



(K—51—M)

令和2年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

1. 指示があるまでこの冊子の中を見てはいけません。
2. 生物、物理、化学の中から2科目選択しなさい。
3. 1科目につき1枚の解答用紙を使用しなさい。
4. 解答用紙のマーク数字は、次の「良い例」のように、濃く正しく塗りつぶしなさい。正しく塗りつぶされていない場合、採点できないことがあります。

良い例……………悪い例……………

5. 各解答用紙には解答欄の他に次の記入欄があるので、正確に記入しなさい。
 - ① 氏名欄……………氏名を漢字とフリガナで記入しなさい。
 - ② 受験番号欄……………6桁の受験番号を算用数字で記入し、マーク欄の数字を正しく塗りつぶしなさい。
 - ③ 解答科目欄……………解答する科目名を記入し、該当科目のマークを塗りつぶしなさい。
6. 解答方法は、問題の解答に対応した解答欄の数字を塗りつぶしなさい。

例えば

- ・

ア

 と表示のある解答欄に対して②と解答する場合、解答用紙の解答欄 ア の②を塗りつぶしなさい。
- ・

ア

 と表示のある解答欄に対して③⑤⑦と解答する場合、解答用紙の解答欄 ア の③⑤⑦を塗りつぶしなさい。

7. この問題冊子の余白を下書きに用いて構いません。
8. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れなどに気がついた場合は、手を上げて申し出なさい。
9. 試験中に質問がある場合は、手を上げて申し出なさい。
10. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰りなさい。
11. 途中退場は認めません。
12. この冊子は、全部で30ページです。生物、物理、化学の順になっています。

目 次

生 物	1～10 ページ(問題Ⅰ～Ⅲ)
物 理	11～18 ページ(問題Ⅰ～Ⅳ)
化 学	19～30 ページ(問題Ⅰ～Ⅳ)

物 理

I にあてはまる最も適当な数字をマークすること。数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。 シ の解答は最も適当なものを該当する解答群から一つ選べ。

(1) 地面からの高さが9.8 mの位置で、物体を水平方向と斜め上方30°をなす方向に初速度9.8 m/sで投げ上げた。重力加速度の大きさを $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 、 $\sqrt{3} = 1.7$ とすると、物体が地面に落下するまでにかかる時間は ア . イ s であり、地面に落下するまでの物体の水平方向の移動距離は ウエ m となる。また、物体が最高点に達するまでの物体の水平方向の移動距離は オ . カ m である。

(2) (a) 80 °C で4200 gのアルミの容器に20 °C で90 gの水を入れた。じゅうぶん時間が経過するとアルミ容器と水の温度は キク °C になる。ただし、熱は容器と水の間でのみ移動するものとし、アルミと水の比熱はそれぞれ $0.90 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ 、 $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とする。

(b) 銅の線膨張率を $1.7 \times 10^{-5}/\text{K}$ とすると、0 °C のとき30 mの長さの銅の棒は30 °C になると ケ . コ $\times 10^{- サ}$ m だけ伸びる。

(3) 図のように、2枚の平面ガラスを重ねて、ガラスが接している点Oから $L = 0.15 \text{ m}$ の位置に厚さ D [m] の薄い紙をはさむ。真上から波長 $\lambda = 6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ の光を入射させ上から見ると、暗線の間隔が Δx [m] の明暗の縞が見えた。 Δx を L 、 D 、 λ を用いて表すと シ となる。また、 $\Delta x = 1.5 \text{ mm}$ であるとするとき、 $D =$ ス . セ $\times 10^{- ツ}$ m となる。

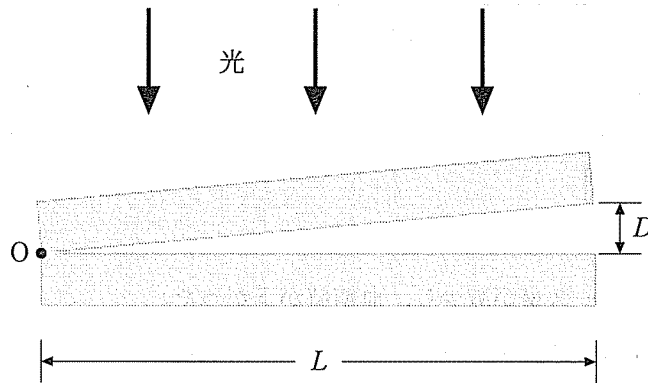


図1

シ の解答群

- ① $\frac{L\lambda}{D}$ ② $\frac{L\lambda}{2D}$ ③ $\frac{D\lambda}{L}$ ④ $\frac{D\lambda}{2L}$ ⑤ $\frac{DL}{\lambda}$ ⑥ $\frac{DL}{2\lambda}$

