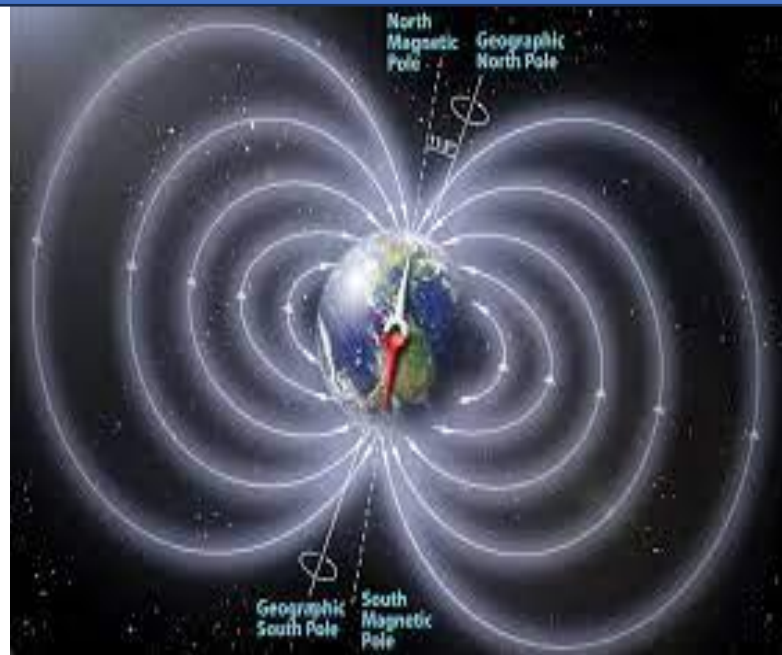
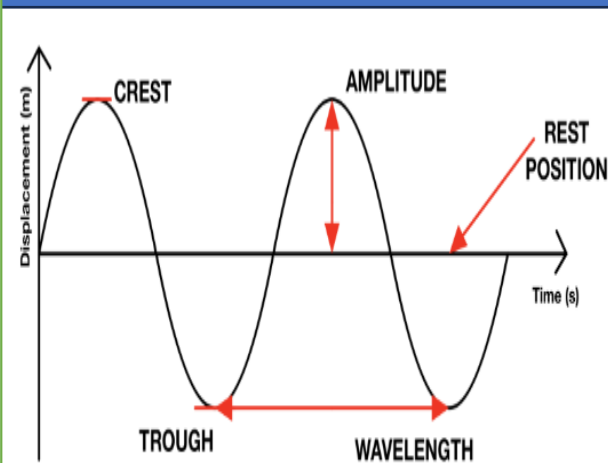


រូបវិទ្យាថ្នាក់ទី១២

សៀវភៅរូបបង្កសង្ខេប



រៀបរៀងដោយ ម៉ៅនសំអុល

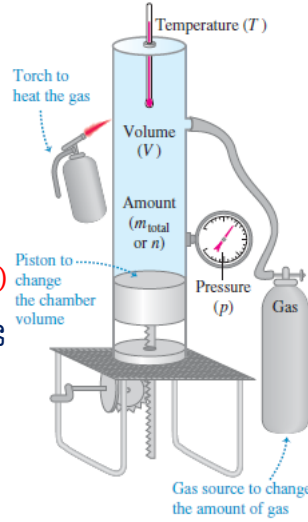
ស្របតាមកម្មវិធីសិក្សា

មេរៀនទី១

ទ្រឹស្តីស្តីនៃទិចនៃឧស្ម័ន

I. សមីការឧស្ម័នបរិសុទ្ធ $PV = nRT$ និង $PV = Nk_B T$

- P សម្ពាធ គិតជា (Pa)
- V មាឌ គិតជា (m^3)
- n ចំនួនម៉ូល គិតជា (mol)
- $T = t + 273$ សីតុណ្ហភាពដាច់ខាតគិតជា (K)
- $R = k_B N_A = 8.31 \text{ J/mol K}$ ថេរសកលឧស្ម័ន
- $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ថេរបុលស្មាន



II. ចំនួនម៉ូល $n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} = \frac{V}{V_m}$

- N ចំនួនម៉ូលេគុល គិតជា ម៉ូលេគុល
- $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ ម៉ូលេគុល/mol ចំនួនអាវ៉ូកាដ្រូ
- m ម៉ាស់ឧស្ម័ន គិតជា (kg)
- M ម៉ាស់ម៉ូល គិតជា (kg/mol)
- $V_m = 22.4 \text{ l/mol}$ មាឌម៉ូលនៅលក្ខខណ្ឌធម្មតា

❖ មាឌ V

- មាឌគូប $V = a^3$
- ប្រលេពីប៉ែត្រកែង $V = a \times b \times h$
- មាឌស្វ័យ $V = \frac{4}{3} \pi r^3$
- មាឌស៊ីឡាំង $V = A \times h = \pi r^2 h$

III. ម៉ាស់ម៉ូលេគុលឧស្ម័ននីមួយៗ $m_0 = \frac{m}{N} = \frac{M}{N_A}$

IV. ម៉ាស់មាឌឫងង់ស៊ីតេឧស្ម័ន $\rho = \frac{m}{V}$

V. ដង់ស៊ីតេនៃចំនួនម៉ូលេគុល $d = \frac{N}{V}$

VI. សមីការភាពរបស់ឧស្ម័ន $\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

- $P_1 V_1 = P_2 V_2$ បយ ម៉ាញ៉ូត
- $\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$ កេលុយសាក់
- $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$ ច្បាប់សាល

- ρ គិតជា (kg/m^3)

VII. ថាមពលស៊ីនេទិចមធ្យមនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័ននីមួយៗ $K_{av} = \frac{3}{2} k_B T = \frac{3}{2} \left(\frac{PV}{N} \right) = \frac{1}{2} m_0 (v^2)_{av}$

VIII. ថាមពលស៊ីនេទិចសរុប $K = N K_{av} = \frac{3}{2} N k_B T = \frac{3}{2} n R T = \frac{3}{2} P V$

- K និង K_{av} ថាមពលស៊ីនេទិច គិតជា (J)

IX. ប្រសិទ្ធភាពនៃការលេង្រៀនមធ្យមប្រសិទ្ធភាព $V_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m_0}} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$

$$\diamond v_{rms} = \sqrt{(v^2)_{av}} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}}$$

X. បរិមាណចលនា $p = m_0 v$

XI. បំរែបំរួលបរិមាណចលនា ៖

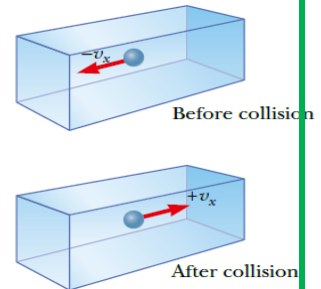
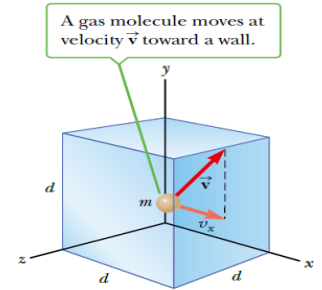
- ករណីចង្អៀតស្លឹក $\Delta p = m_0 v$, $\Delta t = \frac{\ell}{v} = \frac{a}{v}$
- ករណីទង្គិចខ្នាត $\Delta p = 2m_0 v$, $\Delta t = \frac{2\ell}{v} = \frac{2a}{v}$

XII. កម្លាំងដែលម៉ូលេគុលនៃមួយៗទង្គិចនិងផ្ទៃ $F_0 = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

XIII. បើមាន N ម៉ូលេគុលទង្គិចនិងផ្ទៃនោះកម្លាំងសរុប $F = N F_0 = \frac{N \Delta p}{\Delta t}$

XIV. សម្ពាធកើតពីការទង្គិច $P = \frac{F}{A}$

- F កម្លាំងសង្កត់ គិតជា (N)
- A ផ្ទៃរងសម្ពាធ គិតជា (m^2)
- $p, \Delta p$ បរិមាណចលនា គិតជា ($kg \text{ m/s}$)
- Δt រយៈពេលទង្គិច គិតជា (s)
- v ល្បឿន គិតជា (m/s)



XV. សម្ពាធគឺ $P = \frac{F}{A}$ ឬ $P = \frac{2}{3} \frac{N}{V} K_{av}$ ឬ $P = \frac{1}{3} \frac{N}{V} m_0 (v^2)_{av}$ ឬ $P = \frac{1}{3} \rho (v^2)_{av}$

