

## SETUP DRILL 16

# 光 設定別ドリル

光の設定を6つに分けた。

干渉はどれも手順が同じ —— 光路差を書く → 位相の反転を数える → 条件式にする。

設定ごとに違うのは光路差の式と反転が何回起きるかだけ。この2つを6回そろえて確かめる。

### 使い方

- 1周目** 設定の見出しと公式を読んだから5問続けて解く。
- 2周目** 条件式を書く前に「反転は何回か」を数えてから始める。
- 3周目** 見出しを隠して、光路差の式を自分で立ててから解く。
- 真空中の光速を  $c$ 、光の波長を  $\lambda$  とする。

#### 1章

- ☐ 1周  
☐ 2周  
☐ 3周

#### 2章

- ☐ 1周  
☐ 2周  
☐ 3周

#### 3章

- ☐ 1周  
☐ 2周  
☐ 3周

#### 4章

- ☐ 1周  
☐ 2周  
☐ 3周

#### 5章

- ☐ 1周  
☐ 2周  
☐ 3周

#### 6章

- ☐ 1周  
☐ 2周  
☐ 3周

# 問題編

解説は後半にまとめてある。先に見ないこと。

反転の回数を先に数えること。

# 反射と屈折

## 記号の約束

$n$  絶対屈折率    $\theta_1$  入射角    $\theta_2$  屈折角    $v$  媒質中の光の速さ

## この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「入射角」「屈折角」「屈折率」
2. → 屈折の法則に入れる
3. → 速さと波長は変わるが、振動数は変わらない

## この設定で使う公式

- $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$
- 媒質中の速さ:  $v = \frac{c}{n}$ 、波長:  $\lambda' = \frac{\lambda}{n}$
- 全反射の臨界角:  $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$  ( $n_1 > n_2$ )

### 1-1 媒質中の値 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

真空中で波長  $\lambda$ 、振動数  $f$  の光が、屈折率  $n$  の媒質に入った。

1. 媒質中の光の速さを求めよ。
2. 媒質中の波長を求めよ。
3. 振動数はどうなるか。

**1-2 屈折の法則 ★★**3周チェック ☐ ☐ ☐

屈折率  $n_1$  の媒質から  $n_2$  の媒質へ、入射角  $\theta_1$  で光が入り、屈折角  $\theta_2$  で進んだ。

1. 屈折の法則を書け。
2.  $n_2 > n_1$  のとき光は法線に近づくか遠ざかるか。

**1-3 全反射 ★★★**3周チェック ☐ ☐ ☐

屈折率  $n$  の媒質から真空（屈折率 1）へ光が出ようとしている。

1. 全反射が起きる条件を式で書け。
2. 臨界角を求めよ。
3. 逆向き（真空から媒質へ）では全反射は起きるか。

**1-4** 光路長 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

屈折率  $n$  の媒質の中を、光が距離  $d$  だけ進んだ。

1. 媒質中の波長を求めよ。
2. この距離に何個の波が入るか。
3. 同じ数の波が入る真空中の距離を求めよ。

**1-5** 分散 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

白色光をプリズムに通すと色が分かれる。

1. この現象を何というか。
2. 屈折率が高いのは赤と紫のどちらか。
3. 大きく曲がるのはどちらか。

## SETUP 02

# レンズと鏡

### 記号の約束

$a$  レンズから物体までの距離    $b$  レンズから像までの距離    $f$  焦点距離    $m$  倍率

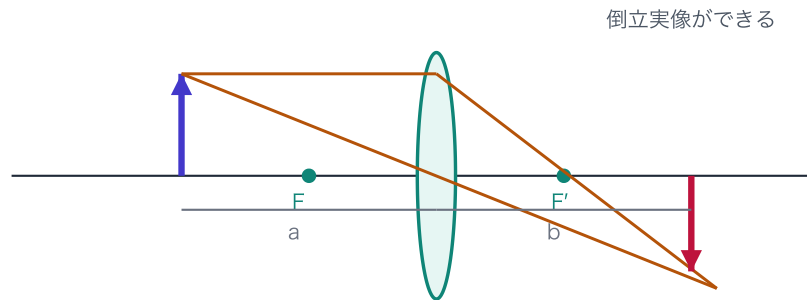
### この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「凸レンズ」「焦点距離  $f$ 」「像の位置」
2. → 写像公式に代入する
3. → 符号の約束を先に確認（実像は正、虚像は負）

