

3 限 物 理 (60分)

〈注意事項〉

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
3. 問題文は2ページから11ページまでとなっている。
4. 問題冊子のページを切り離さないこと。

解答上の注意

1. 問題文中のア、イ、ウ、… のそれぞれに当てはまるものを問題ごとの解答群から選び、マークシートの対応する欄にマークをして解答しなさい。分数は、既約分数の形にして解答し、以下に示す例にならって対応する選択肢をマークしなさい。そうでない場合は適切な採点ができないので注意すること。

例	解答欄	解答	選択する数値等
1.	$\boxed{\text{ア}}$ km h ⁻¹	3 km/h	$\boxed{3}$ km h ⁻¹
2.	$\boxed{\text{ア}} \times 10^{\boxed{\text{イ}}}$ kg	30 kg	$\boxed{3} \times 10^{\boxed{1}}$ kg
3.		3 kg	$\boxed{3} \times 10^{\boxed{0}}$ kg
4.		0	$\boxed{0} \times 10^{\boxed{0}}$ kg
5.	$\boxed{\text{ア}} \times 10^{\boxed{\text{イ}}}$ kg $\boxed{\text{ウ}}$ m $\boxed{\text{エ}}$ s $\boxed{\text{オ}}$	0.3 m/s	$\boxed{3} \times 10^{\boxed{-1}}$ kg $\boxed{0}$ m $\boxed{1}$ s $\boxed{-1}$
6.	$\boxed{\text{ア}} \sin \theta + \boxed{\text{イ}} \cos \theta$	$\sin \theta$	$\boxed{1} \sin \theta + \boxed{0} \cos \theta$
7.		$-\cos \theta$	$\boxed{0} \sin \theta + \boxed{-1} \cos \theta$
8.		0	$\boxed{0} \sin \theta + \boxed{0} \cos \theta$
9.	$\frac{\boxed{\text{ア}}}{\boxed{\text{イ}}}$	0	$\frac{\boxed{0}}{\boxed{1}}$
10.		$-\frac{1}{2}$	$\frac{\boxed{-1}}{\boxed{2}}$
11.		2	$\frac{\boxed{2}}{\boxed{1}}$
	既約分数の形にして解答すること		

2. 記入上の注意については、問題冊子の裏表紙に記載してあるので、この問題冊子を裏返して読みなさい。ただし、問題冊子を開かないこと。

すべての設問において次の概略値を用いてよい。

$$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24, \sqrt{7} = 2.65, \sqrt{11} = 3.32,$$

$$\sqrt{13} = 3.61, \sqrt{17} = 4.12, \sqrt{19} = 4.36, \pi = 3.14$$

〔 I 〕 以下の空欄に最も適切な値を解答群から選んで答えよ。解答は有効数字1桁とし、必要に応じて四捨五入せよ。

- (1) 図 I にあるように大きさが無視できる質量 $m = 2.0 \text{ kg}$ の物体が $x = 0.0 \text{ m}$ の位置で静止している。時刻 $t = 0.0 \text{ s}$ に物体を自由落下させた。 x 軸の鉛直上向きを正とする。なお重力加速度の大きさは $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$ とする。

物体にかかる重力 F は符号を含めると

$$F = \boxed{\text{ア}} \times 10^{\boxed{\text{イ}}} \text{ N}$$

である。時刻 $t = 2.0 \text{ s}$ のとき物体の速さ v は

$$v = \boxed{\text{ウ}} \times 10^{\boxed{\text{エ}}} \text{ m s}^{-1}$$

であり、その物体の位置座標 x_1 は

$$x_1 = \boxed{\text{オ}} \times 10^{\boxed{\text{カ}}} \text{ m}$$

運動エネルギー E は

$$E = \boxed{\text{キ}} \times 10^{\boxed{\text{ク}}} \text{ J}$$

である。

重力がこの間にこの物体にした仕事 W は

$$W = \boxed{\text{ケ}} \times 10^{\boxed{\text{コ}}} \text{ J}$$

である。位置 O を基準として、位置エネルギー V は

$$V = \boxed{\text{サ}} \times 10^{\boxed{\text{シ}}} \text{ J}$$

である。

なお力の単位ニュートン[N]を kg, m, s で表すと

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \boxed{\text{ス}} \text{ m} \boxed{\text{セ}} \text{ s} \boxed{\text{ソ}}$$

