

平成 31 年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

物 理

学類によって解答する問題が異なります。

指定された問題だけに解答しなさい。

学 域	学 類	解 答 す る 問 題
人間社会学域	学 校 教 育 学 類	I, II, III (3 問)
理 工 学 域	数 物 科 学 類 地 球 社 会 基 盤 学 類 生 命 理 工 学 類 理 工 3 学 類	I, II, III, IV, V (5 問)
医薬保健学域	医 学 類 薬 学 類・創薬科学類	III, IV, V (3 問)
	保 健 学 類	I, II, III (3 問)

(注 意)

- 1 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
- 2 問題紙は本文 11 ページです。答案用紙は、学校教育学類、保健学類は I, II, III の 3 枚、数物科学類、地球社会基盤学類、生命理工学類、理工 3 学類は I, II, III, IV, V の 5 枚、医学類、薬学類・創薬科学類は III, IV, V の 3 枚あります。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ってください。

補 足 説 明

科目名： 物理

問題 5 ページ 10 行目

Ⅱ 問9

「…選びなさい。」の次に以下の文を加える。

【正】

…選びなさい。ただし， n_2 の値のみ変化したとする。

I [学校教育学類, 数物科学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 理工3学類, 保健学類]

以下の文章が正しい記述となるように, (1), (3), (4), (5), (6), (8), (10), (12), (13) に適切な語句, 式あるいは数値を記入しなさい。また, (2), (7), (9), (11) の{ }の選択肢は正しいものを1つ選び, 解答欄の選択肢に○をつけなさい。

放射性物質の原子核は, 放射線を放出し別種の原子核へ変化する。このような過程は, 放射性崩壊と呼ばれる。放射性物質の原子核が放射性崩壊すると, もとの放射性物質の原子核の数は時間とともに減少する。原子核数がはじめの原子核数の $\frac{1}{2}$ になるまでの時間を (1) と呼ぶ。この時間は崩壊せずに残った原子核の数が, さらに $\frac{1}{2}$ になるまでの時間 (2){より長い・と等しい・よりも短い}。時刻0における原子核数を N_0 , (1) を T とすると, 時刻 t において崩壊せずに残っている原子核数 N は, $N =$ (3) と表される。これは, 放射性崩壊は原子核が生成してから時間に関係なく, 一定の確率で起こるためである。放射性物質の1個の原子核が (1) の間に崩壊する確率は (4) である。

2種類の放射性物質の原子核AとBがあり, はじめ, Aの原子核数はBの原子核数の2倍であったとする。それぞれの原子核の (1) が, T_A と T_B ($T_A < T_B$)であった場合, AとBの原子核数が同じになるまでの時間は (5) で与えられる。

放射性物質の崩壊により放出される主な放射線には α 線, β 線, γ 線があり, それぞれ磁場中で異なる軌跡を描く。図1の灰色で示した領域で, 磁場は紙面裏側より表側に向かっているとすると, 負電荷を持つ (6) 線は, (7){(I)・(II)・(III)} のように進み, 正電荷を持つ (8) 線は (9){(I)・(II)・(III)} のように進む。また, X線よりもおおむね波長が短い電磁波である (10) 線は, (11){(I)・(II)・(III)} のように進む。