II. にあてはまる最も適当な数字をマークすること。整数以外の数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。

- (1) 図のように、原点Oから0.20 m離れたx軸上の点Pと点Qに、それぞれ -6.0×10^{-9} Cと $+6.0 \times 10^{-9}$ Cの電荷を置く。原点Oから0.15 m離れたy軸上の点をA、原点から0.40 m離れたx軸上の点をBとする。クーロンの法則の比例定数を $k_0 = 9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ とすると、点O、Aにおける電場の大きさはそれぞれ、ア. イ $\times 10^{\text{ウ}}$ N/C、エ. オ $\times 10^{\text{カ}}$ N/Cとなる。また、点Bと点Oの電位差はキ. ク $\times 10^{\text{ケ}}$ Vである。

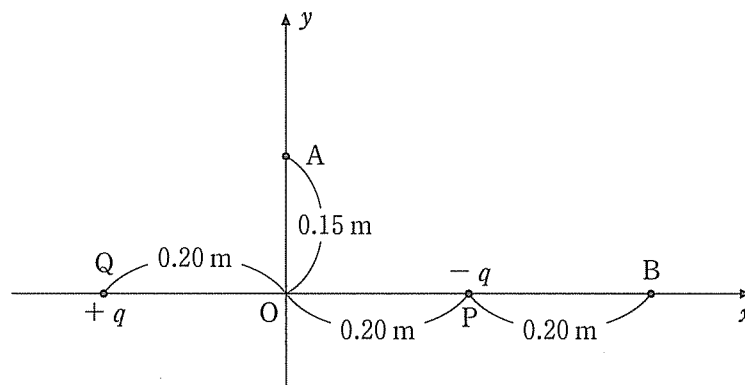


図1

- (2) 速さ 3.0×10^6 m/sで動く電子の電子波の波長はコ. サ $\times 10^{-\text{シス}}$ mである。ただし、電子の質量を 9.1×10^{-31} kg、プランク定数を $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J \cdot s、真空中の光の速さを $c = 3.0 \times 10^8$ m/s、電気素量を 1.6×10^{-19} Cとする。真空中で静止した電子を加速してこの速さの電子を得るにはセソ Vの加速電圧が必要である。
- (3) 核融合反応 ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{X} + {}^1_0\text{n}$ で得られる原子核Xの質量数Aと原子番号Zはそれぞれタとチである。 ${}^2_1\text{H}$ と ${}^3_2\text{X}$ の核子1個当たりの結合エネルギーをそれぞれ1.1 MeVと2.8 MeVとすると、この反応で放出されるエネルギーはツ. テ MeVとなる。

III にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。ただし、 ア , イ , および キ ~ コ については、最も適当な数字をマークすること。分数形で解答する問題には既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。根号を含む形で解答する問題には、根号の中に現れる自然数が最小となる形で答えよ。

質量 M 、長さ L で密度が一様な細い剛体棒がある。図1のように、棒は地面上の点 O のまわりに自由に回転できるよう、その一端が固定されており、他端に取り付けられた軽い糸で水平方向に引かれて、地面とのなす角 θ を保ち静止している。

剛体棒に接触する位置に、水平方向になめらかに移動できる質量 $3m$ の台車があり、台車には質量 m の小球が載せられている。台車左端の点 A から台車の床上の点 B を結ぶ曲線は、 B の真上の点 C を中心とする半径 h 、中心角 90° の円弧であり、点 B から台車右端の点 D までは水平な床である。

重力加速度の大きさを g 、小球は台車上进行摩擦なく移動できるものとして、以下の問いに答えよ。

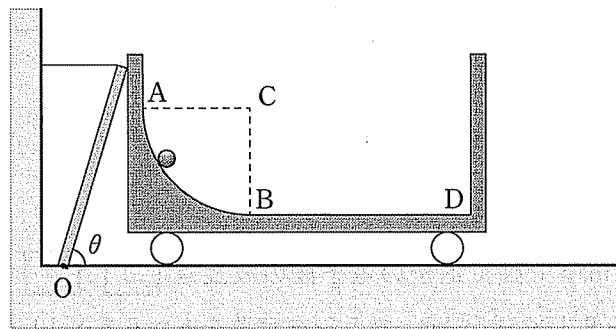


図1

(a) 剛体棒の重心の位置と点 O の距離は $\frac{\text{ア}}{\text{イ}} L$ であり、小球も台も静止しているとき糸の張力を T とすると、この力による点 O のまわりの力のモーメントの大きさは $\text{ウ} \times TL$ となる。棒が静止しているとき、糸の張力は $T = \text{エ} \times Mg$ と表わされる。

