

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9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	3 km/h	$\boxed{3}$ km/h
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.	$\boxed{\text{ア}} \times 10^{\boxed{\text{イ}}} \text{ kg } \boxed{\text{ウ}} \text{ m } \boxed{\text{エ}} \text{ s } \boxed{\text{オ}}$	0.3 m/s	$\boxed{3} \times 10^{\boxed{-1}} \text{ kg } \boxed{0} \text{ m } \boxed{1} \text{ s } \boxed{-1}$
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.		$\sin \theta$	$\frac{\boxed{\sin \theta}}{\boxed{1}}$
	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。

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

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

〔 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) 力の単位ニュートン〔N〕を kg, m, s で表すと

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \quad \boxed{\text{ア}} \text{ m} \quad \boxed{\text{イ}} \text{ s} \quad \boxed{\text{ウ}}$$

エネルギーの単位ジュール〔J〕を kg, m, s で表すと

$$1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \quad \boxed{\text{エ}} \text{ m} \quad \boxed{\text{オ}} \text{ s} \quad \boxed{\text{カ}}$$

仕事率の単位ワット〔W〕を kg, m, s で表すと

$$1 \text{ W} = 1 \text{ kg} \quad \boxed{\text{キ}} \text{ m} \quad \boxed{\text{ク}} \text{ s} \quad \boxed{\text{ケ}}$$

となる。

(2) 図 I のように水平で滑らかな床面上の3個の物体 A, B, C が軽い糸で連結され、糸 A を引くと静止状態から運動をはじめめる。運動中は糸 A, B, C の張力が一定で、その大きさは F_A , F_B , F_C である。どの糸も水平で常に一定の長さに保たれ、全体は一定の加速度 $a = 3.0 \text{ m/s}^2$ で直線運動を続ける。物体の質量はそれぞれ $m_A = 0.25 \text{ kg}$, $m_B = 0.40 \text{ kg}$, $m_C = 1.0 \text{ kg}$ である。

