

第2問 単振り子の周期を精度よく測定する探究活動に関する次の文章を読み、後の問い(問1～5)に答えよ。

(配点 25)

図1のように伸び縮みしない軽い糸の一端に質量 m の小球をつけ、糸の他端を点 P に固定した。空気抵抗および点 P での摩擦は無視できるものとする。点 P から小球までの長さ(振り子の長さ)を L とする。最下点にあるときの小球の位置 O を原点とし、鉛直方向に y 軸、水平方向に x 軸をとり、振り子を xy 面内で振動させた。図1のように点 O からの円弧に沿った小球の変位を s 、糸が y 軸となす角を θ 、重力加速度の大きさを g とする。振り子が x 軸の正の向きに振れたときの s を正とする。このとき、 $s = L\theta$ が成り立つ。糸の最大の振れ角 θ_0 が小さく、運動の範囲内では $\sin \theta \doteq \theta$ の近似が成り立つ場合を考える。

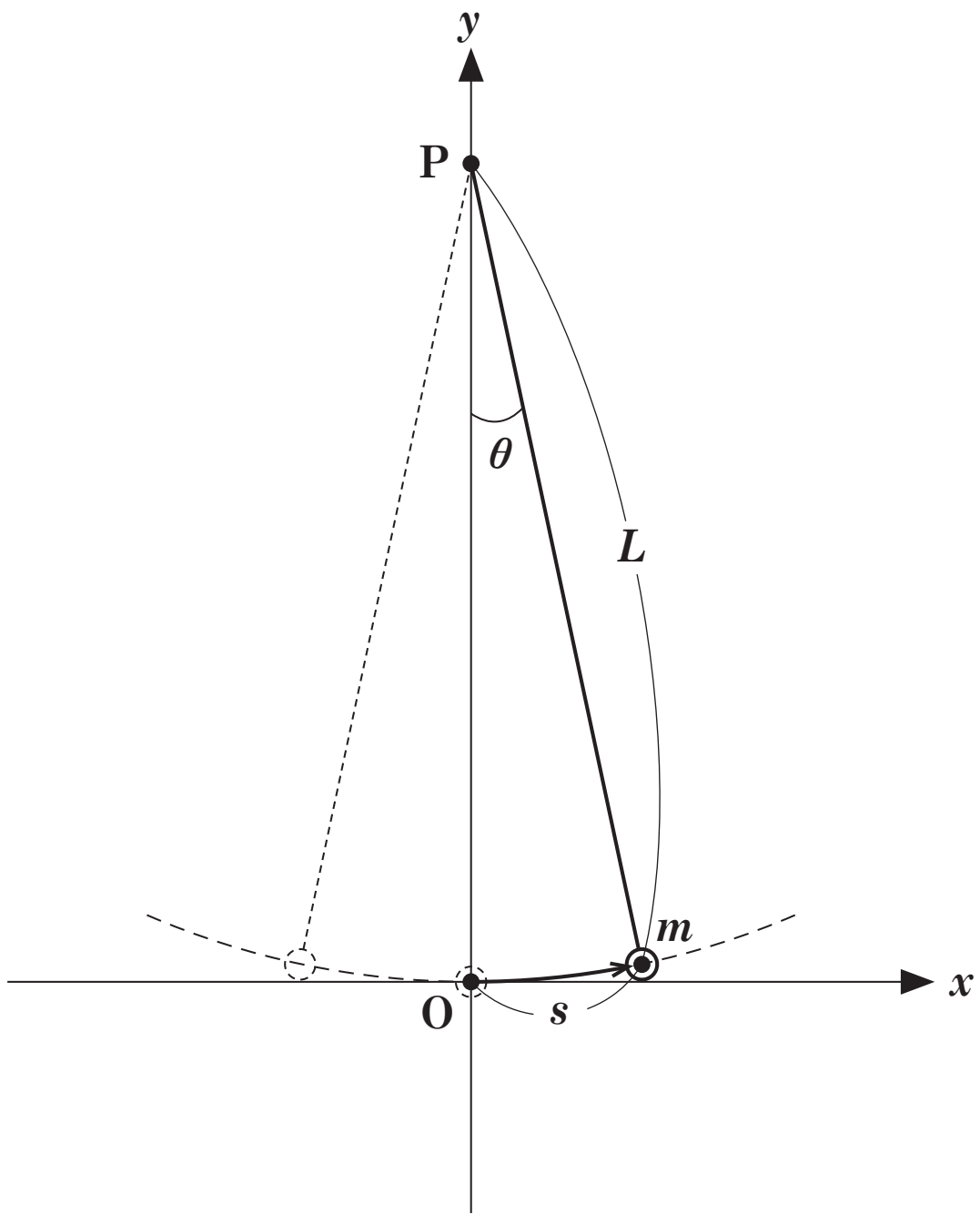


图 1

問 1 小球にはたらく運動方向の力 F はいくらか。最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

$$F = \boxed{6}$$

- ① $-mg$ ② $-mg\theta$
③ $-mg\theta^2$ ④ $-\frac{1}{2}mg\theta^2$
⑤ $-mg\frac{\theta}{\theta_0}$ ⑥ $-mgL\theta$

問 2 次の文章中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ・ $\boxed{\text{イ}}$ に入れる式の組合せとして正しいものを，後の①～⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{7}$

小球の運動は，点 O を中心とする振幅 $L\theta_0$ の単振動とみなすことができる。小球が点 O を x 軸の負から正の向きに最初に通過する瞬間を時刻 $t = 0$ としたとき，時刻 t における小球の変位 s は，角振動数を ω として，

$$s = L\theta_0 \times \boxed{\text{ア}}$$

と表せる。また、 $\omega = \boxed{\text{イ}}$ となる。

	ア	イ
①	$\sin \omega t$	$\sqrt{\frac{g}{L}}$
②	$\sin \omega t$	$\sqrt{\frac{L}{g}}$
