනු ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කිරීම බව ඔබ දන්නවා. ඉලෙක්ට්‍රෝන යනු ඍණ ආරෝපනයක් බවත් ඔබ දැන් දන්නවා. මේ අනුව, සත්‍ය වශයෙන්ම විදුලි ධාරාව ගලන දිශාව වන්නේ ඍණ ආරෝපිත ඉලෙක්ට්‍රෝන ගලන දිශාව බව පැහැදිලියි. මෙම ධාරාවට “**ඉලෙක්ට්‍රෝන ධාරාව**” (electron current) යන නම භාවිතා කෙරෙනවා. එහෙත් පුදුමයකට මෙන් ඉංජිනේරුවේදය තුළ විදුලි ධාරාවක දිශාව ලෙස සලකන්නේ ඉහත සඳහන් ඉලෙක්ට්‍රෝන ධාරාවට ප්‍රතිවිරුද්ධ දිශාවයි. එයට “**සම්මත (විදුලි) ධාරාව**” (conventional current) යන නම භාවිතා වෙනවා. මේ අනුව, සම්මත ධාරාව හා ඉලෙක්ට්‍රෝන ධාරාව හැමවිටම එකිනෙකට ප්‍රතිවිරුද්ධ දිශාවන්ට ගමන් කරන්නාක් සේ පවතී.



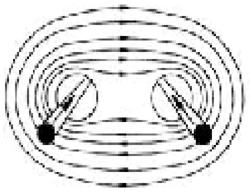
මෙම ගැටලුව ඇති වීමට හේතුවක් තිබේද? ඇයි අපට කෙලින්ම සත්‍ය විදුලි ධාරාවේ දිශාව වන ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කරන දිශාවම ධාරාවේ දිශාව ලෙස ගෙන සම්මත ධාරාව යන වචනය ඉවත් කළ නොහැක්කේ? ඊට ඇත්තේ (එතරම් වැදගත් කමක් නැති) ඉතිහාස පටලැවිල්ලකි. විදුලිය ගැන එතරම් දැනුමක් නොමැති කාලයේ, බෙන්ජමින් ෆ්‍රැන්ක්ලින් යන විද්‍යාඥයා විසින් විදුලිය යනු කුමක්දැයි යම් විග්‍රහයක් කර තිබුණි. ඔහුට අනුව, විදුලිය, සන්නායකයක ඇති යම් "ධණ ආරෝපිත අංශු විශේෂයක්" ගමන් කිරීම නිසා ඇති වන්නක් බව ඔහු පැවසුවා. ඇත්තටම ඔහු යම් තාක් දුරකට නිවැරදිය; එකම වැරද්ද එම ගමන් කරන අංශු ධණ ආරෝපිත යැයි පැවසීමයි. ඔබ දැන් දන්නා පරිදි විදුලිය ඇතිවන්නේ ධණ නොව ඍණ ආරෝපිත (ඉලෙක්ට්‍රෝන කියන) අංශුවල ගමන් කිරීම නිසාය. බෙන්ගේ පැහැදිලි කිරීම එකල බොහොම ප්‍රචලිත විය. අනෙක් අතට දිශාවේ වැරද්ද හැරෙන්නට වෙන වැරද්දක් එම පැහැදිලි කිරීම තුළ නැත. එනිසා, ඔහුගේ ධණ අංශු ගමන් කිරීම යන විග්‍රහය අදටත් සම්මතයක් ලෙස භාවිතා වේ. ආධුනිකයකුට මෙය මුල් කාලයේ තරමක පැටලීමක් ඇති කළද ටික කලකින් එය මග හැරේ.

ඔබ හොඳින්ම මතක තබා ගත යුතු දේ නම්, පරිපථ නිර්මාණයේදී මෙන්ම ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ඉගෙන ගැනීමේදිත්, ධාරාව ලෙස අප සලකන්නේ සම්මත ධාරාව (බෙන්ජමින්ගේ ධාරාව) බවයි. බැටරියක් ගත හොත්, එහි ධණ හා ඍණ යනුවෙන් අග්‍ර දෙකක් ඇත. එහි ඍණ පැත්තේ ඇත්තේ අතිරික්ත ඉලෙක්ට්‍රෝන ගොන්නකි. ධණ පැත්තේ ඇත්තේ ඉලෙක්ට්‍රෝන හිඟයකි. එමනිසා, වයරයක් ඊට සම්බන්ධ කළ විට, වැඩිපුර තිබෙන ඉලෙක්ට්‍රෝන ඍණ අග්‍රයේ සිට ඉලෙක්ට්‍රෝන හිඟ කමින් පෙලෙන ධණ අග්‍රය දක්වා කම්බිය දිගේ ගමන් කරයි. එහෙත්, අප සම්මත ධාරාව අනුව කියන්නේ, ධණ අග්‍රයේ සිට ඍණ අග්‍රය දක්වා විදුලි ධාරාවක් ගලන බවයි. ඇත්තටම දිශාව අපට වැදගත් නැත. ධණ අග්‍රයේ සිට ඍණ අග්‍රයට විදුලිය ගමන් කරනවා කිව්වත්, ඍණ අග්‍රයේ සිට ධණ අග්‍රය දක්වා ධාරාව ගලනවා කිව්වත් අවුලක් නැත. අප සලකා බලන යම් පරිපථයක් තුළදී ඔබ අහවල් අග්‍රයේ සිට අහවල් අග්‍රයට ධාරාව ගමන් කරනවා කියා තීරණය කර, එම සම්මතය පමණක් අනිවාර්යෙන්ම එම පරිපථය තුළ භාවිතා කළ විට කිසිම පටලැවිල්ලකි ඇති නොවේ.

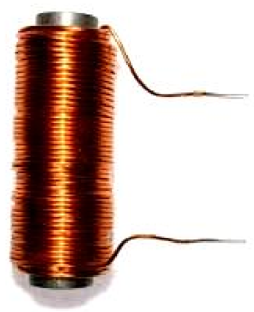
මෙම චුම්භක ක්ෂේත්‍රය වැඩි කළ විට, ප්‍රේරකතාවද වැඩි වේ. එය වැඩි කිරීමට එවැනි කම්බි කිහිපයක්ම "එක ළඟින්" තැබිය හැකිය. එහිදී එම කම්බි තුළින් ගලන ධාරාවේ දිශාව සැලකිල්ලට ගත යුතුය. එනම්, එක කම්බියක් දිගේ උඩු දිශාවට ධාරාව ගමන් කරවා අනෙක් කම්බිය දිගේ පහළ දිශාවට එවැනිම ධාරාවක් යැමට සැලස්සුවොත් එම චුම්භක ක්ෂේත්‍ර දෙක පවතින්නේ එකිනෙකට විරුද්ධ දිශාවට බැවින් සමස්ථ අවසන් ප්‍රතිඵලය වන්නේ (සම්ප්‍රයුක්ත) චුම්භක ක්ෂේත්‍රය ශූනය වීමයි (කැන්සල් වේ).



එහෙත් එම කම්බි දෙකෙහි ධාරා ගමන් කරන්නේ එකම දිශාවට නම්, එම චුම්භක ක්ෂේත්‍ර දෙක එකට එකතු වී බලවත් තනි (සම්ප්‍රයුක්ත) චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් බවට පත් වේ.

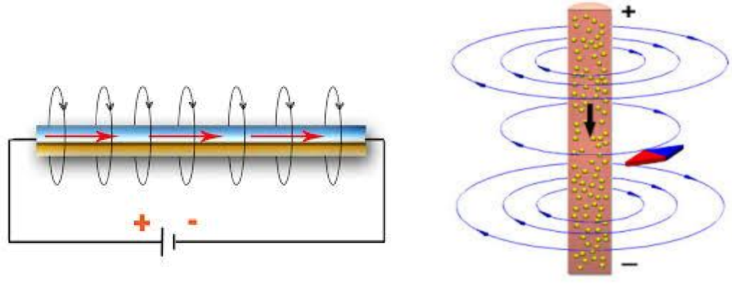


ඉහත රූප දෙකෙහිම කම්බි දෙක ඈත් කර පෙන්වා ඇත්තේ ක්ෂේත්‍රවලට කුමක් සිදු වේද යන්න පහසුවෙන් දැක ගැනීම පිණිසයි. ප්‍රායෝගිකව භාවිතා කෙරෙන විට, අනිවාර්යෙන්ම එම සන්නායක එක ළඟින් තැබිය යුතුය. කම්බි එක ළඟින් තැබුවත්, මෙහිදී තනි තනි කම්බි "විද්‍යුත් වශයෙන්" එකිනෙකට නොගෑවිය යුතුය. කම්බිය වටේ රබර් හෝ ප්ලාස්ටික් හෝ පරිවාරක ද්‍රව්‍යයක් තිබිය යුතුය (එදිනෙදා භාවිතා කරන වයර්වල එවැනි මැද කම්බිය වටේට රබර් හෝ PVC පරිවාරක තිබෙනවා.) එහෙත්, රබර් හෝ ප්ලාස්ටික් හෝ වැනි පරිවාරක යෙදීමේදී වියදම අධික වේ. ඒ සමගම කම්බියට වඩා රබර් ආවරණය විශාල වේ. එමනිසා, මෙවැනි වැඩ සඳහාම නිපදවා ඇති කම්බික වටේට ඉතා තුනීවට ෂෙලැක් නම් විශේෂ පරිවාරක ද්‍රව්‍යයකින් කම්බිය වට කර ඇත. (ඔබ මෝටර්වල, ට්‍රාන්ස්ෆෝමර්වල ඔතා ඇති කම්බි දැක ඇත්නම්, මා මේ පවසන්නේ එම කම්බි ගැනයි.) බැලූ බැල්මට පරිවාරක ආවරණයක් නැතිවාක් සේ පෙනුනත් එම කම්බි වටේට ඇත්තේ රත්තරං පාට පරිවාරක ද්‍රව්‍යයකි. (පහත රූපය බලන්න.)



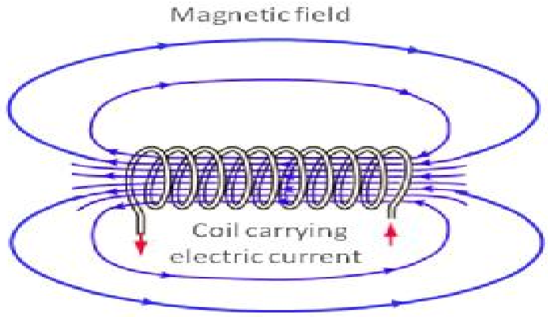
කම්බි පොටවල් කිහිපයක් එක පැත්තකට ධාරාව යන සේ ප්‍රායෝගිකව සැකසිය නොහැකිය (හැකි නම් කර පෙන්වන්න). ඊට පිළියමක් ලෙස, එය ඉහත රූපයේ ආකාරයට දඟරයක් සේ සකස් කිරීම ඉතා පහසුය.

මෙය බොහෝ අය **කොයිල් (coil)** යන නමින් හඳුන්වන්නට පුරුදුව සිටී. තනි කම්බි කැබැල්ලදී චුම්භක ක්ෂේත්‍රය පිහිටන්නේ වලල්ලක් මෙන්ය. එහි සාමාන්‍ය චුම්භකයක පවතින **උතුර-දකුණු ධ්‍රැව (north pole, south pole)** වෙන් කර හඳුනා ගැනීමට බැරිය. වෘත්තාකාර චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක කොතැන උතුරද කොතැන දකුණද යන්න තීරණය කළ නොහැකිය. එවැනි "චුම්භක ක්ෂේත්‍ර රවුමක (මුදුවක)" යම් ස්ථානයක් උතුර යැයි සිතාගතහොත් ඊට හරියටම අංශක 180ක් වටෙන් ඇත්තේ දකුණ යැයි අනිවාර්යෙන්ම ගත හැකියි. එවැනි සාපේක්ෂව උතුර-දකුණ තීරණය කිරීමක් පමණක් මෙවැනි මුදු ආකාරයේ පවතින චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක කල හැකියි.

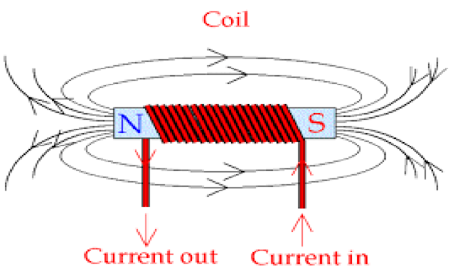


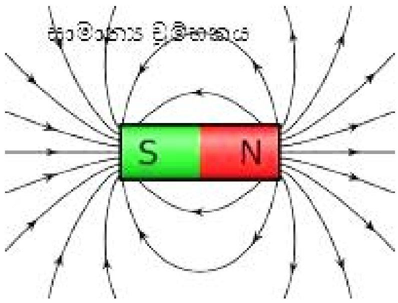
ඍජු කම්බියකදි චුම්භක ක්ෂේත්‍රය වලලු ආකාරයෙන් පිහිටයි. එහෙත් කොයිලයක් ආකාරයට සැකසූ විට චුම්භක ක්ෂේත්‍රය පිහිටන ආකාරය (දකුණත් රීතියම භාවිතා කොට) පහත ආකාරයට සොයා ගත හැකිය. එහිදී කොයිලයේ එක් කම්බි වටයක් සැලකිල්ලට ගෙන දකුණත් නීතිය එම කම්බි පොටට යොදන්න. එවිට එම පොට සඳහා චුම්භක ක්ෂේත්‍ර මුදුව සාමාන්‍ය පරිදි ලැබේ. කොයිලයේ ඇති සෑම පොටක්ම එම පොටට සමාන නිසා, ඒ

සෑම පොටකම චුම්බක ක්ෂේත්‍ර මුදු එකතු කළ විට පහත රූපයේ ආකාරයට විශාල තනි ක්ෂේත්‍රයක් ආකාරයට පෙන්නුම් කළ හැකියි.

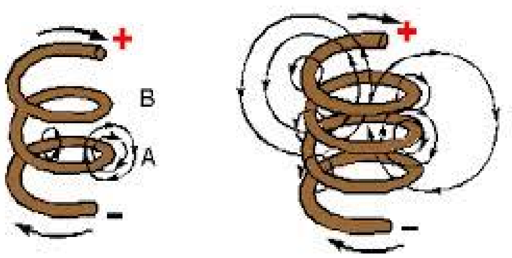


මෙහිදී කොයිලයේ එක පැත්තක් උතුර ලෙසද අනෙක් පැත්ත දකුණ ලෙසද සලකුණු කළ හැකිය. එනම්, වලලු (දඟර) ආකාරයෙන් සන්නායකය පිහිට වූ විට, චුම්බක ක්ෂේත්‍රය ඍජුව (සාමාන්‍ය චුම්බක කැබැල්ලක සේ) පිහිටයි.



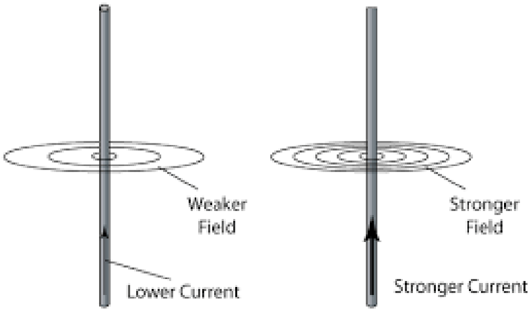


මෙවැනි කොයිලයක් සාමාන්‍ය දණ්ඩ චුම්බකයක් සේම ක්‍රියාකරයි. එබැවින්, සාමාන්‍ය චුම්බකයක් සේ ක්‍රියා කරවීම පිණිස සෑදූ මෙවැනි කොයිල් **"විද්‍යුත් චුම්බක"** (electromagnet) යන නමින්ද හැඳින් විය හැකිය. දොඹකර ආදිය සඳහා මෙවැනි ප්‍රබල විදුලි චුම්බක බහුලව භාවිතා කෙරේ. කම්බි පොටවල් ගණන වැඩි කරමින් (හා පහත සඳහන් වෙනත් ක්‍රමවලින්ද) චුම්බකයේ ප්‍රබලත්වය අපට අවශ්‍ය ප්‍රමාණයට වැඩි කළ හැකිය.



(A) (B)

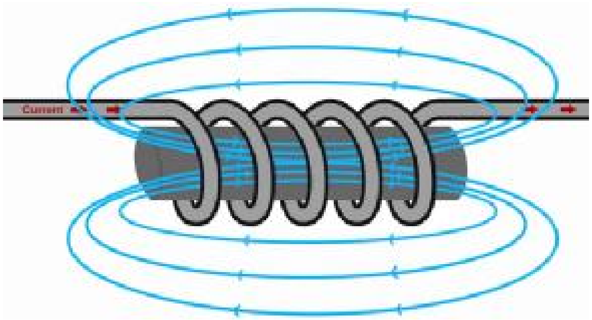
පොටවල් ගණන පමණක් නොව, දඟරය තුළට ෆෙරයිට් (ferrite) වැනි විශේෂ ද්‍රව්‍යකින් සෑදූ කූරක් ඇතුලු කර තවත් චුම්බක ක්ෂේත්‍රය ප්‍රබල කළ හැකිය. දඟරය හරහා යන ධාරාව වැඩි කිරීමෙන්ද චුම්බක ගුණය වැඩි කළ හැකිය.



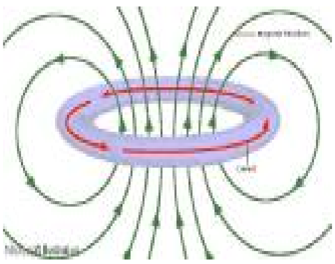
දොඹකරවල පමණක් නොව, විදුලි රිලේ (relay) යන උපාංගයද, වාහනවල ඇති හෝන් (horn) එකද, ජෙනරේටර් හා විදුලි මෝටර්වල යොදන සාමාන්‍ය කාන්දම් වෙනුවටද මෙම විද්‍යුත් චුම්භක යොදා ඇත. (ඔබ කුඩා මෝටර් එහෙම ගලවා ඇතිවට සැකයක් නැහැ. එම මෝටර්වල කාන්දම් කෑලි ඔබ දැක තිබෙනවා. විශාල මෝටර් සඳහා ප්‍රබල විශාල කාන්දම් සෑදීම වියදම් අධිකය. එමනිසා ඒ වෙනුවට විද්‍යුත් කාන්දම් පහසුවෙන් භාවිතා කෙරේ.)

ඉහත ආකාරයට විද්‍යුත් චුම්භකයක් සේ මෙම කොයිල් භාවිතා කිරීම සාමාන්‍ය විදුලි හා යාන්ත්‍රික විද්‍යාව තුළ සිදු වුවද, ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් තුළ වැඩි පුරම කොයිල් භාවිතා කරන්නේ ප්‍රේරක විදියටයි. මෙම ප්‍රේරක කොයිල් පෙනුමෙන් දෙයාකාරයකට තිබේ.

1. සොලිනොයිඩ් (solenoid) දඟරය



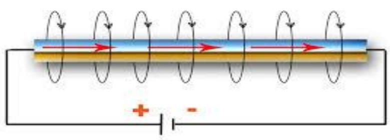
2. ටොරොයිඩ් (toroid) දඟරය. මෙයට උළුඳු වඩේ එකක පෙනුමක් ඇත.



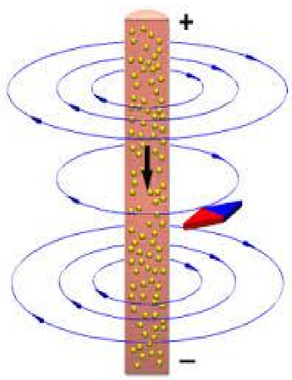
සොනිනොයිඩ් හෝ ටොරොයිඩ් හෝ හැඩයෙන් යුතු කුමන හෝ ඉන්ඩක්ටරයක රූපමය සංකේතය පහත දැක්වේ.

ප්‍රේරකයක් හරහා ඒසී හා ඩීසී යන දෙයාකාරයේම විදුලිය ගමන් කිරීමට හැකිය. එහෙත් අප වෙන වෙනම ඒ අවස්ථා දෙක ගැන සලකා බලමු. ප්‍රේරකයක මූලික කාර්ය කුමක්ද? ප්‍රේරකය හරහා යන ධාරාව විචලනය වන විට, එම විචලනය අවම කිරීම එහි කාර්ය වේ. එනම්, ප්‍රේරකයක් ධාරාව වෙනස්වනවාට කැමැති නැත. එනම්, සංඥාවේ විස්ථාරය හෙවත් විශාලත්වය මොට/කුඩා වේ. මෙය ධාරිත්‍රකයේ ක්‍රියාකාරිත්වයට විරුද්ධ ක්‍රියාකාරිත්වය නේද? (ධාරිත්‍රකයක් නම්, ධාරාව වෙනස් වීමට කැමැතියි; එය ඊට කැමැති නිසානේ ධාරිත්‍රකය හරහා වෙනස්වන ධාරාවක් හෙවත් ඒසී විදුලියක් ගමන් කිරීමට ඉඩ ලබා දෙන්නෙත්.) ඉන්ඩක්ටරයේ හෙන්රි අගය වැඩි වන විට, මෙම අකමැත්ත තව තවත් වැඩි වේ. පහත රූපයේ පළමු අවස්ථාවේ පෙන්නුම් කරන්නේ ඉන්ඩක්ටරයේ අගය ඉතා කුඩා අවස්ථාවක්. එහිදී ඇතුළු කළ සංඥාව මොටවී ඇත්තේ ඉතා ස්වල්පයකින් වන අතර, දෙවැනි අවස්ථාවේදි සංඥාව බොහෝ කුඩා වී ඇත.

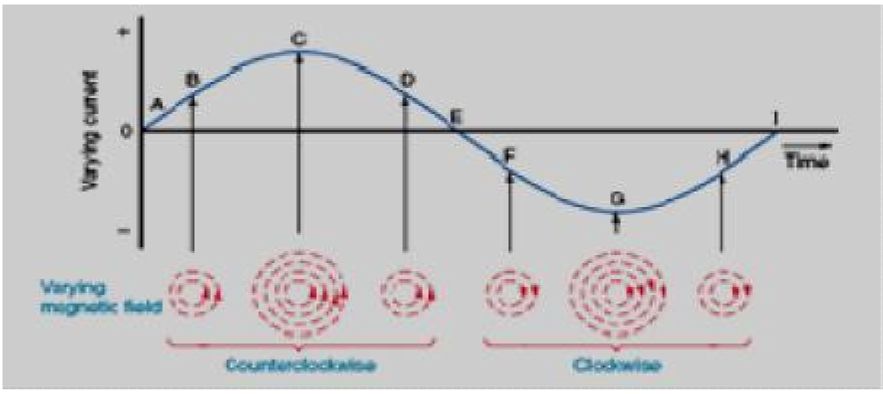
ඩීසී විදුලියක් කොයිලය හරහා ගමන් කරන විට, (දකුණත් නියමයට අනුකූලව) චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් හටගනී. එය නොකඩවා කොයිලය ආශ්‍රය කරගනිමින් පවතී. ඩීසී විදුලිය නියත අගයක දිගටම පවතී නම්, එම චුම්භක කෂේත්‍රයද නොවෙනස්ව පවතී. විදුලිය විසන්ධි කළ විගස, මෙම චුම්භක ක්ෂේත්‍රය හැකිලී නැති වී යයි. එලෙස හැකිලී නැතී වී යන විට, එමගින් අලුතින් විදුලි ධාරාවක්ද ඇති කරන අතර, එම විදුලියට **ප්‍රේරිත** (induced) විදුලිය යැයි කියනවා. මතක තබා ගන්න, මෙම ප්‍රේරිත විදුලිය යනු වෙනස්වන චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් විසින් අලුතින්ම සාදනු ලබන විදුලියක් මිස, භාහිර විදුලි සැපයුමෙන් ලැබෙන විදුලියක් නොවේ (මේ ගැන සවිස්තරාත්මකව මී ළඟ පොතෙන් පැහැදිලි කෙරේ).



ඒසී විදුලිය කොයිලය හරහා යන විට, ඒසී විදුලිය අඛණ්ඩව වෙනස් වෙමින් පවතින නිසා, කොයිලය ආශ්‍රය කරගනිමින් පවතින චුම්භක ක්ෂේත්‍රයද ඊට අනුරූපව වෙනස් වෙමින් පවතී.



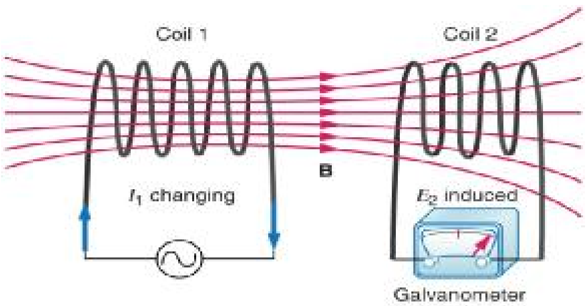
ඒසී විදුලියේ පළමු අර්ධයේදී චුම්භක ක්ෂේත්‍රයේ විශාලත්වය ශූන්‍යයේ සිට යම් උපරිම විශාලත්වයක් දක්වා වැඩි වී නැවැත ශූන්‍යය දක්වා අඩු වනවා පමණක් නොව, ඒසී විදුලියේ ඊ ළඟ අර්ධයේදී එම චුම්භක ක්ෂේත්‍රයේ දිශාව වෙනස් වී, එම නව දිශාව ඔස්සේ ක්ෂේත්‍රය ශූන්‍යයේ සිට ක්‍රමයෙන් උපරිමය දක්වා වැඩි වී ගොස් නැවත ශූන්‍යය දක්වා අඩු වේ. මෙලෙස, ඒසී විදුලියේදි නිරන්තරයෙන් දිශාව මාරු කරමින් චුම්භක ක්ෂේත්‍රය පවතී. පහත රූපයේ පෙන්වා තිබෙන්නේ එයයි. ධාරාවේ විශාලත්වය වැඩි වන විට, චුම්භක වලලු/මුදු විශාල වන සැටිත්, ධණ ඍණ මාරුවන විට, චුම්භක මුදුවලද කැරකෙන දිශාව වෙනස්වන ආකාරය මෙහි පෙන්වා ඇත.



සටහන

චුම්භක හෙවත් **කාන්දම් (magnet)** යනු අතීතයේ සිට අද දක්වාද මිනිසාව පුදුමයට පත් කළ දෙයකි. කාන්දම්වලට යම් යම් දේවල් කිරීමට (යකඩ ආදිය ආකර්ෂණය කර චලනය කිරීමට) හැකියාවක් ඇත. එනම්, චුම්භකද විදුලිය සේම තවත් ශක්ති ප්‍රභේදයකි. විද්‍යාව දියුණුවත්ම, චුම්භක ශක්තියත් විදුලි ශක්තියත් යනු දෙකක් නොව එකක් බව තේරුම් ගත්තා. විදුලියෙන් චුම්භක ලක්ෂණ ඇති කළ හැකි බව ඉහතදී පෙන්නුවා (විද්‍යුත් චුම්භක ගැන කතා කරන විට). එලෙසම, චුම්භක මගින් විදුලිය නිපදවීමද කළ හැකිය. ජෙනරේටරය යනු එලෙස චුම්භකවලින් විදුලිය නිපදවන උපකරණයයි. මෙයින් පෙනෙනවා චුම්භක හා විදුලිය එකම ශක්තියක ස්වරූප දෙකක් පමණක් බව. චුම්භක ගැන ඉතා හොඳ විස්තරයක් පසු පොතක කෙරෙනු ඇත.

යම් ප්‍රේරකයක් අසල තවත් ප්‍රේරකයක් තබා ඉන් එක ප්‍රේරකයක් පමණක් විදුලිය සම්බන්ධ කළ විට, අනෙක් කොයිලයේද යම් විදුලියක් හට ගනී. **ප්‍රේරණය (induction)** යන වචනයේ තේරුමම මෙය වේ (එනම්, යම් දෙයක් මගින් තව දෙයකට බලපෑමක් සිදු කිරීම. හොඳ මිතුරන් සිටියොත් ඔබද හොඳ කෙනෙකු වන්නේ ඔවුන්ගේ හොඳකම ඔබට ප්‍රේරණය (බලපාන) බැවිනි.) මෙය සිදුවන්නේ (රූපයේ රතු පාටින් ඇති රේඛා මගින් නිරූපණය වන) චුම්භක බල රේඛා පළමු කොයිලය තුළින් ධාරාවක් ගලා යෑම හේතුවෙන් නිපදවී එම රේඛා දෙවැනි කොයිලයට බලපාන නිසාය. මෙය **ෆැරඩේ නියමය (Faraday’s law)** ලෙස හැඳින් වේ.

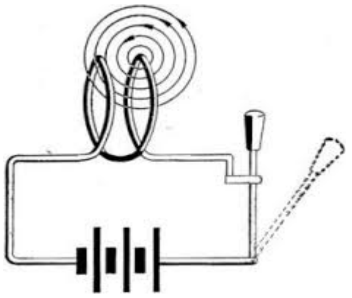


මෙම ප්‍රේරණය සඳහා කොයිල් දෙකක් සහභාගී වූ නිසා, මෙයට **අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණය** (mutual inductance) යන නම භාවිතා කෙරෙනවා. ඇත්තටම එක කොයිලයක (ඉහත රූපයේ coil 1 යන කොයිලය) පමණයි විදුලිය ගමන් කළේ. එම විදුලිය ගමන් කිරීම නිසා අනෙක් කොයිලයේද යම් විදුලියක් (හෙවත් විදුලි ධාරාවක්) හට ගත්තා. (රූපයේ coil 2 යන කොයිලය ගැල්වනෝමීටරය නම් මීටරයකට සවිකර ඇත්තේ, මෙම නිපදවෙන ධාරාවේ විශාලත්වය හා දිශාව මැනීමටයි.) මෙම දෙවැනි කොයිලයේ හටගත් විදුලි ධාරාවට **ප්‍රේරිත විදුලි ධාරාව** (induced current) යැයි පවසනවා. මෙහිදී සිදු වූයේ, විදුලි ධාරාව ගමන් කිරීම නිසා එම කොයිලයේ චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් හට ගෙන එම චුම්භක ක්ෂේත්‍රයෙන් දෙවැනි කොයිලය "වෙළා ගැනීමය". චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ තිබෙන සන්නායකයකින් විදුලියක් අලුතින් බිහි වේ. එහෙත් මෙහිදී එක් කොන්දේසියක්ද ඇත. එනම්, චුම්භක ක්ෂේත්‍රය හා සන්නායකය අතර සාපේක්ෂ චලිතයක් තිබිය යුතුය. ඒ කියන්නේ, එක්කෝ චුම්භක ක්ෂේත්‍රය වෙනස් වෙමින් තිබිය යුතුය; නැතහොත් සන්නායකය වෙනස් වෙමින් (සෙලවෙමින්) තිබිය යුතුය. දෙකම වෙනස් නොවී තිබේ නම්, ප්රේරණයක් හට නොගනී.

තවද, මෙම අලුතින් දෙවැනි කොයිලය තුළ බිහි වූ ප්‍රේරිත ධාරාව හැම විටම ගමන් කරන්නේ අනෙක් කොයිලයේ ධාරාව ගලන දිශාවට විරුද්ධ දිශාවටය. මෙය **ලෙන්ස් නියමය** (Lenz's law) ලෙස හැඳින් වෙනවා.

ට්‍රාන්ස්ෆෝර්මර් නම් විදුලි උපාංගයද වැඩ කරන්නේ ඉහත විස්තර කළ අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණය මතය. (මේවා ගැන සවිසත්රාත්මකව කීමට බොහෝ දේ ඇතත්, ඒවා ඉහතදී පොරොන්දු වූ පරිදි චුම්භක ගැන විස්තරත් සමගම පසුව දක්වනු ලැබේ.)

දැන්, එක කොයිලයක් පමණක් ගෙන ඊට විදුලිය සපයමු. (පෙර සේ දෙවැනි කොයිලයක් නැත.) එවිට මෙම කොයිලය තුළින් ධාරාවක් ගලා යැම හේතුවෙන් පෙර සේම චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් හට ගනී. එම චුම්භක ක්ෂේත්‍රය විසින්ම එම ක්ෂේත්‍රය උපැද්ද වූ කොයිලයම "වෙළා ගනී". එනිසා එම කොයිලයේ අලුතින් ප්‍රේරිත ධාරාවක් ගලා යැමට පටන් ගන්නා අතර, පෙර කී ලෙසම එම අලුත් ධාරාව ගමන් කරන්නේ දැනට ගමන් කරන ධාරාවට විරුද්ධ දිශාවටයි.



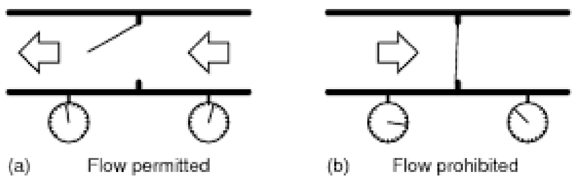
මෙම ප්‍රේරණය **ස්වයංප්‍රේරණය** (self inductance) යන නමින් හැඳින් වේ. අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණය මෙන් නොව, මෙම ස්වයංප්‍රේරණය කිසිසේත් වැළැක්විය නොහැකි බව ඔබට තේරුම් යා යුතුය. (අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණය නම් දෙවැනි කොයිලයක් නොතැබීමෙන් පහසුවෙන්ම වැළැක්විය හැකිය.) එමනිසා, කොයිලයක මෙම ස්වයංප්‍රේරණය ඉතා වැදගත් ලක්ෂණයකි. ඉන්ඩක්ටරයක හෙන්රි නම් ඒකකයෙන් මනින ප්‍රේරණතාව ගැන සඳහන් කරන විට, ඒ සඳහන් වෙන්නේ මෙම ස්වයංප්‍රේරණ අවස්ථාව බව මතක තබා ගන්න.

සමහර විට රෙසිස්ටර් කැපැසිටර් වැනි අනෙක් උපාංග මෙන් ඉන්ඩක්ටර් කඩෙන් මිල දී ගන්නේ නැත. ඒ වෙනුවට කරන්නේ තමන්ට අවශ්‍ය අගයන්ගෙන් යුත් කොයිල් පහසුවෙන් තමන් විසින්ම සාදා ගැනීමයි. නියමිත අගයන් (හෙන්රි ගණන) ගණනය කිරීමට සූත්‍ර පවතී. (මෙම විස්තර ඊ ළඟ පොතේ ඇත.) එම සූත්‍රයකට අනුව, පැන්සල් කොටයක් හෝ වෙනත් එවැනි දණ්ඩක් වටා අවශ්‍ය වට ගණන සුදුසු මහතකින් යුත් "කොයිල් කම්බියකින්" ඔතා ගත් විට ඉන්ඩක්ටරය සාදා ගත හැකිය. එහෙත්, අවශ්‍යම නම් ඉන්ඩක්ටර් කඩෙන්ද මිල දී ගත හැකිය. පෙර සේම, හෝල්-තෲ හා SMD යන ආකාර දෙකෙන්ම පවතී. (SMD ආකාරය පවතින්නේ ඉතා කුඩා හෙන්රි අගයන් සඳහා පමණි. ඊට හේතුව ස්වභාවයෙන්ම ඉන්ඩක්ටර් විශාල වීමයි.)

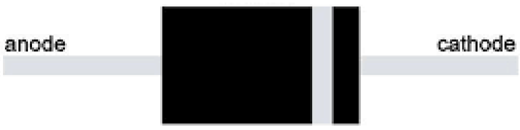
අවසාන වශයෙන් කිව යුත්තේ ප්‍රේරකයකටද ධාරිත්‍රකයකට හැකි වුවා සේම යම් විදුලි ශක්තියක් ගබඩා කරගත හැකිය. කැපැසිටරයක එම ශක්තිය විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක ගබඩා කර ගත්තත්, ඉන්ඩක්ටරයක් එම ශක්තිය චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක ගබඩා කර ගනී. (රෙසිස්ටරයකට ශක්තිය කිසිසේත් ගබඩා කර තබා ගැනීමට හැකියාවක් නැත. ඒ වෙනුවට රෙසිස්ටරය හැම විටම කරන්නේ ශක්තිය හානි/වැය කිරීම පමණි.) මේ අනුව, ධාරිත්‍රක හා ප්‍රේරක යනු විදුලි ශක්ති ගබඩා කර තබා ගන්නා උපාංගද වන බව මතක තියා ගන්න. මෙම ශක්තිය ගබඩා කරගැනීමේ හැකියාව ඉලෙක්ට්‍රෝනික්ස් පරිපථ තුළ නිතර ප්‍රයෝජනයට ගැනේ.

ඩයෝඩය

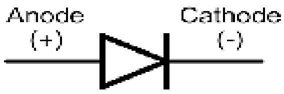
ඩයෝඩයක් (diode) යනු විදුලිය එක පැත්තකට පමණක් ගමන් කිරීමට සලස්වන ඉතා වැදගත් ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපාංගයකි. ඩයෝඩයක මෙම එක් පැත්තකට පමණක් ධාරාව ගලා යෑමට ඉඩ දීමේ ක්‍රියාව diode action යන නමින් හැඳින්වේ. ඒ අනුව, diode action එකක් සහිත උපාංගය ඩයෝඩයක් ලෙස හැඳින්විය හැකිය. මෙම උපාංගය (හා ඉදිරියට කියවෙන වෙනත් බොහෝ උපාංගද) සාදන්නේ **අර්ධසන්නායක** (semiconductor) යන නමින් හැඳින්වෙන විශේෂ ද්‍රව්‍ය කාණ්ඩයකින්ය.



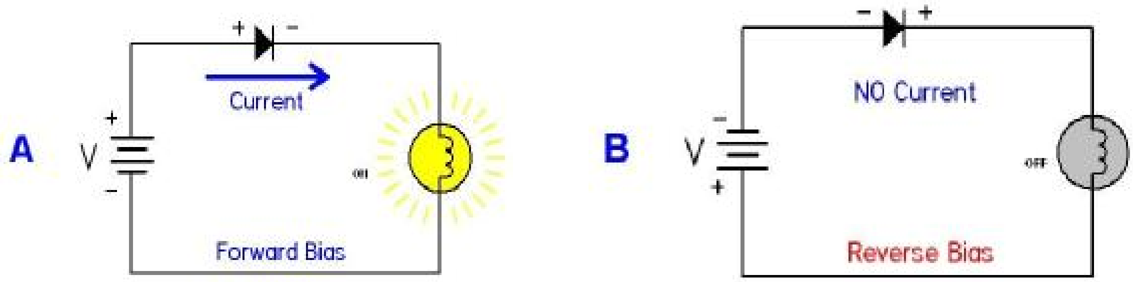
ඩයෝඩයක අග්‍ර දෙකක් ඇති අතර ඒවා **ඇනෝඩය** (Anode) (A) හා **කැතෝඩය** (Cathode) (K) යන නම් දෙකෙන් හැඳින්වේ. ඩයෝඩයක කැතෝඩය පහසුවෙන් හඳුනා ගැනීමට සාමාන්‍යයෙන් යම් සලකුණකින් දක්වනු ලැබේ.



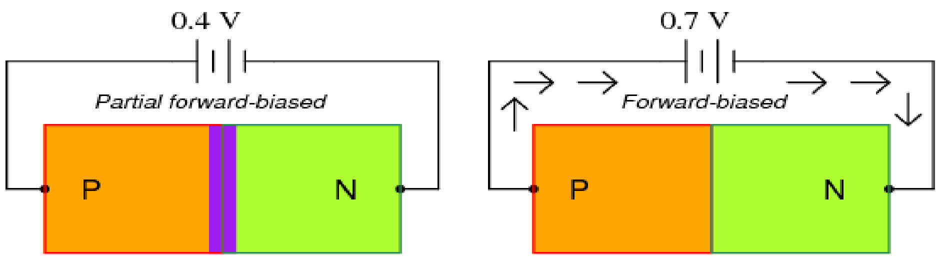
ඩයෝඩයේ රූපමය සංකේතය පහත දැක්වේ. එහි, කැතෝඩය හා ඇනෝඩය හඳුනා ගැනීම ඉතා පහසුය. (ඊතල හිස යොමු වී ඇති පැත්ත කැතෝඩය වේ. එනම්, ඊතල හිස සහිත පැත්තට පමණක් ධාරාව ගැලීමට පුළුවන්ය. එම දිශාවට සම්මත විදුලි ධාරාව ගැලීමට නම්, පෙන්වා ඇති පරිදි වැඩි විභවයක් ඇනෝඩයටද අඩු විභවයක් කැතෝඩයටද ලබා දිය යුතු බව පැහැදිලියි නේද?)



ඩයෝඩයක ඇනෝඩයට ධණ විභවයක්ද, කැතෝඩයට ඍණ විභයවක්ද සැපයූ විට එම ඩයෝඩය හරහා ධාරාවක් ගලා යයි. මෙය **පෙර නැඹුරුව (forward bias)** ලෙස හැඳින් වේ. එලෙසම, විභවයන් මාරු කර සම්බන්ධ කළ විට (එනම්, කැතෝඩයට ධණ හා ඇනෝඩයට ඍණ) ඩයෝඩය හරහා ධාරාවක් නොගලන අතර, එය **පසු නැඹුරුව (reverse bias)** ලෙස හැඳින් වේ.



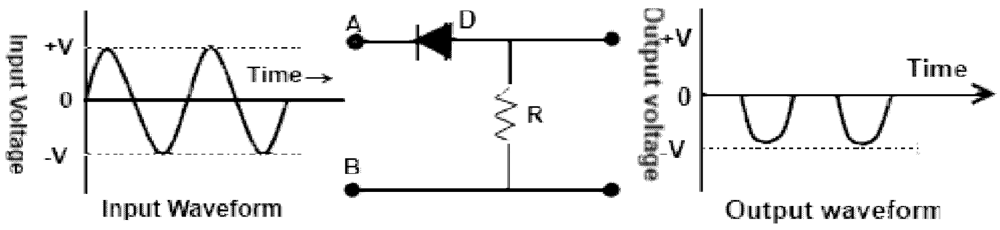
ඩයෝඩයක අමුතු විශේෂත්වයක් ඇත. එනම්, පෙර නැඹුරු කළ විට, ඩයෝඩය දෙපස හැම විටම 0.7ක පමණ වෝල්ටියතාවක් පවත්වා ගන්නවා. (සමහරුන් මෙය 0.6 හෝ 0.65 ලෙසද ගන්නවා.) ඇත්තටම මෙම 0.7V ප්‍රමාණය ගන්නේ සිලිකන් නම් අමුද්‍රව්‍යවලින් තැනූ ඩයෝඩය. අද බහුලවම භාවිතා කරන්නේ සිලිකන් ඩයෝඩ වේ. ජර්මේනියම්වලින් සෑදූ ඩයෝඩයක දෙපස පවත්වා ගෙන යන්නේ 0.2ක වෝල්ට් ප්‍රමාණයකි. තවද, මෙම 0.7 (සිලිකන් ඩයෝඩ සඳහා) හෝ 0.2 (ජර්මේනියම් ඩයෝඩ සඳහා) යන අගයට අඩු වෝල්ටියතාවක් (partially forward biased) සහිත පරිපථයකට ඩයෝඩය සවි කළ විට, එම සම්පූර්ණ වෝල්ට් ප්‍රමාණයම ඩයෝඩය දෙපස රැඳෙන අතර, පරිපථය හරහා ධාරාවක් ගලා නොයයි. පරිපථය හරහා ධාරාවක් ගැලීමට අනිවාර්යෙන්ම ඩයෝඩය සම්බන්ධ කළ යුත්තේ ඉහත අගයන්ට වඩා ඉතා කුඩා ප්‍රමාණයකින් හෝ වැඩි අගයක් සහිති වෝල්ටියතාවකටයි. පහත රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ සිලිකන් ඩයෝඩයක් විදුලිය සපයා ඇති අවස්ථා දෙකකි. පළමු අවස්ථාවේ සපයා ඇති විදුලිය 0.7ට අඩු නිසා, ඩයෝඩය ක්‍රියාකාරී නොවේ.



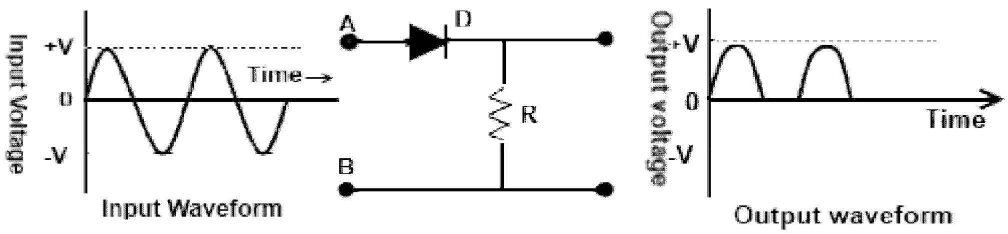
ඩයෝඩය හරහා කොතරම් ධාරාවක් ගියද, මෙම රඳවා ගන්නා වෝල්ට් ප්‍රමාණය වෙනස් නොවේ. එය V=IR යන ඕම් නියමයට පටහැනි බව පෙනේ (මක්නිසාද යත්, ඕම් නියමය අනුව උපාංගය හරහා ගලා යන ධාරාව වැඩි වන විට උපාංගය දෙපස ඩ්‍රොප් වන වෝල්ට් ගණනද වෙනස් වේ. එහෙත් ඩයෝඩය මෙලෙස ක්‍රියා නොකර, ධාරාව කොතරම් වෙනස් වුවත්, එකම වෝල්ටියතාවක් දෙපස රඳවා ගනී.) ධාරාව වෙනස් වූ විට, දෙපස රඳවා ගන්නා වෝල්ට් ගණන වෙනස් නොවී තිබීමට ඇති එකම ක්‍රමය නම්, ධාරාව වැඩි වන විට, ඊට අනුරූපව ඩයෝඩයේ "අභ්‍යන්තර ප්‍රතිරෝධය" අඩු වීම, හා ධාරාව අඩු වන විට, අභ්‍යන්තර ප්‍රතිරෝධය වැඩි වීමයි.

මෙලෙස, තමන් හරහා ගලන ධාරාව අනුව තමන්ගේ අභ්‍යන්තර ප්‍රතිරෝධය වෙනස් කරගන්නා උපාංග non-linear උපාංග ලෙස හැඳින්වේ. ඩයෝඩය ඒ අනුව නන්-ලීනියර් උපාංගයකි. පසුව කතා කරන ට්‍රාන්සිස්ටරයද නන්-ලීනියර් උපාංගයකි. මේවා පෙරත් පැහැදිලි කළ පරිදි වෝල්ටියතාව හා ධාරාව එකිනෙකට වෙනස් හැඩයන් සහිතව ගමන් කරන අවස්ථා වේ.

ඒසී විදුලිය ගමන් කරන පරිපථයකට ඩයෝඩයක් සම්බන්ධ කළ විට, එය හරහා එක් දිශාවකට පමණක් විදුලිය ගමන් කිරීමට සලස්වයි. එනම්, ඒසී විදුලිය යනු මාරුවෙන් මාරුවට දෙපැත්තටම ධාරාව ගමන් කිරීමක් නිසා, ඉන් එක පැත්තකට ධාරාව ගැලීම කපා දමා අනෙක් පැත්තට පමණක් යැමට සලස්වයි. දැන් එම ඒසී විදුලිය ඩීසී විදුලියක් බවට පත්ව ඇත. ඩයෝඩය සවි කරන පැත්ත අනුව කුමන දිශාවටද විදුලිය ගමන් කරන්නේ යන වග තීරණය වේ.

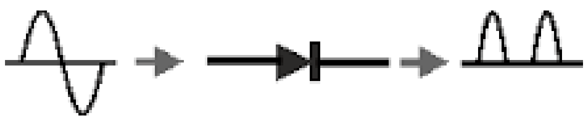


(a) Positive clipper

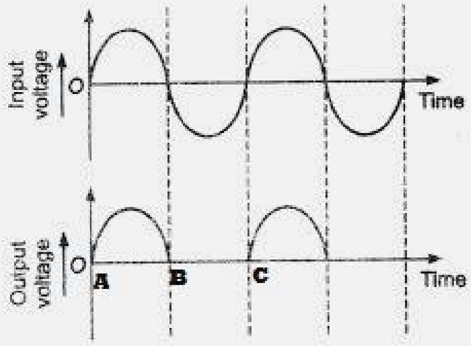


(b) Negative clipper

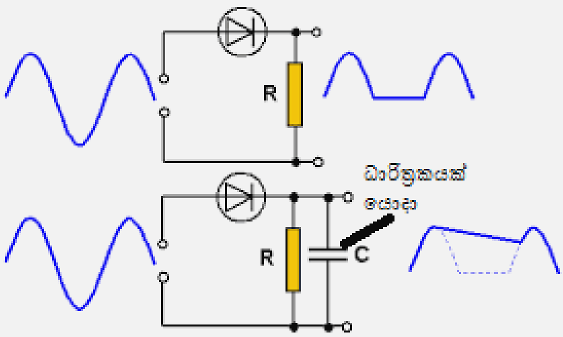
මෙම ක්‍රියාව (එනම්, දෙපසට ගමන් කරන ඒසී විදුලියක් තනි පැත්තකට ක්‍රියා කරන ඩීසී විදුලියක් බවට පත් කිරීම) සෘජුකරණය (rectification) ලෙස පොතේ මුලදී හැඳින්වූවා මතකද? මෙනිසාම, සමහරුන් ඩයෝඩය රෙක්ටිෆයර් (rectifier) යන නමින්ද හඳුන් වනවා. (එහෙත් එය එතරම් හොඳ දෙයක් නොවේ. විවිධ අරමුණු උදෙසා විවිධ ආකාරයේ ඩයෝඩ නිපදනවා. ඒ අතරින් එක් අරමුණක් වන්නේ සෘජුකරණයයි. මොන අරමුණින් යොදා ගත්තත් ඩයෝඩයක ක්‍රියාකාරිත්වය එකමයි. එනම්, එක් පැත්තකට පමණක් ධාරාව ගැලීමට සැලැස්වීමයි.)



සටහන



ඉහත රූපය බැලූ විට ඔබට පෙනෙනවා විදුලිය එක පැත්තකට පමණක් ගමන් කළත්, එම විදුලියද අඛණ්ඩව අඩු වැඩි වෙන බව (A සිට B දක්වා). ඒ විතරක් නොවේ, යම් කාල පරාසයක් තුළ කිසිදු විදුලියක් ගමන් නොකරන බවක්ද (B සිට C දක්වා) පෙනේ. කුමන ලෙසකින් හෝ මෙම විදුලිය ගමන් කරන්නේ එක් දිශාවකට පමණක් වන බැවින් මෙය ඩීසී විදුලියක් ලෙස සැලකීමට සිදු වෙනවා. මෙය ඇත්තටම එතරම් හොඳ (පිරිසිදු) ඩීසී විදුලියක් නොවේ. මෙවැනි ස්ථාවර නොවන නිරන්තරයෙන් අඩු වෙඩි වෙමින් ගමන් කරන ඩීසී විදුලියක් pulsating (පල්සේටිං) electricity ලෙස හැඳින් වේ. මෙවැනි පල්සේටිං ඩීසී විදුලියක් යම් යම් උපක්‍රම යොදා ස්ථාවර නියත ඩීසී විදුලියක් බවට පත් කර ගත යුතුය. එම ක්‍රියාව “**සුමට කිරීම**” (smoothing) ලෙස හැඳින් වේ. (සුමට කිරීම සිදු කරන්නේ ධාරිත්‍රක (හා ප්‍රේරක) යොදාගෙන බව ඔබට පසු පාඩමක ඉගෙන ගැනීමට ලැබෙනු ඇත.)



සටහන

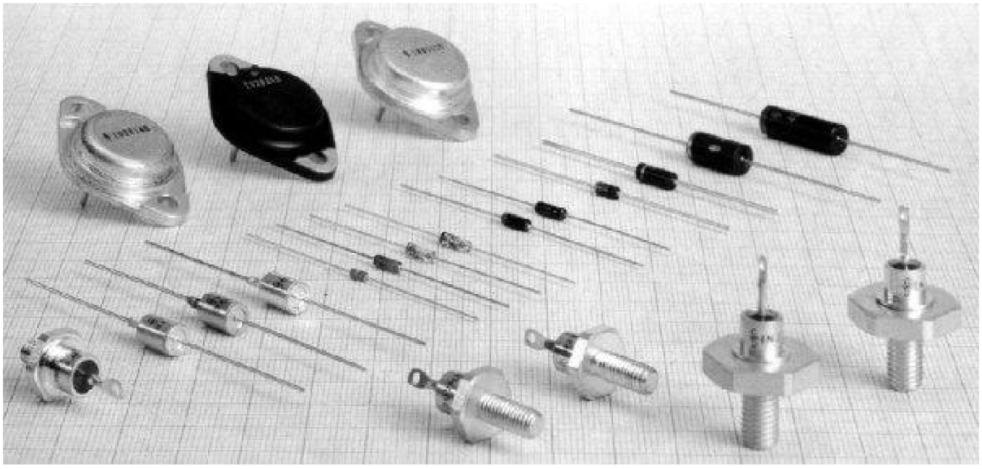
අර්ධසන්නායක යනු සන්නායක, පරිවාරක වගේම තවත් ද්‍රව්‍ය විශේෂයකි. බැලූ බැල්මටම ඒවාට එම නම ලැබී ඇත්තේ සන්නායක හා පරිවාරක යන දෙවර්ගයට මැදින් හෙවත් අර්ධ වශයෙන් සන්නායක (හා අර්ධ වශයෙන් පරිවාරක) වන නිසා යැයි ඔබට සිතෙනු ඇත. එය එක්තරා දුරකට සත්‍යයකි. අර්ධසන්නායක ද්‍රව්‍යය පරිවාරක මෙන් සම්පූර්ණයෙන්ම විදුලිය ගමන් කිරීමට බැරි ද්‍රව්‍යයක් නොවේ. ඒවගේම, අර්ධසන්නායක සන්නායක මෙන් ඉතා හොඳින් විදුලිය සන්නයනය කළ හැකි ද්‍රව්‍යයක්ද නොවේ.

එහෙත්, සත්‍ය ලෙසම අර්ධසන්නායක යනු ඊට වඩා ගැඹුරු විද්‍යාත්මක හේතුවක් මත ක්‍රියාකරන ද්‍රව්‍ය විශේෂයකි. මේ ගැන පසු පාඩමක සවිස්තරාත්මකව පැහැදිලි කෙරෙනු ඇත. (අර්ධසන්නායක යනු මූලිකව **සිලිකන්, ජර්මේනියම්** යන මූලද්‍රව්‍ය දෙක බව දැනට මතක තබා ගන්න.)

සන්නායක, අර්ධසන්නායක, පරිවාරක වැනිම තවත් විශේෂ ද්‍රව්‍ය කාණ්ඩයක් තිබෙනවා. **ඒවා සුපිරිසන්නායක** (superconductor) යන නමින් හඳුන්වනවා. නමින් කියවෙන පරිදිම මේවා “සුපිරි” සන්නායක වේ. එනම්, මෙම

ද්‍රව්‍යවල ප්‍රතිරෝධය ශූන්‍ය වේ. ඒ අනුව ඕම් නියමය මෙම සුපිරිසන්නායකවලට වලංගුද නොවේ (R අගයක් නොමැති නිසා). මෙම ද්‍රව්‍යවල විස්මිත ගුණාංග ඇත. එමගින් “සුපිරි වැඩ” කරගත හැකිය. (එම සුපිරි වැඩ මොනවාදැයි ඔබම සොයා දැනගන්න.) ඕනෑම මූලද්‍රව්‍යයක (හෝ ද්‍රව්‍යයක) උෂ්ණත්වය අඩු කරමින් යන විට, යම් උෂ්ණත්වයකදී එම ද්‍රව්‍යය සුපිරිසන්නායක බවට පත් වේ. එම උෂ්ණත්වය “**අවධි උෂ්ණත්වය**” (critical temperature - T_c) යන නමින් හැඳින් වේ. හැම ද්‍රව්‍යයක්ම සුපිරිසන්නායක වන්නේ එකම උෂ්ණත්වයකදී නොව ඒ ඒ ද්‍රව්‍යයන්ට ආවේණික විවිධ උෂ්ණත්ව වලදීය. ප්‍රශ්නය වන්නේ, එම සියලු උෂ්ණත්වයන් ඉතාම පහළ උෂ්ණත්වයන් වීමයි. එමනිසා සුපිරිසන්නායකවලින් ගත හැකි “සුපිරි වැඩ” අදටත් ප්‍රායෝගිකව යොදා ගැනීමට නොහැකිය. විද්‍යාඥයින් ඉහළ උෂ්ණත්ව වලදී සුපිරිසන්නායක ගුණ පෙන්වන ද්‍රව්‍ය නිපදවීමට පර්යේෂණ කරමින් සිටී.

හෝල්-තෲ හා SMD යන දෙයාකාරයෙන්ම ඩයෝඩ ලබා ගත හැකිය.



ඇත්තටම විවිධ විශේෂ ගති ගුණ ඇති ඩයෝඩ වර්ග නිපදවා ඇත. ඉන් එකකි “ආලෝක විමෝචක ඩයෝඩය”. සමහරවිට එම නම ඔබට නුහුරු වන්නට පුලුවන. ඔබ “එල් ඊ ඩී” යන නම අසා තිබෙනවා නේද? LED (Light Emitting Diode) යනු ආලෝක විමෝචක ඩයෝඩයයි. මෙයද ඩයෝඩයක් නිසා ඉහත කී සියලු විස්තර මෙම ඩයෝඩයටද ගැලපේ. විශේෂත්වය නම්, පෙර නැඹුරු කළ විට ආලෝකය නිකුත් වීමයි.

ඩයෝඩවල පමණක් නොවේ. රෙසිස්ටර්, කැපැසිටර් ආදී අනෙක් උපාංගවලද විශේෂ ගති ගුණ සහිත ප්‍රභේද ගණනාවක් පවතී. මෙම පොත ට්‍රොනික්ස් ගැන හැඳින්වීමක් නිසා, එම උපාංග ගැන සඳහන් නොකරනු ඇත. පසු පොත්වල එම උපාංග මෙන්ම සියලු උපාංගවල සම්පූර්ණ විස්තර හා සූත්‍ර හඳුන්වා දෙයි.

සටහන

අර්ධසන්නායක තාක්ෂණය බිහිවන්නට පෙර ඩයෝඩ (හා ට්‍රාන්සිස්ටර්) වල ක්‍රියාව කළේ **වැල්ව්** (valve) යනුවෙන් හැඳින්වෙන උපාංගවලිනි. **රික්තනල** (vacuum tube), **ටියුබ්** (tube) යන නම්වලින්ද මේවා හැඳින්වේ. බැලූ බැල්මට මේවා විදුලි බුබුලුවල පෙනුම ඇත. මේවායේ අග්‍ර දෙක, අග්‍ර තුන, හතර, පහ ආදී ලෙස විවිධ අග්‍ර ගණන් වලින් යුතුව මිල දී ගත හැකිය. එම අග්‍ර ගණන අනුව ඒවා diode (අග්‍ර 2), triode (අග්‍ර 3), tetrode (අග්‍ර 4), pentode (අග්‍ර 5) ආදී ලෙස නම් කෙරේ.

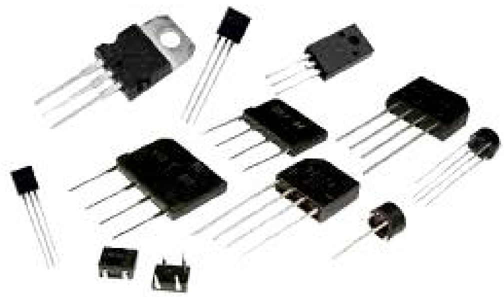
මෙම උපාංග (ඩයෝඩවලට වඩා) විශාලය (SMD ප්‍රමාණයේ ඩයෝඩ හා සැසඳීමේදී වැල්ව් උපාංග අති දැවැන්තය.). ඉක්මනින්ම කැඩෙන බිඳෙන සුළුය. ක්‍රියාකාරිත්වය මන්දගාමී වේ. වැඩිපුර විදුලිය අපතේ යවයි (රත් වීමෙන්). නිෂ්පාදන මිල මෙන්ම, පරිපථ සැදීමේදී වැඩි කාලයක් ගන්නා හෙයින්ද මේවා අවාසිදායක වේ. මෙම අවාසි නිසා අද වැල්ව් භාවිතා කරන්නේ ඉතාම සීමිත අවස්ථාවකදී දෙකකදී පමණි. (වැල්ව් ගැනද ඉතා සවිතරාත්මකව පසු පොතක ඉගැන්වේ.)

ට්‍රාන්සිස්ටර්

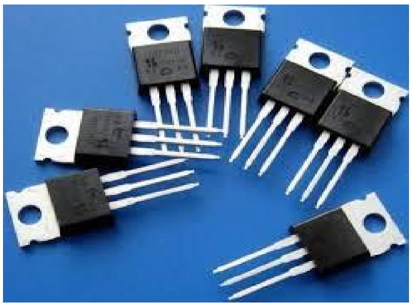
“ට්‍රාන්සිස්ටර් ක්‍රියාව” (transistor action) යන ක්‍රියාව සිදු කරන උපාංගය ට්‍රාන්සිස්ටරය වේ. අද භාවිතා වන ට්‍රාන්සිස්ටර් ඩයෝඩ මෙන්ම අර්ධසන්නායක වලින් සාදා ඇත. මෙම අර්ධසන්නායක ට්‍රාන්සිස්ටර් පැමිණෙන්නට පෙර මෙම ට්‍රාන්සිස්ටර් ඇක්ෂන් එක සිදු කළේ ට්‍රයෝඩ්, ටෙට්‍රෝඩ් යන නම් වලිනි හැඳින් වූ වැල්ව්වලිනි. ට්‍රාන්සිස්ටර් හෝල්-තෲ හා SMD යන ආකාර දෙකින්ම ලබා ගත හැකිය.

ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් තුළ රෙසිස්ටරය හැරුණු විට, අන් සියලුම උපාංගයන්ට වඩා අති වැදගත්ම නැතිවම බැරි උපාංගය මෙය වේ. ඩිජිටල් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් පරිපථවල පදනමද වන්නේ මෙම ට්‍රාන්සිස්ටර් වේ. තවද, රෙසිස්ටර්, කැප්ස්, ඉන්ඩක්ටර්, ඩයෝඩ වල මෙන් අග්‍ර දෙකේ (two lead/pin) උපාංගයක් නොවේ ට්‍රාන්සිස්ටරය කියන්නේ. ට්‍රාන්සිස්ටරයට අග්‍ර තුනක් ඇත. ප්‍රධාන ට්‍රාන්සිස්ටර් කාණ්ඩ දෙකක් ඇත.

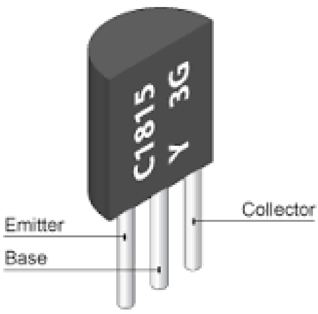
1. බී ජේ ටී (BJT – Bipolar Junction Transistor)

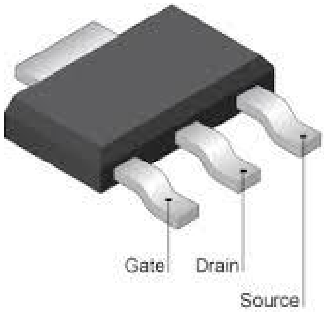


2. ෆෙට් (FET – Field Effect Transistor)



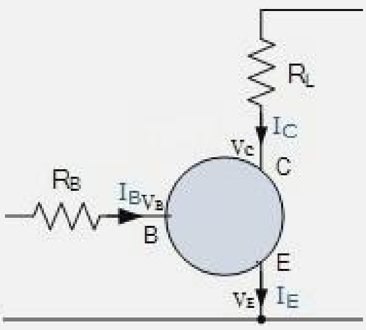
ඉහත පෙනෙන පරිදි BJT හා FET දෙකෙහි වෙනසක් භාහිර පෙනුමෙන් දැකිය නොහැකිය (එහෙත් ෆෙට් බොහෝ විට කුඩායි). මෙම ට්‍රාන්සිස්ටර් කාණ්ඩ දෙකෙන්ම සිදු කරන්නේ එකම ට්‍රාන්සිස්ටර් ක්‍රියාව වේ. එහෙත් එය සිදු කරන අන්දම වෙනස්ය. මේවා ගැන විස්තරාත්මකව පසුව ඉගැන්වෙනු ඇත. BJT එකක අග්‍ර තුන **පාදම** (base – B), **සංග්‍රහකය** (collector – C), හා **විමෝචකය** (emitter – E) යන නම්වලින් හැඳින්වෙන අතර, ෆෙට් එකක අග්‍ර තුන **ගේට්** (gate –G), **සෝස්** (source – S), හා **ඩ්‍රේන්** (drain – D) යන නම්වලින් හැඳින්වේ.



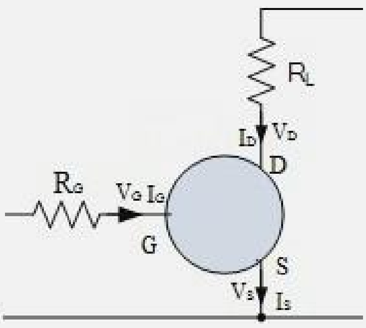


සටහන

බයිපෝලර් ට්‍රාන්සිස්ටරයක බේසයට සපයන වෝල්ටියතාව V_B ලෙසද, කලෙක්ටරයකට සපයන වෝල්ටියතාව V_C ලෙසද, එමිටරයට සපයන වෝල්ටියතාව V_E ලෙසද සලකුණු කෙරේ. එලෙසම, බේසය තුළින් ගලන ධාරාව I_B ලෙසද, එමිටරය තුළින් ගලන ධාරාව I_E ලෙසද, කලෙක්ටරය තුළින් ගලන ධාරාව I_E ලෙසද හැඳින් වේ.



එලෙසම, ෆෙට් ට්‍රාන්සිස්ටරයක ඒ ඒ අග්‍රයන්හි වෝල්ටියතා (V_G, V_S, V_D) හා ධාරාවන්හි (I_G, I_S, I_D) සංකේත පහත රූපයෙන් දක්වා ඇත.



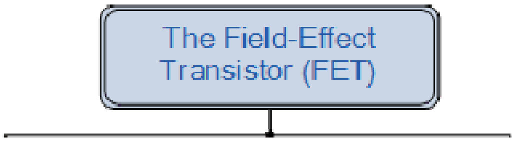
එච්තරක් නොවේ, පරිපථයක ඇති ප්‍රතිරෝධක උපාංග R යන සලකුණින්ද, ධාරිත්‍රක C යන සලකුණින්ද, ඉන්ඩක්ටර් L යන සලකුණින්ද, ඩයෝඩ D යන සලකුණින්ද, ඕනෑම ට්‍රාන්සිස්ටරයක් Q (හෝ T) යන සලකුණින්ද, ස්විච SW සලකුණින්ද සලකුණු කළ යුතුය. අනෙක් (මෙහි දැනට සඳහන් නොකළ උපාංගවලටද එවැනි කේත ඇත.)

තවද, ඒ ඒ උපාංගවල කිහිපයක් බැගින් පවතින නිසා, 1, 2, 3 ආදී ලෙස ඉලක්කමක් ඉහත ඉංග්‍රීසි අකුරු පිටුපසින් යොදා (R1, R2, R3, C2. C12, L8, D1, Q9,...) ඒවා වෙන වෙනම අනන්‍යව සලකුණු කළ හැකිය. සමහර

අවස්ථාවලදී, රෙසිස්ටර් හෝ ධාරිත්‍රක හෝ ට්‍රාන්සිස්ටරයකට සම්බන්ධ කර ඇති විට, ට්‍රාන්සිස්ටරයේ අග්‍රයේ නමින්ද එම උපාංග R_G, R_C, R_E ආදී ලෙස ලකුණු කළ හැකියි.

යම් උපාංගයක හෝ උපකරණයක අවුට්පුට් එකෙන් පිට කරන සිග්නල් එකක් ස්පීකරයක්, බල්බයක්, මෝටරයක් හෝ එවැනි ඕනෑම උපාංගයකට ලබා දීමයි පරිපථයක කාර්ය භාරය. මෙවැනි ස්පීකර්, බල්බ්, මෝටර් වැනි අවසන් වශයෙන් විදුලිය වැය කර දමා ප්‍රයෝජනවත් කාර්යක් කරන උපාංගයක් පොදුවේ ලෝඩ් (load) එකක් ලෙස හැඳින් වෙනවා. ලෝඩ් එකක් හැමවිටම ශක්තිය වැය කරනවා. එම නිසා එය හරියට ප්‍රතිරෝධකයක් වගේ නේද? ඔව්. ලෝඩ් එකක් හැමවිටම ප්‍රතිරෝධකයක්! පරිපථයට ලෝඩ් එක පෙනෙන්නේ මෝටරය හෝ බල්බය හෝ ලෙස නොව, ප්‍රතිරෝධකයක් ලෙසයි. එමනිසා, ඕනෑම ලෝඩ් එකක් අවශ්‍ය නම්, ප්‍රතිරෝධකයක් ලෙස නිරූපණය කළ හැකියි. සෑම ලෝඩ් එකකම යම් ප්‍රතිරෝධි අගයක් පවතිනවා. එමනිසා, ලෝඩ් එක නියෝජනය කරන ප්‍රතිරෝධකයේ අගය වන්නේ හැමවිටම එම ලෝඩ් එකේ සාමාන්‍යයෙන් පවතින් ප්‍රතිරෝධි අගයයි. මෙවැනි ලෝඩ් රෙසිස්ටර් එකක් R_L යන සංකේතයෙන් දක්වන පුරුද්දක ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් තුළ තිබෙනවා.

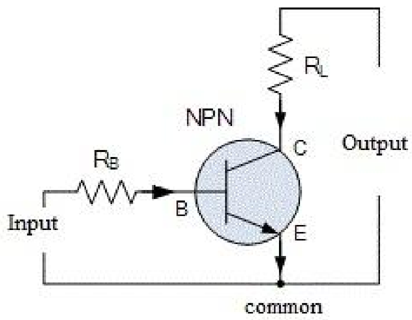
BJT නැවත NPN (එන් පී එන්) හා PNP (පී එන් පී) ලෙස උපවර්ග දෙකකින් ඇති අතර, NPN වර්ගය බහුලව භාවිතා වේ. තවද, NPN වර්ගය PNP වර්ගයට වඩා වේගවත් හා කාර්යක්ෂම වේ. FET නැවත JFET (**ජේෆෙට්**) හා MOSFET (**මෝස්ෆෙට්**) ලෙස ප්‍රධාන උපවර්ග දෙකකින් ඇත. මෙම JFET හා MOSFET යන FET ට්‍රාන්සිස්ටර් දෙක නැවැත තවත් ප්‍රභේද කිහිපයකට බෙදේ. එම සියලුම ෆෙට් වර්ගීකරණය ඒවාට හිමි රූපමය සලකුණු සමග මා පහත දක්වා ඇත.



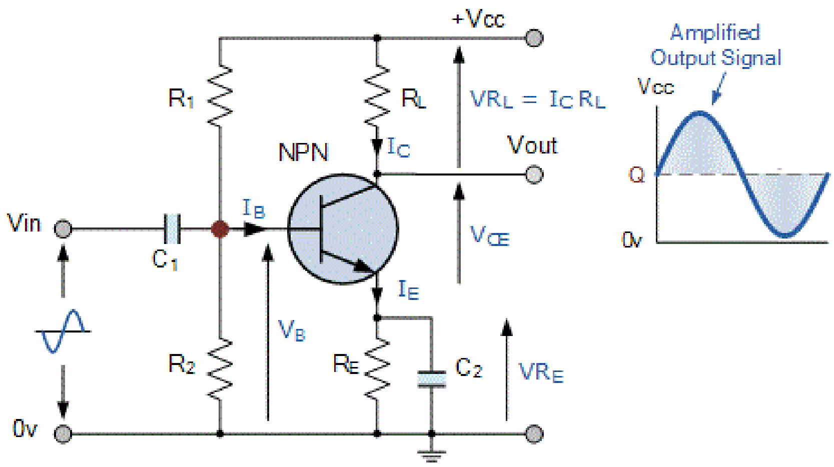
මා මෙතැන් සිට බයිපෝලර් ට්‍රාන්සිස්ටර් ගැන පමණක් කතා කරනවා. (සියලුම ෆෙට් ගැන පසු පාඩමක සවිස්තරාත්මකව සාක් ඡා කරනවා.) බයිපෝලර් ට්‍රාන්සිස්ටර් වර්ග දෙකෙහි රූපමය සංකේත පහත දැක්වේ.

ට්‍රාන්සිස්ටරයක් ක්‍රියාත්මක වීමට එහි අග්‍ර තුනට සුදුසු වෝල්ටියතාවන් හා ධාරාවන් සැපයිය යුතුය. එසේ නොවුණොත් එය වැඩ කරන්නේ නැත. මෙයට ට්‍රාන්සිස්ටරයක් **බයස්** (bias) කරනවා යැයි පවසනවා. ට්‍රාන්සිස්ටරයක් බයස් කරන ක්‍රම කිහිපයක්ම ඇත. (මේ ගැන පසුව සවිස්තරාත්මකව ඉගැන්වේ.)

ට්‍රාන්සිස්ටරයක් මූලිකව **වර්ධකයක්** (amplifier) ලෙස භාවිතා වේ. ට්‍රාන්සිස්ටරයකට අග්‍ර තුනක් ඇති නිසා, ඉන් අග්‍ර දෙකක් **ප්‍රදානය** (input) ලෙසද, තවත් අග්‍ර දෙකක් **ප්‍රතිදානය** (output) ලෙසද හැඳින් වේ. එවිට, එක් අග්‍රයක් ඉන්පුට් හා අවුට්පුට් යන දෙකටම **පොදු** (common) විය යුතුයි නේද?



ඒ අනුව, ඉන්පුට් කොටසට ලබා දෙන සංඥාවක් වර්ධනය කර අවුට්පුට් කොටසින් පිටතට ලබා දීමෙන් ට්‍රාන්සිස්ටරයක් වර්ධකයක් ලෙස ක්‍රියා කරයි.



සටහන

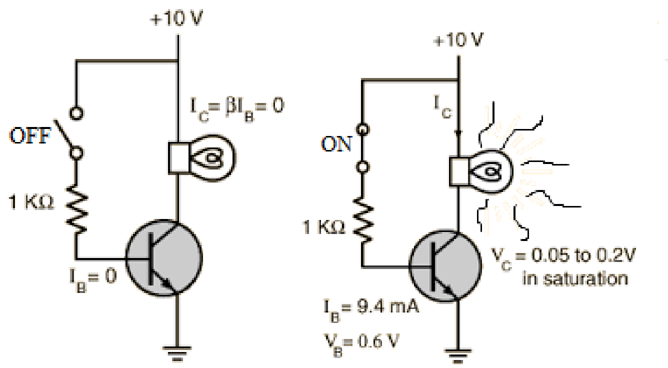
සංඥාවක් වර්ධනය කරන්නේ ඇයි? පෙර අවස්ථාවකදීත් අප කතා කළා සංඥා ගැන. ඉලෙක්ට්‍රොනික පරිපථ යනුම සංඥා සමග වැඩ කරන ඒවාය. යම් භාහිර (භෞතික) සංඥා විදුලි සංඥා බවට පත් කර, එම සංඥාවලට විවිධ වෙනස්කම් සිදු කර නැවත එළියට වෙනත් (භෞතික) සංඥා වශයෙන් ලබා දීම බොහෝ විට මෙම පරිපථවල රාජකාරිය වේ. බොහෝ විට, (සෙන්සර් මගින්) පරිපථය තුළට ලබා දෙන විදුලි සංඥාව ඉතා දුර්වල මට්ටමේ පවතී. එමනිසා, එම සංඥාවන්ට යම් යම් වෙනස්කම් කිරීමට පෙර එම සංඥා වර්ධනය කළ යුතුය. තවද, පරිපථයක් මගින් එළියට ලබා දෙන (output) සංඥාව මගින් යම් යම් උපකරණ ක්‍රියාත්මක කිරීමට නම්, එම සංඥා විශාල (වර්ධිත) විය යුතුය. එවිටද, අපට අවශ්‍ය ප්‍රමාණයට සංඥා වර්ධනය කිරීමට සිදු වේ. මෙම වර්ධන ක්‍රියාව කරන්නේ ට්‍රාන්සිස්ටර් මගින්ය.

උදාහරණයක් ලෙස, ඔබ මයික් එකක් ඉදිරියේ කතා කරන විට, එම ශබ්ද තරංග විදුලි තරංග බවට පත් වේ. එම විදුලි තරංගය ඉතා දුර්වලය. එය කෙලින්ම කිසි ස්පීකරයකට සම්බන්ධ කළ නොහැකිය. එමනිසා එම දුර්වල විදුලි සංඥාව ට්‍රාන්සිස්ටර් පරිපථ කොටසක් හරහා වර්ධනය කර ගත යුතුය.

වර්ධකයකට අමතරව, ට්‍රාන්සිස්ටරය ඉලෙක්ට්‍රොනික් **ස්විචයක්** ලෙසද නිතරම භාවිතා වේ. ස්විචයක කාර්ය ඔබ හොඳින් දන්නවා. එනම්, යම් පරිපථයක් හරහා ගලන ධාරාව (විදුලිය) ඔන් ඕෆ් කිරීමයි ස්විචයකින් කරන්නේ. විවිධාකාරයෙන් ක්‍රියාකරන ස්විච ඇත. ඔබ ගෙදර දොරේ නිතර භාවිතා කරන ස්විචය ක්‍රියා කරන්නේ ඔබේ ඇඟිල්ලෙනි.

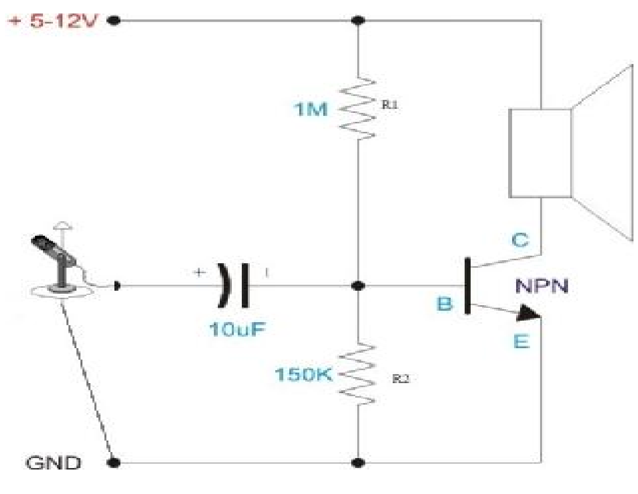
“ඇඟිල්ලෙන් දමනවා” යැයි පැවසුවත් ඊට වඩා නිවැරදි යෙදුම වන්නේ “යාන්ත්‍රිකව ක්‍රියා කරන” ස්විච (mechanical switch) යන්නයි. මීට අමතරව, උෂ්ණත්වය, පීඩනය, වේගය (ත්වරණය), චුම්භක ක්ෂේත්‍රය, ආලෝකය ආදී විවිධ භෞතික ගුණයන් මගින් ක්‍රියා කරන (හෙවත් එම ගුණයන්ට සංවේදී) ස්විචද ඇත. උදාහරණයක් ලෙස, උෂ්ණත්වය සෙල්සියස් අංශක 55ට (හෝ වෙනත් අගයක්) පත් වූ විට, ඕෆ් වෙන (හෝ ඔන් වෙන) ස්විච ඇත. ඔබේ ශීතකරණයේ එවැනි ස්විච ඇත. ශීතකරණය ඇතුළේ බල්බය ආසන්නයේ අවශ්‍ය කරන ශීතල ප්‍රමාණය සකසන එකෙන් කරන්නේ මෙවැනි උෂ්ණත්වයට සංවේදි ස්විචයක් සැකසීමයි. ඔබේ මොබයිල් ෆෝන් එක ට ස් න් වර්ගයේ එකක් නම්, එහි ස්ක්‍රිනයට මදක් උඩින් ආලෝකයට සංවේදී ස්විචයක් ඇත. ඉන් සිදු කරන්නේ එම ස්විචය ක්‍රියාත්මක වූ විට, ඔබේ ෆෝන් එකේ ට ස්ක්‍රින් ක්‍රියාකාරිත්වය නතර කිරීමයි. එසේ නොකළොත් ඔබ ෆෝන් එක කනට ළං කරන විට, කනේ වැදී කෝල් කට් වීම හෝ වෙනත් අනවශ්‍ය ඇප්ස් රන් වීම ආදිය සිදු විය හැකියි. එම ස්විචය ක්‍රියාත්මක වන්නේ ඔබ ෆෝන් එක කනට ළං කරන විට, ඔලුව නිසා එම ආලෝක සංවේදී ස්විචය මතට වැටෙන ආලෝක මට්ටම අඩු වී ස්විචය ඉබේ ක්‍රියාත්මක වීමයි. අවශ්‍ය නම්, ඔබ කෝල් එකක සිටින විට, ෆෝන් එක කනෙන් ඈත් කර බලන්න. ෆෝන් එකේ ලයිට් පත්තු වනු ඇත. දැන්, ඔබේ අතින් ස්ක්‍රින් එකේ උඩින් ඇති කොටස වසන්න. දැන් ෆෝන් එකේ ලයිට් නිමෙනු ඇත. මේ ආකාරයටයි මෙවැනි ස්විච ක්‍රියා කරන්නේ.

මේ අනුව ගත් කළ ස්විචයක් ලෙස ක්‍රියා කරන ට්‍රාන්සිස්ටරය යනු (පෙර සඳහන් කර ඇති පරිදි උෂ්ණත්වය, පීඩනය ආදිය මගින් ක්‍රියා කරන ස්විච මෙන්) විදුලිය මගින් ක්‍රියා කරන ස්විචයක් සේ සැලකිය හැකිය. එනම්, උෂ්ණත්වය මගින් ක්‍රියා කරන ස්විචය ඔන් (හෝ ඕෆ්) වන්නේ එම ස්විචයට යම් නිශ්චිත උෂ්ණත්වයක් ලබා දුන් විට සේම, ට්‍රාන්සිස්ටර් ස්විචයක් ඔන් (හෝ ඕෆ්) වන්නේ එයට යම් නිශ්චිත වෝල්ටියතා (හෝ ධාරා) ප්‍රමාණයක් ලබා දුන් විටයි. ඒ අනුව, ට්‍රාන්සිස්ටර ස්විචයක් යනු විදුලිය මගින් ක්‍රියා කර, විදුලිය ඔන් ඕෆ් කළ හැකි ස්විචයකි.



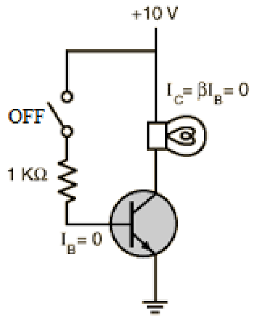
අනෙක් ස්විච මෙන් නොව, ට්‍රාන්සිස්ටර් ස්විච ඉතා ඉතා ඉතා වේගවත්ය. ඔබට ඔබේ නිවසේ ඇති ස්විචය තත්පරයට කී පාරක් ඔන් ඕෆ් කළ හැකිද? දෙපාරක් හෝ තුන් පාරක් හෝ විය හැකිය. එහෙත් ට්‍රාන්සිස්ටර් ස්විචයකට එක් තත්පරයකට කෝටි ගණනක වාරයක් ඔන් ඕෆ් විය හැකිය. එනිසා, ට්‍රාන්සිස්ටර් ස්විචයක වේගය (switching speed) ඉතා ඉහළය. මෙම ට්‍රාන්සිස්ටර් ස්විචයේ වේගවත්බව තාක්ෂණයේ දියුණුවත් සමග දිනෙන් දින වැඩි වෙමින් පවතී. මෙම වේගවත්බවම තමයි ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපකරණවල “සුපිරිබව” වැඩි වීමටත් ප්‍රධාන හේතුව.

පහත දැක්වෙන්නේ NPN වර්ගයේ බයිපෝලර් ට්‍රාන්සිස්ටරයක් යොදා වර්ධකයක් ලෙස සකස් කළ ඉතා සරල ඉලෙක්ට්‍රොනික් පරිපථයකි.



මෙහිදී ට්‍රාන්සිස්ටරයේ B-E (බේස්-එමිටර්) යන අග්‍ර දෙක ඉන්පුට් එක ලෙසද, C-E (කලෙක්ටර්-එමිටර්) යන අග්‍ර දෙක අවුට්පුට් එක ලෙසද ගෙන ඇත. එහිදී එමිටරය (E) පොදු අග්‍රය (common) වේ. මෙහිදී මයික්‍රොෆෝනයෙන් ලැබෙන ඉතා දුර්වල විද්‍යුත් සංඥාව ට්‍රාන්සිස්ටරය විසින් වර්ධනය කර, කුඩා ස්පීකරයකට ලබා දේ. මෙහි R1, R2 ආදී ලෙස සඳහන් කර ඇති රෙසිස්ටර් මගින් ට්‍රාන්සිස්ටරය ක්‍රියාකාරි කිරීමට අවශ්‍ය බයස් කිරීම සිදු කරයි.

පහත දැක්වෙන්නේ එම ට්‍රාන්සිස්ටරයම ස්විචයක් ලෙස යොදා ගන්නා සරල පරිපථයකි.

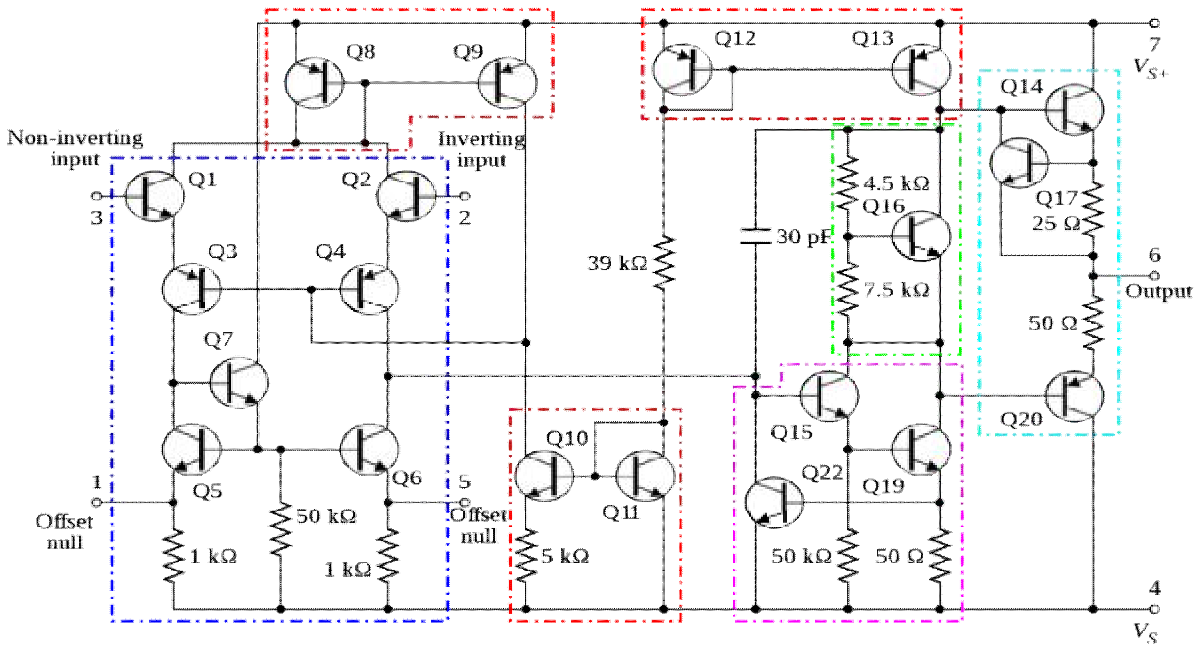


මෙහිදී පෙර සේම ට්‍රාන්සිස්ටරයට මෙම අවශ්‍යතාව සඳහා අවශ්‍ය කරන විදියේ බයස් කිරීමක් රෙසිස්ටර් විසින් සිදු කර ඇත. බේසය වෙත ලැබෙන් ඉතා දුර්වල (කුඩා) විදුලි සංඥාවකට අනුව කලෙක්ටරයට සම්බන්ධ කර ඇති (විශාල විදුලි ධාරාවක් ලබා ගන්නා) උපකරණයක් සවි කර ඇත.

සංගෘහිත පරිපථ

සංගෘහිත පරිපථ යනු අප බොහෝ දෙනා “අයි සී” (IC – Integrated Circuit) යනුවෙන් හඳුන්වනු ලබන සංකීර්ණ උපාංගයකි. පෙර කතා කළ රෙසිස්ටරය, කැපැසිටරය, ඉන්ඩක්ටරය, ඩයෝඩය, ට්‍රාන්සිස්ටරය ආදී සෑම උපාංගයකමට යම් නිශ්චිත කාරයක් කිරීමට තිබුණි. එහෙත් IC එකකට එලෙස “එක් කාර්යක්” පමණක් නොව, විවිධ කාර්යන් දහස් ගණනක් කිරීමට හැකිය. එහෙත් බිය නොවන්න. ඔබට එම කිසිදු කාර්යක් කට පාඩම් කිරීමට අවශ්‍ය නැත. ඒ ඇයි?

ඔබ රෙසිස්ටර්, කැපැසිටර්, ට්‍රාන්සිස්ටර් ආදී තනි තනි උපාංග යොදා විවිධ කාර්යන් කළ හැකි පරිපථ නිර්මාණය කර ගන්නවා. එවැනි පරිපථයක් ප්‍රමාණයෙන් තරමක් විශාලය. වෙන වෙනම උපාංග කඩෙන් මිල දී ගෙන යම් පුවරුවක් (board) මත “පාස්සමින්” එය සාදනවා. පහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ 741 යන කේත නාමයෙන් ප්‍රසිද්ධ රුපියල් විස්සක් පමණ මුදලකට මිල දී ගත හැකි අයිසී එකක අභ්‍යන්තර පරිපථ සටහනකි.



එහෙත්, එම පරිපථයම ඇසට නොපෙනෙ තරමේ කුඩාවට සෑදීමට හැකියාව අද තාක්ෂණයට ඇත. එලෙස කුඩාවට පරිපථ සාදන්නේ විශේෂ විද්‍යාගාර තුළ වන අතර, එය අප ඔබ සාමාන්‍යයෙන් භාවිතා කරන "පෑස්සුම්" ක්‍රම හා උපාංග යොදා ගනිමින් සිදු නොකෙරේ. වී ඇටයක් තරම් ඉඩකඩක් තුළ දස දහස් (හෝ ලක්ෂ) ගණනක් උපාංග සහිත පරිපථ සෑදිය හැකිය. මෙවැනි කුඩාවට සෑදූ පරිපථවලට තමයි සංගෘහිත පරිපථ කියා හඳුන්වන්නේ. නමින්ම කියවෙන පරිදි මෙම අයිසී එක තුළ කුඩා උපාංග (ලක්ෂ ගණනක්) "සංගෘහිතව" හෙවත් අඩංගුව පවතිනවා. ඉහත දැක්වූ 741 නම් අයිසී එකට අදාල පරිපථයේ අයිසී එක පහත දැක්වේ.

සත්‍ය ලෙසම ප්‍රායෝගිකව, රෙසිස්ටර්, කැප්ස්, ට්‍රාන්සිස්ටර් ආදිය ඉතා කුඩා (ක්ෂුද්‍ර) ප්‍රමාණයට නිපදවා, ඒවා එකිනෙකට සම්බන්ධ කර මෙම අයිසී නිපදවන්නේ නැත. ඒ වෙනුවට සිදු වන්නේ ඉතා කුඩා අර්ධසන්නායක "ලැල්ලක්" (substrate) මත අවශ්‍ය ඉලෙක්ට්‍රොනික උපාංග සහිත පරිපථය විශේෂිත අධිතාක්ෂණික උපකරණ මගින් "ඇඳීම" හෝ "ඇඹීමයි". මෙය ඉතාම නිවැරදිවත්, ඉක්මනිනුත් කළ හැකිය. මේ අනුව, අයිසී එකක් යනුද ඩයෝඩය, ට්‍රාන්සිස්ටරය මෙන්ම අර්ධසන්නාය උපාංගයක් බව මතක තබා ගන්න.

උදාහරණයක් සලකා බලමු. ඔබට ඉතා හොඳ මට්ටමේ ශබ්ද වර්ධකයක් (audio amplifier) නිර්මාණය කිරීමට අවශ්‍ය යැයි සිතමු. එවිට, ඉහත (741) ආකාරයේ පරිපථයක් ඔබ සැලසුම් කළා යැයි සිතමු.

මෙවැනි පරිපථ නිතර නිතර වුවමනා වේ. එවැනි අවස්ථාවල, අයිසී නිපදවන කොම්පැනි සිදු කරන්නේ එවැනි නිතර නිතර අවශ්‍ය කරන පරිපථ සඳහා අයිසී නිපදවීමයි. එවිට, ඉහත පරිපථයම ඉතා කුඩාවට ඉහත රූපයෙන් දැක්වෙන පරිදි අයිසී එකක් බවට පත් කර ඇත.

අයිසී වල වැදගත්කම කුමක්ද? මා එහි ලක්ෂණ පහත එකින් එක දක්වන්නම්.

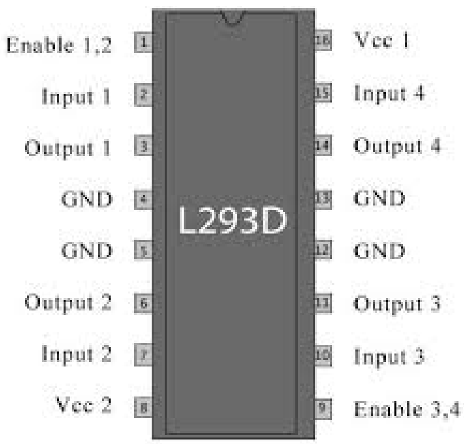
- පරිපථ ඉතා කුඩා වීම (ඔබේ ඇඟිලි තුඩක තබා ගත හැකි තරමේ අයිසී පරිපථයක් වෙන වෙනම කෑලි යොදා සාදන්නට ගියොත්, සමහර විට විශාල කෑම මේසයකට වඩා විශාල වේ.)
- ඉතා අඩුවෙන් විදුලිය වැය වේ. (මෙය ඉතා පැහැදිලිය. දෙයක් කුඩා වන විට, ඊට අවශ්‍ය කරන ශක්තියද අඩුය.) තාපය ලෙස ශක්තිය හානි වීමද ඊට සමානුපාතිකව විශාල වශයෙන් අඩු වේ.
- පරිපථය ක්‍රියා කරන වේගය වැඩිය. (විශාල වන විට විදුලියට ගමන් කිරීමට තිබෙන දුර ප්‍රමාණය වැඩිය. එහෙත් කුඩා වන විට ඉක්මනින් විදුලිය තැනින් තැනට ගමන් කළ හැකිය.)
- ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපකරණ නිර්මාණය කිරීමට යන වියදම අඩු වීම. (උදාහරණයක් ලෙසට, වෙන වෙනම කෑලි යොදා සංකීර්ණ පරිපථයක් සෑදීමට ගියොත් අයිසී එකකට වඩා සිය දහස් ගුණයක් දක්වා උපකරණය මිල අධික වනු ඇත.)
- එවිතරක් නොවේ, පරිපථයක් නිර්මාණය කිරීමට ගතවන කාලය ඉතා අඩු වීම. අයිසී එකක් පෑස්සීමට වැඩිම වුණොත් විනාඩි කිහිපයක් ගත විය හැකිය. එහෙත් එම අයිසී එකේ අඩංගු පරිපථය තනි තනි කෑලි යොදා සාදන්නට ගියොත්, සමහරවිට දවස් ගාණක් වුවද පාස්සමින් සිටීමට සිදු විය හැකිය.

- පරිපථ කුඩා වන විට, තව තවත් ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපාංග යොදා ගෙන ඉතා සංකීර්ණ පරිපථ සෑදිය හැකිය. (පරිපථයක සංකීර්ණ බව ප්‍රායෝගිකව බොහෝ විට තීරණය කරන්නේ එය සාදන්නට යන වියදම හා සෑදූ පසු එම උපකරණයේ විශාලත්වය මතය.)

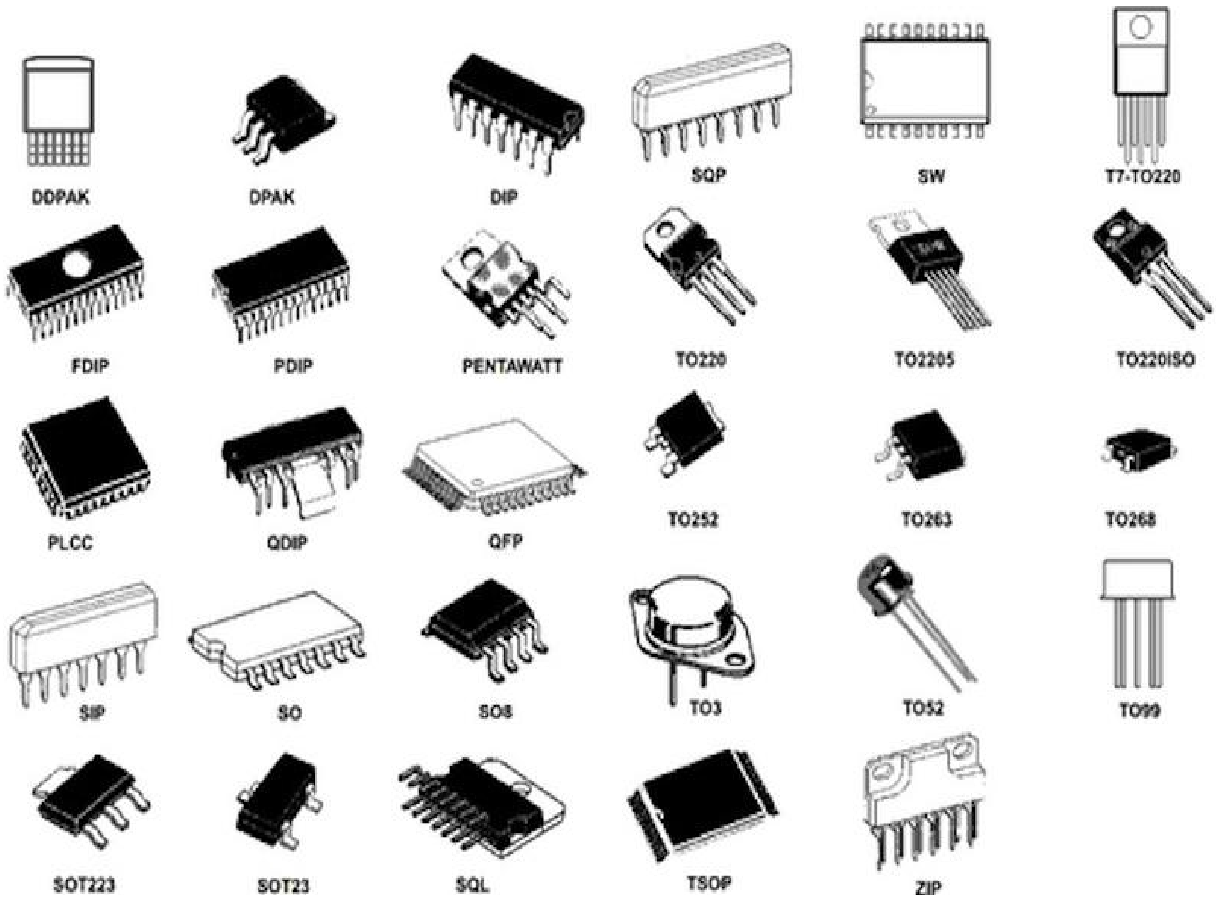
මේ ආදී කරුණු නිසා අයිසී අද නැතිවම බැරි උපාංගයක් වී හමාරය. තාක්ෂණය දිනෙන් දින දියුණු වෙනවාත් සමගම අයිසී එකක අඩංගු කළ හැකි **"තනි තනි උපාංග" (discrete devices)** ගණනද දිනෙන් දින ඉහළ යයි. ඒ සමඟම නිෂ්පාදය වියදමද අඩු වේ. අයිසී තව තවත් කුඩා වේ. බොහෝ උපකරණ අද කුඩා වෙමින් "කෙට්ටු" (slim) වෙමින්, බර අඩු වෙමින්, වේගය හා සුපිරිබව වැඩි වෙමින් පවතින්නේ මෙම අයිසී තාක්ෂණ දියුණුව නිසාය. ඔබට මෙය පහසුවෙන් දැක ගන්නට පුළුවන් දැනට වසර කිහිපයකට පෙර ජංගම දුරකථනයකුයි නවීන ජංගම දුරකථනයකුයි සැසඳූ විට.

අයිසී එකක අවාසිද එකක් දෙකක් ඇත. අයිසී එකක අන්තර්ගත දස දහස් ගණනක් වූ "කුඩා උපාංග" අතරින් එකක් හෝ පිලිස්සී ගියොත්, මුලු අයිසී එකම ඉවත් කිරීමට සිදු වේ. ඇත්තටම ඔබට පිලිස්සී ඇත්තේ කුමන උපාංගයද යන්නවත් දැනගත නොහැකි වනු ඇත. අයිසී එක රත්වූ විට, හෝ නිසි විදුලි ප්‍රමාණයන් ඉක්මවා සැපයීමෙන් හෝ මෙලෙස අයිසී විනාශ වී යා හැකියි.

අයිසී එකකට අග්‍ර (මේවා "පින්" ලෙස සාමාන්‍ය ව්‍යවහාරයේ කියැවෙනවා.) විශාල ගණනක් පවතිනවා. අග්‍ර දෙකේ හෝ තුනේ සිට අග්‍ර සිය ගණනක් දක්වා වූ විවිධ අයිසී දක්නට ලැබෙනවා. අනෙක් උපාංග සේම, අයිසී එකක්ද වැඩ කිරීමට විදුලිය අවශ්‍ය වෙනවා. එමනිසා, එම පින්වලින් අනිවාර්යෙන්ම එක පින් එකක් පරිපථයේ සුදුසු වෝල්ටියතාවකින් යුතු + විදුලියටත්, තවත් පින් එකක් (පරිපථය සංවෘත වීම සඳහා) එම පරිපථයේම - විදුලියටත් සම්බන්ධ කළ යුතුයි.



(සමහර අයිසී සඳහා එක විදුලි සැපයුමක් ප්‍රමාණවත් නැත. එවිට, අයිසී එකේ පින් කිහිපයකටම + හා - විදුලි සැපයිය යුතුය. තවත් අයිසී සඳහා +5V, +3.3V, -5V ආදී ලෙස විවිධ අගයන්ගෙන් යුතු වෝල්ටියතාවන්ද ලබා දීමට සිදු වේ.)



අයිසී එකකට භාහිර පින් රාශියක් තිබෙන්නේ ඇයි යන ප්‍රශ්නය ඔබට ඇති වීමට පුළුවන්. දැනටමත් එක හේතුවක් ඔබ දන්නවා. එනම්, අයිසී එකට භාහිරින් විදුලිය සපයන්නේ මෙම පින් තුළිනි. ඊට අමතරව, අයිසී එකක් යනුද (උප)පරිපථයකි. එම පරිපථයට විදුලි සංඥා ඉන්පුට් කිරීමටද ඇති එකම ක්‍රමය මෙම pin වේ. එලෙසම, අයිසී එක තුළ ඉන්පුට් කරපු සිග්නල් එකට කළ යුතු දේවල් සිදු කර ඒවා අවුට්පුට් කිරීමට සිදුවන්නේද පින් හරහාය. ඒ විතරක්ද නොවේ. අයිසී එක තුළ ඇති පරිපථයේ සමහර විට කුඩාවට සෑදීමට නොහැකි උපාංග ඇති විටක, එම උපාංග අයිසී එකෙන් පිටතට වෙනම සවි කිරීමට හැකි පරිදි අයිසී නිර්මාණය කරන අය කටයුතු කරනවා. එවිට, පිටතින් සවි කරන එවැනි උපාංග අයිසී එක තුළ ඇති පරිපථය හා සම්බන්ධ කරන්නේද මෙම පින් හරහාය. (ඉහළ අගයන් සහිත ධාරිත්‍රක, ඉහළ අගයන් සහිත ඉන්ඩක්ටර් වැනි උපාංග කුඩාවට සෑදීමට නොහැකිය. එවැනි අවස්ථාවක එම උපාංග අයිසී එකට පිටින් සවි කිරීමට සිදු වේ. අයිසී එක නිපදවන ආයතනය විසින්ම ඒවා ඔබට පවසනු ඇත. කුමන පින්වලට කුමන අගයන්ගෙන් යුතු උපාංග සවි කළ යුතුද යන්න රූප සටහන් සමගම ඔබට කියා දෙනු ඇත. එමනිසා, අයිසී ගැන දත යුතු සියලු දේ අයිසී එක සමග ලැබෙන **තොරතුරු පත්‍රිකාවේ** (datasheet) සඳහන් වේ.)

741

INTERSIL

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage 741	±22V
741C	±18V
Power Dissipation (Note 1)	500 mW
Differential Input Voltage	±30V
Input Voltage (Note 2)	±15V
Output Short Circuit Duration	Indefinite
Operating Temperature Range 741	−55°C to 125°C
741C	0°C to 70°C
Storage Temperature Range	−65°C to 150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	300°C

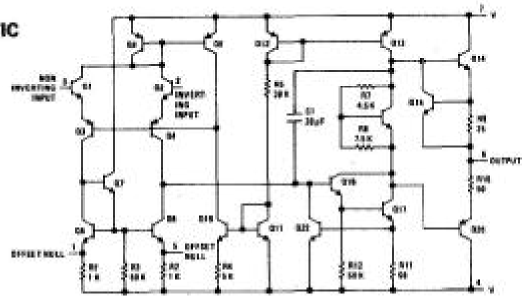
NOTE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent device failure. These are stress ratings only and functional operation of the devices at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may cause device failures.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Note 3)

PARAMETER	CONDITIONS	741			741C			UNITS
		MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.	
Input Offset Voltage	$T_A = 25°C, R_S < 10\,k\Omega$		1.0	5.0		1.0	6.0	mV
Input Offset Current	$T_A = 25°C$		30	200		30	200	nA
Input Bias Current	$T_A = 25°C$		200	500		200	500	nA
Input Resistance	$T_A = 25°C$	0.3	1.0		0.3	1.0		MΩ
Supply Current	$T_A = 25°C, V_S = \pm15V$		1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25°C, V_S = \pm15V$ $V_{OUT} = \pm10V, R_L > 2\,k\Omega$	50	160		25	160		v/mV
Input Offset Voltage	$R_S < 10\,k\Omega$			6.0			7.5	mV
Input Offset Current				500			300	nA
Input Bias Current				1.5			0.8	μA
Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm15V, V_{OUT} = \pm10V$ $R_L > 2\,k\Omega$	25			15			V/mV
Output Voltage Swing	$V_S = \pm15V, R_L = 10\,k\Omega$ $R_L = 2\,k\Omega$	±12 ±10	±14 ±13		±12 ±10	±14 ±13		V V
Input Voltage Range	$V_S = \pm15V$	±12			±12			V
Common Mode Rejection Ratio	$R_S < 10\,k\Omega$	70	90		70	90		dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$R_S < 10\,k\Omega$	77	96		77	96		dB

Note 1: The maximum junction temperature of the 741 is 150°C, while that of the 741C is 100°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to case.
Note 2: For supply voltages less than ±15V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.
Note 3: These specifications apply for $V_S = \pm15V$ and $-55°C \le T_A \le 125°C$, unless otherwise specified. With the 741C, however, all specifications are limited to $0°C \le T_A \le 70°C$ and $V_S = \pm15V$.

EQUIVALENT SCHEMATIC



ඉහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ (741 නම් අයිසී එකේ) එවැනි ඩේටාෂීට් එකක පිටුවකි. පෙර ඉගෙන ගත් රෙසිස්ටරය, ට්‍රාන්සිස්ටරය මෙන් නොව, අයිසී වලට සූත්‍ර පාඩම් කිරීමට නැත. විවිධ කොම්පැනි විසින් විවිධාකාරයේ ක්‍රියාකාරත්වයන් සහිති අයිසී නිපදවනවා. එම අයිසී එකේ ක්‍රියාකාරිත්වය හා එය පරිපථයකට සවි කළ යුත්තේ කෙසේද යන්න එම අයිසී නිපදවන ආයතන විසින්ම තොරතුරු පත්‍රිකාවක සඳහන් කරනවා. ප්‍රායෝගිකව ඔබ මිල දී ගන්නා සෑම අයිසී එකක් සමගම මෙම තොරතුරු පත්‍රිකා නොලැබේ. (එම තොරතුරු පත්‍රිකාව සමහර විට පිට ගණනාවක් සහිත කුඩා පොත් පිංචක් තරමට වේ.) ඊට හේතුව, අයිසී එකේ මිල වැඩි වීමට එය හේතුවක් විය හැකි අතර, සෑම අයිසී එකක් එක්කම තොරතුරු පත්‍රිකාව දීමම අනවශ්‍ය දෙයකි (උදාහරණයක් ලෙස, ඔබ එකම වර්ගයේ අයිසී ගොඩක් මිල දී ගන්නේ නම්, ඒ සෑම එකක් සමගම එකම තොරතුරු පත්‍රිකාව දීම අපතේ යෑමකි.) එහෙත්, අවශ්‍ය කෙනෙකුට එම තොරතුරු පත්‍රිකා ලබා ගැනීමට (නොමිලේ හෝ යම් මුදලක් ගෙවා) හැකිය. අද අන්තර්ජාලය තුළින්ද මෙම සියලු තොරතුරු නොමිලේ ලබා ගත හැකිය. අදාළ අයිසී එක නිපදවන ආයතනයේ වෙබ් අඩවියට ගොස් එම තොරතුරු පත්‍රිකා ඩවුන්ලෝඩ් කරගත

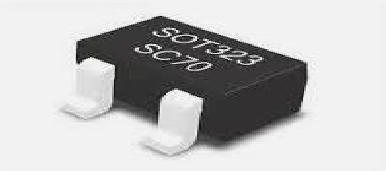
හැකිය. ඊට අමතරව, අයිසී වල මෙම තොරතුරු ලබා දීමම අරමුණු කරගත් වෙබ් අඩවිද ඇත. මේ ඕනෑම ක්‍රමයකින් අයිසී තොරතුරු ලබා ගැනීම ඉතාම පහසුය.

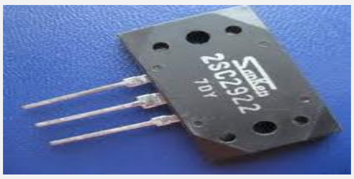
සටහන

සෑම උපාංගයක්ම එහි අගය හෝ ක්‍රියාකාරිත්වය කියාපාන යම් සංඛේත ක්‍රමයක් ඇත. ප්‍රතිරෝධකයක මූලිකවම වර්ණ කේත (color code) ක්‍රමයකින් එහි ඕම් අගය දක්වා තිබේ. කැපැසිටරයක ෆැරඩ් අගයද මෙවැනි කලර් කෝඩ් ක්‍රමයකින් දක්වා ඇත. ඉන්ඩක්ටර්ද මෙවැනිම වර්ණ කේත ක්‍රමයක් භාවිතා කරයි.

කලර් කෝඩ් වලට අමතරව, සරල ක්‍රමයකට ඉලක්කම් මගින්ද ප්‍රතිරෝධක හා ධාරිත්‍රකවල අගයන් දක්වන ක්‍රමයක් ඇත. එම උපාංගවල අගයන් එම උපාංගවලම සටහන් කළ හැකිය.

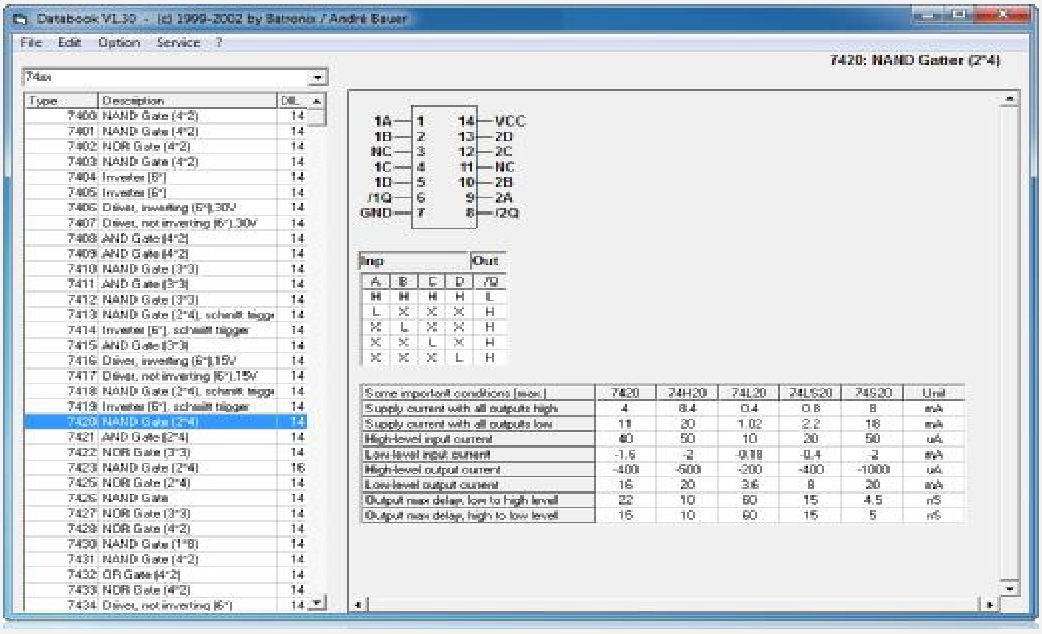
ප්‍රතිරෝධක, ධාරිත්‍රක, ප්‍රේරක මෙන් නොව, ඩයෝඩ, ට්‍රාන්සිස්ටර්, අයිසී යනු සංකීර්ණ උපාංග වේ. ඒවායේ ක්‍රියාකාරිත්වය විවිධ අගයන් රාශියක් මත රඳා පවතී. එමනිසා, සරල කේතයකින් පමණක් එම අගයන්/තොරතුරු සියල්ලම උපකරණයේම සටහන් කිරීමට නොහැකි බව ඔබට තේරුම් යා යුතුය. උපමාවක් ලෙස එය කිවහොත්, පෙම් හසුනක් ඔබට බස් ටිකට් එකක් වැනි පොඩි කොලයක ලිවිය නොහැකියි නේද? එයට පිළියමක් ලෙස, මෙම සංකීර්ණ උපාංගවල ඇත්තේ යම් කිසි කේතයකි (code). එය ඉලක්කම් හා ඉංග්‍රිසි අකුරු කිහිපයකින් සෑදුණු කෝඩ් එකකි.





මෙම කේතය කියවීමෙන් පමණක් ඔබට වැඩි දෙයක් එම උපාංගය ගැන දැනගත නොහැකිය. මෙම කේත තිබෙන්නේ වෙනත් අරමුණක් ඇතිවය. එනම්, මෙවැනි සංකීර්ණ උපාංගවල දත්ත පිටස්තර ක්‍රමවලින් සොයා ගැනීමටයි මෙම කේත තිබෙන්නේ. මෙවැනි උපාංගවල විස්තර ඇතුළත් කරපු විශේෂ පොත් ඇත. මේවා **දත්ත පොත්** (data books) යනුවෙන් හැඳින්වෙනවා. මෙම ඩේටා පොත් හරියට අප ඉංග්‍රිසි ඉගෙන ගැනීමට භාවිතා කරන ඩික්ෂනරි වගේ. ඔබ නොදන්නා වචනයක් හමු වූ විට, වහම ඩික්ෂනරි එකකින් එම වචනයේ තේරුම බලා ගන්නවා. එලෙසම, මෙවැනි (ඩයෝඩ, ට්‍රාන්සිස්ටර්) උපාංගයක කේතය ඔබ මෙම දත්ත පොතකින් බලා එම උපාංගයේ විස්තර දැන ගන්නවා.

අද අන්තර්ජාලයට හැම කෙනාටම පහසුවෙන් පිවිසිය හැකි නිසා දත්ත පොත්වල අවශ්‍යතාව නැති වී තිබෙනවා. එනම්, ඉහත කේතය ඇතුලු කර පහසුවෙන්ම අන්තර්ජාලයෙන් එම උපාංගය ගැන ඕනෑ තරම් විස්තර ලබා ගත හැකියි. තවද, අන්තර්ජාල පහසුකම් නැති අයට පරිගණක ප්‍රෝග්‍රෑම් පවා තිබෙනවා මෙම දත්ත ලබා ගත හැකි. (උදාහරණයක් ලෙස, VRT යන ආයතනය මෙවැනි දැවැන්ත දත්ත ගබඩාවක් සහිත සොෆ්ට්වෙයාර් එකක් නිපදවා තිබෙනවා.) මෙවැනි සොෆ්ට්වෙයාර් එකකට උපාංගයක කේතය ඇතුලු කළ විට, අවශ්‍ය සියලු විස්තර ඔබට ලබා දෙනවා.



ඒ ඒ උපාංගවල දත්ත ප්‍රයෝජනයට ගෙන පරිපථ නිර්මාණය කරන විදිය මා පසුවට කියා දෙනවා.

පරිපථයක මූලික කාර්ය මොනවාද?