運動を開始してから 3.5 秒後に、全体の速度の大きさ V は

$$V = \boxed{\text{コ}} \times 10 \quad \boxed{\text{サ}} \text{ m/s}$$

となり、物体 A の運動エネルギーの大きさ E_A は

$$E_A = \boxed{\text{シ}} \times 10 \quad \boxed{\text{ス}} \text{ J}$$

となる。また、張力の大きさはそれぞれ

$$F_A = \boxed{\text{セ}} \times 10 \quad \boxed{\text{ソ}} \text{ N}$$

$$F_B = \boxed{\text{タ}} \times 10 \quad \boxed{\text{チ}} \text{ N}$$

$$F_C = \boxed{\text{ツ}} \times 10 \quad \boxed{\text{テ}} \text{ N}$$

である。全体が動き出してからこのときまでに、物体 A にはたらく張力 F_A がした仕事の大きさ W は

$$W = \boxed{\text{ト}} \times 10^{\boxed{\text{ナ}}} \text{ J}$$

である。

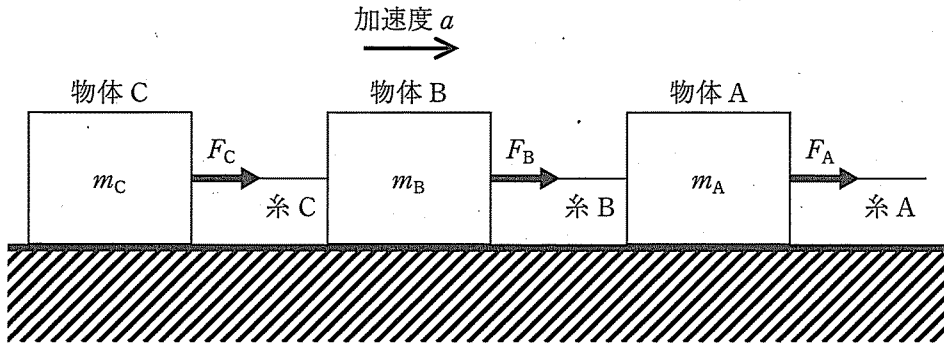


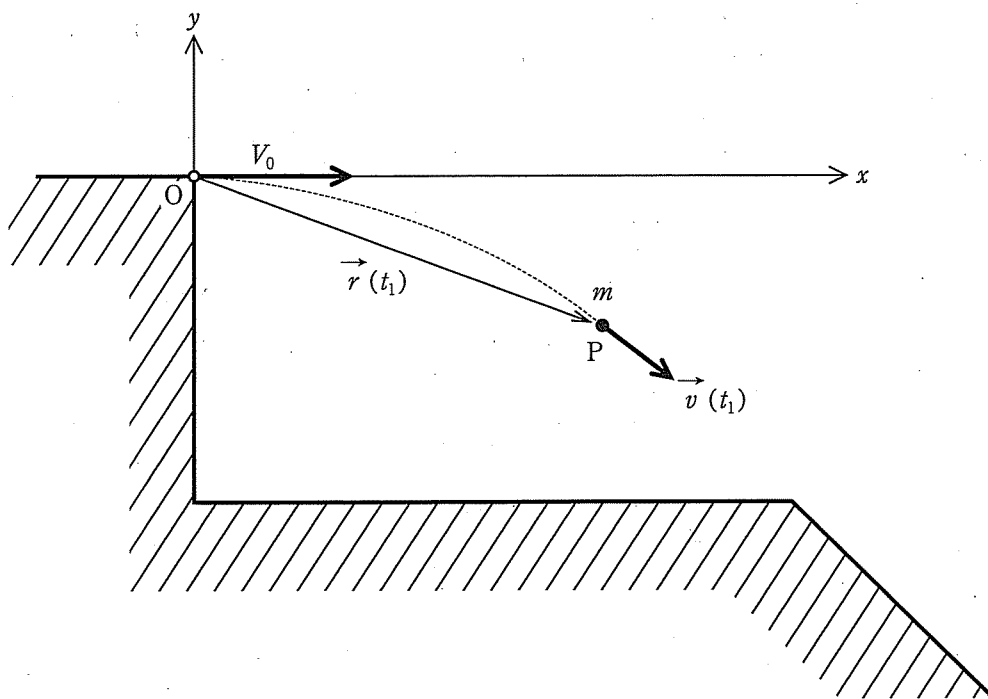
図 I

$\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{ナ}}$ の解答群

① 1	② 2	③ 3	④ 4	⑤ 5
⑥ 6	⑦ 7	⑧ 8	⑨ 9	⑩ 0
⑪ -1	⑫ -2	⑬ -3	⑭ -4	⑮ -5
⑯ -6	⑰ -7	⑱ -8	⑲ -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。

- (1) 図Ⅱ-1のように、質量 $m = 4.0 \text{ kg}$ の小球を水平方向に速さ $V_0 = 30 \text{ m/s}$ で投げ出した。ただし小球の大きさを無視する。運動を始めた位置を原点 O とし、水平方向に x 軸、鉛直方向に y 軸をとる。また、運動を始めた時刻から時間を測り、時刻 t における小球の位置ベクトルを $\vec{r}(t) = (x(t), y(t))$ 、速度ベクトルを $\vec{v}(t) = (v_x(t), v_y(t))$ と表す。このあと、小球は重力により運動する。重力加速度の大きさを $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とすると、重力加速度のベクトルは $\vec{g} = (0, -g)$ である。



図Ⅱ-1

時刻が $t_1 = 2.0 \text{ s}$ のときに小球は点 P に到達した。点 P の位置ベクトル $\vec{r}(t_1)$ は

$$\vec{r}(t_1) = (\text{ア} \times 10^{\text{イ}} \text{ m}, \text{ウ} \times 10^{\text{エ}} \text{ m})$$

である。このときの物体の位置エネルギー U_P は、原点 O を通る水平面を基準とすると

$$U_P = \text{オ} \times 10^{\text{カ}} \text{ J}$$

である。また小球の速度ベクトル $\vec{v}(t_1)$ は

$$\vec{v}(t_1) = (\text{キ} \times 10^{\text{ク}} \text{ m/s}, \text{ケ} \times 10^{\text{コ}} \text{ m/s})$$

その大きさは

$$|\vec{v}(t_1)| = \text{サ} \times 10^{\text{シ}} \text{ m/s}$$

である。

(2) さらに運動を続けた後、小球は図Ⅱ-2のように水平と45度の角をなす斜面に滑らかに着地した。すなわち着地のときの速度ベクトルが斜面に沿った方向であった。このときの時刻 t_2 は

$$t_2 = \boxed{\text{ヌ}} \times 10^{\boxed{\text{セ}}} \text{ s}$$

である。

斜面と小球の間の摩擦は無視でき、小球は回転せずに斜面上を運動する。図Ⅱ-2のように斜面の方向とそれに垂直な方向に X 軸と Y 軸をとる。小球に加わる重力 $\vec{F} = m\vec{g}$ を X および Y 方向に分解し

