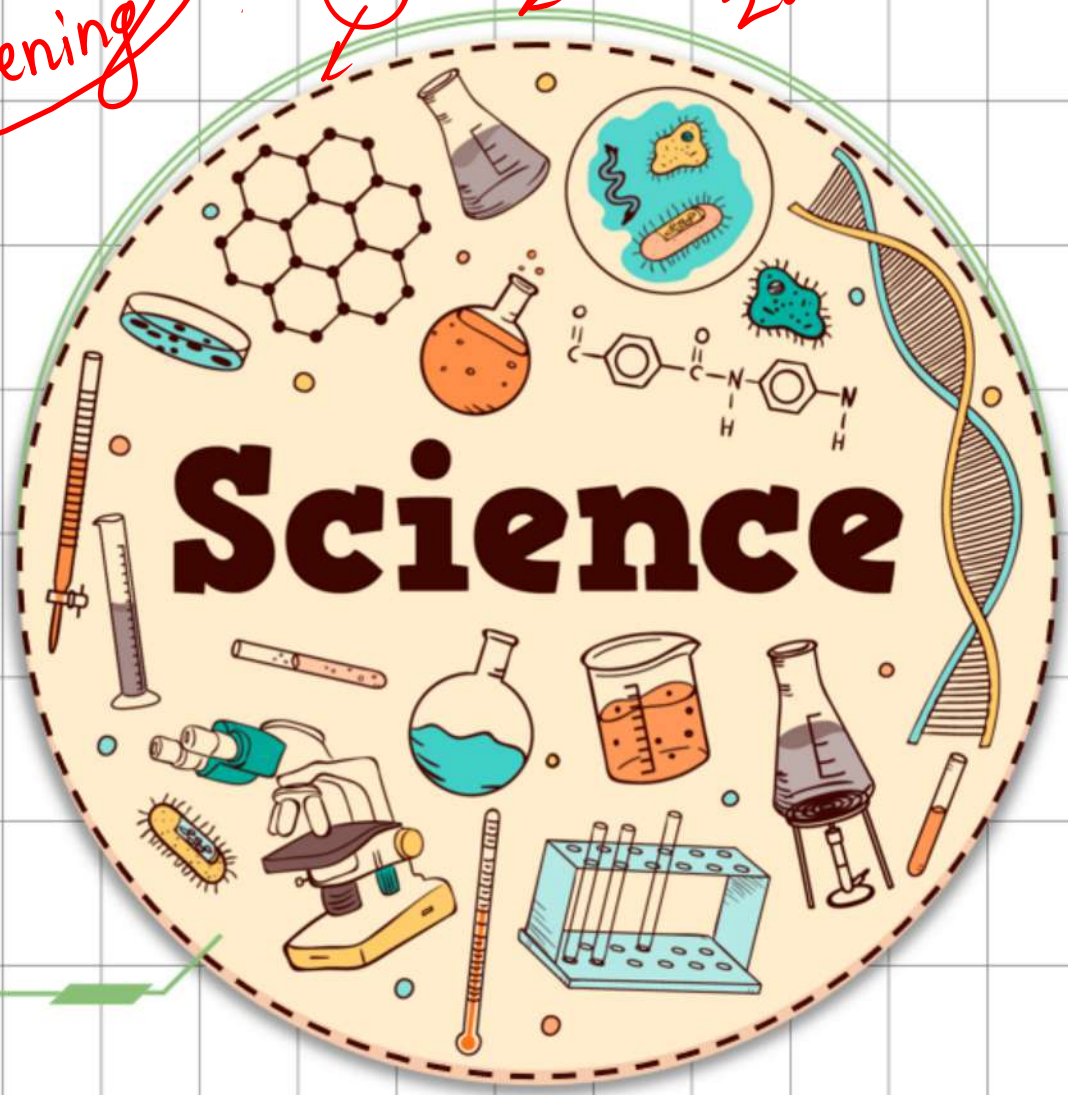
৫০তম বিসিএস প্রিলি
Pioneer Batch

সাধারণ বিজ্ঞান

লেকচার: ০৬

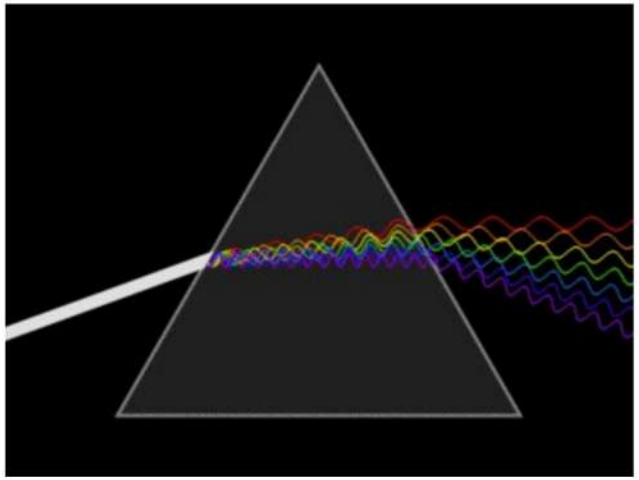
টপিক: আলো, বিভিন্ন আলোকীয় ঘটনা, লেন্স, আলোক যন্ত্র, শক্তিশালী আলোকরশ্মি, তরঙ্গ, শব্দ তরঙ্গ



উত্তরণ
ক্যারিয়ার এন্ড স্কিলস একাডেমি

❑ আলো

আলো এক প্রকার শক্তি যা আমাদের দর্শনের অনুভূতি জন্মায়। মূলত কোনো বস্তু হতে প্রতিফলিত হয়ে আসা ফোটন কণার তড়িৎচৌম্বকীয় তরঙ্গ প্রবাহ আমাদের চোখে প্রবেশ করে আমাদের কোনো কিছু দেখতে সাহায্য করে। একেই আমরা আলো বলি।



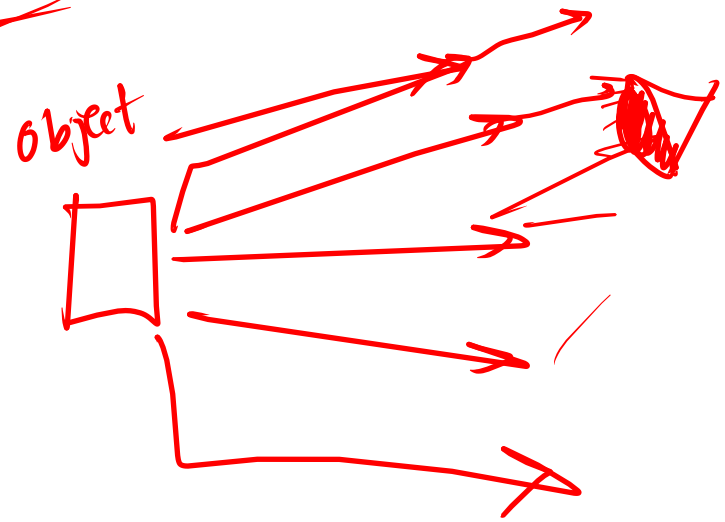
❑ আলোর প্রকৃতি

তত্ত্ব	প্রবক্তা	সময়	তত্ত্ব	প্রবক্তা	সময়
কণাতত্ত্ব	স্যার আইজ্যাক নিউটন	১৬৭২	**তাড়িত চৌম্বক তত্ত্ব**	ম্যাক্সওয়েল	১৮৬৪
তরঙ্গ তত্ত্ব	হাইগেন	১৬৭৮	**কোয়ান্টাম তত্ত্ব**	ম্যাক্স প্লাঙ্ক	১৯০০

Light (আলো)

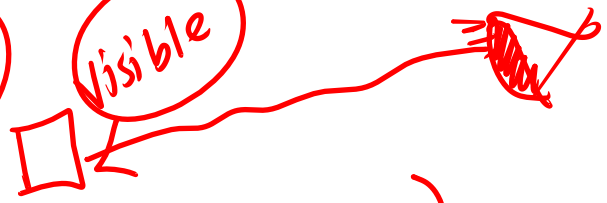
Energy

আলো → ফোকাসের প্রতিফলন (মিরর)



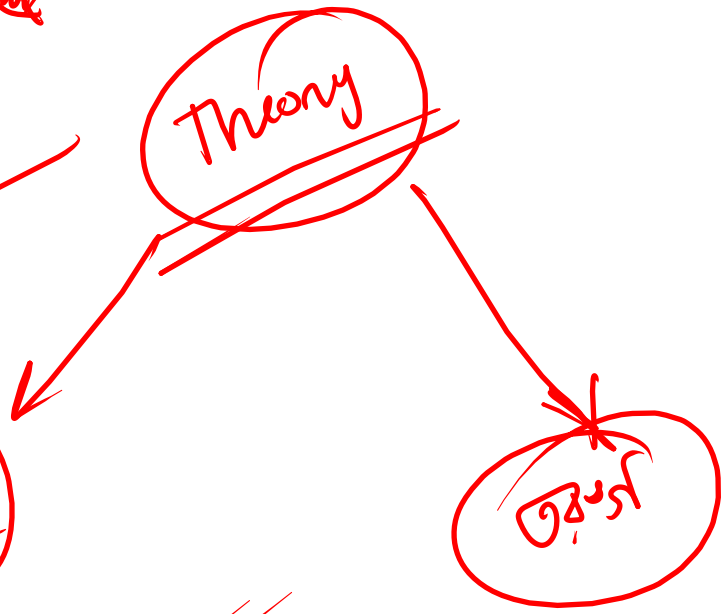
object

visible



আলোর প্রকৃতি (nature)

Theory



Nature

i) প্রতিফলন (reflection)

ii) প্রতিসরণ (refraction)

iii) বিক্ষেপণ (scattering)

iv) বিচ্ছুরণ (Dispersion)

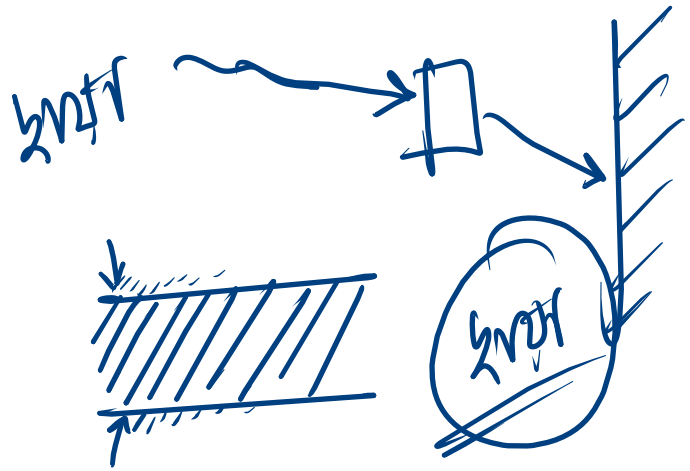
v) ব্যতিচার (Interference)

vi) বিবর্তন (Defraction)

vii) সমবর্তন (polarization) unidirectional

Sun ray → multidirectional

Sun ray → filter



1672

i) কণাতত্ত্ব (particle)

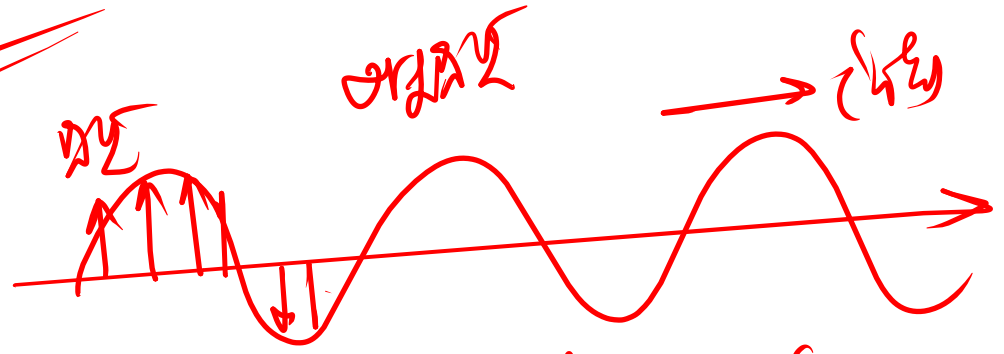
নিউটন

প্রতিফলন

1678

ii) তরঙ্গতত্ত্ব (wave)

হাইগেন্স



প্রতিফলন, প্রতিসরণ, ব্যতিচার

ফরাসি বিজ্ঞানী ফ্রেনেল

মাইকেলসন মর্লি

iii) 1864 Maxwell

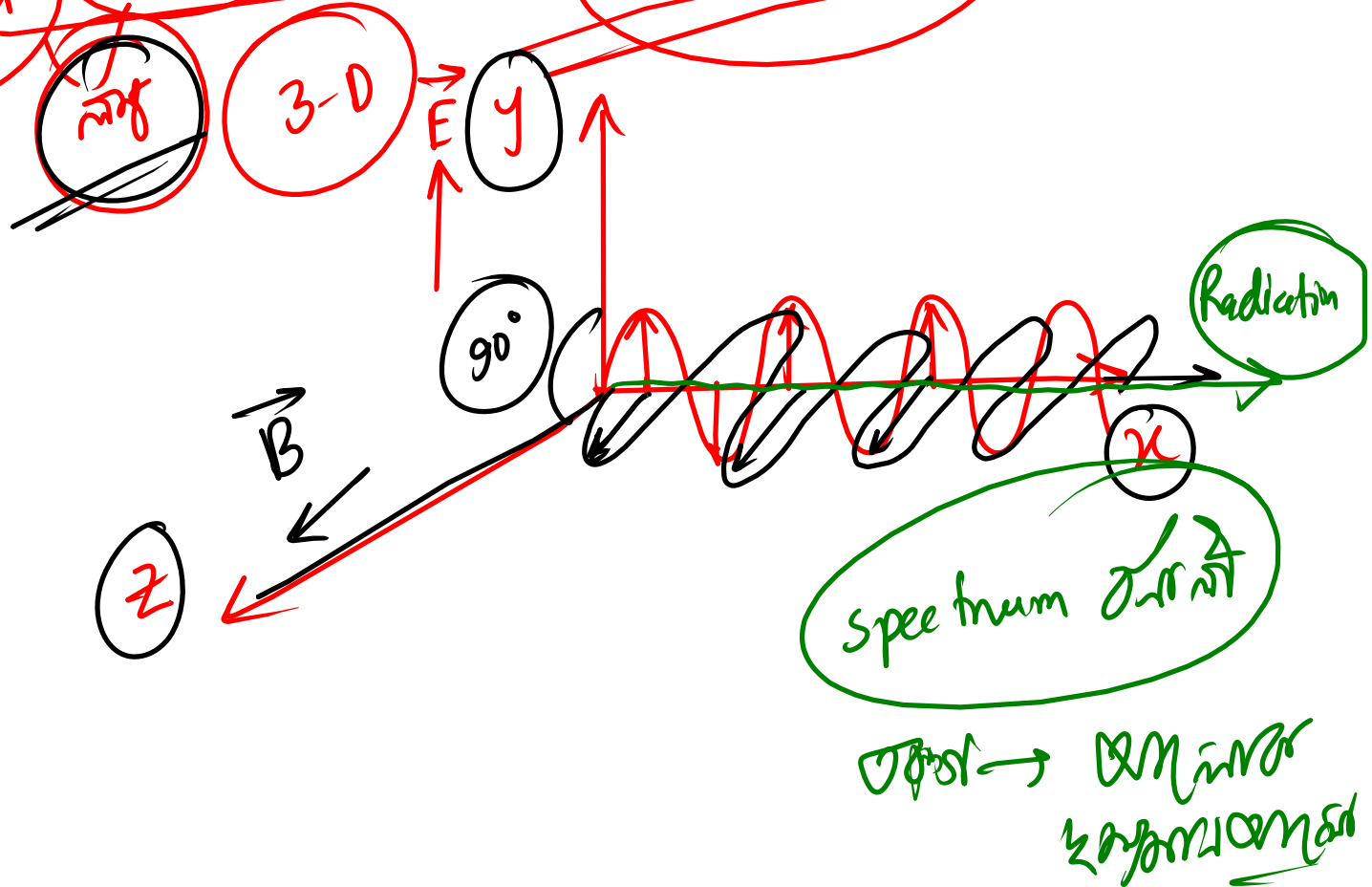
তাড়িত-চৌম্বকীয় তত্ত্ব → বিকিরণ (radiation)

→ Electro - Magnetic Theory

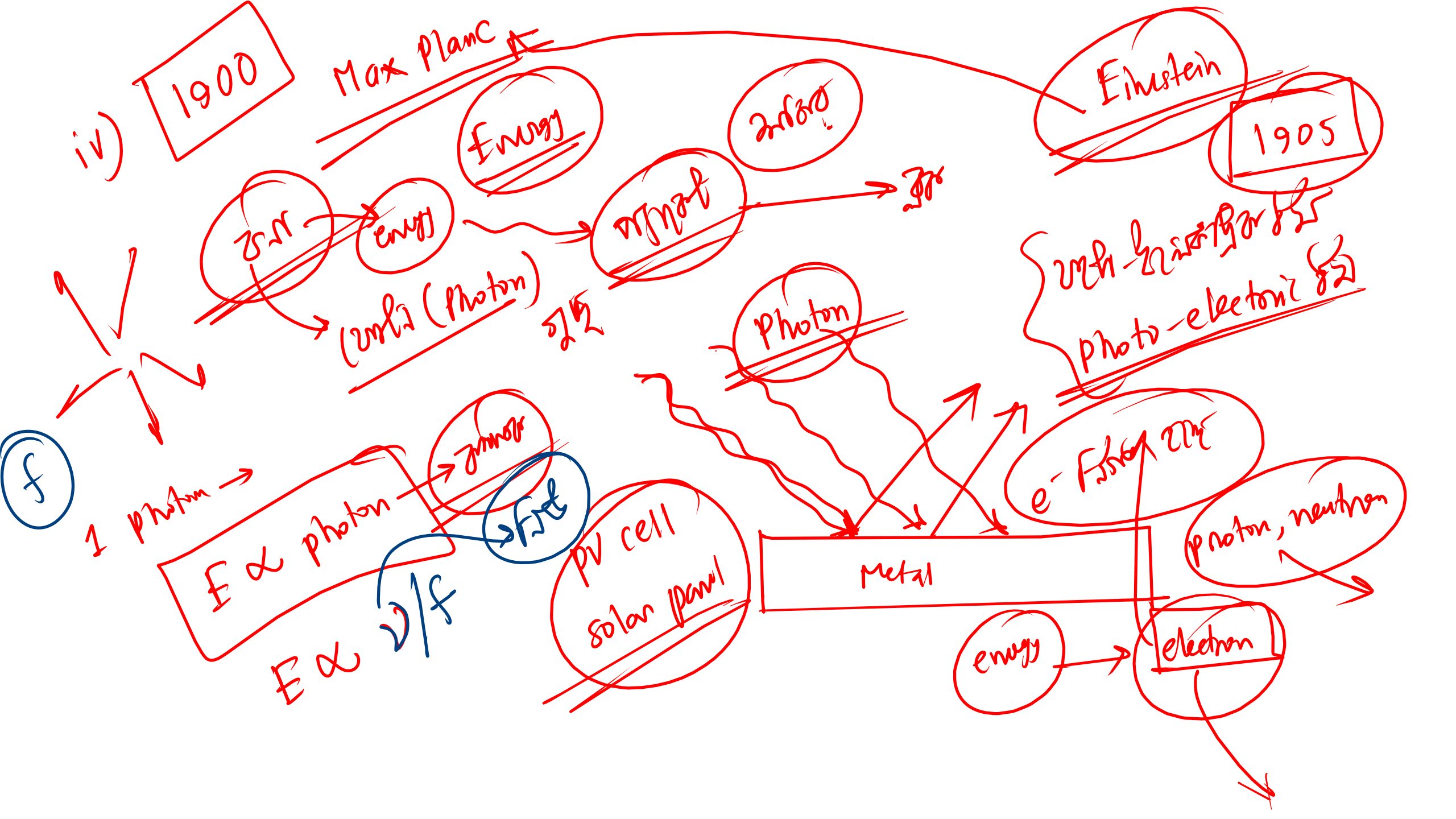
→ তড়িৎ

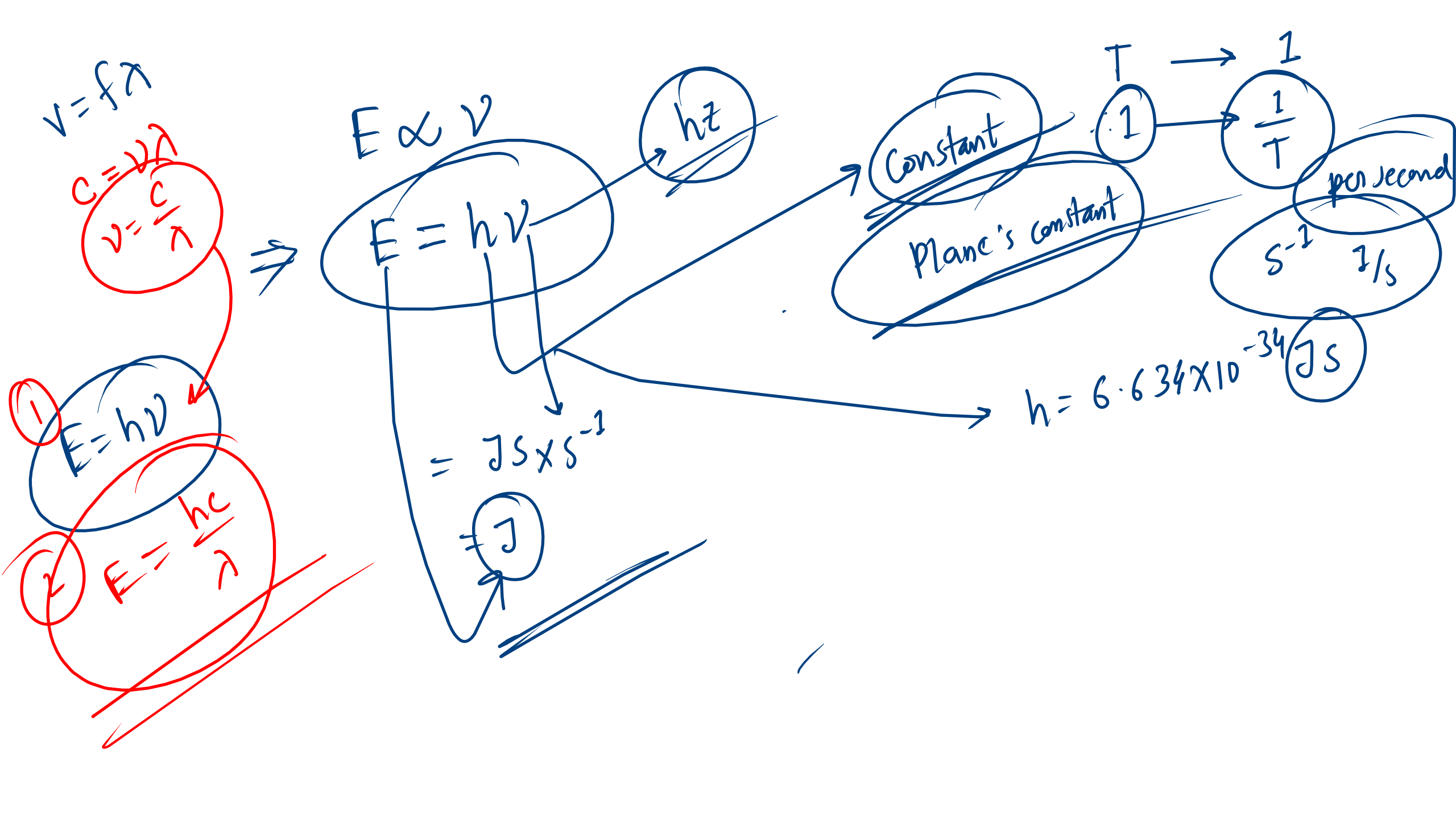
3×10^8 m/s

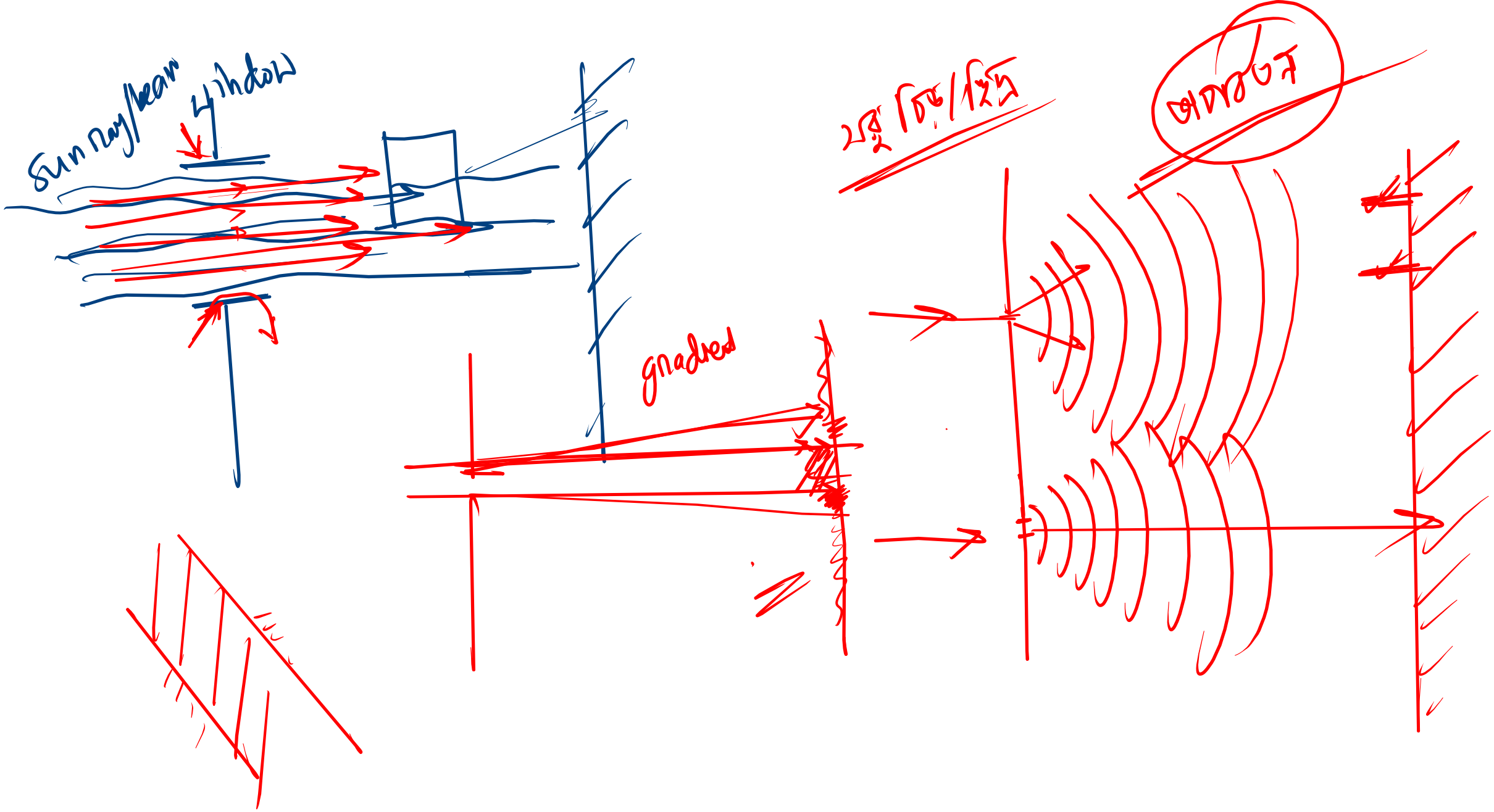
তাড়িৎক্ষেত্র ($\vec{E}$) (চৌম্বকক্ষেত্র ($\vec{B}$) → বস্তুকণার বিকিরণ



তরঙ্গ → বিদ্যুৎ চুম্বকীয়


iv)
1900
Max Planc
Einstein
1905
Photon
1 photon
E ∝ photon
E ∝ 1/f
PV cell
solar panel
Metal
proton, neutron
electron


v = fλ
c = νλ
c
ν = c/λ
1
E = hν
2
E = hc/λ
⇒
E ∝ ν
E = hν
hz
= Js × s⁻¹
= J
T → 1/T
Constant
Planc's constant
1
per second
s⁻¹
1/s
h = 6.634 X 10⁻³⁴ Js