ウ , エ の解答群

- ① $\sin \theta$ ② $3 \cos \theta$ ③ $2 \tan \theta$ ④ $\frac{1}{2} \sin \theta$ ⑤ $\frac{1}{3} \cos \theta$
 ⑥ $\frac{1}{4} \tan \theta$ ⑦ $\frac{2}{\sin \theta}$ ⑧ $\frac{1}{\cos \theta}$ ⑨ $\frac{1}{2 \tan \theta}$

(b) 小球を台車左端の点 A から初速 0 で台車上进行運動させたところ、小球が点 B まで滑り降りて点 D に至るまで剛体棒を引っ張る糸はたるむことなく、台車は静止したままであった。 $\angle PCB = \phi$ となる円弧 AB 上の点を P とすると、この点を通過する小球の速さは $V_P = \sqrt{\text{オ}} \times gh$ 、点 P で小球が台車から受ける垂直抗力の大きさは $\text{カ} \times mg$ である。小球が点 A から点 B まで滑り降りるまでの間、糸の張力が最小となるのは $\phi = \frac{\text{キ}}{\text{ク}} \pi$ となる点 P を通過するときである。

オ , カ の解答群

- | | | |
|-----------------|-----------------|-------------------------------|
| ① $\sin \phi$ | ② $\cos \phi$ | ③ $\sin \phi + \cos \phi$ |
| ④ $2 \sin \phi$ | ⑤ $2 \cos \phi$ | ⑥ $2 \sin \phi + \cos \phi$ |
| ⑦ $3 \sin \phi$ | ⑧ $3 \cos \phi$ | ⑨ $3 \sin \phi + 2 \cos \phi$ |

(c) 小球が点 B を通過して台車右端の点 D まで達した後、小球は台車の右端の壁に接触したまま台車と共に速さ V_D で運動した。 $V_D = \frac{\sqrt{\text{ケ}}}{\text{コ}} \times \sqrt{gh}$ であり、台車が動きはじめる前後において、小球と台車に対し サ 。

サ の解答群

- ① 力学的エネルギーと運動量が保存される
- ② 力学的エネルギーは保存されるが、運動量は保存されない
- ③ 力学的エネルギーは保存されないが、運動量は保存される
- ④ 力学的エネルギーも運動量も保存されない

(次のページに続く)

(d) 剛体棒の質量が $M < m_1$ (ただし, $m_1 = \boxed{\text{シ}}$ m) を満たすほど軽い場合, 小球が AB 間を滑り降りる間に棒を引っ張る糸はたるみ, 台車が小球の反動を受けて移動する。

$M > m_1$ のとき, 小球が点 A から初速 0 で滑り降り点 B を通過する速さを v_1 , $M < m_1$ のとき, 小球が点 A から初速 0 で滑り降り点 B を通過する速さを v_2 とすると, $\boxed{\text{ス}}$ 。ただし, v_1, v_2 は地面に対する速さである。

$\boxed{\text{シ}}$ の解答群

- ① $\sin \theta$ ② $2 \cos \theta$ ③ $3 \tan \theta$ ④ $\frac{1}{2} \sin \theta$ ⑤ $\frac{1}{3} \cos \theta$
 ⑥ $\frac{1}{4} \tan \theta$ ⑦ $\frac{1}{\sin \theta}$ ⑧ $\frac{1}{2 \cos \theta}$ ⑨ $\frac{1}{3 \tan \theta}$

$\boxed{\text{ス}}$ の解答群

- ① $v_1 < v_2$ が成り立つ
 ② $v_1 = v_2$ が成り立つ
 ③ $v_1 > v_2$ が成り立つ
 ④ 剛体棒を立てかけた角度 θ に依存して v_1 と v_2 の大小関係が変わる
 ⑤ 糸がたるみはじめる時間に依存して v_1 と v_2 の大小関係が変わる
 ⑥ 点 A の床からの高さに依存して v_1 と v_2 の大小関係が変わる

IV にあてはまる最も適当なものを対応する解答群から一つずつ選べ。ただし、 オ ~ コ , および シ ~ ソ については、最も適当な数字をマークすること。分数で解答する問題には既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。真空の透磁率を μ_0 とする。

