試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。

令和 6 年度

一般選抜 試験問題

理科（120分）

出題科目	ページ	解答方法
物　理	4～19	左の３科目のうち２科目を解答しなさい。 解答時間の配分は自由です。
化　学	20～41	
生　物	42～67	

Ⅰ注意事項

1　ページの脱落や重複、印刷の不鮮明な箇所があった場合には、直ちに手を挙げて監督者に知らせなさい。

2　受験番号および解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入しなさい。

3　この問題冊子の余白は適宜利用してもかまいません。

4　質問、中途退室など用件のある場合は、手を挙げて知らせなさい。

5　退室時は、問題冊子は閉じ、解答用紙は裏返しにしなさい。

6　試験に関わるすべての用紙は、持ち帰ることはできません。

Ⅱ解答上の注意

1　「**解答上の注意**」が、裏表紙に記載してあるので、この問題冊子を裏返して必ず読むこと。ただし、問題冊子を開いてはいけません。

解答上の注意

1　解答はすべて解答用紙の解答番号に対応した解答欄にマークしてください。

$\boxed{10}$ と表示のある問いに対して

（例１）　③と解答する場合は、**解答番号10の③にマーク**してください。

解答番号	解　答　欄
10	① ② ● ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

（例２）　②と⑦を解答する場合は、**解答番号10の②と⑦にマーク**してください。

（複数解答の場合）

解答番号	解　答　欄
10	① ● ③ ④ ⑤ ⑥ ● ⑧ ⑨

2　解答用紙に正しく記入・マークされていない場合は、採点できないことがあります。特に、解答用紙の**受験番号欄に正しくマークされていない場合は、その科目は０点**となります。

物　理

（解答はすべて解答用紙に記入すること）

第１問　次の文章を読んで、下の問い（**問１～８**）に答えよ。（**解答番号** $\boxed{1}$ ～ $\boxed{8}$ ）

質量が M で太さが無視できる同一の円柱A、B、Cに、質量が無視できる細い棒を直交させてつなぎ、組み立てられた図１のような構造物Kがある。構造物Kは変形しない。

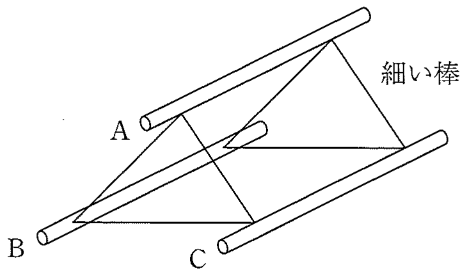


図１

円柱をつなぐ細い棒の長さをすべて l とし、構造物Kを平らで水平な板の上に、BとCだけが板の上面に接触するように置く。図２はこの状態を細い棒に平行になる方向の断面図、つまり構造物Kを横から見たものである。図２においてA、B、Cは一辺の長さ l の正三角形の頂点に存在する。板とBの間には摩擦力が発生するが、板とCの間はなめらかである。重力加速度の大きさを g とする。

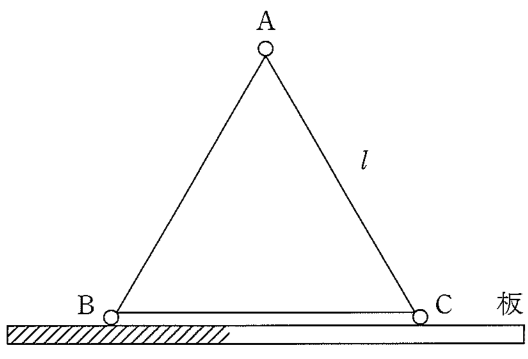


図２

問1　Kの重心の高さを表す式として適当なものを、次の①～⑤のうちから1つ選べ。ただし、板の上面を高さの基準とする。 $\boxed{\textbf{1}}$

① $\dfrac{1}{5}l$　② $\dfrac{\sqrt{3}}{6}l$　③ $\dfrac{1}{3}l$

④ $\dfrac{1}{2}l$　⑤ $\dfrac{\sqrt{3}}{3}l$

問2　A、B、Cが受ける重力による、Bのまわりの力のモーメントの和についてその大きさを表す式として適当なものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。

