ズバリ的中

2021年度 聖マリアンナ医科大学 一般前期 入試問題

2021年1月25日実施

大問5問すべてが聖マリ模試から大的中!!

4 薄膜干渉が（斜め）完全的中!!

実際の入試問題

4　図５のようにある媒質の上に薄膜を張り、
を測定する。図のＡとＢで光は同位相であるも
の屈折率を n（>1）、単色光の空気中での波長

［　Ａ　］以下の文章の空欄（　ア　）～（
では、適切な語句を選びなさい。ただし、解

　Ｒに届く光には、薄膜の表面Ｐで反射して
経路と、BCPR のようにＣで反射してＲへ届
の２つがあり、これらが干渉する。線分 BP の長
L とすると、AP の距離は $L\sin\theta$ である。したがって
AP の中に $\frac{L\sin\theta}{\lambda}$ 波長分の波がある。同様に、BQ の
中に波が何波長分あるかを調べよう。薄膜の中に入っ
た光の波長を λ と n を用いて表すと（　ア　）である。
屈折角を ϕ とすると、$\sin\phi$ は屈折の法則より n と θ
を用いて $\sin\phi$ ＝（　イ　）と表すことができる。BQ
の距離を L と ϕ を用いて表すと（　ウ　）であるから、

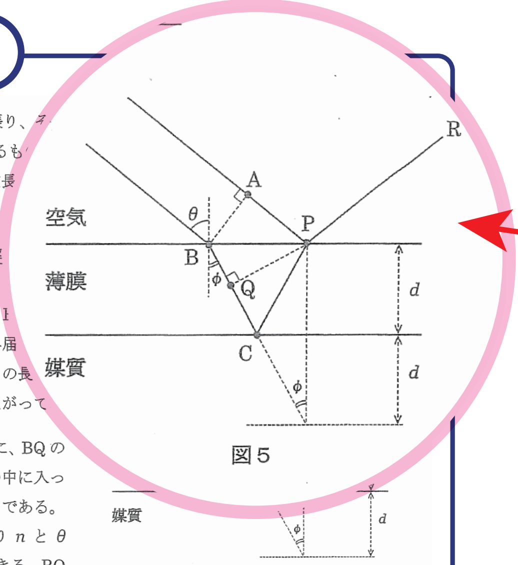

図５

図５

BQ の距離を L、n、θ を用いて表すと（　エ　）となる。これらから、BQ の中に
の波があることがわかり、AP に含まれる波と等しい。つまり、ＰとＱに到達する光
このことから２つの経路で生じる位相の違いには QCP を進む光の位相変化と反射
を考慮することになる。光がＰで反射するときには位相が（　甲：　反転する、　変
らに、媒質の屈折率 n' が $n' < n$ を満たす場合には、Ｃで反射するときには位相が
変化しない　）。QCP の距離は図より $2d\cos\phi$ であることを考慮すると、２つの経
条件は、$n' < n$ の場合、正の整数 m（$m = 1, 2, 3, \cdots$）を用いて

$$2d\cos\phi = (\quad オ\quad) \times \frac{\lambda}{n}$$

となる。

［　Ｂ　］薄膜の屈折率を $n = 1.50$ として、Ｒで反射光を測定する。以下の各問に有
えなさい。必要であれば、$\sqrt{2} \fallingdotseq 1.41$、$\sqrt{3} \fallingdotseq 1.73$、$\sqrt{5} \fallingdotseq 2.24$ を用いなさい。

〔１〕　媒質を屈折率 1.33 の水とし、入射角 $\theta = 0$ で波長 600 nm の光を薄膜に入
強め合う最小の薄膜の厚さを求めなさい。

〔２〕　媒質を屈折率 1.80 のガラスとし、入射角 $\theta = \frac{\pi}{3}$ で波長 732 nm の光を薄膜
光が強め合う最小の薄膜の厚さを求めなさい。

〔３〕　媒質を屈折率 1.33 の水とし、薄膜の厚さを $d = 600$ nm とする。入射角 θ
の単色光を薄膜に入射したとき、反射光はいくつかの波長で強め合う。可
390～760 nm として、強め合う可視光の波長をすべて求めなさい。

2021年度YMS 聖マリ模試

4　図４に示すように，屈折率 n_1 の
ガラス板の表面に，屈折率 n_2，厚さ
均一な薄膜が形成されている。上
平行光線が入射角 i（$0° \leqq i <$
する場合を考える。光 α は
境界面の点 A_2 で反射し
る。一方，光 β は点 B_1
で屈折して薄膜中を進
板の境界面上の点Ｃ
A_2 で屈折して空気中
る。空気の屈折率を
関係があるものとす
えなさい。〔１〕，
を示す必要はない。

