2019 年度入学試験問題

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.	$\boxed{ア}$ km/h	3 km/h	$\boxed{3}$ km/h
2.	$\boxed{ア} \times 10^{\boxed{イ}}$ 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.	$\boxed{ア} \times 10^{\boxed{イ}}$ kg$^{\boxed{ウ}}$ m$^{\boxed{エ}}$ s$^{\boxed{オ}}$	0.3 m/s	$\boxed{3} \times 10^{\boxed{-1}}$ kg$^{\boxed{0}}$ m$^{\boxed{1}}$ s$^{\boxed{-1}}$
6.	$\boxed{ア} \sin\theta + \boxed{イ} \cos\theta$	$\sin\theta$	$\boxed{1} \sin\theta + \boxed{0} \cos\theta$
7.		$-\cos\theta$	$\boxed{0} \sin\theta + \boxed{-1} \cos\theta$
8.		0	$\boxed{0} \sin\theta + \boxed{0} \cos\theta$
9.	$\dfrac{\boxed{ア}}{\boxed{イ}}$ 既約分数の形にして解答すること	0	$\dfrac{\boxed{0}}{\boxed{1}}$
10.		$-\dfrac{1}{2}$	$\dfrac{\boxed{-1}}{\boxed{2}}$
11.		2	$\dfrac{\boxed{2}}{\boxed{1}}$

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。

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\sqrt{7} = 2.65$, $\sqrt{11} = 3.32$,
$\sqrt{13} = 3.61$, $\sqrt{17} = 4.12$, $\sqrt{19} = 4.36$, $g = 9.8\ [\mathrm{m/s^2}]$

〔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のように質量 $m = 2.0\ \mathrm{kg}$ の物体Aを水平な台の上に静置させてある。物体Aを初速度の大きさ $v_0 = 3.0\ \mathrm{m/s}$ で滑らせたところ，時間 $t = 4.0\ \mathrm{s}$ 後に距離 $d = 8.0\ \mathrm{m}$ の位置に到達し速さが $v_1 = 1.0\ \mathrm{m/s}$ となった。動摩擦係数 μ' は一定とし次の問いに答えよ。