### この設定で使う公式

- $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$
- 倍率： $m = \left| \frac{b}{a} \right|$
- $b > 0$  なら実像（倒立）、 $b < 0$  なら虚像（正立）

焦点距離  $f$  の凸レンズの前方  $a$  ( $a > f$ ) の位置に物体を置いた。



凸レンズによる実像

1. 像の位置を求めよ。
2. 倍率を求めよ。
3. 像は正立か倒立か。

**2-2** 虚像 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

焦点距離  $f$  の凸レンズの前方  $a$  ( $a < f$ ) の位置に物体を置いた。

1.  $b$  の符号を調べよ。
2. 像の位置と種類を答えよ。
3. この使い方の名前を答えよ。

**2-3** 凹レンズ ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

焦点距離の大きさが  $f$  の凹レンズの前方  $a$  に物体を置いた。凹レンズでは  $f$  を負として扱う。

1. 像の位置を求めよ。
2. 像の種類を答えよ。

**2-4 作図 ★★**3周チェック ☐ ☐ ☐

凸レンズによる像の作図で使う光線を答えよ。

1. 光軸に平行に入った光線はどう進むか。
2. レンズの中心を通る光線はどう進むか。
3. 手前の焦点を通して入った光線はどう進むか。

**2-5 組み合わせ ★★★**3周チェック ☐ ☐ ☐

焦点距離  $f_1$  の凸レンズと  $f_2$  の凸レンズを距離  $d$  離して並べ、1つ目のレンズの前方  $a$  に物体を置いた。

1. 1つ目のレンズによる像の位置を求めよ。
2. 2つ目のレンズにとっての物体距離を求めよ。

## SETUP 03

# ヤングの実験（2つのスリット）

### 記号の約束

$d$  スリットの間隔    $L$  スリットからスクリーンまでの距離    $x$  スクリーン上の位置    $\Delta x$  明線の間隔

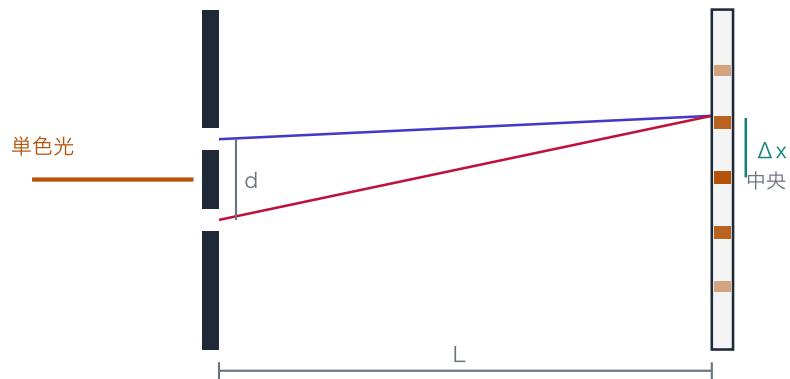
### この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「2つのスリット」「スクリーン上の明線」
2. → 光路差  $= \frac{dx}{L}$
3. → 反射はないので位相の反転なし

### この設定で使う公式

- 光路差： $\Delta = \frac{dx}{L}$
- 明線： $\frac{dx}{L} = m\lambda$    /   暗線： $\left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$
- 明線の間隔： $\Delta x = \frac{L\lambda}{d}$

