

物 理

第1問 以下の文章を読み、解答番号 **1** ~ **11** にあてはまる最も適当なものを、それぞれあとの **a** ~ **e** のうちから一つ選べ。

図1のように軽くて伸び縮みしない長さ l の糸の一端を天井に固定し、他端に質量 m のおもりを付けた単振り子がある。おもりの最下点を O 、重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるものとする。振り子が鉛直方向から角度 θ だけずれているとき、反時計回りを正とすると、おもりにはたらく円弧接線方向の力 F は、 $F = \mathbf{1}$ である。

最下点 O から円弧に沿ったおもりの変位を x とすると、 $x = \mathbf{2}$ である。ここで、 θ が十分に小さいとき、 $\sin \theta \doteq \theta$ 、 $\cos \theta \doteq 1$ と近似できるので、 $F \doteq \mathbf{3}$ となる。また、おもりの円弧上の運動を最下点 O に水平な直線運動と考えれば、この運動は単振動とみなすことができる。単振動の復元力の比例定数を k 、角振動数を ω 、周期を T とすると、 $k = \mathbf{4}$ 、 $\omega = \mathbf{5}$ 、 $T = \mathbf{6}$ である。

時刻 $t = 0$ のときにおもりを $x = -A$ ($0 < A \ll l$) の位置から静かにはなした。この瞬間の単振動の位置エネルギーは **7** である。また、おもりの運動エネルギーを K とすると、 x に対する K のグラフの概形は **8**、 t に対する K のグラフの概形は **9** となる。

次に、図2のように、糸の一端を天井に固定した点から鉛直真下 $\frac{3}{4}l$ の位置に細い釘を取り付けた。時刻 $t = 0$ のときに、おもりを $x = -A$ ($0 < A \ll \frac{l}{4}$) の位置から静かにはなしたところ、 $\theta = 0$ で糸が釘にあたり、釘の位置を端点とする振り子になった。糸が釘にあたるとき、エネルギーの損失はないものとする、 x の最大値は **10** である。また、振り子が $x = -A$ の位置に戻る最初の時刻は $t = \mathbf{11}$ である。

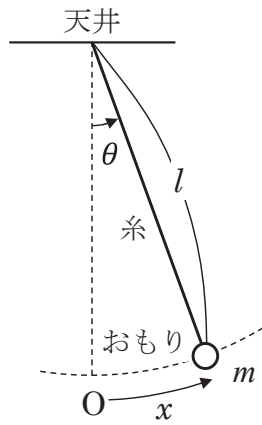


図 1

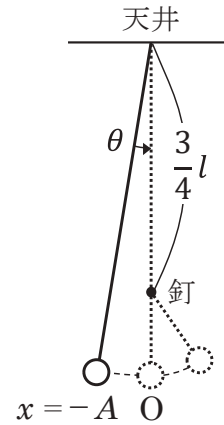


図 2

解答群

解答番号 1

$$\left[\begin{array}{ccccc} \text{a} & 0 & \text{b} & -mg \sin \theta & \text{c} & -mg \cos \theta & \text{d} & mg \sin \theta & \text{e} & mg \cos \theta \end{array} \right]$$

解答番号 2

$$\left[\begin{array}{ccccc} \text{a} & l \theta & \text{b} & \frac{l}{\theta} & \text{c} & \frac{\theta}{l} & \text{d} & l \sin \theta & \text{e} & l \cos \theta \end{array} \right]$$

解答番号 3

$$\left[\begin{array}{ccccc} \text{a} & mg & \text{b} & -\frac{mgl}{x} & \text{c} & \frac{mgl}{x} & \text{d} & -\frac{mgx}{l} & \text{e} & \frac{mgx}{l} \end{array} \right]$$

解答番号 4

$$\left[\begin{array}{ccccc} \text{a} & mgl & \text{b} & \frac{mg}{l} & \text{c} & \frac{ml}{g} & \text{d} & \frac{gl}{m} & \text{e} & \frac{1}{mgl} \end{array} \right]$$