$\boxed{\textbf{2}}$

① $\dfrac{1}{2}Mgl$　② $\dfrac{\sqrt{3}}{2}Mgl$　③ $\dfrac{3}{2}Mgl$

④ $\dfrac{3\sqrt{3}}{2}Mgl$　⑤ $3Mgl$　⑥ $3\sqrt{3}\,Mgl$

図2の状態で、Aを図の水平方向左向きに大きさ F の力で押す。押す力の大きさ F を徐々に大きくしていくと、$F = F_0$ となった直後にCだけが板から浮き上がった。この間、Bと板の間の摩擦はじゅうぶんに大きく、Kが板に対して滑ることはなかった。

問3　F_0 の値を表す式として適当なものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。

$\boxed{\textbf{3}}$

① $\dfrac{1}{3}Mg$　② $\dfrac{1}{\sqrt{3}}Mg$　③ Mg

④ $\sqrt{3}\,Mg$　⑤ $3Mg$　⑥ $3\sqrt{3}\,Mg$

図２の状態から、Ｋを載せたまま、図３のように板を少しずつ傾ける。水平面からの傾斜角 θ が θ_0 を超えた直後にＣだけが板から離れた。この間、Ｂと板の間の摩擦はじゅうぶんに大きく、Ｋが板に対して滑ることはなかった。

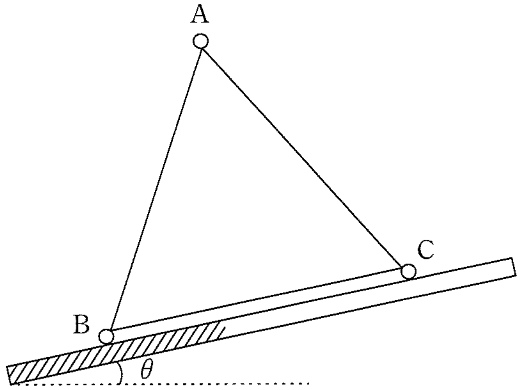


図３

問４　$\theta < \theta_0$ のときに、Ｃが板から受ける垂直抗力の大きさを表す式として適当なものを、次の①～⑥のうちから１つ選べ。 $\boxed{4}$

① $\dfrac{\sqrt{3}\sin\theta - 3\cos\theta}{2}Mg$　② $\dfrac{2\sin\theta - \sqrt{3}\cos\theta}{2}Mg$

③ $\dfrac{3\sin\theta - \sqrt{3}\cos\theta}{2}Mg$　④ $\dfrac{\sqrt{3}\cos\theta - 3\sin\theta}{2}Mg$

⑤ $\dfrac{2\cos\theta - \sqrt{3}\sin\theta}{2}Mg$　⑥ $\dfrac{3\cos\theta - \sqrt{3}\sin\theta}{2}Mg$

問５　$\tan\theta_0$ の値として適当なものを、次の①～⑥のうちから１つ選べ。 $\boxed{5}$

① $\dfrac{1}{4}$　② $\dfrac{1}{3}$　③ $\dfrac{1}{2}$

④ $\dfrac{1}{\sqrt{3}}$　⑤ $\dfrac{\sqrt{3}}{2}$　⑥ $\sqrt{3}$

（下書き用紙）

図2の状態に板を戻し、次に図4のように板に大きさがαで水平方向右向きの加速度を与える。αの大きさを徐々に大きくしていくと、$\alpha = \alpha_0$となった直後にCだけが板から離れた。この間Bと板の間の摩擦はじゅうぶんに大きく、Kが板に対して滑ることはなかった。

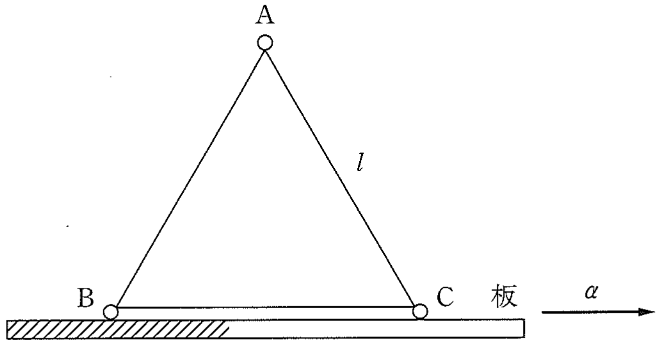


図4

問6　$\alpha < \alpha_0$のときに、Cが板から受ける垂直抗力の大きさを表す式として適当なものを、次の①〜⑥のうちから1つ選べ。 $\boxed{6}$