Sun ray/beam
window
graded

- **কণাতত্ত্ব:** স্যার আইজ্যাক নিউটন ১৬৭২ সালে আলোর এ তত্ত্বটি প্রদান করেন। এ তত্ত্ব অনুসারে কোনো উজ্জ্বল বস্তু হতে অনবরত ঝাঁকে ঝাঁকে অতি ক্ষুদ্র কণা নির্গত হয়। নির্গত এ কণাগুলো প্রচণ্ড গতিতে সরলরেখা বরাবর চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে এবং যখন আমাদের চোখে গিয়ে আঘাত করে তখন ঐ বস্তু সম্পর্কে আমাদের দর্শনানুভূতি হয়। এ কণাগুলোর আকার বিভিন্ন হয়, আর সে কারণে বিভিন্ন বর্ণের সৃষ্টি হয়। এ তত্ত্বের সাহায্যে আলোর ঋজুগতি, প্রতিফলন, প্রতিসরণ ইত্যাদি ঘটনা ব্যাখ্যা করা যায়। কিন্তু ব্যতিচার, সমবর্তন, বিচ্ছুরণ ইত্যাদি ঘটনা ব্যাখ্যা করা যায় না।

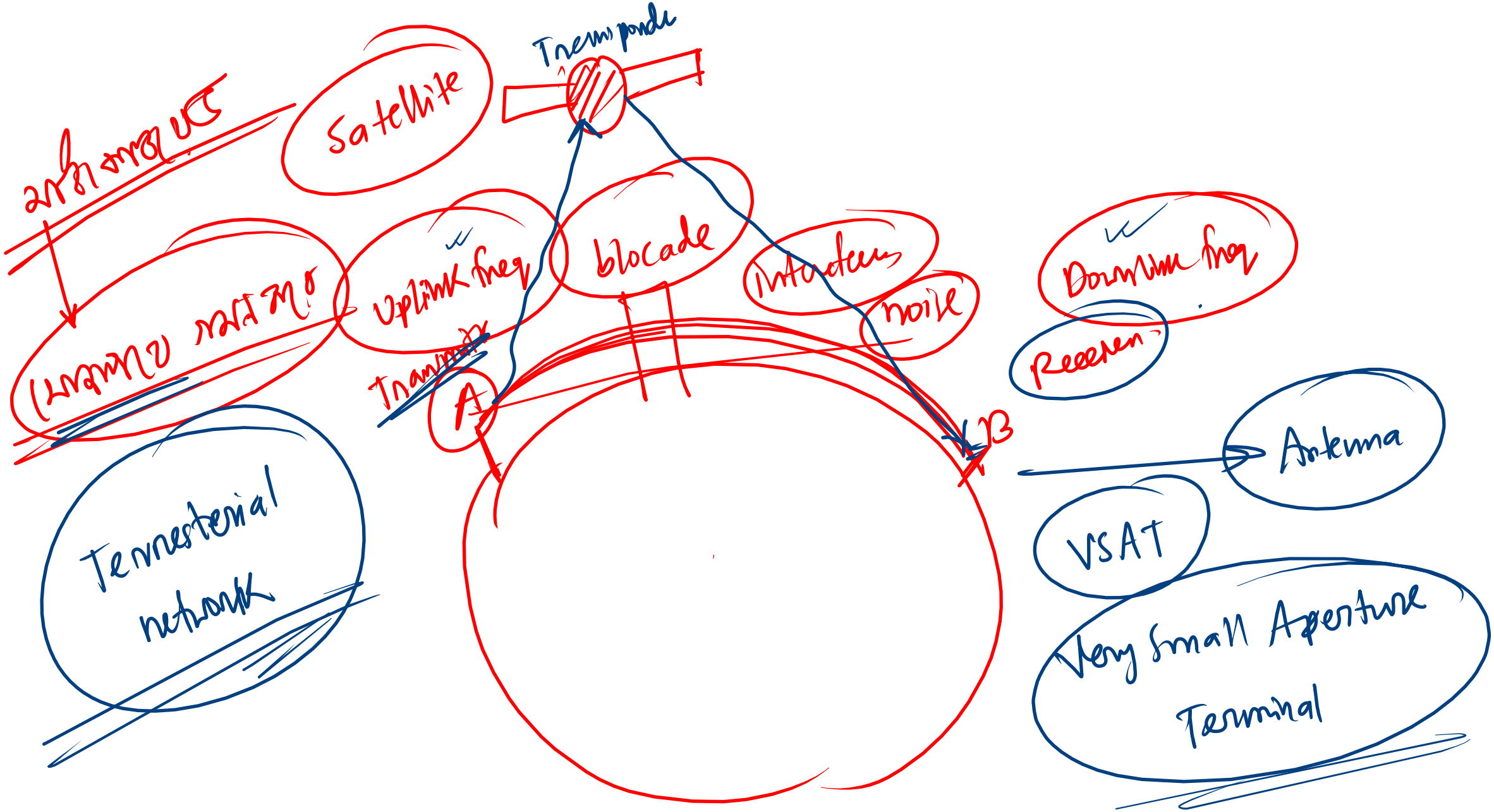
- **তরঙ্গ তত্ত্ব:** স্যার আইজাক নিউটনের সমসাময়িক ডাচ বিজ্ঞানী হাইগেন্স (Huygens) প্রথম ১৬৭৮ খ্রিষ্টাব্দে আলোর তরঙ্গ তত্ত্ব উপস্থাপন করেন। পরে ইয়ং, ফ্রেনেল এবং আরও অনেক বিজ্ঞানী এই তত্ত্বকে সুপ্রতিষ্ঠিত করেন। এই তত্ত্ব অনুসারে আলো ইথার নামক এক অদৃশ্য মাধ্যমের মধ্য দিয়ে তরঙ্গ আকারে সঞ্চারিত হয়ে এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় যায় এবং চোখে পৌঁছালে দর্শনানুভূতি সৃষ্টি করে।
  এই তত্ত্বের সাহায্যে আলোর প্রতিফলন, প্রতিসরণ, ব্যতিচার, অপবর্তন ব্যাখ্যা করা যায় কিন্তু সমবর্তন এবং ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ব্যাখ্যা করা যায় না। পরবর্তীতে মাইকেলসন-মর্লির পরীক্ষায় প্রতিষ্ঠিত হয় যে, প্রকৃতিতে ইথার নামক কোনো বস্তুর অস্তিত্ব নেই।

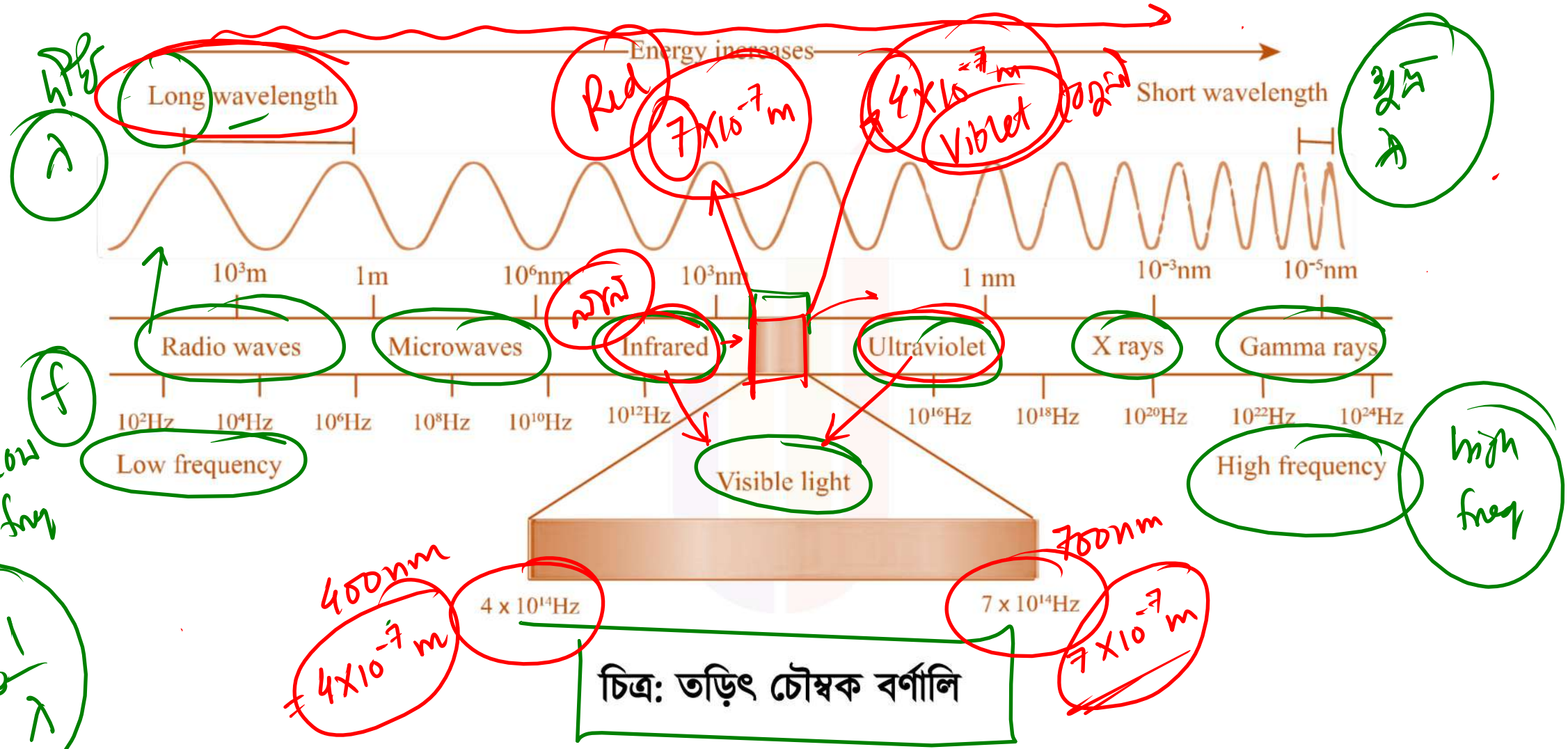
- **তাড়িত চৌম্বক তত্ত্ব:** বিজ্ঞানী ম্যাক্সওয়েল ১৮৬৪ সালে এ তত্ত্ব প্রদান করেন। তড়িৎ চৌম্বক তত্ত্ব অনুসারে, যখন গতিশীল চৌম্বক ও তড়িৎ ক্ষেত্রের দ্রুত পর্যায়বৃত্ত পরিবর্তন ঘটে তখন দৃশ্য ও অদৃশ্য বিকিরণের উদ্ভব হয় যা তরঙ্গ আকারে $3\times10^{8}ms^{-1}$ বেগে চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে। এটি অনুপ্রস্থ তরঙ্গ এবং এর সঞ্চালনের জন্য ইথারের কল্পনার প্রয়োজন হয় না।

- **কোয়ান্টাম তত্ত্ব:** ১৯০০ সালে পদার্থ বিজ্ঞানী ম্যাক্স প্লাঙ্ক সর্বপ্রথম কোয়ান্টাম-তত্ত্ব প্রদান করেন। এই তত্ত্ব অনুসারে আলোকশক্তি কোনো উৎস থেকে অবিচ্ছিন্ন তরঙ্গের আকারে না বেরিয়ে অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র শক্তিগুচ্ছ বা প্যাকেট আকারে বের হয়। প্লাঙ্কের মতে আলোক নিরবচ্ছিন্ন নয়; পদার্থ হতে এ বিকিরিত তরঙ্গ শক্তি বিচ্ছিন্নভাবে নির্দিষ্ট একক পরিমাণে বা ক্ষুদ্র শক্তির প্যাকেটরূপে বের হয়। এ শক্তির এককের নাম দেয়া হয় আলোর এক কোয়ান্টাম শক্তি (quantum)। পরে বিজ্ঞানী আইনস্টাইন তার 'Photoelectric Effect' এর ব্যাখ্যায় আলোককে নির্দিষ্ট শক্তিযুক্ত ক্ষুদ্র কণা বা ফোটন (photon) এর প্রবাহরূপে উল্লেখ করেন। এসব ফোটনের শক্তির পরিমাণ (E) এদের বিকিরণের ফ্রিকুয়েন্সি বা স্পন্দন সংখ্যার (f) সমানুপাতিক।

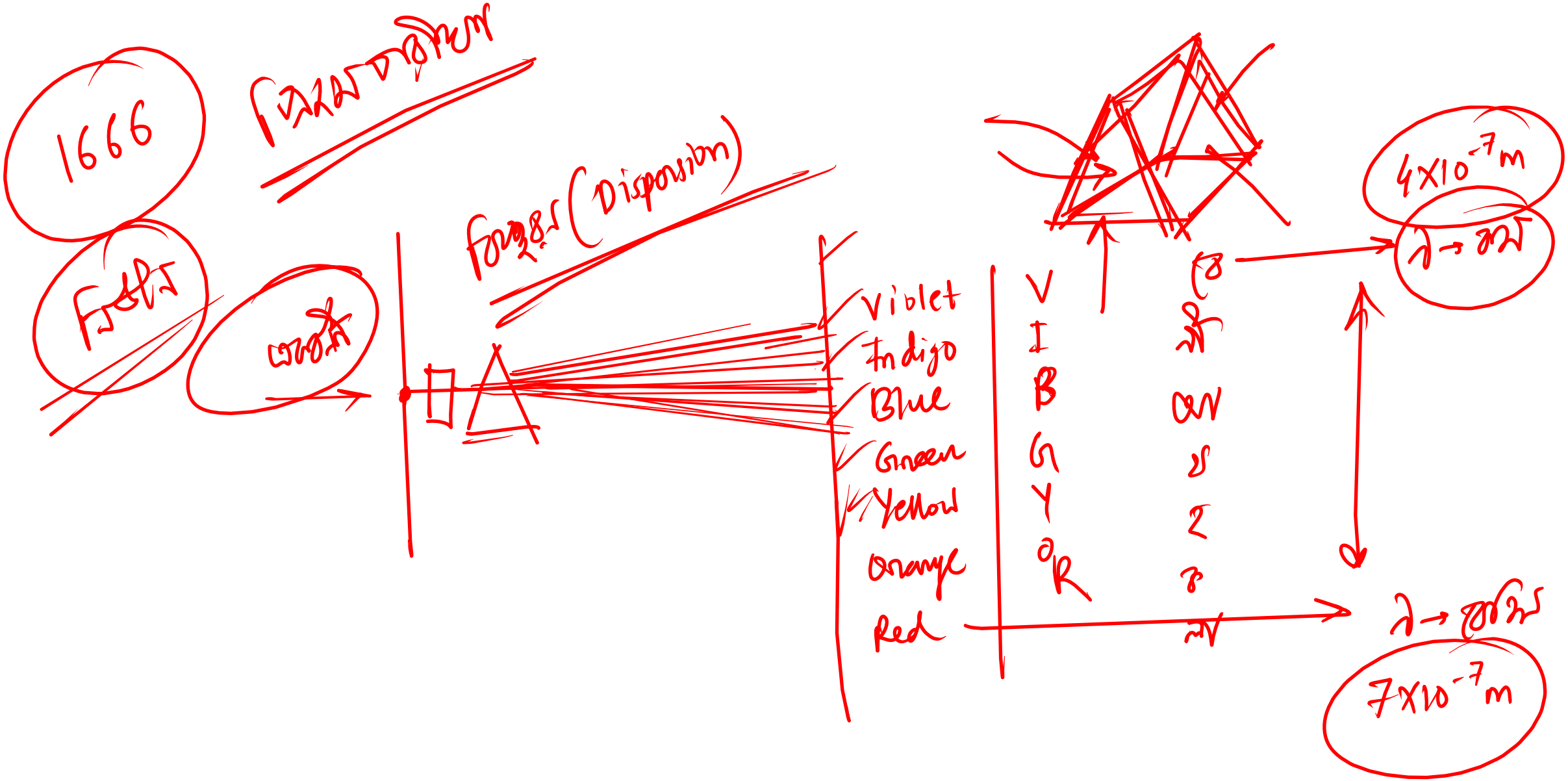
❑ বিভিন্ন প্রকার তড়িতচৌম্বক তরঙ্গ

তড়িতচৌম্বক তরঙ্গ	তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পরিসর	মন্তব্য
বেতার তরঙ্গ	10^{-4}m থেকে 5×10^{4}m	বেতার তরঙ্গ বায়ুমণ্ডলের আয়নোস্ফিয়ারে প্রতিফলিত হয়।
মাইক্রোওয়েভ তরঙ্গ	10^{-1}m থেকে 10^{-3}m	RADAR (Radio Detection and Ranging), টেলিভিশন ও মোবাইল ফোন প্রযুক্তিতে মাইক্রোওয়েভ তরঙ্গ ব্যবহৃত হয়।
অবলোহিত বা ইনফ্রারেড রশ্মি	10^{-3}m থেকে 4×10^{-7}m	এই বিকিরণের কম্পাঙ্ক লাল রঙ থেকে কিছুটা কম বলেই এর নামকরণ করা হয়েছে অবলোহিত রশ্মি। রিমোট কন্ট্রোল সংকেত প্রদান, অন্ধকারে দেখার গগলস ইত্যাদি প্রযুক্তিতে ইনফ্রারেড তরঙ্গ ব্যবহার করা হয়।
দৃশ্যমান আলো	7×10^{-7}m থেকে 4×10^{-7}m	ইহা হলো তাড়িতচৌম্বকীয় বর্ণালির সেই অংশ যা মানুষের চোখে দৃশ্যমান, একেক রঙের আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ও কম্পাঙ্ক ভিন্ন হয়। এ আলোতে সালোক সংশ্লেষণ হয়।
অতিবেগুনি বা আল্ট্রাভায়োলেট রশ্মি	5×10^{-7}m থেকে 5×10^{-9}m	এই রশ্মির কম্পাঙ্ক দৃশ্যমান বেগুনি রশ্মির চেয়ে বেশি তাই একে অতিবেগুনি রশ্মি বলে। এটি ত্বকে ভিটামিন-D তৈরিতে সাহায্য করে।
এক্সরে	5×10^{-8}m থেকে 5×10^{-15}m	এই রশ্মির সাহায্যে শরীরের ভেতরের অঙ্গ-প্রত্যঙ্গের ছবি তোলা যায়।
গামা রশ্মি	5×10^{-11}m থেকে 15×10^{-15}m বা এর চেয়ে কম	তেজস্ক্রিয় পদার্থের ক্ষয় থেকে গামা রশ্মি উৎপন্ন হয়। এটি অত্যন্ত শক্তিশালী ও ক্ষতিকর।


Satellite
Transponder
Uplink freq
blocade
Interference
noise
Downlink freq
Terrestrial network
A
B
Antenna
VSAT
Very Small Aperture Terminal



চিত্র: তড়িৎ চৌম্বক বর্ণালি


1666
Violet
Indigo
Blue
Green
Yellow
Orange
Red
V
I
B
G
Y
O
R
4×10^{-7} m
7×10^{-7} m

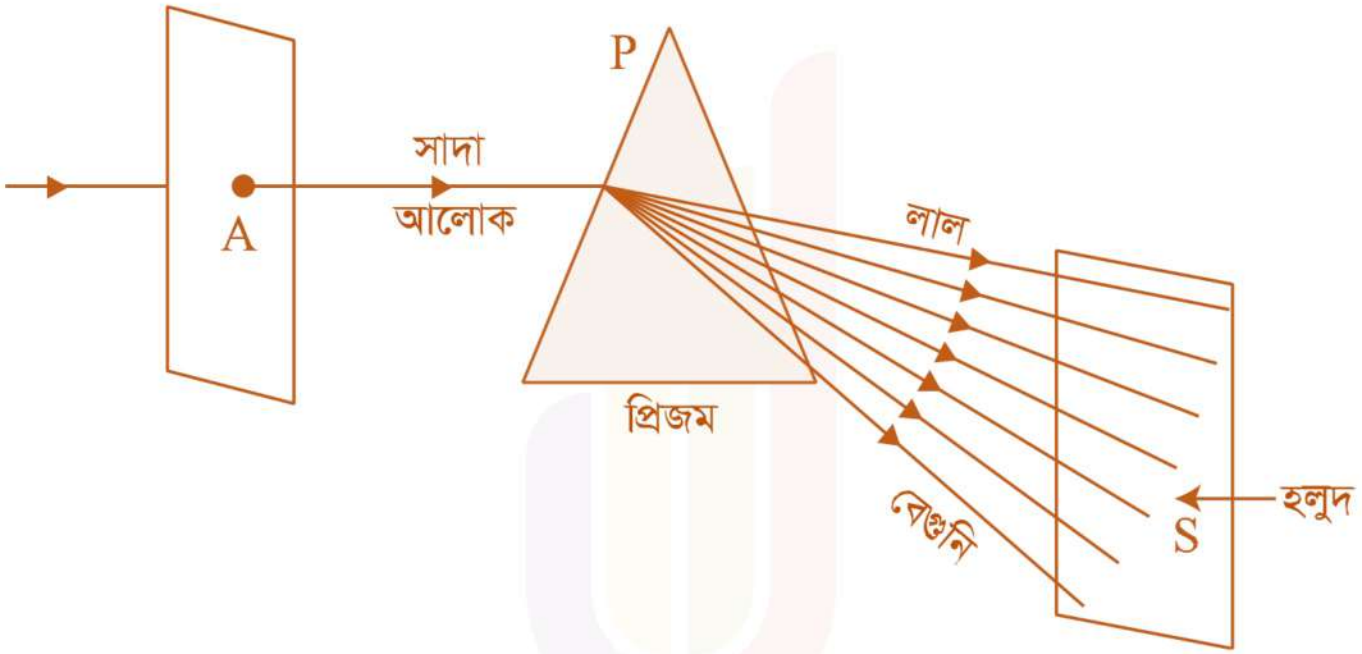
❑ দৃশ্যমান আলো

তড়িৎ চুম্বকীয় বর্ণালির সেই অংশ যা মানুষের চোখে দৃশ্যমান অর্থাৎ $4 \times 10^{-7} m$ হতে 7×10^{-7} m পর্যন্ত তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সীমার তড়িৎচৌম্বকীয় বিকিরণকে দৃশ্যমান আলো বলে। আলোকের বর্ণ নির্ধারণ করে তার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ও দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের উর্ধ্বক্রম- Violet (বেগুনি) < Indigo (নীল) < Blue (আসমানি) < Green (সবুজ) < Yellow (হলুদ) < Orange (কমলা) < Red (লাল) VIBGYOR- দিয়ে সহজেই মনে রাখা যায়।

❑ মৌলিক বর্ণ

মৌলিক বর্ণ	পরিপূরক বর্ণ	
লাল সবুজ নীল	লাল + নীল = বেগুনি লাল + হলুদ = কমলা নীল + হলুদ = সবুজ	সবুজ + লাল = হলুদ সবুজ + নীল = ময়ূরকণ্ঠী নীল লাল + নীল + সবুজ = সাদা

❑ আলোর বিচ্ছুরণ



চিত্র: প্রিজমের মাধ্যমে আলোর বিচ্ছুরণ

Scattering of light:

V I B G Y O R

λ → কম

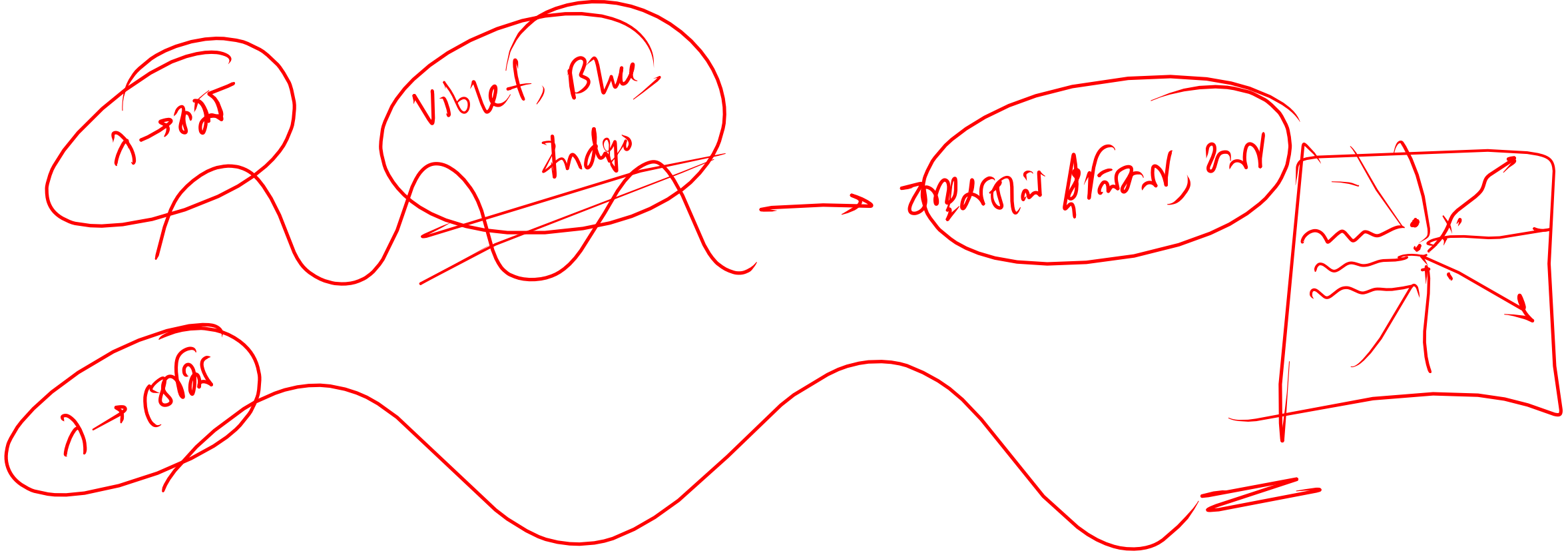
λ → বেশি

Dawn → লাল

Dusk → লালচে

Danger signal

Danger signal লাল


Violet, Blue,
Indigo

❑ আলোর বিক্ষেপণ

- নীল আলোর বিক্ষেপণ অপেক্ষাকৃত বেশি বলে আকাশ এবং সমুদ্র নীল দেখায়।
- দিনের বেলা আকাশ কর্তৃক বিক্ষিপ্ত হালকা নীল আলো চাঁদের নিজস্ব হলুদ রঙের সাথে মিশে যায়। এই দুটি বর্ণের মিশ্রণের ফলে চোখে চাঁদকে সাদা বলে মনে হয়। কিন্তু সূর্যাস্তের পর আকাশের হালকা নীল বর্ণ লোপ পায় বলে চাঁদকে হলুদ দেখায়।
- সূর্যোদয় এবং সূর্যাস্তের সময় আকাশ এবং সূর্যের খানিকটা অংশ গাঢ় লাল দেখায়। দিগন্তে থাকা সূর্য থেকে আসা সাদা রঙ এর মধ্যে থাকা বাকি রঙ গুলো বিক্ষেপিত হলেও লাল রঙের বিক্ষেপণ সবচেয়ে কম বলে সেটি আমাদের চোখ পর্যন্ত আসতে পারে। তাই সূর্য লাল দেখায়।
- একজন নভোচারী আকাশের কালো রঙ দেখতে পায়, কারণ মহাকাশে কোনো বায়ুমণ্ডল নেই।
- লাল আলোর বিক্ষেপণ কম হওয়ায় আলোক সংকেত হিসেবে লাল আলো ব্যবহার করা হয়।

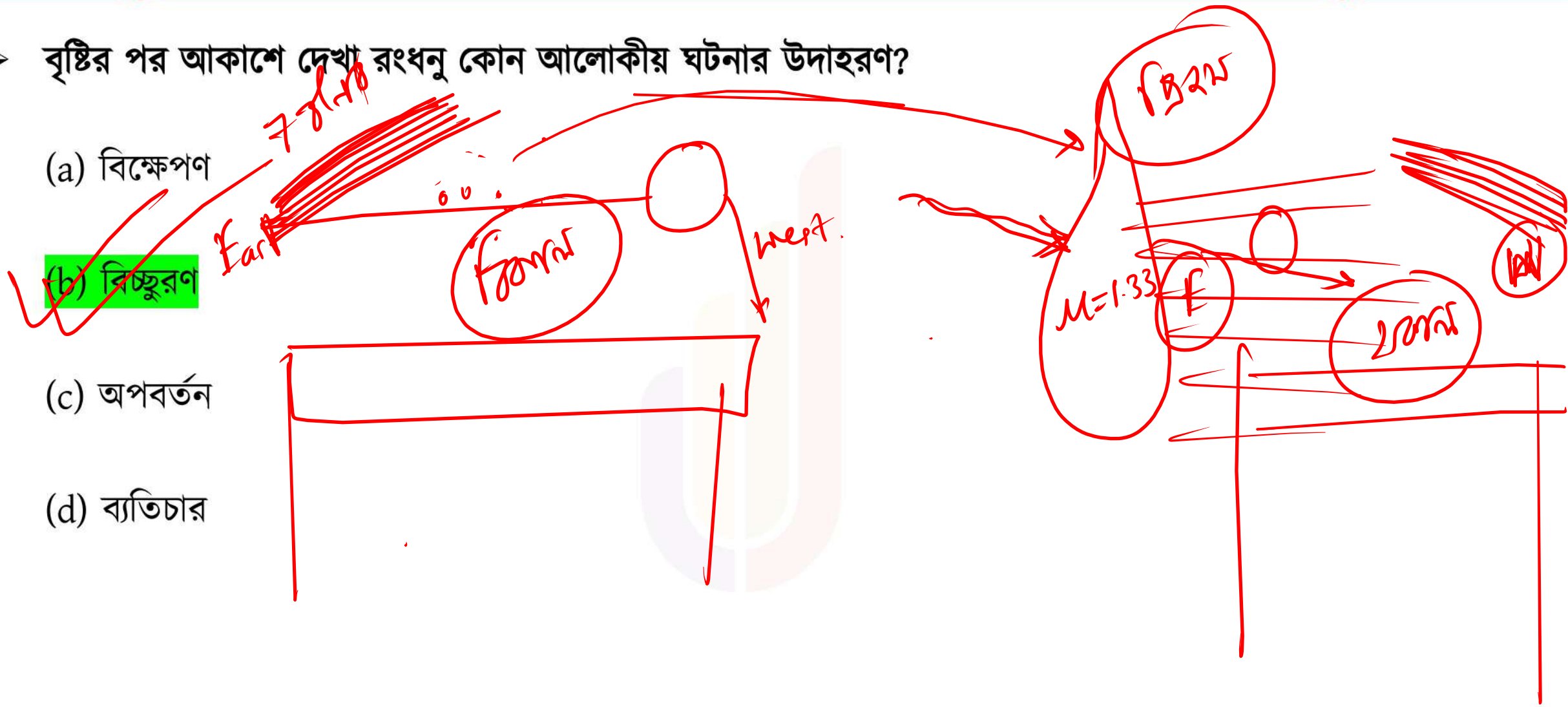
➢ বৃষ্টির পর আকাশে দেখা রংধনু কোন আলোকীয় ঘটনার উদাহরণ?