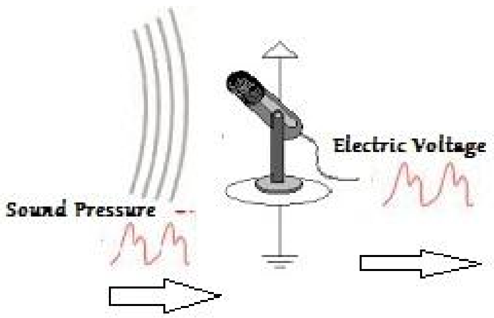
ඔබ අවට ලෝකය හා ඔබේ ශරීරය ගැන මදක් සිතා බලන්න. විවිධ දෑ ඔබට දකින්නට, අසන්නට, දැනෙන්නට තිබෙනවා. ඒ කිසිම දෙයක් නියතව (constant) පවතින්නේ නැහැ නේද? සෑම දෙයක්ම වෙනස් වෙනවා. සමහර දේවල් වෙනස් වන්නේ ඉතා වේගයෙන් වන අතර තවත් සමහර දේවල් ඉතා සෙමින් වෙනස් වෙනවා. තවද, මේවායින් සමහරක් ඔබට (හෝ සමාජයට) ඉතා වැදගත් වන අතර, තවත් සමහරක් ඔබට එතරම් වැදගත් කමක් නැහැ.

භාහිර පරිසරයේ හෝ ඔබේ ශරීරයේම මේ නිරන්තරව සිදුවන දේවල් ගැන වඩා නිවැරදිවත් වඩා ප්‍රයෝජනවත් ලෙසත් සොයා බැලීමට අවශ්‍යතාවක් ඔබට ඇති වීමට පුළුවන්. උදාහරණයක් ලෙස, හෘද රෝගියෙකුගේ හදවතේ

ක්‍රියාකාරිත්වය ගැන නිරන්තරයෙන්ම සොයා බැලීම වටිනවා. සුළඟේ දිශාව, වර්ෂාපතනය, ගඟක ජල මට්ටම, ආදී විවිධ දේවල් ගැනද විවිධ හේතු නිසා සොයා බැලීම වටිනවා. ඉතිං මෙවැනි දේවල් නිරවද්‍ය ලෙස කිරීමට මනුෂ්‍යයාට හැකියාවක් නැත. උදාහරණයක් ලෙස, සුළඟේ දිශාව සියුම් අවස්ථාවකදී මිනිසාට තීරණය කළ නොහැකිය. රුධිරයේ ඝණත්වය මිනිසාට ප්‍රායෝගිකව ඇස කන නාසය ආදියෙන් මැනිය නොහැකිය. ඒ සඳහා විද්‍යාත්මක උපකරණ සෑදිය යුතුය. තවද, මිනිසා යම් වැඩක් එක දිගට බොහෝ වෙලාවක් කරගෙන යන විට, හෙම්බත් වී කරන කාර්යේ දුර්වලතා මතු වෙනවා. එවිටත් කිසිදා හෙම්බත් නොවන පරිදි උපකරණ සෑදිය හැකිය. මේ ආකාරයට මිනිසා උපකරණ සාදන්නේ එම වැඩ වඩා ප්‍රයෝජනවත්ව කාර්යක්ෂමව සිදුකර ගැනීමටයි.

මේ අතර, ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපකරණ යනුද එලෙස වැඩ පහසු කර ගැනීමට සෑදූ ඒවාය. ඔබ ඉගෙන ගන්නා රෙසිස්ටර්, ට්‍රාන්සිස්ටර් ආදී විවිධ ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපාංග යොදා මෙවැනි උපකරණ (පරිපථ) නිර්මාණය කළ හැකියි. එහිදී භාහිර වශයෙන් පවතින දේවල්හි **මැනිය හැකි** (measure) යම් යම් ගතිගුණ පළමුව හඳුනා ගත යුතුය. සමහරක් දේවල් මැනීමට ක්‍රමවේදයක් නොමැති බවද මතක තබා ගත යුතුය. උදාහරණයක් ලෙස, ඔබේ ශරීරයේ රුධිර පීඩනය මැනිය හැකි එකක් වන අතර, ඔබේ සිතේ ඇතිවන "ආදරය" එලෙස මැනිය නොහැකිය. ඕනෑම උපකරණයක් සෑදිය හැක්කේ මෙවැනි මැනිය හැකි දේවල් සඳහා පමණයි. යම් දෙයක් මනින්නෙම එම දෙය නිතර නිතර වෙනස්වන නිසා බව ඔබට තේරුම් යා යුතුය. එම මැනිය හැකි දෙය "**භෞතික සංඥාවක්**" (physical signal) ලෙස හඳුන්වමු.

මෙලෙස ඉලෙක්ට්‍රෝනික පරිපථ නිර්මාණය කිරීමේදී ඉතාම වැදගත් සාධකය වන්නේ භාහිරව පවතින එවැනි මැනිය හැකි දේවල් (භෞතික සංඥා) මොනවාදැයි සොයා බැලීමයි. දෙවනුව, එම භෞතික සංඥා විද්‍යුත් සංඥා (electric signal) බවට පත් කර ගන්නේ කෙසේදැයි සොයා බැලිය යුතුය. ශබ්දය, ආලෝකය, චලනය ආදී බොහෝ භෞතික සංඥා විද්‍යුත් සංඥා බවට පත් කරන පාරනායක (ට්‍රාන්ස්ඩියුසර්) හෝ සෙන්සර් පහසුවෙන්ම මිලදී ගැනීමටත් අද හැකියාව තිබෙනවා. මෙහිදී සලකා බලන භෞතික සංඥාවේ ගුණයේ වෙනස් වීම නිරූපණය කරන්නේ විදුලි වෝල්ටියතාව වෙනස් කිරීමෙන්ය.



උදාහරණයක් ලෙස, ඉහත රූපයේ පෙන්වා ඇති දේ බලන්න. එහි මයික් එකට පැමිණෙන්නේ "ශබ්ද තරංගයකි". එය භෞතික තරංගයකි. ශබ්ද තරංගයකදී සිදු වන්නේ වාතය කම්පනය වීමකි. මෙම වාත කම්පනය රූපමය ආකාරයෙන් එම රූපයේ නිරූපණය කර ඇත. මයික් එකෙන් කරන්නේ මෙම භෞතික සංඥාවේ වෙනස් වීම හෙවත් විචලනය විදුලි සංඥාවක් බවට පත් කිරීමයි. එහිදී එම ශබ්ද සංඥාවේ හැඩයටම විදුලි සංඥාව පවතී. එහෙත් ශබ්ද සංඥාවේදී අගය වෙනස් වූයේ "වාත පීඩනය" වුවත්, විදුලි සංඥාවේදී වෙනස් වන්නේ "වෝල්ටියතාව" වේ. වාත පීඩනය වුවත්, වෝල්ටියතාව වුවත් එය රූපමය ආකාරයෙන් ඉදිරිපත් කළ විට, එකම හැඩය ඇත. එයින් පෙන්වන්නේ භෞතික සංඥාවේ හැඩයම විදුලි සංඥාවේ තිබිය යුතු බවයි.

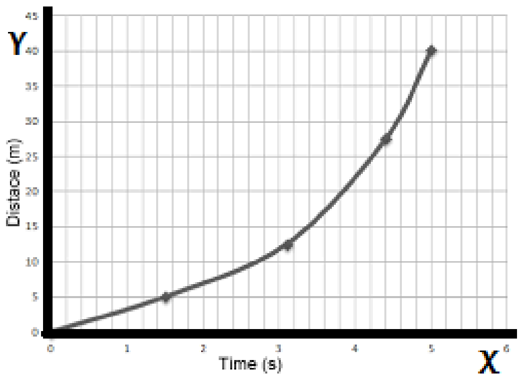
ඉන්පසුව එම විද්‍යුත් සංඥාවලට අවශ්‍ය "**සැකසුම්**" (processing හෝ operations) සිදු කිරීමට ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග යොදා පරිපථය තවදුරටත් සංවර්ධනය කළ හැකිය. සංඥාවකට විවිධ ආකාරයේ සැකසුම් කළ හැකිය. සංඥාවක් වර්ධනය (amplification) කළ හැකිය. සංඥාවක් **භායනය** (attenuation) කළ හැකිය (භායනය යනු වර්ධනයේ විරුද්ධ ක්‍රියාවයි. එනම්, සංඥාවක් දුර්වල කිරීමයි.) තනි සංඥාවක් විවිධ සංඥා කිහිපයක් බවට පත්

කළ හැකිය (Fourier analysis). වෙනස් වෙනස් සංඥා කිහිපයක් තනි සංඥාවක් බවට පත් කළ හැකිය. යම් සංඥාවක කොටස් ඉවත් කළ හැකිය (filtering). මේ ආකාරයෙන් විවිධ ආකාරයේ සැකසුම් පවතී. අවසානයේ එම සැකසූ සංඥා නැවත සුදුසු ක්‍රමයකින් (ශබ්දයක් ලෙස හෝ ආලෝක සංඥාවක් ලෙස හෝ වෙනත් විශේෂ ප්‍රතිදානයක් ලෙස) පිටතට ලබා දීමට පරිපථය තවදුරටත් සංවර්ධනය කළ යුතුය. මේ සියල්ලම කරන්නේ පරිපථය තුළය. එවැනි පරිපථ නිර්මාණය කිරීමට සිදු වන්නේ ඔබටයි.

භෞතික ගුණ/සංඥා නිරූපණය කිරීම

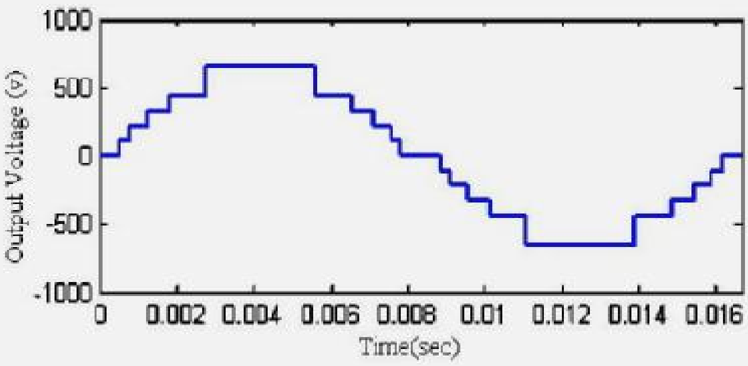
මොහොතකට පෙර අප භෞතික සංඥා යනු මොනවාදැයි හඳුනා ගත්තා. ඕනෑම භෞතික ගුණයක එහි වෙනස් වීම මැනිය හැකි නම්, එය භෞතික සංඥාවකි. ඒ අනුව, සුළඟේ වේගය, සුළඟේ දිශාව, යමක උෂ්ණත්වය, යම් ස්ථානයක ආලෝක මට්ටම, රුධිර පීඩනය, හදවත ගැහෙන වේගය, රෝදයක කරකැවෙන වේගය, ආදී දහස් ගණනක් වූ භෞතික සංඥා හඳුනාගත හැකිය.

මෙම භෞතික සංඥාවක් වෙනස් වන්නේ කාලයත් සමගය; එනම් කාලයට සාපේක්ෂවයි. එමනිසා අපට පුළුවන් එම කාලයට සාපේක්ෂව සංඥාවේ වෙනස් වීම **ප්‍රස්ථාරයක්** (graph) ආකාරයට දැක්වීමට. පහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ කාලයට සාපේක්ෂව දුර (distance) වෙනස්වන ප්‍රස්ථාරයකි.



හැමවිටම වාගේ කාලය නිරූපණය කරන්නේ තිරස් (horizontal) අක්ෂය (axis) මගින්ය. එය ගණිතයේදී “X අක්ෂය” ලෙස හැඳින් වෙනවා. වෙනස්වන භෞතික ගුණය/ලක්ෂණය සිරස් අක්ෂය (vertical axis) මගින් නිරූපණය කෙරේ. එය “Y අක්ෂය” ලෙස ගණිතයේදී හැඳින්වේ.

සටහන
භෞතික සංඥා පමණක් නොව, විදුලි සංඥාද ඉහත ලෙසටම ප්‍රස්ථාර ආකාරයට නිරූපණය කළ හැකිය. එහිදී Y අක්ෂයෙන් නිරූපණය කරන්නේ භෞතික සංඥාවට අනුකූල පවතින විද්‍යුත් සංඥාව වේ.

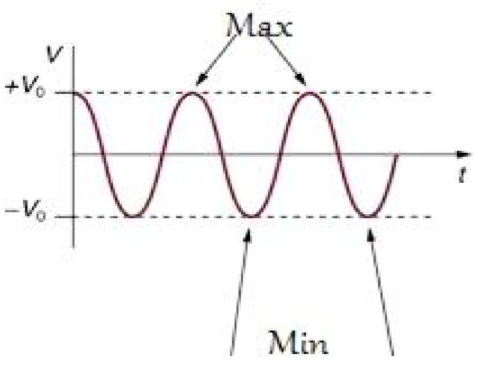


ඇනලොග් ලෝකය

ඉහත සඳහන් කළ පරිදි විවිධාකාරයේ භෞතික සංඥා අප්‍රමාණව ඇත. එම සංඥා සියල්ලේම එක් පොදු ලක්ෂණයක් ඇත. එම පොදු ලක්ෂණය වන්නේ, එම සංඥාවක **විශාලත්වය (magnitude)** හෙවත් අගය (value) වෙනස්වීම අනන්ත ආකාරයකට පැවතීමට හැකිවීමයි. උදාහරණයක් ලෙස, මේ මොහොතේ පරිසර උෂ්ණත්වය සෙල්සියස් අංශක 28 යැයි සිතමු. එය තව සුළු මොහොතකින්, 29 විය හැකිය; 28.5 විය හැකිය; 29.23 විය හැකිය; හෝ වෙනස් අගයක් විය හැකිය. පරිසරයේ උෂ්ණත්වය වෙනස් වන්නේ අංශකයෙන් අංශකය ලෙස හෝ අංශක භාගයෙන් භාගය ලෙස හෝ අංශකයෙන් දහයෙන් පංගුව ගණනේ හෝ නොවේ. එය අඛණ්ඩව හෙවත් **සන්තතිකව (continuous)** වෙනස් වන දෙයකි. තවත් විදියකින් කිවහොත්, 10 සහ 20 යන සංඛ්‍යා දෙක අතර තව සංඛ්‍යා කීයක් ලිවිය හැකිද? 11, 12, ..., 19 ආදී ලෙස (ඉලක්කම් දෙකක් අතර පරතරය 1 ලෙස පවත්වාගනිමින්) තවත් සංඛ්‍යා 9ක් ලිවිය හැකි යැයි කෙනෙකු කිව හැකියි. 10.5, 11, 11.5, ආදී ලෙස දශම පහෙන් පහට (ඉලක්කම් දෙකක් අතර පරතරය 0.5 ලෙස පවත්වාගනිමින්) සංඛ්‍යා 18ක් ලිවීමට තව කෙනෙකුට හැකිය. 10.1, 10.2, 10.3 ආදී ලෙස (ඉලක්කම් දෙකක් අතර පරතරය 0.1 ලෙස පවත්වාගනිමින්) සංඛ්‍යා 90ක් තවත් කෙනෙකු ලියනු ඇත. මේ ආකාරයට බැලුවොත් 10 හා 20 අතර අනන්ත ගණනක තවත් සංඛ්‍යා ලිවිය හැකිය. (**අනන්තය** යනු ඉතාමත් වැඩි අගයකි. අගය කොතරම් වැඩිද යත්, එය කිසිම කෙනෙකුට සිතාගත නොහැකි තරම් විශාලය. එමනිසාම අනන්තය යනු 300 හෝ කෝටිය හෝ මෙන් සංඛ්‍යාවක් නොව, සංකල්පයක් පමණක් බවද මතක තබා ගන්න.)

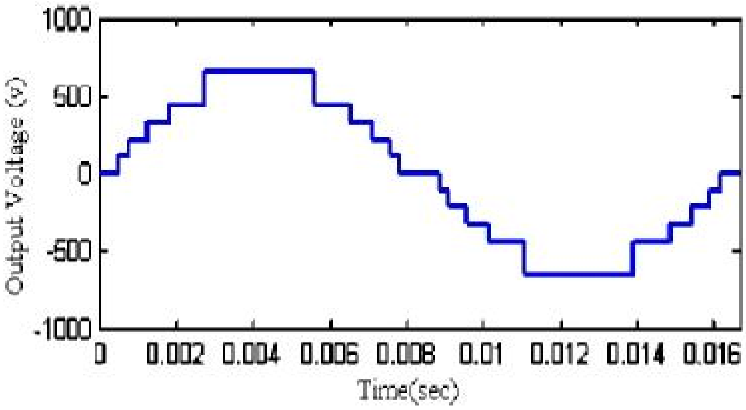
ඉතිං යම් සංඥාවක් ඉහත ආකාරයට අනන්ත ආකාරයේ අගයන්ට සන්තතිකව වෙනස් වන්නේ නම්, එවැනි සංඥාවක් **ඇනලොග් (analog)** ලෙස හැඳින්වේ. (සිංහලෙන් ප්‍රතිසම යන නම ඇනලොග් යන්නට දී ඇත.) න්‍යායාත්මකව ඇනලොග් සංඥාවකට ඕනෑම අගයක් ගත හැකිය. එහෙත් ප්‍රායෝගිකව එවැනි සංඥාවලටද, **උපරිම (maximum)** හා **අවම (minimum)** අගයන් ලබා දිය හැකිය (සහ යුතුය). උදාහරණයක් ලෙස, කොළඹ ප්‍රදේශයේ සාමාන්‍ය පරිසර උෂ්ණත්වය අංශක 29 පමණ වේ. න්‍යායාත්මකව ගත් කළ පරිසර උෂ්ණත්වය ඕනෑම අගයක් විය හැකි වන අතර එය අහවල් උපරිම අගයකට අඩු හා අහවල් අවම අගයට වඩා වැඩි විය යුතුයි යන්න පැවසිය නොහැකියි. එහෙත් ප්‍රායෝගික තත්වය සලකා බලන විට, කොළඹ උෂ්ණත්වය අංශක 20ට වඩා අඩු නොවන හා 35ට වඩා වැඩි නොවන බව අප දන්නවා. ඒ අනුව කොළඹ ප්‍රදේශයේ උෂ්ණත්වය යන ඇනලොග් භෞතික සංඥාවට අවම අගය ලෙස 20ද උපරිම අගය ලෙස 35ද වන බව සැලකිය හැකිය. ඔබ අසාවි කෙලෙසද මෙම උපරිම හා අවම අගයන් තීරණය කළේ කියා. එය පහසුය. කොළඹ උෂ්ණත්වය දෛනිකව (කාලගුණ දෙපාර්තමේන්තුව විසින් වසර ගණනාවක් පුරා) සටහන් කර, එම තොරතුරු **දත්ත ගබඩාවක (database)** ඇත. ඔබ කළ යුත්තේ මෙම ඩේටාබේස් එක පරික්ෂා කිරීමයි. තවත් විධික්‍රමද පවතී (උදාහරණයක් ලෙස, යම් යම් විද්‍යාත්මක සූත්‍ර ආශ්‍රයෙන්ද එම උපරිම හා අවම අගයන් තීරණය කළ හැකි අවස්ථා ඇත.)

මේ අනුව ප්‍රායෝගිකව, ඇනලොග් සිග්නල් එකක් යනු යම් උපරිම හා අවම අගයන් දෙකක් අතර අනන්ත ආකාරයෙන් වෙනස් විය හැකි සංඥාවකි.



අප ජීවත් වන පරිසරය මේ අනුව ඇනලොග් වේ. එනම්, ලෝකය ඇනලොග් ලෝකයකි. ඒ අනුව පාරනායක විසින් සිදුකරන්නේ මෙම ඇනලොග් භෞතික සංඥා ඇනලොග් විද්‍යුත් සංඥා බවට පත් කිරීම බව ඔබට දැන් වැටහිය යුතුය.

යම් සංඥාවක් උපරිම අගයක් හා අවම අගයක් අතර වෙනස් වන්නේ (දෙක, සියය, දෙකෝටි පනස් දහස් එක ආදි ලෙස) යම් නිශ්චිත ප්‍රමාණයකින් නම්, එවැනි සංඥාවක් ඩිජිටල් (digital) ලෙස හැඳින්වේ. (ඩිජිටල් යන්නට සිංහලෙන් කියන්නේ සංඛ්‍යාංක කියාය.) කොන්දේසිය වන්නේ එම වෙනස් වීම "පියවර" (step) වශයෙන් සිදු විය යුතු වීමයි. පියවර ගණන (සියය, ලක්ෂය ආදී ලෙස) ලොකුද, (දෙක, දහය ආදී ලෙස) පොඩිද යන්න වැදගත් නැහැ. පහත රූපයේ සංඥාව කැඩි කැඩි යන ස්වරූපය ගන්නේ එම සංඥාව විචලනය වන්නේ පියවරවල් වලින් මිසක් සුමට සන්තතික ආකාරයෙන් නොවන නිසාය. මෙම රූපයේ දැක්වෙන උදාහරණය අනුව, පියවරවල් ගණන 2000ක් පමණ වේ (බිංදුවේ සිට ඉහළට දහකුත් බිංදුවේ සිට පහළට දහකුත් වශයෙන්).

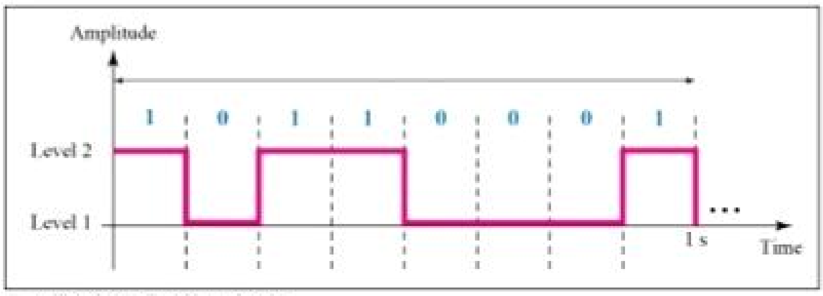


ඇනලොග් සංඥාවක පියවර ගණන අනන්ත ගණනක් වුවද, ඩිජිටල් සංඥාවක පියවර ගණන නිශ්චිතය. එවිට, එවැනි ඩිජිටල් සංඥාවක අගයන් ඉහළ පහළ යන්නේ සන්තිතකව නොව. එය හරියට පඩි පෙලකට උපමා කළ හැකිය. පඩිපෙලක් ඇත්තේ උඩ තට්ටුකුත් යට තට්ටුවක් යා කිරීමටයි. එම තට්ටු දෙක උපරිම හා අවම අගයන් දෙකට උපමා කරමු. දැන් එම උපරිම හා අවමය අතර ගමන් කරන්නේ පඩි පෙලේ ඇති පඩි හෙවත් පියවර ඔස්සේය. ඔබ එක පඩියක සිට ඊළඟ පඩියට ඔබේ පාදය ඔසවා තබනු ඇත. එනම් ඔබට අවශ්‍ය උසකින් පාදය තැබිය නොහැකිය. ඔබ පාදය තැබිය යුත්තේම පඩිපෙලේ ඇති පඩිවල උසටය. පඩිපෙලට අමතරම සමහර ගොඩනැඟිලිවල රැම්ප් එක ලෙස හැඳින්වෙන ක්‍රමයක්ද ඇත (රෝදපුටුවලින් ගමන් කරන අයට පඩිපෙලවල් ඔස්සේ රෝද පුටුව පැදගෙන යා නොහැකි නිසා, මෙම රැම්ප් ඉදිකර ඇත. තවද, පඩි නැඟීමට බැරි වයසක අයටද මෙය ප්‍රයෝජනවත්ය.) පඩිපෙලේ මෙන් නොව, රැම්ප් එකේදි ඔබේ පාදය ඔබට කැමැති උසකින් තැබිය හැකිය. පහත රූපයේ පඩි පෙල වම් අත පැත්තේද රැම්ප් එක දකුණු අත පැත්තේද පෙන්වා ඇත.

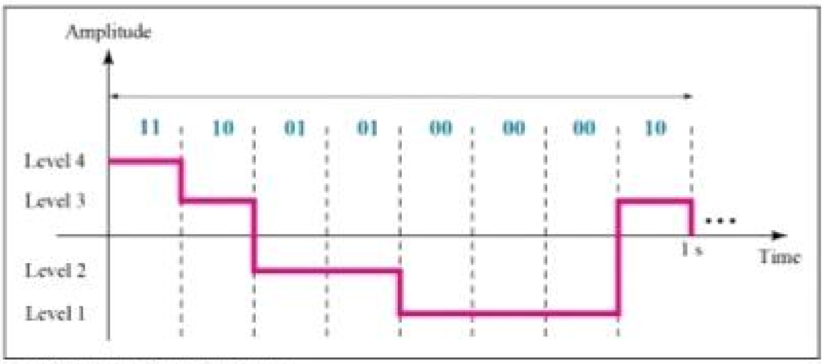
ඉතිං, ගොඩනැඟිල්ලේ තට්ටු දෙක අතර ගමන් කිරීමට ඇති පඩිපෙල හරියටම ඩිජිටල් ක්‍රමය වේ; රැම්ප් එක ඇනලොග් ක්‍රමය වේ. මෙය මෙම සංඥා ස්වරූප දෙකෙහි වෙනස හඳුනා ගැනීමට ඇති ඉතා හොඳ උපමාවකි.

මා දන්නවා සමහරෙකු නම් ඩිජිටල් කියා ඉගෙන තිබෙන්නේ මීට වඩා වෙනස් දෙයක් කියා. එය මා දැන් පැහැදිලි කරන්නම්. ඩිජිටල් සංඥාවක උපරිම හා අවම අගයන් දෙක අතර පවතින පියවර ගණන විවිධ විය හැකිය. ඒ අනුව එක් ඩිජිටල් සංඥාවක් නිරූපණය කිරීමට පියවර 2ක් අවශ්‍ය යැයි සිතමු. වෙනත් ඩිජිටල් සංඥාවක් පියවර 4කින් නිරූපණය වන්නේ යැයි සිතමු.

මේ සංඥා දෙකම ඩිජිටල් වුවත්, දෙකේ පියවර ගණන වෙනස්ය. පියවර ගණන වැඩි වන විට සංකීර්ණ බවද වැඩි වේ. ඒ වගේමයි, පියවර ගණන වැඩි ඩිජිටල් සංඥාව පියවර ගණන අඩු ඩිජිටල් සංඥාවට වඩා තත්වයෙන්ද උසස් නොවේ. මේ අනුව පෙනෙන්නේ පියවර ගණන අඩුවන තරමට පහසු වන බව නොවේද? (මක්නිසාද යත්, පියවර ගණන අඩු වැඩි වීම ඩිජිටල් සංඥාවේ උසස් පහත් භේදයක් ඇති නොකළත්, පියවර ගණන අඩු වන විට සංඥාව සරල වේ.)

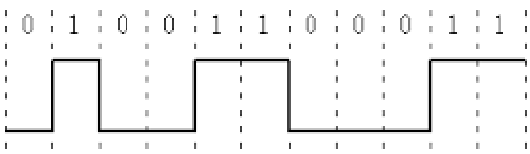


a. A digital signal with two levels



b. A digital signal with four levels

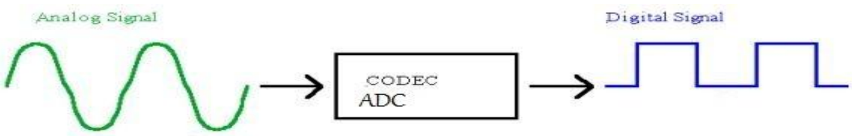
මේ අනුව, සරලතම ඩිජිටල් සංඥාව කුමක්ද? එය උපරිමය හා අවමය අතර කිසිම පියවරක් නැති අවස්ථාව වේ. එනම්, සරලතම ඩිජිටල් සංඥාවට ඇත්තේ **මට්ටම් (level)** දෙකක් පමණයි.



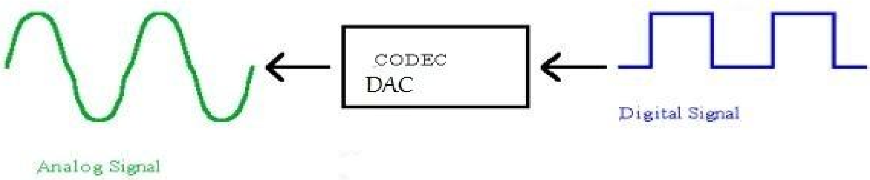
මෙම මට්ටම් දෙක අපගේ පහසුව පිණිස නම් කළ හැකිය. “කමල් හා කමලා” ලෙස හෝ “Bob හා Alice” ලෙස හෝ “A හා B” ලෙස හෝ මෙම මට්ටම් දෙක නම් කළ හැකිය. එහෙත් ගණිත කර්ම කිරීමේ පහසුව පිණිස එම අවස්ථා දේ නම් කෙරුණේ “0 හා 1” ලෙසයි. එනම්, බිංදුව හා එක යන ඉලක්කම් දෙක නම් ලෙස යොදාගෙන

ඇත. (ඉලක්කම යන්නට ඉංග්‍රිසි වචනය digit වන අතර, ඩිජිටල් යන නම ලැබී ඇත්තේම මේ නිසා බව තේරුම් ගන්න.)

ස්වාභාවික පරිසරයේ ඩිජිටල් සංඥා දකින්නට ලැබෙන්නේ නැති තරම්ය. එවිට කෙනෙකුට ප්‍රශ්න කළ හැකියි නිකරුණේ ඩිජිටල් සිග්නල් ගැන ඉගෙන ගන්නේ කුමකටද කියා. ස්වාභාවිකව ඩිජිටල් සිග්නල් නොමැති වුවත්, ඕනෑම ඇනලොග් සංඥාවක් පහසුවෙන්ම ඩිජිටල් සංඥාවක් බවට පරිවර්ථනය කළ හැකිය.



මෙලෙස ඇනලොග් සංඥාවක් ඩිජිටල් සංඥාවක් බවට පත් කිරීම Analog-to-Digital Conversion ලෙස හැඳින්වෙන අතර, එය සිදු කරන උපාංගය Analog-to-Digital Converter (ADC) ලෙස හැඳින් වේ. මෙලෙසම, ඕනෑම ඩිජිටල් සිග්නල් එකක් ඇනලොග් සිග්නල් එකක් බවටද පත් කළ හැකිය (Digital-to-Analog Conversion). එය කරන උපාංගය Digital-to-Analog Converter (DAC) වේ. DAC හා ADC යන දෙකටම පොදුවේ CODEC යන තනි නමද භාවිතා කළ හැකිය. (ඇත්තටම, codec යන්නට DAC හා ADC දෙක හැරුණහම තවත් පරිවර්තක උපාංගද ඇතුළත් වේ. එනම්, පොදුවේ යම් ස්වරූපයකින් පවතින විද්‍යුත් සංඥාවක් තවත් ස්වරූපයක විද්‍යුත් සංඥාවක් බවට පත් කරන උපාංගය CODEC ලෙස හැඳින්වේ.)



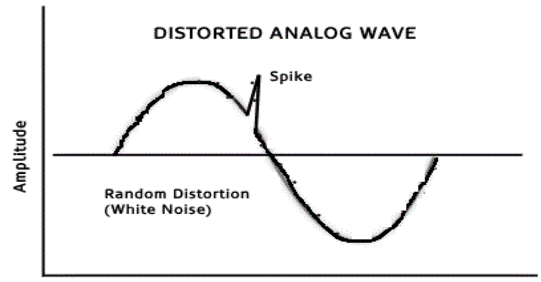
දැන් නැවතත් කෙනෙකුට ප්‍රශ්නයක් මතුවන්නට පුළුවන්, ඇනලොග් සිග්නල් එකක් ඒ ආකාරයෙන්ම තබා ගන්නේ නැතිව ඩිජිටල් බවට පත් කළ යුත්තේ ඇයි කියා. එයට නම් ඉතා හොඳ පිළිතුරු කිහිපයක්ම ඇත.

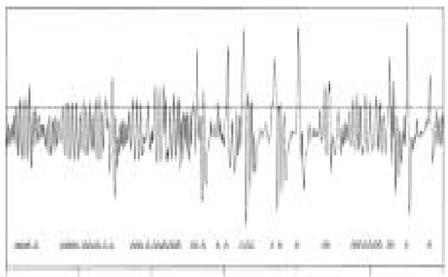
ඩිජිටල් ක්‍රමයේ ඇති වාසි

- ඕනෑම සංඥාවක් වයර් තුළින් හෝ රේඩියෝ තරංග ලෙස හෝ වෙනත් ඕනෑම ක්‍රමයකින් එක් තැනක සිට තවත් තැනකට යවන විට හෙවත් “සම්ප්‍රේෂණය” (transmit) කරන විට, එම සංඥාව දුර්වල (weak හෝ attenuate හෝ fade) වේ. එය හරියට ඔබ යම් වැඩක් කරගෙන යන විට, ක්‍රමක්‍රමයෙන් ඔබේ ශක්තිය හීන වී යන්නාක් මෙන්ය. ඊට අමතරව, අකුණු ගැසීම් (උදාහරණයක් ලෙස, අකුණු ගසන විට ටීවී එකේ ඉරි යයි.) හෝ සූර්යාගෙන් හා අභ්‍යවකාශයේ සිට පැමිණෙන අධිශක්ති කිරණ නිසාද, වාහන හා වෙනත් යන්ත්‍රසූත්‍ර ක්‍රියාකිරීමෙන් ඇති වන බාධා නිසාද සංඥාවන් විකෘති විය හැකිය (උදාහරණයක් ලෙස, ඔබ ටීවී බලමින් සිටින විට, ගෙදර සමහර විදුලි ස්වි ඔන් ඕෆ් කරන විට ටීවී එකේ ඉරි යයි. වාහනයක් ස්ටාර්ට් කරන විටද ටීවී එකේ එලෙසම ඉරි යයි. ගුවන් යානයක් ඔබේ නිවසට ඉහළින් ගමන් කරන විටද ටීවී එකේ දසුන් සෙලවිය හැකිය. ටීවී බලනවා වෙනුවට රේඩියෝ එකක් නම් අහගෙන සිටියේ, “කරස්” යන ඝෝෂාවක් ඉහත අවස්ථාවලදී ඇති විය හැකියි.) සංඥාව ඇනලොග් වුවත්, ඩිජිටල් වුවත් මෙම සංඥා හානිය හා විකෘතිය සිදු වේ.

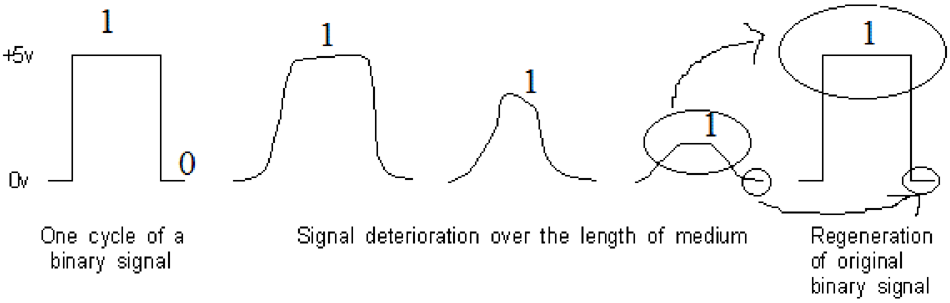
  ඇනලොග් සංඥාවකදී මෙලෙස සංඥාවට ඇතිවන විකෘතිය නිවැරදි කළ නොහැකිය. ඊට හේතුව, ඔරිජිනල් සංඥාවේ ඇති වූ විකෘතිය සොයා ගත හෝ ගණනය කිරීම කළ නොහැකිය. පහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ ඔර්ජිනල් ඇනලොග් සංඥාවක් (විදුලි කෙටීමක් වැනි හේතුවක් නිසා) විකෘති වී ඇති

ආකාරයකි (spike ලෙස දක්වා ඇති කොටස). බැලූ බැල්මට ඔබට සිතේවි මෙය පහසුවෙන් නිවැරදි කළ හැකිය කියා. ඊට හේතුව පහත රූපයේ දක්වා ඇත්තේ විධිමත් හැඩයකින් යුතු සයිනාකාර තරංගයක් නිසා (අර ස්පයික් කොටස කපා ඉවත් කළ විට එය නිවැරදි වේ යැයි ඔබට සිතෙනු ඇත). එහෙත් එදිනෙදා හමුවන සියලුම ඇනලොග් සංඥාවලට ඇත්තේ අවිධිමත් ස්වරූපයන්ය. අනෙක් රූපය බලන්න. මෙවැනි සංඥාවක විකෘතියක් සිදු වුවත්, එය අඩුම ගානේ විකෘතිය ඇත්තේ කොතැනදැයි හඳුනාගැනීමවත් කළ නොහැකියි නේද?





එහෙත්, ඩිජිටල් සංඥාවකදී තත්වය ඉඳුරාම වෙනස්ය. ඩිජිටල් සංඥාවකදී සිදුවන විකෘතිය පහසුවෙන් සොයාගත හැකිවාක් මෙන්ම නිවැරදි කිරීමද පහසුවෙන්ම කළ හැකිය. ඊට හේතුව, (ප්‍රායෝගිකව භාවිතා කරන) ඩිජිටල් සිග්නල් එකක ඇත්තේ මට්ටම් කිහිපයක් (දෙකක්) පමණි. එවැනි සිග්නල් එකකට විකෘතියක් ඇති වුවහොත්, පහසුවෙන් එය පෙනෙන අතර, එය නිවැරදි කිරීමට නම් කළ යුත්තේ, එම සංඥාවේ ඩිජිටල් (කොටු) හැඩය නැවත ඇති කිරීම පමණි. හැමවිටම තිබිය හැකි අගයන් දෙක වන්නේ එක්කෝ 0 ය; නැතිනම් 1 ය. එමනිසා විකෘති වූ හැඩය දුටු විගස එය නිවැරදි කළ හැකියි.



සමහර අවස්ථාවල විකෘතිය හෝ හානිය බරපතල වූ විටක ඩිජිටල් හැඩය පවා හඳුනා ගැනීමට බැරි විය හැකිය. එවැනි අවස්ථාවලටද විසඳුමක් ඩිජිටල් සිග්නල් සතුව පවතින අතර, එය ගැන මා පසුව පැහැදිලි කරන්නම්. (මා මෙහිදී කරන්නේ හඳුන්වාදීමක් පමණි. පසුවට ඩිජිටල් ගැන වෙනමම පොතකින් විස්තර කෙරෙනු ඇත.)

ඉහත විස්තර සියල්ලම කෙටියෙන් මෙසේ පැවසිය හැකිය. “ඩිජිටල් ක්‍රමයේදි සංඥා හානිය නැති නිසා එය වඩා විස්වාසදායක (reliable) වේ.”

- ඩිජිටල් වේවා ඇනලොග් වේවා, ඕනෑම සංඥාවකට යම් “ඉඩක්” වැය වේ. උදාහරණයක් ලෙස, CD එකක් මිලදී ගත් විට, සාමාන්‍යයෙන් එහි සිංදු 20ක් පමණ ඇත. එවිට, එම සිංදු 20 විසින් සම්පූර්ණ සීඩී එකේ “ඉඩ” අහුරා ඇති අතර, තවත් සිංදුවක් එහි පටිගත කිරීමට “ඉඩක්” නැත.

ඩිජිටල් සංඥාවන් යම් යම් ක්‍රම මගින් “හකුලුවා” තැන්පත් කළ හෝ විසුරුවා හැරිය හැකිය. මෙය “දත්ත කම්ප්‍රෙස් කරනවා” (data compression) යන නමින් හැඳින්වේ. අද කවුරුත් දන්නා MP3 නමින් ප්‍රසිද්ධ ඕඩියෝ තැන්පත් කිරීමේ ක්‍රමය (format) කරන්නේ මෙයයි. සාමාන්‍යයෙන් එක සිංදුවක් විසින් ගන්නා ඉඩ ප්‍රමාණය තුළ සිංදු දහයක් විස්සක් පමණ හකුලුවා තැන්පත් කිරීමට ඊට පුළුවන්. එමනිසයි, MP3 ෆෝමැට් එකෙන් ඇති සිංදු සීඩී එකක සිංදු සිය ගණනක් තැන්පත් කළ හැක්කේ. මේ ආකාරයට ඩේටා කම්ප්‍රෙෂන් කිරීමට හැකි වීම ඩිජිටල් ක්‍රමයේ ඇති අති දැවැන්තම පහසුකමකි.

- ඩිජිටල් සංඥාවන් කේත (code) ක්‍රම මගින් ආරක්ෂිත (secured) කළ හැකිය. උපමාවකින් මා එය කියන්නම්. ඔබ කෙනෙකුට රහසින් දෙයක් ලිවීමට ඇතැයි සිතන්න. එවිට, එම පණිවුඩය ඔහුට හෝ ඇයට ලියා යවන්නේ කෙලෙසද? බැරිවෙලාවත් එම ලියම වෙන කෙනෙකුගේ අතට පත් වුවහොත් එම තැනැත්තා එම ලියුම කියවා ඔබේ රහස දැනගනු ඇත. මීට පිළියමක් ලෙස, ඔබට යම් යම් සංඛේතාත්මක වචන භාවිතා කළ හැකිය. උදාහරණයක් ලෙස “අප පළමු වරට මුණ ගැසුනු තැනදී හෙට උදේ 7 ට හමු වෙමු.” ලෙස ලිව්වොත් එය වෙන කෙනෙකු කියෙව්වත් එම ස්ථානය හඳුනාගත නොහැකි වනු ඇත. එහෙත් මෙම ක්‍රමයද එතරම් දියුණු නැත මක්නිසාද යත් ස්ථානය නොදැනගත්තත් ඔබ දෙදෙනා යම් තැනක හමුවන බව තේරුම් ගත හැකි නිසා. කියවන කෙනාට එකදු වචනයක් හෝ නොතේරෙන පරිද්ද අවශ්‍ය නම් එය ලිවිය හැකිය. ඒ සඳහා ඔබ දෙදෙනා කතිකා කරගත් යම් රහස් කේත ක්‍රමයක් භාවිතා කළ හැකිය. මෙය එක්තරා විදියකට ඔරිජිනල් සංඥාව විකෘති කිරීමකි. එහෙත් මෙම විකෘති කිරීම සුදුසු ක්‍රමවේදයක් යෙදීමෙන් නැවත ඔරිජිනල් සංඥාව බවට පත් කළ හැකිය. එවිට, එම සුදුසු ක්‍රමවේදය කුමක්දැයි දන්නා අයට පමණක් මෙම රහස් කේත ආකාරයෙන් සකස් කළ සංඥාව කියවිය හැකිය. මෙම කේත කරන ක්‍රියාව data scrambling හෝ data encryption ලෙස හැඳින්වේ. ඩිජිටල් සිග්නල් පහසුවෙන් encrypt කළ හැකිය. අද සන්නිවේදන ක්‍රම ආරක්ෂිත වී ඇත්තේ මෙහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙසය. ඔබේ ජංගම දුරකථයෙන් සිදුකරන සංවාදයක් තවත් කෙනෙකුට දැනගත නොහැක්කේ මේ නිසයි.

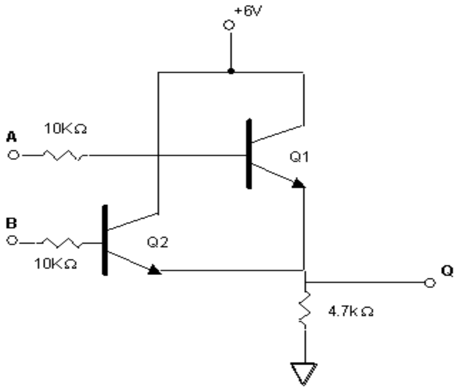
- අද පරිගණක තාක්ෂණය අස්සක් මුල්ලක් නැරම පවතී. ඔබ භාවිතා කරන ලොකු කුඩා බොහෝමයක් උපකරණවල පරිගණක තාක්ෂණය ඇත. අනාගතයේ සියල්ලම පාහේ පරිගණක තාක්ෂණය මුල් කරගෙන පවතිනු ඇත. පරිගණකය යනු ඩිජිටල් උපකරණයකි. එමනිසා, ඇනලොග් සිග්නල් සමග සෘජුවම ඊට වැඩ කළ නොහැකිය. එමනිසා, ඇනලොග් ලෝකය පරිගණකය සමග සම්බන්ධ වන විට ඇනලොග් සංඥා ඩිජිටල් කිරීමට සිදු වේ. එනම්, පරිගණක තාක්ෂණය සමග මුසු වන්නේ ඩිජිටල් ක්‍රමවේදය නිසා, එයද ඩිජිටල්වල තවත් වාසියකි.

- ඉහත සියලු කාරණාවලට වඩා වැදගත් දෙයක් ඩිජිටල් තාක්ෂණයේ පවතී. එනම්, (එකතු කිරීම, අඩු කිරීම, වැඩි කිරීම, අහවල් අගයට වඩා අහවල් අගය වැඩිද අඩුද සමානද යන වග සෙවීම ආදී) ගණිතමය ක්‍රියාවන් කිරීමට හැකියාවක් ඊට පවතී. මේ නිසා, යම් කිසි ආකාරයේ “බුද්ධියක්” හෙවත් “**කෘත්‍රිම බුද්ධියක්**” (artificial intelligence – AI) පරිපථවලට ලබා දීමට ඉන් හැකි වී ඇත. ඉහතදී සඳහන් කළ ඩේටා කම්ප්‍රෙෂන්, එන්ක්‍රිප්ෂන් හා පරිගණක මගින් සිදුකරන සියලුම ආශ්චර්යමත් වැඩ සිදු කරන්නේද ඇත්තටම ඩිජිටල් ක්‍රමයේ පවතින මෙම ගණිතමය කර්ම සිදුකිරීමේ හැකියාව නිසාය.

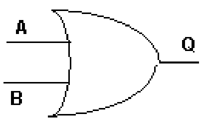
ඇනලොග් සිග්නල් හෝ පද්ධති (system) සමග ප්‍රධාන ලෙස වැඩ කරන විට, එය analog electronics ලෙසද, ඩිජිටල් සිග්නල් හෝ පද්ධති සමග වැඩ කරන විට, එය digital electronics ලෙසද හඳුන්වනවා. ඔබ මෙතෙක් ඉගෙන ගත්, රෙසිස්ටර්, කැපැසිටර්, ඉන්ඩක්ටර්, ස්විච, ඩයෝඩ, ට්‍රාන්සිස්ටර් ආදී උපාංග ඇනලොග් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් පරිපථ නිර්මාණයේදී හැමවිටම යෙදීමට සිදුවන ඒවාය. ඩිජිටල් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වලද එම උපාංග භාවිතා කිරීමට සිදු වුවත්, ඩිජිටල් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් සඳහාම සුවිශේෂී උපාංග පවතී. ඒවා digital devices (ඩිජිටල් උපාංග) ලෙස හැඳින්වේ.

ගේට්, ෆ්ලිප්-ෆ්ලොප්, රෙජිස්ටර්, රොම්, රැම්, මල්ටිප්ලෙක්සර්, කවුන්ටර්, මයික්‍රොකොන්ට්‍රෝලර් ආදී ලෙස විවිධාකාරයේ ඩිජිටල් උපාංග පවතී. මේ සෑම උපාංගයක්ම මිලදී ගත හැක්කේ අයිසී ආකාරයෙන්ය.

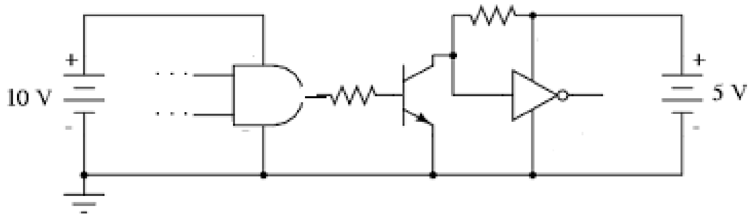
මේ සෑම ඩිජිටල් උපාංගයක් ගැනම පසුවට විස්තර කෙරේ. ඩිජිටල් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ඉගෙන් ගන්නවා කියන්නෙ මෙම ඩිජිටල් උපාංග වෙන වෙනම ඉගෙන ගෙන ඒවායෙන් ප්‍රයෝජනවත් පරිපථ සෑදීමට ඉගෙන ගැනීමයි. තවද, මෙම සෑම ඩිජිටල් උපාංගයක්ම ඩිජිටල් ට්‍රොනික්ස් තුළ තනි උපාංග ලෙස සැලකුවත්, මේවාද සත්‍ය වශයෙන්ම සාදා තිබෙන්නේ රෙසිස්ටර්, ට්‍රාන්සිස්ටර්, ඩයෝඩ වැනි ඇනලොග් උපාංග වලින්මයි. උදාහරණයක් ලෙස, පහත දැක්වෙන්නේ ඇනලොග් උපාංග කිහිපයක් එකතු කර සෑදූ කුඩා පරිපථයකි.



ඇත්තටම, මෙම පරිපථය ඩිජිටල් ක්ෂේත්‍රයේදී එක් තනි උපාංගයක් ලෙස සැලකේ. එම ඩිජිටල් උපාංගය පහත ආකාරයට සංකේතවත් කෙරේ. (මෙය AND Gate යන නමින් හැඳින්වෙන ඩිජිටල් උපාංගයයි.)



තවද, ප්‍රායෝගිකව අද පරිපථ නිර්මාණයේදී ඇනලොග් හා ඩිජිටල් යන දෙයාකාරයම එකට භාවිතා වේ. එමනිසා, ඇනලොග් ඩිජිටල් යන දෙයාකාරයේම උපාංග ඔබ හොඳින් උගත යුතුය. උදාහරණයක් ලෙස, ඉහත AND ගේටයෙන් පිටකරන සිග්නල් එක පවර්ෆුල් මදි නම්, ඊට ට්‍රාන්සිස්ටරයක් සම්බන්ධ කළ හැකිය.



පහසුව තකා වෙන වෙනම ඇනලොග් හා ඩිජිටල් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ඉගෙන ගත්තත්, ප්‍රායෝගිකව මෙම ක්‍රම දෙකම එකට භාවිතා වේ. තවද, ඩිජිටල් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ඉතාම පහසු වන අතර, ඉන් කළ හැකි දේවල් ඉතා විශ්මයජනකයි. එහෙත් හොඳ ඇනලොග් ට්‍රොනික්ස් දැනුමක් නැති නම්, ඔබට කිසිදු ඩිජිටල් පරිපථයක් ප්‍රායෝගිකව නිර්මාණය කළ නොහැකි බව මතක තබා ගන්න.

තවද, විශ්මිත ඩිජිටල් පරිපථ සෑදීම අවශ්‍ය නම්, හොඳ (අමාරු උසස් ගණිතයම නොව) ගණිත දැනුමක්ද අවශ්‍ය කෙරේ. විශේෂයෙන් දෙකේ පාදයේ සංඛ්‍යා ගැන හොඳ දැනුමක් අත්‍යාවශ්‍යයම වේ.

ඉලෙක්ට්‍රොනික් පරිපථ සමග වැඩ කිරීමට අත්‍යවශ්‍ය උපකරණ

විවිධාකාරයේ ටූල්ස් තිබෙනවා. සමහරක් ලක්ෂ ගණන් මිල අධික වන අතර, සමහරක් අත්‍යවශ්‍යද නොවේ. සමහරෙකුට නම්, පරිපථ සෑදීමට පෑස්සීමට ගන්නා “බවුතයක්” තිබීම පමණක් ප්‍රමාණවත් සේ සිතයි. එහෙත් ආරම්භක අවස්ථාවේදී පහත දැක්වෙන උපකරණ (tools) හා උපයෝගී දේවල් (utilities) තිබිය යුතු යැයි මා යෝජනා කරනවා. සෑම උපකරණයකින්ම යම් කිසි නිශ්චිත කාර්යක් සිදු කරනවා. ඔබ එම කාර්යන්ට අමතරව වෙනත් දේවල් එම උපකරණවලින් කරන්නට යන්න එපා. එය උපකරණය විනාශ වී යෑමට හේතු වෙනවා පමණක් නොවේ, වලක්වාගත හැකිව තිබූ අනතුරුවලටද අත වැනීමකි. උදාහරණ ලෙස, ඉස්කුරුප්පු නියනක මිට තිබෙන්නේ මිටියක් සේ යම් යම් දේවල්වලට තැලීමට නොවේ. අනවශ්‍ය රත් කිරීම්වලට (ගින්දරට), ජලයට, රසායනික ද්‍රව්‍යයන්ට උපකරණ නිරාවරණය කරන්න එපා.

1. **සෝල්ඩරින් අයන් එක**

   soldering Iron එක තමයි බොහෝ දෙනා “බවුත් එක” යනුවෙන් හඳුන් වන්නේ. විවිධ හැඩවලින් හා විවිධ අමතර උසස් පහසුකම් සමග හා විවිධ මිල ගණන් යටතේ ඔබට සෝල්ඩරින් අයන් එකක් මිල දී ගත හැකිය. සෝල්ඩර් යනු “පාස්සනවා” යන්නට ඉංග්‍රිසියෙන් කියන වචනය වේ.

ආරම්භයේදී ඔබ රුපියල් තුන් හාරසියකට වඩා අඩුවෙන් තිබෙන වොට් 35ක පමණ බවුතයක් මිල දී ගැනීම ප්‍රමාණවත්ය. බවුතයක් යනු සරල උපකරණයකි. එහි ප්‍රධානම කොටස වන්නේ විදුලිය සැපයූ විට තාපය (උණුසුම) සපයන **තාපන දඟරය** (heating element. බොහෝ දෙනා මෙය “ඉලෙමන්ට් එක” කියා හඳුන්වනවා.) වේ.

විදුලිය සපයා තාපය ලබා ගන්නා හොට් ප්ලේට්, ඉස්තිරික්කය, හීටරය වැනි විදුලි උපකරණවලද ඇත්තේ මෙවැනි තාපක දඟරයකි. බවුතයේ වොට් ගණන අනුව මෙම තාපක දඟරයේ ප්‍රමාණය වෙනස්

වේ. මෙම තාපන දඟරය වටා යම් විදුලි පරිවාරක ද්‍රව්‍යයක් ඔතා ඇත. එමගින් තාපක දඟරය හරහා යන විදුලි ධාරාව බවුතයේ භාහිර ලෝහමය කොටස්වලට කාන්දු වීම වලකා ඇත. (බවුතයක පමණක් නොව, ඉහත සඳහන් සෑම තාපක උපකරණයකම තාපන දඟරය එවැනි විද්‍යුත් පරිවාරක ද්‍රව්‍යයකින් ආවරණය කළ යුතුමය.) එම පරිවරණය අත්‍යවශ්‍ය වේ, මක්නිසාද යත් ඔබට විදුලි සැර වැදීම මෙන්ම පාස්සන උපාංග හරහා ධාරාව ගලා ගොස් එම උපාංග පිලිස්සී යෑමද මෙමගින් නතර වේ.

මෙම පරිවරණය කරන ලද තාපන දඟරය, බවුතයේ කෙළවර සවි වී ඇති **බිට් (bit)** එකට සම්බන්ධ වේ. බිට් එක බවුතයට සවි වී ඇත්තේ නැවත ගලවා සවි කළ හැකි පරිදිය. (එනම්, බිට් මාරු කළ හැකිය.) එවිට තාපන දඟරයේ ඉපැද්දවෙන තාපය එම බිට් එකට ගමන් කර පෑස්සීමට අවශ්‍ය උෂ්ණත්වය බිට් එක සතු වේ. (කැමැති නම්, ඔබ බවුතයක් සෙමින් ගලවා එම කොටස් හඳුනා ගන්න.)

බිට් එක ගැනද යමක් කීමට ඇත. **පෙන්සිල්** ටයිප්, **චිස්ල්** ටයිප්, **බෙන්ට්** (අගින් නැමුණු) ආදී ලෙස බිට් වර්ග කිහිපයක් ඇත.

රෙසිස්ටර් වැනි උපාංගයක් සර්කිට් බෝඩ් එකට පෑස්සීමට පෙන්සිල් ටයිප් (එනම්, උල් හැඩැති) බිට් එකක් හොඳය. වයර් දෙකක් අමුණා එය ඊයම්වලින් පෑස්සීමට චිස්ල් ටයිප් (එනම්, තුඩ පැතලි) බිට් එකක් හොඳය. තමන්ගේ පහසුව පරිදි බිට් භාවිතා කරන්න.

බවුතයේ වොට් ගණන ගැනද ඔබ දත යුතු දෙයක් තිබේ. බවුතය කුමන වොට් ගණනින් තිබුණත්, එය රත්වන්නේ දළ වශයෙන් (ඊයම් උණුවීමට ප්‍රමාණවත්) එකම උෂ්ණත්වයට වේ. බවුතයේ බිට් එක ලෝහක් මත (හෝ පාස්සන වෙනත් ඕනෑම දේකට) තැබූ විට, බිට් එකේ සිට එම කොටසට තාපය ගමන් කරයි. එවිට එම කොටසද රත් වීමට පටන් ගනී. බවුතයකින් කරන රාජකාරියද එයයි (එනම්, පාස්සන

කොටස් රත් කිරීම). එවිට, බවුතයේ බිට් එක සිසිල් වීමටද පටන් ගනී. (රත් වෙ ව දෙයක් තාපය ගලා යා හැකි ලෝහක් වැනි දෙයක් මත තැබූ විට එම රත් වූ දෙය ඉක්මනින් සිසිල් වන බව කවුරුත් දන්නා දෙයකි. දහඩිය දමන දිනයක ඔබේ ශරීරය ගේට්ටුව වැනි ලෝහමය දේකට ස්පර්ශ කළ විට, ඔබට සිසිලක් දැනෙන්නේ ඔබේ ශරීරයේ උෂ්ණත්වය එම ලෝහමය කොටසට ගලා ගොස් සිසිල් වන නිසාය.) බිට් එක තැබූ ලෝහ කොටස විශාල වන විට, බිට් එක වැඩි වේලාවක් එය මත තබා ගෙන සිටීමට සිදු වේ. එහෙත්, තාපන දහරයෙන් අඛණ්ඩව තාපය බිට් එකට ලබා දේ. බවුතයේ වොට් ගණන වැඩි වන තරමට තාපන දහරයෙන් ඉපැද්දවෙන (හා පිටකරන) තාප ප්‍රමාණය වැඩිය. එවිට වැඩි වොට් ගණනක් ඇති බවුතයක් භාවිතා කරන විට, වැඩි වේගයකින් වැඩි තාප ප්‍රමාණයක් පිට කරන බැවින්, ලෝහය මත බිට් එක තබා ගෙන සිටිය යුතු කාලය අඩු වේ.

මේ අනුව බැලූ බැල්මට පෙනෙන්නේ වැඩි වොට් ගණනක් තිබෙන බවුතයක් වඩා හොඳ බවයි. එනම්, ඉක්මනින් පෑස්සිය හැකියි. එහෙත් එවැනි වැඩි වොට් ගණනක් ඇති බවුතයකින් විදුලි උපාංගවලට වැඩිපුර තාපය ගමන් කිරීමෙන් පහසුවෙන් එම උපාංග පාස්සන විටම පිළිස්සී යෑමටද ඉඩකඩ වැඩිය. කාර් බැටරි කනුවලට සවිකරන කනෙක්ටර් වැනි විශාල ලෝහ කෑබැලි පාස්සන විට වැඩි වොට් ගණනක් සහිත බවුතයක් අත්‍යවශ්‍ය වේ. කුඩා වොට් ගණනක් ඇති බවුතයක් කොතරම් එවැනි ලෝහයක් මත තබා සිටියත් එය අවශ්‍ය ප්‍රමාණයට රත් නොවේ. (ඊට හේතුව ලෝහය විශාල බැවින් උරාගන්නා තාපය ඉක්මනින් භාහිර පරිසරයට හානි වී යෑමයි. එය හරියට හිල් වෙ ව භාජනයකට වතුර පුරවනවාක් බඳු වේ.) ඔබට විශාල සන්නායක කොටස්ද පෑස්සීමට සිදු වේ නම්, වොට් 35ක බවුතයකුත් වොට් 60 හෝ 100 ක බවුතයකුත් ලෙස දෙකක්ම මිල දී ගන්න.

සාමාන්‍යයෙන් අඩු වියදමට ඇති බවුතයක උෂ්ණත්වය පාලනය කළ නොහැකිය. මිල තරමක් වැඩි උෂ්ණත්වය පාලනය කළ හැකි බවුත්ද ඇත. එවැනි බවුතයක් ඔබට කැමැති උෂ්ණත්වයකට සෙට් කළ හැකි අතර, එම සෙට් කරපු උෂ්ණත්වයට වඩා අඩුවෙන් හෝ වැඩියෙන් එහි බිට් එක පවතින්නේ නැත. එවැනි උසස් ක්‍රියාකාරිත්වයන් ඇති බවුත් **සෝල්ඩරින් ස්ටේෂන්** යන නමින් හැඳින්වෙන විශාල උපකරණයක් ලෙසට පවතී (පහත රූපය).

සාමාන්‍යයෙන් SMD උපාංග බවුතයකින් පාස්සන්නේ නැත. ඒ වෙනුවට බහුලව භාවිතා කරන්නේ hot gun (හෝ hot air gun) නම් පෑස්සුම් උපකරණයයි. එහි බිට් එකක් නැත. ඒ වෙනුවට ඇත්තේ (ඊයම් උණුවන තරමට) රත් වූ වායු දහරාවක් පිට කරන සිදුරකි (nozzle). ඇත්තටම මෙම උපකරණය තුළද තාපන දහරයක් ඇත. එම දහරයට පිටුපසින් ෆෑන් එකක් ඇත. එවිට, එම ෆෑන් එකෙන් වාතය අර රත් වූ දහරය හරහා යවන විට එම වාතය නොසල් එකෙන් එලියට එන්නේ ඉහළ උෂ්ණත්වයකත් සමඟය. බවුතයක බිට් එක මෙන්ම, මෙම නොසල් එක ගලවා සවි කරගත හැකි ආකාරයෙන් පවතී. නොසල් එකේ සිදුරේ විශාලත්වය ඒ අනුව අපට සුදුසු නොසල් යෙදීමෙන් වෙනස් කළ හැකිය.

හොට් ගන් එකක් වෙනම මිල දී ගත හැකි වුවත්, බොහොමයක් අවස්ථාවල හොට් ගන් එකද සොල්ඩරින් ස්ටේෂන් එකේම සවි කර තිබේ. එවිට, එක් උපකරණයකින් සෝල්ඩරින් අයන් එකත්, හොට් ගන් එකත් ඇත (ඉහත දකුණු රූපය).

ඔබ SMD උපාංගද භාවිතා කරන්නට සිතනවා නම්, මෙවැනි දෙකම සහිත සෝල්ඩරින් ස්ටේෂන් එකක් ගැනීම යෝග්‍ය වේ. එහෙත්, එය තරමක් මිල අධිකය (රුපියල් හාරපන්දහකට වැඩිය). ඔබට සෝල්ඩරින් අයන් එක හොඳට අතට හුරු නම්, හොට් ගන් එකක් නැතිව SMD වුවද පෑස්සීමට හැකි බව මතක තබා ගන්න.

2. **සෝල්ඩරින් වයර්**

පෑස්සීමට ගන්නා ඊයම් ලෙස බොහෝ අය සඳහන් කරන්නේ මෙයයි. මේවා (බර අනුව) රීල් (reel) වශයෙන් හෝ මීටර් ගණනට විකිණීමට ඇත. 0.8mm, 1mm ආදි ලෙස විවිධ ගණකම් (ගේජ්) වලින්ද ගත හැකිය. ගණකම වැඩි වන විට, මිලද වැඩි වේ. සාමාන්‍ය භාවිතයේදී ගේජ් එක අඩු solder wire භාවිතා කිරීම පහසුය. ඉක්මනින් ඒවා උණු වන අතර, අනවශ්‍ය තරම් සෝල්ඩර් වැය වන්නේද නැත. (ඔබ ගේජ් වැඩි එකක් භාවිතා කරන විට, යම් උපාංගයක් පාස්සන විට, වැඩිපුරත් එක්ක සෝල්ඩර් වැය වේ.)

මේවාට ඊයම් ලෙස පවසන්නේ මෙම වයර්වල ඊයම් (ලෙඩ්) නම් මූලද්‍රව්‍ය අඩංගු නිසාය. ඊට අමතරව, ටින් යන මූලද්‍රව්‍යද අඩංගු වේ. සෙල්සියස් අංශක 189දී පමණ මෙම සෝල්ඩරින් වයර් උණු වී ද්‍රව බවට පත් වේ. මෙම සෝල්ඩර්වල ටින් සහ ලෙඩ් විවිධ අනුපාතවලටට මිශ්‍ර කර ඇත. ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් වැඩ

සඳහා මිල දී ගත යුත්තේ ටින් ප්‍රතිශතය වැඩි (එනම්, ටින් 60%ක් හා ලෙඩ් 40%ක් සේ මිශ්‍ර කර ඇති) සෝඩරින් වයර් වේ.

තවද, හොඳ සොල්ඩරින් වයර් තුළ සිහින් දිගටි නාල (සිදුරු) ඇත. එම නාල තුළ "**දුම්මල**" හෙවත් ෆ්ලක්ස් (flux) නම් ද්‍රව්‍යයක් ගබඩා කර ඇත. මෙම ෆ්ලක්ස් ලබා ගන්නේ විශේෂ ශාකයකිනි. මෙම දුම්මල සෝල්ඩරින් වයර් එක රත් වීමේදී සෝල්ඩර් උණු වීමට මොහොතකට පෙර උණු වී ගලා ගෙන යයි. ඇත්තටම, ඔබ සෝල්ඩර් රත් කරන විට (පාස්සන විට), ඉන් දුමක් දමන්නේ මෙම දුම්මල වාෂ්ප වී යැමයි. බොහෝ දෙනෙක් සිතා සිටින්නේ, මෙලෙස දුම් දමා පිටවන්නේ ඊයම් කියාය. එය මුසාවකි. ඊයම් හෝ ටින් වාෂ්ප වීමට තරම් උෂ්ණත්වයක් කොහෙත්ම බවුතයක නැත. පහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ විශාල කරන ලද ඊයම් වයරයක කෙළවරක් වන අතර, එහි මැද සුදු පාද ළප තුනක් සේ පෙනෙන්නේ මෙම දුම්මල පුරවපු නාල තුනයි.

මෙම දුම්මලවලට වැදගත් රාජකාරියක් ඉටු කිරීමට ඇත. තඹ, ඇලුමිනියම්, යකඩ, රිදී, හා රත්තරං යන ලෝහ ඉලෙක්ට්‍රෝනික්ස් වලදී සන්නායක ලෙස භාවිතා කෙරෙනවා. මේවා අතරින්, රිදී හා රත්තරං යන ලෝහ දෙක පමණක් සාමාන්‍ය පරිසරයේදී "**ඔක්සයිඩ්**" (oxide) සාදන්නේ නැත. සාමාන්‍ය ව්‍යවහාරයේදී "**මල (කඩ) කනවා**" යනුවෙන් කියන්නේද ලෝහක් ඔක්සයිඩ් සාදන එකටයි. ඔක්සයිඩ් සාදනවා යනු ලෝහයක් (වාතයේ ඇති හෝ වෙනත් අයුරිකින් ලැබෙන) ඔක්සිජන් සමග රසායනිකව ප්‍රතික්‍රියා කිරීමයි. ඒ අනුව, තඹ (කොපර් ඔක්සයිඩ් ලෙසත්), ඇලුමිනියම් (ඇලුමිනියම් ඔක්සයිඩ් ලෙසත්) හා යකඩ/අයන් (අයන් ඔක්සයිඩ් ලෙසත්) "මල කනවා". මල නොකෑ එවැනි ලෝහයක් සාමාන්‍ය පරිසරයට නිරාවරණය කොට තබන විට ක්‍රම ක්‍රමයෙන් ඒවා මල කනවා. තඹ හා පිත්තල (පිත්තල යනු තඹ අඩංගු මිශ්‍ර ලෝහකි) බඩු ටික දවසකින් "මඩ පාටක්" ගන්නේ එම ද්‍රව්‍ය හාහිරෙන් මල කා කොපර් ඔක්සයිඩ් තට්ටුවක් බැඳී පවතින නිසාය. "බ්‍රාසෝ" හෝ එවැනි ද්‍රව්‍යයක් යොදපු රෙදි කැබැල්ලකින් තඹ හෝ පිත්තල බඩුවක් ඇතිල්ලූ විට එය දිලිසෙන "රත්තරං පාටට" පත්වන්නේ එම මලකඩ ඉවත් වීම නිසාය. (පිරිසිදු මල නොකෑ තඹ රත්තරං සේ දිලිසේ.)

ඇලුමිනියම්ද තඹ සේම සාමාන්‍ය පරිසරයේ ඇති විට මල කයි. එහෙත් එය මල කන විට ඉතා තුනී ඇලුමිනියම් ඔක්සයිඩ් පටලයකට හාහිරින් ඇති වන නමුත් තඹවලදී මෙන් එහි දිලිසීම අඩුවක් නොපෙනේ. තඹ හා ඇලුමිනියම් මල කෑවිට එම ලෝහ තවදුරටත් ගැඹුරට මලකෑමෙන් ඇත්තටම ආරක්ෂා වේ. ඊට හේතුව එම ලෝහවල මතුපිට ඒවායේ ඔක්සයිඩ් පටල මගින් වැසී ගොස්, එම ලෝහ ඇතුළට මලකෑම වැලකී යාමයි. යකඩද මල කයි. එහෙත් තඹ හා ඇලුමිනියම් මෙන් නොව, යකඩ මල කන විට, යකඩ ලෝහය ක්‍රමයෙන් විනාශයට (ඛාදනයට) පත් වේ. මලකඩ පොතු සේ ගැලවී ගැලවී ගොස් අවසානයේ යකඩය සම්පූර්ණයෙන්ම ක්ෂය වී යයි (මෙය ඔබ නිතර අත් දැක ඇති දෙයකි).

තඹ, ඇලුමිනියම්, හා යකඩ යන තුනෙහිම ඔක්සයිඩ හොඳින් විදුලිය සන්නයනය නොකරයි. විශේෂයෙන් ඇලුමිනියම් ඔක්සයිඩ් විදුලිය ගමන් කරවන්නේ නැති තරම් ප්‍රතිරෝධය ඉහළය. එනිසා, මෙම ලෝහවල මල කෑම විශාල ප්‍රශ්නයකි. ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල වැඩිපුරම යොදාගන්නේ තඹ නිසා අවධානය ඒ වෙතට යොමු කරමු. (ඇලුමිනියම් හා යකඩ යන අනෙක් ලෝහ දෙකටද මේ කියන දේ වලංගු බව සිහි තබා ගන්න.) එනිසා, තඹ සන්නායක දෙකක් අමුණන විටක හෝ පාස්සන විටක එම සන්නායක දෙකේ මලකඩ ඉවත් කළ යුතුය. තඹ කැබැලි දිලිසෙන පෙනුම එන තෙක් පිහිතුඩකින් ප්‍රවේසමෙන් සූරා දැමීම කළ හැකිය. එහෙත් හැමවිටම එලෙස සීරීම කළ නොහැකිය. ඉහත කතා කළ දුම්මල ප්‍රයෝජනවත් වන්නේ මෙතැනය. රත් වූ එම දුම්මල තඹ සන්නායකයක් මත තැවරූ විට, තඹ ඔක්සයිඩ ඉවත් කිරීමේ යම් හැකියාවක් එම දුම්මල වෙත ඇත.

අවශ්‍ය නම් රුපියල් සියයකට වඩා අඩු මිලකට එවැනි ෆ්ලක්ස් වෙනම මිල දී ගත හැකිය. ඇත්තටම ඔබ එලෙස ෆ්ලක්ස් එකක් මිල දී ගන්න. සෝල්ඩර් වයර් තුළම මෙම දුම්මල ගබඩා කර තිබීමෙන් පෑස්සීමට අමතරව එම සන්නායකවල ඔක්සයිඩ ඉවත් කිරීමද ඉබේම සිදු වේ. එනම්, ඊයම් උණුවීමට මොහොතකට පෙර එතුළ ඇති දුම්මල උණු වී සන්නායකය මතට වැටී ඒවායේ ඔක්සයිඩ ක්ෂණිකව ඉවත් වේ. ඒ සමගම ඊයම් උණු වී වැක් කෙරේ. (මෙය ඇත්තටම ඉතා කදිම උපක්‍රමයක්.)

මෙහිදීම තවත් කාරණයක් සඳහන් කරන්නට කැමැතියි. ඕනෑම ලෝහක් රත්වන විට සාමාන්‍යයෙන් සිදුවනවාට වඩා ඉක්මනින් ඔක්සයිඩ් සාදයි. (ඉහත උපක්‍රමය නිසා, මෙම තාපය වැඩි විට ඉක්මනින් ඔක්සයිඩ් සෑදීමට ඇති හැකියාවත් නැති වී යයි.)

3. **සයිඩ් කටර්**

side cutter යනු වයර් කැපීමට, රෙසිස්ටර්, ට්‍රාන්සිස්ටර් ආදියේ (පෑස්සුවට පසු) වැඩිපුර ඇති කූරු කොටස් කැපීමට පමණක් භාවිතා කළ යුතු අත්‍යාවශ්‍යම උපකරණයකි.

අල්ලන කොටස් ලිස්සන සුළු නොවන (non-skidding හෝ anti-slippery) රබර් හෝ වෙනත් පරිවාරකයකින් ආවරණය කළ සයිඩ් කටර් එකක් මිල දී ගන්න. ඉබේම අඬුවේ කට (jaws) දිග හැරෙන විදියට ස්ප්‍රිං එකක් හෝ එවැනි වෙනත් උපක්‍රමයක් යෙදූ එකක් නම්, තවත් පහසුය. වෙන කිසිදු තද ද්‍රව්‍යයක් කැපීමට මෙය භාවිතා නොකරන්න.

4. **ලෝන් නොස් ප්ලයර්ස්**

උල් අඬුව යන නමින් හැඳින්වෙන්නේ මෙම long-nose pliers එක වේ. මේවා විවිධ සයිස්වලින් පවතී. ඔබේ අතට පහසුවෙන් අල්ලාගත හැකි ප්‍රමාණයේ එකක් (හෝ විවිධ සයිස් දෙක තුනක් හෝ) මිල දී ගන්න. වයර් නැමීම, උපාංගවල පින් නැවීමට ආදිය මෙය අත්‍යාවශ්‍ය වේ. මෙයද පෙර කීවා සේම, අතින් අල්ලන කොටස් ලිස්සන සුළු නොවන පරිවාරකයකින් ආවරණය කරපු එකක් විය යුතුය. (විදුලිය සමග කටයුතු කරන නිසා, අතින් අල්ලන කොටස් හැමවිටම පරිවරණයක කර තිබිය යුතුය. එය දහඩියට ලිස්සන්නේ නැති ද්‍රව්‍යයක් වීමද වැදගත්ය.)

5. **කම්බිනේෂන් ප්ලයර්ස්**

සාමාන්‍යයෙන් අඬුව යනුවෙන් හඳුන්වන්නේ මෙයයි. (පෙර සේම අල්ලන කොටස පරිවරණය කර තිබිය යුතුය.) Lineman’s Pliers යනුවෙන්ද මෙය හැඳින් වේ (දුරකථන රැහැන් අදින අය වැඩිපුර මෙය භාවිතා කරන නිසා).

6. **ට්වීසර්ස්**

නට්, ඇන, හා වෙනත් කුඩා උපාංග ආදිය එසවීමට (ඇල්ලීමට) ගන්නා සරල උපාංගයකි. මෙහි අග්‍ර නැවී පවතින (bent tweezers) ආකාරයෙන් හා අග්‍ර නොනැමී පවතින (straight) ආකාරයෙන්ද යන දෙයාකාරයෙන්ම මිල දී ගන්න. තවද, මෙහි තුඩ සිහින් හෝ පැතලි විය හැකිය. සාමාන්‍ය ඒවා තද කිරීමේදී තුඩු ළං වන අතර, තද කළ විට තුඩු ඈත් වෙන වර්ගයේ ඒවාද ඇත. මෙහිද අල්ලන කොටස පරිවරණය කර තිබිය යුතුය.

7. **පේපර් කටර්**

කොල කැපීමට භාවිතා කරන පිහියකි. සන්නායකවල මලකඩ ඉවත් කිරීමට සීරීමටද මෙය භාවිතා කළ හැකිය. වයර්වල පරිවාරක කොටස් ඉවත් කිරීමටද මින් පුළුවන්. මෙහි මිට ලෝහවලින් සෑදූ හොඳ බරකින් යුතු එකක් නම් වඩාත් යෝග්‍ය වේ. ප්ලාස්ටික් වලින් නිම කර ඇති ඒවා පහසුවෙන් කැඩී යයි. කටරය සමගම අමතර තල පැකට් එකකුත් (එම පැකට් එකක තල දහයක් ඇත. ඒවා මල නොකන පරිදි තබා ගැනීමට ප්ලාස්ටික් භාජනයක්ද ලැබේ. තල හැමවිටම එය තුළ දමා තබන්න.) මිල දී ගන්න.

8. **මැග්නිෆයින් ග්ලාස්**

යම් දෙයක් විශාල කර බැලීමට භාවිතා කරන උපකරණයකි. මෙය ලූප් (loupe) යන නමින් හැඳින්වෙන ස්වරූපයෙනුත් (දකුණු රූපය) ගත හැකිය. දළ වශයෙන් පස් හය ගුණයක්වත් විශාලනය කළ හැකි (6X හෝ 10X හෝ ලෙස එම විශාලනය කිරීමේ හැකියාව සංඛේතවත් කෙරේ.) එකක් ලබා ගන්න.

9. **ඉන්සියුලේෂන් ටේප්**

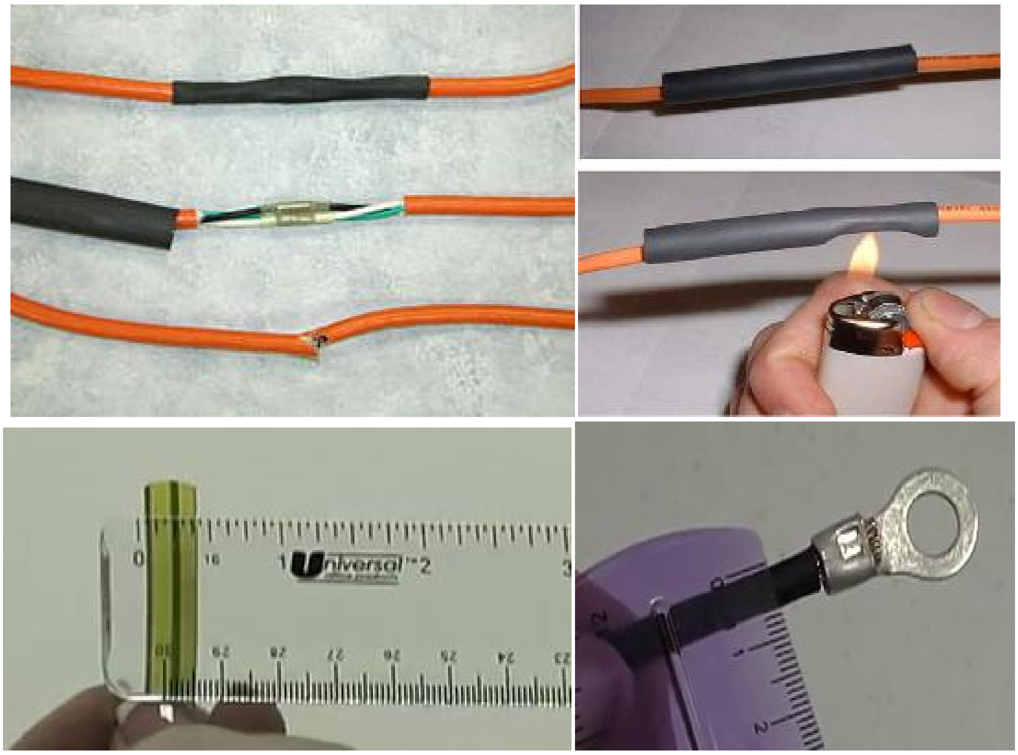
නැතිවම බැරි දෙයකි. Insulation tape ඉලෙක් ෂියන්ස් ටේප් (electrician’s tape) යනුවෙන්ද හැඳින්වෙනවා. වයර් දෙකක් සම්බන්ධ කළ විට විදුලිය පිටතට කාන්දුවීම/වැදීම වැලැක්වීමට භාවිතා වේ. කළු, රතු ආදි ලෙස වර්ණ කිහිපයකින්ම ලබා ගත හැකිය.

සමහරුන් සෙලෝටේප් (ස්කොට් ටේප් ලෙසද හැඳින්වෙන්නේද සෙලෝටේප්ය. ඇත්තටම සෙලෝ ටේප් හා ස්කො ටේප් යන දෙකම වෙළඳ නාම දෙකකි.) හෝ මාස්කින් ටේප් හෝ රෙදිපටි හෝ පොලිතින් මේ වෙනුවට යොදා ගන්නවා. එය ඉතා මෝඩ වැඩකි. මෙම ටේප් මගින් භාහිරයට විදුලිය

කාන්දු වීම වැලක්වීම පමණක් නොවේ සිදු කරන්නේ. ටික මොහොතකට පෙරත් පැවසුවා සන්නායක ඔක්සයිඩ් සාදන බව. යම් කම්බි දෙකක් අමුණා ඉන්සියුලේෂන් ටේප් නොයෙදුවොත්, එම සම්බන්ධක වයර් මල කෑමට පටන් ගන්නවා. එවිට, එම සම්බන්ධය දුර්වල වී (ප්‍රතිරෝධය ඉහළ ගොස්) එතැන රත් වන්නට ගන්නවා. සමහර විට, ගිනි ගැනීමට තරම් එතැන රත් වීමට පුළුවන්. එහෙත් ඔබ ඉතා තදට හෝ හොඳට ඉන්සියුලේෂන් ටේප් යෙදුවේ නම්, එම සන්නායකවලට භාහිර වාතය වැදීමට ඇති අවස්ථාව අහිමි වී මල කෑමට නොහැකි වෙනවා. එවිට කියාවි සෙලෝටේප් හෝ මාසිකින් ටේප් යෙදීමෙන්ද එය කළ හැකි බව. එහෙත් මතක තබා ගන්න, සෙලෝටේප් හෝ මාස්කින් ටේප් සාදා ඇත්තේ එම අරමුණ සඳහා නොව. සෙලෝටේප් පහසුවෙන්ම පළුදු වෙනවා. ඒ විතරක් නොවේ, වැඩි විදුලියක් සහිත සම්බන්ධයකදී සෙලෝටේප්වලින් අවශ්‍ය කරන ආරක්ෂාව අඩු වෙනවා. (යම් කිසි අවස්ථාවක ඉන්සියුලේෂන් ටේප් නැතිම විටක, මෙවැනි උපක්‍රමයක් යෙදුවාට වරදක් නැත. එහෙත් හැකි ඉක්මනින් එය නිවැරදි කළ යුතු බව මතක තබා ගන්න.)

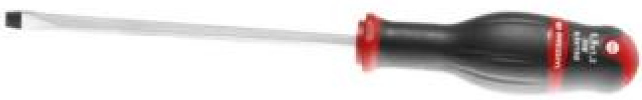
ඉන්සියුලේෂන් ටේප්වලින් කරන වැඩයම ඊට වඩා ලස්සනටත් ආරක්ෂාකාරිවත් සිදුකළ හැකි ක්‍රමයකි **හීට්ශ්‍රින්ක් ටියු** (heat shrink tubes) යෙදීම. මේවා රබර් බට මෙන් පෙනුමක් පවතින අතර, විවිධ වර්ණයන්ගෙන්, විවිධ මහතවල්වලින් ඇත. මීටර් හෝ අඩි ගණනට මේවා විකුණනු ලැබේ. ඔබ ආවරණය කිරීමට යන වයර් එකට වඩා තරමක් මහත අවශ්‍ය දිග ප්‍රමාණයට කපාගන්න. ඉන්පසු වයර් ඇමිනීමට පෙර මෙය වයර් එක තුළින් ඇතුලු කර වයර් අමුණා, ඉන්පසු එය වයර් අමුණපු සන්නායක කොටස් මතට ගෙනෙන්න. ඉන්පසු, ලයිටරයක් පත්තු කර එම ටියුබ් කෑල්ල මතට ළං කරන්න. එවිට එය හැකිලෙනු (shrink) ඇත. තාපයට හැකිලෙන නිසයි එයට එම නම ලැබී ඇත්තේ. මෙම හැකිලීම නිසා, එය ඉතා හොඳින් කම්බිවලට සවි වේ.

මේවා රත් කරන විට මහතින් මෙන්ම දිගින්ද හැකිලේ. එමනිසා පරිවරණය කරන ජොයින්ට් එකට වඩා දිග කැබැල්ලක් හැමවිටම කපාගන්න. එක් එක් වර්ගයේ ටියුබ් හැකිලෙන ප්‍රමාණය වෙනස් වේ. සමහර ටියුබ්වල හැකිලෙන ප්‍රමාණය සඳහන් වෙන්නේ 20%, 30% ආදි ලෙස ප්‍රතිශතයකිනි. එනම්, එම ටියුබය රත් කළ විට එම ප්‍රතිශතයෙන් කියවෙන ප්‍රමාණයකින් එය හැකිලේ. තවත් ටියුබ්වල හැකිලෙන ප්‍රමාණයක සටහන් වන්නේ 2:1, 4:1 ආදි ලෙස අනුපාතයක් වශයෙනි. උදාහරණයක් ලෙස 5:1 කියා කියන්නේ රත් කළ විට එම බටය පහෙන් එකක් දක්වා කුඩා වන (හැකිලෙන) බවයි. ඒ අනුව ඔබට අවශ්‍ය කරන ටියුබය පහසුවෙන් ඔබට තීරණය කළ හැකිය. විනිවිද පෙනෙන අඩි රූලකින් බටයේ මහත පහසුවෙන්ම සොයාගත හැකියි. එම අඩි රූලම භාවිතා කරගෙන, ආවරණය කළ යුතු වයරයේ මහතද එලෙසම සොයා ගත හැකියි.



10. **හෙවි ඩියුටි ස්කෲ ඩ්‍රයිවර් (heavy duty screw drivers)**

කෙළවර හොඳට ශක්තිමත්, දණ්ඩ දිග, සවිමත් මිටකින් ඇති ඉස්කුරුප්පු නියන්ය. හැකි නම්, දණ්ඩද කෙළවර දක්වා පරිවරණය කරන ලද ඒවා මිලට ගන්න. මල් (Phillips) හා ෆ්ලැට් (flat) යන දෙයාකාරයේම දෙකක් මිලට ගන්න.



11. **චබි ස්කෲ ඩ්‍රයිවර් (chubby screw drivers)**

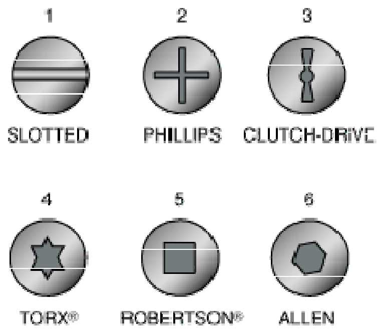
දණ්ඩ ඉතා කුඩා එහෙත් අත්ලට පහසුවෙන් අල්ලාගත හැකි විශාල මිටක් සහිත ඉස්කුරුප්පු නියන්ය. මල් හා ෆ්ලැට් යන දෙයාකාරයෙන්ම දෙකක් මිලට ගන්න. ලොකු නියන් දැමීමට නොහැකි වැඩි ඉඩකඩක් නැති තැන්වල ඇති ඇන ගැලවීමට මෙය නැතිවම බැරිය. නියන මිටි වුවත්, මේවායේ තුඩවල් ඉහත හෙවි ඩියුටි ඒවායේ ප්‍රමාණයෙන්ම විය යුතුය.

12. **වොච් ස්කෲ ඩ්‍රයිවර්**

ඔරලෝසු සාදන අය නිතර භාවිතා කරන ඉතා කුඩා තුඩවල් සහිත ඉස්කුරුප්පු නියන්ය. මේවා එක

“සෙට් එකක්” සේ තනි ප්ලාස්ටික් පෙට්ටයක පැමිණේ. ශක්තිමත් වො මන් ස්කෲ ඩ්‍රයිවර් සෙට් (watch screw drivers) එකක් ගන්න.

13. ස්කෲ ඩ්‍රයිවර සෙට් එකක්
මල් (Phillips), ෆ්ලැට් (flat හෝ slotted), ටෝර්ක්ස් (torx), හා හෙක්ස් (hex) හෙවත් ඇලන් (Allen) යන ප්‍රධාන ආකාර හතර ඇතුලු තවත් වර්ගවල ස්කෲ (ඉස්කුරුප්පු ඇන) ඇත.



ඇත්තටම ඉස්කුරුප්පු ඇනයේ හිසේය (head) මෙම වෙනස තිබෙන්නේ. ඒ විතරක් නොවේ, විවිධ සයිස්වලින්ද එම ස්කෲ හෙඩ් පවතිනවා.

මෙවැනි ඉස්කුරුප්පු ඇන ගැලවීමට ඔබට ඉස්කුරුප්පු නියන් රාශියක් අවශ්‍ය වන බව පේනවා නේද? තනි තනිව විවිධ සයිස්වල මල්, ෆ්ලැට්, හෙක්ස්, හා ටෝර්ක්ස් ආදි ඉස්කුරුප්පු නියන් මිල දී ගත හැකි නම්, එය වඩාත්ම පහසුය (එහෙත් වියදම වැඩිය. නියන් හතලියක් පමණ ගැනීමට සිදු වනවා.) එලෙස මිල දී ගන්නවා නම්, ශක්තිමත් හා මිට පරිවරණය කරපු නියන් මිලදී ගන්න. එහෙත් එම ක්‍රමය මිල අධික නම්, එකම මිටකට විවිධ වර්ග හා සයිස් වල නියන් හිස් සවි කළ හැකි පරිදි සැකසූ නියන් සෙට් එකක් මිල දී ගන්න.

අදාළ ඉස්කුරුප්පු ඇනයට වර්ගයෙන්ද සයිස් එකෙන්ද ගැලපෙන ස්කෲ ඩ්‍රයිවර් එකක් හැමවිටම භාවිතා කරන්න. ලොකු හිසකට කුඩා නියනක් හෝ කුඩා හිසකට විශාල නියනක් හෝ භාවිතා කිරීමෙන් ඔබේ නියනත් ඇනයත් දෙකම නාස්ති විය හැකියි. බොහෝ උපකරණ විනාශ වන්නේ ඒවා වැරදි ලෙස භාවිතාවේ යොදන නිසාය.

14. මිටියක් (hammer)

විවිධ මිටි වර්ග ඇත. ඒ සෑම මිටියකම එක පැත්තක් අනිවාරයෙන්ම “තැලීමට” භාවිතා වෙන “ගුලිය” වැනි කොටස ඇත. (ඇත්තටම මිටිය යන නම ලැබී ඇත්තේද එම කොටස නිසාය.) එහෙත් මිටියේ අනෙක් පස කොටස වෙනස් විය හැකිය. සමහරක් මිටිවල එම කොටසේ ඇත්තේ ඇන ගලවන උපක්‍රමයකි. එවැනි මිටි claw hammer ලෙස හැඳින්වේ. තවත් සමහරක එම කොටසේද ඇත්තේ තවත් ආකාරයක තලන ගුලියකි. එවැනි මිටි ball-peen hammer යනුවෙන්ද හැඳින්වේ. කළුගල් හෝ එවැනි තද දෙයකට තැලීමට භාවිතා කරන කුලුමිටි (sledge) ද තිබේ. ඔබට හැකි නම් මේ කිහිපාකාරයේම මිටි මිලදී ගන්න. විවිධ වැඩ සඳහා තවත් විවිධාකාරයේ මිටි පවතිනවා.

සාමාන්‍යයෙන් මිටය තනා ඇත්තේ තද ලෝහකින්ය. එහෙත් සමහර මිටිවල හිස කොටස ලී හෝ රබර්වලින්ද තනා ඇත. යමකට හානි නොකර යම් පීඩනයක් එල්ල කිරීමට මෙවැනි මිටි භාවිතා කෙරේ. ඒවැනි මිටි mallet යන නමින් හැඳින් වේ. කුමන මිටියක් වුවත් කමක් නැහැ, එහි මිට ශක්තිමත් විය යුතු අතර, දහඩියට ලිස්සා නොයන රබර් එකකින් මිට ආවරණය කර තිබීම වැදගත්ය. තවද, විවිධ බරින් යුතුවද මිටි ඇත. ඔබට පහසු බරකින් යුතු ඒවා මිලදී ගන්න.

15. **හැක්සෝ (hacksaw)**

යකඩ කපන කියතක්. සර්කිට් බෝඩ් කැපීමට හා ලෝහ කැපීමට හා විවිධ වර්ගයේ ද්‍රව්‍ය කැපීමට මෙය අත්‍යවශ්‍ය වේ. විවිධ හැඩ හා ප්‍රමාණවලින් ඇත. දිග අවශ්‍ය ප්‍රමාණයට එහා මෙහා කරගත හැකි (adjustable) එකක් ගන්න.

කියත් පටි (hacksaw blades) සාමාන්‍යයෙන් එක අඟලකට තිබෙන **දැති (teeth)** ගණන (අඟලකට ඇති දැති ගණන tpi (teeth per inch) යනුවෙන් සඳහන් වේ.) අනුව වර්ග කෙරේ. යමක් කැපීමට දැති වැඩි ගණනක් ඇති එකක් ගත් විට, එය කැපීමට වැඩි වේලාවක් ගත වේ. එහෙත් ඒ කපන ද්‍රව්‍යය සුමටව කැපිය හැකිය. අඟලට ඇති දැති ගණන අඩු විට, ඉක්මනින් කැපිය හැකි වුවත්, කැපූ පසු එම දාර රළු ස්වභාවයක් (rugged) ගනී.

16. **ඩිසෝල්ඩරින් පම්ප් (desoldering pump)**

පාස්සා ඇති උපාංග ඉවත් කිරීමට නම්, ඒවා පාස්සා ඇති ඊයම් ඉවත් කළ යුතුය. මෙම සරල උපකරණයෙන් (රුපියල් දෙසියකට අඩුවෙන් මිල දී ගත හැකි) එය පහසුවෙන් කළ හැකිය.

17. පීර (files)

යම් යම් දාර සුමට කිරීමට මේවා භාවිතා වේ. රවුම් හැඩයට, ත්‍රිකෝණාකාර හැඩයට, හා වෙනත් හැඩ වලින් මේවා ඇත. හැඩ කිහිපයකින්ම මේවා දෙක තුනක් මිලදී ගන්න.

පීරෙන් කරන රාජකාරියම වැලිකඩදාසිවලින් (sand papers) කළ හැකිය. එම වැලිකඩදාසිවල ඇති සූරන වැලිකැටවල (grit) ස්වභාවය අනුව එම වැලිකඩදාසි වර්ග කරනවා. ගොරෝසුවට ඇති වැලිකඩදාසිවලින් අතුල්ලන විට, ඉතා ඉක්මනින් පිරිසිදු වුවත්, ඉන් ඇතිවන මතුපිට රළු ස්වභාවයක් ගන්නවා. සමහරුන් පළමුව ගොරෝසු කඩදාසියකින් අතුල්ලා ඉන් පසු සිනිදු කඩදාසියකින් අතුල්ලනවා. එවිට ඉක්මනින් පිරිසිදු වීමත් මතුපිට සුමට කර ගැනීමත් දෙකම සිදු කරගත හැකියි. පීරවල් ගැනීමට නොහැකි නම්, මෙවැනි වැලිකඩදාසි කිහිපයක්වත් ගන්න.

18. පින්සල් කිහිපයක් (brush) හා පිරිසිදු කාරක කිහිපයක්

පාසල්වල දියසායම් චිත්‍ර ඇඳීමට ගන්නා පින්සලක් හා ලීබඩු පොල්ෂ් කරන්නට යොදාගන්නා පින්සලක් ලබා ගන්න. දත් බුරුසුවක්ද ගන්න. නාන විට ඇඟ ඇතිල්ලීමට ඇති කොහුවලින් සාදා ඇති බ්‍රෂ් එකක්ද ගන්න. හැකි නම්, පහත රූපයේ පෙන්වන විශේෂ (anti-static හෝ ESD ලෙස හැඳින් වෙන) බ්‍රෂ් සෙට් එකක් ලබා ගන්න.

ෆාමසි එකකින් iso-propyl acohol (සර්ජිකල් ස්ප්‍රිට්) කුඩා බෝතලයක් මිල දී ගන්න. භූමිතෙල්, සබන්, විම් හෝ එවැනි ඩිටර්ජන්ට් එකක්, සබන් වැනි දේද අවශ්‍ය වේ. යම් යම් දේවල් පිරිසිදු කර ගැනීමට මේවා ප්‍රයෝජනවත්ය.

අයිසොප්‍රොපිල් ඇලකොහොල් ශරීරයේ යම් කැපුමක් සිදු වූ විට පුළුං කැබැල්ලක් මින් පොඟවා කැපුම් ස්ථානය පිරිසිදු කිරීමටද යොදා ගන්නවා. තෙල්, තීන්ත (පර්මනන්ට් පෙන්වලින් ලියපුවා හා වෙනත් වර්ගයේ තීන්ත), යැවීමට අමාරු (සෙලෝටේප් ස්ටිකර් වැනි ඒවා ගැලවූ විට ඉතිරි වෙන) කුණු (dirt) ආදිය ඉවත් කිරීමට මීට පුළුවන්. ඔබේ ඇඟිලිවල ස්වාභාවිකවම යම් තෙල් ස්වභාවකයක් පවතිනවා. සමහර විට ඔබට එය පියව ඇසට පෙනෙන්නේ නැහැ. ඔබ යම් උපාංග ඇඟිලිවලින් අල්ලන විට, එම තෙල් එම උපාංග මත තැවරෙනවා. සමහරක් අවස්ථාවල මෙවැනි (ඇසට පෙනෙන හා නොපෙනෙන) තෙල් හා කුණු ඉවත් කළ යුතු වෙනවා. ඒ සඳහා සර්ජිලක් ස්ප්‍රිට් භාවිතා කළ හැකිය. තවද, වීදුරු (glass), කන්නාඩි/දර්පන (mirror) හා කාච (lens) ආදියද පිරිසිදු කිරීමට භාවිතා කෙරෙනවා. විෂබීජ නාෂක ගුණයක් මෙහි පවතින නිසා, ජලය සමග මිශ්‍රකර (ජලය කොටස් එකකට ස්ප්‍රිතු කොටස් එක යන 1:1 අනුපාතයට) මුදු, කරාබු, මාල වැනි පලඳනා හෝ දොරවල්වල අතින් අල්ලන නොබ්, නිතර නිතර අල්ලන ටීවී රිමෝට්, කොම්පියුටර් මවුස් ආදියද මෙමගින් පිරිසිදු කළ හැකිය. ethanol (ethyl alcohol) යන ස්ප්‍රිතු වර්ගයද මේ සඳහා භාවිතා කළ හැකිය. මත්වතුරවල ඇත්තේ මෙම මත් ගතිය ඇති කරන ස්ප්‍රිතු වේ. මෙම සියලු ස්ප්‍රිතු ඉක්මනින් වාෂ්ප වන අතර, වහම ගිනි ගන්නා සුළු වේ. එමනිසා, අධික තාපයකට හෝ ගින්දරක් අසල භාවිතා කරන විට ප්‍රවේසම් වන්න. rubbing alcohol යන නමින් හැඳින්වෙන ස්ප්‍රිතුද එක්කෝ සර්ජිකල් ස්ප්‍රිතුය; නැතහොත් එතනෝල්ය.

කාබන් ටෙට්‍රාක්ලෝරයිඩ් නමින් තවත් සප්‍රිතු වර්ගයක් ඇති අතර, එයින්ද ඉහත කාර්යන් කළ හැකිය. එහෙත් ඒවා ශරීරයට (අක්මාවට ආදිය) ඉතාම අහිතකර බැවින් කිසිවිටෙක එය භාවිතා කරන්න එපා.

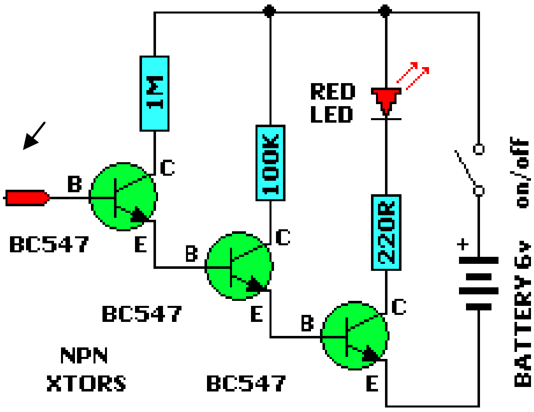
ඉහත ස්ප්‍රිතුවක් භාවිතා කර අඩුම වශයෙන් මසකට දෙවරක් හෝ ඔබේ නිවසේ විෂබීජ ගැවසිය හැකි (දොරගුලු, රිමෝට් ආදිය) ස්ථාන පිස දමන්න. ඔබ භාවිතා කරන ඉස්කුරුප්පු නියන්, බවුතය ආදී ටූල්ස්ද පිස දමන්න.

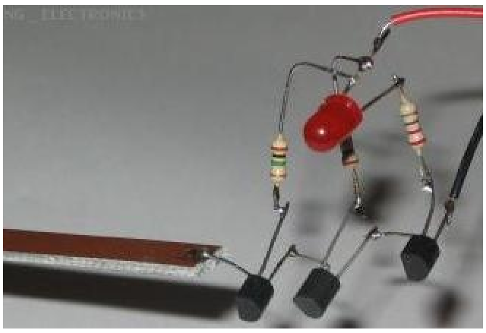
WD40 යන සුප්‍රසිද්ධ වෙළඳ නමින් හැඳින්වෙන ස්ප්‍රේ එකක් වෙළඳපොලේ තිබෙනවා. එමගින් තද වුණු මලකාපු නට් ආදිය බුරුල් කරගැනීමට පුළුවන්. එහෙත් සමහර ප්ලාස්ටික් වර්ග මෙම ස්ප්‍රේ එකෙන් උණු විය (blister) හැකි බවද මතක තබා ගන්න.මෙය ශරීරයටද අහිතකර නොවේ. (ඇත්තටම ඕනෑම ද්‍රව්‍යයක් ශරීරයට අහිතකර විදියට බලපෑ හැකිය. ජලය වුවද ඉතා වැඩිපුර ශරීරයට ඇතුලු වුවොත් ශරීරයට අහිතකරය. එමනිසා, සෑම ද්‍රව්‍යයක්ම පරිස්සමින් භාවිතා කරන්න. එනම් ඒවා කටින් නාසයෙන් ස්පර්ශයෙන් ආදී ක්‍රමවලින් ශරීරය තුළට ඇතුලුවීමට ඇති අවස්ථා හැකි පමණ අඩු කරගන්න.)

19. **නියොන් ටෙස්ටර්**

ටෙස්ටර් එක යනුවෙන් බොහෝ දෙනා හඳුන්වන්නේ මෙම Neon tester එකයි. විදුලිය ඇති නැති බව සෙවීමට මෙය භාවිතා කෙරේ. (ඇත්තටම මෙම උපකරණය එතරම් ආරක්ෂිත නොවේ. මෙය වෙනුවට පහත රූපයක පෙන්වා ඇති ආකාරයේ ඉතා ආරක්ෂිත උපකරණ නිපදවා තිබෙනවා. හැකි නම්, එවැනි උපකරණයක්ද මිල දී ගන්න. මා මෙම ටෙස්ටරයක් මිලදී ගැනීමට යෝජනා කරන්නේ, මෙයද නැති වුවහොත් අතින් අල්ලා විදුලිය ඇති නැති බව සෙවීමට කෙනෙකු පෙළඹිය හැකි නිසාය.)

ඇත්තටම, ඉතා ආරක්ෂිත හා ඉතා ලාභ හා ඉතා සංවේදී ඉලෙක්ට්‍රෝනික් ටෙස්ටරයක් පහසුවෙන්ම ඔබටම සාදා ගත හැකියි. එවැනි පරිපථයක් පහත දැක්වේ. එය කුඩාවට සාදාගන්න. වයර් මගින් උපාංග පාස්සාගෙන අමුණාගන්න. ඉන්පසු අවශ්‍ය තරම් සිහින් ලස්සන බටයක් වැනි ආවරණයක් තුළට එය පරිස්සමින් ඇතුළු කරන්න. එහිදී පරිපථයේ දක්වා ඇති probe (ඊතලයෙන් දක්වා ඇති කොටස) එක එම බටයේ කෙළවරින් යාන්තමින් එලියට එන පරිදි ශක්තිමත්ව අලවා ගන්න. බැටරි සඳහා කොයින් වර්ගයේ කුඩා බැටරි භාවිතා කළ හැකියි. බටයේ අතර මැදින් කුඩාවට ස්විචය සවි කළ හැකියි. මෙම ටෙස්ටරය ඉතාමත්ම සංවේදී වේ. මින් ස්ථිතික විදුලිය පවා සංවේදනය කළ හැකියි.





ඉහත සඳහන් සාමාන්‍ය ඉස්කුරුප්පු නියන වැනි ටෙස්ටරයද, පෙන්වා දී ඇති පරිපථයෙන් සාදාගනු ලබන ටෙස්ටරයද දෙකම පාවි ච් කරන්නේ අවශ්‍ය ස්ථානයට නියන් තුඩ/probe එක තැබීමෙනි. එමනිසා ඒවා contact වර්ගයේ ටෙස්ටර් වේ. අවශ්‍ය ස්ථානයට තුඩක් නොතබාද විදුලිය මැනිය හැකි ටෙස්ටර් නිපදවා ඇත. ඒවා non-contact වර්ගයේ ටෙස්ටර් ලෙස හැඳින් වේ. මෙම වර්ගයේ ටෙස්ටර් ඉතාම ආරක්ෂාකාරි වේ (මක්නිසාද ටෙස්ටර් තුඩ කෙළින්ම විදුලිය හා සම්බන්ධ නොවේ). (තවද, ඉහත පෙන්වා ඇති පරිපථය නිවැරදිය සාදා නිවැරදිව ආවරණය කළොත් එය වුවද නොන්-කොන්ටැක්ට් ටෙස්ටරයක් විදියට භාවිතා කිරීමට තරම් එය සංවේදී වන බවද මතක තබා ගන්න.)

20. **වර්ක් බෙන්ච් පවර් සප්ලයි**
    ඔබ පරිපථ සාදන විට, එම පරිපථවලට විදුලිය ලබා දීමට සිදු වෙනවා. හැමවිටම වාගේ පරිපථවලට ලබා අවශ්‍ය කරන්නේ ඩීසී විදුලිය වේ. එයද, 1.5V, 3V, 4.5V, 5V, 6V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V, 20V, 24V, 30V ආදී ලෙස විවිධ පරිපථ සඳහා විවිධ වෝල්ටියතාවන් අවශ්‍ය කෙරෙනවා. මෙම ලබා දෙන වෝල්ට් ප්‍රමාණයන් පල්සේටිං නොවන සුමට (පිරිසිදු) ආකාරයෙන් වීමද වැදගත්. ඒ විතරක් නොවේ, සමහර වෙලාවට ඉහත වෝල්ටියතාවන්ම ඍණ විදියටත් ලබා දීමට සිදු වෙනවා. (තමන්ටම මෙවැන්නක් සාදාගත හැකියි. අන්තර්ජාලයේ ඕනෑ තරම් උපදෙස් හා සර්කිට් සටහන් තිබෙනවා මේවා සාදාගන්නා අයුරු.)

මෙම අවශ්‍යතාව සපුරාගැනීමට workbench power supply එකක් අවශ්‍ය කෙරෙනවා. විවිධ හැකියාවන් තිබෙන මිල අධික වර්ගයේ ඒවාද තිබෙනවා. අලුතින් එකක් මිල දී ගැනීමට නොහැකි නම්, අන්තර්ජාලයෙන් හෝ වෙනත් ක්‍රමයකින් ඔබේම (ලාබදායි) එකක් සාදා ගන්න. දැනට මෙවැනි එකක් නැති නම්, අඩුම ගානේ වෝල්ටියතාව වෙනස් කළ හැකි හොඳ **පවර් පැක්** (power pack) එකක්වත් තිබිය යුතුය.

21. හොඳින් ආලෝකය ලැබෙන මේස ලාම්පුවක් (table lamp). පරිපථ සමග වැඩ කරන විට, ඒ දෙසට හොඳ ආලෝකයක් අවශ්‍ය කෙරේ. සමහර විට, කාමරයේ ඇති සාමාන්‍ය බල්බය ඊට ප්‍රමාණවත් නැත. LED බල්බවලින් සෑදූ ටේබල් ලැම්ප් එකක් භාවිතා කරන්න. (ඔබටම මෙය සාදා ගත හැකිය.) හැකි නම්, ලාම්පුවේ දණ්ඩ හෙවත් බෙල්ල අවශ්‍ය දිශාවට (රබර් එකක් සේ) නැමිය හැකි විදියේ (adjustable neck) එකක් ලබා (හෝ සාදා) ගන්න. එවිට, වැඩය කරන විට, ආලෝකය අවශ්‍ය දිශාවට පහසුවෙන් යොමු කළ හැකිය.

හොඳ තියුණු ආලෝකයක් ලබාගත හැකි ටෝ   එකක්ද තිබීම පහසුය. (නැවත චාජ් කළ හැකි එකක් නම් වඩා හොඳයි.)

22. සර්කිට් වයර්

පරිපථ පැස්සීමේදී වයර් භාවිතා කිරීමට සිදුවන බව කවුරුත් දන්නවා. බොහෝ විට ඉලෙක්ට්‍රොනික් පරිපථවල ඇත්තේ අඩු ධාරාවන් නිසා එම වයර් ගෙවල්වල වයරින් කිරීමට ගත් වයර් මෙන් මහත නැති වයර්ය. විවිධ වර්ණවලින් මෙම circuit wire මිලදී ගත හැකිය.

23. මල්ටිමීටරයක්

බවුතයට පසුව අත්‍යවශ්‍යම උපකරණය multimeter එකයි. මෙය ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල විවිධ දේවල් මැනීමට ගන්නා උපකරණයයි. (මල්ටි යන ඉංග්‍රිසි පදයේ තේරුම "විවිධ දේ" යන්නයි. මෙයට මල්ටිමීටරය යන නම ලැබී ඇත්තේද විවිධ දේවල් මැනීමට මෙය භාවිතා කරන නිසාය.) සාමාන්‍යයෙන් ඕනැම මල්ටිමීටරයකින් ධාරාව, වෝල්ටියතාව, ප්‍රතිරෝධය යන තුන මැනිය හැකිය. (Ampere, Volt, Ohms යන අගයන් තුනම මැනිය හැකි නිසා මෙයට AVO meter කියාද පැවසිය හැකිය.) මල්ටිමීටරය හා ඉන් වැඩ ගන්නා විදිය ගැන පසුව විස්තර කෙරේ. රුපියල් දහසක පමණ සාමාන්‍ය ඩිජිටල් මල්ටිමීටරයක් මිලදී ගන්න. පසුවට හොඳ ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් දැනුමක් ලබාගත් පසු ඉතා හොඳ වර්ගයේ එකකුත් මිලදී ගන්න.

කොහොම නමුත් සාමාන්‍ය මල්ටිමීටර් දෙකක් තුනක් පමණ තිබෙන එක ප්‍රයෝජනවත්ය. ඔබ ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් කරනවා කියා දැනගත් විට අසල්වාසීන් හා මිතුරන් ඔබෙන් මල්ටිමීටරයක් ටිකකට ඉල්ලීමට පුළුවන්. එවිට ඔබේ මිල අධික මල්ටිමීටරය දීම කිසිසේත් සුදුසු නැත. එකක් නුදුන්නොත් අමනාප වනු ඇත. එවිට, ඔබට එක් මිල අඩු මල්ටිමීටරයක් දිය හැකියි. (එයින් ඔබේ අසල්වාසීන්/මිතුරන් අමනාප නොකර තබා ගැනීමට හැකියි.) තවද, සමහර වැඩ සඳහා මල්ටිමීටර කිහිපයක් තිබීම පහසු වේ.

24. මීට අමතරව, පරිපථ සෑදීමේදී රෙසිස්ටර්, කැපැසිටර්, නිතර ප්‍රයෝජනයට ගැනෙන ඩයෝඩ, ට්‍රාන්සිස්ටර්, අයිසී වර්ග, බැටරි, ඇණ, නට්, වොෂර්, ස්විච, බල්බ ආදී නොයෙකුත් ලොකු කුඩා (වටිනා නොවටිනා) බොහෝ දෙවල් කාලයත් සමග ඔබ සතුව ගොඩ ගැහෙනු ඇත. සමහරවිට, තමා දොයිතුවක්වත් නොවටිනා දෙයක් ඔබට අවශ්‍ය වනු ඇත; එහෙත් කඩ සිය ගණනකට ගියත් එම නොවටිනා දේ ඔබට ලබාගත නොහැකි අවස්ථා ඇත.

එමනිසා, බොහෝ දේවල් විසි නොකර කොහේ හෝ මුල්ලක ගබඩා කර තබා ගන්න. මා නම්, ටෙලිෆෝන් බිල ගෙවූ විට ලැබෙන රිසිට් එක පවා නිකරුනේ විසි කරන්නේ නැත. එහිද යම් කෙටි කාලීන නෝට් එකක් දමා ප්‍රයෝජනයට ගැනීමට උනන්දු වේ. යම් යම් නිර්මාණ කිරීමට විවිධ අමුද්‍රව්‍ය ළඟ තිබීම සම්පතකි. නැතිනම් සුළු දෙයක් නොමැති වීමෙන් ඔබව අධෛර්යමත් විය හැකිය. එමනිසා, අවට ඇති දේවල් ගැන මීට වඩා සැලකිලිමත් වන්න. මිතුරෙකු හෝ අසල්වාසියෙකු සමහරවිට ඉවත් කිරීමට යන දෙයක් ඔබට වැදගත් විය හැකියි. එවැනි දේද ඉල්ලාගත්තාට වරදක් නැත. එය ඇත්තටම පරිසර දූෂනයද අවම කිරීමට හේතුවක් වනු ඇත. පරණ උපකරණවලින් අවශ්‍ය උපාංග ගලවා ගැනීම (ඉංග්‍රිසියෙන් එය salvage ලෙස පැවසේ.) මගින් සමහරවිට කඩෙන් මිල දී ගැනීමට අපහසු උපාංගද සපයා ගත හැකියි.

ඉහත ඉස්කුරුප්පු නියන් ගැන තව දෙයක් කීමට ඇත. එනම්, සමහර විට නියනකින් ඇන ආදිය ඇලවී පැවතීමට තරමක් කාන්දම් ගතිය තිබීම වැදගත්ය. සමහර වෙලාවට මෙම කාන්දම් ගුණය ප්‍රශ්නයකි. මෙනිසා අවශ්‍ය වෙලාවට කාන්දම් කිරීමටත් අවශ්‍ය වෙලාවට කාන්දම් ගතිය නැති කිරීමටත් හැකි කුඩා උපාංගයක් ඇත. එම උපාංගයේ ලොකු සිදුරු දෙකක් ඇති අතර, එක සිදුරකට නියනේ තුඩ දමා ටික වෙලාවකින් ගත් විට එය කාන්දම් වන (magnetize) අතර, අනෙක් සිදුරට (දැනටමත් කාන්දම් ගුණ ඇති) නියන් තුඩ ඇතුලු කළ විට එම කාන්දම් ගුණය මැකී යයි (demagnetize).

නිවැරදිව සන්නායක සම්බන්ධ කරන විදිය

සන්නායක (වයර්) නිවැරදිව සම්බන්ධ කිරීම බොහෝ දෙනා නොසලකා හරිනවා. එය ඉතා පහසු කාර්යක් නිසා, එය නිවැරදිව කරන ආකාරය ඔවුන් ඉගෙන නොගෙන තමන්ට හිතෙන හිතෙන විදියට කිරීමට පුරුදු වී සිටිනවා. එම කාර්ය සරල වුවත්, නිවැරදී ආකාරයට එය කිරීම ඉතා වැදගත්.

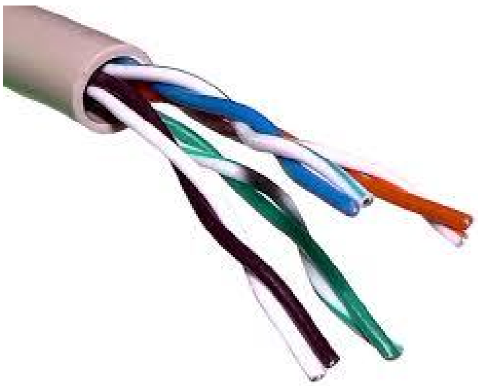
සන්නායක නොවන ලණු, නූල් වැනි දෙයක් සම්බන්ධ කරන හෙවත් ගැට ගසන (knot) විට එහි අරමුණ වන්නේ එම කැබැලි දෙක නොගැලවෙන සේ ශක්තිමත්ව සවි කිරීමයි. ඊටද ඒ ඒ අවස්ථාවන්ට හා උවමනාවන්ට ගැලපෙන විවිධ ආකාරයේ ගැට පවතිනවා. එහෙත්, සන්නායක දෙකක් සම්බන්ධ කරන විට නොගැලවෙන සේ එය කළ යුතුවාක් සේම, විදුලිය එක සන්නායකයක සිට අනෙකට පහසුවෙන් ගලා යන ආකාරයෙනුත් එය සිදු විය යුතුයි.

