3.2 平面や空間を伝わる波 ①

No.

Date

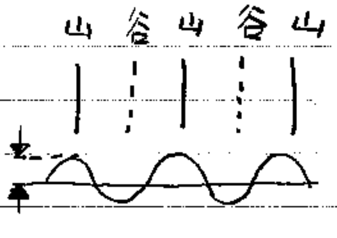
331.

(1) ① ホイヘンス ②波源 ③素元波 ④波面
⑤反射 ⑥屈折

(2) ⑦長い ⑧回折

(3) ⑨低く ⑩小さ ⑪長 ⑫赤 ⑬ドップラー

(4) ⑭(相対)屈折率 ⑮小さ



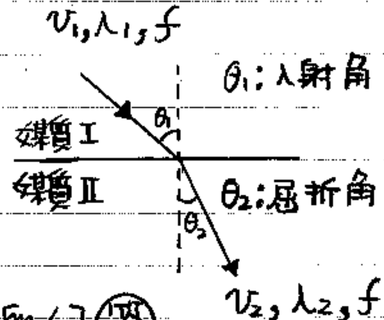
332. (1) M点から21cmで波面は実線
なので、M点から出た波の高さ
はP点では振幅2.5cmと等しい

N点から27cmで波面は実線 → 波面は山で高さ2.5cm
M点からの波とN点からの波の合成は2.5cm+2.5cm = 5.0cm
よって 5.0cm → 0.05[m] 答

(2) M点から21cmで波面は実線 → 波面は山で高さ2.5cm
N点から12cmで波面は点線 → 波面は谷で高さ −2.5cm
よって 2.5 − 2.5 = 0 0.0 [m] 答

(3) 実線：振幅が最も高い点 → 上図の山の部分
点線：振幅が最も低い点 → 上図の谷の部分

333. ホイヘンスの原理より屈折の法則が導かれる。



屈折の法則 $n_{12} = \dfrac{v_1}{v_2} = \dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \dfrac{\lambda_1}{\lambda_2}$ ①

注) 屈折しても波動の周波数 f は一定
設問より $n_{12} = 1.4$、$v_1 = 0.21\ m/s$、$f = 5\ Hz$

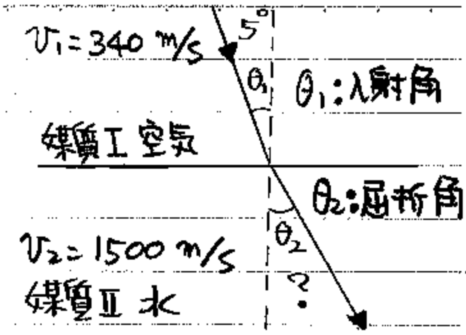
①を $v_2 =$ の形に $v_2 = \dfrac{v_1}{n_{12}} = \dfrac{0.21}{1.4} = 0.15$ $v_2 = 0.15$ [m/s] 答

$v_1 = \lambda_1 f$ $\lambda_1 = v_1/f = 0.21/5 = 0.042$ m

①を λ_2 の形に $\lambda_2 = \dfrac{\lambda_1}{n_{12}} = \dfrac{0.042}{1.4} = 0.03$ $\lambda_2 = 0.03$ [m] 答

3.2 平面や空間を伝わる波②

334. 屈折の法則 $n_{12} = \dfrac{v_1}{v_2} = \dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$



設問より $v_1 = 340$ m/s　$v_2 = 1500$ m/s　$\theta_1 = 5°$

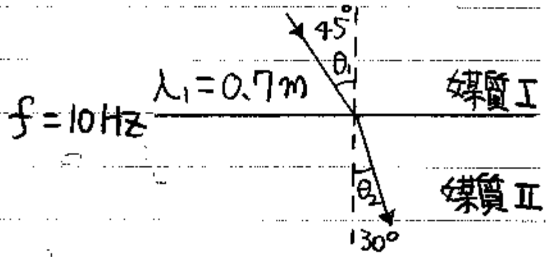
屈折率 $n_{12} = \dfrac{340}{1500} = 0.22666$