① $M\left(\frac{3}{2}g - \frac{\sqrt{3}}{2}\alpha\right)$　　② $M\left(\frac{3}{2}g - \frac{1}{2}\alpha\right)$

③ $M\left(\frac{1}{2}g - \frac{\sqrt{3}}{2}\alpha\right)$　　④ $M\left(\frac{3}{2}\alpha - \frac{\sqrt{3}}{2}g\right)$

⑤ $M\left(\frac{3}{2}\alpha - \frac{1}{2}g\right)$　　⑥ $M\left(\frac{1}{2}\alpha - \frac{\sqrt{3}}{2}g\right)$

問7　α_0の値として適当なものを、次の①〜⑥のうちから1つ選べ。 $\boxed{7}$

① $\frac{1}{3}g$　　② $\frac{1}{\sqrt{3}}g$　　③ g

④ $\sqrt{3}\,g$　　⑤ $3g$　　⑥ $3\sqrt{3}\,g$

問8　Kが板に対して滑らなかったことよりBと板の間の静止摩擦係数はある値 μ_0 よりも大きいことがわかる。μ_0 の数値として適当なものを、次の①〜⑥のうちから1つ選べ。 $\boxed{8}$

① $\frac{1}{3}$　　② $\frac{1}{\sqrt{3}}$　　③ 1

④ $\sqrt{3}$　　⑤ 3　　⑥ $3\sqrt{3}$

第２問　次の文章を読んで、下の問い（**問１～８**）に答えよ。（**解答番号** $\boxed{9}$ ～ $\boxed{16}$ ）

図１のように地表面に接触している風船があり、風船の中には一定量の単原子分子理想気体が封入されている。風船内の気体は外部に熱を漏らさずに加熱することができ、中の気体を除いた風船の質量は M_0 である。また地表面付近での大気の圧力は p_0、大気の密度（単位体積あたりの質量）は ρ_0 である。重力加速度の大きさを g とする。

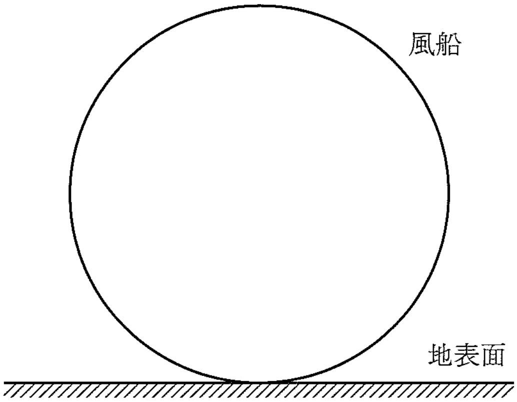


図１

はじめ体積が V_0、圧力が p_0、密度が ρ_0 であった風船内の気体を、圧力を保ちつつゆっくり加熱すると、風船は膨張しやがて地表面から浮き上がった。

問１　風船が地表面から浮き上がり始めるときの、風船内の気体の体積を表す式として適当なものを、次の①～⑥のうちから１つ選べ。 $\boxed{9}$

① V_0　　② $2V_0$　　③ $V_0 - \dfrac{M_0}{2\rho_0}$

④ $V_0 - \dfrac{M_0}{\rho_0}$　　⑤ $V_0 + \dfrac{M_0}{2\rho_0}$　　⑥ $V_0 + \dfrac{M_0}{\rho_0}$

問2　はじめの状態から、風船が地表面から浮き上がり始めるまでに、風船内の気体に与えた熱量を表す式として適当なものを、次の①～⑥のうちから１つ選べ。 $\boxed{10}$

①　$\dfrac{p_0M_0}{2\rho_0}$　　②　$\dfrac{p_0M_0}{\rho_0}$　　③　$\dfrac{3p_0M_0}{2\rho_0}$

④　$\dfrac{2p_0M_0}{\rho_0}$　　⑤　$\dfrac{5p_0M_0}{2\rho_0}$　　⑥　$\dfrac{3p_0M_0}{\rho_0}$