間隔  $d$  の2つのスリットから距離  $L$  離れたスクリーン上の、中心から  $x$  の点を考える ( $d, x \ll L$ )。



ヤングの実験

1. 2つのスリットからその点までの距離の差（光路差）を求めよ。
2. 明線の条件を書け。
3. 暗線の条件を書け。

### 3-2 明線の間隔 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

同じ設定について答えよ。

1.  $m$  番目の明線の位置を求めよ。
2. 隣り合う明線の間隔を求めよ。
3. 中心 ( $x = 0$ ) は明線か暗線か。

### 3-3 何を変えるか ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

ヤングの実験の明線の間隔について答えよ。

1. スリット間隔を2倍にすると何倍か。
2. スクリーンまでの距離を2倍にすると何倍か。
3. 赤色光と青色光ではどちらの間隔が広いか。

**3-4** 水中で ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

ヤングの実験の装置全体を、屈折率  $n$  の液体の中に入れた。

1. 液体中の波長を求めよ。
2. 明線の間隔はどうなるか。
3. 縞は見やすくなるか見にくくなるか。

**3-5** 片方に膜 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

ヤングの実験で、片方のスリットの直後に厚さ  $t$ 、屈折率  $n$  の薄膜を置いた。

1. この膜によって増える光路長を求めよ。
2. 中央明線はどちらへ移動するか。

## SETUP 04

# 薄膜・くさび形・ニュートンリング

### 記号の約束

$d$  膜やすきまの厚さ  $n$  膜の屈折率

### この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「薄い膜」「2枚のガラスのすきま」「レンズを平面に載せる」
2. → 光路差は往復なので  $2\times$
3. → 反射のときの位相の反転を数えるのがここの山場

### この設定で使う公式

- 屈折率の大きい媒質で反射すると位相が  $\pi$  ずれる（小さいほうでは ずれない）
- 反転が合計1回なら、明暗の条件が入れ替わる
- 薄膜（垂直入射）：光路差  $2nd$  / すきま：  $2d$

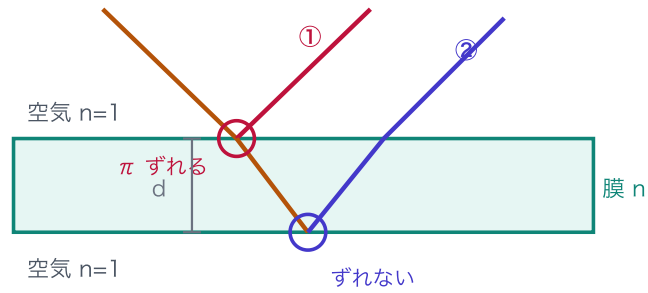
### 4-1 反転の規則 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

光の反射における位相の変化について答えよ。

1. 屈折率の小さい媒質から大きい媒質へ進んで反射するとき、位相はどうか。
2. 逆の場合はどうか。
3. 何と同じ規則か。

空気中に置いた屈折率  $n$ 、厚さ  $d$  の薄膜に、光を垂直に当てる。



垂直に近い入射なら光路差は  $2nd$

薄膜による干渉

1. 2つの反射光の光路差を求めよ。
2. 位相の反転は何回起きるか。
3. 明るく見える条件を書け。

2枚の平らなガラス板の一端に厚さ  $D$  の薄い紙をはさみ、長さ  $L$  のくさび形の空気層をつくった。上から波長  $\lambda$  の光を垂直に当てる。

1. 接点から距離  $x$  での空気層の厚さを求めよ。
2. 反転は何回か。
3. 暗線の間隔を求めよ。

**4-4 ニュートンリング ★★★**3周チェック ☐ ☐ ☐

曲率半径  $R$  の平凸レンズを平らなガラス板の上に置き、上から波長  $\lambda$  の光を垂直に当てる。接点から距離  $r$  の位置を考える ( $r \ll R$ )。