(a) বিক্ষেপণ

(b) বিচ্ছুরণ

(c) অপবর্তন

(d) ব্যতিচার

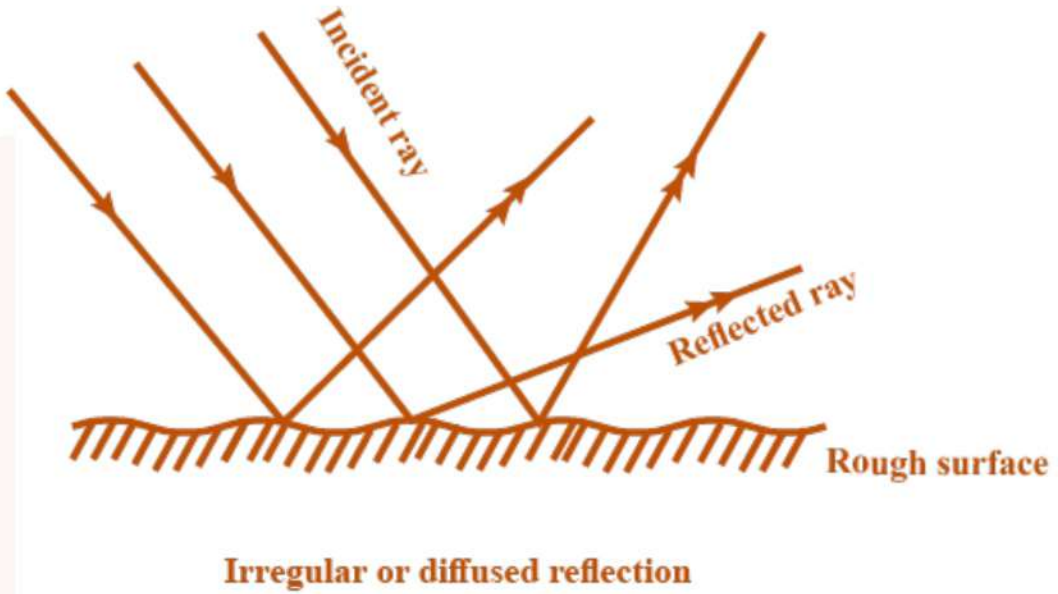


❑ আলোর প্রতিফলন

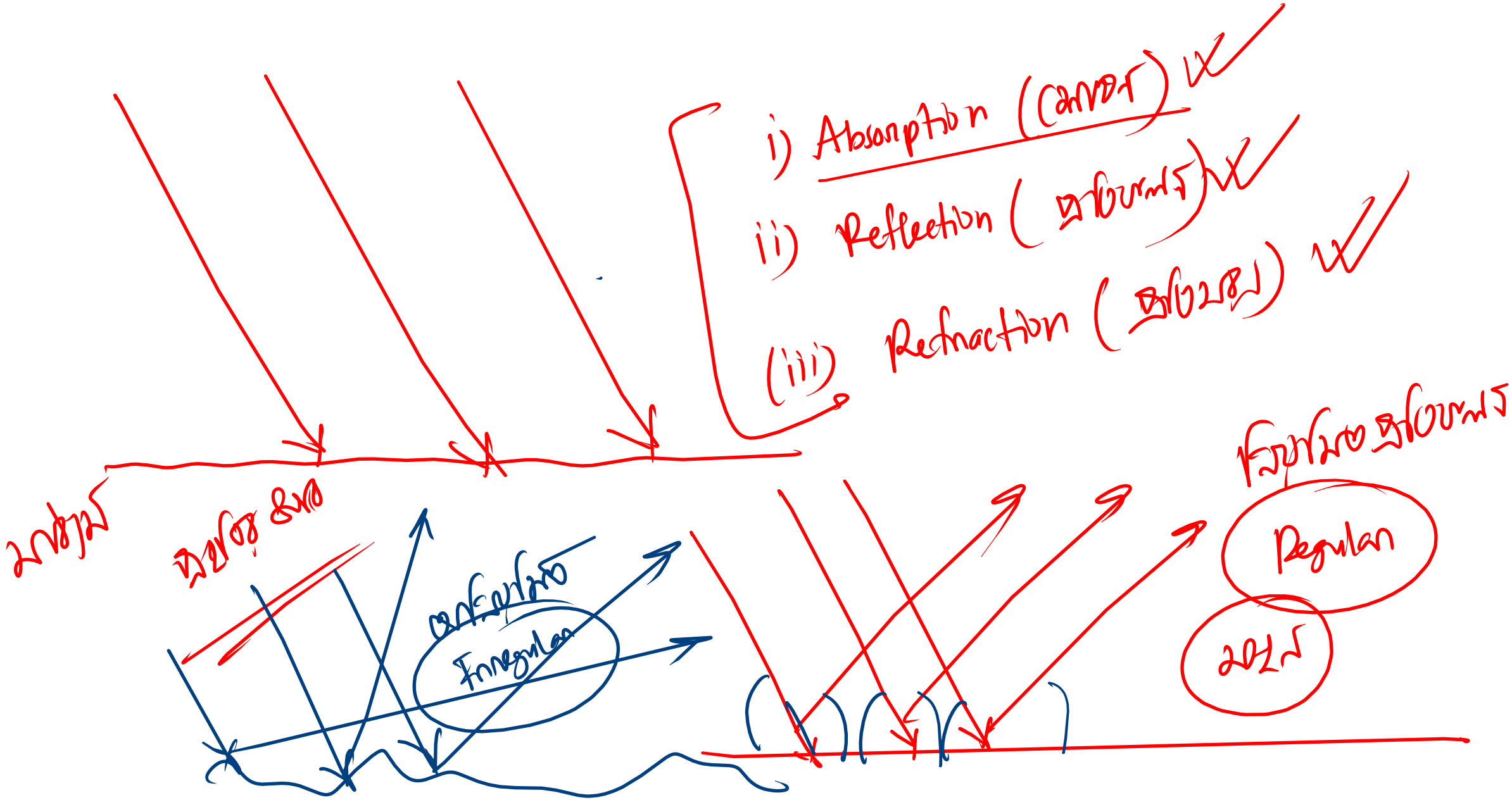
আলোর প্রতিফলন দুই প্রকার-

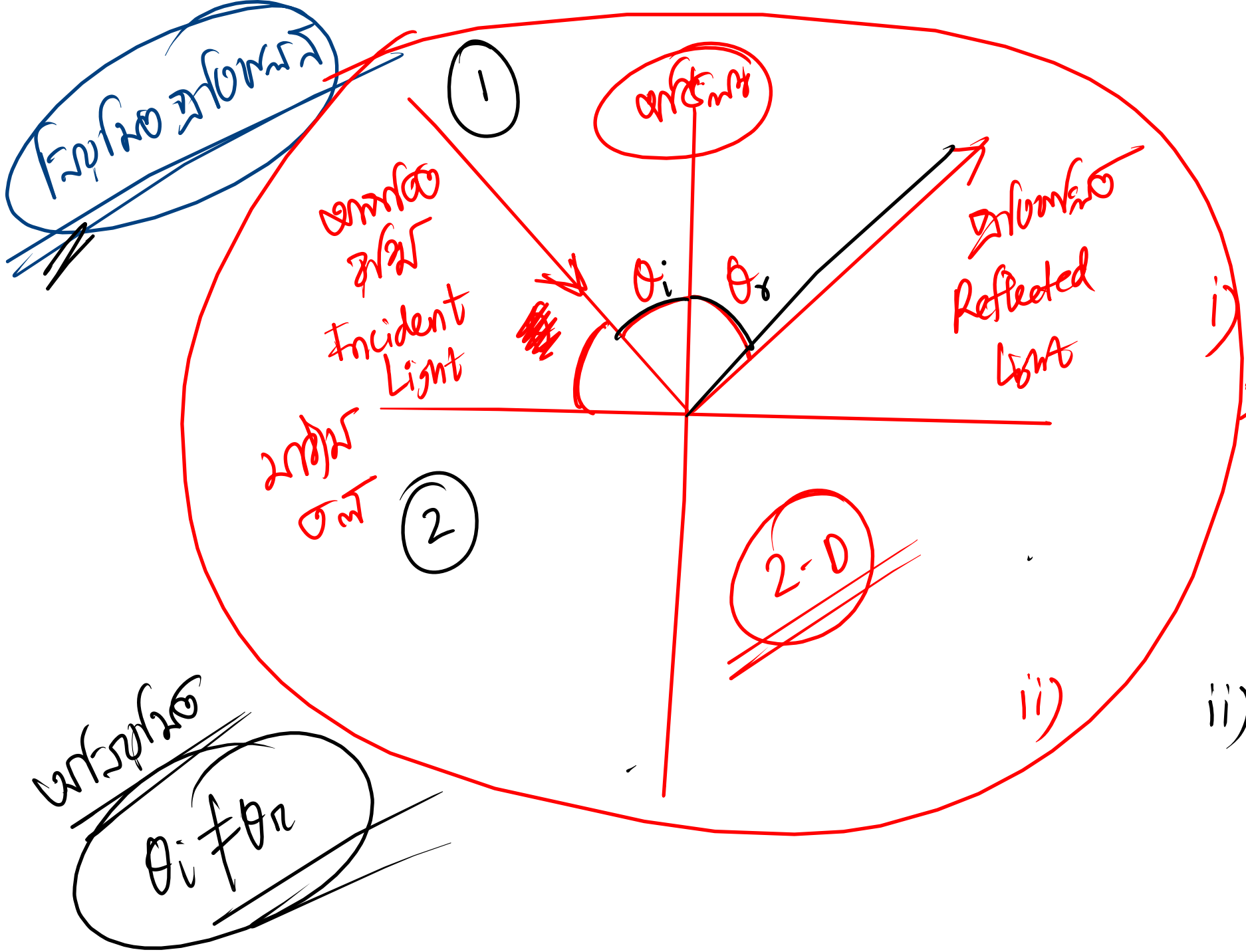
✓ নিয়মিত প্রতিফলন

✓ অনিয়মিত প্রতিফলন/ব্যপ্ত প্রতিফলন।



চিত্র: অনিয়মিত প্রতিফলন/ব্যপ্ত প্রতিফলন।


i) Absorption
ii) Reflection
(iii) Refraction
Regular
2024


1
2
θ_i
θ_r
Incident Light
Reflected Light
2-D

প্রতিসরণ (Refraction)

① আপতন

θ_i

অভিলম্ব

$\theta_i > \theta_r$

আপতন কোণ, প্রতিসরণ কোণের চেয়ে বড়

② প্রতিসরণ

θ_r

অভিলম্ব

প্রতিসৃত রশ্মি

① same as আপতন কোণ

আলোর প্রতিসরণ → Air

পানি

পরম প্রতিসরাঙ্ক

$\mu = \frac{c}{v}$

শূন্যস্থানে আলোর বেগ

1 m^3 → শূন্যস্থান

পদার্থ

প্রতিসরাঙ্ক

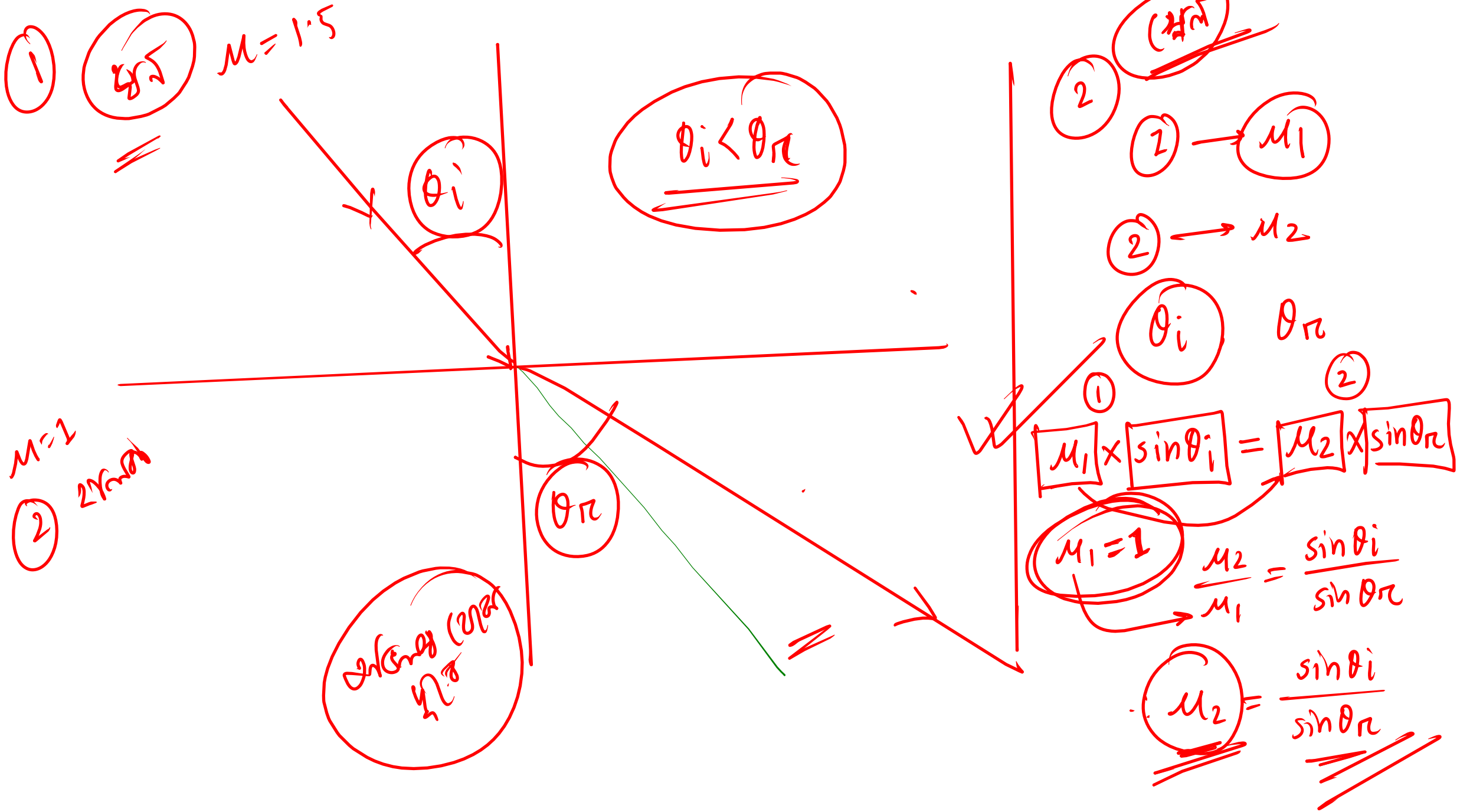
মিডি

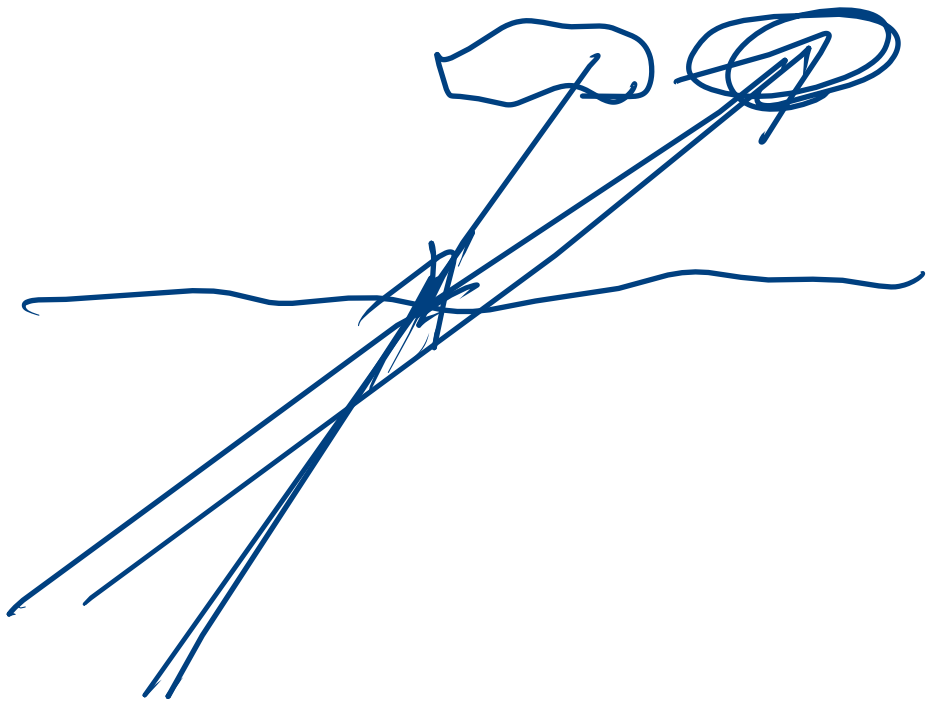
$\mu = 1$ (বায়ু)

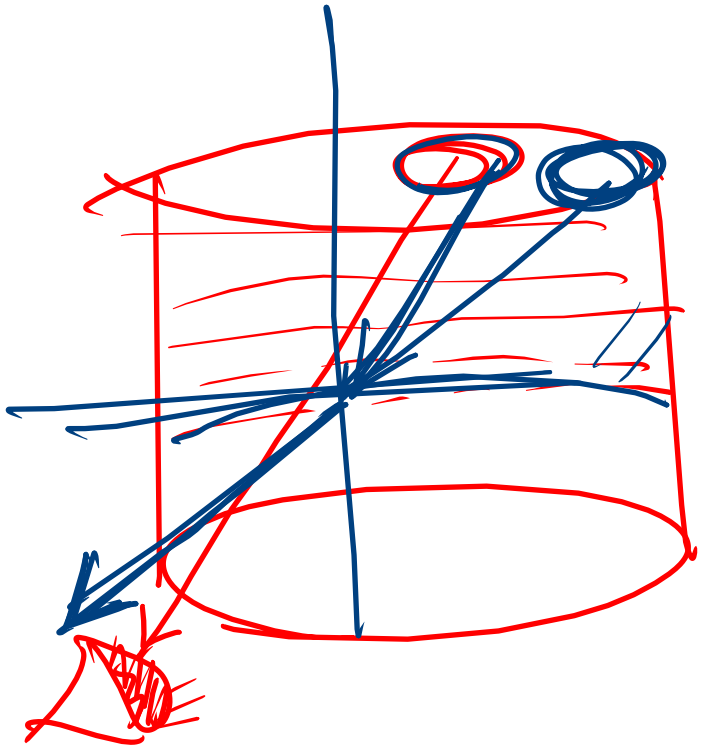
$= 1.33$ (পানি)

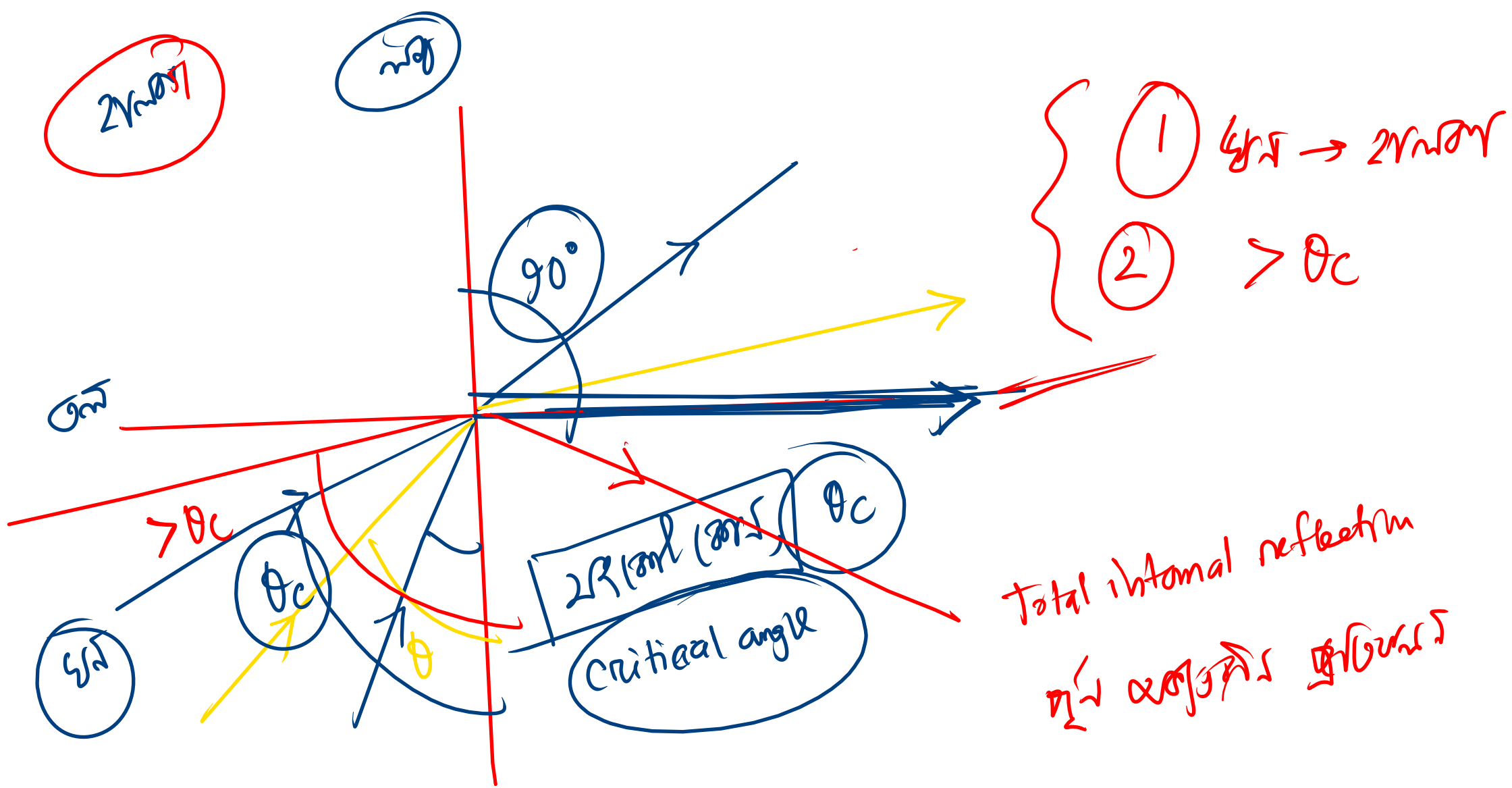
$= 1.5$ (কাচ)

$= 1.17$ (তেল)


1
$\mu = 1.5$
θ_i
$\theta_i < \theta_r$
$\mu = 1$
2
θ_r
2
μ_1
2
μ_2
θ_i
θ_r
1
2
$\mu_1 \times \sin\theta_i = \mu_2 \times \sin\theta_r$
$\mu_1 = 1$
$\frac{\mu_2}{\mu_1} = \frac{\sin\theta_i}{\sin\theta_r}$
$\mu_2 = \frac{\sin\theta_i}{\sin\theta_r}$



