



過去問ライブラリー

# 山口大学

## 物理

### 問題

#### 2018年度入試

【学部】 医学部

【入試名】 前期日程

【試験日】 2月25日



「過去問ライブラリーは、（株）旺文社が刊行する「全国大学入試問題正解」を中心とした過去問、研究・解答（解答・解説）を掲載しています。本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は、（株）旺文社または各情報提供者に帰属します。

本サービスに掲載の全部または一部の無断複製、配布、転載、譲渡等を禁止します。

各設問に対する「研究・解答」は原則として旺文社が独自に作成したものを掲載しています。

掲載問題のうち★印を付したものは、著作権法第67条の2第1項の規定により文化庁長官に裁定申請を行った上で利用しています。

裁定申請日 【2017年】8/1 【2018年】4/24、9/20 【2019年】6/20

1 以下の説明文を読み、その後の問い合わせに答えなさい。(配点 25)

図 1において、 $A_0A$ は表面がなめらかな鉛直面、 $ABC$ は中心を $O$ とする半径 $R[m]$ の表面がなめらかな円筒面であり、鉛直面 $A_0A$ と円筒面 $ABC$ は点 $A$ においてなめらかに接続している。 $OC$ は鉛直線 $OB$ に対して $60^\circ$ の角をなし、 $OA$ は水平である。

最初、点 $A$ から質量 $m[kg]$ の小球を円筒面に沿って静かに離した。小球は円筒面 $ABC$ に沿ってなめらかに運動し、点 $C$ から空中に飛び出した後、放物運動をした。放物運動の最高点の高さは、点 $B$ と同じ高さから測ると $h[m]$ であった。空気の抵抗を無視し、重力加速度の大きさを $g[m/s^2]$ とする。

問 1 小球が点 $A$ から点 $B$ に達するまでの間に、小球に働く重力のする仕事 $W_{AB}[J]$ を求めなさい。

問 2 小球が点 $A$ から点 $B$ に達したとき、点 $B$ における重力による位置エネルギー $U_B[J]$ は点 $A$ における重力による位置エネルギー $U_A[J]$ と比べて、いくら増加、もしくは減少するか答えなさい。

問 3 点 $B$ における小球の速さ $v_B[m/s]$ を求めなさい。

問 4 小球が点 $C$ を通過したときの速さ $v_C[m/s]$ を求めなさい。

問 5 放物運動の最高点の高さ $h[m]$ を求めなさい。

次に、鉛直面上の点 $A_0$ から質量 $m[kg]$ の小球を鉛直面に沿って静かに離した。小球は鉛直面 $A_0A$ と円筒面 $ABC$ に沿ってなめらかに運動し、点 $C$ から空中に飛び出した後、放物運動をした。放物運動の最高点の高さは、点 $B$ と同じ高さから測ると $2R[m]$ に達した。