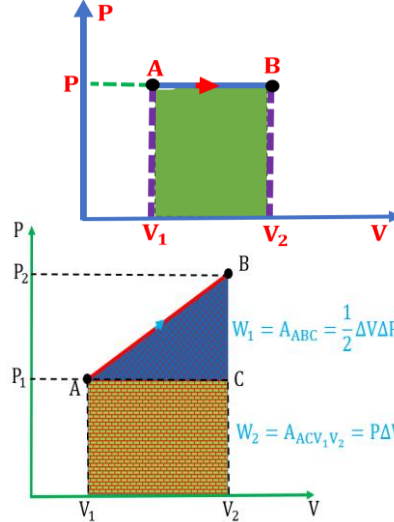
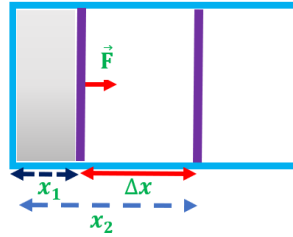
- ❖ $1 \text{ atm} = 1 \text{ bar} = 760 \text{ mmHg} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ Pa}$, $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$
- ❖ $1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$, $1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$,
- ❖ $1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ Kg}$, $1 \text{ mg} = 10^{-6} \text{ kg}$, $1 \mu\text{g} = 10^{-9} \text{ kg}$

ច្បាប់ទី១នៃម៉ូឌីណាមិច

I. លំនាំអ៊ីសូបារសម្ពាធចេរ (P = ថេរ)

❖ $W = P\Delta V = P(V_2 - V_1) = nR(T_2 - T_1)$

- $\Delta V = A \times \Delta x$, $A = \pi R^2 = \pi \frac{d^2}{4}$
- W កម្មន្ត គិតជា J
- A ផ្ទៃ គិតជា m^2
- Δx ប្រវែងពីស្តុងផ្លាស់ទី គិតជា m
- R ប្រវែងកាំពីស្តុង គិតជា m
- d អង្កត់ផ្ចិត គិតជា m
- P សម្ពាធគិតជា Pa
- V_1 មាឌដើម គិតជា m^3
- V_2 មាឌស្រេច គិតជា m^3

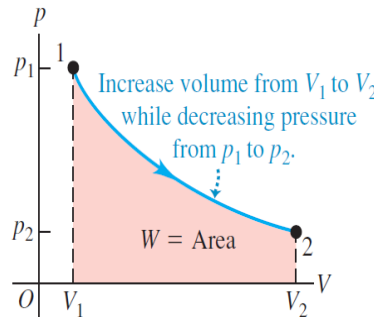


II. ករណីសម្ពាធប្រែប្រួលស្មើមាឌប្រែប្រួលស្មើ

❖ $W = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) = P_{av}(V_2 - V_1)$

III. ករណីលំនាំអ៊ីសូទែម (T = ថេរ)

❖ $W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$
 ❖ $W = P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$ ឬ $W = P_2 V_2 \ln \frac{V_2}{V_1}$
 ❖ $W = nRT \ln \frac{P_1}{P_2}$
 ❖ $W = P_2 V_2 \ln \frac{P_1}{P_2}$ ឬ $W = P_1 V_1 \ln \frac{P_1}{P_2}$

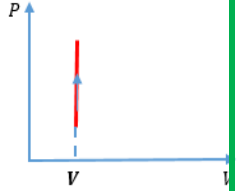


IV. ករណីលំនាំអ៊ីសូកែរ (V = ថេរ)

❖ $W = P\Delta V = 0$

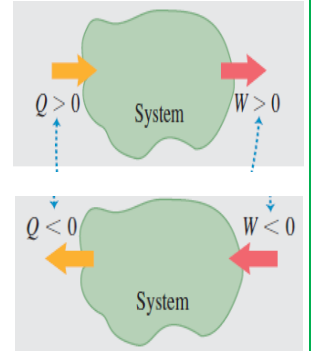
V. ច្បាប់ទី១នៃម៉ូឌីណាមិច $Q = \Delta U + W$ ឬ $\Delta U = Q - W$

- Q បរិមាណកម្ដៅ J
- ΔU បម្រែបម្រួលថាមពលក្នុង J
- W កម្មន្ត J



❖ ចំណាំ

- ឧស្ម័នស្រូបកម្ដៅស្រូប Q (+)
- ឧស្ម័នបញ្ចេញកម្ដៅ Q (-)
- ឧស្ម័នធ្វើកម្មន្ត W (+)
- ឧស្ម័នទទួលបានកម្មន្ត W (-)
- ថាមពលក្នុងកើន ΔU (+)
- ថាមពលក្នុងថយ ΔU (-)



VI. ថាមពលក្នុងរបស់ឧស្ម័ន

$U = \frac{3}{2} nRT = \frac{3}{2} PV$

VII. បម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងរបស់ឧស្ម័ន $\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T = \frac{3}{2} nR(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$

❖ ចំណាំ

- ក្នុងបម្លែងបិទ (មួយជុំ) $\Delta U = 0$
- បម្លែងអ៊ីសូទែម $\Delta U = 0$
- បម្លែងអ៊ីសូកែរ $W = P\Delta V = 0$

ម៉ាស៊ីន

I. លំនាំអាជ្ញាប័ទ្ម ជាលំនាំមួយដែលកម្ដៅមិនផ្លាស់ប្ដូរជាមួយ

មជ្ឈដ្ឋានក្រៅ $Q = 0$ ។

❖ $W = -\Delta U$ រឺ $\Delta U = -W$

II. ម៉ាស៊ីនកាក្សា ទិន្នផលកម្ដៅអតិបរមា

❖ កម្មន្ត $W = Q_h - Q_c$

- W កម្មន្តផលិតដោយម៉ាស៊ីន J
- Q_h ថាមពលកម្ដៅស្រូប J
- Q_c ថាមពលកម្ដៅបញ្ចេញ J

❖ ទិន្នផលម៉ាស៊ីនកាក្សា $e = \frac{W}{Q_h} = 1 - \frac{Q_c}{Q_h} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$

- T_c សីតុណ្ហភាពធុងត្រជាក់ K
- T_h សីតុណ្ហភាពធុងក្ដៅ K
- e ទិន្នផលកម្ដៅ %

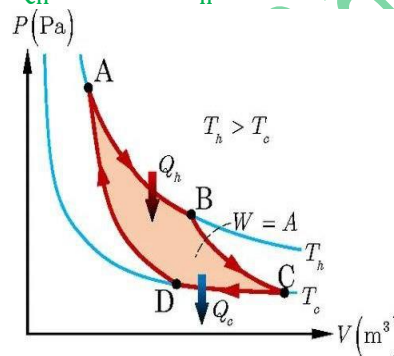
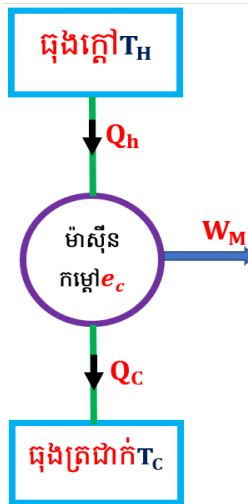
❖ ផលធៀបម៉ាស៊ីនអ៊ីដេអាស់ $\frac{Q_c}{Q_h} = \frac{T_c}{T_h}$

❖ អានុភាព $P = \frac{W}{t}$

- P អានុភាព W
- t អានុភាព s

III. ទិន្នផលម៉ាស៊ីនម៉ូទ័របន្ទះបន្ទុក (ម៉ាស៊ីនសាំង ឬ ម៉ាស៊ីនត្រ)

- ❖ ទិន្នផលកម្ដៅ ឬ ទិន្នផលម៉ូទ័រ $e_c = \frac{W_M}{Q_h}$
- ❖ ទិន្នផលមេកានិច ឬ ទិន្នផលគ្រឿងបញ្ជូន $e_M = \frac{W_U}{W_M}$