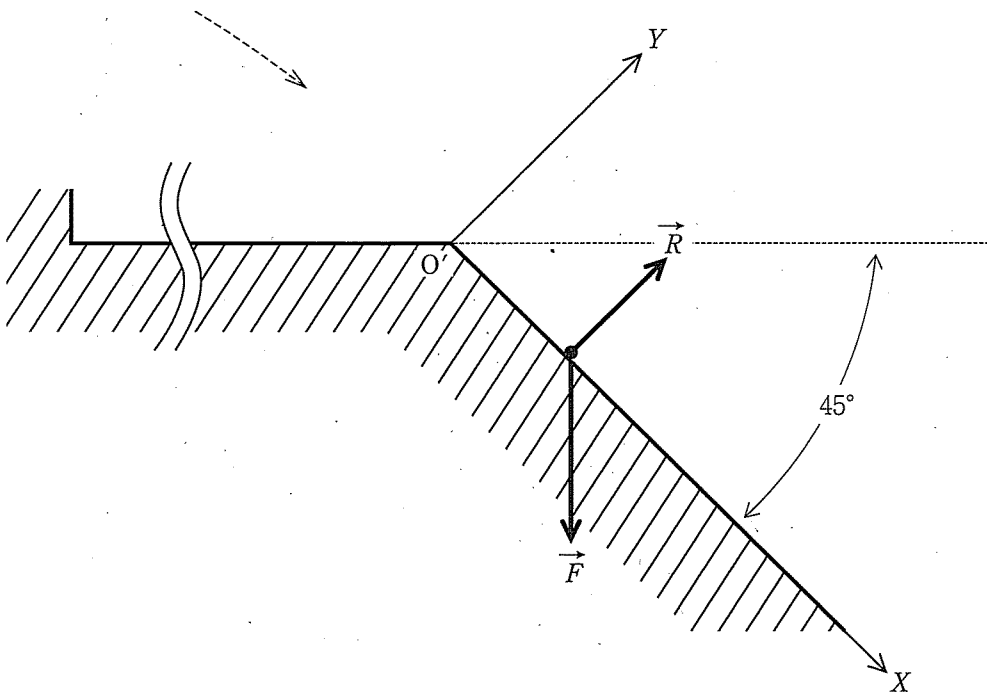
$$\vec{F} = \vec{F}_X + \vec{F}_Y$$

とすると、各ベクトルの大きさ F_X, F_Y は

$$F_X = |\vec{F}_X| = \boxed{\text{ソ}} \times 10^{\boxed{\text{タ}}} \text{ N}$$

$$F_Y = |\vec{F}_Y| = \boxed{\text{チ}} \times 10^{\boxed{\text{ツ}}} \text{ N}$$

である。



図Ⅱ-2

斜面から小球が受ける垂直抗力 \vec{R} の大きさ R は

$$R = |\vec{R}| = \boxed{\text{テ}} \times 10^{\boxed{\text{ト}}} \text{ N}$$

である。

$\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{ト}}$ の解答群

① 1	② 2	③ 3	④ 4	⑤ 5
⑥ 6	⑦ 7	⑧ 8	⑨ 9	⑩ 0
⑪ -1	⑫ -2	⑬ -3	⑭ -4	⑮ -5
⑯ -6	⑰ -7	⑱ -8	⑲ -9	

〔Ⅲ〕 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 は自然対数の底である。

物理量の計算では以下のような関数の近似式を用いることがある。

関数 $f(x)$ の導関数を $f'(x)$ 、第2次導関数を $f''(x)$ と記す。 $y = f(x)$ のグラフの $x = x_0$ 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

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

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

$$f(x) \doteq f(x_0) + f'(x_0) \cdot (x - x_0) + f''(x_0) \cdot \frac{(x - x_0)^2}{2} \tag{II}$$

とする。

(1) x が 0 に非常に近い値のとき、式(I)を用いると

$$\sin x \doteq \frac{\boxed{\text{ア}}}{\boxed{\text{イ}}} + \frac{\boxed{\text{ウ}}}{\boxed{\text{エ}}} x$$

$$\sqrt{4+x} \doteq \frac{\boxed{\text{オ}}}{\boxed{\text{カ}}} + \frac{\boxed{\text{キ}}}{\boxed{\text{ク}}} x$$

$$\frac{e^x - e^{-x}}{2} \doteq \frac{\boxed{\text{ケ}}}{\boxed{\text{コ}}} + \frac{\boxed{\text{サ}}}{\boxed{\text{シ}}} x$$

$$\log_e(1+x) \doteq \frac{\boxed{\text{ス}}}{\boxed{\text{セ}}} + \frac{\boxed{\text{ソ}}}{\boxed{\text{タ}}} x$$

である。

(2) t が0に非常に近い値のとき、式(II)を用いると

$$\frac{1}{1-t} \doteq \frac{\boxed{\text{チ}}}{\boxed{\text{ツ}}} + \frac{\boxed{\text{テ}}}{\boxed{\text{ト}}}t + \frac{\boxed{\text{ナ}}}{\boxed{\text{ニ}}}t^2$$

となる。この式の右辺を t で定積分することにより x が 0 に非常に近い値のとき

$$\int_0^x \frac{1}{1-t} dt \doteq \frac{\boxed{\text{ヌ}}}{\boxed{\text{ネ}}} + \frac{\boxed{\text{ノ}}}{\boxed{\text{ハ}}}x + \frac{\boxed{\text{ヒ}}}{\boxed{\text{フ}}}x^2 + \frac{\boxed{\text{ヘ}}}{\boxed{\text{ホ}}}x^3$$

である。

ア ~ **ホ** の解答群

① 1	② 2	③ 3	④ 4	⑤ 5
⑥ 6	⑦ 7	⑧ 8	⑨ 9	⑩ 0
⑪ -1	⑫ -2	⑬ -3	⑭ -4	⑮ -5
⑯ -6	⑰ -7	⑱ -8	⑲ -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	③	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。