

## 情報科学部A方式

## 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10ページまでとなっている。

## 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、マークシートの解答用紙の対応する欄にマークをして解答しなさい。なお、以下に示す例の通りマークしなさい。分数は、既約分数の形にして解答すること。例の通りになってい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	記入の仕方
1.	$\boxed{\text{ア}}$ km/h	3 km/h	$\boxed{3}$ km/h
2.	$\boxed{\text{ア}} \times 10^{\boxed{\text{イ}}} \text{ kg}$	30 kg	$\boxed{3} \times 10^{\boxed{1}} \text{ kg}$
3.		3 kg	$\boxed{3} \times 10^{\boxed{0}} \text{ kg}$
4.		0	$\boxed{0} \times 10^{\boxed{0}} \text{ kg}$
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.		$\sin \theta$	$\frac{\boxed{\sin \theta}}{\boxed{1}}$

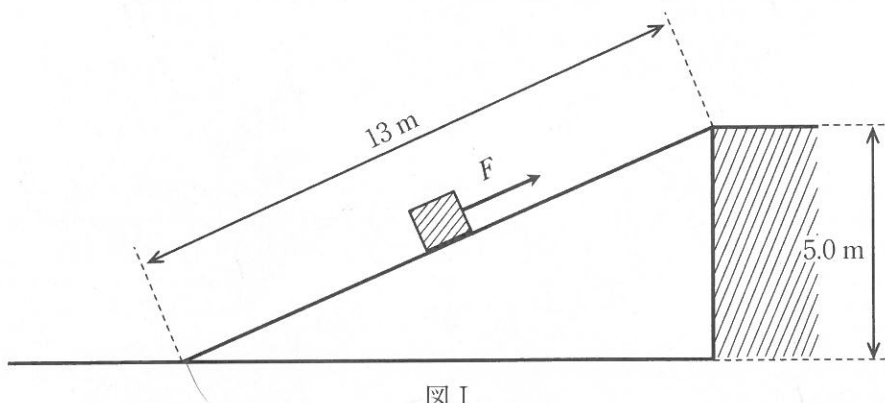
2. マークシート記入上の注意については、問題冊子の裏表紙に記載してあるので、この問題冊子を裏返して読みなさい。ただし、問題冊子を開かないこと。

すべての設問において次の概略値を用いてよい。

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2 (\text{重力加速度}), \pi = 3.14, \pi^2 = 9.87, e = 2.72, \log_e 10 = 2.30$$
$$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24, \sqrt{7} = 2.65$$

〔 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。

図 I のように、高さ 5.0 m の段差に長さ 13 m の板を渡して斜面をつくり質量 78 kg の物体を載せる。物体の大きさおよび斜面と物体の間の摩擦力は無視する。



- (1) この物体に力  $F$  を加えて斜面を押し上げる。力  $F$  の向きは斜面と平行である。物体の速度の大きさは一定で  $0.20 \text{ m/s}$  である。この力の大きさは

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

である。物体が斜面を最下部から最上部まで登る間に力  $F$  がする仕事  $U$  は

$$U = \boxed{\text{ウ}} \times 10^{\boxed{\text{エ}}} \text{ J}$$

また、このときの仕事率  $P$  は

$$P = \boxed{\text{オ}} \times 10^{\boxed{\text{カ}}} \text{ W}$$

である。

力の単位 N を kg, m, s で表すと

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \text{ [キ] m [ク] s [ケ]}$$

エネルギーの単位 J を kg, m, s で表すと

$$1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \text{ [コ] m [カ] s [シ]}$$

仕事率の単位 W を kg, m, s で表すと

$$1 \text{ W} = 1 \text{ kg} \text{ [ス] m [セ] s [ソ]}$$

である。

- (2) 斜面の最上部で物体を静止させてから静かにはなした。このあと物体が受ける力は重力と斜面による垂直抗力の合力だけである。物体が最下部に到達したとき、物体の速度  $v$  の大きさは

$$|v| = \text{[タ]} \times 10^{\text{[チ]}} \text{ m/s}$$

である。また、このときの物体の運動エネルギー  $E_K$  は

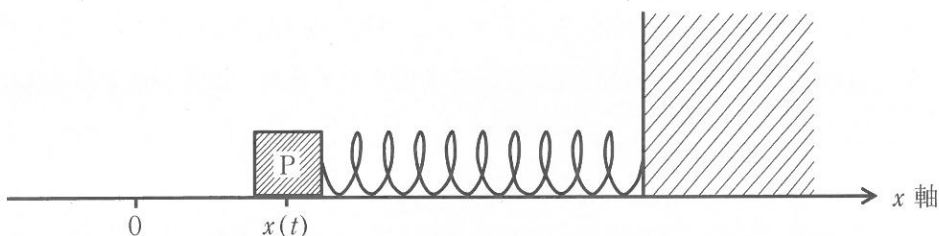
$$E_K = \text{[ツ]} \times 10^{\text{[テ]}} \text{ J}$$