1. 空気層の厚さを  $r$ 、 $R$  で近似せよ。
2. 暗環の半径を求めよ。
3. 中心は明るい暗い。

**4-5 水を入れる ★★★**3周チェック ☐ ☐ ☐

ニュートンリングの装置のすきまを、屈折率  $n$  の液体で満たした。

1. 光路差の式はどう変わるか。
2. 暗環の半径は何倍になるか。
3. 反転の回数は変わるか。(ガラスの屈折率は液体より大きいとする)

## SETUP 05

# 回折格子

### 記号の約束

$d$  格子定数（すじの間隔）     $m$  何次の明線か

### この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「回折格子」「1 mm あたり何本」「格子定数」
2. → 光路差は  $d \sin \theta$ （スクリーンまでの距離は要らない）
3. → スリットが多いほど明線が鋭くなる

### この設定で使う公式

- 明線の条件： $d \sin \theta = m \lambda$
- 格子定数： $d = \frac{1}{1 \text{ mm あたりの本数}}$
- $\sin \theta \leq 1$  から見える次数に上限がある

### 5-1 条件式 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

格子定数  $d$  の回折格子に、波長  $\lambda$  の光を垂直に当てた。

1. 隣り合うすじを通る光の光路差を求めよ。
2. 明線の条件を書け。
3.  $m = 0$  はどこか。

**5-2** 格子定数 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

1 mm あたり  $N$  本のすじが刻まれた回折格子について、文字式で答えよ。

1. 格子定数を求めよ（単位は mm）。
2. 本数を増やすと格子定数はどうなるか。
3. 同じ次数の明線の回折角はどうなるか。

**5-3** 次数の上限 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

格子定数  $d$  の回折格子に波長  $\lambda$  の光を当てる。

1.  $m$  次の明線が見えるための条件を書け。
2. 見える最大の次数を求めよ。
3.  $d = 2\lambda$  のとき何次まで見えるか。

**5-4** 白色光 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

回折格子に白色光を当てた。

1. 中央 ( $m = 0$ ) は何色に見えるか。
2. 1次のスペクトルで、中央に近いのは赤と紫のどちらか。
3. プリズムと比べて赤紫の並びはどうか。

**5-5** 波長を測る ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

格子定数  $d$  の回折格子に光を当てたところ、1次の明線が角  $\theta$  の向きに現れた。

1. 光の波長を求めよ。
2. 2次の明線が現れる角を  $\sin$  で表せ。

## SETUP 06

# 干渉の見分け（総まとめ）

### 記号の約束

$\Delta$  光路差

### この設定を見分ける手がかり

1. 干渉はどれも同じ3手順
2. ① 光路差を書く ② 反転の回数を数える ③ 条件式にする
3. → 違うのは①の式と②の回数だけ

### この設定で使う公式

- ヤング： $\frac{dx}{L}$ 、反転0回
- 回折格子： $d \sin \theta$ 、反転0回
- 薄膜・くさび・ニュートン： $2nd$ （または  $2d$ ）、反転1回

### 6-1 表にする ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

次の設定について、光路差の式と位相の反転の回数を答えよ。

1. ヤングの実験。
2. 回折格子。
3. 空気中の薄膜（垂直入射）。

**6-2** 条件式 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

位相の反転と条件式の関係について答えよ。

1. 反転が 0 回るとき、強め合う条件を書け。
2. 反転が 1 回るときはどうか。
3. 反転が 2 回るときは。

**6-3** 反転2回 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

屈折率  $n_1$  のガラスの上に、屈折率  $n_2$  の薄膜 ( $1 < n_2 < n_1$ ) を厚さ  $d$  で塗り、上から光を垂直に当てる。