放射性物質の原子核が (6) 線を出す崩壊を (12) 回、(8) 線を出す崩壊を (13) 回行なうと原子核の原子番号は10減少し、質量数は28減少する。

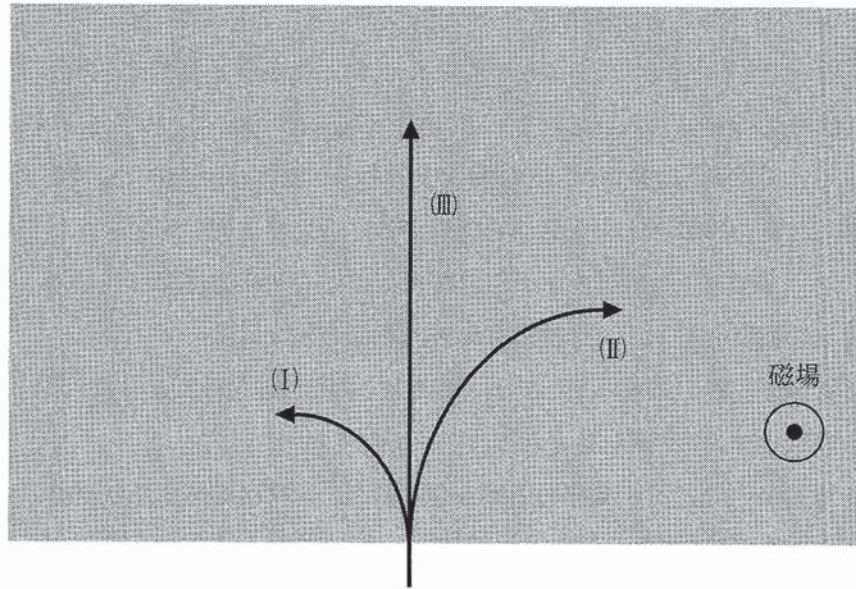


図 1

Ⅱ [学校教育学類, 数物科学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 理工3学類, 保健学類]

図2 aのように, 真空中の波長が λ_0 [m]の単色光の平面波を, 薄膜に入射角 i [rad]で入射させる。この薄膜の厚さを d [m], 屈折率を n とする。薄膜は屈折率 n_1 の媒質1の中に入れられており, それぞれの屈折率の大きさは $1 < n < n_1$ の関係にある。図中の①は薄膜の上の境界面上で屈折した後, 薄膜の下境界面の点Cで反射して上の境界面上の点Bから薄膜の外に透過する光の経路を示している。一方, ②は薄膜の上境界面上の点Bで反射する光の経路を示している。媒質1中での光の波面 AA' は, 光の進行方向 $A'B$ と直交している。

以下の問いに答えなさい。ただし, 真空中での光の速さを c [m/s]とする。

- 問1 薄膜中でのこの光の速さと波長を求めなさい。
- 問2 媒質1内で光が $A'B$ 間の距離を進む間に, 薄膜内で光が進む距離は $A'B$ の何倍かを求めなさい。

薄膜内での光の屈折角を r [rad]とする。以下の問いに答えなさい。

- 問3 $\sin r$ を入射角 i を用いて表しなさい。
- 問4 入射角 i を0にして薄膜の上方向で反射光を観測する。経路①と②の光が強め合う最小の薄膜の厚さ d_0 [m]を求めなさい。
- 問5 入射角 i を角度 α [rad]より大きくすると, 薄膜の下境界面からの透過光が全く観測されなくなった。 $\sin \alpha$ の値を, 屈折率 n と n_1 を用いて表しなさい。
- 問6 入射角が $0 < i < \alpha$ のとき, 経路①と②の光路差を r を用いて表しなさい。
- 問7 入射角を $0 < i < \alpha$ の範囲に定め, 薄膜による反射光を上方から観察する。ただし, $d > d_0$ とする。入射角を変化させていくと, 反射光は強め合ったり弱め合ったりした。反射光が強め合う $\sin i$ の最大値を求めなさい。