運動を開始した直後に物体Aが持っている運動エネルギー E_0 は

$$E_0 = \boxed{ア} \times 10^{\boxed{イ}}\ \mathrm{J}$$

であり t 秒後の運動エネルギー E_1 は

$$E_1 = \boxed{ウ} \times 10^{\boxed{エ}}\ \mathrm{J}$$

である。運動エネルギーの変化の大きさ W は

$$W = \boxed{オ} \times 10^{\boxed{カ}}\ \mathrm{J}$$

であった。物体に働く垂直抗力の大きさ R は

$$R = \boxed{キ} \times 10^{\boxed{ク}}\ \mathrm{N}$$

であり，摩擦力のした仕事から動摩擦係数 μ' は

$$\mu' = \boxed{ケ} \times 10^{\boxed{コ}}$$

と求められる。

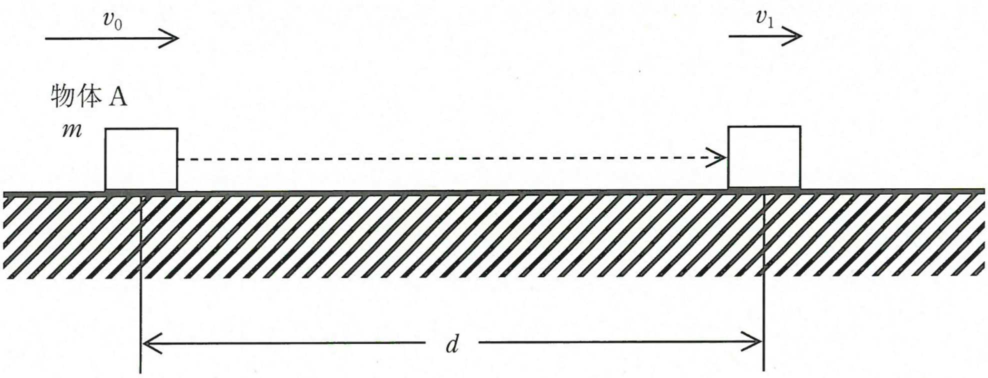


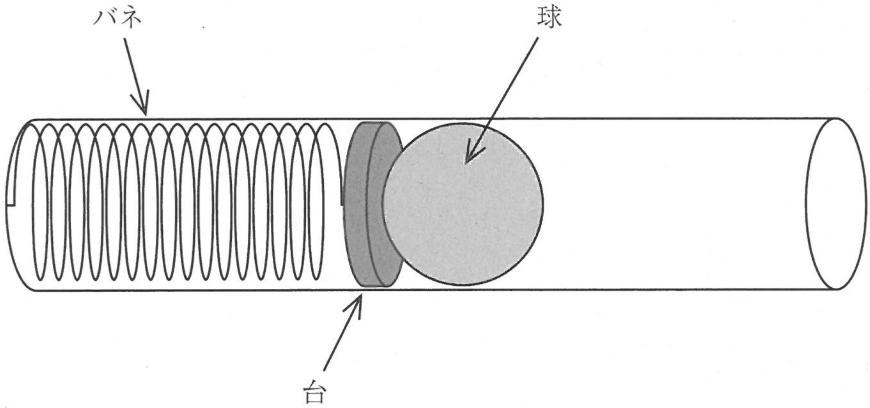
図 I

〔 I 〕 $\boxed{ア}$ ～ $\boxed{コ}$ 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) 円筒とその中に収まるバネ(自然長 $L_0 = 3.0\ \mathrm{m}$，バネ定数 $k = 100\ \mathrm{N/m}$，質量は無視できる)がある。バネの根元は円筒の片端に固定されており，円筒の他端は開いている。またバネの先端には，円筒にぴったりはまる台(質量 $m = 2.0\ \mathrm{kg}$)がついている。円筒中でバネ，台および球は摩擦なく動くことができる。円筒を水平に据え付け，図Ⅱ－１のように台の右に球(質量 $M = 6.0\ \mathrm{kg}$)を置き，バネを長さ $L_{min} = 1.0\ \mathrm{m}$ まで押し縮めた。



図Ⅱ－１

バネ定数 k の単位を kg，m，s で表すと

$$\mathrm{kg}^{\boxed{ア}}\ \mathrm{m}^{\boxed{イ}}\ \mathrm{s}^{\boxed{ウ}}$$

となる。またバネの長さが L_{min} のときバネのもつエネルギー E_0 は

$$E_0 = \boxed{エ} \times 10^{\boxed{オ}}\ \mathrm{J}$$

となる。

縮めたバネを放したところ，バネは元に戻り始め，バネの長さが

$$L = \boxed{カ} \times 10^{\boxed{キ}} \text{ m}$$

のとき球が台から離れた。このときの球の速さ V_L は

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

であった。

その後，台のついたバネは自然長 L_0 から

$$d = \boxed{コ} \times 10^{\boxed{サ}} \text{ m}$$

だけ伸びた。

さらに再び縮んだのち単振動を繰り返した。この振動の角振動数 ω は次の式を満たし

$$\omega = \sqrt{\boxed{シ} \times k^{\boxed{ス}} \times (\boxed{セ} \times M + \boxed{ソ} \times m)^{\boxed{タ}}}$$

その大きさは

$$\omega = \boxed{チ} \times 10^{\boxed{ツ}} \text{ rad/s}$$

である。

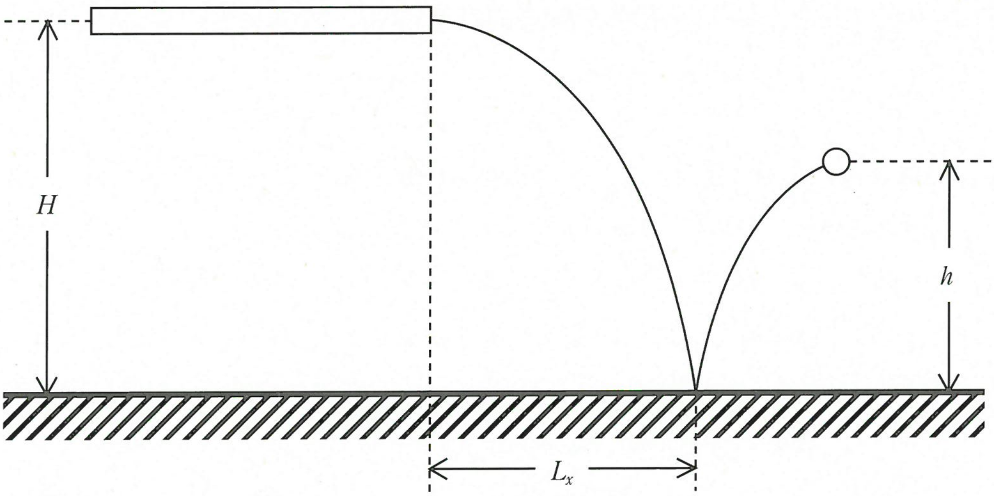
(2) この円筒は，図Ⅱ－2のようになめらかな水平面(反発係数 $e = 0.9$)から高さ $H = 5.0\ \mathrm{m}$ のところに水平に固定されている。円筒から速さ V_L で飛び出した球は水平面に落下した。円筒の先端から落下点までの水平距離 L_x は