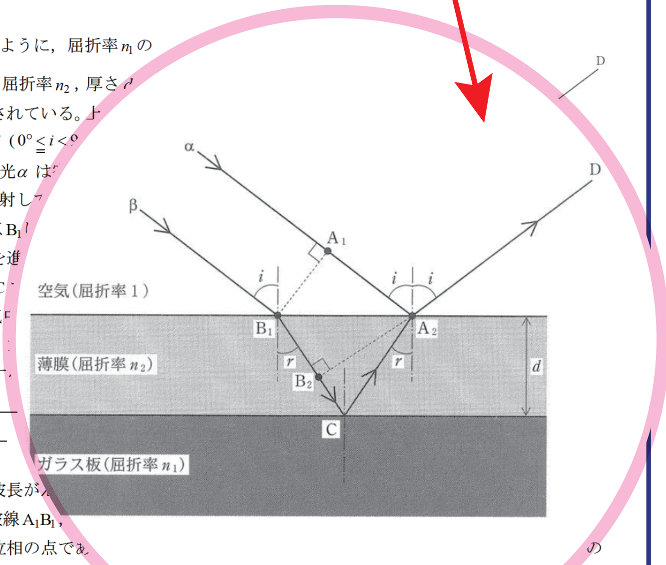

図４

〔１〕　空気中での波長が
〔２〕　図４に示す破線 A_1B_1，
それぞれ同位相の点であ　　　　の
を用いて答えなさい。
〔３〕　空気中での波長が λ の光が入射す　　　　，λ，n_2，
d，i，および正の整数 m を用いて式で

次に，空気中での波長が λ_0 の単色光が，薄膜に垂直（$i = 0°$）に入射する場合を考える。$n_2 = 1.4$，
$\lambda_0 = 560$ nm とする。

〔４〕　膜の表面で反射した光（光 α）と膜の裏面で反射した光（光 β）が強め合う最も薄い膜の厚さ
d_1 を有効数字２けたで求めなさい。

〔５〕　膜の厚さを d_1 から徐々に厚くしていくと，波長 λ_0 の反射光はいったん弱めあうが再び強め合
い，これが繰り返される。ここで，膜を徐々に厚くして，膜の厚さ d_1 の場合も含めて９回目
に強め合う厚さを d_9 とする。この間の厚さの変化 $d_9 - d_1$ を有効数字２けたで求めなさい。

〔６〕　薄膜により光が強め合う現象として日常で観察できる例を一つ挙げなさい。

実際の入試問題

〔4〕 凸レンズの焦点の外側に物体を置くと、凸レンズの後方に像ができる。焦点距離 3.0 cm の凸レンズから光軸上の距離で 5.0 cm 離れた位置に物体を置くと、凸レンズより（ ⑩ ）cm 離れた後方の位置に倍率（ ⑪ ）倍の（ ⑫ ）ができる。

「レンズの公式」が的中!

1〔4〕が的中!

2021年度YMS 聖マリ模試

〔1〕 以下，光軸近傍の光線のみを考え，レンズの厚みは無視できるものとする。焦点距離10 cmの凸レンズと焦点距離10 cmの凹レンズがある。凸レンズの前方5 cmの位置に物体を置いたときの凸レンズと像の距離は（ ① ）cm である。凸レンズの前方5 cmの位置に物体を，凸レンズの後方30 cmの位置に凹レンズを置いたとき，凹レンズが作る像と凹レンズとの距離は（ ② ）cm である。凸レンズの前方20 cmの位置に物体を，凸レンズの後方10 cmの位置に 2 枚目の凸レンズを置いたとき，2 枚目の凸レンズが作る像と 2 枚目の凸レンズとの距離は（ ③ ）cm である。

実際の入試問題

〔4〕 密度 1.2×10^{3} kg/m^{3}、体積 5.0×10^{-3} m^{3}をもつある物体に α 線を当てたところ、この
1.2×10^{2} J のエネルギーを吸収した。このときの吸収線量は何 Gy であるかを求めなさ

〔5〕 半減期が 1.0×10^{3} 秒である放射性同位元素を、1.0×10^{8} 個だけ含む物質の放射能は何
あるかを求めなさい。ただし、N 個の放射性同位元素は崩壊によって t 秒後には $Ne^{-\lambda t}$ 個
は定数で e ≒ 2.72 であり、λ も定数）になり、$t=0$ での放射能は λN [Bq]で与えられる。必
要であれば、$\log_e 2$ ≒ 0.693 を用いなさい。

対策が
手薄になりがちな
「放射能」が的中!