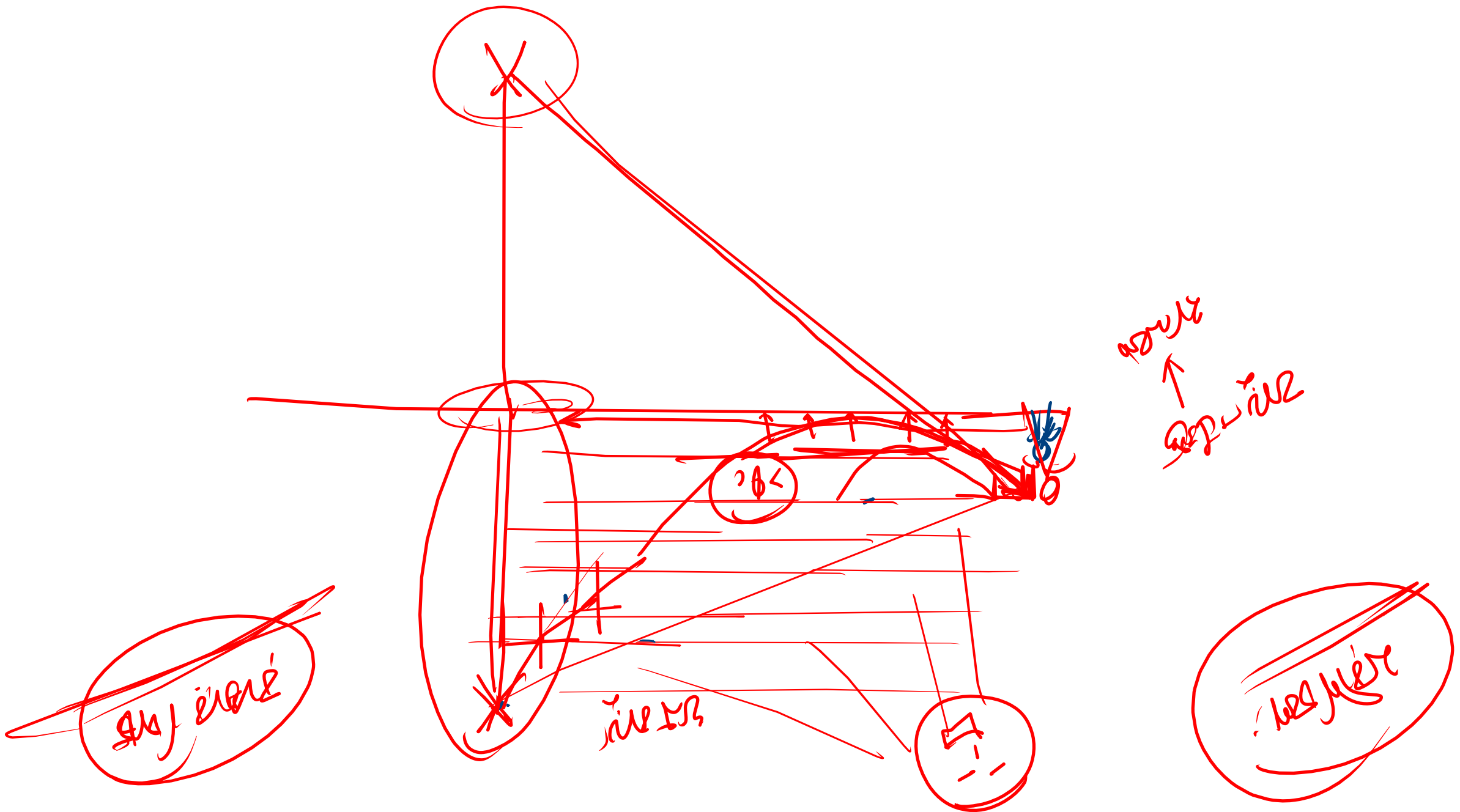


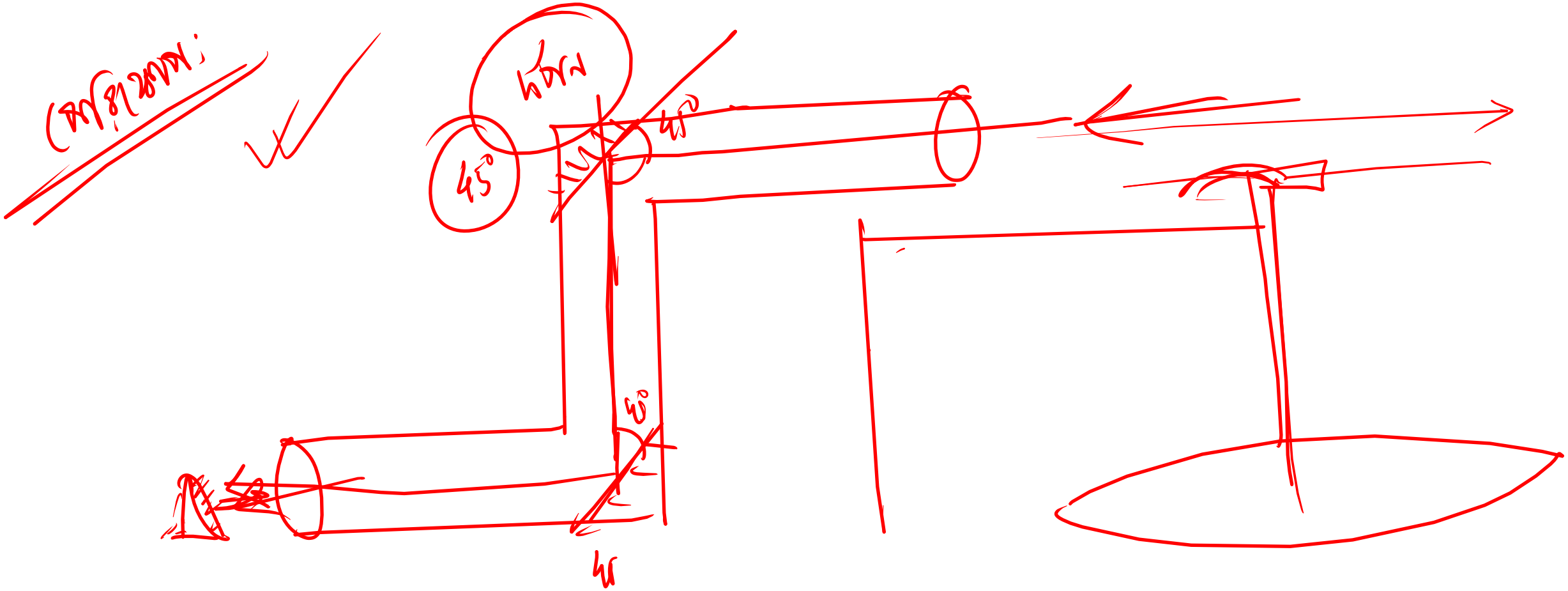


1. ঘন → ২য় মাধ্যম
2. > θ_c

Total internal reflection

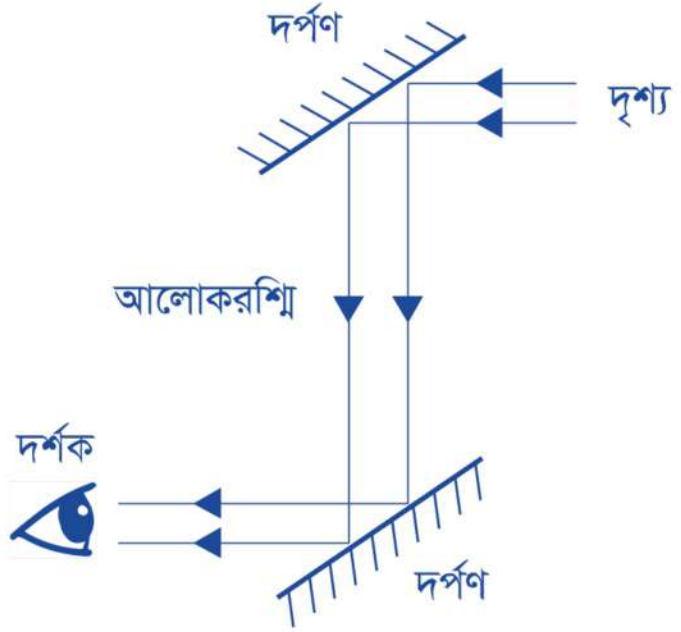
পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন




45°
45°
45°
45°

সরল পেরিস্কোপ

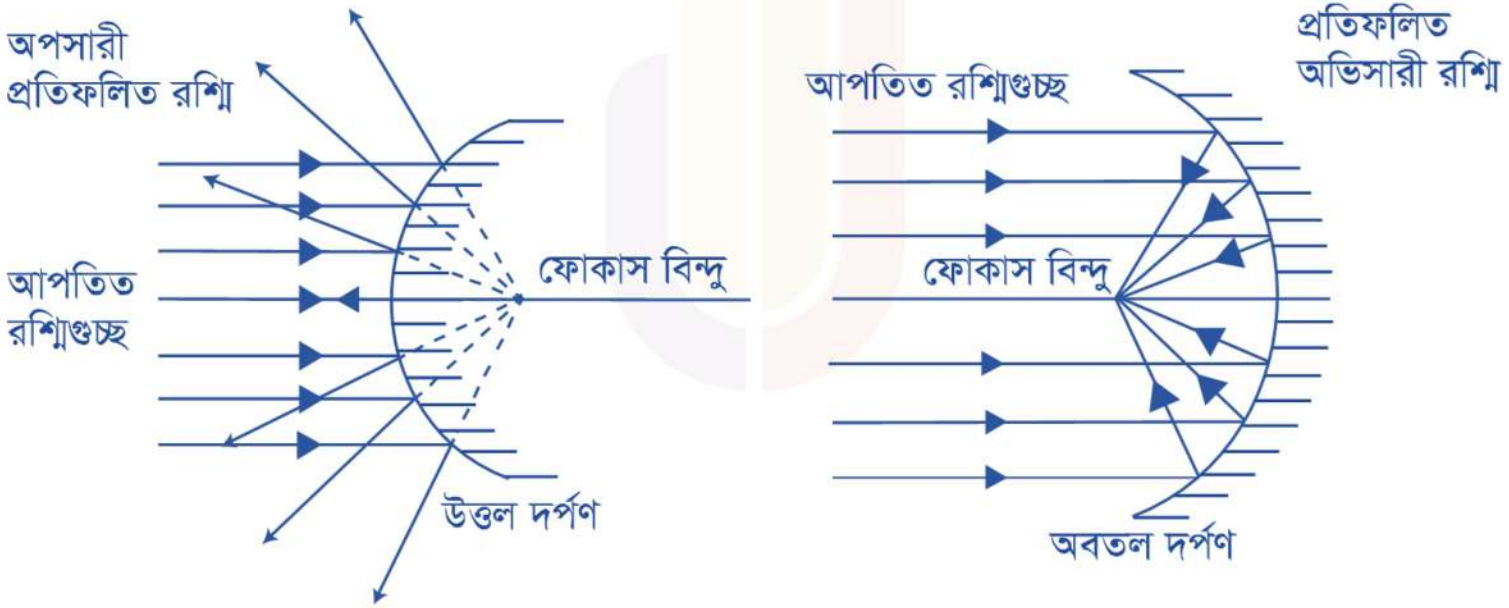
- কোনো দূরের জিনিস সোজাসুজি দেখতে বাধা থাকলে এটি ব্যবহার করা হয়।
- ভীড় এড়িয়ে খেলা দেখা, শত্রু সৈন্যের গতিবিধি পর্যবেক্ষণ করতে এই যন্ত্র ব্যবহৃত হয়।
- ডুবোজাহাজ বা সাবমেরিনের নাবিকেরা পেরিস্কোপের সাহায্যে পানির নিচ থেকে উপরের দৃশ্য দেখে।

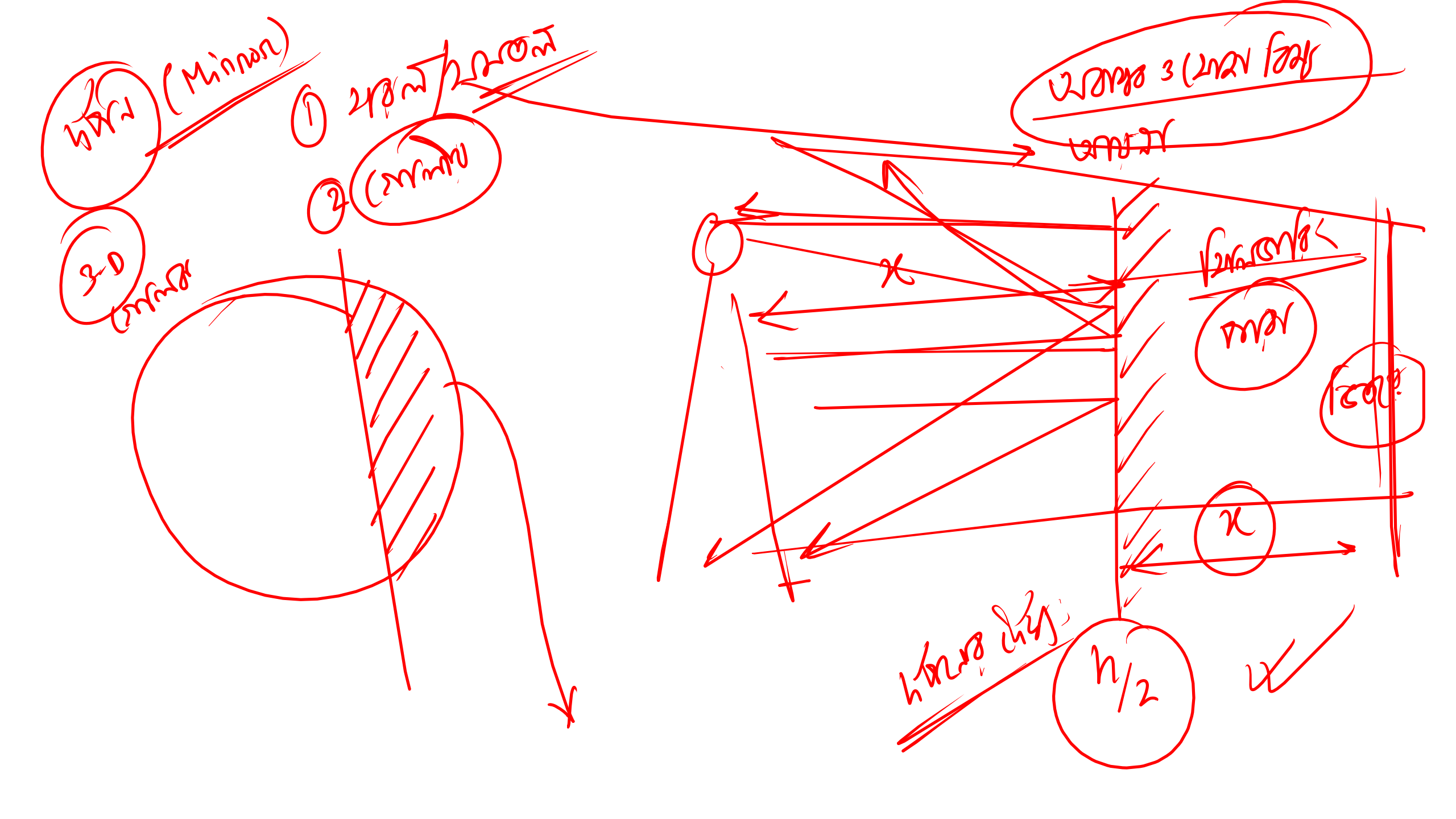


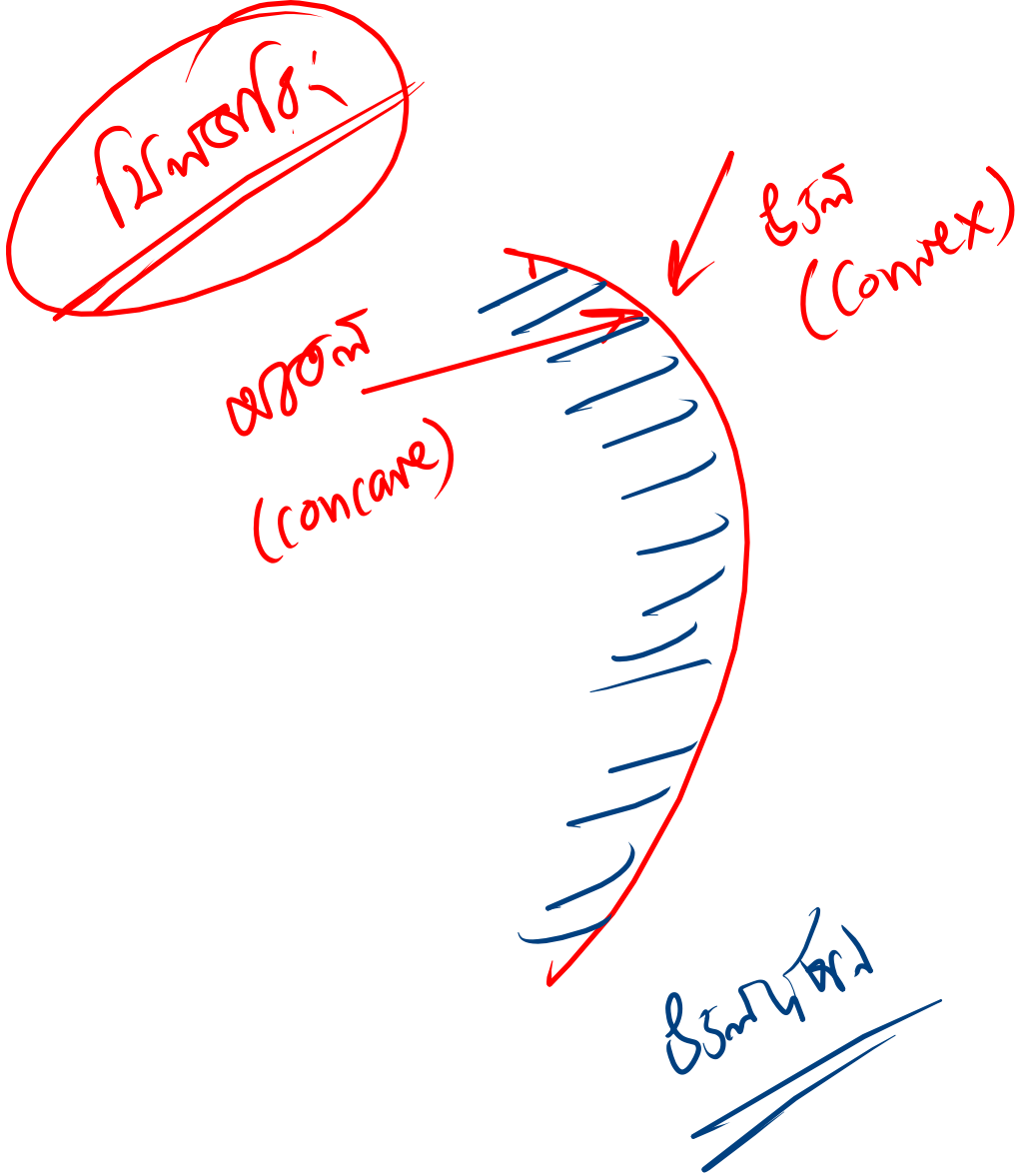
চিত্র: পেরিস্কোপের কার্যপ্রণালি

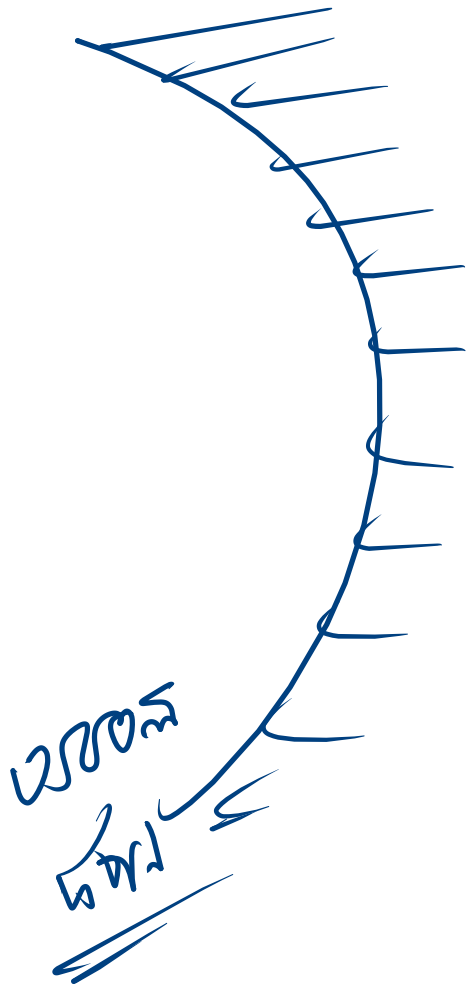
বিভিন্ন আলোকীয় ঘটনা

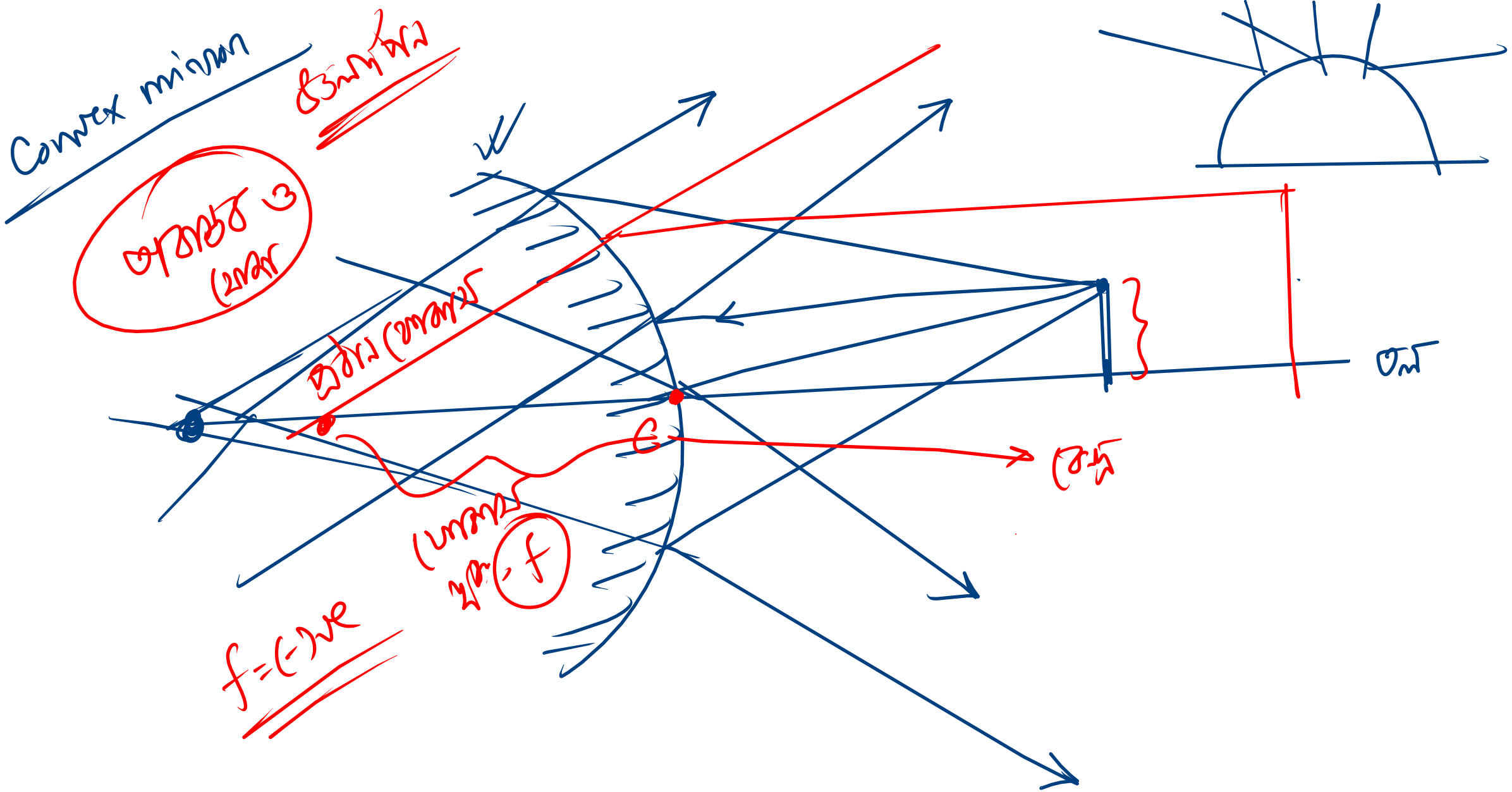
- ✓ **উত্তল দর্পণ:** পিছনের যানবাহন বা পথচারী দেখার জন্য গাড়িতে, মোটর গাড়ির হেডলাইট, রাস্তার লাইটে প্রতিফলক হিসেবে ইত্যাদি ক্ষেত্রে উত্তল দর্পণ ব্যবহৃত হয়।
- ✓ **অবতল দর্পণ:** বিবর্ধিত বিম্ব তৈরি করা যায় বলে রুপ চর্চা, ডাক্তাররা চোখ, নাক, কান ও গলা পর্যবেক্ষণ করার সময়, নভো দূরবীক্ষণে, স্টীমারের সার্চ লাইটের প্রতিফলক হিসেবে, দাঁড়ি কাঁটার সময় অবতল দর্পণ ব্যবহৃত হয়।