$$L_x = \boxed{テ} \times 10^{\boxed{ト}}\ \mathrm{m}$$

であった。その後，球は高さ h

$$h = \boxed{ナ} \times 10^{\boxed{ニ}}\ \mathrm{m}$$

まで，はね上がった。なお円筒の直径は高さに対して無視できるものとする。



図Ⅱ－2

〔Ⅱ〕$\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{ニ}}$ 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 $e \fallingdotseq 2.72$ 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，$x \fallingdotseq x_0$ すなわち x が x_0 に非常に近い値のとき，$f(x)$ の値を

$$f(x) \fallingdotseq f(x_0) + f'(x_0)\cdot(x - x_0) \qquad (\mathrm{I})$$

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

$$f(x) \fallingdotseq f(x_0) + f'(x_0)\cdot(x - x_0) + f''(x_0)\cdot\frac{(x - x_0)^2}{2!} + f'''(x_0)\cdot\frac{(x - x_0)^3}{3!} \qquad (\mathrm{II})$$

とする。

(1) x が 0 に非常に近い値のとき，式(I)を用いると

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

$$\cos x \fallingdotseq \frac{\boxed{オ}}{\boxed{カ}} + \frac{\boxed{キ}}{\boxed{ク}}x$$

と表せる。

x が 0 に非常に近い値のとき，式(II)を用いると

$$e^x \fallingdotseq \frac{\boxed{ケ}}{\boxed{コ}} + \frac{\boxed{サ}}{\boxed{シ}} x + \frac{\boxed{ス}}{\boxed{セ}} x^2 + \frac{\boxed{ソ}}{\boxed{タ}} x^3$$

と表せる。

$x = it$ (i は虚数) と置き換え，さらに $\sin x$ および $\cos x$ も式(II)を用いて近似すると

$$e^{it} \fallingdotseq \left(\frac{\boxed{チ}}{\boxed{ツ}} + \cos \frac{\boxed{テ}}{\boxed{ト}} t \right) + i \left(\frac{\boxed{ナ}}{\boxed{ニ}} + \sin \frac{\boxed{ヌ}}{\boxed{ネ}} t \right)$$

となる。

〔III(1)〕 $\boxed{ア}$ ～ $\boxed{ネ}$ 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	

(2) 温度によって電圧が発生する温度センサーがある。これを用いて温度測定実験を行った。図Ⅲは温度 t に対する出力電圧 E の測定データである。t が変化したとき E がどのような値をとるのかを解析するために E の値を近似する適切な関数 $g(t)$ を探すことがよく行なわれる。

いま近似する関数を $g(t) = at$ とする場合を考え E を最もよく近似する a の値を求めたい。

測定は温度が異なる4点で行い，その各測定温度を t_i とし，出力電圧を E_i とする。ここで添え字 i は各測定に対応して $i = 1$，2，3，4とする。各 t_i における E_i のデータを解析するとき，E を最もよく近似する $g(t)$ を求めるためには，E_i と $g(t_i)$ の差の二乗和

$$S = \sum_{i=1}^{4} [\, E_i - g(t_i)\,]^2$$

が最小となる a を探せばよい。各測定点についてすべての項を書き出すと

$$S = \sum_{i=1}^{4} [\, E_i - at_i\,]^2 = S_{Ⓐ} + S_{Ⓑ} + S_{Ⓒ} + S_{Ⓓ}$$

となる。ここで S の添え字ⒶⒷⒸⒹは図Ⅲの各点に対応している。各項をこの順ですべて書き出すと

$$S_{Ⓐ} = \left(\frac{\boxed{ア}}{\boxed{イ}} \times 10^0 - \boxed{ウ} \times a \right)^2,$$