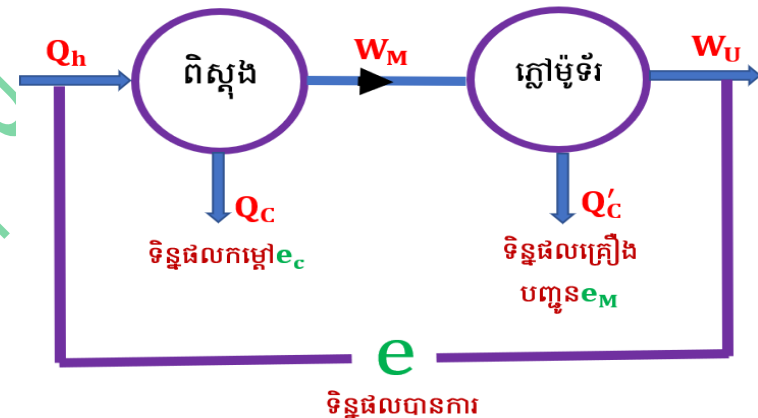
❖ កម្មន្តមេកានិច $W_M = Q_h - Q_c$

❖ ទិន្នផលសរុប ឬ ទិន្នផលបានការ $e = \frac{W_U}{Q_h} = e_c \times e_M$

❖ អានុភាពមេកានិច $P_M = \frac{W_M}{t}$

❖ អានុភាពមេកានិច $P_U = \frac{W_U}{t}$

- W_U កម្មន្តបានការរឺកម្មន្តទទួលដោយភ្លើងម៉ូទ័រ J
- e_M ទិន្នផលមេកានិច
- e ទិន្នផលបានការ



❖ ថ្លៃស្តីកម្មន្តនិងថាមពល $\Delta K = W$

❖ កម្ដៅផ្តល់ដោយចំហេះសាំង $Q_h = m \times \ell_f$

- m ម៉ាស់សាំងដែលឆេះ (Kg) ឬ (ℓ)
- ℓ_f ឬ ℓ_c កម្ដៅម៉ាស់ចំហេះសាំង J/kg ឬ J/ℓ

ចំណាំ

$1ch = 1hp = 746W$, ch ឬ hp ហៅថាហែសៈ

មេរៀនទី១ គោលការណ៍តម្រួតនៃលក និងលកជញ្ជាំង

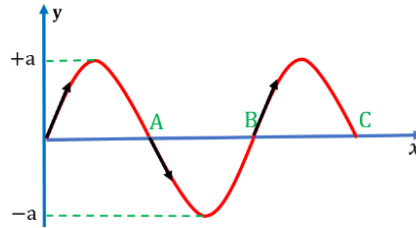
I. សមីការលំយោលឬសមីការលក $y = a \sin(\omega t + \phi)$ (ϕ ឬ φ)

II. សមីការល្បឿនខណៈ $v = \frac{dy}{dt} = a\omega \cos(\omega t + \phi)$

- ល្បឿនអតិបរមា $v_{max} = A\omega$ (m/s)

III. សមីការសំទុះ $a = \frac{dv}{dt} = -a\omega^2 \sin(\omega t + \phi)$

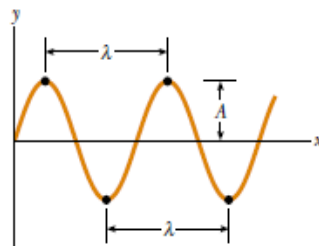
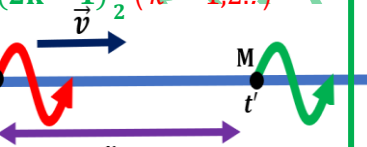
- សំទុះអតិបរមា $a_{max} = a\omega^2$ (m/s²)



- A អំពូទុតនៃលក គិតជា (m)
- y អេឡុងការស្បូងរឺបំលាស់ទី គិតជា (m)
- ω ហៅថាពុលសាស្បូងរឺ ល្បឿនមុំ ឬ ប្រេកង់មុំ $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ គិតជា (rad/s)
- ϕ ជាសង្ខេបរបស់លក គិតជា (rad)
- $\omega t + \phi$ ជាសនៅខណៈ t
- ខួប $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$ គិតជា (s) , ចំណុចស្របជាសនិងប្រភព $x = k\lambda$ ($k = 1, 2, \dots$)
- ប្រេកង់ f គិតជា Hz, ចំណុចឈមជាសនិងប្រភព $x = (2k-1)\frac{\lambda}{2}$ ($k = 1, 2, \dots$)

V. លក

- សមីការលក ត្រង់ចំណុច 0 : $y_0 = a \sin(\omega t + \phi)$
- សមីការលកជាលដល់ចំណុច M : $y_M = a \sin(\omega t - kx + \phi)$
- សមីការលកជាលដល់ចំណុច M : $y_M = a \sin(kx - \omega t + \phi)$
- ជំហានលករឺប្រវែងជំហានលក $\lambda = v \times T = \frac{v}{f} = \frac{2\pi}{k}$ (m)
- ចំនួនលករឺមេគុណលក $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v}$ (rad/m)
- ចំនួនចំហានលក $= \frac{x}{\lambda} = \frac{t}{T}$ (ចំហាន)
- ល្បឿនដំណាលរបស់លក $v = \frac{x}{t} = \frac{\ell}{t}$



V. សមីការលកតម្រួត $y_1 = a_1 \sin(\omega t + \phi_1)$, $y_2 = a_2 \sin(\omega t + \phi_2)$

❖ នោះតម្រួតនៃលកគឺ $y = y_1 + y_2 = a \sin(\omega t + \phi)$

- ផលសងជាសឬ គម្លាតជាស ឬ បម្រែបម្រួលជាសឬ លំដាក់ជាសលក $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$

- អំពូទុត $a = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2\cos\Delta\phi}$

- ជាសដើម $\tan\phi = \frac{a_y}{a_x} = \frac{a_1\sin\phi_1 + a_2\sin\phi_2}{a_1\cos\phi_1 + a_2\cos\phi_2}$

VI. ករណីទូទៅ ប្រសិនបើមានច្រើនលកយើងត្រូវរក

ដូចខាងក្រោម : នោះតម្រួតនៃលកគឺ $y = y_1 + y_2 + \dots + y_n = a \sin(\omega t + \phi)$

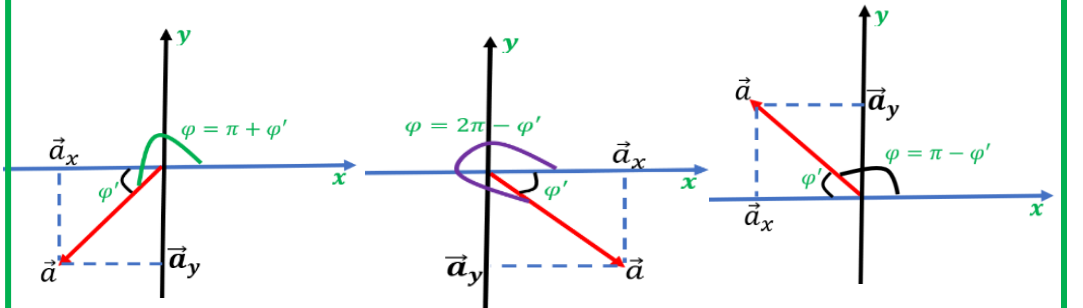
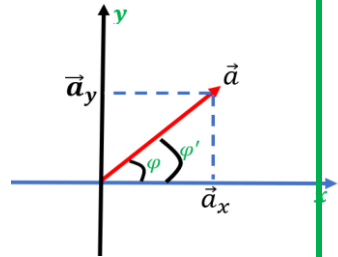
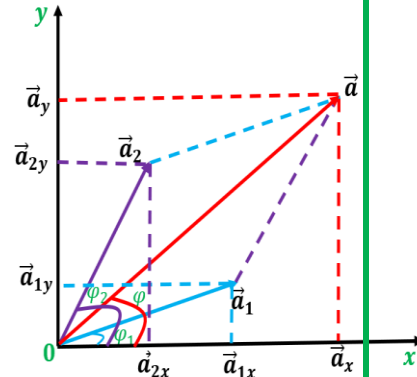
- នោះអំពូទុត $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$

- ដែរ $a_x = a_1\cos\phi_1 + a_2\cos\phi_2 + \dots + a_n\cos\phi_n$

- ដែរ $a_y = a_1\sin\phi_1 + a_2\sin\phi_2 + \dots + a_n\sin\phi_n$

- ជាសដើម $\tan\phi' = \left| \frac{a_y}{a_x} \right|$, $\phi' = (\phi_x, \phi_y)$

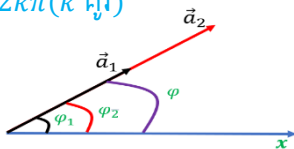
- បើ $a_x > 0, a_y > 0 \Rightarrow$ (I) : $\phi = \phi'$
- បើ $a_x < 0, a_y > 0 \Rightarrow$ (II) : $\phi = \pi - \phi'$
- បើ $a_x < 0, a_y < 0 \Rightarrow$ (III) : $\phi = \pi + \phi'$
- បើ $a_x > 0, a_y < 0 \Rightarrow$ (IV) : $\phi = 2\pi - \phi'$ រឺ $\phi = -\phi'$