であり、エネルギーの単位ジュール[J]を kg, m, s で表すと

$$1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \boxed{\text{タ}} \text{ m} \boxed{\text{チ}} \text{ s} \boxed{\text{ツ}}$$

である。

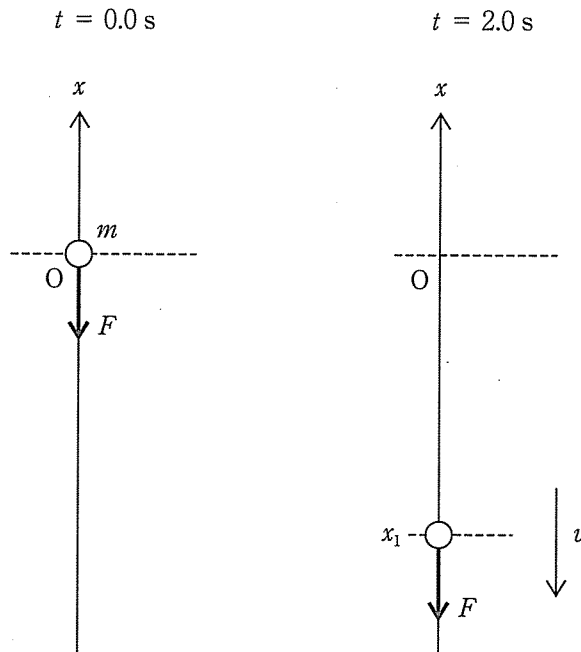


図 I

[I] $\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{ツ}}$ の解答群

⑨ - 9	⑧ - 8	⑦ - 7	⑥ - 6	⑤ - 5	④ - 4	③ - 3	② - 2	① - 1	⑩ 0
① 1	② 2	③ 3	④ 4	⑤ 5	⑥ 6	⑦ 7	⑧ 8	⑨ 9	

〔Ⅱ〕 以下の空欄に最も適切な値を解答群から選んで答えよ。解答は有効数字1桁とし、必要に応じて四捨五入せよ。

図Ⅱ-1のように一様な電場 E が水平方向に向いている。非常に軽い糸の上端を天井の一点 O に固定し、下端に大きさが無視できる質量 m の小球 A をつるし、 A に正の電荷 q を与えたところ、糸は鉛直から角度 θ だけ傾いて静止した。

なお電場 E の大きさは 3.0 N C^{-1} で、小球 A の電荷は $q = 1.0 \text{ C}$ 、また鉛直線からの傾きは $\theta = 30^\circ$ である。糸の長さ $l = 3.4 \text{ m}$ で小球は高さ $h = 20.0 \text{ m}$ にあり、その鉛直線下の地上の位置を P とする。重力加速度の大きさは $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$ とする。