である。

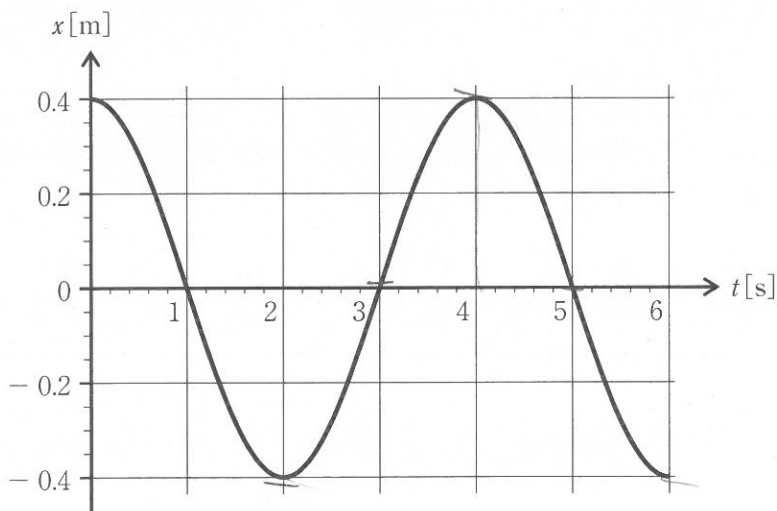
[ア] ~ [テ] の解答群

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〕 図Ⅱ-1のように、質量  $m = 2.0 \text{ kg}$  の物体 P が水平な床面の  $x$  軸 (右向きを正とする) にそって運動する。ただし P の大きさを無視する。P は、右側の壁と P を結ぶばね (ばね定数  $k$ ) の復元力だけで運動するものとし、床面との摩擦は無視する。ばねが自然の長さのときの P の位置を  $x$  軸の原点とし、時刻  $t$  における P の位置を  $x(t)$  として以下の問いに答えよ。なお、P の運動が角振動数  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$  の単振動になることを既知とする。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



図Ⅱ-2

- (1) ばねを自然の長さから 0.40 m だけ縮め、時刻  $t = 0$  で静かにはなした。そのあと P の位置  $x(t)$  は図 II-2 のように変化した。この単振動の周期  $T$  は

$$T = \boxed{\text{ア}} \times 10^{\boxed{\text{イ}}} \text{ s}$$

となり、ばね定数  $k$  の値は基本単位を用いて表わすと

$$k = \boxed{\text{ウ}} \times 10^{\boxed{\text{エ}}} \text{ kg}^{\boxed{\text{オ}}} \text{ m}^{\boxed{\text{カ}}} \text{ s}^{\boxed{\text{キ}}}$$

である。

P の速度の最大値  $v_0$  は

$$v_0 = \boxed{\text{ク}} \times 10^{\boxed{\text{ケ}}} \text{ m/s}$$

である。

つぎに、P の加速度が最大となるときその値  $a_0$  は

$$a_0 = \boxed{\text{コ}} \times 10^{\boxed{\text{サ}}} \text{ m/s}^2$$

であり、このときの物体の位置  $x_0$  は

$$x_0 = \boxed{\text{シ}} \times 10^{\boxed{\text{ス}}} \text{ m}$$

である。

(2) 前問(1)と同様に、このばねを自然の長さから 0.40 m だけ縮めた。そのあと P の左側に質量  $M = 6.0 \text{ kg}$  の物体 Q を置き、P に触れた状態のまま  $t = 0$  で静かにはなす。Q の大きさは無視できる。時刻  $t$  における Q の位置を  $x'(t)$  とする。Q の運動を引き起こす力は P が押す力だけとし、床面との摩擦は無視する。

P が減速し始めるとき Q が離れる。その時刻  $t'_0$  は

$$t'_0 = \boxed{\text{セ}} \times 10^{\boxed{\text{ソ}}} \text{ s}$$

である。Q は  $t \geq t'_0$  で等速直線運動

$$x'(t) = v'_0 t + x'_0$$

を行う。ここで

$$v'_0 = \boxed{\text{タ}} \times 10^{\boxed{\text{チ}}} \text{ m/s}$$

$$x'_0 = \boxed{\text{ツ}} \times 10^{\boxed{\text{テ}}} \text{ m}$$

である。

$\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{テ}}$  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	