පළමුව සලකා බලමු වයර් දෙකක් සම්බන්ධ කරන විදිය. **වයර්** යනුවෙන් හඳුන්වන්නේ යම් සන්නායක කම්බියක් (conductor) පරිවාරක කොපුවකින් ආවරණයක කර ඇති දෙයකටයි. මෙහිදී විවිධ ආකාරයේ වයර් හමු වෙනවා. සමහර වයර්වල ඇත්තේ තනි කම්බියක් පමණි (single strand හෝ solid conductor wire). තවත් සමහරක එකිනෙකට වෙළෙමින් පවතින සිහින් කම්බි තුනක් හෝ හතක් පමණ තිබේ (multi-strand හෝ stranded wire). තවත් සමහරක් කම්බිවල එකට වෙළපු ඉතා සිහින් කම්බි ගොන්නක් එකට ඇත (මෙයද ඉහත සඳහන් කළ stranded wire හි තවත් වර්ගයක් වේ.) තවත් වයර්වල පිටතම ආවරණ කොටස ඉවත් කළ විට, ඇතුලේ තවත් පරිවරණ යෙදූ කුඩා වයර් දෙකක් හෝ කිහිපයක් තිබිය හැකියි (multi-core wire). සාමාන්‍යයෙන් කේබල් (cable) යන නම යොදන්නේ ඉහත සඳහන් කළ ඕනෑම වයර් ගණනාවක් එක ගොන්නට ඇති විටයි. ඒ අනුව පහත පළමු රූප දෙකම කේබල් වේ. පළවෙනි රූපයේ තනි තනි වයර් පහක් එක ගොන්නක් සේ සලකාද, දෙවැනි රූපයේ වයර් තුනක් තවත් රබර් කොපුවක් (jacket) තුළ තනි ඒකකයක් ලෙසම නිපදවාද තිබේ.

මේ කුමන කම්බියක වුවත්, සම්බන්ධ කළ යුතු වයර් දෙකෙහිම භාහිර pvc පරිවාරකය පළමුව සෙන්ටිමීටරයක් හෝ අඟලක් පමණ හෝ අවශ්‍යතාවේ හැටියට ඉවත් කළ යුතුයි. වයර්වල ඇති මෙම භාහිර ආවරණය ගැනද කතා කිරීමට දේවල් ඇත. මෙම පරිවාරකයේ මූලිකම අරමුණ වන්නේ සන්නායකය පරවරණය කොට ඉන් විදුලිය පිටතට වැදීමට/කාන්දු වීමට ඇති අවස්ථාව නැති කිරීමයි. මීට අමතරව, කම්බිය (සන්නායකය) මල නොකා තබා ගැනීමට (ඔක්සයිඩ් සෑදීම නතර කිරීමට) මෙය ඉවහල් වේ. තවද, කම්බියට යම් ශක්තියක්ද මින් ලැබෙන අතර, කම්බිය පළුදු වීම් ආදියද වලකී. කම්බිය පිළිබඳ යම් යම් දත්ත (තොරතුරු) දැක්වීමටද මෙය ඉවහල් වේ (බොහෝ වයර්වල මෙම පරිවාරකයේ වයරයට අදාළ විවිධ දේවල් ලියා ඇත. වයරයේ ගේජ් එක, එය රත් විය හැකි උපරිම උෂ්ණත්වය, ගින්නට ඔරොත්තු දෙනවද නැද්ද යනාදි තොරතුරු මේ අතර වේ). සමහර වයර් ගිනි ගැනීමකදී වයර් ඔස්සේ ගින්න පැතිරී යෑම වැලැක්වීමට විශේෂ ද්‍රව්‍ය යොදා ඇත (fire retardant wire).

වයරයක් තුළ කම්බි ගොන්නක් එකට ඇති විට, ඒවා සාමාන්‍යයෙන් එකිනෙකට අඹරා (twisted) පවතින සේ ඇත. එවිට, ඒ සෑම කම්බියක්ම එකිනෙකට හොඳින් ස්පර්ශව පවතින බැවින් අදාළ වයරය තුළින් ගලායන ධාරාව ඒ සියලු කම්බිවල සම සේ ගමන් කිරීමට ඉන් හැකි වේ (එක කම්බියකින් වැඩිපුරද තවත් කම්බියකින් අඩුවෙන්ද වන ලෙස ධාරාව ගමන් නොකිරීමට ඉන් වගබලා ගැනේ).

තවද, තනි වයරය තුළ වෙන වෙනම පරිවරණය කරපු වයර්ද ට්විස්ටඩ් (එකිනෙකට වෙළී) ආකාරයට සකසා තිබෙන අතර මෙවැනි වයර් twisted pair (TP) cables ලෙස හැඳින් වේ (පරිගණක ජාල හෙවත් කොම්පියුටර් නෙට්වර්ක් සෑදීමට ගන්නා UTP (Unshielded Twisted Pairs) නම් කේබල් වර්ගය මීට හොඳම නිදසුනයි). ඊට හේතුව වෙනස් එකකි. මෙම වයර් සාමාන්‍යයෙන් යොදා ගන්නේ අධි-සංඛ්‍යාත සංඥා ගමන් කරන අවස්ථාවලදීය. Cross-talk හා interference යන සංඥාවලට ඇතිවන බාධාවන් අවම කිරීමටයි මෙය සිදු කරන්නේ. (මේ ගැන පසුවට විස්තර සඳහන් වේ.) පහත රූපයේ ඇත්තේ එවැනි කේබල් එකකි. එහි ඔබට පේනවා, රතු-සුදු, නිල්-සුදු, කොළ-සුදු, දුඹුරු-සුදු ලෙස වයර් ජෝඩු (pair) ලෙස සකසා තිබෙන බව. මේ එක් එක් වයර් පෙයාර් ට්විස්ටඩ් වී පවතී.



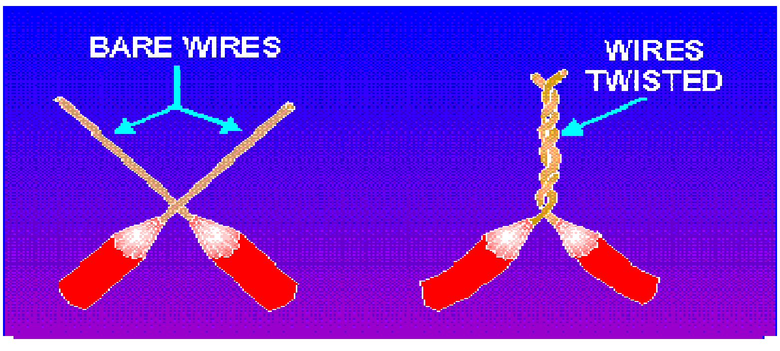
ඉහත අවස්ථා දෙකෙහිම කම්බි ඇඹරී පැවතීම නිසා වැඩිපුර කම්බි ප්‍රමාණයක් ඒ සඳහා වැය වේ. එලෙස වැඩිපුර කම්බි ප්‍රමාණයක් යොදා තිබීමෙන් නිෂ්පාදන වියදම තරමක් වැඩි වේ. එහෙත් එම අමතර වියදම නොසලකා වයර් එසේ සාදා තිබෙන්නේ එසේ කිරීම අත්‍යවශ්‍ය නිසා බව තේරුම් ගන්න. ඔබ එවැනි ට්විස්ටඩ් වයරයක් වෙනත්

වයර් සමග හෝ ටර්මිනල් එකකට සම්බන්ධ කරන විට, මෙම ඇඹරීම හැකි පමණ රඳවා තබා ගත යුතුය. (සමහරුන් වයර් මෙලෙස ඇඹරී තිබීමේ වැදගත් කම නොදැන, ඒවා කෙලින් කරනවා.)

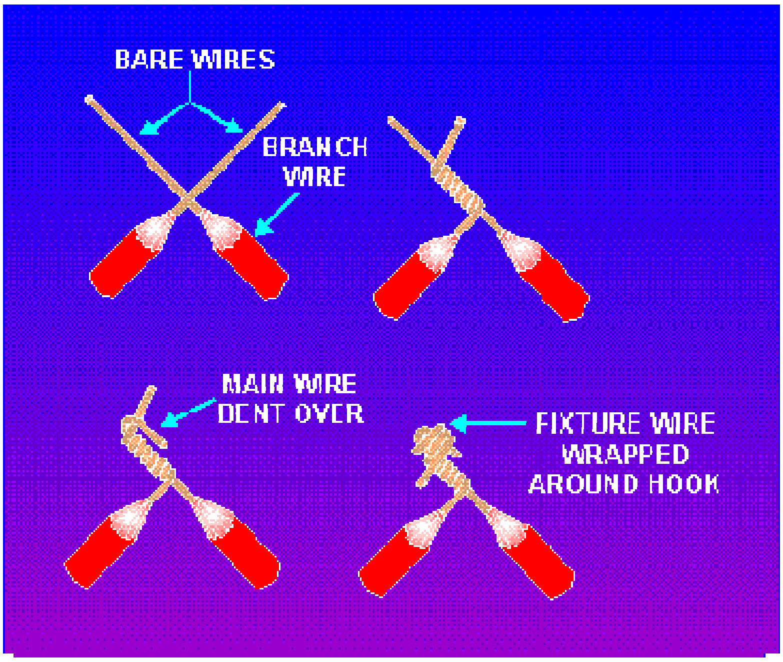
යම් වයරයක භාහිර පරිවාරකය ඉවත් කළ විට, එය භාහිර පරිසරයට නිරාවරණය වී පවතින නිසා, එම මොහොතේ සිටම මල කෑමට පටන් ගනී. එමනිසා, පරිවාරකය ඉවත් කළ විගස වයර් සම්බන්ධ කර, නැවත හීට් ශ්‍රින්ක් ටියුබ් හෝ ඉන්සියුලේෂන් ටේප් ආදි සුදුසු ක්‍රමයකින් එම ස්ථානය පරිවරණය කළ යුතුය. යම් හේතුවක් නිසා වයරයක එලෙස පරිවරණය ඉවත් කර යම් කාලයක් ගත වී පැවතුණොත්, හැකි නම් එම සන්නායක කොටස කපා ඉවත් කර, නැවත අලුතින් වයරයේ පරිවාරක කොටසක් ඉවත් කළ යුතුය. එසේ කපා ඉවත් කර දැමීමට තරම්වත් වයරය දිග නැති නම්, එම අවපැහැ ගැන්වුණු තඹ කම්බි දිලිසෙන තුරු තියුණු තලයකින් සීරිය යුතුය. එහෙත් වයරය ඇත්තේ සිහින් කම්බි ගණනාවක් හෙවත් ගොන්නක් ලෙස නම්, තනි තනි කම්බිය සීරීම එතරම් පහසු කටයුත්තක් නොවේ. එනිසා මෙවැනි අනවශ්‍ය බාධා අවම කරගැනීමට වයරයක පරිවාරක කොටස් ඉවත් කළ විගස වයර් අමුණන්නට වග බලා ගැනීම නුවණට හුරුය.

සංවේදී හා විද්‍යාත්මක උපකරණවලද, උසස් තත්වයේ උපකරණවලද සමහරක් තඹ කොටස් (කනෙක්ටර් අග්‍ර, එවැනි කනෙක්ටර්වලට ඇතුලු කරන වයර් අග්‍ර, අයිසීවල පින් ආදිය) රිදී ලෝහය ආලේප කර ඇත. (තවත් සමහර අවස්ථාවල රිදී වෙනුවට රත්තරංද ආලේක කර තිබේ. විශේෂයෙන් සමහර අයිසීවල රත්තරං පාටින් පෙනෙන පින් මෙලෙස රන් ආලේපිත ඒවාය.) සමහරුන් මෙම රිදී ලෝහාලේපනය සූරා ඉවත් කරනවා. එය කරන්න එපා. මිල අධික රිදී තවරා ඇත්තේම විශාල ප්‍රයෝජනයක් ඉන් ලැබෙන නිසාය. එනම්, මතුපිට ඇති රිදී ආලේපනය නිසා පිරිසිදු තඹ මල නොකයි; රිදී ලෝහයද මල නොකයි. එමගින් හොඳ විදුලි සම්බන්ධයක් ලැබේ. මල කෑම නිසා ඇතිවන රත්වීම හා ගිනිගැනීම් මින් වැලකී යයි. ඔබද එවැනි උපකරණ නිර්මාණය කරන්නට යනවා නම්, ඔබටද ඔබේ තඹ කනෙක්ටර් හා වයර් අග්‍ර එලෙස රිදී ලෝහාලේපනය (electroplate) කළ හැකියි ඉතා පහසුවෙන්ම. (මා පසු පාඩමකදී එයද කියා දෙනවා.)

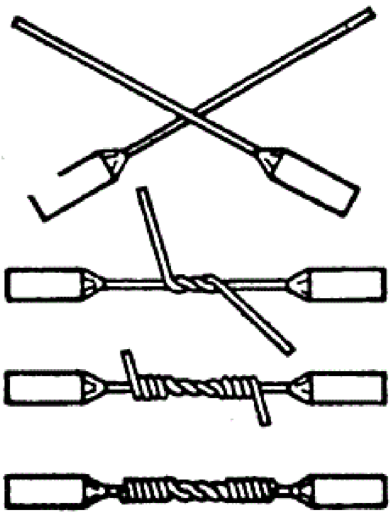
සාමාන්‍යයෙන් ඉහත ඕනෑම වයරයක් ඉක්මනින් හා පහසුවෙන් සම්බන්ධ කිරීම දෙවිදියකට සිදු කළ හැකිය. එකක් නම් පහත රූපයේ ආකාරයට කම්බි අග්‍ර දෙක එකට ගෙන ඇඹරීමයි.



ඉහතදී කෙලවර උල් දෙකක් සේ කම්බි තිබෙන නිසා, ඒවා යමෙකුට ඇනෙන්නට හෝ වෙනත් උපාංගයකට සීරීමක් කළ හැකිය. එයද වලක්වාගත හැකියි පහත රූපයේ ආකාරයට තරමක් වෙනස් කිරීමෙන්. කම්බි දෙකෙහි සම්බන්ධය තවත් ශක්තිමත් වීමක්ද මින් සිදු වේ.



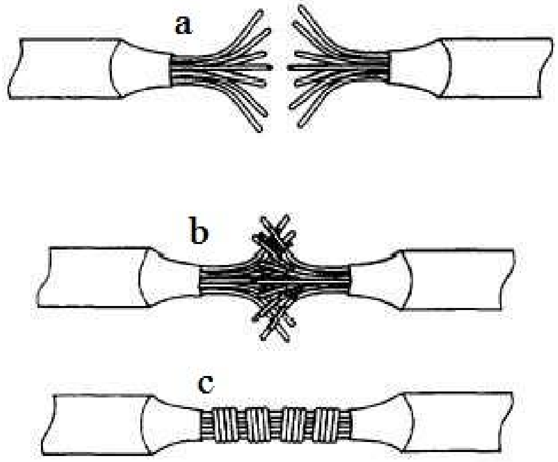
දෙවැනි ක්‍රමය නම්, පහත රූපයේ දැක්වෙන පරිදි කම්බි අග්‍ර දෙක X අකුරක ආකාරයට තබා, දෙපසට ඇඹරීමයි.

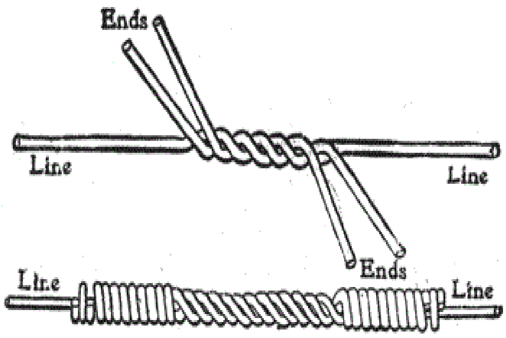


මෙම දෙවන ක්‍රමය පෙනුමින් ලස්සනයි. විදුලි කම්බි පමණක් නොව, සාමාන්‍යය කම්බි දෙකක් වුවද සවිමත්ව ගැට ගැසීමට මෙම ක්‍රමය උචිතයි. මෙම සම්බන්ධක ක්‍රමයට western union splice යැයිද පවසනවා. සම්බන්ධක ස්ථානය හෙවත් ජොයින්ට් එක පළමු ක්‍රමයේදී මෙන් ඉලිප්පී කැතට පෙනෙන්නේ නැත. මෙම ක්‍රම දෙකම තනි කම්බි වයර් සඳහා ඉතා හොඳම ක්‍රම දෙකකි. මේ දෙකෙන් කුමන ආකාරයකට ඇඹරුවත්, හොඳින් වයර් ඇඹරී තිබිය යුතු සේම, එම වයර් හොඳින් එකිනෙකට ස්පර්ශව පැවතිය යුතුයි හිස් අවකාශ අවම වන පරිදි (හිස් අවකාශ තිබුණොත් විදුලි පුළිඟු ඇති වීමටද, ඉන් ගිනි ගැනීමකටද ලක් වීමට පුළුවන්.)

සිහින් කම්බි ගොන්නකින් සැදුම්ලත් වයර් දෙකක්ද ඉහත දෙයාකාරයෙන්ම සම්බන්ධ කළ හැකියි. එහෙත් ඊට පෙර එක් එක් අග්‍ර වෙන වෙනම හොඳින් අඹරා ගත යුතුය. සෑම සිහින් කම්බියක්ම මතුපිටට එන පරිදි එම ඇඹරීම සිදු කළ යුතුය. පෙර කී පරිදිම ඇඹරීම හොඳින් සිදු වී තිබිය යුතුයි.

ඉන්පසු එසේ වෙන වෙනම අඹරාගත් අග්‍ර දෙක ඉහත දෙයාකාරයෙන් ඕනම ක්‍රමයකින් සම්බන්ධ කළ හැකිය. කුඩා කම්බි පහ හයක් සහිත වයර්ද මෙම ආකාරයටම සම්බන්ධ කළ හැකිය. (තනි තනි වයර් අඹරන විට, සෑම කුඩා කම්බියක්ම මතුපිටට එන සේ අඹරා ගැනීම වැදගත්ය.) ඊට අමතරව, සිහින් කම්බි හත අටක් පමණ හෝ ඊට අඩුවෙන් ඇති වයර් පහත ආකාරයටද සම්බන්ධ කළ හැකිය.





එනම්, අග්‍ර දෙකෙහිම තනි තනි කම්බිය මලක් සේ විහිදුවා ගෙන (a) එම අග්‍ර එකිනෙකට ලොක් වන පරිදි (b) ඇතුලු කර, ඉන්පසු දෙපසට ගොස් ඇති තනි තනි කම්බිය ඒ පැත්තේ ඇති අනෙක් කම්බිද යටකරගෙන එතිය යුතුය (c). මෙලෙස සියලු කම්බි එතිය යුතුය. මෙම ක්‍රමය ඉතා හොඳ එකකි; තරමක් කාලයක් ගත වේ (එමනිසයි සිහින් කම්බි විශාල ගණනකින් සැදුම්ලත් වයර් සඳහා මෙය යෝග්‍ය නොවන්නේ). ශක්තිමත් අතින්ද ඉතා ඉහළය. එහෙත් මෙම ක්‍රමයේදී වැඩිපුර පරිවාරක කොටසක් ඉවත් කිරීමට සිදු වේ.

සමහර වයර්වල තනි කම්බියකුත්, තවත් සමහර ඒවායේ කම්බි ගණනාවකුත් වශයෙන් වයර් නිපදවන්නේ ඇයිද යන ප්‍රශ්නයක් මතු වනු ඇත. ඊට හේතු තිබේ. තනි කම්බියක් මහතට ඇති විට, එවැනි වයරයක් අහුමුළුවලින් නැමීමට අපහසුය (එනම්, වයරය සුනම්‍ය නැත). කම්බිය හීනි නම් එම ගැටලුව නැත. එහෙත් ධාරාව වැඩියෙන් යන වයර් මහතට තැබිය යුතුය. ඉතිං, මෙලෙස වයරයේ නියම හරස්කඩ වර්ගඵලය (effective sectional area) හෙවත් මහත අඩු නොකර, කම්බිය සුනම්‍ය (flexible) කිරීමට ඇති එක් උපක්‍රමයක් නම්, කුඩා කම්බි ගණනාවක් ලෙස එය සකස් කිරීමයි. තනි තනි කම්බිය සිහින් වුවද, එම කම්බි සියල්ලම එකක් සේ ගත් විට, මුලින් තිබූ මහතම ලැබේ.

තවද, කම්බියක් මහත වැඩි වන විට, (අඩු සංඛ්‍යාත) ධාරාව එම කම්බියේ මැද කොටස් තුලින් වැඩිපුර ගලනවා. ඉතිං තවත් කම්බියක් මෙවැනි මහත වයරයකට අමුණන විට, එම වයර් සම්බන්ධ වන්නේ මතුපිටවල් ස්පර්ශ වීමෙන් නිසා, එක් කම්බියක මැදින් ආ ධාරාව (ඉලෙක්ට්‍රෝන) අනෙක් කම්බියට ඇතුලුවන්නට යම් බාධාවක් පවතිනවා. එයද මග හැරීමට ඇති එකම ක්‍රමය හැකි පමණ කම්බියේ භාහිර (පෘෂ්ඨීය) ක්ෂේත්‍රඵලය වැඩි කිරීමයි. එය කළ හැකි එකම ක්‍රමය තනි මහත කම්බියක් වෙනුවට කුඩා කම්බි ගණනාවක් යෙදීමයි. එවිට, තනි මහත කම්බියේ ගමන් කළ ඉලෙක්ට්‍රෝන තනි තනි කම්බිවල බෙදී ගමන් කරයි. කම්බි සිහින් නිසා, ඉලෙක්ට්‍රෝන වැඩිපුර ගමන්ගන්නේ කම්බිය මතුපිටේය. දැන්, එවැනි කම්බි දෙකක් අමුණන විට කම්බි දෙකෙහි මතුපිටවල් වැඩිපුර එකිනෙකට ගැවෙන නිසා, ඉලෙකට්‍රෝන පහසුවෙන් එක් වයරයක සිට අනෙක් වයරයට ගමන් ගනී.

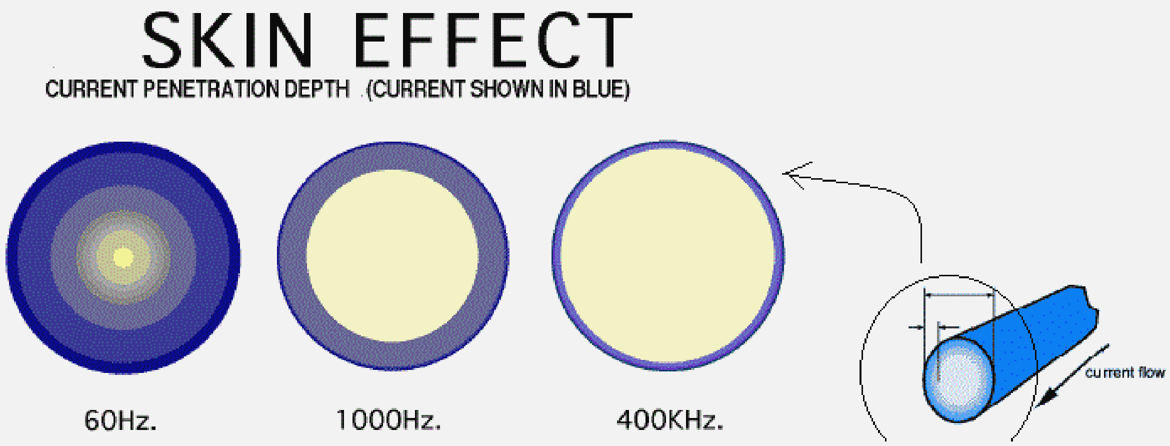
මොහොතකට පෙර මා සඳහන් කළා මතකද සිහින් කම්බි ගොන්නක් සහිත වයර් දෙකක් එකිනෙකට අමුණන විට, පළමුව තනි තනි අග්‍රය වෙන වෙනම අඹරාගත යුතු බවත්, එසේ අඹරන විට, සිහින් කම්බි සෑම එකක්ම මතුපිටට එන සේ ඇඹරිය යුතු බවත්? ඊට හේතුව එම තනි තනි කම්බිය අනෙක් වයරයේ තනි තනි කම්බියට ස්පර්ශ විය යුතු නිසාය.

ස්ට්‍රැන්ඩඩ් වයරයක කෙළවර හොඳින් අඹරා ඊට ඊයම් තැවරූ විට, එය තනි කම්බියේ වයරයක් සේ ප්‍රායෝගිකව භාවිතා කළ හැකිය. මෙහිදී තනි තනි කම්බි එකට ඇලවී තිබීමට ප්‍රමාණවත් තරම් පමණක් ඊයම් (සෝල්ඩර්) යොදන්න. මුළු කම්බියම ඊයම්වලින් ආවරණය කරන්න එපා. ඊට හේතුව, කම්බිය සාදා ඇති තඹවලට වඩා සෝල්ඩර්වල ඇති ටින් හා ඊයම්වල ප්‍රතිරෝධය ඉහළය. එමනිසා, මුළු කම්බි අග්‍රයම ඊයම්වලින් ආවරණය කළ විට, එතැන ඉබේම ඉහළ ප්‍රතිරෝධයක් හටගෙන රත්වීම වැඩියෙන් සිදු වේ.

Add solder to stranded wire
to make solid wire

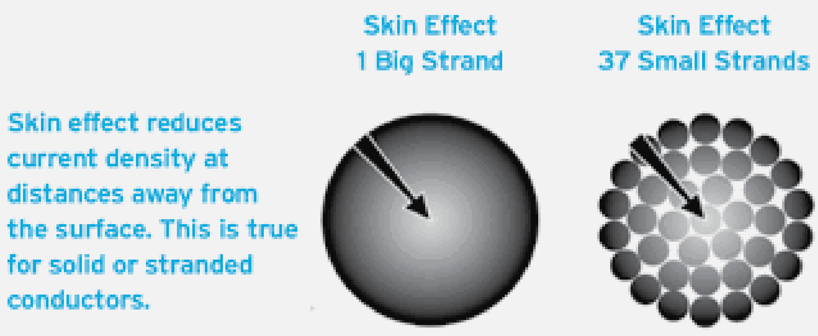
සටහන
සාමාන්‍යයෙන් කම්බියක් හරහා ඒසී (හෝ විචලනය වන) විදුලිය හෝ විදුලි සංඥාවක් ගමන් කරන විට, එහි සංඛ්‍යාතය (හර්ට්ස් ගණන) වැඩි වන විට, යම් අපූරු දෙයක් එහි ගමන් කරන ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට සිදු වේ. එනම්, සංඛ්‍යාතය වැඩි වන විට, ඉලෙක්ට්‍රෝන කම්බියේ මැදින් ගමන් කරනවා වෙනුවට කම්බියේ මතුපිටට ළං වෙමින් ගමන් කරයි. සංඛ්‍යාතය ක්‍රමයෙන් වැඩි කරගෙන යන විට, ධාරාව (ඉලෙක්ට්‍රෝන) තව තවත් කම්බියේ මතුපිටින් ගමන් කරයි. (මෙය හරියට සමහර අය බස් එකේ ඉඩ තිබියදිත් ෆුට්බෝඩ් එකේ ගමන් කරනවාක් වැනිය.) මෙම

හැසිරීම **චර්මීය ආවරණය** (skin effect) නමින් හැඳින් වේ. පහත රූපයෙන් නිල් පාටින් පෙන්නුම් කරන්නේ ධාරාව ගමන් කරන කම්බියේ හරස්කඩ වන අතර, නිල්පාට වලල්ල ක්‍රමයෙන් සිහින් වෙනවා සංඛ්‍යාතය ක්‍රමයෙන් වැඩිවන විට.



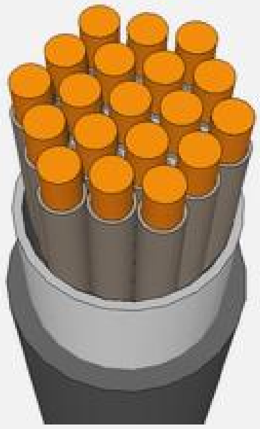
ඉතිං මහත තනි කම්බියක් තුළින් මෙවැනි අධි-සංඛ්‍යාත ධාරාවක් යවන විට, කම්බියේ මැද කොටස කිසිදු ප්‍රයෝජනයක් නැති වේ. එවිට ඉලෙක්ට්‍රෝන කම්බියේ මතුපිට කොටස්වල පොරකමින් ගමන් කරයි. මෙම "පොරකෑම" යනු ප්‍රතිරෝධයයි. අප මහත කම්බියක් භාවිතා කළේම ධාරාවට ඇතිවන මෙම ප්‍රතිරෝධය ඉවත් කිරීමටයි. එහෙත් චර්මීය ආවරණය නිසා, එලෙස මහත තනි කම්බියක් යෙදීම නිශ්ඵල වූ බවක් පෙනේ.

මෙයදට යම් පිළියමක් නම් තනි මහත කම්බියක් වෙනුවට සිහින් කම්බි රාශියක් යෙදීම (stranded wires) බවයි සමහරකු සිතන්නේ. මෙහිදී ඔවුන්ට සිතෙන්නේ තනි තනි සිහින් කම්බි ගණනාවක් ඇති නිසා, මේ සෑම සිහින් කම්බියක මතුපිටවල් ඔස්සේ විදුලිය ගමන් කරන බවත්, ඉන් තනි විශාල එක් කම්බියක මතුපිට ක්ෂේත්‍රඵලයට වඩා වැඩි ක්ෂේත්‍රඵලයක් සිහින් කම්බි ගණනාව නිසා ඇති බව බවත්, එමනිසා ධාරාව ගැලීමට වැඩිපුර මතුපිටවල් (ක්ෂේත්‍රඵලයක්) ඇති බවත්, එවිට, ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට "පොර කකා" (ප්‍රතිරෝධයක් සහිතව) ගමන් කිරීමට සිදු නොවන බැවින් චර්මීය ආවරණයේ බලපෑම අඩුවන බවයි. එහෙත් සත්‍ය තත්වය එය නොවේ. තනි තනි සිහින් කම්බි පවතින්නේ එකිනෙකට ස්පර්ශවයි. ඉතිං ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට තවමත් පහසුවෙන් වයරයේ මැද සිට මතුපිටට ගමන් කළ හැකිය ("මෙහිදී ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට ඕවර්ටේක් කළ හැකියි"). පහත රූපයෙන් පෙන්වන්නේ එයයි. තනි කම්බියෙ වයරයක් වුවත්, ස්ට්‍රැන්ඩඩ් වයරයක් වුවත් චර්මීය ආවරණය ඇති වේ. (රූපයේ මැද යම් සුදු ආලෝකයෙන් නිරූපණය කරන්නේ චර්මීය ආවරණයේ බලපෑම වන අතර වයර දෙකෙහිම එය සමානව සිදුවන බව පෙනේ.)



එහෙත්, තනි තනි සිහින් කම්බි වෙන වෙනම පරිවරණය කරපු ආකාරයටද ඇති අතර එවැනි වයර් Litz wire ලෙස හැඳින්වේ. ඒවා මගින් චර්මීය ආවරණය ඇත්ත වශයෙන්ම වැලක්විය හැකියි. මෙහිදී සිහින් කම්බි එකිනෙකට

ස්පර්ශව පැවතියත් ඒවා වටේ ඇති තුනී පරිවාරක නිසා විද්‍යුත් වශයෙන් පවතින්නේ වෙන් වෙන්වයි. එහිදී යම් කම්බියක් හරහා යන ඉලෙක්ට්‍රෝන අනෙක් කම්බි හරහා සමස්ථ වයරයේම මතුපිටට ඒමට නොහැකි වේ ("මෙහිදී ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට ඕවර්ටේක් කළ නොහැකියි"). එනිසා තනි තනි සිහින් වයර් හරහා (එක් එක් සිහින් කම්බියේම මතුපිටට සමීපව) ධාරාව ගමන් කරයි. පහත පළමු රූපයෙන් දැක්වෙන්නේ සිහින් කම්බි තනි තනිව පරිවරණය වී පවතින බවයි. දෙවැනි රූපයෙන් පෙන්වන්නේ ඇත්තට ලිට්ස් වයර් එකක් යොදා සකසා ගන්නා ලද ඉන්ඩක්ටරයකි. තෙවන රූපයෙන් දැක්වෙන්නේ ප්‍රමාණ තුනකින් ඇති ලිට්ස් වයර්ය.



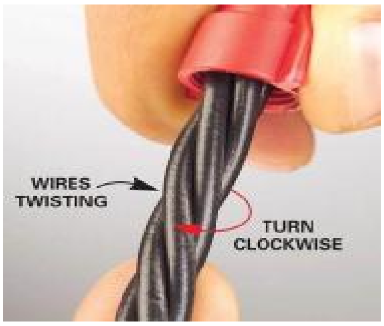
ඇත්තටම මෙහි ගත යුතු තවත් දෙයක් ඇත. මහත කම්බියක් මෙවැනි අධි-සංඛ්‍යාත ධාරාවක් ගමන් කරවීමට යෙදවීමෙන් අප බලා පොරොත්තුවන කාරණය ඉටු නොවනවා පමණක් නොව, එය වටිනා තඹ (හෝ වෙනත් ලෝහ) අපතේ හැරීමකි. අපට පුළුවන් නම්, එම මහත තඹ කම්බිවල ධාරාව ගමන් නොකරන මැද කොටස් ඉවත් කිරීමට? එය කම්බියේ බර අඩු වනවා පමණක් නොව, ලෝහයද ඉතිරි වේ. එවිට, කම්බිය පෙනෙන්නේ බටයක් (tube) මෙනි. මෙය ප්‍රායෝගිකව සිදු වේ. ඔබගේ ඇන්ටනා කූරු දෙස බලන්න. ඇන්ටනා කූරුවල ගමන් කරන්නේ ඉතා අධි-සංඛ්‍යාත (දුර්වල) ධාරාවකි. එමනිසා ධාරාව ගලා යන්නෙම සන්නායකයේ මතුපිටින් පමණි. ඒකයි එම කූරුවල මැද නැත්තේ (ඒවාට ඇන්ටනා "බට" කියා කියන්නේද එනිසයි.) ඇන්ටනා බටයක් ගෙන බැලුවොත් තේරුම් යාවි, එහි මැද ඉවත් කර ඇති ලෝහ ප්‍රමාණය ඉතා වැඩි බව (එවැනි කූරු හත අටක් අලුතින් සෑදීමට හැකි ප්‍රමාණයක් ඉවත් කර ඇත.) එසේ නොවුනා නම්, සමහර විට ඇන්ටනාව දැන් විකුණන මිල මෙන් හත් අට ගුණයක් පමණ වැඩි වනු ඇත.

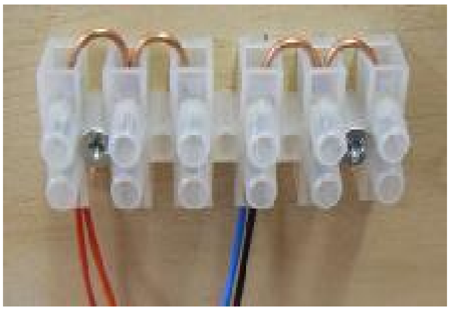
ඉහත කුමන ආකාරයකින් හෝ වයර් දෙකක් සම්බන්ධ කළ පසු, හැකි හැම විටම එම ස්ථාන ඊයම්වලින් පාස්සන්න. එවිට, එම සම්බන්ධක සන්නායක අතර තවත් හොඳ සම්බන්ධයක් ගොඩ නැගෙනවා පමණක් නොව, ශක්තිමත් බවද වැඩි වේ. පසුවට මලකඩ කෑමෙන් ඇතිවල ප්‍රශ්නයද නැති වී යයි.

මෙලෙස පැස්සුවාට පසුව එම කම්බි පෙර කීවාක් සේ ඉන්සියුලේෂන් ටේප් හෝ හීට් ශ්‍රින්ක් ටියුබ්වලින් හෝ පරිවරණය කළ යුතුය. වයර් දෙකක් සම්බන්ධ කර ඊයම් වලින් පැස්සුවාට එම ජොයින්ට් එක රත් නොවේ. ඊට හේතුව ඊයම් යොදන්නේ වයර් දෙකම හොඳින් එකිනෙකට සෘජුවම සම්බන්ධව පවතින ආකාරයට නිසා, එක් වයරයක් තුළින් යන ධාරාව අනෙක් වයරට ගමන් කරන්නේ ඊයම් හරහා නොව සෘජුවමයි.

මෙහිදී ඉන්සියුලේෂන් ටේප් එකේ කාර්ය වන්නේ එම සම්බන්ධය ශක්තිමත් කිරීම නොව, එම සම්බන්ධය පිටත පරිසරයට නිරාවරණය වී පැවතීම නැති කිරීමයි.

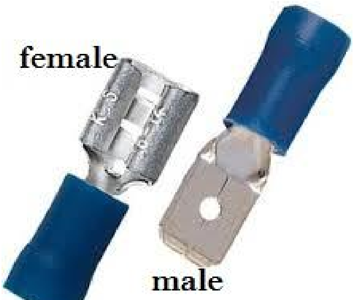
වයර් දෙකක් (හෝ කිහිපයක්) එකිනෙකට සම්බන්ධ කරන තව ක්‍රමයක් වන්නේ **කනෙක්ටර්** (connector) භාවිතා කිරීමයි. මෙහිදී කනෙක්ටරය නම් උපාංගය තුළට වයර් දෙකක් හෝ කිහිපයක් ඇතුලු කර ඇන මගින් තද කරයි. සමහර කනෙක්ටර්වලදී නිකංම වයර් එම කනෙක්ටරය තුළ කරකවා තද කරයි (පහත පළමු රූපයේ දැක්වෙන්නේ එම කනෙක්ටරයයි. එය wire nut ලෙස හැඳින් වේ. විවිධ වර්ණ හා සයිස්වලින් ඇත). බොහෝ කනෙක්ටර්වල ප්‍රධානම දුර්වලකම නම්, කනෙක්ටරය තුළට වාතය ඇතුලු වීමට හැකි නිසා, කනෙක්ටරය තුළට ඇතුලු කළ කම්බි කාලයත් සමග මල කෑමට හැකි වීමත්, යම් යම් ආගන්තුක ද්‍රව්‍ය හෝ කුහුඹින් වැනි සතුන් එම සිදුරු තුළට ඇතුලු වීමට හැකි වීමයි. තනි තනි කනෙක්ටර් කිහිපයක්ම එකට පවතින connector rod/bar ද ඇත (පහත දෙවන රූපය එවැන්නකි.)





විවිධාකාරයේ කනෙක්ටර් ඇත. පහත රූපයේ එවැනි කිහිපයක් දැක්වේ.

වයර් දෙකක් සම්බන්ධ කිරීමට ඇති තවත් ක්‍රමයක් වන්නේ එකිනෙකට පහසුවෙන් සවි කිරීමට හා ගැලවීමට හැකි වන අයුරින් සෑදූ කොටස් දෙකකින් යුතු කනෙක්ටර්ය. උදාහරණයක් ලෙස පහත රූප බලන්න.

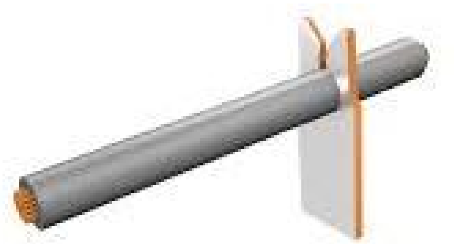


මෙහි කොටස් දෙකට වයර් වෙන වෙනම සවි වේ. ඉන්පසු එක කොටසක් අනෙක් කොටස තුළට අවශ්‍ය වෙලාවට ඇතුලු කළ හැකියි; ඒ දෙක අවශ්‍ය වෙලාවට ගැලවියද හැකියි. මින් එක කොටසක් male connector ලෙස හැඳින් වෙන අතර, අනෙක් කොටස female connector ලෙස හැඳින් වේ. මෙවැනි කොටස් දෙකකින් යුතු අවස්ථාවක, උලක් හෝ කූරක් හෝ යම් දෙයක් තුළට ඇතුලු වීමට හැකි සේ දිස්වන කොටස male වන අතර, සිදුරක් සහිතව හෝ යමක් තමන් තුළට ඇතුලු කරගත හැකි ලෙස පවතින කොටස female වේ. (මෙය ඇත්තටම මිනිසාගේ පුරුෂ-ස්ත්‍රී යන ලිංග භේදය හා හැඩය අනුව කෙරුනු නාමකරණයකි.) සාමාන්‍යයෙන් jack යනුවෙන් හැඳින්වෙන්නේ ෆීමේල් වර්ගයේ කනෙක්ටර් විශේෂයයි (එහි හැඩය ඉහත පළමු රූපයේ වම් පැත්තේ ඇති උපාංගය වේ). එම ජැක් එකට ඇතුලු කරන මේල් කනෙක්ටරයි plug කියා කියන්නේ. (ඉහත පළමු රූපයේම

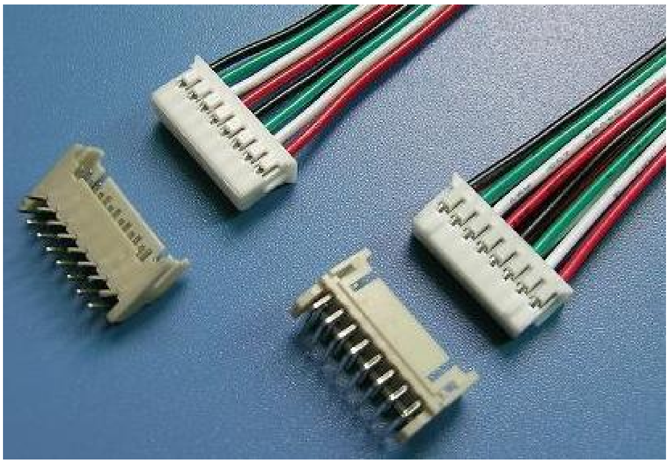
දෙවැනියට ඇත්තේ එහි හැඩයයි.) විවිධාකාරයේ ජැක් හා ප්ලග් වර්ග තිබේ. දකුණු පැත්තේ රූපයෙන් පෙන්වා ඇති කනෙක්ටර් **blade connector** ලෙස හැඳින් වේ. එම නම යෙදීමට හේතුව ඔබට එම කනෙක්ටර් බැලූ විට පෙනේ.

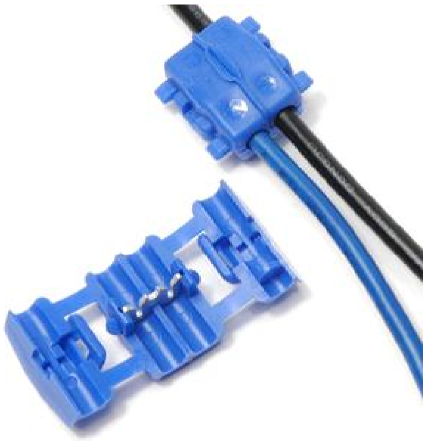
සමහර කනෙක්ටර් තුළ විශේෂ ග්‍රීස් වැනි ද්‍රව්‍යයක් පවතී. මෙම ද්‍රව්‍යය ඇත්තටම විදුලිය සන්නයනය කළ හැකි එකකි. ඉන් කෙරෙන රාජකාරිය වනුයේ කනෙක්ටරය තුළ ඇති කම්බිවල මෙය තැවරී මලකෑම නවතාලීමයි. එවැනි කනෙක්ටර් හොඳය. පහත දැක්වෙන්නේ (වැඩිපුර ටෙලිෆෝන් ආයතන භාවිතා කරන) එවැනි **පිග්ටේල් කනෙක්ටර් (pigtail wire connector)** නමින් හැඳින්වෙන කනෙක්ටරයකි (සමහරුන් මෙම කනෙක්ටර්යම bud connector කියාද හඳුන්වනවා. එහෙත් බඩ් කනෙක්ටර් කියා තවත් කනෙක්ටර් වර්ගයක්ද පවතිනවා මීට වඩා වෙනස් පෙනුමකින්). මෙය තුළට වයර් දෙක වෙන වෙනම ඇතුලු කර අඬුවකින් පැතිලි පැති දෙක තද කළ විට වයර් හොඳින් සවි වේ. (වයර් 3, 4ක් ඇතුලු කළ හැකි ඒවාද ඇත.)

මෙම කනෙක්ටර් එකේ තවත් විශේෂත්වයක් ඇත. එනම්, කනෙක්ටරය තුළට වයර් ඇතුළු කරන විට, එම වයර්වල අග්‍ර “සුද්ධ” කිරීමට (එනම්, පරිවාරක කොටස් ඉවත් කිරීමට) අවශ්‍ය නැත. වයර් ඇතුළු කර අඬුවෙන් තද කරන විට, එම කනෙක්ටරය තුළ ඇති කැපෙනසුළු තලයක් මගින් ඉබේම එම වයර්වල පරිවරක කොටසක් ඉවත් වේ. පහත රූපයෙන් එය දැක් වේ. වයරය තදින් මෙම තරමක් කැපෙනසුළු දික් සිදුර (slit) තුළින් පහළට තද කරන විට, වයරය වටේ ඇති පරිවාරක කොටස තුවාල වේ (කැපේ). එවිට එම වයරයේ මැද ඇති සන්නායක කොටස ලෝහ කැබැල්ල සමග විද්‍යුත් වශයෙන් සම්බන්ධතාවක් ඇති කර ගනී.



එමනිසා මෙවැනි කනෙක්ටර් IDC (Insulation Displacement Connector) ලෙස හැඳින් වේ. ටෙලිෆෝන් වයර්වලට සවි කරන RJ11 යන කනෙක්ටර් වර්ගයද, කොම්පියුටර් නෙට්වර්ක්වලදී භාවිතා කෙරෙන RJ45 යන කනෙක්ටර් වර්ගයද (හා තවත් බොහෝ කනෙක්ටර් වර්ග) මෙවැනි IDC ගණයට අයත් වේ. පහත රූපවල දැක්වෙන්නේ එවැනි IDC කිහිපයකි.

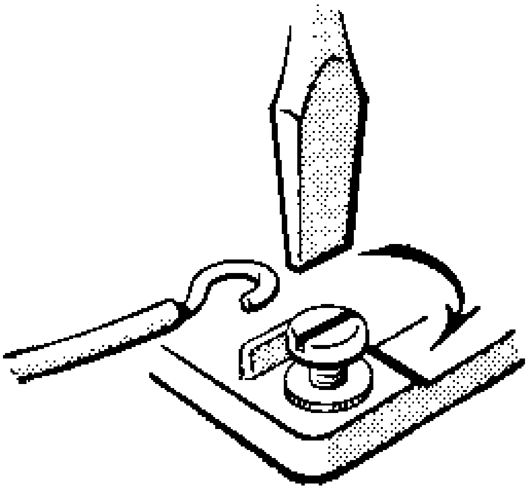


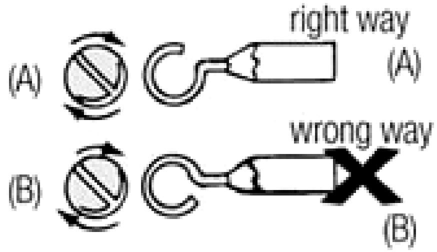


වයර් දෙකක් එකිනෙකට සම්බන්ධ කිරීම පමණක් නොව, වයරයක් (බෝල්ට් හෝ ඉස්කුරුප්පු) ඇනයකට හෝ වෙනත් “ටර්මිනල්” (terminal) එකකට හෝ එවැනි දෙයකට සම්බන්ධ කිරීම ගැනද සලකා බලමු.

සමහර අවස්ථාවල තනි කම්බියේ වයරයක් බෝල්ට් ඇනයකට සම්බන්ධ කළ යුතු වෙනවා. එවිට, සාමාන්‍ය පරිදිම වයරයේ පරිවාරක ආවරණය අවශ්‍ය ප්‍රමාණයට පමණක් ඉවත් කර, එය බෝල්ට් ඇනය වටා පහත රූපයේ සේ U හැඩයට කරකැවිය යුතුයි. එහිදී ඇනය “කරකවා තද කරන ආකාරයට” සාදා තිබෙන එකක් නම්, රූපයේ

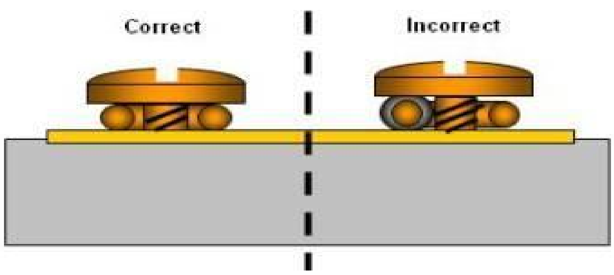
පෙන්වා ඇති පරිදිම ඇනය කරකවන පැත්තට යූ හැඩය තැබිය යුතුය (එවිට, ඇනය කරකවන විට, කම්බිය දිග නොහැරී තවදුරටත් යූ හැඩය පවත්වාගනී.)





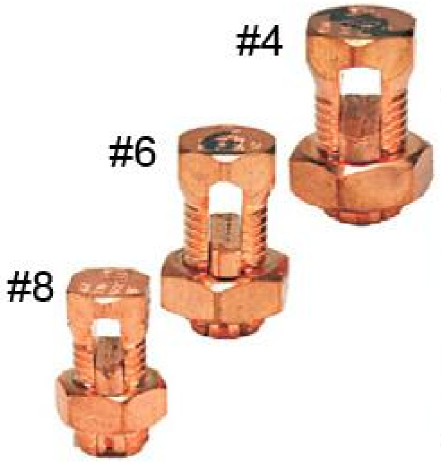
ඒවිතරක් නොවේ, වොෂර් එකක්ද කම්බියට උඩින් තිබිය යුතුය (නැතිනම් කම්බිය, ඇනයේ හිසින් එලියට පහසුවෙන් පැනීමට හැකිය). තවද, පොටවල් ගොඩක් ඇති කම්බියක් නම්, පෙර සඳහන් කළ පරිදි සියලු සිහින් කම්බි මතුපිටට එන පරිදි අඹරා ගත් පසු පෙර රූපයේ සේ ඇනයට තද කළ යුතුය.

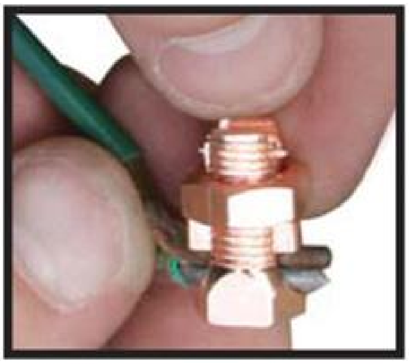
කිසිවිටක පොටවල් වෙන වෙනම කොටස් දෙකකට බෙදා පහත රූපයේ අයුරින් සම්බන්ධ කරන්නට එපා (මෙහිදී යම් කොටසක් අනිකට වඩා මහත වූ විට, මහත අඩු කොටස ඇනයට තද නොවී පවතී.)



ඔබට සිතේවි කෙලින්ම බෝල්ට් ඇනයට වයරය සවි කරනවාට වඩා හොඳයි නේද කම්බිය කෙලින්ම ඇනයේ හිසට පැස්සුවා නම් කියා. එහෙත් අප බැලිය යුත්තේ මේ ආකාරයට සම්බන්ධයක් ඇති කළ හැකි පරිදි එම උපකරණය නිර්මාණය කර තිබෙන්නේ යම් හේතුවක් නිසා විය හැකි බවයි. එනම්, පහසුවෙන් වයර් ගැලවීමට හැකි හා යම් දෙයක් ඇනය මගින් තද වීමටත් විය යුතුය. ඔබ ඇනයේ හිසට වයරය පැස්සූ විට, මෙම දෙකම පහසුවෙන් කළ නොහැකි වනු ඇත.

වයර් ඇතුලු කිරීම සඳහාම නිපැදවූ බෝල්ට් ඇන ඇත. මේවා විවිධ ප්‍රමාණවලින් හා හැඩවලින් ලබා ගත හැකියි. වයරයේ කෙළවර සිදුර තුළින් යවා නට් එක කරකවා තද කරන්න.



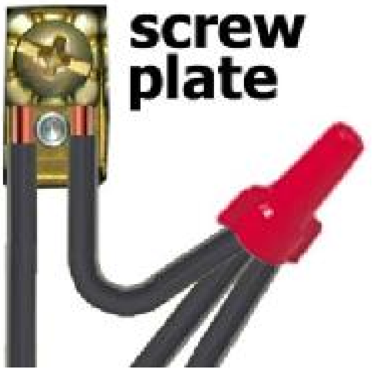


ඉහත කාර්ය තවත් පහසුවෙන් සිදු කරගැනීමට විශේෂ උපක්‍රමයක් ඇත. එනම්, වයරය ඇනයට සම්බන්ධ නොකර එය පහත රූපවලින් දැක්වෙන පරිදි (ටර්මිනල්) කනෙක්ටරයකට පළමුව සම්බන්ධ කළ යුතුය.

(කෙළවර සිදුරක් සේ පවතින කනෙක්ටර් ring connector (ඉහත පළමු හා අවසන් රූප දෙකෙන් පෙන්වා ඇති) ලෙසද, යූ හැඩයට කෙළවර ඇති කනෙක්ටර් spade connector (ඉහත දෙවන හා තෙවන රූප දෙකෙන් පෙන්වා ඇති) ලෙසද හැඳින් වෙනවා. තවත් නම් වලින් හැඳින්වෙන විවිධ හැඩ ඇති කනෙක්ටර් ඇත.)

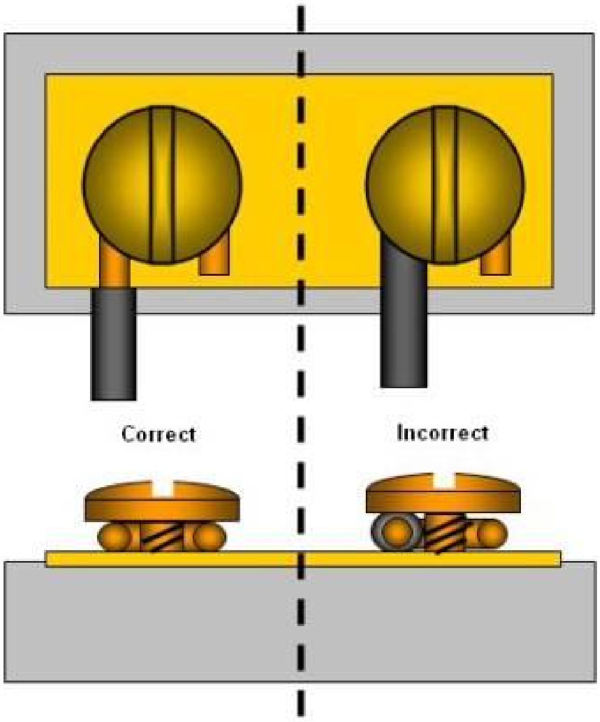
ඉන්පසු, එම වයරය සම්බන්ධ කරපු කනෙක්ටරය ඇනයට පහසුවෙන් සවි කළ හැකිය. මෙහිදී මෙම ටර්මිනල් ඒ ඒ ඇනයට අනුව විවිධ සයිස්වලින් ලබා ගත හැකිය. හැමවිටම තඹවලින් සෑදූ ඒවා ගන්න. උසස් ගණයේ හා සංවේදී උපකරණ සඳහා සිල්වර් හෝ ගෝල්ඩ් ලෝහාලේපණය කළ කනෙක්ටර් ගන්න. වෙනත් වැඩි ප්‍රතිරෝධ සහිත ද්‍රව්‍යයකින් නිපදවා ඇති ටර්මිනල් එකක් වයරයට සම්බන්ධ කළ විට, වයරයේ සිට ඇනයට විදුලිය ගමන්කරන්නේ මෙම කොටස හරහා වන නිසා, අනවශ්‍ය ප්‍රතිරෝධයක් ඇති වේ. එය රත් වී ශක්තිය අපතේ යෑමටත්, සංඥාව දුර්වල වීමටත්, ගිනි ගැනීමේ අවදානම වැඩි කිරීමටත් හේතුවක් විය හැකිය. තඹ කනෙක්ටරයක් වුවත්, කම්බි සම්බන්ධ කරන විට, වයර් අග්‍ර මෙන්ම කනෙක්ටරයද මල නොකා පිරිසිදුව තිබිය යුතු අතර, නිවැරදි ආකාරයට වයර් හා කනෙක්ටරය සම්බන්ධ කිරීමටද වග බලා ගත යුතුය. බොහෝ විට, ඊයම් පෑස්සීමක් කිරීමද උචිතය.

වයර් කිහිපයක්ම යම් ඇනයකට සම්බන්ධ කිරීමට සිදුවන විට, බොහෝ විට එම සියලුම වයර්වල කම්බි එකට අඹරාගත් විට ඇනය වටා යැවිය නොහැකි තරම් මහතක් තිබිය හැකිය. එවිට, පහත රූපයේ පෙනෙන ආකාරයට වෙනම කනෙක්ටරයකට සියලු වයර් ඇතුලු කරන්න. තවත් එක් මහත වයර් කැබැල්ලකුත් එම වයර් සමගම ඇතුලු කර, එම වයර් කැබැල්ලේ අනෙක් කෙළවර පෙන්වා ඇති පරිදි ඇනයට සම්බන්ධ කරන්න.

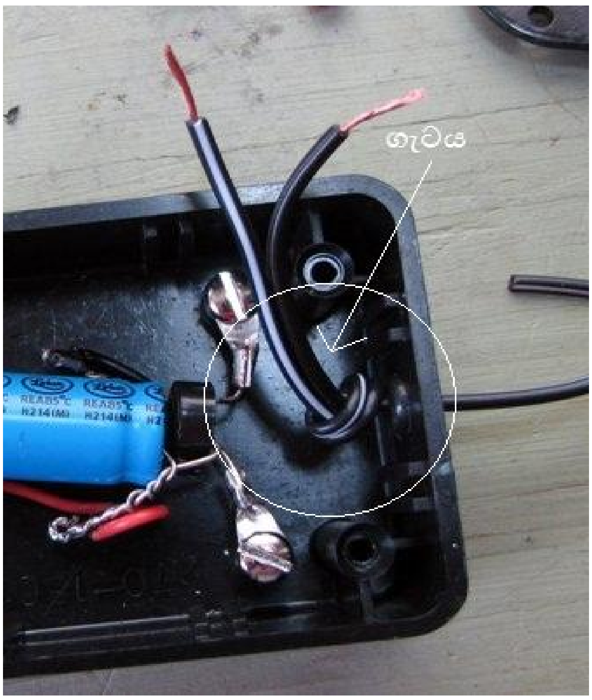


පහත ආකාරයේ කනෙක්ටරයකට වයරය සම්බන්ධ කරන විට, පළමුව වයරයේ කම්බිය (තනි කම්බිය හෝ හොඳින් අඹරාගත් සිහින් කම්බි ගොන්නම) මෙම කනෙක්ටරයේ වයරය ඇතුලු කරන කොටස තුලින් ඇතුලු කොට එයට සිරකර තැබිය යුතුයි පහත රූපයේ පෙන්වා ඇති අයුරින්. ඉන්පසු ඊයම් යහමින් යොදා පෑස්සිය යුතු වෙනවා. (පරිවාරක කොටස හැකි පමණ ටර්මිනල් එකට ළඟින් සිටන සේ සකස් කර ගන්න.)

ඔබ දැන් ඉහත විස්තර හොඳින් අධ්‍යනය කළොත් මෙතෙක් සලකා නොබලපු අවස්ථාවක වුවත් වයරයක් සම්බන්ධ කළ යුත්තේ කෙසේදැයි සිතාගත හැකි විය යුතුය. හැමවිටම සම්බන්ධය ශක්තිමත් වන ලෙසත්, විදුලිමය සම්බන්ධය උපරිම වන ලෙසත්, අනවශ්‍ය ප්‍රතිරෝධ ඇති නොවන ලෙසත්, අලංකාර ලෙසත් එය කිරීමට වගබලා ගත යුතුය. පරවාරක කොටස හැකි තරම් කනෙක්ටරය ළඟටම තිබෙන සේ වයර් කපා ගන්න. තවද, ඉහත රූපයේ පෙන්වා තිබෙන පරිදි කනෙක්ටරයකට වයර් සම්බන්ධ කරන විට පරිවාරකය එහි තද වන කොටසට ඇතුලු කර අඬුවකින් හොඳින් තද කරන්න (crimp). එවිට, වයරය ඇදීමකදී වුවත් කනෙක්ටරයෙන් නොගැලවී පවතී. එහෙත් වයරය කනෙක්ටරයක් නොමැතිව නිකංම බෝල්ට් හෝ ඉස්කුරුප්පු හිසකට සම්බන්ධ වන විට, වයරයේ පරිවාරක කොටස ඇනයේ හිසට යට නොවන සේ වැඩිපුරත් එක්ක පරිවාරක කොටස කපා දමන්න (පහත රූපය බලන්න). නැතහොත් ඇනය තද වන විට, පරිවාරක කොටස නිසා කම්බිය සමග ඇනය හොඳට ස්පර්ශ නොවීමට පුළුවන්.



පරිපථයකට සම්බන්ධ කෙරුණු වයරයක් එම පරිපථයෙන් එලියට එන විට, එය නිතැතින්ම නිතරම ඇදීමට භාජනය වේ. එවිට එම වයරය ඉක්මනින්ම පරිපථයෙන් ගැලවී යෑමට ඉඩ තිබෙනවා. එය වැලැක්විය යුතුය. පරිපථය වසා තිබෙන කේසින් (case) එකේ කුඩා සිදුරක් විද, වයරය ඇතුලින් යම් ගැටයක් දමා සිඳුරෙන් එලියට දැමිය යුතුය. එවිට, වයරය පිටින් ඇද්දත් අර ගැටය නිසා ගැටය සහිත තැන සිට පරිපථයට සම්බන්ධ තැන දක්වා එම ඇදීම සිදු නොවේ.



එහෙත් ඉහත ක්‍රමයද හැමවිටම එතරම් හොඳ නැත. විදුලි බලය සපයන වයර් සඳහා එය කළ හැකිය. එහෙත් විශේෂයෙන් සිග්නල් ගමන් කරන වයර් ගැටගසන විට එම සිග්නල් විකෘති හෝ දුර්වල විය හැකිය. එය මග හැරීමට ගැට ගසනවා වෙනුවට පහත රූපයේ දැක්වෙන පරිදි රබර් කැබැල්ලක් (rubber stopper නමින් හැඳින්වේ.) වයරයට ඇතුලු කර සුපර් ග්ලූ වැනි ශක්තිමත් ගම් වර්ගයකින් අලවාගත හැකිය. (එවැනි කොටස් කඩෙන් මිලට ගැනීමට නොහැකි නම්, තමන්ටම රබර් කෑල්ලකින් පහසුවෙන්ම එවැන්නක් සාදා ගත හැකිය.)

යම් වයර් දෙකක් ඕනෑම ආකාරයකින් සම්බන්ධ කර ඇති විටක, එම වයර් දෙක දෙපැත්තට ඇදීමට ඉඩ ඇති විටක, එම සම්බන්ධය ගැලවී වයර් දෙක වෙන් වීමට පුළුවන්. එය වැළැක් වීමට, පහත රූපයේ පෙනෙන ආකාරයට ගැටයක් ගැසිය හැකියි. එවිට, වයර් දෙක ඇදුනත් එම ගැටය නිසා වයර් දෙක සම්බන්ධ වුණු ස්ථානයට බල නොපායි. එහෙත් නිතරම මතක තබා ගන්න කුමන ආකාරයක හේතුවක් නිසා හෝ වයර්වල ගැට දැමීම විදුලිය සපයන සාමාන්‍ය වයර්වලට කළ හැකි වුවත්, සංඥා ගමන් කරන වයර්වලට කිරීම සුදුසු නොවේ. ඉන් සංඥාව විකෘති විය හැකියි.

නිවැරදිව පාස්සන ආකාරය

හරියාකාරව පෑස්සීම ඉගෙනගත යුතු කුසලතාවකි. නොකළ යුතු ආකාරයේ පෑස්සීම්ද සමහරුන් විසින් සිදු කෙරෙනවා. එමනිසා නිවැරදිව පාස්සන ආකාරය ඉගෙන ගන්න.

බවුතය හෝ සෝල්ඩරින් ස්ටේෂන් එකට (මෙතැන් සිට පහසුව පිණිස බවුතය කියා පමණක් සඳහන් කරන්නම්.) විදුලිය සපයා ඇති විටක එය රත් වීමට පටන් ගනී. උසස් තත්වයේ බවුතයක් නොවේ නම්, එය අවශ්‍ය ප්‍රමාණයට රත් වී ඇත්දැයි දැන ගැනීමට එකවර බැරි වීමට පුළුවන්. (උසස් තත්වයේ බවුතයක අවශ්‍ය ප්‍රමාණයට රත් වූ විට බල්බයක් දැල්වීමෙන් එය පෙන්වනු ඇත.) බොහෝ අය කරන්නට පුරුදුවී ඇත්තේ ඇඟිල්ල තබා එය රත් වී ඇත්දැයි බැලීමයි. එය කරන්න එපා. සමහරුන් නාසයට ළංකර එය රත්වී ඇත්දැයි බලනවා. එය කොතරම් දුරට සාර්ථකද නැද්ද කියා වැඩක් නැත. එයද කරන්නට එපා. ඔබගේ බවුතය ටික දිනක් භාවිතා කරන විට ඔබට එය රත්වීමට ගත වන කාලය ඉවෙන් වගේ දැනෙනවා. ඊට අමතරව, ඊයම් කැබැල්ලක් බිට් එකට තබා එය උණුවෙනවාදැයි බැලිය හැකිය.

බවුතයක් වැඩ කරන විට, ෆෑන් (හා ඒසී) ඕෆ් කරන්න. බවුතය රත්වන එක ෆෑන් හෝ ඒසී නිසා ප්‍රමාද වේ. ඊට අමතරව හොඳට පෑස්සීමට බැරි වෙයි (ෆෑන් එකෙන් එන සීත සුළං බවුතයට වැදී එය රත් වනවාට වඩා සිසිල් වීමට පටන් ගන්නා නිසා.) එහෙත් දහඩිය දමමින් වැඩක් කිරීම ඉතා අප්‍රසන්න විය හැකිය. එමනිසා, කැමැති නම් කුඩා ෆෑන් එකක් (අර සමහර බස්වල එහෙම දැකිය හැකි) ඔබේ ශරීරයට පමණක් සුළං වදින සේ මේසයට සවිකර ගත හැකියි බවුතය දෙසට සුළං නොවදින සේ. (මින් විදුලියද ඉතිරි වේ.)

පාස්සන විට හැකි පමණ බ්‍රේස්ලට් මාල මුදු ආදී පළඳනාවන් ගලවා දමා එය කරන්න. එක අතකින් ඒවා එල්ලී වැටී තිබීම කරන කාර්යට බාධාවක් වන අතර, සමහර විටක ඒවා පරිපථ කොටස්වල වැදීමෙන් ෂෝට් වීම් ආදිය සිදු වී ඔබටත් උපාංගවලටත් අනතුරු සිදු කළ හැකිය. පහසු ඉරියව්වකින් මෙම කාර්ය සිදු කළ යුතුය. නැතිනම්, ඇඟට දැනෙන අපහසුව නිසාම නොසැලකිලිමත් ලෙස පෑස්සීම සිදු විය හැකිය. ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් වලදී විතරක් නොවේ, කරන කුමන කාර්යක වුවත් ශරීරය සැහැල්ලු ආකාරයෙන් හා නිවැරදි ඉරියව්වලින් පවත්වා ගෙන යෑම වැදගත් වේ. හොඳ ආලෝකය තත්වයක් යටතේ වැඩ කළ යුතුය. කුඩා ළමුන් හා සුරතල් සතුන් ළඟ තබාගෙන වැඩ කිරීම අවදානම්ය. ඔවුන් අනපේක්ෂිත භයානක දේවල් සිදු කළ හැකි අතර, ඔබගේ අවධානයද නිරන්තරයෙන් ඔවුන් වෙත යොමු වීමෙන් කෙරෙන කාර්යට බාධා පැමිණේ. යම් නිශ්චිත එක තැනක (මේසයක) පරිපථ සෑදීමේ කටයුතු කරනවා නම් වඩාත් හොඳය.

සාමාන්‍යයෙන් බවුතයක් රත් කර එකපාරට ඊයම් පෑස්සිය නොහැකිය. ඊට හේතුව නම්, බිට් එක අපිරිසිදුව තිබීම හා ඔක්සයිඩ් බැඳී තිබීමයි. බිට් එක වේගයෙන් ඔක්සයිඩ් සාදනවා. (මතකද මා කිව්වා ලෝහ රත්වන විට වේගයෙන් ඔක්සයිඩ් සාදන බව?)

එලෙස ඔක්සයිඩ් නොසාදන විශේෂ සෙරමික් වැනි ද්‍රව්‍යවලින් සැදූ බිට්ද පවතිනවා. එහෙත් ඒවා තරමක් මිල වැඩියි. කෙසේ හෝ වේවා බිට් එකක එලෙස සැදෙන ඔක්සයිඩ් හා කුණු නිසා තාපය නිසි ලෙස බිට් එකෙන් ඊයම් වෙතට ගලා යන්නේ නැත. එමනිසා, බවුතය රත් වූ පසු පළමුව බිට් එක පිරිසිදු කළ යුතුය. ඔබට යම් තියුණු තලයක් ගෙන බිට් එක සූරා දමන්නටද සිතීමට පුළුවන්. එහෙත් එය කරන්න එපා. ඒ වෙනුවට රත් වූ බිට් එක තෙත ස්පොන්ජ් කැබැල්ලක් මත අතුල්ලන්න. තෙත ස්පොන්ජ් කැබැල්ල වෙනුවට පහත රූපයේ පෙනන පරිදි ලෝහමය කෙඳි මත එය අතුල්ලන්නත් පුළුවන්. (මෙම කෙඳි ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග විකුණන කඩවල විකිණීමට තිබෙනවා. සමහර විට, ගෘහනියන් වලං ඇතිල්ලීමට ගන්නා ලෝහමය කෙඳි සහිත මුඩ්ඩක් වුවද ඔබට භාවිතා කළ හැකියි.)

එලෙස අතුල්ලා, ඊයම් කැබැල්ලක් ගෙන එය බිට් එක පුරාම වටේටම අතුල්ලන්න. එවිට ඊයම් උණුවී බිට් එකේ තැවරෙනු ඇත. බිට් එක වටේටම මෙය කළ පසු බවුතය ගස්සන්න. එවිට බිට් එකේ තැවරී තිබූ ඊයම් ඉවත් වනු ඇත. මෙම ක්‍රියාව බිට් එක "**ටින් කරනවා**" (tinning) යනුවෙන් හැඳින් වේ. ටින් කළාට පසු, අවශ්‍ය නම් බිට් එක නැවත තෙත ස්පොන්ජ් එකේ හෝ ලෝහ කෙඳිවල අතුල්ලන්න. දැන් ඔබේ බිට් එක ඉතා හොඳින් පිරිසිදු වී ඇත. මෙය බවුතයක් ඔන් කරන හැම විටම කරන්න. ඉඳ හිට බවුතය පාවි චි කරන විට, ඉහත ක්‍රියාවලිය සමහරවිට දෙතුන් පාරක් කිරීමටද සිදු වේ. ඔබටම පෙනේවි දැන් බිට් එකට ඊයම් තැබූ විට ක්ෂණිකවම ඒවා උණු වන බව (එනම්, බිට් එකෙන් ඊයම්වලට හොඳින් තාපය හුවමාරු වේ.)

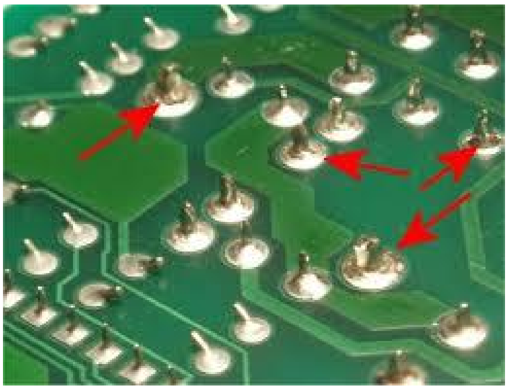
ඔබ ෆ්ලක්ස් මිලදී ගෙන ඇත් නම්, ඉහත ආකාරයට ඊයම් "නාස්ති කරන්නේ" නැතිවද ටින් කළ හැකිය. ඔබ රත් වූ බිට් එක ෆ්ලක්ස් එක තුළට දමන්න. එවිට යම් දුමක්ද ඇති වේ. ඉන්පසු පෙර සේම බිට් එක අතුල්ලා පිරිසුදු කරන්න. මෙය බිට් එක පිරිසිදු වන තෙක් කිහිප වතාවක් වුවද කළ හැකිය. ටින් කරන්න පෙර හා පසු බිට් එක පෙනෙන ආකාරය පහත රූපයේ දැක්වේ.

බිට් එක ඉහත කුමන ආකාරයකින් හෝ ටින් කර අවසන් වූවාට පසුව, අවසාන වශයෙන් නැවත ඊයම් ඉතා ස්වල්පයක් බිට් එක මත තවරන්න. (බවුතය ගසා එලෙස තැන්පත් කළ ඊයම් ඉවත් කරන්නට එපා.) ඉන්පසු අපට අවශ්‍ය උපාංගය පෑස්සීමට පටන් ගන්න. යම් උපාංගයක් හෝ කුමක් හෝ පාස්සන හැමවිටම බිට් එකට ඊයම් ස්වල්පයක් තැවරීම සිදු කළ හැකි නම්, එය හොඳ පුරුද්දකි. පෑස්සීම ඉක්මන් වීමට එය හේතුවක් වේ.

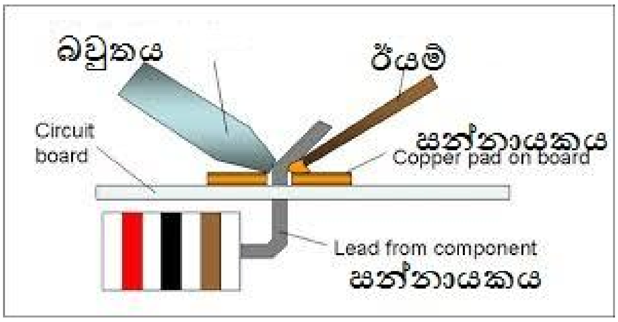
දැන් පෑස්සීමට බවුතය සූදානම්ය. පාස්සන විදිය ගැන දැන් බලමු. කිසිවිටක සෝල්ඩර් වයර් එක බිට් එක මත තබා ඊයම් තලියක් (ගුලියක්) බිට් එකට ගෙන (පහත රූපයේ දැක්වෙන පරිදි), එම ඊයම් ගුලිය පෑස්සිය යුතු තැනට තැන්පත් කිරීම නොකරන්න. ඇත්තටම, එලෙස පෑස්සීම කිසිසේත් සුදුසු නැතිවාක් පමණක් නොව, එලෙස පෑස්සීමම ඉතා අපහසුය. ඊට හේතු දෙකක් තිබේ.

එක හේතුවක් නම්, මා මුලදිත් පැවසුවා සෝල්ඩර් වයර් තුළ ෆ්ලක්ස් තිබෙන බව (ෆ්ලක්ස් ගැන මා ඉහතකදී ඉතා හොඳින් විස්තර කළා.). මෙලෙස බිට් එක මතට පළමුව ඊයම් ගුලිය ගන්නා විට, එම ෆ්ලක්ස් ගලා යන්නේ බිට් එකට මිස පාස්සන සන්නායක කොටස මතට නොවේ. එවිට, ෆ්ලක්ස්වලින් සිදු කිරීමට තිබූ රාජකාරිය සිදු නොවේ.

දෙවැනි හේතුව නම්, පාස්සනවා යනු ඊයම් ගුලි සන්නායක දෙකක් මත නිකම්ම තැබීමක් ("ඇලවීමක්") නොවේ. යම් සන්නායකයක් මතට සොල්ඩර් තබන විට, එම සෝල්ඩර් එම සන්නායකය සමග යම් රසායනික සම්බන්ධයක් ගොඩ නැගිය යුතුය. එය සිදුවන්නේ ඊයම් සේම එම සන්නායකයත් හොඳින් රත් වී ඇත්නම් පමණයි. එනිසා, ඊයම් ගුලිය පමණක් රත් වීම ප්‍රමාණවත් නැත. එලෙස රත් වූ ඊයම් ගුලයක් සන්නායක් මතට අත් හැරීමෙන් මෙම රසායනික සම්බන්ධය ඇති නොවන බව සිහිතබා ගන්න. එලෙස රසායනිකව ඊයම් සන්නායකය සමග සම්බන්ධ නොවූ විට, එය නිකම්ම ගම්වලින් ඇලෙව්වාක් බඳු වේ. මතුපිටින් ඔබට හොඳට පෑස්සී තිබෙනවා සේ පෙනුනත් සත්‍ය ලෙස එතැන නියම පෑස්සීමක් සිදු වී නැත. මෙවැනි පෑස්සීමක් **ඩ්‍රයිසෝල්ඩර් (dry solder)** යන නමින් හැඳින් වේ. ඩ්‍රයිසෝල්ඩර් ජොයින්ට් එකක් පහසුවෙන් ගැලවී යයි. එනම්, යම් පීඩනයක් එම ඊයම් ගුලියට ලබා දුන් විට, එය ගැලවී යයි. සමහර විට ගැස්සීමකදී වුවද එය ගැලවී යයි. එලෙස ගැලවී යන ඊයම් කොටස් (ගුලි) සමහරවිට සර්කිට් එකේ වෙනත් තැනක ෂෝට් වීම්ද ඇති කළ හැකිය. බොහෝ විට ඩ්‍රයිසෝල්ඩර් ජොයින්ට් හඳුනාගත හැකිය. සමහරවිට එවැනි ජොයින්ට්ස් ඉරිතැලී පවතී. නැතහොත් බොහොම අක්‍රමවත් හා කැතට ඒවා පෙනේ. සමහරවිට ඊයම් යොදපු තැන ඊයම් ගුලියක් සේ දිස් වේ.



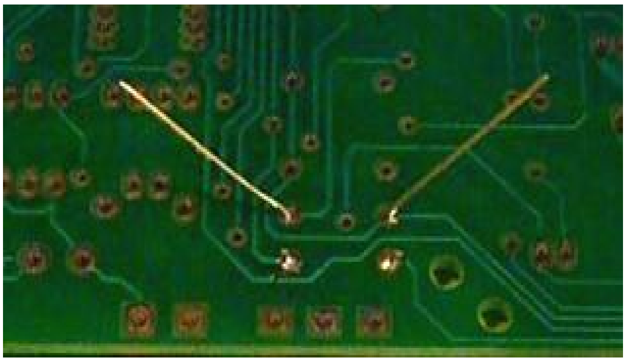
ඉහත ක්‍රමය වැරදි නම්, නිවැරදි ක්‍රමය කුමක්ද? එකට පැස්සිය යුතු සන්නායකය හෝ සන්නායක කිහිපය මත පළමුව බවුතය මොහොතක් තබන්න. එවිට, සන්නායක (හෝ සන්නායක කිහිපය) රත්වනු ඇත. තබාගත යුතු කාලය සන්නායකයේ විශාලත්වය හා බවුතයේ වොට් ගණන අනුව තීරණය වේ. වොට් ගණන වැඩි නම් අඩු කාලයක් තබන්න. ඒවගේමයි, සන්නායකය විශාල නම් වැඩි කාලයක් බවුතය තබා සිටින්න. (මෙලෙස තබා සිටිය යුතු කාලය ටික කළකින් ඉවෙන් මෙන් ඔබට තේරෙනවා.) දැන් සෝල්ඩර් වයර් එක සන්නායකයත් බවුතයේ බිට් එකත් යන දෙකම තිබෙන තැනට ස්පර්ශ කරන්න. බවුතයේ බිට් එක මතට පමණක් ඊයම් වයරය තබන්න එපා. බිට් එක හා සන්නායක දෙකම තිබෙන තැනටම එය තබන්න.



සන්නායක කොටස් හොඳින් රත් වී තිබෙන නිසා, ඉබේම ලස්සනට ඊයම් වයරය උණු වී සන්නායක කොටස නැහැවී යයි. (සන්නායක කොටස් අවශ්‍ය ප්‍රමාණයට රත් වී නොමැති නම්, මෙලෙස ඊයම් නැහැවී යන ආකාරයට ගලා නොගොස් ඩ්‍රයිසොල්ඩර් රූපවල පෙනුනු ආකාරයට බෝල හෝ අක්‍රමවත් කැත ස්වරූපයෙන් තැන්පත් වේ. එවිට එය ඩ්‍රයිසොල්ඩර් එකකි.) මෙලෙස ඊයම්වලින් සන්නායක කොටස් නැහැවී යන්නට මොහොතකට පෙර ෆ්ලක්ස්වලින් එම කොටස් නැහැවී ගොස් ඔක්සයිඩ ඉවත් කරයි. අවශ්‍ය ප්‍රමාණයට පැස්සුනාට පසුව පළමුව ඊයම් කැබැල්ල ඉවතට ගෙන දෙවනුව බවුතය ඉවතට ගත යුතුය. බවුතය ඉවතට ගෙන ඉන්පසු ඊයම් කැබැල්ල ඉවත් කරන්නට ගියොත් ඊයම් කැබැල්ල එම පාස්සපු සන්ධියට ඇලවී තිබීමට පුළුවන් (මක්නිසාද යත් ඊයම් ක්ෂණයෙන් “ගල් වේ”.) බැරිවෙලාවත් එලෙස ඊයම් වයරය ඇලවුණොත් එය අදින්නට යන්න එපා. නැවත බවුතය සන්ධිය වෙත ස්පර්ශ කරන්න. එවිට සෝල්ඩර් වයරය බුරුල් වනු ඇත.

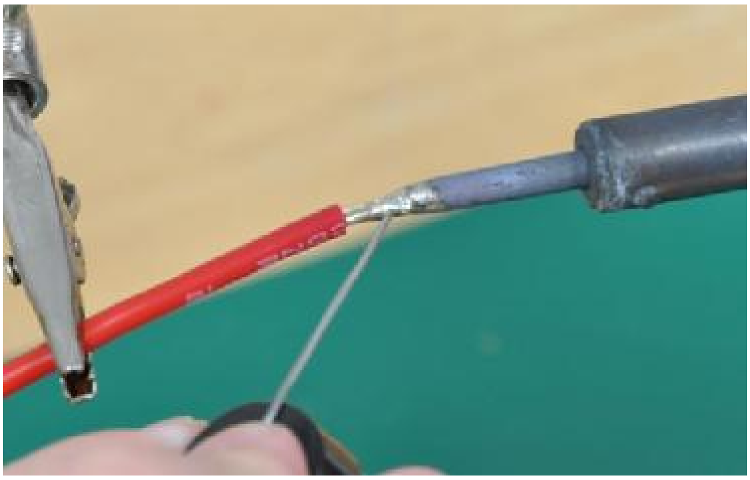
නිවැරදිව පෑස්සූ විට ඉහත රූපයේ ආකාරයට ත්‍රිකෝණාකාරයට එම ඊයම් රැඳෙනු ඇත. අනවශ්‍ය ප්‍රමාණයට වැඩිපුර ඊයම් යොදන්නත් එපා. එවිට පහත ආකාරයට බෝලයක් සේ ඊයම් ඉතිරි වේ. සිහින් ඊයම් වයර් භාවිතා කරන්නේ නම් ඉහත පෑස්සුම කදිමට සිදු වේ. අඩුවෙන් ඊයම් යොදන්නත් එපා. එවිටද පෑස්සුම හරිහැටි සිදු නොවේ. ඔබට ඉබේම අවශ්‍ය ප්‍රමාණය තේරේවි. ඉහත ආකාරයට ලස්සන ත්‍රිකෝණාකාර පෙනුමක් සහිත ජොයින්ට් එකක් ලබා ගන්නට උත්සහ කරන්න.

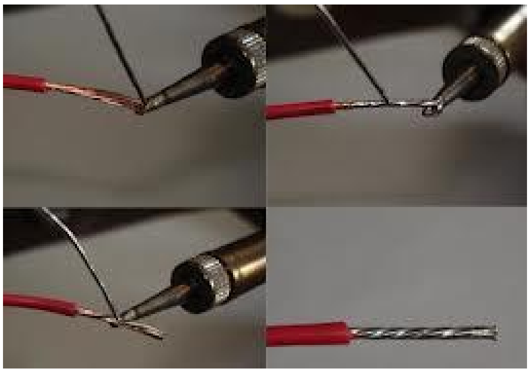
හෝල්-තෲ (එනම්, SMD නොවන) උපාංගවලට දිගු පින් ඇත. ඒවා සර්කිට් බෝඩ් එකේ සිදුරු තුලින් යැවිය යුතුය. එලෙස සිදුරු තුලින් යවන විට, ඔබට කැමැති උසකින් උපාංගය රඳවා ගත හැකිය. ඔබට ඇත්තේ අත් දෙකකි. එක අතකින් බවුතයක් තවත් අතකින් ඊයම්ද අල්ලා සිටිය යුතු නිසා, උපාංගය අවශ්‍ය උසින් යුතුව රඳවා තබා ගැනීමට නම් (තවත් කෙනෙකුගේ සහය නැතිව) ඒ සඳහා යම් උපක්‍රමයක් යෙදිය යුතුය. යම් උපාංගයක් රැඳවිය යුතු උස නිශ්චය කර, එම උපාංගයේ කූරු ඇඟිලිවලින් හෝ උල් අඩුවෙන් දෙපැත්තට විහිදින සේ නමන්න (splay). එවිට උපාංගය පහලට රූටා වැටෙන්නේ නැත.



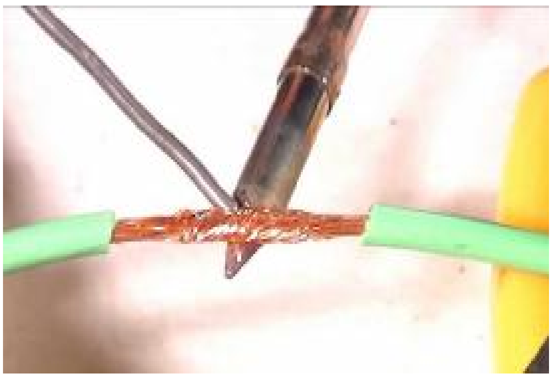
එහෙත් හැකි පමණ උපාංගය පහතින් රඳවන්න (එනම්, පාස්සනු ලබන උපාංගය බෝඩ් එකට හැකි තරම් ආසන්නව තබන්න). එමගින් පරිපථය සිහින් වෙනවා පමණක් නොව; කූරු උස වැඩි වන්නට වැඩි වන්නට ඉන් වැඩිපුර ඇති කූරු නිසා අමතරව අනවශ්‍ය ප්‍රතිරෝධයක්ද ඇති වෙනවා. එනිසා, ඉහත කියූ පරිදි එම කූරු පාස්සා, සයිඩ් කටරයකින් වැඩි පුර ඇති කූරු කොටස් කපා දමන්න. මෙම කැපීම තියුණු කටරයකින් කළ යුතුය. නැතිනම්, මොට්ට කටරයකින් කපන විට පෑස්සූ උපාංගය අනවශ්‍ය (එහාට මෙහාට) චලනයන් සිදු වී පරිපථයට හානි විය හැකියි. ඉහත රූපයේම පින් නොකපා ඇති එකකුත් කපා ඇති අවස්ථාවකුත් යන දෙකම පැහැදිලිවම දැකිය හැකියි.

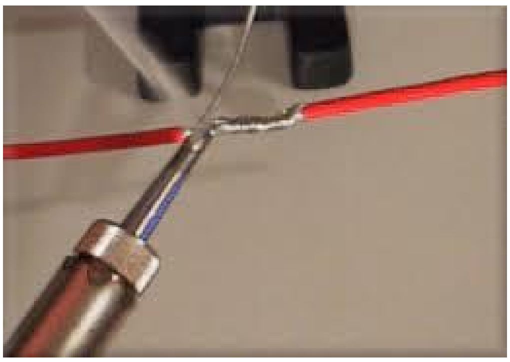
සාමාන්‍යයෙන් වයර් එකක් එලෙස පාස්සන්නට පෙර එම වයර් එකේ අග්‍රයට පළමුව යම් ඊයම් ප්‍රමාණයක් තවරා ගැනේ. (එය කරන්නේ මෙසේය. පරිවාරකය ඉවත් කළ කම්බි අග්‍රය යටින් බිට් එක තබා රත් කරන්න. දැන් ඊයම් කැබැල්ලක් රත් වූ කම්බිය මත අතුල්ලන්න.) මෙය හැඳින්වෙන්නේ “වයරය ටින් කරනවා” (බිට් එක ටින් කිරීම මීට පෙර කතා කළ මතකද?) යනුවෙනි. එවිට, මෙම වයරය තව සන්නායකයකට පාස්සන විට මෙලෙස තවරාගත් ඊයම් නිසා ඉතා පහසුවෙන් පෑස්සේ. ඔබ ගාව ෆ්ලක්ස් ඇත් නම්, වයරයේ අග්‍රය එහි වරක් ඔබා ෆ්ලක්ස් තවරා ගන්න. එයින් හොඳ පෑස්සීමක් කළ හැකියි.





ඉහත පෙන්නුවේ වයර් එකක් (සන්නායක කම්බියක්) පැතිලි සන්නායකයක් (උදාහරණයක් ලෙස සර්කිට් බෝඩ් එකක්) මත පාස්සන ආකාරයයි. සර්කිට් සාදන විට බහුලවම කිරීමට සිදු වන්නේ එයයි. එනම්, රෙසිස්ටර්, ට්‍රාන්සිස්ටර්, වයර් ආදි කම්බි/පින් බෝඩ් එකට පෑස්සීමයි. දැන් බලමු වයර් දෙකක් එකට පාස්සන අයුරු. මෙහිදී මීට පෙර අවස්ථාවක සඳහන් කළ එක් සුදුසු ආකාරයකින් කම්බි දෙක එකිනෙකට සම්බන්ධ කළ යුතුය. දැන් බවුතයේ බිට් එක එම ජොයින්ට් එක යටින් සුළු වෙලාවක් තබාගෙන එම සන්ධිය රත් කරන්න. ඉන්පසු ඊයම් කැබැල්ල එම රත් වූ සන්ධිය උඩින් තබන්න (බිට් එකට ගෑවෙන්නේ නැත.) කම්බිය හොඳින් රත් වී ඇති නම්, ඊයම් උණු වී මුළු සන්ධිය පුරාම පැතිරී නැහැවී ගොස් ලස්සන පෑස්සීමක් සිදු වේ.

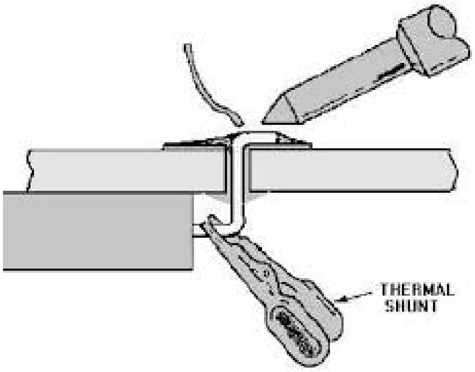




මතක තබා ගත යුතු කාරණය නම්, පාස්සන සන්නායක හැමවිටම බිට් එක තබා රත් කළ යුතු අතර, ඊයම් තබන්නේ එම සන්නායක මතට මිස බිට් එක මතට නොවන බවයි. තවද, ඔබ ගාව ෆ්ලක්ස් ඇත් නම්, වයර් දෙක

අමුණා එම සන්ධියට ෆ්ලක්ස් ටිකක් අතුල්ලන්න. දැන් පෙර කියූ සේ ඊයම් යොදා පාස්සන විට, ඉතා ලස්සනට හා ඉක්මනට පෑස්සේ.

සමහර සංවේදී හෝ සියුම් උපාංගවලට බවුතයෙන් පිටවන තාපය ගමන් කර එම උපාංග පිලිස්සී යෑමට පුළුවන්. එවන් විටක, උපාංගයේ පින් ඔස්සේ උපාංගය තුළට තාපය ගමන් කිරීම අඩු කිරීමට උපක්‍රමයක් යෙදිය යුතුය. පහත රූපයේ දැක්වෙන ආකාරයට යම් ලෝහ ක්ලිප් (thermal shunt) එකක් ගැසිය හැකියි පාස්සන්නට පෙර. එවිට, පින් එක ඔස්සේ ගමන් කරන තාපය ලෝහ ක්ලිප් එක විසින්ද උරා ගන්නා බැවින්, උපාංගය තුළට ගමන් කරන්නේ අඩු තාපයක් නිසා එය විනාශ වීම වලකිනවා. උපාංගය සියුම් වුවත් නැතත් වැඩි කාලයක් බවුතයක් උපාංගයක පින්වලට ස්පර්ශ කරගෙන සිටීම යෝග්‍ය නැත.

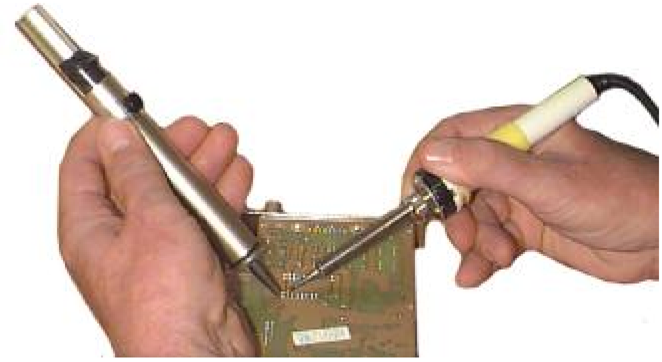


සන්නායක නොවන දෙයක් මතට ඊයම් තැන්පත් කිරීම කළ නොහැකිය. එවැනි අවස්ථාවකදී යම් උපක්‍රමයක් භාවිතා කළ හැකිය. එනම්, සිහින් තඹ (හෝ වෙනත් සන්නායක) තහඩුවක් ගෙන, ඉන් අවශ්‍ය හැඩයට හා ප්‍රමාණයට කොටස් කතුරකින් කපාගෙන හොඳ ගම්වර්ගයකින් (වීදුරු හෝ ලී හෝ) සන්නායක නොවන පුවරුව මත පළමුව අලවා ගන්න. ඉන්පසු එම සන්නායක කොටස් මතට ඊයම් “ඩොට්” තැබිය හැකිය. නැතිනම්, එලෙස කපා ගත් ලෝහ කැබැලි මත වයර් හෝ උපාංගය අග්‍ර පළමුව පාස්සාගෙන, ඉන්පසු එම ලෝහ කැබැලි පුවරුව මත අලවා ගැනීමද කළ හැකියි.

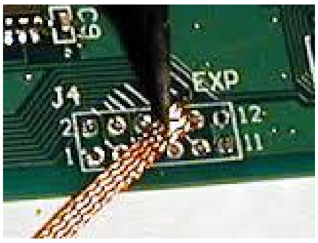
බවුතයකින් වැඩ ගෙන අවසන් වුණු වහාම එය විදුලියෙන් විසන්ධි කර එය කූල් වන තෙක් වෙනත් දෙයක නොගැටෙන සේ තැබිය යුතුය. කැමැති නම්, බවුතයෙන් වැඩ අරන් ඉවර වුණාට පසු, එහි බිට් එක වටේට ඊයම් තවරන්න (අර බිට් එක ටින් කරපු විදියටම). එම ඊයම් ගසා ඉවත් නොකර බිට් එකේම රඳවා තබා බවුතය ඕෆ් කරන්න. මෙමගින් බිට් එක අපිරිසිදු වීම වැලකී යයි. ඊළඟ පාර බවුතය ඔන් කරන විට, එම ඊයම් ඉබේම උණු වී යන විට, එය ගසා ඉවත් කරන්න.

පාස්සපු උපාංග, වයර් ආදිය නැවත ගැලවීමට සිදු වේ. පි වුණු කොටස් ඉවත් කිරීමේදී, වැරදියට පාස්සපු ඒවා ඉවත් කිරීමේදි මෙය කිරීමට සිදු වේ. තවද, ඩ්‍රයිසොල්ඩර් ඉවත් කිරීමටද සිදු වේ. මෙය desolder කරනවා යනුවෙන් හැඳින් වේ. (desolder යන ඉංග්‍රිසි වදනේ තේරුම solder යන්නට විරුද්ධ තේරුම වේ.) මෙය දෙයාකාරයකට සිදු කළ හැකිය. පළමු ආකාරය වන්නේ ඩිසොල්ඩර් පම්ප් එකක් භාවිතා කිරීමයි.

මෙහි අග සිහින් බටයක් ඇත. එය තාපයට ඔරොත්තු දෙන ප්ලාස්ටික් වර්ගයකින් සාදා ඇත. එහි අනෙක් කෙළවර ඇත්තේ ඇඟිල්ලෙන් (මාපොට ඇඟිල්ලෙන්) තද කළ හැකි පිස්ටනයක් වැනි කොටසකි. මෙය ස්ප්‍රින් එකකට සවි කර ඇත. එය පහතට තද කළ විට ලොක් වේ. එම ලොක් එක රිලීස් කිරීමට පොඩි බටන් එකක් ඇත. එය එබූ විට, එකවරම අර පිස්ටන් කොටස පස්සට ගමන් කරයි. මෙම ක්‍රියාව නිසා අනෙක් කෙළවර ඇති සිහින් බටය තුළින් එකවර ඇතුළට ඇද ගැනීමේ ක්‍රියාවක් (suction) සිදු වේ. මෙම උපකරණයේ ප්‍රධාන ක්‍රියාකාරිත්වයත් මෙම සක්ෂන් එකයි. දැන් ඔබ කළ යුත්තේ මෙයයි. රත් වූ බවුතයක් ගෙන ඉවත් කළ යුතු ඊයම් උඩින් තබන්න. දැන් ඊයම් උණුවනු ඇත. එවිට, පිස්ටන් එක පහතට ඔබපු පම්ප් එකේ සිහින් බටයේ කට මෙම උණු වූ ඊයම් අසලින් තබා බටන් එක ඔබන්න. උණු වූ ඊයම් පම්ප් එක තුළට ඇද ගනු ඇත. බොහෝ මීට මෙය කිහිප වතාවක් සිදු කිරීමට සිදු වේ. ඇතුළට ඇදගත් ඊයම් පිස්ටනය නැවත එබීමෙන් ඉවත් කළ හැකිය.



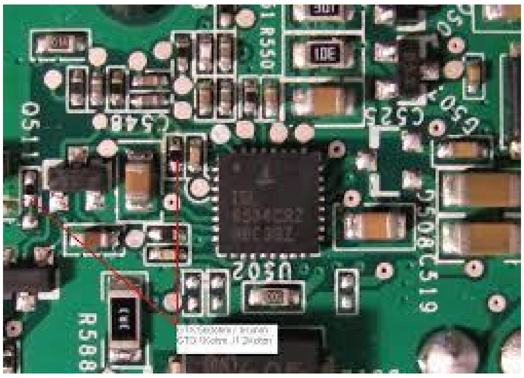
ඊයම් ඉවත් කරන අනෙක් ක්‍රමය සඳහා desoldering wick නමින් හැඳින්වෙන් පටියක් යොදාගත යුතුය. (පහත රූපය බලන්න.) මෙහිදී කෙරෙන්නේ වික් එකේ කොටසක් ඉවත් කළ යුතු ඊයම් උඩින් තබා බවුතයෙ බිට් එක එම වික් කොටස උඩින් තැබීමයි. එවිට, වික් එක හරහා යට ඇති ඊයම් උණු වී වික් එකට උරා ගනී.

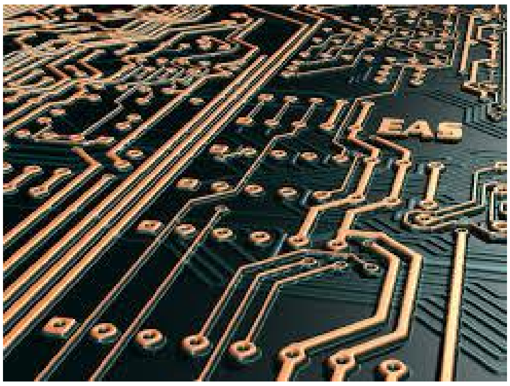


SMD උපාංග පෑස්සීමට හොට්ගන් භාවිතාවන බව මා පැවසුවා. ඒ ගැන පසුවට විස්තර කරනවා. හොට්ගන් එකක් නැතිනම්, බවුතයකින් වුවද එය (අමාරුවෙන්) කළ හැකියි.

සර්කිට් බෝඩ්

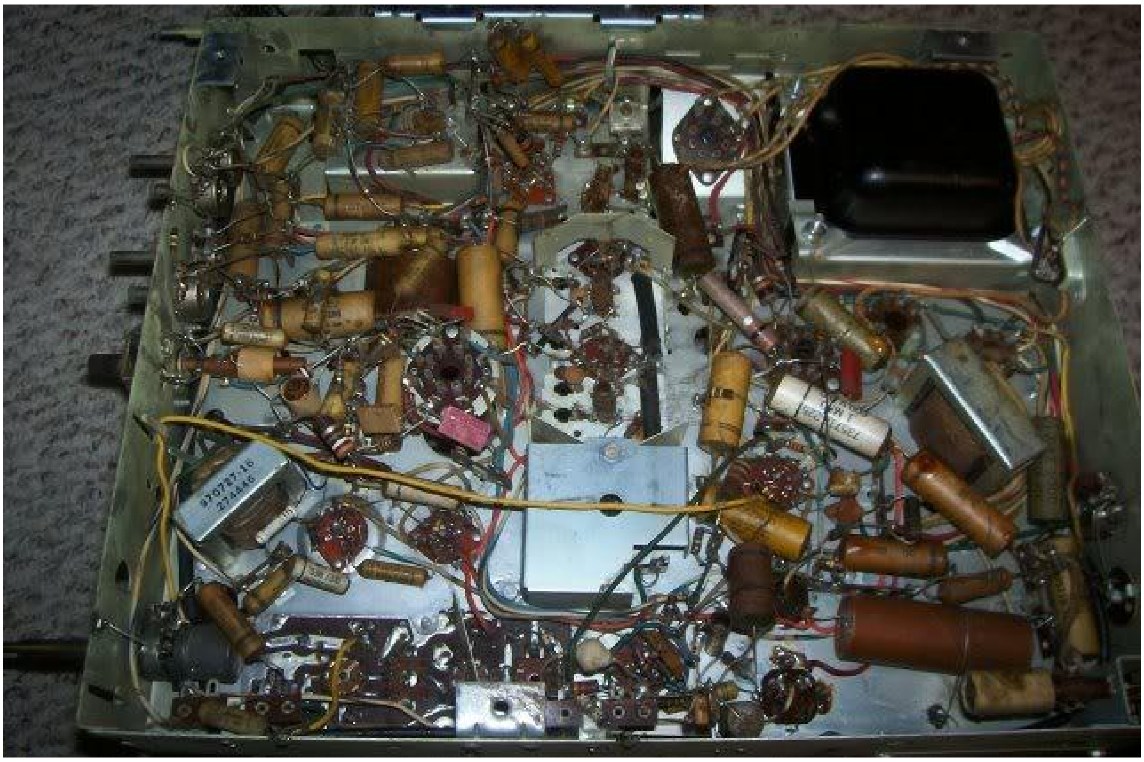
ඔබ දකින හා නිර්මාණය කරන සෑම පරිපථයක්ම යම් කිසි ආකාරයක පුවරුවක් (board) මත සාදා ඇති අතර පොදුවේ circuit board ලෙස එම පුවරුවට කියනවා. අද කර්මාන්තශාලාවලින් සාදා වෙළඳපොලට එන සෑම උපකරණයකම පරිපථ එන්නේ PCB (Printed Circuit Board) ලෙස හැඳින්වෙන බෝඩයක් මතය.





මෙය මූලික වශයෙන් විශේෂ පරිවාරක ද්‍රව්‍යයක් මත විදුලිය ගමන් කරවීමට සෑදූ තඹ සන්නායක කොටස් (පුවරුව මත රේඛා සේ මේවා දිස් වේ.) සහිත පුවරුවකි. මෙහි තඹ කොටස් හරියට බෝඩ් එක මත ප්‍රින්ට් කර ඇති සේ පෙනෙන නිසයි ප්‍රින්ටඩ් සර්කිට් බෝඩ් හෙවත් පීසීබී යන නම ලැබී ඇත්තෙත්. මෙම “තඹ රේඛාවලට” ප්‍රින්ට්ස් (prints) කියා කියනවා. සාමාන්‍යයෙන් වයර් වෙනුවට ඇති මෙම තඹ ප්‍රින්ට්ස් ඔස්සේ විදුලිය ගමන් කරනවා.

දෙවන ලෝක යුද්ධ කාලේදීයි (එකදහස් නවසිය හතලිස් ගණන්වල) ප්‍රථම වරට පීසීබී ක්‍රමය හඳුන්වා දී තිබෙන්නේ. ඊට පෙර තිබුණේ සෑම උපාංගයක්ම වයර්වලින් එකිනෙකට පාස්සා “නූඩ්ල්ස්” ගොඩක් සේ එක අවුල් ජාලයක් සේ දිස්වන අයුරින් සැකසූ පරිපථයි.

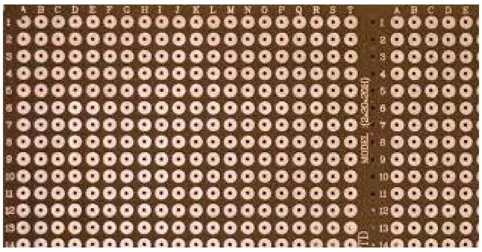
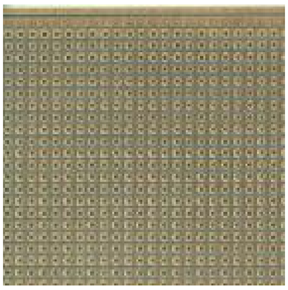
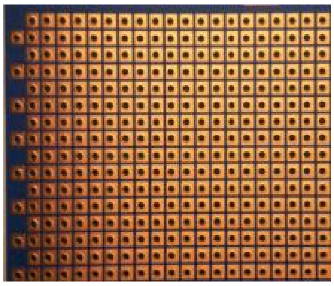


මෙවැනි පරිපථ සෑදීමද හිසරදයකි. වයර් පැටලී දකින කොටත් හිසරදය ඇතිවන ආකාරය ඉහත රූපය බැලූ විට ඔබටද පෙනී යයි. වැරදියට පෑස්සීම නිතර සිදු වුණා. සෑම පෑස්සීමක්ම මනුෂ්‍යයකු විසින්ම කළ යුතු වුණා. ඒ විතරක් නොවේ, එලෙස සකස් කළ උපකරණයක යම් දෝෂයක් නිසා එය සෑදීමේදී ලෙඩේ සොයා ගැනීමද ඉතා අසීරු වූවා මක්නිසාද වයර් පහසුවෙන්ම පැටලෙන නිසාත්, ඔබ කොලයක ලස්සනට දකින පරිපථ සටහන

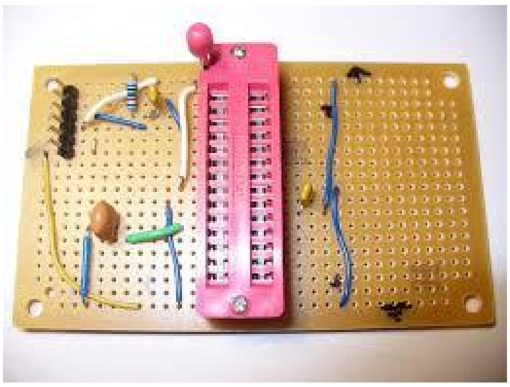
ප්‍රායෝගිකව මෙවැනි අවුල්සහගත පරිපථයකින් දැකිය නොහැකි නිසා. ඉතිං එම ප්‍රශ්න සියල්ලටම විසඳුමක් ලෙසයි පීසීබී තාක්ෂණය හඳුන්වා දුන්නේ. කොලයේ ලස්සනට ඇඹිල්ල තබාගෙන පරිපථය ඔස්සේ සංඥා ගමන් කරන ආකාරය හා දිශාව පහසුවෙන් සෙවිය හැකි ආකාරයටම දැන් පීසීබී එකේ ප්‍රින්ට් ඔස්සේ එම සංඥා ගමන් කරන ගමන් මග සොයා ගත හැකියි. එමගින් කිසිදු පැටලීමකින් තොරව දෝස සොයා (troubleshoot) ඒවා නිවැරදි කළ හැකියි. එවිතරක් නොවේ, මනුෂ්‍යයන් විසින් කළ පැස්සීම් රොබෝ අත්වලට පැවරිය හැකි වුණා. එමගින් මිනිසුන් සිය දහස් ගණනක් විසින් කරන පැස්සීම් ප්‍රමාණයක් එක් රොබෝ අතකට කළ හැකි වූවා. SMT තාක්ෂණය සොයාගත්තෙත් මෙම පීසීබී තාක්ෂණයේ අතුරු ඵලයක් වශයෙන්ය. නිෂ්පාදනය ඉහළ ගොස් නිෂ්පාදන වියදම පහත ගියා. එනිසා උපකරණ මිළද පහත ගියා. සංකීර්ණ පරිපථ නිර්මාණයද පහසු වූවා. බැලූ බැල්මට ඔබටද පෙනෙනවා පීසීබී පරිපථ හුරුබුහුටියි කියා.

කර්මාන්තශාලාවල පීසීබී එක මෙන්ම එය මත උපාංග පැස්සීමද බොහෝ විට සිදුවන්නේ ස්වයංක්‍රියවයි. එහෙත් සාමාන්‍ය ඔබට අපට වුවත් කර්මාන්තශාලාවල පවතින ඉහළ තාක්ෂණ පහසුකම් නැතිවත් පහසුවෙන් පීසීබී සෑදිය හැකියි. (මෙම අවස්ථාවේදී මා එය කියා දෙන්නේ නැහැ පසු පොතක එය සඳහන්වන නිසා.)

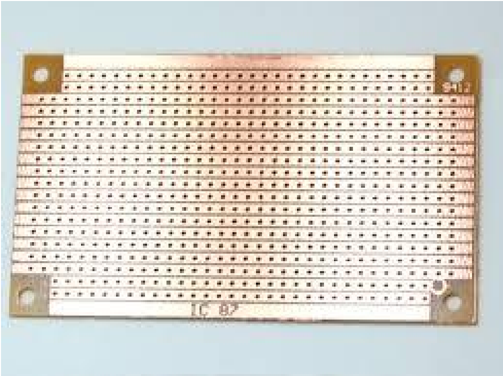
සමහරුන්ට පීසීබී සමග පරිපථ සෑදීමට උනන්දුවක් නැත. ඒ අය වෙනත් ආකාරයේ පුවරු භාවිතා කරනවා. බොහෝවිට විනෝදාංශයක් ලෙස පරිපථ සාදන අය මෙය සිදු කරනවා. පහත දැක්වෙන්නේ එවැනි පුවරු විශේෂයක්. පර්ෆ්බෝඩ් (Perfboard) ලෙස මෙය හැඳින් වෙනවා.

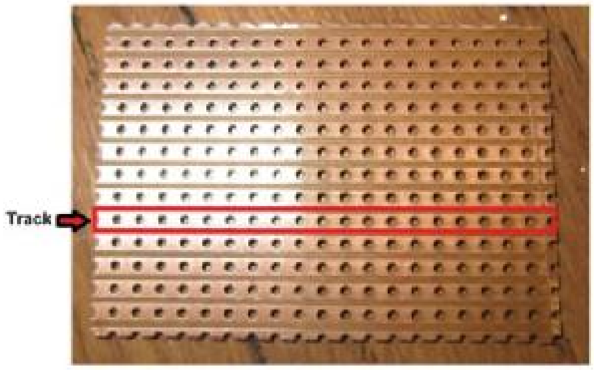




මෙහිදි යම් පරිවාරක ලැල්ලක් මත විධිමත්ම ළඟින් ළඟින් පිහිටි “පෑඩ්” (pad) නමින් හැඳින්වෙන තඹ ඩොට් (රවුම් හෝ හතරැස් හැඩයට) ඇත. ඒ සෑම ඩොට් එකක් මැදම සිදුරක් බැගින්ද ඇත. උපාංගයක ඇති පින් යාබද සිදුරු තුළින් බස්සා තඹ ඩොට් මතට පැස්සිය හැකියි. මේ කිසිදු ඩොට් එකක් එකිනෙකට සම්බන්ධ නැති බව ඔබට පේනවා. එමනිසා, උපාංග අතර සම්බන්ධ ඇති කරන්නේ සර්කිට් වයර් මගිනි. මෙයද ඉතා ඉක්මනින් පහසුවෙන් හා ලස්සනට පරිපථ සෑදීමට ඇති ක්‍රමයක් බව පෙනෙවා.

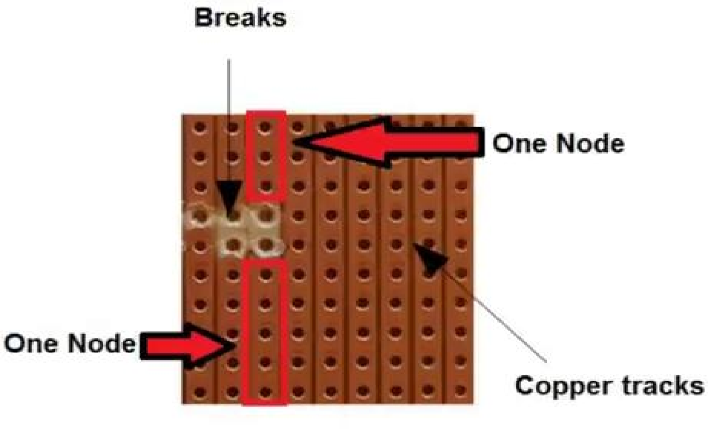


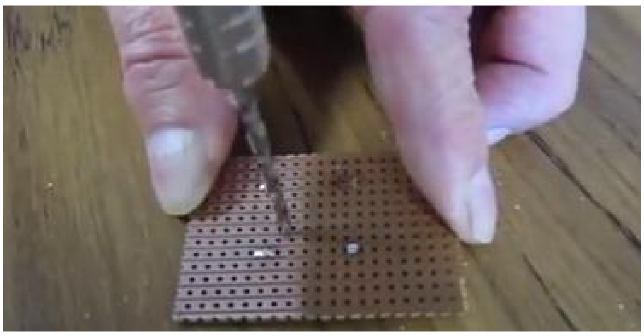
පර්ෆ්බෝඩ් වැනිම තවත් ප්‍රචලිත බෝඩ් වර්ගයක් තමයි වේරෝබෝඩ් (Veroboard) කියන්නේ. මෙම බෝඩ්වල තනි තනි තඹ ඩොට් වෙනුවට ඇත්තේ තඹ තීරුය (strip). එමනිසා stripboard ලෙසද මේවා හැඳින්වෙනවා. මේ එක් එක් තීරුවක් node හෝ track එකක් ලෙසද හැඳින්වෙනවා. පර්ෆ්බෝඩ්වල මෙන්ම මෙහිද සිදුරු තිබෙනවා.





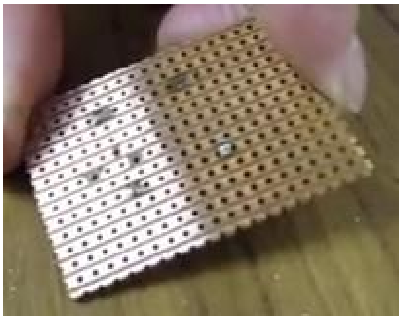
මෙහි එක් තීරුවක් තනි සන්නායකයකි. එනම්, එක් තීරුවක සිදුරු සියල්ල එකිනෙකට විද්‍යුත් වශයෙන් සම්බන්ධව පවතිනවා. ඔබට අවශ්‍ය නම්, ඕනෑම තීරුවක් සූරා දමා මෙම තනි තීරු කොටස් කළ හැකියි (break). සීරීමට තියුණු තුඩක් භාවිතා කළ හැකිය. තවද, වේරෝබෝඩ් මෙලෙස අවශ්‍ය තැන් වලින් සූරා දැමීමට stripboard cutter ලෙස හැඳින්වෙන වෙනමම සරල උපකරණයක්ද (පහත රූපයක දැක්වෙන පරිදි) ඇත. මෙහිදී කළ යුත්තේ මෙහි තුඩ සිදුරක් තුළට දමා (ඉස්කුරුප්පු නියනක් කරකවන ආකාරයට) කැරකැවීමයි. එවිට, එම සිදුර වටා ඇති තඹ කොටස් ගැලවී යයි. මේ වැඩේම ඩ්‍රිල් එකක් ආධාරයෙන්ද කළ හැකියි. එනම්, බෝඩ් එකේ සිදුරට වඩා විශාල ඩ්‍රිල් බිට් එකක් (3mm සයිස් බිට් එකක්) දමා, යාන්තමට ඩ්‍රිල් එක කරකවන්න තඹ පතුරු ගැලවී යන තෙක්. පර්ෆ්බෝඩ් මෙන් නොව මේවායේ දිග තඹ තීරු පවතින නිසා, උපාංග සම්බන්ධ කිරීමේදී වයර් අවශ්‍ය වන්නේ අඩුවෙනි.





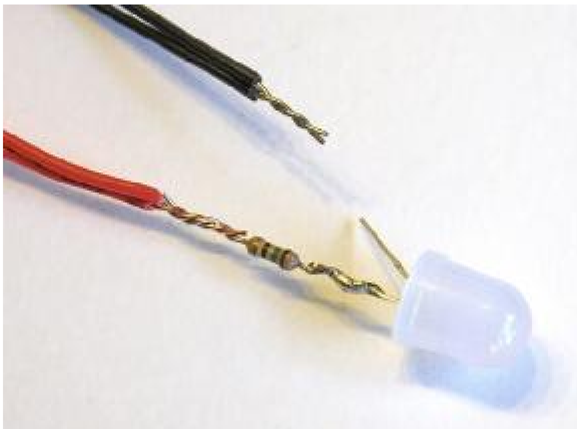
පර්ෆ්බෝඩ් වේවා වේරෝබෝඩ් වේවා, මෙම බෝඩ්වල තඹ මලබැඳීමට ලක් වේ. එමනිසා, එම බෝඩ් එකකට උපාංග පෑස්සීමට පෙර මෙම මලකඩ (ඔක්සයිඩ්) ඉවත් කළ යුතුය. ඉතා සිනිඳු වැලිකඩදාසියකින් තඹ කොටස්

දිලිසෙන තෙක් සෙමින් බෝඩ් එක ඇතිල්ලිය හැකිය (අත තද කර අතුල්ලන්න එපා; එවිට, මලකඩ පමණක් නොව තඹද සූරා දැමේ.) පහත දැක්වෙන්නේ බෝඩ් එකේ එක පැත්තක් මලකඩ කෑ විට පෙනෙන අයුරුත් අනෙක් පැත්තේ මලකඩ ඉවත කළ විට දිලිසෙමින් පෙනන අයුරුත්ය. වැලිකඩදාසි වෙනුවට විශේෂ රබර් වැනි ද්‍රව්‍යයකින් සෑදූ ස්කොරින් පෑඩ් (scouring pad) යනුවෙන් (පහත රූපයක පෙන්වා ඇති) හැඳින්වෙන අතුල්ලන මුඩ්ඩක් භාවිතා කිරීම තවත් හොඳය (මින් තඹ කොටස් ඉවත් නොවී මලකඩ පමණක් ඉවත් වේ).