解答番号 5

$$\left[\begin{array}{ccccc} \text{a} & \sqrt{gl} & \text{b} & \sqrt{\frac{g}{l}} & \text{c} & \sqrt{\frac{l}{g}} & \text{d} & \sqrt{\frac{m}{l}} & \text{e} & \sqrt{\frac{l}{m}} \end{array} \right]$$

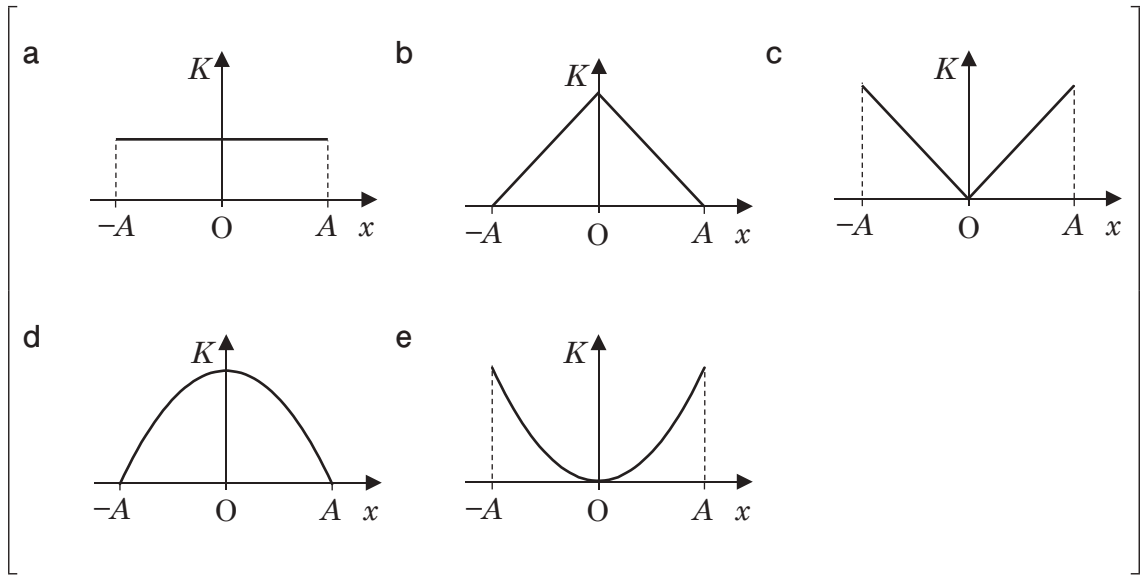
解答番号 6

$$\left[\begin{array}{ccccc} \text{a} & 2\pi\sqrt{gl} & \text{b} & 2\pi\sqrt{\frac{g}{l}} & \text{c} & 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} & \text{d} & 2\pi\sqrt{\frac{m}{l}} & \text{e} & 2\pi\sqrt{\frac{l}{m}} \end{array} \right]$$