5〔4〕〔5〕が的中!

2021年度YMS 聖マリ模試

〔3〕 アボガドロ定数を 6.0×10^{23} /mol，電気素量を 1.6×10^{-19} C とする。ある放射性同位体から 1.5×10^{5} eV のエネルギーの放射線が発生している。この放射線のエネルギーの単位をジュールに変換すると（ ⑨ ）J である。放射能の強さが一定値で 3.7×10^{8} Bq であり，発生した放射線のエネルギーのすべてが質量 50 kg の人体に均一に吸収されたとき，1 時間あたりの吸収線量は（ ⑩ ）Gy である。

実際の入試問題

［ロ］次に箱が等速円運動していると仮定する。観察者が観測したばねの長さを L_2 として以下の各問に答えなさい。ただし、円運動の中心 O は点 P から見て点 A の方向にあり、おもりは直線 OP 上にある。

〔6〕 おもりに作用する遠心力の大きさを求めなさい。

〔7〕 OP の長さ R を求めなさい。ただし、円運動の角速度を ω とする。

〔8〕 観察者がつり合いの位置にあるおもりに撃力を与えて単振動を開始させたところ、周期 T の単振動を観測した。円運動の角速度 ω を求めなさい。必要であれば、次の関係を用いなさい。

「おもりの位置 x、加速度 α に対して、運動方程式が、定数 k'、x_0 を用いて

$m\alpha = -k'(x - x_0)$で表されるとき、おもりは角振動数 $\sqrt{\dfrac{k'}{m}}$ の単振動をする」

「遠心力と
ばねによる単振動」
が的中！

2〔ロ〕
が的中！

2021年度YMS 聖マリ模試

2 図1のように，角速度を制御して滑らかに円板を回転させる装置がある。円板は水平に設置されていて，鉛直上向きからみると，図のように半径方向にみぞが掘られている。みぞの中には，自然長 l でばね定数 k のばねが円板の中心 A に固定されている。ばねの他端には，質量 m のおもり M がついている。M はみぞの中を滑らかに動くものとして，円板の外に出ることはない。このとき，円板の角速度や円板の半径を変えながら，円板の鉛直上向きからみた M の軌跡を観察する。M の位置は，円板の中心からの距離 r を用いて表す。以下の各問に答えなさい。ただし，ばねの質量と M の大きさは無視できる。〔2〕は解答の過程を示す必要はない。

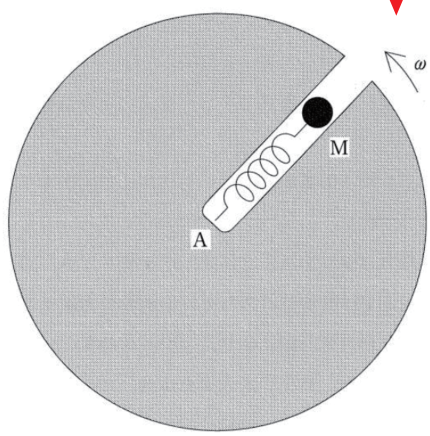

図 1

円板および M が静止した状態から，円板をゆっくり加速していき，最終的にある一定の角速度 ω_1 で円板を回転させた。このとき，円板上にのった観測者 V には，M が $r = r_0$ で静止して見えた。

〔1〕 r_0 を，l，k，m，ω_1 を用いて表しなさい。

次に，円板を一定の角速度 ω_1 で回転させながら，M を円板の中心 A から距離 r_1 の位置まで移動させて，静かに M をはなしたところ，M は円板に対して単振動を始めた。

〔2〕 M が位置 r にあるとき V が観測する動径方向の加速度を，みぞの外向きを正として a とするとき，M の運動方程式を書き表しなさい。ただし，r_0 は用いないこと。

〔3〕 M の位置を r の代わりに r_0 から測った距離 $x = r - r_0$ を用いて表すことで，M の単振動の角振動数と A から振動中心までの距離を求めなさい。

次に，円板および M が完全に静止した状態から，一気に円板を一定の角速度 ω_2 で回転させた。このとき M は円板に対して単振動を始め，一回転ごとに全く同じ軌跡を描いた。

〔4〕 十分大きな円板を用いた場合，円板一回転する間に M がみぞの中を N 回往復した。このときの角速度 ω_2 と単振動の中心の位置および単振動の振幅を，m，N，l，k を用いて表しなさい。