1. 膜の上面での反転はあるか。
2. 下面での反転はあるか。
3. 強め合う条件を書け。

**6-4** 斜めに見る ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

厚さ  $d$ 、屈折率  $n$  の薄膜を、垂直ではなく斜めから見る場合を考える。膜の中での屈折角を  $r$  とする。

1. 光路差の式はどうなるか。
2. 垂直入射のときと比べて大きい小さいか。
3. 見る角度を変えると色が変わるのはなぜか。

**6-5** 総まとめ ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

光の干渉の問題を解く手順を整理せよ。

1. 最初にやることは何か。
2. 次にやることは何か。
3. 最後に何をするか。

# 解説編

各問の冒頭に光路差と反転の回数を書いてある。

## 設定 1 反射と屈折

### 1-1 $n$ で割る

■(1)  $v = \frac{c}{n}$

■(2)  $\lambda' = \frac{\lambda}{n}$

■(3) 変わらない。

速さも波長も  $n$  で割る、振動数だけそのまま。

答 (1)  $\frac{c}{n}$  (2)  $\frac{\lambda}{n}$  (3) 変わらない

### 1-2 比を書く

■(1)  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

■(2)  $\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1 < \sin \theta_1$

→  $\theta_2 < \theta_1$  なので法線に近づく。

屈折率の大きい（遅い）媒質に入ると法線に寄る。

答 (1)  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$  (2) 近づく

### 1-3 屈折角 $90^\circ$

#### ■(1) 屈折角が $90^\circ$ を超えると出られない

$n \sin \theta_1 = 1 \cdot \sin 90^\circ = 1$  を超えるとき

$$\rightarrow \sin \theta_1 > \frac{1}{n}$$

#### ■(2) $\sin \theta_c = \frac{1}{n}$

#### ■(3) 起きない。

全反射は屈折率の大きいほうから小さいほうへ進むときだけ。

光ファイバーはこの原理で光を閉じ込めている。

答 (1)  $\sin \theta_1 > \frac{1}{n}$  (2)  $\sin \theta_c = \frac{1}{n}$  (3) 起きない

### 1-4 $n$ をかける

#### ■(1) $\lambda' = \frac{\lambda}{n}$

#### ■(2) $\frac{d}{\lambda'} = \frac{nd}{\lambda}$ 個

#### ■(3) 真空中で同じ個数になる距離は $nd$

これを光路長という。

干渉では距離ではなく光路長 ( $n \times$  距離) で比べる。

媒質が入ると距離が  $n$  倍に「見える」。

答 (1)  $\frac{\lambda}{n}$  (2)  $\frac{nd}{\lambda}$  個 (3)  $nd$

### 1-5 色で $n$ が違う

#### ■(1) 分散。

#### ■(2) 紫 (波長が短いほど屈折率が高い)。

#### ■(3) 屈折率が高いほど大きく曲がるので 紫。

虹の外側が赤、内側が紫になるのはこのため。

答 (1) 分散 (2) 紫 (3) 紫

## 設定 2 レンズと鏡

### 2-1 代入するだけ

$$\blacksquare(1) \frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a} \rightarrow b = \frac{af}{a-f}$$

$$\blacksquare(2) m = \frac{b}{a} = \frac{f}{a-f}$$

**■(3)  $b > 0$  なので実像・倒立。**

スクリーンに映すことができる。

**答 (1)  $\frac{af}{a-f}$  (2)  $\frac{f}{a-f}$  (3) 倒立の実像**

### 2-2 $b$ が負になる

$$\blacksquare(1) \frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a} \text{ で } a < f \text{ なので } \frac{1}{a} > \frac{1}{f}$$

$$\rightarrow \frac{1}{b} < 0, \text{ つまり } b < 0$$

$$\blacksquare(2) b = \frac{af}{a-f} \text{ (負)}。$$

物体と同じ側にできる正立の虚像で、実物より大きい。

**■(3) 虫めがね (ルーペ)。**

焦点の内側に置くと拡大した虚像になる。

**答 (1) 負 (2) 同じ側にできる正立の拡大虚像 (3) 虫めがね**

### 2-3 $f$ が負

$$\blacksquare(1) \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = -\frac{1}{f}$$