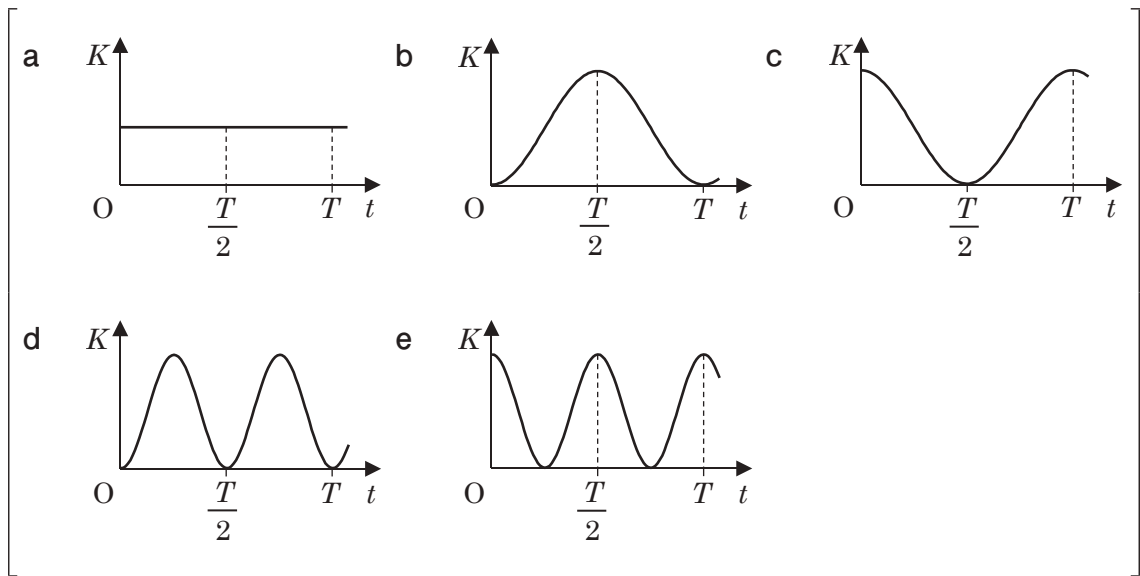
解答番号 7

$$\left[\begin{array}{ccccc} \text{a} & 0 & \text{b} & kA & \text{c} & \frac{1}{2}k^2A & \text{d} & \frac{1}{2}kA^2 & \text{e} & \frac{1}{2}k^2A^2 \end{array} \right]$$

解答番号 **8**



解答番号 **9**



解答番号 **10**

- a $\frac{1}{4}A$
b $\frac{1}{2}A$
c A
d $2A$
e $4A$

解答番号 **11**

- a $\frac{1}{2}T$
b $\frac{3}{4}T$
c T
d $\frac{5}{4}T$
e $\frac{3}{2}T$

第2問 以下の文章を読み、解答番号 **12** ~ **21** にあてはまる最も適当なものを、それぞれあとの **a** ~ **e** のうちから一つ選べ。ただし、**12**, **20**, **21** は **a** ~ **d** のうちから一つ選べ。

電池の内部抵抗 r [Ω] と起電力 E [V] を実験で調べるため、図3のような回路を用いて、可変抵抗器で抵抗 R [Ω] を変化させながら電池の端子電圧 V [V] を計測したところ、表1のような関係になった。ただし、直流電圧計の影響は無視できるものとする。

表1より、抵抗 R [Ω]、内部抵抗 r [Ω]、電池の端子電圧 V [V] の関係は、**12** なり、 V [V] が小さくなるのがわかる。

電池の内部抵抗 r [Ω] と起電力 E [V] が直列接続であると考え、内部抵抗 r [Ω] と抵抗 R [Ω] は起電力 E [V] を電源とする **13** とみなすことができる。したがって、回路を流れる電流 I [A]、内部抵抗 r [Ω]、起電力 E [V] を用いて端子電圧 V [V] を表すと、 $V = \mathbf{14}$ となる。今、表1の値から回路を流れる電流 I [A] を求め、横軸を電流 I [A]、縦軸を端子電圧 V [V] としたグラフを描くと、**15** のグラフとなる。**14** の関係式より、**15** のグラフの **16** が内部抵抗 r [Ω]、**17** が起電力 E [V] であるため、実験に用いた電池の内部抵抗 r [Ω]、起電力 E [V] は、 $r = \mathbf{18}$ Ω、 $E = \mathbf{19}$ V と求められる。