(1) 小球 A が電場から受ける静電気力の大きさは

$$|F| = \boxed{\text{ア}} \times 10^{\boxed{\text{イ}}} \text{ N}$$

であり、重力 mg は

$$mg = \boxed{\text{ウ}} \times 10^{\boxed{\text{エ}}} \text{ N}$$

である。質量 m は

$$m = \boxed{\text{オ}} \times 10^{\boxed{\text{カ}}} \text{ kg}$$

となる。このとき糸の張力 T の大きさは

$$|T| = \boxed{\text{キ}} \times 10^{\boxed{\text{ク}}} \text{ N}$$

である。

(2) ある時刻で糸が切れ、小球 A は地表に落下した。

小球 A が地表に落下するまでに要した時間 t は

$$t = \boxed{\text{ケ}} \times 10^{\boxed{\text{コ}}} \text{ s}$$

であり、 P から水平方向に L だけ離れた地点

$$L = \boxed{\text{サ}} \times 10^{\boxed{\text{シ}}} \text{ m}$$

に落下した。

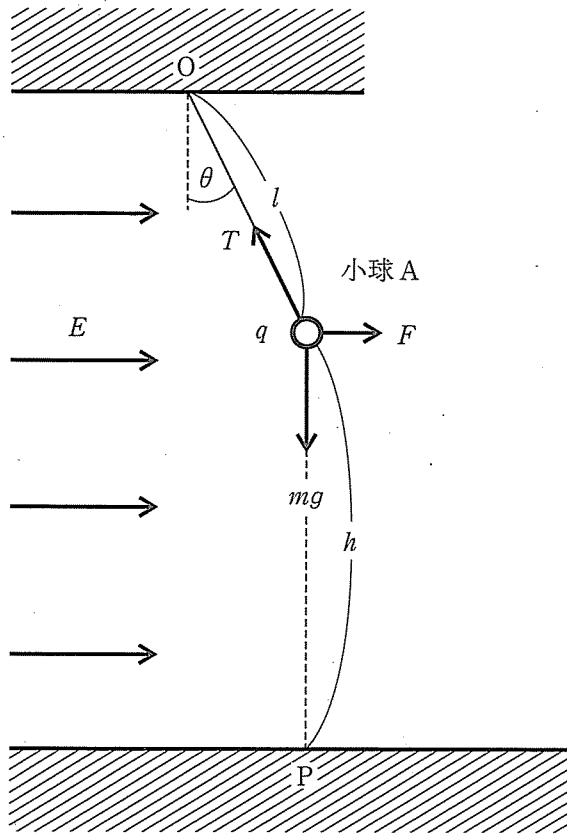


图 II - 1

- (3) 糸をつけ直し、小球 A を図 II - 1 の静止した状態に戻した。しばらくしてから電場 E が突然消失した。図 II - 2 のように小球 A は動き出し $\theta = 0^\circ$ となったときに糸が切れ飛び出した。

小球 A の速さ v_1 は

$$v_1 = \boxed{\text{ス}} \times 10^{\boxed{\text{セ}}} \text{ m s}^{-1}$$

である。また糸が切れてから 1.0 s 後に小球 A が到達する点は糸が切れた点から水平方向の距離 L_x 、鉛直方向の距離 L_y

$$L_x = \boxed{\text{ソ}} \times 10^{\boxed{\text{タ}}} \text{ m}$$

$$L_y = \boxed{\text{チ}} \times 10^{\boxed{\text{ツ}}} \text{ m}$$

離れていた。

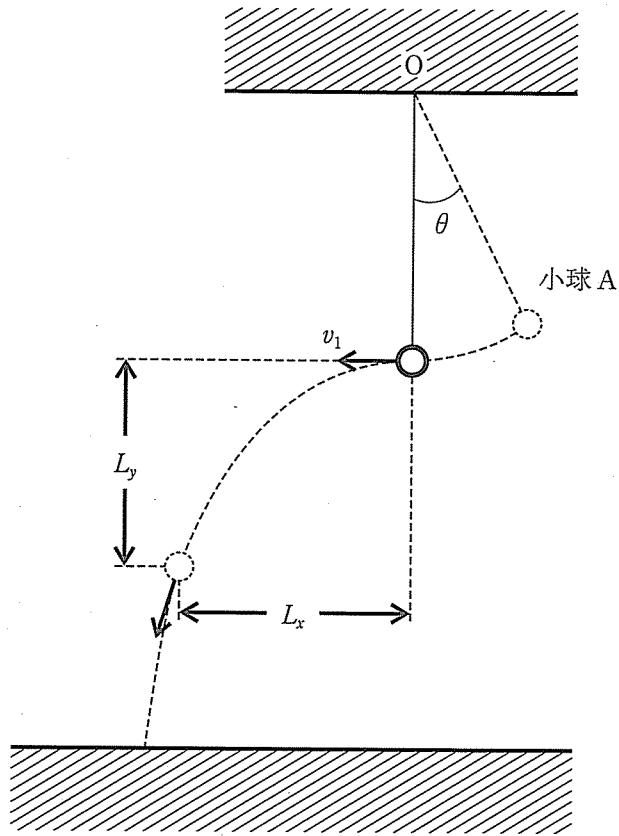


図 II - 2

〔II〕 **ア** ~ **ツ** の解答群

⑨ - 9	⑧ - 8	⑦ - 7	⑥ - 6	⑤ - 5	④ - 4	③ - 3	② - 2	① - 1	⑩ 0
① 1	② 2	③ 3	④ 4	⑤ 5	⑥ 6	⑦ 7	⑧ 8	⑨ 9	

