—: কোয়ান্টাম সংখ্যা :—

কোয়ান্টাম সংখ্যা হল এমন কিছু সংখ্যা যাদের দ্বারা কোন পরমাণুর ইলেকট্রন গুলির প্রকৃতি (অবস্থান, বেগ, ঘূর্ণন প্রকৃতি, শক্তি ইত্যাদি) সম্পর্কে সম্যক ধারণা লাভ করা যায়।

কোয়ান্টাম সংখ্যা চার প্রকার।

1. Principal quantum number (n)
2. Orbital angular momentum quantum number OR Azimuthal quantum number. (l)
3. Magnetic quantum number (m_l)
4. Magnetic spin quantum number (m_s)

—: কোয়ান্টাম সংখ্যার তাৎপর্য :—

1. Principal quantum no. :—

একে "n" দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর মান 1, 2, 3, ... ইত্যাদি যে কোন পূর্ণ সংখ্যা হতে পারে।

a) ইহা একটি মুখ্য শক্তিস্তর কে নির্দেশ করে। এর মান থেকে ইলেকট্রনটি কোন মুখ্য শক্তিস্তরে অবস্থান করে তা জানা যায়। এছাড়া, ঐ মুখ্য শক্তিস্তরে অবস্থান কালে ইলেকট্রনটির মোট শক্তির পরিমাণ-ও জানা যায়।

$$E_n = -\frac{2\pi^2 \cdot m \cdot Z_{eff}^2 \cdot e^4}{n^2 h^2}.$$

b) n এর সর্বোচ্চ মান থেকে পরমাণুর আকার সম্পর্কে (size of atom) ধারণা লাভ করা যায়।

c) n এর মান থেকে একটি নির্দিষ্ট মুখ্য শক্তিস্তরে কতগুলি ইলেকট্রন থাকতে পারে তার ধারণাও পাওয়া যায় ($2n^2$)।

2. <u>Orbital Angular momentum quantum number</u> :—

একে "l" দ্বারা প্রকাশ করা হয়। একটি নির্দিষ্ট "n" এর মানের জন্য l এর মান 0 থেকে $(n-1)$ পর্যন্ত যে কোন পূর্ণ সংখ্যা হতে পারে।

a) ইহা পরমাণুর এক একটি উপশক্তিস্তর (Sub energy level) নির্দেশ করে। এর মান গুলি থেকে একটি মুখ্য শক্তিস্তরে কতগুলি উপশক্তিস্তর আছে তা জানা যায়।

b) ইহা উপকক্ষ/কক্ষকের আকৃতি সম্পর্কে ধারণা দেয় (shape of sub-orbit/orbital)।

$l = 0 \Rightarrow$ s-orbital $\Rightarrow$ গোলকের প্রতিসম

$l = 1 \Rightarrow$ p-orbital $\Rightarrow$ ডাম্বেলাকৃতি অসমান

$l = 2 \Rightarrow$ d-orbital $\Rightarrow$ দ্বি-ডাম্বেলাকৃতি অসমান

c) l এর সাহায্যে একটি নির্দিষ্ট উপশক্তি স্তরে অবস্থিত ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগের "মান" (magnitude) জানা যায়।

$$\text{কৌণিক ভরবেগ } (mvr) = \sqrt{l(l+1)} \times \frac{h}{2\pi}$$

3. <u>Magnetic quantum number :-</u>

চৌম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যাকে "m_l" দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ইহার মান "l" এর উপর নির্ভরশীল। এর মান $-l$ থেকে শুরু করে 0 সহ $+l$ পর্যন্ত যেকোন পূর্ণ সংখ্যা হতে পারে।

a) m_l এর বিভিন্ন মান থেকে একটি উপশক্তি স্তরে কতগুলি কক্ষক আছে তা জানা যায়।

b) ইহার মান থেকে একটি নির্দিষ্ট উপকক্ষে আবর্তনশীল ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগের "অভিমুখ" (direction of angular momentum) সম্পর্কে ধারণা লাভ করা যায়।