③	$\sin \omega t$	$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$
④	$\sin \omega t$	$2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$
⑤	$\cos \omega t$	$\sqrt{\frac{g}{L}}$
⑥	$\cos \omega t$	$\sqrt{\frac{L}{g}}$
⑦	$\cos \omega t$	$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$
⑧	$\cos \omega t$	$2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

問 3 次の文章中の空欄 **ウ** ～ **オ** に入れる式と語の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。 **8**

振り子が N 往復する時間 t_N をストップウォッチで測定して、 $T_N = \frac{t_N}{N}$ の値から周期を求めた。観測者がストップウォッチで測定した時間 t_N が、振り子が N 往復する時間の正確な値より、 Δt だけ長かった場合を考える。このとき、 T_N は周期の正しい値よりも、**ウ** だけ **エ** 見積もられる。これは実験誤差の一つである。 N を変えて同じ実験をするとき、誤差 Δt が同じ値であるとする、 N が大きいほど、この実験誤差は **オ** なる。

	ウ	エ	オ
①	Δt	大きく	小さく
②	Δt	大きく	大きく
③	Δt	小さく	小さく
④	Δt	小さく	大きく
⑤	$\frac{\Delta t}{N}$	大きく	小さく
⑥	$\frac{\Delta t}{N}$	大きく	大きく
⑦	$\frac{\Delta t}{N}$	小さく	小さく
⑧	$\frac{\Delta t}{N}$	小さく	大きく

周期の測定における誤差を減らすために、レーザーと光センサーを組み合わせた図2のような装置を作った。光センサーの受光部とレーザー光の光軸は、 xy 面と直交する軸上に固定されている。光センサーにレーザー光が入射すると、オシロスコープにはレーザー光の強度に比例した電圧が観測され、小球が最下点にあるとき糸がレーザー光をさえぎり、電圧が下がる。オシロスコープは 十分高い精度で時間を測定できるものとする。

