

全体講評（物理）

「物理基礎」と「物理」の広い範囲から、基礎事項を中心に出题した。高校で学ぶ物理学は、大学入学後に理工系学部の授業で学習の基礎をなすものであり、例年どおり、入学後に必要とされる基礎事項と応用力の習熟度を判定することを目的に作題を行った。単に物理の用語や公式を暗記しているだけでは不十分で、その公式の背後にある概念の理解に時間を惜しまず学習の努力をつんできた受験生が高得点をとれるような出題を心掛けた。物理の入試は「理科1科目選択方式・理科設問選択方式（2科目型）（2月2日実施）」と「理科設問選択方式（2月5日実施）」および「理科設問選択方式（理数重視）（2月7日実施）」の3日程で実施され、記述式とマークセンス方式を併用した問を出題した。すべての日程で物理の問題は大問3問から構成され、〔Ⅰ〕は力学分野（力のつりあい、エネルギー保存則、運動量保存、非等速円運動、慣性力、斜面上の等加速度運動）、〔Ⅱ〕は電磁気分野（コイルを通過する磁石が生ずる誘導起電力、コンデンサのある充放電回路、ダイオードを含む回路の問題、磁場中で電流が流れる導線に働く力）、〔Ⅲ〕は波動・熱力学・原子分子分野（ヤングの実験による光の干渉、ファラデーとマクスウェルによる電磁波、光電効果によるプランク定数の測定、ド・ブロイ波長と物質波、虹の光の分散に関して雨滴内での屈折や反射、熱力学における理想気体、開管と閉管の気柱共鳴）からの出題である。以下、本年度入試を俯瞰し、出題・採点にあたり気が付いた点を挙げる。

- ・問題文での説明を丁寧に行い、文章による誘導から状況を想像し、解答する問題を多数出題した。説明の設定条件をよく理解し、イメージすることが、問題を解く際に最も重要なことである。日ごろから読解力を養い、文章から物理的なイメージを描ける訓練を心掛けてほしい。
- ・記述式の問題では、判読の難しい文字を書いている答案が散見された。ギリシャ文字はもちろんアルファベットにいたっても異なる文字の区別がしにくいものや、添え字の記入ミスがあった。答案は単なるメモではなく、採点者に読み取られてはじめて意味をなす。日ごろから他者に正しく読んでもらえる文字を書く習慣を付けておいてほしい。例えば、摩擦係数 μ と質量に用いられる m と M の区別が採点者に明確に伝わるよう常に配慮しているか。また、問題文に出てこない記号を使って解答するなどのミスもあった。
- ・受験以外の場所でも言えることだが、問題の答えが数式として得られてもそれだけで満足しないしてほしい。得られたものを常識（Common sense）と照らし合わせ、式が表す物理現象をイメージ（Image）する、また結果をグラフなどで定性的に捉える（Qualify）の習慣を付けてほしい（C+I+Q）。このような習慣があれば、的外れな解答や符号の間違いに気が付くことがあるだけでなく、受験勉強を通して自然への深い洞察が身に付くだろう。

2026年度入学試験問題

物理

注意事項

- I 試験開始の指示があるまで問題用紙を開いてはいけません。
- II 解答用紙はすべて黒鉛筆(HB)〈シャープペンシルは、HB 0.5 mm 以上の芯であれば使用可〉で記入することになっています。
(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
- III 解答用紙右端の出席票に印刷されている受験番号を確認してください。間違いがなければ氏名欄に署名し、切取線から切り離してください。
- IV 問題は18ページで大問3問です。
- V 試験時間および解答方法については、問題冊子裏面を確認してください。

マーク記入上の注意

1. 解答欄にマークするときは、HBの黒鉛筆で次の正しい例のように、濃く正確にぬりつぶしてください。
2. マークのしかた
 - (ア) 正しい例
 - a 解答が1つの場合。例えばイと解答するときは
 (1)

○	●	○	○	○
---	---	---	---	---

 のように、マークしてください。
 - b 解答が2つの場合。例えばイとウと解答するときは
 (1)

○	○	○	○	○
○	○	○	○	○

 または (1)

○	○	○	○	○
○	○	○	○	○

 のように各1つつマークしてください。
 - (イ) 悪い例

(1)	○	○	○	○	○
(2)	○	○	○	○	○
(3)	○	○	○	○	○
(4)	○	○	○	○	○
(5)	○	○	○	○	○

○印でかこむ。
 全部をぬりつぶしていない。
 レ印をつける。
 |印をつける。
 1欄に2つ以上マークする。

このような記入をしてはいけません。

3. 一度記入したマークを訂正する場合は、消しゴムで完全に消してから記入しなおしてください。
 (1)

○	○	○	○	○
---	---	---	---	---

 のように×印をしても消したことはありません。
4. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、また汚したりしないでください。

- 〔I〕 次の文の に入れるのに最も適当な式を解答欄に記入しなさい。また、
 に入れるのに最も適当なものを各問の文末の解答群から選び、その
 記号をマークしなさい。ただし、同じものを2回以上用いてもよい。なお、
(4)* , (13)* ~ (16)* , (18)* には〔解答群*〕から最も適当
 なものを選びなさい。

重力加速度の大きさを g とする。必要であれば、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{5} = 2.24$ 、 $\sqrt{23} = 4.80$ を用いてもよい。

- (i) ばね定数がそれぞれ k_1 、 k_2 で質量が無視できる2つのばねと、質量がそれぞれ M 、 m (ただし、 $M > m$) の2つの小物体A、Bがある。

まず、図1のように、2つのばねをつなぎ、その下にA、Bをつけ、天井につるし静止させた。このとき、2つのばねをつないだ点Pでは力のつり合いが成り立っている。ばね定数 k_1 、 k_2 のばねの自然長(自然の長さ)からの伸びをそれぞれ x_1 、 x_2 とすると、Pにおける力のつり合いの式より、

$x_2 = \text{〔1〕} \times x_1$ が得られる。この式と、ばね定数 k_2 のばねの下端における力のつり合いの式より x_1 、 x_2 が求められ、ばね全体の自然長からの伸び $x_1 + x_2$ は 〔2〕 $\times g$ であることがわかる。

次に、図2のように、ばね定数 k_1 のばねにAをつけ、その下にBをつけたばね定数 k_2 のばねをつなぎ、天井につるし静止させた。このとき、ばね定数 k_1 のばねの自然長からの伸びは 〔3〕 $\times g$ であり、ばね全体の自然長からの伸びは図1の場合の 〔2〕 $\times g$ と比較して 〔4〕* 。

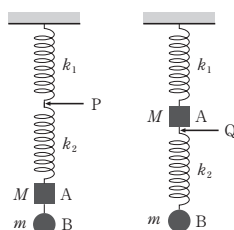


図1

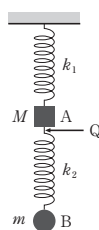


図2

次に、図2の状態から、点Qの位置で静かにばねを切断したところ、Aは上下に振動運動を始めた。Aの速さが最大となるときの、ばね定数 k_1 のばねの自然長からの伸びは 〔5〕 $\times g$ であり、そのときのAの速さは $\sqrt{\text{〔6〕}} \times g$ である。また、ばねが最も短いときのばねの自然長からの伸びは 〔7〕 $\times g$ である。

〔解答群〕

- | | | | | |
|---|---|----------------------------|----------------------------|-------------------|
| (ア) 1 | (イ) $\frac{k_2}{k_1}$ | (ウ) $\frac{k_1}{k_2}$ | (エ) $\frac{m}{M}$ | (オ) $\frac{M}{m}$ |
| (カ) $\frac{M}{k_1}$ | (キ) $\frac{m}{k_1}$ | (ク) $\frac{M}{k_2}$ | (ケ) $\frac{m}{k_2}$ | |
| (コ) $\frac{M+m}{k_1}$ | (サ) $\frac{M+m}{k_2}$ | (シ) $\frac{M-m}{k_1}$ | (ス) $\frac{M-m}{k_2}$ | |
| (セ) $\left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right)M$ | (ソ) $\left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right)m$ | | | |
| (タ) $\left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right)(M+m)$ | (チ) $\left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right)(M-m)$ | | | |
| (ツ) $\frac{M^2}{k_1 m}$ | (テ) $\frac{m^2}{k_1 M}$ | (ト) $\frac{m(M+m)}{k_1 M}$ | (ナ) $\frac{M(M+m)}{k_1 m}$ | |
| (ニ) $\frac{m(M-m)}{k_1 M}$ | (ヌ) $\frac{M(M-m)}{k_1 m}$ | | | |

〔解答群*〕

- | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| (ア) $\frac{M}{k_1}g$ だけ長い | (イ) $\frac{m}{k_1}g$ だけ長い | (ウ) $\frac{M}{k_2}g$ だけ長い |
| (エ) $\frac{m}{k_2}g$ だけ長い | (オ) $\frac{M}{k_1}g$ だけ短い | (カ) $\frac{m}{k_1}g$ だけ短い |
| (キ) $\frac{M}{k_2}g$ だけ短い | (ク) $\frac{m}{k_2}g$ だけ短い | (ケ) 等しい |

- (ii) 図3は、なめらかな表面PQRをもつ半径 r の半円筒の断面を示す。半円筒の底面PCRは水平な床面に固定されている。半円筒の最高点Qに置かれた質量 m の小物体が右向きに動き始めた場合の運動を考える。図3は、点Cを通る円筒の軸に垂直な鉛直断面を示し、小物体はこの面内で運動するものとする。

- (A) 小物体は点Qで静止した状態から静かに動き始め、円筒面に沿って移動した後、点Sで円筒面から離れて、床面上の点Tに落下した。

まず、QからSまでの円筒面に沿った小物体の運動を考える。円筒面上、QとSの間の点Uを小物体が通過するときの小物体の速さを v とする。このとき、小物体とともに運動している人から見ると、小物体には半径 r の円周に沿って速さ v で等速円運動する場合と等しい遠心力が半径CU方向にはたらくと考えることができ、その遠心力の大きさは (a) である。遠心力を考慮すると、点Uでは半径CU方向で小物体にはたらく力がつり合っている。半径CUが鉛直線CQとなす角を ϕ 、小物体が円筒面から受ける垂直抗力の大きさを N として、小物体とともに運動している人から見た、小物体にはたらく力のCU方向のつり合いの式は

$$N + \text{(a)} - \text{(8)} \times mg = 0 \quad \cdots \cdots ①$$

と表される。また、重力による位置エネルギーの基準面を床面にとって、小物体がQとUにある場合の力学的エネルギー保存則を、 v を含む式で表すと、

$$mgr = \text{(b)} \quad \cdots \cdots ②$$

となる。①、②式から v を消去すると、

$$N = \text{(9)} \times mg \quad \cdots \cdots ③$$

が得られる。

半径CSがCQとなす角を ϕ_s とすれば、③式より $\cos \phi_s = \text{(10)}$ であることがわかる。また、②式より点Sにおける小物体の速さ V_s は、 $V_s^2 = \text{(11)} \times rg$ を満たすことがわかり、Sの床面からの高さは $(\text{(12)}) \times r$ となる。

次に、小物体が点Sで円筒面から離れたのちの運動を考える。図4のようにSを原点として水平右向きに x 軸、鉛直下向きに y 軸をとる。Sにおける

小物体の速度の x 成分 V_x および y 成分 V_y は、 ϕ_s を用いてそれぞれ $V_x = (\text{(13)*}) \times V_s$ 、 $V_y = (\text{(14)*}) \times V_s$ と表すことができる。小物体がSを通過する時刻を $t = 0$ とすれば、Tに達するまでの間の時刻 t における小物体の座標 (x, y) は、 V_x 、 V_y を用いて、 ((15)*) 、 ((16)*) と表される。したがって、小物体がTに達する時刻が

$$\text{(16)*} = (\text{(12)}) \times r \quad \cdots \cdots ④$$

より求められ、この時刻を (15)* に代入すればTの x 座標が得られる。また、小物体がTに達する直前の速さ V_T は、 $V_T^2 = (\text{(17)}) \times rg$ を満たす。