$$m_l = \sqrt{l(l+1)} \cdot \cos\theta$$

θ = Applied magnetic field এবং angular momentum এর অভিমুখের অন্তর্বর্তী কোণ।

4. **Magnetic spin quantum number :-**

চৌম্বকীয়-ঘূর্ণন কোয়ান্টাম সংখ্যা কে m_s দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ইহার মান সর্বদা $\pm \frac{1}{2}$ হয়। ইলেকট্রনের ঘূর্ণন প্রকৃতি এর সাহায্যে জানা যায়। নিজ-অক্ষ সাপেক্ষে ঘড়ির কাঁটার দিকে ইলেকট্রনের ঘূর্ণন কে $m_s = +\frac{1}{2}$ দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘূর্ণন কে $m_s = -\frac{1}{2}$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এই কোয়ান্টাম সংখ্যার সাহায্যে এবং পাউলির অপবর্জন নীতি প্রয়োগ করে বলা যায় একটি কক্ষকে সর্বাধিক দুটির বেশি ইলেকট্রন থাকতে পারেনা।

—ঃ পরমাণুর wave-Mechanical মডেল ঃ—

ভিত্তি ⇒

"Wave-Particle" Dualism

"তরঙ্গ-কণার" দ্বৈত সত্ত্বা

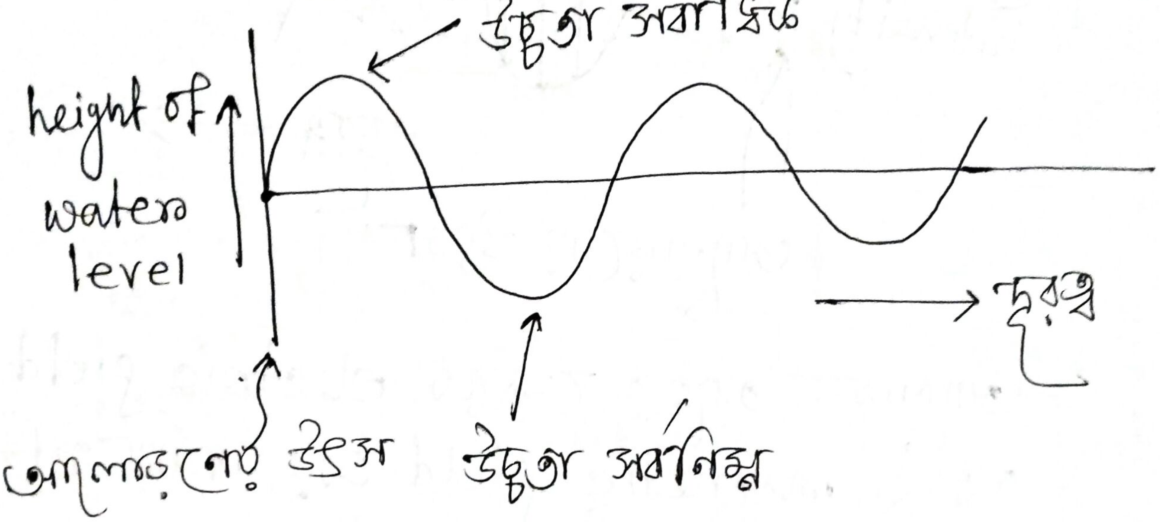
⇒ What is wave ? (তরঙ্গ কি?)

— তরঙ্গ হল এক প্রকার আন্দোলন যার মাধ্যমে শক্তির এক জায়গা থেকে অন্যত্র স্থানান্তরণ হয়। শক্তির এই স্থানান্তরণ "মাধ্যম" (medium) এর উপস্থিতি তে অথবা শূন্য স্থান-ও হতে পারে। মাধ্যমের উপস্থিতিতে হলে সেই প্রকার তরঙ্গ কে বলে Mechanical wave এবং শূন্য মাধ্যমে হলে তাকে বলে Electro-magnetic wave.