$$b = -\frac{af}{a+f} \text{ (つねに負)}$$

**■(2) つねに正立の縮小した虚像。**

凹レンズは物体をどこに置いても実像をつくらない。

符号の約束さえ守れば同じ公式1本で扱える。

**答 (1)  $-\frac{af}{a+f}$  (2) 正立の縮小虚像**

### 2-4 3本の光線

■(1) 向こう側の焦点を通る。

■(2) そのまま直進する。

■(3) 光軸に平行に進む。

2本描けば交点が決まるので、3本目は検算用。

交わらない場合は後ろへ延長して交点を探す（虚像）。

答 (1) 焦点を通る (2) 直進 (3) 光軸に平行になる

### 2-5 1つ目の像が物体

■(1)  $b_1 = \frac{af_1}{a-f_1}$

■(2) その像を2つ目のレンズの物体とみなす

$$a_2 = d - b_1$$

( $b_1 > d$  なら  $a_2$  が負になり、

「レンズの向こう側にある物体」として扱う。)

1つ目の像を2つ目の物体にするのが組み合わせの原則。

顕微鏡も望遠鏡もこれ。

答 (1)  $\frac{af_1}{a-f_1}$  (2)  $d - b_1$

## 設定 3 ヤングの実験 (2つのスリット)

### 3-1 近似して出す

■(1) 近似すると  $\Delta = \frac{dx}{L}$

■(2) 光路差が波長の整数倍なら強め合う

$$\frac{dx}{L} = m\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

■(3) 半波長ずれば弱め合う

$$\frac{dx}{L} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

ヤングでは反射がないので位相の反転を考えなくてよい。

6つの設定のうち最も素直。

答 (1)  $\frac{dx}{L}$  (2)  $\frac{dx}{L} = m\lambda$  (3)  $\left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$

### 3-2 差を取る

■(1)  $x_m = \frac{mL\lambda}{d}$

■(2)  $\Delta x = x_{m+1} - x_m = \frac{L\lambda}{d}$

■(3) 光路差 0 なので明線（中央明線）。

答 (1)  $\frac{mL\lambda}{d}$  (2)  $\frac{L\lambda}{d}$  (3) 明線

### 3-3 比を読む

$\Delta x = \frac{L\lambda}{d}$  を見る。

■(1)  $\frac{1}{d}$  に比例するので  $\frac{1}{2}$  倍

■(2)  $L$  に比例するので 2倍

■(3)  $\lambda$  に比例し、赤のほうの波長が長いので 赤。

スリットを狭く、スクリーンを遠くすると縞が見やすくなる。

答 (1) 1/2 倍 (2) 2倍 (3) 赤

### 3-4 波長が縮む

■(1)  $\lambda' = \frac{\lambda}{n}$

■(2)  $\Delta x' = \frac{L\lambda'}{d} = \frac{L\lambda}{nd}$

→  $\frac{1}{n}$  倍に狭くなる。

■(3) 間隔が狭くなるので見にくくなる。

媒質が変わったら、まず波長を  $\frac{\lambda}{n}$  に直す。

それ以外は何も変わらない。

答 (1)  $\frac{\lambda}{n}$  (2)  $\frac{1}{n}$  倍 (3) 見にくくなる

### 3-5 光路長で考える

■(1) 膜がある部分の光路長は  $nt$ 、なければ  $t$

増加分は  $(n-1)t$

■(2) 中央明線は光路差が 0 になる位置。

膜のある側の光路長が増えたので、

それを打ち消すには膜のある側へずれる必要がある。

→ 膜を置いた側へ移動する。

光路長で考えると迷わない。

答 (1)  $(n-1)t$  (2) 膜を置いた側へ移動する

## 設定 4 薄膜・くさび形・ニュートンリング

### 4-1 どちらで反射するか

■(1) 位相が  $\pi$  ずれる (反転する)。

■(2) 変わらない。

■(3) 波の固定端反射・自由端反射と同じ規則。

「重い (進みにくい) 媒質にぶつかる」と覚える。

この1行が薄膜の問題のすべて。

答 (1)  $\pi$  ずれる (2) 変わらない (3) 固定端・自由端反射

### 4-2 反転1回

■(1) 膜の中を往復するので  $2nd$  (光路長)