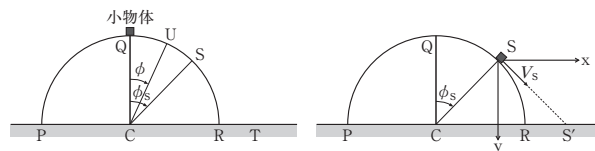


図3

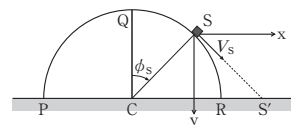


図4

(解答群と解答群*は次ページにあります)

〔解答群〕

- | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| (ア) 0 | (イ) $\frac{1}{3}$ | (ウ) $\frac{1}{2}$ |
| (エ) $\frac{2}{3}$ | (オ) 1 | (カ) $\frac{4}{3}$ |
| (キ) $\frac{3}{2}$ | (ク) 2 | (ケ) $\sin \phi$ |
| (コ) $\cos \phi$ | (サ) $1 - \sin \phi$ | (シ) $1 - \cos \phi$ |
| (ス) $3 \sin \phi - 2$ | (セ) $3 \sin \phi - 1$ | (ソ) $3 \cos \phi - 2$ |
| (タ) $3 \cos \phi - 1$ | (チ) $\cos \phi + 2 \sin \phi - 2$ | |
| (ツ) $\sin \phi + 2 \cos \phi - 2$ | | |

〔解答群*〕

- | | | |
|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| (ア) $\sin \phi_s$ | (イ) $\cos \phi_s$ | (ウ) $\tan \phi_s$ |
| (エ) $1 - \sin \phi_s$ | (オ) $1 - \cos \phi_s$ | (カ) $1 - \tan \phi_s$ |
| (キ) $V_x t$ | (ク) $V_x t - \frac{1}{2} g t^2$ | (ケ) $V_x t + \frac{1}{2} g t^2$ |
| (コ) $V_y t$ | (サ) $V_y t - \frac{1}{2} g t^2$ | (シ) $V_y t + \frac{1}{2} g t^2$ |

- (B) 小物体が点Qに置かれた図3の状態から、水平右向きに速さ V で飛び出した。小物体がQで円筒面から離れて飛び出すための V の最小値は (c) である。 $V = \text{(c)}$ のとき、小物体は床面上の点T'に落下した。小物体がT'に達する直前の速度の鉛直成分の大きさは、(A)で小物体が点Tに達する直前の速さ V_T と比較して (18*)。また、(A)において、図4に示す点Sから、この点における小物体の速度の向きに伸ばした直線が床面と交差する点をS'とすれば、3点T、T'、S'の点Rからの距離RT、RT'、RS'は、関係式 (19) を満たす。

〔解答群〕

- (ア) $RT < RT' = RS'$ (イ) $RT = RT' < RS'$ (ウ) $RT < RT' < RS'$
 (エ) $RT = RS' < RT'$ (オ) $RT < RS' < RT'$ (カ) $RT = RS' = RT'$

〔解答群*〕

- (ア) 小さい (イ) 等しい (ウ) 大きい

〔Ⅱ〕 次の文の に入れるのに最も適当な式、適した語句(20字から30字)を解答欄に記入しなさい。また、 に入れるのに最も適当なものを各問の文末の解答群から選び、その記号をマークしなさい。ただし、同じものを2回以上用いてもよい。なお、(1)*、(11)*～(15)*には〔解答群*〕から最も適当なものを選びなさい。

- (i) n 巻きコイルを貫く磁束 Φ が微小時間 Δt の間に $\Delta\Phi$ だけ変化するとき、コイルに発生する誘導起電力 E の大きさは n および Δt と $\Delta\Phi$ を用いて $|E| = \frac{n\Delta\Phi}{\Delta t}$ (a) と表される。磁石が様々な速さでコイルを通過するときの誘導起電力を測定してみよう。

図1のように、鉛直に立てられたアクリルパイプの下部に、1巻きのコイルと磁石の速さを測定する器具(速さ測定器)を設置する。パイプ上側からN極を下にした磁石を落とし、コイルに発生する誘導起電力とコイル通過時の磁石の速さを測定する。コイルは抵抗器につながれて閉回路を形成している。また、抵抗器の両端(点aと点b)はオシロスコープにつながれており、点bに対する点aの電位 V の時間変化が波形としてオシロスコープの画面に表示される。速さ測定器では磁石の上端がコイルを通過する瞬間の速さ v が測定される。磁石はN極を下に保ち回転せずに落下するものとし、また、コイルを流れる電流がつくる磁場(磁界)が磁石におよぼす影響やコイルの電気抵抗は無視できるものとする。

磁石をパイプ上側から落とすと、磁石がコイルを通過する過程でオシロスコープに波形が表示された。横軸を時間とすると、表示された波形として適切なグラフは (1)* である。(1)* のグラフから、誘導起電力の大きさの最大値 $E_{\max}$ は約 (2) [mV] であったことがわかる。また、磁石の下端がコイルに到達するまでにコイルに流れた電流の向きは (3) の向きである。磁石の上端がコイルを通過するときの速さ v を変えて、 v と $E_{\max}$ を測定した結果が表1である。 v が 2.1 m/s ときの $E_{\max}$ の測定値は、約 (4) [mV] であると推測される。

コイルの巻き数を2巻きに変えて同様の実験をおこなうと、磁石の上端が速

さ 1.2 m/s でコイルを通過した場合、 $E_{\max}$ の測定値は約 (5) [mV] であると推測される。

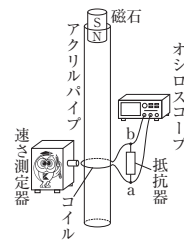


図1

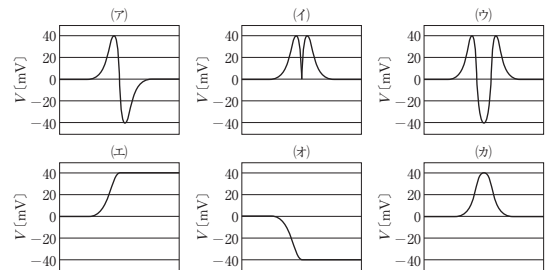
表1

v [m/s]	1.2	1.6	1.8	2.1	2.8
$E_{\max}$ [mV]	80	107	120	(4)	187

〔解答群〕

- (ア) 20 (イ) 40 (ウ) 60 (エ) 80 (オ) 90
 (カ) 100 (キ) 120 (ク) 130 (ケ) 135 (コ) 140
 (サ) 145 (シ) 150 (ス) 160 (セ) 240 (ソ) 320
 (タ) 点 a → コイル → 点 b → 抵抗器 → 点 a
 (チ) 点 b → コイル → 点 a → 抵抗器 → 点 b

〔解答群*〕



- (ii) 図2のように真空中に座標軸をとる。 y が負の領域 ($y < 0$) には、 z 軸負の向き(紙面手前から奥の向き)の磁場がかけられている。磁場がかけられた領域は3つに分かれており、たがいに x 軸に垂直な面で接し、左から磁束密度の大きさが $2B$ の領域2、 B の領域1、 $2B$ の領域2'である。領域1の x 軸上の中心の点はAであり、領域1の幅は $2d$ とする。 y が正の位置から y 軸負の向きに発射されたイオンが点Aを通過するように、加速電圧 V (ただし $V > 0$) のイオン発射装置が設置されている。イオン発射装置は発射後のイオンの運動には影響を与えないものとし、また、重力もイオンの運動には影響を与えないものとする。

イオン発射装置のスイッチを入れると、質量 m で電気量の大きさが q のイオンが極板aから極板bに向かって加速された。ただし、極板aでのイオンの速度を0とする。極板間の電場(電界)の向きから推測すると、加速されたイオン(以下イオン)は (6) である。イオンは極板bに到達し、極板bに空けられた小さな穴を y 軸負の向きに通過した。穴を通過した瞬間のイオンの運動エネルギーは (7) であり、速さ v_1 は $v_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2qV}{m}}$ (8) である。イオンは点Aを y 軸負の向きに速さ v_1 で通過した。領域1へ入った直後から、イオンは磁場からローレンツ力を受けて等速円運動を開始した。この力の大きさ F は v_1 を用いて $F = \frac{1}{2} qV$ (b) と表される。力の向きと大きさに着目すると、等速円運動になる理由は、この力が (c) である(解答欄 (c) に20字から30字で記入し、文を完成させなさい)。

長さ d が円運動の直径よりじゅうぶんに大きい場合、領域1へ垂直に入射されたイオンは、その後、領域1から y が正の領域へ飛び出した。点Aから領域1を出る位置までの直線距離 D_1 は $D_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2qV}{m}}$ (9) $\times v_1$ である。また、領域1に入ってから領域1を出るまでに要した時間 T_1 は $T_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2qV}{m}}$ (10) $\times \pi$ である。質量が $\frac{1}{2} m$ で電気量の大きさが q のイオンが加速電圧 V でイオン発射装置から発射された場合、領域1に入るとき速さに注意すると、イオンが領域1に入った位置(点A)から領域1を出る位置までの直線距離 D_2 は $D_2 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2qV}{m}}$ (11)* $\times D_1$ になる。

次に、長さ d が D_1 より小さい場合を考える。 d を $d = \frac{3}{4} D_1$ に調節して、質量 m で電気量の大きさが q のイオンを先と同じ加速電圧 V で発射し、速さ v_1 で

点Aから領域1へ入射させた。すると、イオンは領域2もしくは領域2'に入り、直径が $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2qV}{m}}$ (12)* $\times D_1$ の等速円運動を始めた。イオンは領域2もしくは領域2'を通過した後、点Aから直線距離 $D_3 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2qV}{m}}$ (13)* $\times D_1$ の位置で、 y が正の領域へ飛び出した。一方、 d が $d = \frac{1}{4} D_1$ の場合には、同様にイオンを速さ v_1 で領域1へ入射させると、イオンは点Aから直線距離 $D_4 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2qV}{m}}$ (14)* $\times D_1$ の位置で、 y が正の領域へ飛び出した。このときのイオンの速度の x 成分の符号は (15)* である。

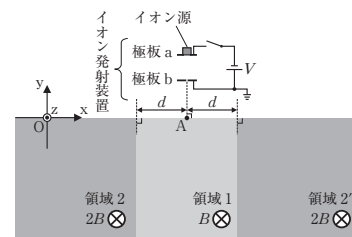


図2

〔解答群〕

- (ア) V (イ) qV (ウ) $\frac{1}{2} qV^2$ (エ) $\frac{1}{2} mV^2$ (オ) $\sqrt{2qmV}$
 (カ) $V\sqrt{\frac{q}{m}}$ (キ) $V\sqrt{\frac{2q}{m}}$ (ク) $2\sqrt{\frac{qV}{m}}$ (ケ) $\sqrt{\frac{2qV}{m}}$ (コ) $\frac{\sqrt{2}m}{qB}$
 (サ) $\frac{m}{qB}$ (シ) $\frac{2m}{qB}$ (ス) mqB (セ) $\frac{qB}{2m}$ (ソ) $\frac{qB}{m}$
 (タ) 陽イオン (チ) 陰イオン

〔解答群*〕

- (ア) $\frac{1}{4}$ (イ) $\frac{1}{\sqrt{2}}$ (ウ) $\frac{1}{2}$ (エ) $\frac{3}{4}$ (オ) $\frac{4}{3}$
 (カ) $\sqrt{2}$ (キ) $\frac{3}{2}$ (ク) 2 (ケ) $2\sqrt{2}$ (コ) 4
 (サ) 0 (シ) 1 (ス) 正 (セ) 負