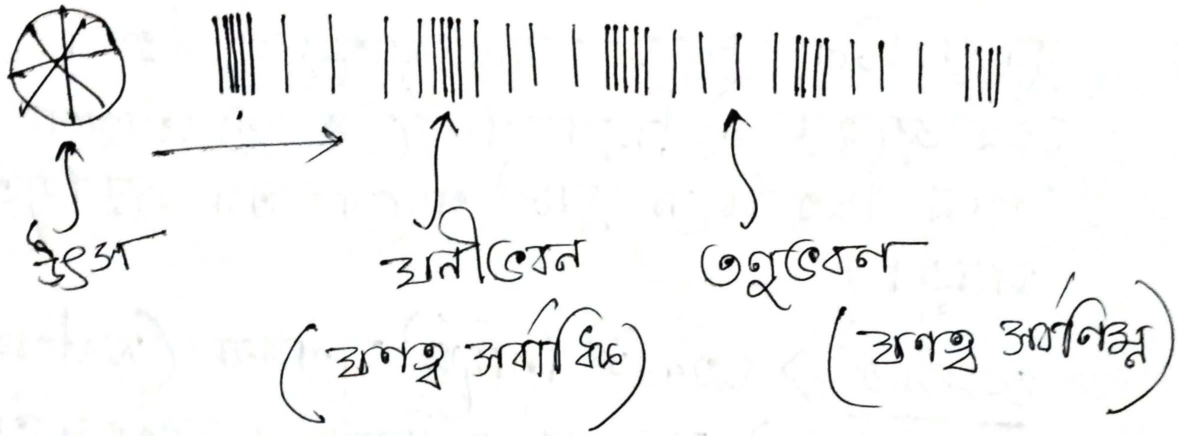
Wave

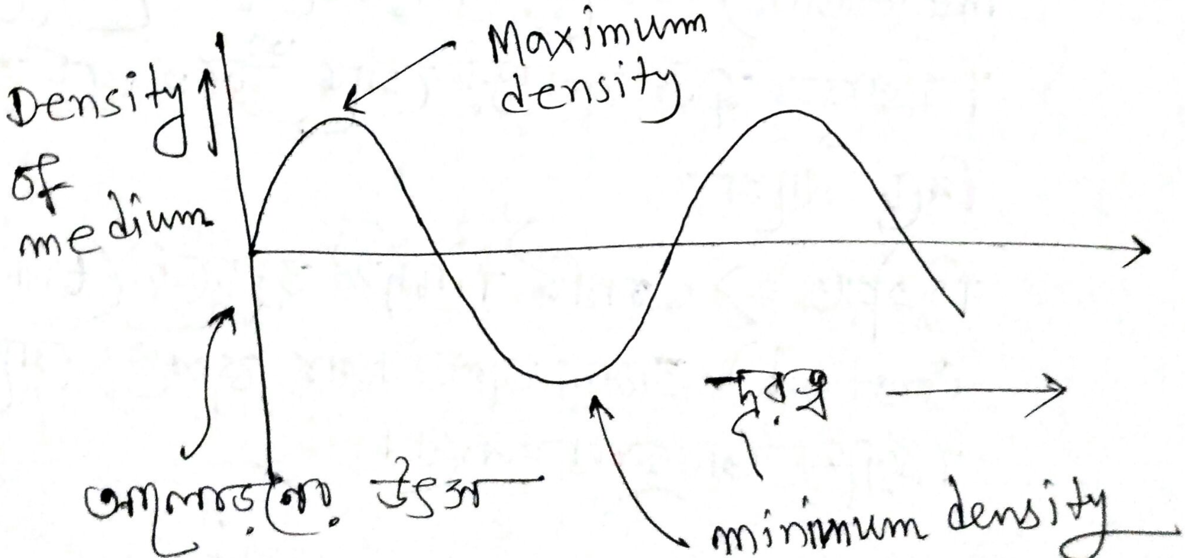
- Mechanical wave (মাধ্যমের প্রয়োজন)
  - উদাহরণ → জল-তরঙ্গ, শব্দ তরঙ্গ
- Electromagnetic wave (শূন্য মাধ্যমেও হতে পারে)।
  - উদাহরণ → আলো (light)

জল-তরঙ্গ ⇒ জল-তরঙ্গের ক্ষেত্রে জলস্তরের উচ্চতা (height of water level) পর্যায়ক্রমে বৃদ্ধি পায় ও হ্রাস পায়।

