

平成 30 年度 入学者選抜学力検査問題

理 科

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び解答用紙の枚数は、下表のとおりです。

出題科目	ページ	解答用紙枚数
物 理	1 ～ 8	4
化 学	9 ～ 16	5
生 物	17 ～ 28	5
地 学	29 ～ 39	5

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の枚数の過不足や汚れ等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験開始後、すべての解答用紙に受験番号、志望学部及び氏名を記入してください。
受験番号の記入欄はそれぞれ 2 箇所あります。
- 5 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
- 6 問題冊子の余白は適宜使用してください。
- 7 各問題の配点は 100 点満点としたときのものです。
- 8 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

物 理

1 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。(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° 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/s²] 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。

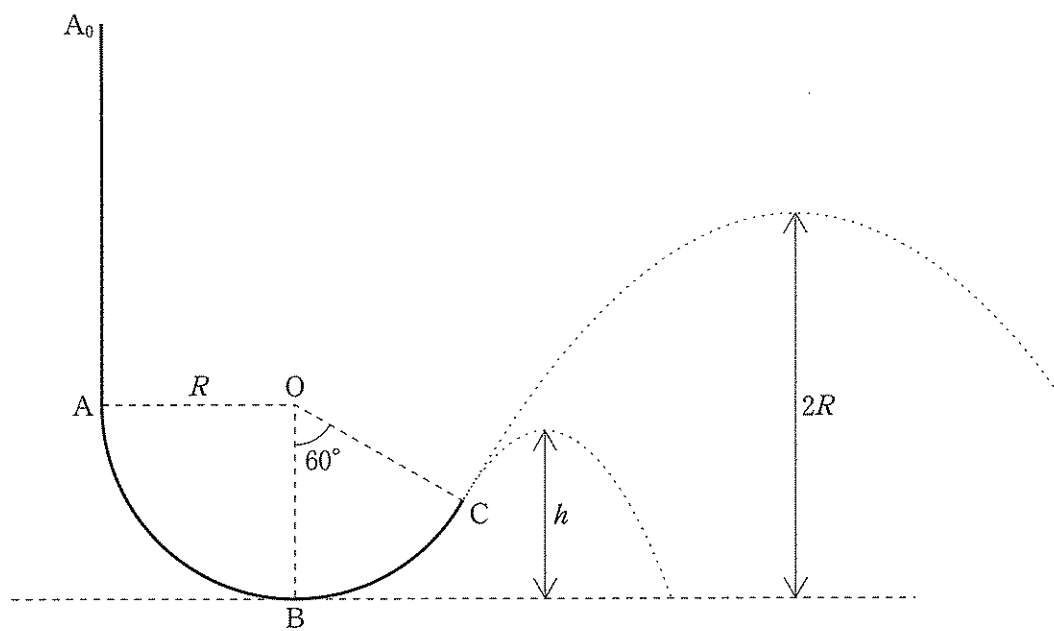


图 1

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

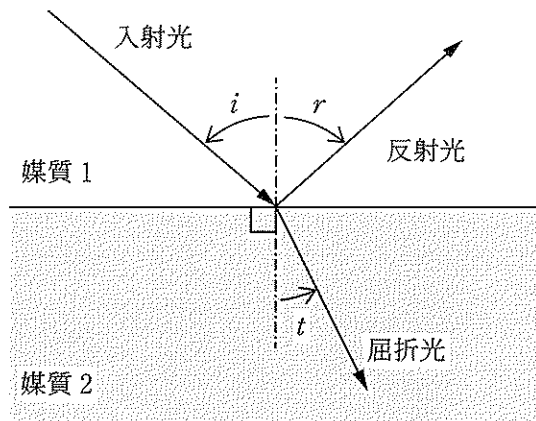


図 1

表 1 三角関数表 (0.75 ~ 1.00 rad)

θ [rad]	$\sin \theta$	θ [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。

空気中から媒質 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 なる。また、点 B における屈折角 t_2 [rad] は i_2 に比べて ③ 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 ⑤ 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。