$\sin\theta_2 = \dfrac{\sin\theta_1}{n_{12}} = \dfrac{\sin 5°}{0.22666} = \dfrac{0.087156}{0.226667}$

$= 0.3845$　θ_2の値を求めるには逆関数 $\sin^{-1}$　$\theta_2 = \sin^{-1}(0.3845)$

$\theta_2 = 22.61$　　屈折角 $\theta_2 = 22.6°$ 答

335. $n_{12} = \dfrac{v_1}{v_2} = \dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \dfrac{\lambda_1}{\lambda_2}$ より



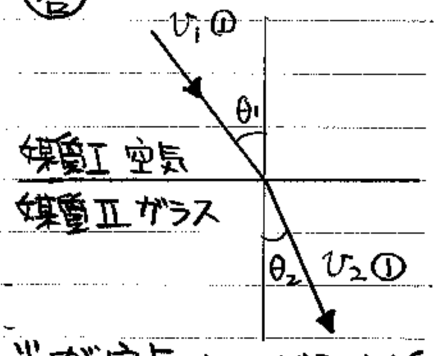
(1) $n_{12} = \dfrac{\sin 45°}{\sin 30°} = 1.41$ 答

(2) $n_{12} = \dfrac{\lambda_1}{\lambda_2}$ より　$\lambda_2 = \dfrac{\lambda_1}{n_{12}} = \dfrac{0.7}{1.41} = 0.496$　0.50 [m] 答

(3) $v_2 = \lambda_2 f = 0.50 \times 10 = 5.00$ [m/s] 答

336. $n_{12} = \dfrac{v_1①}{v_2①} = 1.5$　光の空気に対するガラスの屈折率

$n_{12} = 1.5$ は①の場合

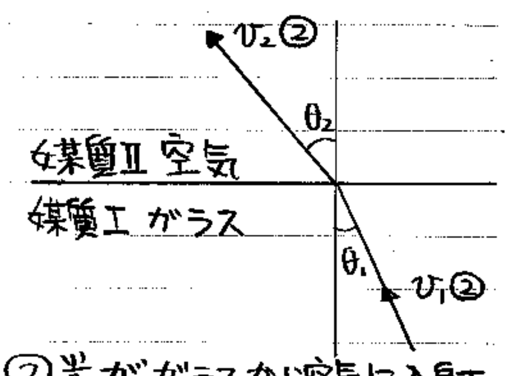


① 光が空気からガラスに入射

設問で解答するのは、光のガラスに対する空気の屈折率で②の場合で考える。

②の場合、光のガラスに対する空気の屈折率は

$n_{12} = \dfrac{v_1②}{v_2②}$（①の場合と逆の光路）



② 光がガラスから空気に入射

媒質により光の速度は決定されるので

$v_1② = v_2①$，　$v_2② = v_1①$ となる。

$n_{12} = \dfrac{v_1②}{v_2②} = \dfrac{v_2①}{v_1①} = \dfrac{1}{\dfrac{v_1①}{v_2①}} = \dfrac{1}{1.5}$

$n_{12} = 0.666$　　ガラスに対する空気の屈折率 0.67 答

3.2 平面や空間を伝わる波 ③

No.

Date

B

337. 波のエネルギー $E = 2\pi^2 f^2 A^2 m$　　f:周波数[Hz]　A:振幅[m]

m: 1m²当たりの質量[kg]

一般的な波の強さI　1m²に1秒間に通過する波のエネルギー　$I = [J/m^2]$

水面上の波 → 水面波　水深h　水面波は水深hの水面で発生しても、振動するのは水面の表面のみ。

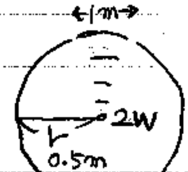
ブイ　1m　よって水面1m当たりのブイ(浮き)が1秒間当たりに受けるエネルギーとして考える。