❖ ករណីពិសេស

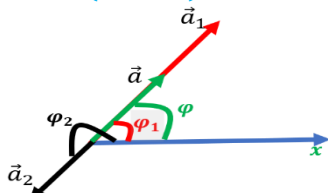
❖ ករណី y_1 និង y_2 ស្របគ្នាគ្នានោះ $\Delta\phi = 0$ ឬ $\Delta\phi = 2k\pi$ (k គូរ)

- នោះ $a = a_1 + a_2$ និង $\phi = \phi_1 = \phi_2$

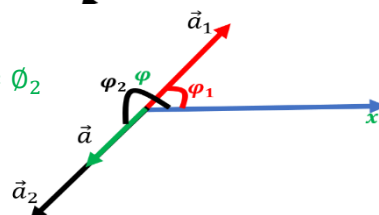


❖ ករណី y_1 និង y_2 ឈមគ្នាគ្នានោះ $\Delta\phi = \pm\pi$ ឬ $\Delta\phi = \pm k\pi$ (k សេស)

- បើ $a_1 > a_2$ នោះ $a = |a_1 - a_2|$ នោះ $\phi = \phi_1$



- បើ $a_1 < a_2$ នោះ $a = |a_2 - a_1|$ នោះ $\phi = \phi_2$



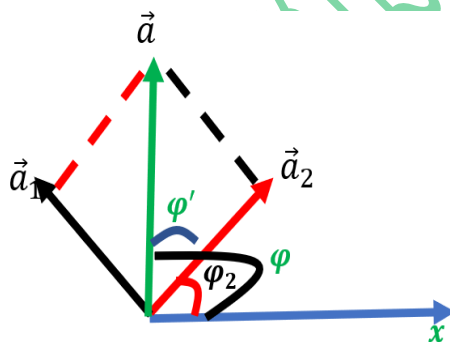
❖ ករណី y_1 និង y_2 ខ្វែងគ្នាគ្នានោះ $\Delta\phi = \frac{\pi}{2}$ ឬ $\Delta\phi = (\pm\frac{\pi}{2} + 2k\pi)$

- នោះ $a = \sqrt{a_1^2 + a_2^2}$

❖ ផាសនៃលក្ខណៈ

- បើ $\phi_1 > \phi_2$ នោះ $\phi = \phi_2 + \phi'$

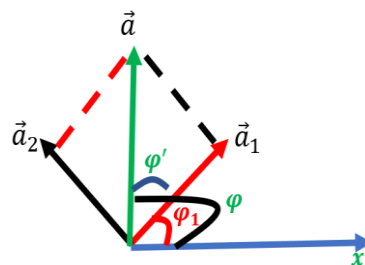
$$\text{នោះ } \tan\phi' = \frac{a_1}{a_2}$$



- បើ $\phi_1 < \phi_2$ នោះ $\phi = \phi_1 + \phi'$

$$\text{នោះ } \tan\phi' = \frac{a_2}{a_1}$$

❖ ករណី $a_1 = a_2$



$$\bullet \sin a + \sin b = 2\sin\frac{a+b}{2}\cos\frac{a-b}{2}$$

VII. **លក្ខន្តិកៈ** ជាលក្ខណៈដូចគ្នាដែលជាលក្ខណៈទៅមកនៅមួយកន្លែងនៅត្រង់ទីតាំងមួយបើ។

- យើងមានអនុគមន៍លក្ខណៈជាលក្ខណៈទៅមកនៅមួយកន្លែងនៅត្រង់ទីតាំងមួយបើ។ $y_1 = a\sin(kx - \omega t)$
- លក្ខណៈ ជាលក្ខណៈទៅមកនៅមួយកន្លែងនៅត្រង់ទីតាំងមួយបើ។ $y_2 = a\sin(kx + \omega t)$
- តាមរូបមន្តគណិត $\sin A + \sin B = 2\sin\frac{A+B}{2}\cos\frac{A-B}{2}$
- គេបានតម្រូវនៃលក្ខណៈទាំងពីរគឺ $y = y_1 + y_2 = 2a\sin kx \cos \omega t = A\cos(\omega t)$
- អំពូលទុកតម្រូវនៃលក្ខណៈគឺ $A = 2a\sin kx$

❖ ទីតាំងពេញជាទីតាំងដែលមានអំពូលទុកតម្រូវនៃលក្ខណៈគឺ $\sin kx = \pm 1$

- ទីតាំងពេញ $x = (2n + 1)\frac{\lambda}{4}$, $n = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$

❖ ទីតាំងថ្នាំងជាទីតាំងដែលមានអំពូលទុកតម្រូវនៃលក្ខណៈគឺ $\sin kx = 0$

- ទីតាំងថ្នាំង $x = n\frac{\lambda}{2}$, $n = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$

• ចម្ងាយរវាងថ្នាំងពីរជាប់គ្នា ឬ ពេញពីរជាប់គ្នាគឺ $x = \frac{\lambda}{2}$

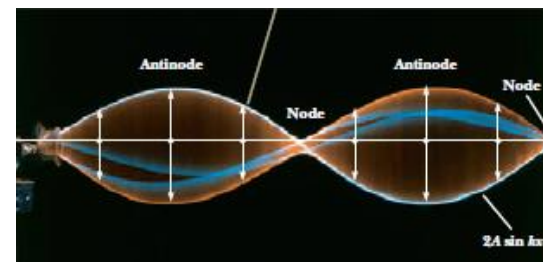
• ចម្ងាយរវាងថ្នាំងនិងពេញជាប់គ្នាគឺ $x = \frac{\lambda}{4}$

• បង្គោលទីលក្ខណៈពេញ $y = \pm 2a$

• បង្គោលទីលក្ខណៈពេញអតិបរមា $y = 2a$

• បង្គោលទីលក្ខណៈថ្នាំង $y = 0$

• ដើម្បីរកចំនួនត្រយ៉ូង $L = n\frac{\lambda}{2}$, L ប្រវែងខ្សែដៃលក្ខណៈជាលក្ខណៈគិត (m), n ចំនួនត្រយ៉ូង



មេរៀនទី២

អាំងទែផេរ៉ង់ស៊ីប្រាកដសុទ្ធ

❖ **និយមន័យ** : អាំងទែផេរ៉ង់ស៊ីប្រាកដសុទ្ធទៅដល់ការបំបែករលកពីរមានអំពូលដូចគ្នា ដែលបង្កើនកម្រិតកំពស់ដល់ចំណុចមួយ។

❖ **អាំងទែផេរ៉ង់ស៊ីប្រាកដសុទ្ធទៅដល់មេកានិច**

❖ គេមានសមីការរលកពីរដែលដល់ចំណុច M :

$$y_1 = a \sin(\omega t - k d_1) = a \sin(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} d_1)$$

$$y_2 = a \sin(\omega t - k d_2) = a \sin(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} d_2)$$

$$\text{ផាសរលក } \varphi_1 = -\frac{2\pi}{\lambda} d_1, \varphi_2 = -\frac{2\pi}{\lambda} d_2$$

❖ សមីការរលកតម្រូវនៃរលកទាំងពីរ

$$y_M = y_1 + y_2$$

$$y_M = 2 a \cos \frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) \sin \left\{ \omega t - \frac{\pi}{\lambda} (d_1 + d_2) \right\}$$

VIII. មានរាង $y_M = A \sin(\omega t + \varphi)$

IX. A : អំពូលដូចគ្នា $A = 2 a \cos \frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1)$ គិតជា (m)

❖ φ : ផាសដើមនៃរលក $\varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = -\frac{\pi}{\lambda} (d_1 + d_2)$ គិតជា (rad)

• d_1, d_2 ចម្ងាយចរលកពីដំណាលរលកនីមួយៗ គិតជា (m)

• ជំហររលក $\lambda = vT = \frac{v}{f} = \frac{2\pi}{k}$ (m)

• V ល្បឿនដំណាល m/s, T ខួបរលក S

• ចំនួនរលក រឺមេគុណរលក $K = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v}$ (rad/m)

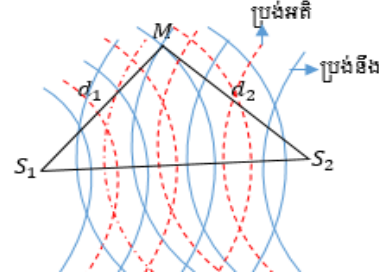
❖ ផលសងដំណើររលក $\Delta = d_2 - d_1$

❖ ផលសងដំណើរប្រេងអតិបរមា $\Delta = d_2 - d_1 = k\lambda$ ($k = 1, 2, 3, \dots$)