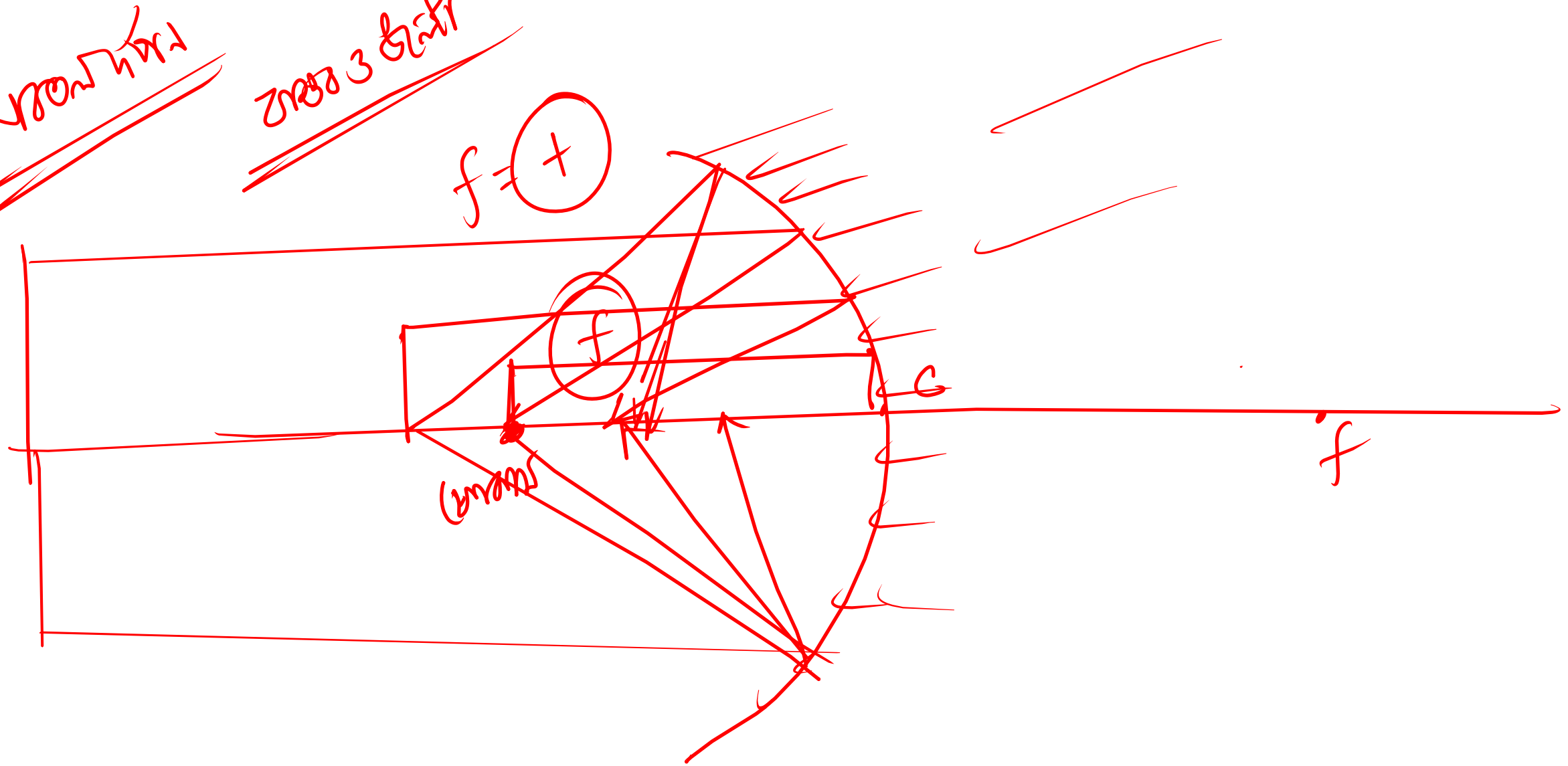


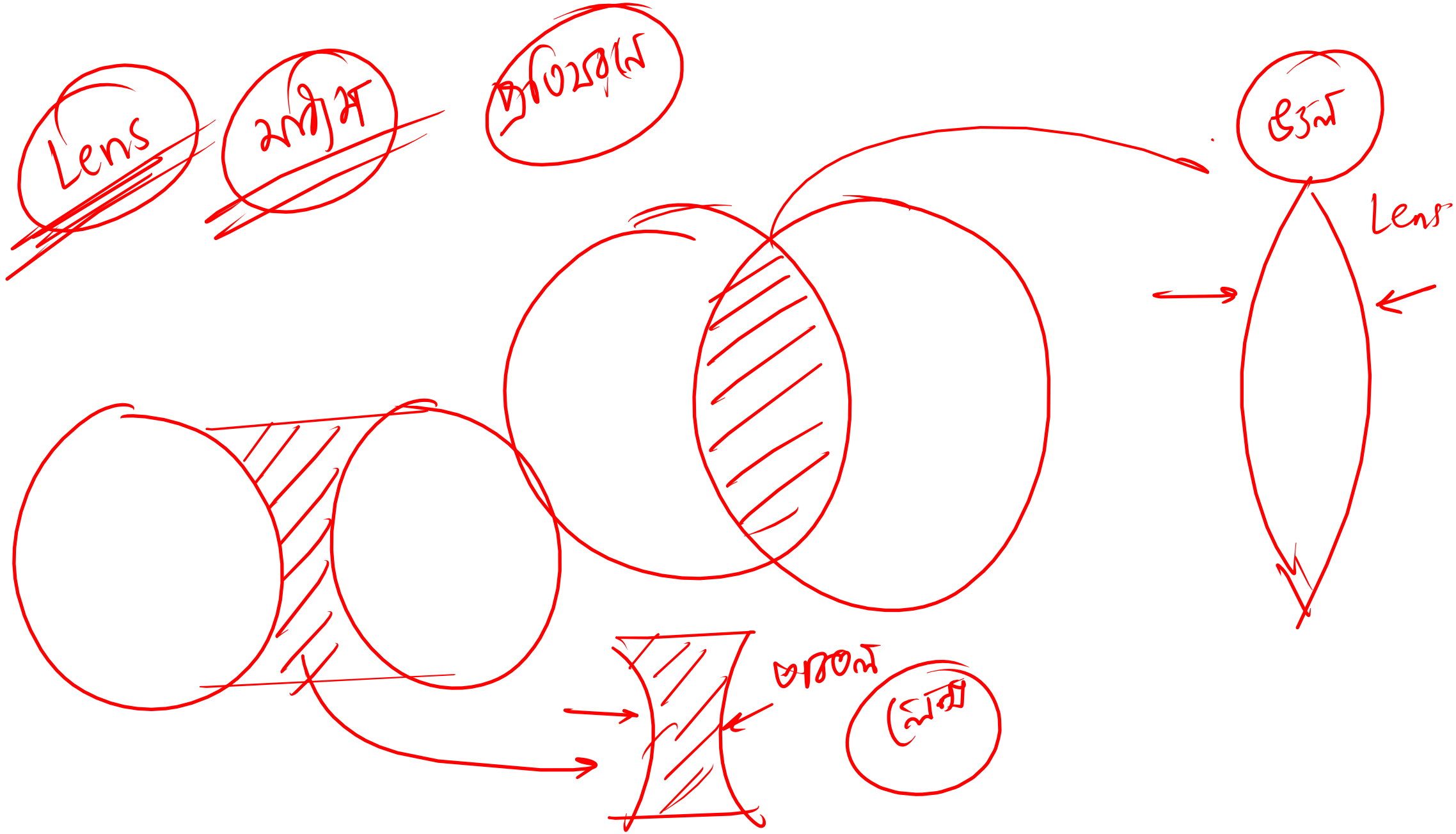

x
h/2

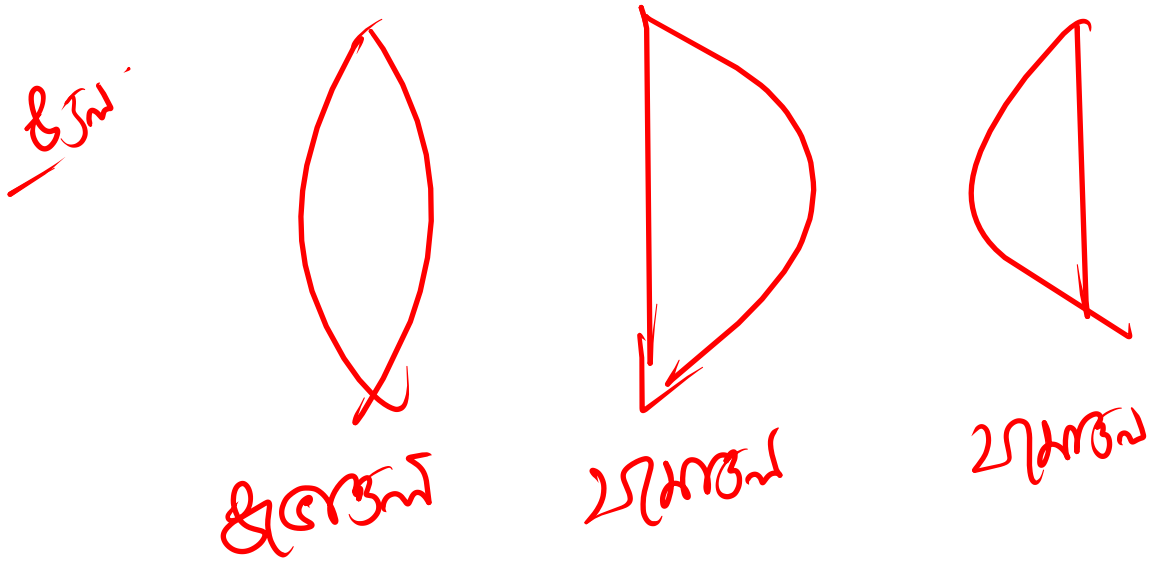

(concave)
(Convex)

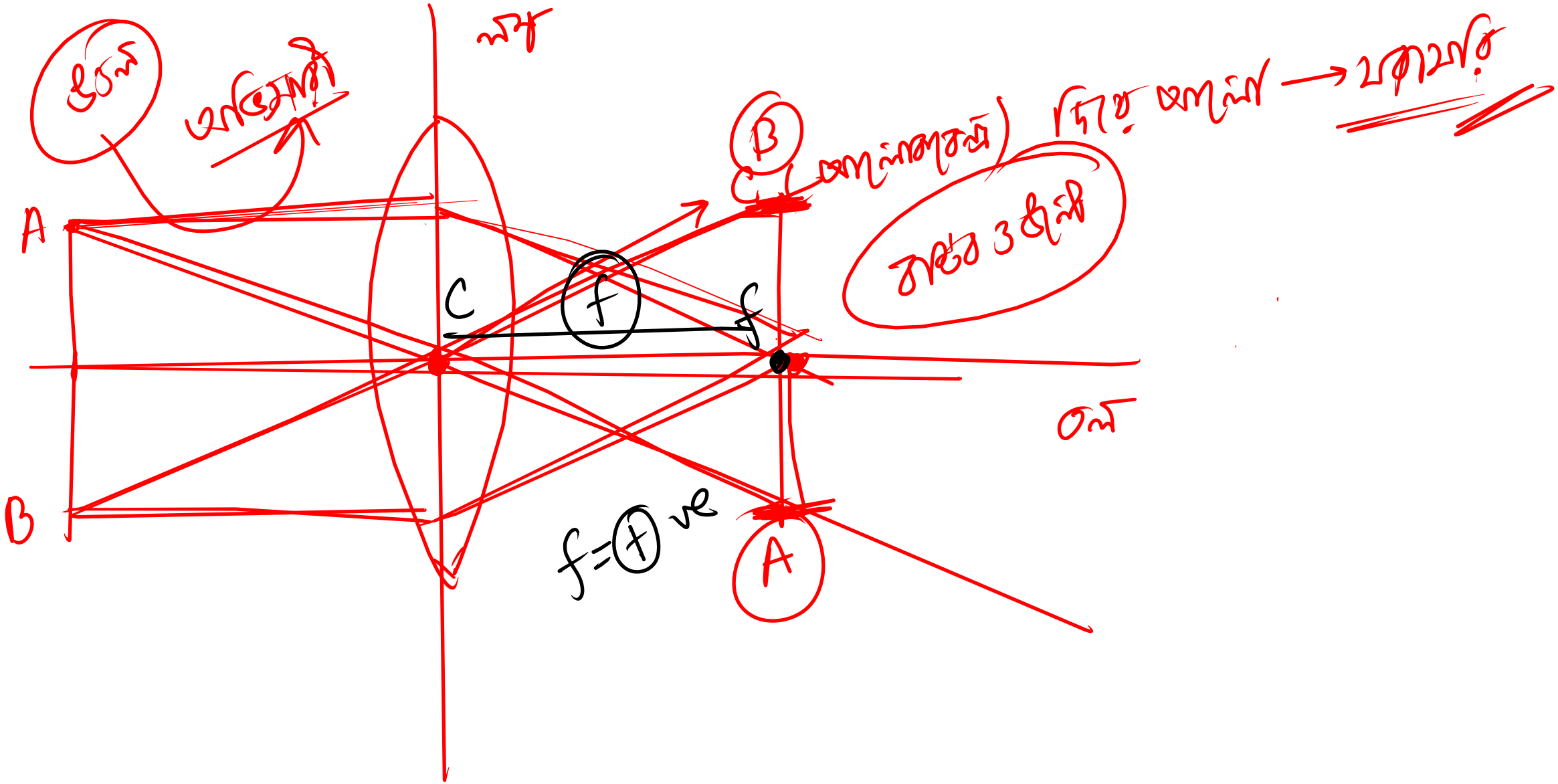


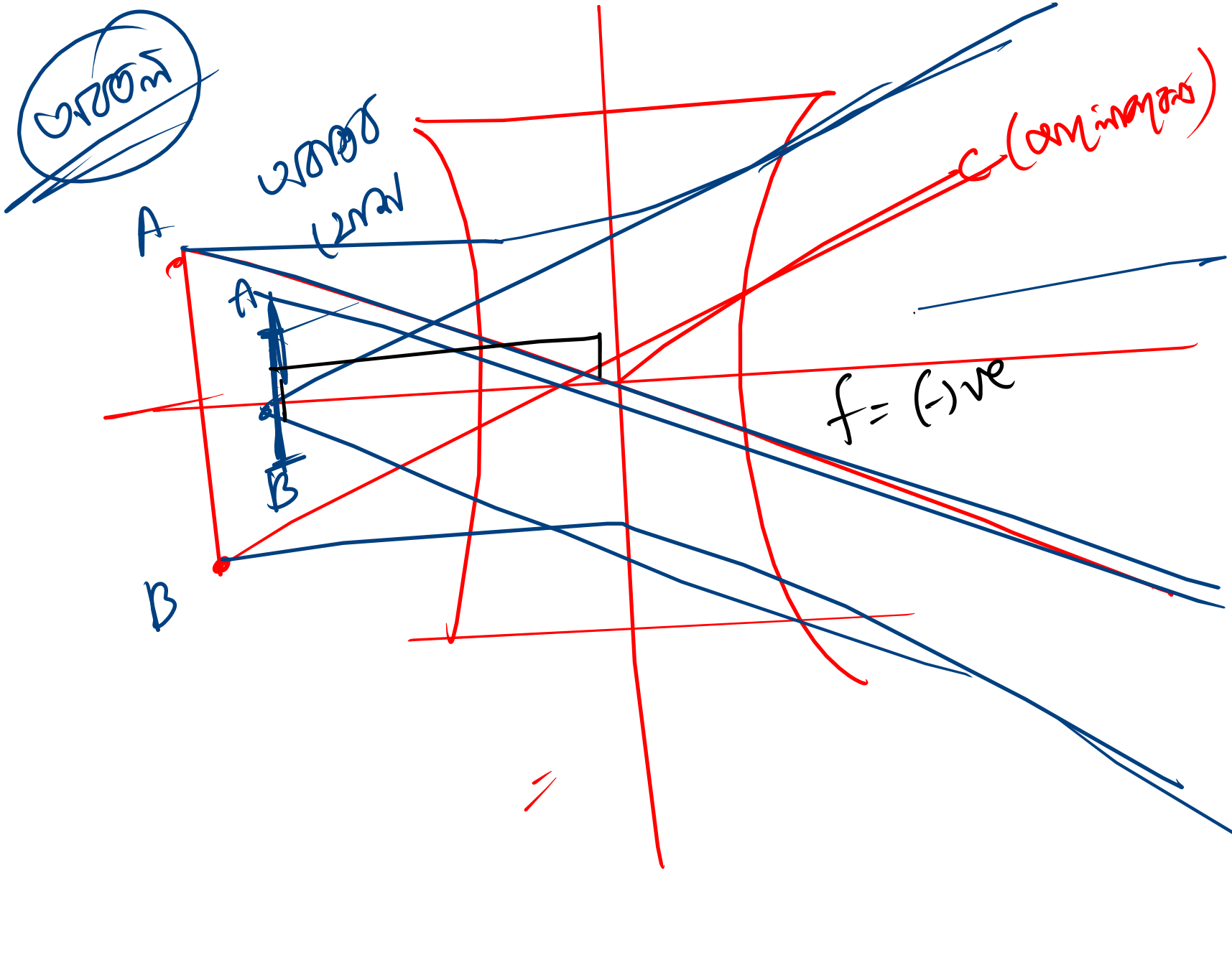

Convex mirror
f = (-)ve


f = +
f
C
f


Lens
মদীম
চুলোয়ান
উত্তল
Lens
অবতল
মোদী




A
B
C
f
f
B
A
f = (+) ve



ক্ষমতা (power) :

$$P = \frac{1}{f}$$

Di-optre

$$-0.5 = \frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow -\frac{1}{2} = \frac{1}{f}$$

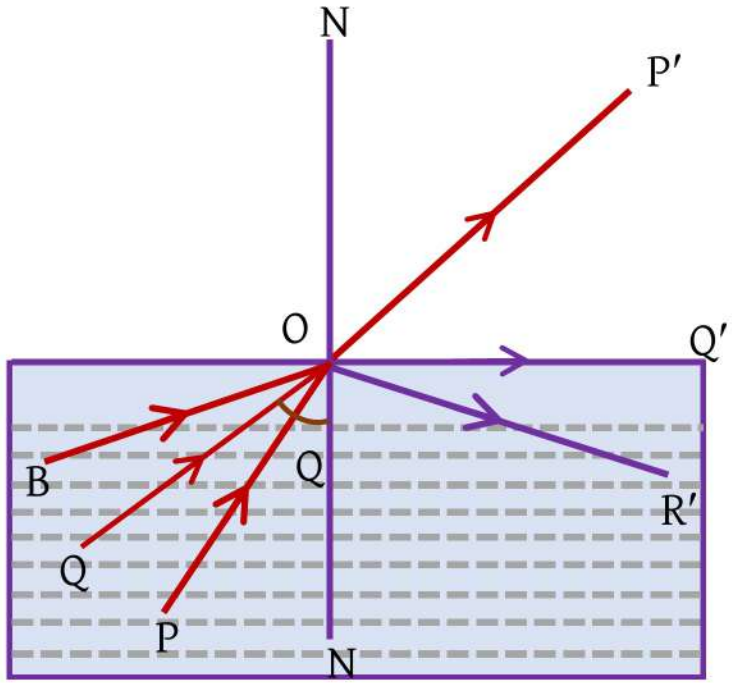
$$f = -2\ m$$

❑ সংকট কোণ (ক্রান্তি কোণ)

আলোকরশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে প্রতিসরিত হওয়ার সময় আপাতন কোণের যে মানের জন্য প্রতিসরণ কোণের মান ৯০° হয় অর্থাৎ প্রতিসরিত রশ্মি বিভেদ তল ঘেঁষে চলে যায় তাকে হালকা মাধ্যমের সাপেক্ষে ঘন মাধ্যমের সংকট কোণ বা ক্রান্তিকোণ বলে। ক্রান্তি কোণকে θ_c দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

❑ পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন

আলোকরশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে ক্রান্তি কোণের চেয়ে বড় মানের কোণে আপতিত হলে প্রতিসরণের পরিবর্তে আলোকরশ্মি সম্পূর্ণরূপে ঘন মাধ্যমের অভ্যন্তরে প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী প্রতিফলিত হয়। এই ঘটনাকে আলোর পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন বলে।



চিত্র: পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ও সংকট কোণ

❑ পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের শর্ত

- আলোক রশ্মি কেবলমাত্র ঘন থেকে হালকা মাধ্যমে যাওয়ার সময় এটি ঘটে।
- ঘন মাধ্যমে আপতন কোণ অবশ্যই এর মাধ্যম দুটির সংকট কোণের চেয়ে বড় হতে হবে।

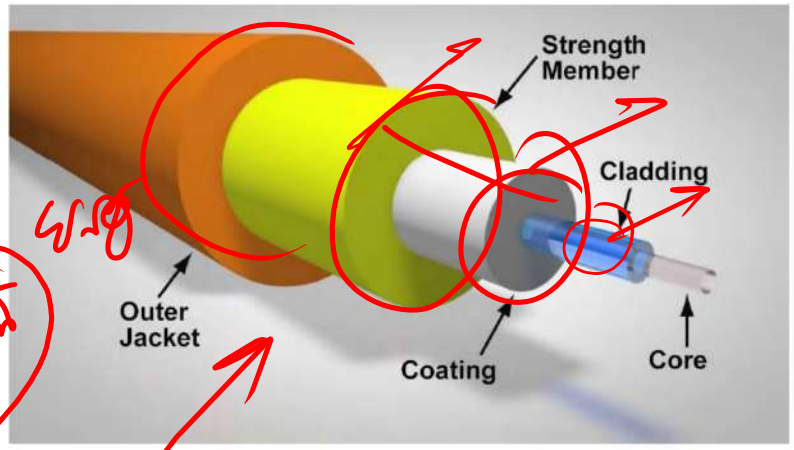
❑ আলোর পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের কারণে:

- হীরক উজ্জ্বল দেখায়।
- পদ্ম পাতার উপর বৃষ্টির ফোঁটা পড়লে চকচক করে।
- গ্রীষ্মের প্রখর রৌদ্রে উত্তপ্ত পিচঢালা মসৃণ রাজপথকে বৃষ্টি পরবর্তী সময়ের মত ভেজা ও চকচকে মনে হয়।
- মরুভূমিতে মরীচিকার সৃষ্টি হয়।
- অপটিক্যাল ফাইবারের মধ্য দিয়ে আলোক রশ্মি ব্যবহার করে তথ্য আদান প্রদান করা যায়।

অপটিক্যাল ফাইবার

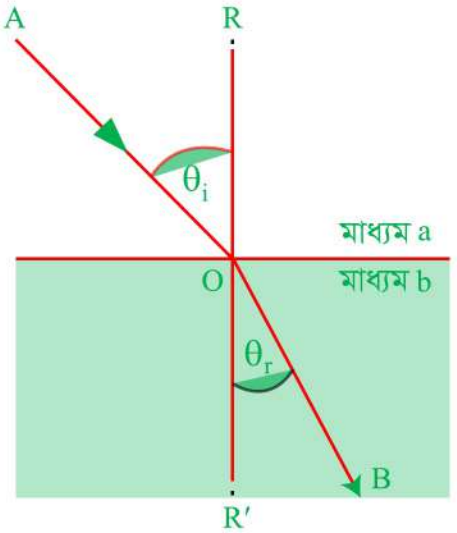
অপটিক্যাল ফাইবার হল খুব সরু কাঁচতন্তু যা আলোক রশ্মি বহন করে এবং এর মধ্য দিয়ে তথ্য আদান-প্রদান হয়। এটি-

- মানবদেহে ভেতরের কোন অংশের ছবি তুলতে ব্যবহৃত হয়। যেমন- কলোনস্কপি, এন্ডোস্কপি।
- টেলিকমিউনিকেশনের জন্য তথ্য আদান-প্রদানে এ ফাইবার ব্যবহার করা হয়ে থাকে।
- সাবমেরিন ক্যাবলে ব্যবহার করা হয়।



❑ আলোর প্রতিসরণ

আলোকরশ্মি এক স্বচ্ছ মাধ্যম থেকে অন্য স্বচ্ছ মাধ্যমে যাওয়ার সময় মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদ তলে তীর্যকভাবে আপতিত আলোকরশ্মির দিক পরিবর্তন করার ঘটনাকে আলোর প্রতিসরণ বলে।



চিত্র: আলোর প্রতিসরণ

❑ আলোর প্রতিসরণের কিছু উদাহরণ

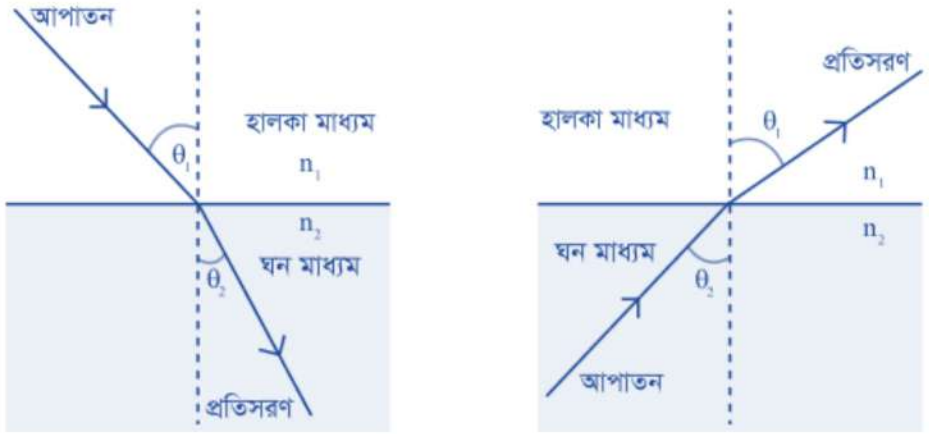
- আলোর প্রতিসরণের জন্য পানির নিচে নৌকার বৈঠা বাঁকা দেখা যায়।
- বায়ুমণ্ডলীয় আলোর প্রতিসরণের জন্য সূর্যোদয়ের খানিকটা পূর্বে ও পরে সূর্যকে দেখা যায়।
- চাঁদ দিগন্তের কাছে অনেক বড় দেখায় আলোর প্রতিসরণের কারণে।
- আলোর প্রতিসরণের কারণেই রাতের আকাশে তারাগুলো ঝিকিমিকি করে বলে মনে হয়।

❑ প্রতিসরণের সূত্র

আলোর প্রতিসরণের দুটি সূত্র রয়েছে। যথা:

- **প্রতিসরণের প্রথম সূত্র:** আপতন রশ্মি এবং লম্ব দিয়ে আমরা যে সমতলটি কল্পনা করে নিয়েছি, প্রতিসরিত রশ্মি সেই একই সমতলে থাকবে।
- **প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্র:** প্রথম মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক n_1; দ্বিতীয় মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক n_2, আপতন কোণ θ_1 এবং প্রতিসরিত কোণ θ_2, হলে– $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

যদি প্রথম মাধ্যমটি বাতাস হয় তাহলে $n_1 = 1$ ধরে লিখতে পারি $n_2 = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$

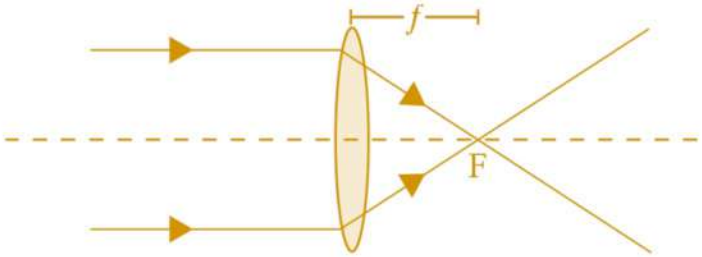


❑ লেন্স

✓ উত্তল লেন্স/অভিসারী লেন্স

ব্যবহার:

- আতশী কাচ হিসাবে এবং আগুন জ্বালানোর কাজে ব্যবহৃত হয়।
- চশমা, ক্যামেরা, বিবর্ধক কাচ, অনুবীক্ষণ যন্ত্র ইত্যাদি আলোক যন্ত্রে ব্যবহৃত হয়।

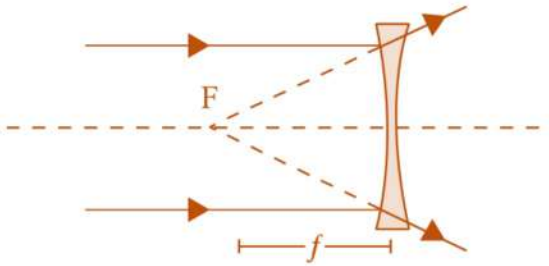


চিত্র: উত্তল লেন্স

✓ অবতল লেন্স/অপসারী লেন্স

ব্যবহার:

- প্রধানত চশমায় ব্যবহৃত হয়।
- গ্যালিলিওর দূরবীক্ষণ যন্ত্র এবং সিনোমাস্কোপ প্রজেক্টর অবতল লেন্স ব্যবহার করা হয়।



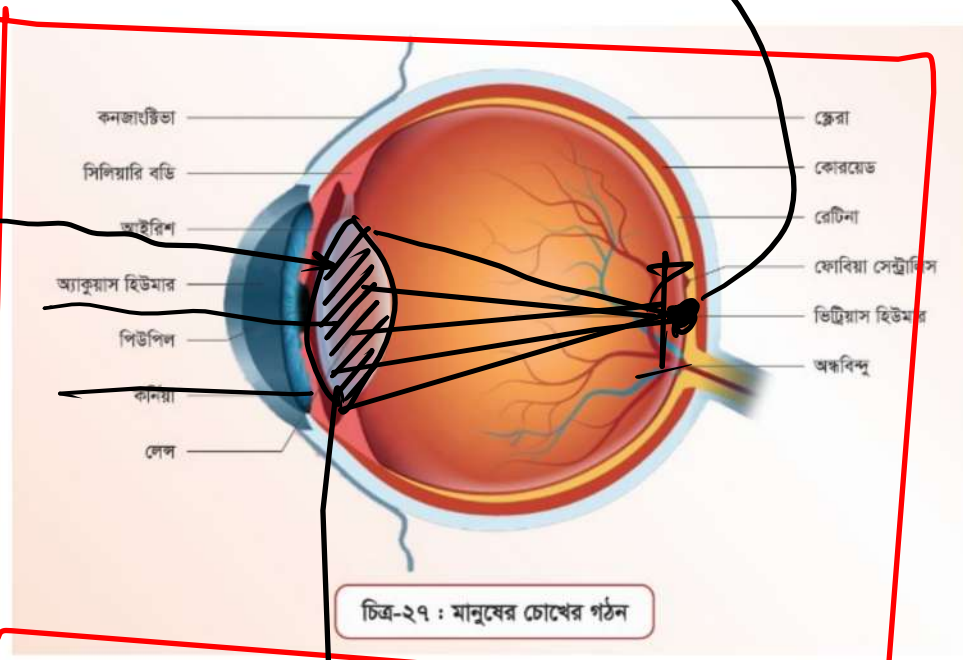
চিত্র: অবতল লেন্স

আলোক যন্ত্র

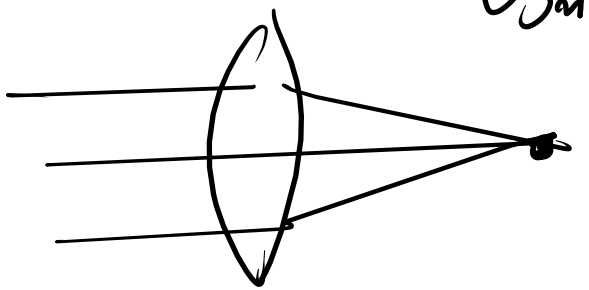
❑ মানবচক্ষু

মানুষের চোখের গঠন এবং কার্যাবলি অনেকটা ক্যামেরার মতো।

- মানব চোখের লেন্সটি উভোত্তল বা দ্বি উত্তল।
- চোখের আলোক সংবেদী অংশের নাম রেটিনা। কোনো বস্তু হতে আলোকরশ্মি চোখের লেন্স দ্বারা প্রতিসরিত হয়ে রেটিনায় বিম্ব গঠন করে। রেটিনায় গঠিত বিম্বটি হয় সদ, উলটো ও খর্বিত। রেটিনা আলোক শক্তিকে তড়িৎসংকেতে পরিণত করে মস্তিষ্কে পাঠায়।
- মানুষের চোখে রেটিনা ও চক্ষুলেন্সের মধ্যবর্তী স্থান ভিট্রিয়াস হিউমার নামক জেলি জাতীয় পদার্থ দ্বারা পূর্ণ থাকে।
- রেটিনাতে দুই ধরনের আলোক সংবেদী কোষ থাকে। যথা: রড (Rod) কোষ এবং কোণ (Cone) কোষ। রড কোষ অন্ধকারে এবং কোণ কোষ আলোতে দেখতে সহায়তা করে।
- প্যাঁচা দিনে দেখতে পায় না কিন্তু রাতে দেখতে পায় কারণ প্যাঁচার চোখের রেটিনাতে রড কোষ এর সংখ্যা বেশি কিন্তু কোণ কোষ এর সংখ্যা কম। রাতের বেলা বিড়াল ও কুকুরের চোখ জ্বলজ্বল করে, কারণ কুকুর ও বিড়ালের চোখে টেপেটাম নামক রঞ্জক কোষ থাকে।