〔Ⅲ〕 以下は、Aiさんと物理好きのOgさんの会話です。ふたりの会話の内容は正しいとして答えなさい。文中の に入れるのに最も適当な数または語句を解答欄に記入しなさい。また、 に入れるのに最も適当なものを各問の文末の解答群から選び、その記号をマークしなさい。ただし、同じものを2回以上用いてもよい。なお、 00* には、〔解答群*〕から最も適当なものを選びなさい。

(i) 『光は波?』

- Ai: Ogさん、光は波でもあるし、粒子でもあるって習ったんですけど、いったいどういうことですか?
- Og: これには、歴史的な発見がいくつも関係しているから、いっしょに考えよう。光が波の性質をもつことを示した実験に、「ヤングの実験」がある。
- Ai: それだったら、物理の授業で習いました。
- Og: じゃあ、復習しよう。図1のように、光源からの単色光を、単スリット S_0 および二つの細いスリット(複スリット) S_1, S_2 を通してスクリーンに映す装置がある。ヤングは、19世紀のはじめにこの装置を使って、スクリーン上に明暗の縞模様しほが広がって現れることを示した。
- Ai: それが、どうして光が波の性質をもつことになるんですか?
- Og: 二つの波が重なった時に、振幅が大きくなったり、小さくなったりするのは知ってるね。波の (1) という現象で、ヤングはスクリーン上の縞模様は、二つのスリットから出た光が (1) して生じたと考えた。これは波に特有の現象だから、光は波だという証拠になる。
- Ai: 光は直進するのに、どうしてスクリーンに光が広がるんですか?
- Og: いいところに気がついたね。これは (2) という現象で、やはり波に特有のものなんだ。塀の向こう側の話し声が聞こえることがあるだろう。あれは音波が、塀を越えてまわり込んでくるからなんだ。 (2) は、波の波長が (3) 方が観測されやすく、光では普段は目立たないんだ。

〔解答群〕

- | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------|---|
| (ア) 反射 | (イ) 屈折 | (ウ) 干渉 | (エ) 回折 |
| (オ) 長い | (カ) 短い | (キ) $n\lambda$ | (ク) $\left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$ |
| (ケ) $\frac{\lambda}{n}$ | (コ) $\frac{2\lambda}{2n+1}$ | (サ) $\sin \theta$ | (シ) $\cos \theta$ |
| (ス) $\tan \theta$ | (セ) $\frac{1}{\tan \theta}$ | (ソ) $\frac{Lx}{d}$ | (タ) $\frac{dx}{L}$ |
| (チ) $\frac{Ld}{x}$ | (ツ) $\frac{d}{Lx}$ | (テ) $\frac{L}{dx}$ | (ト) $\frac{x}{Ld}$ |

(ii) 『光は電磁波?』

- Ai: Ogさん、波って媒質の振動が伝わる現象だと習ったんですが、光が波だとすると何が振動してるんですか?
- Og: するどい質問だね。実は、科学者たちもそれでずいぶん悩んだんだよ。電流が磁場(磁界)を作ることや、磁石をコイルに近づけたり遠ざけたりすると、コイルに流れる電流が変化することは知ってるね。
- Ai: はい。電磁誘導の法則を発見したのは、 (8) ですね。
- Og: そう。電磁誘導の法則は、磁場(磁界)が時間的に変化すると、そのまわりに電場(電界)が誘導されることを示している。 (9) は、電場が時間的に変化すると、そのまわりに磁場が誘導されると考えた。そして、変動する電場と磁場が互いに誘導し合って、波となって伝わる電磁波が存在すると予言した。その波の速さを表す式を計算したら、真空中の光の速さ c と同じだった。
- Ai: つまり、光は電場と磁場の振動なんですね。じゃあ、光は電磁波、つまり波なんだ。

Ai: 光の波長ってどのくらいなんですか?

Og: ヤングの実験から計算しよう。単スリット S_0 から S_1, S_2 までの距離が等しいとする。図1のスクリーン上に点Pを取るとき、点Pにおいて S_1 からと S_2 からの光が強め合う条件を、単色光の波長 λ と整数 $n(n=0, 1, 2, \dots)$ を用いて表すとどうなるかな?

Ai: $|\text{PS}_2 - \text{PS}_1| = \text{ (4) }$ です。

Og: そうだね。スリット S_1, S_2 の間隔を d 、 S_1 と S_2 の中点をQとして、Qを通過して S_1S_2 に垂直な直線とスクリーンの交点をOとしよう。PQとOQのなす角を θ とすると、OQの長さ L と θ を用いて $OP = L \times \text{ (5) }$ となる。 S_1 からPQに垂線をひいて、その延長線上で PS_2 との交点をRとしよう。 L が d に比べてじゅうぶん大きいときは、複スリット付近を拡大した図2のように、PQ、 PS_1 、 PS_2 は平行と考えてよいので $PS_1 = PR$ 、また、 θ を用いて $RS_2 = d \times \text{ (6) }$ となる。ここで、 L がOPに比べてじゅうぶん大きい、つまり、 θ は小さいとしよう。

Ai: θ が小さいときは、 $\sin \theta \approx \tan \theta$ としてよいって習いました。

Og: そう。 $OP = x$ とすると、 x, d, L を用いて $|\text{PS}_2 - \text{PS}_1| = RS_2 = \text{ (7) }$ と表せるね。 $L = 4.0 \text{ m}$ 、 $d = 0.70 \text{ mm}$ のとき、明線の間隔が 3.6 mm だったとすると、用いた単色光の波長はいくらになるかな?

Ai: 有効数字2ケタで表すと、 $\lambda = \text{ (a) } \text{ (m)}$ です。

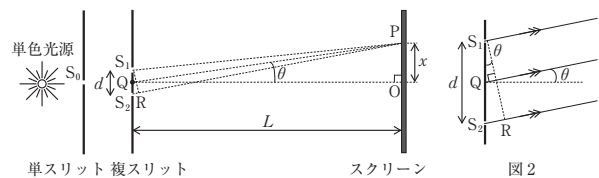


図1

図2

〔解答群〕

- | | | |
|------------|------------|-----------|
| (ア) エルステッド | (イ) オーム | (ウ) クーロン |
| (エ) ファラデー | (オ) マクスウェル | (カ) ローレンツ |

(iii) 『光は粒子?』

Og: ちょっと待って、まだ先があるんだ。19世紀の終わりになって、電子の存在が明らかになったのは知ってるよね。それで、波長の短い光や紫外線、みがいた金属の表面に当たると、電子が飛び出してくる現象が見つかったんだ。

Ai: その現象は、 (b) 効果っていうんですね。

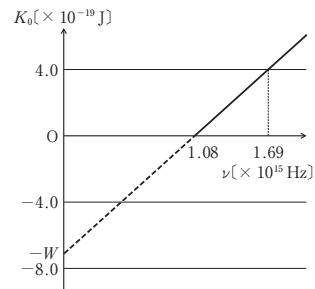
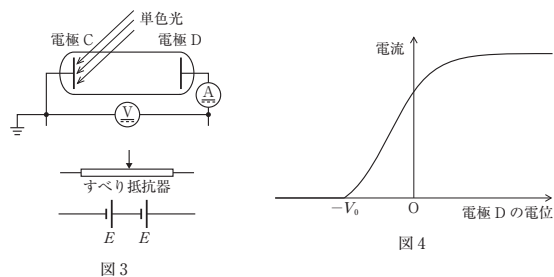
Og: そう。その現象を詳しく調べる実験装置は、図3に示すように、電極Cに光を当てて出てくる電子を電極Dでとらえるようになっている。図3の配線は未完成で、この装置は、内部抵抗が無視できる起電力 E の電池を二つつないで、Cに対するDの電位を $-E$ から $+E$ まで変えられるんだけど、すべり抵抗器と電池をどう配線するのかわかるかな?

Ai: 00* のように配線します。

Og: 電流計で測定される電流を縦軸、Cに対するDの電位を横軸にとってグラフにしたのが図4だよ。

Ai: 電流が0になる電位って、どういう意味があるんですか?

Og: 光が当たって飛び出す電子の中で、最も大きい運動エネルギーをもつものでさえDに届かなくなるのだから、 V_0 の値は、1個の電子がもつ運動エネルギーの最大値 K_0 に対応する。CとDが同じ金属で、電子の電気量を $-e$ (ただし、 $e > 0$) とすると、 $K_0 = \text{ (11) }$ となるね。



Ai： 光の波長を変えたら、 K_0 の値は変わるんですか？

Og： 波長の代わりに振動数を横軸にとると、 K_0 は図5のように変化するよ。

Ai： 直線になるんですね。これは何か規則性がありそうですね。

Og： アインシュタインは、光は振動数 ν に比例するエネルギー $h\nu$ をもつ粒子（光子）の集合であると考え、この現象が説明できることを見つけた。そして、飛び出してくる電子の運動エネルギーの最大値 K_0 は、 $K_0 = h\nu - W$ で与えられると、1905年に提案したんだ。

Ai： h はプランク定数という習いました。

Og： そう。図5のグラフからプランク定数の値が計算できるけど、わかるかな？

Ai： 有効数字2ケタだと、 $h = \boxed{(c)}$ [J・s]になります。 W は何ですか？

Og： 図5だと、 ν が 1.08×10^{15} Hzより小さいと電子が飛び出してこない。このことから、 W は金属から電子が飛び出すのに最低限必要なエネルギーと考えられ、 $\boxed{(12)}$ と呼ばれている。

Ai： じゃあ、 W は電極の金属の種類によって変わるんですね。

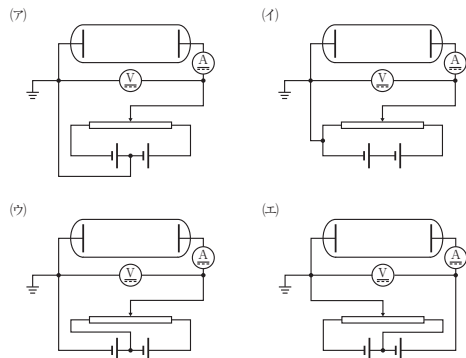
Og： その通り。また、 $h\nu > W$ のとき、 ν を変えずに光を強くすると、 $\boxed{(13)}$ 。

[解答群]

- (ア) 限界振動数 (イ) 仕事関数 (ウ) 阻止電圧 (エ) 電離エネルギー
(オ) $\frac{V_0}{e}$ (カ) $\frac{V_0^2}{e}$ (キ) eV_0 (ク) eV_0^2
(ケ) 飛び出す電子の最大エネルギーが大きくなり、個数も増える
(コ) 飛び出す電子の最大エネルギーが大きくなり、個数は変わらない
(サ) 飛び出す電子の最大エネルギーは変わらず、個数が増える

(解答群*は次ページにあります)

[解答群*]



[解答群]

- (ア) $h\hbar$ (イ) $\frac{\hbar}{h}$ (ウ) $\frac{h}{\hbar}$ (エ) $\frac{1}{h\hbar}$

(以上)

(iv) 『電子は波?』

Ai： 光が波だったり、粒子みたいだったりするのはわかりましたが、なぜ光だけが特別なんですか？

Og： 逆に、光は特別じゃなくて、それ以外の粒子も波の性質と粒子の性質をあわせもっているとしたらどうだろう。ド・ブロイは、粒子だと思っているものも波としての性質をもつと考えて、それを物質波と呼んだ。そして、運動量の大きさ p で運動する粒子の物質波の波長 λ は、プランク定数を使って $\lambda = \boxed{(14)}$ となるという仮説を、1924年に発表したんだ。

Ai： 電子が波の性質をもつということですか？

Og： 実際に、電子を使ってヤングの実験と同様の実験を行って、縞模様が現れることが観測されているよ。電子などの粒子は、ニュートンなどが考えたそれまでの力学では説明できないふるまいをすることがわかり、さらに多くの科学者による研究があって、「量子力学」が約百年前に誕生したんだ。