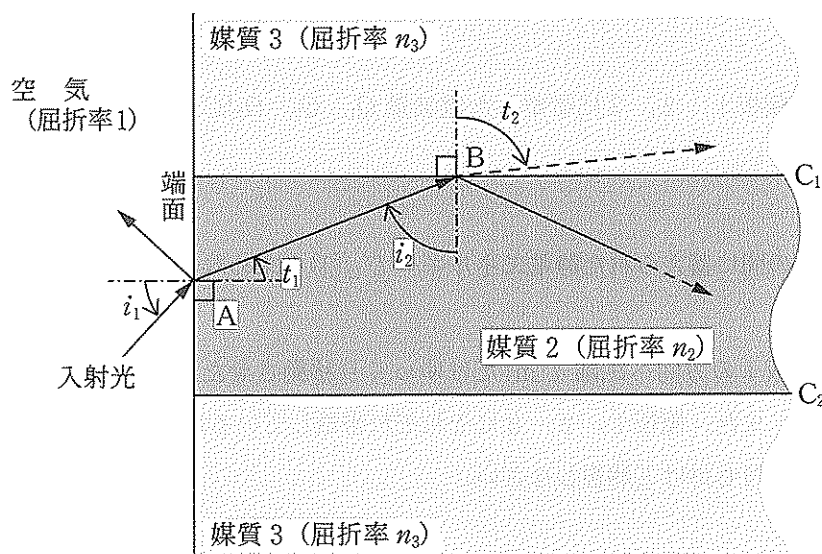


図 2

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 ϵ_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 , ϵ_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。

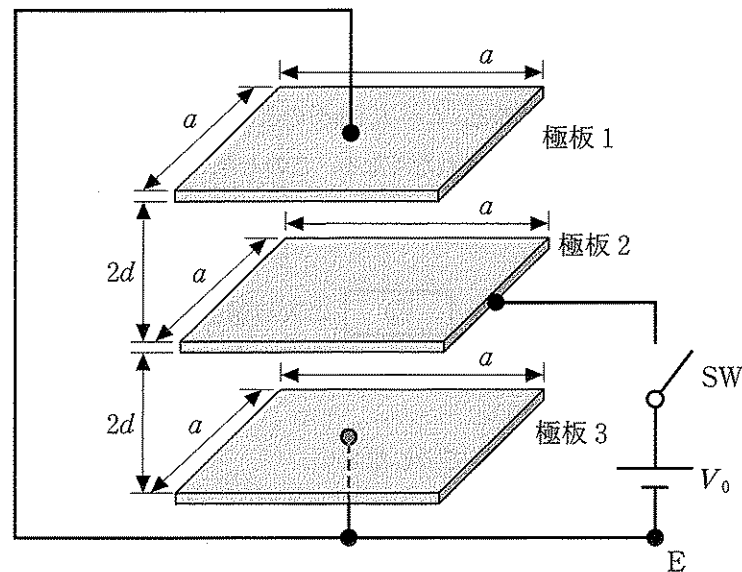


図 1

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 世紀に入ると、 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 $E =$ [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 $p =$ [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 θ [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されると考えられる。運動量の変化は に等しいので、この 1 個の光子は内壁に大きさ [N·s] の 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 [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 [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 [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 [m³] を用いて [Pa] となり、単位体積あたりのエネルギー U [J/m³] を使って、 $P =$ [Pa] と書ける。

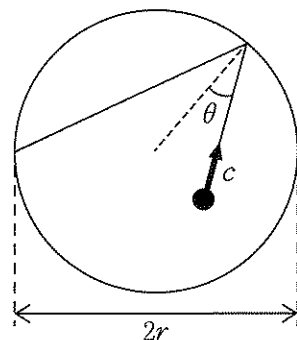


図 1

問 1 空欄 から 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、 α 崩壊は、原子核が α 線を放出して別の原子核に変わる現象である。 α 線の正体はヘリウム ${}^4\text{He}$ の原子核であるので、 α 崩壊後の原子核の質量数は A。また、原子番号は B。 β 崩壊は、原子核が β 線を放出して別の原子核に変わる現象である。 β 線の正体は高速の電子であるので、 β 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 ${}^{238}_{92}\text{U}$ と ${}^{235}_{92}\text{U}$ がある。 ${}^{238}_{92}\text{U}$ と ${}^{235}_{92}\text{U}$ 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 ${}^{238}_{92}\text{U}$ 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、 α 崩壊が (3) 回、 β 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、 α 崩壊が (5) 回、 β 崩壊が (6) 回起きる。

問 2 空欄 A から D に入る語句として正しいものを次の中から選び①～⑦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 (1) から (6) を埋める適切な数値を記入しなさい。