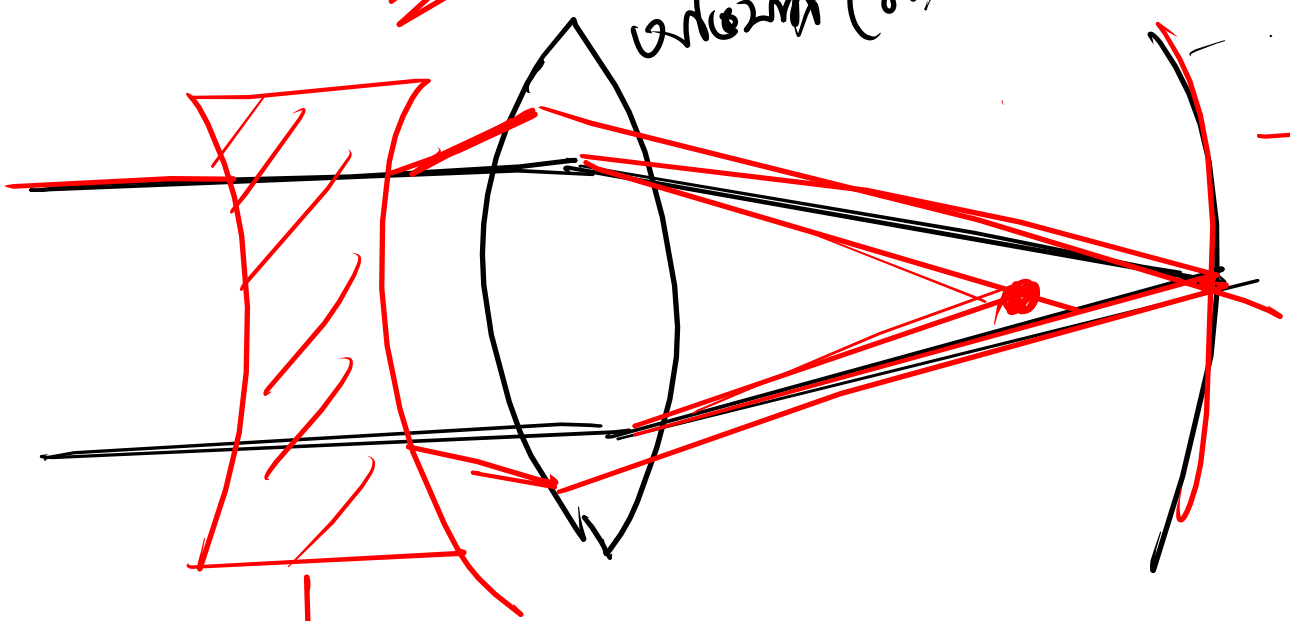


চিত্র-২৭ : মানুষের চোখের গঠন

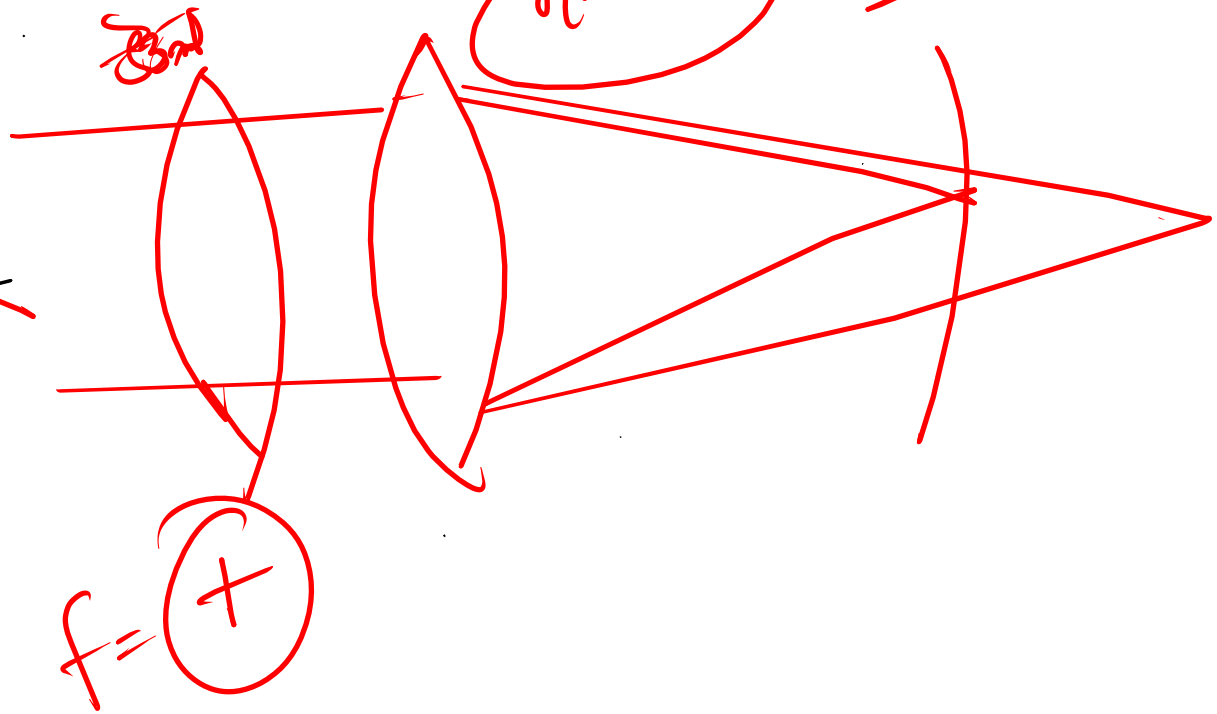


ত্রুটি 4

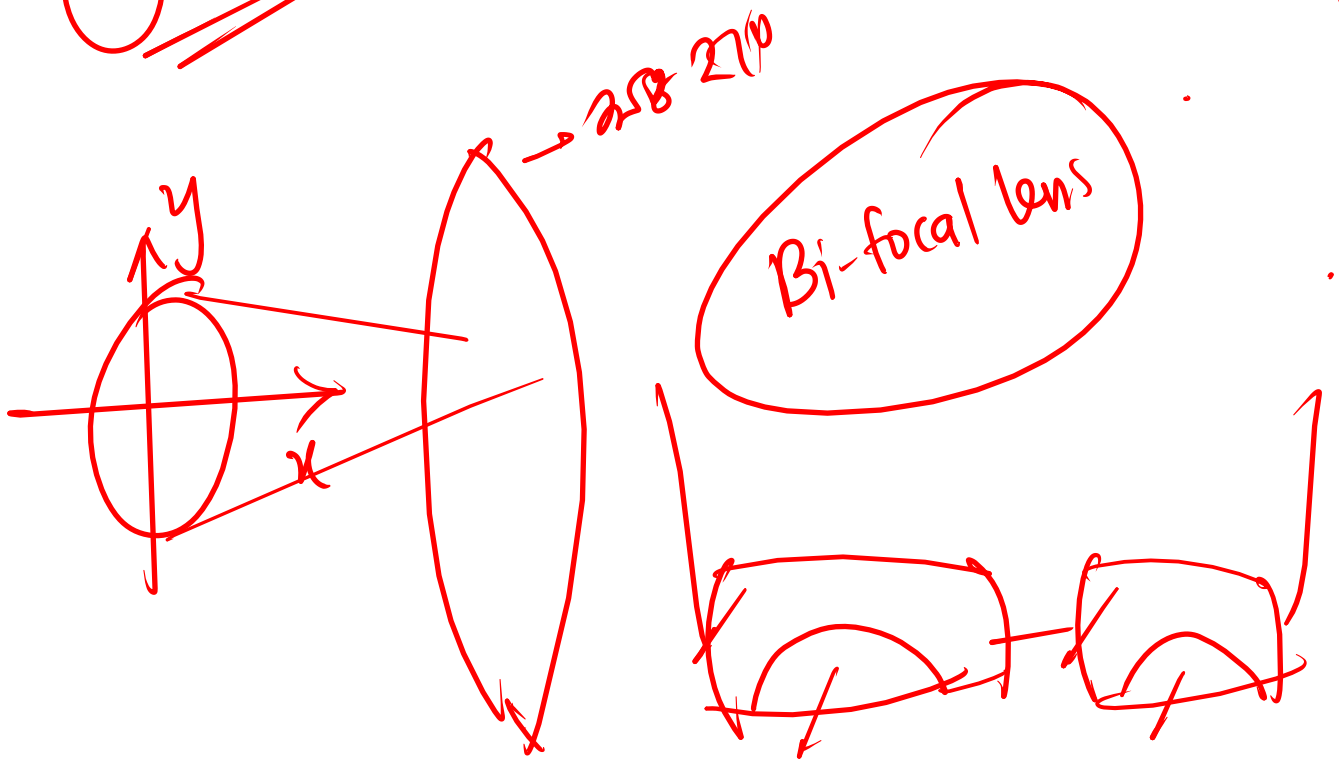
i) নিকট দৃষ্টি (Myopia)



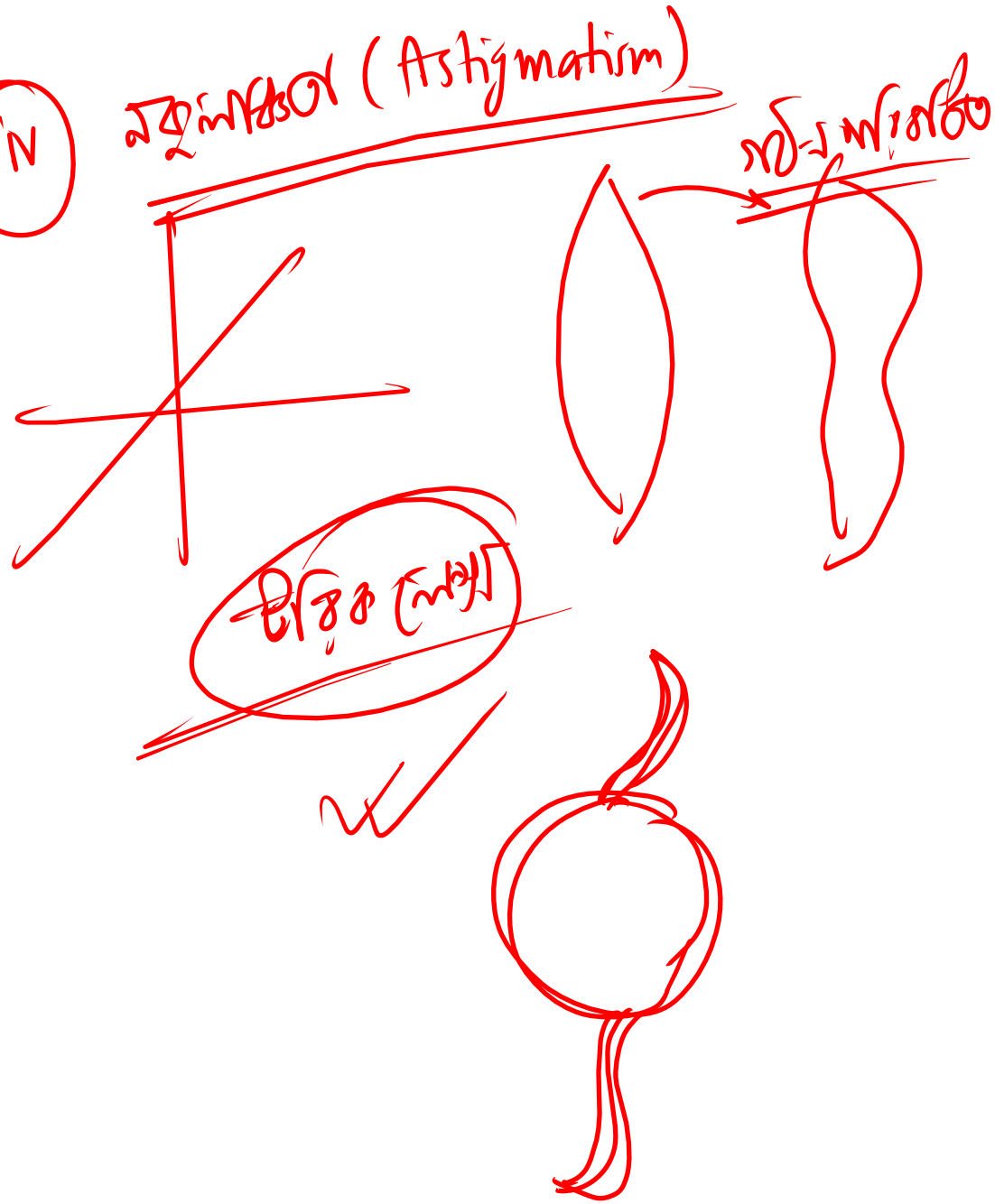
ii) দূরত দৃষ্টি (Hypermetropia)



(iii) অসমমিত দৃষ্টি : চশমা



(iv) অসমদৃষ্টিতা (Astigmatism)

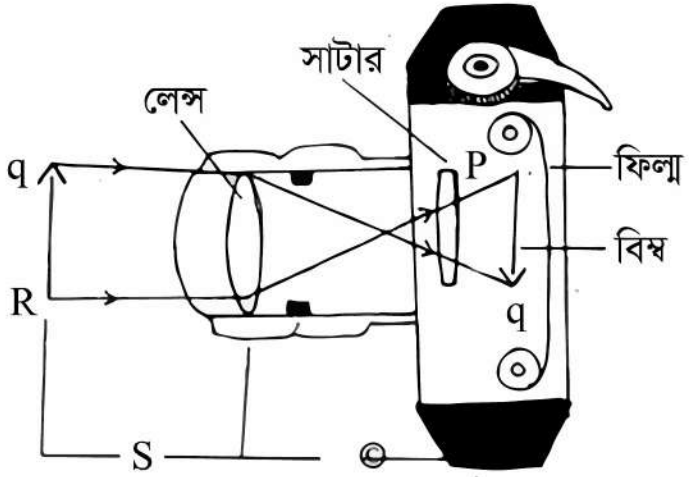


❑ চোখের ত্রুটি

ত্রুটি	ত্রুটির প্রভাব	চিকিৎসা
হ্রসদৃষ্টি বা মাইওপিয়া	দূরের জিনিস ভাল দেখে না কিন্তু কাছের জিনিস স্পষ্ট দেখতে পায়।	এ ত্রুটি দূর করতে অবতল লেন্স ব্যবহার করা হয়।
দীর্ঘ দৃষ্টি বা হাইপার মেট্রোপিয়া	দূরের জিনিস ভাল দেখে কিন্তু কাছের জিনিস স্পষ্ট দেখতে পায় না।	এ ত্রুটি দূর করতে উত্তল লেন্স ব্যবহার করা হয়।
চালশে দৃষ্টি	এ ত্রুটিযুক্ত চোখ দূরের এবং কাছের উভয় অবস্থানের বস্তুকেই স্পষ্ট দেখতে সমস্যা হয়।	এ ত্রুটি দূর করার জন্য দ্বি-ফোকাস লেন্স ব্যবহার করা হয়।
বিষম দৃষ্টি বা নকুলান্ধতা	এ ত্রুটিযুক্ত চোখ একই অবস্থানে থাকা বিভিন্ন বস্তুকে সমান স্পষ্ট দেখতে পায় না।	এ ত্রুটি দূর করার জন্য টরিক লেন্স ব্যবহার করা হয়।

❑ ক্যামেরা

উত্তল লেন্সের একদিকে দ্বিগুণ ফোকাস দূরত্বের চেয়ে বেশি দূরত্বে কোনো বস্তু রাখলে অপরদিকে বস্তুটির একটি বাস্তব, উলটো ও খর্বিত বিম্ব গঠিত হয়। এই তত্ত্বের উপর ভিত্তি করে ক্যামেরা তৈরি করা হয়েছে।



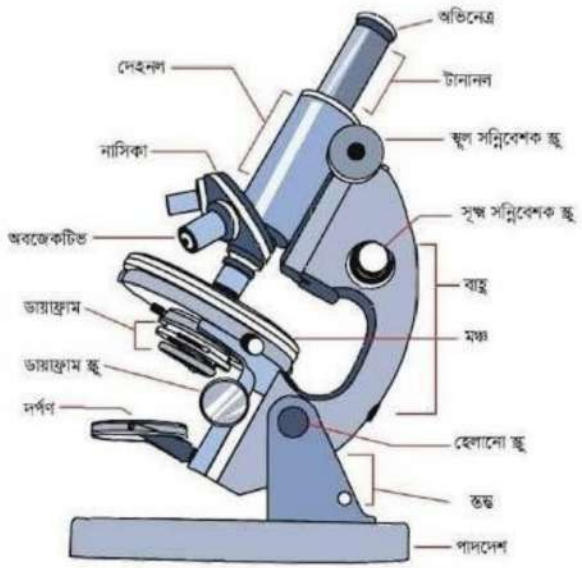
চিত্র: আলোকচিত্রগ্রাহী ক্যামেরার গঠন

❑ সরল অনুবীক্ষণ যন্ত্র

যে সমস্ত লেখা, স্কেল বা ক্ষুদ্র বস্তু চোখে পরিষ্কার দেখা যায় না তা স্পষ্ট ও বড় করে দেখার জন্য স্বল্প ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল লেন্স ব্যবহার করা হয়। উপযুক্ত ফ্রেমে আবদ্ধ এ উত্তল লেন্সকে বিবর্ধক কাচ বা পঠন কাচ বা সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্র বলে। সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রে সোজা, বিবর্ধিত ও অসদ বিম্ব গঠিত হয়।

❑ জটিল বা যৌগিক অনুবীক্ষণ যন্ত্র

১৬১০ সালে বিজ্ঞানী গ্যালিলিও যৌগিক অণুবীক্ষণ যন্ত্র আবিষ্কার করেন। এই যন্ত্রে দুইটি উত্তল লেন্স একটি ধাতব নলের দুই প্রান্তে একই অক্ষ বরাবর বসানো থাকে। লক্ষ্য বস্তুর কাছে যে লেন্স থাকে তাকে অভিলক্ষ্য বলে। এর ফোকাস দূরত্ব ও উন্মেষ অপেক্ষাকৃত ছোট। অপর লেন্সটিকে অভিনেত্র (Eyepiece) বলে। অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব ও উন্মেষ অপেক্ষাকৃত বড়। এই যন্ত্রের সাহায্যে অতি ক্ষুদ্র বস্তু বহু গুণে বর্ধিত করে দেখা যায়।



❑ দূরবীক্ষণ যন্ত্র

যে যন্ত্রের সাহায্যে বহু দূরের বস্তু পরিষ্কারভাবে দেখা যায় তাকে দূরবীক্ষণ যন্ত্র বলে। আকাশ পর্যবেক্ষণের জন্য যে দূরবীক্ষণ যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাকে নভোবীক্ষণ বা নভো টেলিস্কোপ বলে। ১৬১১ সালে ডেনমার্কের বিখ্যাত জ্যোতির্বিদ জোহানেস কেপলার সর্বপ্রথম নভোবীক্ষণ যন্ত্র তৈরি করেন।

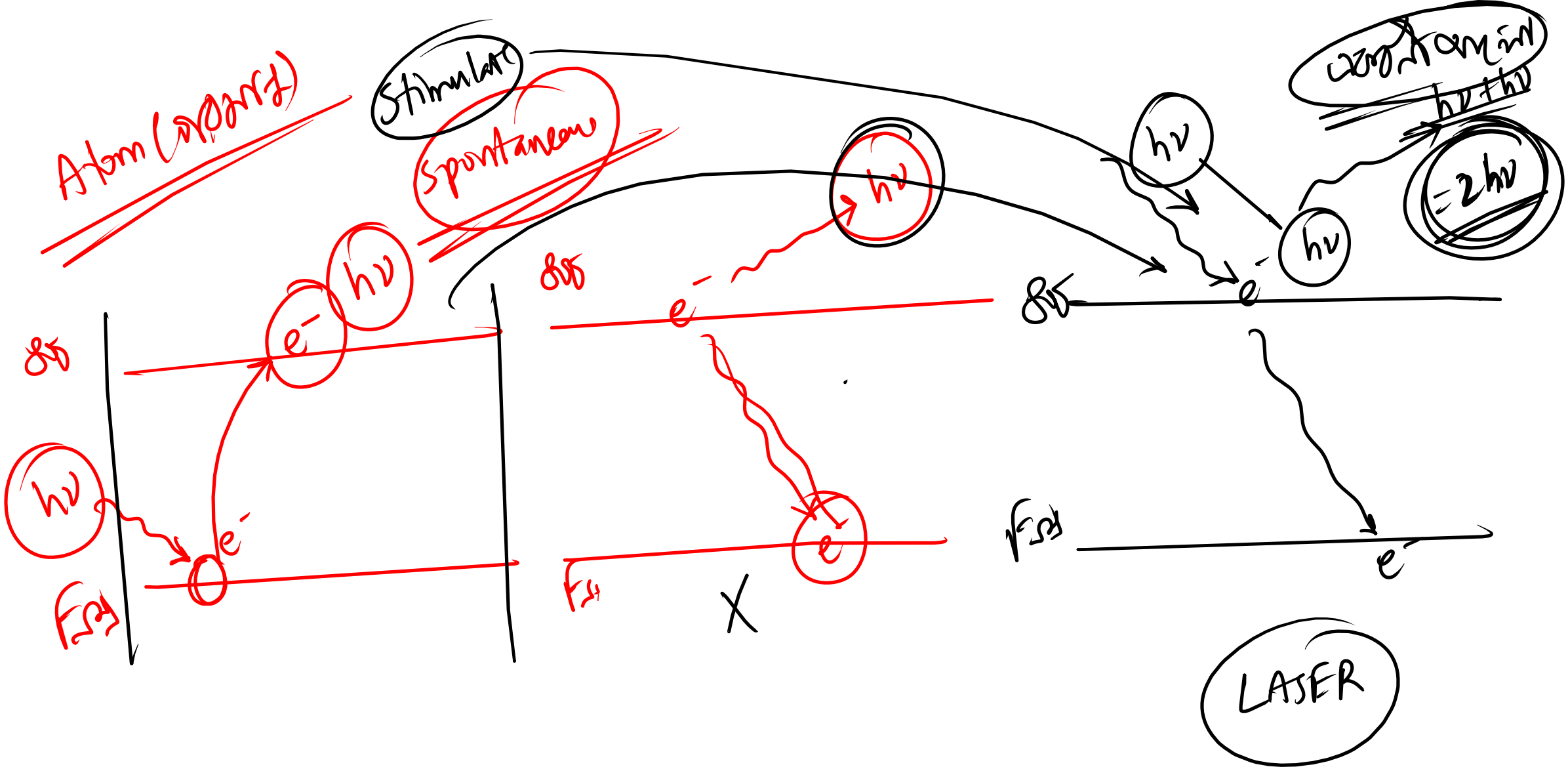
শক্তিশালী আলোকরশ্মি

❑ লেজার

LASER শব্দটির পূর্ণরূপ হলো -Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation। বিজ্ঞানী মাইম্যান ১৯৬০ সালে লেজার রশ্মি আবিষ্কার করেন। এ রশ্মি অত্যাধিক লক্ষ্যভেদী, সুসঙ্গত, একক তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট এবং অনেক দূরত্ব অতিক্রম করার পরও এই রশ্মির দিক বিচ্যুতি ঘটে না।

লেজারের ব্যবহার:

- চিকিৎসাক্ষেত্রে সূক্ষ্ম অস্ত্রোপচারে লেজার রশ্মি ব্যবহৃত হয়। চক্ষু, দন্ত ও চর্মরোগ চিকিৎসায় লেজার রশ্মি ব্যবহার করা হয়।
- পানি দ্বারা লেজার রশ্মি শোষিত হয় না; তাই পানির নিচে যোগাযোগের জন্য এ রশ্মি ব্যবহৃত হয়।
- দূরবর্তী যোগাযোগের ক্ষেত্রে লেজার রশ্মি ব্যবহৃত হয়।
- উচ্চশক্তির লেজার রশ্মি ব্যবহার করে ধাতুর উপর নকশা কাটা যায়।

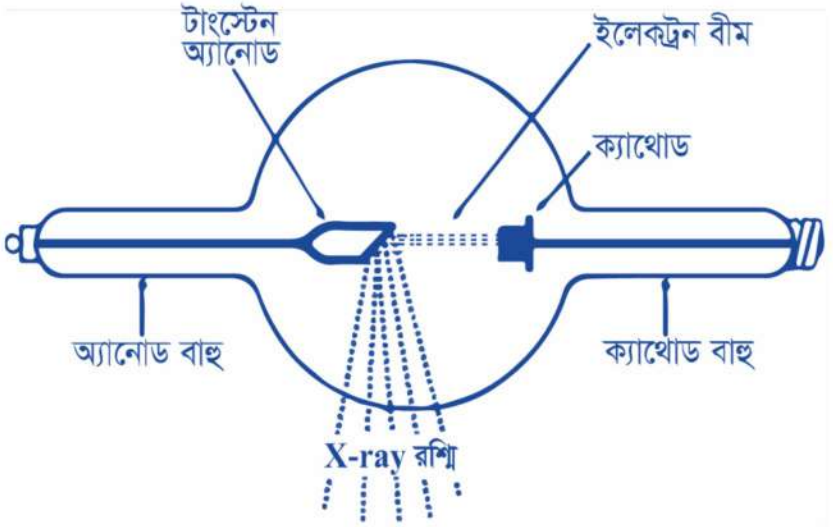

Atom (oxygen)
Stimulated
Spontaneous
hν
e⁻
hν
e⁻
hν
e⁻
hν
e⁻
hν
e⁻
2hν
X
LASER

❑ এক্স-রে

- দ্রুতগতি সম্পন্ন ইলেকট্রন কোনো ধাতুকে আঘাত করলে তা থেকে অতি ক্ষুদ্র তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের এবং উচ্চ ভেদনক্ষমতা সম্পন্ন এক প্রকার তড়িৎ চৌম্বক বিকিরণ উৎপন্ন হয়। এই বিকিরণকে এক্স রে বা এক্স রশ্মি বলে।
- বিজ্ঞানী উইলহেম রন্টজেন ১৮৯৫ সালে এক্স রে আবিষ্কার করেন।
- তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পাল্লা $10^{-8}m$ থেকে $10^{-13}m$ এর কাছাকাছি।

এক্স রে বিকিরণের একক হল রন্টজেন। এক্স রে দুই প্রকার। যথা:

- ✓ **কোমল এক্স রে:** ভেদনক্ষমতা অপেক্ষাকৃত কম।
- ✓ **কঠিন এক্স রে:** ভেদনক্ষমতা বেশি।

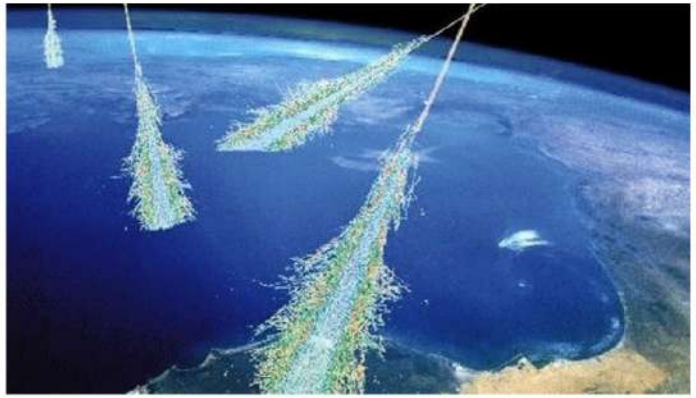


চিত্র: এক্স-রে

❑ এক্স-রের ব্যবহার

- ভেঙে যাওয়া, স্থানচ্যুত হওয়া হাড়, হাড়ে দাগ বা ফাটল, শরীরের ভিতরের কোনো বস্তুর বা ফুসফুসের কোন ক্ষত ইত্যাদির অবস্থান নির্ণয়ে ব্যবহৃত হয়।
- ক্যান্সারের চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়।
- পরিপাক নালী দিয়ে খাদ্যবস্তুর গমন অনুসরণ, অন্ত্রের ও দাঁতের গোড়ায় আলসার নির্ণয়ের জন্য ব্যবহার করা হয়।
- ধাতব ঢালাইয়ের দোষ, ত্রুটিপূর্ণ ওয়েল্ডিং, ধাতব পাতের গর্ত ইত্যাদি নির্ণয়ে ব্যবহৃত হয়।
- কেলাস গঠন পরীক্ষায় এক্সরে ব্যবহৃত হয়। হীরার ভিতর দিয়ে এক্স রশ্মি যেতে পারে না বলে হীরা যাচাইয়ে এক্স রশ্মি ব্যবহার করা হয়।
- স্বর্ণকারেরা এর সাহায্যে আসল ও নকল গহনা শনাক্ত করতে পারেন।
- কফি, লজেন্স, সিগারেট ইত্যাদির মান বজায় আছে কিনা বা ক্ষতিকর কোনো কিছু মিশ্রিত হয়েছে কিনা তা জানার জন্য ব্যবহৃত হয়।
- কাঠের বাক্স বা চামড়ার থলিতে বিস্ফোরক লুকিয়ে রাখলে তা খুঁজে বের করতে ব্যবহার করা হয়।
- কাস্টমস কর্মকর্তারা চোরাচালানের দ্রব্যাদি খুঁজে বের করতে এক্সরে ব্যবহার করেন।