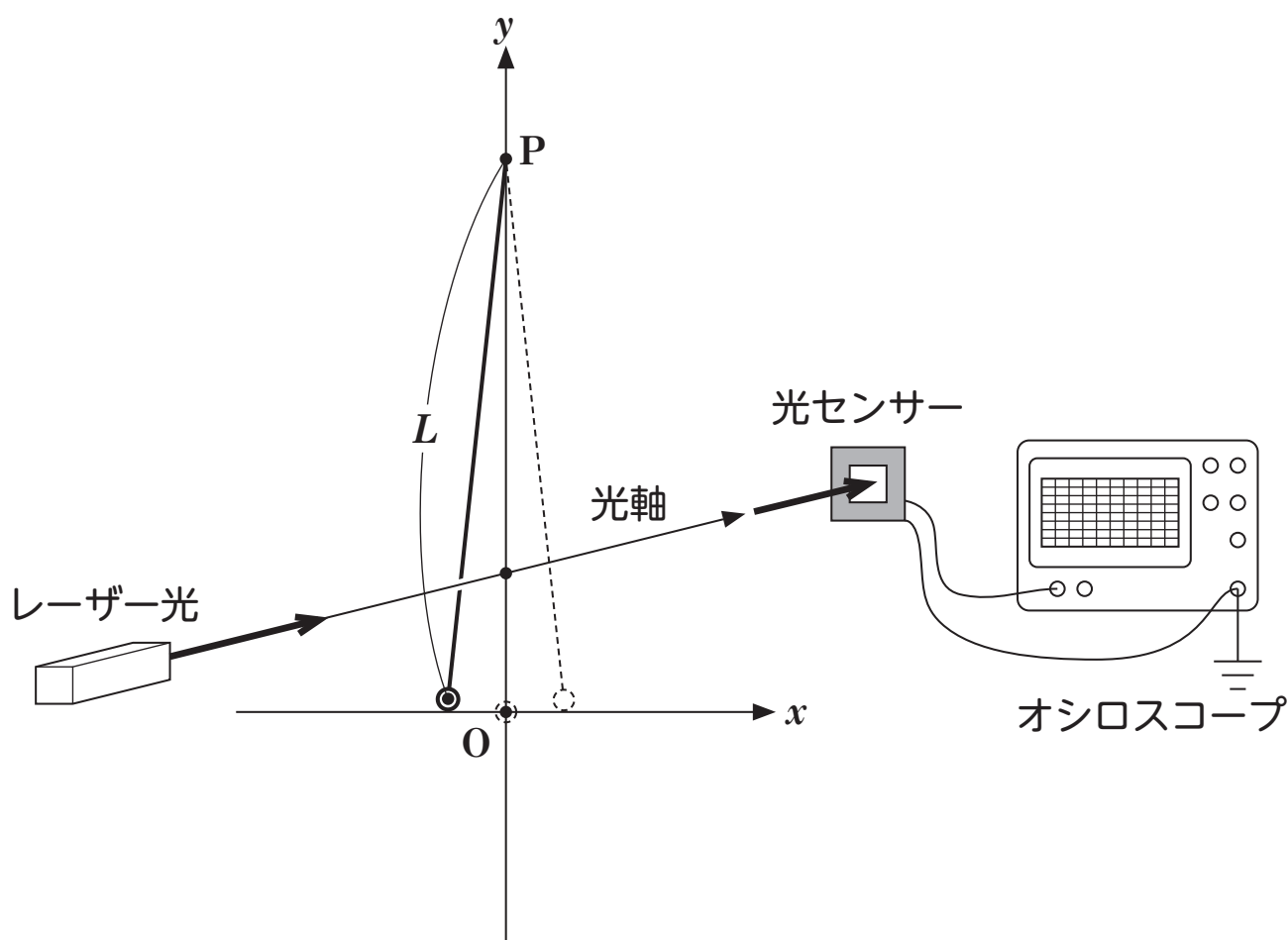


図 2

レーザー光を照射したまま振り子を振動させると，糸は周期的にレーザー光をさえぎり，図 3 に示す等間隔の針状の波形がオシロスコープで観測された。

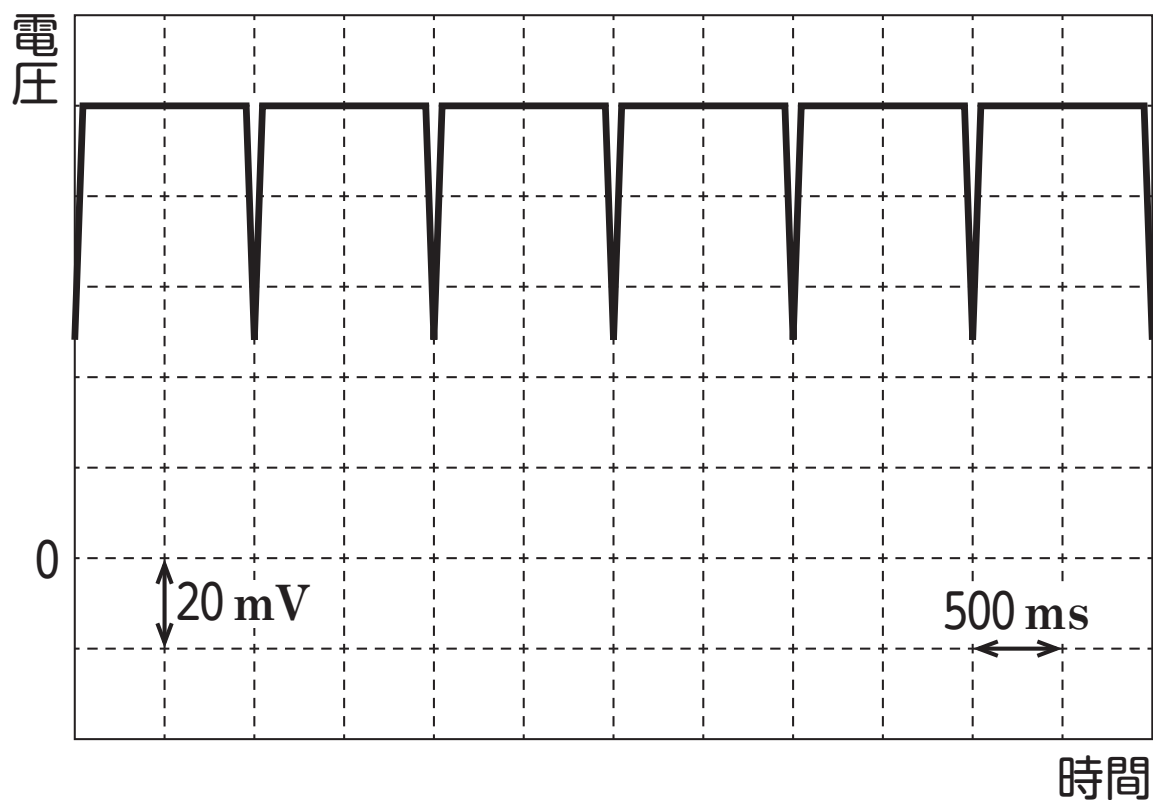
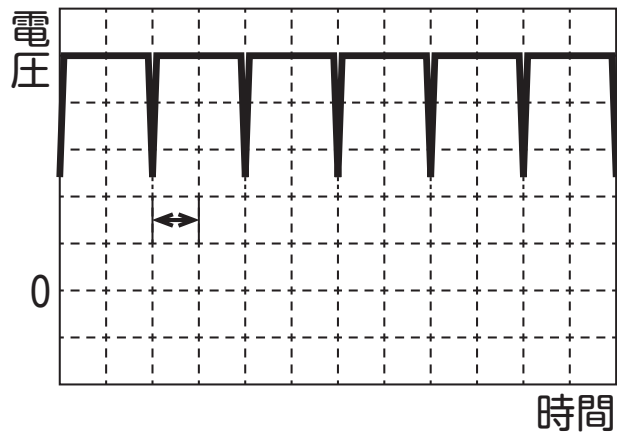


図 3

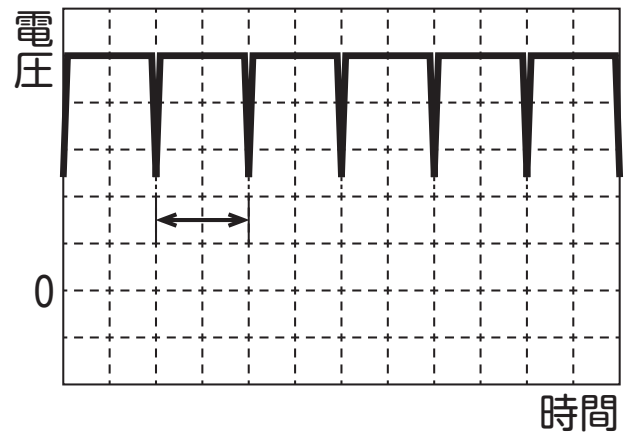
問 4 前ページの図 3 において，振り子の周期と一致する部分を両矢印($\leftrightarrow$, $\updownarrow$)で示した図として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