මෙම බෝඩ්වලද විවිධ වෙනස්කම් සහිතව වෙළඳපොලේ ඇත. සාමාන්‍යයෙන් ඉහත බෝඩ්වල සිදුරු අතර දුර අඟල් 0.1 වේ. එහෙත් වෙනස් ප්‍රමාණවලින් යුතු පරතරයන්ද ඇත. මේ හැර තවත් බෝඩ් වර්ගද ඇත. මේ සියලු බෝඩ් circuit prototype boards ලෙස පොදුවේ හැඳින් වේ. (ප්‍රොටෝටයිප් යන්නෙහි සිංහල තේරුම වන්නේ යම් දෙයක් චෙක් කිරීමට හෝ ප්‍රථම වතාවට සෑදීමේදී ආකෘතිය යන්නයි. “මූල ආකෘතිය”.)

ඉහත ආකාරයේ බෝඩ් නැතිව නිකංම වයර්, උපාංගවල පින්වලට සම්බන්ධ කර සර්කිට් සෑදිය හැකියි. පැහැදිලිවම මෙම ක්‍රමය සංකීර්ණ හා උසස් වර්ගයේ සර්කිට් සඳහා සුදුසු නැත. එහෙත් සමහර අවස්ථාවලදී මෙම ක්‍රමයද ප්‍රයෝජනවත් වේ. උදාහරණයක් ලෙස, අවශ්‍ය බෝඩ් සොයා ගැනීමට නොහැකි හෝ ඊට වෙලාවක් නැති විටක මෙම ක්‍රමය නැතිවම බැරිය. සමහර සර්කිට්වල ඇත්තේ උපාංග කිහිපයක් පමණක් වන විටක, බෝඩ් අවශ්‍ය නැති වීමටද පුළුවන්. මෙහිදී වයර් උපාංගවල පින්වලට කෙලින්ම පෑස්සිය හැකියි. එලෙසම එක් උපාංගයක පින් සම්බන්ධ කළ යුතු අනෙක් උපාංගයේ පින්වලට කෙලින්ම පෑස්සිය හැකියි. (පීසීබී තාක්ෂණය එන්නට පෙර ඇත්තටම සියලු පරිපථ නිර්මාණය කළේ මේ ආකාරයට තමයි.) මෙහිදී පළමුව සන්නායක කොටස් අඹරා ගෙන ඉන්පසු ඊයම්වලින් පෑස්සිය යුතුයි. පරිපථය සාදා නිම කළ පසු එක් එක් කොටස් ගෑවී ෂෝට් වීමට ඇති ඉඩකඩ වැඩි නිසා, එසේ සිදු නොවීමට වගබලා ගත යුතුය. ටේප් හෝ මැලියම් යොදා අග්‍ර එහේ මෙහේ යන එක නතර කළ හැකියි (එමගින් ෂෝට් වීම් මග හැරිය හැකියි.)



තවද, පෑස්සීමක් සිදු නොකරද, ඉහත ආකාරයටම (සරල) සර්කිට් සෑදිය හැකියි. එහිදී, වයර් හා පින් අග්‍ර ඇඹරීම පමණක් සිදු කරයි. මෙය තාවකාලිකව කුඩා පරිපථ සෑදීමට පමණක් යොදාගන්න. පාස්සන්නේ නැතිවට,

ඉක්මනින් වයර් අග්‍ර හා පින් මලකා විදුලිය ගමන් කිරීමට බාධා ඇති වේ. එමනිසා, යම් යම් සරල පරිපථ ටෙස්ට් කිරීමට මෙය උචිතය.

යමක් පාස්සා අවසන් වූ පසු එම ජොයින්ට් හොඳට බලන්න. විශාල කර බලන කාචයකින් ඒවා පිරක්සන්න. ඔබ පාස්සන හැම ජොයින්ට් එකක්ම මෙලෙම පිරික්සීම අත්‍යාවශ්‍ය නැත. ඔබ පෑස්සූ ඒවා මෙන්ම වෙනත් අය පෑස්සූ ඒවා සමගද ඔබට වැඩ කිරීමට සිදු වෙනවා. එමනිසා, එම පෑස්සීම්වල ගුණාත්මක බව පිළිබඳ ඔබට සැක උපදවා ගත හැකියි. ඒවා මෙලෙස පරික්ෂා කරන්න, ඔබට අවශ්‍ය නම්.

සමහර පෑස්සීම්වලට ඊයම් අඩුවෙන් යොදා තිබෙනවා. එවැනි ජොයින්ට් දුටුවිට, එම ජොයින්ට් එකට බවුතය තබා රත් කර, එම ඊයම් උණු කර, අලුතින් තවත් ඊයම් එහි තබන්න. යම් ජොයින්ට් එකක් පෙනුමින් ඩ්‍රයිසෝල්ඩර් එකක් සේ පෙනේ නම්, එම ජොයින්ට් බවුතයකින් හොඳින් රත් කරන්න. එලෙස රත් කළ විට, ඉහතදී රූපයක පෙන්වා දී තිබූ ලෙසට කේතු ආකාරයට එම ඊයම් සකස් වූයේ නම් බොහෝ විට එම රත් කිරීම පමණක් ප්‍රමාණවත්ය (එලෙසට ඊයම් පෑස්සීම පෙනෙන්නේ පෑස්සීම හොඳින් සිදු වී ඇති විටය.) සමහර විට රත් කිරීමෙන් පසුද එලෙස හොඳ පෙනුමක් සහිත පෑස්සීමක් සිදු නොවේ නම්, එම ජොයින්ට් එකේ දැනට ඇති ඊයම් පළමුව සම්පූර්ණයෙන්ම ඉවත් කරන්න. ඉන්පසු ෆ්ලක්ස් ස්වල්පයක් තඹ පෑඩ් හා උපාංග කූරුවල ගල්වා අලුතින් නිවැරදි ක්‍රමයට පාස්සන්න (ෆ්ලක්ස් නැති නම්, නිකංම සාමාන්‍ය පරිදි පාස්සන්න). තවත් අවස්ථාවල ඔබ යමක් පාස්සන විට, ඊයම් යාබද ජොයින්ට් එකකටද ගලා ගොස් ෂෝට් විය හැකියි. විශේෂයෙන් ළඟින් ළඟින් පිහිටා ඇති අග්‍ර පාස්සන විට මෙය සිදු වේ. සිහින් ඊයම් කම්බි භාවිතා කිරීම මෙවැනි අවස්ථාවල උ තය. එලෙස අනෙක් අග්‍රවලට වැඩිපුර ගලා ගිය ඊයම් මත බවුතයේ බිට් එක තබා ඉවත් කරන්න. (ඊයම් සාමාන්‍යයෙන් "ඇලවෙන්නේ" වැඩියෙන් රත් වී ඇති සන්නායකය මතයි. එමනිසා, මෙලෙස බිට් එක ඊයම් මත තැබූ විට, එම ඊයම් බිට් එකට ඇලී එයි.) විශාල කරන කාචයකින්ද බලන්න.

පරිස්සම හා ආරක්ෂාව (Safety & Security)

ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් වැඩවලදී පමණක් නොව, අප එදිනෙදා කරන ඕනෑම කටයුත්තකදී ආරක්ෂාව හා පරිස්සම ගැන ඉතා සැලකිලිමත් විය යුතුය. යම් දෙයක් 999 වරක් හොඳින් සිදු කර 1000 වෙනි පාර වැරදී ගොස් ඉන් ඔබේ හෝ වෙනත් අයකුගේ ජීවිතයට කරදයක් ඇති කරයි නම් හෝ වෙනත් ආකාරයක විශාල පාඩුවක් කරයි නම්, අර 999 පාරම සාර්ථකව සිදු කරපු එකින්ද පලක් නැති වේ. එමනිසා, **තමන් දක්ෂ යැයි සිතා, තමන් ගැන අධිතක්සේරු කරගෙන යම් යම් දේ අනාරක්ෂිතව සිදු කරන්නා මොඩයෙකු බව සිහි තබා ගන්න.** අනතුරු සියයට සියයක්ම වැලැක්විය නොහැකි නමුත් නිසි ක්‍රම අනුගමනය කළොත් එය ඉතා අවම ප්‍රමාණයක් දක්වා අඩු කරන්නට හැකියාව තිබෙනවා. අප දැන් විදුලිය හා ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් සමග කටයුතු කරන නිසා, ඉන් ඇති විය හැකි අනතුරු හා ඒවා අවම කරගැනීම පිළිබඳ සොයා බලමු.

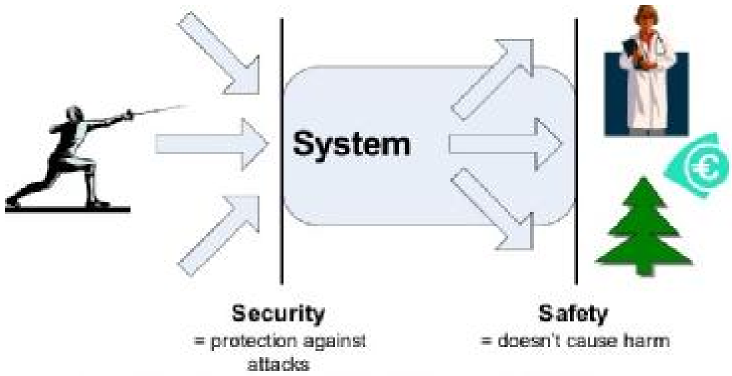
තමන්ටත්, තමන්ගේ දූදරුවන්, පවුලේ උදවිය, හා වෙනත් උදවියට මෙන්ම, ගෙදර සිටින සුරතල් සතුන්ටත් තමන්ගේ ක්‍රියාකරකම් නිසා යම් යම් අනතුරු සිදුවිය හැකිය. තමන්ට වුවත්, අනෙකුට වුවත් යම් බරපතල අනතුරක් තමන් හේතුකොට ගෙන සිදු වූවාට පසු එය ජීවිත කාලය පුරාවටම ඔබ පසුතැවීමෙන් යුතුව ජීවත් වීමට හේතුවක් වේ. එවිතරක් නොවේ, ඔබගේ වටිනා උපකරණ හා උපාංගද විනාශ වී යෑමට පුළුවන්. එනිසා ආරක්ෂාව හා පරිස්සම යනු මේ සියලුම කරුණු ගැන හොඳ සැලකිල්ලෙන් සොයා බලා නිවැරදි උපක්‍රම හා චර්යා ඇති කරගැනීමෙන් පමණක් ඇති කළ හැක්කකි.

පහත, මා යම් යම් ආරක්ෂිත උපකරණ හා උපාංග ගැන සඳහන් කරනවා. ඒ සෑම එකක්ම හොඳ උසස් තත්වයේ ඒවා විය යුතුය. ආරක්ෂාව සලසා ගැනීමට භාවිතා කරන දේ බාල දේවල් වුවොත් ඉන් ඇති වන්නේ තවත් අනතුරු පමණි. එමනිසා, **ප්‍රමිතියට ඇති විශ්වාසනීය භාණ්ඩ පමණක් විශ්වාසනීය කඩයකින් මිලදී ගන්න.** සමහර උපකරණවල ඇත්තේ ප්‍රමිතියට පවතී යනුවෙන් පෙන්වීමට ව්‍යාජව සකස් කළ ලේබල් විය හැකියි. එනිසා ඒ ගැන හොඳින් සොයා බලන්න. ප්‍රමිතියට පවතින බඩු හඳුනා ගැනීමට අවශ්‍ය දැනුම හා කුසලතාව ජීවිතයට වැදගත් බව සිහි තබා ගන්න.

(පෞද්ගලිකව මා හට අනතුරුවලින් ආරක්ෂාවීම ගැන ඇත්තේ විශාල හැඟීමකි. ඒ ගැන සිතීම පවා මා හට සතුටක් ගෙන දේ. එමනිසා, කෙලින්ම විදුලියට අදාළ නොවූවත් විවිධ අවස්ථාවන්හි ආරක්ෂාව ගැන මා මෙහිදී

සාක ඡා කරනවා. අනෙක් අතට, මා මෙම පාඩම් ලියන්නෙම විවිධ විෂයන් හා ක්ෂේත්‍රයන්හි (interdisciplinary) වැඩකරන අයටයි.)

security හා safety යනුවෙන් වචන දෙකක් පවතිනවා. බැලූ බැල්මට මේ දෙකම එක වගේ දැනෙන්නේ. සික්‍යුරිටි යනු යම් දෙයක් තවත් දේවලින් ආරක්ෂා කර ගැනීමයි. උදාහරණයක් ලෙස, ඔබ නිර්මාණය කරන යම් උපකරණයක් සතුන්ගෙන්, අව්වෙන් වැස්සෙන් ගින්දරින්, විදුලි දෝෂවලින් ආරක්ෂා කළ යුතුය. මේ අනුව සික්‍යුරිටි යනු "සලකා බලනු ලබන දෙය දෙසට යොමු වූ" අදහසකි. සේෆ්ටි යනු යම් සලකා බලනු ලබන දෙයින් පිටස්තර දේ/අය ආරක්ෂා කර ගැනීමයි. එනම්, ඔබ යම් උපකරණයක් නිර්මාණය කරන විට, එම උපකරණය නිසා පිටස්තරයන්ට සිදුවිය හැකි අනතුරුවලින් ආරක්ෂා කළ යුතුය. මේ අනුව, සේෆ්ටි යනු "සලකා බලනු ලබා දේ සිට පිටතට යොමු වූ" අදහසකි.



සටහන
උපකරණ සමග නිතරම අසන්නට ලැබෙන වචන දෙකක් තමයි guarantee හා warranty. සිංහලෙන් මේ දෙකම සාමාන්‍යයෙන් වගකීම (හෝ වගකීම් සහතිකය) ලෙස හැඳින් වුවත්, මේ දෙකේ තේරුම වෙනස් බව මතක තබා ගන්න.

යම් උපකරණයක් සඳහා ඇති ගැරන්ටි එක යනු එම උපකරණයේ ගුණාත්මක බව (quality) බව පිළිබඳ ප්‍රකාශයකි. එනම්, ඔබ ගත් උපකරණය සාධාරණ කාලයක් තුළ ගැටළුවකින් තොරව භාවිතා කළ හැකි බවට සහතිකයකි. උදාහරණයක් ලෙස, ඔබ යම් ටීවී එකක් රුපියල් පනස්දහකට පමණ මිලකට මිල දී ගෙන, මාස හත අටකින් එය යම් යම් දෝෂ ඇති කරන්නේ නම්, ඉන් කියන්නේ එම ටීවී එකේ ගුණාත්මක බව හොඳ නැති බවයි. එනම් ටීවී එක සමග හිමි වූ ගැරන්ටි එක උල්ලංඝණය වී ඇත. රටේ පොදු නීතියෙන් ඔබට අයිතිවාසිකමක් ලැබෙනවා එම ටීවී එක වෙනුවට වෙනත් ටීවී එකක් ලබා ගැනීමට. ඔබ එම ටීවී එක මිල දී ගත්තේ දසදහකට පමණ අඩු මිලකට නම්, සමහර විට නීතියෙන් වුවද ඔබට ලැබෙන පිළිසරණ අඩු විය හැකියි මොකද එහි ගුණාත්මක බව පිළිබඳව සැකයක් තිබෙන නිසා එතරම් අඩු මිලකට එය විකිනීමට හැකි වූ නිසා. උපකරණයේ මිළ, හා සාමාන්‍යයෙන් උපකරණයේ ස්වභාවය මත ඔබට ලැබෙන ගැරන්ටි එක හා නීතියේ පිළිසරණ රඳා පවතිනු ඇත.

සාමාන්‍යයෙන් බොහෝ රටවල (ලංකාවද ඇතුළත්ව) පාරිභෝගිකයා ආරක්ෂා කිරීමට භාණ්ඩවල ගුණාත්මකභාවය පිළිබඳ නීති හඳුන්වා දී ඇත. එමනිසා, භාණ්ඩ විකුණන අය මොනා කීවත්, බැලූ බැල්මට අසාධාරණයක් වී ඇති සේ පෙනේ නම්, ඔබට රටේ සාමාන්‍ය නීතියේ පිළිසරණ පැතිය හැකියි. මේ අනුව, **ආයතනයකින් ලබා දෙන ගැරන්ටි එකක් රටේ පොදු නීතියෙන් ලබා දෙන ආරක්ෂණයට වඩා අඩු අයිතියක් හා ආරක්ෂාවක් පාරිභෝගිකයාට ලබා දිය නොහැකිය.** සමහරුන් බඩු විකුණනවා, කඩෙන් එළියට ගියාට පසු භාණ්ඩයේ මොන දෝෂයක් තිබුණත් ඊට වග නොකියන බව (එනම් ගැරන්ටි නොමැති බව) කියමින්. ඒගොල්ලන්ට එසේ කීමට අයිතියක් නැත. උදාහරණයක් ලෙස, එලෙස ගැරන්ටි නොමැති බව පවසමින් ඔබ මිල දී ගත් භාණ්ඩය සාමාන්‍යයෙන් මාස ගණනක් හෝ ඊටත් වඩා වැඩ කළ යුතුයි ලෙස පිළිගැනෙන එකක් නම්,

එහෙත් එම භාණ්ඩය මිළ දී ගෙන දවස් කිහිපයක් තුළදී කැඩුණේ නම්, ඔබට නීතිමය අයිතියක් තිබෙනවා විකුණපු වෙළෙන්දා මොනා කීවත් එම කැඩුණු භාණ්ඩය වෙනුවෙන් සහනයක් ලබා ගැනීමට.

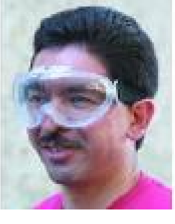
වොරන්ටි එකක් යනුද එක්තරා ආකාරයෙක ගැරන්ටි එකක් සේ සැලකිය හැකියි. එයද මිල හා භාණ්ඩයේ ස්වභාවය අනුව යම් නිශ්චිත කාලයකට පමණක් වලංගු වේ. වොරන්ටි කාලය තුළ උපකරණයේ යම් යම් දෝෂ ඇති වූ විටක, එක්කෝ එය නිවැරදි කිරීමට හෝ නිවැරදි කිරීමට නොහැකි නම්, අළුතින් එකක් ලබා දීමට කෙරෙන නීත්‍යානුකූල පොරොන්දුවකි වොරන්ටි යනු. වොරන්ටි එකක් දුන් විට ඉන් කියවෙන්නේ නැහැ ගැරන්ටි එක ඉන් අහෝසි වී ඇති බවක්. උදාහරණයක් ලෙස, ඔබ ලොකු මුදලකට මිළ දී ගත් ටීවී එක සමග වසරක වොරන්ටි එකක් ලැබුණේ නම්, එහෙත් ටීවී එක කැඩුණේ දෙවැනි අවුරුද්දේ නම්, වොරන්ටි කාලය පැන්නා කියා ඔබට එම ආයතනයෙන් ලබා ගත හැකි ගැරන්ටි අයිතිවාසිකම තවමත් පවතී. එනම්, සාමාන්‍යයෙන් ටීවී එකක් වසර හත අටක් පමණ වැඩ කරයි. ඔබේ ටීවී එක එවැනි සාධාරණ කාලයකට පෙර කැඩුණා නම්, ඉන් කියන්නේ එම උපකරණයේ ගුණාත්මක බව අඩු බවයි.

ගැරන්ටි හෝ වොරන්ටි අයිතිවාසිකම් ලැබෙන්නේ උපකරණයේ අඩු ලුහුඬු කම් වලට පමණි. ඔබේ වැරදි භාවිතයන් නිසා හෝ අකුණු ගැසීම්, විදුලිය අඩු වැඩි වීම් නිසා, බිම වැටීම නිසා, වතුර වැටීම නිසා ආදී වෙනත් අනතුරු නිසා උපකරණයට හානි සිදු වූ විටක එම අයිතින් නොලැබේ. එහෙත් එවැනි අවස්ථාවක වුවද, සමහර හොඳ වෙළෙඳුන් එම උපකරණ සාධාරණ අයකිරීමක් කර එම දෝෂ නිවැරදි කිරීමට කැමැති විය හැකියි.

බොහෝ අය තමන්ට හිමි පාරිභෝගිය අයිතිවාසිකම් ගැන එතරම් අවබෝධයක් නැත. එමනිසා කූට වෙළෙන්දන්ට හසු වේ. මේ ගැන දැනුවත් වෙන්න. සමහර විට, ඔබද ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් මෙවලම් ආදිය සාදා විකුණන ව්‍යාපාරයක් ඇරඹීටම සිටිනවා විය හැකියි. එහිදී පාරිභෝගිකයාට හිමි **අයිතිවාසිකම්/හිමිකම්** (rights), ඔබේ **වගකීම්** (responsibilities) බවට පත් වේ. මෙවැනි අවස්ථාවල නීතියේ පිළිසරණ ලබා දීමට ඔබ පොලිසියට හෝ පාරිභොගික කටයුතු අධිකාරියට එවැනි පැමිණිලි සිදු කළ හැකියි.

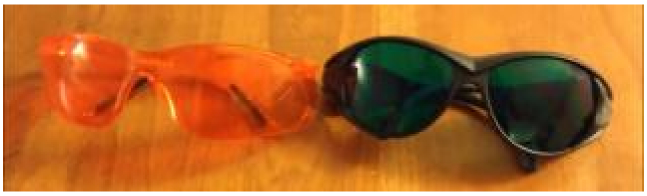
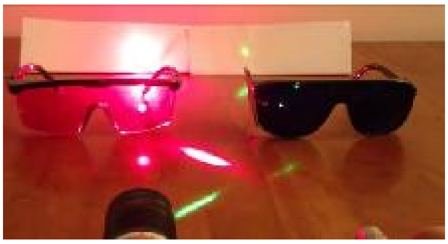
ශරීරයට සිදුවන අනතුරු හා ඒවා වලක්වාගන්නේ කෙසේදැයි සොයා බලමු. ශරීරයේ බොහෝම වැදගත් අවයව සම හා අස්ථිවලින් ආරක්ෂා වී පවතින නමුත්, ඇස ආදී අවයව භාහිරයට නිරාවරණය වී පවතින නිසා, එවැනි අවයව පරිස්සම් කරගැනීමට අප බුද්ධිමත් හා සැලකිලිමත් විය යුතුය. බොහොම ලෙහෙසියෙන් ඇසට අනතුරු සිදු විය හැකියි වගේමයි බොහොම පහසුවෙන් එම සියලු අනතුරු වලක්වාගතද හැකිය. කළ යුත්තේ ඒ ඒ අවස්ථාවන්ට උචිත ඇස් ආරක්ෂා කරන කන්නාඩි පැළඳීමයි. එහෙත් හැම වැඩේටම එකම කන්නාඩි දැමිය නොහැකියි. ඇයි?

සාමාන්‍යයෙන් ඇසට පෙනෙන ගල් කැට, පතුරු, රසායනිකයන්, හා වෙනත් ඕනෑම දෙයක් වේගෙන් ඇවිත් ඇසට වැදීමට හැකිය. යමක් මිටියකින් ආදියෙන් තලන විට, යමක් කපන විට, යම් දෙයක් පුපුරා යන ආදී අවස්ථාවල මෙවැනි දේවල් සිදුවිය හැකියි. එවැනි අවස්ථා සියල්ලන්ගෙන්ම වැලකීමට පහත රූපයේ ආකාරායට ශක්තිමත් **ආරක්ෂිත කන්නාඩි** (safety glasses or goggles) පළඳින්න. හොඳින් විනිවිද පෙනෙන (අඳුරු නොකළ) විශේෂ ප්ලාස්ටික්වලින් සාදා ඇති වර්ගයක් මිලට ගන්න. (වීදුරු උපැස් යුගල වලින් මෙවැනි ආරක්ෂාවක් නොලැබේ මක්නිසාද යත් ඊට වේගයෙන් යමක් වැදුනොත් එය බිඳී වීදුරු කටුවලින් ඇසට තවත් හානි ඇති කළ හැකි නිසා.) මෙවැනි සේෆ්ටි ගොගල්ස් ඇහිබැම දක්වා හා ඇස වටේටම ආරක්ෂාව සපයයි.



ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් වැඩ (පෑස්සීම වැනි) කරන විටත් මෙවැන්නක් පළඳිනවා නම් වඩාත් හොඳයි. ඊයම් පාසස්නවිට සමහරවිට කුඩාවට පිපිරීම් ඇති විය හැකියි (විශේෂයෙන් පරණ ඊයම් රත් කරන විට). තවද, යම් හෙයකින් කැපෑසිටර් හෝ එවැනි උපාංගයක් පුපුරා ගියොත් ඉන්ද ඇසට හානි ඇති විය හැකියි. ඊයම්වලින් පිටවන ෆ්ලක්ස් නිතරම ඇසට වැදීමට එතරම් හොඳ දෙයක් නොවේ. එනිසා, ඒ සියල්ලෙන්ම ඇස ආරක්ෂා වේ මෙවැන්නක් පැළඳීමෙන්.

ඔබ ලේසර් සමග වැඩ කටයුතු කරනවා නම් (ලේසර් භාවිතා වෙන ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් සර්කිට් එමට ඇත.) ඊට සුදුසු කන්නාඩිද ඇත (පහත රූපයේ එවැනි කන්නාඩි දෙකක් පෙන්වා ඇත). ලේසර් කිරණ කෙලින්ම හෝ වෙනත් දේකින් පරාවර්තනය වී ඇස් තුළට ඇතුලු වී ඇස ක්ෂණිකව හෝ ටිකෙන් ටික අන්ධ කිරීමටද පුළුවන්. රතු හෝ කොල හෝ වර්ණවත් කන්නාඩි ඇත. හොඳ ප්‍රමිතියට ඇති කන්නාඩියක් නම්, එය හරහා ලේසර් කිරණ ගමන් කිරීම අඩුම කළ යුතුය. එක් එක් කන්නාඩි එය විවිධ මට්ටම්වලින් අඩු කරනවා. එම ලේසර් කිරණ අඩාල කිරීමේ හැකියාව Optical Density (OD) ලෙස හැඳින්වෙනවා. එවැනි කන්නාඩියක OD 4, OD 5 ආදී ලෙස එය සඳහන් වෙනවා. උදාහරණයක් ලෙස, OD 4 යන්නෙහි තේරුම එම කන්නාඩියට වැටෙන ලේසර් කිරණ 10^4 හෙවත් 10,000ක ගුණයකින් අඩු කරන බවයි. එනම්, කන්නාඩියට එන කිරණවලින් එය හරහා ඇස දෙසට ගමන් කිරීමට සලස්වන්නේ (1/10,000 හෙවත්) 0.01% තරම් කුඩා ප්‍රමාණයක් පමණයි. එනිසා OD වැඩි අගයන් සහිත කන්නාඩි ගන්න. 4ට වඩා අඩු අගයක් සහිත ඒවා ගන්න එපා. අවශ්‍ය නම්, ප්‍රබල ලේසර් ටෝ එකක් කන්නාඩියට අල්ලා එම කන්නාඩිය පිටුපසින් සුදු කොලයක් තබා එම කොලය මත කොපමණ ලොකු (හෝ සැර) ආලෝක ලපයක් වැටෙනවාදැයි බලන්න.

ලේසර් සමග පමණක් නොව ඇසට අහිතකර කිරණ ඇතුලු විය හැකි තවත් අවස්ථා ගණනාවක් ඇත. වෙල්ඩිං (welding) කරන විට පිටවන ආලෝකයද ඇසට අහිතකරයි. එහිදී ඇත්තටම වඩා අහිතකර වන්නේ දීප්තිමත් ඇසට පෙනෙන සුදු ආලෝකයට වඩා ඇසට නොපෙනෙන **පාරජම්බුල** (UV) කිරණයි. ඒවා ඇසට දැනෙන්නේවත් නැත. එහෙත් එම නොදැනෙන කිරණ ඇසට ඇතුලු වී ඔබේ ඇසේ දෘෂ්ඨිවිතානය (retina) නම් කොටස විනාශ කර දමා ඇස අන්ධ කරයි. කිසිවිටක වෙල්ඩිං එක දෙස බලන්න එපා. එවිතරක් නොවේ කුඩා ළමුන් හා දැනුමක් නැති අය වෙල්ඩිං කරන විට ඒ දෙස බලනවා නම්, ඔවුන්ට ඒ ගැන දැනුමක් ලබා දී එය වලක්වන්න. විශේෂයෙන් අහිංසක කුඩා ළමුන් ආරක්ෂා කරන්න. වෙල්ඩිං කරන විට, හරිනම් එය පිටස්තරයන්ගේ ඇස නොගැටෙන සේ ආවරණය කරගෙන එය කළ යුතුය. (දියුණු රටවල නම් එලෙස කිරීම නීතියෙනුත් අනිවාර්ය කර තිබේ.) වෙල්ඩිං කරන විට පමණක් නොවේ, සූර්යා දෙස බලන විටත් සිදු වන්නේ එම දෙයමයි. එනිසා කිසි විටෙක සූර්යා දෙස බලන්නත් එපා. මේ දෙකම කිරීමට නම් ඒ සඳහාම සුදුසු කන්නාඩි ඇත. ඒවා UV කිරණ පෙරන කන්නාඩි වේ. වෙල්ඩිං කරන අය ලොකුවට පළඳින හෙල්මට් එක වැනි කොටසේ ඇත්තේ මෙවැනි කන්නාඩි කැල්ලකි. ලේසර් සේෆ්ටි ගොගල්ස් සඳහා OD දර්ශකය තිබුණාක් මෙන් මෙම කන්නාඩි සඳහා Shade (හෝ Shade Number – SN) නම් දර්ශකය ඇත. හැකි ඉහළම SN අගය සහිත කන්නාඩියක් ලබා ගන්න. අවම වශයෙන් 11 අගය සහිත එකක්වත් විය යුතුයි. (සූර්යා දෙස බැලීමට නම්, මෙයද ප්‍රමාණවත් නැත; සූර්යා දෙස බැලීම සඳහාම නිපදවූ කන්නාඩියක් ලබා ගන්න. නැතිනම්, SN 8 (හෝ ඊට වැඩි අගයක් සහිත) කන්නාඩි කැබැලි දෙකක් එකට තබා සූර්යා දෙස බැලිය හැකියි.) පහත රූපයේ වෙල්ඩින් ගොග්ල්ස් වර්ග දෙකක් පෙන්වා ඇත (වම් පැත්තේ රූපයෙන් දැක්වෙන්නේ ආරක්ෂිත කාචය අවශ්‍ය වෙලාට පමණක් භාවිතා කළ හැකි හොඳ වර්ගයේ එකකි.)

සටහන

ඇත්තටම SN හා OD අතර ගණිතම සම්බන්ධතාවක් ඇත. එය,

SN = 1 + (7/3) OD

මේ අනුව, OD වලින් වුවත් SN වලින් වුවත් එම අගය දන්නේ නම්, දැන් ඔබට පුළුවන් ඇතුලුවන ආලෝක ප්‍රමාණයෙන් කොපමණ ප්‍රමාණයක් කපා දමනවාද කියා ගණනය කරගන්න ඉහත විස්තර අනුව.

සූර්යා දෙස කෙළින් නොබැලුවත් දවල් කාලයේදී පරාවර්තනව වූ සූර්යාලෝකය ඇසට ඇතුලු වේ. එය සිදුවීම වැලැක්විය නොහැකිය. එහිද අහිතකර පාරජම්බූල කිරණ ඇත. එමනිසා, එලිමහනක යන විට වුවත්, හැකි නම්, UV ෆිල්ටර් කරන සන් ග්ලාසස් පළඳින්න. වීදුරු අඳුරු කළ පලියට ඉන් යූවී ෆිල්ටර් වෙන්නේ නැත. පේව්මන්ට් එකේ රුපියල් සියයට දෙසියයට විකුණන කන්නාඩි පළඳින්න එපා. එයින් සිදුවන්නේ ඔබේ ඇසට අනතුරක් පමණකි. ඒ ඇයි? ඔබ එවැනි වීදුරු අඳුරු කළ කන්නාඩියක් දමන විට, සාමාන්‍ය දෘෂ්‍ය ආලෝකය පමණක් අඩු වේ. එවිට ඔබගේ ඇස හොඳින් විවෘතව පවතී. (ඔබ දන්නවා ඔබේ ඇසට ආලෝකය වැඩිපුර ලැබෙන විට, ඔබ ඇස පුංචි කර ගන්නවා. ආලෝකය අඩුවෙන් ලැබෙන විට ඇස විශාල කර ගන්නවා. මෙය ඉබේම සිදු වන දෙයක්.) මෙම විවෘත කිරීම වැඩි නිසාම ඔබගේ ඇසට දැන් වැඩිපුර යූවී කිරණ ඇතුලු වී ඔබව අන්ධ කරවනවා. යූවී ෆිල්ටර් එකට අමතරව, පොලරයිස්ඩ් (polarized) නමින් හැඳින්වෙන ගුණාංගයද සහිත සන්ග්ලාසස් පළඳිනවා නම්, ඔබේ ඇසට උපරිම ආරක්ෂාවත් පහසුවත් දැනේවි.

වෙල්ඩිං කරන විට හෝ වේවා, ලේසර් කිරණ ඇසට වදින විට හෝ වේවා, සූර්යා දෙස බලන විට හෝ වේවා මේ කුමන අවස්ථාවක වුවත්, ඔබ එම කිරණ ඇසට එන එක වලක්වන්නට ඇස් දෙක වැසුවාට ඉන් ප්‍රයෝජනයක් නැත. ඇස වසන (ඇසි පියනේ) සම ඉතා තුනී බැවින් එය හරහා පහසුවෙන්ම එම කිරණ ඇතුලු විය හැකියි. එනිසා, එම කිරණ ඇසට එල්ල නොවන විදියට හෝ වෙනස් පැත්තකට ඔබේ මුහුණ හරවා ගන්න. අවශ්‍ය විටක ඉහත සඳහන් කළ ආකාරයේ ඒ ඒ අවස්ථාවට උචිත කන්නාඩියක් පළඳින්න.

ඔබ මෝටර් සයිකලයක හෝ වෙනත් වාහනයක ගමන් කරන විට, ඇසට වේගවත් සුළං පාරක් වදිනවා. එය ඇසට හොඳ නැත. එමනිසා, එක්කෝ එවැනි අවස්ථාවල ඇස් පියාගෙන යා යුතුය. (එහෙත් එය අපට කරන්නට බැරි වටපිටාව බලන්නට සිතෙන නිසාය.) එනිසා, අඩුම ගානේ cooling glasses (මෙය අවට ආලෝක තත්තවය අනුව වීදුරුව ඉබේම අඳුරු වන ජාතියේ කන්නාඩියකි. මිලද අඩුය.) හෝ ඉහත සඳහන් කළ ආකාරයේ හොඳ සන්ග්ලාස් එකක් වත් පළඳින්න. තවද, පිහිනන (හා කිමිදෙන) විට, ජලය කෙලින්ම ඇසට ස්පර්ශවී තිබීම හොඳ නැත. ඒ සඳහා ඇසට වතුර නොයන සේ සෑදූ swimming goggles පළඳින්න.

ඇසට යම් ආගන්තුක දෙයක් ඇතුලු වූ විට බොහෝ විට අපට එය දැනේ (එක්කෝ දැවිල්ලක් විදියට හෝ කැසීමක් විදියට). එවැනි විටක ඇස කසන්නට පොඩි කරන්නට යන්න එපා. ඉක්මනින්ම, ගලා යන ජලයකින් (ටැප් එකකින්) වතුර අතින් ගෙන මුහුණ පහත් කර එම ඇසට තරමක් තදින් වතුර ගසන්න. එක එක "ගොඩ බෙහෙත්" කිසිවිටක කුමන හේතුවක් නිසාවත් ඇසට නොකරන්න. ගෙදර තිබෙන මොකක් හෝ බෙහෙතක් දමන්නට යන්න එපා (මෙවැනි අවස්ථාවල පවුලේ බොහෝ අය වෛද්‍යවරුන් බවට ඉබේම පත් වේ. නනාප්‍රකාරයේ ප්‍රතිකාර ඔවුන් විසින් කියනවා ඇත. ඒවා කිසිවක් නොකරන්න.) තත්වය හොඳ අතට හැරෙන්නේ නැති නම්, වහාම වෛද්‍යවරයෙකු කරා යා යුතුමය.

හැමවිටම වාගේ ඇසට හෝ ශරීරයේ වෙනත් අංගයකට යම් රසායනිකයක් (හෝ නොදන්නා ද්‍රව්‍යයක්) සපර්ශ වූ විට, එය සෝදන්නට කියන්නේ ගලා යන වතුරිනි. ඊට හේතුවක් ඇත. භාජනයක ඇති වතුරින් සෝදන විට, එම වතුර නැවත එම භාජනයට වැටෙන්නේ අර සෝදා හැරපු රසායනිකයත් සමගය. එවිට, ඔබ ඊළඟ පාර සෝදන්නේ දැනටමත් අපවිත්‍ර වූ වතුරිනි. සමහර විට එම වතුර මගින් දැනට රසායනික නොවැදුනු ප්‍රදේශවලත් රසායනිකය ගෑවිය හැකිය. මෙය මග හැරීමට නම්, ගලා යන ජලයෙන් සේදිය යුතුය.

සමහර විට පියවි ඇසට නොපෙනෙන තරමේ සිහින් දේවල් ඇස තුළ ඇනී තිබීමට පුළුවන් (ෆයිබර් ඔප්ටික් සමග කටයුතු කරන විට, යම් යම් ද්‍රව්‍ය කපන විට මෙවැනි අනතුරු සිදුවිය හැකියි). ඒවා වෛද්‍යවරයකුට පමණක් ඉවත් කළ හැකි ඒවාය. බොහෝ විට, මේවා සියුම් නිසා ඇසටද එතරම් අපහසුවක් නොදැනී තිබී එය ක්‍රමයෙන් ඇස විශාල ආසාදනයක් දක්වා වැඩි වීමට පුළුවන්. එනිසා, සුදුසු කන්නාඩි පැළඳගෙන එවැනි අනතුරු වලකා ගන්න.

විශේෂයෙන් ඇසට යම් යම් භයානක රසායනික ද්‍රව්‍යයක් හෝ ඔබ නොදන්නා රසායනික ද්‍රව්‍යයක් ගිය විට හෝ වහාම වෛද්‍යවරයෙකු හමුවන්න.

යමක් සිදු වූවාට පසු ඒ ගැන වද වෙනවාට වඩා එවැනි අනතුරු ඉහත උපක්‍රම භාවිතා කර අඩු කර ගැනීම හැම අතින්ම වාසිදායක බව සිහි තබා ගන්න.

විශාල ශබ්ද කන අසල ඇති නොකරන්න. එය කන බිහිරි වීමට (එකවර හෝ ක්‍රම ක්‍රමයෙන්) හේතු විය හැකියි. නිරන්තරයෙන් අධික ශබ්ද පවතින පරිසරයක සිටින්න එපා. සමහර උපකරණවලින් එවැනි අධික ශබ්ද නිකුත් කෙරේ. ශබ්ද මග හැරිය නොහැකි නම්, ඒ සඳහා හෙඩ්ෆෝන් පෙනුම ඇති කනට එන ශබ්ද අඩු කළ හැකි සරල උපාංගයක් පළඳින්න. (කඩෙන් මිළ දී ගත නොහැකි නම්, ඔබටම මෙවැන්නක සාදා ගත හැකිය.)

අද සමහරුන් ඉයර් ෆෝන් වලින් සිංදු අසන විට ශබ්දය ඉතා අධික වීම නිසා, ශ්‍රවණාබාධ ඇතිවන බව සොයාගෙන තිබෙනවා. එමනිසා, ඔබ වැඩක් කරන අතරේ හෝ නිදහසේ සිටින විට, එලෙස ඉයර් ෆෝන් එකකින් සිංදු අසනවා නම්, ශබ්දය අඩුවෙන් අසන්නට පුරුදු වෙන්න.

සමහරුන් යම් දෙයක් ලැබුණාම එය ගැන සොයා බලන්නේ එයට දිව තබා හා නාසයෙන් හිඹ බැලීමෙනි. ඒ දෙකම ආහාර ද්‍රව්‍යවලට කිරීම උචිත වුවත්, අනෙක් අවස්ථාවල භයානක විය හැකියි. ශරීරයට වස විස ඇතුලු වීමට එමගින් හැකියි. දූවිලි අධික නම්, නාසය වැසෙන සේ වැස්මක් (mask) පැළඳීම උචිතය. (අද බොහෝ යතුරුපැදි කරුවන්ද පාරේ යන විට එවැන්නක් පළඳිනු දැකීම සතුටට කරුණකි.) තවද, වාතයේ යම් යම් රසායනික ද්‍රව්‍ය හෝ විෂ වායුන් ආදිය පවතී නම්, සාමාන්‍ය මාස්ක් එකක් පැළඳ ඉන් බේරීමට බැරි බවද මතක තබා ගන්න. එවැනි අවස්ථාවක ක්ෂණිකව එවැනි ස්ථානයකින් හැකි උපරිම දුරකට ඉවත් වන්න.

සමහර ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් මෙවලම්වලින් (හෝ වෙනත් ඕනෑම ක්‍රමයකින්) ඕසෝන් වායුව නිපදවෙනවා. ඕසෝන් වායුව ඉහළ වායුගෝලයේ හිඳිමින් සූර්යාලෝකයේ ඇති අහිතකර පිළිකාකාරක පාරජම්බුල කිරණ පෙරමින් වැදගත් කාර්ය භාර්යක් සිදු කළත් එය ශරීර ගත වීම ඉක්මනින්ම මරණය පවා ඇති කරවන දරුණු වායුවක් බව මතක තබා ගන්න. එමනිසා, ඕසෝන් වායුව ඇති කළ හැකි අවස්ථා ගැන සැලකිළිමත් වන්න. යම් උල් හැඩයක් සහිත සන්නායකයකට විදුලිය සපයන විට මෙම වායුව සෑදිය හැකියි. එනම් corona discharge නම් ක්‍රියාව සිදුවන සෑම අවස්ථාවකදීම ඕසෝන් සෑදේ (negative ion generator නම් පරිපථවලින් මේ අනුව ඕසෝන් සෑදෙන බව මතක තබා ගන්න).

පිහි, බ්ලේඩ්, වීදුරු කැලි, යකඩ පතුරු ආදි කැපෙන තල (sharp edges); ඇන, ඉස්කුරුප්පු නියන්, ස්ටේප්ලර් කටු (සමහරුන් "ස්ටේපර් කටු" කියා කියන්නේද මෙයටයි. එහෙත් නිවැරදි වචනය "stapler" වේ.) වැනි උල් දේවල්; මිටි, උපකරණ ආදි යම් යම් බර අධික දේවල්; ඇසිඩ් වර්ග, භෂ්ම වර්ග ආදී රසායනික ද්‍රව්‍ය නිසා බොහෝ අනතුරු සිදු විය හැකියි ඒවා නිසි ලෙස ස්ථානගත නොකර තැබුවොත්. මෙම කිසිදු ද්‍රව්‍යයක් මේසයක කෙළවර තබන්න එපා (එය පහසුවෙන් පෙරළී වැටීමෙන් අනතුරු සිදුවන්නට පුළුවන්). බර දේවල් හැකි පමණ පහත් සථානයක තබන්න. කැපෙන, ඇනෙන දේවල් යම් යම් සුදුසු භාජනවල (container) දමන්න. උදාහරණයක් ලෙස බ්ලේඩ්, ඇන ආදිය තවත් බොහෝ දේවල් සමගම ලා වුවක දමා තිබුණොත් ඔබ හදිසියකදී ලා වුවට අත දමා යමක් සොයන විට, ඔබේ අත කැපීමට හෝ තුවාල වීමකට ලක් විය හැකියි. බොහෝ අය පුරුදුව සිටිනවා ස්ටේප්ලර් කටු ගලවා නිකංම එලියට විසි කරන්නට. මෙය කරන්න එපා. ඒවායේ අග්‍ර පාදයේ විලුඹට ඇනුන විට ඇති වන්නේ ඉවසාගත නොහැකි වේදනාවකි. එමනිසා, එවැනි කටු ඉවත දමන්නට පෙර ඒවායේ තියුණු අග්‍ර ඇතුළට නවන්න.

කොල, රෙදි ආදිය සමග ඉහත කී ද්‍රව්‍ය තබන්න එපා. උදාහරණයක් ලෙස, ඔබ රෙදි කැබැල්ලක් උස්සන විට, ඒ සමගම මෙවැනි පිහියක් කතුරක් වැනි දෙයක් ඇමිනී විත් ඔබේ ශරීරයේ වැදී තුවාල වීමට පුළුවන්. **සෑම භාණ්ඩයක්ම ඒවා අනතුරු අවම වන ආකාරයට තැබිය හැකි ස්ථාන සොයා බලා එම ස්ථානවලට එම උපකරණ තබන්න.** එලෙස කිරීම මගින් ඔබට යම් යම් දේවල් සොය සොයා සිටීමටද අවශ්‍ය නොවේ. කුඩා ළමුන්ගෙන්, පූසන් වැනි සුරතල් සතුන්ගෙන්, හා මීයන්, කුහුඹින් වැනි කරදරකාරි සතුන්ගෙන් උපකරණ හා උපාංග ඈත් කර තබන්න (ඔවුන්ට පහසුවෙන් ළඟා විය නොහැකි පරිදි).

යම් යම් රසායනික (chemicals) භාවිතා කරන්නේ නම්, එම සෑම රසායනිකයක් සමගම එන MSDS (Material Safety Data Sheet) නම් පත්‍රිකාද එකතු කරගන්න. එවැනි පත්‍රිකාවක සඳහන් වන්නේ එම රසායනික ද්‍රව්‍ය පරිහරණය කළ යුතු ආකාරය හා එම රසායනික ද්‍රව්‍යය සමග වැඩ කිරීමේදි ඇති වන යම් අනතුරකදී ක්‍රියා කළ යුතු ආකාරය පිළිබඳවයි. ඔබ යම් රසායනික එකතු කරන්නේ ඒවායෙන් ප්‍රයෝජන ගැනීමට බැවින්, එම රසායනික ගැන ඉගෙන ගන්න. මෙම පත්‍රිකා කියවන්න.

රසායනික ඕනවට වඩා මිලදී ගන්න එපා. රසායනිකයකින් සිදුවිය හැකි අනතුර එහි ගබඩා කර තබා ගන්නා ප්‍රමාණය වැඩි වන විට වැඩි වේ. අනික, රසායනික ද්‍රව්‍ය කාලයත් සමග වෙනස් වීමටද (බාල වීම) හැකියි. ඉතිං, බොහෝ කාලයකට සෑහෙන රසායනික එකවර මිලදී ගැනීම අවාසිදායකද වේ. ඒ ඒ රසායනික ගබඩා කළ යුතු ආකාරයද විවිධ වේ. සමහර ඒවා අඳුරු බෝතල් තුළ (ආලෝකය නොවැටෙන පිරිදි) ගබඩා කළ යුතුය. බොහෝ රසායනිකවලට රස්නය (තාපය) හොඳ නැත. එමනිසා, ඒවා ඉරු එලිය නොවැටෙන හා ඉඳ හිට හෝ වැඩිපුර රස්නයක් ඇති නොවන තැනක ගබඩා කළ යුතුය. විදුලි ස්විච හා විදුලි වයර් මූට්ටු කර ඇති ස්ථානවල රසායනික ගබඩා කරන්න එපා. මෙවැනි තැන්වල ඉඳ හිට හෝ තාපය වැඩි විය හැකි අතර විදුලි පුළිඟු (spark) ඇති වීමටද පුළුවන්. නිදන කාමරයක හෝ පුද්ගලයන් නිතර ගැවෙසන ස්ථානවලද මේවා ගබඩා නොකරන්න. හැකි හැම විටම, යතුරු අගුලු දැමිය හැකි කබඩ් තුළ මේවා ගබඩා කරන්න. අනිවාර්යෙන්ම කුඩා ළමුන්ට ඒවාට ළං වීමට බැරි සේ තබන්න. සමහර රසායනික ඉක්මනින් වාෂ්ප වේ. ඉතිං දොරවල් ජනේල වහපු (සංවෘත) ස්ථානයක මෙවැනි ශරීරයට අහිතකර රසායනික සමග වැඩ කටයුතු කරන්න එපා.

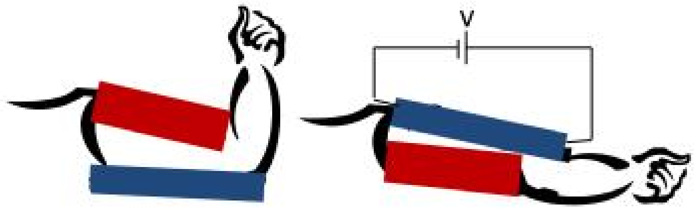
සම පිලිස්සුන විට, සාමාන්‍ය සිසිල් ජලයේ මදක් තබා සිටින්න. සම කැපුන විටකද එය පිරිසිදු ජලයෙන් සෝදන්න. මේ අවස්ථා දෙකේදිම සුදුසු විෂබීජ නාෂක ද්‍රව්‍යයකින් (antiseptic) එතැන පිරිසිදු කරන්න. ලේ ගලන විටදී එය නතර කිරීමට ගවුස් (gauze) හෝ වෙනත් වෙලුමකින් වෙලන්න. පිලිස්සුම හෝ කැපුම විශාල හෝ බරපතල නම් වහාම වෛද්‍යවරයකු කරා යා යුතුය. අතට අසුවන ඕනෑම දෙයක් කැපුමට දමන්න එපා; අතට අසුවන ඕනෑම රෙදිකඩකින් තුවාලය වෙලන්නත් එපා.

ප්‍රථමාධාර කට්ටලය

කැපීම් (cut/wound), පි වීම් (burn), උලුක්කුවීම් (sprain), සීරීම් (bruise), සුළු වේදනාවන් හා කැක්කුම් (pains) වැනි කුඩා කුඩා අපහසුතා වලට ප්‍රතිකාර කිරීමට **ප්‍රථමාධාර පෙට්ටයක්** (first aid box/kit) සාදා ගන්න. එම පෙට්ටිය තුළ සමේ සුළු කැපුමක් තුවාලයක් සිදු වූ විට එතැන පිරිසිදු කිරීමට ගන්නා සර්ජිකල් ස්පිරිට් බෝතලයක් තිබිය යුතුමය. අවශ්‍ය නම්, හයිඩ්‍රජන් පෙරොක්සයිඩ් බෝතලයක්ද ගත හැකිය. මෙයද තුවාල පිරිසිදු කිරීමට යොදා ගැනේ. මෙම ස්ප්‍රිතුවලින් පිහි, කතුරු වැනි උපාංගද පිරිසිදු කළ හැකිය. ඔලුවෙ කැක්කුමකට එහෙම බීමට ඩිස්ප්‍රින් හා පැනඩෝල් කාඩ් (හොඳ ආවරණයකින් පැමිණෙන නිසා මෙම වෙළඳ නාමයෙන් ඇති බෙහෙත් වර්ග දෙක බොහෝ කාලයක් තබා ගත හැකියි.) තිබිය යුතුය. යම් පපුවේ කැක්කුමක් ඇති වූ විටකද ඩිස්ප්‍රින් (ඕනෑම ඇස්පිරින් පෙත්තක්) පෙත්තක් බීම සුදුසුය. **(දිගටම යම් රෝගී තත්වයක් පවතී නම් වහාම වෛද්‍යවරයකු හමුවිය යුතුමයි.)** කිවිසුම් යන අයට සෙටරිසින් (Zin යන වෙළඳ නාමයෙන් ඇති මෙම පෙත්තක මිල රුපියලක් පමණ වන නමුත් මෙහිම තවත් වෙළඳ නාමයකින් විකුණන පෙති ඉහළ මිල ගණන් වලට ඇත.) කොටන් (කපු) පුළුං, ඇදෙන බැන්ඩේජ් රෝල් (compress bandage), පුළුං හා ඩ්‍රෙසිං තබා වෙළන රෙදි පටි (ගවුස්), ඇලවෙන ප්ලාස්ටර් රෝල්ද තිබිය යුතුයි. කෙලින්ම කැපුම් තුවාල මත ඇලවිය හැකි ප්ලාස්ටර් (adhesive bandage, sticking plaster, elastoplast යන නමින්ද මේවා හැඳින්වේ.) කිහිපයක්ද තබා ගන්න. ඉහත විවිධ ද්‍රව්‍ය කැපීමට කතුරක්ද (එහි ඉදිරි තුඩ මොට්ට හෙවත් උල් නොවූ ආකාරයේ එකක් විය යුතුය.), ඇට්ට කටුද (safety pins) තිබිය යුතුය. විෂබීජ නාසනයට Povidone Iodine (මෙය දියර හෝ ම් යන දෙයාකාරයෙන්ම ගත හැකියි) හෝ වෙනත් එවැනි antiseptic තිබිය යුතුය. ප්‍රථමාධාර කිරීම පිළිබඳව තව ඉගෙන ගන්න. අන් අයටද කියා දෙන්න. තෙතමනය නැති, වැඩි රශ්නයක් නැති, පහසුවෙන් ළඟාවිය හැකි තැනක ප්‍රථමාධාර පෙට්ටිය තබන්න.

සාමාන්‍යයෙන් ඕනෑම තුවාලයක් සිදු වූ විට පිරිසිදු ජලයෙන් එතැන සොදා පිරිසිදු කළ යුතුය. ඉන්පසු ඉහත සඳහන් ඕනෑම විෂබීජ නාශක දියරයකින් හෝ ම් එකකින් එම ස්ථානය තවත් පිරිසිදු කළ යුතුය. ජලයෙන් පිරිසිදු වූයේ දූවිලි, මඩ හෝ එවැනි දේවල්වන අතර, විෂබීජ නාශකයකින් පිරිසිදු කරන්නේ බැක්ටීරියා, දිලීර වැනි විෂබීජය. ඉන්පසු, එම තුවාලයට පිටතින් කුණු හා විෂබීජ පැමිණීම වැලැක්වීමට එතැන සුදුසු වෙලුම්පටියකින් ආවරණය කළ යුතුය. තුවාලය විශාල එකක් හෝ ලේ ගැලීම වැඩිපුර සිදු වනවා නම්, අනිවාර්යෙන්ම වෛද්‍යවරුයකු කරා යා යුතුමය.

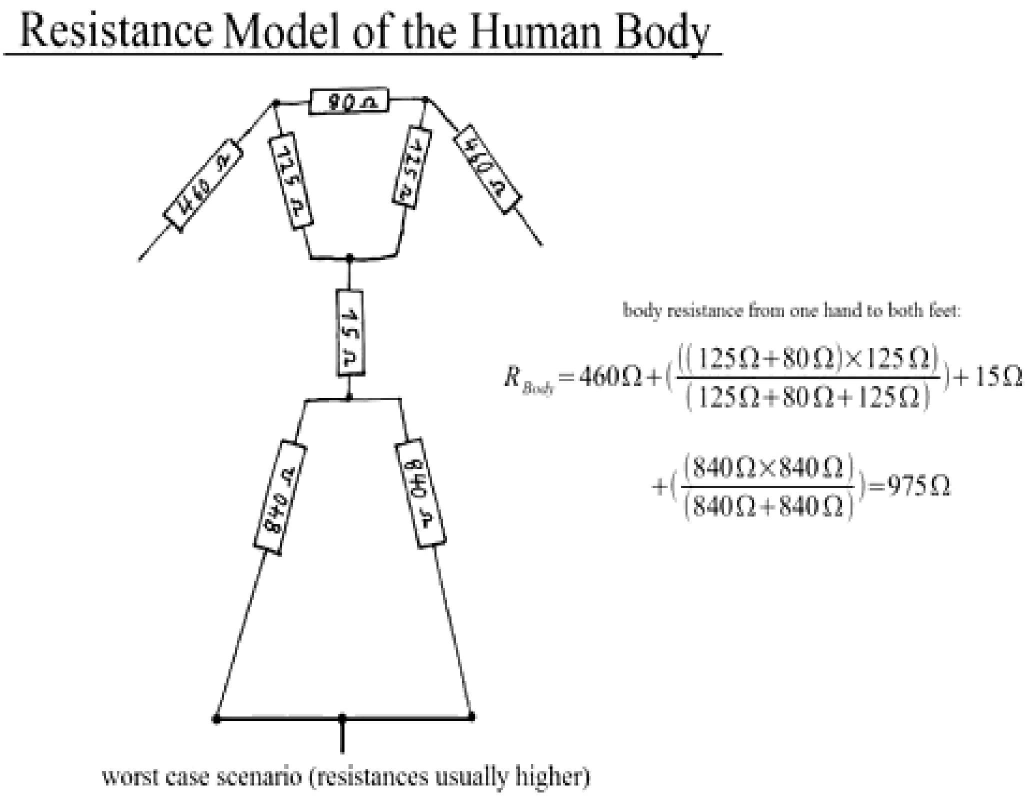
දැන් අප විශේෂයෙන් විදුලිය මගින් ඇති විය හැකි අනතුරු ගැන සොයා බලමු. විදුලි සැර වැදීමෙන් දරුණු අනතුරු මෙන්ම මියයෑම්ද සිදු විය හැකිය. විදුලියෙන් දෙයාකාරයකින් අනතුරු ඇති කරනවා. එකක් නම්, විදුලියේ වෝල්ටියතාව මගින් සිදුකරන අනතුරු වේ. මෙය වැඩි පුර බලපාන්නේ මාංශ පේශීන් (muscle) හා හදවතටයි (heart) (අනෙක් අවයව වලටද බලපානවා.) ඔබගේ සෑම ලොකු කුඩා චලනයක්ම සිදු වන්නේ යම් කිසි පේශින්ගේ සංකෝචනයක් හෙවත් හැකිලීමක් නිසාය. ඔබගේ මොලයේ සිට ස්නායු ඔස්සේ එන විදුලි (රසායනික) පණිවිඩයක් යම් පේශියකට ලැබුණු විට, එම පේශිය හැකිලෙයි. එනම් යම් වෝල්ටියතාවක් පේශියකට ලැබුණු විට, එම පේශිය සුපුරුදු දිශාවට (එනම්, සාමාන්‍යයෙන් එය පහසුවෙන් නැවෙන දිශාවට) හැකිලෙයි.



සාමාන්‍යයෙන් ඔබගේ ඇඟිලි, අත් පා, හදවත ආදී සියලු අවයව චලනය වන්නේ ඔබගේ මොලයට අවශ්‍ය විදියටයි. එහෙත් විදුලි සැර වැදීමකදී පිටතින් (මොලයේ සිට එන කුඩා විදුලියට වඩා) විශාල වෝල්ටියතාවක් මාංශපේශියකට ලැබුණු විට එවිටද පේශිය සංකෝචනය වේ. ප්‍රශ්නය වන්නේ මෙම සංකෝචනය සිදුවන්නේ ඔබගේ (මොලයේ) කැමැත්ත අනුව නොවේ. උදාහරණයක් ලෙසට, ඔබේ දකුණතේ දඹර ඇඟිල්ලට එලෙස විදුලි සැර වෝල්ටියතාවක් ලැබුණේ නම්, ඇඟිල්ලේ පේශින් හැකිලීමෙන් එය (සුපුරුදු දිශාව වන ඉදිරියට) වක්‍ර වනු ඇත. දැන් ඔබගේ මොලයෙන් ලබා දෙන පණිවුඩ අනුව එය දිග හැරීමට උත්සහා දැරුවත් පිටතින් ලබා දෙන විදුලිය දිගටම ඇඟිල්ලට ලැබෙමින් පවතින බැවින් එය දිග නොහැරේ. මේ හේතුව නිසයි කියන්නේ විදුලි කම්බි ඇඟිල්ලෙන් අල්ලන්නට එපා කියා. ඇඟිල්ලකින් කම්බියක් ඇල්ලුවොත් එහි පවතින වෝල්ටියතාව හේතුවෙන් ඇඟිලි විසින් එම කම්බිය අත හැරීමට බැරි විදියට කොක්කක් සේ නැවේ. එවිට ඔබට දිගටම විදුලි සැර වැදීම හේතුවෙන් අනතුරින් ගැලවීමට බැරි වේ. ඔබේ බඩට කවුරු හෝ හයියෙන් පහරක් දුන් විට ඔබ ඉබේම බඩ අල්ලාගෙන ඉදිරියට වක්‍ර වනු ඇත. විදුලියෙන්ද මෙවැන්නක්මයි සිදු වන්නේ.

ඔබට විදුලි කම්බියක් ඇල්ලීමට දොලදුකක් ඇත් නම්, ඇඟිල්ලේ නියපොතු තිබෙන පැත්ත වයර් එක මත ස්පර්ශ කරන්න. එවිට විදුලිය වැදීම නිසා ඇඟිල්ල (සුපුරුදු දිශාවට) නැමී කම්බියෙන් ඉවතට ඉබේම ඉවත් වේ. එහෙත් මතක තබා ගන්න අධි-ධාරා විදුලිය තත්පරයෙන් දහයෙන් එකක් පමණ ඉතා කුඩා කාලයක් වැදීමෙන් මරණය පවා සිදු විය හැකි බව. එමනිසා, විදුලි කම්බි අල්ලන්නම එපා. බොහෝ පිරිස් ඉන්න තැන්වල අඩුවෙන් උගත් පල් මෝඩයන් අනිත් අයට “තමන් වැඩකාරයෙක්” කියා පෙන්වීමට මෙවැනි භයානක දේවල් සිදු කරනවා මා කොතෙකුත් දැක තිබෙනවා. එසේ කිරීමෙන් තමන්ද කෙදිනක හෝ අනතුරට පත් කර ගන්නවා පමණක් නොව, එවැනි ගොන් ක්‍රියාවන් දෙස බලා සිටින සෙසු අයද (විශේෂයෙන් කුඩා ළමුන්) එය කිරීමට බය නැති කර ඔවුන්වද අමාරුවේ දමනවා.

ඔබේ ශරීරය ඇත්තටම විදුලිය ගමන් කළ හැකි සන්නායකයකි (දළ වශයෙන් ඕම්ස් 1000ක පමණ රෙසිස්ටරයක් සේ ක්‍රියා කරයි.) ඇඟේ වතුර හෝ දහඩිය දමා ඇති විටක මෙම ප්‍රතිරෝධය තවත් අඩු වී විදුලිය තවත් පහසුවෙන් ගමන් කරන තත්වයක් උදා වේ. පහත රූපයෙන් දැක්වෙන්නේ ශරීරයේ ප්‍රධාන අංග අතර ඇති ප්‍රතිරෝධ අගයන් දළ වශයෙනි. (මේ රූපය අනුසාරයෙන් ඔබේ කුමන ශරීර අංගයන් හරහා විදුලිය ගමන් කරන්නේද යන්න මත ප්‍රතිරෝධී අගයන් පහසුවෙන් ගණනය කළ හැකිය. බහුලව කරන්ට් වදින ආකාරය උදාහරණයක් ලෙස පෙන්වා ඇත. එහි එක් අතකින් විදුලිය ඇතුලු වී පාද දෙකම හරහා විදුලිය පිටවන විට ශරීරයෙන් ඇති කරන සමක ප්‍රතිරෝධය ආසන්න ලෙස ඕම්ස් 1000ක් පමණ වන බව පෙනේ.)



$$R_{Body} = 460\Omega + \left(\frac{((125\Omega + 80\Omega) \times 125\Omega)}{(125\Omega + 80\Omega + 125\Omega)}\right) + 15\Omega + \left(\frac{(840\Omega \times 840\Omega)}{(840\Omega + 840\Omega)}\right) = 975\Omega$$

Source: Hübscher (u.A.): Elektrotechnik Grundstufe, Braunschweig 1984, S. 247

හැකි හැම විටම, රබර් සෙරෙප්පු හෝ සපත්තු දමාගෙන විදුලිය සමග වැඩ කරන්න. එවිට බැරිවෙලාවත් විදුලි කම්බියක් ස්පර්ශ වුවත්, (සෙරෙප්පුව පරිවාරක බැවින්) ශරීරය හරහා පොළොවට විදුලිය ගමන් නොකරන නිසා ඔබට යම් ආරක්ෂාවක් ලැබේ. එහෙත් ඔබ රබර් සෙරෙප්පු දාගෙන සිටියත් තවත් කෙනෙකු හෝ විදුලිය ගමන්

කළ හැකි ලෝහ පොල්ලක් හෝ ගසක අත්තක් වැනි දෙයක් ඔබේ ශරීරය ස්පර්ශ වී පොළොවට සම්බන්ධ වූ විට ඔබට විදුලි සැර වැදිය හැකිය.

එවිතරක්ද නොවේ, ඔබ සෙරෙප්පු දාගෙන සිටියත්, වෙනත් දෙයක් මගින් ඔබේ ශරීරය හරහා විදුලිය ගමන් නොකළත්, ඔබ ලයිව් හා නියුට්‍රල් වයර් දෙකම අල්ලන විට හෝ විදුලිය දැනටමත් ගමන් කරන පරිපථයක ලයිව් වයරය දෙකට කඩා එම කොටස් දෙක වෙන වෙනම ස්පර්ශව තිබෙන විටත් ඔබට විදුලි සැර වදී.

යම් කෙනෙකුට විදුලි සැර වැදී තිබෙන විට, එම තැනැත්තාව බේරා ගැනීමේ අදහසින් හෝ ඔහුව නිකම්ම අල්ලන්න යන්න එපා. හැකි නම්, අහල පහල ඇති ගෝනියක්, ගනකම් රෙද්දක්, ගනකම් පොලිතින් උරයක් වැනි දෙයක් ඔබේ අතේ වෙලාගෙන එම තැනැත්තාව ඇතින් සිට විදුලි කම්බියෙන් ගැලවී යන සේ ඇදල ගන්න හෝ තල්ලු කරන්න ඉක්මනට. (බොහෝ අය කමිස ඇඳුම් ආදිය හැමවිටම ඇඳගෙන සිටින නිසා ජීවිතයක් බේරා ගැනීම වෙනුවෙන් තම ඇඳුම ගලවා හෝ එම ඇඳුමින් අත හොඳින් වෙලාගෙන මෙම වැඩේ කළ හැකියි.) වැඩිය ඔහුට ළං වීම සුදුසු නැත්තේ, සමහර විට ඔහු අසිහියෙන් මෙන් සිටින නිසා, ඔබව බදා ගැනීමට පුලුවනි. එවිට, ඔබට විදුලි සැර වදී. නිවසක නම්, මේන් ස්විචයෙන් ඕෆ් කර ඔහුව ගලවා ගන්න. මෙහිදීද තමන් සෙරෙප්පු හෝ සපත්තු දාගෙන ඔහුව බේරාගන්න උත්සහ කරන්න. වඩාත් හොඳයි කොස්සක් වැනි දිග දණ්ඩකින් ඔහුගේ ශරීරය විදුලියෙන් ඈත් කළ හැකි නම්. ඉක්මනින් එම තැනැත්තාව රෝහලකට රැගෙන යන්න.

ඔහුට තිබෙන බය ඉවත් කරන්න (බය වෙන්න එපා දැන් ඔක්කොම හරි වැනි දේවල් කියමින් ඔහුගෙ සිත සන්සුන් කරමින්). බොහෝ විට අනතුරුවලින් මිය යන්නේ එම අනතුර නිසා ඔහුගේ සිතේ ඇතිවන කම්පනය (shock) නිසා බව වෛද්‍යවරුන් පෙන්වා දේ. විදුලි අනතුරුවලදී පමණක් නොව, සර්පයෙක් දෂ්ට කළ විටද, රිය අනතුරකදීද, වෙනත් ඕනෑම අනතුරකදී වුවද, සිත සන්සුන් කිරීම ඉතා වැදගත්ය; බොහෝ විට ජීවිතයක් බේරා ගැනීම ඉන් කළ හැකියි.

අනිත් අය අනතුරුවලින් බේරාගැනීමේදී තමන්ගේ ජීවිත ආරක්ෂාව ගැන ඉහළින්ම සිතිය යුතුය. නිකම්ම වීරයකු වන්නට උත්සහ කරන්න එපා. සාමාන්‍යයෙන් විදුලි සැර වැදුනු අවස්ථාවක දෙන සම්මත උපදේශය නම් ඔහුව බේරාගන්නට ළං වෙන්න එපා; විදුලිය සපයන ස්විචයක් (මේන් ස්විචය) ඇත්නම්, එය ඕෆ් කරන ලෙසයි. එහෙත් බොහෝ දෙනෙකුට විදුලිය වැදුණු කෙනෙකු දැක දැක බලාගෙන සිටීමට බැරිය. එමනිසයි ඉහත ආකාරයට උපදෙස් දුන්නේ. කිසිම අදහසක් නැතිව එවැනි කෙනෙකු බේරාගන්න උත්සහ කරනවාට වඩා විද්‍යාත්මක දැනුමක් සහිතව එය කිරීමට දැන් ඔබ දන්නවා. නිවැරදිව ක්‍රියා කළොත් ඔබටද හානියක් සිදු නොකර තවත් ජීවිතයක් බේරා ගැනීමට හැකි වෙනවා.

හදවත උපන්දා සිට මිය යන තුරුම යම් රිද්මයකට අනුව කම්පනය වේ. ඇත්තටම මෙම කම්පනයද මාංශ පේශීන් රිද්මයානුකූලව හැකිලීමෙන් සිදුවන්නකි. ඉහත ආකාරයටම බාහිර විදුලි වෝල්ටියතාවක් නිසා එම කම්පනය අවිධිමත් කළ හැකිය (heart arrhythmia). එමගින් එම පුද්ගලයා මරණයට පත් විය හැකිය.

වෝල්ටියතාව ඉතා ඉහළ වීමට අවශ්‍ය නැහැ ඉහත අනතුරු ඇති කිරීමට. ඒවගේමයි වෝල්ටියතාවෙන් සිදුවන අනතුරුවලදී එම වෝල්ටයතාව සමග පවතින ධාරාවද ඉතාම කුඩා විය හැකියි. එමනිසයි ඒවාට කියන්නේ වෝල්ටියතාවෙන් සිදුවන අනතුරු කියා.

වෝල්ටියතාව අඩු වුවත් ධාරාව යම් ඉහළ අගයක පවතී නම්, එමගින්ද අනතුරු සිදු විය හැකියි. නමුත්, මෙහිදී එම අනතුර සිදුවන ආකාරයේ වෙනසක් ඇත. එනම්, යම් පේශියක් හෝ ශරීර කොටසක් හරහා ලොකු ධාරාවක් ගලා යන විට, එම ශරීර කොටසේ ස්වාභාවිකව පවතින ප්‍රතිරෝධය හරහා ධාරාව ගලා යැමක් නිසා රත් වෙයි. සත්ව කොටස් රත් වීමේදී ඒවා උණු වෙයි. ධාරාව නිසා ඇතිවන අනතුරු එමනිසා පිලිස්සුම් තුවාලවලට සමාන වේ. ස්නායු කොටස් පිලිස්සුනොත් ඒවා නැවත සැකසිය නොහැකිය. විදුලි සැර වැදුනු සමහර අයගේ අත් ගැස්සෙන්නේ හා විකෘති ස්වභාවයක් ගන්නේ මෙවැනි ස්නායු හා පේශීන් පිලිස්සීම නිසාය. සාමාන්‍ය ගින්දරට ඇතිවන පිලිස්සීම්වලට වඩා මෙම ධාරාවෙන් ඇතිවන පිලිස්සීම් භයානකද වේ. ඊට හේතුව, සාමාන්‍ය පිලිස්සීම් සම මතුපිට සිට ඇතුළට ඇති වන්නකි. එහෙත් විදුලි ධාරාව නිසා ඇති වන පිලිස්සීම ඍජුවම ශරීර අභ්‍යන්තරයේම සිදු වේ.

Third degree burn from a high-voltage line.

බොහෝ විට ගෙවල්වල තිබෙන ප්‍රධාන විදුලිය, ධාරාව හා වෝල්ටියතාව යන දෙකෙන්ම අධික බැවින් ඉහත දෙයාකාරයේම භයානක අනතුරු මෙම ප්‍රධාන විදුලියෙන් ඇති විය හැකියි. ඔබගේ පවතින ඇඟේ ශක්තියෙන් හෝ මනසේ ඇති ශක්තියෙන් මෙම විදුලියෙන් ඇතිවන අනතුරු කිසිසේත් නතර කළ නොහැකි බව වටහ ගත යුතුයි (මක්නිසාද යත්, ඔබගේ මොලයෙන් එවන පණිවුඩ විදුලි සැර විසින් නිශේධනය කරන නිසා). පරිස්සමින් විදුලිය සමග කටයුතු කළ යුතුය.

තවද, යම් යම් උපාංගවල විශාලත්වය අනුව තීරණ ගැනීමට පෙළඹෙන්න එපා. උදාහරණයක් ලෙස සමහර උපාංග ක්‍රියා කරන්නේ අත් ඔරලෝසුවලට දමන කුඩා බැටරියකින් විය හැකියි. බැලූ බැල්මට එවැනි බැටරියකින් වැඩ කරන උපාංගයක් කිසිසේත් අනතුරු ඇති නොකරන දෙයක් ලෙස සිතන්නට පෙළඹුණත් එසේ සිතන්න එපා. පහත දැක්වෙන්නේ එවැනි කුඩා බැටරියක් යොදා වැඩ කරන උපකරණයකි. එහෙත් මෙම බැටරියේ වෝල්ටියතාව ඉතා විශාල අගයක් දක්වා වැඩි කරන විදියට මෙහි පරිපථය සාදා තිබෙන්නේ. මෙම පටිය (සමහරවිට ඔබ රූපවාහිනියේද මෙවැනි ව්‍යායාම කරන පටි ගැන වෙළඳ දැන්වීම දැක ඇති.) ඉනේ බැන්ද විට මින් නිකුත් වන අධි වෝල්ටියතාව නිසා බඩේ මාංශ පේශීන් හැකිලීමට පටන් ගනී. (ඔබ මෙවැනි පටියක් පැළඳ ඇති නම් මා කියන දේ ඔබට තේරේවි. ඉවසාගත නොහැකි තරම් හැකිලීමක් මෙයට කළ හැකිය. වරක් මා මෙය බෙල්ලේ ඇති මේදය දහනය කිරීමේ අටියෙන් නිකට ප්‍රදේශයට සවි කළා. එහිදී මාගේ දත් සියල්ලම ටක ටක ගා මුළු ඔලුවත් එක්කම වේදනාකාරී ලෙස දෙදරන්නට පටන් ගත්තා.) මෙය පපු ප්‍රදේශයකට හෝ හිසට ස්පර්ශ වුවොත් අනතුරක් පහසුවෙන්ම ඇති විය හැකියි. එනිසා කුඩා වූ පලියට හානිය අඩු යැයි එකවර නිශ්චය කළ නොහැකිය. විදුලිය යනු (විශේෂයෙන් වෝල්ටියතාව) එවැනි අමුතු ගති ඇති බලශක්තියකි. කුඩා පරිපථයකින් පවා ඉතා කුඩා (වෝල්ට් 1ක් හෝ සමහරවිට ඊටත් කුඩා) වෝල්ටියතාවක් වෝල්ට් සිය දහස් ගුණයකින් වැඩි

කළ හැකියි. එවිට, එවැනි උපකරණ වල ධාරාව එම අනුපාතයෙන්ම අඩු වේ (මයික්‍රෝ ඇම්පියර් ප්‍රමාණයක් දක්වා). එබැවින් ධාරාවෙන් සිදුවන අනතුරු එතැන නැති වුවත්, වෝල්ටියතාවෙන් සිදුවන අනතුර එලෙසම පවතී.

තවද, කැපැසිටර් සමග කටයුතු කරන විටද පරිස්සම් වන්න. පරිපථයක සවි වී ඇති හෝ ඉවත් කර ඇති කැප් එකක තවමත් යම් ආරෝපනයක් තිබිය හැකිය. එවැනි ධාරිත්‍රකය අග්‍ර දෙක ශරීරයේ ස්පර්ශ වුවොත් ඉන් අනතුරුදායක විදුලි සැරක් වැදිය හැකිය. බැටරි මෙන් නොව (බැටරියක ශක්තිය ක්ෂණයෙන් ඉවතට දිය නොහැකියි), ධාරිත්‍රකයක ඇති ආරෝපනය (ශක්තිය) ඉතා ක්ෂණයෙන් පිටතට ලබා දේ. එමනිසයි මෙහි භයානක බව තිබෙන්නේ. විශේෂයෙන් මෝටර්, මයික්‍රෝවේව් අවන් ආදිය සමග ඇති විශාල කැපැසිටර් මාරාන්තික විය හැකියි.

සමහර උපකරණවලට දියර වර්ග වැටීමෙන් එවා ෂෝට් (short - ලුහුවත්) වී උපකරණය විනාශ වී යැමටත් ගිනි ගැනීමටත් සමහරවිට පිපිරීමටත් පුළුවන්. සමහර උපකරණ කේසින් එකක් තුළ තිබේ. ඒවා ඉස්කුරුප්පු ඇනවලින් සවි වී තිබේ. මෙම ඉස්කුරුප්පු ඇන හොඳට තටද සවි වී නැති විටකදී ඒවා සෙලවීමකදී ගැලවී ගොස් සර්කිට් එකේ වැදීමෙන්ද ඉහත වැනිම ෂෝට් විය හැකියි. ඇන මෙන්ම වෙනත් ලෝහ පතුරු වැනි දෑ වලින්ද එය සිදු විය හැකියි. (මාගේ පරිගණකයක්ද එලෙස පිලිස්සී ගියා වරක්.)

සමහර ප්‍රදේශවල ප්‍රධාන විදුලිය නිතරම ඉහළ පහළ යනවා. මෙය උපකරණවලට එතරම් හොඳ දෙයක් නොවේ. එවැනි දෝෂ නැවැරදි කිරීමට විදුලි බල මණ්ඩලය බැඳී සිටී. එවැනි ප්‍රශ්න ඔවුන්ට දන්වා වහාම නිවැරදි කරගන්න. පරිගණක වැනි උපකරණවලට මෙය හොඳ නැත. එවැනි අවස්ථාවක ඔබට stabilizer නමින් හැඳින්වෙන උපකරණයක් හරහා ඔබේ පරිගණකය වැනි උපකරණයට විදුලිය සැපයිය හැකියි. ස්ටැබිලයිසර් එකකින් කරන්නේ, විචලනය වන විදුලිය ස්ථාවර කර දීමයි. මේ වෙනුවට UPS එකක්ද භාවිතා කළ හැකියි. යූපීඑස් එකකින් විදුලි සැපයුම නතර වූ විටකදී පවා යම් කාලයක් දක්වා අඛණ්ඩව විදුලිය සපයනවා එහි ඇති බැටරිය මගින්.

විදුලි කෙටීම (lightning) නිසා ඇති විය හැකි අනතුරු ඉතා මාරාන්තිකය. වලාකුළු අහසේ ගමන් කරන විට, එම වලාකුළු එකිනෙකට ඇතිල්ලේ. එවිට වලාකුළුවල සමහර තැන්වලින් ඉලෙක්ට්‍රෝන ගැලවී ගොස් තවත් වලාකුළුවලට සම්බන්ධ වේ. මෙලෙස වලාකුළු ධණ සෘණ සේ ආරෝපිතවීම නිසා වලාකුළු වලාකුළු අතර විදුලි පුළිඟු (spark) ඇති වේ. මෙම පුළිඟු තමයි විදුලි කෙටීම් ලෙස හඳුන්වන්නේ. විදුලි කෙටීමක් යනු ආරෝපන ක්ෂණිකව ගලා යැමක් නිසා, එය විදුලි ධාරාවකි. ඉතාමත්ම කෙටි කාලයක් තුළ අති විශාල ආරෝපන ප්‍රමාණයක් ගමන් කරයි. මෙම විශාල ධාරාව ක්ෂණිකව වායුගෝලය හරහා ගමන් කිරීම නිසා, එම විදුලිය ගමන් කරන මාර්ගය අධික රත්වීමකට ලක් වී ඒ අවට වාතය ප්‍රසාරණය වේ. එසේ ප්‍රසාරණය වීම යනු එම ස්ථානය අඩු පීඩන කලාපයක් වීමයි. එම අඩු පීඩන කලාපයට දැන් පිටතින් ක්ෂණයෙන් වාතය ගමන් කරයි. එවිට ඉතා දැඩි ශබ්දයක් ඇති වේ. (හරියට ඔබේ අත්ල දෙක වේගයෙන් එකිනෙකට හැප්පෙන විට ශබ්දයක් ඇති වන්නාක් සේ.) මෙයයි ගෙරවීම ලෙස හඳුන්වන්නේ. එහෙත් මෙම විදුලි කෙටීම වලාකුළු වලාකුළු අතර සිදුවන අතර, ඉන් එතරම් අනතුරක් පොළොව මත සිදු වන්නේ නැත. එලෙසම, වලාකුළක සිට පොළොවටද මෙම විදුලි කෙටීම සිදුවිය හැකි අතර, එවිට එය මාරාන්තික විය හැකිය.

වළාකුළක සිට පොළොවට විදුලිය කොටන විට, එම විදුලි කෙටීම "වදින්නේ" පොළොවේ එම ප්‍රදේශයේ තිබෙන උසම ස්ථානයටයි. එමනිසයි කියන්නේ කුඹුරක, පිට්ටනියක, ජලාශයක, කඳු මුදුනක ආදී තැන්වල සිටින්න එපා කියලා (එවිට, එම ප්‍රදේශයේ තිබෙන අහසට ළඟම ස්ථානය ඔබ (ඔබේ ඔලුව) විය හැකියි. අකුණ ඔබට වැදීමට බොහෝම ඉඩකඩ තිබෙනවා). උස් ස්ථානම නොවුණත් එළිමහනේ යන විට අකුණක් වැදීමට ඉඩකඩ වැඩියි. උස ගහක් වැනි දෙයක් යටද සිටින්න එපා. එම දෙයට අකුණ ගසන විට, අසල සිටින ඔබටද ඉන් අනිවාර්යයෙන්ම අනතුරක් සිදු වේ. බසයක් කාරයක් වැනි ලෝහකින් සම්පූර්ණයෙන්ම වැසුනු වාහනයක ඇතුළේ සිටින අයට අකුණු වදින්නේ නැත. එහෙත් අකුණක බරපතලකම ඇත්තේ අකුණේ ඇති විදුලි සැරයේම නොව, විදුලිය කෙටීමකදී ඇතිවන ශබ්දයෙන්ද (ගෙරවීම - thundering/thunderclaps) ආබාධ ඇති විය හැකි බව මතක තබා ගන්න.

විදුලි කොටන විටදී විදුලි උපකරණ භාවිතා කිරීම අවම කරන්න. ඊට හේතුව, ඔබේ නිවසට එන ප්‍රධාන විදුලි කම්බි රැහැනකට අකුණක් වැදීමෙන් එම රැහැනේ විදුලිය සුළු මොහොතකට ඉතා විශාල වී එමගින් විදුලියට සම්බන්ධ කර ඇති ඔබේ විදුලි උපකරණ විනාශ වීමට හැකියාවක් ඇත. එපමණක්ද නොවේ, එවැනි උපකරණයක් පුපුරා යෑමක් හෝ ගිනි ගැනීමක් හෝ සිදු වී එය භාවිතා කරන පුද්ගලයාටද විශාල අනතුරක් සිදු වේ. තවද, උපකරණය ඔන් කර නොතිබුණත්, ස්විචය ඕෆ් ස්ථානයට යොමු කර තිබුණත්, අකුණක් වැදීම නිසා මොහොතකට පරිපථයේ වෝල්ටියතාව දහස් ගණනක් දක්වා වැඩි වේ. එවැනි විශාල විභව වෙනසකදී ඕෆ් කර ඇති ස්විචය හරහා විදුලි පුළිඟු හෙවත් ස්පාර්ක් එකකින් ඔන් වී එම විශාල විදුලිය උපකරණයට ගොස් උපකරණය විනාශ විය හැකියි. එනිසා, නිකංම ස්විචයෙන් ඕෆ් කරලා විතරක් මදි, එම උපකරණ බිත්තියේ ස්විචවලින්ම ගලවා තබන්න. හොඳ මට්ටමේ ප් ස්විචයක් නිවසේ/ගොඩනැගිල්ලේ සවි කර තිබීමද වැදගත්ය. එමගින් විශාල විදුලියක් අකුණක් නිසා විදුලි පරිපථයට ඇතුලු වන්නට උත්සහ කළොත් ප් ස්විචයෙන් ක්ෂණිකව ඕෆ් වී ඔබේ නිවස ආරක්ෂා වේ. අවශ්‍ය නම්, අකුණක් නිසා හෝ වෙනත් හේතුවක් නිසා හෝ මෙලෙස නිවසේ විදුලිය ඉහළ යෑම වැලැක්වීමට හැකි විදුලි උපාංගයක් (surge suppressor) සවි කර තවදුරටත් ආරක්ෂාව වැඩි කරගත හැකිය. රෝහල්, කර්මාන්තශාලා ආදියේ වැඩකටයුතු විදුලි කොටන විට නතර කිරීමට බැරිය. එවැනි අවස්ථාවල surge suppressor, අකුණු සන්නායක වැනි මෙවැනි විශේෂ උපාංග යොදා ඇත.

සමහර උපකරණවල උග්‍ර විෂ ද්‍රව්‍ය ඇත. ඒවා පෙනුමෙන් බොහෝම අහිංසක මෙන් පෙනේ. උදාහරණ ලෙස, රසදිය හෙවත් මර්කරි (Mercury. Hg යන රසායනික විද්‍යා සංකේතයෙන් එය හඳුන්වයි.) යනු උග්‍ර විෂ ද්‍රව්‍යයකි; පිළිකාකාරකයක් හා මොලයේ ස්නායු මරා දමන ද්‍රව්‍යයකි; කුඩා ළමුන්ට මෙය ඉතා ඉතා ඉතා අහිතකරය. සමහර උෂ්ණත්වමානවල, රීඩ් ස්වි වල, CFL බල්බය තුළ ආදි තැන්වල මෙය අඩංගු වේ. එපමණක් නොවේ මෑතක් වන තුරු තීන්ත (paint) වලද මෙය ගැබ්ව පැවතුනි (එහෙත් නව නීති මගින් තීන්තවල මර්කරි කිසිසේත්ම නොපැවතිය යුතු බවට පැනවීය. තීන්ත ටින්වල මර්කරි නැති බව සඳහන් කර තිබිය යුතුය. එය සඳහන් කර නැති නම්, වහාම පාරිභෝගික අධිකාරියට 1977 දුරකථන අංකයට කතා කර එය දන්වන්න. එක එක්කෙනා ස්වයංරැකියා වශයෙන් සාදන තීන්තවල මර්කරි තිබිය හැකි බවද මතක තබා ගන්න.)

CFL බල්බවල වීදුරු කොටස් කැඩී ඇති විට පරිස්සමින් එම කැඩුණු කොටස් ලොකු කඩදාසියක ඔතා නිවසින් පිට සුදුසු තැනක තැන්පත් කරන්න. කෙලින්ම අත්වලින් එම කොටස් අල්ලන්න එපා; ගල්වුස් භාවිතා කරන්න; නැතිනම් බ්‍රෂ් එකකින් එම කොටස් කොලයට එකතු කර ගන්න. හොඳ වාතාශ්‍රයක් ඇතිවන පරිදි ජනෙල් දොරවල් වහාම විවෘත කර තබන්න. එලෙස විවෘත කර ටික වෙලාවක් යනකල් එම ස්ථානයේ ගැවසෙන්න එපා. (පිටරටවල නම්, මෙවැනි විෂ ද්‍රව්‍ය යම් යම් ආයතනවලට භාරදිය හැකියි. ඔවුන් ඒවා පරිස්සමින් විනාශකර දමනවා.)

මර්කරි සේම බෙරිලියම් (Berrylium – Be) යන මූලද්‍රව්‍යයද විෂය. විශේෂයෙන් මයික්‍රොවේව් අවන්වල මැග්නෙට්‍රොන් නම් කොටසේ යම් භාහිරව අතට ස්පර්ශ විය හැකි තැනක මෙය ඇත. මේ ආදි ලෙස තමන් වැඩකරන ඒවා ගැන සොයා බලන්න. විෂ සහිත කොටස් ඇල්ලීමෙන් වැලකී සිටින්න; ඇල්ලීමට සිදු වේ නම්, රබර් (ලේටෙක්ස්) ගල්වුස් භාවිතා කරන්න; එවැනි කොටස් සූරන්නට, කුඩු කරන්නට එපා (එවිට ඒවායේ අංශු වාතයට මුසු වී නාසය ඔස්සේ ශරීරයට ඇතුලු විය හැකියි.)

ඇත්තටම පරිස්සමට තිබෙන ප්‍රබලතම ආයුධය දැනුමයි. ඔබ අනතුරු සිදුවිය හැකි ක්‍රම ගැන හා ඒවායෙන් වැලකෙන ක්‍රම හා බැරිවෙලාවත් අනතුරක් සිදු වුවොත් කළ හැකි දේවල් ගැන කොතරම් දැනුවත්ද, ඒ ප්‍රමාණෙට ඔබට අනතුරුවලින් පරිස්සම් විය හැකියි. ඒ නිසා, තමන් පරිහරණය කරන සෑම උපාංගයකින්ම හා උපකරණයකින්ම ඇති විය හැකි අනතුරු ගැන සොයා බලන්න. දැනුම ඉතා වටිනා දෙයක් බව නිතරම සිහි තබා ගන්න. ඔබ සිදුකරන විශ්මිත දේවල් අපරික්ෂාකාරිව සිදුකර ටික කලකින් සුව කළ නොහැකි රෝග හෝ අනතුරුවලට ලක් වන්නේ නම් හෝ මිය යන්නේ නම්, එම විශ්මිත නිමැයුම්වලින් වැඩක් නැහැ නේද? අද අන්තර්ජාල පහසුකම් ලෙහෙසියෙන්ම පවතින නිසා, ඕනෑම ද්‍රව්‍යයක්, උපාංගයක්, උපකරණයක් ගැන තොරතුරු සෙවිය හැකියි. ඒවායෙන් සිදුවිය හැකි අනතුරු හා පරිස්සම් විය හැකි අයුරු පහසුවෙන්ම ලබා ගත හැකියි. www.google.com යන වෙබ් අඩවියට ගොස් තමන්ට සෙවිය යුතු දේ ඉංග්‍රිසි වචනයෙන් ඇතුලු කිරීම පමණයි කළ යුත්තේ. ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් වැනි තාක්ෂණික විෂයක් ඉගෙන ගන්නා හෝ නියැලෙන අයෙක් අනිවාර්යෙන්ම පරිගණකය හා අන්තර්ජාලය සමග වැඩ කිරීමට ඉගෙන ගත යුතුමය.

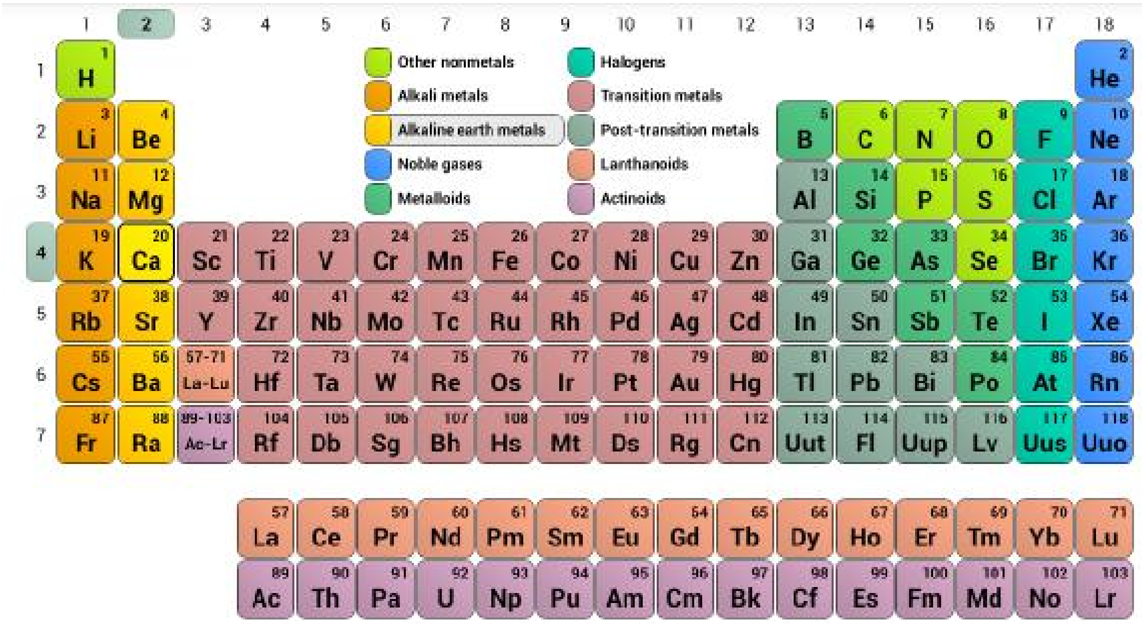
ඔබ උපකරණ සෑදීමේදී මෙම සේෆ්ටි හා සිකියුරිටි යන දෙකම උපරිම වන සේ එම උපකරණ නිර්මාණය කළ යුතුය. යම් උපකරණයක් සමග බොහෝ විට, එම උපකරණය ක්‍රියා කරවන්නේ කෙසේද ආදී තොරතුරු ඇතුළත් යම් පත්‍රිකාවක් හෝ පොතක් (manual එක කියා මෙයට කියනවා.) ලැබෙන්නේද මෙම හේතු නිසාය.

අතිරේකය 1 (විද්‍යා අතිරේකය)

ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් යනු තාක්ෂණික විෂයක් නිසා විද්‍යාව හා ගණිතය ගැන අවබෝධය වැඩිවන තරමට තාක්ෂණික විෂයන් අවබෝධ කර ගැනීම පහසුය. මෙම අතිරේකයෙන් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වලට අවශ්‍ය යම් යම් සරල විද්‍යාත්මක කාරණා කිහිපයක් ගැන සාක් ෂා කෙරේ.

මේ විශ්වයේ තිබෙන සියලුම දේවල් සරලව **පදාර්ථ** (matter) හා **ශක්ති** (energy) ලෙස දෙකොටසකට බෙදිය හැකියි. මේ සියල්ල පවතින්නේ "හිස් **අවකාශය**" (space) තුළයි. පදාර්ථයට යම් ස්කන්ධයක් (බරක්) සේම අවකාශයෙන් යම් ඉඩක්ද අවශ්‍ය වේ. ඇසට නොපෙනෙන තරමේ පවතින බැක්ටීරියාවක ස්කන්ධය හා එම බැක්ටීරියාව ගන්නා ඉඩ ප්‍රමාණය සිතා ගත නොහැකි තරම් ඉතා කුඩා වන අතර, ඈත තරුවක ස්කන්ධය හා අවකාශයේ ගන්නා ඉඩ ප්‍රමාණය සිතාගත නොහැකි තරම් විශාලය. මෙම සියලු පදාර්ථ **ඝන** (solid), **ද්‍රව** (liquid), **වායු** (gas) යන ආකාරවලින් පවතී. මෙම ආකාර **පදාර්ථයේ අවස්ථා** (states of matter) ලෙස හැඳින්වේ.

මේ නානාප්‍රකාරයේ සියලු පදාර්ථ සෑදී ඇත්තේ මූලික ද්‍රව්‍ය සියයක් පමණ ගණනක් මගිනි. මෙම මූලික ද්‍රව්‍ය **මූලද්‍රව්‍ය** (elements) ලෙස හැඳින්වේ. හයිඩ්‍රජන්, ඔක්සිජන්, කාබන්, යකඩ, ඇලුමිනියම්, තඹ, රත්තරං ආදී නම් වලින් ඒවා හැඳින් වේ. සෑම මූලද්‍රව්‍යක්ම තනි ඉංග්‍රිසි අකුරකින් (එය අනිවාර්යෙන්ම කැපිටල් විය යුතුය.) හෝ ඉංග්‍රිසි අකුරු දෙකකින් (ඉන් පළමු අකුර කැපිටල්ද දෙවන අකුර සිම්පල්ද විය යුතුය.) කෙටියෙන් හැඳින් වේ. මේ සියලු මූලද්‍රව්‍ය යම් කිසි රටාවකට සකසා ඇති වගුව **ආවර්තිතා වගුව** (periodic table) ලෙස හැඳින් වේ.



මේ සියලු මූලද්‍රව්‍යයන්වලට ඊටම අනන්‍ය (අනන්‍ය යන්නෙහි තේරුම ආවේණික යන්නයි.) වූ **ගතිගුණ** (properties) ඇත. මේ අතරින් ඕනෑම මූලද්‍රව්‍යයක් ගන්න. උදාහරණයක් ලෙස රත්තරං ගමු. ඔබ යම් රත්තරං කැබැල්ලක් ගෙන, එය දෙකට කඩන්න. දැන් කුඩා රත්තරං කැබැලි දෙකක් ලැබේ. කඩන්නට පෙරද තිබුණේ රත්තරංය; කැඩුවට පසුව තිබෙන්නේද රත්තරංය. දැන් කුඩා රත්තරං කැබැල්ල නැවත දෙකට කඩන්න. එවිටද නැවත ලැබෙන්නේ ඊටත් වඩා කුඩා රත්තරං කැබැලි දෙකකි. මේ ආකාරයට නැවත නැවත එය කඩා ගෙන යන විට, යම් අවස්ථාවක් එළඹෙනවා මෙය තවදුරටත් කැඩිය නොහැකි. මෙය **පරමාණුව** (atom) ලෙස හැඳින් වෙනවා. රත්තරං පරමාණුව යනු රත්තරංවල ගතිගුණ එලෙසම ඇති රත්තරංහි කුඩාම **අංශුවයි** (particle). දැන් ඔබට පැහැදිලියි රත්තරං කැබැල්ල සෑදී ඇත්තේ රත්තරං පරමාණුවලින් බව. මේ ආකාරයටම, ඇලුමිනියම් සෑදී ඇත්තේ ඇලුමිනියම් පරමාණුවලිනි. අනෙක් මූලද්‍රව්‍යයන්ද සෑදී ඇත්තේ ඒ ඒ මූලද්‍රව්‍යයේ නමින්ම හැඳින්වෙන පරමාණුවලිනි.

ඇත්තටම, පරමාණුවද නැවත කුඩා කොටස්වලට කැඩිය හැකිය. රත්තරං වේවා ඇලුමිනියම් වේවා හයිඩ්‍රජන් වේවා ඕනෑම පරමාණුවක් **ඉලෙක්ට්‍රෝන** (electron), **ප්‍රෝටෝන** (proton), හා **නියුට්‍රෝන** (neutron) යන කුඩා අංශු වර්ග තුනකට කැඩෙනවා. ඒ ඒ පරමාණු තුළ මෙම කුඩා අංශු විවිධ ප්‍රමාණවලින් පවතිනවා. උදාහරණයක් ලෙස, හයිඩ්‍රජන් පරමාණුවක් සෑදී තිබෙන්නේ එක් ප්‍රෝටෝනයක් හා එක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් එකතු වීමෙනි. කාබන් පරමාණුවක් සෑදී තිබෙන්නේ ප්‍රෝටෝන හයකුත් ඉලෙක්ට්‍රෝන හයකුත් නියුට්‍රෝන හයකුත් එකතු වීමෙනි. මෙම අංශු තුනම පරමාණුවලට වඩා කුඩා නිසා, **උපපරමාණුක** (sub-atomic) අංශු ලෙස හැඳින්වෙනවා. එහෙත් මෙහිදී යම් ප්‍රශ්නයක් තිබේ. එනම්, ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් තවත් ඉලෙක්ට්‍රෝනකයට වඩා කිසිම අයුරකින් වෙනස්කමක් නැත. ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝන ගැනද කිව හැක්කේ එයමයි. උදාහරණයක් ලෙස රත්තරං පරමාණුවකින් ගත් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් හා ඔක්සිජන් පරමාණුවකින් ගත් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් අතර කිසිදු වෙනසක් නැත. දෙකම එකම ගතිගුණ පෙන්වන ඉලෙක්ට්‍රෝනය. කාබන් පරමාණුවකින් ගත් ප්‍රෝටෝනයක් හා වෙනත් ඕනෑම පරමාණුවකින් ගත් ප්‍රෝටෝනයක් අතර වෙනසක් නැත. එලෙසම, ඕනෑම පරමාණුවකින් ගත් නියුට්‍රෝනයක් තවත් ඕනෑම පරමාණුවකින් ගත් නියුට්‍රෝනයක් අතරද වෙනසක් නැත. එනිසා, යම් මූලද්‍රව්‍යයක ගතිගුණ එහිම පරමාණුව තුළ නොනැසී පැවතුනත්, යම් පරමාණුවක ගතිගුණ එම පරමාණුව සෑදී ඇති උපපරමාණුක අංශු තුළ පිහිටන්නේ නැත.

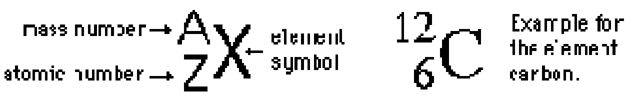
ඉලෙක්ට්‍රෝනයක සෘණ ආරෝපනයක් (-1) පවතී. එහි ස්කන්ධය ප්‍රෝටෝනයක ස්කන්ධයෙන් ආසන්න ලෙස දෙදහකින් පංගුවක් තරම් කුඩාය. එමනිසා, අප ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ස්කන්ධය ශූන්‍ය ලෙස සලකනවා. ප්‍රෝටෝනයකට ධණ ඒකක ආරෝපනයක් (+1) ඇත. නියුට්‍රෝනයක ස්කන්ධයද ප්‍රෝටෝනයක ස්කන්ධයට සමාන වන නමුත් නියුට්‍රෝනයකට කිසිදු ආරෝපනයක් නොමැත (උදාසීනයි). මේ අනුව යම් පරමාණුවක සම්පූර්ණ ස්කන්ධයට හේතුවන්නේ ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝනවල ස්කන්ධවල එකතුව පමණක් බව පැහැදිලියි.

දැන් අප සලක් බලන්නේ ඉහත උපපරමාණුක අංශු විසින් ඒ ඒ පරමාණු සාදන්නේ කෙලෙසද කියා. යම් මූලද්‍රව්‍යයක පරමාණුවක් නිශ්චිතව හඳුනාගන්නේ එම පරමාණුව තුළ පවතින ප්‍රෝටෝන ගණන අනුවයි. යම් පරමාණුවක පවතින්නේ ප්‍රෝටෝන එකක් පමණක් නම්, එය හයිඩ්‍රජන් පරමාණුව ලෙස නම් කරනවා. යම් පරමාණුවක් ප්‍රෝටෝන දෙකක් ඇති නම්, හීලියම් ලෙස හැඳින් වෙනවා. මේ ආකාරයට ප්‍රෝටෝන තුනක් ඇති විට, ලිතියම් ලෙසද, හතරක් ඇති විට බෙරිලියම් ලෙසද, ආදී ලෙස ප්‍රෝටෝන එකින් එක වැඩි කරමින් විවිධ පරමාණු සෑදිය හැකි බව දැන් පැහැදිලියි නේද? යම් පරමාණුවක ඇති ප්‍රෝටෝන ගණන **පරමාණුක අංකය** (atomic number) ලෙස හැඳින් වෙනවා.

ඒ විතරක් නොවේ. යම් පරමාණුවක පවතින ප්‍රෝටෝන ගණනට සමාන ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණනක් සැමවිටම පවතී. එහෙත් ප්‍රෝටෝන මෙන් නොව, යම් යම් අවස්ථාවලදී මෙම ඉලෙක්ට්‍රෝනවලින් එක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් හෝ කිහිපයක් පරමාණුවෙන් පහසුවෙන්ම ගැලවී යෑමට හැකියි. තවත් අවස්ථාවකදී යම් පරමාණුවක් විසින් ඉලෙක්ට්‍රෝන පිටින් ලබා ගැනීමද සිදු කරයි. මේ අවස්ථා දෙකේදීම සිදුවන්නේ පරමාණුවේ පවතින ප්‍රෝටෝන ගණනට වඩා ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණන වෙනස් වීමයි. ඇත්තටම මෙලෙස පරමාණුවක ඉලෙක්ට්‍රෝන වෙනස් වූ විට ඊට තවදුරටත් පරමාණුව කියන්නේ නැත. ඊට කියන්නේ **අයනය** (ion) කියායි. ඉලෙක්ට්‍රෝන ඉවත් වීමේදී (electron loss) ධණ ආරෝපිත ප්‍රෝටෝන ගණනට වඩා සෘණ ආරෝපිත ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණන අඩු නිසා, අයනයේ වැඩිපුර ඇත්තේ ධණ ආරෝපනයක් නිසා, එවැනි අයන **ධණ අයන** (positive ion) හෙවත් **කැටායන** (cation) ලෙස හැඳින්වෙනවා. එලෙසම, යම් පරමාණුවකට පිටතින් ඉලෙක්ට්‍රෝන ලබාගත් (electron gain) පසු, එම අයනයේ දැන් වැඩිපුර ඇත්තේ සෘණ ආරෝපන බැවින්, එවැනි අයන **සෘණ අයන** (negative ion) හෙවත් **ඇනායන** (anion) ලෙස හැඳින්වෙනවා. සාමාන්‍යයෙන් පරමාණුවක ප්‍රෝටෝන හා ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණන සමාන නිසා සමස්ථ පරමාණුව හැමවිටම **උදාසීන** (neutral) වේ. පරමාණුවක් උදාසීන නොවන අවස්ථා තමයි අයන යනුවෙන් හැඳින් වෙන්නේ.

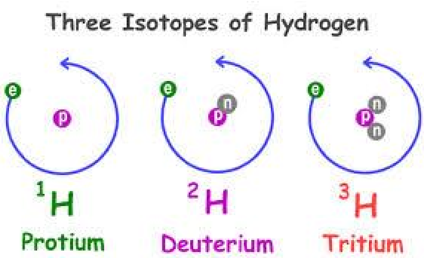
තවද, යම් පරමාණුවක ඉහත ආකාරයට ප්‍රෝටෝන හා ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණන නිශ්චය කළ හැකි වුවත්, එහි තිබෙන නියුට්‍රෝන ගණන නිශ්චිතවම කිව නොහැකිය. දළ වශයෙන් ප්‍රෝටෝන ගණනට සමාන නියුට්‍රෝන ගණනක් පවතී යනුවෙන් මතක තබා ගන්න. උදාහරණයක් ලෙස හයිඩ්‍රජන් පරමාණුව ගෙන බලමු. හයිඩ්‍රජන් යනු එක් ප්‍රෝටෝනයක් සහිත පරමාණුව නිසා එහි ඇත්තේ එක් ප්‍රෝටෝනයක් පමණි. ප්‍රෝටෝන ගණනට සමාන ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණනක් ඇති නිසා, ඉලෙක්ට්‍රෝනද ඇත්තේ එකක් පමණි. එහෙත් හයිඩ්‍රජන් පරමාණුව තුළ නියුට්‍රෝන එකක්වත් නැත. ඇත්තටම බහුලව හමුවන හයිඩ්‍රජන් පරමාණුවල තත්වය එසේය. එනම්, හයිඩ්‍රජන් පරමාණුවලින් 99.98% ක ප්‍රතිශතයක් ඇත්තේ මෙම නියුට්‍රෝන එකක්වත් නැති හයිඩ්‍රජන් පරමාණුය (මෙම හයිඩ්‍රජන් සමස්ථානිකයට ප්‍රෝටියම් යන නමද භාවිතා කරනවා). මීට අමතරව, නියුට්‍රෝන එකක් පමණක් තිබෙන හයිඩ්‍රජන් පරමාණුද ඇත (මෙම හයිඩ්‍රජන් සමස්ථානිකය ඩියුටීරියම් ලෙස හැඳින් වෙනවා). එය ප්‍රතිශතයක් ලෙස, 0.01% කි. එනම්, පරිසරයේ ඇති හයිඩ්‍රජන් පරමාණු දසදහසක් ගත් කළ, ඉන් 9998ක්ම නියුට්‍රෝන නොමැති වර්ගය (එනම්, ප්‍රෝටියම්) වන අතර, ඉන් එකක් එක් නියුට්‍රෝනයක් සහිත වර්ගය (එනම්, ඩියුටීරියම්) වේ. එවිතරක්ද නොවේ, නියුට්‍රෝන දෙකක් තිබෙන හයිඩ්‍රජන් පරමාණු වර්ගයක්ද ඇත (මීට ටියම් කියා පවසනවා). එය පවතින්නේ ඊටත් වඩා අඩුවෙනි. මෙලෙස, යම් මූලද්‍රව්‍ය පරමාණුවක නියුට්‍රෝන ගණන විවිධ විය හැකියි. නියුට්‍රෝන ගණන වෙනස් වුවද, පරමාණුවේ නම වෙනස් වන්නේ නැත. එහෙත්, එකම පරමාණුවේ මෙලෙස විවිධ නියුට්‍රෝන ගණනක් ඇති අවස්ථා **සමස්ථානික** (isotope) ලෙස හැඳින් වෙනවා. ඒ අනුව හයිඩ්‍රජන්වලට සමස්ථානික තුනක් තිබෙනවා. මේ ආකාරයට සෑම මූලද්‍රව්‍යයකටම සමස්ථානික කිහිපය බැගින් පවතිනවා. විවිධ මූලද්‍රව්‍ය ඇත්තේ එකසිය ගණනක් වුවද, එම සෑම මූලද්‍රව්‍යයකම පාහේ සමස්ථානික කිහිපය බැගින් ඇත. එවැනි සමස්ථානික සියල්ලම දහසකට වඩා පවතී. පරමාණුවක ඇති ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝනවල එකතුවට **පරමාණුක ස්කන්ධය** (atomic mass) ලෙස කියනවා.

යම් පරමාණුවක පරමාණුක සංකේතය සමග පරමාණුක ක්‍රමාංකය හා පරමාණුක ස්කන්ධය කෙටියෙන් සටහන් කරන ක්‍රමයක් පවතිනවා. එය පහත රූපයෙන් දැක්වෙනවා.



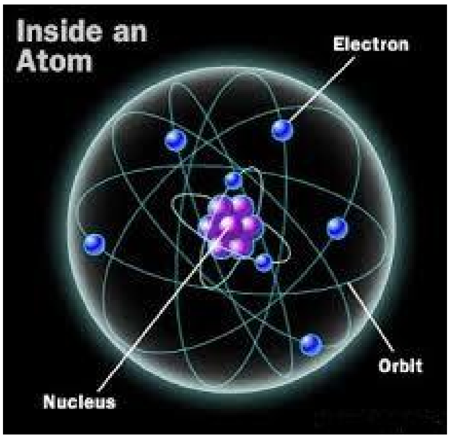
("X-a" ලෙසද මෙය කෙටියෙන් ලිවිය හැකියි. එවිට, පරමාණුක ක්‍රමාංකය සටහන් වන්නේ නැත. උදාහරණයක් ලෙස, ඉහත කාබන් පරමාණුව C-12 ලෙසද දැක්විය හැකියි.)

ඒ අනුව, හයිඩ්‍රජන්හි සමස්ථානික තුන පහත ආකාරයට ලිවිය හැකියි.

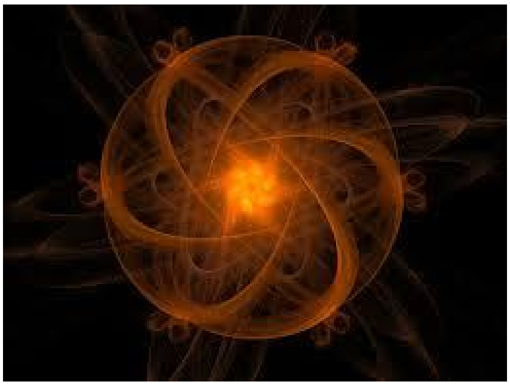


දැන් අප බලමු මෙම උපපරමාණුක අංශු පරමාණුව තුළ කුමන ආකාරයකින් පිහිටා තිබේද කියා. (අද වන විට, ක්වන්ටම් විද්‍යාවට අනුව ඉතා හොඳ ආකෘති තිබුණත්, ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වලට එතරම් බරපතල ආකෘතියක් දැනට

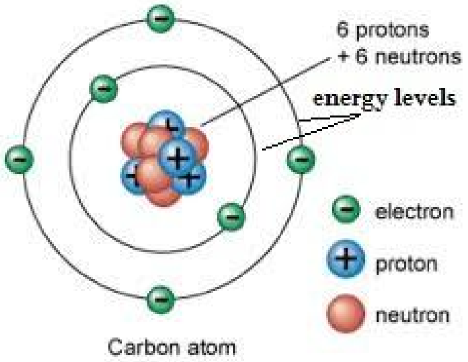
අවශ්‍ය නැත.) ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝන පිහිටා තිබෙන්නේ පරමාණුවේ මැදයි. එය **න්‍යෂ්ටිය** (nucleus) ලෙස හැඳින්වෙනවා. න්‍යෂ්ටියේ පිහිටා ඇති නිසා ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝන යන දෙකම පොදුවේ **නියුක්ලියෝන** (neucleon) යන නමින්ද හැඳින් වෙනවා.ඒ අනුව, යම් පරමාණුවක න්‍යෂ්ටියේ ප්‍රෝටෝන දෙකකුත් නියුට්‍රෝන තුනකුත් ඇති විට, එම පරමාණුවේ නියුක්ලියෝන පහක් තිබේ යැයි කිව හැකිය. පරමාණුවේ ප්‍රමාණය සමග සැසඳීමේදී මෙම න්‍යෂ්ටිය ඉතා කුඩාය. පරමාණුව විශාල ඩා පිටියක් තරම් යැයි උපමා කළොත් එහි න්‍යෂ්ටිය එම ඩා පිටිය මැද තිබෙන කුඩා කඩල ඇටයක් තරම් ප්‍රමාණයේ වේ.

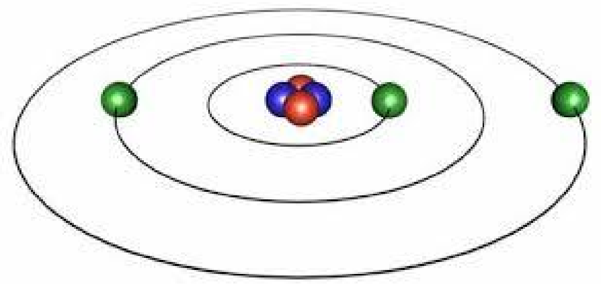


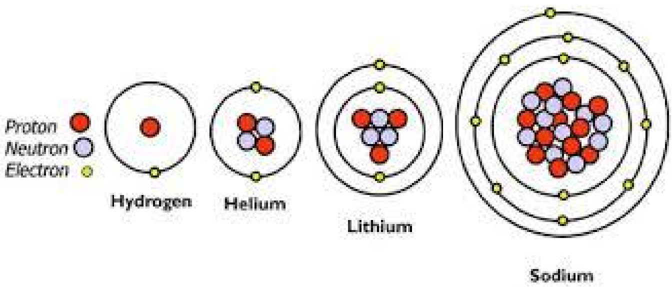
න්‍යෂ්ටිය ඉතා ආරක්ෂිතව පවතී. එය කෘත්‍රිමව කැඩීමට ඉතා අපහසුය (උසස් විද්‍යා උපකරණ හා තාක්ෂණයක් ඊට අවශ්‍ය වේ.) ඇත්තටම මෙම න්‍යෂ්ටියේ සියලු ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝන පවතින නිසා, (ඉලෙක්ට්‍රෝනවල ස්කන්ධය ශුන්‍ය යැයි සලකන නිසාත්) පරමාණුවේ ස්කන්ධය පවතින්නේ මෙම න්‍යෂ්ටිය තුළයි. න්‍යෂ්ටිය එලෙස කුඩා වුවත්, පරමාණුව විශාල වීමට හේතුව ඉලෙක්ට්‍රෝන ඒ න්‍යෂ්ටිය වටා ගමන් කිරීමයි. ඉලෙක්ට්‍රෝන සිතාගත නොහැකි තරම් වේගයෙන් මෙම න්‍යෂ්ටිය වටා ගමන් කරනවා (හරියට මලක් වටා මීමැස්සන් කැරකෙනවා මෙන්). ඒ අනුව පෙනෙන්නේ පරමාණුවේ විශාලත්වයට එකම හේතුව ඉලෙක්ට්‍රෝන බවයි.