水面波の強さ　$I = \dfrac{\frac{J}{s}}{m} = \dfrac{W}{m}$ → 水面1m当たりに1秒間で波から受けるエネルギー

(1J/s = 1W)

設問よりモーターのエネルギー 2W = 2J/s のエネルギーで水面波を発生させる。

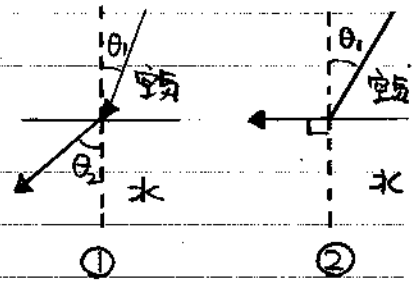
波源から0.5m離れた場所では $l = 2\pi r = 2\pi \times 0.5 = 3.14$ m に2Wのエネルギーの波が到達している。



r = 0.5m で水面1m当たりの水面波の強さは

$I = \dfrac{2[W]}{2\pi r} = \dfrac{2}{3.14} = 0.637 \dfrac{W}{m}$　　$I = 0.64$ [W/m] 答

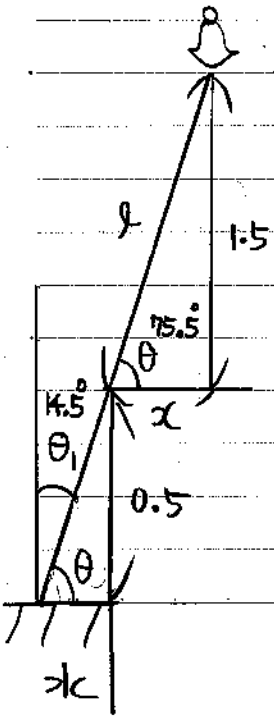
339. 音が水に入らない条件 ② の屈折の公式



$\dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \dfrac{v_1}{v_2}$　　v_1:空気中の音速　v_2:水の音速 → 設問より $v_2 = 4v_1$

①　θ_1 小　音が水に屈折して入射

②　θ_1 大　音は水に入らない



$\dfrac{\sin\theta_1}{\sin 90^\circ} = \dfrac{v_1}{4v_1}$　　$\sin\theta_1 = 0.25$

$\theta_1 = \sin^{-1} 0.25 = 14.47^\circ$　$\theta_1 = 14.5^\circ$

$\theta_1 + \theta = 90^\circ$ より $\theta = 90^\circ - \theta_1 = 75.5^\circ$

$\sin\theta = \dfrac{1.5}{l}$　$l = \dfrac{1.5}{\sin\theta} = \dfrac{1.5}{\sin 75.5^\circ} = 1.549$　　$l = 1.55$ [m]

求めたいのは x

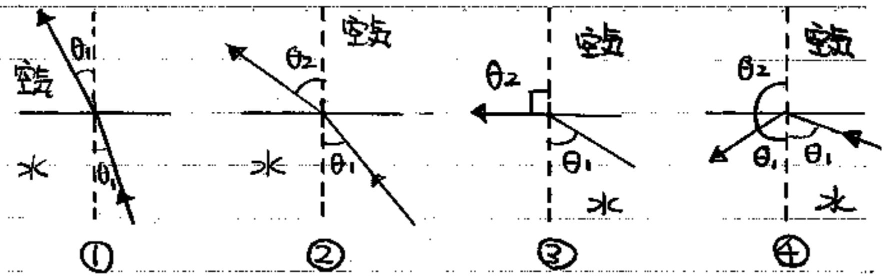
$\cos\theta = \dfrac{x}{l}$　　$x = l\cos\theta = 1.55 \times \cos 75.5^\circ = 0.3879$