■(2) 上面 (空気→膜、 $n$  が大きくなる) で反転あり。

下面 (膜→空気、 $n$  が小さくなる) で反転なし。

→ 合計1回

■(3) 反転1回で条件が入れ替わるので

$$2nd = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda$$

「光路差が波長の整数倍＝明るい」がひっくり返る。

答 (1)  $2nd$  (2) 1回 (3)  $2nd = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda$

#### 4-3 すきまは空気

■(1)  $d = \frac{D}{L}x$

■(2) 上のガラスの下面（ガラス→空気）は反転なし、

下のガラスの上面（空気→ガラス）は反転あり。

→ 1回

■(3) 暗線の条件は  $2d = m\lambda$ （反転1回なので入れ替わっている）

$$\frac{2Dx}{L} = m\lambda \rightarrow x_m = \frac{mL\lambda}{2D}$$

$$\Delta x = \frac{L\lambda}{2D}$$

接点（ $x = 0$ ）は必ず暗線になる —— 検算に使える。

答 (1)  $\frac{Dx}{L}$  (2) 1回 (3)  $\frac{L\lambda}{2D}$

#### 4-4 厚さを近似

■(1) 三平方から  $R^2 = r^2 + (R - d)^2$

展開して  $d$  の2乗を無視すると  $d = \frac{r^2}{2R}$

■(2) 反転1回なので暗環は  $2d = m\lambda$

$$\frac{r^2}{R} = m\lambda \rightarrow r = \sqrt{mR\lambda}$$

■(3)  $r = 0$  で  $m = 0$ 、つまり暗い。

接触しているところが暗いのは、くさび形と同じ理由。

半径は  $\sqrt{m}$  に比例するので、外へ行くほど間隔が狭くなる。

答 (1)  $\frac{r^2}{2R}$  (2)  $\sqrt{mR\lambda}$  (3) 暗い

#### 4-5 $\lambda$ が縮む

■(1) すきまの光路長が  $n$  倍になるので  $2nd$

■(2)  $2n\frac{r^2}{2R} = m\lambda \rightarrow r = \sqrt{\frac{mR\lambda}{n}}$

→  $\frac{1}{\sqrt{n}}$  倍に縮む。

■(3) 変わらない。

上（ガラス→液体、 $n$  が減る）で反転なし、

下（液体→ガラス、 $n$  が増える）で反転あり。やはり1回。

大小関係が変わらなければ反転の回数も変わらない。

答 (1)  $2nd$  (2)  $\frac{1}{\sqrt{n}}$  倍 (3) 変わらない

## 設定 5 回折格子

**5-1**  $d \sin \theta$

■(1) 回折角を  $\theta$  として  $d \sin \theta$

■(2)  $d \sin \theta = m\lambda$

■(3)  $\theta = 0$ 、つまりまっすぐ進む向き（中央）。

ヤングと違い  $L$  が式に入らないのが特徴。

角度で直接決まる。

答 (1)  $d \sin \theta$  (2)  $d \sin \theta = m\lambda$  (3) 中央 ( $\theta = 0$ )