❑ কসমিক রে



- মহাশূন্য থেকে উচ্চ গতি ও শক্তিসম্পন্ন যে সকল তাড়িত/আহিত কণা পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলে প্রবেশ করে তাদেরকে সমষ্টিগতভাবে মহাজাগতিক রশ্মি বা কসমিক রে বলে।
- কসমিক রে মূলত মহাশূন্যে সুপারনোভার বিস্ফোরণ থেকে উৎপত্তি লাভ করে।
- ১৯১২ সালে অস্ট্রিয়ান বিজ্ঞানী ভিক্টর হেস মহাজাগতিক রশ্মি আবিষ্কার করেন। এজন্য তাঁকে ১৯৩৬ সালে পদার্থে নোবেল পুরস্কার দেওয়া হয়।

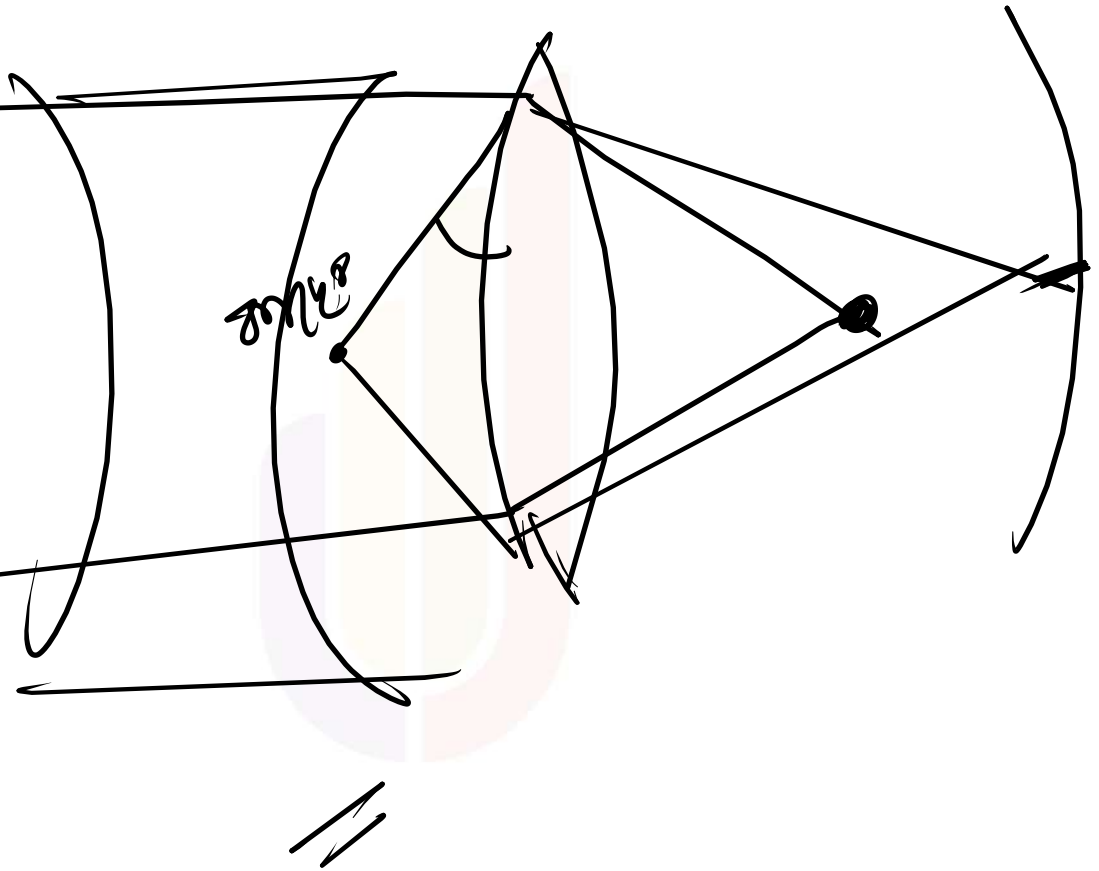
৯। মামুন ইদানীং স্টেডিয়ামে বসে খেলা দেখার সময় খেয়াল করল যে, সে খেলা স্পষ্টভাবে দেখতে পাচ্ছে না। তার দরকার-

(a) বাইফোকাল লেন্স

(b) টরিক লেন্স

(c) কনভেক্স লেন্স

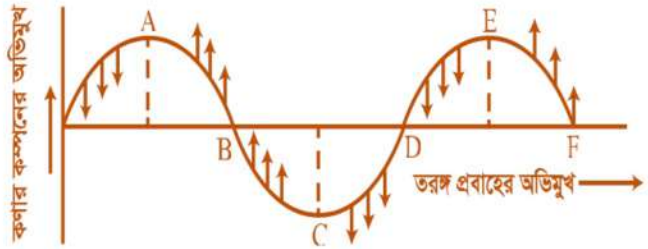
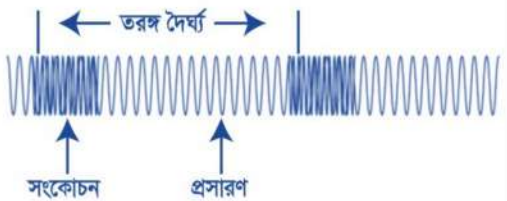
(d) কনকেভ লেন্স

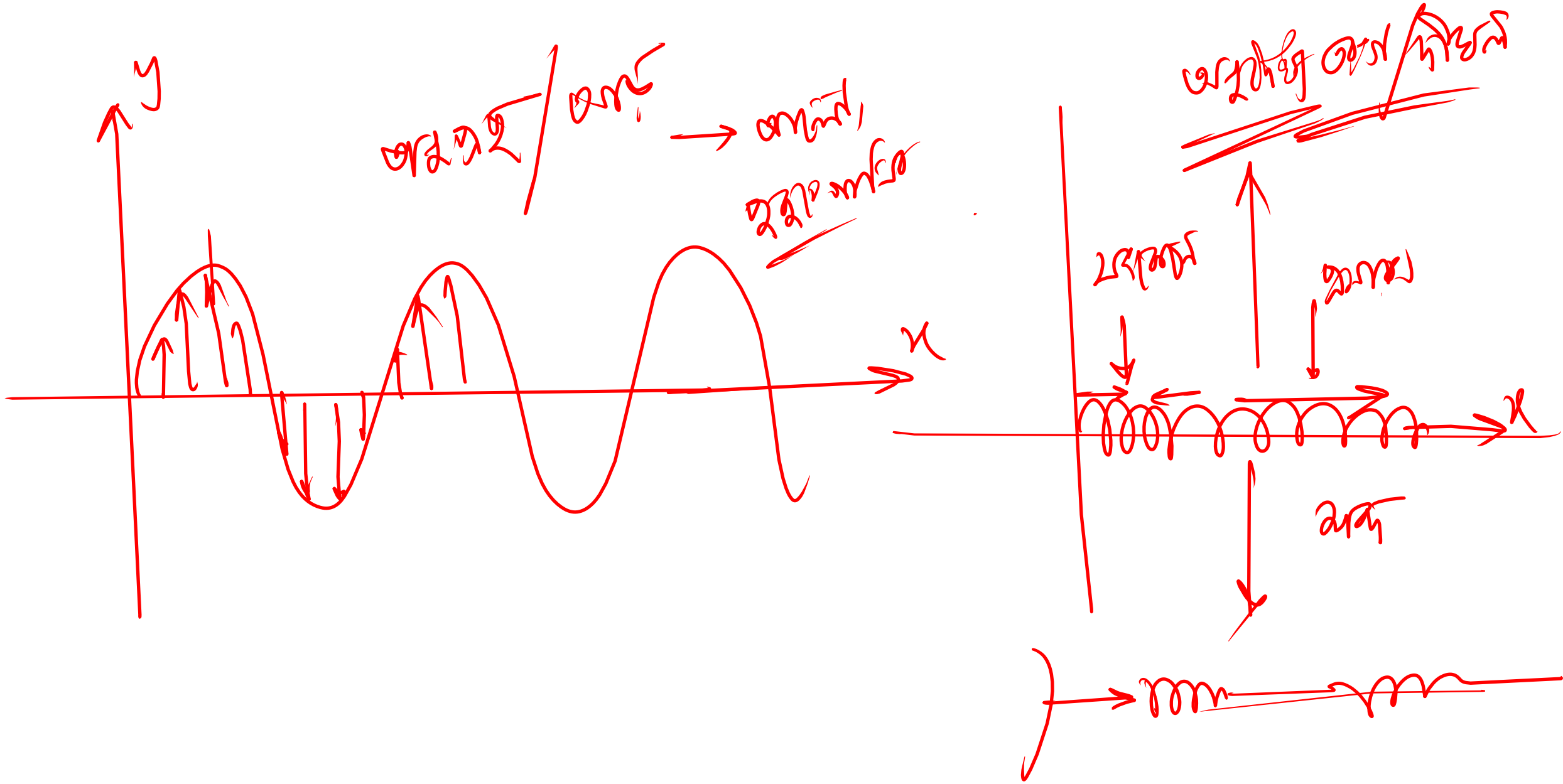


❑ তরঙ্গ

তরঙ্গ হলো এক ধরনের পর্যাবৃত্ত আন্দোলন যা কোনো জড় মাধ্যমের এক স্থান থেকে অন্য স্থানে শক্তি সঞ্চারিত করে। যেমন: শব্দ তরঙ্গ, পানির তরঙ্গ ইত্যাদি।

❑ **প্রকারভেদ:** তরঙ্গ ২ প্রকার-

অনুপ্রস্থ তরঙ্গ	অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ
সমকোণে অগ্রসর হয়। যেমন: টানা তারের আড় তরঙ্গ, পানির উপর দিয়ে সঞ্চালিত ঢেউ তরঙ্গ, ড্রামের পর্দায় আঘাতে উৎপন্ন তরঙ্গ ইত্যাদি।	সমান্তরালে অগ্রসর হয়। যেমন: বায়ু মাধ্যমে শব্দের তরঙ্গ, স্প্রিং সৃষ্ট তরঙ্গ, ঢোলে বাড়ি দিলে সৃষ্ট তরঙ্গ ইত্যাদি।
	


y
x
তরঙ্গের গতি
চৌম্বক
তড়িৎ
তরঙ্গের গতি

1) বিস্তার, Amplitude, A

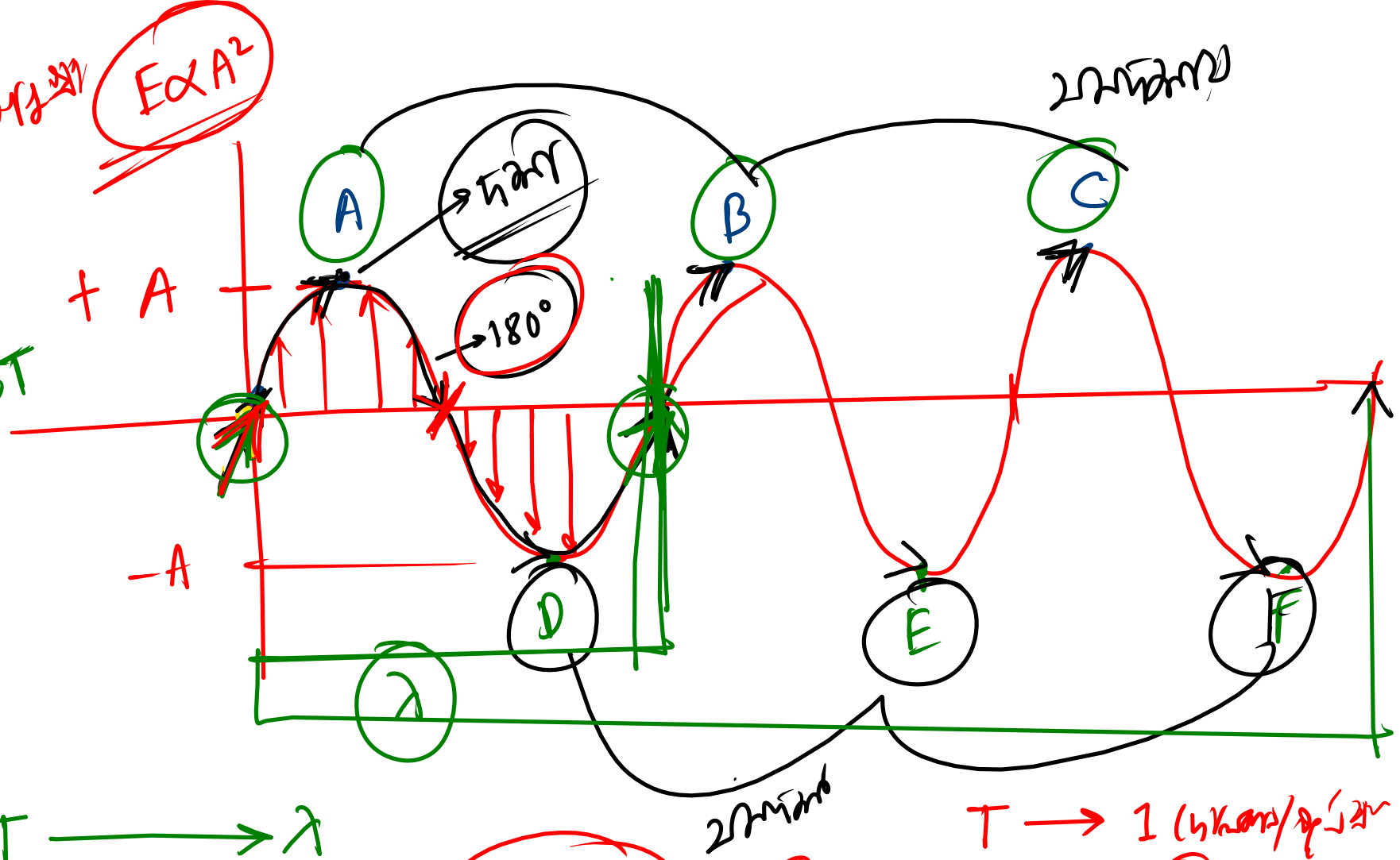
2) তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, λ

3) কম্পাঙ্ক, f

4) $v = f\lambda$

5) দশা = phase

তীব্রতা $E \propto A^2$



$T \longrightarrow \lambda$

$\therefore 1 \longrightarrow \frac{\lambda}{T}$

$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times \frac{1}{T}$

$v = f\lambda$

$T \longrightarrow 1$ (চক্রকাল/পূর্ণতরঙ্গ)

$\therefore 1 \longrightarrow \frac{1}{T}$

$f = \frac{1}{T}$

ห้องเรียน

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \times x$$

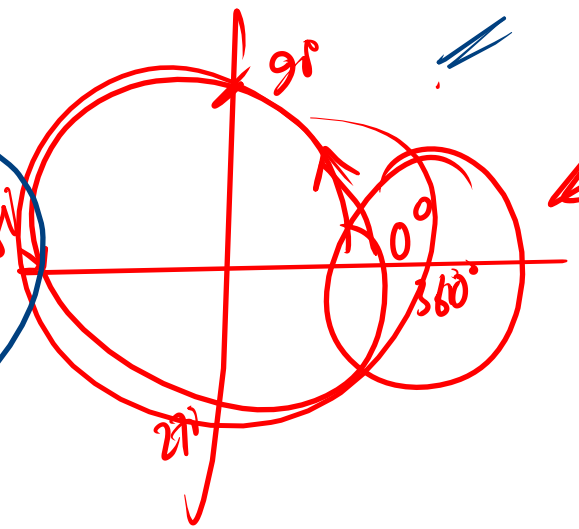
$\lambda = 2m$

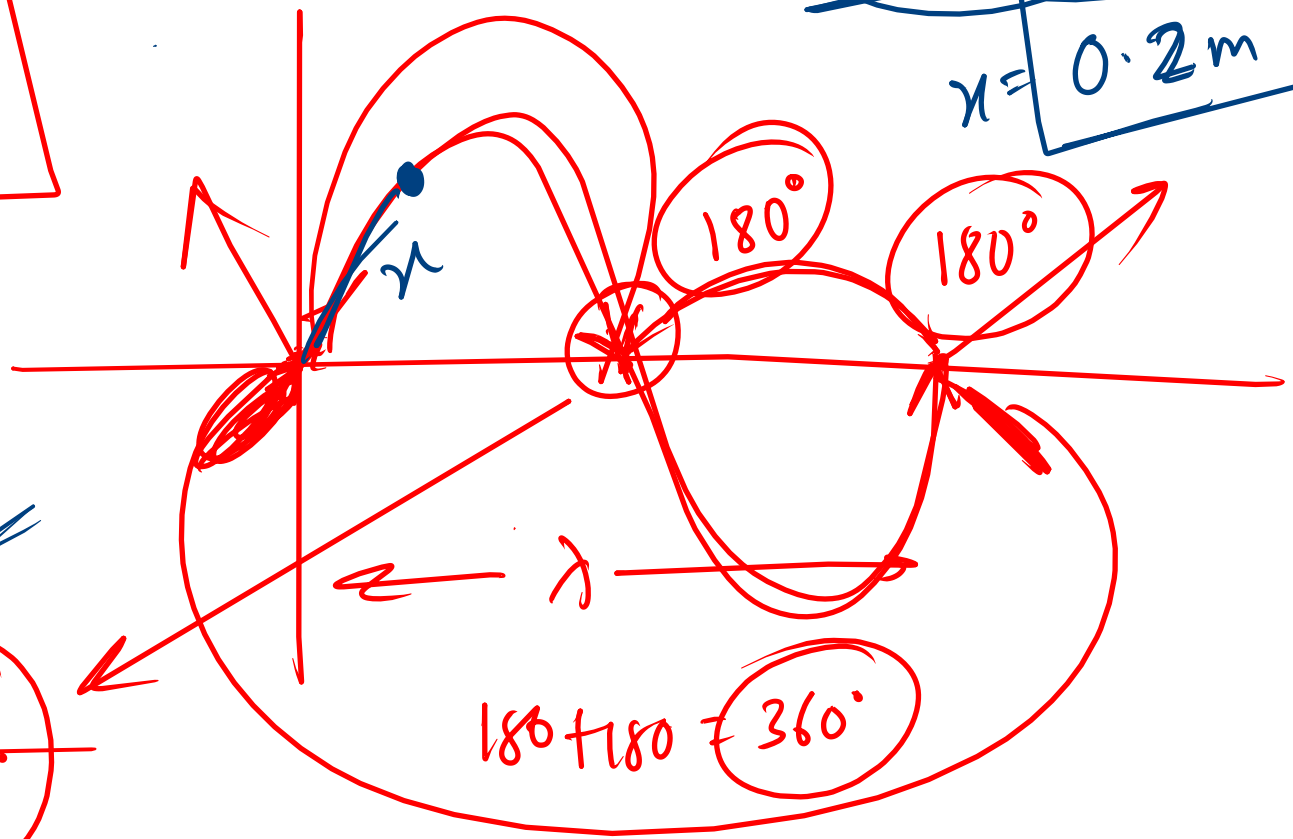
$x = 0.2m$

$\lambda \longrightarrow 360^\circ \rightarrow 2\pi$

$1 \longrightarrow \frac{2\pi}{\lambda}$

$x \longrightarrow \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \times x$





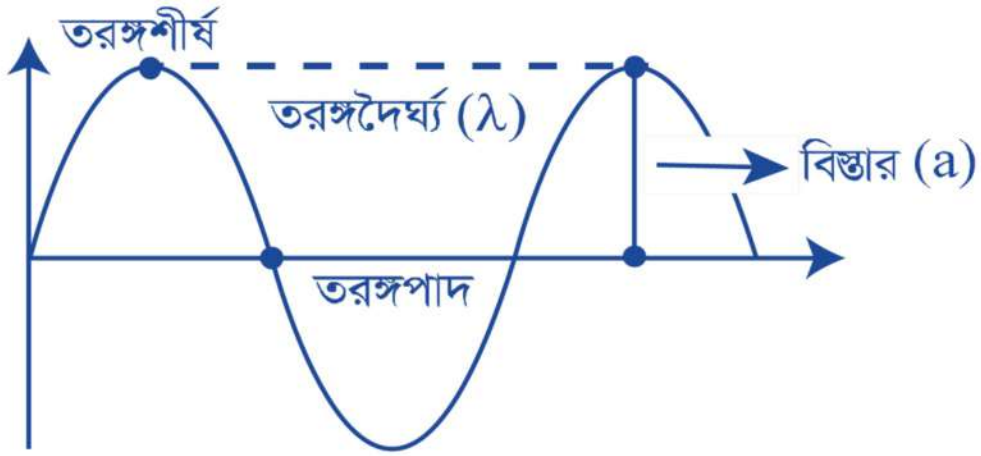
$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \times x = \frac{2\pi}{2} \times 0.2$$

$$= 0.2\pi$$

$$= 0.2 \times 180 = 36^\circ$$

❑ তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য

- মাধ্যমের প্রয়োজন
- শক্তি সঞ্চালন করে
- প্রতিফলন, প্রতিসরণ ও উপরিপাতন ঘটে
- তরঙ্গের শক্তি, বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক

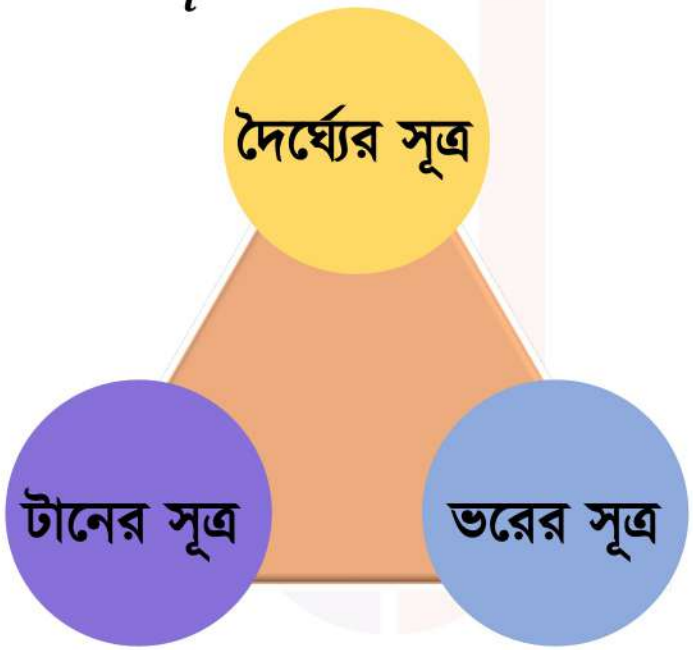


❑ তরঙ্গ সংশ্লিষ্ট কিছু রাশি

পর্যায়কাল	কোনো কণার একটি পূর্ণ স্পন্দন সম্পূর্ণ হতে যে সময় লাগে তাকে পর্যায়কাল বলে। পর্যায়কালকে T দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
কম্পাঙ্ক	প্রতি সেকেন্ডে যতগুলো পূর্ণ তরঙ্গ সৃষ্টি হয় তাকে তরঙ্গের কম্পাঙ্ক বলে। একে f দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কম্পাঙ্ক, $\mathbf{f = \frac{1}{T}}$, এখানে, $\mathbf{T}$ = পর্যায়কাল। প্রখ্যাত জার্মান পদার্থবিজ্ঞানী হাইনরিখ হার্জের নামানুসারে কম্পাঙ্কের এককের নামকরণ করা হয়েছে হার্জ (Hz)। একে 'পূর্ণ স্পন্দন প্রতি সেকেন্ড' বা $\mathbf{s^{-1}}$ আকারে প্রকাশ করা হয়।
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য	একটি পূর্ণ স্পন্দন সম্পন্ন হতে যে সময় লাগে সেই সময়ের তরঙ্গ যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বলে। একে ল্যামডা (λ) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর একক মিটার (m)।
তরঙ্গ বেগ	নির্দিষ্ট দিকে এক সেকেন্ডে তরঙ্গ যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গ বেগ বলে। একে v দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর একক $\mathbf{ms^{-1}}$। $v = f\lambda$ এখানে, v = তরঙ্গ বেগ, f = কম্পাঙ্ক এবং λ = তরঙ্গ দৈর্ঘ্য

- টানা তারের আড় কম্পনের ৩টি সূত্র পাওয়া যায়-

$n \propto \frac{1}{l}$; [যখন T ও m স্থির]



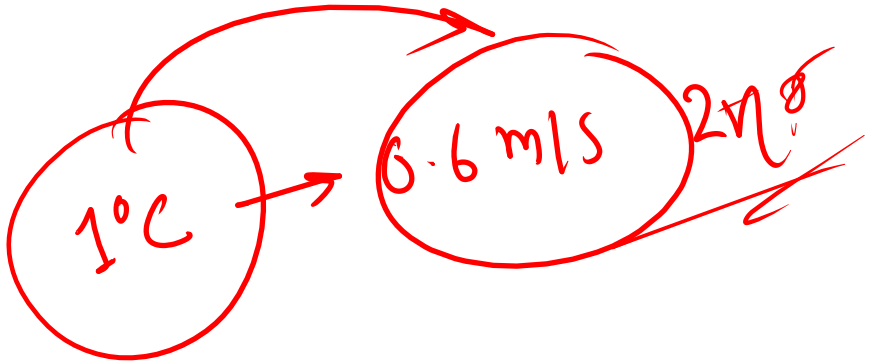
$n \propto \sqrt{T}$ [যখন l ও m স্থির]

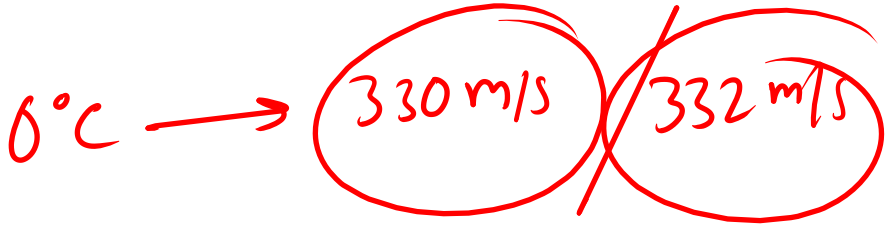
$n \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$ [যখন T ও l স্থির]

❑ বিভিন্ন মাধ্যমে শব্দের গতি

মাধ্যমের অবস্থা	মাধ্যম	শব্দের গতি (ms^{-1})
কঠিন	লোহা	৫২২১
তরল	বিশুদ্ধ পানি	১৪৯৩
বায়বীয়	বাতাস	৩৩০

❖ কঠিন মাধ্যমে শব্দের সর্বোচ্চ গতি হলো – স্টিল (৫৯৬০) মাধ্যমে।





❑ শ্রাব্যতার পাল্লা

শব্দ উৎসের কম্পাঙ্ক যদি 20Hz থেকে 20,000Hz এর মধ্যে থাকে তবে সে শব্দ আমরা শুনতে পাই। একে শ্রাব্যতার পাল্লা বলে।