$$S_{Ⓑ} = \left(\frac{\boxed{エ}}{\boxed{オ}} \times 10^{\boxed{カ}} - \boxed{キ} \times a \right)^2,$$

$$S_{Ⓒ} = \left(\frac{\boxed{ク}}{\boxed{ケ}} \times 10^{\boxed{コ}} - \boxed{サ} \times a \right)^2,$$

$$S_{Ⓓ} = \left(\frac{\boxed{シ}}{\boxed{ス}} \times 10^{\boxed{セ}} - \boxed{ソ} \times a \right)^2$$

となる。

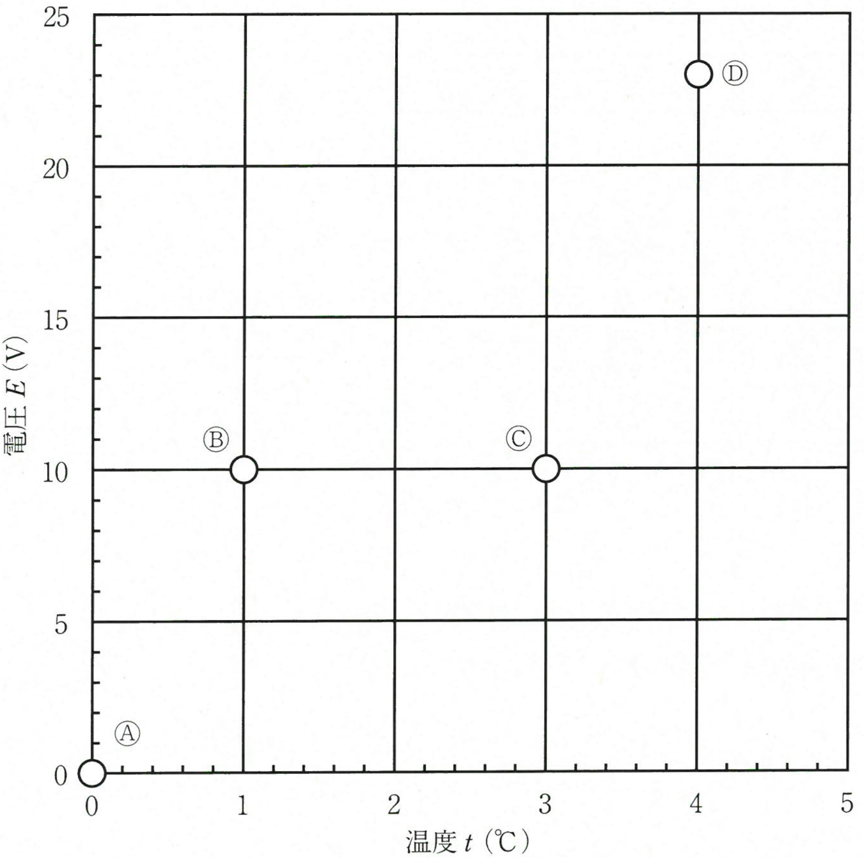
S が最小になる関数 $g(t)$ は $\dfrac{dS}{da} = 0$ を満たし

$$\frac{dS}{da} = \frac{\boxed{タ}}{\boxed{チ}} \times \left(\sum_{i=1}^{4} E_i t_i\right) + \frac{\boxed{ツ}}{\boxed{テ}} \times \left(\sum_{i=1}^{4} t_i^2\right) \times a = 0$$

となる。これより a の値

$$a = \boxed{ト} \times 10^{\boxed{ナ}}$$

が求められ，近似する関数を決めることができる。



図Ⅲ

〔Ⅲ(2)〕 $\boxed{ア}$ ～ $\boxed{ナ}$ 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	

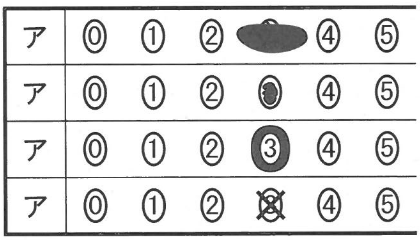
記入上の注意

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

悪いマークの例



枠外にはみ出してマークしないこと。

枠全体をマークするようにしなさい。

○でかこんでマークしないこと。

×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。