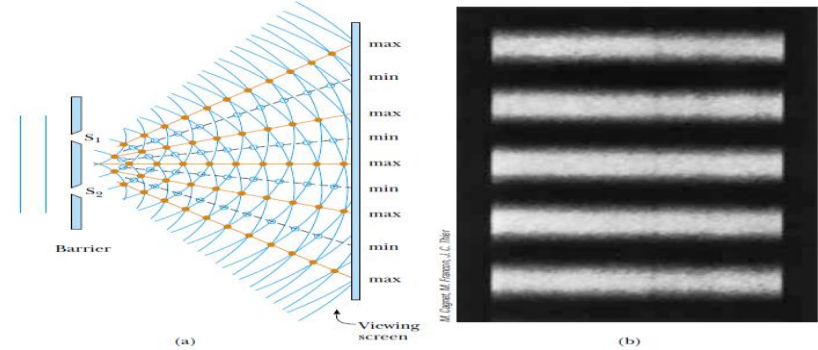
❖ ផលសងដំណើរប្រេងអប្បបរមាប្រេងនឹង $\Delta = d_2 - d_1 = (2k - 1) \frac{\lambda}{2}$ ($k = 1, 2, 3, \dots$)

❖ **អាំងទែផេរ៉ង់ស៊ីប្រាកដសុទ្ធទៅដល់មេកានិច** : ជាតម្រូវការរលកពីរដែលមានអំពូលដូចគ្នា និងមានតម្លៃអប្បបរមាស្មើស្ម័គ្រ (សូរស្រប)

❖ **អាំងទែផេរ៉ង់ស៊ីប្រាកដសុទ្ធទៅដល់មេកានិច** : កើតឡើងកាលណារលកពីរដែលមានតម្លៃអប្បបរមាស្មើស្ម័គ្រ ហើយកើតមានតំបន់ក្លិនតំបន់ដងឆ្អឹងស្របគ្នា ។



• ពន្លឺមូល្យាក្រមាទិចមួយជាលក្ខណៈកាត់រង្វះពីរ ដូចរូប :



❖ ផលសងដំណើរប្រេងក្លិន $\Delta = d_2 - d_1 = k\lambda$ ($k = 1, 2, 3, \dots$)

❖ ផលសងដំណើរប្រេងឆ្អឹង $\Delta = d_2 - d_1 = (2k - 1) \frac{\lambda}{2}$ ($k = 1, 2, 3, \dots$)

❖ ផលសងដំណើរប្រេងទូទៅ $\Delta = d_2 - d_1 = \frac{ax}{d}$

❖ ប្រវែងចន្លោះប្រេងពន្លឺ រឺ អាំងទែប្រេង $i = x_2 - x_1 = \frac{\lambda d}{a}$

❖ ទីតាំងប្រេងក្លិន រឺ អាប់ស៊ីសចំណុចកណ្តាលប្រេងក្លិន $x = k \frac{\lambda d}{a} = ki$ ($k = 1, 2, 3, \dots$)

❖ ទីតាំងប្រេងឆ្អឹង រឺ អាប់ស៊ីសចំណុចកណ្តាលប្រេងឆ្អឹង $x = (2k - 1) \frac{\lambda d}{2a} = (2k - 1) \frac{i}{2}$ ($k = 1, 2, 3, \dots$)

➢ a ជាចម្ងាយរវាងរង្វះទំព័រ (m)

➢ d ជាចម្ងាយពីរង្វះទៅអេក្រង់ (m)

➢ x ជាអាប់ស៊ីសចំណុចកណ្តាលប្រេង រឺ ទីតាំងប្រេង ឬ ប្រវែងប្រេង (m)

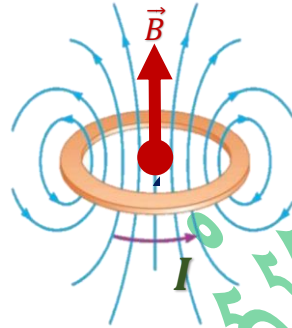
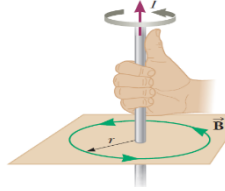
❖ ឌីប្រាក់ស្យុងជាភាពកោងស្មើនៃពន្លឺពេលវាងកាត់រង្វះបាត់ឧបសគ្គ ។

ដែននិកម្មម៉ាញ៉េទិច

មេរៀនទី១

I. ដែនម៉ាញ៉េទិចនៃចរន្តត្រង់ $B = \mu_0 \frac{I}{2\pi d} = \mu_0 \mu_r \frac{I}{2\pi d}$

- B ដែនម៉ាញ៉េទិចបង្កើតដោយចរន្តត្រង់ គិតជាតេស្លា (T)
- $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} SI$ ជម្រាបម៉ាញ៉េទិចនៃខ្យល់ឫសុញ្ញាកាស
- I អាំងតង់ស៊ីតេចរន្ត (A)
- d ចម្ងាយពីខ្សែចម្លងទៅចំណុចអែកដែន (m)
- μ_r ជម្រាបម៉ាញ៉េទិចជៀប



II. ដែនម៉ាញ៉េទិចនៃចរន្តវង់ $B = \mu_0 \frac{I}{2R}$

III. ប៊ូប៊ីនសំប៉ែត $B = \mu_0 \frac{NI}{2R} = \mu_0 \mu_r \frac{NI}{2R}$

- N ចំនួនស្ប៉ែរ
- R កាំរង្វង់របស់ស្ប៉ែរ m , $R = \frac{R_1 + R_2}{2}$

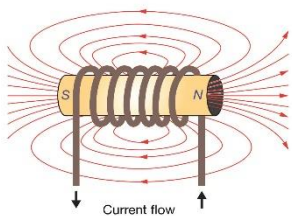
ចំណាំ : បើដែនម៉ាញ៉េទិចចេញក្រៅប្លង់សម្គាល់ដោយសញ្ញា \odot
បើដែនម៉ាញ៉េទិចចូលក្នុងប្លង់សម្គាល់ដោយសញ្ញា \otimes

IV. ដែនម៉ាញ៉េទិចនៃសូលេណូអ៊ីត ឬ ប៊ូប៊ីនវែង ($\ell \geq 5R$) $B = \mu_0 nI = \mu_0 \frac{NI}{\ell} = \mu_0 \mu_r \frac{NI}{\ell}$

- ចំនួនស្ប៉ែរក្នុងមួយម៉ែត្រ $n = \frac{N}{\ell} = \frac{1}{d}$ (ស្ប៉ែរ/m)
- ចំនួនស្ប៉ែរសរុប $N = N_0 = \frac{\ell'}{\pi D} = \frac{\ell}{d}$ (ស្ប៉ែរ)

V. ករណីគេរំខ្សែចម្លងច្រើនជាន់ (x ស្រទាប់) និងមាន e :

- ចំនួនស្ប៉ែរក្នុងមួយម៉ែត្រ $n = \frac{N}{\ell} = \frac{x}{d+2e}$
- ចំនួនស្ប៉ែរសរុប $N = \frac{x\ell}{d+2e} = xN_0$
- ℓ ប្រវែងសូលេណូអ៊ីត m , e កម្រាស់អ៊ីសូឡង់ m
- d អង្កត់ផ្ចិតខ្សែចម្លង m , x ចំនួនស្រទាប់

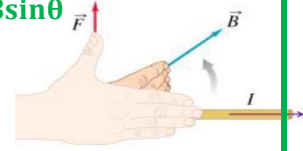


VI. រកអស៊ីន្តង់របស់សូលេណូអ៊ីត(ខ្សែ) $R' = \rho \frac{\ell'}{A'}$ $\begin{cases} \ell' = \pi DN = 2\pi RN \text{ ប្រវែងខ្សែចម្លង} \\ A' = \frac{\pi d^2}{4} = \pi r^2 \text{ ផ្ទៃមុខកាត់ខ្សែចម្លង} \end{cases}$

- R អស៊ីន្តង់ខ្សែ Ω , D អង្កត់ផ្ចិតប៊ូប៊ីន m , ρ អស៊ីន្តង់តែបស់ខ្សែ Ωm

VII. កម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញ៉េទិចលើខ្សែចម្លង $\vec{F} = I\vec{\ell} \times \vec{B} \Rightarrow F = I\ell B \sin\theta$