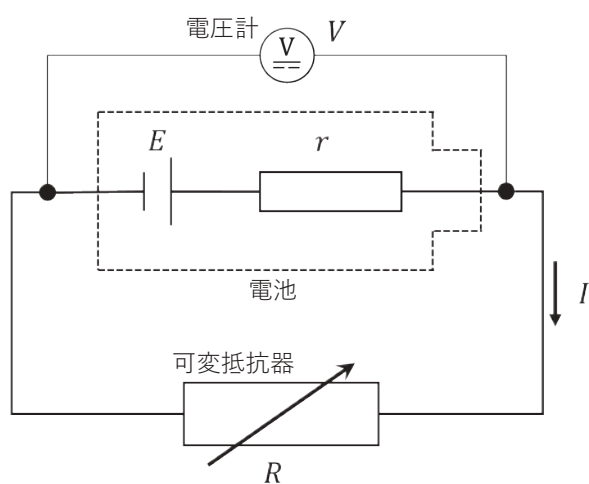


図3

表1

R [Ω]	0.500	1.00	1.50	2.00	2.50
V [V]	4.50	6.00	6.75	7.20	7.50

上記の実験では、直流電圧計の影響を無視したが、実際には電池と同様に電圧計や電流計にも内部抵抗は存在する。電流計は使用する際、電流を測定したい回路部分に直列に接続するが、電流計を接続することで回路の合成抵抗が変化し、その結果、電流値が変化してしまう。その影響をできるだけ少なくするため、電流計の内部抵抗は [20] であるほど、精度よく測定できる。一方、電圧計は、電圧を測定したい回路部分に並列に接続するが、電圧計を接続することで回路に流れる電流の一部が電圧計に流れるため、測定したい部分に流れる電流が変化してしまう。その影響をできるだけ少なくするために、電圧計の内部抵抗は [21] であるほど、精度よく測定できる。

解答群

解答番号 [12]

- | | | |
|---|---|--|
| [| a | $R[\Omega]$ が大きいほど、 $r[\Omega]$ での電圧降下が大きく |
| | b | $R[\Omega]$ が小さいほど、 $r[\Omega]$ での電圧降下が大きく |
| | c | $R[\Omega]$ が大きいほど、 $r[\Omega]$ での電圧降下が小さく |
| | d | $R[\Omega]$ が小さいほど、 $r[\Omega]$ での電圧降下が小さく |

解答番号 [13]

- | | | | | | | |
|---|---|------|---|------|---|---------------|
| [| a | 並列回路 | b | 直列回路 | c | ホイートストンブリッジ回路 |
| | d | 集積回路 | e | 共振回路 | | |

解答番号 [14]

- | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------------------|---|------------|---|----------|---|-------------------|---|----------|
| [| a | $E - \frac{r}{I}$ | b | $E - r^2I$ | c | $E + rI$ | d | $E + \frac{r}{I}$ | e | $E - rI$ |
|---|---|-------------------|---|------------|---|----------|---|-------------------|---|----------|

解答番号 [15]

- | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|------|---|------|---|------|---|--------|
| [| a | 反比例 | b | 一次関数 | c | 二次関数 | d | 対数関数 | e | sin 関数 |
|---|---|-----|---|------|---|------|---|------|---|--------|

解答番号 [16]

- | | | | | | | |
|---|---|--------|---|----------|---|----------|
| [| a | 傾きの絶対値 | b | I 軸の切片 | c | V 軸の切片 |
| | d | 極大値 | e | 頂点 | | |

解答番号 **17**

- | | | | | | |
|----------|--------|----------|----------|----------|----------|
| a | 傾きの絶対値 | b | I 軸の切片 | c | V 軸の切片 |
| d | 極大値 | e | 頂点 | | |

解答番号 **18**

- | | | | | | | | | | |
|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|------|----------|------|
| a | 0.125 | b | 0.250 | c | 0.500 | d | 1.00 | e | 1.50 |
|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|------|----------|------|

解答番号 **19**

- | | | | | | | | | | |
|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|
| a | 4.50 | b | 6.00 | c | 7.50 | d | 9.00 | e | 10.5 |
|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|

解答番号 **20**

- | | | | |
|----------|-------------|----------|-------------|
| a | 小さい値 | b | 大きい値 |
| c | 電源の内部抵抗に近い値 | d | 回路の合成抵抗に近い値 |

解答番号 **21**

- | | | | |
|----------|-------------|----------|-------------|
| a | 小さい値 | b | 大きい値 |
| c | 電源の内部抵抗に近い値 | d | 回路の合成抵抗に近い値 |