9

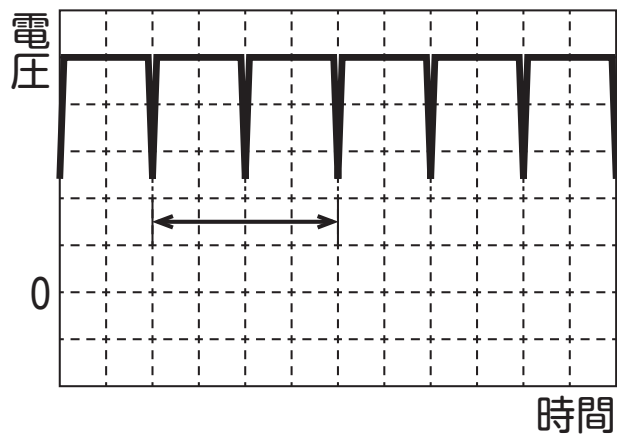
①



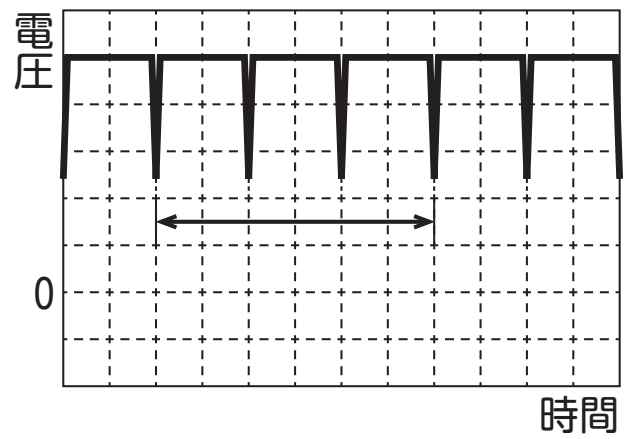
②



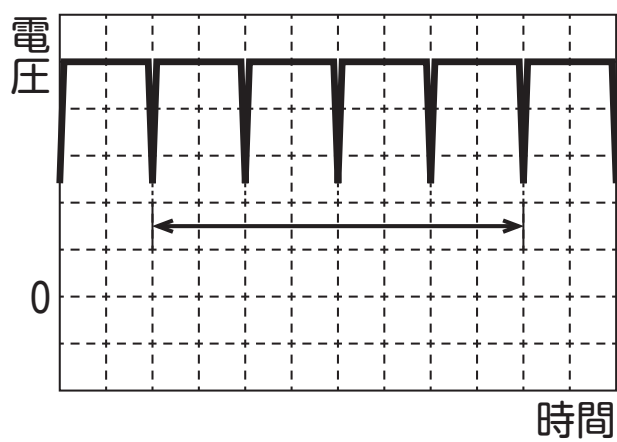
③



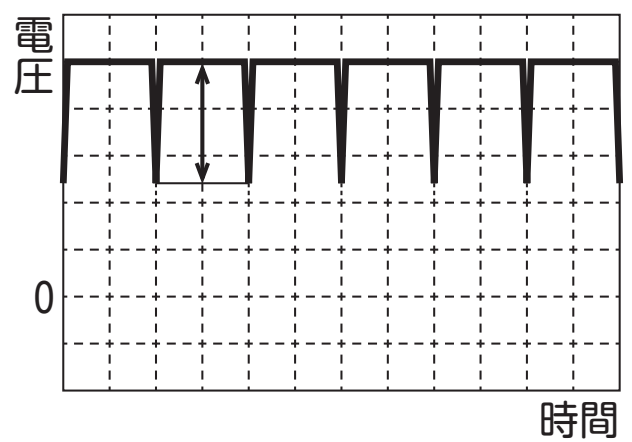
④



⑤



⑥



22 ページの図 2 の装置を用いると，重力加速度の大きさを高精度で得ることができる。緯度が異なる二つの測定地点において，重力加速度の大きさを測定したところ，測定地点によって小さな差が生じた。この差が生じる原因の一つは，地球の自転による遠心力である。

問 5 次の文章中の空欄 **力** ・ **キ** に入れる式の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑨のうちから一つ選べ。 **10**

ここでは，地球を半径 R の一様な密度の球体とし，北極と南極を通る地軸のまわりを角速度 ω_0 で自転しているものとする。赤道上の地表面にある質量 m の小球にはたらく遠心力の大きさ f は $f = m \times$ **力** になる。したがって，赤道で測定される重力加速度の大きさを g_e ，極で測定される重力加速度の大きさを g_p とすると，
 $g_e =$ **キ** と書ける。

	力	≠
①	$\omega_0^2 R$	$g_p - \frac{f}{m}$
②	$\omega_0^2 R$	$g_p + \frac{f}{m}$
③	$\omega_0^2 R$	$\frac{f}{m}$
④	$\omega_0 R$	$g_p - \frac{f}{m}$
⑤	$\omega_0 R$	$g_p + \frac{f}{m}$
⑥	$\omega_0 R$	$\frac{f}{m}$
⑦	$\frac{\omega_0^2}{\sqrt{R}}$	$g_p - \frac{f}{m}$
⑧	$\frac{\omega_0^2}{\sqrt{R}}$	$g_p + \frac{f}{m}$
⑨	$\frac{\omega_0^2}{\sqrt{R}}$	$\frac{f}{m}$