❑ শব্দেতর তরঙ্গ

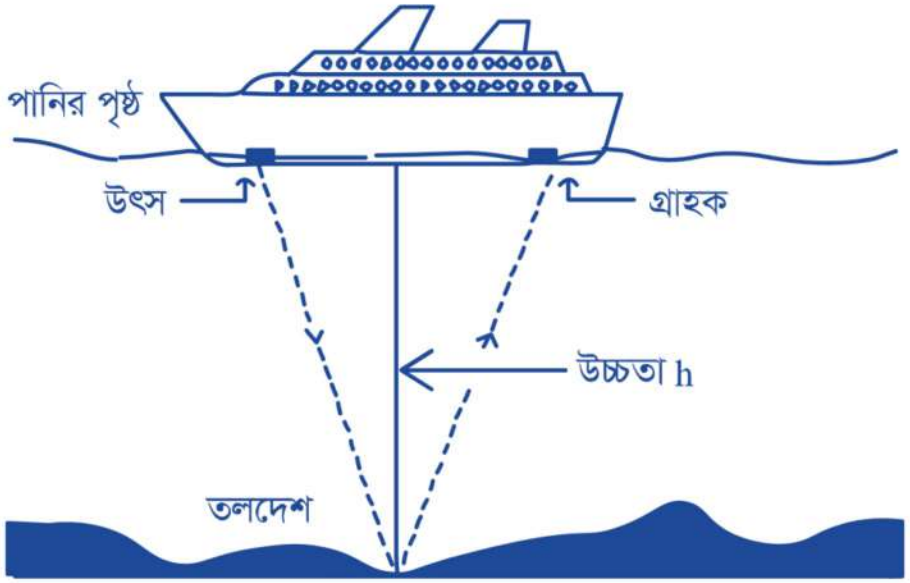
উৎসের কম্পাঙ্ক যদি $20Hz$ এর কম হয় তবে তাকে শব্দেতর তরঙ্গ বলে। এধরনের শব্দকে অবশ্রুতি শব্দ বা ইনফ্রাসনিক তরঙ্গও বলে।

❑ শব্দোত্তর তরঙ্গ

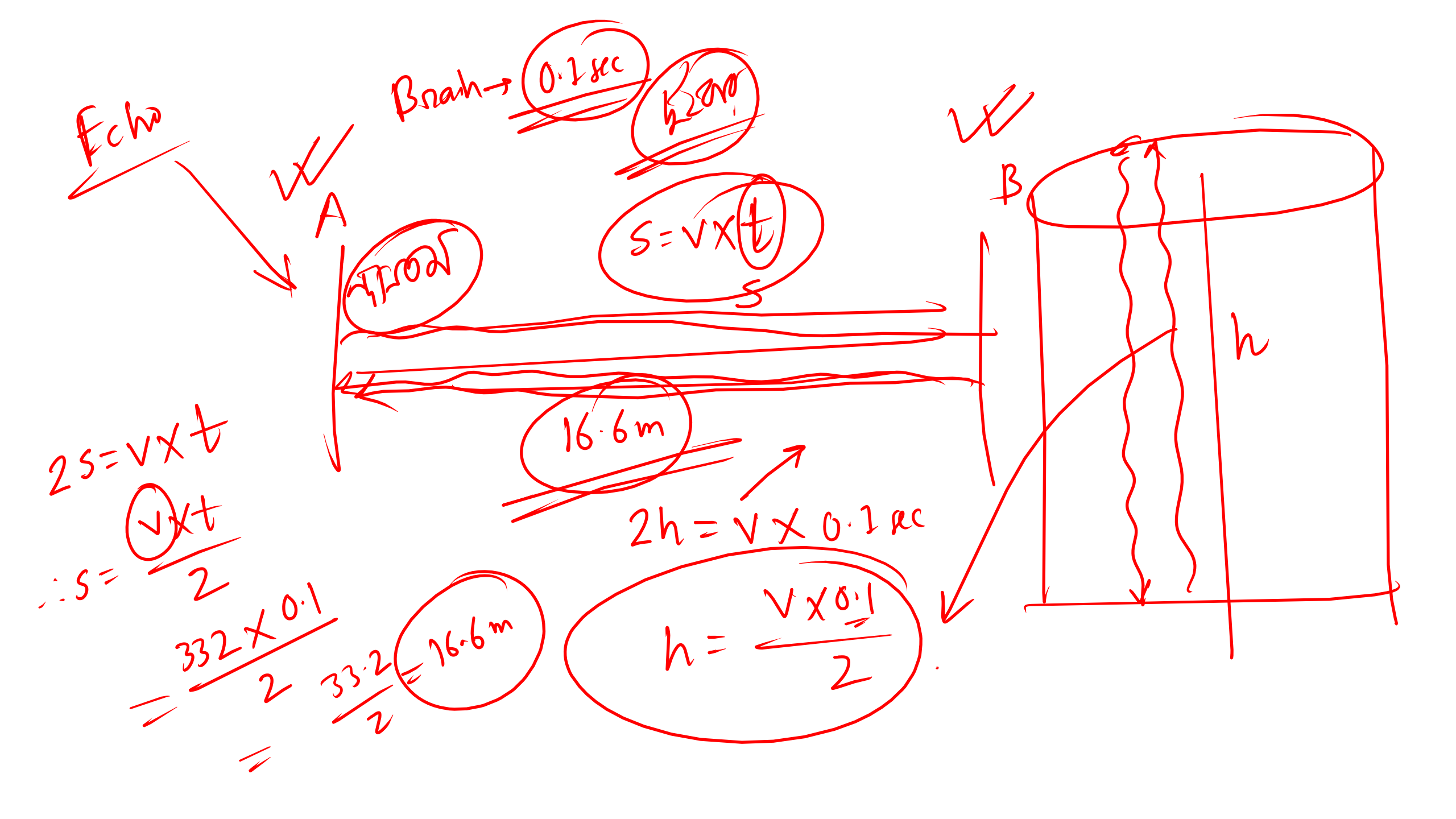
উৎসের কম্পাঙ্ক যদি 20,000Hz এর বেশি হয় তবে তাকে শব্দোত্তর তরঙ্গ বলে। এ শব্দকে শ্রবণাতীত বা অতিশব্দ বা আল্ট্রাসনিক তরঙ্গ বলে। মানুষ এই সীমার বেশি কম্পাংকের শব্দ শুনতে না পেলেও কুকুর 35,000Hz এবং বাদুড় 100,000Hz পর্যন্ত কম্পাঙ্কের শব্দ শুনতে পায়। তিমি শব্দোত্তর তরঙ্গের মাধ্যমে পরস্পরের সাথে যোগাযোগ ও মনোভাব বজায় রাখে।

❑ শব্দের প্রতিধ্বনি

- কোনো উৎস থেকে সৃষ্ট শব্দ যখন দূরবর্তী কোনো মাধ্যমে বাধা পেয়ে উৎসের কাছে ফিরে আসে তখন মূল ধ্বনির যে পুনরাবৃত্তি হয় তাকে শব্দের প্রতিধ্বনি বলে।
- কোনো শব্দ শোনার পর প্রায় ০.১ সেকেন্ড পর্যন্ত এর রেশ আমাদের মস্তিষ্কে থাকে। এই সময়কে শব্দানুভূতির স্থায়িত্বকাল বলে।
- শব্দের প্রতিধ্বনি শোনার জন্য উৎস ও প্রতিফলকের মধ্যবর্তী দূরত্ব ন্যূনতম ১৬.৬ মিটার হওয়া প্রয়োজন।
- শব্দের প্রতিধ্বনি ব্যবহার করে সমুদ্র ও কুয়ার গভীরতা নির্ণয় করা যায়।



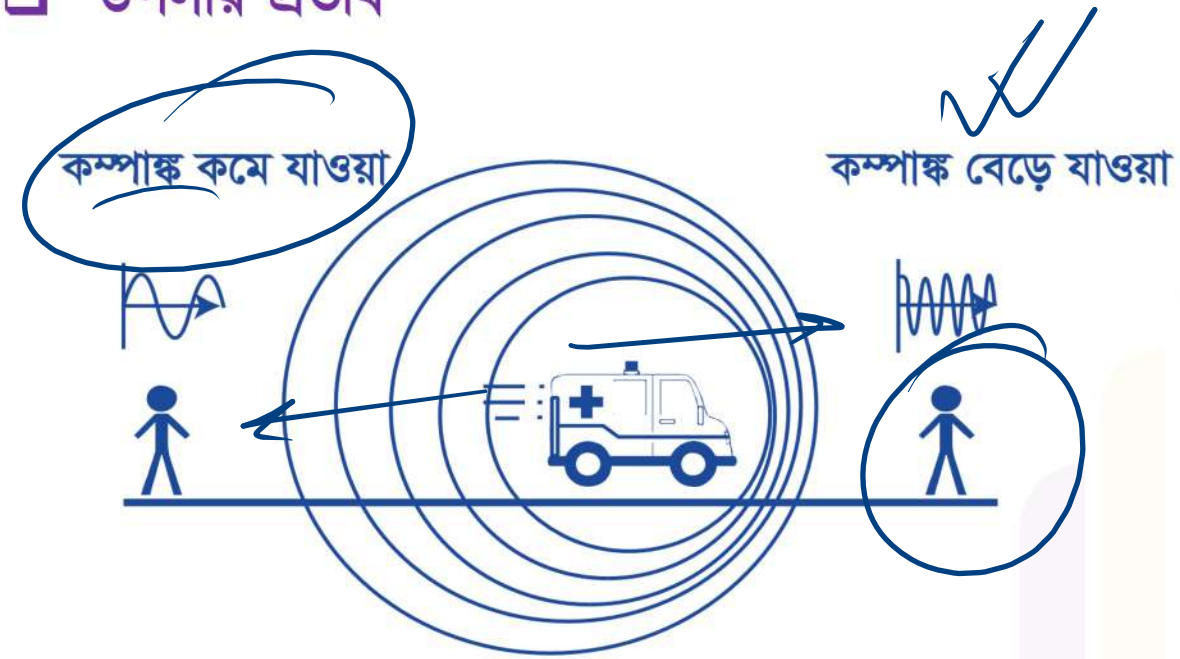
চিত্র: প্রতিধ্বনির সাহায্যে পানির গভীরতা নির্ণয়


Echo
Brah → 0.1 sec
A
B
h
s = v x t
s
16.6 m
2h = v x 0.1 sec
h = v x 0.1 / 2
2s = v x t
s = v x t / 2
332 x 0.1 / 2
33.2 / 2 = 16.6 m

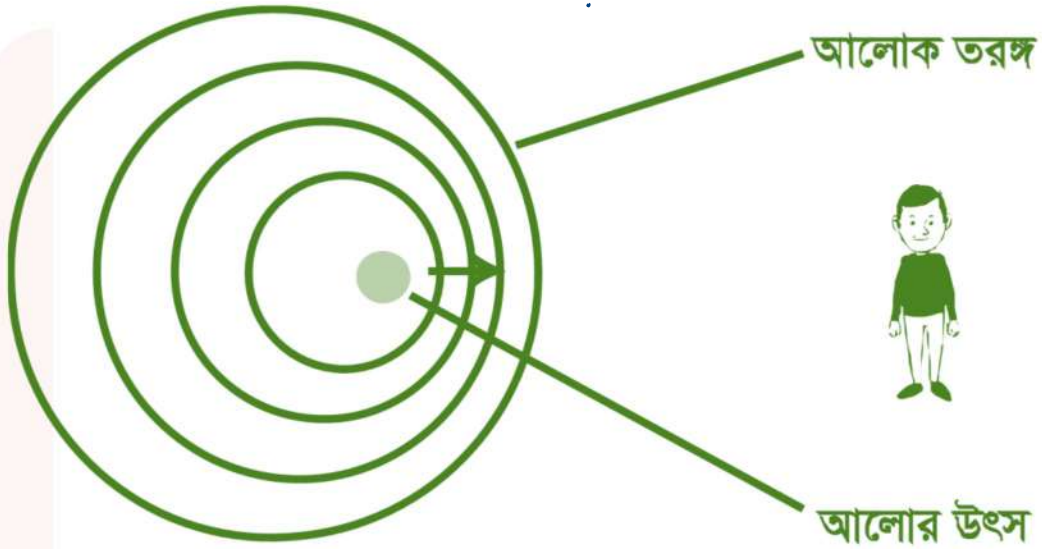
শব্দ প্রতিফলনের ব্যবহার

- সমুদ্রের গভীরতা, হিমশৈল, ডুবোজাহাজ ইত্যাদির অবস্থান নির্ণয়ে।
- পোতাশ্রয়ের মুখ থেকে জাহাজকে পথ প্রদর্শন।
- আল্ট্রাসনোগ্রাফির সাহায্যে রোগ নির্ণয় ও চিকিৎসা ক্ষেত্রে।
- স্টেথোস্কোপের সাহায্যে মানুষের হৃৎস্পন্দন নির্ণয় করতে।
- ধাতব পাতে সূক্ষ্ম ফাটল অনুসন্ধান।
- তরল মিশ্রণ তৈরিতে (পারদ ও পানি)।
- ক্ষতিকারক ব্যাকটেরিয়া ধ্বংস করা।
- সূক্ষ্ম ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতি তৈরী।

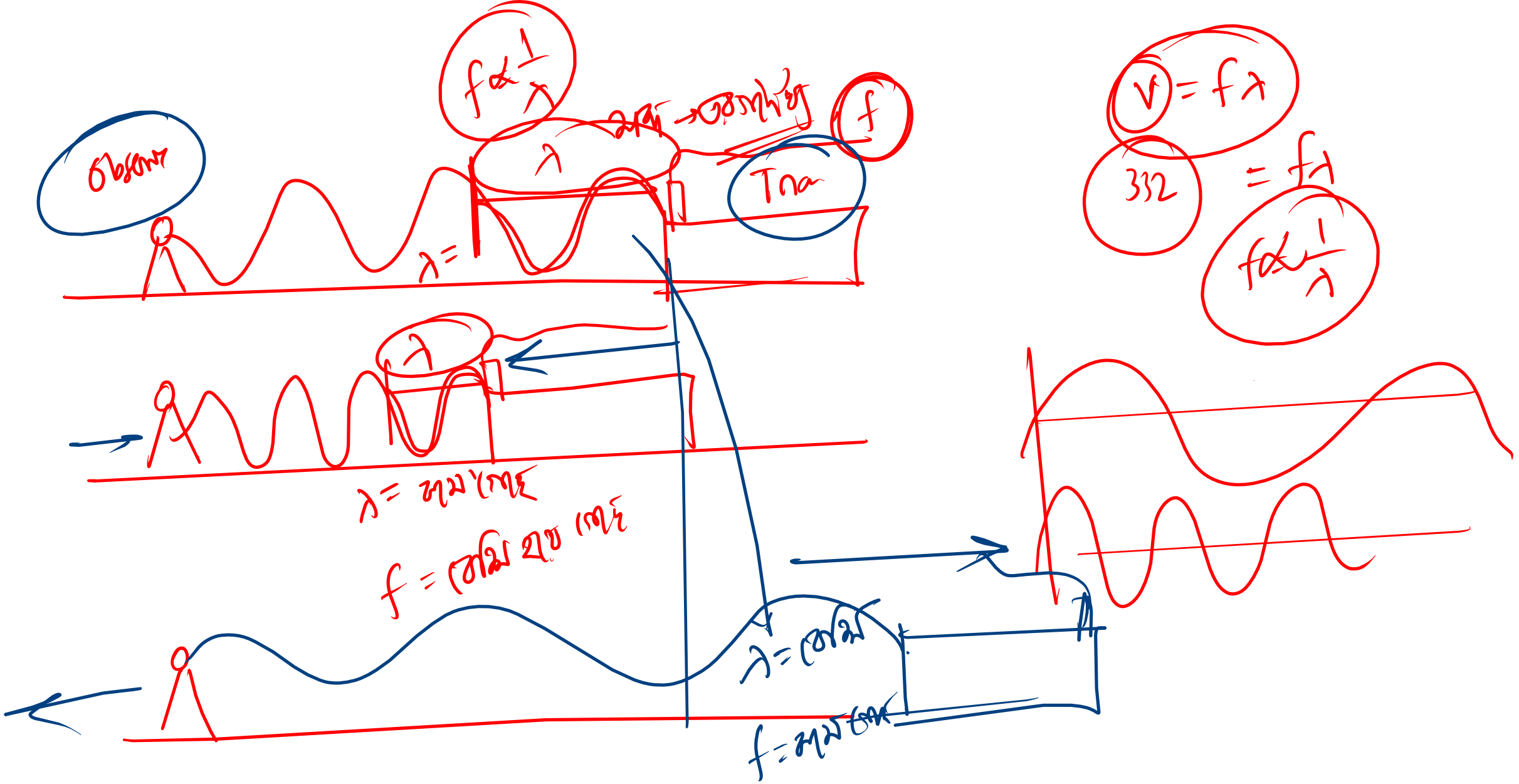
❑ ডপলার প্রভাব

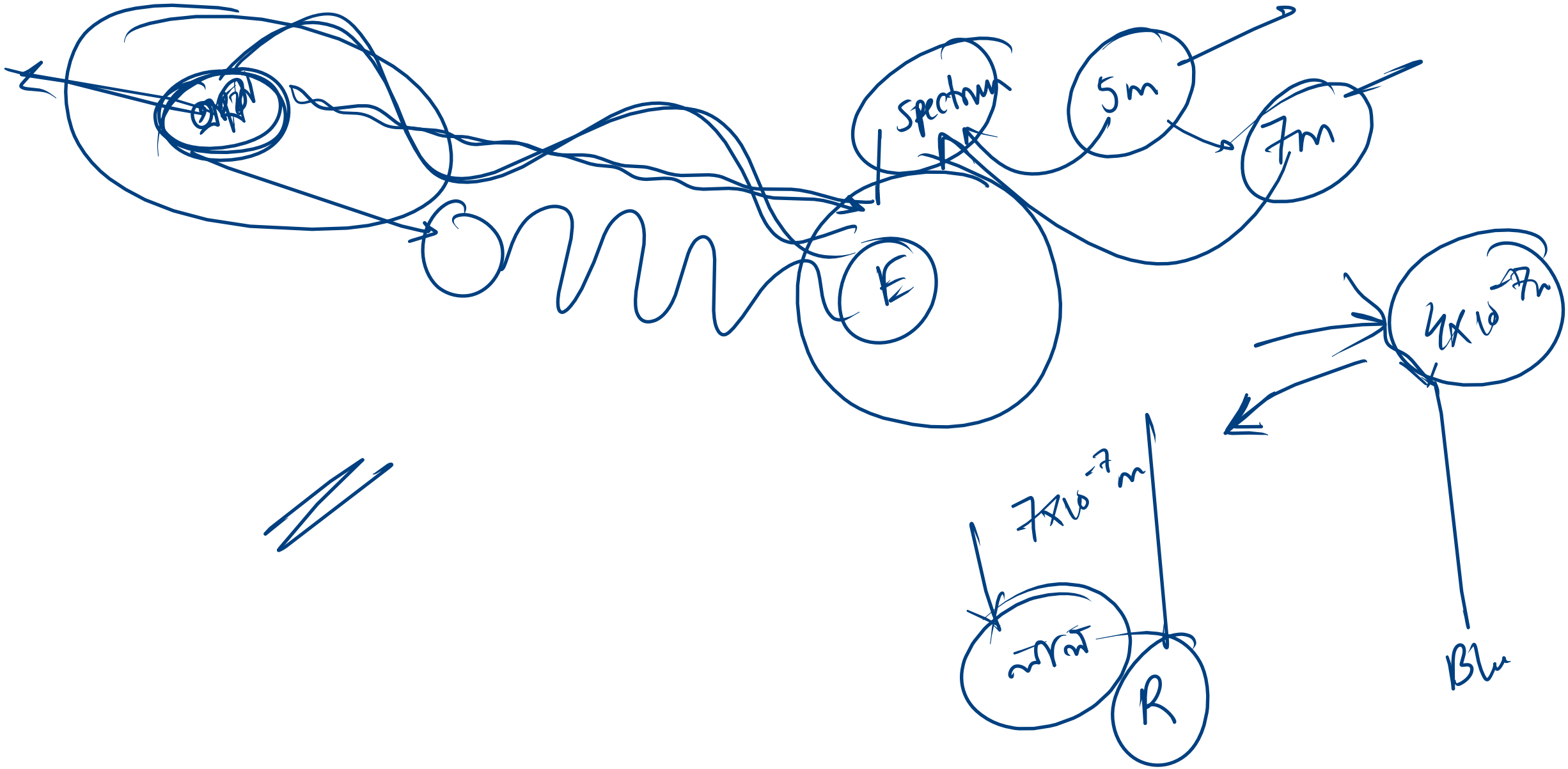


চিত্র: শব্দ তরঙ্গের ক্ষেত্রে ডপলার প্রভাব



চিত্র: আলোক তরঙ্গের ক্ষেত্রে ডপলার প্রভাব


$f \propto \frac{1}{\lambda}$
λ
f
$V = f\lambda$
$332 = f\lambda$
$f \propto \frac{1}{\lambda}$


Spectrum
5m
7m
E
R
Blu

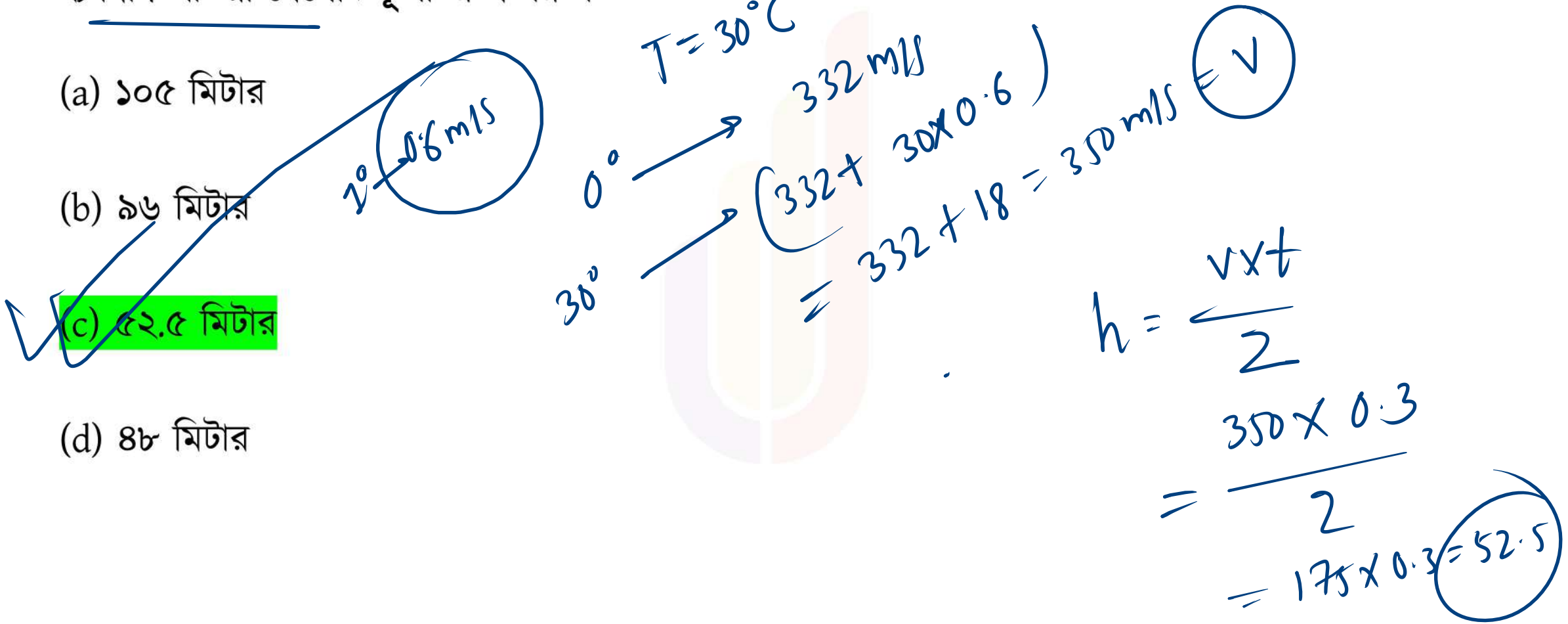
➢ ৩০ ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রায় কূপের গভীরতা নির্ণয়ের সময় শব্দ ও প্রতিধ্বনির মাঝে ০.৩ সেকেন্ড সময় ব্যবধান পাওয়া গেলো। কূপটির গভীরতা-

(a) ১০৫ মিটার

(b) ৯৬ মিটার

(c) ৫২.৫ মিটার

(d) ৪৮ মিটার



❖ কোনটি আলোর প্রাথমিক রং হিসাবে বিবেচনা করা হয় না? [৪৬তম বিসিএস]

(ক) সবুজ (খ) নীল (গ) লাল (ঘ) হলুদ

❖ টেলিভিশনে যে তরঙ্গ ব্যবহৃত হয় - [৪৫তম বিসিএস]

(ক) রেডিও ওয়েভ (খ) অবলোহিত রাশ্মি (গ) আলট্রা ভায়োলেট (ঘ) দৃশ্যমান রাশ্মি

❖ উড়োজাহাজের গতি নির্ণায়ক যন্ত্রের নাম কী? [৪৫তম বিসিএস]

(ক) ট্যাকোমিটার (খ) অ্যালটিমিটার (গ) ওডোমিটার (ঘ) অডিওমিটার

❖ ফটোগ্রাফিক প্লেটে আবরণ থাকে- [৪৪তম বিসিএস]

(ক) সিলভার ব্রোমাইডের (খ) সিলভার ক্লোরাইডের

(গ) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের (ঘ) সিলভার ফ্লোরাইডের

❖ কোন মাধ্যমে আলোর পালস্ ব্যবহৃত হয়? [৪৩তম বিসিএস]

(ক) তামার তার (খ) কো-এক্সিয়াল ক্যাবল (গ) অপটিক্যাল ফাইবার (ঘ) ওয়্যারলেস মিডিয়া

❖ আলোকবর্ষ ব্যবহার করে কী পরিমাপ করা হয়? [৪১তম বিসিএস]

(ক) দূরত্ব (খ) সময় (গ) ভর (ঘ) ওজন

❖ **আকাশে রংধনু সৃষ্টির কারণ-** [৩৭তম বিসিএস]

(ক) ধূলিকণা (খ) বায়ুস্তর (গ) বৃষ্টির কণা (ঘ) অতিবেগুনি রশ্মি

❖ **শূন্য মাধ্যমে শব্দের বেগ কত?** [৩৭তম বিসিএস]

(ক) ২৮০ m/s (খ) শূন্য (গ) ৩৩২ m/s (ঘ) ১১২০ m/s

❖ **কোন রঙ বেশি দূর থেকে দেখা যায়?** [৩৬তম বিসিএস]

(ক) White (খ) Red (গ) Black (ঘ) Yellow

❖ **সিনেমাস্কোপ প্রজেক্টরে কোন ধরনের লেন্স ব্যবহৃত হয়?** [৩১তম বিসিএস]

(ক) উত্তল (খ) অবতল (গ) জুম (ঘ) সিলিনড্রিক্যাল

❖ **কোন আলোক তরঙ্গ (Light spectrum) মানব চোখে দেখতে পাওয়া যায়?** [৩১তম বিসিএস]

(ক) ১০ থেকে ৪০০ ন্যানো মি. (nm) (খ) ৪০০ থেকে ৭০০ ন্যানো মি. (nm)

(গ) ১০০ মাইক্রোমিটার থেকে ১ মি. (m) (ঘ) ১ মি. (m) এর ঊর্ধ্বে

❖ **অপটিক্যাল ফাইবার (Optical fibre) হচ্ছে-** [৩১তম বিসিএস]

(ক) খুব সরু ও নমনীয় কাঁচতন্ত্র আলোকনল (খ) খুব সূক্ষ্ম সুপরিবাহী তামার তার তন্ত্র নল

(গ) খুব সরু এসবেস্টোস ঘটিত নল (ঘ) সূক্ষ্ম প্লাস্টিক ঘটিত নল

BCS কঠিন নয়;
প্রস্তুতি যদি গোছানো হয়

Facebook Page
https://www.facebook.com/uttoronacademy

Facebook Group (BCS উত্তরণ)
https://www.facebook.com/groups/www.uttoron.academy

YouTube Channel
https://www.youtube.com/@Uttoron

উত্তরণ
ক্যারিয়ার এন্ড স্কিলস একাডেমি

BCS অনলাইন ও অফলাইনের সমন্বয়ে গোছানো প্রস্তুতি
(https://www.youtube.com/watch?v=MFKW8FSNnP0)

একটি উদ্যম-উন্মেষ প্রতিষ্ঠান

09666775566
www.uttoron.academy