(1) 半径 a 、長さ d 、全巻き数 N で電気抵抗の無視できるソレノイドに電流 I が流れている。ただし、長さ d は半径 a に比べて十分大きいとする。ソレノイド内部の磁場 H の強さは ア $\times I$ である。ソレノイドの自己インダクタンスは ア \times イ と表すことができる。

ア , イ の解答群

- | | | | |
|---------------|---------------------|-----------------|-----------------------|
| ① N | ② $\mu_0 N$ | ③ $\frac{N}{d}$ | ④ $\frac{\mu_0 N}{d}$ |
| ⑤ $\pi(Na)^2$ | ⑥ $\mu_0 \pi(Na)^2$ | ⑦ $N\pi a^2$ | ⑧ $\mu_0 N\pi a^2$ |

(2) 断面積 S 、長さ d で透磁率 μ の鉄心に、全巻き数 N_1 で導線を巻いたソレノイドがある。ただし、鉄心は十分長いとする。ソレノイドに電流 I を流したとき、鉄心内部の磁束密度の大きさは ウ $\times I$ である。ソレノイドのまわりに全巻き数 N_2 で導線を巻いたコイルを二次コイルとする。ソレノイドと二次コイルを貫く磁束が等しいとすると、2つのコイルの相互インダクタンスは ウ \times エ と表すことができる。

ウ の解答群

- | | | | | | |
|---------------|-------------|---------------|-------------|-------------------------|-----------------------|
| ① $\mu_0 N_1$ | ② μN_1 | ③ $\mu_0 N_2$ | ④ μN_2 | ⑤ $\frac{\mu_0 N_1}{d}$ | ⑥ $\frac{\mu N_1}{d}$ |
|---------------|-------------|---------------|-------------|-------------------------|-----------------------|

エ の解答群

- | | | | | | |
|---------|---------|-----------|-----------|---------------------|---------------------|
| ① N_1 | ② N_2 | ③ $N_1 S$ | ④ $N_2 S$ | ⑤ $\frac{N_1 S}{d}$ | ⑥ $\frac{N_2 S}{d}$ |
|---------|---------|-----------|-----------|---------------------|---------------------|

(次のページに続く)

- (3) 図1に示すように、自己インダクタンス L のコイル L 、抵抗値がそれぞれ R 、 $3R$ 、 R の抵抗 R_1 、 R_2 、 R_3 、起電力 E の直流電源 E 、およびスイッチ S からなる回路を考える。コイルや導線の電気抵抗および直流電源の内部抵抗は無視できる。はじめスイッチ S は開いており、回路に電流は流れていない。

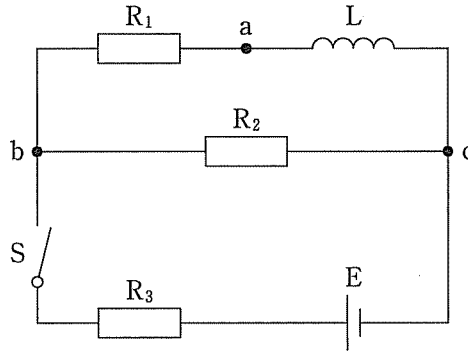


図1

- (a) 時刻 $t = 0$ においてスイッチ S を閉じた。この直後に抵抗 R_2 を流れる電流の大きさは

$\frac{\text{オ}}{\text{カ}} \times \frac{E}{R}$ である。 S を閉じてしばらく時間が経過し電流が一定になったあと、

抵抗 R_1 を流れる電流の大きさは $\frac{\text{キ}}{\text{ク}} \times \frac{E}{R}$ であり、点 b の電位は点 c の電位に比べて $\frac{\text{ケ}}{\text{コ}} \times E$ だけ サ 。

- (b) (a)でスイッチ S を閉じてしばらく時間が経過したあと、時刻 $t = T$ において S を開い

た。直後に抵抗 R_2 を流れる電流の大きさは $\frac{\text{シ}}{\text{ス}} \times \frac{E}{R}$ である。このとき点 b の電位は点 c の電位に比べて $\frac{\text{セ}}{\text{ソ}} \times E$ だけ タ 。

サ 、 タ の解答群

① 高い

② 低い

(c) (a), (b)の過程において、横軸に時刻 t 、縦軸に抵抗 R_1 を流れる電流をとったグラフは

チ

である。ただし、電流の向きは b から a の向きを正とする。
 また、横軸に時刻 t 、縦軸に点 c に対する点 a の電位をとったグラフは ツ

チ, ツ の解答群