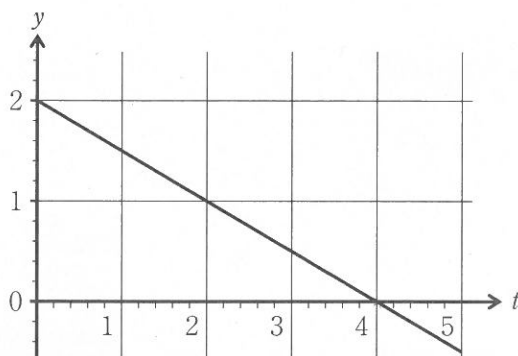


〔Ⅲ〕 以下の空欄に最も適切な値を解答群から選んで答えよ。解答は有効数字1桁とし、必要に応じて四捨五入せよ。

- (1) 非常に大きく変化する量に対応するため、もとの量の対数をとった値を使うことが多い。ここでは、もとの量を時間  $t$  の関数  $x(t)$  とし、その常用対数をとった値を  $y(t)$  とする。すなわち

$$y(t) = \log_{10} x(t)$$

である。 $y(t)$  のグラフを描いたところ図Ⅲの直線を得た。



図Ⅲ

このグラフから関数  $y(t)$  を

$$y(t) = a + bt$$

とすると

$$a = \boxed{\text{ア}} \times 10^{\boxed{\text{イ}}}, b = \boxed{\text{ウ}} \times 10^{\boxed{\text{エ}}}$$

となる。ここで関数  $x(t)$  を

$$x(t) = A \times 10^{Bt}$$

とすると

$$A = \boxed{\text{オ}} \times 10^{\boxed{\text{カ}}}, B = \boxed{\text{キ}} \times 10^{\boxed{\text{ク}}}$$

となる。また自然対数の底  $e$  を用いて

$$x(t) = A' \times e^{B't}$$

とすると

$$A' = \boxed{\text{ケ}} \times 10^{\boxed{\text{ク}}}, B' = \boxed{\text{サ}} \times 10^{\boxed{\text{シ}}}$$

となる。



- (2)  $xy$  平面内を運動する物体の座標を  $x(t)$  および  $y(t)$  とする。このとき速度の  $x$  および  $y$  成分は座標を時間で微分し

$$v_x(t) = \frac{dx}{dt}, \quad v_y(t) = \frac{dy}{dt}$$

である。物体の速度の大きさは  $v = \sqrt{v_x(t)^2 + v_y(t)^2}$  である。速度を定積分して座標を求めると

$$x(t) = \int_0^t v_x(t) dt + x(0), \quad y(t) = \int_0^t v_y(t) dt + y(0)$$

である。

ある物体の速度は

$$v_x(t) = V \cos \theta, \quad v_y(t) = -gt + V \sin \theta$$

であるという。ただし  $V$  と角  $\theta$  は定数である。  $V > 0$ ,  $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$  である。

またこの物体は  $t = 0$  で原点を通過する。すなわち

$$x(0) = 0, \quad y(0) = 0$$

である。

$y(t)$  が最大となる時刻  $t_m$  は

$$t_m = \boxed{\text{ス}} V \boxed{\text{セ}} g \boxed{\text{ソ}} (\sin \theta) \boxed{\text{タ}} (\cos \theta) \boxed{\text{チ}}$$

また、 $y(t)$  が 0 となる時刻  $t_c$  は

$$t_c = \boxed{\text{ツ}} V \boxed{\text{テ}} g \boxed{\text{ト}} (\sin \theta) \boxed{\text{ナ}} (\cos \theta) \boxed{\text{ニ}}$$

である。ただし  $t_c > 0$  とする。

時刻  $t_c$  における物体の速度の大きさ  $v_c$  は

$$v_c = \boxed{\text{ヌ}} V^{\boxed{\text{ネ}}} g^{\boxed{\text{ノ}}} (\sin \theta)^{\boxed{\text{ハ}}} (\cos \theta)^{\boxed{\text{ヒ}}}$$

となる。このときの  $x$  座標  $x_c$  は

$$x_c = \boxed{\text{フ}} V^{\boxed{\text{ヘ}}} g^{\boxed{\text{ホ}}} (\sin \theta)^{\boxed{\text{マ}}} (\cos \theta)^{\boxed{\text{ミ}}}$$

である。

$V$  を一定に保ちながら  $\theta$  を変えると、 $\theta = \theta_0$  のとき  $x_c$  が最大となった。

$$\theta_0 = \frac{\boxed{\text{ム}}}{\boxed{\text{メ}}} \pi$$

である。

$\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{メ}}$  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	✕	3	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。