入学試験問題 物理

注意事項

- I 試験開始の指示があるまで問題用紙を開いてはいけません。
- II 解答用紙はすべて黒鉛筆(HB)〈シャープペンシルは、HB 0.5 mm 以上の芯であれば使用可〉で記入することになっています。
(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
- III 解答用紙右端の出席票に印刷されている受験番号を確認してください。間違いがなければ氏名欄に署名し、切取線から切り離してください。
- IV 問題は22ページで大問3問です。
- V 試験時間および解答方法については、問題冊子裏面を確認してください。

マーク記入上の注意

1. 解答欄にマークするときは、HBの黒鉛筆で次の正しい例のように、濃く正確にぬりつぶしてください。
2. マークのしかた
 - (ア) 正しい例
 - a 解答が1つの場合、例えばイと解答するときは

(1)

 のように、マークしてください。

 - b 解答が2つの場合、例えばイとウと解答するときは

(1)

 または

(1)

 のように各1つずつマークしてください。
 - (イ) 悪い例

(1)

 ○印でかこむ。

(2)

 全部をぬりつぶしていない。

(3)

 レ印をつける。

(4)

 |印をつける。

(5)

 1欄に2つ以上マークする。

} このような記入をしてはいけません。
 3. 一度記入したマークを訂正する場合は、消しゴムで完全に消してから記入しなおしてください。

(1)

 のように×印をして消したことはありません。
 4. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、また汚したりしないでください。

〔I〕 次の文の (a), (c) に入れるのに最も適当な式を解答欄に記入しなさい。また、(b), (d) は問題文の指示にしたがって解答用紙に記入、図示しなさい。また、(1) ~ (13) に入れるのに最も適当なものを各文末の解答群から選び、その記号をマークしなさい。ただし、同じものを2回以上用いてもよい。なお、(2)*, (4)*, (9)*, (13)* については各文末の〔解答群*〕から、(3)**, (7)**, (10)** については各文末の〔解答群**〕から最も適当なものを選びなさい。

- (i) 図1に示すように、水平な床上を水平右向きに運動する箱の天井に、質量 m の小球が軽い糸でつり下げられている。箱は床に対して水平右向きの一定の加速度 $\vec{a}$ で加速しており、小球をつるしている糸は、箱の中で鉛直線から一定の角度 θ を保った状態にある。以下では、箱や小球は紙面内を運動し、空気抵抗は無視できるものとする。また、重力加速度を $\vec{g}$ とする。

床上で静止している観測者 A から小球を観察すると、小球の運動は加速度 $\vec{a}$ の等加速度運動である。いま、小球にはたらく力は重力と糸が小球を引く力(張力) $\vec{T}$ であるから小球の運動方程式は、

$$m\vec{a} = \boxed{(a)} \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

となる。一方、箱とともに運動している観測者 B から小球を観察すると、図1のように糸が鉛直方向から角度 θ だけ傾いて小球は静止しているように見える。このとき、小球にはたらく力がつり合って小球が静止していると見なすためには、小球に重力と糸の張力以外に慣性力 $\vec{f}$ がはたらいていると考える必要がある。そこで解答欄 (b) に、小球にはたらく糸の張力と慣性力を解答欄に示されている重力を参考に、力の向きと大きさに注意して力の名称とともにベクトル(矢印)で図示しなさい。また、観測者 B から見た小球に関する力のつり合いの式は $\vec{g}$, $\vec{T}$, $\vec{f}$, m を用いて、

$$\boxed{(c)} = \vec{0}$$

となる。式①およびつり合いの式から、慣性力 $\vec{f}$ と加速度 $\vec{a}$ の関係を表す式は、

$$\vec{f} = \boxed{(1)}$$

となる。

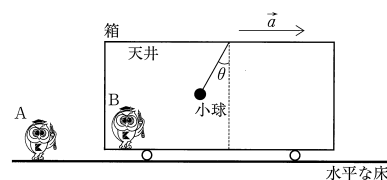


図1

この状態から糸が静かに切れたときの小球の運動を考えよう。まず、箱の中の観測者 B から小球の運動を見てみよう。箱に固定した座標系において、小球が静止していた位置を原点 O_B とし、水平右向きを正に x_B 軸を、鉛直上向きを正に y_B 軸をとる。糸が切れた後、小球には重力と慣性力がはたらいており、その合力の向きは (2)* の向きであるから、箱の中の観測者から見た小球の軌跡は (3)** のようになる。

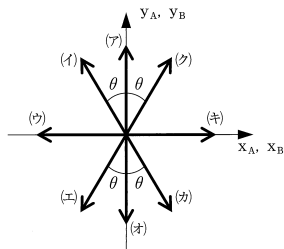
次に、床の上の観測者 A から小球の運動を見てみよう。床に固定された座標系において、糸が切れた瞬間の小球の位置を原点 O_A とし、水平右向きを正に x_A 軸を、鉛直上向きを正に y_A 軸をとる。いま、箱の加速度の大きさを a 、重力加速度の大きさを g 、糸が切れた瞬間の時刻を $t = 0$ 、そのときの箱の速度を $\vec{v}_0 = (v_0, 0)$ とする(ただし、 $v_0 > 0$)。糸が切れた後に小球にはたらく力の向きは (4)* の向きであるから、箱の底に到達するまでの小球の位置 (x_A, y_A) を時刻 t を用いて表すと $(x_A, y_A) = (\boxed{(5)}, \boxed{(6)})$ である。これより、小球の軌跡は (7)** のようになる。

(解答群、解答群*および解答群**は次ページにあります)

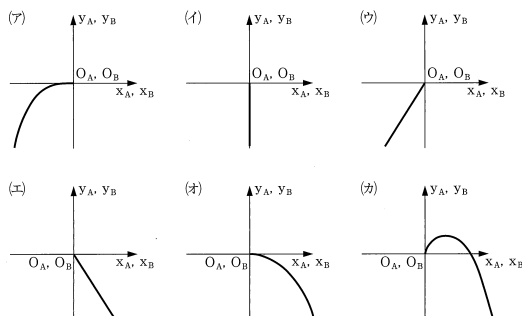
〔解答群〕

- (ア) $m\vec{a}$ (イ) $-m\vec{a}$ (ウ) ag (エ) v_0t (オ) $-v_0t$
 (カ) v_0t^2 (キ) $\frac{1}{2}gt^2$ (ク) $-\frac{1}{2}gt^2$ (ケ) $-\frac{1}{2}at^2$ (コ) $\frac{1}{2}at^2$

〔解答群*〕



〔解答群**〕



(問題は次ページに続きます)

- (ii) 図2に示すように、質量 m の小球をばね定数 k の軽いばねで天井からつるし、ばねが自然の長さとなる位置で小球を板で支える。ばねが自然の長さのときの小球の位置を原点として、鉛直下向きを正に x 軸をとり、 x 軸の正の向きを力の正の向きとする。小球はじゅうぶんに小さく、空気抵抗や摩擦は無視できるとする。また、ばねの伸び(または縮み)はあまり小さくなく、フックの法則が成り立つとする。重力加速度の大きさを g とする。

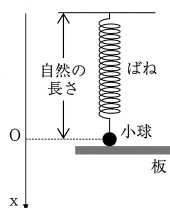


図2

- (A) ばねが自然の長さとなる位置(x 軸の原点)から、時刻 $t=0$ に小球を支えていた板を瞬時に取り除いた場合について、その後の小球の運動を考えよう。小球にはたらく力は重力とばねの弾性力だけなので、小球の力学的エネルギーは保存される。 x 軸の原点を重力による位置エネルギーの基準面にとると、板を取り除いた瞬間は、重力による小球の位置エネルギー、ばねの弾性力による位置エネルギー、小球の運動エネルギーはすべて0となる。小球の位置が x のときの小球の速度を v とすると、力学的エネルギー保存の法則の式は、
$$0 = \frac{1}{2}mv^2 - mgx + \frac{1}{2}kx^2 \quad \cdots \cdots ②$$
 となる。これより小球の速度が0となる位置は2つあるので、それらを $x=0$ と $x=x_A$ とすると、 $x_A = \text{□(8)□}$ である。一方、式②は
$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}k(x-x_B)^2 = \frac{1}{2}kx_B^2$$
 の形に書き換えることができる。ただし、 x_B は定数である。これより、小球の運動エネルギーは $x=x_B$ において最大値をとる。小球の位置が $x=x_B$ のとき、小球にはたらく重力とばねの弾性力の大きさを比べると □(9)*□ 。

また、板を取り除いてから小球が再び原点に戻ってくるまでの時間を T として、時刻 $t=0$ から $t=T$ までの小球の運動エネルギーの時間変化をグラフにすると □(10)*□ のようになる。

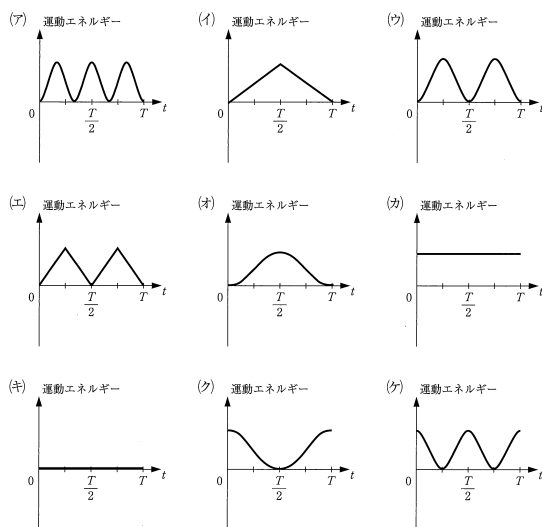
〔解答群〕

- (ア) mgk (イ) $\frac{mg}{k}$ (ウ) $\frac{mg}{2k}$ (エ) $\frac{2mg}{k}$

〔解答群*〕

- (ア) 重力の方が大きい (イ) 弾性力の方が大きい
 (ウ) 両者の大きさは等しい

〔解答群**〕



(B) 次に、ばねが自然の長さとなる位置(x 軸の原点)から、小球を支えている板を静かにゆっくりと下げていく場合を考える。はじめ、板と小球は離れることなく、ともに鉛直下向きに下がっていくが、やがて $x = x_C$ において板は小球から離れる。板が小球から離れるまでの間は、小球には重力、板が小球を押す力(垂直抗力)、ばねの弾性力がはたらき、それらが釣り合っている。小球の位置が x ($0 \leq x \leq x_C$) であるときの垂直抗力の大きさを N として、小球にはたらく力のつり合いの式を、力の向きと小球の変位の向きについて、鉛直下向きが正であることに注意して表すと

$$\boxed{(11)} = 0$$

である。 $x = 0$ から板が小球から離れるまでの小球の位置と垂直抗力の大きさの関係を解答欄 $\boxed{(d)}$ にグラフとして示しなさい。ただし、グラフと軸が交わるときは、交点の値を記入すること。これより、板が小球から離れるまでの間に垂直抗力が小球にした仕事は $\boxed{(12)}$ となる。ここで、位置 x_C と(A)で求めた位置 x_A を比較すると $\boxed{(13)*}$ である。

[解答群]

- (ア) $mg - kx + N$ (イ) $mg - kx - N$ (ウ) $mg + kx + N$
 (エ) $mg + kx - N$ (オ) mgk (カ) $\frac{mg}{k}$
 (キ) $\frac{mg}{2k}$ (ク) $\frac{2mg}{k}$ (ケ) $\frac{(mg)^2}{k}$ (コ) $\frac{(mg)^2}{2k}$
 (サ) $\frac{k(mg)^2}{2}$ (シ) $\frac{(mg)^2}{4k}$ (ス) $-\frac{(mg)^2}{k}$ (セ) $-\frac{(mg)^2}{2k}$
 (ソ) $-\frac{k(mg)^2}{2}$ (タ) $-\frac{(mg)^2}{4k}$