次に、図2のような熱気球を考える。熱気球は大気と同じ組成の空気が入った気球とつなげられたゴンドラからなり、気球以外の体積はじゅうぶんに小さく無視できる。ゴンドラの中にはおもりが積まれており、気球内の空気を除いた熱気球全体の質量は M、そのうちおもりの質量は m である。気球内の空気は加熱することができるものの、その時も気球内の体積 V は一定で変化しない。気球の下部は開いていて大気と接しているため、気球内の空気と大気の圧力は等しくなるが、気球内の空気の温度は大気の温度と異なる場合でも一定に保つことができる。気球内の空気と大気の組成は常に一定で、理想気体とみなせる。気体定数を R とする。

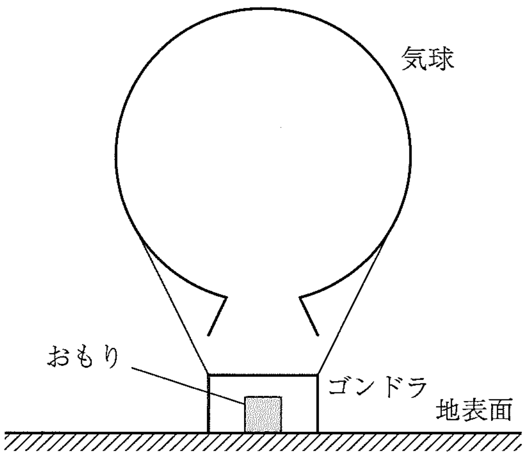


図2

はじめ気球は地表付近にあった。地表付近の大気についてその圧力を p_0、絶対温度を T_0、密度（単位体積あたりの質量）を ρ_0 とする。

問3 大気の性質として圧力 p、絶対温度 T、密度 ρ は $\dfrac{p}{\rho T}$ = 一定 の関係を満たす。1 mol あたりの大気の質量 μ を用いて、この一定値を表す式として適当なものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。 $\boxed{11}$

① $\dfrac{R}{\mu}$　② $\dfrac{3R}{2\mu}$　③ $\dfrac{5R}{2\mu}$

④ $\dfrac{\mu}{R}$　⑤ $\dfrac{3\mu}{2R}$　⑥ $\dfrac{5\mu}{2R}$

問4　地表付近にある熱気球が浮上するためには、気球内の空気の密度をある値 ρ_1 よりも小さくする必要がある。ρ_1 を表す式として適当なものを、次の①～⑤のうちから１つ選べ。 $\boxed{12}$

① $\rho_0 - \dfrac{2M}{V}$　　② $\rho_0 - \dfrac{M}{V}$　　③ ρ_0

④ $\rho_0 + \dfrac{M}{V}$　　⑤ $\rho_0 + \dfrac{2M}{V}$

問5　地表付近にある熱気球が浮上するためには、気球内の空気の絶対温度をある値 T_1 よりも大きくする必要がある。T_1 を表す式として適当なものを、次の①～⑤のうちから１つ選べ。ただし、ρ_1 は**問4**で求めた値である。

$\boxed{13}$

① T_0　　② $\dfrac{\rho_1}{2\rho_0}T_0$　　③ $\dfrac{\rho_1}{\rho_0}T_0$

④ $\dfrac{\rho_0}{2\rho_1}T_0$　　⑤ $\dfrac{\rho_0}{\rho_1}T_0$

その後、地表付近において気球内の空気の温度を、**問5**で求めた T_1 にして一定に保ち、おもりをゴンドラから下ろすと、図3のように熱気球は地表から浮上し、じゅうぶんに時間が経過するとある高度で静止した。静止している高度での大気の絶対温度は地表付近と等しく T_0 であった。