$x = 0.39$ [m] 以上床の端から離れて鳴らす 答

3.2 平面や空間を伝わる波④

No.
Date

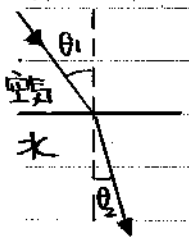
338. 光が水面から出ない
↓
光が屈折から反射へ変化
するという意味



水から空気への光の入射角 θ_1 を
大きくすると ① → ④ へ変化

③の θ_1 で $\theta_2 = 90°$ となり光は屈折から反射となり
光は水面から出なくなる。

③の θ_1 の条件を求める。→ ヒント 水の屈折率 $\frac{4}{3} = 1.3333$

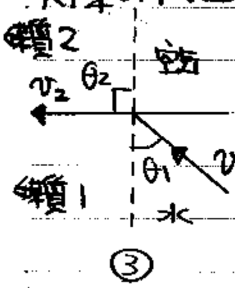


水の屈折率 = 光が空気から水へ入射した時の屈折率 $n_{12} = \dfrac{v(\text{空気})}{v(\text{水})}$

$v(\text{空気}) = 3.0 \times 10^8$ [m/s] → 真空中の光速と同じ → 一定で定数 c

$$v(\text{水}) = \frac{v(\text{空気})}{n_{12}} = \frac{3 \times 10^8}{1.333} = 2.25 \times 10^8 \text{ [m/s]}$$

実際の問題では空気 → 水ではなく 水 → 空気で逆　③で屈折の法則を考える



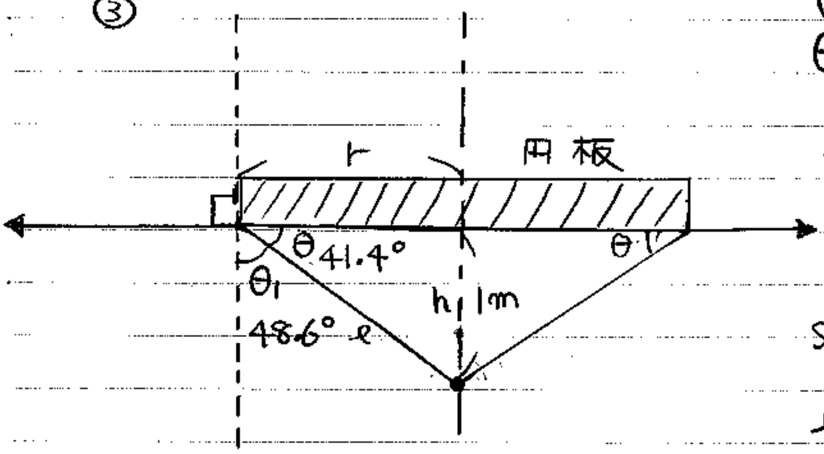
$$n_{12} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{2.25 \times 10^8}{3.0 \times 10^8} = \frac{1}{1.333} = 0.75$$

$\theta_2 = 90°$ なので　$\dfrac{\sin\theta_1}{\sin 90°} = 0.75$　　$\theta_1 = \sin^{-1}(0.75) = 48.59°$

$\sin 90° = 1$

$\theta + \theta_1 = 90°$ なので

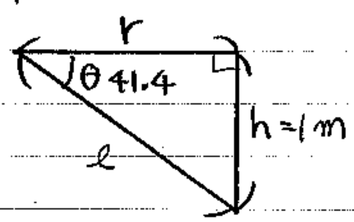
$\theta = 90° - \theta_1 = 90 - 48.6° = 41.4°$



求めたいのは円板の半径 r
θ と h は既知だが、r と ℓ 未知
ℓ を出して r を求める

$$\sin\theta = \frac{h}{\ell} \qquad \ell = \frac{h}{\sin\theta} = \frac{1}{\sin 41.4°}$$

$\ell = 1.51$ [m]



$$\cos\theta = \frac{r}{\ell} \qquad r = \ell\cos\theta$$

$$r = 1.51\cos 41.4° = 1.13$$

円板の半径 1.13 m 以上で光は水面の外に出ない　答