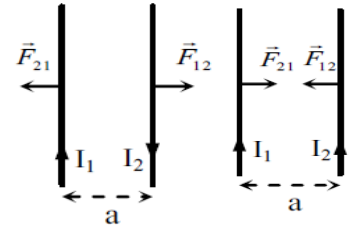
- ℓ ប្រវែងខ្សែចម្លង, B ដែនម៉ាញ៉េទិច
- F កម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញ៉េទិច (N)



VIII. អំពើអន្តរកម្ម(អេឡិចត្រូម៉ាញ៉េទិច)ទៅវិញទៅមករវាងខ្សែចម្លងពី $F_{12} = F_{21} = \mu_0 \frac{I_1 I_2 \ell}{2\pi a}$

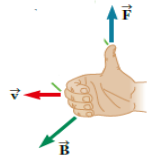
- a ចម្ងាយរវាងខ្សែចម្លងទាំងពីរ (m)

ចំណាំ : ចរន្តមានទិសដៅដូចគ្នាកម្លាំងទាញគ្នាចូល
ចរន្តមានទិសដៅផ្ទុយគ្នាកម្លាំងច្រានគ្នាចេញ

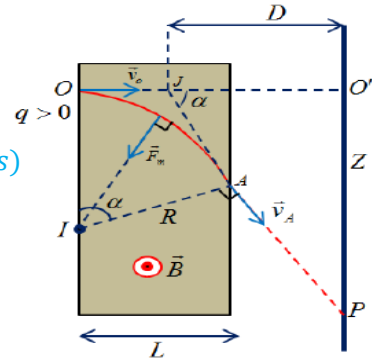


IX. កម្លាំងម៉ាញ៉េទិចលើបន្ទុកផ្លាស់ទី $F_m = |q|vB \sin\theta$

- F_m កម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញ៉េទិច (N)
- q បន្ទុករបស់ផង់ (C), v ល្បឿនផង់ (m/s)
- **ចំណាំ** $q > 0$ F_m មានទិសដៅដូចមេដៃ
 $q < 0$ F_m មានទិសដៅផ្ទុយនឹងមេដៃ



- បរិមាណចលនារបស់ផង់ $p = mv_0$ (kg m/s)
- កាំគន្លង $R = \frac{mv_0}{|q|B}$, R កាំគន្លង m
- ល្បឿនមុំ រឺ ប្រេកង់មុំ ឬ ពុលសាស្យុង $\omega = \frac{v_0}{R}$ (rd/s)
- ខួប $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi R}{v}$ T គិតជា S
- លំដាក់ម៉ាញ៉េទិច $\alpha(\text{rad}) = \frac{\ell}{R}$
- ជេផ្ទិចស្យុងម៉ាញ៉េទិច $Z = D \tan\alpha$ (m)



- បម្រែបម្រួលថាមពលស៊ីនេទិកក្នុងដែនឯកសណ្ឋាន (លេរ៉ែនថេរ) $\Delta K = 0$
- ទ្រឹស្តីកម្មន្តថាមពល $\Delta K = W$ $\begin{cases} \Delta K = K - K_0 \text{ បម្រែបម្រួលថាមពលស៊ីនេទិក} \\ K = \frac{1}{2}mv^2 \text{ ថាមពលស៊ីនេទិក, } v \text{ ល្បឿន (m/s)} \\ W = |q|V \text{ កម្មន្ត (J), } V \text{ តង់ស្យុង (V)} \end{cases}$

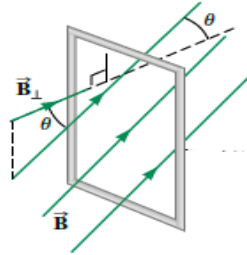
ចំណាំ

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

រំលឹកខ្លឹមសារអេឡិចត្រូម៉ាញ៉េទិច

I. ក្នុងម៉ាញ៉េទិច $\Phi = BA \cos \theta$ ឬ $\Phi = NBA \cos \theta$

- B ដែនម៉ាញ៉េទិច T
- A ផ្ទៃ m^2
- Φ ក្នុងម៉ាញ៉េទិច Wb
- N ចំនួនស្ប៉ាសរុប
- θ មុំដែលផ្ទុំឡើងពី (\vec{B}, \vec{n})
- \vec{n} វ៉ិចទ័រកែងរបស់ផ្ទៃ



ចំណាំ $\left\{ \begin{array}{l} \text{បើ } \vec{B} \perp \vec{A} \text{ នោះ } \vec{B} \uparrow \uparrow \vec{n} \text{ នោះ } \theta = 0^\circ \\ \text{បើ } \vec{B} \uparrow \uparrow \vec{A} \text{ នោះ } \vec{B} \perp \vec{n} \text{ នោះ } \theta = 90^\circ \end{array} \right.$

II. បម្រែបម្រួលក្នុងម៉ាញ៉េទិច $\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1$

III. កម្លាំងអគ្គិសនីចលករអាំងឌ្យូស្យុង $E = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ ឬ $|E| = N \frac{|\Delta \Phi|}{\Delta t}$

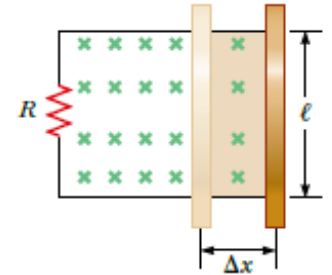
- Δt រយៈពេល s
- E កម្លាំងអគ្គិសនីចលករអាំងឌ្យូស្យុង V
- $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ ល្បឿនបម្រែបម្រួលក្នុងម៉ាញ៉េទិច (Wb/s)

IV. ចរន្តអាំងឌ្យូស្យុងប្រចរន្តអាំងឌុចស្យុង : $I = \frac{E}{R}$

- R រេស៊ីស្តង់ Ω
- I អាំងតង់ស៊ីតេចរន្ត A

V. កម្លាំងអគ្គិសនីចលករអាំងឌ្យូស្យុងក្នុងរោងចេញចម្លងផ្លាស់ទី $E = Bv\ell \sin \alpha$

- v ល្បឿន m/s
- ℓ ល្បឿន m
- α មុំដែលផ្ទុំឡើងពី (\vec{B}, \vec{v})



VI. ចម្ងាយចរបានផ្លាស់ទី $\Delta x = v \times \Delta t$

VII. ក្រឡាផ្ទៃកៀស $\Delta A = \Delta x \times \ell = v\ell \Delta t$

VIII. ក្នុងម៉ាញ៉េទិចកៀសដោយរោងចេញចម្លងផ្លាស់ទី $\Delta \Phi = \Phi_2 = B\Delta A = Bv\ell \Delta t$

IX. កម្លាំងអេឡិចត្រូម៉ាញ៉េទិចលើរោងចេញចម្លងផ្លាស់ទី $F = Bi\ell \sin \alpha$

X. អានុភាពកម្ដៅកាយចេញពីរសៀគ្វី $P = Ri^2$ (W)

XI. ថាមពលកម្ដៅកាយចេញពីរោងចេញចម្លងផ្លាស់ទី (រសៀគ្វី) $Q = W_j = P \times t = Ri^2 t$ (J)

XII. ចម្លងបន្ទុកអគ្គិសនីអាំងឌ្យូស្យុង $\Delta Q = i \times \Delta t$

- ΔQ គិតជាកូឡុំ (C)

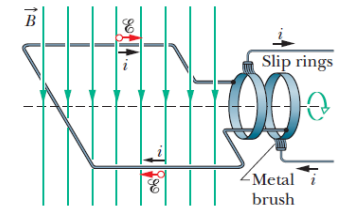
XIII. កន្សោមកម្លាំងអគ្គិសនីចលករខណៈ $e = -N \frac{d\Phi}{dt} = E_m \sin \theta = E_m \sin \omega t$

- $\frac{d\Phi}{dt}$ អត្រាបម្រែបម្រួលក្នុងម៉ាញ៉េទិច (Wb/s)

XIV. កម្លាំងអគ្គិសនីចលករអាំងឌ្យូស្យុងអតិបរមា $E_m = NBA\omega$

XV. ល្បឿនមុំ $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

XVI. ចំនួនស្ប៉ា $N = \frac{\ell'}{\pi D}$, $D = 2R$



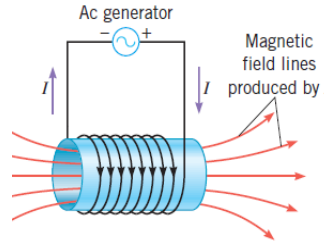
XVII. **ចំណាំ** កាលដែលខ្សោយដែនដែលបង្កើតដោយចរន្តអាំងឌ្យូស្យុងមានទិសដៅដូចដែនដែលបង្កើតវា ។