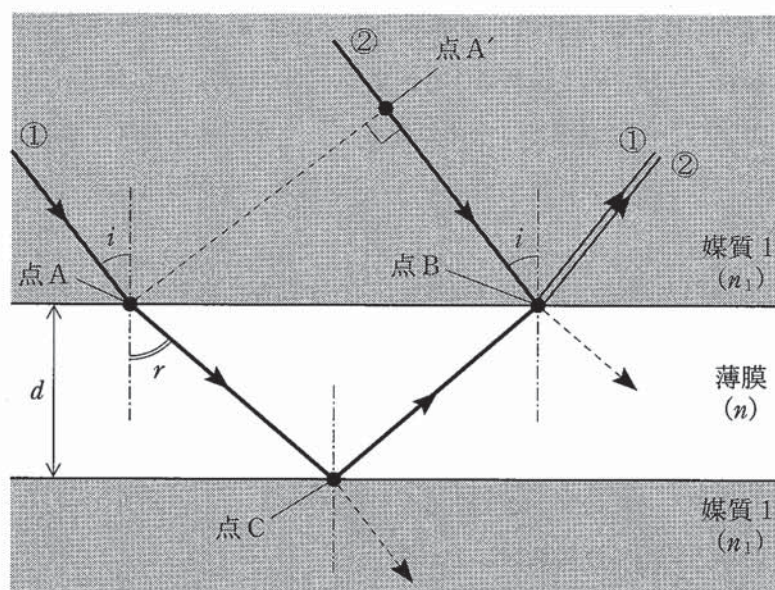


图 2 a

次に図 2 b のように屈折率 n_1 の媒質 1 と屈折率 n_2 の媒質 2 が、屈折率 n のくさび型の薄膜によって隔てられているとする。図 2 b のように $\Delta d[\text{m}]$ と $L[\text{m}]$ を定義する。薄膜の下面は水平で、上面は傾き $\frac{\Delta d}{L}$ で水平からわずかに傾いている。この薄膜に、真上から真空中の波長が λ_0 の単色光の平面波を入射させる。以下の問いに答えなさい。

問 8 屈折率の大きさが $1 < n < n_1 < n_2$ である場合を考える。薄膜の上から反射光を観測すると、明暗の縞模様が観測された。明線の間隔を求めなさい。

問 9 屈折率の大きさが $1 < n_2 < n < n_1$ である場合に観測される明暗の縞模様と、問 8 の $1 < n < n_1 < n_2$ の場合の縞模様との比較に関する記述として適切なものを、下記の(a)~(d)中から選びなさい。

- (a) 明線の間隔も位置も同じである。
- (b) 明線の間隔は同じであるが、位置は異なる。
- (c) 明線の間隔は問 8 の場合より広くなり、位置も異なる。
- (d) 明線の間隔は問 8 の場合より狭くなり、位置も異なる。

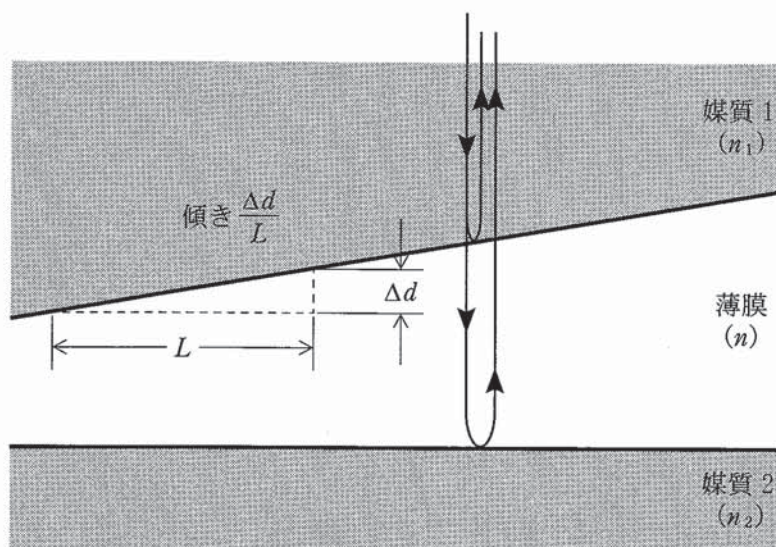


図 2 b

Ⅲ [学校教育学類, 数物科学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 理工3学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

図3 aに示すように, 水平な床と斜面が曲面でなめらかにつながれている。斜面の右端の点Pでの床からの高さは $H[\text{m}]$, 斜面の床に対する角度は 30° である。水平な床の上には, 大きさが無視できる質量 $M[\text{kg}]$ の板が一端を固定されたばね定数 $k[\text{N/m}]$ のばねに取り付けられている。ばねが自然長のときの板の位置を x 座標の原点 $O(x=0)$ とし, ばねが伸びる向きを x 軸の正の向きとする。板と床の間の摩擦およびばねの質量, 空気抵抗は無視できるとする。重力加速度の大きさを $g[\text{m/s}^2]$ とする。