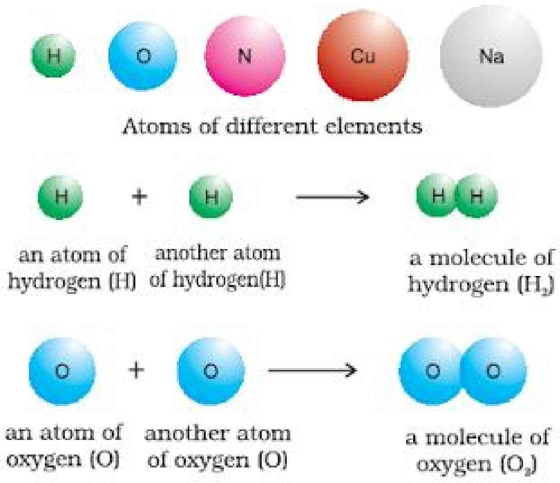
ඉලෙක්ට්‍රෝන න්‍යෂ්ටිය වටා ගමන් කරන්නේද යම් ක්‍රමයකටයි. ඉලෙක්ට්‍රෝන සියල්ල ඔහේ එහේ මෙහේ යන්නේ නැත. ඒවා න්‍යෂ්ටියේ සිට නිශ්චිත දුරවල්වලින් ගමන් කරනවා. උදාහරණයක් ලෙස, ඕනෑම පරමාණුවක පළමු ඉලෙක්ට්‍රෝන දෙක දක්වා ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කරන්නේ ඉලෙක්ට්‍රෝනයට ළඟින්ම ගමන් මාර්ගයකයි. ඉලෙක්ට්‍රෝන දෙකකට වඩා වැඩි පරමාණුවලදී, ඊ ළඟ ඉලෙක්ට්‍රෝන අට දක්වා වූ ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කරන්නේ පළමු ඉලෙක්ට්‍රෝන දෙක ගමන් කළ දුරට වඩා වැඩි දුරකින් (ඈතින්) වේ. ඊ ළඟ ඉලෙක්ට්‍රෝන 18 ගමන් කරන්නේ ඊටත් වඩා දුරින් වූ මාර්ගයකයි. මෙලෙස තව තවත් ගමන් මාර්ග පිහිටයි. මෙම ක්‍රමයෙන් න්‍යෂ්ටිය සිට ඈත් වන සේ පිහිටි ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් මාර්ග **ශක්ති මට්ටම්** (energy level) ලෙස හැඳින්වෙනවා.

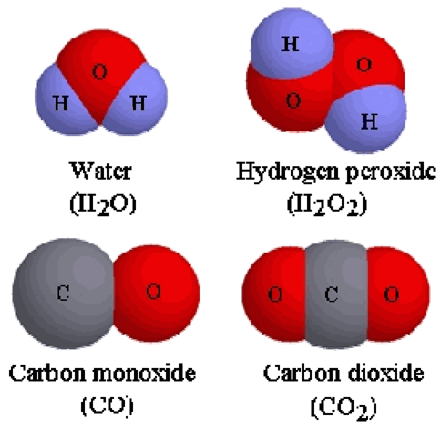




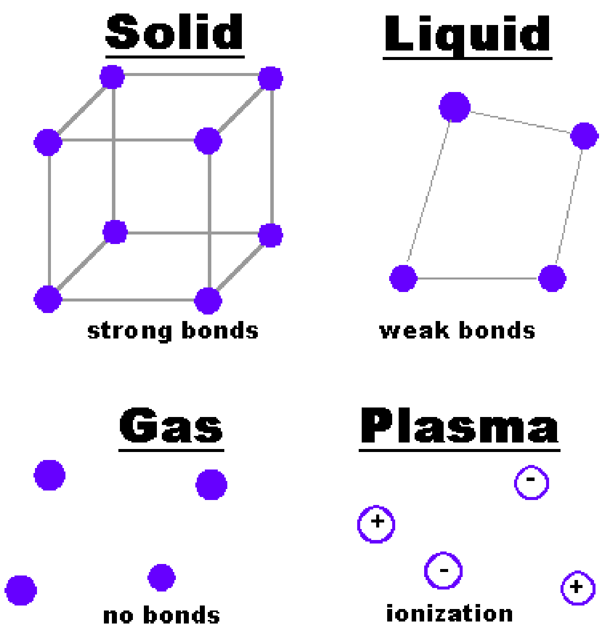


ඇත්තටම, පරමාණුවක අවසාන ශක්ති මට්ටමේ පවතින ඉලෙක්ට්‍රෝන නිසා ඒ ඒ පරමාණුවේ වැදගත් ගතිගුණ කිහිපයක් තීරණය වෙනවා. බොහෝ පරමාණුවලට යම් "දැඟලිල්ලක්" හෙවත් අස්ථාවර බවක් තිබෙනවා. විවිධ පරමාණුවල මෙම අස්ථායිතාව විවිධ ප්‍රමාණවලින් පවතී. ප්‍රධාන වශයෙන් අවසන් ශක්ති මට්ටමේ තිබෙන ඉලෙක්ට්‍රෝන විසින් මෙම අස්ථායිතාව තීරණය කෙරේ. අස්ථායි පරමාණු හැමවිටම බලන්නේ ස්ථායි වීමටයි. එය හරියට තරුණ ළමයින් වගේ. කොල්ලන් කෙල්ලන්ගේ පස්සේ යන්නේ ඔවුන්ගේ (ආදරයේ) අස්ථායි බව නැති කරගන්නටයි. කෙල්ලන්ද කොල්ලන්ට කැමැත්ත දෙන්නේ ඒ අයගේ අස්ථායිතාව ස්ථායි කර ගැනීමටයි. ගැහැණු පිරිමි ළමුන් ස්ථායි වන්නේ ආදරය හුවමාරු කර ගැනීමෙනි. පරමාණු ස්ථායි වන්නේ අවසන් ශක්ති මට්ටමේ ඇති ඉලෙක්ට්‍රෝන හුවමාරු කර ගැනීමෙනි. මෙලෙස විවිධ පරමාණු තමන්ගේම වර්ගයේ පරමාණුවක් සමඟ (උදාහරණයක් ලෙස හයිඩ්‍රජන් පරමාණුවක් තවත් හයිඩ්‍රජන් පරමාණුවක් සමඟ) හෝ යම් පරමාණුවක් වෙනත් වර්ගයේ මූලද්‍රව්‍ය පරමාණු සමග (උදාහරණයක් ලෙස, හයිඩ්‍රජන් පරමාණුවක් ඔක්සිජන් පරමාණුවක් සමඟ) ඉලෙක්ට්‍රෝන හුවමාරු කර ගැනීම නිසා ඒවා එකිනෙකට සම්බන්ධ වේ. එයට **රසායනික බන්ධන** (chemical bonds) යන නම භාවිතා වෙනවා. මෙය හරියට ආදරය නමැති බන්ධනයෙන් කෙල්ලක් හා කොල්ලෙක් ළංව සිටිනවා වගේමයි. මෙලෙස බන්ධනය වී පවතින විට අප එයට **අණුවක්** (molecule) ලෙස පවසනවා. එනම්, හැම විටම අණුවක් යනු යම් රසායනික බන්ධනයකින් බැඳී තිබෙන පරමාණු කිහිපයකි. කෙල්ලක් හා කොල්ලෙක් ආදරයෙන් එක් තැන්ව සිටන විට, එම ඒකකයට පවුලක් කියා පවසනවා බඳුය. ජලය යනු H හා O එකතු වී සෑදෙන එබඳු අපට නැතිවම බැරි අණුවකි.



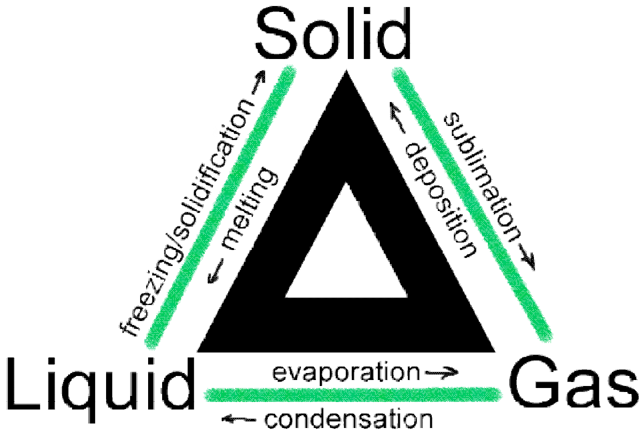


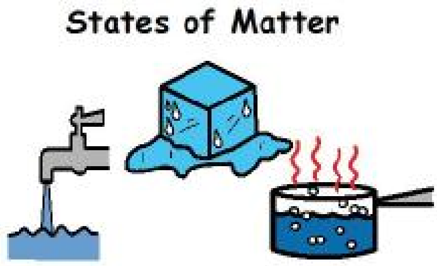
ලෝකයේ ඇති කෝටි ප්‍රකෝටි ගණනක් වූ විවිධ ද්‍රව්‍ය යනු ඇත්තටම මෙලෙස විවිධාකාරයෙන් සෑදුණු අණු බව දැන් ඔබට තේරුම් යා යුතුය. ජලය යනු ජල අණුවලින්ද, පොලිතින් යනු එතලින් යන අණුවලින්ද, ඩිස්ප්‍රින් (ඇස්පිරින්) යනු සැලිසිලික් ඇසිඩ් යන අණුවලින්ද සෑදී ඇත. එලෙසම අනෙක් සෑම ද්‍රව්‍යයක් ගැනමත් සිතිය හැකියි. පරමාණු ආකර්ෂණය වී බන්ධන සාදා අණු සෑදුවා සේම, අණු අතරද ආකර්ෂණ පවතිනවා. මෙම අණු අතර ඇතිවන ආකර්ෂණ නිසා තමයි ඝණ, ද්‍රව, වායු යන පදාර්ථයේ අවස්ථා තුන ඇති වන්නේ. අණු අතර ආකර්ෂණය ඉතා ඉහළ විට (strong bond), ඒවා ළඟින් ළඟින් පවතී. මෙය ඝණ අවස්ථාවයි. අණු මධ්‍යස්ථ ප්‍රමාණයෙන් ආකර්ෂණය (weak bond) වී පැවතීමෙන් ද්‍රවද, ඉතා දුර්වලව ආකර්ෂණය වී (no bond) පැවතීමෙන් වායුද ඇති වේ.



පිටතින් ශක්තිය (අලෝකය ලෙස, තාපය ලෙස, හෝ ඇතිල්ලීම, පීඩනය වැනි යාන්ත්‍රික ක්‍රමවලින්) ලබා දුන් විට මෙම සියලු ආකාරයේ බන්ධන දුර්වල වේ. ජලය යනු සාමාන්‍යයෙන් හෙවත් සාමාන්‍ය කාමර උෂ්ණත්වයේදී ද්‍රව මට්ටමේ පවතින දෙයක් බව ඔබ දන්නවා. ඊට තාපය ලබා දුන් විට, එය හුමාලය (water vapor) ලෙස හැඳින්වෙන වාත ස්වරූපයට පත්වන්නේ මෙනිසාය. තවද, ජලයෙන් ක්‍රමයෙන් තාපය ඉවත් කරමින් යන විට

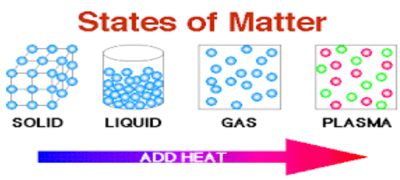
(හෙවත් සිසිල් කරන විට) එය අයිස් නමින් හැඳින්වෙන ඝණ තත්වයට පත්වන්නේද මෙය නිසාය. බවුතයෙන් රත් කරන විට ඝණ ඊයම් ද්‍රව වන්නේද මේ නිසාය. මේ ආකාරයට අනෙකුත් ද්‍රව්‍ය ගැනද සිතා බලන්න ඔබට දැන් පුළුවන්. ඝණයක් ද්‍රව වන උෂ්ණත්වය **ද්‍රවාංකය** (melting point) ලෙස හැඳින්වෙන අතර, විවිධ ද්‍රව්‍යවල මෙම ද්‍රවාංකය වෙනස් වේ. උදාහරණයක් ලෙස ජලයේ ද්‍රවාංකය සෙල්සියස් අංශක බින්දුව වන අතර, අප පෑස්සීමට ගන්නා සොල්ඩර්වල ද්‍රවාංකය 189 පමණ වේ. එලෙසම, යම් දියරයක් (ද්‍රවයක්) වායු බවට පත්වන උෂ්ණත්වය **තාපාංකය** (boiling point) වේ. උදාහරණයක් ලෙස ජලයේ තාපාංකය සෙල්සියස් අංශක 100 වේ.



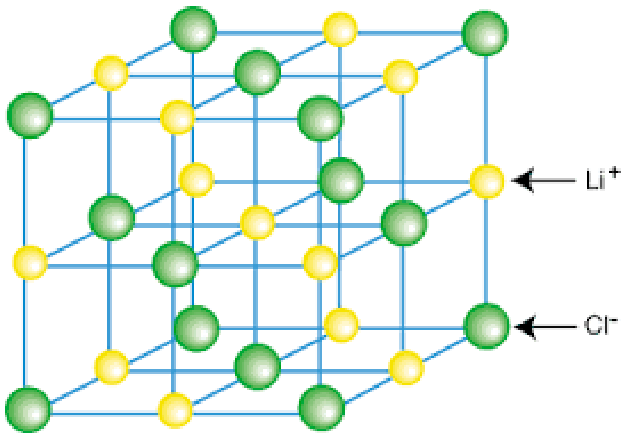


පරමාණුවකට පිටතින් ශක්තිය ලබා දෙන විට, ඉහත කියූ ආකාරයට බන්ධන දුර්වල වන බවත්, අණු (හා පරමාණු) එකිනෙකට ඈත්වන බවත් පේනවා. ඒ විතරක් නොවේ, පරමාණුවලට පිටතින් ශක්තිය (තාපය) ලබා දුන් විට, එම පරමාණුවලින් ඉලෙක්ට්‍රෝනද ඉවත් වෙනවා (එනම්, උදාසීන පරමාණුව අයනයක් බවට පත් වෙනවා). පළමුව ඉවත්වන්නේ න්‍යෂ්ටියේ සිට ඈතින්ම පිටතම ශක්ති මට්ටමේ ඇති ඉලෙක්ට්‍රෝන වේ. යම් පරමාණුවකින් මෙලෙස ඉලෙක්ට්‍රෝන ඉවත් කිරීම **අයනීකරණය** (ionization) ලෙස හැඳින් වෙන අතර, එලෙස ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් ඉවත් කිරීමට පිටතින් ලබා දිය යුතු ශක්තිය **අයනීකරණ ශක්තිය** (ionization energy) ලෙස හැඳින් වෙනවා. පළමු ඉලෙක්ට්‍රෝනය ඉවත් කිරීමට වඩා වැඩි ශක්තියක් දෙවැනි ඉලෙක්ට්‍රෝනය ඉවත් කිරීමට යෙදීමට සිදු වෙනවා. දෙවැනි ඉලෙක්ට්‍රෝනය ඉවත් කිරීමට වැය කිරීමට සිදු වූ ශක්තියට වඩා වැඩි ශක්තියක් තුන්වෙනි ඉලෙක්ට්‍රෝනය ඉවත් කිරීමට අවශ්‍ය වෙනවා. මෙලෙස යම් පරමාණුවකින් ක්‍රම ක්‍රමයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන ඉවත් කරන විට අයනීකරණ ශක්තියද ක්‍රමයෙන් වැඩිවන බව මින් පැහැදිලියි. කෙසේ හෝ වේවා, මෙලෙස යම් පරමාණුවක සියලු ඉලෙක්ට්‍රෝන ඉවත් කළ හැකියි. විවිධ මූලද්‍රව්‍යයන් සඳහාද අයනීකරණ ශක්තියද වෙනස් වෙනවා. උදාහරණයක් ලෙස, හයිඩ්‍රජන් පරමාණුවේ පළමු (හා එකම) ඉලෙක්ට්‍රෝනය ඉවත් කිරීමට අවශ්‍ය කරන අයණීකරණ ශක්තියට වඩා වෙනස් වූ ශක්ති ප්‍රමාණයක් කාබන් පරමාණුවක පළමු ඉලෙක්ට්‍රෝනය ඉවත් කිරීමට අවශ්‍ය වෙනවා.

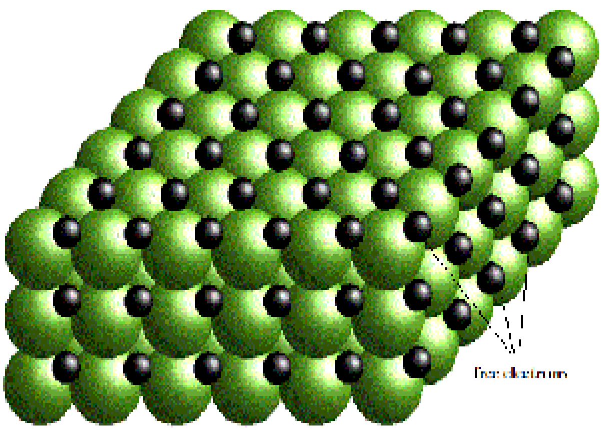
අධික ශක්තියක් පවතින පරිසරයකදී, පරමාණුවල සියලු ඉලෙක්ට්‍රෝන පරමාණුවලින් ඉවත් වී මෙලෙස අයන ලෙස පවතින අවස්ථා තිබෙන අතර, පදාර්ථය එලෙස පවතින විට, **ප්ලාස්මා** (plasma) යන නම ඊට අප භාවිතා කරනවා. ප්ලාස්මා යනු ඒ අනුව ඝන, ද්‍රව, වායු වලට අමතරව පදාර්ථය පැවතිය හැකි තවත් සුවිශේෂී අවස්ථාක් සේ සැලකෙනවා. තරුවල ඇත්තේ ඉතා ඉහළ උෂ්ණත්වයන් බැවින් ඒවායේ සියලු මූලද්‍රව්‍යයන් පවතින්නේ ප්ලාස්මා ස්වරූපයෙන්ය.

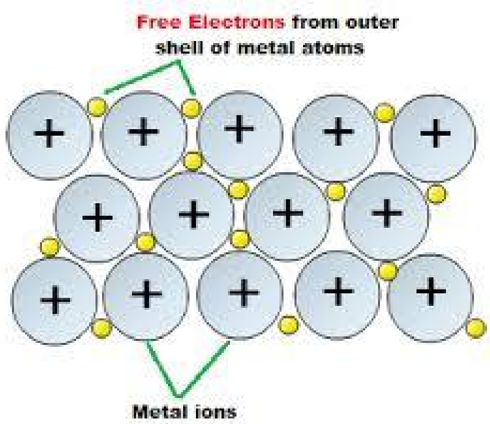


අපට ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වලදී තඹ, යකඩ, ඇලුමිනියම්, රිදී ආදී ලෝහ වර්ග වැදගත්වන නිසා, විද්‍යාව අනුව **ලෝහක් (metal)** යනු කුමක්දැයි තේරුම්ගෙන සිටීම වැදගත්. මනුෂ්‍යයකුගේ සාමාන්‍ය ශරීර උෂ්ණත්වය සෙල්සියස් අංශක 37ක් පමණය. සාමාන්‍යයෙන් කොළඹ වැනි ප්‍රදේශයක උෂ්ණත්වය අංශක 29 පමණ වේ. ෆ්‍රිජ් එකක් ඇතුළේ උෂ්ණත්වය බිංදුවට ආසන්නය. ඒ අනුව ෆ්‍රිජ් එකේ උෂ්ණත්වයට වඩා කොළඹ උෂ්ණත්වය වැඩිය. ඊටත් වඩා ශරීරයේ උෂ්ණත්වය වැඩිය. උෂ්ණත්වය (temperature) තිබෙන ඕනෑම තැනක තාප ශක්තිය (heat energy) ඇත. ඒ අනුව ෆ්‍රිජ් එක ඇතුළට වඩා කාමර උෂ්ණත්වය ඉහළ නිසා, සාමාන්‍ය කාමරය තුළ ශක්තිය වැඩිය. උෂ්ණත්වය අඩු වැඩි වීම මත තාප ශක්තියේ වෙනස්කම් ගැන එලෙස වැටහීමක් දැන් ඔබට ලබා ගත හැකියි. ලෝහ යනු lattice යන නමින් හැඳින්වෙන යම් නිශ්චිත ආකාරයෙන් පරමාණු අතර බන්ධන සෑදා ඇති ස්වරූපයක්ය.

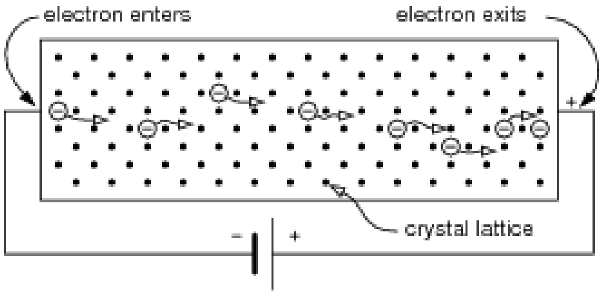


එහෙත් කාමර උෂ්ණත්වය (එනම්, සාමාන්‍ය පරිසරයේ විසිරී තිබෙන තාප ශක්තිය) නිසා මෙම බන්ධනවල තිබෙන පරමාණු අයනීකරණයට ලක් වේ. එම "**මුක්ත ඉලෙක්ට්‍රෝන**" (free electrons) එම ලෝහය අත් හැර යන්නේ නැතිව, එම ලැටිස් ඔස්සේ නිදැල්ලේ එහෙ මෙහෙ සැරිසරයි. ලෝහයක් "**ඉලෙක්ට්‍රෝන ජලාශයක**" තිබෙනවා යනුවෙන් සමහරුන් මෙය හඳුන්වනවා.

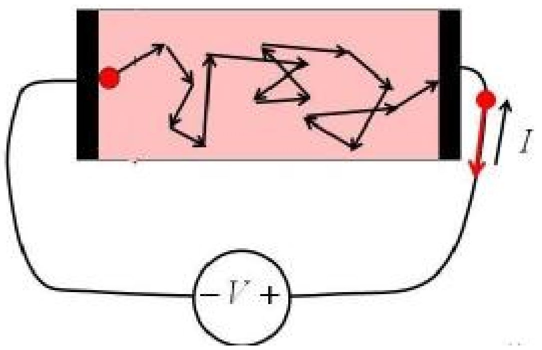




මේ විදියට ගත්තහම, ලෝහයක නිදැල්ලේ හැසිරෙන ඉලෙක්ට්‍රෝන ඕනෑ තරම් ඇත. විවිධ ලෝහවල විවිධ ප්‍රමාණවලින් මෙම ඉලෙක්ට්‍රෝන ඇත. අප විදුලියේදී යොදාගන්නේ මෙම නිදැල්ලේ පවතින ඉලෙක්ට්‍රෝනයි. එනම්, ලෝහ කැබැල්ලක් දෙපසට විදුලි පීඩනයක් (වෝල්ටියතාවක්) දුන් විට, එම ඉලෙක්ට්‍රෝන ඉතා පහසුවෙන් හා ක්ෂණයකින්, විදුලි පීඩනය වැඩි කෙළවරේ සිට අඩු කෙළවරට ගමන් කරන්නට පටන් ගන්නවා. මෙය විදුලි ධාරාවක් ලෙස අප හඳුන්වනවා.



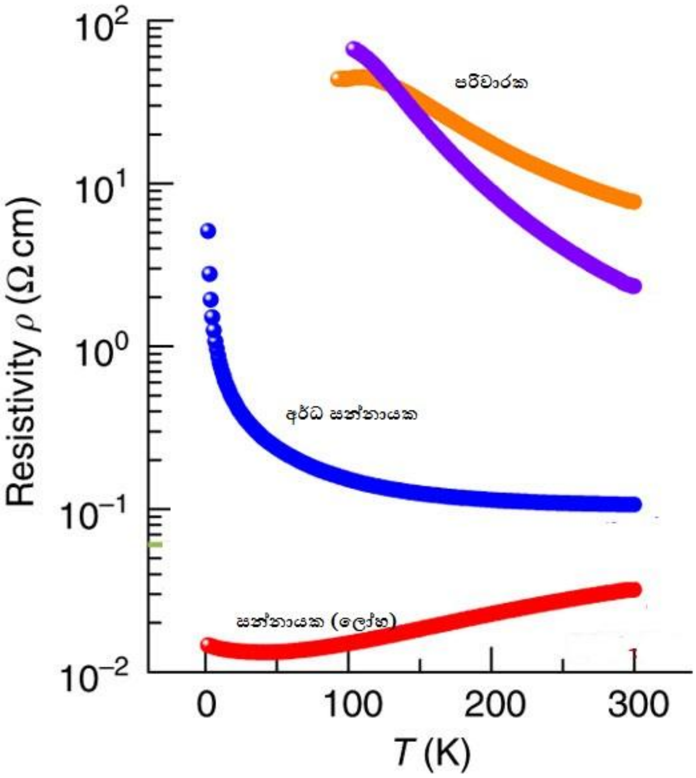
ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කිරීමට අධිවේගී මාර්ග මෙන් මාර්ග නැත. ඒවා ගමන් කරන විට, වංගු දදා යා යුතුය. තවද, අනෙක් ඉලෙක්ට්‍රෝනවලද හැප්පේ. මෙය හරියට සෙනඟ අධික (උත්සව කාලයක) පාරක ගමන් කරනවා බඳුය.



මෙම හැප්පීම හෙවත් ඉලෙක්ට්‍රෝනවල ගමනට ඇතිවන බාධාව විදුලියේදී ප්‍රතිරෝධය ලෙස හඳුන්වන අතර, එම හැප්පීම නිසාම රත්වීමක්ද හට ගන්නවා. ඒ අනුව **ප්‍රතිරෝධයක් තිබෙන හැම තැනම රත්වීමක්ද පවතින බව** පෙනෙනවා. (ඔබේ අත්ල දෙක තදින් එකිනෙකට අතුල්ලන්න; ඉන් රස්නයක් ඉපදෙනු ඇත. කම්බියක් ගෙන එය යම් තැනකින් කැඩීමට වේගයෙන් දෙපසට නවන්න; එතැනද ගිනියම් වන තරමටම රස්නයක් ඇති වනු ඇත. ඕනෑම දෙකක් ඇතිල්ලෙන හෝ එකිනෙකට ගැටෙන ස්ථානයක මෙලෙස තාපයක් උපදින බව සාමාන්‍ය එදිනෙදා ක්‍රියාකාරකම්වලින්ද අවබෝධ කර ගත හැකියි. එනිසා, ඉලෙක්ට්‍රෝන එකිනෙක ගැටෙන විටද, තාපයක් උපදී.) තවද, පහසුවෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කරන (හෙවත් හොඳ විද්‍යුත් සන්නායක) ලෝහවලට තාපයද පහසුවෙන් ගමන් කරවිය හැකියි. යම් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් රත් වී ඇතැයි සිතන්න. ඉලෙක්ට්‍රෝනයකට ශක්තිය ලැබුණු විට එය **කම්පනය වීම (vibration)** අධික වෙනවා (හරියට මත්වතුර බී විට, මිනිසුන් පිස්සු විකාර කරමින් දඟලනවා බඳුය). ලෝහය තුළ ඉලෙක්ට්‍රෝන එහා මෙහා යන නිසා, එම රත් වූ ඉලෙක්ට්‍රෝන වෙනත් ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට හැප්පෙමින් එම ඉලෙක්ට්‍රෝනයෙ රස්නයෙන් කොටසක් අනෙක් ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට ගමන් කරනවා. මේ ආකාරයට පහසුවෙන් තාපය ගමන් කරනවා. මේ අනුව විදුලි හා තාප පරිවාරක ද්‍රව්‍යයක් කෙසේ විය යුතුදැයි ඔබට සිතා ගත හැකි විය යුතුයි (විදුලි හා තාප පරිවාරක තුළ එහා මෙහා යන නිදහස් ඉලෙක්ට්‍රෝන නොතිබිය යුතු බව).

ලෝහ රත් වන විට, එහි ප්‍රතිරෝධිතාව වැඩි වේ. ඊටද හේතුව මේ විදියටම තර්ක කළ හැකියි. රත්වීම වැඩි වන විට, ඉලෙක්ට්‍රෝන දැනටමත් අධිකව තිබෙන තැනක ඉලෙක්ට්‍රෝන කම්පනය වැඩිවීම හේතුවෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන වැඩි වැඩියෙන් එකිනෙකාගේ "ඇඟේ හැප්පෙනවා". එනම්, ප්‍රතිරෝධය වැඩි වෙනවා.

එහෙත් අර්ධ සන්නායක හා පරිවාරකවලට මෙය වෙනස් විදියකටයි බලපාන්නේ. රත් වීමෙන් (එනම් ශක්තිය වැඩි වීමෙන්) එම ද්‍රව්‍යවල ඉලෙක්ට්‍රෝන වැඩි වැඩියෙන් ඉවත් වෙනවා. එනම්, නිදහස් ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණන වැඩි වෙනවා. ඉලෙක්ට්‍රෝන හිඟ තැනක නිදහස් ඉලෙක්ට්‍රෝන වැඩිවන විට, එහි සන්නායක ගුණය වැඩි වෙනවා. මෙම කාරණා හොඳින් සිහි තබා ගත්තොත් ඔබට පසුවට ට්‍රාන්සිස්ටර් වැනි පාඩම් තේරුම් ගැනීමට ඉවහල් වේ.



ඉහත ආකාරයට පදාර්ථ ගැන යම් පමණකට දැනගත් අප දැන් ශක්තිය පිළිබඳවද කෙටියෙන් සලකා බලමු. ශක්තිය යනු **"යම් කාර්යක් කිරීමේ හැකියාව"** ලෙස අර්ථ දැක්වේ. එමනිසා පදාර්ථ මෙන් මේවා අතින් ඇල්ලීමට බැරිය. එනම්, ශක්තින් පදාර්ථ මෙන් අවකාශයේ යම් ඉඩක් ගන්නේ නැති අතර, ස්කන්ධයක්ද නැත්තේය. එහෙත් ශක්තින් ක්‍රියාකරන්නේ පදාර්ථ මතය. පදාර්ථ (පරමාණු) මත ශක්තිය ක්‍රියා කිරීමෙන් එම පදාර්ථ (පරමාණු) වලට යම් යම් භෞතික වෙනස්කම් ඇති වේ. එවැනි වෙනස්කම් කිහිපයක් නම්, පදාර්ථයේ හැඩය වෙනස් වීම හෝ ප්‍රසාරණය වීම හෝ හැකිලීම (උදාහරණයක් ලෙස, රබර් රත් කරන විට එහි හැඩය වෙනස් වේ.), පදාර්ථයේ අවස්ථාව වෙනස් වීම (උදා: බටර් රත් කරන විට එය ද්‍රව වේ.), හෝ ගතිගුණ වෙනස් වීම (උදා: කොලයක් රත් කරන විට එය අඟුරු බවට පත් වේ.), චලනයක් සිදු වීම වේ.

සියලු පදාර්ථයන්ට මුල/හේතුව මූලද්‍රව්‍යය වූවා (එනම්, පදාර්ථ සෑදී ඇත්තේ මූලද්‍රව්‍යවලිනි) සේම සියලු ශක්තීන්ට මුල **බලය (force)** වේ. එනම්, ඕනෑම ශක්තියක් පිටුපස යම්කිසි බලයක් ඇත. නූතන විද්‍යාව අනුව, එවැනි එකිනෙකට වෙනස් බල ඇත්තේ හතරක් පමණි. ඒවා, ගුරුත්වය හෙවත් **ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය (gravity or gravitational force)**, **විද්‍යුත් චුම්භක බලය (electromagnetic force)**, **ප්‍රබල න්‍යෂ්ඨික බලය (strong nuclear force)**, හා **දුබල න්‍යෂ්ඨික බලය (weak nuclear force)** වේ.

මින් ගුරුත්වාකර්ෂණය ගැන අපට හොඳ වැටහීමක් තිබෙනවා. ඕනෑම පදාර්ථ දෙකක් එකිනෙකා ආකර්ෂණය කිරීම මින් සිදු වේ. උඩ පැන්න විට බිමට වැටෙන්නේ ඔබ (එක් පදාර්ථයක්) පොළොවෙන් (තවත් පදාර්ථයක්) ඈත් වූ විට, ඒ දෙක එකිනෙකාව ආකර්ෂණය කිරීමේ හේතුව නිසාය. මෙහි විශේෂත්වය වන්නේ ගුරුත්ව විකර්ෂණය (එනම්, එකිනෙකාව විකර්ෂණය කරන) කියා දෙයක් නොමැති වීමයි. (එහෙත් සමහර පර්යේෂකයන් එවැනි ගුරුත්ව විකර්ෂණයක් සොයා ගැනීමට උත්සහ කරනවා. ඇත්තටම මෙයට ගුරුත්ව විකර්ෂණය නොකියා කවුරුත් භාවිතා කරන වචනය වන්නේ **ප්‍රතිගුරුත්වය (antigravity)** කියාය.)

ස්කන්ධ දෙකක් අතර ඇතිවන බලය ගණනය කිරීමට සරල සූත්‍රයක්ද ඇත. (මෙම සූත්‍රය Newton’s law of gravitation ලෙස හැඳින් වේ.) ස්කන්ධ දෙක m_1, m_2 ලෙසද, ස්කන්ධ දෙක අතර ඇති දුර ප්‍රමාණය r ලෙසද සංකේතවත් කර ඇත. මෙම සූත්‍රය බැලූ විට පෙනී යන්නේ, ස්කන්ධයන් වැඩි වන විට බලයද ඊට සමානුපාතිකව වැඩි වන බවයි. තවද, දුර වැඩිවීම දුරෙහි වර්ගයක් ලෙස බලපාන්නේ ප්‍රතිලෝම සමානුපාතිකවයි. මෙහි G යනු (Universal Gravitational Constant යන නමින් හැඳින්වෙන) නියත පදයක් වන අතර, එහි අගය 6.67×10^{-11} වේ.

$$F = G(m_1 m_2 / r^2)$$

ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වලදී වැඩිපුරම වැදගත්වන බලය වන්නේ විද්‍යුත් චුම්භක බලයයි. විදුලි ශක්තිය, චුම්භක ශක්තිය, ආලෝකය, රේඩියෝ තරංග, X කිරණ, ගැමා කිරණ, තාපය, හා සෑම රසායනික ශක්තියක්ම පිටුපස සිටින්නේ මෙම බලයයි. කලකට ඉහතදී චුම්භක බලය හා විද්‍යුත් බලය ලෙස වෙන වෙනම දෙකක් ලෙස සලකනු ලැබුවත්, මේ දෙකම එකම ශක්තියක ප්‍රභේද (ආකාර) දෙකක් බව පසුව සොයා ගත්තා. එතැන් සිට, මේ දෙකම විද්‍යුත් චුම්භක (electromagnetic – EM) බලය යනුවෙන් තනි බලයක් ලෙස සැලකෙන්නට පටන් ගත්තා.

ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය ගැන කතා කිරීමේදී ස්කන්ධය වැදගත් වූවා සේම, විද්‍යුත් බලය ගැන කතා කිරීමේදී ආරෝපනය වැදගත් වේ. යම් ආරෝපන දෙකක් අතර ඇති වන බලය (ආරෝපන දෙකම එකම ජාතියේ නම් (එනම්, දෙකම ධණ හෝ දෙකම ඍණ), එම ආරෝපන දෙක අතර ඇතිවන්නේ එකිනෙකාව ඈත් කරන විකර්ෂණ බලයක් වන අතර, ආරෝපන දෙක ධණ හා ඍණ ලෙස ජාති දෙකෙන් පවතී නම්, ඒ දෙක අතර ඇති වන්නේ ආකර්ෂණ බලයකි) හා ඒ දෙක අතර ඇති දුර අනුව අපට පහත සූත්‍රය භාවිතා කරමින් පහසුවෙන්ම එම ආරෝපන දෙක අතර ඇති වන බලය ගණනය කළ හැකිය. (මෙම සූත්‍රය Coulombo’s law ලෙස හැඳින් වේ.)

$$F = k(q_1 q_2 / r^2)$$

මෙය බැලූ බැල්මට ඉහත නිව්ටන්ගේ ගුරුත්වාකර්ෂණ නියමයට සමාන සේ පෙනේ. q_1, q_2 යනු කූලෝම් නම් ඒකකයෙන් මනිනු ලබන ආරෝපන දෙක වේ. මෙහි k නම් නියතයට ඉහත G මෙන් තනි අගයක් නැත. මෙම ආරෝපන දෙක තබා ඇති මාධ්‍යය අනුව එම අගය වෙනස් වේ. ඇත්තටම k යන්නද පහත ආකාරයට ගණනය කළ හැකියි.

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon}$$

මෙහි π යනු සුපුරුදු 3.1416 යන නියත පදය වන අතර, ε යනු මාධ්‍යයේ **පාරවේද්‍යතාව** (permittivity) නමින් හැඳින්වෙන ගතිගුණය වේ. විවිධ මාධ්‍යවල පාරවේද්‍යතාව විවිධ වේ. මාධ්‍ය කිහිපයක පාරවේද්‍යතාවන් පහත දක්වා ඇත. අඩුම පාරවේද්‍යතාව පවතින්නේ හිස් අවකාශය හෙවත් රික්තකයට වන අතර එය වැඩිපුරම භාවිතයට ගැනෙන පාරවේද්‍යතාව නිසා විශේෂිතයි. රික්තයේ (vacuum) පාරවේද්‍යතාව 8.85×10^{-12} පමණ වේ. මෙම අගය ε_0 යනුවෙන් හැඳින් වේ. ($\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$). පහසුව තකා, අප විවිධ මාධ්‍යවල පාරවේද්‍යතාව මෙම රික්තයේ පාරවේද්‍යතාවට සාපේක්ෂව කී ගුණයක්ද ලෙස දක්වනවා. එවිට ලැබෙන අනුපාත අගය **සාපේක්ෂ පාරවේද්‍යතාව** (relative permittivity) හෝ dielectric constant ලෙස හැඳින්වෙන අතර, එය εr කේත නාමයෙන් දක්වනවා.

$$\varepsilon r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon 0}$$

ඒ අනුව රික්තකයේ සාපේක්ෂ පාරවේද්‍යතාව 1 වේ ($\varepsilon_0 / \varepsilon_0 = 1$ නිසා). ආසන්න ලෙස, වාතයේ සාපේක්ෂ පාරවේද්‍යතාවද 1 වේ. වාතයේ පවතින උෂ්ණත්වය හා පීඩනය අනුව එම අගය සුළු වශයෙන් වෙනස් වේ.

Material	**ε_r**
Vacuum	**1**
Air	1.00058986 (at STP, for 0.9 MHz) ≈ 1
PTFE/Teflon	2.1
Polyethylene/XLPE	2.25
Polyimide	3.4
Polypropylene	2.2 – 2.36
Polystyrene	2.4 – 2.7
Carbon disulfide	2.6
Mylar	3.1
Paper	3.85
Mica	3 - 6
Silicon dioxide	3.9
Sapphire	8.9–11.1 (anisotropic)
Concrete	4.5
Pyrex (Glass)	4.7 (3.7 – 10)
Neoprene	6.7
Rubber	7
Diamond	5.5 – 10
Salt	3 – 15
Graphite	10 – 15
Silicon	11.68
Ammonia	26, 22, 20, 17 (at −80, −40, 0, 20 °C)
Methanol	30
Ethylene glycol	37
Glycerol	41.2, 47, 42.5 (at 0, 20, 25 °C)
Water	88, 80.1, 55.3, 34.5 (at 0, 20, 100, 200 °C)
Hydrofluoric acid	83.6 (0 °C)
Sulfuric acid	84 – 100 (20–25 °C)
Titanium dioxide	86 – 173

ඉහත ආකාරයටම සූත්‍රයක් අපට චුම්භක බලය සඳහාද ලිවිය හැකිය. (මෙය චුම්භක බලය සඳහා යොදා ගැනෙන Gilbert’s model ලෙස හැඳින් වේ.)

$$F = k\, p_1 p_2 / r^2$$

p1, p2 මගින් චුම්භකයක (උතුරු හෝ දකුණු) ැවවල අගයද, r මගින් සුපුරුදු පරිදි එම ැව දෙක අතර ඇති දුරද දක්වයි. K යනුද නියත පදයක් වන අතර, කූලෝම් නියමයේදී මෙන් මෙම නියත පදයේ අගයද චුම්භක ැව පවතින මාධ්‍යය මත රඳා පවතිනවා. මෙම k නියතයද පහත සූත්‍රය අනුව ගණනය කළ හැකියි.

$$k = \frac{\mu}{4\pi}$$

මෙහි μ යන්න මාධ්‍යයේ **පාරගම්‍යතාව** (permeability) හෝ magnetic constant ලෙස හැඳින් වේ. (විද්‍යුත් බලය/ක්ෂේත්‍රය සඳහා පාරවේද්‍යතාව නම් ගුණය පැවතියා සේ චුම්භක බලය/ක්ෂේත්‍රය සඳහා පාරගම්‍යතාව නම් ගුණය පවතී.) අඩුම පාරගම්‍යතාව පවතින්නේ රික්තයට වන අතර එහි අගය $4\pi \times 10^{-7}$ වේ. රික්තයේ පාරගම්‍යතාව μ_0 ලෙස කෙටියෙන් සංඛේතවත් කෙරේ. ($\boldsymbol{\mu_0} = 4\boldsymbol{\pi} \times 10^{-7}$) එහෙත් මෙම චුම්භක බලය ගණනය කිරීමට ගිල්බර්ට් ආකෘතිය වැඩිපුර යොදාගන්නේ නැත. ඒ වෙනුවට අද ඇම්පියර් ආකෘතිය ඊට යොදා ගැනේ. මේ පිළිබඳ සවිස්තර විග්‍රහයක් දෙවන පොතේ ඇති බැවින් ඇම්පියර් ආකෘතිය ගැන මෙහි විස්තර දක්වන්නේ නැත.

ප්‍රබල හා දුබල න්‍යෂ්ඨික බල ගැන අපට එතරම් වැදගත් නැත. ඒවා සමග වැඩ කටයුතු කරන්නට උසස් දැනුමක් සේම උසස් විද්‍යාගාර පහසුකම් අවශ්‍ය කෙරෙනවා. පරමාණුවක න්‍යෂ්ඨිය ඉතාම කුඩා නිසා ඒ තුළ ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝන ඉතා ළඟින් ඇහිරී තිබෙන්නේ ප්‍රබල න්‍යෂ්ඨික බලය හේතුවෙනි. එම බලය න්‍යෂ්ඨියෙන් පිටතට දැනෙන් නැත. එහෙත්, න්‍යෂ්ඨියක් දෙකඩ කිරීමකදී හෝ කුඩා න්‍යෂ්ඨි දෙකක් එකතු කිරීමේදීද මෙම බලයෙන් කොටසක් පිටතට ගත හැකියි. න්‍යෂ්ඨික බෝම්බ හා බලාගාරවල සිදු කරන්නේ මෙයයි (එනම් න්‍යෂ්ඨි කැඩීම (nuclear fission) හෝ න්‍යෂ්ඨි එකතු කිරීම (nuclear fusion) වේ.) දුබල න්‍යෂ්ඨික බලයෙන් එතරම් ප්‍රයෝජනයක් අපට නැත. **විකිරණශීලී** (radioactive) මූලද්‍රව්‍ය ලෙස හැඳින්වෙන මූලද්‍රව්‍යවලින් **විකිරණ** (radiation) පිටවෙන්නේ මෙම දුබල න්‍යෂ්ඨික බලය ක්‍රියාකාරී වීමෙනි.

විකිරණශීලිතාව (radioactivity) යනු සරල දෙයකි. යම් මූලද්‍රව්‍ය පරමාණුවක න්‍යෂ්ඨියට බලපෑම් කිරීම (එනම්, එය කැඩීම හෝ ඊට තවත් නියුට්‍රෝන හෝ ප්‍රෝටෝන එකතු කිරීම) ඉතාම අපහසුය. එහෙත් සමහර මූලද්‍රව්‍යවල යම් යම් සමස්ථානික තිබෙනවා ඉතා අස්ථාවර න්‍යෂ්ඨි සහිත. එනම්, එම සමස්ථානිකවල න්‍යෂ්ඨි ස්ථාවර වන්නට උත්සහ කරනවා තම න්‍යෂ්ඨියෙන් ප්‍රෝටෝන හා නියුට්‍රෝන යම් ගණනක් එළියට විසි කිරීමෙන්. (මෙය න්‍යෂ්ඨිය කැඩී යෑමක් සේ සැලකෙනවා.) මෙය හරියට බර වැඩි නිසා ගිලෙන්නට යන නැවකින් එම නැවේ බඩු එළියට විසි කරනවා වගේ දෙයකි. මෙම ඉබේම සිදුවන න්‍යෂ්ඨිය කැඩී යෑම තමයි විකිරණශීලිතාව ලෙස හඳුන්වන්නේ. (න්‍යෂ්ඨියෙන් ප්‍රෝටෝන ඉවත් වන විට ඔබට දැන් තේරෙනවා ඉබේම එම මුල් මූලද්‍රව්‍යය දැන් වෙනස් මූලද්‍රව්‍යයක් බවට පත්ව ඇති බවත්, එමනිසා මූලද්‍රව්‍යයේ නම වෙනස් විය යුතුයි කියලාත්.) මෙලෙස න්‍යෂ්ඨි කැඩී යෑමේදී ප්‍රෝටෝන, නියුට්‍රෝන, ඉලෙක්ට්‍රෝන මෙන්ම යම් විද්‍යුත් චුම්භක කිරණද වේගයෙන් ඉවත් වෙනවා. මෙම ඉතා වේගයෙන් ඉවත් වන දේවල්වලට තමයි විකිරණ කියලා කියන්නේ. එම විකිරණ යම් යම් ද්‍රව්‍ය මත හැප්පුනාම එම ද්‍රව්‍යවලට හානි සිදු වෙනවා. එනම්, එම ද්‍රව්‍ය සෑදී ඇති පරමාණුවලින් ඉලෙක්ට්‍රෝන ගැලවී විසි වෙනවා (එනම්, අයනීකරණය සිදු වෙනවා) මෙම වේගවත් විකිරණ වැදීමෙන්. ජීවියෙකුගේ ශරීරයට මෙවැනි දෙයක් සිදුවන විට, එම ජීවි කොටස් හානි වීමෙන් පිළිකා ආදී රෝගද මරණයද ඇති කළ හැකියි. එමනිසයි, විකිරණ ඉතා මාරාන්තික වන්නේ.

මේ විශ්වයේ ස්වාභාවිකව විකිරණය නොමැති ස්ථාන නොමැති තරම්ය. ඔබ දැන් සිටින කාමරයේ පවා යම් විකිරණ ප්‍රමාණයක් තිබෙනවා. ප්‍රදේශයෙන් ප්‍රදේශයට, ස්ථානයෙන් සථානයට මෙම විකිරණ ප්‍රමාණය වෙනස් වෙනවා. මෙම පරිසරයේ ස්වාභාවිකව ඇති විකිරණයට **පසුබිම් විකිරණය** (background radiation) කියා කියනවා. සියළු සතුන් පරිනාමය වී තිබෙන්නේ මෙවැනි ඉතා සුළු පසුබිම් විකිරණවලට ඔරොත්තු දිය හැකි විදියට නිසා ඔබේ සෞඛ්‍යය ගැන ඉන් බිය විය යුතු නැහැ. එහෙත් විවිධ හේතූන් නිසා (බොහෝ විට කෘත්‍රිමව) අමතර හා සෞඛ්‍යයට තර්ජනයක් විය හැකි මට්ටමේ විකිරණයට ඔබේ ශරීරය නිරාවරණය විය හැකියි.

විකිරණ මට්ටම මැනීමට **ගයිගර් කවුන්ටර්** (Geiger counter) නම් සරල උපකරණයක් ඇත. එවැනි උපකරණයක් ඉතා පහසුවෙන් රුපියල් දෙතුන්සියයකට පමණ වියදමකින් ඔබටද නිර්මාණය කරගත හැකිය. එහෙත් විකිරණවල විශේෂතා හා විවිධ ආකාරයේ විකිරණ පවතින නිසා ඒවා පිළිබඳව මැනුම් ගැනීමට බෙකරල්, ග්‍රේ, සීවට් ආදී ලෙස විවිධාකාරයේ ඒකකයද නිර්වචනය කර ඇත. (විකිරණශීලිතාව ගැන තවත් කරුණු සොයා බලන්න.)

අවසන් වශයෙන් ශක්තිය ගැන කිව යුත්තේ ශක්තිය අපට දැනගත හැක්කේ ඒවා පදාර්ථ මත ක්‍රියාකාරී වීමෙන් එම පදාර්ථයන්හි ඇතිවන වෙනස්කම් ඔස්සේ බවයි. මේ විශ්වයේ සිදුවන සෑම ලොකු කුඩා සිදුවීමක්ම සිදු වන්නේ පදාර්ථ හා ශක්ති යන දෙකෙහි විවිධාකාරයේ අන්තර්ක්‍රියාකාරිත්වයන් (interactivity) නිසාය.

විද්‍යාවේ මූලික කාර්යක් තමයි විවිධාකාරයේ දේවල් මැනීම (measure). මෙම මැනීම සඳහා විශ්වාසදායි උපකරණ භාවිතා කරනවා. ලබා ගන්නා මිනුමේ නිරවද්‍යතාව එය මනින විදිය සේම එය මැනීමට භාවිතා කරන උපකරණය මතද රඳා පවතිනවා. මැනිය හැකි දේවල් **රාශි** (quantity) හෙවත් **මාන** (dimension) ලෙස හැඳින් වේ. මූලික රාශින් ඇත්තේ අටක් පමණ වන අතර අනෙක් දහස් ගණනක් වූ රාශින් ඇත්තටම අප මෙම මූලික රාශී අනුසාරයෙන් ගොඩ නගා ගන්නවා (ව්‍යුත්පන්න කරනවා). මෙයද විද්‍යාවේ ජයග්‍රහණයකි. කෝටි ගණනක් වූ සියලුම පදාර්ථ මූලද්‍රව්‍ය එකසිය ගණනකින්ද, දූසිම් ගණනක් වූ සියලුම ශක්තින් මූලික බල හතරකින්ද අවබෝධ කර ගත හැකි සේම, දහස් සංඛ්‍යාත විවිධ රාශීන් සියල්ල මූලික රාශි අටකින් පමණ අවබෝධ කර ගැනීමට පුළුවන්. විද්‍යාවේ මෙවැනි මූලික අංග දන්නා අයට අති විශාල ලෝකය පිළිබඳ අති විශාල අවබෝධයක් ලබා ගත හැක්කේ මේ නිසාය. මෙම මූලික රාශින් වන්නේ, **ස්කන්ධය** (mass), **දුර/දිග** (length), **කාලය** (time), **උෂ්ණත්වය** (temperature), **"ද්‍රව්‍ය ප්‍රමාණය මනින" මවුලය** (mole), **ධාරාව** (current), **ආලෝක තීව්‍රතාව** (light intensity), **කෝණ** (angle) වේ.

මේ එක් එක් රාශිය මැනීමට යම් යම් ඒකක සම්මත කර ගෙන ඇත. අද ලොවපුරා කවුරුත් භාවිතා කරන සම්මතය වන්නේ SI ඒකකයි. එහෙත් මෙම එස්අයි ඒකක භාවිතා කිරීමට පෙරද විවිධ රටවල් විවිධ ඒකක භාවිතා කර තිබුණා. එමනිසා, එවැනි ඒකක අදද භාවිතා වෙනවා. මා පහත රාශි කිහිපයක් ගැන කෙටියෙන් විස්තර කරනවා ඒවායේ එස්අයි හා අනෙකුත් ප්‍රචලිත ඒකක සමග.

සෑම ඒකකයකටම කෙටි සංකේත නාමයක්ද ඇත. තවද, මේ සෑම රාශියක්ම එහි සාමාන්‍ය දිග නමින් ලිවීම කරදරයි නිසා, ඒ සෑම රාශියක් සඳහාමත් කෙටි සංකේත නාමයකුත් ලබා දී තිබෙනවා. ඒ අනුව රාශියට මෙන්ම එම රාශිය මනින ඒකකයටද කෙටි නාම පවතින බව මතක තබා ගන්න. උදාහරණ ලෙස, දිග යන්න L වලින්ද, කෝණික ප්‍රවේගය ω වලින්ද ආදී ලෙස ඒවා ලියා දක්වනවා. මා එම සෑම කෙටි කේත නාමයක්ම රාශියේ දිග නාමයට පසුම කොමාවක් යොදා ලියා දක්වනවා (උදාහරණ ලෙස "දිග, L").

ස්කන්ධය, M මනින සම්මත ඒකකය **කිලෝග්‍රෑම්** (kilogram) වේ. (කෙටි සංකේතය kg වේ.) ස්කන්ධය මනින තවත් ප්‍රචලිත ඒකක කිහිපයක් හා ඒවා එකිනෙකාට ඇති අනුපාතද පහත දැක්වේ. පහත දැක්වෙන මෙ ක් ටොන් එකෙහි මෙ ක් යන කොටස අත් හැර නිකංම ටොන් කියා කියන්නට පුරුදු වෙන්න එපා. මෙ ක් ටොන් එකට අමතරව වෙනත් ටොන් (long ton, short ton ලෙස) ඇත.

1000 kg = 1 metric ton (**මෙට්‍රික් ටොන්**)
1000 g (ග්‍රෑම්) = 1 kg
1 kg = 0.45 lb (pounds - රාත්තල්)
1 lb = 16 oz (ounce - අවුන්ස)
1 oz = 16 dr (dram - ඩ්‍රෑම්)
1 oz = 28 g
1 g = 5 car (carat - කැරට්)

යම් කිසි දුර ප්‍රමාණයක් හෙවත් දිග, L මැනීමට සම්මත ඒකකය **මීටරය** (meter) (m) වේ.

1 yd (yard - යාර) = 3 ft (feet - අඩි)
1 ft = 12 in (inches - අඟල්)
1000 milli (මිලි) = 1 in (අඟලින් දහාකින් එක් පංගුවක් මිලි එකකි.)
1 thou (තව්ව) = 1 milli
1 f (fathom - බඹ) = 6 ft
1 mi (mile - සැතැප්ම) = 5280 ft = 1.6 km
1 A (Angstrom - ඇංස්ට්‍රම්) = 10^{-10}m
1 micron = 1 micrometer

අලෝක වර්ෂය (light year) යනුවෙන් ඉතා විශාල දුරවල් මැනීමට (තාරකා විද්‍යාවේදී නිතර භාවිතා වන) යොදාගන්නා ඒකකයක්ද ඇත. මෙහි තේරුම සරලය. ආලෝකය ගමන් කරන්නේ නියත නිශ්චිත වේගයකින්ය (**තත්පරයට කිලෝමීටර් 300,000** ක වේගයකින්). එම වේගයෙන් එක වසරක් තුළ ආලෝක කිරණයක් ගමන් ගත්තේ නම්, එය ගමන්ගත් මුළු දුරට සමාන දුරක් ආලෝක වර්ෂය ලෙස හැඳින් වේ. අප එය දළ වශයෙන් ගණනය කරමු. (ආලෝකයේ වේගය 60න් වැඩි කර එය තත්පර 60කදී හෙවත් විනාඩියකදී ගමන් කරන දුර ලබා ගෙන, නැවත එය 60න් වැඩි කර පැයක කාලයක් තුළ ගමන් කරන දුර සොයාගෙන, නැවත එය 24න් වැඩි කර දවසක කාලයක් තුළ ගමන් කරන දුර සොයා ගෙන, නැවතත් 365න් වැඩි කර වසරකට යන දුර සොයාගත හැකියි.)

ආලෝක වර්ෂ 1 = 300,000 x 60 x 60 x 24 x 365 = 9,460,800,000,000 km

අඩිය හා අඟල දැක්වීමට තවත් ප්‍රචලිත සංකේත ක්‍රමයක්ද ඇත. යම් අගයකට පසුව ඉහළින් ඉරි කැබැල්ලක් (prime) ගැසූ විට ඉන් අඩිද, එලෙස ඉරි කැබැලි දෙකක් (double primes) ගැසූ විට අඟලද ඉන් හැඟ වේ.

5’ = අඩි 5
3’’ = අඟල් 3
4’ 7’’ = අඩි 4යි අඟල් 7යි.

කාලය, T මනින සම්මත ඒකකය **තත්පර** (second) (s) වේ.

60 s = 1 min (minutes - මිනිත්තු)
60 min = 1 hr (hour - පැය)
1 yr (year - අවුරුද්ද) = 54 wk (weeks - සති)

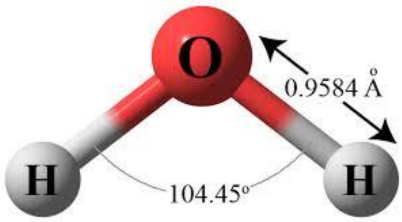
උෂ්ණත්වය, Temp මනින සම්මත ඒකකය **කෙල්වින්** (Kelvin) (K) වේ. විශ්වයේ තිබිය හැකි අවම උෂ්ණත්වය ලෙස විද්‍යාව විසින් සොයා ගෙන ඇත්තේ සෙල්සියස් අංශක **සෘණ** 273.15 පමණය. මෙම උෂ්ණත්වය කෙල්වින් 0 ලෙස දැක්වේ. කෙල්වින් උෂ්ණත්වය හා සෙල්සියස් උෂ්ණත්වය අතර පහසුවෙන් අගයන් පරිවර්ථනය කළ හැකියි. යම් කෙල්වින් උෂ්ණත්වයක් සෙල්සියස් වලට පෙරළීමට කළ යුත්තේ -273 ක් එකතු කිරීම පමණයි (දශම කොටස නොසලකා හැරිය හැකිය). **සෙල්සියස්** (Celsius) යන්නටමයි **සෙන්ටිග්‍රේඩ්** (centigrade) කියා කියන්නෙත්.

0 K = -273.15 ^{o}C (Celsius degree - සෙල්සියස් අංශක) නිසා,
“x” + 273 ^{o}C = “x” K
x ^{o}C = 32 + (7/5)x ^{o}F (Fahrenheit degree - ෆැරන්හයිට් අංශක)

පොළොව සාමාන්‍යයෙන් එක සමාන සුමට ස්වභාවයක් නොගනී. එහි කඳු හා හෙල් වැනි ස්වභාවයන් පවතී. එමනිසා, පොළොව මට්ටම ලෙස සැලකිය යුත්තේ කුමක්දැයි ප්‍රශ්නයක් පැන නගී. එය විසඳාගෙන ඇත්තේ ලොව ඕනෑම තැනක මුහුදු වෙරළ මට්ටම එම භූමියේ පොළෝ මට්ටම ලෙස සැලකිය යුතු යැයි සම්මත කරගැනීමෙනි. එය **මුහුදු මට්ටම** (sea level) ලෙස ව්‍යවහාර වේ. පොළොවේ සිට ඉහළට ඇති උස හැමවිටම වාගේ විද්‍යාව තුළ ගණනය කරන්නේ මෙම මුහුදු මට්ටමේ සිටයි. මෙලෙස මුහුදු මට්ටමේ සිට ඉහළට ඇති උසට ඉංග්‍රීසියෙන් altitude කියා කියනවා. මෙම ඇල්ඩිටියුඩ් එක අනුවද උෂ්ණත්වය වෙනස් වෙනවා. එනම්, ඇල්ටිඩියුඩ් එක වැඩි වන සෑම මීටර් 100 කටම උෂ්ණත්වය 0.64 බැගින් අඩු වෙනවා. ඒ අනුව, පොළොවේ සිට 10km ක් උසකදී උෂ්ණත්වය සෙල්සියස් අංශක 64 කින් මුහුදු මට්ටමේ උෂ්ණත්වයට වඩා අඩුය. උදාහරණයක් ලෙස, කොළඹ අවට මුහුදු මට්ටමේ උෂ්ණත්වය අංශක 28 නම්, එම ප්‍රදේශයට 10km ක් උඩින් අහසේ උෂ්ණත්වය (28 – 64 =) -36 කි. (මේ අනුව, ඔබ ඔලුව උස්සා අහස බලන විට ඔබට උතුරු හෝ දකුණු ධ්‍රැවවල පවතින දැඩි සීතල සහිත ප්‍රදේශයක් වැනි පෙදෙසක් පෙනෙන තෙක් මානයේම තිබේ.)

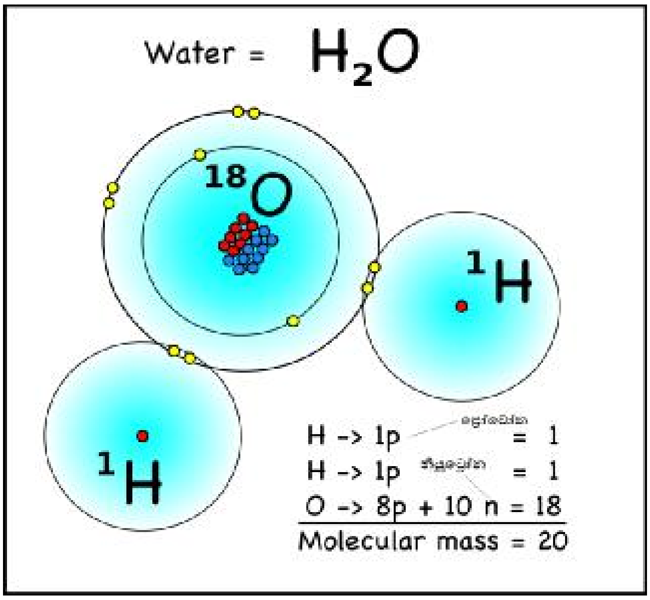
සලකා බලන ද්‍රව්‍යය හාල් හැට, වැලි කැට වැනි එකින් එක ගත හැකි ආකාරයෙන් පවතී නම්, අපට එම ද්‍රව්‍යයේ අ වර ඇට/කැට ප්‍රමාණයක් තිබෙනවා යැයිද ගණනය කළ හැකිය. හාල්, වැලි, සීනි වැනි ද්‍රව්‍ය අප එසේ එකින් එක ගණන් කරන්නට යන්නේ නැති වුවත්, පරමාණු හා අණු එලෙස ගණන් කළ හැකියි. (ඇත්තටම මෙහිදීද එකින් එක අංශු ගණන් කරන්නේ නැති අතර, වක්‍ර ක්‍රමවලින් එය සිදු කෙරේ.) එලෙස අංශු ගණන් කරන විට, අංශු 6.023×10^{23} ක විශාල අංශු ගණනක් ඇති විට එතැන එම අංශු **මවුලයක්** තිබේ යැයි කියනවා. මෙම සංඛ්‍යාව **ඇවගාඩ්‍රෝ සංඛ්‍යාව** හෝ **ඇවගාඩ්‍රෝ නියතය** (Avagadro constant) ලෙස හැඳින් වෙන අතර, රසායන විද්‍යාවට මෙම මවුල භාවිතා කර ගණනය කිරීම ඉතාම වැදගත්ය. (එනම්, යම් යම් රසායන එකිනෙකට මිශ්‍ර කරන අනුපාත සාදා ගන්නේ මෙම මවුල නම් ඒකකය භාවිතා කරමින්ය. පහත මා කෙටියෙන් පරමාණුවල හා අණුවල මවුල ප්‍රමාණයන් සකස් කර ගන්නා අයුරු විස්තර කරනවා. වැඩි විස්තර සඳහා රසායන විද්‍යාව ගැන ඉගෙන ගන්න.)

ඕනෑම රසායනිකයක් සෑදී ඇත්තේ එම රසායනිකයේ ගුණ පෙන්වන අණුවලින් බව පෙර අප සඳහන් කළා. ඒ අනුව ජලය සෑදී තිබෙන්නේ ජල අණුවලිනි. (අණු සෑදී තිබෙන්නේ පරමාණුවලින් බවද ඔබ දන්නවා. උදාහරණයක් ලෙස ජල අණුව සෑදී තිබෙන්නේ ඔක්සිජන් එක් පරමාණුවකට හයිඩ්‍රජන් පරමාණු දෙකක් බන්ධනය වීමෙනි.) (පහත රූපයෙහි, හයිඩ්‍රජන් හා ඔක්සිජන් පරමාණු දෙක අතර දුර ඇංස්ට්‍රම් ඒකකයෙන් හා හයිඩ්‍රජන් පරමාණු දෙක ඔක්සිජන් කේන්ද්‍ර කරගෙන සාදන කෝණය අංශක වලින්ද පෙන්වා ඇත.)



එක් එක් පරමාණුවක ස්කන්ධය හෙවත් පරමාණුක ස්කන්ධය අප දන්නවා (එය දළ වශයෙන් අප සලකා බලන පරමාණුවේ නියුක්ලියෝන ගණන ලෙස සැලකිය හැකියි. ඉතා නිවැරදිම අගය සාදා ගන්නේ ඊට වඩා තරමක් වෙනස් ආකාරයකින් වන අතර, එම නිවැරදි අගයන්ද වගුවල සඳහන් වේ). යම් පරමාණුවක් සලකා බැලුවොත් එම පරමාණුවේ පරමාණුක ස්කන්ධයට සමාන ග්‍රෑම් ගණනක් මැනගත් විට, එහි පරමාණු ඇවගාඩ්‍රෝ සංඛ්‍යාවක් තිබේ යැය සොයා ගෙන තිබෙනවා. මෙය විස්මිත සොයා ගැනීමකි. ඇවගාඩ්‍රෝ නම් විද්‍යාඥයා විසින් එය සොයාගත් නිසා ඔහුගේ නමින්ම එම නියතය නම් කර ඇත. උදාහරණ කිහිපයක් ගමු. හයිඩ්‍රජන්වල පරමාණුක ස්කන්ධය 1 වේ. එවිට, හයිඩ්‍රජන් පරමාණු ග්‍රෑම් එකක් (1 g) කිරාගත් විට, එතැන H මවුල එකක් හෙවත් H පරමාණු ඇවගාඩ්‍රෝ සංඛ්‍යාවක් තිබෙනවා. ක්ලෝරීන්වල පරමාණුක ස්කන්ධය 35.5 වේ. ඒ අනුව Cl පරමාණුවලින් 35.5 gක් කිරාගත් විට අපට Cl මවුල එකක් ලැබෙනවා.

එවිතරක්ද නොවේ. පරමාණුවකට පරමාණුක ස්කන්ධය තිබෙන්නාක් සේ අණුවකට අණුක ස්කන්ධයක් ඇත. යම් අණුවක ස්කන්ධය හෙවත් **අණුක ස්කන්ධය** (molecular mass) අපට පහසුවෙන්ම ගණනය කරගන්න පුළුවන් එම අණුව සෑදී තිබෙන පරමාණු දන්නවා නම්. කළ යුත්තේ එම අණුවේ පරමාණු සෑම එකකම පරමාණුක ස්කන්ධ එකතු කිරීම පමණි. එලෙස අප උදාහරණයක් ලෙස ජල අණුවක අණුක ස්කන්ධය ගණනය කරමු.

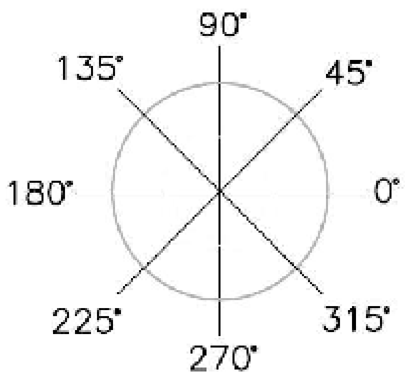


ජල අණුවේ අණුක ස්කන්ධය මේ අනුව (2 x 1) + 18 = 20 වේ.

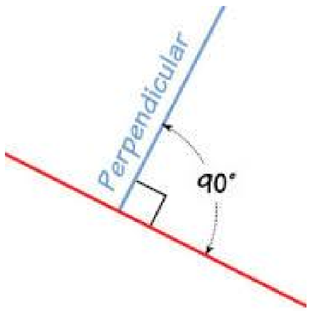
යම් අණුවක එහි අණුක ස්කන්ධයට සමාන ග්‍රෑම් ගණනක් කිරාගත් විට, එතැන එම අණුවේ මවුලයක් තිබේ. ඒ අනුව, උදාහරණයක් ලෙස, ජල අණුවලින් 20 g ක් කිරාගත් විට, එතැන ජල අණු ඇවගාඩ්‍රෝ සංඛ්‍යාවක් හෙවත් ජල අණු මවුලයක් තිබෙනවා. ජල අණුවලින් 10 g ක් කිරාගත් විට එතැන ඇත්තේ මවුල භාගයක් පමණි. මෙලෙස ඕනෑම රසායනිකයක අපට අවශ්‍ය ඕනෑම මවුල ගණනක් සාදා ගත හැකියි.

ආලෝකය ගැන වෙනමම පාඩමක් ඉදිරියේදී හමුවන බැවින් ආලෝක තීව්‍රතාව ගැන මෙහිදී සලකා බලන්නේ නැත. ධාරාව පිළිබඳ මෙම පොතේම සාමාන්‍ය පාඩම් යටතේම විස්තර කර ඇත

අප කෝණ, θ සාමාන්‍යයෙන් මනින්නට පුරුදුව ඇත්තේ අංශක (degree) වලින්ය. යම් ලක්ෂයක් වටා වෘත්තයක් ඇන්ද විට, එම වෘත්ත පථයෙන් එම මධ්‍ය ලක්ෂය හෙවත් කේන්ද්‍රයට ඇති කරන (ආපාතනය කරන) සම්පූර්ණ කෝණය අංශක 360 ලෙස අර්ථ දක්වා ඇත.



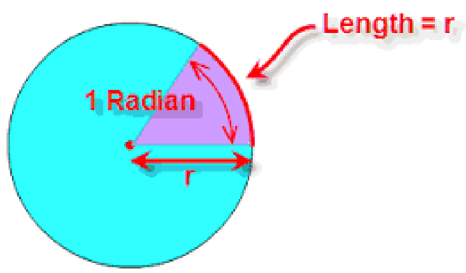
ඒ අනුව අර්ධවෘත්තයක අංශක 180ක් ඇත. යම් රේඛා දෙකක් පහත රූපයේ දැක්වෙන ආකාරයට අංශක 90ක් තිබෙන සේ ඇති විට, එය **ලම්භක** (perpendicular) ලෙස නම් කෙරේ.



එක් අංශකයක් 60කට බෙදූ විට, ඉන් එක කුඩා කොටසක් **කලා** (minute) එකක් ලෙසද, එක කලාවක් නැවත කුඩා කෝණ 60කට බෙදූ විට, ඉන් එක කොටසක් **විකලා** (second) එකක් ලෙසද හැඳින් වේ.

$1^{o} = 60'$ (මෙලෙස අංශකයක් ඉහළට එසවූ කුඩා බිංදුවකින්ද, කලාව ප්‍රයිම් මගින්ද සංකේතවත් වේ.)
$1' = 60''$ (විකලාව සංකේතවත් කෙරෙන්නේ ඩබල් ප්‍රයිම් යෙදීමෙනි.)

සාමාන්‍යයෙන් කෝණ ඉහත ක්‍රමවලින් මැනීමට පුරුදුව සිටියත් කෝණ මනින සම්මත ඒකකය එය නොවේ. එස්අයි ඒකකය **රේඩියන්** (radian) ලෙස හැඳින් වේ. යම් වෘත්තයක එහි අරයට සමාන දිගක් එම වෘත්තයේම පරිධිය ඔස්සේ මැනගත් විට, එහි දෙකෙළවරින් (එනම් එම පරිධියේ කොටස විසින්) කේන්ද්‍රයේ ආපාතනය කරන යම් කෝණයක් වේද එය රේඩියන් එකක් ලෙස අර්ථ දක්වා ඇත.



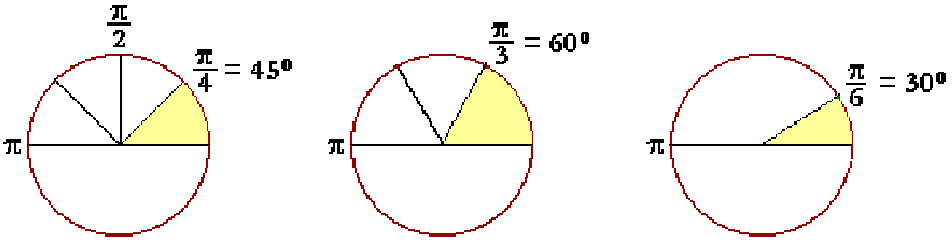
මේ අනුව ඕනෑම වෘත්තයක කේන්ද්‍රය වටා ආපාතනය කරන සම්පූර්ණ රේඩියන් කෝණය 2π වේ. **π** යනු නියතයක් වන අතර එයි අගය 3.1412 වේ. පාසල් පොත්වල මෙය $\frac{22}{7}$ ලෙසද දක්වා තිබේ.

මෙම π යන අක්ෂරය ග්‍රීක හෝඩියේ අකුරක් වන අතර එය නියම ලෙස ශබ්ද කළ යුත්තේ “**පයි**” කියා මිස “ෆයි” කියා නොව. “ෆයි” යනුවෙන් වෙනත් ග්‍රීක අකුරක් ඇති අතර එය ලියන්නේ **φ** ලෙසය. විද්‍යාවේදී හා ගණිතයේදී අප ග්‍රීක හෝඩියේ බොහෝ අකුරු නිතර භාවිතා කරන බව මතක තබා ගන්න. **α** (ඇල්ෆා), **β** (බීටා), **ε** (එප්සිලෝන්), **η** (ඊටා), **θ** (තීටා), **λ** (ලැම්ඩා), **μ** (මියු), **ρ** (රෝ), **σ** (සිම්පල් සිග්මා), **Σ** (කැපිටල් සිග්මා), **δ** (සිම්පල් ඩෙල්ටා), **Δ** (කැපිටල් ඩෙල්ටා), **ω** (ඔමෙගා) යන අක්ෂර ඔබ නිතර දැක ඇතිවාට සැකයක් නැත.

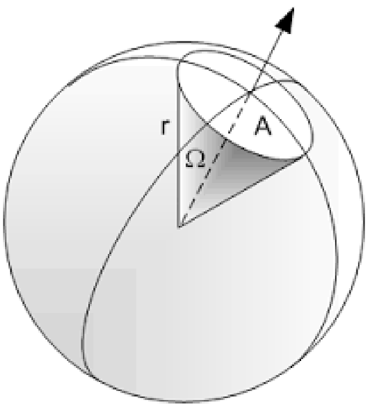
1 rad (radian) ≅ 57^{o}

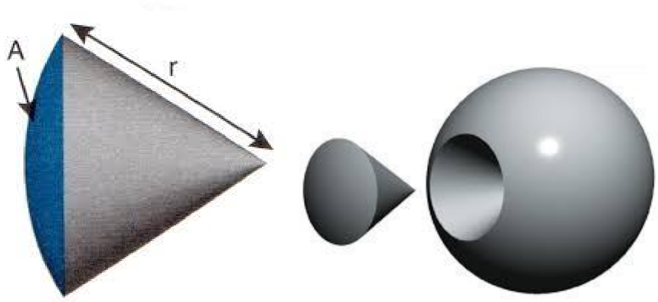
(= යනු සම්පූර්ණයෙන්ම සමානයි ලෙසද, ≅ යන්න “ආසන්න ලෙස සමානයි” යන්නද සංකේතවත් වේ. අසමානයි කියා පෙන්වන්නේ ≠ යන්නෙන්ය.)

$2\pi = 360^0$ (පහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ අංශක 45, 60, 30, 90 යන කෝණ රේඩියන්වලින්ය.)



මෙම කෝණ යම් මතුපිටක් මත හෙවත් තලයක ඇති කෝණ නිසා **තල කෝණ** (plane angle) ලෙස හැඳින් වේ. **ඝන කෝණ** (solid angle), Ω ලෙසද කෝණ පවතී. එය මනින සම්මත ඒකකය **ස්ටෙරඩියන්** (steradian) වේ. ඝන කෝණයක් යනු යම් "මුල්ලක්" වැනි කොටසකින් ඇති කරන ත්‍රිමාණ කෝණයකි. පහත රූප බලන්න. මෙම A යනුවෙන් දක්වා ඇති මතුපිටෙහි වර්ගඵලය එම ගෝලයේ අරයෙහි වර්ගයට (එනම්, r^2) සමාන විට, ස්ටෙරඩියන් එකක ඝන කෝණයක් යැයි අර්ථ දක්වා තිබෙනවා. මෙය මුලදී ඔබට තරමක් නුහුරු වන්න පුළුවන් මොකද තල කෝණ නිතර කුඩා කළ සිටම භාවිතා කළත් ඝන කෝණ අප උසස් ගණිතය හදාරන තුරු ඉගෙන ගන්නේ නැති නිසා. එහෙත් ඝන කෝණ යනු තල කෝණය මෙන්ම ඉතාම සරල දෙයකි. ඝන කෝණයක් ත්‍රිමාන කෝණයක් නිසා, එය සිතිය යුත්තේ දෙවන රූපයෙන් පෙන්වා තිබෙන පරිදි පුනීලයක මුල්ලක් සේය.





මෙම කෝණ පුනීලයක උල් කෙළවර වැන්නක හැඩය ගනී. තල කෝණයක සම්පූර්ණ කෝණය ගත් විට ඇඳෙන්නේ වෘත්තයක් වුවද, ඝන කෝණයක සම්පූර්ණ කෝණය ගත් විට අපට ලැබෙන්නේ **ගෝලයකි** (sphere). ඉහත පළමු හා අවසන් රූපයන්ගෙන් එය පැහැදිලි වේ. ඕනෑම ගෝලයක මතුපිටින් (ගෝලයක මතුපිට යන්න වෘත්තයක පරිදියට අනුරූප වේ.) ගෝලයේ කේන්ද්‍රය මත ආපාතනය කරන සම්පූර්ණ ඝන කෝණය ස්ටෙරඩියන් 4π වේ.

ඉහත සියලු එස්අයි ඒකක අපට අවශ්‍ය පරිදි කුඩා හා විශාල කළ හැකි ක්‍රමයක් විද්‍යාව විසින් හඳුන්වා දී තිබෙනවා. මෙමගින් යමක් මැනීමට යම් ඒකකයක් විශාල වැඩි හෝ කුඩා වැඩි නම්, ඒ සඳහා තවත් විවිධ වර්ගයේ ඒකක රොත්තක් හඳුන්වා දෙන්නේ නැතිව ඉතා ක්‍රමවත් ආකාරකට එය කරගැනීමේ හැකියාව මින් ලැබී ඇත. උදාහරණයක් ලෙස යම් වැඩකදී යම් දිගක් මැනීමේදී මීටරය නම් ඒකකය විශාල වැඩි වීමට පුළුවන් (ඔබේ කොන්ඩය මීටර් අ වරක් මෙ වරක් දිග යැයි පවසන්නේ නැහැ නේද?) එවිට, ඊට වඩා කුඩා ඒකකයක් සමග වැඩ කිරීම පහසුවක් ගෙන දේ. මෙම ක්‍රමයේදී පහත දැක්වෙන සේ "**ගුණක**" (multipliers) හඳුන්වා දී තිබෙනවා. ඒ එක් එක් ගුණක පදයක් පෙර අප ඉගෙන ගත් ඒකකයක් ඉදිරියට දැමීමෙන් එම ගුණකයට අයිති අගයෙන් එක්කෝ එම ඒකකය කුඩා වෙනවා නැතිනම් විශාල වෙනවා. (සෙන්ටි, ඩෙසි හා ඩෙකා යන ඒවා හැර අනෙක් ගුණක එකින් එක වෙනස් වන්නේ යම් රටාවකට (දර්ශකය තුනෙන් තුනට) බව පැහැදිලියි නේද?) මෙම ගුණක පද යොදන විට, වචන අතර හැඩැසක් තබන්නේ නැත (උදා: kilogram මිස kilo gram නොවේ).

femto (f) - 10^{-15}
pico (p) – 10^{-12}
nano (n) – 10^{-9}
micro (μ) – 10^{-6}
milli (m) – 10^{-3}

centi (c) – 10^{-2}
deci (d) – 10^{-1}

kilo (k) - 10^{3}
mega (M) – 10^{6}
giga (G) – 10^{9}
tera (T) - 10^{12}
peta (P) - 10^{15}

deca (da) – 10^{2}
hecto (h) – 10^{1} හෙවත් 10

අප උදාහරණ කිහිපයක් සලකා බලමු. මීටරයට ඉදිරියෙන් කිලෝ යන ගුණකය දැමූ විට කිලෝමීටරය ලැබේ. එහි විශාලත්වය මීටරය මෙන් දහස් ගුණයකි. 1 kilometer (km) = 1000 meter (m). ග්‍රෑම් ඉදිරියෙන් මිලි යන ගුණකය දැමූ විට මිලිග්‍රෑම් ලැබේ. එහි විශාලත්වය ග්‍රෑමයෙන් දාහෙන් එක් ගුණයකි. 1milligram (mg) = 0.001 gram = 10^{-3} gram

ඉහත දැක්වූයේ මූලික රාශි හා ඒවා මනින විවිධ ඒකක ගැනයි. මෙම රාශිවලින් වෙනත් රාශීන් ව්‍යුත්පන්න (derive) කළ හැකියි. එලෙස ව්‍යුත්පන්න රාශීන් සිය දහස් ගණනක් ඇති අතර, ඉන් කිහිපයක් පමණක් මා පහත දක්වනවා.

යම් ලක්ෂයක සිට වෙනස් දිශා දෙකකට දිගක් ගිය විට ඉන් ඇතිවන්නේ ක්ෂේත්‍රඵලය හෙවත් **වර්ගඵලය** (area), A යන ව්‍යුත්පන්න රාශියයි. මෙවැනි ක්ෂේත්‍රඵලයකට **තලයක්** (plane) හෙවත් **මතුපිටක්** (surface) නිර්මාණය වේ.

පැහැදිලිවම මෙම ක්ෂේත්‍රඵලය නම් රාශිය ඉහත කී දුර නමැති ඒකකය දෙදිශාවකට මැනීමෙන් ලැබුණු එකකි. (එම දිශා දෙක දිග හා පළල ලෙස හැඳින්විය හැකියි.) ක්ෂේත්‍රඵලය මැනීමේ සම්මත ක්‍රමය වන්නේ වර්ග මීටරය (square meter) (m^2) වේ. එනම්, මීටරය නම් ඒකකය එම ඒකකයෙන්ම වැඩි කළ විට වර්ග මීටරය ලෙස එය ලිවිය හැකියි.

තවද, සම්මත නොවන ඒකකද අපට ව්‍යුත්පන්න කළ හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, දිශා දෙක ඔස්සේ ඇති දිගවල් දෙක මැනීමට මීටරය වෙනුවට අඟල් යන ඒකකය භාවිතා කරන්නේ නම්, වර්ග අඟල් (square inch) (in^2) යන ඒකකය ලැබේ. එලෙසම, වර්ග අඩි (square feet) (ft^2), වර්ග මිලිමීටර් (mm^2), ආදී ලෙස විවිධ ඒකකයන් පැවතිය හැකි බව පැහැදිලියි නේද?

මෙවිතරක් නොව, ක්ෂේත්‍රඵලය මැනීමටම අලුතින් සාදාගෙන ඇති ඒකක කිහිපයක්ද ඇත. පර්චසය (perch), ආර (are), හෙක්ටෙයාරය (hectare) යනු එවැනි ඒකක කිහිපයකි.

1 perch = 272.25 ft^2 (දිග හා පළල අඩි 16.5 බැගින් වූ සමචතුරස්‍රයක පවතින වර්ග අඩි ගණන මෙයයි.)
160 perches = 1 acre (අක්කර)
4 rd (rood - රූඩ) = 1 අක්කර
1 are = 100 m^2 (දිග හා පළල මීටර් 10 බැගින් වූ සමචතුරස්‍රයක පවතින වර්ග අඩි ගණන මෙයයි.)
1 hectare = 100 ares

දිග පළලට අමතරව උසක්ද ඇති විටක එවැනි අවස්ථාවක **පරිමාව** (volume), V නම් ව්‍යුත්පන්න රාශිය ලැබේ.

එය ඝන මීටරය (cubic meter) (m^3) නම් සම්මත ව්‍යුත්පන්න ඒකකයෙන් මැනේ. පෙර සේම, ඝන මයික්‍රොමීටර්, ඝන අඩි ආදී ඒකකයන්ද සාදාගත හැකියි. ක්ෂේත්‍රඵලයේදී මෙන්ම පරිමාව සඳහාද ඊටම සාදාගත් සම්මත නොවන ඒකක කිහිපයක් පවතී. බොහෝ විට ද්‍රව පරිමාවන් මැනීමට මෙම ඒකක භාවිතා කෙරේ.

2 pinch = 1 dash
8 dash = 1 tea spoon
100 drop = 1 tea spoon
3 tsp (tea spoon - **තේ හැඳි**) = 1 tbsp (table spoon - **මේස හැඳි**)
2 tbsp = 1 fl oz (fluid ounce - **ද්‍රව අවුන්ස**. මෙය ස්කන්ධය මැනීමට ගන්නා අවුන්ස (oz) වලින් වෙනස්ය.)
16 tbsp = 1 c (cup - **කෝප්ප**)
2 c = 1 pt (Pint - **පයින්ට්**)
2 pt = 1 qt (quart - **ක්වොර්ට්**)
2 qt = 1 gal (gallon - **ගැලුම්**)
1 lt (liter - **ලීටර්**) = $1dm^3$ (ඝන ඩෙසිමීටර්) = $1000\ cm^3$
4 dr (dram - **ඩ්‍රෑම්**. මෙය ස්කන්ධය කිරීමට භාවිතා කළ ඩ්‍රෑම් එකට වඩා වෙනස්ය.) = 1 tbsp
1 tsp = 5 ml (මිලිලීටර්) = (දළ වශයෙන්) 5 mg (මිලිග්‍රෑම්)

තවද, අක්කර-අඩි (එනම් යම් අක්කර ගණනක ක්ෂේත්‍රඵලයක් හා අඩි ගාණක ගැඹුරක් ලෙස පරිමාව සලකා බලන විට මෙම ඒකකය යෙදේ. මෙම ක්‍රමයෙන් ජලාශයක හෝ වැවක ජල පරිමාව සාමාන්‍යයෙන් පවසනවා.), හෙක්ටයාර-අඩි ආදී ලෙසද ඔබට සුදුසු ඒකක කලවම් කරමින් විවිධ ව්‍යුත්පන්න ඒකක සෑදිය හැකිය. වාහනවල එන්ජින්වල ධාරිතාව (පරිමාව) පවසන්නේ CC (**සීසී**) යන වචනයෙනි. CC 1000, CC 850 ආදී ලෙස ඒවා ප්‍රකාශ කෙරෙනවා. මෙහි CC යනු cubic centimeter (ඝන සෙන්ටිමීටර්) වේ.

යම් දෙයක ස්කන්ධයක් එහි පරිමාවෙන් බෙදූ විට ලැබෙන්නේ එම ද්‍රව්‍යයේ **ඝනත්වය** (density), ρ වේ. ඒ අනුව, ඝනත්වයේ ඒකකය ලෙස "ඝන මීටරයට කිලෝග්‍රෑම්" වන අතර, එය ලියන්නේ kg/m^3 ලෙසය. එහි ඇල ඉරට පසුව ඇති කොටස (එනම් භාගයේ හරය) උඩට (එනම් ලවයට) ගෙන ආ හැකියි සරල ගණිතය (දර්ශක නීතිය) උපයෝගි කරගෙන. එවිට එය, kgm^{-3} ලෙසද එයම ලිවිය හැකියි.

ඝනත්වය $= \frac{\text{ස්කන්ධය}}{\text{පරිමාව}}$ $(\rho = \frac{M}{V})$

යම් (දෙයක් ගමන් කළ) දුරක් එම දුර යෑමට ගත වූ කාලයෙන් බෙදූ විට **වේගය** (speed)/**ප්‍රවේගය** (velocity), v ලැබේ. ප්‍රවේගය යනු යම් දිශාවකට එක එල්ලේ ගමන් කරන දුරකි (එමනිසා, එය එක ඍජු රේඛාවකින් නිරූපණය කළ හැකිය. මෙවැනි ඍජු දිගක් "**දුර**" (distance), s යන වචනයෙන් නොව "**විස්ථාපනය**" (displacement), d යන විශේෂ වචනයෙන් හැඳින් වේ. එමනිසා, ප්‍රවේගය යනු විස්ථාපනය කාලයෙන් බෙදූ විට ලැබෙන රාශිය ලෙසද අර්ථ දැක්විය හැකියි.) වේගය යනු එලෙස එක එල්ලේ නොව වංගු ගැසී පවතින ගමන් මාර්ගයක් ඔස්සේ ගමන් කරන විට, එම දුර ගෙවා යෑමට ගත වන කාලයෙන් බෙදූ විට ලැබෙන දෙයකි. මේ දෙකෙහිම සම්මත ඒකකය තත්පරයට මීටර් වේ. එය m/s ලෙස හෝ ms^{-1} ලෙස දැක්වේ.

ප්‍රවේගය $= \frac{\text{විස්ථාපනය}}{\text{කාලය}}$ $(v = \frac{d}{t})$

වේගය $= \frac{\text{දුර}}{\text{කාලය}}$

පැයට කිලෝමීටර් (km/h or kmh^{-1} or kmph (kilometers per hour)) හා පැයට සැතපුම් (mi/h or mph (miles per hour)) ලෙසද වේගය/ප්‍රවේගය මැනිය හැකිය. වාහනවල වේගය බොහෝ විට කියන්නේ මෙවැනි ක්‍රමයකිනි.

විශ්වයේ තිබිය හැකි අවම උෂ්ණත්වය කෙල්වින් බිංදුවය. එමනිසා, එය විද්‍යාවේ නොවෙනස්වන වටිනා නියතයකි. එලෙසම විශ්වයේ එවැනි තවත් ඉතාම වැදගත් නියතයක් තමයි ආලෝකයේ වේගය (speed of light) කියා කියන්නේ. ආලෝකය (හෝ ඕනෑම විද්‍යුත් චුම්භක තරංගයක්) හිස් අවකාශය (හෙවත් රික්තයක්) තුළ

ගමන් කරන වේගය මෙනමින් හැඳින් වේ. විශ්වයේ කිසිම පදාර්ථයකට හෝ ශක්තියකට මෙම වේගය ඉක්මවා යා නොහැකිය. එම වේගයේ අගය තත්පරයට කිලෝමීටර් ලක්ෂ තුනකි (300,000 kms^{-1}). සැතපුම්වලින් ගත හොත් එය **තත්පරයට සැතපුම්** 186,000 කි. මෙම නියතය c යන සංකේතයෙන් දැක්වේ.

ප්‍රවේගය නැවත කාලයෙන් බෙදූ විට **ත්වරණය** (acceleration), a යන ව්‍යුත්පන්න රාශිය ලැබේ. ත්වරණය යනු කාලයත් සමග යම් ප්‍රවේගයක් අඩු හෝ වැඩි වීමයි (කාලයත් සමග ප්‍රවේගය අඩුවන විට එය ඍණ ත්වරණයක් ලෙස සැලකේ.) වාහනයක් නිශ්චලව සිට ගමන් ආරම්භ කර ක්‍රමයෙන් වේගය වැඩි කරගන්නවා නේද? එලෙසමයි, ගමන් කරන වාහනයක් නැවැත්වීමට ක්‍රමයෙන් වේගය අඩු කරමින් එය නිශ්චල කරනවා. මෙන්න මෙවැනි වේගය වැඩි වීමක් (හෝ අඩු වීමක්) තමයි ත්වරණය කියන්නේ. මේ අනුව මෙහි ඒකකය ඔබට සිතා ගත හැකියි නේද? එනම්, (m/s) නැවත s වලින් බෙදිය යුතුය; $(m/s)/s = m/(S \times S) = m/s^2$ වේ. මෙය ms^{-2} ලෙසද ලිවිය හැකි බව ඔබට දැන් පේනවා. "තත්පර වර්ගයට මීටර්" (meters per square second) ලෙස මෙය ශබ්ද කෙරෙනවා.

ත්වරණය = $\frac{\text{ප්‍රවේගය}}{\text{කාලය}}$ $\qquad \frac{m/s}{s} = ms^{-2}$

යම් ඒකාකාර ප්‍රවේගයකින් ගමන් කරන දෙයක ස්කන්ධය එහි ප්‍රවේගයෙන් වැඩි කළ විට **ගම්‍යතාව** (momentum), m ලැබේ. ඒ අනුව එහි ඒකකය $kgms^{-1}$ වේ.

ගම්‍යතාව = ස්කන්ධය x ප්‍රවේගය $\qquad (kg \times ms^{-1})$

යම් ත්වරණයකින් ගමන් කරන දෙයක ස්කන්ධය එහි ත්වරණයෙන් වැඩි කළ විට ලැබෙන්නේ **බලය** (force) වේ. එහි ඒකකය $kgms^{-2}$ වේ. එහෙත් මෙම ඒකකය තරමක් දිග වැඩි නිසාත්, මෙම රාශිය නිතර නිතර පාවි ච් කෙරෙන නිසාත්, ඊට වෙනත් කෙටි ඒකකයක් ඒ වෙනුවට හඳුන්වාදී ඇත. එම අලුත් ඒකකය **නිව්ටන්** (Newton) (N) වේ. **විද්‍යාව තුළ මේ ආකාරයට දිගු ඒකකවලට කෙටි නම් හඳුන්වාදීම සුලභ සිද්ධියකි.**

$1 N = 1 kgms^{-2}$ (මින් පෙනී යන්නේ ඒකක දෙකහිම අගය එකම වන බවයි. නම පමණක් අලුත් හා කෙටි වී ඇත.)

පදාර්ථ හා ශක්තිය ගැන කතා කරන විටත් අප බලය ගැන ඉහතකදී කතා කළා මතකද? බලය යනු යම් ශක්තියක් පිටුපස තිබෙන එම ශක්තියට යම් යම් දේවල් කිරීමට හැකියාව ලබා දෙන ගුණයකි. විවිධ ශක්තීන් විවිධ අයුරින් ක්‍රියාත්මක වන නිසා බලයද ඊට අනුරූපව ක්‍රියාත්මක වෙනවා. උදාහරණයක් ලෙස ආලෝකය ශක්තියකි. එය අපට (අපේ ඇස්වලට) පේනවා. තාපය යනුද තවත් ශක්තියකි. එය අපිට පෙනෙන්නේ නැති වුවත් ඇඟට දැනෙනවා. මේ දෙකම එකිනෙකට වෙනස් ආකාරයේ ශක්ති දෙකකි. එහෙත් අවසාන වශයෙන් මෙම ශක්තීන් දෙකම මනින්නේ (ජූල් ලෙස හැඳින්වෙන) එකම ඒකකයෙනි. ඊට හේතුව, පවතින ආකාරය කුමක් වුවත් සෑම ශක්ති විශේෂයක්ම එකිනෙකාට පොදු බවයි. එලෙසම සෑම බලයකම අවසාන වශයෙන් භෞතික වශයෙන් යම් පොදු බවක් තිබෙනවා. එමනිසා, යම් ශක්තියක් තවත් ඊට වඩා වෙනස් ආකාරයේ ශක්තියක් සමග සංසන්දනය කළ හැකි සේම, යම් බලයක් තවත් ඊට වඩා වෙනස් බලයක් සමග සංසන්දනය කළ හැකිය. මෙය උපමාවකින් තවදුරටත් පෙන්වා දෙන්නම්. ඔබේ "ඇඟ බස්ස ගන්න" ඔබට දිවිය හැකිය. පිහිනිය හැකිය. සෙල්ලම් කළ හැකිය. මේ සියල්ලම එකිනෙකට වෙනස් ආකාරයේ ක්‍රියාකාරකම් වුවද, මේ සියල්ලන්ගේම අවසන් ප්‍රතිඵලය ඔබේ ඇඟ කෙට්ටුකර ගැනීම නේද? මෙම විවිධ ක්‍රියාකාරකම් ඔබට සංසන්දනය කළ හැකිය (විනාඩි විස්සක් දුවන එක විනාඩි දහක පිහිනීමකට සමානයි ආදී වශයෙන්). විවිධ ශක්ති හා විවිධ බලයන් ගැනද සිතිය යුත්තේ එලෙසයි.

සමහර බලයන් (හා ශක්තීන්) ඍජුවම මැනීම පහසු නැති අතර සමහර බල පහසුවෙන් ඍජුවම මැනිය හැකිය. යම් වස්තුවක චලනය ඉතා පහසුවෙනුත් නිවැරදිවත් ඍජුවම මැනිය හැකියි. වස්තුවක් චලනය වන්නට ශක්තියක් භාහිරින් යෙදිය යුතුය. එනම්, බලයක් භාහිරින් යෙදිය යුතුය. අයිසැක් නිව්ටන් නම් මහා විද්‍යාඥයා මෙම බලයක් යෙදීමෙන් වස්තු චලනය වීම පිළිබඳ පර්යේෂණ සිදු කර ඉතා වැදගත් සේම ඉතා සරල රීති කිහිපයක් හඳුන්වා

දුන්නේය. ඒවා අද **නිව්ටන්ගේ නීයම** (Newton's Laws) හෝ චලනය පිළිබඳ නිව්ටන්ගේ නියම ලෙස පාසල්වල පවා ඉගැන්වේ. නිව්ටන්ගේ නියම තුනක් පවතී.

නිව්ටන්ගේ නියම

1. යම් වස්තුවක් නිශ්චලව ඇති විටකදී එම වස්තුව චලනය කිරීමට හෝ යම් වස්තුවක් ඒකාකාර ප්‍රවේගයකින් එක කෙළින් (වංගු නැතිව) ගමන් කරන විටකදී, එම වස්තුවේ ප්‍රවේගය වෙනස් කිරීමට හෝ ගමන් කරන මාර්ගය වෙන අතකට හැරවීමට නම්, අනිවාර්යෙන්ම පිටතින් එම වස්තුවට යම් බලයක් ලබා දිය යුතුමය. **(නිව්ටන්ගේ පළමු නියමය)**

2. ඉහත ආකාරයට භාහිරින් යම් බලයක් ලබා දුන් විට, එම වස්තුව ත්වරණයකට ලක්වන අතර, එම ත්වරණය පිටතින් ලබා දුන් බලයට සමානුපාතික වේ. මෙය කෙටියෙන් සූත්‍රයක් ආකාරයට පහත ආකාරයට ලිවිය හැකිය. **(නිව්ටන්ගේ දෙවන නියමය)**

   බලය = **(වස්තුවේ ස්කන්ධය)** x **(වස්තුවේ ත්වරණය)** (<u>F</u>orce = <u>m</u>ass x <u>a</u>cceleration)

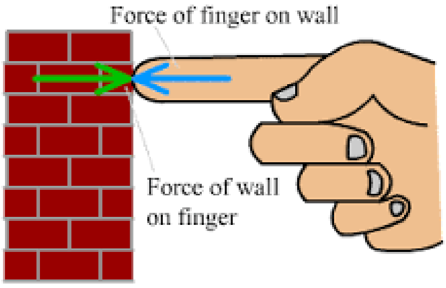
   F = ma ලෙස මෙය කෙටි සංකේත ක්‍රමයෙන් දැක්වේ.

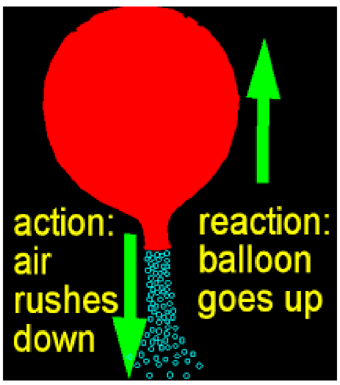
   මෙම සූත්‍රය අනුව බලය යන රාශිය පහසුවෙන් මැනගත හැකි ක්‍රමයක් අපට දැන් තිබෙන බව පේනවා.

3. යම් කිසි වස්තුවකට බලයක් පිටතින් ලබා දුන් විට, එම වස්තුව විසින්ද ඒ පිටතින් ලබා දුන් බලයට සමාන එහෙත් ඊට ප්‍රතිවිරුද්ධ දිශාවට යොමු වූ ප්‍රතිබලයක් හෙවත් ප්‍රතික්‍රියා බලයක් ඇති කරනවා.

   මෙය බොහෝ දෙනා කියන්නේ "**සෑම ක්‍රියාවකට සමාන වූත් ප්‍රතිවිරුද්ධ වූත් ප්‍රතික්‍රියාවක් ඇත**" යනුවෙනි. **(නිව්ටන්ගේ තෙවැනි නියමය)**

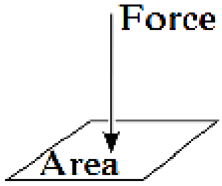
   ඔබ අත මිට මොලවා වැරෙන් බිත්තයට පහරක් දුන් විට, සත්‍ය වශයෙන්ම ඔබ සිදු කළේ යම් කිසි බලයක් බිත්තියට යොමු කිරීමයි. එහිදී නිව්ටන්ගේ තෙවන නියමය අනුව ඒ ක්ෂණයෙන්ම ඔබ බිත්තිය දෙසට යොමු කළ බලයට සමාන බලයක් බිත්තිය විසින් ඔබේ අත දෙසට ලබා දේ. ඔබ බිත්තයට ගැසූ විට ඔබේ අත රිදෙන්නේ ඇත්තටම මෙන්න මෙම ප්‍රතික්‍රියා බලය නිසාය. අහස් කුරක් හෝ රොකට් ගමන් කරන්නේද මෙම තෙවැනි නියමයේ මහිමයෙනි. එනම් අහස් කුරේ (හෝ රොකට් එකේ) කෙළවරින් වෙඩි බෙහෙත් දල්වා එම ගින්දර කුරේ පිටුපසින් වේගයෙන් පහළට යොමු කෙරේ. එවිට, එම කුරේ කෙළවරට තෙවන නියමය අනුව ප්‍රතික්‍රියා බලයක් ලැබීමෙන් එම කුර ඉහළට ගමන් කරයි. පුම්බපු බැලුමක කට ගැට නොගසා අත හැරිය විට බැලුම වේගයෙන් උඩ යන්නේද මෙම තෙවන නියමය නිසාය.





යම් බලයක් යම් මතුපිටක් හෙවත් ක්ෂේත්‍රඵලයක් මත යොදන විට, අප ඊට **පීඩනය** (pressure), p කියා පවසනවා.

පීඩනය = $\frac{\text{බලය}}{\text{ක්ෂේත්‍රඵලය}}$

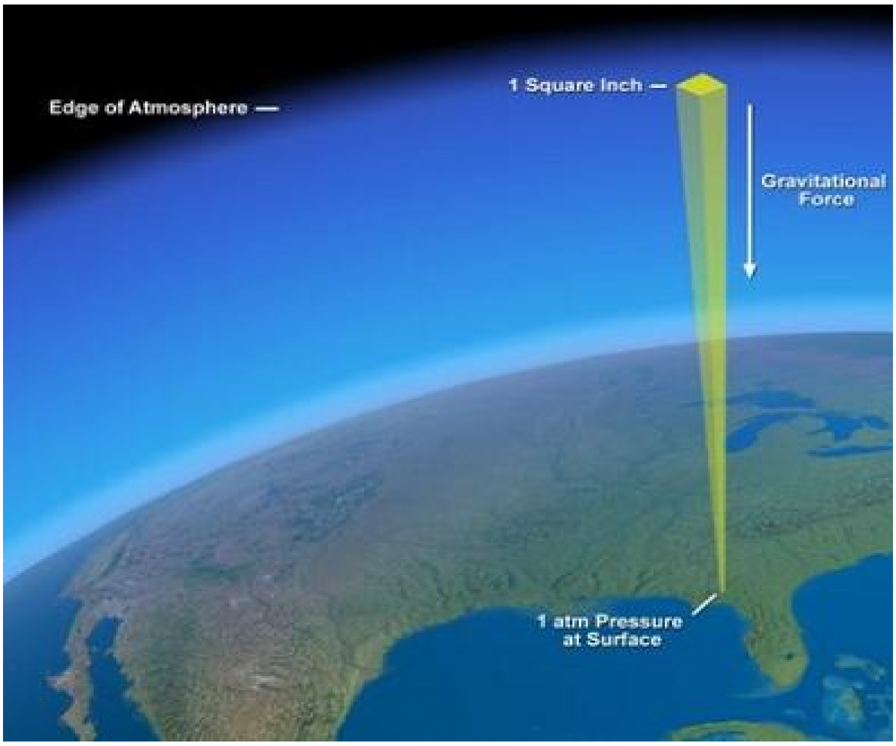


මෙය මනින සම්මත ඒකකය “වර්ග මීටරයට නිව්ටන්” (N/m^2 or Nm^{-2}) වේ. මීටම **පැස්කල්** (Pascal) (Pa) යන සම්මත ඒකකය හඳුන්වාදී තිබෙනවා. තවත් ඒකක ගණනාවක් තිබෙනවා පීඩනය මැනීම සඳහාම.

1 atm (atmospheric pressure - වායුගෝල පීඩන) = 100,000 Pa (=100 kPa)
1 bar = 1 atm = 100 kPa
1 PSI (Pounds per Square Inch - වර්ග අඟලකට රාත්තල්) = 6.9 kPa
1 Hgmm (Mercury millimeter - රසදිය මිලිමීටර්) = 133 Pa
1 torr (ටෝර්) = 1 Hgmm

පොලොවේ මතුපිට (මුහුදු මට්ටම) සිට කිලෝමීටර් ගණනාවක් ඉහළට වායුගෝලය (atmosphere) පිහිටා තිබේ. මෙම වායු තට්ටුවෙන් යම් පීඩනයක් ඊට යටින් තිබෙන සියලු දේවලට ඇති වේ. මෙම පීඩනය “වායුගෝල පීඩන එකක්” හෙවත් “1 atm” ලෙස අර්ථ දක්වා ඇත. මෙය ලෝකයේ තැනින් තැනට ස්වල්ප ලෙස වෙනස් වන අතර, මුහුදු මට්ටමේ සිට ඉහළට යන විට එම පීඩනය අඩු වන බවද ඔබට සිතා ගත හැකියි.

ජලයේ (ගඟක හෝ මුහුදේ) යටට යන්නට යන්නට පීඩනයද ක්‍රමයෙන් වැඩි වේ. දළ වශයෙන් ජලය යටට යන සෑම 10 m ක් පාසාම 1 atm හෙවත් 1 bar බැගින් වැඩි වේ. උදාහරණයක් ලෙස, ඔබ අඩි 20 ක් යටින් මුහුදේ පිහිනනවා නම්, ඔබේ ශරීරය මත 3 bar පීඩනයක් (සාමාන්‍ය වායුගෝල පීඩනය හා ජලයේ අඩි 20 නිසා ඇති වූ තවත් වායුගෝල පීඩන දෙකක්) පවතී.



යමක් උල් (pointed) හෝ යමක් කැපෙන මුවහත් (sharp) යනුවෙන් සඳහන් කරන විටද, අප ඒ කතා කර තිබෙන්නේ පීඩනය ගැන තමයි. පිහි තලයක් මුවහත් යනු, එම දාරයේ ක්ෂේත්‍රඵලය ඉතා අඩු බවයි. අප තලයක් මුවහත් කරන විට කරන්නේ එම දාරය තවත් තුනී වන තෙක් ඇතිල්ලීමයි (හෙවත් එම දාරයේ ක්ෂේත්‍රඵලය අඩු කිරීමයි). එවිට, ඔබ එම මුවහත් තලය පාන් හෝ බටර් හෝ වෙනත් ඕනෑම දෙයක් මත තබා අතින් බලය දුන් විට, ඉහත පීඩනයේ සූත්‍රය අනුව ඔබ ලබා දෙන බලය පිහි තලයේ ඉතා කුඩා ක්ෂේත්‍රඵලයෙන් බෙදූ විට ඉතා අධික පීඩනයක් එම පාන් හෝ බටර් හෝ වෙත ලැබී එය පහසුවෙන් කැපේ.

ඝන, ද්‍රව, වායු යන පදාර්ථයේ අවස්ථා තුනෙන් ද්‍රව හා වායු යන දෙයාකාරයෙන් පවතින ද්‍රව්‍ය, පීඩනය හා උෂ්ණත්වය යන දෙක හමුවේ බොහෝ විට හැසිරෙන්නේ එකම ආකාරයෙනි. එමනිසා, ද්‍රව හා වායු යන දෙකට **තරල** (fluid) යන තනි වචනයද භාවිතා කරනවා. යම් තරලයක උෂ්ණත්වය වැඩි කරගෙන යන විට, වේගයෙන් එම තරලය **ප්‍රසාරණය** (expand) වෙනවා. යම් වායුවක් මත පීඩනයක් එල්ල කළ විට, එම වායුව **සංකෝචනය** (compress) වෙනවා. එහෙත් සමහර ද්‍රව මතට පීඩනයක් එල්ල කළ විට, එම ද්‍රවය සංකෝචනයක් සිදු නොවන තරම්ය (එනම්, සමහර ද්‍රව සංකෝචනය කළ නොහැකි හෙවත් incompressible වේ.) වායුවක් වුවද, පීඩනය ක්‍රමයෙන් වැඩි කරගෙන යාමේදී තව දුරටත් සංකෝචනය නොවිය හැකි මට්ටමකට පැමිණෙනවා.

සටහන

තරල පමණක් නොව, ඝන ද්‍රව්‍යයක්ද උෂ්ණත්වය වැඩි කරන විට ප්‍රසාරණය වෙනවා. කෝ ච් පීලි ඔබ දැක ඇත්නම්, කෝ ච් පීලි දෙකක් සෙට්වෙන තැන යම් හිඩැසක් ඔබ දැක ඇති. මෙය එම පීලි සාදපු අය නොසැලකිල්ලෙන් කරපු දෙයක් නොව. දවල් කාලයේදී පීලි රත් වීම නිසා ප්‍රසාරණය වේ. මෙම හිඩැස නොතිබුණා නම්, පීලි ප්‍රසාරණය වී එයට තරමක් දික්වීමට ඉඩකඩක් නොතිබ්බේ නම්, පීලි ඇද වී කෝ ච් පීලිවලින් පිට පනිනු ඇත. කොන්ක්‍රිට් පාරවල් දැමීමේදිත් මෙලෙස තැනින් තැන හිඩැස් තබයි. ඊට හේතුවද එයමයි. දවල් කාලයේ කොන්ක්‍රිට් රත් වී ප්‍රසාරණය වන බැවින් එම ඉඩැස නොතිබ්බේ නම්, කොන්ක්‍රිට් පාර ඉලිප්පී යනු ඇත. සමහර වීදුරු වැනි භාජනවලට එකවර උණු වතුර දැමූ විට, එය පුපුරා යන්නෙත් මේ නිසාය. හොඳට රත් වී ඇති වීදුරු වැනි ද්‍රව්‍යයකට ජලය හෝ එවැනි ශීත දෙයක් ගැවුණු විට පුපුරා යන්නෙත් මේ නිසාය (එනම්, දැනටමත් තාපය නිසා ප්‍රසාරණය වී ඇති වීදුරුව මතට වතුර වැටීමෙන් එකපාරටම එම ස්ථානය

සංකෝචනය වීමට උත්සහ දරන විට ඉරි තලයි). පහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ රේල්පාරවල් තාපයට ප්‍රසාරණය වී ඇද වී ගොස් ඇති ආකාරය පෙන්වන සත්‍ය රූප කිහිපයකි.

තාපය ලබා දීමේදී හැමවිටම වාගේ සිදුවන්නේ ප්‍රසාරණය වීමයි (thermal expansion). එහෙත් විරල වශයෙන්, තාපය ලබා දීමේදී **සංකෝචනය වීමක්ද** (thermal contraction) සිදු විය හැකියි. මීට **සෘණ තාප ප්‍රසාරණය** (negative thermal expansion) යන වචනයද භාවිතා කරනවා. බොහෝ විට මෙම තාප සංකෝචනය වන ද්‍රව්‍යයද එය සිදු කරන්නේ සීමිත උෂ්ණත්ව පරාසයකදී පමණි. එම උෂ්ණත්ව පරාසයෙන් පිටදී එම ද්‍රව්‍යයද සාමාන්‍ය ප්‍රසාරණය සිදු කරයි. උදාහරණයක් ලෙස, පිරිසිදු සිලිකන් නම් ද්‍රව්‍යය කෙල්වින් 18 ත් 120ත් අතර පරාසයේදී සෘණ තාප ප්‍රසාරණයක් පෙන්නුම් කරයි.

විවිධ ද්‍රව්‍යය ප්‍රසාරණය වන්නේ විවිධ ප්‍රමාණවලිනි. මෙය පරිමා තාප ප්‍රසාරණ සංගුණකය නමින් හැඳින් වේ. ඝන, ද්‍රව, වායු යන ඕනෑම එකක ප්‍රසාරණය දළ වශයෙන් ගණනය කිරීමට ඉතා සරල සූත්‍රයක් ඇත (ඇත්තටම මෙම සූත්‍රයට වඩා සංකීර්ණ වඩා නිවැරදි සූත්‍ර ඇත). මෙහි α_V යනු **පරිමා තාප ප්‍රසාරණ සංගුණකය** (volumetric thermal expansion coefficient) නම් නියත පදයයි. මෙම සංගුණකය ඒ ඒ ද්‍රව්‍යය මත රඳා පවතිනවා (හරියට ඒ ඒ ද්‍රව්‍යයන්ට ඊටම අනන්‍ය වූ තාපාංක, ද්‍රවාංක තිබෙන්නාක් සේ). මෙහි වරහන් තුළ තිබෙන්නේ අවකලනය නම් ගණිත ක්‍රමය අනුව දක්වා ඇති පරිමාව, උෂ්ණත්වය අනුව වෙනස් වන සීඝ්‍රතාවයි (එනම්, කුඩා උෂ්ණත්ව වෙනසක් සිදු වුවොත්, පරිමාව කොතරම් වෙනස්වේද යන්න මින් ගම්‍ය වේ). කුඩාවට p අකුරක් යොදා තිබෙන්නේ මෙම සීඝ්‍රතාව ගණනය කරන්නේ පීඩනය නියතව තබා ගනිමින් යන බව හැඟවීමටයි. පීඩනය නියතව තිබිය යුතු යැයි පැවසීමට හේතුව, පීඩනය වැඩි කරන විට ද්‍රව්‍යයක් යම් පමණකට හෝ සංකෝචනය වන නිසාය.

$$\alpha_V - \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

ඉහත සූත්‍රයම පහත ආකාරයට සරල කරද ලිවිය හැකියි. මින් කියන්නේ α_V නම් පරිමා තාප සංගුණකයක් ඇති ද්‍රව්‍යයක උෂ්ණත්වය (Δt) ප්‍රමාණයකින් වැඩි කළ විට (හෝ අඩු කළ විට), එහි පරිමාව (Δv) යන ප්‍රමාණයකින් වැඩි වන (හෝ අඩු වන) බවයි.

$(\Delta v) = V\alpha_V(\Delta t)$

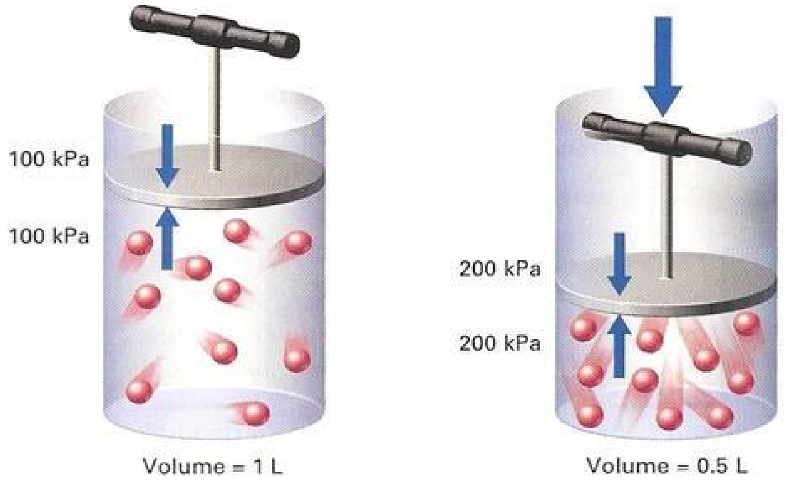
ඉහළ තාපාංක හා ද්‍රවාංක සහිත ද්‍රව්‍ය ප්‍රසාරණය වන්නේ පහළ තාපාංක හා ද්‍රවාංක සහිත ද්‍රව්‍යයන්ට වඩා අඩුවෙනි. ඒ අනුව ඔබට යම් යම් ද්‍රව්‍යවල ප්‍රසාරණය සංසන්දනය කරන්නට පුලුවන් ඒවායේ තාපාංක/ද්‍රවාංක දන්නේ නම්. ඝනයකට වඩා වැඩිපුර ද්‍රවයක්ද, ද්‍රවයකට වඩා වැඩිපුර වායුද ප්‍රසාරණය වේ.

එදිනෙදා ජීවිතයට මෙම තාප ප්‍රසාරණය විශාල ලෙස බලපානවා. ඒවා මොනවාදැයි සොයා බලන්න. මං එවැනි එක උදාහරණයක් පෙන්වන්නම්. විවිධ ද්‍රව්‍ය දෙකක් (හෝ කිහිපයක්) එකට සම්බන්ධ කර තිබෙන අවස්ථාවකදී එවැනි සම්බන්ධිත ස්ථාන තදින් රත් විය හැකි සේ ඇත් නම්, මෙය ප්‍රශ්නකාරී විය හැකියි. එවැනි අවස්ථාවකදී, විවිධ ද්‍රව්‍යවලට ඇත්තේ විවිධ ප්‍රසාරණ සංගුණක බැවින් ඒවා ප්‍රසාරණය වන්නේ විවිධ ප්‍රමාණ වලින්ය. වහලවල්වල වතුර බැස යෑමට ලෝහ තහඩු දමා එම තහඩු සිමෙන්තිවලින් උළු කැටවලට සම්බන්ධ කරනු ඔබ දැක ඇති. එහෙත් කාලයත් සමග දවල් කාලයේදී රත් වීම නිසා තහඩුව හා බදාම ප්‍රසාරණය වීම නිසා, එම බදාම තහඩුවෙන් ගැලවී යනු ඇත. එවිට වැසි කාලයට වතුර ගේ ඇතුලට වැටේ. මෙය බොහෝ අය මුහුණ දෙන ගැටළුවකි. මෙම ගැටළුවට මුල තාප ප්‍රසාරණය බව ඔබ දැන සිටියාද?