問 6 点 $A$ を通過したときの速さ $v_A[m/s]$ を求めなさい。

問 7 点 $B$ と同じ高さから測った、点 $A_0$ の高さ $H[m]$ を求めなさい。

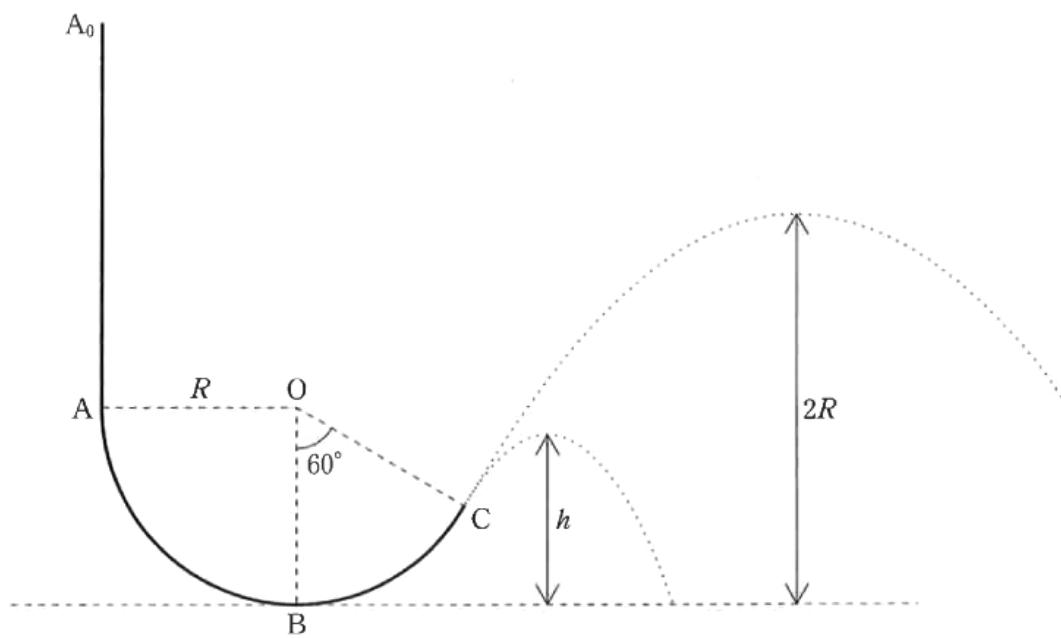


図 1

**2 単色光の反射と屈折に関する以下の問いに答えなさい。(配点 25)**

問 1 図 1 に示すように、透明媒質 1 および 2 が平坦な境界面で接している。媒質 1 から単色光が境界面に入射するとき、一部は媒質境界面で反射し、一部は屈折して媒質 2 中を進む。光が境界面に入射する角度を入射角、反射する角度を反射角、屈折する角度を屈折角として、以下の問いに答えなさい。

- (1) 媒質 1 の屈折率を  $n_1$ 、媒質 2 の屈折率を  $n_2$  として、入射角  $i$  [rad] と屈折角  $t$  [rad] の間に成り立つ関係式を書きなさい。
  - (2) 媒質 1 の屈折率を  $n_1 = 1.5$ 、媒質 2 の屈折率を  $n_2 = \sqrt{3}$  とする。単色光が媒質 1 から入射角  $i = \pi/3$  rad で入射したときの屈折角  $t$  として最も適切な角度を、表 1 の値を参考にして、以下から選びその記号を答えなさい。
- (a) 0.750 rad    (b) 0.792 rad    (c) 0.848 rad    (d) 0.887 rad    (e) 0.923 rad  
 (f) 0.985 rad

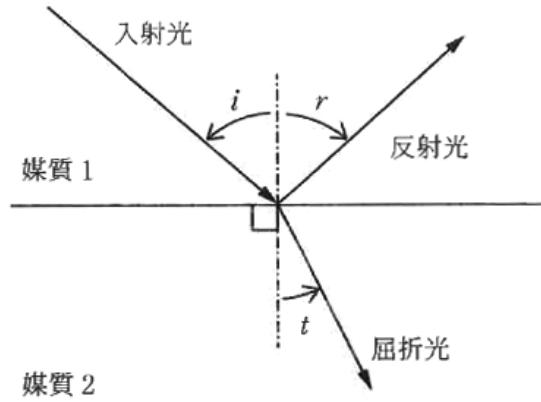


図 1

表 1 三角関数表 (0.75 ~ 1.00 rad)

$\theta$ [rad]	$\sin \theta$	$\theta$ [rad]	$\sin \theta$
0.75	0.6816	0.88	0.7707
0.76	0.6889	0.89	0.7771
0.77	0.6961	0.90	0.7833
0.78	0.7033	0.91	0.7895
0.79	0.7104	0.92	0.7956
0.80	0.7174	0.93	0.8016
0.81	0.7243	0.94	0.8076
0.82	0.7311	0.95	0.8134
0.83	0.7379	0.96	0.8192
0.84	0.7446	0.97	0.8249
0.85	0.7513	0.98	0.8305
0.86	0.7578	0.99	0.8360
0.87	0.7643	1.00	0.8415

問 2 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。

図2に示すように、空気中に屈折率が $n_2$ で厚さに比べて十分広がった上下面 $C_1$ および $C_2$ をもつ直方体透明媒質2がある。面 $C_1$ および $C_2$ には、屈折率 $n_3$ ( $< n_2$ )の透明媒質3がそれぞれ接している。

空气中から媒質2の端面中央の点Aへ単色光が入射角 $i_1$ [rad]で入射する。なお、空気の屈折率を1、媒質2および3の屈折率 $n_2$ および $n_3$ を1よりも大きい値とする。また、単色光は、媒質2端面、面 $C_1$ および $C_2$ と垂直で点Aを含む面内を進むものとする。

点Aへ入射した単色光は、媒質2端面において一部は反射し、一部は屈折角 $t_1$ [rad]で屈折したのち媒質2中を進み、面 $C_1$ 上の点Bへ入射角 $i_2$ [rad]で再び入射する。

ここで、 $\sin i_2$ を $n_2$ と $i_1$ を用いて表すと①となる。したがって、点Aへの入射角 $i_1$ を小さくすれば、点Bへの入射角 $i_2$ は②となる。また、点Bにおける屈折角 $t_2$ [rad]は $i_2$ に比べて③となる。そこで、 $i_1$ を変化させると、 $i_1 = i_{1c}$ [rad]のときに $t_2$ が $\pi/2$  radとなり、④とすると、媒質3中で点Bからの屈折光は観測されなくなる。このとき、点Bで起きている現象を⑤とよぶ。また、屈折角 $t_2$ が $\pi/2$  radとなるときの点Bへの入射角 $i_{2c}$ [rad]を⑥とよぶ。