板を $x = -x_0[\text{m}]$ ($x_0 > 0$) の位置で静かにはなすと単振動をはじめた。ただし振動する板は斜面に達することはない。

問1 板の速さの最大値を求めなさい。

問2 板がはなされてから原点 O を初めて通過するときまでの時間を求めなさい。

次に, 図3 bに示すように板を x 座標が負の位置で静止させ, 質量 $m[\text{kg}]$ の小球を板と接触させて置いた。板を静かにはなすと, 小球は板と接触したまま x 軸正方向に移動し板からはなれた。そのあと小球は水平な床の上を移動したのち, 斜面を上方へ移動して, 図3 cに示すように点Pから斜面に沿った角度で飛び出した。そして小球は, なめらかな壁の床からの高さが H の点Qに衝突したあとはね返り, 点Pと点Qの間の床に落下した。小球は床および斜面と接触したまま移動し, 小球と床面および斜面との摩擦は無視できるとする。

点Pにおける小球の速さを $v_P[\text{m/s}]$ として問3と問4に答えなさい。

問3 点Pから壁までの水平方向距離を求めなさい。

問4 小球が点Pを飛び出してから床に落下するまでの時間を求めなさい。

板をはなすときの位置を $x = -x_1[\text{m}]$ ($x_1 > 0$) とする。以下の問いでは v_P を使わずに答えなさい。

問5 原点 O における小球の速さを求めなさい。

問 6 小球が板から離れた瞬間を時刻 0 として、時刻 t [s] での板の位置座標 x を求めなさい。

問 7 点 P における小球の速さを求めなさい。

小球が点 P から飛び出したあと点 Q に衝突するまでの間の、小球の床からの最大高度は $2H$ [m] であった。

問 8 板をはなした位置の原点 O からの距離 x_1 を求めなさい。

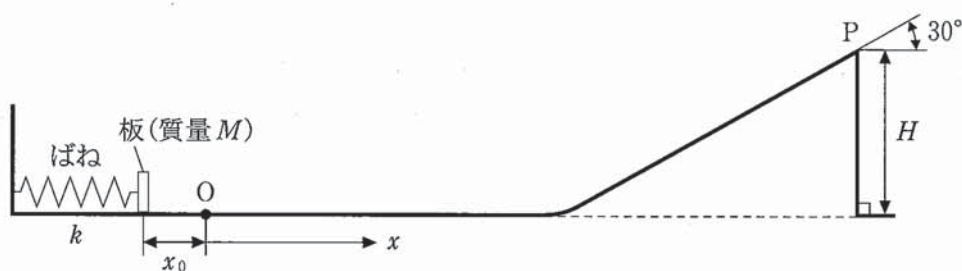


図 3 a

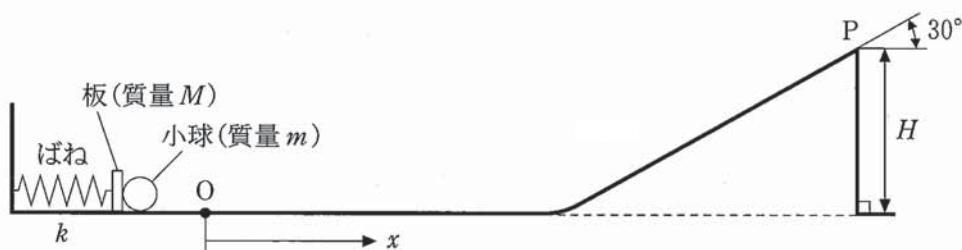


図 3 b

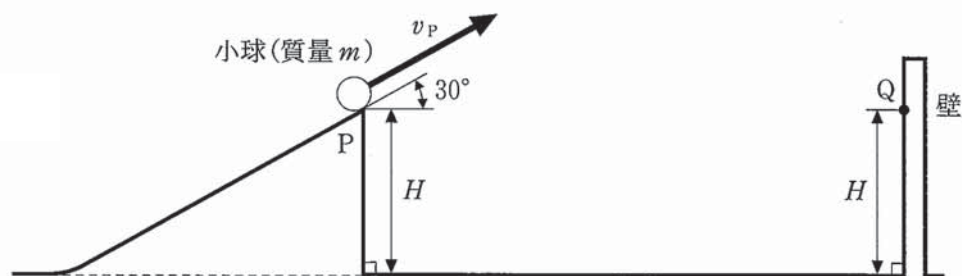


図 3 c

IV [数物科学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 理工3学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類]