සටහන

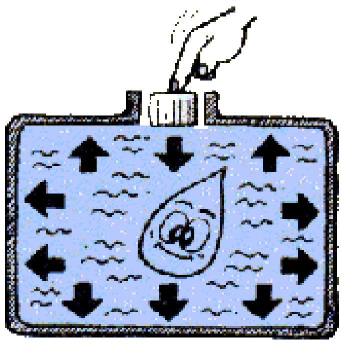
යම් කිසි රාශියක "කුඩා ප්‍රමාණයක්" (හෝ "කුඩා වෙනසක්") යන්න විද්‍යාවේදී හැඟවීමට ඩෙල්ටා යන ග්‍රීක් හෝඩියේ අකුර (සිම්පල් හෝ කැපිටල් දෙයාකාරයෙන්ම) එම රාශිය හඟවන කේත අක්ෂරයට ඉදිරියෙන් යොදනු ලැබේ. උදාහරණ කිහිපයක් බලමු.

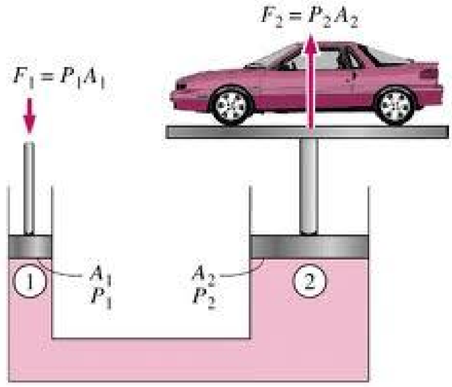
පරිමාව හැඟවීමට ගන්නා V නම් කේතාක්ෂරයට ඉදිරියෙන් කැපිටල් ඩෙල්ටා අකුර යෙදීමෙන් ΔV ලැබෙන අතර මෙහි තේරුම "කුඩා පරිමා වෙනසක්" යන්නයි. මෙයම අවශ්‍ය නම් සිම්පල් ඩෙල්ටා අකුර යොදාද δV ලෙස ලිවිය හැකියි. එලෙසම, පීඩනය P වලින් දක්වන නිසා δP හෝ ΔP ලෙස "කුඩා පීඩන වෙනස" දැක්විය හැකියි.



පීඩනය වැඩි කරගෙන යෑමේදී අංශු ළං වීම නිසා පරිමාව හැකිලේ. එහෙත් තවදුරටත් හැකිලිය නොහැකි incompressible අවස්ථාවට පත්වේ.

යම් සංවෘත බහලුමක ඇති යම් ඉන්කොම්ප්‍රෙසිබල් (එනම්, තවදුරටත් සංකෝචනය කළ නොහැකි) තරලයකට පීඩනයක් ලබා දුන් විට එම පීඩනය එම තරලයේ සෑම තැනකින්ම එම බහලුමේ බිත්ති මත එල්ල වේ. මෙය **පැස්කල් නියමය** (Pascal's law) ලෙස හැඳින්වේ.





මෙම පැස්කල් නියමය කර්මාන්වල නැතිවම බැරි තරමට ප්‍රයෝජනවත්ය. වාහන හෝ ඕනෑම බර අධික දේවල් එසවීමට භාවිතා කරන ජැක්, කෝ වි හා වාහනවල භාවිතා කරන හයිඩ්‍රෝලික් බ්‍රේක්ද වැඩ කරන්නේ මෙම සිද්ධාන්තය මතය. පැස්කල් නියමය ද්‍රව තරල උපයෝගී කරගන්නා විටදී එවැනි භාවිතාවන්/ඇටවුම් hydraulic (**හයිඩ්‍රෝලික්**) ලෙසද, වාතය යොදාගන්නා විට pneumatic (**නියුමැටික්**) ලෙසද හැඳින්වෙනවා.

යම් බලයක් වස්තුවකට යෙදීමෙන් එම වස්තුව චලනය වේ නම්, එම බලය වස්තුව ගමන් කළ දුරින් වැඩි කළ විට අපට ලැබෙන්නේ “**කාර්යය**” (work), w නම් රාශියයි.

කාර්යය (හෙවත් ශක්තිය) = **බලය** x (**ගමන් කළ දුර**) (w=Fd)

මෙහි ඒකකය ඒ අනුව නිව්ටන් මීටර් (Nm) වේ. මීටම **ජූල්** (Joule) (J) යන ඒකක නාමය (හා සංකේතය) හඳුන්වා දී ඇත. කාර්යයක් කළා යනු යම් ශක්තියක් වැය කළා යන බවයි ඉන් හැඟවෙන්නේ. ඒ අනුව ශක්තිය යනු කාර්යයම වේ. ඒ අනුව, ශක්තියේ ඒකකයද Nm හෝ J වේ. (ශක්තිය හා බලය අතර ඇති ඉතා සරල හා වැදගත් සම්බන්ධතාව ඉහත සූත්‍රයෙන් දැන් ඔබට මතක තබා ගත හැකියි.)

ඉහත (නිව්ටන් මීටර් හෝ) ජූල් යන සම්මත ඒකකයට අමතරව, කැලරි, බීටීයූ ආදී තවත් ඒකකද ශක්තිය මැනීමට භාවිතා වෙනවා.

4.2 J = 1 c (calorie) (ආහාරවල ඇති ශක්තින් සාමාන්‍යයෙන් මෙම ඒකකයෙන් මැනේ.)
1055 J = 1 BTU (British Thermal Unit. ෆ්‍රිජ් ඒසී වැනි උපකරණවල ශක්තිය සාමාන්‍යයෙන් මනින්නේ මෙම ඒකකයෙනි.)
1 eV (electron volt) = 1.60×10^{-19} J (කුඩා ප්‍රමාණවලින් ශක්තින් හුවමාරු වීම් මෙම කුඩා ඒකකයෙන් මැනේ.)
1 Wh (Watt-hour) = 3600 J (= 3.6 kJ) (ඇත්තටම වොට් අවර් එකක් යනු තත්පරයකට වොට් 1 බැගින් පැයක් හෙවත් තත්පර 3600ක් ඇතුළත වැය කරන ශක්තිය වේ. ඔබේ නිවසේ විදුලි මීටරයේ යුනිට් නම් ඒකකය සාදා ඇත්තේ මෙම වොට්-අවර් ඒකකය මුල් කරගෙනයි. එනම්, එක **යුනිට්** එකක් යනු වොට්-අවර් 1000ක් හෙවත් කිලෝවොට්-අවර් 1 (1 kWh) කි.)

සටහන
එස්අයි ඒකකවලට පමණක් නොවේ මිලි, මෙගා ආදී ලෙස ඉහතදී පෙන්වා දුන් ගුණක පද යෙදිය හැක්කේ. අවශ්‍ය නම් වෙනත් ඒකකයන් සමගද ඒවා යෙදිය හැකිය. උදාහරණ ලෙස,

milliliter - ml (0.001 liter), kilocalorie - kc (1000 calories), Mega electron volt – MeV (1,000,000 eV)

යම් ශක්තියක් කාලයෙන් බෙදූ විට, එය **ක්ෂමතාව** හෙවත් **ජවය** (power), P ලෙස හැඳින්වේ. ජවය යනු සෑම තත්පරයකදීම යම් උපකරණයක් හෝ දෙයක් වැය කරන (හෝ ලබා ගන්නා) ශක්තිය ලෙස සැලකීමට පුරුදු

වන්න. මෙය තත්පරයට ජූල් (J/s or Js^{-1}) යන ඒකකයෙන් මැනේ. මීටම **වොට් (Watt) (W)** යන ඒකක නාමය හඳුන්වාදී ඇත.

ජවය = $\frac{\text{ශක්තිය}}{\text{කාලය}}$

අශ්වබලය (horsepower - hp) යන ඒකකයක්ද ජවය මැනීමට ඇත. ආදි කාලයේ කරත්ත ආදිය පැදවීමට යෙදෙව්වේ අශ්වයන්ය (ලංකාව වගේ රටවල අශ්වයන් වෙනුවට හරක් යොදාගන්නවා.) එහිදී දළ වශයෙන් එක් අශ්වයෙක් සතු ජවය අශ්වබල එකක් ලෙස හැඳින් වේ. යම් කරත්තයකට අශ්වයන් දෙන්නෙක් යෙදෙව්වොත් එතැන අශ්වබල දෙකක ජවයක් තිබේ. පසු කාලීනව අශ්වයන් නොයොදා ඇති විටත්, අශ්වබල නම් ඒකකය මෝටර් වැනි උපකරණ ආදියේ ජවය දැක්වීමට භාවිතා කෙරේ.

1 hp = 746 W

යම් බලයක් යෙදූ විට වස්තුවක **චලිතයේ** (motion) යම් යම් වෙනස්කම් ඇතිවන බව නිව්ටන් නියම අනුව ඔබට පෙනෙනවා. මෙලෙස සිදු විය හැකි චලිත ප්‍රධාන වශයෙන් දෙයාකාරය. එකක් නම්, **රේඛීය චලිත** (linear motion හෝ translational motion) වේ.

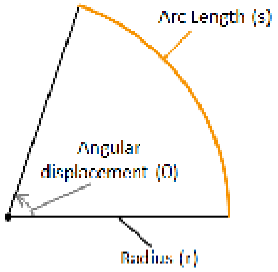
මෙහිදී බලය යොදා ඇති දිශාවට රේඛාවක් ඔස්සේ ගමන් කරන්නාක් සේ මෙම චලිතය සිදු වේ. තවත් වර්ගයේ චලිතයක් නම් **වෘත්ත චලිත** (circular motion) වේ. මෙහිදී වස්තුව ගමන් කරන්නේ “වටේට” (“රවුමට”) වේ. මෙය **රේඛීය නොවන** (non-linear) චලිතයකි.

ඉහතදී සඳහන් කළ ප්‍රවේගය, ත්වරණය, ගම්‍යතාව ආදී රාශීන් ඇත්තටම අදාළ වන්නේ රේඛීය චලිත සඳහා පමණි. වෘත්ත චලිතවලදීද ඒ රාශි වෙනුවට පවතින්නේ වෙනත් රාශීන්ය. එනම්, වෘත්ත චලිතයට ගැලපෙන ලෙස එම රාශීන් යම් යම් වෙනස් ආකාරවලින් අර්ථ දක්වා ඇත. ඒවා එකින් එක දැන් සලකා බලමු.

රේඛීය චලිතයකදී යම් සරල රේඛාවක් අනන්තය දක්වා විහිදිය හැකිය. එනම් විස්ථාපනය අනන්තය දක්වා විහිදිය හැකිය. එහෙත් වෘත්ත චලිතයක යෙදෙන වස්තුවක් එසේ නොවේ. එවැනි වස්තුවක් යම් ලක්ෂයක් වටා වෘත්තාකාරව ගමන් කරන විට එය අංශක 360 ක් (හෙවත් රේඩියන් 2π) ගමන් කර නැවතත් හිටපු තැනටම පැමිණෙනවා. එනම්, වස්තුව ගමන් කරන්නේ එකම වටයකය.

එනිසා, වෘත්ත චලිතයකදී අපට වඩා වැදගත් වන්නේ එම වෘත්ත චලිතයේ යෙදෙන වස්තුව ගමන් කරන අංශක ප්‍රමාණය මිස දුර නොවේ. රේඛීය චලිතයේ දුරට තිබෙන ස්ථානය වෘත්ත චලිතවලදී හිමි කර ගන්නේ කෝණය හෙවත් අංශක ගණන විසින්ය. ඒ අනුව සිතුවොත් ඔබට පහසුවෙන් වෘත්ත චලිත සඳහා රාශීන් පහත ආකාරයට අර්ථ දැක්විය හැකියි.

යම් වස්තුවක් ගමන් කරන කෝණය **කෝණික විස්ථාපනය** (angular displacement), θ ලෙස හැඳින් වේ. එය කෝණයක් නිසා එහි සම්මත ඒකකය රේඩියන් වේ. අවශ්‍ය නම් අංශකය යන සම්මත නොවන කෝණයෙනුත් මැනිය හැකි බව දැන් ඔබට තේරෙනු ඇත.



කෝණික ප්‍රවේගය (angular velocity), ω යනු යම් වස්තුවක් ගමන් කළ කෝණය (හෙවත් කෝණික විස්ථාපනය) එම කෝණික විස්ථාපනය ගමන් කිරීමට ගත වූ කාලයෙන් බෙදූ විට ලැබේ. ඒ අනුව මෙහි සම්මත ඒකකය "තත්පරයට රේඩියන්" (rad/s හෝ $rads^{-1}$) වේ.

කෝණික ප්‍රවේගය = $\frac{\text{කෝණික විස්ථාපනය}}{\text{කාලය}}$ **($\omega = \frac{\theta}{t}$)**

එලෙසම **කෝණික ත්වරණය** (angular acceleration), α යන්නද පහසුවෙන් අර්ථ දැක්වීමට දැන් ඔබට පුළුවන් විය යුතුයි. එහි සම්මත ඒකකය $rads^{-2}$ වේ. කෝණික ත්වරණය යනු වස්තුව වෘත්තාකාරව චලනය වන විට එම වස්තුව ක්‍රම ක්‍රමයෙන් කෝණික ප්‍රවේගය වැඩි (හෝ අඩු) කර ගැනීමයි.

කෝණික ත්වරණය = $\frac{\text{කෝණික ප්‍රවේගය}}{\text{කාලය}}$

යම් දෙයක් තත්පරයකට කැරකෙන වට ගණන එහි **සංඛ්‍යාතය** (frequency), f ලෙස හැඳින් වේ. එය මනින සම්මත ඒකකය **හර්ට්** (Hertz) (Hz) වේ. තත්පරයකට වට දහයක් කැරකැවේ නම්, එහි සංඛ්‍යාතය හර්ට්ස් දහයකි (10 Hz). යමක් තත්පරයකට වට භාගයක් කැරකැවේ නම්, එහි සංඛ්‍යාතය 0.5 Hz වේ.

තවද, තත්පරයකට නොව **විනාඩියකට කරකැවෙන වට ගණනද** (revolutions per minute - RPM) නිතර භාවිතා වන රාශියකි. RPM යනුවෙන් බොහෝ අවස්ථාවල කියන්නේ මෙයයි (ආර්පීඑම් අගය 60න් බෙදීමෙන් අපට හර්ට්ස් වලින් මනින සංඛ්‍යාතය පහසුවෙන්ම ලැබේ.)

යමක් සම්පූර්ණ එක් වටයක් කැරකැවීමට ගතවන කාලය **ආවර්ථ කාලය** (period), T ලෙස හැඳින් වේ. සංඛ්‍යාතය හා ආවර්ථය අතර ඇත්තේ සරල සම්බන්ධතාවකි. සංඛ්‍යාතය (f), කෝණික ප්‍රවේගය (ω), ආවර්ථය (T) යන ඒකක තුන අතර පහත ආකාරයේ සම්බන්ධතා ගොඩනැගිය හැකියි.

ආවර්ථය = $\frac{1}{\text{සංඛ්‍යාතය}}$ ($T = \frac{1}{f}$) (T යනු ආවර්ථ කාලය වන අතර, f යනු සංඛ්‍යාතය වේ.)

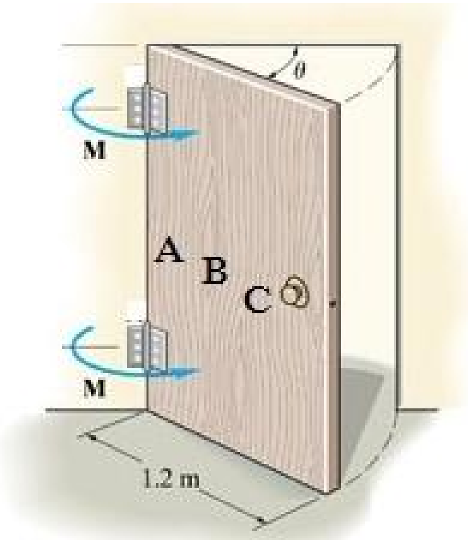
තවද, කෝණික ප්‍රවේගය = $\frac{2\pi}{\text{ආවර්ථය}}$ ($\omega = \frac{2\pi}{T}$) (ω යනු කෝණික ප්‍රවේගය වේ.)

$\omega = 2\pi f$

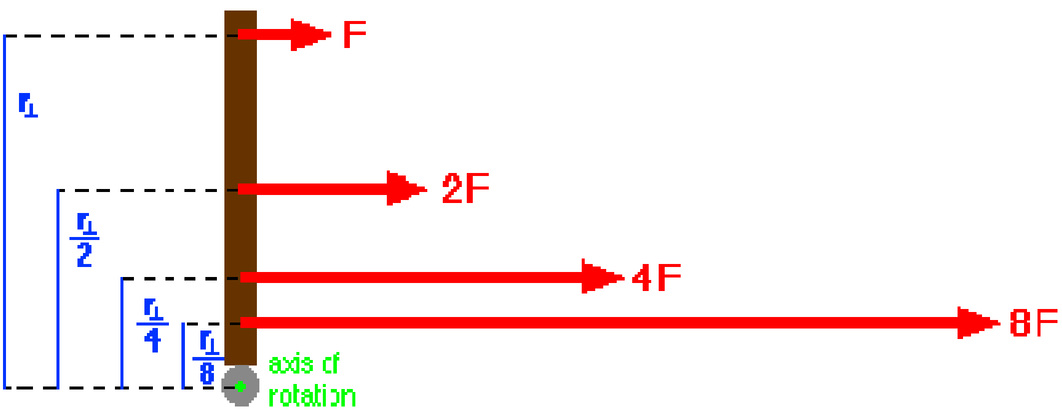
යම් ස්කන්ධයක් මත කෝණික ත්වරණයක් යෙදූ විට (එනම්, යම් වස්තුවක් කෝණික ත්වරණයක් සහිතව වෘත්ත මාර්ගයක ගමන් කරන විට), ඊට ~~කෝණික බලය (angular force)~~ යන වචනයෙන් හැඳින්විය හැකි රාශියක් ලැබේ.

~~කෝණික බලය = ස්කන්ධය x (කෝණික ත්වරණය)~~

ඇත්තටම ~~කෝණික බලය~~ එතරම් ප්‍රචලිත හෝ භාවිතාවන එකක් නොවේ. ඒ වෙනුවට අප භාවිතා කරන්නේ **ව්‍යාවර්ථය** (Torque), τ යන රාශියයි. ඊට හේතුව මා කෙටියෙන් පෙන්වන්නම්. පහත රූපය බලන්න. දොර සරනේරුවලින් සවි වී ඇති නිසා, එය අරින වසන විට සරනේරු වටා ඇතිවන්නේ වෘත්ත චලිතයක් බව පෙනේ (θ කෝණයෙන් පහත එම වෘත්ත චලිතය පෙන්වා ඇත).

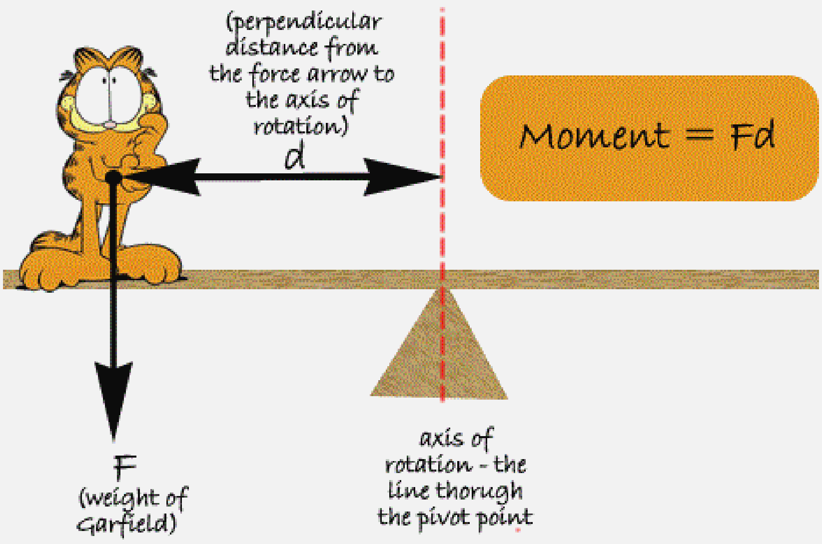


මෙහි A නම් ස්ථානයට ඇඟිල්ල තබා දොර වසන්නට උත්සහ කරනවා යැයි සිතන්න. එලෙසම B හා C යන ස්ථානවලටද එම ඇඟිල්ලම තබා දොර වසන්නට උත්සහ කරමු. මෙය ප්‍රායෝගිකවම ඔබට ඔබේ නිවසේ දොරකට කර බැලිය හැකියි. මෙහිදී A ස්ථානයට වඩා B ස්ථානයටද, B ස්ථානයට වඩා C ස්ථානයටද ඇඟිල්ල තබා එය වසන විට පහසුවක් දැනේ. එනම්, **යම් වස්තුවක් මත වෘත්ත චලිතයක් ඇති වන ආකාරයට බලය යොදන විට, එම බලය යොදන ස්ථානය කේන්ද්‍රයේ සිට ඈත්වන්නට වන්නට එම වස්තුව පහසුවෙන් චලනය කරවිය හැකිය.** (පහත රූපයෙන් එය පැහැදිලි වෙනවා. කේන්ද්‍රයේ සිට r ලම්භ දුරකින් පිහිටි ලක්ෂ්‍යකට F නම් බලයක් ලබා දීමෙන් ඇතිවන කැරකැවීමම ලබා ගැනීමට r/2 ක ලම්භක දුරකින් පිහිටි ලක්ෂ්‍යකට දිය යුත්තේ 2F බලයකි. ඒ ආදී ලෙස අනෙක් ලක්ෂ්‍ය ගැනද සිතන්න.)



සටහන

ඕනෑම වෘත්ත චලිතයක යෙදිය හැකි දේකට (ඉහත දොර මෙවැන්නකි; ඊට බලයක් යෙදූ විට එය කැරකේ.) කේන්ද්‍රයේ සිට d ලෙස හැඳින්වෙන යම් දුරකට ලම්භකව F ලෙස හැඳින්වෙන බලයක් ලබා දුන් විට, එයට බල ර්ණය (moment) කියා කියනවා. මතක තබා ගන්න මෙහි අනිවාර්යෙන්ම බලය (F) හා දුර (d) ලම්භක විය යුතුයි.



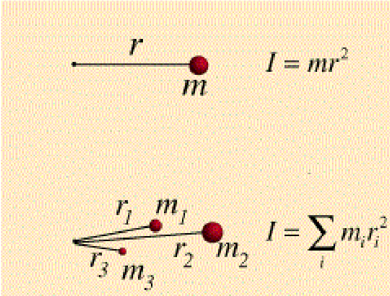
ර්ණය = (කේන්ද්‍රයේ සිට දුර) x (ඊට <u>ලම්භකව</u> ලබා දෙන බලය) m = F x d

ඝූර්ණය වැඩි වන විට, කරකැවීමත් පහසු වෙනවා. බලය වැඩි වීමෙනුත් කේන්ද්‍රයේ සිට බලය යොදන තැනට ඇති දුර ප්‍රමාණය වැඩි වීමෙනුත් ඝූර්ණය වැඩි වෙනවා.

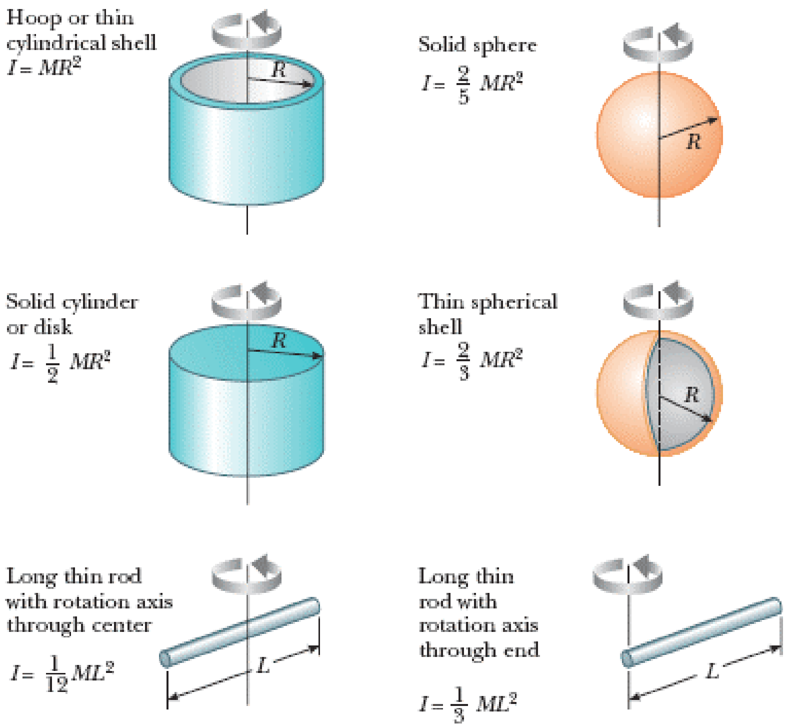
ඕනෑම වස්තුවක් සෑදී ඇත්තේ කුඩා අංශුවලිනි. එම වස්තුව කුමන හෝ ආකාරයකින් චලනය වෙනවා යනු එම අංශු සියල්ලමද චලනය වීමයි. රේඛීය චලිතයකදී එය එතරම් ගණන් නොගත්තත්, වෘත්ත චලිතවලදී මෙය සැලකිල්ලට ගත යුතු වෙනවා. යම් වස්තුවක් වෘත්ත චලිතයක යෙදෙන විට, එම වස්තුව සෑදුම් ලත් කුඩා අංශුවලට කැරකීමට ඇති හැකියාව එම අංශුව පිහිටා තිබෙන තැන අනුව වෙනස් වෙනවා (මෙය අර දොර වහන එක ඇඟිල්ල තබන ස්ථානය අනුව පහසු අපහසු වෙනවා යන සරල පරීක්ෂණයෙන් ඔබටම නිරීක්ෂණය කළ හැකියි). එනම්, යම් වස්තුවක් සෑදී ඇති එක් එක් කුඩා අංශුව සැලකුවොත් ඒවායේ එකිනෙකට වෙනස් ඝූර්ණයන් පවතිනවා.

එහිදී වස්තුවේ යම් අංශු (කේන්ද්‍රයේ සිට ඈතින් පිහිටි අංශු) පහසුවෙන් කැරකීමට උත්සහ දරන අතර තවත් අංශු (කේන්ද්‍රයට ළඟින් පිහිටි අංශු) කැරකැවීමට අපහසුවක් (මැලිකමක්) දක්වනවා. (මෙම ස්වභාවයද ඇත්තටම කර්මාන්තවල ප්‍රායෝගිකව විවිධ දේවල් සිදු කිරීමට යොදා ගත හැකියි. උදා: රුධිරයේ ඇති විවිධ කොටස් වෙන් කර ගැනීම; ලොකු කළුගල් කැබැලි වලින් පොඩි කළුගල් කැබැලි වෙන් කර ගැනීම; වී වලින් වැලි ඉවත් කර ගැනීම වැනි.) මෙම ස්වභාවය නිසා අරේඛිය චලිතවලදී, වස්තුවක ස්කන්ධය පමණක් නොසලකා ඒ වෙනුවට **ආවස්ථීක ර්ණය** (moment of inertia), I යන රාශිය භාවිතයට ගන්නවා. එක් අංශුවක් සඳහා ආවස්ථීක ඝූර්ණය ගණනය කිරීම ඉතාම පහසුවෙන් mr^2 යන සූත්‍රයෙන් කළ හැකියි (මෙහි m යනු අංශුවේ ස්කන්ධය වන අතර r යනු එම අංශුව වෘත්ත චලිතයේ යෙදෙන කේන්ද්‍රයේ සිට ඇති දුර ප්‍රමාණයයි). එහෙත් අපට (ඇසටවත් නොපෙනෙන තරම්) අංශුවක චලිතය එතරම් වැදගත් නැත. අපට වැදගත් වන්නේ අංශු කෝටි ප්‍රකෝටි ගණනක් එකතු වී සෑදෙන වස්තූන්ය. එහෙත් එවැනි වස්තූන්හි ආවස්ථීක ඝූර්ණය වස්තුවේ හැඩය (එනම් එම වස්තුවේ අංශු

පිහිටා ඇති ආකාරය) මත රඳා පවතිනවා. වස්තුවක ආවස්ථික ඝූර්ණය සොයන්නේ එම වස්තුවේ එක් එක් අංශුවක ආවස්ථික ඝූර්ණ දෛශිකව එකතු කිරීමෙනි.



එය සරල සූත්‍රයකින් ගණනය කළ හැකියි. එය ගණනය කිරීම සරල වුවත් එය කිරීමට අනුකලනය යන උසස් ගණිත ක්‍රමය භාවිතා කිරීමට සිදු වේ. එනිසා හැඩයන් කිහිපයක ආවස්ථික ඝූර්ණ කිහිපයක් පමණක් පහත පෙන්වන්නම්.



සටහන

යම් අගයන් කිහිපයක් එකතු කිරීම විද්‍යාවේදී කෙටියෙන් ලියන ක්‍රමයක් ඇත. ඊට ග්‍රීක් හෝඩියේ කැපිටල් සිග්මා අකුර Σ යොදා ගැනේ.

$$m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + \ldots \Rightarrow \sum \boldsymbol{m}_i$$

මෙහිදී එකතු කරන පදවල යම් රටාවක් තිබිය යුතුයි. ඉහත අගට ... ක් තැබීමෙන් කියන්නේ එක දෙක තුන ආදී ලෙස අනන්තය දක්වා එම පද විහිදී යන බවයි. එවිට සිග්මා අකුරට කිසිවක් නොකර ඉහත පෙන්වා ඇති පරිදි නිකංම සිග්මා අකුර යෙදිය හැකියි. සිග්මා අකුරට පසුව ඇති නියෝජන පදයට 1, 2, 3 ආදී ඉලක්කමක්

නොයොදා ඒ සියළු ඉලක්කම් නියෝජනය කිරීමට i යොදා ඇත. සමහර විට, අපට එම පද එකතු කිරීම පටන් ගැනීම එකේ සිට නොව වෙනත් ඉලක්කමකින් පටන් ගැනීමට සිදු විය හැකිය. එය සිග්මා පදයට යටින් පහත ආකාරයට නිරූපණය කළ හැකියි.

$m_0 + m_1 + m_2 + m_3 + m_4 \Rightarrow \sum_{i=0} m_i$

$m_0 + m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + \ldots \Rightarrow m_0 + m_1 + m_2 + \sum_{i=3} m_i$

පද අනන්ත ගණනක් නොව, යම් නිශ්චිත ගණනක් දක්වා පමණක් එම එකතු කිරීම සිදු කළ යුතු නම්, එයද ඉහත සිග්මා අකුරේ උඩින් දැක්විය හැකියි.

$m_0 + m_1 + m_2 + m_3 + m_4 \Rightarrow \sum_{i=0}^{4} m_i$

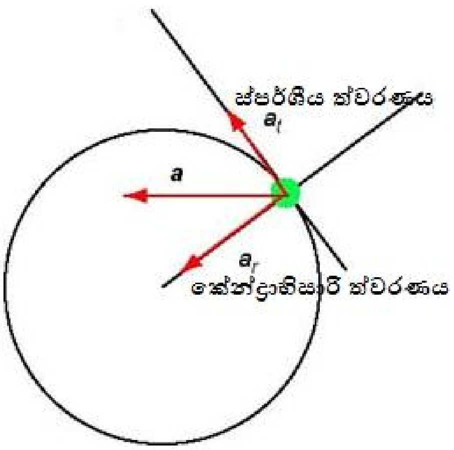
වස්තුවේ ආවස්ථික සූර්ණය කෝණික ත්වරණයෙන් වැඩි කළ විට ලැබෙන්නේ ව්‍යාවර්තයයි.

ව්‍යාවර්තය = (ආවස්ථික ර්ණය) x (කෝණික ත්වරණය)   ($\tau = I\alpha$)

ඉහත දකුණු කෙළවරේ වරහන තුළ පෙන්වා ඇත්තේ සංඛේතාත්මකව එය ප්‍රකාශ කරන අයුරුයි. (τ යනු ග්‍රීක හෝඩියේ ටෝ යන අකුර වන අතර ඉන් ව්‍යාවර්ථයද, I යනු ආවස්ථික සූර්ණයද, α යනු කෝණික ත්වරණයද වේ.) මෙය F=ma යන සූත්‍රයට හරියටම අනුරූප වේ. රේඛිය චලිතයේ බලයට හිමි තැන කෝණික චලිතයේ හිමි වන්නේ ව්‍යාවර්තයට බව හොඳින් මතක තබා ගන්න. එනම්, යම් වස්තුවකට බලයක් යෙදීමෙන් එය රේඛියව චලනය කරන අතර, වස්තුවකට ව්‍යාවර්තයෙක් යෙදීමෙන් එය “කරකවයි” හෙවත් වෘත්ත චලිතයක යොදවයි. තවද, රේඛීය බලය (F) හා ව්‍යාවර්තය (τ) අතර පහත ආකාරයට සම්බන්ධයක් ඇත.

$\tau = Fr$ (ව්‍යාවර්තය = බලය x (කේන්ද්‍රයේ සිට බලය යොදන ලක්ෂ්‍යයට ඇති දුර ප්‍රමාණය))

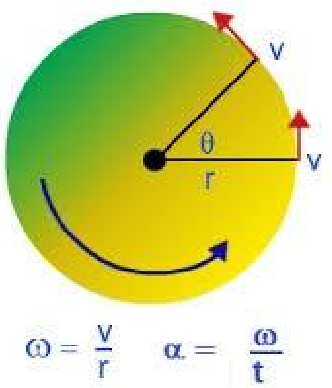
වස්තුව ක්‍රමයෙන් වේගය වැඩි කර ගනිමින් කෝණිකව ගමන් කරන විට (එනම්, වස්තුව කෝණික ත්වරණියකින් ගමන් කරන විට), එම වස්තුවේ ගමන් මගෙහි යම් එක් ලක්ෂයක් පමණක් සලකා බලමු. එහිදී එම වස්තුවට පහත රූපයේ පෙන්වා දී ඇති ආකාරයට **ස්පර්ශීය ත්වරණය** (tangential acceleration), α_t නම් රාශියක් අර්ථ දැක්විය හැකිය.



එම වස්තුවේ ගමන් මගෙහි (එනම් වෘත්තයේ පරිධියේ) ඕනෑම තැනකින් මෙම ස්පර්ශීය ත්වරණය මැනිය හැකිය. එම ත්වරණය හැම විටම කේන්ද්‍රයට ලම්භකවත් හා කැරකෙන දිශාව පැත්තටත් (රූපයේ පෙන්වා ඇති පරිදි) යොමුව පවතී.

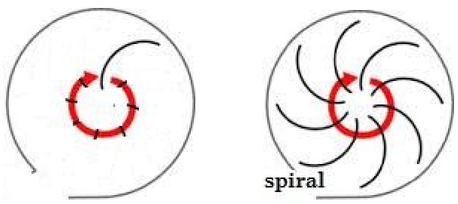
ස්පර්ශීය ත්වරණය සේම **ස්පර්ශීය ප්‍රවේගයද** (tangential velocity) එලෙසම අර්ථ දැක්විය හැකියි. යම් වස්තුවක් ඒකාකාර කෝණික ප්‍රවේගයකින් (ත්වරණයකින් නොව) ගමන් කරන විට, මෙම ස්පර්ශීය ප්‍රවේගය වැදගත් රාශියකි. ඒ අනුව වෘත්ත චලිතයක යෙදෙන වස්තුවකට (සාමාන්‍ය) කෝණික ප්‍රවේගය මෙන්ම ස්පර්ශීය ප්‍රවේගය යන රාශි දෙකක් ගැන කතා කරන්න පුළුවන්. එවිතරක් නොවේ, ඒ දෙක අතර පහත සූත්‍රයෙන් පෙන්වා දෙන ආකාරයෙන් සම්බන්ධතාවක්ද පවතී.

$v = \omega r$ (v යනු වස්තුවේ ස්පර්ශීය ප්‍රවේගය වන අතර, ω යනු එහි කෝණික ප්‍රවේගය වන අතර, r එම වස්තුව කේන්ද්‍රයේ සිට පවතින දුර ප්‍රමාණයයි.)



මෙම සූත්‍රය බැලූ බැල්මට ඔබට දෙයක් වටහා ගත හැකි විය යුතුය. එනම්, ස්පර්ශීය ප්‍රවේගය කේන්ද්‍රයෙන් ඈත් වන්නට වන්නට (r පදයෙන් කියන්නේ එයයි) වැඩි වේ. ඒ විතරක්ද නොවේ, වස්තුව කැරකෙන වේගය වැඩි වන විටද ස්පර්ශීය ප්‍රවේගය වැඩි වේ (ω පදයෙන් කියන්නේ එයයි). මෙය ඔබ නිතර අත් දැක තිබෙන දෙයක්. කැරකෙන රෝදයක් ගන්න. එය කරකවන්න. එක වටයක් කැරකුනාම ඔබ දන්නවා එම රෝදයේ සියලුම ස්ථාන අංශක 360 ක් කැරකැවී නැවත හිටපු තැනට පැමිණි බව. එහෙත් ඔබ රෝදයේ කේන්ද්‍රයට ළඟින් හා දුරින් ලක්ෂ්‍ය දෙකක් සලකුණු කර රෝදය නැවත කරකවා බලන්න. ඔබට පේනවා ළඟින් ලකුණු කළ සලකුණට වඩා ඈතින් ලකුණු කළ සලකුණ වේගයෙන් කැරකැවෙනවා. ඉහත සූත්‍රයෙන් පෙන්වා දුන්නෙත් මෙයම තමයි.

වෘත්තාකාර තැටිය මතට (හරියමට කේන්ද්‍රය නොවන වෙනත් ඕනෑත තැනක) ගල් කැටයක් තබා එම තැටිය කැරකුවොත් කුමක් සිදු වේවිද? කැමති නම් ඔබට මෙය මෝටරයක් ගෙන මෙවැනි ඇටවුමක් පහසුවෙන්ම සාදා ගෙන මෙම පරීක්ෂණය සිදු කර බැලිය හැකියි. මෙලෙස තැබූ ගල **අරීයව** (radially) ඉවතට විසි වේ. (අරීය යන වචනයේ තේරුම වන්නේ වෘත්තයක ඇඳි අරයක් ඔස්සේය යන්නයි.) ඇත්තටම ගල විසි වෙන්නේ අරීයව වුණත් අරීයව විසිවන බව දැකීමට ඔබටද එම තැටිය මත නැඟ ගලත් සමගම කැරකීමට සිදු වෙනවා. ඔබ කැරකෙන තැටියෙන් පිටත සිට එම ගල විසි වෙන දෙස බලා සිටියොත් පෙනෙන්නේ ගල **සර්පිලාකාරව** (spiral) විසි වන බවකි පහත රූපයේ දැක්වෙන ලෙස. ඊට හේතුව ගලට අරීයව චලනයක් මෙන්ම රෝදය කැරකැවීම නිසා ඒ කැරකෙන දිශාවටද චලනයක් යන දෙයාකාරයේම චලනයක් එකවර තිබෙන නිසාය.



නිසලව තිබූ ගල යම් දෙසකට චලනය වන්නේ නම් විද්‍යාව අනුව ඔබ දන්නවා අනිවාර්යෙන්ම යම් බලයක් ඊට යෙදී තිබිය යුතු බව. එහෙත් ඔබ එවැනි බලයක් යෙදුවේද නැත ගල අරීයව ඉවත් කිරීමට. මෙම බලය **අදෘෂ්‍යමාන බලයකි (fictitious force).** සෑම රේඛීය නොවන චලිතයකම මෙම අදෘෂ්‍යමාන බලය ඇති වේ. එම බලය හැම විටම ක්‍රියාත්මක වන්නේ වෘත්තයේ කේන්ද්‍රයේ සිට අරීයව ඉන් ඉවතටයි. එමනිසා මෙම බලයට **කේන්ද්‍රාපසාරී බලය (centrifugal force)** යන නම ලැබී ඇත. මෙය බලය ඇති වන්නේ වස්තුවේ ස්කන්ධයට කේන්ද්‍රාපසාරී ත්වරණය ක්‍රියා කිරීමෙනි (බලයක් යනු නිව්ටන්ගේ දෙවන නියමය වන F=ma සූත්‍රය අනුව ස්කන්ධයක් වෙත ක්‍රියා කරන ත්වරණයක් සේ සැලකිය හැකියි).

මෙම කේන්ද්‍රාපසාරී ත්වරණය ගණනය කිරීමට සරල සූත්‍රයක්ද ඇත. එය නම්,

කේන්ද්‍රාපසාරී ත්වරණය = $v\omega$ (v යනු වස්තුවේ ස්පර්ශීය ප්‍රවේගය වන අතර, ω යනු එහි කෝණික ප්‍රවේගයයි)

මෙයට ඉහත $v = \omega r$ යන සූත්‍රය ආදේශ කිරීමෙන් පහත ආකාරවලින්ද ලිවිය හැකිය.

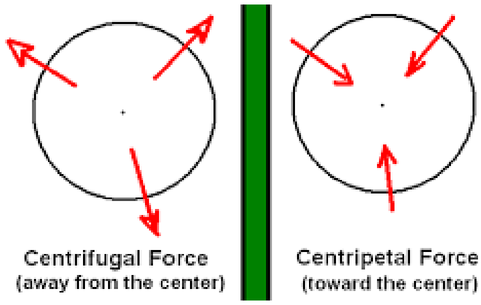
කේ. ත්ව. = $v\left(\frac{v}{r}\right) = v^2/r$ හෝ කේ. ත්ව. = $(\omega r)(\omega) = \omega^2 r$

(එනම්, **කේ. ත්ව. = $v\omega = v^2/r = \omega^2 r$** වේ. මේ කුමන හෝ පදයක් වස්තුවේ ස්කන්ධය වන m වලින් වැඩි කළ විට ලැබෙන්නේ කේන්ද්‍රාපසාරී බලයයි. මෙහිදී වස්තුවේ ස්කන්ධය මිස වස්තුවේ ආවස්ථික ඝූර්ණය නොයොදන්නේ, කේන්ද්‍රාපසාරී ත්වරණය යනුද රේඛීයව (එනම් අරීයව) සිදුවන දෙයක් නිසයි. ආවස්ථික ඝූර්ණ පදය යෙදීමට නම් සලකා බලන ගති ගුණය/චලිතය අරේඛීය චලිතයක්ම විය යුතුයි.)

මෙම කේන්ද්‍රාපසාරී බලයේ ඇති විශේෂත්වය වන්නේ වස්තුව ඒකකාර කෝණික ප්‍රවේගයකින් ගමන් කළත් කෝණික ත්වරණයකින් ගමන් කළත් මෙම බලය ඇති වීමයි (එහෙත් ඉහත කේන්ද්‍රාපසාරී ත්වරණය ගණනය කරන සූත්‍රය වලංගු වන්නේ ඒකාකාර කෝණික ප්‍රවේගයකින් ගමන් කරන වස්තුවකට පමණි. කෝණික ත්වරණයකින් යුතු වස්තුවක කෝණික ප්‍රවේගය මෙන්ම ස්පර්ශිය ප්‍රවේගයත් නොකඩවා වැඩි වන නිසා (එනම් v හා ω යන දෙකම සතතයෙන් වෙනස් වන නිසා), තත්වය තරමක් සංකීර්ණ වෙනවා. එවිට එම සූත්‍රයට තරමක් උසස් ගණිත උපක්‍රමයක් භාවිතා කිරීමට සිදු වෙනවා). මෙයද නිව්ටන්ගේ නියමවලින්ම තේරුම්ගත හැකියි. බලයක් යෙදූ විට, වස්තුවේ ප්‍රවේගයේ හෝ ගමන් මගෙහි වෙනසක් සිදුවන බව නිවටන්ගේ පළමු නියමයෙන් කියැවේ. වෘත්ත චලිතයක් කියන්නේම අඛණ්ඩව වස්තුවේ දිශාව වෙනස් වන ආකාරයේ චලිතයකි. (එනිසානේ වස්තුව කේන්ද්‍රයක් වටා රවුමට ගමන් කරන්නෙ කෙලින් නොයා.)

ඉහත කේන්ද්‍රාපසාරී බලය උපයෝගි කරගෙන වැදගත් උපකරණ රාශියක් සාදා තිබෙනවා. ඔබේ ගෙදර ඇති වතුර පොම්පය ක්‍රියා කරන්නේ මෙම බලය උපයෝගි කරගෙනයි. ලේවල ඇති රතු රුධිර සෛල හා වෙනත් සංඝටක වෙන් කරන්නේද මෙය උපයෝගි කරගෙනයි. කර්මාන්තශාලාවල දිග ලෝහ බට ආදායද මෙය භාවිතා කරමින් සිදු කරයි. එච්චරක් නොවේ, කානිවල්වල නිතර දක්නට ලැබෙන විශේෂාංගයක් වන “මාරක ළිඳ” ක්‍රියා කරන්නේද මේ නිසාය.

වස්තුව මොනම හෝ ආකාරයක වෘත්ත චලිතයේ යෙදෙන විට එහි ත්වරණයක් පවතින බව දැන් පැහැදිලියි. එම ත්වරණයේ එක් කොටසක් ඉහත සඳහන් ස්පර්ශීය ත්වරණය වන අතර, එහි අනෙක් කොටස **කේන්ද්‍රාභාසාරි ත්වරණය** (centripetal acceleration) ලෙස හැඳින් වෙනවා. කේන්ද්‍රාභිසාරි යන්නෙහි තේරුම "කේන්ද්‍රය දෙසට යොමු වී ඇති" යන්නයි. එනම්, මෙම ත්වරණය හැම විටම යොමු වන්නේ කේන්ද්‍රය දෙසටමයි. ස්පර්ශීය ත්වරණය නිසා වස්තුව චලනය වන අතර, කේන්ද්‍රාභිසාරි ත්වරණය නිසා එලෙස චලනය වන වස්තුව කේන්ද්‍රය දෙසට "ආකර්ෂණය වී පවතිනවා" (හෙවත් කේන්ද්‍රය දෙසට තල්ලු වෙනවා). මෙම ක්‍රියාවලි දෙකම එකට සිදුවන විට අපට එය දිස්වන්නේ වෘත්ත චලිතයක් ලෙසයි.



කේන්ද්‍රාභිසාරි ත්වරණයට වඩා කේන්ද්‍රාපසාරි බලය වැඩි වූ විට, වස්තුව කේන්ද්‍රය දෙසට එනවාට වඩා වැඩි පුර කේන්ද්‍රයෙන් ඉවතට යනවා. ඉහත උදාහරණයේදී ගල කැරකෙන විට ඉවතට විසි වූයේ ගල කෙරෙහි ඇති වූ කේන්ද්‍රාපසාරි බලය ගලට ඇති කේන්ද්‍රාභිසාරි බලය ඉක්මවා ගිය නිසාය. එනම්, වෘත්ත චලිතියේ යෙදීම නිසාම ගලට ඉබේම කේන්ද්‍රාපසාරි බලයක් හිමි විය. එහෙත් කේන්ද්‍රාභිසාරි බලය එසේ නිකංම හිමි වන එකක් නොවේ (මොකද එය අදෘෂ්‍යමාන බලයක් නොවන සාමාන්‍ය බලයක් නිසා). එම උදාහරණයේදී ගලට කේන්ද්‍රාභිසාරි බලයක් ලැබෙන්නේ කොහෙන්ද? ගල කැරකෙන ලෑල්ල මත ස්පර්ශව පවතී. යම් මතුපිටවල්/වස්තුන් දෙකක් එකිනෙකට ස්පර්ශව පවතින විට, ඒ දෙක එකිනෙකට චලනය වන්නට උත්සහ දරන විට, **ඝර්ෂණය** (friction) නම් සංසිද්ධිය ඇති වේ. ගල අරියව ඉවත්වන්නේ ලෑල්ල මත නිසා, එම ඉවත්වීමේ චලනයට විරුද්ධව මෙම ඝර්ෂණ බලය ඇති වේ. ගල ඉවත් වන්නේ අරියව කේන්ද්‍රයෙන් ඉවතට නිසා, ඝර්ෂණ බලය හැමවිටම චලනය වන පැත්තට විරුද්ධව ඇති වන නිසාත්, මෙම ඝර්ෂණ බලය දැන් යොමුව ඇත්තේ කේන්ද්‍රයේ දෙසට නොවේද? එමනිසා, කේන්ද්‍රයේ දෙසට යොමු වී ඇති මෙම ඝර්ෂණ බලය කේන්ද්‍රාභිසාරි බලය ලෙස සැලකේ.

මෙම ත්වරණ දෙක හරියටම සමාන වූ විට පමණක්, ලස්සනට වෘත්තයක් සේ වස්තුව ගමන් කරනවා. උදාහරණයක් ලෙස ඉහත ගල් උදාහරණයේදී ඝර්ෂණ බලය කේන්ද්‍රාපසාරි බලයට සමාන වූයේ නම්, ගල ඉවත් නොවී එක තැනම රඳේ. එහෙත් ක්‍රමයෙන් කැරකෙන වේගය වැඩි කරගෙන යන විට, එක්තරා අවස්ථාවකදී ගල විසි වී යනු ඇත. ඊට හේතුව, කැරකෙන වේගය වැඩි වෙනවා යනු ඉහත කේන්ද්‍රාපසාරි බලය ගණනය කරන සූත්‍රය අනුව කේන්ද්‍රාපසාරි බලයද වැඩි වීමකි. එවිට, උපරිම ඝර්ෂණ බලය ඉක්මවා යන අවස්ථාවේදී ගල ඉවතට විසි වේ.

කේන්ද්‍රාභිසාරි බලය අපසාරි බලයට වඩා වැඩි වූ විට වස්තුව ක්‍රමයෙන් (අරියව) කේන්ද්‍රය දෙසට ඇතුලු වනවා. ඉහත ගල සම්බන්ධ උදාහරණයේදී මෙය කිසි සේත් සිදු නොවන්නේ කිසි විටක ඝර්ෂණ බලය කේන්ද්‍රාපසාරි බලයට වඩා වැඩි නොවන නිසාය. ඊට හේතුවක් ඇත. එය අවබෝධ කර ගැනීමට ඝර්ෂණ බලය ගැන දැනුමක් අවශ්‍ය වේ.

යම් කිසි වස්තුවක් යම් මාධ්‍යයක් හෝ මතුපිටක් තුළින්/මත චලනය වන විට, එම මාධ්‍යය හෝ මතුපිට විසින් එම වස්තුව චලනය වීම නතර කිරීමට යම් බලයක් ඇති කරනවා. මෙම **ප්‍රතිරෝ** බලය (resistive force) ඝර්ෂණ බලය ලෙස හැඳින් වෙනවා. තවද **ප්‍රතිරෝධී බල යෙදෙන සෑම තැනකම තාපයද උපදිනවා.** එමනිසයි මතුපිටවල් දෙකක් චලනය වන විට රත් වන්නේ. ඔබේ අත්ල දෙක එකිනෙකට අතුල්ලා බලන්න. යමක් චලනය වන්නේ මොනයම් ක්‍රමයකින් හෝ එම වස්තුවට බලයක් ලබා දී ඇති නිසාය. ඝර්ෂණයේ විශේෂත්වය වන්නේ **කිසිවිටක**

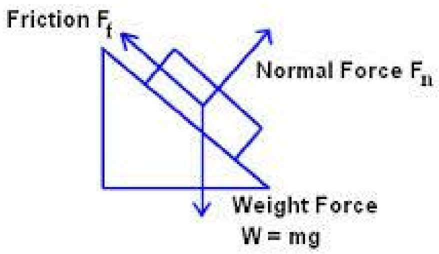
සර්ෂණ බලය මෙලෙස වස්තුව චලනය කරන්නට යෙ බලයට වඩා වැඩි නොවීමයි. ඊට හේතුව, සර්ෂණ බලය හැමවිටම ඉබේ සැකසෙන (adjust) බලයකි. උදාහරණයක් ලෙස, ඔබ යම් වස්තුවක් මේසයක් මත නිසලව තබා ඇති විට, එහි චලිතයක් නැති නිසා, සර්ෂණ බලයක්ද එහි නැත. එහෙත් ඔබ එම වස්තුව චලනය කරවන්නට ඉතා කුඩා බලයක් ලබා දෙන්න. එවිට, ඊට සාපේක්ෂව ඉතා කුඩා සර්ෂණ බලයක්ද ඔබ බලය යොදන දිශාවට විරුද්ධ දිශාවට ඇති වී වස්තුව චලනය වීම වැලැක්වීමට උත්සහ කරනවා. ඔබ යොදන බලය ක්‍රමයෙන් වැඩි කරගෙන යන විට, සර්ෂණ බලයද ඊට "සතුරුව" ක්‍රමයෙන් වැඩි වෙනවා. එහෙත් මේ කිසිම අවස්ථාවක සර්ෂණ බලය ඔබ යොදන බලය ඉක්මවා යන්නේ නැත. නිකමටවත් සර්ෂණ බලය එසේ ඔබ යොදන බලය ඉක්මවා ගියොත් ඉන් අදහස් කරන්නේ, ඔබ වස්තුවට වම් පැත්තට යම් බලයක් යෙදූ විට, සර්ෂණ බලය ඊට විරුද්ධව වැඩි පුර බලයක් දකුණු පැත්තට යෙදීම හේතුවෙන් වස්තුව දකුණත පැත්තට චලනය වීමයි. මෙවැනි දෙයක් කිසිසේත් සිදු විය නොහැකියි නේද?

සර්ෂණ බලයද වැඩි විය හැකි යම් උපරිම සීමාවක් ඇත. එනම්, වස්තුව හා මාධ්‍යය/මතුපිට අතර ඇති වන සර්ෂණ බලයට උපරිම සීමාවක් තිබේ. මෙම උපරිම සර්ෂණ බලය "**සීමාකාරී සර්ෂණ බලය**" (limiting frictional force) ලෙස හැඳින් වේ. ඔබ යොදන බලය මෙම සීමාකාරී සර්ෂණ බලය ඉක්මවා ගිය විට වස්තුව එක වරම චලනය වන්නට පටන් ගනී. චලනය වන විටත් සර්ෂණ බලය දිගටම පවතී. එහෙත් වස්තුවක් චලනය වන විට පවත්වාගනු ලබන සර්ෂණ බලය හැමවිටම සීමාකාරී සර්ෂණ බලයට වඩා මදක් අඩුය. එමනිසයි, ඔබ යම් දෙයක් තල්ලු කරන්නට අමාරු වුවත්, එය චලනය වන විට එවැනි අමාරුවක් නොදැනෙන්නේ.

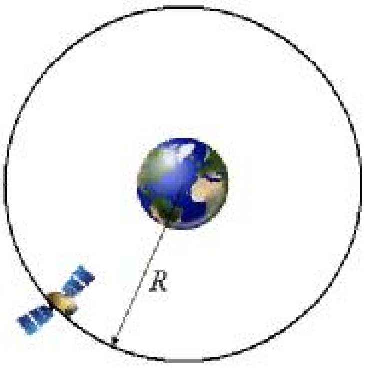
යම් වස්තුවක් කෙරෙහි යම් මාධ්‍යයක්/මතුපිටක් විසින් ඇති කරන සර්ෂණ බලය එම වස්තුවේ හා මාධ්‍යයේ/මතුපිටේ ඇති ස්වභාවය මත හා වස්තුවේ ස්කන්ධය මත පමණක් තීරණය වෙනවා. උදාහරණයක් ලෙස, සුමට මතුපිටක යම් භාණ්ඩයක් චලනය කරවීමට පහසුයි රළු මතුපිටකට වඩා. ඔබ කැරම් සෙල්ලම් කරන විට, බෝඩ් එකට පවුඩර් දමන්නේ මතුපිට තවත් සුමට (ලිස්සනසුළු) කිරීමටයි. වස්තුවේ ස්කන්ධය වැඩි වන විටත් සර්ෂණ බලය වැඩි වෙනවා. එමනිසයි බර වස්තුවක් යම් මතුපිටක් මත තල්ලු කිරීමට වඩා සැහැල්ලු වස්තුවක් තල්ලු කිරීම පහසු වන්නේ. සර්ෂණය සඳහා ඉතාම සරල සූත්‍රයක් ඇත.

සර්ෂණ බලය, $F = \mu R$

මෙහි μ යනු **සර්ෂණ සංගුණකය** (coefficient of friction) වේ. මෙම අගය සම්පූර්ණයෙන්ම තීරණය වන්නේ වස්තුවේ හා මධ්‍යයේ/මතුපිටේ ඇති ගති ලක්ෂණ අනුවයි. R යනු අ **ලම්භ බලය** (normal force) වේ. එය තීරණය වන්නේ වස්තුවේ ස්කන්ධය මත පමණි.



අභ්‍යවකාශයේ රඳවන චන්ද්‍රිකා මෙන්ම, සූර්යා වටා ග්‍රහලෝක ගමන් කිරීමද, පොළොව වටා චන්ද්‍රයා ගමන් කිරීමද රැඳී පවතින්නේ ඉහත කී වෘත්ත චලිත නියම මතයි. සඳ පොළොවට ක්‍රම ක්‍රමයෙන් ළං නොවීද, ක්‍රම ක්‍රමයෙන් පොළොවෙන් ඉවත් නොවීද පවතින්නේ පොළොව හා චන්ද්‍රයා අතර පවතින ගුරුත්වාකර්ශණ බලයත් (මෙය කේන්ද්‍රාභිසාරී බලයයි.) චන්ද්‍රයා ගමන් වෘත්තාකාරව පොළොව වටේට ගමන් කිරීම නිසා ඇති වූ කේන්ද්‍රාපසාරී බලයත් යන දෙක ගාණට බැලන්ස් වීම නිසාය.



මේ ආකාරයටම **කෝණික ගම්‍යතාව** (angular momentum), p පහත දැක්වේ.

කෝණික ගම්‍යතාව = (අවස්ථිතික ඝූර්ණය) x (කෝණික ප්‍රවේගය)

කෝණික ගම්‍යතාවටද ස්පර්ශීය ගම්‍යතාවක් අර්ථ දැක්විය හැකියි. එය සූත්‍රාකාරයෙන් පහත දැක්වේ.

ස්පර්ශිය ගම්‍යතාව = (කෝණික ගම්‍යතාව) x (කේන්ද්‍රයේ සිට ඇති දුර) (m = pr)

මතක තබා ගන්න කෝණික චලිත සෑම අවස්ථාවකදීම ස්කන්ධය වෙනුවට යොදන්නේ ආවස්ථිතික ඝූර්ණය බව.

වෘත්ත චලිත වැනිම තවත් චලිත විශේෂයකි **භ්‍රමණ චලිත** (rotational motion හෝ spin). වෘත්ත චලිතයකදී වස්තුව යම් කේන්ද්‍රයක් වටා වෘත්තයක පරිධියේ ගමන් කරන ආකාරයට චලනය වන අතර, භ්‍රමණ චලිතයකදී වස්තුව තමාගෙම **අක්ෂය** (axis) වටා කරකැවේ. මෝටරයක් කරකැවෙන දණ්ඩේ ඇත්තේ මෙවැනි භ්‍රමණ චලිතයකි. පොළොවද තම අක්ෂය වටා මෙලෙස භ්‍රමණය වන බව ඔබ දන්නවා.

මෙහිදීද කෝණික විස්ථාපනය, කෝණික ප්‍රවේගය, කෝණික ත්වරණය, කෝණික ගම්‍යතාව ආදිය එලෙසම භාවිතා වනවා පමණක් නොව, ඒවායේ සූත්‍රද වෘත්ත චලිතවලදී හමු වූ ඒවාමය. (නම්වලද ගැටලුවක් නැත. වෘත්ත ප්‍රවේගය, වෘත්ත ගම්‍යතාව ආදී ලෙස නම් යොදා තිබුණේ නම් පමණක්, අපට නමවල ගැටලු ඇති වීමට ඉඩ තිබුණා. එහෙත් කෝණික යන විශේෂණ පදය වෘත්ත හා භ්‍රමණ යන අවස්ථා දෙකටම එක ලෙස වලංගු බව පෙනේ. එනම්, මේ චලිත දෙකෙහිම අපට සැලකීමට සිදුවන්නේ කෝණයි.)

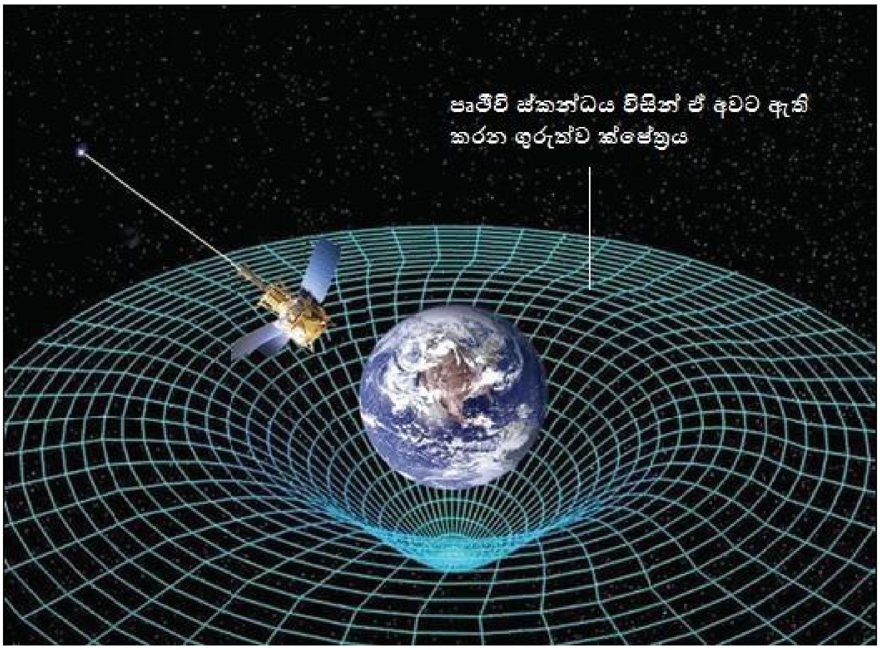
යම් වස්තුවක් කුමන හෝ ආකාරයක චලනයක් දක්වන විට, ඒ තුළ යම් ශක්තියක් පවතිනවා. එම ශක්තිය **චාලක ශක්තිය** (kinetic energy) ලෙස හැඳින්වෙනවා. රේඛීය චලිතයකදී චාලක ශක්තිය පහත සරල සූත්‍රයෙන් ගණනය කළ හැකියි.

චාලක ශක්තිය = $\frac{1}{2}mv^2$ (m යනු වස්තුවේ ස්කන්ධය වන අතර v යනු එහි ප්‍රවේගයයි.)

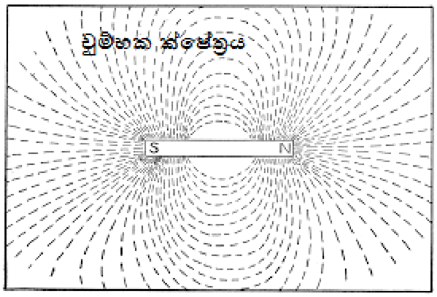
වෘත්ත හෝ භ්‍රමණ චලිතයක යෙදෙන වස්තුවකදී පහත සූත්‍රය යොදාගත යුතුයි.

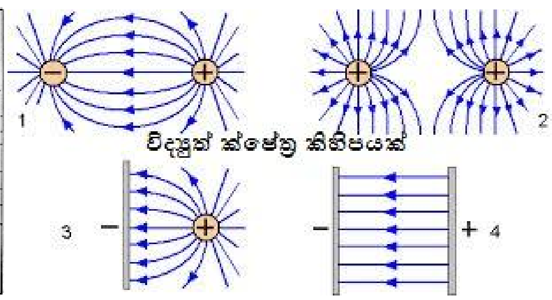
චාලක ශක්තිය = $\frac{1}{2}I\omega^2$ (I යනු වස්තුවේ අවස්ථිතික සූර්ණය වන අතර ω යනු එහි කෝණික ප්‍රවේගයයි.)

යම් බලයක් තමන්ගේ බලය ක්‍රියාකරවන්නේ **ක්ෂේත්‍රයක්** (field) මගිනි. උදාහරණයක් ලෙස, ස්කන්ධයක් සහිත යම් පදාර්ථයක් විසින් ගුරුත්වාකර්ෂණ බලය ඒ අවට ඇති වෙනත් පදාර්ථවලට බලපාන පරිදි ක්‍රියා කරවන්නේ එහි ගුරුත්වාකර්ෂණ ක්ෂේත්‍රය මගිනි. කිසිදු ක්ෂේත්‍රයක් ඇසට නොපෙනේ. ක්ෂේත්‍රය යනු හුදෙක්ම විද්‍යාත්මකව පැහැදිලි කර ගැනීම සඳහා සැකසූ ආකෘතියක් පමණි.



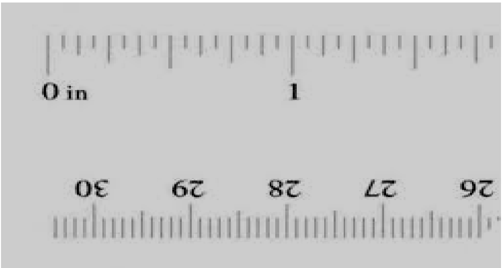
ක්ෂේත්‍රයක් වුවත් අවකාශය පුරා පැතිරී යන වේගයක් ඇති අතර එය ආලෝකයේ වේගයට සමානය. උදාහරණයක් ලෙස, ඈත පිහිටි සූර්යාගේ ගුරුත්වාකර්ෂණය විසින් අපේ පෘථිවිය ආකර්ෂණය කරගෙන ඇත. යම් ලෙසකින් සූර්යා ක්ෂණිකයෙන් අතුරුදහන් කළොත් සූර්යා නැති බව අප දැනගන්නේ විනාඩි අටකට විතර පසුවයි. ඊට හේතුව සූර්යාගේ බල ක්ෂේත්‍රයේ ඕනෑම වෙනසක් ගමන් කරන්නේ ආලෝකයේ වේගයෙන් නිසා, එම වේගයෙන් ගමන් කරන දෙයක් සූර්යා සිට පොළොවට ඇති දුර ප්‍රමාණය වන 150,000,000 km ගමන් කිරීමට විනාඩි අටකට ආසන්න කාලයක් ගත වේ. තවද, විදුලි ආරෝපන මගින් විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක්ද (electric field), චුම්භක මගින් චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක්ද (magnetic field) ගුරුත්වය විසින් ගුරුත්වාකර්ෂණ ක්ෂේත්‍රයක්ද (gravitational field) ආදී ලෙස ඒ ඒ බලයන් විසින් තමන්ගෙ ක්ෂේත්‍ර ඇති කරයි.





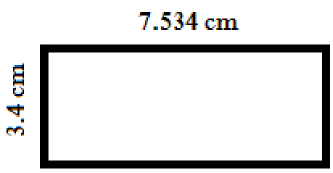
විශ්වයේ ඕනෑම තැනක ඇතිවන ඕනෑම වෙනස්කමක් වෙනත් තැනකට දැනගත හැක්කේ හෙවත් වෙනත් තැනකට සම්ප්‍රේෂණය විය හැකි උපරිම වේගය ආලෝකයේ වේගය බව හොඳින් මතක තබා ගන්න.

විද්‍යාවේදී හා තාක්ෂණයේදී විවිධ මිමි ගැනීම සිදුකරන්නේ මනින උපකරණ (measuring instruments/meters) ආධාරයෙනි. එලෙස මනින විට, මනින උපකරණයේ **නිරවද්‍යතාවට** (accuracy) වැඩි නිරවද්‍යතාවකින් යුතු මිම්මක් ඔබට ගත නොහැකිය. උදාහරණයක් ලෙස, ඔබ නිතර භාවිතා කරන අඩි රූල නම් දිගවල් මනින උපකරණය ගන්න.



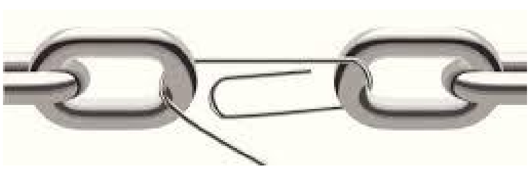
එහි, එක පැත්තක cm 1, 2, 3 ආදී ලෙස සලකුණු කර ඇති අතර, ඒ දිග ඉරි දෙකක් අතර කෙටි ඉරිද පවතී. මෙම කෙටි ඉරි දෙකක් අතර පරතරය 1 mm කි. ඔබට මෙවැනි අඩි කෝදුවකින් මැනිය හැකි කුඩාම දිග කො වරද? ඉතා පැහැදිලිවම එය 1 mm වේ (මොකද කුඩා ඉරි දෙකක් අතර පරතරය 1mm ක් නිසා). මිලිමීටර් එකට වඩා කුඩා කිසිම අගයක් මින් නිවැරදිව මැන ගත නොහැකිය. ඊට හේතුව මෙම උපකරණයේ උපරිම නිරවද්‍යතාව මිලිමීටර් එකක් වීමයි. ඒ අනුව යම් වස්තුවක දිග ලෙස 4.23 cm ලෙස මෙම කෝදුවෙන් මැන ගත නොහැකිය මක්නිසාද යත් එම අගයේ දෙවැනි දශමස්ථානයෙන් කියන්නේ මිලිමීටරයෙනුත් දහයෙන් පංගු කොටස් (0.01mm) වේ. මෙය ඉතා සරල කාරණයක් බව ඔබට දැන් වැටහෙනවා. මීට වඩා නිවැරදිව දිගවල් මැනීමට අවශ්‍ය නම් කැලිපරය (පහත වම් පැත්තේ රූපය), මයික්‍රොමීටරය (පහත දකුණු පැත්තේ උපකරණය) වැනි මනින උපකරණයක් භාවිතා කළ යුතු වෙනවා. එම උපකරණයටද මැනිය හැකි උපරිම නිරවද්‍යතාවක් පවතිනවා. ඇත්ත වශයෙන්ම අප භාවිතා කරන සෑම උපකරණයකටම මෙවැනි යම් උපරිම නිරවද්‍යතාවක් පවතිනවා.

පහත රූපය බලන්න. එහි එක පැත්තක් සරල අඩි කෝදුවකින්ද අනෙක් පැත්ත කැලිපරය වැනි උපකරණයකින්ද මැන ඇති බව සලකන්න. එසේ මැනගත් අගයන් රූපයේ දක්වා ඇත. කෝදුවෙන් මැනිය හැක්කේ 1mm (හෙවත් 0.1cm) ක උපරිම නිරවද්‍යතාවකින් බැවින් කෝදුවෙන් මැන ඇති සෙන්ටිමීටර් අගය දශමස්ථාන එකකට මැන ඇත. අනෙක් පැත්තේ දශමස්ථාන තුනකට නිවැරදිව මැන ඇත්තේ කැලිපරයේ නිරවද්‍යතාව දශමස්ථාන කිහිපයක් දක්වා යන බැවිනි.



දැන් මාගේ ප්‍රශ්නය එය නොවේ. මෙහි වර්ගඵලය කීයද? ඔබ පහසුවෙන්ම මෙවැනි චතුරස්‍රයක වර්ගඵලය දිග පළලින් වැඩි කර ලබා ගන්නවා. ඒ අනුව එහි වර්ගඵලය 7.534 x 3.4 = 25.6156 විය යුතුයි නේද? ඔව්. මෙම පිළිතුරේ දශමස්ථාන හතරක් තිබෙනවා. ඉන් කියන්නේ මෙය දශමස්ථාන හතරකට නිවැරදි කියාද? කොහෙත්ම එය සිදුවිය නොහැකිය. ඇයි? මෙහි උපරිම නිරවද්‍යතාව දශමස්ථාන තුනක් විය යුතුයි (මොකද දිග මැනගත් උපරිම නිරවද්‍යතාව සහිත උපකරණය වන කැලිපරයේ උපරිම නිරවද්‍යතාව එයයි. මැනගත් උපකරණයට වඩා නිවැරදිතාවක් කිසිසේත් තිබිය නොහැකියි නේද?). එසේ නම්, කිසිසේත් දශමස්ථාන හතරක නිවැරදිකමක් මෙම මනින උපකරණ ඔස්සේ ලබා ගත නොහැකියි. එහෙත් සාමාන්‍ය ගණිත නීතිය අනුව දශම සංඛ්‍යා දෙකක් ගුණ කරන විට, එහි අවසන් පිළිතුරෙහි එම සංඛ්‍යා දෙකෙහි තිබූ දශමස්ථානවල එකතුවට සමාන දශමස්ථාන ගණනක් තැබිය යුතු වෙනවා. ඉහත උදාහරණයේ එක සංඛ්‍යාවක දශමස්ථාන එකකුත් අනෙක් සංඛ්‍යාවේ දශමස්ථාන තුනකුත් තිබුණ නිසා, එම සංඛ්‍යා දෙක ගුණ කළ විට, දශමස්ථාන හතරක් මේ අනුව තිබිය යුතුයි නේද? ඒ අනුව දශමස්ථාන හතරක් ලැබුණත් ඉහත පෙන්වා දුන් පරිදි ඉන් කියවෙන්නේ ප්‍රායෝගිකව හතරවන දශමස්ථානයෙන් කිසි පලක් නැති බව නොවේද? ඒ අනුව හතරවන දශමස්ථානය ඉවත් කර පිළිතුර 25.615 ලෙස දැක්විය හැකියි. එහෙත් මෙහිද යම් ප්‍රශ්නයක් තිබෙනවා. එනම්, ගුණ කරනු ලබන සංඛ්‍යා දෙකෙන් එක අගයක් දශමස්ථාන තුනකට නිවැරදි වුවත්, අනෙක් සංඛ්‍යාවේ නිරවද්‍යතාව තිබුණේ දශමස්ථාන එකකට පමණි. එමනිසා, වැඩි නිරවද්‍යතාවක් හා අඩු නිරවද්‍යතාවක් සහිත මෙවැනි සංඛ්‍යා දෙකක් යොදා ගුණ කිරීම (හෝ වෙනත් ගණිත කර්මයක්) සිදු කරන විට, අඩු නිරවද්‍යතාව සහිත සංඛ්‍යාවේ නිරවද්‍යතා ප්‍රමාණය (එනම් දශමස්ථාන ගණන) අවසන් පිළිතුරේ නිරවද්‍යතාව (එනම්, දශමස්ථාන ගණන) බවට ඉබේම පත් වෙනවා. ඉහත උදාහරණයේ අඩු නිරවද්‍යතාව සහිත සංඛ්‍යාව වනුයේ දශමස්ථාන එකක් ඇති අගයයි. මේ අනුව අවසන් පිළිතුර නිවැරදි විය යුත්තේ දශමස්ථාන එකකට පමණි. ඒ අනුව අවසන් පිළිතර දශමස්ථාන එකකට කෙටි කළ යුතුයි (25.6).

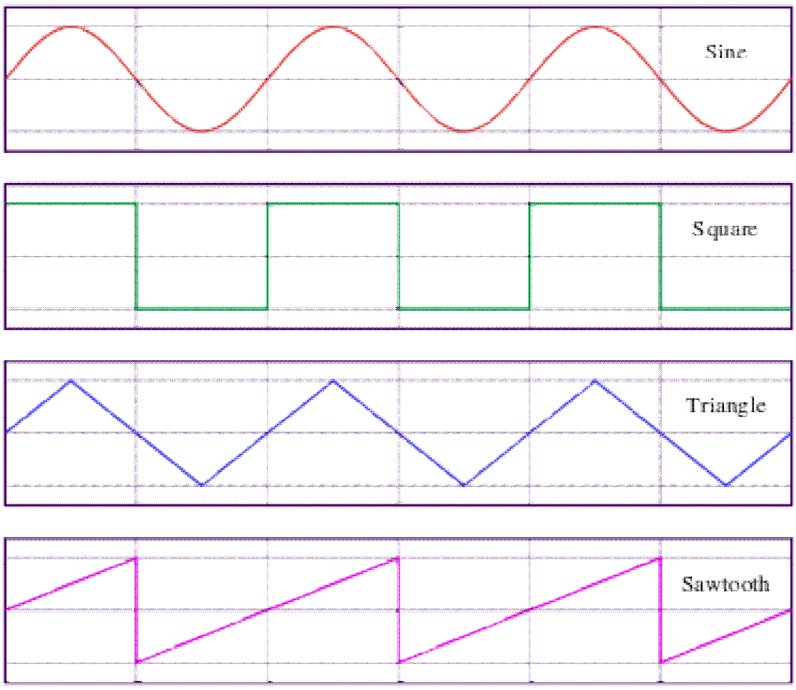
ඉහත කාරණාව හොඳින් මතක තබා ගන්න. ඔබ බොරුවට විශාල දශමස්ථානවලටම ගණන් සෑදුවට වැඩක් නැහැ එහි නිරවද්‍යතාවක් නොමැති නම්. ඉහත පැහැදිලි කිරීම හැම විටම සිත්හි තබාගෙන ගණනය කිරීම කරන විට, අනවශ්‍ය ලෙස වැඩිපුර දශමස්ථාන සමග කටයුතු කිරීමද අවම වේ. මෙම තත්වය මා උපමාවකින් පවසන්නම්. හොඳ ශක්තිමත් පුරුක්වලින් සෑදූ දම්වැලක් ගැන සිතන්න. එය ඉතා ශක්තිමත් වන අතර, ඇද්ද විට පහසුවෙන් කැඩී නොයයි. දැන් මෙම දම්වැලේ එක පුරුකක් ගලවා ඉතා බාල දුර්වල පුරුකක් එතැනට යොදන්න. දැන් දම්වැල පෙර සේම හයියෙන් ඇද්ද විට අර දුර්වල පුරුක ළඟින් කැඩී යයි. එනම්, හොඳ ශක්තිමත් පුරුක් දහස් ගණනක් ඇති දම්වැලක් වුවද එක් දුර්වල පුරුකක් පමණක් ඇත් නම්, එම දම්වැල කැඩිය හැකියි. මිම් ගැනීම ගැනද කිව යුත්තේ එයයි. උසස් ගණයේ උපකරණ ආශ්‍රයෙන් ඉතා ඉහළ නිරවද්‍යතා සහිත මිම් ගෙන, එහෙත් එකම එක අඩු නිරවද්‍යතාවක් සහිත මිම්මක් සහිත විට, අවසන් පිළිතුර නිවැරදි වන්නේ අර උසස් නිරවද්‍යතවට නොව අර පහළ නිරවද්‍යතාවටයි.



තරංග

තරංගයක් (wave) යනු පහත රූපයේ පෙන්වා ඇති පරිදි හැඩයකි (shape හෝ form).

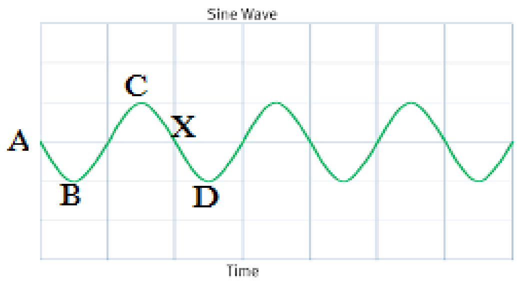
ඇත්තටම විවිධ හැඩයන්ගෙන් යුතු තරංග ඇත. සමහර විධිමත් හැඩයන්ට නම්ද ලබා දී ඇත. ඉහත හැඩය සයින් (හෝ සයිනාකාර (සයන් + ආකාර = සයිනාකාර)) යන නමින් හැඳින්වෙන අතර, අනෙක් විධිමත් හෝ අවිධිමත් සෑම හැඩයක්ම මෙම සයිනාකාර තරංගවල එකතුවක් ලෙස දැක්විය හැකිය. (එය සිදු කරන ගණිත ක්‍රියාවලිය Forrier analysis/transformation ලෙස හැඳින් වේ.) පහත දැක්වෙන්නේ විවිධ තරංග හැඩ කිහිපයක් වන අතර, මෙතැන් සිට අප කතා කරන්නේ සයින් තරංග ගැන පමණි.



විද්‍යාවේදී විවිධ දේවල් පැහැදිලි කිරීමේදී මෙම (සයින්) තරංග හැඩය ප්‍රයෝජනයට ගැනෙනවා. ඊට හේතුව විද්‍යාවේදී අප විද්‍යා න්‍යායන් හා රීතින් පැහැදිලි කරගැනීමට විවිධ ආකෘති භාවිතා කිරීමයි. එම ආකෘති **රූපමය** (graphical) ආකාරයටද බොහෝ විට දැක්විය හැකි නිසා, එම ආකෘතිවලින් කෙරෙන පැහැදිලි කිරීම් ඉතා පහසුවෙනුත් ඉකමනිනුත් නිවැරදිවයත් අවබෝධ කර ගත හැකියි. ඒ අනුව, මෙම තරංගද **ආකෘතියක්** (model) ලෙස වැදගත් වෙනවා යම් යම් විද්‍යාත්මක දේවල් පැහැදිලි කර ගැනීමට. එමනිසා, පළමුව සරලව තරංග ගැන පොදුවේ පැහැදිලි කර ගමු.

නිසල ජලාශයකට (ජලාශයක් අහල පහල නැතිනම්, වතුර පුරවපු බේසමක් හෝ මේ සඳහා ගත හැකියි.) කුඩා ගල් කැටයක් දමන්න. එවිට ජලය රවුමට රැළි නංවමින් ගමන් කරනවා.

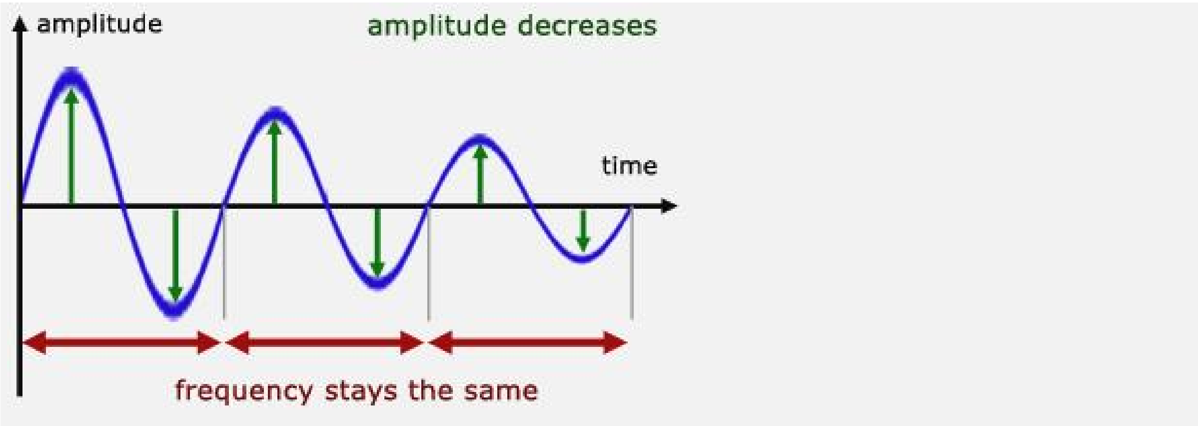
මෙහිදී සිදු වන්නේ ගල වැටුණු ස්ථානයේ ජල මතුපිට පහළට එබී ගොස් (උපරිම ප්‍රමාණයට පහළට ගිය පසු) නැවත ඉහළට එසවීමයි. එලෙස ඉහළට එසවෙන විට, එය සාමාන්‍ය පෙර තිබූ ජල පෘෂ්ඨයටද වඩා ඉහළට එස වේ. එසේ යා හැකි උපරිම ප්‍රමාණයට ඉහළට ගිය පසු නැවත පහළට ගමන් කරයි. මෙම සිදුවීම ගල වැටුණු තැන පමණක් නොව, ඒ අවට ප්‍රදේශයටද පැතිරී යයි. එනම්, ගල වැටුණු තැන පහළට එසවෙන විට, ඊට අවට රවුමක් වැනි පෙදෙසක් පෙර විස්තර කළ පරිදි උඩට එසවේ. එම රවුම උඩට එසවෙන විට, ඊටත් පිටත රවුමක් හැඩයට පෙදෙසෙහි ජල පෘෂ්ඨය පහළට යයි. මේ සිදුවීම රවුම් රවුම් ආකාරයට ගල වැටුණු තැන සිට වටේටම ”බෝ වේ” (පැතිරී යයි). මෙසේ ඇතිවන ජල රැළිවලට ජල තරංගයක් සේ කියයි. ඉහත රූපයේ මෙය පැහැදිලිවම දර්ශනය වේ. මෙය කොලයක යම් විධිමත් ආකාරයකට ඇන්ද විට ලැබෙන්නේ පහත ආකාරයේ රූපයකි.



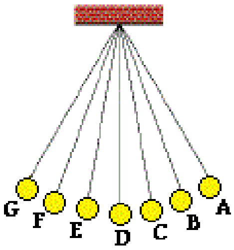
මෙම තරංගය යැයි කියනා රූපය හා සත්‍ය ලෙසම ජලාශයේ ඇති වූ ජල තරංගය යන දෙකින්ම නිරූපණය වෙන්නේ එකම දෙයද කියා දැන් සොයා බලමු. ඉහත තරංගයේ A යනු රැලි නොමැති විට සංසුන්ව ඇති විට ජල පෘෂ්ඨය නිරූපණය වේ. දැන් ගල දැමූ විට කාලයත් සමග ක්‍රමයෙන් ජල මතුපිට පහළට යයි. A සිට B දක්වා එය නිරූපණය වේ. ජල පෘෂ්ඨය පහළට යන උපරිමය B යන්නෙන් නිරූපණය වේ. දැන් සිදුවන්නේ නැවත ජලය ක්‍රමයෙන් ඉහළට එස වීමයි. එවිට ජල කඳ සංසුන්ව තිබූ මට්ටම දක්වා විත් නවතින්නේ නැත. එම ස්ථානයද පාස් කරගෙන ඉහළට එස වේ. ප්‍රස්ථාරයේ B සිට C දක්වා කොටසින් පෙන්වනේ එයයි. දැන් ජලය උපරිම ඉහළ මට්ටමට පැමිණේ. C යනු එම ස්ථානයයි. දැන් නැවත ජල කඳ පහලට ක්‍රමයෙන් පැමිණේ. මෙය පහලට යන විට, ජලය නිසලව තිබූ මට්ටම පාස් කරගෙන නැවත පෙර සේම පහළට යා හැකි උපරිමය දක්වා ගමන් කරයි. මෙය C සිට D දක්වා වූ කොටසින් නිරූපණය වේ. මේ ආකාරයට නොනවත්වා මෙම එකම දේ සිදු වේ. ඉතිං, ප්‍රස්ථාරයද නොනවත්වා එම හැඩයෙන්ම ඇඳිය හැකියි. තරංග ප්‍රස්ථාරයේ A සිට X දක්වා වූ හැඩය නැවත නැවත ඇති වන බව පෙනේ. එමනිසා, මුළු ප්‍රස්ථාරයම මුල සිට අග දක්වා අධ්‍යනය කරනු වෙනුවට අපට A සිට X දක්වා වූ කොටස පමණක් අධ්‍යනය කළ හැකියි නේද? එය කොතරම් පහසුවක්ද කියා ඔබට දැන් ජේනවා.

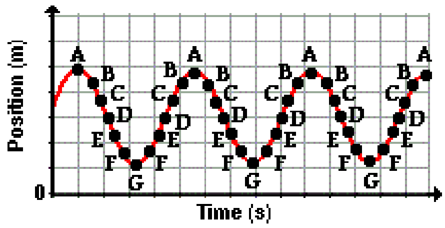
සටහන
ඉහත රූප හා පැහැදිලි කිරීම්වලදී මා යම් දෙයක් සිතාමතාම මග හැරියා. එනම්, ජල හෝ වෙනත් ඕනෑම තරංගයක් පටන් ගත් මොහොතේ සිට දිගටම එකම හැඩය පවත්වාගන්නේ නැහැ. ඊට හේතුව එම තරංගයේ “සැර” හෙවත් ශක්තිය ක්‍රම ක්‍රමයෙන් හීන වී යෑමයි. ඊට හේතුව ප්‍රායෝගික අවස්ථා හැම එකකම පාහේ ඝර්ෂණය වැනි ප්‍රතිරෝධී බල පැවතීමයි. ජලයට ගලක් දැමූ විට ක්‍රම ක්‍රමයෙන් දිය රැළිවල සැර බාල වෙමින් ටික වෙලාවකට පසුව ජල තරංග නැති වී යන්නේ ජලයේ ඇති ප්‍රතිරෝධී බල ක්‍රියාත්මක වී ජල තරංගවල උස (හෙවත් විස්තාරය) ක්‍රමයෙන් ක්‍රමයෙන් අඩු වී ශූන්‍ය වී යෑම නිසාය. රේඩියෝ තරංගයක් වුවත් ඈතට ඈතට යන විට, ක්‍රමයෙන් තරංගය දුර්වල වී පැහැදිලි දසුන්/හඬ නොලැබී යන්නේ එම නිසාමය. මෙවැනි අවස්ථාවන්ට අප කියනවා තරංගය **පරිමන්දනය** (damp) වෙනවා කියා. පහත රූපයෙන් දැක්වෙන්නේ එවැනි පරිමන්දිත තරංගයකි.

තරංගයක් පරිමන්දය වන විට, එහි සංඛ්‍යාතයට හානියක් නොවේ. තරංග පරිමන්දනය වීම යනු සංඥාව දුර්වල වීමයි. බල වර්ධක (amp) යොදා අප සිදු කරන්නේ පරිමන්දිත තරංග සංඥාවේ විස්තාරය නැවත විශාල කිරීමයි.

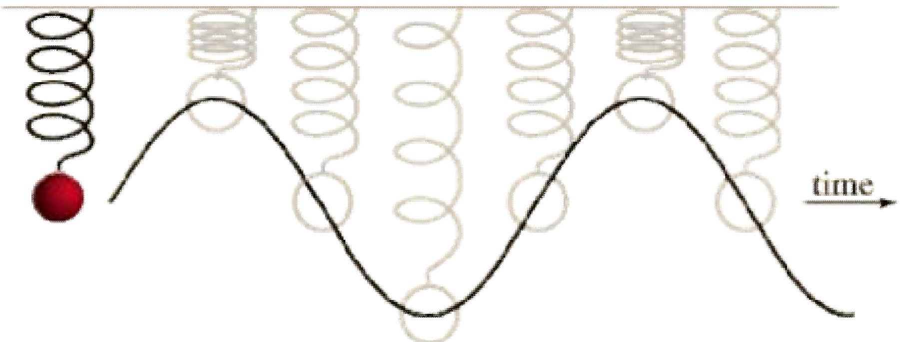


තරංග ස්වභාවය අධ්‍යනය කිරීමට තවත් පහසු ක්‍රමයක් ඇත. ඒ සඳහා අවශ්‍ය වන්නේ නූලක් හා කුඩා බරකි. ඔබ නූලේ එක් කෙළවරකට කුඩා බරක් ගැට ගසන්න. දැන් එම නූලේ අනෙක් කෙළවරින් අල්ලාගෙන පහත පළමු රූපයේ පෙනෙන සේ අනෙක් අතින් පොඩි තල්ලුවක් දී ඔරලෝසුවේ බට්ටා පැද්දෙන්නාක් සේ පැද්දෙන්නට සලස්වන්න. මෙම චලනය විද්‍යාවේදී **සරල අනුවර්තී චලිතය** (simple harmonic motion – SHM) ලෙස හැඳින්වෙන අතර, සෑම SHM එකක්ම තරංග ස්වාභාවයක් ගනී. ගල දෙපැත්තට උපරිම උසක් හෙවත් විස්ථාපනයක් (ඇත්තටම මෙය කෝණික විස්ථාපනයකි) දක්වා ගමන් කරන අතර, මෙම උපරිම උසවල් දෙක අතර නොනවත්වාම එකම ආකාරයට චලනය සිදු වේ (පරිමන්දනය නොවේ යැයි සිතා).



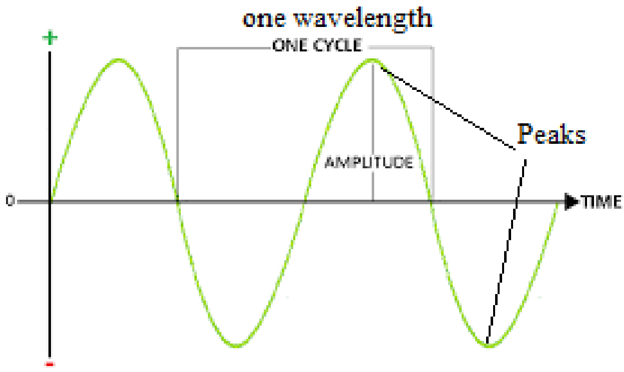


ස්ප්‍රිං එකකින්ද ඇති වන්නේ මෙවැනිම සරල අනුවර්තී චලිතයක් වේ.

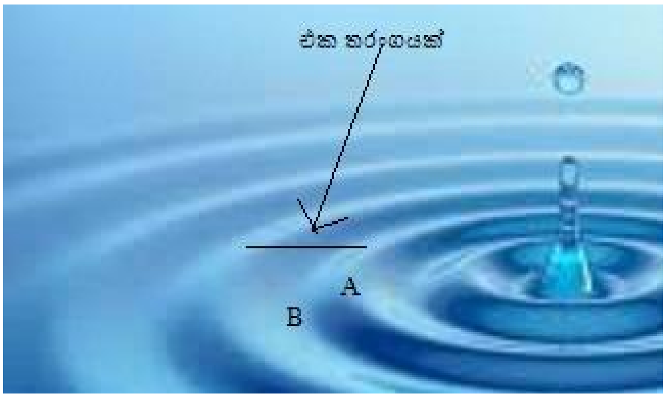


දැන් අප මෙම තරංගයක පවතින ලක්ෂණ ගැන ඉගෙන ගනිමු. **විස්ථාරය** (amplitude) යනු ශූන්‍ය මට්ටමේ සිට තරංගයේ උපරිම උස වේ. සාමාන්‍යයෙන් උඩු පැත්තට පවතින උපරිමය ධණ උපරිමය ලෙසද, යට පැත්තට පවතින උපරිමය සෘණ උපරිමය ලෙසද සැලකිය හැකිය. තරංගයේ දිග **තරංග ආයාමය** (wavelength) (λ)ලෙස හැඳින්වේ. එය යම් තරංගයක **උපරිම අගයේ** (peak) සිට ඊ ළඟ උපරිම අගය දක්වා වූ දිග ලෙස හෝ අවම අගයේ

සිට ඊ ළඟ අවමය දක්වා වූ දිග ලෙස හෝ තරංගයේ ඕනෑම තැනක සිට ඊ ළඟට හමු වන එවැනිම තැන දක්වා වූ දිග ලෙස සැලකිය හැකි බව පෙනේ.



ඉහත ජලාශ උදාහරණය ගැන නැවත සලකා බැලුවොත්, ජලය ඉහළට එසවෙන උපරිම මට්ටම ධණ උපරිමය ලෙසද, ජලය පහළට යන උපරිම මට්ටම ඍණ උපරිමයද වේ. එලෙසම, ජලය ඉහළට උපරිමව එස වුණු එක වලල්ලක සිට, එලෙස උපරිම ලෙස ඉහළට එසවුණු ඊ ළඟ වලල්ලට ඇති දුර තරංග ආයාමය වේ.

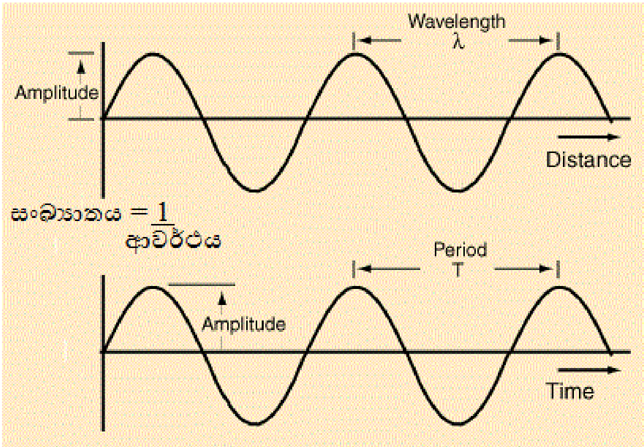


ඉහත සරල අනුවර්තී චලිත උදාහරණයේදී, ගල එක පැත්තකින් එසවෙන උපරිම කෝණය (විස්ථාපනය) ධණ උපරිමය ලෙසත්, අනෙක් පැත්තට ගමන් කරන උපරිම කෝණය ඍණ උපරිමය ලෙසත් සැලකිය හැකියි. මෙහිදී තරංග ආයාමයද ලැබෙන්නේ දිගක් ලෙස නොව කෝණයක් ලෙසය. එය අංශක 360කි හැමවිටම. (මේ අනුව තරංග ආයාමය ඒ ඒ අවස්ථාව අනුව දිගකින් හෝ කෝණයකින් පැවසිය හැකි බව පෙනේ.)

යම් තරංගයක් ආරම්භ වී එය අවසන් වන තෙක් යම් කාලයක් තුළ එය පවතී. තරංග ආයාමය යනු තරංගයේ දිග වන අතර, එම තරංග ආයාමය පෙන්වන හැඩයෙහිම එම තරංගය පවතින කාලයද නිරූපණය කළ හැකිය. එම කාලය ආවර්ථ කාලය (period) ලෙස හැඳින් වේ.

ප්‍රස්ථාරයේ එකම අක්ෂයේ (x අක්ෂය මත) තරංග ආයාමය සේම තරංග ආවර්ථයද එක විට නිරූපණය කළ හැකියි. එවිට, ආවර්ථය ගැන සලකන විට, එම අක්ෂය කාලයද; තරංග ආයාමය සලකන විට, එම අක්ෂයම දුරද (හෝ කෝණයද) නිරූපණය කරන බව සිහි තබා ගන්න.

තවද, ඉහත ජලාශ උපමාව නැවත සැලකුවොත්, ජල තරංගය එක වලල්ලක් සෑදී ඊ ළඟ වලල්ල සෑදීමට ගතවන කාලය ආවර්ථය වේ. එක තත්පරයකට සෑදිය හැකි (හෝ පැවතිය හැකි) සම්පූර්ණ තරංග ගණන එම තරංගයේ සංඛ්‍යාතය (frequency) ලෙස හැඳින් වේ.



යම් තරංගයක් එක තැනක සිට තවත් තැනකට ගමන් කරනවා. එහෙත් එම ගමන් කිරීමේ යම් විශේෂත්වයක් තිබෙනවා. ඉහත ජලාශ උදාහරණයේදී ඔබ ගල අත හැරියේ පහළට වුවත්, ඉන් ඇති වූ රැලි හෙවත් ජල තරංග ගමන් කළේ ඔබ ගල අත හරින ලද දිශාවට නොව, හරහාටය. තරංගයක විශේෂත්වය මෙයයි. වස්තුව (මෙහිදී වස්තුව යනු ගල හෝ ගල වැටුණු ස්ථානයේ තිබූ ජල කොටස ලෙස සැලකිය හැකියි) හරහාට ගමන් නොකර එහෙත් එහි ශක්තිය හරහාට ගමන් කරවයි. මෙය හරියට පෝලිමට මිනිසුන් සිටගෙන ගඩොල් කැට අතින් අත පාස් කරමින් ගඩොල එක තැනක සිට වෙනත් තැනකට ගමන් කළාක් බඳුය. ඔබ (එනම්, ගඩොල් පාස් කරන අය) ගමන් කරන්නේ නැතිව ගඩොල් පමණක් පාස් විය.

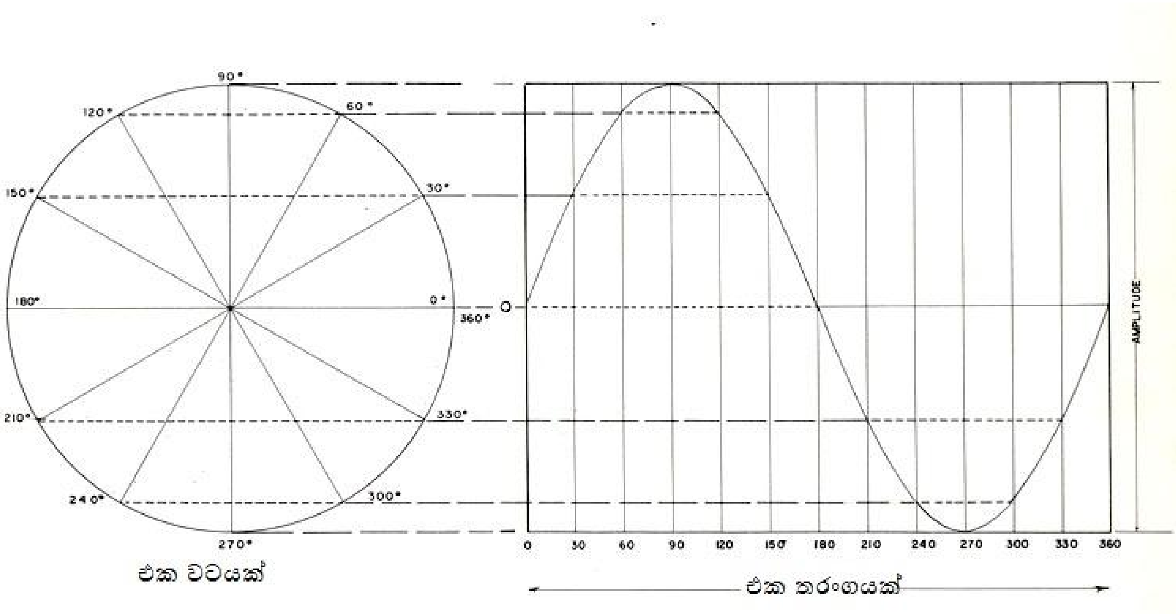
(එහෙත් තරංග නොවන අවස්ථාවකදී, එය හරියට ඔබ බෝලයක් වැනි දෙයක් බිම දිගේ රෝල් කර හැරිය විටකදී, බෝලයත් සමගම ශක්තිය ගමන් කරන්නාක් බඳුයි. මෙය හරියට ඔබ ගඩොල අතින් අරගෙන ඔබම ඇවිදගෙන ගොස් ගඩොල භාර දෙනවාක් බඳුය.)

තරංගයක් ගමන් කරන වේගයක් ඇත. එය **තරංග ප්‍රවේගය** (wave velocity) ලෙස හැඳින් වෙනවා. තරංගයක ප්‍රවේගය, තරංග ආයාමය හා සංඛ්‍යාතය යන තුන එකිනෙකට සම්බන්ධ වේ. එය සූත්‍රයක් ආකාරයෙන් පහත ආකාරයට ලියයි.

$V = f\lambda$ (v යනු තරංග ප්‍රවේගයද, f යනු සංඛ්‍යාතයද, λ යනු තරංග ආයාමයද වේ.)

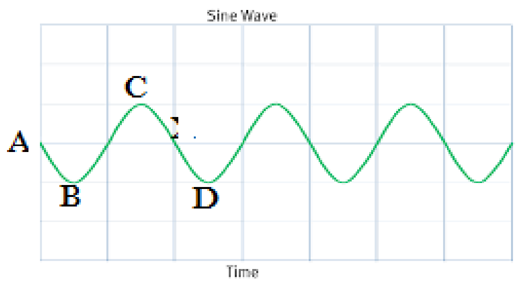
ඕනෑම තරංගයකට ඉහත සූත්‍රය පොදු වේ. මෙම සූත්‍රය රූපමය ආකාරයටද තේරුම් ගත හැකියි. තරංගයක දිග λ නම්, තත්පරයකදී ඇතිවන තරංග ගණන f නම්, එම සියලු තරංගවල දිග (f x λ) වේ. මෙම fλ දිග එක තත්පරයකදී ඇතිවන දෙයකි. එක් තත්පරයකදී ගමන් කරන දුර ප්‍රමාණය ප්‍රවේගය ලෙස හඳුන්වන බව ඔබ දැන් දන්නවා. එමනිසා එම fλ යන්නෙන් නිරූපණය කරන්නේ <u>එක් තත්පරයක් තුළ "තරංග සෙට් එකේ" මුළු දුර</u> නිසා, මෙය තරංගයේ ප්‍රවේගය බව පැහැදිලියි නේද?

ජලාශය උපමාවෙන් තරංගය තේරුම්ගත් ඔබ දැන් තරංගය ඊට වඩා විද්‍යාත්මක ක්‍රමයෙන් තේරුම් ගනිමු. වෘත්ත චලිතය ගැන ඔබ පෙර ඉගෙන ගත්තා. එහිදීද අපට සංඛ්‍යාතය, ආයාමය, ආවර්ථය යන වචන හමු වුවා. එය අහම්බෙන් සිදු වූවක් නොවේ. වෘත්ත (හා භ්‍රමණ) චලිතය හා තරංග අතර ඇත්තේ නෑකමකි. පහත රූපය බලන්න.



ඉහත රූපයෙන් පැහැදිලිවම පෙනෙනවා යම් අංශුවක්/වස්තුවක් වෘත්තාකාරව ගමන් කරන විට, එය තරංග ස්වභාවයකින් දැක්විය හැකි බව. එක වටයක් (හෙවත් අංශක 360ක්) කැරකී අවසන් වන විට, ඉන් එක සම්පූර්ණ තරංගයක් නිරූපණය වෙනවා. තරංගයේ විස්තාරය යනු, වෘත්තයේ කේන්ද්‍රයේ සිට අංශුවට ඇති දුර හෙවත් වෘත්තයේ අරයයි. තරංගයේ සංඛ්‍යාතය යනු අංශුව තත්පරයකට කැරකෙන වට ගණනයි. ආවර්ථය යනු අංශුව එක වටයක් කැරකීමට ගන්නා කාලයයි. වෘත්ත චලිතයද මේ අනුව සරල අනුවර්තී චලිතයක් බව පැහැදිලියි.

උදාහරණ කිහිපයක් සලකා බලමු තරංග ආකෘතිය යොදා ගෙන පැහැදිලි කිරීම සිදු කරන සැටි පෙන්වන්නට. පහත දැක්වෙන්නේ තරංගයක් බව ඔබ දන්නවා. මෙම තරංගය පීඩනය, විදුලි ධාරාව, වෝල්ටියතාව යන රාශීන් තුන විස්තර කිරීමට යොදා ගන්නා අයුරු සලකා බලමු.



පළමුව පීඩනයට එය යොදන සැටි බලමු. ඉහත තරංගයෙන් නිරූපණය කරන්නේ යම් ස්ථානයකට ලැබෙන/දැනෙන පීඩනය යැයි සිතමු. තිරස් රේඛාවෙන් (X අක්ෂය) පෙන්වන්නේ කාලය යැයිද සිතන්න. ඒ අනුව, A ස්ථානයේදී තරංගයේ වක්‍රය පවතින්නේ ශූන්‍ය මට්ටමේය. එනම්, එම අවස්ථාවේදී පීඩනය ශූන්‍ය වේ. කාලය ක්‍රමයෙන් වැඩි වන විට, පීඩනය ක්‍රමයෙන් වැඩි වේ. දැන් B ස්ථානය ගැන සිතන්න. ඉන් කියන්නේ එම වෙලාව වන විට පීඩනය (සිරස් හෙවත් Y අක්ෂයෙන් දක්වා තිබෙන) උපරිමය දක්වා "වැඩි වී" ඇති බවයි. නැවත පීඩනය ක්‍රම ක්‍රමයෙන් ශූන්‍ය දක්වා අඩු වේ (A අකුරින් පෙන්වා ඇති තිරස් රේඛා මට්ටම). ඉහතදී ශූන්‍යයේ සිට පීඩනය උපරිමය දක්වා වැඩි වී නැවත ශූන්‍යය දක්වා අඩු විය. එම කාලය මුළුල්ලේම එම පීඩනය අදාළ ස්ථානයට යොමු වී තිබුණේ යම් දිශාවකටයි. දැන් A මට්ටමේ සිට C දක්වා කොටසද පෙර සේම, පීඩනය ක්‍රමයෙන් වැඩි වී ශූන්‍ය දක්වා නැවත අඩු වේ. එහෙත් මෙම කොටසේදී ප්‍රස්ථාරයේ වක්‍රය පිහිටන්නේ පෙර අවස්ථාවට වඩා වෙනස්ව, X

අක්ෂයෙන් අනෙත් පැත්තේය. ඉන් කියවෙන්නේ, x අක්ෂයෙන් යම් පැත්තකට පිහිටි කොටසේදී පීඩනය යොමු වී පැවතියේ යම් දිශාවකටද, එම දිශාවට විරුද්ධ දිශාවට දැන් පීඩනය යොමු වී පවතින බවයි.

දෙවනුව ඉහත තරංගයම විදුලි ධාරාව විස්තර කරන්නේ කෙලෙසදැයි බලමු. මෙයද පීඩනය විස්තර කළ පරිදිම කළ හැකියි. A නම් අවස්ථාව වන විට වයරයේ කිසිම පැත්තකට ධාරාවක් ගලා නොයයි (එනම් ධාරාවක් නැත). කාලය ක්‍රමයෙන් ගත වන විට ධාරාවද ටික ටික වැඩි වෙමින්ම වයරය දිගේ එක් පැත්තට ගමන් කරයි (A සිට B දක්වා). මෙලෙස B උපරිම ධාරා ප්‍රමාණය දක්වා මෙම ධාරාව ක්‍රමයෙන් වැඩි වේ. ඉන්පසු, නැවත ශූන්‍ය දක්වා ධාරාව ක්‍රමයෙන් අඩු වේ. දැන් ධාරාව පෙර ගමන් කළ දිශාවට විරුද්ධ දිශාවට ගමන් කිරීම ආරම්භ කරනවා. එයද ශූන්‍යයේ සිට ක්‍රමයෙන් උපරිමයකට ගොස් නැවත ශූන්‍යය දක්වා අඩු වේ කාලයත් සමගම. මෙය ඔබ ඉගෙන ගත් ඒසී විදුලි ධාරාව නේද?

ඉහත ආකාරයටම වෝල්ටීයතාව ගැනද සිතා බලන්න. ශූන්‍ය මට්ටමේ සිට ක්‍රමයෙන් වෝල්ටීයතාව උපරිමයකට ගොස් නැවත ශූන්‍ය බවට පත් වේ. ඉන්පසු, ඍණ කොටසේදී ධණ අග්‍රය ඍණද ඍණ අග්‍රය ධණ ලෙසද මාරු වී, නැවත ශූන්‍යයේ සිට උපරිමයටත් එතැනින් නැවත ශූන්‍යයටත් පැමිණේ.

ඉහත පෙන්වා දුන්නේ තරංගයක් ප්‍රායෝගිකව තේරුම් ගත යුතු ආකාරයයි. තරංගයේ x හා y අක්ෂ දෙකෙන් ඔබට සුදුසු රාශීන් නිරූපණය කළ හැකියි. ඉහත උදාහරණ තුනෙහිම x අක්ෂයෙන් කාලය නිරූපණය කළා. එහෙත් උදාහරණ තුනෙහිම y අක්ෂයෙන් නිරූපණය කළේ වෙනත් රාශීන් තුනකි. පළමු උදාහරණයේදී එය පීඩනයද, දෙවැනි උදාහරණයේදී ධාරා ප්‍රමාණයද, තෙවැනි උදාහරණයේදී වෝල්ටීයතාවද y අක්ෂයෙන් නිරූපණය වූවා.

දෛශික (vector) රාශි යනු මොනවාදැයි දැනීමක් ඔබට අවශ්‍ය කෙරේ. ලෝකයේ බොහෝ දේවල් තිබෙනවා යම් කිසි අගයක් තිබෙන. උදාහරණ ලෙස, ඔබේ වයස, මේ මොහොතේ ඔබේ සාක්කුවේ තිබෙන මුදල් ප්‍රමාණය, ඔබේ වත්තේ තිබෙන අඹ ගසේ ඇති අඹ ගෙඩි ගණන ආදී අවස්ථා කිහිපය ගැන හිතන්න. මේ සෑම අවස්ථාවකදීම යම් කිසි අගයක් පැවසුවා. මේවායේ අගයන් කියන විට, ඔබට දිශාවක් ඒ සමග පැවසීමට අවශ්‍ය නැහැ. අවශ්‍ය නැහැ පමණක් නොව එවැනි අගයක් සමග දිශාවක් පැවසුවොත් ඔබව හාස්‍යයටද ලක් විය හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, මගේ වයස නැගෙනහිරට විස්සයි කියා කිව්වොත් එය විහිළුවක් බවට පත් වේ. මෙවැනි අගයක් පමණක් ඇති (හා එම අගයන් දිශාව අනුව වෙනස් නොවන) රාශීන් **අදිශ** (scalar) රාශි ලෙස හැඳින් වේ.

එහෙත් සමහර රාශීන් තිබෙනවා ඒවා පවසන විට දිශාවද වැදගත් වන. උදාහරණයක් ලෙස, ඉහත විස්තර කළ විස්ථාපනය, ප්‍රවේගය, ත්වරණය, බලය, ගම්‍යතාව ආදිය සමග හැමවිටම දිශාව වැදගත් වේ. මෙවැනි රාශි දෛශික ලෙස හැඳින් වේ. දෛශිකයක අගය දිශාව වෙනස් කරන විට වෙනස් වේ. උදාහරණයක් ගමු. ඔබ යම් දුරක් (මීටර් 100 ක්) උතුරු දිශාවට ගමන් ගත්තා යැයි සිතමු. එවිට, නැගෙනහිර දිශාවට ඔබේ ගමන සලකා බැලුවොත්, ඔබ නැගෙනහිර දෙසට ගමන් කර ඇති දුර බිංදුවයි. මේ අනුව දිශාව අනුව අගය වෙනස් වීම දෛශිකයක ස්වභාවයයි. එහෙත් කුමන දිශාවකට අනුව ගත්තත් ඔබේ වයස වෙනස් නොවේ. එනිසයි වයස අදිශයක් වූයේ.

අදිශ සමග ගණිතමය කර්ම (එකතු කිරීම, අඩු කිරීම, බෙදීම, වැඩි කිරීම ආදිය) සිදු කිරීමට සාමාන්‍ය සරල අංක ගණිතය ප්‍රමාණවත්ය. ඒ අනුව, අදිශ රාශී දෙකක් අතර ඉතා පහසුවෙන් ගණිත කර්ම සිදු කළ හැකියි. එහෙත් දෛශික සමග ගණිත කර්ම සිදු කිරීම තරමක් සංකීර්ණ වේ. පළමුව මතක තබා ගන්න, දෛශික රාශියක් තවත් දෛශික රාශියකින් බෙදීම කළ නොහැකි බව. දෛශික රාශියක් තවත් දෛශික රාශියකින් ගුණ කරන විට, තිත් ගුණිතය (dot product) හා කතිර ගුණිතය (cross product) ලෙස දෙයාකාරයක වැඩි කිරීමේ අවස්ථා දෙකක්ද පවතිනවා (මෙවැනි තත්වයක් අදිශ දෙකක් ගුණ කිරීමේදී නැත). තවද, දෛශික දෙකක් එකතු කිරීමද සිදු කරන්නේ අමුතු ආකාරයකටයි (අඩු කිරීම යනුද එකතු කිරීමක් ලෙස සැලකිය හැකිය). එනිසාම එයට "දෛශික එකතු කිරීම හෙවත් දෛශික ආකලනය" (vector addition) කියා විශේෂ නමක්ද පවතිනවා. ගණිතය පිළිබඳ අතිරේකයෙන් මේ සියල්ල ගැන සලකා බලන නිසා මෙම අතිරේකයේ ඒ ගැන විස්තර කෙරෙන්නේ නැහැ.

අතිරේකය 2 (ගණිත අතිරේකය)

නිවැරදි විද්‍යා දැනුමක් සේම හොඳ ගණිත දැනුමක්ද අවශ්‍ය වෙනවා ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් සඳහා. මා මෙම අතිරේකයෙන් සරල ගණිත සිද්ධාන්ත හා කරුණු කිහිපයක් කෙටියෙන් සඳහන් කරනවා. *ගණිතය (mathematics) යනු විද්‍යාවේ භාෂාවයි.* එය නිකංම ලස්සන කියමනක් නොව, ඇත්තටම ගණිතයේ ස්වභාවය ඉන් කියවෙනවා. මා උදාහරණයකින් එය පෙන්වන්නම්. "*යම් වස්තුවකට බාහිර බලයක් ලබා දුන් විට, එම වස්තුව යම් ත්වරණයකින් යුතුව ගමන් කරන අතර, එම යොදන බලය එම වස්තුවේ ස්කන්ධය හා ත්වරණය යන දෙක මත පමණක් සමානුපාතිකව පවතිනවා.*" මෙම වාක්‍යය සිංහලෙන් හෝ ඉංග්‍රිසියෙන් හෝ වෙනත් භාෂාවකින් ලියන්නට පුළුවන්. එවිට, එය ඒ ඒ භාෂාවන් දන්නා අයට පමණක් තේරුම් යාවි. එහෙත් එය විද්‍යාවේ භාෂාව වන ගණිතයෙන් ලියූ විට F=ma යන ඉතා කුඩා සූත්‍රයක් බවට පත් වෙනවා. ගණිතයේදී දිගු වචන වෙනුවට බොහෝ විට F, m, a ආදී ලෙස කෙටි කේත භාවිතා කෙරෙනවා. ගණිත භාෂාව කෙටි පමණක් නොව, ලොව ඕනෑම කෙනෙක්ට පහසුවෙන් හා විවිධ අර්ථ නොනැගෙන පරිදි තේරුම් ගැනීමටද හැකියි.

දිග, කාලය, ධාරාව, උෂ්ණත්වය ආදී ලෙස අප නොයෙක් දේවල් මනිනවා. එසේ මැනගත් **අගයන්** (values) ගණිතයේ **සංඛ්‍යා** (numbers) මගින් නිරූපණය කෙරෙනවා. ඉන්පසු මෙම අගයන් (සංඛ්‍යා) වලට එකතු කිරීම, වැඩි කිරීම ආදී නොයෙකුත් ආකාරයේ **ගණිත කර්ම** (mathematical operations) සිදු කරනවා. ඕනෑම කෙනෙකු එකතු කිරීම (addition), අඩු කිරීම (subtraction), ගුණ කිරීම (multiplication), බෙදීම (division) යන සරල ගණිත කර්ම හතර කිරීමට දන්නවා. මීට අමතරව සරල එහෙත් ඔබට එදිනෙදා ජීවිතයේදී එතරම් හුරු නැති නමුත් තාක්ෂණයේදී වැදගත් තවත් ගණිත කර්ම දෙකක් ගැන දැන් බලමු.