- (1) 上記の文章の空欄①～⑤に入る適当な言葉または数式を答えなさい。なお、同じ番号の空欄には同じ言葉が入る。また、②および③は、解答用紙の適切な答えを選びなさい。
- (2)  $\sin i_{2c}$ を各媒質の屈折率を用いて示しなさい。
- (3)  $\sin i_1$ を各媒質の屈折率と $t_2$ を用いて示しなさい。また、 $\sin i_{1c}$ を各媒質の屈折率を用いて表しなさい。
- (4) 媒質2の屈折率を $n_2 = \sqrt{2}$ としたとき、 $i_{1c} = \pi/4$  radとなった。このときの媒質3の屈折率 $n_3$ を求めなさい。

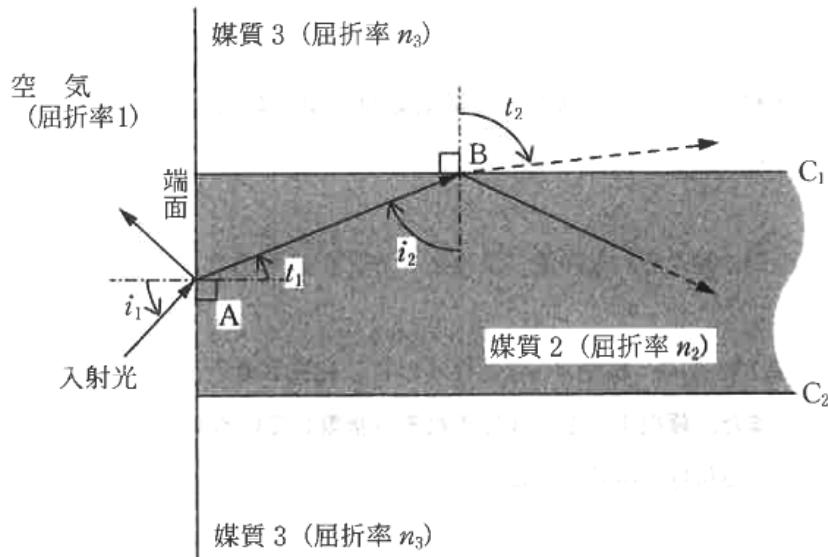


図2

3 以下の説明文を読み、その後の問い合わせに答えなさい。(配点 25)

図 1 に示すように、一辺が  $a$ [m] の正方形の導体極板 1, 2, 3 を平行に置く。極板 1 と極板 2, および極板 2 と極板 3 の極板間隔はそれぞれ  $2d$ [m] とする。 $a$  は  $d$  より十分大きいとする。また、起電力  $V_0$ [V] の電池が図のように接続されている。これらの極板は誘電率  $\epsilon_0$ [F/m] の真空中に置かれ、最初、極板は帯電していない。スイッチ SW は最初は開いた状態にある。

SW を閉じて十分時間が経過した後、再び SW を開いた。解答は  $a$ ,  $d$ ,  $V_0$ ,  $\epsilon_0$  の中から必要なものを用いて表しなさい。ただし、点 E の電位を 0V とする。

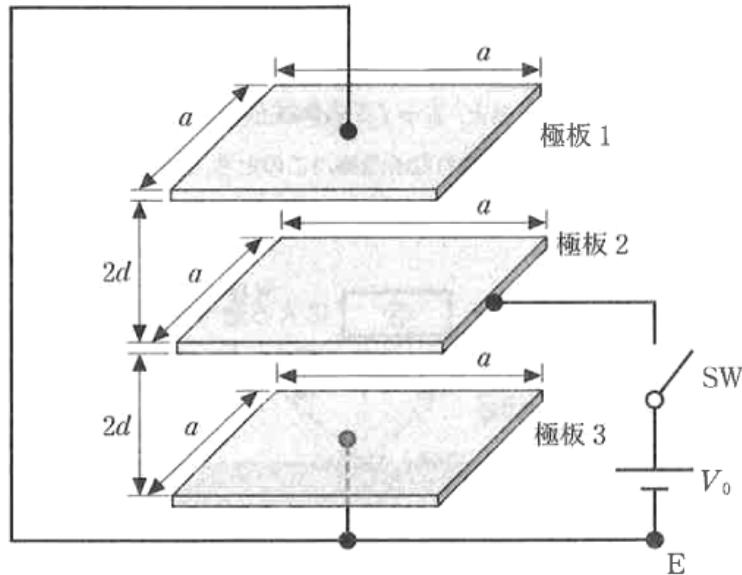


図 1

問 1 極板 1 と 2 の間の電気容量  $C_{12}$ [F] を求めなさい。

問 2 それぞれの極板 1, 2, 3 に帯電した電気量  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ [C] を求めなさい。正負の符号も付けて解答しなさい。