〔5〕 半径 $2l$ の円板を用いた場合，角速度 ω_2 をうまく選ぶことで，一回転ごとに同じ軌跡を描きながら M の単振動の振幅を最大にすることができた。このときの ω_2 を，m，k を用いて表しなさい。また，ばねの最大長を，l を用いて表しなさい。

実際の入試問題

$\boxed{3}$ 図２のような、電源、電気抵抗、コンデンサー、ダイオー
える。電源電圧 E [V]は、C に対して S_1 側の電位が高い状態を
として図３のように変化し、時刻 t [s]のとき $E = 8.3\ \sin 1$
である。また、電流は、S_2 から電気抵抗またはコンデンサ
って C に向かう方向を正とする。以下の各問に答えなさい
であれば、$\pi \fallingdotseq 3.14$、$\sqrt{2} \fallingdotseq 1.41$ を用いなさい。

〔１〕 電源電圧の周期を答えなさい。

［状態１］$t = 0$ に S_1 を A 側に接続し、S_2 は電気抵抗側に接続した
電気抵抗の抵抗値は $2.0 \times 10^3\ \Omega$ である。

〔２〕 この回路を流れる電流の最大値を答えなさい。

〔３〕 この回路を流れる電流の時間変化の式を答えなさい。

［状態２］はじめ、コンデンサーに電荷はないものとする。$t = 0$ に S_1 を A 側に接続し、S_2 はコンデンサー側に接続した。コンデンサーの電気容量（静電容量）は 3.5×10^{-5} F である。

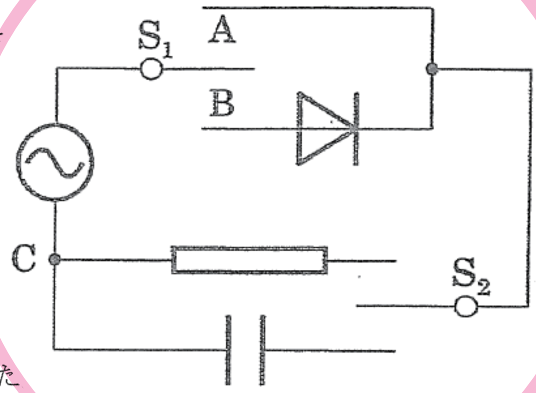

図２

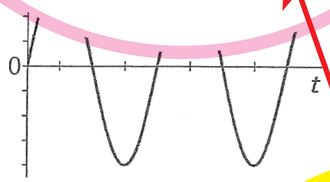

図３

「交流回路」
が的中！

2021年度YMS 聖マリ模試

$\boxed{3}$ 抵抗値 R[Ω]の抵抗 R，電気容量 C[F]のコンデンサーC，自己インダ　　　イル L とスイッチ SW を，図２のように角周波数 ω_1 [rad/s]の交流電源に接続した。また SW を a につないだ場合と SW を b につないだ場合に，時刻 t[s]において回路を流れる電流 I がともに同じ振幅 I_1 の電流 $I_1 \sin \omega_1 t$ [A]となるように ω_1 を選んだ。このとき交流電源の電圧 V は $V_1 \sin(\omega_1 t + \phi)$ [V]と表されるものとする。ϕ [rad]は交流電源の電圧の回路を流れる電流に対する位相差である。以下の各問に答えなさい。必要であれば三角関数の公式 $A \sin\theta + B\cos\theta = \sqrt{A^2 + B^2}\sin(\theta + \delta)$ を用いても良い。ただし，$\tan\delta = \dfrac{B}{A}$ とする。〔１〕は解答の過程

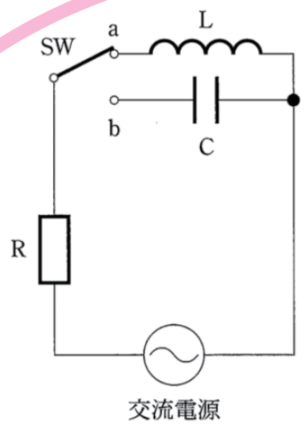

図２

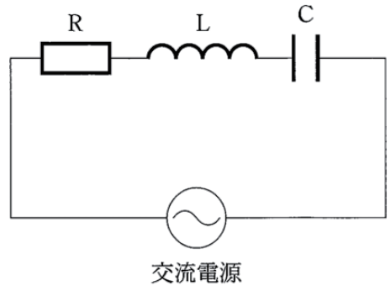

図３