〔Ⅱ〕 次の文の $\boxed{(a)}$ ～ $\boxed{(c)}$ に入れるのに最も適当な式を解答欄に記入しなさい。また、 $\boxed{(1)}$ ～ $\boxed{(6)}$ に入れるのに最も適当なものを各問の文末の解答群から選び、その記号をマークしなさい。ただし、同じものを2回以上用いてもよい。なお、 $\boxed{(9)*}$ 、 $\boxed{(10)*}$ 、 $\boxed{(16)*}$ については各問の文末の[解答群*]から最も適当なものを選び、その記号をマークしなさい。また、電源の内部抵抗および導線の抵抗は無視できるものとする。

(i) はじめに、回路に接続されたコイルのはたらきについて考えてみよう。コイルの内部に生じる磁束はコイルを流れる電流に比例する。そのため、コイルに流れる電流が変化するとコイルを貫く磁束も変化するので、コイルには誘導起電力が発生する。この誘導起電力はコイルを貫く磁束の変化を妨げる向き(コイルに流れる電流の変化を妨げる向き)なので、コイルを流れる電流は瞬時には変化しない。このように、流れる電流の変化を妨げる向きにコイルに誘導起電力が生じる現象を $\boxed{(1)}$ といい、コイルはコイルに流れる電流の急な変化を妨げる(電流を一定に保とうとする)はたらきがある。

次に図1のような、抵抗値がそれぞれ R_1 、 R_2 の抵抗1、抵抗2と自己インダクタンス L のコイル、起電力 E の直流電源、スイッチ S からなる回路を考えてみよう。抵抗1、抵抗2を流れる電流 I_1 、 I_2 は図中の矢印の向きに流れる場合を正とする。点Cの電位を電位の基準(電位を0とする)とし、点A、点Bの電位をそれぞれ V_A 、 V_B とする。最初スイッチ S は開いており、回路に電流は流れていない。

時刻 t_1 にスイッチ S を閉じる。抵抗2を流れる電流は $I_2 = \boxed{(2)}$ であるが、コイルのはたらきのため抵抗1を流れる電流は瞬時に変化しない。スイッチ S を閉じた直後にコイルを流れる電流は直前の電流と等しくなるので、スイッチ S を閉じた直後に抵抗1を流れる電流は $I_1 = 0$ 、点Bの電位は $V_B = \boxed{(3)}$ である。抵抗1を流れる電流 I_1 は、その後しだいに増加する。コイルに流れる電流が I_1 であるとき、コイルには $\boxed{(4)}$ のエネルギーが蓄えられる。

スイッチ S を閉じてからじゅうぶん長い時間が経過すると I_1 が一定になる。このとき、抵抗1を流れる電流は $I_1 = \boxed{(5)}$ である。

[解答群*]

- (ア) x_C の方が小さいが、その理由は(B)では垂直抗力が小球に負の仕事をした分、小球の力学的エネルギーが減少したから
 (イ) x_C の方が大きいが、その理由は(B)では垂直抗力が小球に正の仕事をした分、小球の力学的エネルギーが増加したから
 (ウ) x_C の方が小さいが、その理由は(B)ではばねの弾性力が小球に負の仕事をした分、小球の力学的エネルギーが減少したから
 (エ) x_C の方が大きいが、その理由は(B)ではばねの弾性力が小球に正の仕事をした分、小球の力学的エネルギーが増加したから
 (オ) $x_C = x_A$ であり、その理由は(B)でも力学的エネルギーが保存されるから

I_1 が一定になった後の時刻 t_2 にスイッチ S を開いた。コイルのはたらきがあるため、スイッチ S を開いた直後にコイルを流れる電流は直前の電流と等しくなる。電流の流れる向きに注意すると、スイッチ S を開いた直後に抵抗1を流れる電流は $I_1 = \boxed{(5)}$ 、抵抗2を流れる電流は $I_2 = \boxed{(6)}$ であり、そのときの点Aの電位は $V_A = \boxed{(7)}$ 、点Bの電位は $V_B = \boxed{(a)}$ である。これより、 $R_1 \boxed{(8)} R_2$ の場合には、スイッチ S を開いた直後に抵抗2にかかる電圧(AC間の電位差の大きさ)が電源の起電力 E よりも大きくなることがわかる。また、点Bの電位 V_B と時間のグラフの概形は $\boxed{(9)*}$ のようになり、抵抗2を流れる電流 I_2 と時間のグラフの概形は $\boxed{(10)*}$ のようになる。

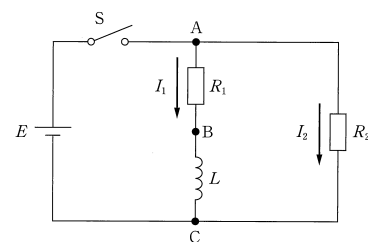


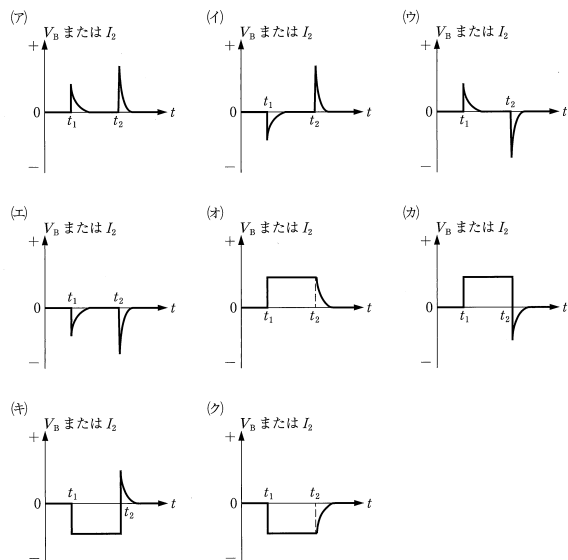
図1

[解答群]

- (ア) 自己誘導 (イ) 相互誘導 (ウ) $\frac{E}{R_1}$ (エ) $\frac{E}{R_2}$
 (オ) $-\frac{E}{R_1}$ (カ) $-\frac{E}{R_2}$ (キ) 0 (ク) E
 (ケ) $-E$ (コ) $\frac{I_1}{2L}$ (サ) $\frac{I_1^2}{2L}$ (シ) $\frac{LI_1}{2}$
 (ス) $\frac{LI_1^2}{2}$ (セ) $\frac{R_2 E}{R_1}$ (ソ) $\frac{R_1 E}{R_2}$ (タ) $-\frac{R_2 E}{R_1}$
 (チ) $-\frac{R_1 E}{R_2}$ (ツ) < (テ) > (ト) =

(解答群*は次ページにあります)

〔解答群*〕



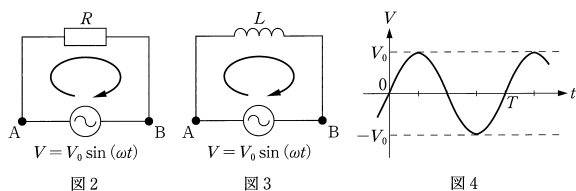
(問題は次ページに続きます)

(ii) 図2および図3のように、交流電源と抵抗値 R の抵抗または自己インダクタンス L のコイルを接続した回路を考えてみよう。ここで、図中の矢印の向きに流れる電流を正とし、矢印の向きに電流を流そうとする電源の電圧(点Bに対する点Aの電位)を正とする。また、電源の電圧は $V = V_0 \sin(\omega t)$ で変化しているとする。ここで、 V_0 は電圧の最大値、 ω は角周波数、 t は時刻であり、電圧の周期を T とすると $T = \frac{2\pi}{\omega}$ である。

まず、図2のような抵抗と交流電源を接続した回路では、電圧が変化する場合でも各瞬間でオームの法則が成り立つので、抵抗を流れる電流の最大値は (11) であり、抵抗を流れる電流の位相は、電源の電圧の位相 (12) いる。

次に、コイルと交流電源を接続した回路の場合は、コイルに交流電圧をかけると電流の変化を妨げる向きの誘導起電力が発生するので、電流が流れにくくなる。つまり、コイルは交流に対して抵抗と同様のはたらきをする。交流に対する抵抗のはたらきを示す量をコイルのリアクタンスという。

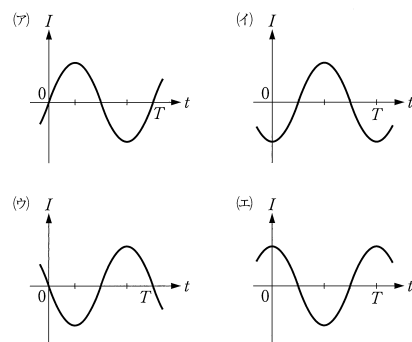
図3のようなコイルと交流電源を接続した回路では、コイルのリアクタンスは (b) であり、交流の角周波数が (13) ほどコイルのリアクタンスが大きくなり電流は流れにくくなる。また、コイルを流れる電流の最大値は (14) であり、コイルを流れる電流の位相は、電源の電圧の位相 (15) いる。これより、コイルを流れる電流 I は $I = \text{span style="border: 1px solid black; padding: 0 5px;">(14)} \times \sin(\text{span style="border: 1px solid black; padding: 0 5px;">(c)})$ と表すことができ、交流電源の電圧が図4のように変化しているので、コイルを流れる電流の波形は (16)* のようになる。



〔解答群〕

- | | | | |
|------------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| (ア) $\frac{R}{V_0}$ | (イ) $\frac{V_0}{R}$ | (ウ) $\frac{L}{V_0}$ | (エ) $\frac{V_0}{L}$ |
| (オ) $\frac{\omega L}{V_0}$ | (カ) $\frac{V_0}{\omega L}$ | (キ) $\frac{\omega V_0}{L}$ | (ク) $\frac{LV_0}{\omega}$ |
| (ケ) ωLV_0 | (コ) V_0 | (サ) 大きい | (シ) 小さい |
| (ス) より $\frac{\pi}{2}$ だけ進んで | (セ) より $\frac{\pi}{2}$ だけ遅れて | | |
| (ソ) と一致して | | | |

〔解答群*〕



〔Ⅲ〕 次の文の (a) ～ (c) に入れるのに最も適当な語、式を解答欄に記入しなさい。また、(1) ～ (15) に入れるのに最も適当なものを各問の文末の解答群から選び、その記号をマークしなさい。ただし、同じものを2回以上用いてもよい。なお、(4)*、(15)* については、それぞれ文末の〔解答群*〕から最も適当なものを選びなさい。

- (i) 雨上がりに太陽を背にすると見られることのある図1のような虹(主虹)は、大気中の雨滴により太陽光が屈折・反射することによって生じる。図2のような球形の雨滴が大気中に浮かんでいると仮定し、虹(主虹)が特定の方向に見られる理由と、その虹の中の色の並び方について考えよう。なお、図2は球の中心Oを通る鉛直断面とし、空気の絶対屈折率を1とする。