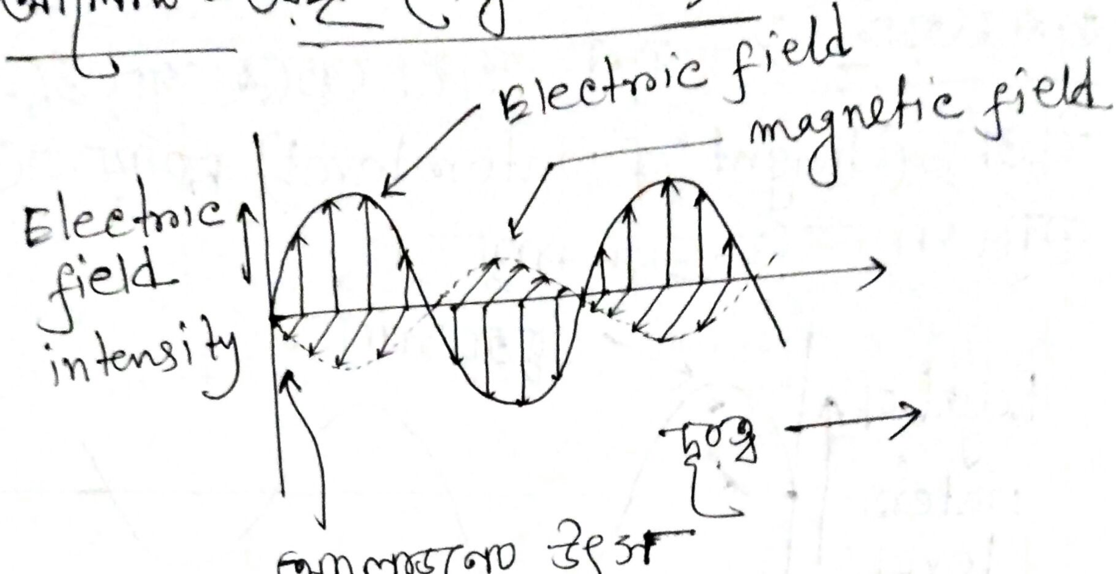


শব্দ-তরঙ্গ :— শব্দ-তরঙ্গের ক্ষেত্রে "মাধ্যম-কণার" ঘনত্ব পর্যায়ক্রমে বৃদ্ধি পায় এবং হ্রাস পায়।





আলোক-তরঙ্গ (light wave) :—



আলোক-তরঙ্গের ক্ষেত্রে electric field এবং magnetic field এর পর্যায়ক্রমিক হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে।

—: তরঙ্গের সমীকরণ নির্ণয় :—

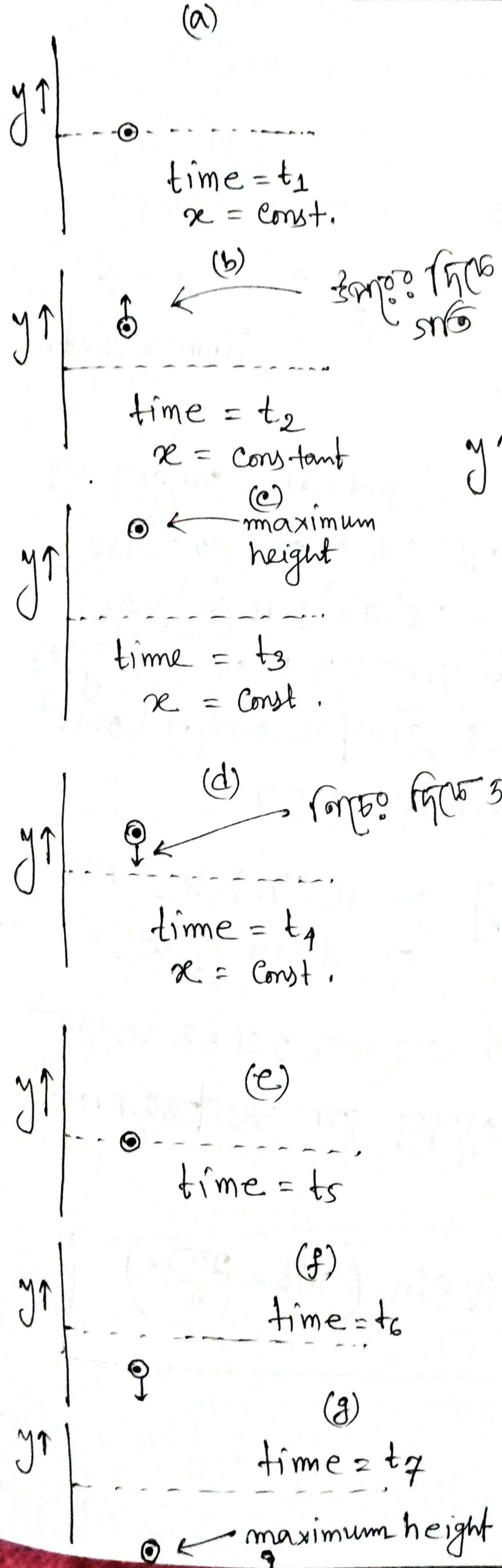
পুকুরে ঢিল ছুঁড়লে জল তরঙ্গের সৃষ্টি হয়। এই তরঙ্গের সমীকরণ নির্ণয়ের জন্য আমরা সমগ্র চিত্রটিকে দুটি অংশে ভাগ করে নিতে পারি।