**5-2** 本数から出す

■(1)  $d = \frac{1}{N} \text{ mm}$

■(2) 小さくなる。

■(3)  $\sin \theta = \frac{m\lambda}{d}$  で  $d$  が小さいと  $\sin \theta$  が大きい

→ 大きく広がる。

細かい格子ほど、光を大きく分散させられる。

答 (1)  $\frac{1}{N} \text{ mm}$  (2) 小さくなる (3) 大きくなる

**5-3**  $\sin \leq 1$

■(1)  $\sin \theta = \frac{m\lambda}{d} \leq 1$

→  $m \leq \frac{d}{\lambda}$

■(2)  $\frac{d}{\lambda}$  を超えない最大の整数。

■(3)  $m \leq 2$  なので 2次まで (0, 1, 2 次)。

格子が細かすぎると高次が見えなくなる。

答 (1)  $m \leq \frac{d}{\lambda}$  (2)  $\frac{d}{\lambda}$  以下の最大の整数 (3) 2次

#### 5-4 色で角度が違う

■(1) すべての色の光路差が 0 なので白色。

■(2)  $\sin \theta = \frac{\lambda}{d}$  で波長が短いほど角度が小さい

→ 紫が中央に近い。

■(3) プリズムでは紫が最も大きく曲がったので、並びが逆。

回折格子は波長が長いほど大きく回折する。

答 (1) 白色 (2) 紫 (3) プリズムとは逆

#### 5-5 逆に解く

■(1)  $\lambda = d \sin \theta$

■(2)  $\sin \theta_2 = \frac{2\lambda}{d} = 2 \sin \theta$

( $2 \sin \theta \leq 1$  のときだけ見える。)

回折格子は波長を精密に測る道具として実際に使われている。

答 (1)  $d \sin \theta$  (2)  $2 \sin \theta$

### 設定 6 干渉の見分け (総まとめ)

#### 6-1 3手順で整理

■(1)  $\Delta = \frac{dx}{L}$ 、反転 0回

■(2)  $\Delta = d \sin \theta$ 、反転 0回

■(3)  $\Delta = 2nd$ 、反転 1回

反射がなければ0回、片側だけ反転すれば1回。

これで条件式の形が決まる。

答 (1)  $\frac{dx}{L} \cdot 0$ 回 (2)  $d \sin \theta \cdot 0$ 回 (3)  $2nd \cdot 1$ 回

## 6-2 入れ替わるかどうか

■(1)  $\Delta = m\lambda$

■(2) 入れ替わって  $\Delta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$

■(3) 2回ずれると元に戻るので  $\Delta = m\lambda$

反転の回数が偶数なら普通、奇数なら入れ替わる。

回数だけ数えればよい。

答 (1)  $m\lambda$  (2)  $\left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$  (3)  $m\lambda$

## 6-3 順序が逆になる

■(1) 空気 (1) → 膜 ( $n_2$ ) で屈折率が増えるので あり

■(2) 膜 ( $n_2$ ) → ガラス ( $n_1$ ) でも増えるので あり

■(3) 反転が2回＝偶数なので入れ替わらない

$$2n_2d = m\lambda$$

下の物質の屈折率で答えが変わる。

レンズの反射防止コートはこの計算で設計されている。

答 (1) あり (2) あり (3)  $2n_2d = m\lambda$

## 6-4 $\cos$ が入る

■(1)  $\Delta = 2nd \cos r$

■(2)  $\cos r \leq 1$  なので 小さくなる。

■(3) 角度が変わると光路差が変わり、

強め合う波長が変わるから。

シャボン玉や油膜の色が見る角度で変わるのはいち。

答 (1)  $2nd \cos r$  (2) 小さい (3) 光路差が変わり強め合う波長が変わるから

#### 6-5 手順を言う

■(1) 2つの光の道筋を図に描き、光路差を式にする。

媒質があれば  $n$  をかけて光路長にする。

■(2) それぞれの反射で位相が反転するか数える。

屈折率が大きくなる向きの反射だけが反転。

■(3) 反転が偶数なら  $m\lambda$ 、奇数なら  $\left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$

を強め合う条件として書く。

設定が変わっても手順は同じ。覚えるのは式ではなくこの3手順。

答 (1) 光路差を書く (2) 反転の回数を数える (3) 偶奇で条件式を決める