"**නිඛිල බෙදීම**" (integer division) යනුවෙන් ගණිත කර්මයක් ඇති අතර, එහිදී පූර්ණ සංඛ්‍යාවක් (නිඛිලයක්) පමණක් පිළිතුර සේ ලැබෙන පරිදි බෙදනවා. උදාහරණ බලමු. 9 යන සංඛ්‍යාව 4න් නිඛිල බෙදීම කළ විට පිළිතුර 2 වේ. එනම්, නවයට හතරෙ ඒවා දෙකක් ඇත. ඉතිරිය ගණන් ගන්නේ නැත. සාමාන්‍ය බෙදීම අනුව පිළිතුර වනුයේ 2.25 වේ. සාමාන්‍ය බෙදීම ÷ හෝ / යන සලකුණුවලින් දක්වන අතර, නිඛිල බෙදීම \ යන සලකුණින් දක්වමු.

9\4 = 2   11\3 = 3   17\9 = 1

අනෙක් ගණිත කර්මය "ශේෂ බෙදීම" (modulus හෝ mod) ලෙස හඳුන්වමු. මෙය ඉහත නිඛිල බෙදීමට නෑකමක් ඇති ගණිත කර්මයයි. යම් සංඛ්‍යාවක් තවත් සංඛ්‍යාවකින් බෙදන විට, ඉතිරි වන අගය මින් ලබා දේ. මෙහි සංකේතය % හෝ mod වේ.

9 % 4 (හෝ 9 mod 4) = 1   11 % 3 = 2   17 mod 9 = 8

යම් සංඛ්‍යා දෙකක හෝ කිහිපයක ඇති අගයන් සංසන්ධනාත්මකව පවසන විට අප **අනුපාත** (ratio) යොදා ගන්නවා. යමකට වඩා යමක් <u>කී ගුණයක්</u> පවතිනවාද යන්න ඉන් පැහැදිලි කෙරේ. අනුපාත බොහෝ විට ලියා දැක්වන්නේ x : y : w අදී ලෙසයි. උදාහරණයක් ලෙස, බදාම සෑදීමේදී සිමෙන්ති, වැලි, හා කළුගල් යන කොටස් තුන "*එකට දෙකට එක*" අනුපාතයෙන් මිශ්‍ර කරන්න යැයි කිවූ විට, එය ඉහත ගණිතානුකූලව 1:2:1 ලෙස ලියනවා. යම් අනුපාතයක් (එනම් එම අනුපාතයේ ඇති සියළු සංඛ්‍යා) යම් සංඛ්‍යාවකින් ගුණ කළ විට හෝ බෙදූ විට අනුපාතය වෙනස් නොවේ. ඒ අනුව ඉහත 1:2:1 යන අනුපාතය දෙකෙන් ගුණ කළ විට (එනම්, අනුපාතයේ ඇති සෑම අගයක්ම දෙකෙන් ගුණ කෙරේ), 2:4:2 යන අනුපාතය ලැබුණත් එම අනුපාත දෙකෙන්ම කියවෙන්නේ එකම දේ බව පේනවා. ගුණ කිරීම, බෙදීම මෙලෙස සිදු කළ හැකි වුවත්, අනුපාතකයට යම් සංඛ්‍යාවක් එකතු කිරීම හෝ අඩු කිරීම සිදු කළ නොහැකිය.

අප බොහෝ දේවල් **ප්‍රතිශත** (percentage) ආශ්‍රයෙන් කියනවා. ප්‍රතිශතයක් යනු, සලකා බලන දෙයින් 100ට කො වරද යනුයි. උදාහරණයක් ලෙස, පාසලේ 30%ක ශිෂ්‍යයන් පිරිසක් ගණිතය ෆේල් යැයි කිව්වොත්, ඉන්

කිසිවිටක හැඟවෙන්නෙ නැහැ පාසලේ ශිෂ්‍යයන් සිටින්නේ 100ක් බව. ඉන් කියන්නේ, 100ක් සිටියා නම් ඉන් 30ක් ෆේල් බව පමණයි. පාසලේ ශිෂ්‍යයන් 1000ක් සිටියා නම්, මෙම ප්‍රතිශතය අනුව 300 දෙනෙක් ගණිතය ෆේල් බව ගණනය කළ හැකියි. සියයට කො වරද කියා දන්නවා නම්, වෙනත් ඕනෑම ගාණකට කො වරද යනුවෙන් අපට ගණනය කළ හැකියි නේද? ප්‍රතිශතයක් හැම විටම භාග සංඛ්‍යාවකි. “අ වර ගණනකින් මෙ වරක් වේ” යන තේරුම හැමවිටම එහි ඇත. එමනිසා, ප්‍රතිශතයක් සෑදීමට භාග සංඛ්‍යාවක් තිබිය යුතුයි. උදාහරණයක් ලෙස, පංතියක ළමුන් තිහක් සිටින අතර, ඉන් විස්සක් ගණිතය සමත් යැයි සිතමු. ඒ අනුව පංතියේ ඇති ළමුන් ගණනින් ගණිතය සමත් සිසුවන් ගණන භාගයක් ලෙස 20/30 ලෙස ලිවිය හැකියි. දැන් මෙම භාගය දශම සංඛ්‍යාවක් බවට පත් කරන්න. එම දශම සංඛ්‍යාව දැන් ප්‍රතිශතයක් බවට පත් කරන්නේ එම සංඛ්‍යාව 100න් වැඩි කර, එම ලැබෙන උත්තරයට පිටුපසින් % යන සලකුණ දැමීමෙන්ය. ඒ අනුව ඉහත උදාහරණයේ 20/30 යන භාගය සුළු කර 0.66 යන දශම සංඛ්‍යාව ලබා ගෙන එය 100න් වැඩි කර ලැබෙන පිළිතුර වන 66ට පිටුපසින් % යන්න යෙදීමෙන් එය ප්‍රතිශතයක් (66%) බවට පත් වේ.

ගණිතයේ ලිවිය හැකි විශාලතම හෝ කුඩාතම සංඛ්‍යාව කුමක්ද? ඇත්තටම එවැනි සංඛ්‍යාවක් දැක්විය නොහැකිය. කෙනෙකු පැවසුවොත් අහවල් සංඛ්‍යාව තමයි ගණිතයේ තිබෙන විශාලතම සංඛ්‍යාව කියා, ඔබට පැවසිය හැකියි එම සංඛ්‍යාවට එකක් (හෝ වෙනත් ඕනෑම ගණනක්) එකතු කළ විට ඊට වඩා විශාල සංඛ්‍යාවක් නිර්මාණය කිරීමට හැකි බව. ගණිතයේ විශාලතම (හෝ කුඩාතම) සංඛ්‍යාවක් නැතත්, සංකල්පයක් ලෙස **අනන්තය (infinity)** යන අදහස පවතිනවා. අනන්තය යනු ඉලක්කමක් නොවේ, සංකල්පයක් පමණි. ඔබට පොත් දහක් තිබෙනවා කියා කිව හැකි වුවත් පොත් අනන්තයක් තිබෙනවා කියා කිව නොහැකියි. අනන්තය ගණිතයේ ∞ යන සංකේතයෙන් දැක්වෙනවා. +∞ (ධණ අනන්තය) විශාලතම අගය යන අදහස ඇතිවත් -∞ (ඍණ අනන්තය) කුඩාතම අගය යන අදහස ඇතිවත් අප භාවිතා කරනවා.

අනන්තය යොදා අපට සීමිත අංක ගණිත කර්ම කිහිපයක් කළ හැකියි. එනම්,

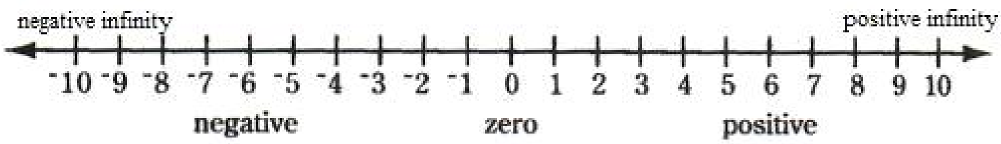
- ඕනෑම සංඛ්‍යාවක් අනන්තයෙන් ගුණ කළ විට ලැබෙන්නේද අනන්තයමයි.
- ඕනෑම සංඛ්‍යාවක් අනන්තයෙන් බෙදූ විට ශූන්‍යය ලැබේ.
- ඕනෑම සංඛ්‍යාවකට අනන්තයක් එකතු කළ විටද ලැබෙන්නේ අනන්තයයි.
- ඕනෑම සංඛ්‍යාවක් බිංදුවෙන් බෙදූ විට ලැබෙන්නේ අනන්තයයි.

මේ සෑම අවස්ථාවකදීම ධණ-ඍණ සමග භාවිතා වෙන සාමාන්‍ය රීතින් අනුගමනය කළ යුතුයි. උදාහරණයක් ලෙස, ඕනෑම සංඛ්‍යාවක් අනන්තයෙන් ගුණ කළ විට ලැබෙන්නේ අනන්තය වුවත්, එම සංඛ්‍යාව ධණ නම් ධණ අනන්තයත් ($4 \times \infty = \infty$), එම සංඛ්‍යාව ඍණ නම් ඍණ අනන්තයත් ලැබෙනවා ($-4 \times \infty = -\infty$). එලෙසමයි, ගුණ කරනු ලබන්නේ ධණ සංඛ්‍යාව ඍණ අනන්තයෙන් නම් පිළිතුර ලෙස ඍණ අනන්තයත් ($4 \times -\infty = -\infty$), සංඛ්‍යාවත් අනන්තයත් දෙකම ඍණ නම් පිළිතුර ලෙස ධණ අනන්තයත් ($-4 \times -\infty = \infty$) ලැබෙනවා.

අනන්තය අනන්තයෙන් බෙදීම ගණිතයේ තහනම් දෙයක්. එලෙසම බිංදුව බිංදුවෙන්ද බෙදීම ගණිතයේදී කිසිසේත් කළ නොහැකිය.

අපට ඉහත ආකාරයට අනන්තය යන්න තේරුම් ගැනීමට එතරම් අපහසු නැත. ඉහත දැක්වූයේ සංඛ්‍යාවකට යා හැකි උපරිම සීමාව අනන්තය ලෙසයි. එහෙත් අනන්තයේ තවත් ස්වරූපයක් පවතී. යම් අගයන් දෙකක් අතර තිබිය හැකි අතරමැදි අගයන් ගණන කොපමණද? උදාහරණයක් ලෙස, 8 හා 9 යන සංඛ්‍යා දෙක අතර තවත් සංඛ්‍යා කොපමණ තිබිය හැකිද? සිතා බලන්න. පිළිතුර අනන්තයකි. සලකනු ලබන සංඛ්‍යා දෙක කොතරම් ලොකු වුවත්, කොතරම් කුඩා වුවත් එම ඕනෑම සංඛ්‍යා දෙකක් අතර තවත් සංඛ්‍යා (අවස්ථා) අනන්ත ගණනක් ඇත. (අප ඇනලොග් හා ඩිජිටල් වෙනස පෙන්වීමට යොදා ගත්තේ මෙන්න මෙම සංකල්පයයි.) මේ දෙයාකාරයෙන්ම අනන්තය ගැන අවබෝධය ලබා ගන්න.

ඉතාම කුඩා සංඛ්‍යාවේ සිට ඉතා විශාල සංඛ්‍යාව දක්වා වූ විවිධාකාර අගයන්/සංඛ්‍යාවන් සමග අපට වැඩ කිරීමට සිදුවනවා. මෙම සියලුම සංඛ්‍යා රූපමය වශයෙන් **සංඛ්‍යා රේඛාවකින්** (number line) දැක්විය හැකියි.



ඉහත රූපයේ පැහැදිලිවම පේනවා සෘණ අනන්තයේ සිට ධණ අනන්තය දක්වා ඕනෑම සංඛ්‍යාවක් මෙම සංඛ්‍යා රේඛාව මත පෙන්විය හැකි බව. -4, -1, 0, 3, 5, 2908 ආදී ලෙස ඇති (දශම නැති) සංඛ්‍යා **ර්ණ සංඛ්‍යා** (whole number) හෙවත් **නිඛිල** (integer) ලෙස හැඳින්වෙන බව ඔබ දන්නවා. එම පූර්ණ සංඛ්‍යා **ඔත්තේ** (odd) හා **ඉරට්ටේ** (even) ලෙස නැවත දෙකොටසකට වර්ගීකරණය කළ හැකියි. (2න් බෙදූ විට 1ක් ඉතිරිවන සංඛ්‍යා ඔත්තේ ලෙසත් කිසිවක් ඉතිරි නොවන විට ඉරට්ටේ ලෙසත් හැඳින්වෙන බවද ඔබ දන්නවා). ධණ නිඛිල අතරේ **ප්‍රථමක සංඛ්‍යා** (prime number) ලෙස හැඳින්වෙන වැදගත් සංඛ්‍යා ජාතියක් ඇත. **ප්‍රථමක සංඛ්‍යා යනු එකෙනුත් එම සංඛ්‍යාවෙනුත් පමණක් ඉතිරි නැතිව බෙදිය හැකි, වෙනත් කිසිම සංඛ්‍යාවකින් ඉතිරි නැතිව බෙදිය නොහැකි සංඛ්‍යා වේ (හා 1 යනු ප්‍රථමක සංඛ්‍යාවක් ලෙස අතීතයේ සැලකුවත් දැන් 1 ප්‍රථමක සංඛ්‍යා ගොඩෙන් ඉවත් කර ඇත).** 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31 යනු ආරම්භක ප්‍රථමක සංඛ්‍යා වන අතර, මෙම සංඛ්‍යා අතරින් පතර අනන්තය තෙක් සංඛ්‍යා රේඛාව තුළ පවතී. ඉහත දැක්වූයේ ආරම්භක ප්‍රථමක සංඛ්‍යා පෙළ වන අතර ඒවා මතකේ තබා ගන්න. භාග ගණන් සෑදීමට ප්‍රථමක සංඛ්‍යා නැතිවම බැරිය. 2 හැර අනෙක් සියලුම ප්‍රථමක සංඛ්‍යා ඔත්තේ සංඛ්‍යාවක් වේ. (ඒකෙන් කියන්නෙ නැහැ හැම ඔත්තේ සංඛ්‍යාවක්ම ප්‍රථමක සංඛ්‍යාවක් බව.) ප්‍රථමක නොවන සෑම සංඛ්‍යාවක්ම සෑදී ඇත්තේ ප්‍රථමක සංඛ්‍යාවක හෝ කිහිපයක ගුණිතයකින්ය. උදාහරණ ලෙස, 4 = 2x2;   9 = 3x3;   12 = 2x2x3. එමනිසා, ප්‍රථමක නොවන සෑම නිඛිලයක්ම **සංයුක්ත** (composite) සංඛ්‍යා නමින් හැඳින් වේ.

ඉහත සංඛ්‍යා රේඛාවෙ ඕනෑම නිඛිල දෙකක් අතර නිඛිල නොවන සංඛ්‍යා අනන්ත ගණනක් ඇති බව ඔබ දන්නවා. මේ අතර, **භාග සංඛ්‍යා** (fractions) පවතිනවා. ½, ¾, 5/8, $\frac{5}{4}$ ආදී ලෙස ඒවා ලිවිය හැකියි. භාග සංඛ්‍යාවක ඉරෙන් උඩ (හෝ වම් අත පැත්තේ ඇති) අගය **ළවය** (nominator) ලෙසද, ඉරෙන් යට කොටස (හෝ දකුණු අත පැත්ත) **හරය** (denominator) ලෙසද හැඳින්වෙන අතර එය බොහෝ දෙනා "*හරකා උඩ ළමයා*" යන කෙටි කියමනින් මතක තබා ගන්නවා. **සෑම නිඛිලයක්ම අවශ්‍ය නම් භාගයක් විදියට සලකන්නත් පු වන් මොකද සෑම නිඛිලයක්ම යට 1 හරය ලෙස පවතිනවා.** ඒ කියන්නේ,

$1 = \frac{1}{1}$ $3 = \frac{3}{1}$ $496 = \frac{496}{1}$

භාගයක හරයට වඩා ළවය වැඩි වූ විට, එය **මිශ්‍ර භාගයක්** ලෙස ලිවිය හැකියි. (ළවය හරය මෙන් කී ගුණයක්ද හා ඉතිරිය හරයෙන් කීයෙන් පංගුවක්ද කියා වෙන වෙනම දැක්වීම මින් සිදු වේ.)

$6/4 = 1\,\frac{2}{4}$

එහෙත් මිශ්‍ර භාග සමග ගණන් සෑදීම අපහසු නිසා අප ගණන් සාදන විට මිශ්‍ර භාග සාමාන්‍ය භාග ලෙස පළමුව හරවාගත යුතුය. (එය කිරීමද ඉතා පහසුය. මිශ්‍ර භාගයේ මුලින් ඇති නිඛිල කොටස හරයෙන් වැඩි කර එය ළවයට එකතු කරන්න.)

භාග ගැන කතා කරන විට, **තුල්‍ය භාග** (equivalent fraction) ගැන දත යුතුය. තුල්‍ය භාග යනු සමාන භාග යන්නයි. එනම්, යම් භාගයක් එහි දැනට ඇති වටිනාකම වෙනස් නොවී එහෙත් වෙනස් ආකාරයක භාගයක් ලෙස

ලිවීම මින් සිදු වේ. හරය හා ළවය යම් ඕනෑම සංඛ්‍යාවකින් එක විට වැඩි කිරීමෙන් (හෝ බෙදීමෙන්) මෙය සිදු කළ හැකිය. මේ අනුව ½ කිව්වත් 3/6 කිව්වත් 10/20 කිව්වත් ඒ සියල්ලම අගයෙන් සාමානයි.

½ = { $\frac{1x2}{2x2}$ = } 2/4 = {(1x3)/(2x3)= } 3/6 = {(1x10)/(2x10) = } 10/20

භාග දෙකක් ගුණ කිරීම ඉතාම පහසුය. කළ යුත්තේ භාග දෙකෙහි හරයන් දෙක හා ළවයන් දෙක වෙන වෙනම ගුණ කිරීම පමණයි.

$\frac{4}{7}\,x\,\frac{3}{2}$ = (4x3)/(7x2) = 12/14

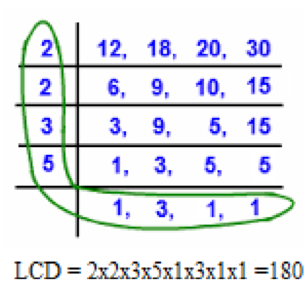
භාගයක් තවත් භාගයකින් බෙදීමට සරලයි. පළමු භාගය එලෙසම තබා, දෙවැනි භාගයේ හරය හා ළවය උඩ යට මාරු කර බෙදීම වෙනුවට වැඩි කිරීම සිදු කළ යුතුයි.

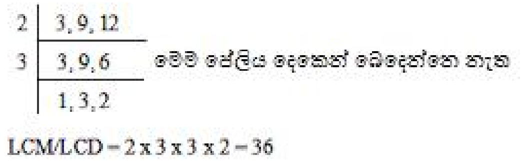
4/7 ÷ 3/2 = 4/7 x 2/3 = 8/21

භාග එකතු කිරීම (හා අඩු කිරීම) කිරීමේදී පළමුව භාග දෙකෙහි හරයන් සමාන කළ යුතුයි. මෙය සිදු කරන්නේ භාග දෙකම හරය එකම අගය ලෙස එන සේ තුල්‍ය භාග දෙකක් බවට හැරවීමෙනි. හරයන් දෙක දැනටමත් සමාන නම් එය කිරීමේ අවශ්‍යතාවක් නැත. එවිට, (හරයන් සමාන නිසා) පිළිතුර ලියන විට ළවන් දෙක පමණක් එකතු කර (හෝ අඩු කර), හරය නිකංම ලිවීම පමණි කළ යුත්තේ.

4/6 + 1/6 = (4+1)/6 = 5/6 4/5 – 3/5 = (4-3)/5 = 1/5

හරයන් සමාන නැති විට ඉහත කියූ ලෙස පළමුව තුල්‍ය භාග කළ යුතුයි. එය ප්‍රායෝගිකව කරන්නේ පෙර උගත් ප්‍රථමක සංඛ්‍යා උපයෝගි කර ගෙනයි. හරයන් දෙක (හෝ කිහිපයක් වුවත්) කොමා යොදා ලියා ප්‍රථමක සංඛ්‍යාවලින් බෙදාගෙන යා යුතුයි අවසන් පේලියේ සියලුම අගයන් ප්‍රථමක සංඛ්‍යා වන තුරු (ඕනෑම සංඛ්‍යාවක් ප්‍රථමක සංඛ්‍යාවල ගුණිතයක් බව ඉහත ඉගෙන ගත්තා මතකද? එනිසා ඕනෑම සංඛ්‍යාවක් ඉතිරි නැතිවම ප්‍රථමක සංඛ්‍යාවලින් බෙදිය හැකියි). මෙසේ බෙදන විට, කුඩාම ප්‍රථමක සංඛ්‍යාවෙන් පටන්ගත යුතුයි. එම සංඛ්‍යාවෙන් හරයන් කිහිපයම හෝ එකක් හෝ බෙදිය හැකි විය යුතුයි (එකවර සංඛ්‍යා කිහිපයම බෙදිය හැකි වීම අවශ්‍ය නැහැ. යම් සංඛ්‍යාවක් බෙදෙන්නේ නැතිනම්, එම සංඛ්‍යාවට මුකුත් නොකර එලෙසම ඊළඟ පේලියට ගෙන යා යුතුය). තවදුරටත් එම ප්‍රථමක සංඛ්‍යාවෙන් බෙදිය නොහැකි විට, ඊ ළඟට විශාල ප්‍රථමක සංඛ්‍යාවෙන් බෙදීම කළ යුතුය. මේ ආකාරයට බෙදාගෙනම යන්න.





ඉන්පසු වම්පස හා යටම ඇති සියලු ප්‍රථමක සංඛ්‍යා එකට ගෙන ගුණ කළ යුතුයි. මෙලෙස ලැබෙන අවසන් සංඛ්‍යාව **කුඩා පොදු ගුණාකාරය** (Least Common Denominator/ Multiple – LCD හෝ LCM) ලෙස හැඳින් වේ. ඉහත බෙදීම මගින් LCD සෙවීම කුඩා පොදුගුණාකාරය සෙවීම යනුවෙන් හැඳින් වේ. භාග දෙකෙහි (හෝ කිහිපයෙහි) කු.පො.ගු. සොයාගත් පසු, එම අගය භාග දෙකෙහිම හරයන් ලෙස දැන් ලිවිය යුතුය. එක් එක්

භාගයෙහි ළවයෙන් එම LCD අගය බෙදූ විට ලැබෙන සංඛ්‍යාව අදාළ තුල්‍ය භාගයේ නව ළවය ලෙස ලිවිය යුතුය. දැන් ඇත්තේ මුල් භාග දෙකට සමාන තුල්‍ය භාග කිහිපයක් වන අතර, එම තුල්‍ය භාග කිහිපයෙහිහි හරයන් සමාන නිසා සාමාන්‍ය පරිදි එකතු කිරීම (අඩු කිරීම) සිදු කළ හැකියි. දී ඇති භාගවල සියලුම හරයන් දැනටත් පවතින්නේ ප්‍රථමක සංඛ්‍යා ලෙස නම්, එම හරයන් සියල්ල එකට ගුණ කළ විට කු.පො.ගු. ලැබේ පහසුවෙන්ම.

$\frac{3}{12} + \frac{5}{18} + \frac{5}{20} + \frac{1}{30} = \frac{45}{180} + \frac{50}{180} + \frac{45}{180} + \frac{6}{180} = \mathbf{\frac{146}{180}}$ (12, 18, 20, 30 හි LCD එක 180 බව ඉහත ඇත)

භාග සංඛ්‍යාවක් ලෙස ලිවිය හැකි සෑම ඉලක්කමක්ම **පරිමේය** (rational) සංඛ්‍යා ලෙස හැඳින් වේ. ඒ අනුව සියලු නිඛිල හා භාග සංඛ්‍යා පරිමේය වේ. ඉහත සංඛ්‍යා රේඛාවේ ඕනෑම ඉලක්කම් දෙකක් අතර එලෙස භාග ස්වරූපයෙන් ලිවිය නොහැකි තවත් සංඛ්‍යාද ඇති අතර, එම සංඛ්‍යා **අපරිමේය** (irrational) සංඛ්‍යා ලෙස හැඳින් වේ. (1 (=1^2), 4 (=2^2), 9 (=3^2), 16 (=4^2), 25 (=5^2) ආදි වර්ග සංඛ්‍යා හැර) $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{6}$ ආදී ඕනෑම නිඛිලයක වර්ගමූලය අපරිමේය වේ. මේ ආකාරයට (1 (=1^3), (8=2^3), 27 (=3^3), 64 (=4^3), 125 (=5^3) ආදි ඝන සංඛ්‍යා හැර) ඕනෑම සංඛ්‍යාවක ඝනමූලයන්ද අපරිමේය වේ. ඒ ආකාරයටම හතරවැනි පස්වැනි ආදී වෙනත් මූලවලද අපරිමේය සංඛ්‍යා හමු වේ. නිතර හමුවන π හා e යන නියත පදද අපරිමේය වේ.

දශම සංඛ්‍යා (decimal numbers) යනුවෙන්ද සංඛ්‍යා වර්ගයක් හමු වේ. ඒවා අනිවාර්යෙන්ම නිඛිල නොවේ. සෑම දශම සංඛ්‍යාවක්ම භාග සංඛ්‍යාවක් ලෙස දැක්විය හැකිය. භාග සංඛ්‍යාවක් දශම ආකාරයටද ලිවිය හැකියි. යම් සංඛ්‍යාවක් තවත් සංඛ්‍යාවකින් බෙදන විට නිතරම වාගේ දශම සංඛ්‍යා ලැබේ. ඊට අමතරව මූල සෙවීමේදී ආදි ක්‍රමවලිනුත් දශම ලැබිය හැකිය. මේ කුමන ආකාරයකින් ලැබුණත්, දශම සංඛ්‍යා වර්ග තුනක් හමු වේ. **සමාවර්ත දශම** (recurring decimal) යනු ඉන් එක් වර්ගයකි. මෙහිදී යම් දශමස්ථානයට පසුව ඇති යම් දශම කොටසක් ඉවරයක් නැතිවම නැවත නැවත මතු වේ. උදාහරණ ලෙස, එක තුනෙන් බෙදන්න.

1/3 = 0.33333333

මෙහි 3 ඉලක්කම ඉවරයක් නැතිවම ලැබේ. තවත් උදාහරණයක් බලමු.

2430/999 = 2.432432432

මෙහි 432 යන කොටස නැවත නැවත මතු වේ. මෙවැනි සංඛ්‍යා ලියා ඉවරයක් කළ නොහැකිය. සාමාන්‍යයෙන් කරන්නේ නැවත නැවත මතුවන කොටසට ඉහළින් ඉරි **කැබැල්ලක්** (bar) ඇඳීමයි. ඒ අනුව ඉහත දශම සංඛ්‍යා දෙක $0.\overline{3}$ හා $2.\overline{432}$ ලෙස ලිවිය හැකියි. සමාවර්ත දශම සංඛ්‍යාවක් ඉතා පහසුවෙන්ම භාග සංඛ්‍යාවකට හැරවිය හැකිය. එය කරන ආකාරය පහත දැක්වේ. පළමුව දශම සංඛ්‍යාව x විචල්‍යයට සමාන කරන්න. දැන් දශම සංඛ්‍යාවේ පළමුවෙන්ම හමුවන සමාවර්ත කොටස ඉවත්වන තෙක් වැඩි කරන්න දහයේ ගුණාකාරයකින්. සමාවර්ත දශමයක් නිසා, එක් දශම කොටසක් දශමස්ථානයෙන් වමට ගියද තවත් එවැනිම දශම කොටසක් මතු වන බවද මතක තබා ගන්න. ඉන්පසු, මෙම නව ප්‍රකාශනයෙන් පළමු ප්‍රකාශනය අඩු කරන්න. ඉන්පසු X උක්ත කරන්න.

$X = 2.\overline{432}$	-------------------------- (1)	සමාවරථ දශමය X ට සමාන කර
$1000X = 2432.\overline{432}$	--------------------(2)	පළමු සමාවර්ථ වන දශම කොටස ඉවත් වීමට 1000න් ගුණ කර
(2) – (1):	$1000X - X = 2432.\overline{432} - 2.\overline{432}$	එක ප්‍රකාශනයක් අනෙක් ප්‍රකාශනයෙන් අඩු කර
$999X = 2430$ =>	*X = 2432/999*	X උක්ත කර

මෙම X කියන්නේ දශම සංඛ්‍යාවම වන අතර එය දැන් ඇතේත් භාගයක් ආකාරයෙනි.

අනෙක් දශම සංඛ්‍යා වර්ගය **අන්ත දශම** (terminating decimal) වේ. මෙහි නමින්ම කියන පරිදි, දශම සංඛ්‍යාව සමාවර්ත නොවී බෙදීම කෙළවර වේ. උදාහරණ ලෙස ½ යන භාගය 0.5 ලෙස ලැබේ. මෙවැනි දශම සංඛ්‍යාවක් භාග සංඛ්‍යාවක් කිරීමද ඉතාම පහසුය. දශමය ලියන්න. ඕනෑම ඉලක්කමක් යට 1 තිබෙන බව මුලදී පැවසුවා මතකද? දැන් ළවය ලෙස දශම සංඛ්‍යාවත් හරය ලෙස 1 ත් තිබෙන පරිදි ලියා, ළවයේ සියලු දශමස්ථාන ඉවත්වන තුරු හරය හා ළවය දෙකම එකම විදියට වැඩි කරන්න. උදාහරණයක් බලමු.

0.432 => $\frac{0.432}{1}$ => $\frac{0.432\,x\,1000}{1\,x\,1000}$ => $\frac{432}{1000}$

මෙය දැන් පවතින්නේ භාග සංඛ්‍යාවක් ලෙසයි. අනෙක් දශම සංඛ්‍යා වර්ගය නම් **අනන්ත දශම** (non-terminating decimals) වේ. එහිදී කොපමණ බෙදාගෙන ගියත් දශමස්ථාන නවතින්නේ නැත. සමාවර්ත සේ එකම කොටසද නැවත නැවත මතු නොවේ. මෙවැනි දශම තමයි ඉහත අපරිමේය සංඛ්‍යා කියා කියන්නෙත්. සාමාන්‍යයෙන් දශමස්ථාන අනන්ත ගණනක් ලිය ලියා ඉන්නේ නැතිව අපට අවශ්‍ය දශමස්ථානය දක්වා පමණක් නිවැරදිව දැක්වීම සම්ප්‍රදාය වෙනවා. එලෙස ආසන්න ලෙස නිවැරදිතාවක් පවතින දශම සංඛ්‍යාව (එය දැන් අන්ත දශම ස්වරූපයක් ගෙන ඇති බව පෙනේ) අවශ්‍ය නම් භාග සංඛ්‍යාවක් ලෙස ලිවිය හැකියි. එලෙස අප පහත දැක්වෙන අපරිමේය (හෙවත් අනන්ත දශම) සංඛ්‍යාවල ආසන්න අගයන්, එදිනෙදා ගණන් සෑදීමේදි භාවිතා කළ හැකියි. මෙම අගයන් බහුලවම භාවිතා වන බැවින් කටපාඩම් කරගන්න.

e = 2.7183

π = 3.1416   (මෙයම අප 22/7 ලෙස බොහෝ අවස්ථාවල භාග ස්වරූපයෙන් ලියනවා.)

$\sqrt{\mathbf{2}} = \mathbf{2.1416}$

යම් සංඛ්‍යාවක් අපට අවශ්‍ය ආසන්න සංඛ්‍යාවක් දක්වා නිවැරදි වන ලෙස ලිවීමට අපට නිතර සිදු වෙනවා. එය ඔබ සාමාන්‍ය ජීවිතයෙදිත් සිදු කරනවා නේද? ඔබ කඩයකින් කලිසමක් ගත්තේ රුපියල් 2430කට නම්, ඔබ කියන්නේ කලිසම 2500ක් වුවා කියලයි. එතැනදී ඔබ කළේ නිවැරදිම අගය වෙනුවට ආසන්න අගයක් ප්‍රකාශ කිරීමයි. සාමාන්‍ය ජීවිතයේ පමණක් නොව, ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් හා වෙනත් තාක්ෂණික අවශ්‍යතාවලදී ඔබට මෙම දේ නිතරම සිදු කිරීමට සිදු වෙනවා. මෙම ගණිත කර්මය **සන්නිකර්ෂණය** (approximation හෝ rounding off) ලෙස හැඳින් වෙනවා. ඔබට සාමාන්‍ය ජීවිතයේදී කිසිදු මෙවැනි ගණිත දැනුමක් නැතිවම සන්නිකර්ෂණය සිදු කරන්නේ ඔබේ සාමාන්‍ය බුද්ධිය හේතුකොට ගෙනය. එහෙත් නිවැරදිවම එය ගණිතය තුළ සිදු කරන ආකාර කිහිපයක් ඇත.

1. දශම සංඛ්‍යාවක දශම කොටස සම්පූර්ණයෙන්ම ඉවත් කිරීම (උදා: 3.45 -> 3). මෙය තවදුරටත් දශම නොවන සංඛ්‍යා සඳහාද සිදු කළ හැකියි (එහෙත් මෙහිදී දශමවලදී කළාක් මෙන්, සම්පූර්ණයෙන් එම කොටස ඉවත් කළ නොහැකිය. එසේ කළොත් ආසන්න අගයකට පත් වීම නොව, සංඛ්‍යාව බරපතල ලෙස අගයෙන් කුඩා වීම සිදු වේ. ඒ වෙනුවට කරන්නේ එම ඉලක්කම් බිංදු බවට පත් කිරීමයි). උදාහරණ ලෙස, 34632 -> 34000 (ඔබේ පඩිය ඇත්තටම 34632 වුවත් ඔබ එය කියන්නේ මට 34000ක පඩියක් ලැබෙනවා කියා නේද?) සාමාන්‍ය ජීවිතයේදී සිදු කරන සන්නිකර්ෂණය මීට සමානයි නේද?

2. සන්නිකර්ෂණය සිදු කිරීමට යන ස්ථානයට පසුව ඇති ඉලක්කම 5ට අඩු නම්, එම ඉලක්කමද ඇතුළුව එතැන් සිට දකුණට ඇති ඉලක්කම් 0 කළ යුතු අතර, එම ස්ථානයේ තිබුණේ 5 හෝ ඊට වැඩි ඉලක්කමක් නම්, සන්නිකර්ෂණය සිදු කරන ස්ථානයේ ඉලක්කමට 1 ක් එකතු කර, ඊට පසුව ඇති ඉලක්කම් 0 කළ යුතුය. උදාහරණ ලෙස

   244624 -> 240000 (සන්නිකර්ෂණය කරන ස්ථානය වම් අත පැත්තෙන් දෙවැනි ඉලක්කම සේ ගත් විට)
   244624 -> 245000 (දැන් සන්නිකර්ෂණය කරන ස්ථානය වම් අත පැත්තෙන් තෙවැනි ඉලක්කමයි.)

3. යම් අගයක් සන්නිකර්ෂණය කරන විට, සමහර විට අපට අවශ්‍ය වෙනවා එසේ සන්නිකර්ෂණය කළ පසු ලැබෙන සංඛ්‍යාව මුල් සංඛ්‍යාවට වඩා අගයෙන් අඩු නොවීමට වග බලාගන්නට. මෙහිදී බොහෝ විට කරන්නේ සන්නිකර්ෂණය කිරීමට යන ස්ථානයට එකක් එකතු කර ඊට පසුව ඇති ස්ථාන 0 ලෙස ලිවීමයි. උදා: 24535 ->25000 (වමේ සිට දෙවැනි ඉලක්කම සලකා බැලූ විට). මෙම සන්නිකර්ෂණය flooring යන විශේෂ නාමයෙන්ද හැඳින් වේ

   මෙම flooring එකේ අනෙක් පැත්තටද සන්නිකර්ෂණය කළ හැකි අතර එය ceiling යන නාමයෙන් හැඳින් වේ. මෙහිදී, සන්නිකර්ෂණය කරපු සංඛ්‍යාව හැමවිටම මුල් සංඛ්‍යාවට වඩා අගයෙන් වැඩි නොවිය යුතුය. මෙය කරන්නේ සන්නිකර්ෂණය කරන ස්ථානයේ සිට දකුණට ඇති ඉලක්කම් නිකංම 0 බවට පත් කිරීමෙනි. උදා: 4245 -> 4200

අවශ්‍යතාවේ හැටියට ඉහත තමන් කැමැති සන්නිකර්ෂණ ක්‍රමයක් ඔබට භාවිතා කළ හැකිය.

භාග සේම දශම සංඛ්‍යාද එකතු කිරීම බෙදීම ආදී ගණිත කර්ම සිදු කරනවා. දශම සංඛ්‍යාවක අගට ඇති බිංදුවල වටිනාකමක් නැත. එමනිසා, 2.0420000 = 2.042 ලෙස ලිවිය හැකියි. තවද, දශම දෙකක් එකතු (හෝ අඩු) කරන විට, දශම තිත් දෙක එක එල්ලේ තබා එය කළ යුතුය (තවද, දශම සංඛ්‍යා දෙකෙහිම ගණනය කිරීමේදී පළමුව දශම කොටසද ඉන්පසු නිඛිල කොටසද ගණනය කිරීම කළ යුතුය.)

43113.34031
    45.82   +
43159.16031

දශම සංඛ්‍යා දෙකක් ගුණ කරන විට, පළමුව දශම තිත් නැතැයි සිතා ගුණ කර, පසුව එම සංඛ්‍යා දෙකෙහිම තිබූ දශමස්ථාන ගණනට සමාන දශමස්ථාන ගණනක් ලැබුණු **ගුණිතයේ** (product) දකුණු පස සිට වම් පසට බලා දශම තිත තබන්න.

32.56 x 3.4 = 120.904 (පළමුව දශම තිත් නැතැයි සිතා ගුණ කළ විට, 120904 ලැබේ. දැන් පළමු සංඛ්‍යාවේ දශමස්ථාන දෙකත් දෙවැනි සංඛ්‍යාවේ එක් දශමස්ථානයත් එකතු කළ විට දශමස්ථාන තුනක් වෙන් කළ යුතුය. එනිසා දශම තිත දකුණු පස සිට ස්ථාන තුනක් වමට ගිය තැන තැබිය යුතුය.)

දශම සංඛ්‍යාවක් තවත් දශම සංඛ්‍යාවකින් බෙදන විට, පළමුව හරයේ හා ලවයේ ඇති දශම ඉවත් වන තුරු ඒවා (10, 100, 1000, ආදී සුදුසු දහයේ ගුණාකාරයකින්) වැඩි කරන්න (එනම්, හරයේ හෝ ලවයේ වැඩිම දශමස්ථාන ගණනට සමාන දහයේ ගුණාකාරයකින් හරය හා ලවය දෙකම වැඩි කරන්න). ඉන්පසු සාමාන්‍ය පරිදි බෙදීම සිදු කළ හැකියි.

43.13/3.345 (=> 43130/3345) = 12.89387144992526

යම් සංඛ්‍යාවක් එම සංඛ්‍යාවෙන්ම වැඩි කළ විට, එම ගුණිතයට අප **වර්ගය** (squared) යැයි පවසනවා. 4 (=2x2), 81 (=9x9), ආදි සංඛ්‍යා ඒ අනුව වර්ග සංඛ්‍යා වේ. X නම් යම් සංඛ්‍යාවක් එම සංඛ්‍යාවෙන්ම වැඩි කළ විට එය X^2 ලෙස ලියා දක්වනවා. එහි විලෝමය හෙවත් "රිවර්ස් එක" හඳුන්වන්නේ **වර්ගමූලය** (square root) කියාය. එය සංකේතාත්මකව √ යන සලකුණින් දැක්වේ. ඒ අනුව යම් x නම් සංඛ්‍යාවක් සෑදී ඇත්තේ, y නම් සංඛ්‍යාවක් එම y සංඛ්‍යාවෙන්ම වැඩි වීමෙන් නම්, එම y සංඛ්‍යාව x හි වර්ගමූලය ලෙස හැඳින් වේ.

X = Y x Y නම්, Y යනු X හි වර්ගමූලයයි. එය සංකේතාත්මක ලියන්නේ $\sqrt{X}$ = Y ලෙසයි.

යම් X නම් සංඛ්‍යාවක් එම සංඛ්‍යාවෙන්ම වැඩි කර නැවත එම සංඛ්‍යාවෙන්ම වැඩි කළ විට (එනම් එම සංඛ්‍යාව තුන් වරක් වැඩි වේ), එය X^3 ලෙස ලියන අතර එය **ඝනය** (cubed) ලෙස හැඳින් වේ. ඒ අනුව $8 = 2x2x2 = 2^3$ ලෙස ලිවිය හැකි අතර, 8 යනු 2 හි ඝනය වේ. එහි විලෝමය **ඝන මූලය** (cubic root) වන අතර එය සංකේතාත්මකව $\sqrt[3]{}$ ලෙස දැක්වේ. ඒ අනුව 2 යනු 8 හි ඝන මූලය වේ ($\sqrt[3]{8} = 2$).

මේ ආකාරය හතර වැනි බලය (X^4), පස්වැනි බලය (X^5) ආදි ලෙස විවිධ බල සහිත සංඛ්‍යා තිබිය හැකියි. එලෙසම, ඒ සෑම බලයකටම අනුරූපව ඒවායේ විලෝමයන් ලෙස හතරවැනි මූලය, පසුවැනි මූලය ආදී ලෙස මූලයන්ද සෙවිය හැකියි.

බලයකට නැංවූ සංඛ්‍යාවක අගය සෙවීම ඉතාම පහසු වුවත් මූල සෙවීම අපහසුය. 4, 9, 16 ආදී සංඛ්‍යාවලට ලස්සනට නිඛිල මූල හමු වුවත් අනෙක් සෑම සංඛ්‍යාවකම වර්ගමූල ලැබෙන්නේ අපරිමේය (අනන්ත දශම) සංඛ්‍යා ලෙස බව පෙර අවස්ථාවකත් පැවසුවා මතකද? බලයකට නැංවීම හා මූල යනුද වැඩි කිරීම හා බෙදීම යන ගණිත කර්ම දෙකෙහි දියුණු අවස්ථා දෙකක් බව මතක තබා ගන්න (එනම් බලයකට නැංවීම හා මූල යනු වැඩිකිරීම හා බෙදීමෙහි නෑයන් දෙදෙනෙකි).

1 වර්ග කළ විට ලැබෙන්නේද 1 මයි. එක තුන්වැනි සිව්වැනි හෝ ඕනෑම බලයකට නැංවුවද ලැබෙන්නේම එකමයි. එමනිසාම 1 හි ඕනෑම මූලයක් ගත් විටද ලැබෙන්නේ එකමයි. එය 1 නම් සංඛ්‍යාවේ ඇති සුවිශේෂිතාවයි.

තවද, 2 x 2 = 4 වුවා සේම, -2 x -2 = 4 වේ (එකම ජාතියේ සලකුණු දෙකක් වැඩි කරන විට හෝ බෙදන විට ධණ ලැබෙන බව ඔබ දන්නවා). මේ නිසා 4 හි මූලය 2 වුවා සේම -2 යනුද 4 හි වර්ගමූලයක් විය යුතුයි නේද? (මෙම ගතිගුණය 2 මූලය, 4 මූලය , 6 මූලය ආදී සෑම ඉරට්ටේ මූලවලට පොදුය. ඒ අනුව, 16 හි හතරවැනි මූලය 2 සේම -2 ද වේ.) එහෙත්, තෙවැනි මූලය, පස්වැනි මූලය ආදී ඔත්තේ මූල එසේ නොවේ (උදා: 2x2x2 = 8 වුවත් -2 x -2 x -2 = -8 වේ).

ඉහත දැක්වෙන ආකාරයට 5x5x5x5x5x5 වෙනුවට 5^6 (පහේ හයවැනි බලය ලෙස මෙය ශබ්ද කරනවා) ලෙස කෙටියෙන් ලිවිය හැකියි. මෙහි ඉහළට එසවී තිබෙන ඉලක්කම (superscript), **බලය** (power හෝ exponent) හෝ **දර්ශකය** (index) ලෙසද පහතින් සාමාන්‍ය පරිදි ඇති ඉලක්කම **පාදය** (base) ලෙසද හැඳින්වෙනවා. එමනිසා, මෙවැනි සංඛ්‍යා දර්ශක සංඛ්‍යා ලෙසද හැඳින් වෙනවා.

මෙම බලයට නැංවීම (හෙවත් X^y ආකාරය සංඛ්‍යා ලිවීම) තවත් ආකාරයකින් දැක්විය හැකියි. බලය ඉහළට ඔසවන්නේ නැතිව ^ (hat) යන සංකේතය සමග එය යොදන ක්‍රමයක් තිබෙනවා. එනම්, 5^6 ලෙසද ඉහත සංඛ්‍යාවම ලිවිය හැකියි. බලයට නැංවීමේදී ඇත්තේ ලිවීමේ පහසුව පමණක් නොවේ. දර්ශක සංඛ්‍යා සමග අපට වටිනා ගණිත කර්ම කිහිපයක්ද සිදු කළ හැකියි. ඒවා මා සංක්ෂිප්තව පහත දක්වනවා.

1. $T^a \times T^b = T^{a+b}$

   (එනම්, එකම පාදය ඇති දර්ශක සංඛ්‍යා දෙකක් ගුණ කරන විට එම දර්ශක දෙක එකතු වේ.)

2. $T^a / T^b = T^{a-b}$

   (එකම පාදය ඇති දර්ශක සංඛ්‍යා දෙකක් බෙදන විට, ළවයේ දර්ශකයෙන් හරයේ දර්ශකය අඩු වේ.)

3. $(T^a)^b = T^{ab}$

   (යම් දර්ශක සංඛ්‍යාවක් නැවත බලයකට නංවන විට, එම දර්ශක දෙක පමණක් ගුණ කෙරේ.)

4. $T^{-a} = 1/T^{a}$ හා $T^{a} = 1/T^{-a}$

(යම් දර්ශකයක **ප්‍රතිලෝමය** (inverse) ගැනීමේදී දර්ශකයේ සලකුණ පමණක් මාරු වේ.)

5. $T^{0} = 1$ හා $T^{1} = T$

(ඕනෑම සංඛ්‍යාවක බිංදුව වැනි බලය 1 ට සමාන වන අතර, ඕනෑම සංඛ්‍යාවක පළමු වැනි බලය එම සංඛ්‍යාවටම සමාන වේ.)

6. $T^{1/a} = \sqrt[a]{T}$

(ඕනෑම සංඛ්‍යාවක 1/a වැනි බලය යනු එම සංඛ්‍යාවේ a වැනි මූලයට සමානයි.)

ඉහත රීති දර්ශක නීති ලෙස හැඳින් වේ. දර්ශක සංඛ්‍යා දෙකක් අතර එකතු කිරීම හා අඩු කිරීම එලෙස සිදු කළ නොහැකි අතර, ඒ සඳහා අමුතුවෙන් රීතිද නැත.

සංඛ්‍යාවක ප්‍රතිලෝමය යනු හරය හා ලවය මාරු කිරීම හෙවත් උඩ යට මාරු කිරීමයි.

අපට නිතරම හමුවන දර්ශක සංඛ්‍යාවල පාදය 10 වේ (ඕනෑම සංඛ්‍යාවක් ඔබට අවශ්‍ය නම් දර්ශක සංඛ්‍යාවක පාදය ලෙස ගත හැකිය).

ඕනෑම නිඛිල හෝ දශම සංඛ්‍යාවක් **සම්මත ආකාරය** (standard notation) යැයි පවසන ක්‍රමයකට ලිවිය හැකිය. එය කිරීම ඉතාම පහසුය. මුල් සංඛ්‍යාව ගෙන, එය දශම තිතට මුලින් බිංදුව නොවන වෙනත් එක් ඉලක්කමක් පමණක් දශම තිතට වම් පැත්තට එන පරිදි දශම සංඛ්‍යාවක් ලෙස ලියන්න. ඉන්පසු, එම දශම සංඛ්‍යාව මුල් සංඛ්‍යාවට අගයෙන් සමාන වීමට වැඩි කළ යුතු දහයේ ගුණාකාරය ලියන්න. මෙම දහයේ ගුණාකාරය දර්ශක ක්‍රමයට ලිවූ විට අපට ලැබෙන්නේ සම්මත ආකාරයට ලියූ සංඛ්‍යාවකි. උදාහරණයක් ගෙන බලමු.

75325.14 (-> 7.532514 x 10000) = $\underline{7.532514 \times 10^{4}}$
0.0034 (-> 3.4 x 0.0001 = 3.4 x (1/1000)) = $\underline{3.4 \times 10^{-3}}$

ඉහත සම්මත ආකාරය ලියන තවත් ක්‍රමයක් ඇත. ඊට e (හෝ E) යන අකුර යොදා ගන්නවා. එහිදී, 10 යන පාදය ලියන්නේ නැත; ඉහළට එසවූ දර්ශක ලියන්නේද නැත (එමනිසා පහසුයි මෙම ක්‍රමයෙන් සම්මත ආකාරයට සංඛ්‍යා ලිවීම). ඉහත සංඛ්‍යා දෙක මෙම දෙවන ආකාරයට පහත ලෙස ලිවිය හැකියි.

7.532514×10^{4} = 7.532514e4 හෝ 7.532514+e4
3.4×10^{-3} = 3.5e-3

දර්ශක ගැන පැවසීමේදී තවත් වැදගත් වචනයක් අපට හමු වනවා order (ඕර්ඩර්) නමින්. ඕර්ඩර් එක යනු දර්ශක සංඛ්‍යාවක දර්ශකයෙන් පෙන්වන අගයම වේ. උදාහරණයක් ලෙස, 10^{5} යන දර්ශක සංඛ්‍යාවේ ඕර්ඩර් එක 5 වේ. මෙම වචනය නිතර භාවිතා වෙන්නේ යම් අගයක් තවත් අගයකට වඩා කොතරම්ද (එනම්, අනුපාතය කොපමණද යන වග) යන්න පැවසීමේදීය. උදාහරණයක් ලෙස, යම් x නම් රෙසිස්ටරයක ප්‍රතිරෝධය තවත් y නම් රෙසිස්ටරයක ප්‍රතිරෝධයට වඩා ඕර්ඩර් දෙකකින් වැඩියි කියූ විට ඉන් අදහස් කෙරෙන්නේ, එම x රෙසිස්ටරයේ ප්‍රතිරෝධය y හි ප්‍රතිරෝධයට වඩා 100 (10^{2})ගුණයකින් "වැඩි" බවයි. එලෙසම, 10^{-5} යන්නෙහි ඕර්ඩර් එක -5 වේ. මෙය ඍණ සංඛ්‍යාවක් නිසා අනුපාතය "අඩු" (ධණ වූ විට "වැඩි" වේ) ලෙස සැලකිය යුතුයි. උදාහරණයක් ලෙස, x හි ප්‍රතිරෝධය y හි ප්‍රතිරෝධයට වඩා ඕර්ඩර් 2ක් "අඩුයි" කියා පැවසුවොත් ඉන් අදහස් වෙන්නේ x හි

අගය y හි අගයට වඩා 100 ගුණයකින් අඩු බව හෙවත් x හි අගය y හි අගය මෙන් 1/100 ($1/10^2 = 10^{-2}$) ගුණයක් බවයි.

බොහෝ අවස්ථාවලදී ඕර්ඩර් එක පැවසීමේදී 10 යන්න පාදය ලෙස සැලකේ (ඉහත උදාහරණ දෙක බලන්න). එහෙත් හැමවිටම එය එසේ විය යුතු නැත. බොහෝ වෙලාවට පාදය ලෙස දහය ගැනෙන්නේ අප එදිනෙදා වැඩ කටයුතු කරන්නේ දහයේ පාදයෙන් නිසාය. එහෙත් තාක්ෂණික ලෝකයේදී දෙකේ පාදය, දහසයේ පාදයද නිතරම භාවිතා වේ (විශේෂයෙන් ඩිජිටල් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් හා පරිගණක තාක්ෂණයේදී). මෙවැනි අවස්ථාවල ඕර්ඩර් එක ඒ ඒ අදාළ පාදයට අනුව සැලකිය යුතුය. උදාහරණයක් ලෙස, දෙකේ පාදයෙන් වැඩ කරන විටක, 2^5 ලෙස ඇති අවස්ථාවක 5 යනු ඕර්ඩර් එක වුවත්, දැන් එහි පාදය දහය නොව, 2 බව මතක තබා ගන්න. ඒ අනුව එම අවස්ථාවේ x හි අගය y හි අගයට වඩා ඕර්ඩර් පහකින් වැඩි යැයි පැවසූ විට, ඉන් අදහස් වන්නේ y හි අගය x හි අගය මෙන් 2^5 හෙවත් (2x2x2x2x2 =) 16 ගුණයකින් වැඩි බවයි. මේ ආකාරයට ඕර්ඩර් යන වචනය තේරුම් ගැනීමට පුරුදු වන්න. පොත පුරාම මෙම වචනය නිතරම හමු වෙතත් බොහෝ දෙනෙක්ට මෙහි ඇති සරල තේරුම අවබෝධ වී නැති නිසයි මෙලෙස එය පැහැදිලි කළේ.

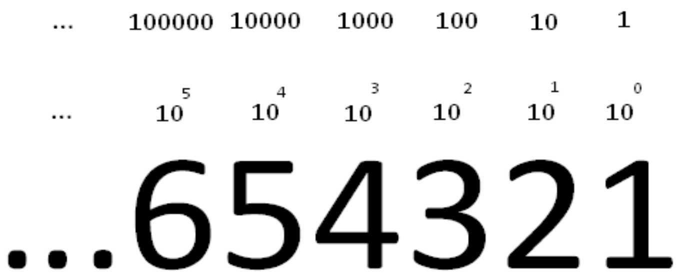
අප උපන්දා සිට වැඩ කිරීමට පුරුදුව ඇත්තේ දහයේ පාදයේ සංඛ්‍යා සමගයි. දහයේ පාදයේ සංඛ්‍යා යනු එකිනෙකට වෙනස් සංඥා හෙවත් **ඉලක්කම්** (digits) දහයක් ආශ්‍රයෙන් ඕනෑම සංඛ්‍යාවක් (number) ලිවීමයි. මෙම එකිනෙකට වෙනස් ඉලක්කම් දහය වන්නේ ඔබ කවුරුත් දන්නා 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0 වන ඉන්දු අරාබි ඉලක්කම් වේ. වේ. ඕනෑම ලොකු කුඩා අගයක් මෙම ඉලක්කම් දහය උපයෝගි කරගෙන සංඛ්‍යාවක් ලෙස ලිවිය හැකි බව ඔබ දන්නවා.

සංඛ්‍යා හා ඉලක්කම් (හෙවත් අංක) යනු බොහෝ දෙනා සමාන තේරුම් ඇති පද ලෙස සැලකුවත්, ඒ දෙක වෙනස් බව තේරුම් ගන්න. සංඛ්‍යාවක රාජකාරිය වන්නේ අගයක් (value හෝ magnitude) ප්‍රකාශ කිරීමයි. ඉලක්කම්වල රාජකාරිය වන්නේ එම සංඛ්‍යා ලිවීමට උපකාරි කිරීමයි. ඒ අනුව උපමාවකින් දක්වන්නේ නම්, ඉලක්කම් යනු භාෂාවක හෝඩිය බඳුයි. හෝඩියක ඇත්තේ සීමිත අකුරු ගණනක්. උදාහරණයක් ලෙස ඉංග්‍රීසි හෝඩියේ ඇත්තේ අකුරු 26ක් පමණයි. එලෙසම ඉලක්කම් යනුද ගණිතය නම් භාෂාවේ හෝඩිය වන අතර එහි ඉලක්කම් ගණන 10 වේ (දහයේ පාදයේ සංඛ්‍යා සඳහා). සීමිත අකුරු විවිධ විදියට කලවම් කර අනන්ත වූ වචන ප්‍රමාණයක් සෑදිය හැකි සේම, ඉලක්කම් මිශ්‍ර කර අනන්ත ගණනක් වූ සංඛ්‍යා නිර්මාණය කළ හැකියි. ඒ අනුව සංඛ්‍යා යනු භාෂාවක වචන බඳුයි. මා මෙම අතිරේකය පටන් ගන්න කොටත් පැවසුවා ගණිතය යනුද භාෂාවක් බව. දැන් එය තවදුරටත් ඔබට ප්‍රත්‍යක්ෂ වුවා යැයි මා සිතනවා.

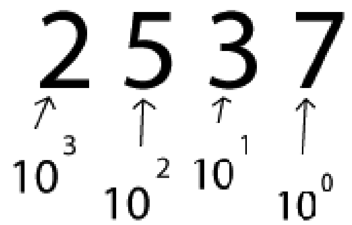
ගණිත හෝඩියේ ඉලක්කම් ගණන හැම විටම දහයම විය යුතු නැත. එය ඕනෑම ගණනක් විය හැකියි. අප බහුලවම භාවිතා කරන්නේ දහය, දෙක, හා දහසයයි. එමනිසා, මේ එක් එක් ක්‍රම ගැන දැන් සලකා බලමු. යම් සංඛ්‍යාවක් ලිවීමට භාවිතා කරන හෝඩියේ ඉලක්කම් ගණන එම සංඛ්‍යාවේ **පාදය** (base) ලෙස හැඳින් වේ. ඒ අනුව නිතර භාවිතා කරන සංඛ්‍යා දහයේ (decimal) පාදයේ සංඛ්‍යා ලෙස සැලකේ. ඉලක්කම් දෙකක් පමණක් යොදාගෙන ලියනු ලබන සංඛ්‍යා දෙකේ (binary) පාදයේ වේ. ඉලක්කම් දහසයක හෝඩියකින් ලියන සංඛ්‍යා දහසයේ (hexadecimal හෝ hex) පාදයේ සංඛ්‍යා වේ. යම් සංඛ්‍යාවක වැඩිම ස්ථානීය අගය ඇති ඉලක්කම හෙවත් වම් අත පැත්තේ කෙළවරම ඇති ඉලක්කම MSD (Most Significant Digit) ලෙසද, අඩුම ස්ථානීය අගය පෙන්වන ඉලක්කම හෙවත් දකුණත පැත්තේ කෙළවරම ඇති ඉලක්කම LSD (Least Significant Digit) ලෙසද හැඳින් වේ. (දෙකේ පාදයේ සංඛ්‍යා සඳහා MSD හා LSD හි අවසන් D අකුර වෙනුවට B අකුර ආදේශ වී MSB හා LSB ලෙස සකස් වේ. ඊට හේතුව එම නම්, Digit වෙනුවට Bit යන්න ආදේශ වීමයි.)

යම් සංඛ්‍යාවක් ලියන විට, එම සංඛ්‍යාව තුළ එක් එක් ඉලක්කම් පිහිටා ඇති ස්ථානය අනුව ඒ ඒ ඉලක්කමට ස්ථානීය අගයක් හිමි වේ. එම ස්ථානීය අගය එම සංඛ්‍යාව ලියන පාදයේ විවිධ බල ලෙස පහසුවෙන් දැක්විය හැකියි. ස්ථානීය අගයට අමතරව, ඒ ඒ ඉලක්කමටද එම ඉලක්කමෙන් ඉබේම පෙනෙන අගයද (මුහුණත් අගය)

ඇත. එනම්, 5 යන ඉලක්කමේ අගය පහය. 9 යන ඉලක්කමේ අගය නවයයි. පහත දැක්වෙන්නේ දහයේ පාදයේ සංඛ්‍යාවක ස්ථානීය අගයන් සහිතව පෙන්වා දීමකි.

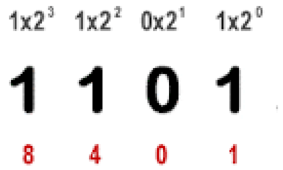


ඉහත 5 ඉලක්කම පිහිටා ඇත්තේ 10^4 හෙවත් 10000 යන ස්ථානීය අගය සහිත ස්ථානයේය. එමනිසා, 5 යන ඉලක්කම 10000 යන ස්ථානීය අගය සහිත ස්ථානයේ පිහිටීම නිසා, සංඛ්‍යාව තුළ එම ඉලක්කම විසින් ඇති කරගන්නා මුළු අගය වන්නේ 5x10000 හෙවත් 50000 වේ. එලෙසම, 3 යන ඉලක්කමට 10^2 යන ස්ථානීය අගය ඇති නිසා, එම ඉලක්කම එම සංඛ්‍යාව තුළ 3x100 හෙවත් 300 යන මුළු අගයක් හිමි කර ගන්නවා. ඒ ආකාරයට යම් සංඛ්‍යාවක් තුළ ඇති එක් එක් ඉලක්කම්වල මුළු අගයන් එකතු කළ විට ලැබෙන්නේ එම සම්පූර්ණ සංඛ්‍යාවේ අගය බව පෙනෙනවා.



2*1,000 + 5*100 + 3*10 + 7*1 = 2,537

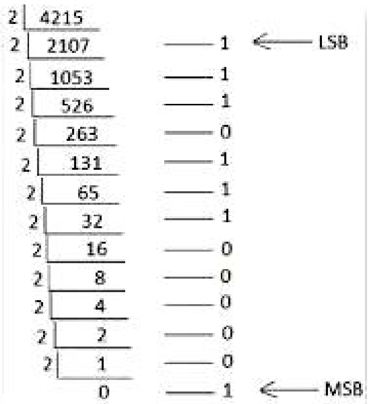
එලෙසම දෙකේ පාදයේ සංඛ්‍යාවක ස්ථානීය අගයන්ද පහත රූපයේ දැක්වේ. දෙකේ පාදය සඳහා 1 හා 0 යන සංඥා දෙක පමණක් යොදා ගැනේ. **බයිනරි ඉලක්කම** (binary digit) යන්න **බිට්** (bit) යන කෙටි “සුරතල්” නාමයෙන් හැඳින් වේ. Bit යන්න සෑදී ඇත්තේ binary + digit = bit ලෙසය.



මේ ආකාරයට ඕනෑම පාදයකින් දක්වා ඇති සංඛ්‍යා ගැන පහසුවෙන් තේරුම් ගත හැකි වෙනවා.

එක් පාදයකින් දක්වා ඇති සංඛ්‍යාවක් තවත් පාදයකින්ද දැක්විය හැකියි. මෙලෙස ඉහත ප්‍රධාන පාද අතර සංඛ්‍යා පෙරලන (conversion) අයුරු දැන් බලමු. සංඛ්‍යාවේ දශම කොටසක් ඇත් නම්, නිඛිල කොටස හා දශම කොටස වෙන වෙනම සලකා බැලිය යුතුය.

පළමුව දහයේ පාදයේ සංඛ්‍යාවක නිඛිලයක් පෙරලන අයුරු බලමු. දහයේ පාදයේ සංඛ්‍යාවක් දෙකේ (හෝ වෙනත් ඕනෑම) පාදයකට පෙරලන්නේ, එම සංඛ්‍යාව අඛණ්ඩව එම නව පාදයෙන් බෙදාගෙන යෑමෙනි. එසේ බෙදාගෙන යන විට, ඉතිරි වන ඉලක්කම ඊට ඉදිරියෙන් ලියන්න. එවිට, නව පාදයට වඩා අඩු ඉලක්කමකට පත් වූ විට, තව දුරටත් බෙදිය නොහැකි නිසා, බෙදීම එතැනින් අවසන් කළ යුතුය. ඉන්පසු, එම ඉතිරි ඉලක්කම් පහළ සිට ඉහළට පිළිවෙලින් ලියූ විට, මුල් දහයේ පාදයේ සංඛ්‍යාවම අලුත් පාදයේ සංඛ්‍යාව ලෙස ලැබී ඇත.



4215 = 1000001110111

දැන් දශම කොටසක්ද සහිත සංඛ්‍යාවක් බලමු. උදාහරණයක් ලෙස 4215.257 යන සංඛ්‍යාව බලමු. පෙර සේම නිඛිල කොටස පළමුව පෙරළා ගන්න.

දෙවනුව, දශම කොටස බයිනරි දශමවලට පෙරළන හැටි බලමු. දශම කොටස දශම තිත සමගම ලියා එය දෙකෙන් වැඩි කරන්න. එවිට, දශම තිතට වම් පැත්තෙන් එක්කො 0 නැතහොත් 1 ලැබේ. එලෙස ලැබෙන ඉලක්කම බයිනරි දශමයේ පළමු ඉලක්කම බවට පත් වේ. දැන්, නැවත දශම තිතට දකුණු පැත්තේ ඇති කොටස පමණක් දෙකෙන් වැඩි කරන්න. ඉන්ද දශම තිතට වම් පැත්තට ලැබෙන ඉලක්කම බයිනරි දශමයේ දෙවැනි අංකය බවට පත් වේ. මෙය දිගින් දිගටම කරන්න දශම කොටස බිංදුව වන තුරුම. එහෙත් සමහර ඩෙසිමල් අංක බයිනරි කරන විට කිසි විටක බිංදුව හමු නොවන (අනන්ත දශම) අවස්ථාද හමු වේ. එවිට, අපට අවශ්‍ය නිරවද්‍යතාව දක්වා පමණක් මෙම ක්‍රියාව සිදු කර නවත්වන්න.

0.78125 x 2 = 1.56250	1
0.5625 x 2 = 1.1250	1
0.125 x 2 = 0.250	0
0.25 x 2 = 0.50	0
0. 50 x 2 = 1.00	1

0.78125 = 11001

දැන් මෙම බයිනරි දශම කොටස හා නිඛිල කොටස එකට ලියන්න (1000001110111.11001). ඇත්තටම දශම (ඩෙසිමල්) සංඛ්‍යාවලදී හමුවන ඩොට් එක "දශම තිත" (decimal point) ලෙස හැඳින් වූයේ එම තිත හමු වූයේ දශම සංඛ්‍යාවක් තුළ නිසාය. බයිනරි සංඛ්‍යාවක් තුළ ඇති එම ඩොට් එකම "දශම තිත" යනුවෙන් බොහෝ දෙනා පැවසුවත් එය වැරදි බව ඔබටද දැන් වැටහිය යුතුයි. බයිනරි සංඛ්‍යාවක් තුළ එය හැඳින්විය යුත්තේ "බයිනරි තිත" (binary point) කියාය. එලෙසම ඒ ඒ පාදයේ නමින් එම ඩොට් එක හැඳින් විය යුතුයි. හෙක්ස් සංඛ්‍යාවකදී එම

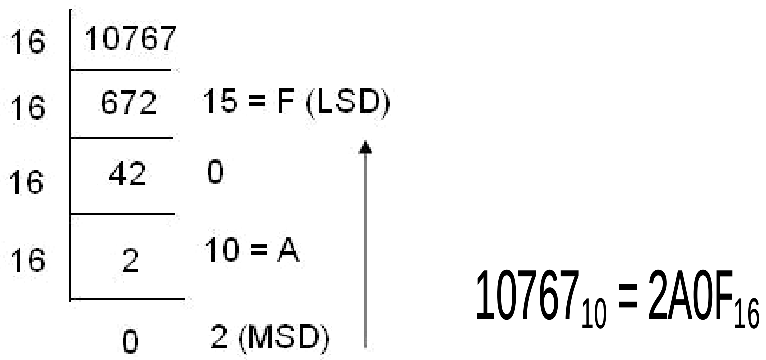
ඩොට් එක ඒ අනුව hex point ලෙස හැඳින්විය යුතුයි නේද? ඒ ඒ පාදයේ නමින් නැතිව අවශ්‍ය නම් ඒ සියල්ලම වෙනුවට පොදු නමකින්ද එම ඩොට් එක හඳුන්වන්න පුළුවන්. එම පොදු නම වන්නේ radix point ය.

සංඛ්‍යාවක පාදය දැක්වීමට බොහෝ විට, සංඛ්‍යාවට පසුව subscript එකක් ලෙස පාදය සලකුණු කෙරේ. බොහෝ අවස්ථාවල දහයේ පාදය බහුලවම භාවිතා කරන නිසා දහයේ පාදයේ සංඛ්‍යාවල එය සලකුණු කිරීමට බොහෝ අය උත්සුක නොවූවත් අනෙක් පාද සඳහා එය සලකුණු කළ යුතුය (කලබලේට සමහර අයට මෙය සලකුණු කිරීමට අමතක වන අවස්ථා බහුලයි).

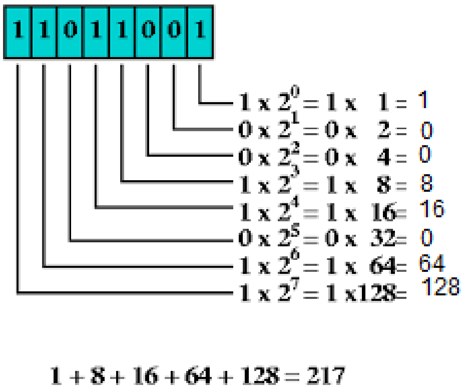
24094_{10} 10111001_2 $98A90F4_{16} = 98A90F4_h$ (දහසයේ පාදයේදී 16 වෙනුවට h ද ලිවිය හැකියි.)

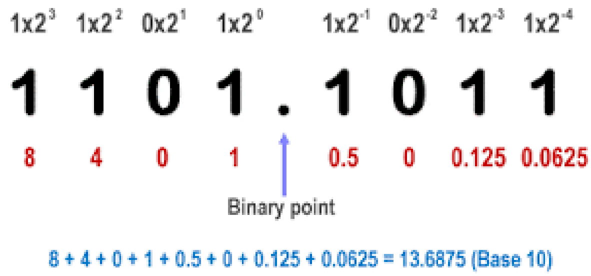
දෙකේ පාදයේ සංඛ්‍යාවලදී තිබෙන්නේ සංඥා හෙවත් ඉලක්කම් දෙකක් පමණි. ඒ සඳහා දහයේ පාදයේ සංඛ්‍යා සඳහා යොදා ගත් සංඥාවලින්ම පළමු සංඥා දෙක වන 1 හා 0 ඒ සඳහා යොදා ගත්තා. අමුතුවෙන් සංඥා දෙකක් නිර්මාණය කරනවාට වඩා එය පහසු මෙන්ම බුද්ධිමත් තීරණයක් නේද? එලෙසම, තෙවැනි, සිව්වැනි ආදී ලෙස දහයේ පාදය දක්වාම වූ සංඛ්‍යා පද්ධති සඳහා මෙම ඉලක්කම්ම යොදා ගත හැකි බව තේරෙනවා. එහෙත් දහයෙන් එහාට ගිය සංඛ්‍යා පද්ධති සඳහා අපට අලුතින් ඉලක්කම උවමනා වෙනවා. ඊටද පහසු ක්‍රමයක් යොදා ගෙන තිබෙනවා. ඒ සඳහා ඉංග්‍රිසි හෝඩියේ අකුරු යොදා ගන්නවා. ඉංග්‍රිසි හෝඩිය ලොව පුරා ප්‍රචලිතම හෝඩිය නිසා එයද බුද්ධිමත් තීරණයක් නේද? ඒ අනුව, එකොලොස් වැනි පාදයේ සංඛ්‍යා සඳහා අලුතින් A (හෝ a. ඇත්තටම කැපිටල් සිම්පල් භේදය ගණන් ගන්නේ නැත.) යන්න යොදා ගත හැකියි. ඒ අනුව, දහසයේ පාදය සඳහා අලුතින් අවශ්‍ය වන ඉලක්කම 6 සඳහා A, B, C, D, E, F යන අකුරු හය යොදා ගන්නවා. ඒ අනුව, දහසයේ පාදයට අයිති ඉලක්කම් වන්නේ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F වේ. මෙම අකුරු සාමාන්‍ය ඉලක්කම් සේම නිශ්චිත අගයන් සහිත ඉලක්කම් සේම සැලකිය යුතුය. ඒ අනුව, A යනු 10 යන අගයද, B යන්නට 11 යන අගයද ආදි වශයෙන් F යනු 15 යන අගයද ඇති සේ සැලකිය යුතුයි.

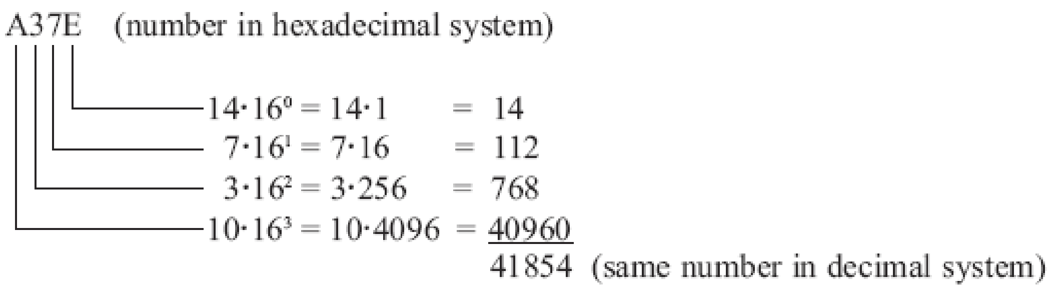
දැන් අප බලමු ඉහතදී ඩෙසිමල් සංඛ්‍යාවක් බයිනරි කළාක් සේම, ඩෙසිමල් සංඛ්‍යාවක් හෙක්ස් සංඛ්‍යාවක් බවට පත් කරන අයුරු. ක්‍රියාවලිය වෙනසක් නැත.



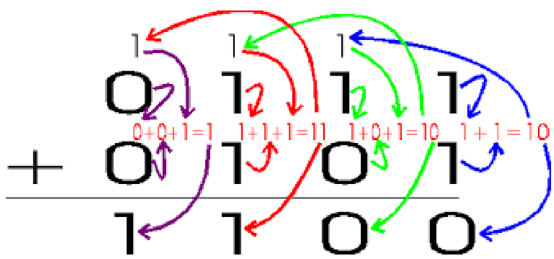
දැන් අපි බලමු විවිධ පාදයේ සංඛ්‍යාවක් දහයේ පාදයේ සංඛ්‍යාවකට හරවන හැටි. බයිනරි (හෝ වෙනත් ඕනෑම පාදයක) සංඛ්‍යාවක් ඩෙසිමල් වලට පෙරළීම ඉතාම පහසුය. කළ යුත්තේ, ඒ ඒ ඉලක්කමේ ස්ථානීය අගයෙන් ඉලක්කමෙන් නිරූපණය කරන (මුහුණත්) අගයෙන් වැඩි කර, එම සියලුම අගයන් එකතු කිරීම පමණයි. පහත උදාහරණ බලන්න.







දහයේ පාදයේ සංඛ්‍යා සමග එකතු කිරීම අඩු කිරීම වැඩි කිරීම ආදිය සිදු කළාක් සේම, අනෙක් පාදයේ සංඛ්‍යා සමගද ඒවා සිදු කළ හැකියි. රීතීන්වල වෙනසක් නැත. ධණ ඍණ සම්බන්ධ රීතින්ද වෙනස් නොවේ. දර්ශක නීතිද වෙනස් නොවේ.




```
      1011
   x  1101
   -------
      1011
     0000
    1011
   1011
   -------
  10001111
```

	Binary	Decimal	Hexadecimal
Addition	1111100 + 10010 10001110	124 + 18 142	7C + 12 8E
Subtraction	1111100 − 10010 1101010	124 − 18 106	7C − 12 6A

හෙක්ස් සංඛ්‍යාවක් බයිනරිවලටත් බයිනරි සංඛ්‍යාවක් හෙක්ස් බවටත් පත් කිරීමට ඉතා පහසු කෙටි ක්‍රමයක් ඇත. සෑම හෙක්ස් ඉලක්කමකටම බයිනරි ඉලක්කම් හතරකින් යුත් නිශ්චිත බයිනරි රටාවක් (combination) බැගින්

ඇත. ඒවා ටික මතක නම්, ක්ෂණිකව එකක් අනිකට හැරවිය හැකියි. මේවා කටපාඩම් කිරීමද අත්‍යවශ්‍ය නැත. බයිනරි සංඛ්‍යා සමග හුරු වී ටික කලකින් ඉබේම වාගේ මෙම කම්බිනේෂන්ස් ඔබේ සිතින්ම සාදා ගත හැකියි.

Binary	Hex	Decimal
0000	0	0
0001	1	1
0010	2	2
0011	3	3
0100	4	4
0101	5	5
0110	6	6
0111	7	7
1000	8	8
1001	9	9
1010	A	10
1011	B	11
1100	C	12
1101	D	13
1110	E	14
1111	F	15

Binary	0011	1001	1010	0010			
Hexadecimal	3	9	A	2			
Binary	0010	1011	1000	0001	.	1001	1000
Hexadecimal	2	D	8	1	.	9	8

දර්ශක සංඛ්‍යා සමග වැඩ කටයුතු කිරීමේදී ල (logarithm හෝ log) යන ගණිත කර්මයද බිහිවිය. ල වලදී කරන්නේ පාදය හා දර්ශකය යන දෙකම සහිත දර්ශක සංඛ්‍යාව සමග ගණිත කර්ම සිදු කරනු වෙනුවට දර්ශක කොටස සමග ගණිත කර්ම සිදු කිරීමයි. දර්ශක සංඛ්‍යාවලදී පාදය වැදගත් සේම ල වලදීද පාදය වැදගත්ය. යම් සංඛ්‍යාවක ල සෙවීමේදී කුමන පාදයේ ල ද යන්න පැවසිය යුතු වෙනවා.

$$b^y = x \text{ නම්}, \log_b x = y$$

පාදය කුමක්දැයි කුඩා අකුරින් පහළින් (subscript එකකින්) ඉහත රූපයේ පෙන්වා ඇති ආකාරයට ල (log) යන වචනය සමග ලිවිය යුතුයි. දර්ශකවල සේම, දහය පාදය සමග අප බොහෝ වැඩ කරන බැවින්, දහයේ පාදය බොහෝ විට එලෙස දක්වන්නේ නැත. දර්ශක නීති කිහිපයක් තිබුණා සේ, ල වලටද රීතින් කිහිපයක් තිබේ.

1 $\log_a (MN) = \log_a M + \log_a N$

2 $\log_a \dfrac{M}{N} = \log_a M - \log_a N$

3 $\log_a N^k = k \log_a N$

4 $\log_a \sqrt[k]{N} = \log_a N^{\frac{1}{k}} = \dfrac{1}{k} \log_a N$

විද්‍යාවේදී අපූරු නියතයක් තිබෙනවා. එය e අකුරින් දක්වන අතර එහි අගය අපරිමේය (අනන්ත දශම) වේ. එහි දශමස්ථාන හතරකට නිවැරදි අගය වන්නේ 3.7183 වේ. මෙම නියතය පාදය කරගෙන ල සෙවිය හැකියි. එවිට එය ල $_e$ (log_e) ලෙස ලිවිය හැකියි. එම e පාදයට ල බහුලවම භාවිතා වන බැවින් ඒ වෙනුවට ln යන කෙටි රූපයද භාවිතා කෙරෙනවා. විද්‍යාව හා තාක්ෂණය තුළ බහුලවම භාවිතා වන ල පාද තුන වන්නේ දහය, දෙක, හා e යි. ඉහත ල රීතින් අනුව පහත සම්බන්ධතා ලබා ගත හැකිය.

$\ln(10) = 2.3026$ $\ln(2) = 0.6931$ $\log_{10}(e) = 0.4343$

එවිතරක් නොවේ, e පාදයට නැංවූ බලයන්ද නිතර භාවිතා වේ. ඕනෑම පාදයකින් දර්ශක සංඛ්‍යා සෑදිය හැකි බවත් ඕනෑම පාදයකින් ල සෑදිය හැකි බවත් කියා තිබියදීත් මා විශේෂයෙන් මෙම e පාදය ගැන නැවත නැවත සඳහන් කරන්නේ බොහෝ දෙනෙක්ට e තවම හුරු පුරුදු නැති නිසාය. ල ද දර්ශක (exponentiation) මෙන්ම ගුණ කිරීම්/බෙදීම්වලට නෑකමක් දක්වන ගණිත කර්මයකි. මේ අනුව, වැඩි කිරීම, බෙදීම, දර්ශක, ල , මූල, ප්‍රතිශත යන සියල්ලම එකම පවුලේ ගණිත කර්ම බව මතක තබා ගන්න. එකතු කිරීම හා අඩු කිරීම යන දෙක තවත් පවුලක ගණිත කර්ම වේ.

යම් පාදයකින් තිබෙන ල සංඛ්‍යාවක් තවත් පාදයකින් දැක්වීමට සරල සූත්‍රයක් ඇත.

$$\log_a(x) = \log_b(x).\log_a(b)$$

(a පාදයෙන් තිබුණ ල b පාදයෙන් දැන් ඇත. a හා b යන දෙකම නියත නිසා, $\log_a(b)$ යනුද නියතයකි.)

උදාහරණයක් ලෙස, දහයේ පාදයෙන් තිබෙන ල e පාදයේ ල බවට ඉහත සූත්‍රය අනුව පහත ආකාරයට ලැබේ.

$\ln(x) = \log_{10}(x).\ln(10) = 2.3026\text{Log}_{10}(x)$ ($\ln(10)= 2.3026$ බව ඉහත පෙන්වා ඇත.)

මෙලෙසම යම් පාදයකින් තිබෙන දර්ශකයක් තවත් පාදයකින් දැක්වීමට පහත සූත්‍රය භාවිතා කළ හැකියි.

$$a^x = b^{x\log_b a}$$

මෙතෙක් අප සලකා බැලූ එකතු කිරීම්, බෙදීම්, ල , දර්ශක ආදීය අංකගණිත කර්ම (arithmetic operations) ලෙස පොදුවේ හැඳින් වේ. Relational operations යනුවෙන්ද ගණිත කර්ම විශේෂයක් ඇත. මෙහිදී සිදුවන්නේ යම් සංඛ්‍යා හෝ රාශින් දෙකක් **සංසන්දනය** (comparison) කිරීමය. මෙහි, සංසන්දනය කිරීම් හයක් පවතී. මේ සියලුම ඔපරේටර්ස් A > B (A ට වඩා B විශාලයි) , A = B ආදි ලෙස ලියනු ලැබේ.

- < — less than (වඩා අඩුයි)
- > — greater than (වඩා වැඩියි)
- <= (හෝ ≤) — less than or equal to (වඩා අඩුයි හෝ සමානයි)
- >= (හෝ ≥) — greater than or equal to (වඩා වැඩියි හෝ සමානයි)
- = (හෝ = =) — equal to (සමානයි)
- != (හෝ < >) — not equal to (අසමානයි)

ඉහත ඔපරේටර්වලට අමතරව >> හා << ලෙසද ඔබට යම් ඔපරේටර් දෙකක් හමුවිය හැකියි. << යනු “ඉතා කුඩායි” යන තේරුමද, >> යනු “ඉතා විශාලයි” යන තේරුමද ඇත.

සංඛ්‍යා තනි තනිව පවතින්නේ නැත. තනි තනි සංඛ්‍යාවන් **පද** (term) ලෙස හැඳින් වේ. ඒවැනි සංඛ්‍යා පද +, x ආදී ගණිත කර්ම හඟවන පද හෙවත් mathematical operators සමග ලියනු ලබනවා. එවිට ලැබෙන්නේ ගණිත **ප්‍රකාශනයකි** (expression). ප්‍රකාශනයක ඇති පද හඳුනා ගැනීම ඉතා වැදගත්ය. + හා - යන ඔපරේටර්වලින් පද වෙන් වේ. එහෙත් ගුණ කිරීම හා බෙදීම හා ඉහත දැක්වූ පරිදි ඒවායේ "නැදෑ" ඔපරේටර්ස් මගින් පද වෙන් නොවී, ඒ වෙනුවට ඇත්තටම සිදු වන්නේ වෙන වෙනම තිබෙන පද පවා එම ඔපරේටර්වලින් තනි පද බවට පත් වීමයි. උදාහරණයක් ලෙස, "4 + 5" යන ප්‍රකාශනයේ පද 4 හා 5 ලෙස පද දෙකක් ඇතත්, "4 x 5" යන ප්‍රකාශයේ ඇත්තේ තනි පදයක් පමණි (මක්නිසාද වැඩි කිරීම් බෙදීම් හා එම දෙකට නෑකම් දක්වන ල , මූල, බල ආදී ඔපරේටර්වලින් පද වෙන් නොවනවා පමණක් නොව, වෙන්ව පැවැති පද එක් පදයක් බවට පත් කරනවා). තවද, වරහනක් තුළ ඇති සියල්ලම තනි පදයක් සේ සැලකේ.

ඉහත කියූ කරුණු වැදගත් වන්නේ යම් ගණිත ප්‍රකාශනයක් සුළු කිරීමේදීය. එහිදී "**වන්බෙගුඑඅ**" යන වචනය මතක තබා ගන්න. "වරහන්, න්, බෙදීම, ගුණකිරීම, එකතු කිරීම, අඩු කිරීම" යන්න කෙටියෙන් හඳුන්වන්නේ වන්බෙගුඑඅ ලෙසයි. ඉන් කියන්නේ සුළු කිරීමකදී, පළමුව වරහන් තුළ ඇති කුඩා ප්‍රකාශන තනි පදයක් දක්වා (හෝ හැකි පමණ) සුළු කර ගත යුතු බවත්, ඉන්පසු "න්" යන්න යොදා ඇති ඒවා සුළු කළ යුතු බවත්, ඉන්පසු බෙදීම් හා ගුණකිරීම් සිදු කළ යුතු බවත්, ඊටත් පසුව එකතු කිරීම අඩු කිරීම් කළ යුතු බවයි.

වරහන් (brackets) තුළ වරහන් ඇති විට, ඇතුළතම ඇති වරහනින් පටන් ගත යුතුය. සාමාන්‍යයෙන් වරහනක් යෙදීමෙන් ගණිත ප්‍රකාශයක් තනි ඒකකයක් ලෙසට පත් කරනවා. තවද, ගණිතයේදී විවිධාකාරයේ වරහන් භාවිතා වේ. වැඩිපුරම යොදන වරහන වන්නේ "( )" යන සාමාන්‍ය වරහනයි (parantheses). තවත් වරහනක් නම් "{ }" යන සඟල වරහනයි (curling brackets හෝ curls). තවත් වරහනක් නම් "[ ]" යන කොටු වරහනයි (square brackets). සාමාන්‍ය ගණිත ප්‍රකාශනවල මෙම ඕනෑම වරහනක් යෙදිය හැකි අතර, ඉන් වෙනසක් ඇති නොවේ (එහෙත් ප්‍රකාශනවල වැඩිපුරම භාවිතා වන්නේ සාමාන්‍ය වරහන බව පෙනේ). ඊට අමතරව විවිධ විශේෂ තේරුම් වෙනුවන්ද එම වරහන් භාවිතා කරනවා. ඊටත් අමතරව, විශේෂිත වරහන්ද ගණිතයේ පවතිනවා . "< >" ලෙසින් angle brackets ලෙස හැඳින්වෙන වරහන් ජාතිය එවැනි විශේෂිත වරහන් වර්ගයකි..

"න්" (ඉංග්‍රිසියේදී of යනුවෙන් එය භාවිතා වේ) යනු සත්‍ය ලෙසම භාග සංඛ්‍යාවක් නිරූපණය කරයි. උදාහරණයක් ලෙස, "5 න් 2 ක්" යන තැන "න්" ඇති අතර එම කොටසින් කියැවෙන්නේ 2/5 යන්නයි. එමනිසා න් යෙදී ඇති සෑම තැනක්ම භාග ස්වරූපයට ගෙන එන්න.

වන්බෙගුඑඅ යන වචනයේ මුලින් බෙදීමට පසුව ගුණ කිරීම ඇතත්, ඇත්ත වශයෙන්ම එම දෙකම සම මට්ටමේ පවතින ගණිත කර්ම දෙකක් බව ඔබ දන්නවා. එමනිසා, බෙදීම පළමුව කර ඉන්පසු ගුණ කළත්, පළමුව ගුණ කර දෙවනුව බෙදුවත් ප්‍රශ්නයක් නැත. තවද බෙදීම-ගුණකිරීමට නෑකම් දක්වන ගණිත කර්මත් මෙම අකුරු දෙකෙන් නියෝජනය වන බව මතක තබා ගන්න.

එලෙසමයි එකතු කිරීම හා අඩු කිරීමත්. ඒ දෙකත් එකිනෙකට සම තත්වයේ තිබෙන නිසා කුමක් මුලින් සිදු කළත් ප්‍රශ්නයක් නැත.

මෙම වන්බෙගුඑඅ යන මතක තබා ගැනීම පිණිස සාදා ගත් පදයෙන් (එවැනි මතක තබා ගැනීමට සාදාගත් වචන ඉංග්‍රිසියෙන් pneumonic ලෙස හැඳින් වේ) ඇත්තටම කියන්නේ ගණිත ප්‍රකාශයක් සුළු කිරීමේ අනුපිළිවෙල (order of precedence) වේ. මෙම අනුපිළිවෙල අනුගමනය නොකළොත් ලැබෙන පිළිතුර නිවැරදි නොවේ. පහත උදාහරණ විසඳන විට ඉහත අනුපිළිවෙල අනුගමනය කර ඇත.

$30 \div {}^{-}5 + 4 \times {}^{-}2 + 14 = ?$ | $(6 - 9) \times 10 \div {}^{-}3 = ?$

$$
\begin{aligned}
&30 \div {}^{-}5 + 4 \times {}^{-}2 + 14\\
&= {}^{-}6 + 4 \times {}^{-}2 + 14\\
&= {}^{-}6 + {}^{-}8 + 14\\
&= {}^{-}6 + {}^{-}8 + 14\\
&= {}^{-}14 + 14\\
&= 0 \checkmark
\end{aligned}
\qquad
\begin{aligned}
&(6 - 9) \times 10 \div {}^{-}3\\
&= {}^{-}3 \times 10 \div {}^{-}3\\
&= {}^{-}3 \times 10 \div {}^{-}3\\
&= {}^{-}30 \div {}^{-}3\\
&= {}^{+}10\\
&= 10 \checkmark
\end{aligned}
$$

යම් ගණිත ප්‍රකාශයක් තවත් ගණිත ප්‍රකාශයකට හෝ අගයකට සමාන කළ විට ලැබෙන්නේ **සමීකරණයකි** (equation). කොටස් දෙකක් සමාන කරපු නිසා එම නම භාවිතා කෙරෙන බව පහසුවෙන්ම පෙනෙනවා.

තවද, ඕනෑම ගණිත ප්‍රකාශයක් එය කෙතරම් විශාල වුවත් කුඩා වුවත් අවසානයේ තනි සංඛ්‍යාවක් දක්වා එය සුළු වෙනවා. එම සුළුවී ලැබෙන සංඛ්‍යාව කුමක්දැයි එකවර කීමට නොහැකි වන්නට පුළුවන්. ඊට හේතුව සංඛ්‍යා වෙනුවට x, y, t, θ ආදී සංඛ්‍යා නොවන සංඥාද ගණිත ප්‍රකාශයක් තුළ තිබිය හැකි වීමයි. මෙවැනි සංඛ්‍යා ස්වරූපෙන් නොතිබෙන පද "**අඥාත පද**" (unknown terms) ලෙස හැඳින් වෙන අතර, අඥාත යන්නෙහි තේරුම "තවම දන්නේ නැති" යන්නයි. අඥාත පද **විචල්‍යය** (variable) නමින්ද හැඳින් වෙනවා. එනම්, එවැනි අඥාත පදයක රාජකාරිය වන්නේ දැනට දන්නේ නැති නමුත් නිසි වෙලාවට සංඛ්‍යාවක් ඒ වෙනුවට ආදේශ කර ගැනීමයි. එහෙත් අවසානයේදී එය තනි සංඛ්‍යාවකි. මෙවැනි විචල්‍ය භාවිතා කර ගණිත ප්‍රකාශ සෑදීමේ ගණිත ක්‍රමවේදය **වීජ ගණිතය** (algebra) යනුවෙන් හැඳින් වෙනවා. එවැනි විචල්‍යයන් ඇතුළත්ව ඇති ගණිත ප්‍රකාශ **වී ය ප්‍රකාශ** (algebraic expression) ලෙසද හැඳින් වෙනවා. ගණිතයේදී වීජීය ප්‍රකාශ කියා හැඳින්වෙන දේම විද්‍යාවේදී **සූත්‍ර** (formula) කියා කියනවා. සූත්‍රයකින් (හෙවත් වීජීය ප්‍රකාශයකින්) සාමාන්‍යයෙන් සිදුවෙන්නේ යම් යම් රාශීන් කිහිපයක් අතර ඇති සම්බන්ධතාවක් පෙන්වා දීමයි. උදාහරණයක් ලෙස F=ma (බලය = ස්කන්ධය x ත්වරණය) යන සූත්‍රයෙන් බලය, සකන්ධය, හා ත්වරණය යන රාශි තුන අතර තිබෙන සම්බන්ධතාවක් පෙන්වාදෙනවා.

යම් වීජීය ප්‍රකාශයක අවසන් පිළිතුර තවම දන්නේ නැත. එවැනි අවස්ථාවක එම වීජීය ප්‍රකාශය තවත් අඥාත පදයකට සමාන කරන සිරිතක් ගණිතයේ තිබෙනවා. උදාහරණයක් ලෙස

$Y = 4x^2$

බැලූ බැල්මට මෙය සමීකරණයකි (මොකද = පදය දෙපස ප්‍රකාශ හෝ අගයන් දෙකක් පවතින නිසා). එහෙත් මෙවැනි අවස්ථාවකට සමීකරණයක් සතු සියලු ගුණාංග පැවතියත් ඊට සමීකරණයක් කියා කියන්නේ නැත. මෙවාට **ශ්‍රිත** (function) යැයි පවසනවා. ඊට හේතුවක් ඇත. සමීකරණයකදී = ලකුණ දෙපස ඇත්තේ ස්වාධීන වෙන් වෙන් ප්‍රකාශ දෙකකි. එම ප්‍රකාශ දෙකම අවසානයේදී තනි සංඛ්‍යා දෙකකට සුළුවන බවත්, එලෙස ලැබෙන සංඛ්‍යා දෙක සමාන බවත් තමයි සමීකරණයකදී කියන්නේ. එහෙත් ශ්‍රිතයකින් කියවෙන්නේ එය නොවේ. සමීකරණයේ එක් පසක (බොහෝ විට එය = ට දකුණු අත පැත්තේ ඇති කොටසයි) ඇත්තේ ස්වාධීන (වීජීය) ප්‍රකාශයක් වන අතර එය යම් අවසාන අගයකට සුළු කළ හැකි අතර, අනෙක් පස ඇති අඥාත පදය යනු එම අවසානයට සුළුකර ලැබෙන අගය ලැබෙන තෙක් එම අගය නියෝජනය කරන නිකංම නමක්/ලේබල් එකක් පමණි. වීජීය ප්‍රකාශයක් තුළ ඇති විචල්‍යයන් **ස්වායත්ත විචල්‍යයන්** (independent variable) ලෙසත්, = ට අනෙක් පසින් ඇති වීජීය ප්‍රකාශයට පිටින් ඇති විචල්‍යය **පරායත්ත විචල්‍යය** (dependent variable) ලෙසත් හැඳින් වෙනවා. මේ අනුව පරායත්ත විචල්‍යය යනු නිකංම නිකං තාවකාලික නමක් පමණයි නේද? ශ්‍රිත මගින් විද්‍යා සූත්‍ර නිරූපණය කෙරෙන නිසා ගණිතයේදී ශ්‍රිතවලට විශේෂ තැනක් හිමිවෙනවා.

සමීකරණයකදී = ලකුණට දෙපැත්තෙන් කොටස් දෙකකි. **දකුණු අත පැත්ත** (Right Hand Side – RHS) හා **වම් අත පැත්ත** (Left Hand Side – LHS) යනුවෙන් එම පැති දෙක සාමාන්‍යයෙන් හැඳින් වෙනවා. හැමවිටම එක පැත්තක් තනි ඒකකයක් ලෙස සලකන්න (සිතින් වරහන් දමාගන්න පැති දෙකටම).

$y^2 + 3y = x^2 + 30$ **è** $(y^2 + 3y) = (x^2 + 30)$

ඒ ඒ පැත්ත තනි ඒකකයක් ලෙස සිතීමේ ප්‍රයෝජනයක් ඇත. සමීකරණයකදී පැති දෙකටම එකම ගණිත කර්මය සිදු කරන්නේ නම්, එම සමීකරණය තවදුරටත් සමාන වේ; එනම් සමීකරණය බිඳ නොවැටී තවදුරටත් සමානව පවතී. උදාහරණයක් ලෙස, යම් සමීකරණයකට වම් අත පැත්තට යම් අගයක් එකතු (හෝ අඩු) කරන විට, අනෙක් පැත්තටද එම අගය එකතු (හෝ අඩු හෝ ගුණ කිරීම හෝ බෙදීම හෝ) කළ විට, සමීකරණය තවදුරටත් සමානය.

$(y^2 + 3y) + 10 = (x^2 + 30) + 10$

එලෙසම, එක පැත්තක් යම් අගයකින් ගුණ කර (හෝ බෙදා) අනෙක් පසද එම අගයෙන්ම ගුණ කිරීම (හෝ බෙදීම) මගින්ද සමීකරණය තවදුරටත් සමාන වේ. එහෙත් ඉහත කියූ ලෙසට ඔබට එක් පැත්තක් තනි ඒකකයක් ලෙස සිතීමට බැරි වුවොත් ඔබ අතින් සිදු වන්නේ සමහරවිට පහත ආකාරයට වැරදි ගුණ කිරීමකි. මෙහිදී t වලින් බෙදීම සිදු වී ඇත්තේ (වරහන් යොදා නොතිබූ බැවින්) සම්පූර්ණ ප්‍රකාශයට නොව, දෙපැත්තේම ප්‍රකාශයේ එක් පදයකට පමණි.

$y^2 + 3y/t = x^2 + 30/t$ ---------------- X (වැරදියි)

එහෙත් ඔබ පැති දෙකට වරහන් යෙදීමට පුරුදුව සිටියොත් එම වැරැද්ද සිදු නොවී පහත ආකාරයට නිවැරදිව ඒ දේ සිදු වේ.

$(y^2 + 3y)/t = (x^2 + 30)/t$ -------------------- ✓ (නිවැරදියි)

අඩු කිරීම එකතු කිරීම බෙදීම ගුණ කිරීමට අමතරව තවත් ගණිත කර්ම කිහිපයක් සමීකරණයකට නිවැරදිව සිදු කරන අයුරු පහත අවස්ථා අධ්‍යයනය කර විමසන්න.

$\sqrt{(y2 + 3y)} = \sqrt{(x2 + 30)}$ ------------ දෙපැත්තම වර්ගමූල කර

$(y^2 + 3y)^4 = (x^2 + 30)^4$ ------------------ දෙපැත්තම හතරවැනි බලයට නංවා

$T^{(y2 + 3y)} = T^{(x2 + 30)}$ ---------------------- දෙපැත්තම T හි බලයට නංවා

= පදය පමණක් නොව, ඉහතදී relational operators හි සලකා බැලූ අනෙක් ඒවා සමගද ප්‍රකාශ සෑදිය හැකිය. එවැනි ප්‍රකාශන සමීකරණ ලෙස නොව “අසමානතා” ලෙස හැඳින් වේ.

$(y^2 + 3y) > (x^2 + 30)$

මේ සඳහාද ඉහත කී රීතින් සියල්ල අදාළ වේ. ඊට අමතරව අසමානතා අවස්ථාවලදී ($<, \leq, >, \geq$) විශේෂ කරුණු දෙකක් කීමට ඇත. එනම්,

1. අසමානතාවකදී, දෙපැත්තම -1 න් වැඩි කළ විට, අසමානතා සලකුණ විරුද්ධ සලකුණට මාරු වේ.
   $9 > 4$ (දෙපැත්තම -1න් වැඩි කළ විට) **à** $-9 < -4$
   $34 >= x$ **à** $-34 <= x$

2. අසමානතාවකදී. දෙපැත්තම ප්‍රතිලෝම කිරීමේදීද, අසමානතා සලකුණ විරුද්ධ සලකුණට මාරු වේ.
$9 > 4$ à $1/9 < 1/4$

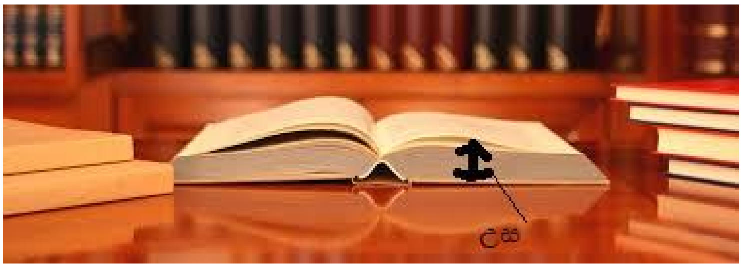
වීජීය ප්‍රකාශන බොහෝ විට රූපමය ආකාරයකටද දැක්විය හැකිය. ඒවා **ප්‍රස්ථාර** (graph) ලෙස හැඳින් වේ. වීජීය ප්‍රකාශ ඉතා සරල ස්වභාවයේ සිට අති සංකීර්ණ ස්වභාවය දක්වා පුළුල් පරාසයක් දක්වා පවතී. සමහර ශ්‍රිතවල ස්වායත්ත විචල්‍ය ඇත්තේ එකක් පමණි. මේවා බොහෝ විට ඉතා සරලයි. තවත් ශ්‍රිතවල ස්වායත්ත විචල්‍යයන් දෙකක් තිබිය හැකියි. මෙලෙස ස්වායත්ත විචල්‍යයන් ගණන වැඩි වන විට, බොහෝ විට සංකීර්ණ බවද වැඩි වෙනවා. ප්‍රස්ථාර ගත කල හැක්කේද ස්වායත්ත විචල්‍යයන් දෙකකට වඩා අඩු අවස්ථා පමණි.

ස්වායත්ත විචල්‍යය යනු ස්වාධීනව අගයන් ලබා ගත හැකි විචල්‍යයන්ය. ඒ කියන්නේ එම විචල්‍යයකට ඊට සුදුසු අගය පරාසයෙන් ඕනෑම අගයක් ඔබට ලබා දිය හැකියි. ඒ ඒ ශ්‍රිතය නිර්මාණය කර තිබෙන පරිසරය හෝ එම ශ්‍රිතය (සූත්‍රය) යොදාගන්නා අවස්ථාව අනුව ඊට ලබා දිය හැකි අගය පරාසය තීරණය වෙනවා. උදාහරණයක් ලෙස, පුද්ගලයකුගේ වයස (A) ස්වායත්ත විචල්‍යය ලෙස ගෙන වයස හා එම පුද්ගලයාගේ බුද්ධිය (I) අතර පහත දැක්වෙන ආකාරයේ ශ්‍රිතයක් (සූත්‍රයක්) ඔබ විසින් පර්යේෂණ සිදු කර සොයාගත්තා යැයි සිතන්න.

බුද්ධිය = 0.1(වයස)^2 ($I = 0.1A^2$)

දැන් වයස යනු ස්වායත්ත විචල්‍යය නිසා, ඔබට කැමැති අගයක් ඊට ආදේශ කර එවිට ඔහුගේ බුද්ධි මට්ටම කොතෙක්දැයි දැන් සොයාගත හැකියි නේද? එහෙත් මදක් සිතා බලන්න. වයස යන විචල්‍යයට ඔබට කැමැති ඕනෑම අගයක් දිය හැකිද? නොහැකිය. උදාහරණයක් ලෙස ඔබට වයසට සෘණ අගයක් ලබා දිය නොහැකිය. ඒ විතරක් නොවේ. ඔබට වයසට බොහෝ විට 150 ට වැඩි අගයක්ද ලබා දිය නොහැකියි (මොකද වයස 150ට වඩා ජීවත් වන මිනිසුන් නැති නිසා). ඒ අනුව මේ අවස්ථාව අනුව ඔබට මෙම ස්වායත්ත විචල්‍යයට දිය හැකි පරාසය වනුයේ 0 සිට 150 දක්වා අගයකි.

ඔබ අප ජීවත්වන ලෝකය **ත්‍රිමාණ අවකාශයකින්** (3 Dimensional space – 3D space) යුක්තයි. ඒ කියන්නේ සෑම වස්තුවකටම දිගක්, පළලක්, හා උසක් (ගැඹුරක්) තිබෙනවා. උදාහරණයක් ලෙස මේසය උඩ තිබෙන පොතක් දෙස බලන්න. එහි පිටුවක දිගක් පළලක් තිබෙනවා. තවද, සෑම කොලයකම සිහින් ඝණකමක්ද තිබෙනවා. එම පොතේ කොල බොහෝ ගණනක් තිබෙනවා. එමනිසයි එම පොතට ගැඹුරක්/උසක් ලැබී තියෙන්නේ.



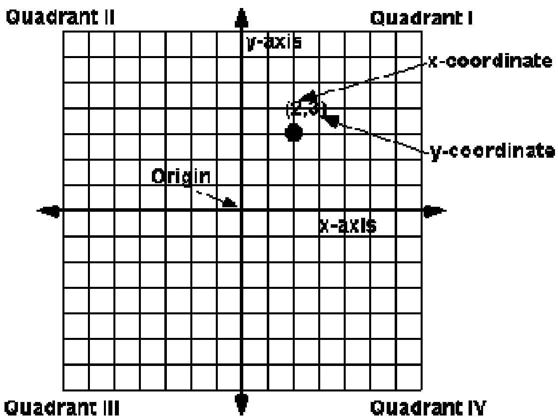
දැන් එම පොතේ කොල ගණන අඩු කරමින් යන විට උස ක්‍රමයෙන් අඩු වෙනවා. එක කොලයක් පමණක් දක්වා එම උස අඩු කරනවා යැයි සිතන්න. උස අඩු කළත් දිග පළල වෙනස් නොවේ. සිතන්න දැන් එම තනි කොලයේද ඝනකම ක්‍රමයෙන් අඩු කරමින් යනවා කියා. එලෙස එහි ඝනකම බිංදුව දක්වා අඩු කළා යැයි සිතමු. එවිට, දැන් එම වස්තුවට ඇත්තේ දිගක් හා පළලක් පමණයි නේද? මෙවැනි දිගක් හා පළලක් පමණක් ඇතැයි සිතිය හැකි අවකාශයක් **ද්විමාණ** (2D) අවකාශයක් ලෙස හැඳින් වේ. ඝනකම ශූන්‍ය වූ කොල කොපමණ ප්‍රමාණයක් එක උඩ එක තිබ්බත් ඉන් (සාමාන්‍ය හුරුපුරුදු පොත මෙන්) උසක් ඇති වන්නේ නැති බවද ඔබට වැටහිය යුතුය.
ඇත්තටම අප ත්‍රිමාණ සත්වයන් නිසා, තුනට වඩා අඩු මාන හා තුනට වඩා වැඩි මාන ගැන එකවරම පහසුවෙන් වැටහීමක් ලබා ගත නොහැකියි. ටික වේලාවක් තමන්ම ඒ ගැන සිතා බලා මනස හුරුකර ගත හැකියි. ත්‍රිමාණ ලෝකයේ තිබෙන හැම වස්තුවක්ම ත්‍රිමාණ වේ. එලෙසම ද්විමාන අවකාශයේ තිබිය යුත්තේ ද්විමාන වස්තූන් විය

යුතුයි නේද? ඇත්තටම එවැනි වස්තූන් අප අත් දැක නොමැත. ආසන්න වශයෙන් සෙවනැල්ල ද්විමාන දෙයක් ලෙස සැලකිය හැකිය. සෙවනැල්ලකට දිග පළලක් තිබුණත් එහි ඝනකමක් නැහැ නේද?

ද්විමාන අවකාශයෙනුත් එක් මානයක් ඉවත් කළ විට ලැබෙන්නේ **ඒකමාන** (1D) අවකාශයයි. එය තේරුම් ගැනීම ද්විමාන අවකාශය තේරුම් ගැනීමටත් වඩා තරමක් අපහසුය. ඒකමාන අවකාශයක ඇත්තේ දිගක් පමණි. එය අනන්තයක් තරම් දිග වූ සරල රේඛාවක් බඳුය. ඇත්තටම ද්විමාන හා ඒකමාන (හා ත්‍රිමානවලට ඉහළ සිව්මාන පංචමාන ආදි) අවකාශ මනසින් පමණක් මවාගත හෝ සිතාගත යුතු අවකාශ වේ. උසස් විද්‍යා සංකල්ප තිබෙනවා අවකාශ මාන එකොලහක් පමණ ඇතැයි උපකල්පනය කරන (String Theory, M – Theory). න්‍යායාත්මකව අවකාශීය මාන අනන්ත ගණනක් පැවැතිය හැකිය. අන්ධයෙකුට රතු හෝ වෙනත් වර්ණයක් වටහ දෙන්න ඔබට පුළුවන්ද? සිතා බලන්න. එලෙසම ත්‍රිමාන අවකාශයක් පමණක් අත් දැකිය හැකි අපට ඊට වඩා ඉහළ මාන තිබුණත් අවබෝධ කර ගැනීමට බැරිය. එය හරියට අන්ධයාට වර්ණ නොතේරෙන්නාක් වැනිමය.

ඕනෑම අවකාශයක යම් අංශුවක පිහිටීම හරියටම කිව හැකි ක්‍රමයක් විද්‍යාව තුළ ඇත. ඊට **ඛණ්ඩාංක තල පද්ධති** (coordinate system) යැයි කියනවා. ඒක මාන අවකාශ සඳහා අවශ්‍ය නම්, මුලින්ම අප කතා කළ සංඛ්‍යා රේඛාවම එම අවකාශයට සුදුසු ඛණ්ඩාංක පද්ධතිය ලෙස ගැනීමට පුළුවන්. ඒකමාන අවකාශය යනු නිකංම සරල රේඛාවක් බඳු නිසා, එම රේඛාවේ ඕනෑම පිහිටීමක් යනු සංඛ්‍යා රේඛාවේ එම ස්ථානයට හිමි අගය වේ. එහෙත් අපට ඒකමාන අවකාශය එතරම් වැදගත් නැත.

දෙවනුව ද්විමාන අවකාශය සලකා බලමු. මෙය ඉතා වැදගත්ය. ඒකමාන අවකාශයට තනි සංඛ්‍යා රේඛාවකින් වැඩේ කළ හැකි නිසා, එයම තවදුරටත් වර්ධනය කර පහත රූපයේ ආකාරයට එකිනෙකට ලම්භකව ඇති සිරස් හා තිරස් සංඛ්‍යා රේඛා දෙකක් යොදා ගැනීමෙන් ද්විමාන අවකාශයේ ඕනෑම ස්ථානයක් අනන්‍යව ලකුණු කළ හැකි වෙනවා.

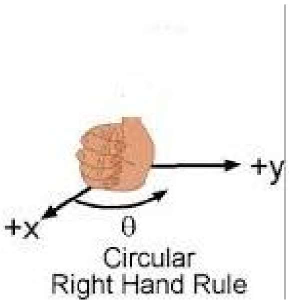


ඛණ්ඩාංක තලයක පවතින් මෙම එකිනෙකට ලම්භක රේඛා **අක්ෂ** (axis) ලෙස නම් කෙරේ. ලම්භක අක්ෂ එකිනෙකට කැපෙන ස්ථානය **මූලය** (origin) ලෙස හැඳින් වේ. යම් ස්ථානයක පිහිටුම X අක්ෂය දිගේ කීවෙනි තැනද, Y අක්ෂය දිගේ කීවෙනි තැනද යන්න සම්මතයක් ලෙස (x-අගය,y-අගය) ලෙස ලියනු ලබයි. මෙම (x,y) යන්න **ඛණ්ඩාංක** (coordinate) ලෙස හැඳින් වේ.

ඉහත කුරුසයක් ආකාරයෙන් ඇති ඛණ්ඩාංක තලය ගැන විධිමත්ම මුලින්ම හඳුන්වා දුන්නේ Descarte නම් ගණිතඥයා විසින් නිසා, එම ඛණ්ඩාංක පද්ධතිය **කා සියානු** (Cartesian) ඛණ්ඩාංක පද්ධතිය ලෙස ඔහුගේ නමින් නම් කර ඇත. එහි කොටු (quadrant) හතරක් ඇත.

සම්මතයක් ලෙස X අක්ෂයේ ධණ අගයන් ඇති පැත්තේ සිට ඔරලෝසුවේ කටු යන පැත්තට විරුද්ධ පැත්තට (anticlockwise හෝ counter-clockwise) යන විට පළමුව හමුවන Y අක්ෂයේ කොටස ධණ ලෙස හැඳින් වේ.

මෙම ක්‍රමයෙන් අක්ෂ විවිධ දිශාවලට ඇද තිබුණත් ඒවා නිවැරදිව ධණ හා ඍණ පැති ඔබට හඳුනාගත හැකිය. පහත රූපයෙන් එය තවදුරටත් දක්වා ඇත.



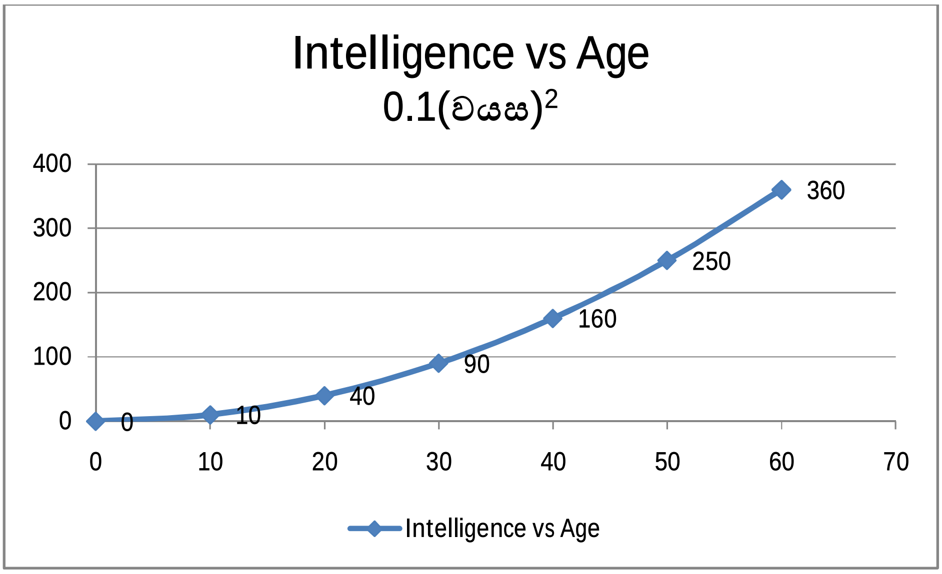
කාටිසියානු තලයට අමතරව, polar coordinate system ආදී තවත් ඛණ්ඩාංක පද්ධතිද පවතී (එහෙත් ඒවා ගැන මා මෙහි පැහැදිලි කරන්නේ නැත). විවිධ ආකාරයේ ශ්‍රිත සඳහා විවිධ ඛණ්ඩාංක පද්ධති ගැලපේ. බොහෝම අවස්ථාවල භාවිතා වන්නේ කාටිසියානු ක්‍රමය බව පෙනේ.

ශ්‍රිතයක් ප්‍රස්ථාරගත කරන විට, මෙවැනි ඛණ්ඩාංක තලයක ලකුණු කළ යුතුය. X හා Y යන අක්ෂ දෙකක් පමණක් ඇති කාටිසියානු තලයක විචල්‍යයන් දෙකකට පමණක් ඉඩ ඇත. එක විචල්‍යයක් X අක්ෂය මගින්ද අනෙක් විචල්‍යය Y අක්ෂය මගින්ද නිරූපණය කෙරේ. ශ්‍රිතයක අනිවාර්යෙන්ම එක් පරායත්ත විචල්‍යයක් ඇත. එහෙත් ශ්‍රිතයක ස්වායත්ත විචල්‍යය එකක් හෝ කිහිපයක් තිබිය හැකිය. ඒ අනුව, x-y ඛණ්ඩාංක තලයක ලකුණු කළ හැක්කේ එක් ස්වායත්ත විචල්‍යයක් සහිත ශ්‍රිත බව වටහා ගන්න. එම ස්වායත්ත විචල්‍යය තිරස් හෙවත් x අක්ෂය මගින්ද, පරායත්ත විචල්‍යය සිරස් හෙවත් y අක්ෂය මගින්ද නිරූපණය කළ යුතුය. මේ හේතුව නිසාම බොහෝ විට ස්වායත්ත විචල්‍යය තිරස් අක්ෂයේ අකුරින්ද, පරායත්ත විචල්‍යය සිරස් අක්ෂයේ අකුරින්ද නම් කරනවා.