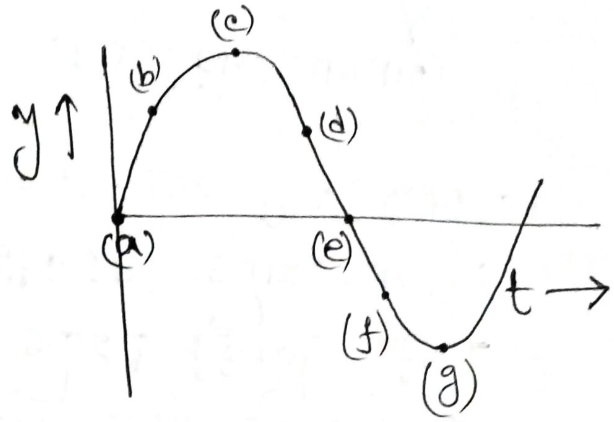
প্রথমত ⇒ একটি নির্দিষ্ট জলকণা (water molecule) সময়ের পরিবর্তনের সাথে সাথে হিসেবে জলস্তর থেকে উঁচুতে ওঠে এবং নিচে নামে

দ্বিতীয়ত ⇒ একটি নির্দিষ্ট মুহূর্তে (time = constant) সমস্ত জল কণা জলস্তর থেকে বিভিন্ন অবস্থান করে।

—: স্পন্দন গতি :—

$t_1 < t_2 < t_3 < t_4 < t_5 < t_6 < t_7$



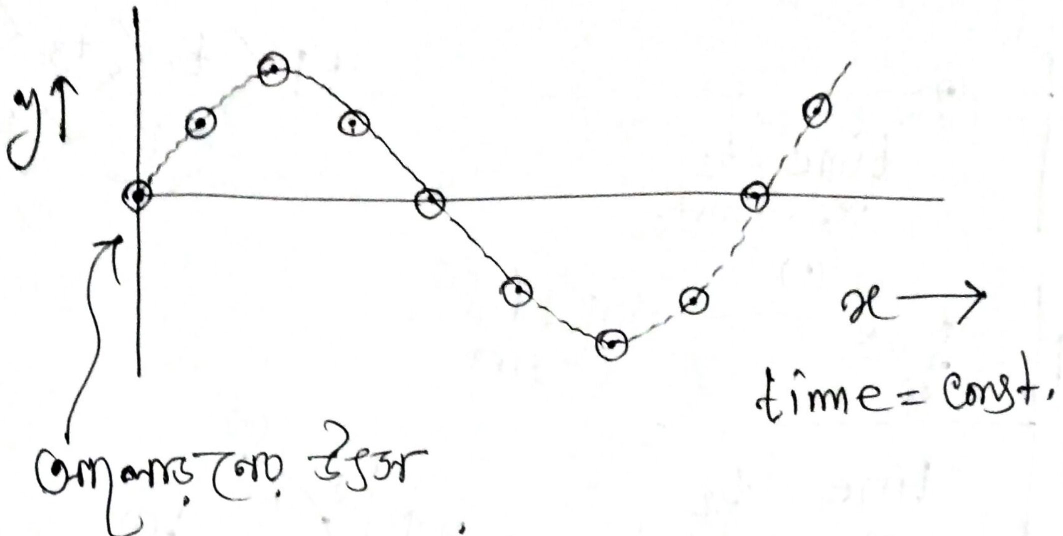


সমীকরণ ⇒

$$y = a \sin \omega t$$

a → বিস্তার (amplitude)