図2のように、特定の波長の光において絶対屈折率が n である雨滴に対して、その光が空気から雨滴表面上の点Aへ入射角 θ_1 で入射したところ、屈折角 θ_2 で屈折した。その後、光はBにおいて、その入射方向と角度 r をなす方向に反射した。さらに、光はCで屈折し、空气中に屈折角 θ_3 で出てきた。ここで、 θ_1 および θ_2 は直線OA(Aにおける球面の法線)と光線のなす角、また θ_3 は直線OC(Cにおける球面の法線)と光線のなす角である。空気と雨滴の境界面が曲面であっても、光線が境界面に入射する点における法線を考えれば、境界面が平面のときと同様に屈折の法則・反射の法則が成り立つ。Aにおいて屈折の法則より、 n は θ_1 、 θ_2 を用いて、

$$n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \quad \text{(a)}$$

と表すことができる。また、Bにおいて反射の法則より、 r と θ_2 の関係は $r = \frac{1}{2} \theta_2$ 、一方、 θ_3 は θ_1 を用いて、 $\theta_3 = \theta_1 - \theta_2$ と表される。また、図2のように、雨滴に入射する光と、反射して空気に出てきた光のなす角を θ_r とすると、図2より、

$$\theta_r = 2r - \theta_1 - \theta_3$$

が成り立つ。

以上を整理すれば、 θ_r は θ_1 と n を用いて表されることがわかる。

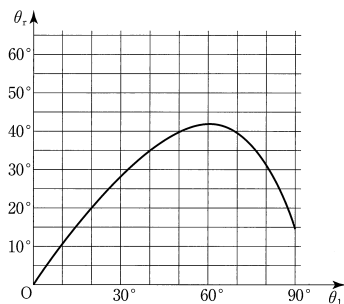


図3

次に、虹の色の並び方について考えよう。太陽の光は白色光で、その中にはいろいろな波長の光が混ざっている。物質中では、絶対屈折率が波長によって異なるため、光が屈折によってそれぞれの色の光に分かれる。このような現象を、光の (b) という。実際、雨滴の中に入った太陽の光の中で、波長の短い光は波長の長い光よりも、絶対屈折率は大い。したがって、同じ入射角で雨滴に入射した波長の長い光と波長の短い光の進む道筋は、(4)* のようになる。このため、波長の長い光は波長の短い光と比べて、入射光と反射光のなす角(図2の θ_r に相当する)が (5) なる。このことから、図1のように、虹(主虹)が観測されたとき、虹の上側(外側)から下側(内側)に向かって (6) の順に色が並んで見える。

(解答群と解答群*は次ページにあります)

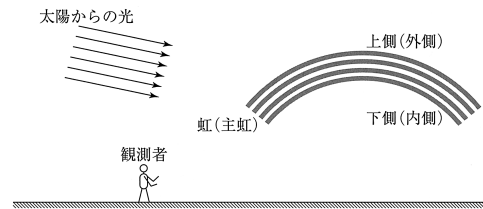


図1

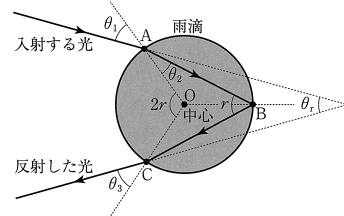


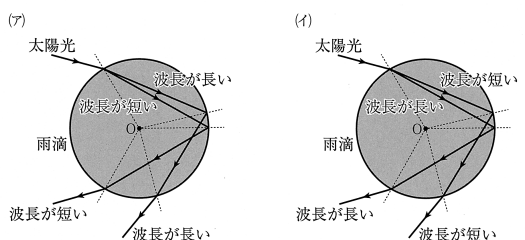
図2

太陽からくる光は、太陽がじゅうぶんに遠方にあるため、光の強さは場所によらず均一と考えられる。また、その光線は互いに平行であるといえるが、雨滴が球形をしていることによって入射角は様々な角度になる。それにもかかわらず、虹が特定の方向に見られる理由について考えてみよう。図3は、 θ_r を θ_1 の関数としてグラフで表したものである。ただし、 $n = 1.33$ とした。図3のグラフより、 $\theta_r = (3)$ の付近では、 θ_1 がずれても θ_r はあまり変化しないため、より多くの光が同じような向きに出ることがわかる。よって、反射される光が最も強くなる角度は $\theta_r = (3)$ の付近であり、虹(主虹)は特定の方向に見られることになる。

〔解答群〕

- | | | | |
|----------------------------|----------------|-----------------|----------------|
| (ア) $\frac{1}{2} \theta_1$ | (イ) θ_1 | (ウ) $2\theta_1$ | |
| (エ) $\frac{1}{2} \theta_2$ | (オ) θ_2 | (カ) $2\theta_2$ | |
| (キ) 18° | (ク) 24° | (ケ) 30° | (コ) 36° |
| (サ) 42° | (シ) 48° | (ス) 54° | (セ) 60° |
| (ソ) 小さく | (タ) 大きく | | |
| (チ) 赤・紫・緑 | (ツ) 赤・緑・紫 | (テ) 紫・赤・緑 | |
| (ト) 紫・緑・赤 | (ナ) 緑・赤・紫 | (ニ) 緑・紫・赤 | |

〔解答群*〕



(ii) 図4のように、鉛直に立てて固定した断面積 $S[\text{m}^2]$ の円筒形のシリンダーの中に、天井からつり下げた軽いばねの下端に付けた軽いピストンがある。シリンダーとピストンの間には物質1 mol の単原子分子理想気体が封入されており、シリンダーには内部の気体を加熱・冷却できる温度調節器と、ストッパーが取り付けられている。また、シリンダーの内面はなめらかで、シリンダーとピストンは断熱材でできているものとする。ばねは鉛直方向に伸び縮みし、ピストンは水平を保つものとし、気体定数を $R[\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$ 、外気圧を $P_0[\text{Pa}]$ とする。

はじめ、ピストンはシリンダーの底面(温度調節器の水平な上面)から距離 $h[\text{m}]$ の位置にあり、ばねは自然の長さで、内部の気体の圧力は外気圧と同じ P_0 、内部の気体の絶対温度は $T_0[\text{K}]$ であった。この状態を状態 A とする。

P_0 、 T_0 、 S 、 h 、 R の関係は、理想気体の状態方程式を用いると、

$$P_0Sh = \text{ (c) }$$

と表される。

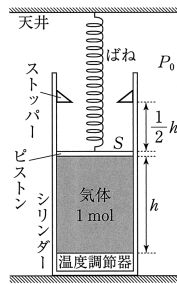


図4

$$W_{CA} = -1 \times \text{ (13) } \times P_0Sh$$

$$Q_{CA} = -1 \times \text{ (14) } \times P_0Sh$$

と表される。

状態 A → 状態 B → 状態 C → 状態 A をたどった1サイクルで内部の気体が外部にした正味の仕事は、圧力 p と体積 V の関係を表すグラフにおいて、

〔15〕* の斜線部分の面積と等しい。

(解答群と解答群*は次ページにあります)

状態 A から、温度調節器で内部の気体を徐々に加熱したところ、ピストンはゆっくりと距離 $\frac{1}{2}h$ だけ上昇し、ストッパーと接して静止した。ここで加熱をやめた。このとき、気体の絶対温度は $2T_0$ 、ストッパーからピストンにはたらく力は0であった。この状態を状態 B とする。状態 B で内部の気体の圧力を $P_B[\text{Pa}]$ とすると、

$$P_B = \text{ (7) } \times P_0$$

と表される。また、状態 B において、ピストンにはたらく力のつり合いより、ばねのばね定数は 〔8〕 $[\text{N/m}]$ と表されるので、状態 B でばねに蓄えられた弾性エネルギーは、

$$\text{ (9) } \times P_0Sh[\text{J}]$$

と表される。

状態 A から状態 B まで変化する間に、内部の気体が外部にした仕事を $W_{AB}[\text{J}]$ 、内部の気体に加えた熱量を $Q_{AB}[\text{J}]$ とすると、

$$W_{AB} = \text{ (10) } \times P_0Sh$$

$$Q_{AB} = \text{ (11) } \times P_0Sh$$

と表される。

状態 B でピストンからばねを取り外してから、温度調節器で内部の気体を徐々に冷却したところ、しばらくしてピストンは下降した。ピストンがストッパーから離れる直前の状態を状態 C とする。状態 B から状態 C まで変化する間に、内部の気体が吸収した熱量を $Q_{BC}[\text{J}]$ (熱を放出した場合は $Q_{BC} < 0$) とすると、

$$Q_{BC} = -1 \times \text{ (12) } \times P_0Sh$$

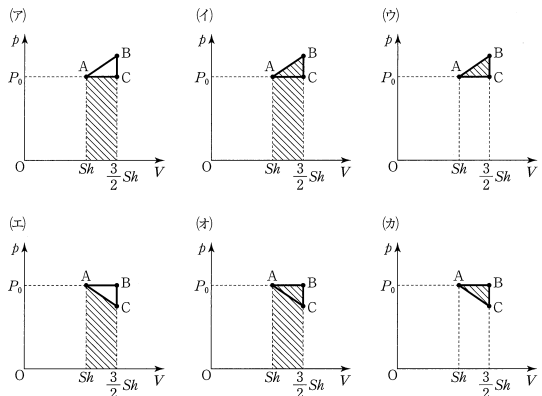
と表される。

状態 C からさらに冷却を続けたところ、ピストンはゆっくりと下降した。内部の気体の絶対温度が T_0 となったところで冷却をやめると、ピストンは静止し、はじめの状態 A に戻った。状態 C から状態 A まで変化する間に、内部の気体が外部にした仕事を $W_{CA}[\text{J}]$ (外部から仕事をされた場合は $W_{CA} < 0$)、内部の気体が吸収した熱量を $Q_{CA}[\text{J}]$ (熱を放出した場合は $Q_{CA} < 0$) とすると、

〔解答群〕

- | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| (ア) $\frac{1}{12}$ | (イ) $\frac{1}{6}$ | (ウ) $\frac{1}{4}$ | (エ) $\frac{1}{3}$ |
| (オ) $\frac{5}{12}$ | (カ) $\frac{1}{2}$ | (キ) $\frac{7}{12}$ | (ク) $\frac{2}{3}$ |
| (コ) $\frac{3}{4}$ | (ケ) $\frac{5}{6}$ | (ク) $\frac{11}{12}$ | (シ) $\frac{13}{12}$ |
| (ス) $\frac{7}{6}$ | (セ) $\frac{5}{4}$ | (ソ) $\frac{4}{3}$ | (タ) $\frac{3}{2}$ |
| (チ) $\frac{5}{3}$ | (ツ) $\frac{7}{4}$ | (テ) $\frac{11}{6}$ | (ト) $\frac{25}{12}$ |
| (ナ) $\frac{3h}{2P_0S}$ | (ニ) $\frac{3hS}{2P_0}$ | (ヌ) $\frac{2P_0}{3hS}$ | (ネ) $\frac{2P_0S}{3h}$ |

〔解答群*〕



(以上)

2026年度入学試験問題

物 理

注 意 事 項

- I 試験開始の指示があるまで問題用紙を開いてはいけません。
- II 解答用紙はすべて黒鉛筆(HB)〈シャープペンシルは、HB 0.5 mm 以上の芯であれば使用可〉で記入することになっています。
(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
- III 解答用紙右端の出席票に印刷されている受験番号を確認してください。間違いがなければ氏名欄に署名し、切取線から切り離してください。
- IV 問題は16ページで大問3問です。
- V 試験時間および解答方法については、問題冊子裏面を確認してください。

マーク記入上の注意

1. 解答欄にマークするときは、HBの黒鉛筆で次の正しい例のように、濃く正確にぬりつぶしてください。

2. マークのしかた

(ア) 正しい例

a 解答が1つの場合、例えばイと解答するときは
(1)

○	●	○	○	○
---	---	---	---	---

 のように、マークしてください。

b 解答が2つの場合、例えばイとウと解答するときは
(1)

○	●	○	○	○
○	○	●	○	○

 または (1)

○	○	○	○	○
○	○	○	○	○

 のように各1つずつマークしてください。

(イ) 悪い例

(1)

○	○	○	○	○
---	---	---	---	---

 ○印でかこむ。
(2)

○	○	○	○	○
---	---	---	---	---

 全部をぬりつぶしていない。
(3)

○	○	○	○	○
---	---	---	---	---

 レ印をつける。
(4)

○	○	○	○	○
---	---	---	---	---

 |印をつける。
(5)

○	○	○	○	○
---	---	---	---	---

 1欄に2つ以上マークする。

このような記入をしてはいけません。

3. 一度記入したマークを訂正する場合は、消しゴムで完全に消してから記入しなおしてください。
(1)