図4 aのように, シリンダー A, B を水平な床に固定する。シリンダー A, B にはそれぞれ, 断面積が $S[\text{m}^2]$ で, 断熱材でできたピストンが設置されている。それぞれのピストンは, 変形しない棒でつながれており, 水平方向になめらかに動くことができる。シリンダー A, B の中にはそれぞれ, n_A, n_B モルの単原子分子理想気体が封入されている。シリンダー A は断熱性が保たれており, 内部の気体の温度を制御する装置が備わっている。一方, シリンダー B 内の気体は大気と熱のやりとりをすることにより, 温度は常に $T[\text{K}]$ に保たれている。また, 2つのピストンにはさまれた領域は, 大気の入出りがあり, 常に圧力 $p[\text{Pa}]$, 温度 T に保たれている。気体定数を $R[\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$ として, 以下の問いに答えなさい。

はじめ, シリンダー A, B 内の両気体の圧力は p , 温度は T であった。

問 1 シリンダー A 内の気体の体積を求めなさい。

問 2 シリンダー B 内の気体の内部エネルギーを求めなさい。

次に, シリンダー A 内の気体の温度をある温度までゆっくり上げたところ, シリンダー A 内の気体の圧力は $\Delta p_1[\text{Pa}]$ だけ増加した。

問 3 シリンダー B 内の気体の圧力を求めなさい。

問 4 シリンダー B 内の気体の体積を求めなさい。

問 5 シリンダー A 内の気体の温度を求めなさい。

問 6 シリンダー A 内の気体に加えた熱量からシリンダー B 内の気体が大気に出した熱量を引いた値を求めなさい。

次に, 図4 bのように, 図4 aのピストンの間の棒を質量が無視できるばね定数 $k[\text{N}/\text{m}]$ のばねに交換した。シリンダー A, B 内の両気体の圧力が p , 温度が T のとき, ばねは自然長となりピストンは静止していた。シリンダー A 内の気体の温度をゆっくり上げたところ, シリンダー A 内の気体の圧力は $\Delta p_2[\text{Pa}]$ だけ増加した。

- 問 7 バネが自然長より縮んだ長さを求めなさい。
- 問 8 シリンダー A 内の気体の体積とシリンダー B 内の気体の体積の和を求めなさい。
- 問 9 シリンダー A 内の気体の体積を求めなさい。
- 問10 シリンダー A 内の気体がした仕事とシリンダー B 内の気体がした仕事の和を求めなさい。
- 問11 シリンダー A 内の気体に加えた熱量からシリンダー B 内の気体が大気に出した熱量を引いた値を求めなさい。

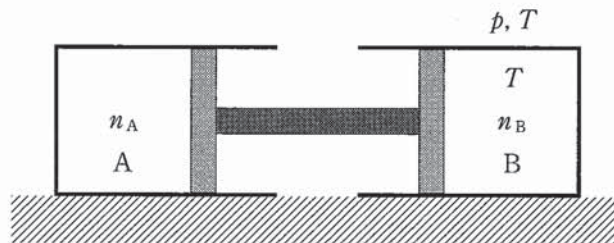


図 4 a

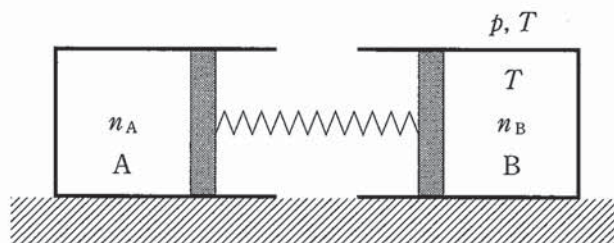


図 4 b

V [数物科学類, 社会基盤学類, 生命理工学類, 理工3学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類]

図5 aのように, 間隔 $4d$ [m]の2枚の平行極板A, Bからなるコンデンサー, 抵抗値 R [Ω]の抵抗, 内部抵抗が無視できる起電力 V [V]の電池, スイッチからなる回路がある。極板A, B間が真空のときのコンデンサーの電気容量を C [F]とし, 極板が帯電していない状態から, スイッチを閉じた。