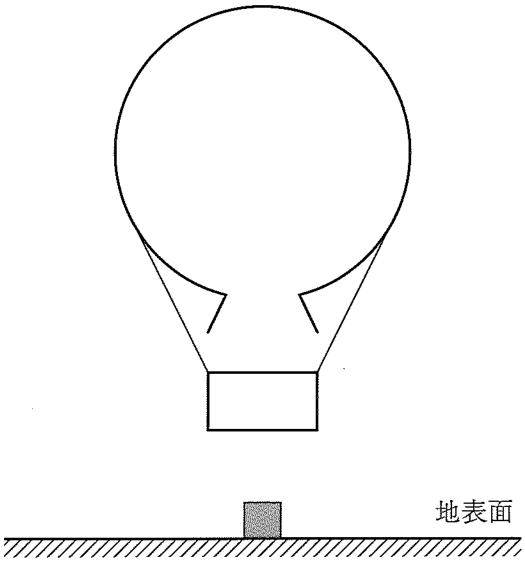


図3

問6　熱気球が静止したときの気球内の空気の密度を表す式として適当なものを、次の①～⑤のうちから1つ選べ。 $\boxed{14}$

① $\dfrac{M-m}{V}$　② $\dfrac{T_0}{T_1}\cdot\dfrac{M-m}{V}$　③ $\dfrac{T_0}{T_1-T_0}\cdot\dfrac{M-m}{V}$

④ $\dfrac{T_1}{T_0}\cdot\dfrac{M-m}{V}$　⑤ $\dfrac{T_1-T_0}{T_0}\cdot\dfrac{M-m}{V}$

問7　熱気球が静止した高度における大気の密度を表す式として適当なものを、次の①～⑤のうちから1つ選べ。 $\boxed{15}$

① ρ_0　② $\dfrac{M}{m}\rho_0$　③ $\dfrac{m}{M}\rho_0$

④ $\dfrac{M-m}{M}\rho_0$　⑤ $\dfrac{M}{M-m}\rho_0$

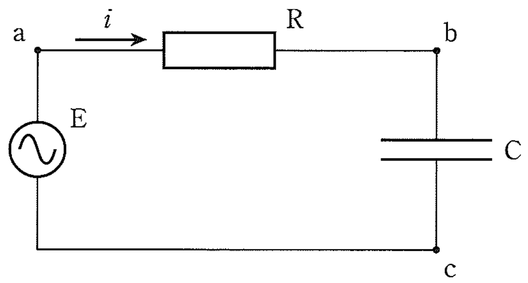
問8　熱気球が静止した高度における大気の圧力を表す式として適当なものを、次の①～⑤のうちから１つ選べ。$\boxed{16}$

①　p_0　　②　$\dfrac{M}{m}p_0$　　③　$\dfrac{m}{M}p_0$

④　$\dfrac{M-m}{M}p_0$　　⑤　$\dfrac{M}{M-m}p_0$

第３問　次の文章を読んで、下の問い（**問１〜８**）に答えよ。（**解答番号** $\boxed{17}$ 〜 $\boxed{24}$）

図のように、抵抗Ｒとコンデンサー Ｃを直列に交流電源Ｅに接続した回路がある。Ｅの起電力の実効値は V、角周波数は ω、Ｃの電気容量は C である。また、Ｒの電気抵抗は R であり、これ以外の電気抵抗は無視できる。



問１　点ｂに対する点ａの電位が最大値をとる時刻において、点ｃに対する点ｂの電位を表す式として適当なものを、次の①〜⑤のうちから１つ選べ。 $\boxed{17}$

① $-\sqrt{2}\,V$　　② $-V$　　③ 0

④ V　　⑤ $\sqrt{2}\,V$

図の矢印の向きに流れる電流が、正の一定値 I_0 を用いて

$$i = I_0 \sin(\omega t)$$

と表された。

問2　I_0 を表す式として適当なものを、次の①～⑧のうちから1つ選べ。

$\boxed{18}$

① $V\sqrt{\dfrac{1}{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$　　② $V\sqrt{\dfrac{2}{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$

③ $V\sqrt{\dfrac{1}{R^2-\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$　　④ $V\sqrt{\dfrac{2}{R^2-\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$

⑤ $V\sqrt{\dfrac{1}{R^2+(\omega C)^2}}$　　⑥ $V\sqrt{\dfrac{2}{R^2+(\omega C)^2}}$

⑦ $V\sqrt{\dfrac{1}{R^2-(\omega C)^2}}$　　⑧ $V\sqrt{\dfrac{2}{R^2-(\omega C)^2}}$

問3　点cに対する点bの電位を表す式として適当なものを、次の①～⑧のうちから1つ選べ。 $\boxed{19}$

① $\dfrac{I_0}{\omega C}\sin(\omega t)$　　② $-\dfrac{I_0}{\omega C}\sin(\omega t)$　　③ $\dfrac{I_0}{\omega C}\cos(\omega t)$