〔Ⅲ〕 以下の空欄に最も適切な値を解答群から選んで答えよ。解答は有効数字1桁とし、必要に応じて四捨五入せよ。

一端が開放されており、もう一端を閉じた長さ2.0 mのパイプがある。図Ⅲのように、パイプの閉端にバネ(自然長1.1 m, バネ定数 k , 質量は無視)を取り付け、その先端に質量2.0 kgの球をつけた。球はパイプ中を摩擦なく自由に動くことができる。球の直径とパイプの内径は同じでありバネの長さに対して十分小さい。このパイプは中央の z 軸周りに水平面内で回転させることができる。

- (1) パイプを静止させた状態で、球を0.06 m押し込み離したところ、球は周期2.0 sで振動を始めた。

バネ定数 k は

$$k = \boxed{\text{ア}} \times 10^{\boxed{\text{イ}}} \text{ N m}^{-1}$$

であることがわかる。振動初期の振幅 A は

$$A = \boxed{\text{ウ}} \times 10^{\boxed{\text{エ}}} \text{ m}$$

であった。

- (2) 振動を止めてから、パイプを回し始め回転数を徐々にあげていったところ、球はパイプ内をゆっくり移動した。そして球がパイプの端まで移動したところで回転数をあげるのをやめた。

このときバネの復元力とパイプの回転による遠心力がつりあっている。その回転数 f は

$$f = \boxed{\text{オ}} \times 10^{\boxed{\text{カ}}} \text{ Hz}$$

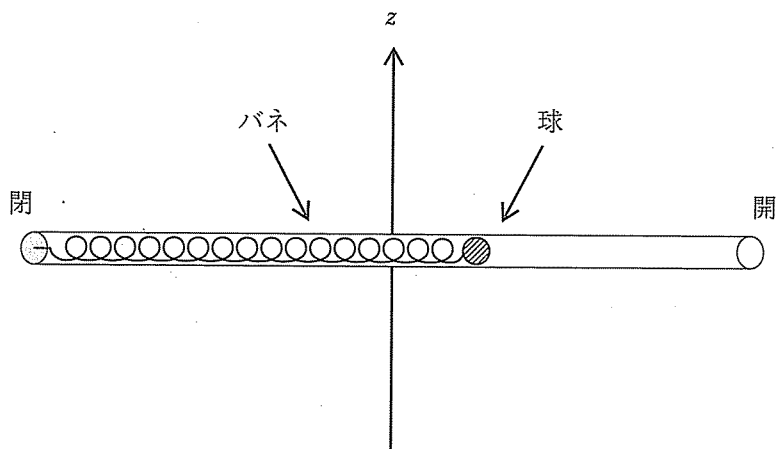
であった。

突然、球がバネから外れ、パイプの端から飛び出した。

その速さ v は、

$$v = \boxed{\text{キ}} \times 10^{\boxed{\text{ク}}} \text{ m s}^{-1}$$

であった。



図Ⅲ

〔Ⅲ〕 $\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{ク}}$ の解答群

⑨ - 9	⑧ - 8	⑦ - 7	⑥ - 6	⑤ - 5	④ - 4	③ - 3	② - 2	① - 1	⑩ 0
① 1	② 2	③ 3	④ 4	⑤ 5	⑥ 6	⑦ 7	⑧ 8	⑨ 9	