দ্বিতীয় ক্ষেত্র ⇒



এক্ষেত্রে, কোন-একটি দোলক আন্দোলনের উৎস থেকে বিভিন্ন দূরত্বে অবস্থিত এবং তারা দোলনের থেকে একটি নির্দিষ্ট মুহূর্তে বিভিন্ন উচ্চতা অর্জন করে। এক্ষেত্রে y এর সঙ্গে x এর graph আঁকলে একটি Sine curve পাওয়া যায়।

সমীকরণ ⇒ $y = a \sin kx$
$= a \sin \frac{2\pi}{\lambda} x$.

⇒ সুতরাং দুটো অংশ যোজিত করলে আমরা দোল তরঙ্গের যে সমীকরণ পাই তা হল

$$\boxed{y = a \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x\right)}$$

: আলোক-তরঙ্গের দ্বৈত সত্ত্বা :
(Dual character of light)

- হাইগেনস্ এবং ম্যাক্সওয়েলের তত্ত্ব অনুসারে আলো এক প্রকার তরঙ্গ। ~~কিন্তু পরবর্তী কালে বিভিন্ন~~ আলোর বিভিন্ন ধর্ম যেমন- প্রতিফলন, প্রতিসরণ, ব্যতিচার, অপবর্তন (diffraction), সমবর্তন (polarisation) ইত্যাদি আলোর তরঙ্গ তত্ত্ব কে সুপ্রতিষ্ঠিত করে। কিন্তু পরবর্তী কালে, আলোর আরো অনেক ঘটনা আবিষ্কৃত হয় যার ব্যাখ্যা তরঙ্গ তত্ত্বের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়না। যেমন-
  - কৃষ্ণবস্তু বিকিরণ (Black-body radiation)
  - আলোক-তড়িৎ ক্রিয়া (photo-electric effect)
  - কম্পটন ক্রিয়া (Compton effect)
- এই সমস্ত ঘটনা ব্যাখ্যা করতে গিয়ে বিজ্ঞানী আইনস্টাইন আলো কে ফোটন-কণা-র স্রোত (stream of photon) হিসাবে বর্ণনা করেন যার প্রতিটি কণার শক্তি hν এর সমান

$E = h\nu$ $\qquad\qquad$ $E = mc^2$

$$h\nu = mc^2$$

$$h\nu = p \times c \qquad [\because p = m \cdot c = \text{ভরবেগ}]$$

$$\frac{hc}{\lambda} = p \times c$$

$$\therefore \lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mc}$$

⇒ স্থির অবস্থায় ফোটন-কণার কোন "ভর" নেই কিন্তু গতিশীল অবস্থায় ফোটন কণার "ভর" আছে, তাই "ভরবেগ"-ও আছে।

-ঃ পদার্থের দ্বৈত সত্তা ঃ-
(Dual character of matter)

⇒ পদার্থবিদ ডি ব্রগলি উপলব্ধি করেন —
"Nature loves Symmetry"
প্রকৃতি "প্রতিসমতা" পছন্দ করে।

⇒ অর্থাৎ, আলো-র যেমন তরঙ্গ চরিত্র এবং কণা চরিত্র উভয়েই বর্তমান, ঠিক তেমন-ই পদার্থের ক্ষেত্রেও কণা চরিত্র এবং তরঙ্গ-চরিত্র বর্তমান।

⇒ তিনি আলোর ক্ষেত্রে প্রাপ্ত সমীকরণ $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mc}$ এবং অনুরূপ একটি সমীকরণ পদার্থের জন্য প্রদান করেন।

⇒ $\lambda = \frac{h}{mv}$, v = কণার গতিবেগ।

⇒ প্রতিটি গতিশীল কণার সাথে তরঙ্গ ধর্ম বিদ্যমান থাকে এবং সেই তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নিম্নলিখিত সমীকরণের মাধ্যমে প্রকাশ করা যায় —