④ $-\dfrac{I_0}{\omega C}\cos(\omega t)$　　⑤ $\omega CI_0\sin(\omega t)$　　⑥ $-\omega CI_0\sin(\omega t)$

⑦ $\omega CI_0\cos(\omega t)$　　⑧ $-\omega CI_0\cos(\omega t)$

問4　Rの平均消費電力を表す式として適当なものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。 $\boxed{20}$

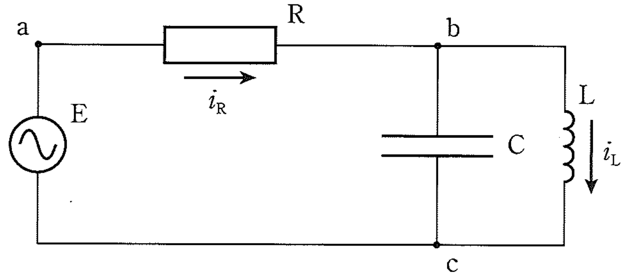
① $\dfrac{1}{2}RI_0^2$　　② RI_0^2　　③ $2RI_0^2$

④ $\dfrac{1}{2}RI_0$　　⑤ RI_0　　⑥ $2RI_0$

ｂとｃの間に新たにＣと並列に電気抵抗の無視できるコイルＬを並列に接続する。Ｌの自己インダクタンスはLである。点ｃに対する点ｂの電位V_{bc}が

$$V_{bc} = V_1 \sin(\omega t)$$

と表されるとして、以下の問に答えよ。



問５　図の矢印の向きにＬに流れる電流i_Lを表す式として適当なものを、次の①～⑧のうちから１つ選べ。 21

① $\dfrac{V_1}{\omega L}\sin(\omega t)$　② $-\dfrac{V_1}{\omega L}\sin(\omega t)$　③ $\dfrac{V_1}{\omega L}\cos(\omega t)$

④ $-\dfrac{V_1}{\omega L}\cos(\omega t)$　⑤ $\omega L V_1 \sin(\omega t)$　⑥ $-\omega L V_1 \sin(\omega t)$

⑦ $\omega L V_1 \cos(\omega t)$　⑧ $-\omega L V_1 \cos(\omega t)$

問６　Ｌが蓄える磁気エネルギーの最大値を表す式として適当なものを、次の①～⑥のうちから１つ選べ。 22

① $\dfrac{V_1^2}{2\omega^2 L}$　② $\dfrac{V_1^2}{\omega^2 L}$　③ $\dfrac{2V_1^2}{\omega^2 L}$

④ $\dfrac{V_1^2}{2L}$　⑤ $\dfrac{V_1^2}{L}$　⑥ $\dfrac{2V_1^2}{L}$

問7　図の矢印の向きにRに流れる電流 i_R を表す式として適当なものを、次の①～⑥のうちから１つ選べ。 $\boxed{23}$

① $\left(\omega C + \dfrac{1}{\omega L}\right) V_1 \sin(\omega t)$

② $\left(\omega C - \dfrac{1}{\omega L}\right) V_1 \sin(\omega t)$

③ $\left(\dfrac{1}{\omega L} - \omega C\right) V_1 \sin(\omega t)$

④ $\left(\omega C + \dfrac{1}{\omega L}\right) V_1 \cos(\omega t)$

⑤ $\left(\omega C - \dfrac{1}{\omega L}\right) V_1 \cos(\omega t)$

⑥ $\left(\dfrac{1}{\omega L} - \omega C\right) V_1 \cos(\omega t)$

問8　Rにおける平均消費電力が０であった場合の、C と L の関係を表す式として適当なものを、次の①～⑥のうちから１つ選べ。 $\boxed{24}$

① $\dfrac{L}{C} = 1$

② $\dfrac{L}{C} = \omega^2$

③ $\dfrac{L}{C} = 4\pi^2$

④ $\dfrac{1}{LC} = 1$

⑤ $\dfrac{1}{LC} = \omega^2$

⑥ $\dfrac{1}{LC} = 4\pi^2$