[IV] 以下の説明を読み、各問の空欄に最も適切な値を解答群から選んで答えよ。なお $e \doteq 2.72$ は自然対数の底である。

関数 $f(x)$ の導関数を $f'(x)$ 、第2次導関数を $f''(x)$ 、第3次導関数を $f'''(x)$ と記す。 $y = f(x)$ のグラフを描いたとき $x = x_0$ における接線の式は

$$y = f(x_0) + f'(x_0) \cdot (x - x_0)$$

である。これにもとづき、 $x \doteq x_0$ すなわち x が x_0 に非常に近い値のとき、 $f(x)$ の値を

$$f(x) \doteq f(x_0) + f'(x_0) \cdot (x - x_0) \quad (\text{I})$$

と近似することができる。精度をさらに高くして近似するには第2次導関数および第3次導関数を用いて

$$f(x) \doteq f(x_0) + f'(x_0) \cdot (x - x_0) + f''(x_0) \cdot \frac{(x - x_0)^2}{2!} + f'''(x_0) \cdot \frac{(x - x_0)^3}{3!} \quad (\text{II})$$

とする。

(1) x が 0 に非常に近い値のとき、式(I)を用いると

$$e^{-x} \doteq \frac{\boxed{\text{ア}}}{\boxed{\text{イ}}} + \frac{\boxed{\text{ウ}}}{\boxed{\text{エ}}} x$$

$$\log(1+x) \doteq \frac{\boxed{\text{オ}}}{\boxed{\text{カ}}} + \frac{\boxed{\text{キ}}}{\boxed{\text{ク}}} x$$

であり次の式は

$$e^{-x} + \log(1+x) \doteq \frac{\boxed{\text{ケ}}}{\boxed{\text{コ}}} + \frac{\boxed{\text{サ}}}{\boxed{\text{シ}}} x$$

と近似できる。

x が 0 に非常に近い値のとき、式(II)を用いると

$$e^{-x} \doteq \frac{\boxed{\text{ス}}}{\boxed{\text{セ}}} + \frac{\boxed{\text{ソ}}}{\boxed{\text{タ}}}x + \frac{\boxed{\text{チ}}}{\boxed{\text{ツ}}}x^2 + \frac{\boxed{\text{テ}}}{\boxed{\text{ト}}}x^3$$

$$\log(1+x) \doteq \frac{\boxed{\text{ナ}}}{\boxed{\text{ニ}}} + \frac{\boxed{\text{ヌ}}}{\boxed{\text{ネ}}}x + \frac{\boxed{\text{ノ}}}{\boxed{\text{ハ}}}x^2 + \frac{\boxed{\text{ヒ}}}{\boxed{\text{フ}}}x^3$$

と表せ、次の式は

$$e^{-x} + \log(1+x) \doteq \frac{\boxed{\text{ヘ}}}{\boxed{\text{ホ}}} + \frac{\boxed{\text{マ}}}{\boxed{\text{ミ}}}x + \frac{\boxed{\text{ム}}}{\boxed{\text{メ}}}x^2 + \frac{\boxed{\text{モ}}}{\boxed{\text{ヤ}}}x^3$$

となる。

[IV] $\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{ヤ}}$ の解答群

⑨ - 9	⑧ - 8	⑦ - 7	⑥ - 6	⑤ - 5	④ - 4	③ - 3	② - 2	① - 1	⑩ 0
① 1	② 2	③ 3	④ 4	⑤ 5	⑥ 6	⑦ 7	⑧ 8	⑨ 9	

記入上の注意

マークシート解答は、鉛筆でマークしたものを機械が直接読みとって採点する。したがって解答はHBの黒鉛筆でマークすること(万年筆、ボールペン、シャープペンシルなどを使用しないこと)。

① 記入例 アの解答を3にマークする場合。

正しいマークの例

ア	0	1	2	●	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

悪いマークの例

ア	0	1	2	●	4	5	枠外にはみ出してマークしないこと。
ア	0	1	2	●	4	5	枠全体をマークするようにしなさい。
ア	0	1	2	○	4	5	○でかこんでマークしないこと。
ア	0	1	2	✕	4	5	✕を書いてマークしないこと。

- ② 解答を訂正する場合は、消しゴムでよく消してから、あらためてマークすること。
- ③ 解答用紙をよごしたり、折りまげたりしないこと。
- ④ 問題に指定された数よりも多くマークしないこと。