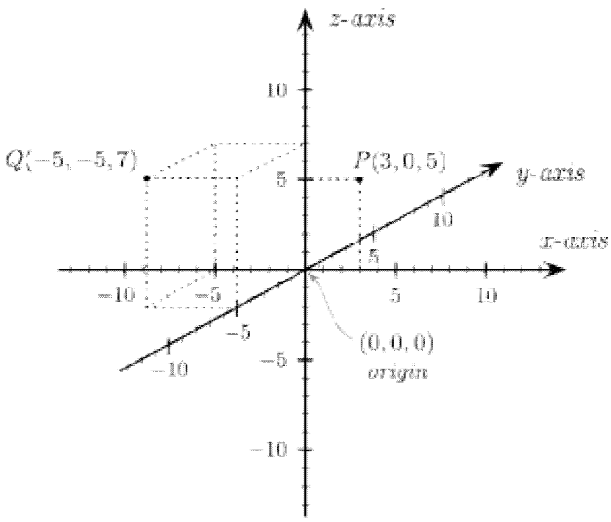
ශ්‍රිතයක ස්වායත්ත විචල්‍යයට ඊට ගත හැකි සෑම අගයක්ම ඇතුළු කර ඉන් ප්‍රස්ථාරයක් ඇඳීම ප්‍රායෝගිකව සිදු කළ නොහැකිය (එනම්, ඍණ අනන්තයේ සිට ධණ අනන්තය දක්වා වූ පරාසයම අපට ඇඳිය නොහැකි බව පහසුවෙන් වැටහෙනවා). අප ප්‍රස්ථාරයකින් බලාපොරොත්තු වන්නේ ශ්‍රිතයකින් කුමන ජාතියේ මූලික හැඩයක් ලැබෙනවාද යන්න බැලීමයි. ඒ සඳහා අප තීරණය කළ යුතුයි ලබා දිය යුතු අගය පරාසය. ප්‍රස්ථාරයක් ඇඳීමේදී මූලිකම කටයුත්ත නම්, ඛණ්ඩාංක තලය මත තැනින් තැන, ඛණ්ඩාංක කිහිපයක් ලකුණු කිරීමයි. ඒ සඳහා ඛණ්ඩාංක කිහිපයක් සොයාගත යුතුයි. එය කිරීමට, ස්වායත්ත විචල්‍යයට අප විසින් තීරණය කරන අගයන්ද, එම අගයන් ශ්‍රිතයට ආදේශ කර සුළු වීමෙන් ලැබෙන පරායත්ත විචල්‍යයද පහත ආකාරයට සටහන් කරගන්න. උදාහරණයක් ලෙස අප ඉහතදී සඳහන් කරපු “බුද්ධිය = 0.1(වයස)^2 “ යන ශ්‍රිතයට මෙය සිදු කරමු. මෙහි වයසට 0, 10, 20 ආදී ලෙස දහයෙන් දහය පරාසය සිටින සේ අගයන් දුන්නේ මාගේ කැමැත්ත අනුවයි.

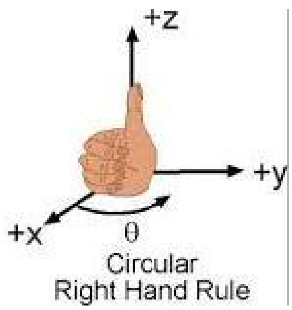
වයස	0	10	20	30	40	50	60	
(වයස)^2	0	100	400	900	1600	2500	3600	
0.1(වයස)^2	0	10	40	90	160	250	360	= බුද්ධිය

දැන් ඉහත සොයාගත් ඛණ්ඩාංක නිවැරදිය කාටීසිය තලයේ ලකුණු කර, එම තනි තනි ඩොට් සුමට රේඛා මගින් යා කරන්න. එවිට ලැබෙන්නේ එම ශ්‍රිතයට අදාළ ප්‍රස්ථාරයයි.



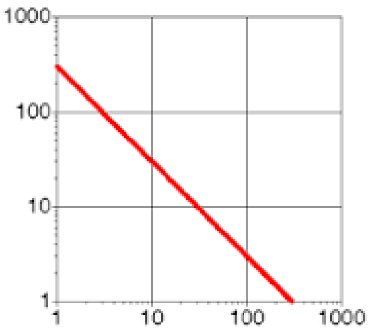
ඉහත දැක්වූයේ ද්විමාන අවකාශය සඳහා වූ කාටිසියාන තලයක් හා එවැනි තලයක ප්‍රස්ථාරයක් ඇඳීමයි. මෙලෙසම ත්‍රිමාණ අවකාශය සඳහාද කාටිසියානු තලය දියුණු කළ හැකිය. එනම්, x, y අක්ෂ දෙකට අමතරම z නම් තවත් අක්ෂයක් x, y යන අක්ෂ දෙකටම ලම්බක ලෙස ඇඳ ත්‍රිමාන අවකාශයේ ඕනෑම තැනක් එහි ලකුණු කළ හැකියි. ඉහත දැක්වූ දකුණත් රීතිය මගින් ඒ ඒ අක්ෂවල ධණ ඍණ පැති හඳුනාගත හැකියි.

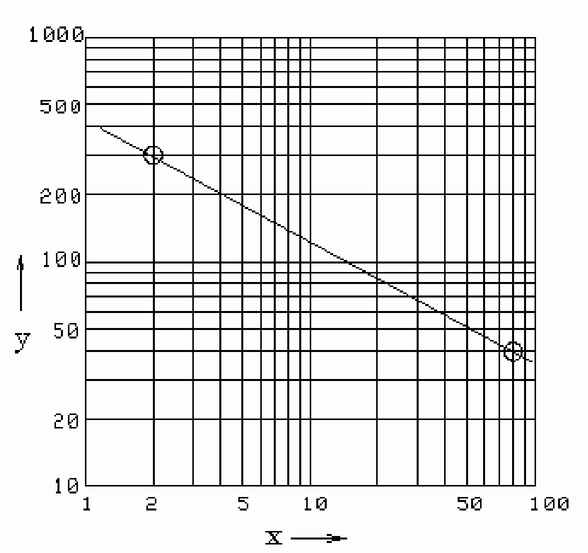




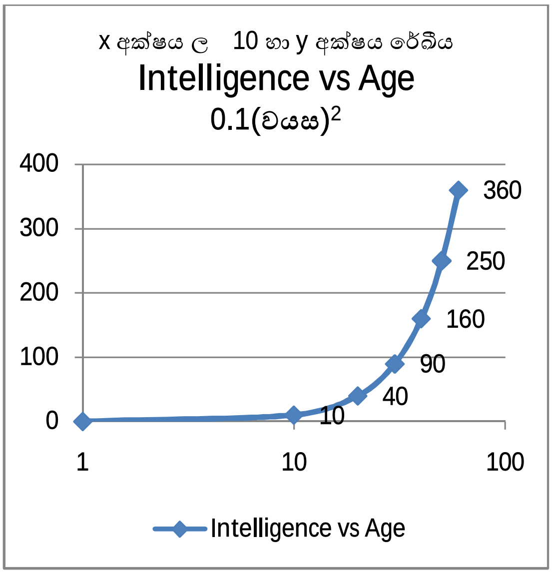
මෙහි ඛණ්ඩාංක (x,y,z) ලෙස ලියා දක්වයි. මෙහිද අක්ෂ දිගේ ධණ ඍණ ක්‍රමාංක කිරීමේදී ඉහතදී පෙන්වූ ආකාරයෙන්ම දකුණත තබා x අක්ෂයේ සිට y අක්ෂය දක්වා ඇඟිලි කරකවන්න මාපට ඇඟිල්ල කෙලින් තබාගෙන. එවිට, එම මාපට ඇඟිල්ල එල්ල වී ඇති දිශාවට z අක්ෂයේ ධණ අගයන් ලකුණු කරන්න. කොලයක් යනු ද්විමාන තලයක් බැවින් ත්‍රිමාන ඛණ්ඩාංක කොලයක ඇඳ පෙන්විය නොහැකිය. එහෙත් පරිගණක තිරයක් මත මෙම ත්‍රිමාන ඛණ්ඩාංග ඇඳිය හැක මොකද එවිට ප්‍රස්ථාරය කරකවමින් බැලිය හැකි නිසා. Z අක්ෂය පරායත්ත විචල්‍යය සඳහාද x හා y අක්ෂ දෙක ස්වායත්ත විචල්‍යය දෙකක් සඳහාද වෙන් කළ හැකි නිසා, ත්‍රිමාණ ඛණ්ඩාංක තලයකින් පෙන්විය හැක්කේ ස්වායත්ත විචල්‍යයන් දෙකක් සහිත ශ්‍රිත බව පෙනේ.

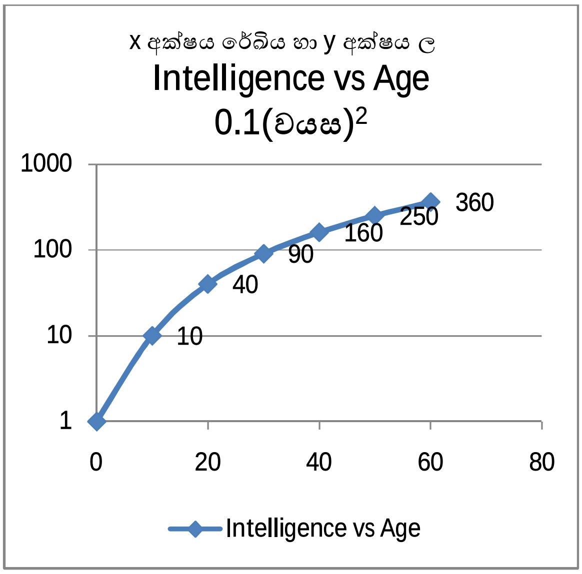
ඛණ්ඩාංක පද්ධතියක ඇති අක්ෂ ක්‍රමාංකණය කරන විධි කිහිපයක් ඇත. ඉහත ප්‍රස්ථාරවල පෙන්වා ඇත්තේ එක් ක්‍රමයකි. එනම්, මූල ලක්ෂ්‍යයෙ සිට එකම පරතරයක් සහිතව අගයන් ලකුණු කර ඇත. මෙලෙස ලකුණු කිරීම **රේඛීය** (linear) ක්‍රමාංකණයයි. තවත් ක්‍රමයක් නම්, ල (log) ක්‍රමාංකණයයි. ල ද (10, 2, e ආදි ලෙස) පාදය අනුව වෙනස් වන බව ඔබ දන්නවා. ඔබට අවශ්‍ය පාදයකින් යුතු ල පරිමාණයකින් අක්ෂ ක්‍රමාංකණය කළ හැකිය. එවිතරක් නොවේ, විවිධ අක්ෂවල ක්‍රමාංකණය වෙනස් පරිමාණවලින් දැක්වීමටද ඔබට පුළුවන්. පහත රූප දෙකෙන්ම දැක්වෙන්නේ අක්ෂ දෙකම දහයේ ල පරිමාණයෙන් ක්‍රමාංකණය කර ඇති ප්‍රස්ථාර දෙකකි.





පරිමාණ (ක්‍රමාංකණ පරිමාණය) වෙනස් වන විට ප්‍රස්ථාරයේ හැඩයද වෙනස්වන බව මතක තබා ගන්න. ඉහත අක්ෂ දෙකම රේඛීය පරිමාණයෙන් ඇඳි ප්‍රස්ථාරයම අක්ෂ පරිමාණ වෙනස් කිරීමේදී ප්‍රස්ථාර හැඩය වෙනස් වන බව පහත ප්‍රස්ථාර කිහිපය බැලීමෙන් ඔබට පැහැදිලි වෙනවා (මෙම ප්‍රස්ථාර Excel නම් පරිගණක වැඩසටහන උපයෝගි කරගෙන නිර්මාණය කර ඇත).

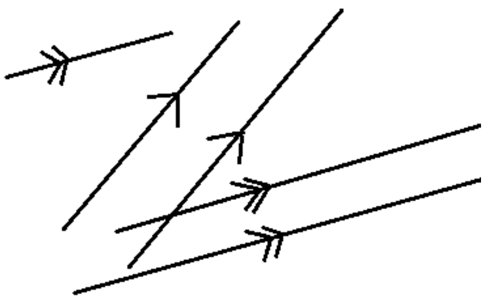




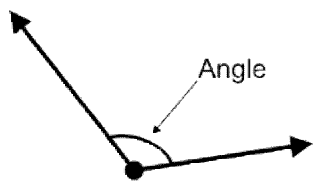
ඔබ ටෙනිස් බෝලයක් ගැන සිතන්න. දැන් එය ක්‍රමයෙන් කුඩා කරගෙන යන්න. අවසානයේ එය ඇසට නොපෙනෙන තරමේ කුඩා අංශුවක් තරමටම කුඩා කර, එයද ශූන්‍යය දක්වා කුඩා කරන්න. එවිට එම ටෙනිස් බෝලය දැන් අවකාශයේ කිසිදු ඉඩක් ගන්නේ නැත. එය දැන් තිබෙන ස්ථානය ඔබ සිතින් මවා ගත යුතුයි. සත්‍ය ලෙසම නොපවතින මෙම කුඩා තිත **ලක්ෂ්‍යය** (point) යන නමින් හැඳින් වේ. ප්‍රායෝගිකව අප කුඩා ඩොට් එකක් මගින් ලක්ෂ්‍යය ඇද පෙන්වනවා. ගණිතයේදී මෙවැනි ලක්ෂ්‍ය මගින් රේඛා, ත්‍රිකෝණ, ගෝල ආදී විවිධාකාරයේ හැඩතල හා වස්තූන් සාදනවා කළ හැකිය. ලක්ෂ්‍යය හා මෙම හැඩතල පිළිබඳ සලකා බලන ගණිතය **ජ්‍යාමිතිය** (geometry) නමින් හැඳින් වෙනවා. ගණිතයේ ප්‍රධාන කොටස් තුන අංක ගණිතය (arithmetic), වීජ ගණිතය, හා ජ්‍යාමිතිය වේ.

ලක්ෂ්‍යයක් අඛණ්ඩව හෙවත් සන්තතිකව (continuously) චලනය කරවීමෙන් **රේඛාවක්** (line) නිර්මාණය වේ. ලක්ෂ්‍යය එක කෙලින් ගමන් කළ විට, **සරල රේඛාත්** (simple line හෝ straight line) වක්‍රව ගමන් කිරීමෙන් **වක්‍ර රේඛාත්** (curved line) සෑදේ. සත්‍ය ලෙසම, රේඛාවක් ඇන්ද විට එය ඇසට නොපෙනිය යුතුයි මොකද එය ඒකමාන නිසා. එහෙත් ප්‍රායෝගිකව ඇසට නොපෙනෙන ඉරි සමග කටයුතු කළ නොහැකි නිසා රේඛා සිහින් ඉරි මගින් නිරූපණය කෙරෙනවා.

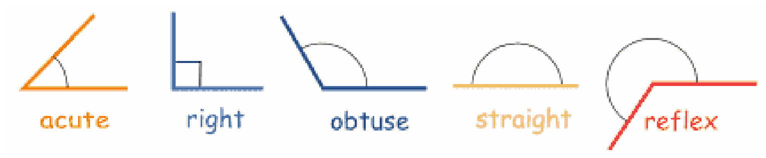
සරල රේඛා දෙකක් කිසි විටෙක එකිනෙකට නොකැපී තිබෙන ලෙස පැවතියොත් එම රේඛා දෙක එකිනෙකට **සමාන්තර** (parallel) යැයි පවසනවා. සමාන්තර රේඛා දෙකක් හෝ කිහිපයක් එකිනෙකට සමාන්තර යැයි හැඟවීමට > යන සලකුණ එකිනෙකට සමාන්තර රේඛා මත සලකුණු කරනවා. එවැනි සමාන්තර රේඛා "සෙට්" කිහිපයක් ඇති විට, එම එක එක සෙට් එක වෙන වෙනම හඳුනා ගැනීමට පහසුවනු පිණිස එම සංකේතය >>, >>> ආදී ලෙසද දැක්විය හැකියි.



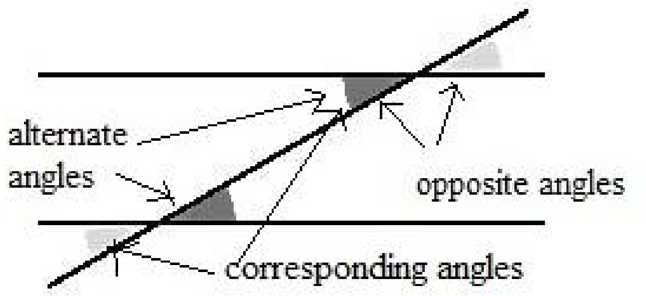
රේඛා දෙකක් එකිනෙකට හමු වීමෙන් හෝ කැපීමෙන් කෝණ (angle) නිර්මාණය වෙනවා.



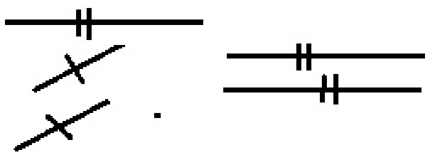
කෝණයේ අංශක ගණන අනුව කෝණවලට නම් ලබා දී ඇත. අංශක 90ට වඩා කුඩා කෝණ සුළු කෝණ (acute angle) ලෙසද, අනූවේ කෝණ සෘජු කෝණ (right angle) ලෙසද, අනූවට වඩා වැඩි කෝණ මහා කෝණ (obtuse angle) ලෙසද, අංශක 180 වූ විට straight angle ලෙසද, 180ට වැඩි වූ විට reflex angle ආදි ලෙස කෝණ නම් කරනවා.



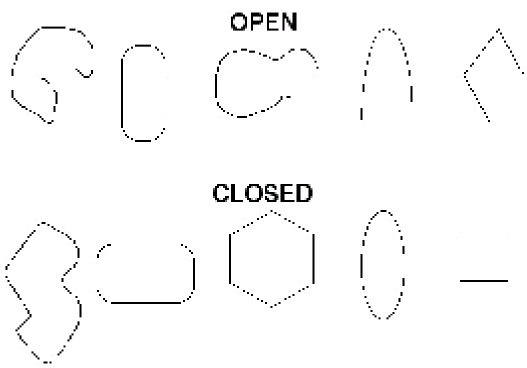
රේඛා දෙකක් එකිනෙක කැපීමෙන් (intersect) ඇතිවන **ප්‍රතිමුඛ කෝණ** (opposite angle) යුගලය එකිනෙකට සමාන වේ. තවද, සමාන්තර රේඛා දෙකක් තවත් රේඛාවකින් හරහාට කැපීමේදී ඇතිවන **අනුරූප කෝණ** (corresponding angles) යුගලය එකිනෙකට සමාන වේ (රේඛා දෙක සමාන්තර නොවේ නම්, අනුරූප කෝණ සමාන නොවේ). තවද, සමාන්තර රේඛා දෙකක් තවත් රේඛාවකින් හරහාට කැපීමේදී ඇතිවන **ඒකාන්තර කෝණ** (alternate angle) යුගලය එකිනෙකට සමාන වේ (රේඛා දෙක සමාන්තර නොවේ නම් ඒකාන්තර කෝණ සමාන නොවේ). පහත රූපය ආශ්‍රයෙන් ඒකාන්තර, ප්‍රතිමුඛ, හා අනුරූප කෝණ හඳුනා ගන්න.



රේඛා දෙකකින් සෑදෙන ජ්‍යාමිතික රූප අනිවාර්යෙන්ම **විවෘත** (open) වේ. රේඛා දෙකක් හෝ කිහිපයක් දිගින් එකිනෙකට සමාන බව හැඟවීමට එම රේඛා මත ඉරි කැබැල්ලක් ගසනු ලැබේ. එකිනෙකට සමාන ඉරි සෙට් කිහිපයක් ඇති විට (පෙර සමානත්‍රතාව පෙන්වීමේදී මෙන්ම) ඉරි කැබැලි ගණන වැඩි කර සමාන සෙට් වෙන වෙනම පෙන්විය හැකියි.

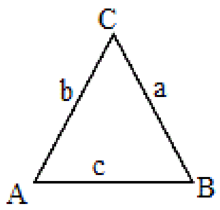


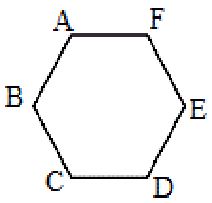
සංවෘත (closed) රූපයක් සෑදීමට අනිවාර්යෙන්ම අවම වශයෙන් සරල රේඛා තුනක් අවශ්‍ය වන අතර, එසේ සෑදෙන සරලතම සංවෘත රූපය **ත්‍රිකෝණය** (triangle) ලෙස නම් කෙරේ. අවශ්‍ය නම්, රේඛා තුනකින් නොව රේඛා දහස් ගණනක් යොදාගෙන වුවද විවෘත රූප සෑදිය හැකි බව වටහ ගන්න.



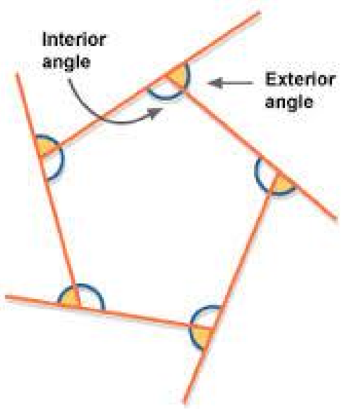
රේඛා මගින් සෑදෙන සෑම ද්විමාන (හෙවත් තලයක් මත පවතින හෙවත් තලීය) රූපයක්ම **බහුඅ** (polygon) යන නමින් හැඳින් වේ. ඒ අනුව, ත්‍රිකෝණ, චතුරස්‍ර, පංචාස්‍ර ආදී සියලුම තලීය රූප බහුඅස්‍ර වේ. බහුඅස්‍රයක ශීර්ෂ නම් කිරීමෙදී කැපිටල් ඉංග්‍රිසි අකුරු යොදා ගැනේ. එහිදීද ක්‍රමයක් ඇත. එක් ශීර්ෂයක් A ලෙස නම් කර, එතැන් සිට වාමාවර්තව හෝ දක්ෂිණාවර්තව B, C ආදි ලෙස අනෙක් ශීර්ෂ පිළිවෙළින් ලකුණු කළ යුතුය.

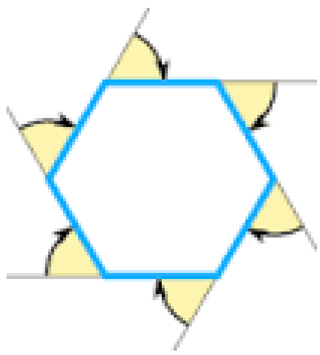
ත්‍රිකෝණයක ශීර්ෂ සාමාන්‍ය පරිදි කැපිටල් ඉංග්‍රිසි අකුරුවලින් නම් කළ පසු, ඒ ඒ ශීර්ෂ ඉදිරියෙන් ඇති පාද එම ප්‍රතිමුඛව ඇති ශීර්ෂය දක්වා ඇති ඉංග්‍රිසි අකුරේම සිම්පල් අකුරින් ලිවිය යුතුය. එවිට එය සම්මත ත්‍රිකෝණ ලකුණු කිරීමක් ලෙස සැලකේ (පහත වම් පැත්තේ ත්‍රිකෝණයෙන් සම්මත ත්‍රිකෝණයක් දක්වා ඇත.)

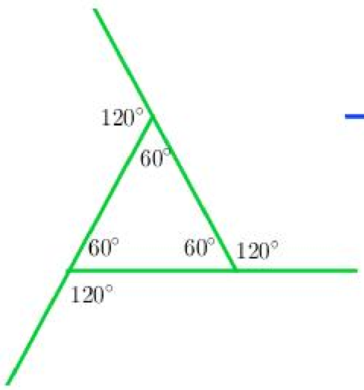


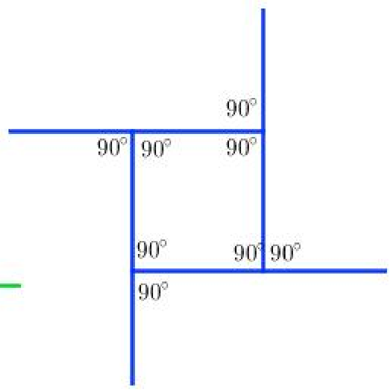


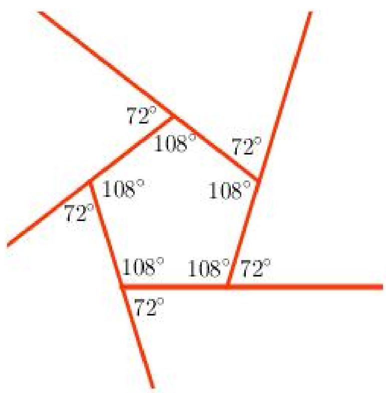
සෑම බහුඅස්‍රයකම **පරිමිතියක්** (perimeter) ඇත. පරිමිතිය යනු බහුඅස්‍රය සෑදී ඇති රේඛා කැබැලිවල (හෙවත් පාදවල) මුළු දිග වේ. සෑම බහුඅස්‍රයකම ක්ෂේත්‍රඵලයක්ද ඇත. ක්ෂේත්‍රඵලය මනින විධිය බහුඅස්‍රය අනුව වෙනස් වේ. සෑම බහුඅස්‍රයකම **භාහිර කෝණ** (external/exterior angles) සියල්ලේම එකතුව අංශක 360 කි. භාහිර කෝණ සාදන්නේද ශීර්ෂ නම් කරන විට මෙන් වාමාවර්තව හෝ දක්ෂිණාවර්තව පළමුව හමුවන පාදය දික් කිරීමෙනි (පහත රූප බලන්න). තවද, එක් ශීර්ෂයක පවතින අභ්‍යන්තර හා භාහිර යන කෝණ දෙකෙහිම එකතුව හැමවිටම 180^0 වේ.









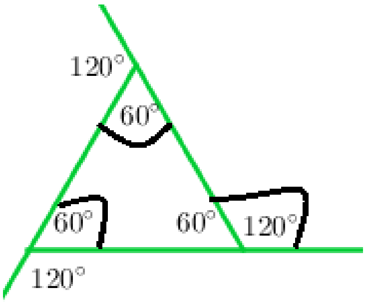


එහෙත් **අභ්‍යන්තර කෝණවල** (internal/interior angles) එකතුව බහුඅස්‍රයේ පවතින කෝණ ගණන අනුව තීරණය වේ. ඊට සූත්‍රයක්ද ඇත.

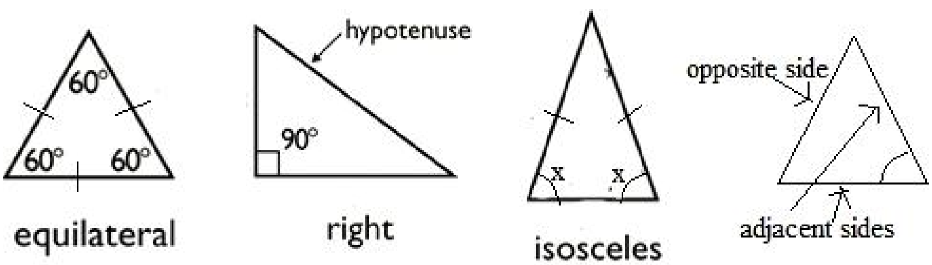
n කෝණ ගණනක් ඇති බහුඅ යක අභ්‍යන්තර කෝණ සියල්ලේ එකතුව = (n-2) x 180^o

ඉහත සූත්‍රය අනුව ත්‍රිකෝණයක අභ්‍යන්තර කෝණ තුනෙහි එකතුව = (3-2) x 180 = 180 වේ. ත්‍රිකෝණයක වර්ගඵලය සෙවීමට පළමුවෙන්ම ත්‍රිකෝණයේ එක් පාදයක් ගෙන (මෙම පාදය base ලෙස හැඳින් වේ) ඒ මතට ඊට කෙළින්ම විරුද්ධව තිබෙන ශීර්ෂයේ සිට ලම්භකයක් අඳින්න. එවිට, ත්‍රිකෝණයේ වර්ගඵලය වන්නේ බේස් එකේ දිගත් ලම්භකයේ දිගත් වැඩි කර එය දෙකෙන් බෙදූ විට ලැබෙන අගයයි. (පහත තැනක සියලු බහුඅස්‍ර එක් රූපයක ඇඳ ඇත.)

යම් ත්‍රිකෝණයක එක පාදයක් දික් කළ විට සෑදෙන භාහිර කෝණය ත්‍රිකෝණය තුළ ඊට ඈතින් ඇති අභ්‍යන්තර කෝණ දෙකෙහි එකතුවට සමාන වේ.

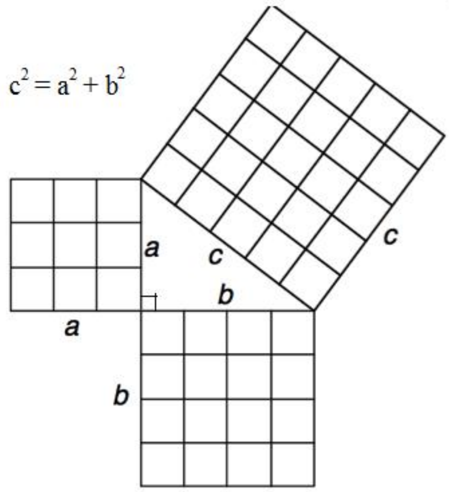


යම් ත්‍රිකෝණයක පාද දෙකක් (කෝණ දෙකක් කීවත් වරදක් නැත) සමාන විට, එය **සමද්විපාද ත්‍රිකෝණයක්** (isosceles) සේ හැඳින් වේ. සමාන පාද දෙක සමග සාදන කෝණ දෙකද එකිනෙකට සමාන වීම මෙහි ඇති විශේෂත්වයයි. පාද (හෝ කෝණ) තුනම සමාන විට, එය **සමකෝණී ත්‍රිකෝණයක්** (equilateral triangle) ලෙස හැඳින් වේ. මෙහිදී පාද තුනම සේම කෝණ තුනද එකිනෙකට සමාන වේ. යම් ත්‍රිකෝණයක එක කෝණයක් අංශක 90ක් වූ විට, එය **සෘජුකෝණී ත්‍රිකෝණයක්** (right triangle හෝ right angle triangle) සේ හැඳින් වේ. එහිදී එම සෘජුකෝණයට ඉදිරියෙන් ඇති පාදය **කර්ණය** (hypertenuse) යන විශේෂ නාමයෙන්ද හැඳින් වේ (කර්ණය හැමවිටම පාද තුනෙන් දිගම පාදයද වේ). සෘජුකෝණී ත්‍රිකෝණයක 90^o වන කෝණය හැර වෙනත් ඕනෑම කෝණයක් ගත් විට, අනිවාර්යෙන්ම එම කෝණය සාදන සාදන පාද දෙකෙන් එක පාදයක් වන්නේ කර්ණයයි. එම කෝණය සාදන්නට හවුල් වන අනෙක් පාදය **බද්ධ පාදය** (adjacent side) ලෙසද, එම කෝණය සෑදීමට හවුල් නොවන පාදය (එනම්, එම කෝණයට විරුද්ධව ඉදිරියෙන් තිබෙන පාදය) **සම්මුඛ පාදය** (opposite side) ලෙසද නම් කෙරෙනවා.



ත්‍රිකෝණ ගැන පැවසීමේදී පයිතගරස් නම් ගණිතඥයා විසින් සොයාගත් ඉතාම වැදගත් ගණිත සිද්ධාන්තයක් තිබෙනවා. ඉන් කියනනේ සෘජුකෝණී ත්‍රිකෝණයක කර්ණයේ වර්ගය හැම විටම අනෙක් පාද දෙක තනි තනිව

වර්ග කර එම වර්ග සංඛ්‍යා දෙක එකතු කළ විට ලැබෙන අගයට සමාන බවයි. මෙය **පයිතගරස් ප්‍රමේයය** (Pythagoras Theorem) ලෙස හැඳින් වෙනවා. එහි රූපමය තේරුමද පහත රූපයේ දැක් වෙනවා.



සරල රේඛා හතරකින් නිර්මාණය වන සංවෘත රූපය **චතුර ය** (quadrangle හෝ quadrilateral) ලෙස හැඳින් වේ. චතුරස්‍ර වර්ග කිහිපයක්ම ඇත. චතුරස්‍රයක එකිනෙකට විරුද්ධ ශීර්ෂ දෙකක් අතර අභ්‍යන්තරිකව අඳිනු ලබන ඍජු රේඛාව **විකර්ණය** (diagonal) ලෙස හැඳින් වේ. එලෙස චතුරස්‍රයකට විකර්ණ දෙකක් ඇත. මේ සෑම චතුරස්‍රයකම අභයන්තර කෝණවල එකතුව අංශක (4-2)x180 = 360 වේ.

පාද හතරම සමාන හා එකිනෙකට විරුද්ධ දිශාවල ඇති පාද යුගල සමාන්තරව පවතින විට එවැනි චතුරස්‍රයක් **සමචතුර ය** (square) ලෙස හැඳින් වේ. සමතුරස්‍රයකදී විකර්ණ දෙක කැපෙන විට ඒවා එකිනෙකට ලම්භක වීම හා විකර්ණ දෙක හරි මැදින් වෙන්වීම (සම ෙ ද වීම) සමචතුරස්‍රයක ස්වාභවයයි. දිග පළලින් වැඩි කළ විට එහි වර්ගඵලය ලැබේ (මෙහිදී දිග හා පළල සමානද වේ).

එකිනෙකට විරුද්ධ පැතිවල පාද යුගල් සමාන්තර හා සමාන වූ විට (පාද හතරම සමාන නොවී) ලැබෙන්නේ **ඍජුකෝණා යකි** (rectangle). පෙර සේම දිග පළලින් වැඩි කළ විට, වර්ගඵලය ලැබේ. විකර්ණ සම ෙ ද වුවත් ඒවා එකිනෙකට ලම්භක නොවේ. ඍජුකෝණාස්‍රය හා සමචතුරස්‍රය යන දෙකෙහිම කෝණ සියල්ල ඍජුකෝණී වේ.

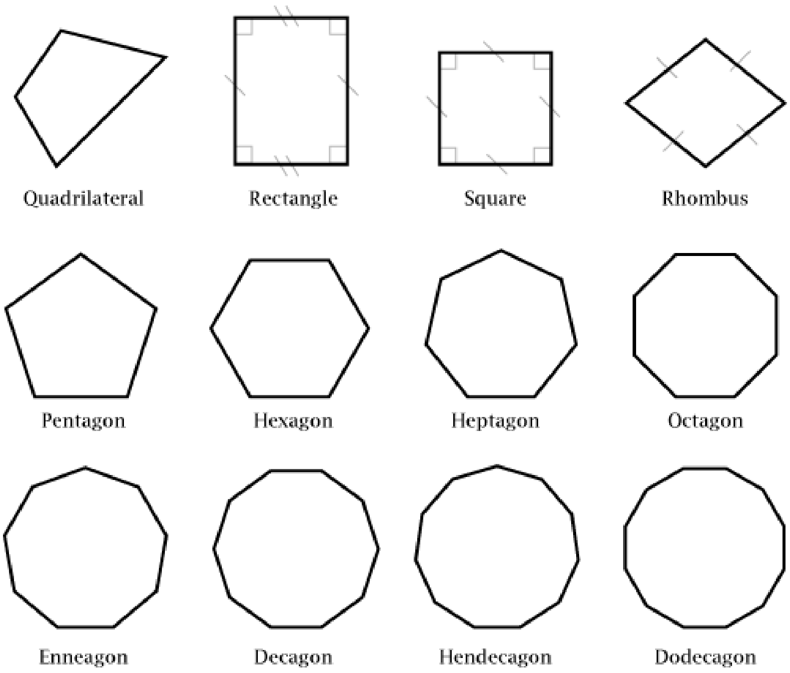
සමචතුරස්‍රයක එක පැත්තක් තල්ලු කළ විට, එහි කෝණ ඍජු කෝණී බවින් නිදහස් වේ. එවිට එය **රොම්බසයක්** (rhombus) ලෙස හැඳින් වේ. එලෙසම, ඍජුකෝණාස්‍රයක් ඇල කළ විට ඇති වන්නේ **සමාන්තරා යකි** (parallelogram). රොම්බසයේ හා සමාන්තරාස්‍රයේ යන දෙකෙහිම වර්ගඵලය සොයන්නේ එකම ක්‍රමයකටයි. එනම් එක් පාදයක් මත (ඉහත ත්‍රිකෝණයට කළාක් මෙන්) ලම්භකයක් අඳින්න උඩ ඇති ශීර්ෂයකට. එවිට, එම ලම්භ උසෙත් ලම්භකය ගොඩනඟා ඇති පාදයෙත් ගුණිතය රොම්බසයේ හෝ සමානත්රාස්‍රයේ වර්ගඵලය වේ.

චතුරස්‍රයේ එක් පාද යුගලයක් සමාන්තර හා අසමාන නම්, එය **ත්‍රපීසියම** (trapezium හෝ trapezoid) ලෙස හැඳින් වේ. ත්‍රපීසියමක වර්ගඵලය සොයන්නේ සමාන්තර පාද දෙක එකතු කර එය දෙකෙන් බෙදා, සමාන්තර පාද දෙක අතර ඇති ලම්භක දුරින් එය වැඩි කිරීමෙනි.

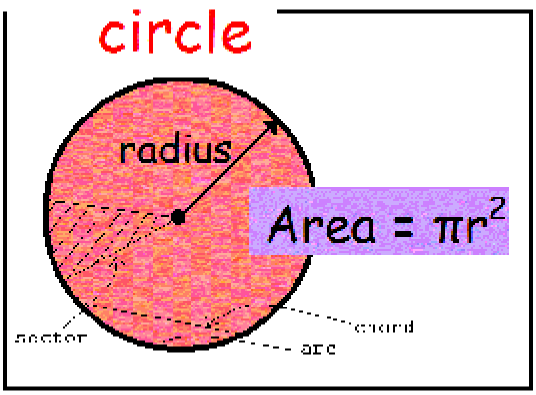
ඉහත විශේෂිත අවස්ථා හැර විවිධ හැඩවලින් යුතු චතුරස්‍රද ඇඳිය හැකිය. ඒවාට විශේෂිත නාමයන් නැත.

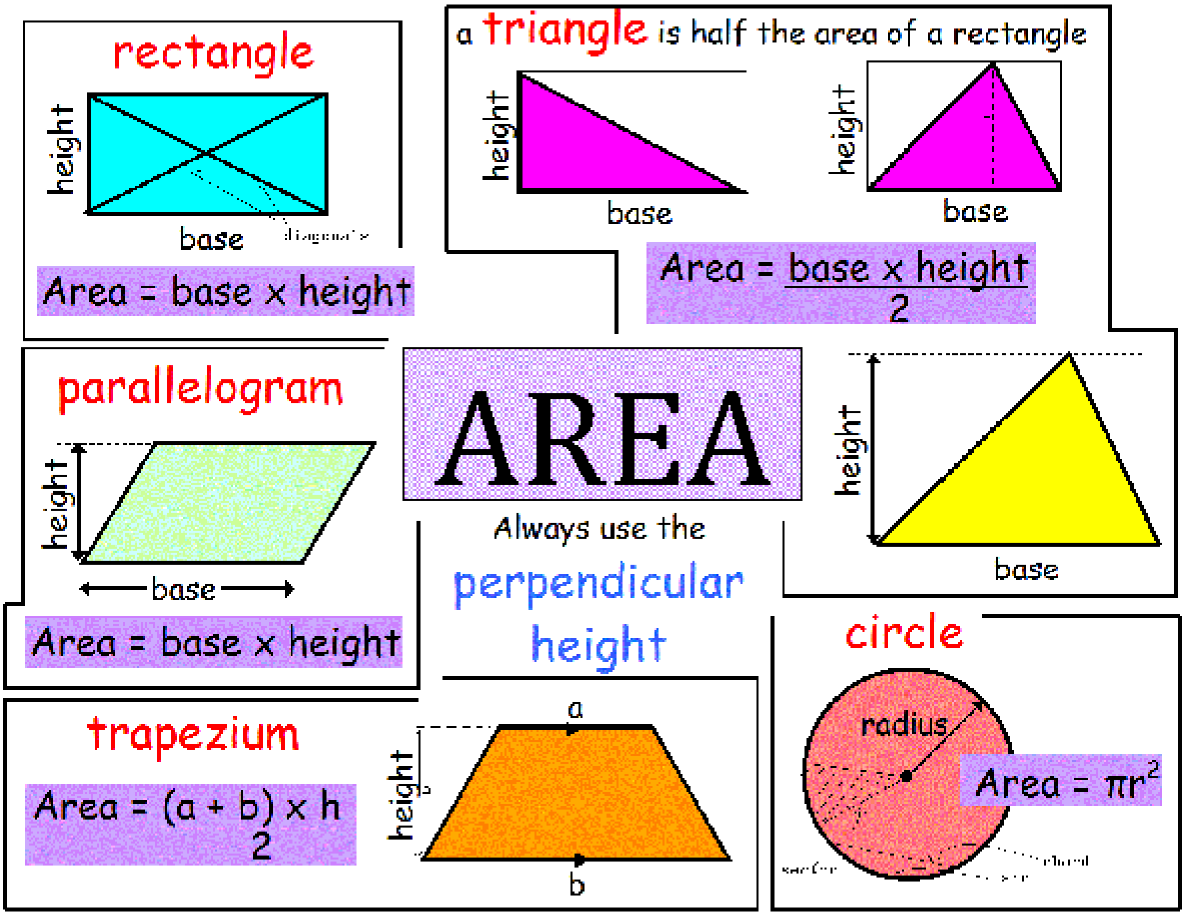
සරල රේඛා පහකින් සෑදෙන රූප **පංචා** (pentagon) ලෙස හැඳින් වේ. පාද පහම සමාන විට, ඒවා විධිමත් හෙවත් **සවිධි** (regular) පංචාස්‍ර ලෙස හැඳින් වේ. මෙලෙම පාද හයක් ඇති විට, **සඩා** (hexagon) ලෙසත්, පාද

හතක් ඇති විට **සප්තා** (septagon) ලෙසත්, පාද අටක් ඇති විට **අෂ්ටා** (octagon) ලෙසත් ආදී ලෙස තමන්ට කැමති පාද ගණනක බහුඅස්‍ර පහසුවෙන් නිර්මාණයක කළ හැකිය.



යම් ලක්ෂ්‍යයක් ගමන් කරන්නේ යම් **කේන්ද්‍රයක** (center) සිට සමාන දුරකින් නම්, ඉන් නිර්මාණය වන්නේ **වෘත්තයකි** (circle). කේන්ද්‍රය වටා ලක්ෂ්‍යය ගමන් කළ පථය **පරිධිය** (circumference) (මීට සමාන අදහස බහුඅස්‍රවලදී පරිමිතිය ලෙස හැඳින් වේ) ලෙසද, කේන්ද්‍රයේ සිට පරිධියට ඇති කෙටිම දුර **අරය** (radius) ලෙසද, පරිධියේ එක් තැනක සිට කේන්ද්‍රය හරහා පරිධියේ අනෙක් කෙළවරකට ඇති කෙටිම දුර **විශ්කම්භය** (diameter) ලෙසද හැඳින් වේ. මේ නිසා, හැමවිටම විශ්කම්භය අරය මෙන් දෙගුණයකි. පරිධියේ එක් තැනක සිට පරිධියේම තවත් තැනකට සෘජු රේඛාවක් ඇන්ද විට ඊට **ජ්‍යාය** (chord) කියා කියනවා. මේ අනුව විශ්කම්භය යනුද විශේෂ ජ්‍යායක් බව පේනවා. තවද, ජ්‍යායක් ඇන්ද විට, පරිධිය කොටස් දෙකකට කැඩෙනවා. එම කොටස් **චාප** (arc) ලෙස හැඳින් වෙනවා. විශ්කම්භය නම් ජ්‍යායකින් සෑදෙන චාප කොටස් එකිනෙකට සමාන වන අතර එය සම්පූර්ණ වෘත්ත පරිධියෙන් හරි අඩක් බැගින් වේ. විශ්කම්භ නොවන ජ්‍යායකින් හැමවිටම සෑදෙන චාප කොටස් දෙකෙන් එකක් අනෙකට වඩා විශාල වේ. පරිධියේ ලක්ෂ්‍ය දෙකක සිට කේන්ද්‍රයට ඇඳි සෘජු රේඛා දෙකක් මගින් කේන්ද්‍රයේ කෝණයක් ඇති කළ (ආපාතනය කළ) හැකිය. එවැනි කොටසක් sector ලෙස හැඳින් වේ.



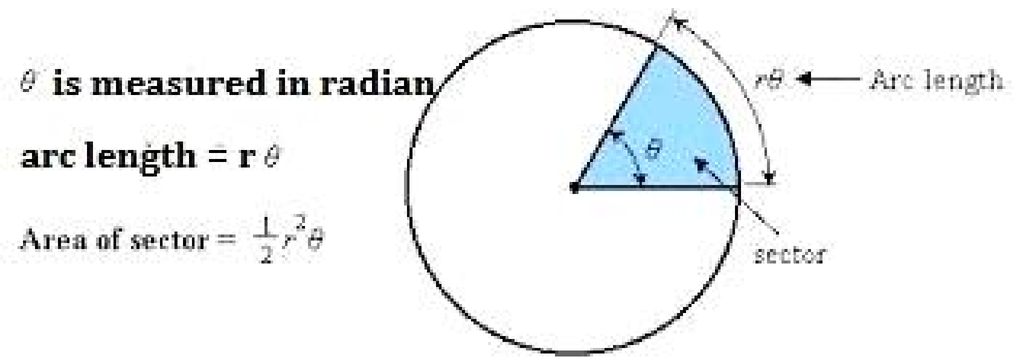


පරිධියේ විශාලත්වය (හෙවත් දිග) හා වෘත්තයක වර්ගඵලය සොයන සූත්‍ර වන්නේ

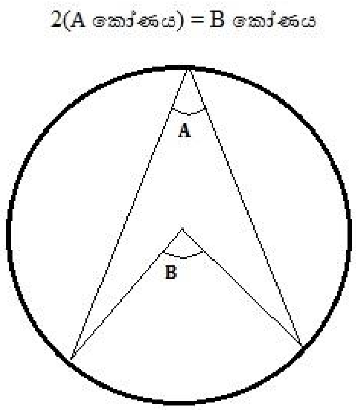
පරිධිය, $C = 2\pi R$ (R යනු අරයයි. බොහෝ දෙනා “සී සමානයි ටු පයි ආර්” යනුවෙන් මෙය කටපාඩම් කරනවා)

වර්ගඵලය, $A = \pi R^2$

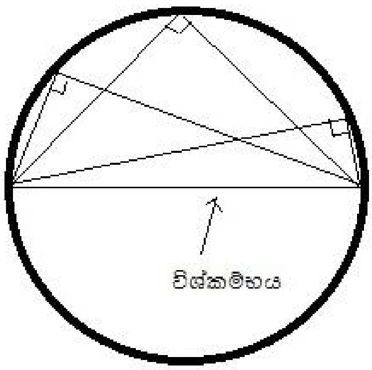
සෙක්ටර් එකකට අයිති පරිධියේ කොටසේ දිග හා සෙක්ටර් එකක වර්ගඵලය සෙවීමටද සූත්‍ර ඇත. මෙහිදී කෝණය අනිවාර්යයෙන්ම රේඩියන් වලින් ලිවිය යුතුමය (රේඩියන් ගැන විද්‍යා අතිරේකයේ විස්තර කර ඇත).



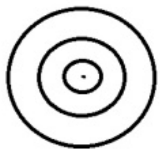
පරිධියේ ලක්ෂ්‍ය දෙකක් මගින් (එනම්, ජ්‍යායකින්) කේන්ද්‍රයේ මෙන්ම කේන්ද්‍රයට එහා පැත්තෙන් පරිධිය මතද කෝණයක් ආපාතනය කළ හැකිය. එලෙස පරිධිය මත (පරිධියේ ඕනෑම තැනකට) අපාතනය කරන කෝණය එම ජ්‍යාය විසින්ම කේන්ද්‍රය මත ආපාතනය කරන කෝණයෙන් භාගයකි.



තවද, විශ්කම්භය විසින් පරිධියේ ඕනෑම තැනකට ආපාතනය කරන කෝණය හැමවිටම සෘජුකෝණී වේ.

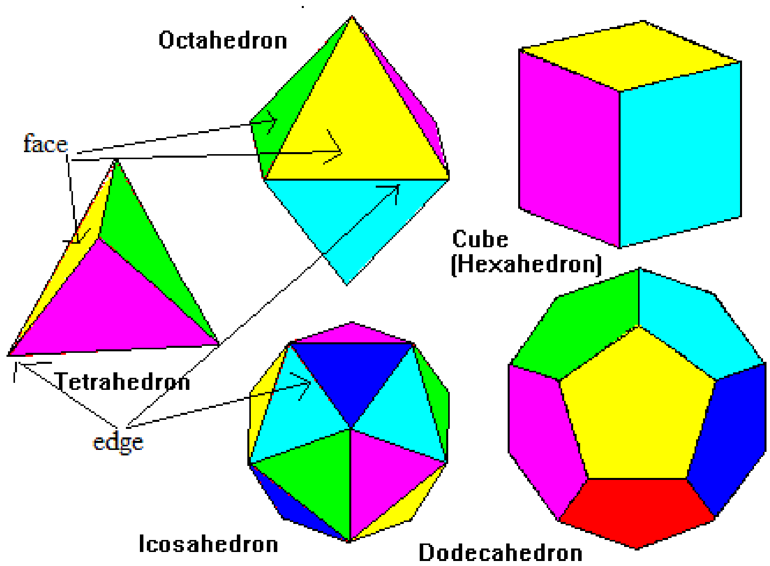


යම් කේන්ද්‍රයක් මැදි කරගෙන විවිධ අරයන් සහිත වෘත්ත ගණනාවක් වුවත් එක විට ඇඳිය හැකිය. එවිට, ඒ එක් එක් පරිධියක් **සංකේන් යව** (concentric) පවතිනවා යැයි පවසනවා. විද්‍යා හා තාක්ෂණික විස්තර කිරීමවල මෙම වචනය බහුලව යොදා ගැනෙනවා. කොන්සෙන් ක් යන්න හරියට සරල රේඛා දෙකක් සමාන්තරයි කියන්නාක් බඳු වේ.

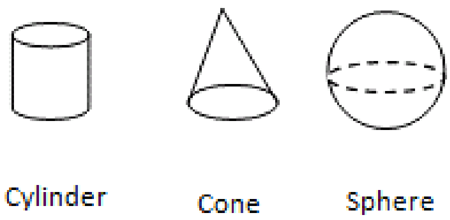


ඉහත සියලුම සංවෘත හා විවෘත ජ්‍යාමිතක හැඩතල තලීය (හෙවත් ද්විමාන) වේ. ත්‍රිමාන හැඩතලද අපට නිර්මාණය කළ හැකියි. එවැනි විශේෂිත ත්‍රිමාන රූප කිහිපයක් දැන් සලකා බලමු. ත්‍රිමාන වස්තූන් කොලයක ඇඳීමේදි අපහසුතාවක් පවතින බවද තේරුම්ගන්න. **චතුස්තලය** (tetrahedron) යනු ත්‍රිමාන හැඩතලවල සරලතම හැඩතලයයි. ත්‍රිමාන ලෝකයේදී චතුස්තලය යනු හරියටම ද්විමාන ලෝකයේදී සරලතම සංවෘත රූපය වූ ත්‍රිකෝණය බඳුය. නමින්ම කියවෙන පරිදි මෙය සෑදී තිබෙන්නේ තල හතරක් එකතු වීමෙනි (මෙම තල ත්‍රිකෝණ

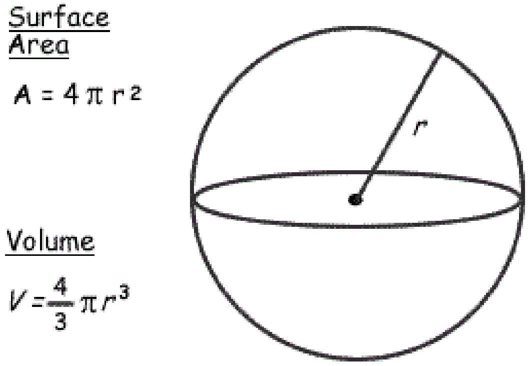
හතරක් බව පෙනේ). තල පහකින් **පිරමීඩ** (pyramid) සෑදිය හැකිය. තල හයකින් **ඝනකාභය** (cuboid) හා **ඝනකය** (cube) සෑදිය හැකිය. ඝනකයක් යනු තල සියල්ලම සමාන හෙවත් සමචතුරස්‍ර ආකාරයෙන් පවතින ඝනකාභයේම විශේෂ අවස්ථාවකි (ඝනකාභය හා ඝනකය හරියට ද්විමාන ලෝකයේදී සෘජුකෝණාස්‍රය හා සමචතුරස්‍රය යන දෙක බඳුය). ත්‍රිමාන රූපයක තල "**මුහුණත්**" (face) ලෙස හැඳින්වේ. මුහුණත් එකිනෙකට මුණගැසෙන ස්ථාන **දාර** (edge) ලෙස හැඳින්වේ. ඝනකයේ හා ඝනකාභයෙහි පරිමාව, දිග පළල හා උස යන තුන එකිනෙකට වැඩි කිරීමෙන් පහසුවෙන්ම ගණනය කළ හැකියි. මෙම සියල්ලෙහිම තලවල වක්‍රතා නොමැත.



සිලින්ඩරය (cylinder) හා **කේතුවද** (cone) හා **ගෝලය** (sphere) යනු තවත් සුවිශේෂී ත්‍රිමාන ජ්‍යාමිතක හැඩතල තුනකි. මේ තුනෙහිම වක්‍ර තල (curved planes) ඇත. ද්විමාන ලෝකයේ හමු වූ වෘත්තයේ ත්‍රිමාන ස්වරූපය ගෝලය වේ. වක්‍රතාව ඇතිව හෝ නැතිව හෝ පවතින තලයන්ට **මතුපිට** හෝ **මුහුණත්** (surface හෝ face) යන වචන ව්‍යවහාර වේ. ත්‍රිමාන හැඩයකට පරිමාවක් ඇත. ඒ විතරක් නොවේ, ත්‍රිමාන හැඩයකට භාහිර මතුපිටවල් සියල්ලේම ක්ෂේත්‍රඵලයක්ද (භාහිර මතුපිට ක්ෂේත්‍රඵලය) ගණනය කළ හැකිය. සමහර ත්‍රිමාණ හැඩතලවලට ඒවා මැනීමට සූත්‍රද ඇත (ඒවා සොයා බලන්න).



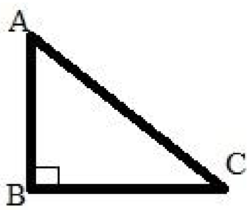
මින් ගෝලය ගැන තරමක් දුරට සොයා බලමු මොකද එය විද්‍යා න්‍යායන් ගැන කතා කරන විට නිතර හමුවන නිසා. වෘත්තයක සේම ගෝලයකටද කේන්ද්‍රයක්ද, අරයක්ද ඇත. ඊට අමතරව "(ගෝල) මතුපිටක්" ඇත. ගෝලයක පරිමාව (volume) හා මතුපිට ක්ෂේත්‍රඵලය (surface area) සෙවීමට පහත සූත්‍ර දෙක ඇත.



වෘත්තයදී කෝණ හමු වුණා. එම කෝණ තල කෝණ වන අතර අංශකවලින් හෝ රේඩියන්වලින් තල කෝණ මැනිය හැකි බව ඔබ දන්නවා. ගෝලයකදී හමු වන්නේ ඝන කෝණ වන අතර එය ස්ටරේඩියන්වලින් මනිනවා. මේ ගැන විස්තර විද්‍යා අතිරේකයේ තිබෙන නිසා මෙහිදී නැවත විස්තර කරන්නේ නැහැ. එහෙත් ස්ටෙරඩියන් හා රේඩියන් අතරද යම් සම්බන්ධතාවක් ඇත.

1 steredian = 1 radian^2

අප දැන් **ත්‍රිකෝණමිතිය** (trigonometry) ගැන සලකා බලමු. මූලිකවම ඍජුකෝණි ත්‍රිකෝණයක පාද හා කෝණ ආශ්‍රය කරගෙන මෙය ගොඩනගා ඇත. ඍජුකෝණි ත්‍රිකෝණයක (ඍජුකෝණය නොවන) කෝණයක් සැලකූ විට, එම කෝණය හා එම ත්‍රිකෝණයේ ඕනෑම පාද දෙකක් අතර අනුපාත (එනම්, එක් පාදයක් තවත් පාදයකින් බෙදීම) අතර ඇති සම්බන්ධතා මෙමගින් පැහැදිලි කෙරේ.



ඉහත රූපයේ A නම් කෝණය ගනිමු (සාමාන්‍යයෙන් ශීර්ෂයේ සංකේතයෙන්ම කෝණය නම් කෙරේ). එවිට, එම කෝණයට සම්මුඛ පාදය වන BC, කර්ණය වන AC වලින් බෙදූවිට එම අනුපාතයට sine යන නම ලැබේ. එය ශ්‍රිතයක් ආකාරයට ලියන ක්‍රමයක් ඇත. එහිදී සලකා බලන කෝණයේ නම වරහනක් ඇතුව හෝ නැතිව අනුපාත නාමයට පසුව ලිවිය යුතුයි.

Sine (A) හෝ Sine A

එහෙත් ත්‍රිකෝණමිතික අනුපාත අකුරු තුනක නමකින් සාමාන්‍යයෙන් ලියන සම්ප්‍රදායක් ඇත. ඒ අනුව ඉහත sine වෙනුවට sin යන නම නිතරම පාහේ භාවිතා වේ. ඒ අනුව සයින් අනුපාතය වන්නේ,

Sin(**A**) = BC/AC = **සම්මුඛ පාදය / කර්ණය**

ඉහත ත්‍රිකෝණයේ A සඳහාම cosine යන නමින් හැඳින්වෙන අනුපාතයක්ද අර්ථ දැක්විය හැකියි. එය,

Cos(A) = AB/AC = **බද්ධ පාදය / කර්ණය**

එලෙසම tangent යන අනුපාතයක්ද පහත ආකාරායට අර්ථ දැක්විය හැකියි.

Tan(**A**) = BC/AB = **සම්මුඛ පාදය / බද්ධ පාදය**

ඉහත ටැන් අනුපාතයේ BC හා AB යන ළවය හා හරය යන දෙකම AC වලින් බෙදන්න (හරය හා ළවය දෙකම එකම අගයෙන් බෙදන විට භාග අගය වෙනස් නොවේ). ඒ අනුව, BC/AC යන්න සයින් අනුපාතය හා AB/AC යන්න කොස් අනුපාතය බව පෙනේ. ඒ අනුව, ටැන් අනුපාතය සයින් බෙදීම කොස් ලෙසද අර්ථ දැක්විය හැකියි.

Tan(**A**) = sin(**A**)/cos(**A**)

සයින්, කොස්, හා ටැන් යනු ත්‍රිකෝණමිතියේ මූලිකම අනුපාත තුන වේ. ඊට අමතරව තවත් අනුපාත තුනක් අර්ථ දැක්විය හැකියි. ඒවා නම්,

Cosec(**A**) = csc(**A**) = AC/BC = **කර්ණය / සම්මුඛ පාදය**
Sec(**A**) = AC/AB = **කර්ණය / බද්ධ පාදය**
Cotangent(**A**) = cot(**A**) = AB/BC = **බද්ධ පාදය / සම්මුඛ පාදය**

ඉහත කොසෙක්, සෙක්, හා කොට් අනුපාත තුන බැලීමේදී ඒවා පිළිවෙලින් සයින්, කොස්, හා ටැන් අනුපාතවල ප්‍රතිලෝමය (හරය ළවය උඩ යට මාරු වී) බවද පෙනේ. එනිසා, එම අනුපාත ප්‍රධාන අනුපාත ආශ්‍රයෙන්ම අවශ්‍ය නම් ලිවිය හැකියි නේද? (මේ නිසා, බොහෝ විට මූලික අනුපාත තුන ගැන පමණක් කතා කරමු මෙතැන් සිට.)

csc(**θ**) = 1/sin(**θ**)
sec(**θ**) = 1/cos(**θ**)
cot(**θ**) = 1/tan(**θ**)

නැවැත ඉහත ත්‍රිකෝණය දෙසට අවධානය යොමු කරමු. ඊට පයිතගරස් සූත්‍රය $AC^2 = AB^2 + BC^2$ ලෙස ලිවිය හැකියි නේද? දැන් ඉහත සූත්‍රය පළමුව AC^2, දෙවනුව AB^2, තෙවනුව BC^2 වලින් වෙන වෙනම බෙදන්න. එවිට අපට ලැබෙන්නේ එම අනුපාත අතර ගොඩනැගෙන පහත දැක්වෙන සම්බන්ධතා තුනකි. මේවා Pythagorean Identities ලෙස හැඳින් වෙනවා.

$$\sin^2 u + \cos^2 u = 1$$

$$1 + \tan^2 u = \sec^2 u$$

$$1 + \cot^2 u = \csc^2 u$$

2, 3, 4 ආදී ලෙස යම් බලයකට නංවා ඇති විට ත්‍රිකෝණමිතික අනුපාතයක් $(\sin A)^2$, $(\cos B)^3$ ආදි ලෙස වරහන් යොදා බලය පෙන්විය හැකි වුවත් වඩාත් පහසු හා ලස්සන ක්‍රමය වන්නේ ඉහත ආකාරයට $\sin^2 A$, $\tan^4 A$ ආදි ක්‍රමයට ලිවීමයි.

ත්‍රිකෝණමිතික අනුපාත සඳහා පහත දැක්වෙන ඉතාම වැදගත් සම්බන්ධතා කිහිපයද මතක තබා ගන්න (ඒවා සාධනය කිරීම පයිතගරස් සම්බන්ධතාව මෙන් පහසු නොවන නිසා, මා සූත්‍ර පමණක් දක්වනවා. ඒවා කටපාඩම් කර ගත යුතුයි.)

sin(A+B) = sinAcosB + cosAsinB
sin(A-B) = sinAcosB – cosAsinB

ඉහත සූත්‍ර දෙකම වෙනස්වන්නේ + හා - ලකුණුවලින් පමණි. එමනිසා එම සූත්‍ර දෙකම ලියන විට තනි සූත්‍රයකින් පහත ආකාරයට දැක්විය හැකියි.

$$\sin(A \pm B) = \sin A \cos B \pm \cos A \sin B$$

$\cos(A+B) = \cos A \cos B - \sin A \sin B$
$\cos(A-B) = \cos A \cos B + \sin A \sin B$

(මෙම දෙකම කෙටියෙන් $\cos(A \pm B) = \cos A \cos B \mp \sin A \sin B$ ලෙස ලිවිය හැකියි. එහෙත් විමසිල්ලෙන් බලන්න මෙය ඉහත ඒ පරිද්දෙන් ලියපු එකට වඩා වෙනසක් තිබෙනවා. ධණ ඍණ උඩු යටි වෙලා තියෙනවා.)

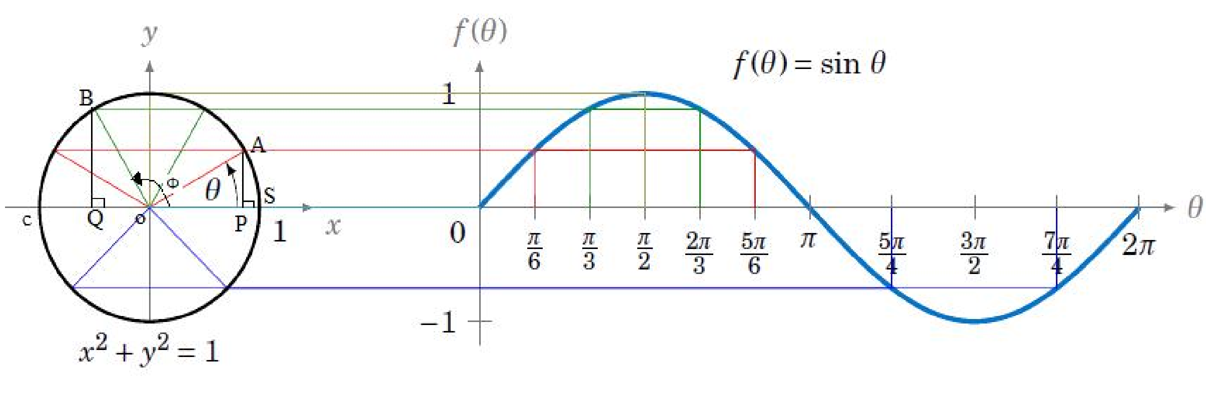
$$\tan(A \pm B) = \tan A \pm \tan B / 1 \mp \tan A \tan B$$

ඉහත සූත්‍රවල A හා B ලෙස වෙනස් කෝණ දෙකක් නොව, එකම θ කෝණය වුවා නම්, (හෝ $A=\theta/2$ හා $B=\theta/2$ වුවා නම්) ඉහත සූත්‍රවල කෝණ එකතු වූ අවස්ථා තුන පහත ආකාරයට ලිවිය හැකියි නේද?

$\sin(A+A) = \sin(2A) = \sin A \cos A + \cos A \sin A \Rightarrow \sin(2A) = 2\sin A \cos A$
$\cos(A+A) = \cos(2A) = \cos A \cos A - \sin A \sin A \Rightarrow \cos(2A) = \cos^2 A - \sin^2 A$

(මෙහි $\cos^2$ හා $\sin^2$ යන පදවලට $1 = \sin^2 A + \cos^2 A$ යන පයිතගරස් සූත්‍රය ආදේශ කළ හැකියි. එවිට,
$\cos^2 A - \sin^2 A = \cos^2 A - (1-\cos^2 A) = 2\cos^2 A - 1$ හා
$\cos^2 A - \sin^2 A = (1-\sin^2 A) - \sin^2 A = 1 - 2\sin^2 A$ යන සූත්‍ර දෙකද ගොඩ නගා ගත හැකියි.)

ත්‍රිකෝණයක් ආශ්‍රයෙන් ඉහත ත්‍රිකෝණමිතික අනුපාත ගොඩ නැංවූ නිසා, සමහරවිට ඔබට සිතීමට පුළුවන් එම අනුපාතවලට අදාළ කෝණය හැමවිටම 90^oට අඩු විය යුතුය කියා මක්නිසාද ඍජුකෝණී ත්‍රිකෝණයක කෝණ තුනම අත්‍යවශ්‍යයෙන්ම අංශක අනූවට අඩු නිසා. එහෙත් එසේ නොවේ. මෙම අනුපාත ඍණ අනන්තයේ සිට ධණ අනන්තය දක්වා වූ ඕනෑම අංශක ගණනකට වලංගු වේ. එය තේරුම් ගැනීමට දැන් ත්‍රිකෝණමිතික අනුපාත වෘත්තයක් ආශ්‍රයෙන් ගොඩ නඟා ගන්නා ආකාරය කෙටියෙන් සලකා බලමු. වෘත්තයක් ආශ්‍රයෙන් මේවා දැන් සලකා බැලුවත් මෙහිදීද ඍජුකෝණී ත්‍රිකෝණය සැඟව පවතී. එයද මා පෙන්වා දෙන්නම්.



ඉහත රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ අරය “ඒකක එකක්” වන වෘත්තයකි. අරයේ විශාලත්වය ඒකක (ඒකකය අඟල්ද, අඩිද, කිලෝමීටර්ද යන්න වැදගත් නැහැ) එකක් වන වෘත්ත **“ඒකක වෘත්ත”** (unit circle) ලෙස හැඳින් වේ. එහි x y බන්ඩාංක අක්ෂ ඇඳ තිබෙනවා වෘත්ත කේන්ද්‍රය හා බණ්ඩාංක මූල ලක්ෂ්‍යය සමපාත වන ලෙස. එහි θ නම් කෝණයක් x අක්ෂයේ ධණ කොටස සමග OA යන රේඛාව මගින් ආපාතනය කර තිබෙනවා. OA රේඛාවේ දිග

වෘත්ත අරයේ දිගම වේ (එනම්, ඒකක වෘත්තයක් නිසා, එහි දිග එකකි). OA රේඛාව x අක්ෂය මත තිබුණා නම් කෝණය බිංදුව වේ. එම රේඛාව ඔරලෝසුවේ කටු කැරකෙන දිශාවට විරුද්ධ දිශාවට කැරකී විවිධ කෝණ සාදනවා. එම පැත්තට කැරකීමෙන් ඇතිවන කෝණ ධණ ලෙස සම්මත කරගෙන තිබෙනවා. ඒ අනුව, අනෙක් පැත්තට (එනම්, ඔරලෝසුවේ කටු කැරකෙන පැත්තට) කැරකුණොත් එම කෝණ ඍණ කෝණ ලෙස සැලකෙනවා. කුමන පැත්තකට හෝ වේවා ඕනෑ තරම් ලොකු කුඩා කෝණයක් මේ අනුව සෑදිය හැකියි නේද? කෝණය බිංදුව නම් OA රේඛාව xහි ධණ කොටස සමග සමපාතව පවතිනවා. කෝණය ක්‍රමයෙන් විශාල වී එය y අක්ෂයේ ධණ රේඛාව සමග සමපාත වූ විට, ඉන් $+90^{o}$ක කෝණයක් සාදනවා. OA රේඛාව තවදුරටත් කැරකෙමින් x අක්ෂයේ ඍණ කොටස සමග සමපාත වූ විට කෝණය ධණ 180 කි (OA රේඛාව OC යන රේඛාව මතට පැමිණි විට). තවදුරටත් කැරකී එය y අක්ෂයේ ඍණ කොටස සමග සමපාත වූ විට, ධණ 270ක කෝණයක් සාදනවා. තවදුරටත් කැරකී OS ස්ථානයට හෙවත් කෝණය (කැරකීම) පටන්ගත් ස්ථානය වෙත ආ විට, අංශක 360ක් හෙවත් සම්පූර්ණ වටයක් OA රේඛාව කැරකී තිබෙනවා. පැහැදිලිව පෙනෙන පරිදි අංශක 0 හා 360 යන දෙකම සමපාත වේ. අවශ්‍ය නම්, රේඛාව නැවත එතැන් සිට කැරකිය හැකිය. එලෙස කැරකී OC ස්ථානයට පැමිණියේ නම්, එය අංශක 360+180 හෙවත් 540ක කෝණයක් ගෙවා ඇත. මේ ආකාරයට ඕනෑ තරම් වට කැරකෙමින් ඕනෑ තරම් අංශක ගණනක් ගමන් ගත හැකියි. OA රේඛාව කැරකුණේ අනෙක් පැත්තට නම්, ඉහත කළ පරිදිම එය පැහැදිලි කළ හැකි නමුත් ඉන් සාදන සියලු කෝණ ඍණ ලෙස සැලකිය යුතුයි.

දැන් අප බලමු ඉහත වෘත්තයෙන් ත්‍රිකෝණමිතික අනුපාත ගොඩ නඟා ගන්නා අයුරු. OA රේඛාවෙ A කෙළවරේ සිට x අක්ෂය මත ලම්භකයක් අඳින්න (AP). OA රේඛාව කැරකෙන විට මෙම ලම්භකයේ උස වෙනස් වෙනවා නේද? ඒ විතරක් නොවේ, මූල ලක්ෂ්‍යයේ සිට Pට ඇති දුරද වෙනස් වෙනවා OA කැරකෙන විට. OA රේඛාවේ x අක්ෂය මත **ප්‍රක්ෂේපණය** (projection) ලෙස OP හැඳින් වෙනවා. (ප්‍රක්ෂේපණය යනු "සෙවනැල්ලයි". යම් වස්තුවක සෙවනැල්ලක් යම් තලයක් හෝ රෙඛාවක් මතට වැටෙන විට, එම සෙවනැල්ල එම වස්තුව විසින් එම තලයේ (හෝ රේඛාව මත) ඇති කරන ප්‍රක්ෂේපණය ලෙස සැලකේ.) එලෙසම PA යනු OA රේඛාවේ y අක්ෂය මත ප්‍රක්ෂේපණයයි. දැන් θ කෝණයක් නිර්මාණය කරමින් OA රේඛාව හා x, y අක්ෂ මත ඇති කරපු තමන්ගේම ප්‍රක්ෂේපණ දෙකත් සමග හැමවිටම සෘජුකෝණී ත්‍රිකෝණයක් සාදනවා (OAP නම් ත්‍රිකෝණය). මෙම ත්‍රිකෝණය වෘත්තය තුළ සැඟව පවතිනවා. දැන් මෙන්න මෙම ත්‍රිකෝණය ආශ්‍රයෙන් සුපුරුදු පරිදි ත්‍රිකෝණමිතික අනුපාත අර්ථ දක්වන්න පුළුවන්. වෘත්තයට ඉහතදී පෙන්වා දුන් පරිදි ඕනෑම ධණ ඍණ කෝණයක් ඇති කළ හැකි නිසා දැන් ඕනෑම කෝණ අගයකට ත්‍රිකෝණමිතික අනුපාත වලංගු වේ. ඒ අනුව,

sin(θ) = AP/OA => (y අක්ෂය මත ප්‍රක්ෂේපණය) / අරය
cos(θ) = OP/OA => (x අක්ෂය මත ප්‍රක්ෂේපණය) / අරය
tan(θ) = AP/OP => (y අක්ෂය මත ප්‍රක්ෂේපණය) / (x අක්ෂය මත ප්‍රක්ෂේපණය)

වෘත්තයේ අරය (ඉහත රූපයේ OA, OS, OC යන සියල්ලම නියෝජනය කරන්නේ එම අරයයි) හැම විටම ධණ වේ (ඍණ අරයක් කියා දෙයක් නොමැත). ඉහත θ කෝණයට අදාල අවස්ථාවේ නිර්මාණය වී ඇති AP හා OP ද x හා y අක්ෂ දෙකෙහි ධණ පැතිවල ඇති වූ ප්‍රක්ෂේපණ නිසා ඒවාද ධණ වේ. ඒ අනුව ඉහත අනුපාත තුනම ධණ වේ. ඉන් කියවෙන්නේ ඛණ්ඩාංක තලයේ පළමු කොටුව තුළ, සියලු අනුපාතවලට ඇත්තේ ධණ අගයන් බවයි. දැන් බලන්න Φ කෝණය හා ඒ අවස්ථාවේ ඇති වී ඇති ප්‍රක්ෂේපණ දෙස. එවිටද, සුපුරුදු ලෙස අනුපාත අර්ථ දක්වන්න පුළුවන් පහත ආකාරයට.

sin(Φ) = (Y අක්ෂය මත ප්‍රක්ෂේපණය) / අරය = BQ/OB
cos(Φ) = (X අක්ෂය මත ප්‍රක්ෂේපණය) / අරය = OQ/OB
tan(Φ) = BQ/OQ

එහෙත් දැන් තත්වය පෙරට වඩා තරමක් වෙනස්ය. එහි BQ යන ප්‍රක්ෂේපණය y අක්ෂයේ ධණ පැත්තේ ඇතත්, OQ ප්‍රක්ෂේපණය දැන් පවතින්නේ x අක්ෂයේ ඍණ පැත්තේය. ඒ අනුව, සයින් අනුපාතයට අයත් දිගවල් දෙකම

ධණ නිසා සයින් අනුපාතය ධණ වේ. එහෙත්, කොස් හා ටැන් දෙකටම OQ යන ඍණ අගය ඇති නිසා, එම අනුපාත දෙකෙහි අගයන් දෙකම ඍණ වේ. ඉන් කියන්නේ දෙවැනි කොටුවේදී සයින් ධණ වන බවත් අනෙක් අනුපාත දෙක ඍණ වෙන බවත්ය.

මෙලෙසම අනෙක් කොටු දෙක ගැනත් සිතා බලන්න. ඔබට පෙනේවි තෙවැනි කොටුවේදී ටැන් අනුපාතය පමණක් ධණ වන බවත්, සිව්වැනි කොටුවේදී කොස් පමණක් ධණ වන බව. මෙය මා කෙටියෙන් මතක තබා ගන්නේ “All Saint Thomas College” යන pneumonic එකෙන්ය (මින් කොටු හතරේ ධණ වන අනුපාත පමණක් කියැවේ. පළමු කොටවෙදී ඕල් (සියල්ල) ධණ බවත්, දෙවැනි කොටුවෙදි සෙන්ට් (සයින්) ධණ බවත්, තෙවැනි කොටුවෙදි තෝමස් (ටැන්) ධණ බවත්, සිව්වැනි කොටුවේදි කොලෙජ් (කොස්) ධණ බවත් ඉන් පහසුවෙන් මතක තබා ගන්නා පුළුවන්.)

කෝණය ඕනෑම අගයක් විය හැකි බව ඉහතදී පැවසුවත් සෑම එක් වටයකටම සැරයක්ම හෙවත් සෑම අංශක 360කට සැරයක්ම එකම දේ සිදුවන නිසා පළමු අංශක 360 පමණක් සැලකීම ප්‍රමාණවත් නේද? ඔව්. එවිතරක් නොවේ, මෙය වෘත්ත චලිතයකි (එය ඉහත රූපයේම දකුණුපස ඇති තරංග වක්‍රය දැකීමෙන් ඔබ විද්‍යා අතිරේකයේ තරංග ආකෘතිය ඉගෙන ගත් තොරතුරුවලින් වටහ ගත හැකි විය යුතුය). එම තරංග වක්‍රයේ උඩට පිහිටි අර්ධය යට පිහිටි අර්ධයට අගයන්ගෙන් හා හැඩයෙන් සමාන වන අතර, එකම වෙනස නම්, ධණ ඍණ මාරු වීම පමණි (ඉන් කියන්නේ ඔබ තරංගයේ එක් අර්ධයක් කපා කරකවා අනෙක් අර්ධය මත තැබූ විට ඒ දෙක සියයට සියයක් හොඳට මැ   වෙන බවයි). මින් ගම්‍ය වන්නේ, පළමු අර්ධය නියෝජනය කරන අංශක 180 පමණක් සැලකීම ප්‍රමාණවත් බව නේද? ඔව්. එවිතරක්ද නොවේ. තරංගයේ එක් අර්ධයක් ගත් විට, එහි උපරිම අගය ඇති ස්ථානයෙන් වම් හා දකුණු කොටස් ලෙස දෙකට කැපූ විට, එම කොටස් දෙකද සමපාත වේ. ඉන් කියන්නේ, පළමු අංශක 90 ගැන දන්නේ නම් ඕනෑම අංශක ගණනක ත්‍රිකෝණමිතික අනුපාත අගයන් දැන ගත හැකි බවයි. ඒ අනුව, ත්‍රිකෝණමිතික අනුපාත සමග වැඩ කිරීමට සකසා ඇති වගුවල ඇත්තේ අංශක බිංදුවේ සිට අනූව දක්වා පමණ අගයන් පමණි. වෙනත් ඕනෑම අංශක ගණනකින් ඇති අනුපාතයක් මෙම 0-90 පරාසයේ කෝණයක අනුපාතකට පළමුව පරිවර්ථනය කර ගත යුතු බවයි මින් කියැවෙන්නේ. එය කරන්නේ කෙලෙසද? ඊට පහත පහසු සූත්‍රය/උපක්‍රමය අනුගමනය කරන්න.

1. මුල් අනුපාතය ලෙස, සයින්, කොස්, ටැන් යන ඕනෑම අනුපාතයක් සමග ඇති ඕනෑම කෝණයක් අංශක 90 කොටස් n ගණනකට කඩන්න (n x 90)+ θ වන ආකාරයට.

2. n ඉරට්ටේ අගයක් නම්, අනුපාත මාරු නොවේ (එනම්, සයින් සයින් ලෙසම, කොස් කොස් ලෙසම, හා ටැන් ටැන් ලෙසම පවතී). n ඔත්තේ අගයක් නම්, අනුපාත මාරු වේ (එනම්, සයන් කෝසයින් ලෙසද, කෝසයින් සයින් ලෙසද, ටැන් කෝටැන් ලෙසද, කෝටැන් ටැන් ලෙසද වෙනස් වේ).

   සයින් හා කොස් (කෝසයින්) දෙක එක ජෝඩුවකි. ටැන් හා කෝටැන් දෙකද එක ජෝඩුවකි. එමනිසා එම ජෝඩු trigonometric co-ratio ලෙස හැඳින් වේ (ඒ ඒ දෙක ජෝඩු බව හැඟවීමට ජෝඩුවේ එක අනුපාතයක නම සාදා තිබෙන්නේ ජෝඩුවේ අනෙක් අනුපාතයේ නමට ඉදිරියෙන් co යන්න යෙදීමෙන් බව ඔබටද පේනවා නේද?)

3. අවසාන වශයෙන් අනුපාතවලට සුදුසු ධණ ඍණ සලකුණු දිය යුතුය. ඒ සඳහා ඉහත ඉගෙන ගත් All Saint Thomas College යන්න වැදගත්ය. මුල් අනුපාතය සමග ඇති කෝණය පවතින කොටුව කුමක්දැය හඳුනාගන්න. ඉන්පසු එම කොටුව තුළ අදාළ අනුපාතයට හිමි ලකුණ තීරණය කරන්න.

අප උදාහරණ දෙකක් සලකා බලමු. $\sin(550^o)$ හා $\tan(320^o)$ යන අනුපාත දෙක ගනිමු.

sin(550) = sin(6 x 90^o + 10) = -sin(10^o) (මෙම 550 කෝණය තිබෙන්නේ තෙවැනි කොටුව තුළයි. 90 කොටස් හයකුත් තවත් කෝණයක් යනු තෙවැනි කොටුව නේද? තෙවැනි කොටුව තුළ සයින් අනුපාතවල අගය සෘණ බව All Saint Thomas College යන්නෙන් පෙනෙනවා.)

tan(320) = sin(3 x 90^o + 50) = -cot(50^o)

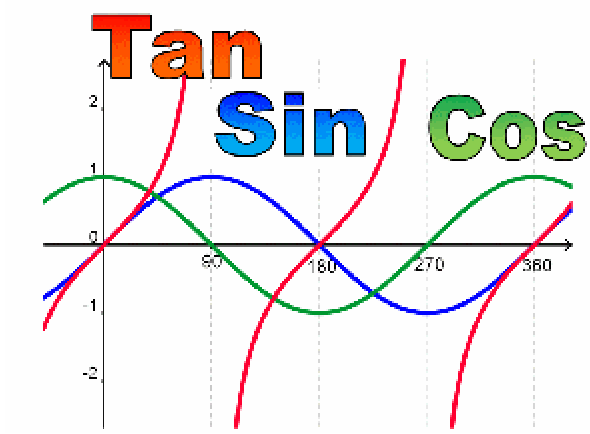
තවද, සෘණ ඕනෑම කෝණයක ත්‍රිකෝණමිතික අගය සෙවීමේදී පහත ආකාරයට කෝණය ධණ කරගත හැකිය.

sin (-A) = -sin(A)
cos(-A) = cos(A)
tan(-A) = -tan(A)

මූලික අනුපාත තුනේ විශේෂ අංශක කිහිපයක් සඳහා අගයන් පහත දැක්වේ. මේ අගයන් කටපාඩම් කරගන්න.

	0^o	30^o	45^o	60^o	60^o	180^o	270^o	360^o
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	0	-1	0
cos	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0	1
tan	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	∞	0	-∞	0

සයින්, කොස්, හා ටැන් අනුපාත යනු ශ්‍රිත වේ. එමනිසා ඒවා ප්‍රස්ථාරගත කළ හැකිය. එම තුනෙහි ප්‍රස්ථාර පහත දැක්වේ. (සයින් ප්‍රස්ථාරය ඉහතදී ඒකක වෘත්තය සමගද පෙන්වා ඇත.) එහි x අක්ෂයෙන් අංශක ගණන නිරූපණය කරන අතර, y අක්ෂයෙන් අනුපාත අගය නිරූපණය වේ.



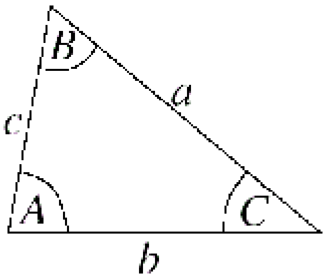
මින් සයින් හා කෝසයින් ප්‍රස්ථාර දෙකම බැලූ බැල්මට සමාන බව පේනවා. එකම වෙනස නම්, සයින් ප්‍රස්ථාරයක 0^o පටන් ගන්නා විට සයින් අගයද බිංදුවෙන් පටන් ගෙන ක්‍රමයෙන් වැඩිවන අතර, කොස් ප්‍රස්ථාරය 0^o පටන් ගන්නා විට කොස් අගය එකෙන් පටන් ගෙන ක්‍රමයෙන් අඩු වේ. එනම්, සයින් හා කොස් ප්‍රස්ථාරය එක මත එක සමපාත කරන්නට පුළුවන් අංශක 90කින් ප්‍රස්ථාරය එහා මෙහා කිරීමෙන්. සයින් ප්‍රස්ථාරය ඔබට හොඳට හුරු පුරුදුයි නේද? ඊට හේතුව තරංග ආකෘතිය පැහැදිලි කිරීමටද යොදා ගන්නේ මෙම සයින් ප්‍රස්ථාරය වීමයි (එමනිසාමයි, එයට “සයිනාකාර” තරංග යන නම ලැබී තිබෙන්නේ).

කෝණයක් දී ඇති විට (වගු භාවිතා කර) ඉහත න්‍යායන්ද භාවිතා කරගනිමින් අනුපාත පහසුවෙන්ම ගණනය කර ගත හැකි විය යුතුය. මෙහි විලෝමයද ("රිවර්ස් එක") කිරීමට නිතර සිදු වෙනවා. එනම්, යම් ත්‍රිකෝණමිතික අනුපාතයක් දී ඇති විටක අදාළ කෝණය කුමක්දැය සෙවීමයි (මෙයද වගු භාවිතා සිදු කරනවා). මේවා "**ප්‍රති අනුපාත**" (inverse trigonometric ratio) ලෙස හැඳින් වෙනවා. ප්‍රතිඅනුපාතයකින් හැමවිටම කෝණයක් ලැබේ. ඒ අනුව, ඉහත සෑම අනුපාතයකටම අදාළ ප්‍රති අනුපාත පවතින අතර, ඒවා ලියන සම්මත ක්‍රමද පවතිනවා.

$\sin(\theta) = y$ නම්, $\theta = \sin^{-1}(y)$ හෝ $\theta = \arcsin(y)$
$\cos(\theta) = y$ නම්, $\theta = \cos^{-1}(y)$ හෝ $\theta = \arccos(y)$
$\tan(\theta) = y$ නම්, $\theta = \tan^{-1}(y)$ හෝ $\theta = \arctan(y)$
$\csc(\theta) = y$ නම්, $\theta = \csc^{-1}(y)$ හෝ $\theta = \mathrm{arccsc}(y)$
$\sec(\theta) = y$ නම්, $\theta = \sec^{-1}(y)$ හෝ $\theta = \mathrm{arcsec}(y)$
$\cot(\theta) = y$ නම්, $\theta = \cot^{-1}(y)$ හෝ $\theta = \mathrm{arccot}(y)$

මෙහි -1 ලෙස බලයක් සේ පෙනුනත් ඒ බලයක් සහිත දර්ශක අගයක් නොව නිකංම නිකං ප්‍රතිඅනුපාතයක් පෙන්වන විදියක් පමණක් බව මතක තබා ගන්න. ඔබට ප්‍රතිඅනුපාතයක් ධණ හෝ ඍණ බලයකට නැංවිය යුතු නම්, වරහන් යොදා එම බල ලකුණු කරන්න. උදාහරණ ලෙස: $(\sin^{-1}(y))^2$; $(\sin^{-1}(y))^{-1}$; $(\tan^{-1}(y))^5$; $(\cot^{-1}(y))^{-2}$

ත්‍රිකෝණමිතිය ගැන අවසන් වශයෙන් **කොස් සූත්‍රය** (cos formula/rule) හා **සයින් සූත්‍රය** (sine formula/rule) ගැන හඳුන්වා දෙන්නම්.



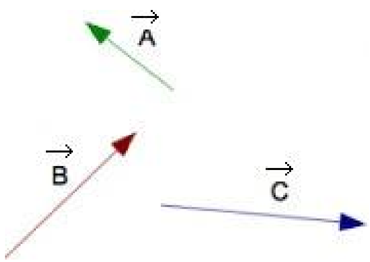
Sine Rule

$$\frac{a}{\sin(A)} = \frac{b}{\sin(B)} = \frac{c}{\sin(C)} \quad \text{or} \quad \frac{\sin(A)}{a} = \frac{\sin(B)}{b} = \frac{\sin(C)}{c}$$

Cosine Rule

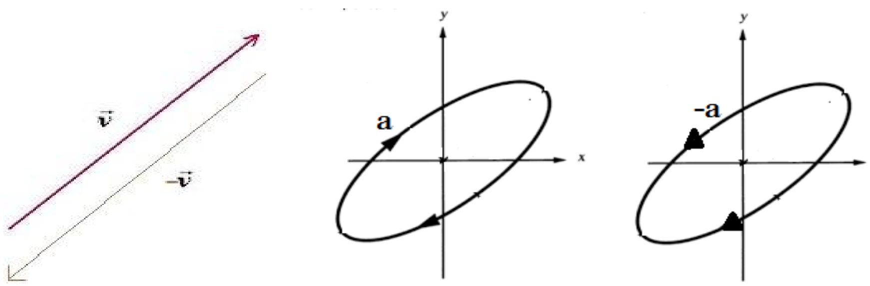
$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cos(A) \quad \text{or} \quad \cos(A) = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

අවසාන වශයෙන් **දෛශික** (vector) ගැන සරල නමුත් වැදගත් විස්තරයකින් මෙම ගණිත අතිරේකය මා අවසන් කරනවා. විද්‍යා අතිරේකයේත් සඳහන් වූ පරිදි දෛශිකයක් යනු අගයක් (විශාලත්වයක්) සේම දිශාවක්ද සහිත රාශියකි. සාමාන්‍යයෙන් ලියන විට, තද (bold) අකුරින් හෝ ඉරි කැබැල්ලක් හෝ කුඩා ඊතලයක් ඉහළින් යොදා රාශිය දෛශිකයක් බව හඟවනවා.

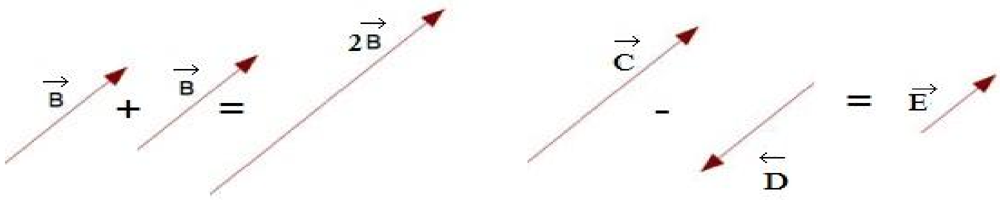


දෛශිකයකට රේඛීය දිශාවක් හෝ වෘත්ත දිශාවක් තිබිය හැකිය. දෛශිකයක් ඍණ හෝ ධණ ලෙස පවතින්නට පුළුවන්. යම් දෛශිකයක දිශාව විරුද්ධ පැත්තට මාරු කළ විට, එහි අගය වෙනස් නොවී සලකුණ වෙනස් වේ

(එනම්, ධණ ඍණ බවට හා ඍණ ධණ බවට පත් වේ). ඒ අනුව, ඕනෑම ධණ දෛශිකයක් පැත්ත මාරු කළ විගස පහසුවෙන්ම ඍණ දෛශිකයක් බවට පත් වේ. මෙම න්‍යාය වාමාවර්ත හා දක්ෂිණාවර්ත යන දෙයාකාර වෘත්ත චලිත දිශාවලටද වලංගුය.

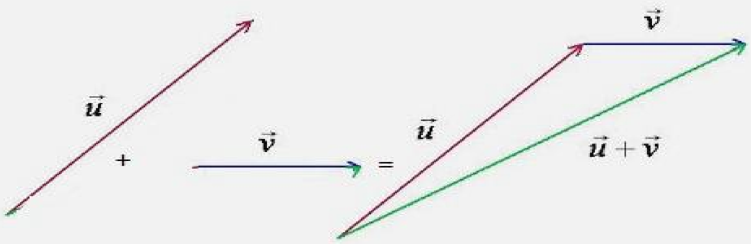


දෛශික දෙකක් එකතු කිරීම, **දෛශික ආකලනය** (vector addition) ලෙස හැඳින් වෙන අතර, එය සාමාන්‍ය අදිශ රාශි දෙකක් එකතු කරන ක්‍රමයට කළ නොහැකිය. X නම් දෛශිකයක් Y නම් තවත් දෛශිකයකට එකතු කරන විට, එම දෛශික දෙකම පවතිනේ එකම දිශාවට නම් සාමාන්‍ය විදියට නිකංම එම අගයන් දෙක එකතු කළ හැකියි. දෛශික දෙක පවතින්නේ එකිනෙකට ප්‍රතිවිරුද්ධ දිශා දෙකට නම්, එහිදී ධණ හා ඍණ අගයන් දෙක සාමාන්‍ය අංක ගණිතයමය යොදාගෙන සුළු කළ හැකියි (එවිට, වැඩි අගය සහිත දෛශිකයේ දිශාව නව දෛශිකයේ දිශාව බවට පත් වේ).

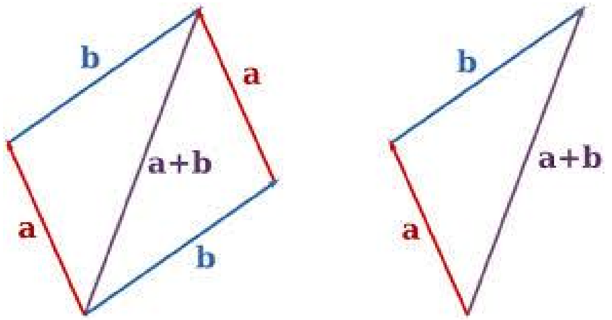


සටහන

දෛශික දෙකක එකතුව ගණනය කිරීමම රූපමය (graphical) ආකාරයටද පෙන්විය හැකියි. රූපමය ආකාරය පහසුවෙන් තේරුම් ගැනීමට උදව් වේ. සාමාන්‍යයෙන් දෛශික රූපමය ආකාරයෙන් පෙන්වන්නේ ඉරි කැබැලි වලිනි. ඉරි කැබැල්ලේ දිග දෛශිකයේ විශාලත්වයද ඉරි කැබැල්ල අඳිනු ලබන දිශාව දෛශිකයේ දිශාවද නිරූපණය කරනවා. ඒ අනුව ඉහත X හා Y දෛශික දෙක පහත ආකාරයට ඉරි කැබැලි දෙකකින් දක්වමු. දැන් මෙම දෛශික දෙක එකතු කරනවා යනු, එක දෛශිකයක් (රේඛාවක්) පටන් ගෙන ඉවර වෙන කෙළවරට, අනෙක් රේඛාව දිශාව හා විශාලත්වය වෙනස් නොකරම මූට්ටු කිරීමයි. දැන්, පළමු දෛශිකයේ පටන් ගත් සථානයේ සිට දෙවැනි දෛශිකය ඉවර වෙන තැනට ඍජු රේඛාවක් ඇන්ද විට, එම රේඛාව එම දෛශික දෙකෙහි එකතුව නිරූපණය කරනවා. එනම්, එම රේඛාවේ දිගින් දෛශිකයේ විශාලත්වයද, එම රේඛාව එල්ල වී ඇති දිශාවෙන් දෛශික දෙකේ එකතුවේ නව දිශාවද නිරූපණය වෙනවා. මේ ආකාරයට දෛශික ඕනෑම ගණනක එකතුව රූපමය ආකාරයට පහසුවෙන් පෙන්විය හැකියි.

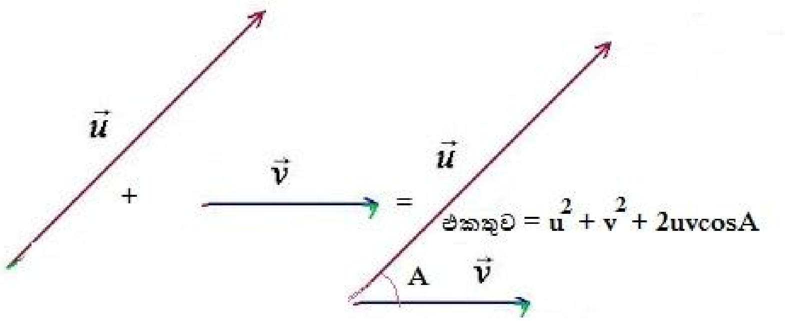


එහෙත් ඉහත සුවිශේෂී අවස්ථා දෙක නොවන විටකදී, සරල අංක ගණිතය එලෙසම අපට යෙදිය නොහැකියි. එහිදි දෛශික ආකලනය සිදු කරන්නේ මෙසේය. දෛශික දෙක එකම ශීර්ෂයකින් පටන් ගන්නා අයුරින් අඳින්න (එහිදී දෛශික දෙක නියෝජනය කරන රේඛා දෙකෙහි විශාලත්වය හා එල්ල වී ඇති දිශා වෙනස් නොකරන්න). දැන් එය යම් චතුරස්‍රයක පාද දෙකක් වැනියි. ඔබ මේ පාද දෙකට සමාන හා සමාන්තර පාද දෙක ඇඳ එම චතුරස්‍රය සම්පූර්ණ කරන්න. (මෙම චතුරස්‍රයට කියන්නේ සමානතරාස්‍රය බව ඉහත ජ්‍යාමිතය විස්තරයේදී පෙන්වා දුන්නා මතකද?) දැන් එම සමානතරාස්‍රයේ දෛශික දෙක හමුවන මුල්ලේ (ශීර්ෂයේ) සිට විකර්ණය ඇන්ද විට, එම විකර්ණයෙන් ලැබෙන්නේ දෛශික දෙකේ එකතුවයි. එම එකතුව යනු යම් විශාලත්වයක් හා දිශාවක් ඇති අලුත් දෛශිකයකි. එම විකර්ණයේ විශාලත්වයෙන් නව දෛශිකයේ විශාලත්වයද, එය ඉල්ල වී ඇති දිශාවෙන් නව දෛශිකයේ දිශාවද දක්වනවා.



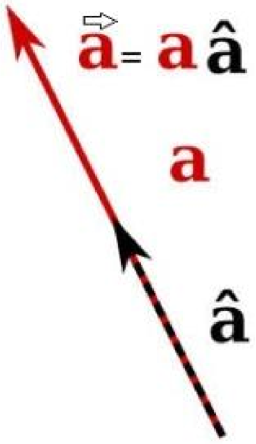
ඉහත සමාන්තරාස්‍රය වෙනුවට අවශ්‍ය නම් ත්‍රිකෝණයකින් වුවද එම ගණනය කිරීම කළ හැකියි. මෙහිදී ත්‍රිකෝණයේ එක් පාදයකින් පෙන්වන්නේ අනෙක් පාද දෙකින් නිරූපණය කෙරෙන දෛශික දෙකෙහි එකතුවයි.

රූප ඇඳ ඇඳ අපට දෛශික එකතු කිරීම අපහසුය. දෛශික දෙකක් එකතු කිරීමට අපට කොස් සූත්‍රය භාවිතා කළ හැකියි. එය සුළු කිරීමෙන් අපට ලැබෙන අගය දෛශික දෙකෙහි එකතුව වේ. එසේ ලැබෙන එකතුව පෙන්වන නව දෛශිකයේ දිශාව සුදුසු ත්‍රිකෝණමිතික ප්‍රතිඅනුපාතයක් ගෙන පහසුවෙන් තීරණය කළ හැකියි. දෛශික දෙක පවත්න්නේ එකිනෙකට ලම්භකව නම් (මෙයද විශේෂ අවස්ථාවකි), කොස් සූත්‍රය නොයොදා කෙලින්ම සරල පයිතගරස් ප්‍රමේයම යෙදිය හැකිය.



දෛශිකයක් ගැන අපට තවත් ආකාරයකට සිතිය හැකියි. එනම්, එහි දිශාව නොසලකා විශාලත්වය පමණක් ගෙන එය වෙනම (අදිශ) කොටසක් ලෙසද, එම අදිශ කොටස අභවල් දිශාවට පවතින්නේ යැයි හැඟවීමට පමණක් **“ඒකක දෛශිකය”** (unit vector) යන (දෛශික) කොටසක්ද ගෙන, එම කොටස් දෙකම එකට ලියා දෛශිකයක් නිරූපණය කළ හැකියි (එය උපමාකින් කියන්නේ නම් මේ වගේය. ඔබ කියනවා ඔබ ගාව යම් එක් ජාතියක පළතුරු ගෙඩි 10ක් ඇති බව. එම පළතුර අඹ නම්, පළතුරු දහයම එකවර අඹ වේ. එය අන්නාසි නම්, පළතුරු දහයම අන්නාසි වේ. මේ ආකාරයටම අ වර විශාලත්වයක් සහිත රාශියක් තිබෙන අතර (එවිට එය අදිශයකි), එය අභවල් දිශාව ඔස්සේ පවතී යනුවෙන් කී පමණින් එකවරම එය දෛශිකයක් බවට පත් වේ.) ඒකක

දෛශිකයක් නිරූපණය කරන්නේ ඊට උඩින් ^ දැමීමෙනි. යම් දෛශිකයක් එහි විශාලත්වයෙන් බෙදූ විට ලැබෙන්නේ එම දෛශිකයට අදාළ ඒකක දෛශිකයයි (දෙවැනි රූපයෙන් එය දැක් වේ).



$$\hat{a} = \frac{\vec{a}}{|\vec{a}|}$$

සටහන

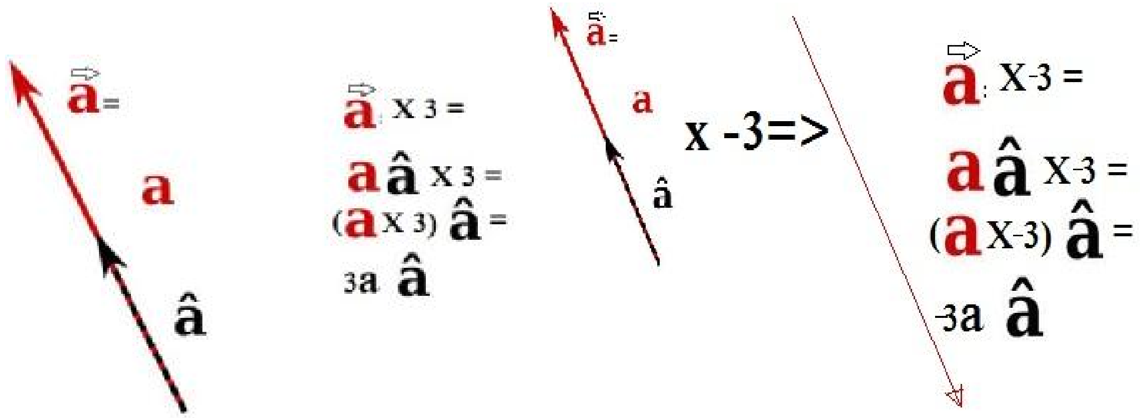
යම් රාශියකට දෙපසට | | ලෙස ඉරි කැබැලි දෙකක් ගැසූ විට, ඉන් කියැවෙන්නේ එම ඉරි කැබැලි දෙක අතර ඇති රාශියේ විශාලත්වය පමණක් සලකන ලෙසයි. මෙය +, x වැනි තවත් එක්තරා විදියක ගණිත කර්මයක් ලෙස සැලකිය හැකි අතර එවිට ඊට “නිරපේක්ෂ අගය ඔපරේටර් එක” (absolute value operator) ලෙස හැඳින්විය හැකියි. අවශ්‍ය නම්, මෙය ශ්‍රිතයක් ලෙසද සැලකිය හැකි අතර එවිට එය නිරපේක්ෂ අගය ශ්‍රිතය (absolute value function) ලෙස හැඳින්විය හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, -34 යන සෘණ සංඛ්‍යාවේ විශාලත්වය හෙවත් නිරපේක්ෂ වටිනාකම 34 වේ. එය |-34| = 34 ලෙස ලිවිය හැකියි (එනම්, ඕනෑම සෘණ සංඛ්‍යාවක නිරපේක්ෂ අගය එහි ධන සංඛ්‍යාවට සමාන වේ). එලෙසම, යම් දෛශිකයක නිරපේක්ෂ අගය හෙවත් විශාලත්වය යනු එම දෛශිකයේ දිශාව නොසලකා හැර විශාලත්වය පමණක් සලකා බැලීම වේ. කෙටියෙන්ම කියතොත් නිරපේක්ෂ අගය ඔපරේටර් එක ඕනෑම ගණිත ප්‍රකාශකයකට යෙදිය හැකි අතර, එහි තේරුම වන්නේ එම ප්‍රකාශය යම් එක් අගයක් දක්වාම සුළු කර, එහි ධණ සෘණ භේදය හෝ දිශාව හෝ වෙනත් ඕනෑම ගති ලක්ෂණයක් ඉවත් කර විශාලත්වය පමණක් පෙන්වා දීමයි.

යම් සංඛ්‍යාවකට පසුව ! යන සංකේතය දමා ඇති විට ඉන් වැදගත් දෙයක් කියැවේ. ගණිතයේදී **ක්‍රමාරෝපිතය** (factorial) ලෙස එය හැඳින් වේ. එයද ගණිත කර්මයකි. යම් සංඛ්‍යාවකට පසුව එය යොදා ඇති විට, එම සංඛ්‍යාවේ සිට 1 දක්වා එකින් එක අඩු සෑම ඉලක්කමක්ම එකිනෙකට ගුණ කළ යුතුය. උදාහරණයක් ලෙස

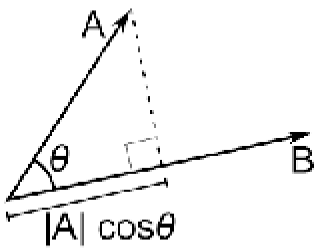
8! = 8 x 7 x 6 x 5 x 4 x 3 x 2 x 1 = 40,320

තවද, සම්මතයෙන්ම 0! = 1! = 1 ලෙස සැලකේ.

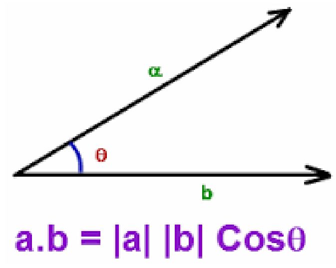
යම් දෛශිකයක් අදිශයකින් (නිකංම ඉලක්කමක්) ගුණ කළ (හෝ බෙදිය) හැකිය. එය පහසුවෙන් තේරුම් ගන්න පුළුවන් ඉහත ෙ දයේ සඳහන් ආකාරයට ඒකක දෛශික ආශ්‍රයෙන් දෛශිකය ගැන සිතුවොත්. මෙහිදී සිදුවන්නේ දෛශිකයේ අදිශ කොටස හෙවත් අගය කොටස සාමාන්‍ය අංක ගණිතය අනුව ගුණ කර (හෝ බෙදා), ඒකක දෛශිකයට මුකුත් නොකර ඊට නිකංම බද්ධ කිරීමයි. තව විදියකින් කියතොත්, යම් දෛශිකයක් අදිශකයකින් වැඩි කළ විට, එම දෛශිකයේ විශාලත්වය වෙනස් වන අතර, දිශාව වෙනස් නොවේ. එහෙත් ඇත්තටම දිශාවද වෙනස් විය හැකි විශේෂ අවස්ථාවක්ද තිබෙනවා. එනම්, වැඩි කරන අදිශය/ඉලක්කම සෘණ නම්, වැඩි කළ පසු ලැබෙන නව දෛශිකයේ දිශාව ප්‍රතිවිරුද්ධ දිශාවට මාරු වේ.



දෛශිකයක් තවත් දෛශිකයකින් කිසිම අවස්ථාවක බෙදිය නොහැකිය. එහෙත් දෛශිකයක් තවත් දෛශිකයකින් ගුණ කළ හැකිය. ඇත්තටම, දෛශික දෙකක් එකිනෙක ගුණ කරන ආකාර දෙකක්ම පවතී. ඉන් පළමු එක **අදිශ ගුණිතය** (scalar product) හෝ **තිත් ගුණිතය** (dot product) ලෙස හැඳින් වේ. මෙලෙස X නම් දෛශිකයක් තවත් Y නම් දෛශිකයක් අදිශ ගුණිතය සිදු කරන විට, පළමුව X (හෝ Y ; දෙකෙන් ඕනෑම එකක් වුවාට ප්‍රශ්නයක් නැහැ) දෛශිකය Y දෛශිකයේ දිශාව ඔස්සේ එහි ප්‍රක්ෂේපණය සොයා ගත යුතුයි. එය සෙවීම ඉතාම පහසුය. කළ යුත්තේ දෛශික දෙක සාදන කෝණයේ කොස් අගය X සමග වැඩි කිරීම පමණයි.



ඉන්පසු සාමාන්‍ය අංකගණිතය ඔස්සේ එම X හි ප්‍රක්ෂේපිත අගය හා Y හි අගය ගුණ කරන්න. මෙලෙස ලැබෙන අගය දෛශිකයක් නොව අදිශයකි. එනම්, මෙම ක්‍රමයෙන් යම් දෛශික දෙකක් ගුණ කළ විට අනිවාර්යෙන්ම පිළිතුර ලෙස ලැබෙන්නේ අදිශයකි. අදිශ ගුණිතය යන නම් මීට ලැබී ඇත්තේ ඒ නිසයි. මෙය සංකේතාත්මකව පැවසීමේදී අදිශ ගුණිතය හඟවන්නේ හැමවිටම ඩොට් එකකිනි. එමනිසයි මෙයට තිත් ගුණිතය ලෙසද නම ලැබී ඇත්තේ. (මෙහි දෛශික දෙකෙහි විශාලත්ව පමණක් සලකා බලන බව නිරපේක්ෂ අගය ඔපරේටර් යෙදීමෙන් අර්ථවත් වේ.) මෙය සූත්‍රයක් ආකාරයට ලියන්නේ



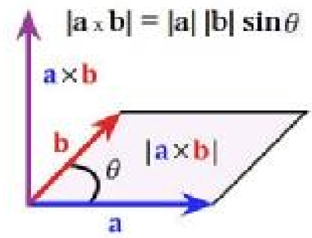
මෙම ගුණිතයෙන් ලැබෙන්නේ අදිශයක් නිසා, ඉහත සූත්‍රයට පළමුව කුමන දෛශිකය ලියනවාද යන්න එතරම් වැදගත් නොවේ. එමනිසා,

$a.b = |a|\ |b|\cos A = |b|\ |a|\cos A$

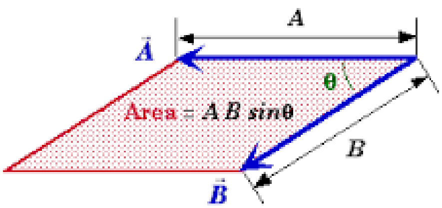
විද්‍යාව තුළ සමහර දෛශික රාශි පවතිනවා ඉහත ගුණාංගය දක්වන. උදාහරණයක් ලෙස, යම් කිසි බලයක් (F) යොදා යමක් යම් දුරක් (d) චලනය කරවූ විට, එය කාර්යයක් (W) ලෙස හැඳින්වෙන බව ඔබ දැන් දන්නවා (විද්‍යා අතිරේකය කියවා මතක නම්). මෙහි F, හා d යන දෙකම දෛශික වේ. එහෙත් ඒ දෙක වැඩි කළ විට ලැබෙන කාර්යය අදිශයකි (කාර්ය හා ශක්තිය අදිශයි). ඒ අනුව කිව හැක්කේ W=f.d යන ඉහත සම්බන්ධතාව ගණිතානුකූලව අදිශ ගුණිතය තුළින් සිදු කළ යුතු බවයි.

දෛශික දෙක පවතින්නේ එකම දිශාවට නම් cos0 = 1 නිසා, තිත් ගුණිතයෙන් උපරිම අගය ලැබෙන අතර, දෛශික දෙක එකිනෙකට ලම්භකව පවතින්නේ නම්, cos90 = 0 නිසා, තිත් ගුණිතය ශූන්‍යයද ලැබේ.

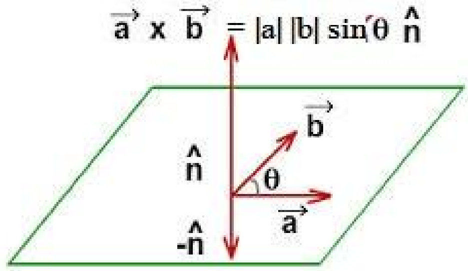
මීට අමතරව අවස්ථා තිබෙනවා, යම් දෛශික දෙකක් පෙර සේම ගුණ වී තවත් දෛශිකයක්ම සාදන. එවිට, තිත් ගුණිතය ඊට යෙදිය නොහැකියි නේද? ඒ සඳහා **දෛශික ගුණිතය** (vector product) හෙවත් **කතිර ගුණිතය** (cross product) නම් ගුණ කිරීම් ක්‍රමය අර්ථ දක්වා තිබෙනවා. තිත වෙනුවට මෙහිදි කතිරය (x) යොදා ගැනෙනවා එය තිත් ගුණිතයෙන් වෙන් කොට පෙන්වීමට.



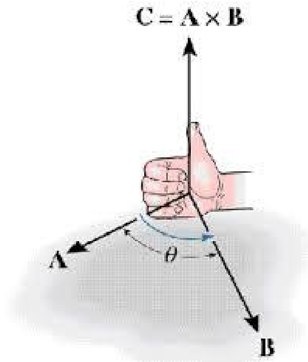
තිත් ගුණිතයේදී දෛශික දෙක අතර කොස් අගය ගත්තද, කතිර ගුණිතයේදී ගන්නේ සයින් අගයයි. තිත් ගුණිතයේදී කොස් අගය ගත් නිසා, ඊට අදාළ රූපය බැලූ විට පැහැදිලිවම පේනවා දෛශික දෙකම එකම දිශාවකට සකස් කරන බවක්. එහෙත් කතිර ගුණිතයේ සිදු වන්නේ එක් දෛශිකයක ප්‍රක්ෂේපණය අනෙක් දෛශිකයේ දිශාවට ලම්භක වන සේ සකස් කරගත් බව. ඉන් පසු දෛශිකය හා (අනෙක් දෛශිකයේ) ප්‍රක්ෂේපණය යන දෙක එකට ගුණ කරනවා යනු සෘජුකෝණාස්‍රයක දිග හා පළල එකිනෙකට ගුණ කරනවා බඳු වීමයි. එනම්, මෙහිදී අපට වර්ගඵලයක් ලැබෙනවා.

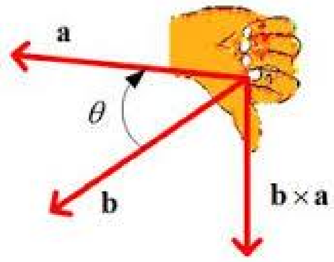


යම් රේඛාවක නම් අපට එම රේඛාව එල්ල වී ඇති දිශාව පැවසිය හැකියි (එනිසානේ දෛශික නිරූපණයට රේඛා භාවිතා කරන්නෙත්). එහෙත් කතිර ගුණිතය ඉහත ආකාරයට සිදු කළ විට අපට ලැබුණේ ක්ෂේත්‍රඵලයක් හෙවත් තලයකි. තලයක දිශාව යනු කුමක්ද? තලයකට පැවැතිය හැකි දිශාව වන්නේ තලයේ සිට උඩු පැත්තට නැතහොත් යටි පැත්තට පවතින දිශා දෙකින් එකක් වේ. මෙන්න මෙම දිශාව තමයි n මතට ^ යොදා ඒකක දෛශිකයක් මගින් නිරූපණය වන්නේ. ඒ අනුව පැහැදිලි වන්නේ, කතිර ගුණිතයෙන් ලැබෙන නව දෛශිකය තරමක් අමුතු එකක් බවයි. එහි දිශාව හැමවිටම එය සෑදීමට හවුල් වූ දෛශික දෙකෙහිම දිශා දෙකට ලම්භකව පවතින බවයි. මෙවැනි දෛශික ඇත්තටම pseudovector ලෙස හැඳින් වේ. වෘත්ත චලිත අවස්ථාවලදී හමුවන සියලුම දෛශික මෙම ගණයට වැටේ.

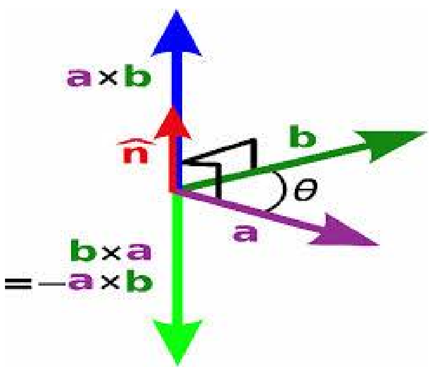


ඉහත විස්තරය අනුව ලැබෙන ඍජුඩොවෙක්ටර් එකේ දිශාව තලයෙන් උඩටද යටටද යන්නත් දත හැකිය. එහිදී ඉහත සූත්‍රයේ පළමුව ලියන දෛශිකයේ සිට දෙවැනියට ලියන දෛශිකය දෙසට පහත රූපයේ පරිදි දකුණතේ ඇඟිල් කරකැවූ විට, මාපට ඇඟිල්ල එල්ල වී ඇත්තේ උඩට නම් තලයෙන් උඩටද, පහළට නම් තලයෙන් පහළටද ලෙස එම දිශාව නිර්ණය කළ යුතුය.





මින් කියන්නේ තිත් ගුණිතයේ මෙන් නොව, කතිර ගුණිතයේදී දෛශික දෙක ලියන අනුපිළිවෙල වැදගත් වන බවයි. එනම්, දෛශික දෙක මාරු කළ විට, අගය වෙනස් නොවුණත් ඉහත ඇඟිලි උපක්‍රමය යොදා දිශාව සොයන විට දිශාව මාරු වේ. එනම්,



a x b = - (b x a)

මා මෙම අතිරේකයෙන් ඉතා සරල කාරණාවේ සිට සමහරවිට ඔබ නොදත් කාරණාද කෙටියෙන් සලකා බැලුවා. ඒ සියලු ගණිත කාරණා ඔබ දත යුතු යැයි මා සිතනවා. මෙහිදී මා කළේ ඔබ දත යුතු දේවල් මේවා යැයි පෙන්වා දීමත්, අමතකව ඇත්නම් නැවත මතක් කර දීමත් හා සමහර කාරණා බොහෝ පොත්පත්වල තිබෙනවාට වඩා සරල හා වෙනස් ආකාරයට පෙන්වා දීමත් පමණි. ගණිතය නිකංම කට පාඩම් කරනවා වෙනුවට, ඒවා පිටුපස ඇති රහස් හා රටා තේරුම් ගත් විට, ගණිතය දැනගැනීමෙන් පමණක් ලෝකයේ බොහෝ දේවල් ගැන අවබෝධයක් ලබා ගත හැකියි. ඉදිරි පොත්වලද මෙවැනිම විද්‍යා හා ගණිත අතිරේක මා ඇතුලු කරනවා. ඒවා මීට වඩා උසස් විද්‍යා හා ගණිත සංකල්ප හා න්‍යායන් ඇතුළත් වේ.