XVIII. បើដែនខ្លាំងដែនដែលបង្កើតដោយចរន្តអាំងឌ្យូស្យុងមានទិសដៅផ្ទុយពីដែនដែលបង្កើតវា ។

អត្ថបទខុបស្បែក

I. អាំងឌុចតង់ស៊ីតេស្វ័យធម៌ $L = \frac{N\phi}{i} = \mu_0 \frac{N^2 A}{\ell} = \mu_0 n^2 V$

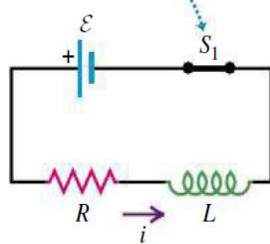
- A ផ្ទៃមុខកាត់ស្វ័យធម៌ $A = \pi R^2 = \pi \frac{D^2}{4}$ (m^2)
- ℓ ប្រវែងស្វ័យធម៌ (m)
- L អាំងឌុចតង់ស៊ីតេស្វ័យធម៌ (H)
- $V = A \times \ell$: មាឌស៊ីឡាំង (m^3)
- $\phi = NBA \cos \theta$ ភ្លុចម៉ាញ៉េទិច (Wb)



II. កម្លាំងអគ្គិសនីចលករអូតូអាំងឌ្វិច $\mathcal{E} = -L \frac{di}{dt} = -L \frac{di}{dt}$

- \mathcal{E} កម្លាំងអគ្គិសនីចលករអូតូអាំងឌ្វិច គិតជា (V)
- $\frac{di}{dt}$ ជាអត្រាប្រែប្រួលចរន្តធៀបនឹងពេល (A/s)

Switch S_1 is closed at $t = 0$.



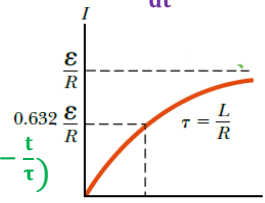
III. ថាមពលម៉ាញ៉េទិចក្នុងប៊ូប៊ីន $E_L = \frac{1}{2} Li^2$ (J)

IV. សៀគ្វី RL ឬ ឌីប៊ូល RL $V = Ri + L \frac{di}{dt} = Ri - \mathcal{E}$

- នៅខណៈពេល $t = 0$ នោះ $i = 0$ នោះ $(\frac{di}{dt})_{t=0} = \frac{E}{L} = \frac{I_p}{\tau}$
- នៅខណៈពេល $t = \infty$ (របបអចិន្ត្រៃយ៍) នោះ $i = I_p$ នោះ $(\frac{di}{dt})_{t=\infty} = 0$
- ប៊ូប៊ីនអាំងឌុចតង់ស៊ីតេ (ស្វ័យធម៌ទ្រីស្ត) : $R_L = 0$ នោះ $V = -\mathcal{E} = L \frac{di}{dt}$

V. ចំពេលវេលាឌីប៊ូល RL : $\tau = \frac{L}{R}$

- τ ចំពេលវេលា គិតជា (s) , R រេស៊ីស្តង់ Ω



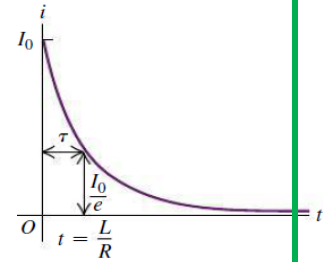
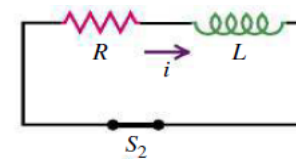
VI. ចរន្តអគ្គិសនីឆ្លងកាត់សៀគ្វីពេលបិទកុងតាក់ $i = I_p(1 - e^{-t/\tau})$

VII. ចរន្តក្នុងរបបអចិន្ត្រៃយ៍ ឬ ចរន្តថេរ ឬ ចរន្តអតិបរមា ឬ អំពូលចរន្ត $I_p = I_0 = \frac{E}{R} = \frac{V}{R}$

- នៅខណៈពេល $t = \tau$ នោះ $i = 63\% I_p$
- នៅខណៈពេល $t = 5\tau$ នោះ $i = 99\% I_p$

Telegram : 081 345 130

VIII. ចរន្តអគ្គិសនីឆ្លងកាត់សៀគ្វីពេលបើកកុងតាក់ $i = I_p e^{-t/\tau}$



IX. សៀគ្វី LC (សមីការឌីផេរ៉ង់ស្យែលលំដាប់ពី) $\ddot{V} + \frac{1}{LC} V = 0$

X. សមីការតង់ស្យុង $V = V_m \cos(\omega t + \phi)$

XI. សមីការបន្ទុក $q = q_m \cos(\omega t + \phi)$ ព្រោះ $q = CV$

XII. សមីការចរន្ត $i = -I_m \sin(\omega t + \phi)$ ព្រោះ $i = \frac{dq}{dt}$, $I_m = q_m \omega$

XIII. លំយោលនៃសៀគ្វី LC

XIV. ថាមពលម៉ាញ៉េទិចក្នុងប៊ូប៊ីន $E_L = \frac{1}{2} Li^2$ (J)

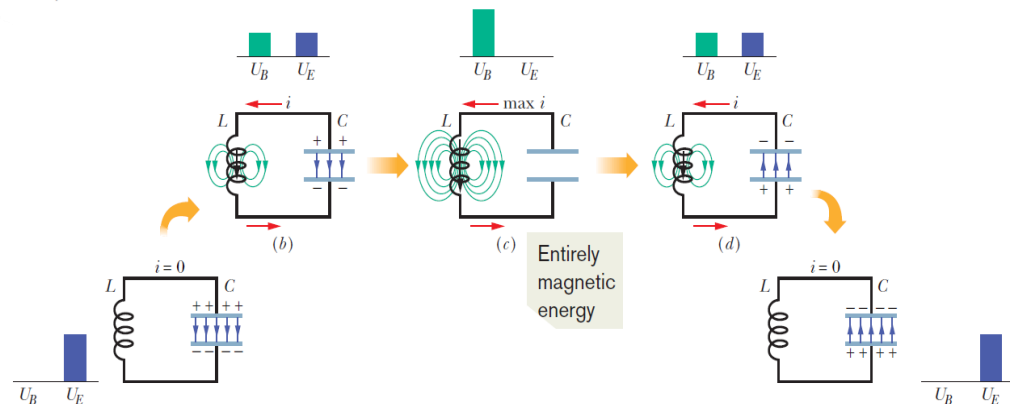
XV. ថាមពលអគ្គិសនីក្នុងដងសាទ័រ : $E_C = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} qV = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$ (J)

XVI. ថាមពលពេលក្នុងដងផ្ទុកពេញ (ថាមពលប៊ូប៊ីនសុទ្ធ) $E_{Cm} = \frac{1}{2} CV_m^2$

XVII. ថាមពលពេលក្នុងដងផ្ទេរអស់ (ថាមពលប៊ូប៊ីនផ្ទុកពេញ) $E_{Lm} = \frac{1}{2} Li_m^2$

XVIII. នោះទាញបាន $E_{Cm} = E_{Lm} = E_{CL} = E_C + E_L$

XIX. ខួប $T = 2\pi\sqrt{LC}$ (C កាប៉ាស៊ីតេ F)



ចរន្តឆ្លាស់

I. កម្លាំងអគ្គិសនីចលករ $e = E_m \sin \omega t$

II. សមីការចរន្តឆ្លាស់ $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$

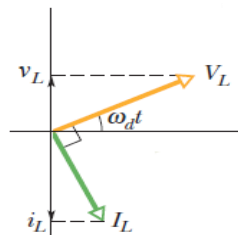
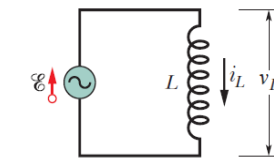
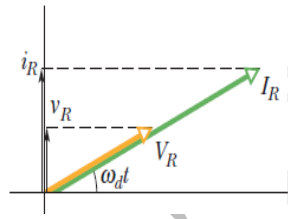
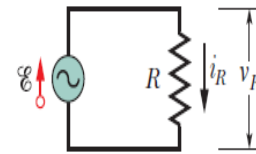
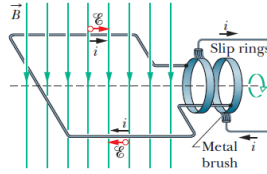
- $I_m = I_{rms} \sqrt{2}$ អាំងតង់ស៊ីតេអតិបរមា គិតជា (A)
- $I_{rms} = I = I_0$ អាំងតង់ស៊ីតេប្រសិទ្ធ