問 3 極板 1 と 2 の間に蓄えられた静電エネルギー  $U_{12}$ [J] を求めなさい。

問 4 極板 2 を極板 1 の方向へ距離  $d$ [m] だけゆっくり移動させた。移動後の極板 2 の電位  $V_2$ [V] を求めなさい。また、極板 1, 2, 3 にそれぞれ帯電している電気量  $Q'_1$ ,  $Q'_2$ ,  $Q'_3$ [C] を求めなさい。正負の符号も付けて解答しなさい。

## 4 以下の説明文を読み、その後の問い合わせに答えなさい。(配点 25)

I. 19世紀末までには、光は干渉や回折などの性質を示すことから、波の一種として理解されていた。

しかし、20世紀になると、ア効果やコンプトン効果などに関する精密な実験結果により、光を一種の粒子として取り扱うべき事例が示された。この取り扱いでは、光は光子と呼ばれる多数の粒子の集まりであり、1個の光子の持つエネルギー  $E$ [J] は光の振動数  $f$ [Hz] とプランク定数  $h$ [J·s] を用いて  $E = \text{イ}$  [J] と表される。また、1個の光子の持つ運動量の大きさ  $p$ [kg·m/s] は、光の振動数  $f$ [Hz]、プランク定数  $h$ [J·s] および光速  $c$ [m/s] を用いると  $p = \text{ウ}$  [kg·m/s] と表される。

半径  $r$ [m] の球形容器内を振動数  $f$ [Hz] の光子が光速  $c$ [m/s] で不規則に運動している。ある光子が図1のように入射角  $\theta$ [rad] で容器内壁に衝突した。容器内壁は鏡のようになっており、光子と内壁は弾性衝突をすると考えられる。運動量の変化はエに等しいので、この1個の光子は内壁に大きさオ[N·s]のエを垂直に与える。容器内壁と衝突した光子が次に内壁と衝突するまでに進む距離はカ[m]であるので、 $t$ [s]の間に1個の光子が内壁に衝突する回数はキ[回]である。したがって、球形容器内の光子数を  $N$ [個] とすると、全光子から内壁が受ける力の大きさはク[N]と表される。以上のことから、この光子気体の圧力  $P$ [Pa] は、球形容器の体積  $V$ [m<sup>3</sup>] を用いてケ[Pa]となり、単位体積あたりのエネルギー  $U$ [J/m<sup>3</sup>] を使って、 $P = \text{コ}$  [Pa] と書ける。

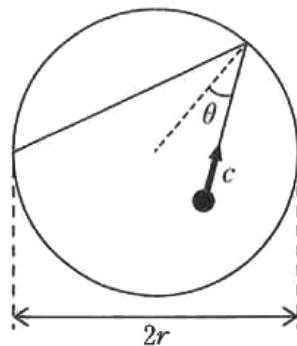


図1

問1 空欄 アからコを埋める適切な語句または式を記入しなさい。なお、同じ記号の空欄には同じ語句または式が入る。

II. 放射性崩壊のうち、 $\alpha$ 崩壊は、原子核が $\alpha$ 線を放出して別の原子核に変わる現象である。 $\alpha$ 線の正体はヘリウム<sup>4</sup>Heの原子核であるので、 $\alpha$ 崩壊後の原子核の質量数はA。また、原子番号はB。 $\beta$ 崩壊は、原子核が $\beta$ 線を放出して別の原子核に変わる現象である。 $\beta$ 線の正体は高速の電子であるので、 $\beta$ 崩壊後の原子核の質量数はC。また、原子番号はD。

天然ウランには<sup>238</sup>Uと<sup>235</sup>Uがある。<sup>238</sup>Uと<sup>235</sup>Uのように原子番号が同じで質量数の異なる原子を同位体という。ウラン<sup>238</sup>Uの原子核は、(1) 個の陽子と、(2) 個の中性子からできて

いる。

ウラン $^{238}_{92}\text{U}$ とウラン $^{235}_{92}\text{U}$ はともに自然崩壊する。ウラン $^{238}_{92}\text{U}$ が鉛 $^{206}_{82}\text{Pb}$ になるまでの間に、 $\alpha$ 崩壊が (3) 回、 $\beta$ 崩壊が (4) 回起きる。一方、ウラン $^{235}_{92}\text{U}$ が鉛 $^{207}_{82}\text{Pb}$ になるまでの間には、 $\alpha$ 崩壊が (5) 回、 $\beta$ 崩壊が (6) 回起きる。

問 2 空欄  から  に入る語句として正しいものを次の番号を記入しなさい。

- ① 1 増える
- ② 2 増える
- ③ 4 増える
- ④ 1 減る
- ⑤ 2 減る
- ⑥ 4 減る
- ⑦ 変わらない

問 3 空欄  から  を埋める適切な数値を記入しなさい。