○	○	○	○	○
---	---	---	---	---

 のように×印をしても消したことはありません。

4. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、また汚したりしないでください。

〔I〕 次の文の

--

 に入れるのに最も適当な式、数を解答欄に記入しなさい。
また、

--

 に入れるのに最も適当なものを各問の文末の解答群から選び、その記号をマークしなさい。ただし、同じものを2回以上用いてもよい。なお、

(7)*

 と

(15)*

 には文末の〔解答群*〕から最も適当なものを選びなさい。

(i) 質量が異なる、大きさの無視できる小球AとBが、滑らかな水平面の同一直線上を、同じ一定の力を受けながら等加速度運動している。この直線上に原点をとり、直線に沿ってx軸をとる。時刻 $t=0$ において、2つの小球AとBの位置はそれぞれ x_{A0} 〔cm〕、 x_{B0} 〔cm〕であった。表1は時刻 $t=0$ 、 $t=1.0$ s、 $t=2.0$ sにおける、それぞれの小球の位置を表したものである。 $t=3.0$ sに、一方の小球が他方の小球に追突した。 $t=0$ から追突するまでの小球A、Bの運動を考えていこう。

等加速度運動であることに注意して、表1より、小球Aの時刻 t 〔s〕における速度 v_A 〔cm/s〕は $v_A = \text{ (1) } + \text{ (2) } \times t$ と求まる。一方、小球Bの時刻 t 〔s〕における速度 v_B 〔cm/s〕は $v_B = 3.0 + 10t$ だった。これより、時刻 $t=1.0$ sの小球Bの位置は $x_{B0} + \text{ (3) } \text{〔cm〕}$ となる。また、小球Aの速度と小球Bの速度が等しくなる時刻は、 $t = \text{ (4) } \times 10^{-1}$ 〔s〕と求まる。Aの質量を計測したところ5.0 gであった。これより、Bの質量は

(5)

 〔g〕である。

表1

時刻 t 〔s〕	0	1.0	2.0
小球Aの位置〔cm〕	x_{A0}	$x_{A0} + 9.0$	$x_{A0} + 24.0$
小球Bの位置〔cm〕	x_{B0}	$x_{B0} + \text{ (3) }$	$x_{B0} + 26.0$

$t=3.0$ sに追突したことから、2つの小球の $t=0$ での位置の関係が求まり、その差は $|x_{A0} - x_{B0}| = \text{ (6) } \text{〔cm〕}$ であり、

(7)*

 に追いついて追突したことがわかる。

時刻 $t=0$ から $t = \text{ (8) } \text{〔s〕}$ までの間に力が小球Aにした仕事と、その間に力が小球Bにした仕事は等しくなる。また $t=0$ から $t=2.0$ sまでの小球Aの運動エネルギーの変化 ΔK を単位に注意して計算すると、

(a)

 〔J〕と求まる。

〔解答群〕

- (ア) 0.5 (イ) 1.0 (ウ) 1.5 (エ) 2.0 (オ) 2.5
(カ) 3.0 (キ) 3.5 (ク) 4.0 (ケ) 4.5 (コ) 5.0
(サ) 5.5 (シ) 6.0 (ス) 6.5 (セ) 7.0 (ソ) 7.5
(タ) 8.0 (チ) 8.5 (ツ) 9.0 (テ) 9.5 (ト) 10

〔解答群*〕

- (ア) 小球Aが小球B (イ) 小球Bが小球A

- (ii) 水平で滑らかな床面の点Oを原点に、右向きを正としてx軸をとり、鉛直上向きを正としてy軸をとる。床面に対して角度 θ の滑らかな斜面ABを持つ質量 M の台ABCDが床面に静止している。台ABCDの辺ADはy軸上にあり、点A、点Bの床面からの高さは、それぞれ $H+h$ 、 h である。時刻 $t=0$ において、点Aで質量 m の小物体を静かにはなした後の運動を考えよう。重力加速度の大きさを g 、床面を重力による位置エネルギーの基準面とし、小物体の大きさ、小物体と斜面の間および台と床面の間の摩擦、空気抵抗は無視できるものとする。また小物体および台ABCDの運動はxy平面に限られるものとする。

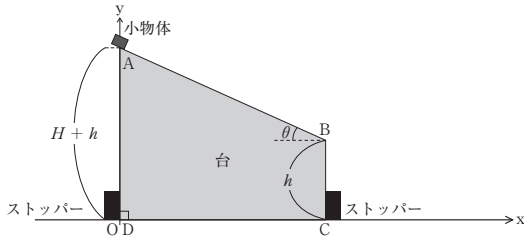


図1

- (B) 次に図2のように、台ABCDが床に固定されていない場合を考える。小物体と斜面の間および台と床面の間の摩擦は無視できるものとする。時刻 $t=0$ に、小物体が斜面を滑り下り始めると、台ABCDはx軸の負の向きに運動を始めた。小物体が点Bを通過する時刻 $t=t_1$ における台から見た斜面に沿う小物体の速さを u 、床で静止する観測者(静止観測者)に対する台の速さを V とすると、静止観測者から見た小物体の速度のx成分は (12)、y成分は (b) となる。静止観測者から見ると、小物体と台からなる系では水平方向の運動量が保存するので、時刻 $t=0$ と t_1 におけるこの関係を、 m 、 M 、 u 、 V 、 θ を用いて表すと、

$$0 = -MV + m \times (\text{12})$$

となる。これより、 u と V の関係式 $V = (\text{13}) \times u$ が求まる。

さらに、小物体と台の力学的エネルギーの和は保存するので、静止観測者から見た、時刻 $t=0$ と t_1 における力学的エネルギーを、 m 、 M 、 h 、 H 、 g 、 u 、 V 、 θ を用いて表すと、

$mg(H+h) = \frac{1}{2}m(\text{13}) + V^2 - 2uV\cos\theta + \frac{1}{2}MV^2 + mgh$ が成り立つ。この式に u と V の関係式を代入すると、 $u = \text{14}$ と求まる。

また時刻 $t=0$ から小物体が床面に衝突するまでの、静止観測者から見た小物体の軌道は (15*) のようになる。

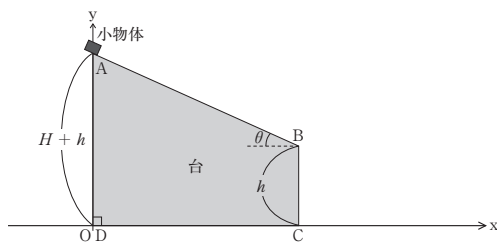


図2

- (A) まず図1のように、台ABCDが床に2つのストッパーで固定されている場合を考える。小物体が点Bを通過する時刻 $t=T_1$ における小物体の速さを v とする。小物体の力学的エネルギーは保存するので、時刻 $t=0$ と T_1 における力学的エネルギーを、 m 、 h 、 H 、 g 、 v を用いて表すと、

$$mg(H+h) = \text{9}$$

が成り立つ。これより、 $v = \sqrt{\text{10}}$ と求まる。

小物体が時刻 $t=T_1$ に点Bから速さ v で斜面に沿う向きに飛び出した後、時刻 $t=T_2$ に床面に衝突した。 $T_2 - T_1$ を、 v 、 h 、 g 、 θ を用いて表すと、

$$T_2 - T_1 = \frac{\sqrt{v^2 \sin^2 \theta + \text{11}} - v \sin \theta}{g}$$

となる。

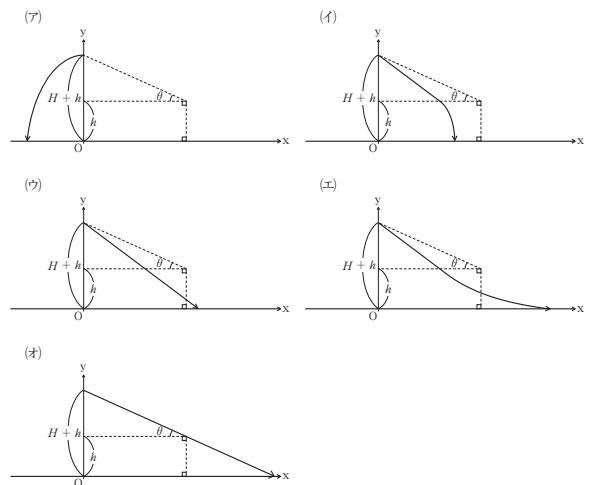
[解答群]

- (ア) 0 (イ) $\frac{1}{2}mv^2$ (ウ) $\frac{1}{2}mv^2 + mgh$
 (エ) $\frac{1}{2}mv^2 + mgH$ (オ) mgh (カ) $2mgh$
 (キ) gH (ク) gh (ケ) $2gH$ (コ) $2gh$

[解答群]

- (ア) $u \cos \theta$ (イ) $(u - V) \cos \theta$ (ウ) $u \cos \theta - V$
 (エ) $\frac{m}{M} \cos \theta$ (オ) $\frac{m}{M} \sin \theta$ (カ) $\frac{m \cos \theta}{M + m}$
 (キ) $\frac{m \sin \theta}{M + m}$ (ク) $\frac{M \cos \theta}{M + m}$ (ケ) $\frac{M \sin \theta}{M + m}$
 (コ) $\sqrt{\frac{2MgH}{M + m \cos^2 \theta}}$ (サ) $\sqrt{\frac{2(M+m)gH}{M + m \cos^2 \theta}}$ (シ) $\sqrt{\frac{(M+m)gH}{M + m \cos^2 \theta}}$
 (ス) $\sqrt{\frac{2(M+m)gH}{M + m \sin^2 \theta}}$ (セ) $\sqrt{\frac{(M+m)gH}{M + m \sin^2 \theta}}$ (ソ) $\sqrt{\frac{2mgH}{M + m \sin^2 \theta}}$

[解答群*]



〔Ⅱ〕 次の文の (a) , (c) に入れるのに最も適当な語句、式を解答欄に記入しなさい。また、(b) は問題文の指示にしたがって解答欄にグラフを描きなさい。また、 に入れるのに最も適当なものを各問の文末にある解答群から選び、その記号をマークしなさい。ただし、同じものを2回以上用いてもよい。なお、(1)* , (2)* , (8)* , (11)* , (14)* , (15)* には文末の〔解答群*〕から最も適当なものを選びなさい。

- (i) 半導体はスマートフォンやタブレット端末機などの電子機器に使われている。ここでは半導体で構成される電子部品であるダイオード(半導体ダイオード)とそれを用いた回路について考えてみよう。図1のように、電池、半導体aと半導体bを接合したダイオード D_1 、可変抵抗、スイッチを用いて回路を作成した。スイッチをf側に接続したところ、図の矢印の向きに電流 I が流れた。ダイオード D_1 内部ではダイオード両端の電位差により、半導体aおよびbのキャリアがそれぞれ接合面に向かって移動して、接合面付近で結合する。その一方で電極から新たにキャリアが供給されるため、電流が流れ続ける。このことから、半導体aは (1)* である。一方、半導体bは (2)* である。スイッチをg側に接続したところ電流は流れなかった。このときダイオード内部ではダイオード両端の電位差により、半導体aおよびbのキャリアがそれぞれ接合面から遠ざかる向きに移動する。そのため、接合面付近ではキャリアが存在しない空乏層が広がり電流は流れない。このようにダイオードの一方向にのみ電流を流す作用を (a) 作用という。

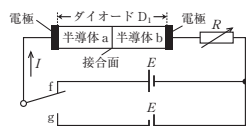


図1

次に図3のような電流電圧特性をもつダイオード D_1 および D_2 と抵抗を電池に対して図4のように並列に接続した。電池の内部抵抗は無視できるものとする。電池の起電力 E の値を4.0 V、それぞれの抵抗の抵抗値 R の値を10 Ω としたとき、回路全体を流れる電流は (6) (mA) となる。このとき D_1 に直列に接続されている抵抗で消費される電力は D_2 に直列に接続されている抵抗で消費される電力の (7) 倍となる。