III. សមីការតង់ស្យុងឆ្លាស់ $v(t) = V_m \sin(\omega t + \varphi_v)$

- $V_m = V_{rms} \sqrt{2}$ តង់ស្យុងអតិបរមា គិតជា (V)
- $V_{rms} = V$ តង់ស្យុងប្រសិទ្ធ

IV. អង្គធាតុចម្លងអូម (ចរន្តស្របជាសនឹងតង់ស្យុង)

- សមីការចរន្តខណៈ $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$
- សមីការតង់ស្យុងខណៈ $v_R(t) = V_{Rm} \sin(\omega t + \varphi_v)$
 - ចរន្តប្រសិទ្ធ $I = \frac{V_R}{Z_R}$ ឬ $I_m = \frac{V_{Rm}}{Z_R}$
 - អាំងប៉េដង់ $Z_R = R$ គិតជា Ω
 - ដៃរ $\varphi_v = \varphi_i$
 - អានុភាព $P = RI^2$



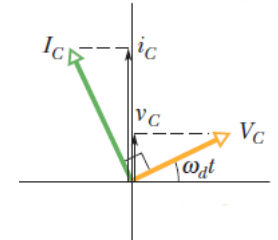
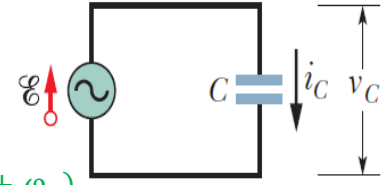
V. ប៊ូប៊ីន (តង់ស្យុងលឿនជាសចរន្ត $\frac{\pi}{2}$)

- សមីការចរន្តខណៈ $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$
- សមីការតង់ស្យុងខណៈ $v_L(t) = V_{Lm} \sin(\omega t + \varphi_v)$
 - ចរន្តប្រសិទ្ធ $I = \frac{V_L}{Z_L}$ ឬ $I_m = \frac{V_{Lm}}{Z_L}$
 - អាំងប៉េដង់ $Z_L = L\omega$
 - ដៃរ $\varphi_v = \varphi_i + \frac{\pi}{2}$

- អានុភាព $P = 0$

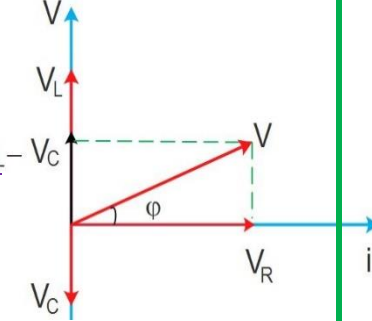
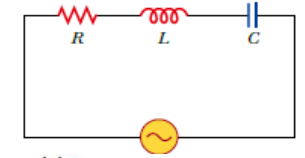
VI. កុងដង់សាទ័រ (តង់ស្យុងយឺតជាសចរន្ត $\frac{\pi}{2}$)

- សមីការចរន្តខណៈ $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$
- សមីការតង់ស្យុងខណៈ $v_C(t) = V_{Cm} \sin(\omega t + \varphi_v)$
 - ចរន្តប្រសិទ្ធ $I = \frac{V_C}{Z_C}$ ឬ $I_m = \frac{V_{Cm}}{Z_C}$
 - អាំងប៉េដង់ $Z_C = \frac{1}{C\omega}$
 - ដៃរ $\varphi_v = \varphi_i - \frac{\pi}{2}$
 - អានុភាព $P = 0$



VII. សៀគ្វី RLC តជាស៊េរី

- សមីការចរន្តខណៈ $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$
- សមីការតង់ស្យុងខណៈ $v(t) = V_m \sin(\omega t + \varphi_v)$
 - ចរន្តប្រសិទ្ធ $I = \frac{V}{Z}$ ឬ $I_m = \frac{V_m}{Z}$
 - អាំងប៉េដង់ $Z = \sqrt{Z_R^2 + (Z_L - Z_C)^2}$
 - សមមូលតង់ស្យុងប្រសិទ្ធ $V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$
 - ដៃរ $\varphi_v = \varphi_i + \varphi$
 - គម្លាតជាសរាងចរន្តនិងតង់ស្យុង $\tan \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{Z_R}$
 - កត្តាអានុភាព $\cos \varphi = \frac{R}{Z_{RLC}}$
 - អានុភាព $P = RI^2 = VI \cos \varphi$



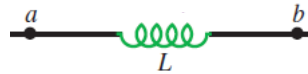
VIII. អស្សុណ្ឌង់ (ចរន្តស្របជាសនឹងតង់ស្យុង រឺ ចរន្តជំបំផុតក្នុងសៀគ្វី)

- សៀគ្វីកើតមានអស្សុណ្ឌង់នោះ $\varphi = 0$ នោះ $Z_L = Z_C$ ឬ $L\omega = \frac{1}{C\omega}$
- ល្បឿនមុំ $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ និង ខួប $T = 2\pi\sqrt{LC}$

IX. ចំណាំ

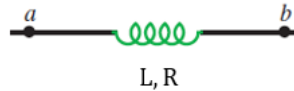
1. ករណីប៊ូប៊ីនអត់អស៊ីស្តង់ក្នុង ($R = 0$)

- តង់ស្យុងគោល ab គឺ $V_L = I \times Z_L$
- អាំងប៉េដង់ $Z_L = L\omega$



2. ករណីប៊ូប៊ីនអស៊ីស្តង់ក្នុង ($R \neq 0$)

- តង់ស្យុងគោល ab គឺ $V_{RL} = I \times Z_{RL}$
- អាំងប៉េដង់ $Z_{RL} = \sqrt{R^2 + Z_L^2}$



3. ករណីប៊ូប៊ីនអត់អស៊ីស្តង់ក្នុងនិងតជាសេរីជាមួយអស៊ីស្តង់ក្រៅ

- តង់ស្យុងគោល ab គឺ $V_{RL} = \sqrt{V_R^2 + V_L^2} = I \times Z_{RL}$
- អាំងប៉េដង់ $Z_{RL} = \sqrt{R^2 + Z_L^2}$

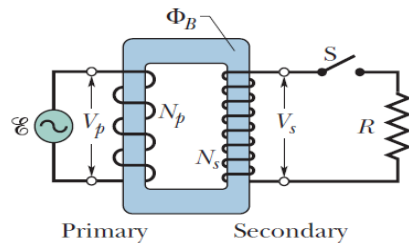


X. ត្រង់ស្ទីរ

1. ផលធៀបបង្កើននៃត្រង់ស្ទីរ

$$K = \frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

2. ត្រង់ស្ទីរអ៊ីដេអាល់ $K = \frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{I_1}{I_2}$



- បើ $k > 1$ ត្រង់ស្ទីរនេះប្រជាប់ដំឡើងតង់ស្យុងឈ្មោះ ស្ទីរកុំព្យូឡឺន
- បើ $k < 1$ ត្រង់ស្ទីរនេះជាប្រជាប់បន្ថយតង់ស្យុងឈ្មោះ ស្ទីរវ៉ុលទ័រ
- បើ $k = 1$ ត្រង់ស្ទីរនេះជាត្រង់ស្ទីរ ត្រមោច

3. អានុភាពត្រង់ស្ទីរ $P_{e1} = P_{e2} + P_j$

4. ថាមពលកម្ដៅកាយចេញពីត្រង់ស្ទីរ $Q = W_j = P_j \times t$

5. ទិន្នផលត្រង់ស្ទីរ $R_d = \frac{P_{e2}}{P_{e1}}$

- $P_{e1} = V_1 I_1 \cos \varphi$ អានុភាពរំបូបបម (W)
- $P_{e2} = V_2 I_2 \cos \varphi$ អានុភាពរំបូមធូម
- V_2 តង់ស្យុងរំបូមធូម (V)
- V_1 តង់ស្យុងរំបូបបម
- n_2 ចំនួនស្លៀវរំបូមធូម (ស្លៀវ)
- n_1 ចំនួនស្លៀវរំបូបបម (ស្លៀវ)
- I_2 អាំងតង់ស៊ីតេចរន្តរំបូមធូម (A)
- I_1 អាំងតង់ស៊ីតេចរន្តរំបូបបម
- $R_d < 1$ ទិន្នផលត្រង់ស្ទីរ គិតជា %