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

h = প্লাঙ্ক ধ্রুবক
v = কণার গতিবেগ।

উপরোক্ত সমীকরণটিকে ডিব্রগলির তরঙ্গ সমীকরণ বলে।

প্রশ্ন ⇒ 300 m/s বেগে গতিশীল কোন বুলেট (যার $m = 2 \times 10^{-3}$ kg) -এর ক্ষেত্রে ডি-ব্রগলী তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

উত্তর ⇒

J = জুল

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

$$= \frac{6.626 \times 10^{-34}\ Js}{(2 \times 10^{-3}\ kg) \times (300\ ms^{-1})}$$

$J = N \cdot m$
$= kg \cdot ms^{-2} \cdot m$
$= kg\,m^2 s^{-2}$

$$= \frac{6.626 \times 10^{-33}}{6} \frac{(kg \cdot m^2 s^{-2}) \cdot (s)}{kg \cdot m \cdot s^{-1}}$$

$$= 1.1 \times 10^{-33}\ m$$

$$= 1.1 \times 10^{-23}\ \mathring{A}$$

$\therefore$ তরঙ্গ দৈর্ঘ্য $= 1.1 \times 10^{-23}\ \mathring{A}$
= খুব ছোট।

প্রশ্ন :- $3 \times 10^{7}\ ms^{-1}$ বেগে আবর্তনশীল ইলেকট্রনের ক্ষেত্রে ডি ব্রগলী তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ইলেকট্রনের ভর

$m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg.

উত্তর ⇒

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

$$= \frac{6.626 \times 10^{-34} \, JS}{(9.1 \times 10^{-31} \, kg)(3 \times 10^{7} \, ms^{-1})}$$

$$= 2.425 \times 10^{-11} \, m$$

$$= 0.2425 \, \mathring{A}$$

⇒ অর্থাৎ বুলেটের ক্ষেত্রে প্রাপ্ত তরঙ্গ দৈর্ঘ্য খুবই নগণ্য (negligibly small). কিন্তু ইলেকট্রনের ক্ষেত্রে প্রাপ্ত তরঙ্গ দৈর্ঘ্য Å এর range-এর মধ্যে হওয়ায় খুবই তাৎপর্যপূর্ণ।

:- কণা-তরঙ্গের প্রকৃতি ও আলোক-তরঙ্গের সহিত পার্থক্য (Nature of Matter-wave and difference from light wave) :—

- আলোক-তরঙ্গ সময়ের সাথে সাথে উৎস থেকে দূরে চলে যায় এবং স্থান (space) ছড়িয়ে পড়ে। কিন্তু কণা-তরঙ্গ কখনই কণা থেকে বিচ্ছিন্ন হয়না।
- যেহেতু কণা-তরঙ্গ সর্বদা কণার সহিত সংযুক্ত (associate) থাকে, সেহেতু

কণা-তরঙ্গের গতিবেগ অর্থাৎ কণার গতিবেগের উপর নির্ভরশীল ও কণার গতিবেগের সাথে পরিবর্তন হয়। অপর পক্ষে, আলোক গতিবেগ শূন্য স্থানের ক্ষেত্রে সর্বদা এক, 3×10^8 m/s.

- আলোক তরঙ্গের ক্ষেত্রে, electric field intensity এবং magnetic field intensity -র পর্যায়ক্রমিক হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে, কিন্তু কণা-তরঙ্গের ক্ষেত্রে, তরঙ্গ-অপেক্ষক ψ এর পর্যায়ক্রমিক হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে। তরঙ্গ-অপেক্ষক ψ, স্থান (x, y, z) এবং সময়ের (t) উপর নির্ভরশীল এবং এর বর্গ (square) একটি নির্দিষ্ট মুহূর্তে, একটি নির্দিষ্ট স্থানে এ কণাকে খুঁজে পাওয়ার সম্ভাবনা ঘনত্ব কে নির্দেশ করে।

$$[\psi(x, y, z, t)]^2 =$$ probability density of finding the particle at a particular place (x, y, z) and at a particular time "t".

- আলোক-তরঙ্গের পোলন বা বিচ্ছুরণ সম্ভব, কিন্তু কণা-তরঙ্গের ক্ষেত্রে অনুরূপ ঘটনা সম্ভব নয়।