次にダイオード D_1 、 D_2 および抵抗を図5のように接続した。このときダイオード D_1 と D_2 、および2つの抵抗はそれぞれ並列接続となる。電池の起電力 E の値を4.0 V、それぞれの抵抗の抵抗値 R の値を10 Ω としたとき、 D_2 に流れる電流は D_1 に流れる電流に比べて (8)* 。また点hに流れる電流は D_1 と D_2 に流れる電流の合計の (9) 倍となる。

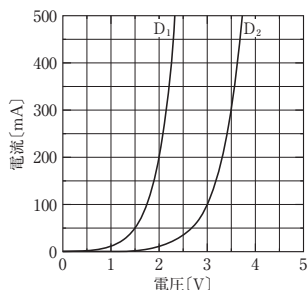


図3

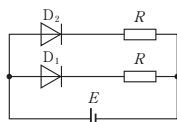


図4

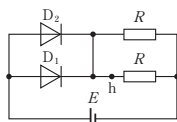


図5

再びスイッチをf側に接続した図1の回路を考える。ただし電池の内部抵抗は無視できるものとする。電池の起電力を E 、回路に流れる電流を I 、ダイオード D_1 の両端に加わる電圧を V_{D1} 、可変抵抗の抵抗値を R とすると、キルヒホッフの第2法則より I と V_{D1} の間に成り立つ関係式は (3) となる。図2はダイオード D_1 の電流電圧特性である。いま、起電力 E の値を4.0 V、抵抗値 R の値を10 Ω とし、上述の I と V_{D1} の関係式が示すグラフを実線で描くと (b) のようになる。ここから回路に流れる電流 I は (4) (mA) であることがわかる。 $E = 4.0$ Vのまま、回路に流れる電流を50 mAとしたい場合は抵抗値 R の値を (5) (Ω) にするとよい。

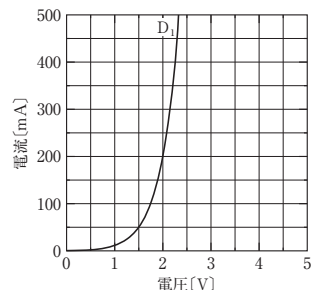


図2

〔解答群〕

- | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---------|
| (ア) $I = \frac{-V_{D1} + E}{R}$ | (イ) $I = \frac{V_{D1} + E}{R}$ | |
| (ウ) $I = \frac{E}{V_{D1} + R}$ | (エ) $I = \frac{E}{-V_{D1} + R}$ | (オ) 0 |
| (カ) 1 | (キ) 2 | (ク) 3 |
| (ケ) 4 | (コ) 5 | |
| (サ) 10 | (シ) 20 | (ス) 30 |
| (セ) 40 | (ソ) 50 | |
| (タ) 100 | (チ) 200 | (ツ) 300 |
| (テ) 400 | (ト) 500 | |

〔解答群*〕

- (ア) p型半導体であり、そのキャリアは正孔
 (イ) p型半導体であり、そのキャリアは電子
 (ウ) n型半導体であり、そのキャリアは正孔
 (エ) n型半導体であり、そのキャリアは電子
 (オ) 小さい (カ) 等しい (キ) 大きい

(ii) 図6のように、真空中にある xy 平面の y 軸上にじゅうぶんに長い導線 A があり、 y 軸の正の向きに電流 I_1 が流れている。また xy 平面に長さ a の短辺と長さ $2a$ の長辺を持つ長方形の一巻きコイル PQRS がある。PQRS の短辺 RS は x 軸に平行である。真空の透磁率を μ_0 とする。なおコイル PQRS に流れた電流による磁場(磁界)は考えなくてよい。

まずコイル PQRS を長辺 SP と y 軸との距離が a となるように固定する。電流が接続されたコイルに電流 I_2 が図6の矢印の向きに流れているとき、電流 I_1 が作る磁場によってコイルが受ける力を考えよう。電流 I_1 がコイルの辺 SP の位置に作る磁場の大きさ H は (10) である。この磁場によって辺 SP が受ける力の大きさ F を H および I_2 などを用いて表すと $F =$ (c) であり、その向きは (11)* である。同様に、コイルの辺 QR が受ける力の大きさは (12) である。コイルの辺 PQ と RS には大きさが同じで逆向きの力がはたらく。よって、コイル PQRS が受ける力の合力の大きさは (13) となる。

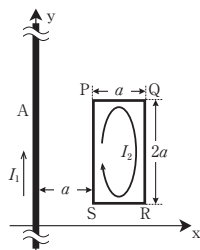


図6

次にコイル PQRS に接続された電池を取り除き、図7のようにコイルを一定の速さ v で x 軸正の向きに動かした。この動作の間はコイルを貫く磁束の大きさは時間とともに (14)* ため、コイルには誘導起電力が発生し、コイルに電流が流れる。その電流の向きは $P \rightarrow$ (15)* $\rightarrow P$ の向きである。

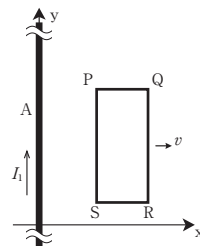


図7

〔解答群〕

- | | | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| (ア) 0 | (イ) $\frac{I_1}{2\pi a}$ | (ウ) $\frac{I_2}{2\pi a}$ | (エ) $\frac{I_1}{2a}$ | (オ) $\frac{I_2}{2a}$ |
| (カ) $\frac{I_1}{4\pi a}$ | (キ) $\frac{I_2}{4\pi a}$ | (ク) $\frac{I_1}{4a}$ | (ケ) $\frac{I_2}{4a}$ | |
| (コ) $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{\pi}$ | (サ) $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}$ | (シ) $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{4\pi}$ | (ス) $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{8\pi}$ | |
| (セ) $\mu_0 I_1 I_2$ | (ソ) $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2}$ | (タ) $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{4}$ | (チ) $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{8}$ | |

〔解答群*〕

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| (ア) x 軸正の向き | (イ) x 軸負の向き |
| (ウ) y 軸正の向き | (エ) y 軸負の向き |
| (オ) 紙面手前から奥の向き | (カ) 紙面奥から手前の向き |
| (キ) $Q \rightarrow R \rightarrow S$ | (ク) $S \rightarrow R \rightarrow Q$ |
| (ケ) 増加する | (コ) 減少する (チ) 変わらない |

〔Ⅲ〕 次の文の () に入れるのに最も適当な式を解答欄に記入しなさい。また、() に入れるのに最も適当なものを各問の文末の解答群から選び、その記号をマークしなさい。ただし、同じものを2回以上用いてもよい。なお、(7)*, (9)*, (10)*, (14)*, (15)* には文末の〔解答群*〕から最も適当なものを選びなさい。

(i) 図1のように、長さ L の開管と長さ $\frac{2}{5}L$ の閉管がある。それぞれの管の左側には音源が置かれていて、2つの音源はそれぞれの管に向けて同じ振動数の音を出す。音速は一定であり、開口端補正は無視できるものとする。

長さ L の開管内の気柱が音源の出す音と共鳴するときの音の波長は、自然数 m ($m = 1, 2, 3, \dots$) を用いて (1) $\times L$ となる。同様に、長さ $\frac{2}{5}L$ の閉管内の気柱が音源の出す音と共鳴するときの音の波長は、 m を用いて (a) $\times \frac{2}{5}L$ となる。

2つの音源が出す音の振動数を0からゆっくり大きくしていくと、どちらかの管内の気柱に定在波(定常波)ができてその気柱が共鳴する。最初に共鳴(1回目の共鳴)が起こるのは (2) 管内の気柱で、次に共鳴(2回目の共鳴)が起こるのは (3) 管内の気柱である。さらに振動数を大きくしていくと、3回目の共鳴、4回目の共鳴と順次共鳴が起こる。

4回目の共鳴が起こったとき、管内の気柱に生じる定在波には、媒質の密度が時間的に最も大きく変化している場所が (4) ヶ所でき、それらの場所は定在波の (5) の位置である。隣り合う (5) の位置の間隔は音の波長の (6) 倍であり、音速を V とすると4回目の共鳴が起こったときの音の振動数は (b) である。

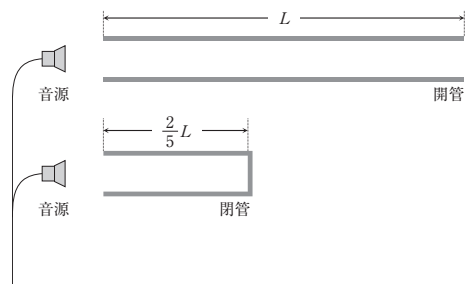


図1

〔解答群〕

- | | | | |
|------------------------|------------------------|-------------------|--------------|
| (ア) $2m$ | (イ) $\frac{1}{2m}$ | (ウ) $\frac{2}{m}$ | (エ) $2m - 1$ |
| (オ) $\frac{1}{2m - 1}$ | (カ) $\frac{2}{2m - 1}$ | (キ) 開 | (ク) 閉 |
| (ケ) 1 | (コ) 2 | (サ) 3 | (シ) 4 |
| (ス) $\frac{1}{2}$ | (セ) $\frac{1}{3}$ | (ソ) $\frac{1}{4}$ | (タ) 腹 (チ) 節 |

(ii) なめらかに動くピストンの付いた容器内に、物質量 n の単原子分子の理想気体を封入し、気体の体積 V と絶対温度 T をゆっくり変化させる。ここでは図 2 のように、状態 A から状態 B、状態 A から状態 C、状態 B から状態 C への 3 つの変化を考える。それぞれの状態は、体積 V_0 で絶対温度 T_0 の状態 A、体積 V_0 で絶対温度 $3T_0$ の状態 B、体積 V_C で絶対温度 $3T_0$ の状態 C である。また、状態 A から状態 B への変化 ($A \rightarrow B$ の変化) は定積変化、状態 A から状態 C への変化 ($A \rightarrow C$ の変化) は定圧変化、状態 B から状態 C への変化 ($B \rightarrow C$ の変化) は等温変化である。以下では気体定数を R とする。気体定数を用いて単原子分子の理想気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ と表される。

A $\rightarrow$ B の変化では、気体の圧力は絶対温度に (7)*。また、この変化で気体に加えた熱量は (8) $\times nRT_0$ で、この熱量は A $\rightarrow$ B での気体の内部エネルギーの変化 (9)*。

A $\rightarrow$ C の変化での、気体の体積と絶対温度の関係を表す法則は (10)* 法則と呼ばれる。この関係から状態 C の気体の体積 V_C は V_0 を用いて $V_C =$ (c) であり、状態 C の気体の圧力は (11) $\times nRT_0$ である。また、A $\rightarrow$ C で気体が外部にした仕事は (12) $\times nRT_0$ であり、A $\rightarrow$ C で気体に加えた熱量は (13) $\times nRT_0$ である。

B $\rightarrow$ C の変化では、気体の体積は圧力に (14)*。この変化で気体に加えた熱量は、B $\rightarrow$ C で気体が外部にした仕事 (15)*。

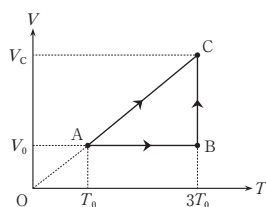


図 2

〔解答群〕

- (ア) 0 (イ) 1 (ウ) 2 (エ) 3 (オ) 4 (カ) 5
 (キ) $\frac{1}{2}$ (ク) $\frac{3}{2}$ (ケ) $\frac{1}{3}$ (コ) $\frac{2}{3}$ (サ) V_0 (シ) $2V_0$
 (ス) $4V_0$ (セ) $\frac{1}{V_0}$ (ソ) $\frac{2}{V_0}$ (タ) $\frac{4}{V_0}$

〔解答群*〕

- (ア) 比例する (イ) 反比例する (ウ) よらない (エ) より大きい
 (オ) より小さい (カ) に等しい (キ) ボイルの (ク) シャルルの
 (ケ) 熱力学第 1 (コ) 熱力学第 2

(以上)