- 問1 スイッチを閉じた直後に抵抗に流れる電流を求めなさい。
- 問2 時間がじゅうぶん経過した後, 抵抗にかかる電圧を求めなさい。
- 問3 時間がじゅうぶん経過した後, コンデンサーに蓄えられる電気量を求めなさい。
- 問4 スイッチを閉じてから時間がじゅうぶん経過するまでに, 電池がする仕事を求めなさい。
- 問5 スイッチを閉じてから時間がじゅうぶん経過するまでに, 抵抗で発生するジュール熱を求めなさい。

時間がじゅうぶん経過した後, スイッチを開いた。その後, 図5 bのようにコンデンサーの極板間に極板と同じ形状の断面をもつ厚さ d の導体板を, 極板A, Bと平行にそれぞれからの距離を d , $2d$ に保ちつつ, 外力を加えながらゆっくりと挿入した。導体板は帯電していないとする。

- 問6 導体板を極板面積のちょうど半分まで挿入したときのコンデンサーの電気容量を求めなさい。
- 問7 導体板全体を挿入した後の極板A, B間の電位差を求めなさい。
- 問8 導体板を挿入していない状態から全体を挿入し終わるまでに外力がした仕事を求めなさい。

次に, 図5 cのように導体板と極板Bの間に比誘電率 ϵ_r の誘電体板をすきまなく挿入した。その後, 導体板に正の電気量 Q [C]を与えてから, スイッチを閉じ, 時間をじゅうぶん経過させた。

問 9 極板 A と B の電気量をそれぞれ求めなさい。

問10 コンデンサーに蓄えられたエネルギーが誘電体の比誘電率 ϵ_r に関わらず同じ値となるには、導体板に与えた電気量 Q がどのような値をとる必要があるか求めなさい。また、このときコンデンサーに蓄えられたエネルギーを求めなさい。

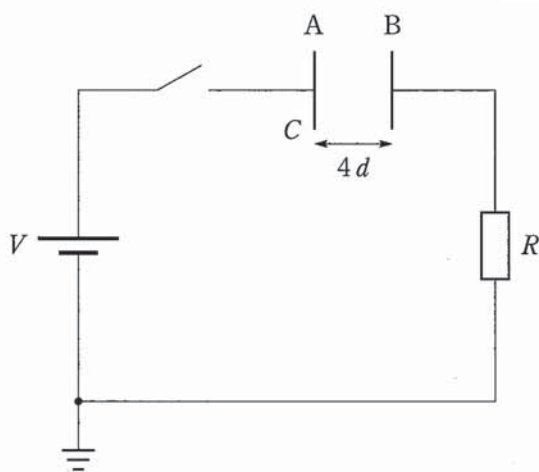


図 5 a

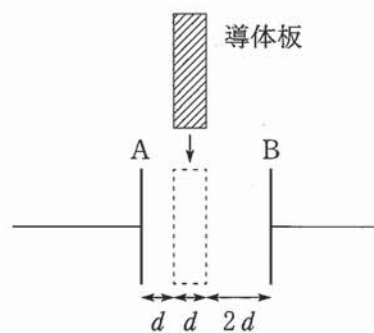


図 5 b

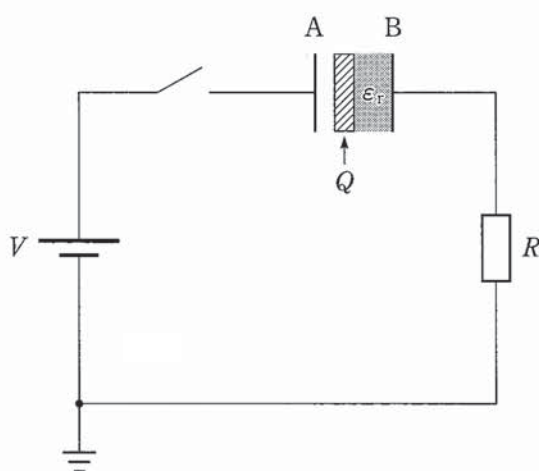


図 5 c