医学部 ［選抜］～第１次試験～ 物理

※選抜は物理・化学・生物から２科目選択
学士は化学・生物必須

試験時間	100分

注意事項　1. この科目の問題用紙は10ページ，解答用紙はマークカード１枚である。
解答用紙には受験番号と氏名の記入を忘れないこと。
2. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。
3. 問題用紙は解答用紙とともに机上において退出すること。持ち帰ってはいけない。

【Ⅰ】 次の問い（問１～問５）に答えよ。（解答番号 1 ～ 9 ）

問１　図１のように，長さ L〔m〕の軽い糸の一端に質量 m〔kg〕の小球Ｐをつけ，糸の他端を天井の点Ｏにつけて鉛直面内で振動させた。糸と鉛直線のなす角度が θ〔rad〕のとき，Ｐの角速度を ω〔rad/s〕とすると，Ｐの運動エネルギーと重力による位置エネルギーの和は 1 〔J〕となる。また，このときの糸の張力の大きさは 2 〔N〕である。ただし，重力加速度の大きさを g〔m/s²〕とし，Ｐが点Ｏの真下にあるときの高さを位置エネルギーの基準点とする。

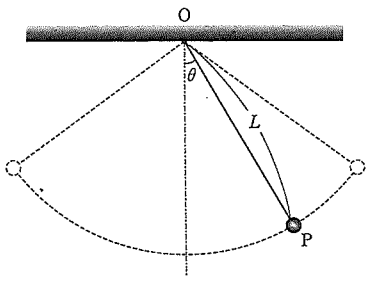

図１

解答群

① $\frac{mL\omega}{2}+mgL\cos\theta$　② $\frac{mL^2\omega}{2}+mgL\cos\theta$
③ $\frac{mL\omega^2}{2}+mgL\cos\theta$　④ $\frac{mL^2\omega^2}{2}+mgL\cos\theta$
⑤ $\frac{mL\omega}{2}+mgL(1-\cos\theta)$　⑥ $\frac{mL^2\omega}{2}+mgL(1-\cos\theta)$
⑦ $\frac{mL\omega^2}{2}+mgL(1-\cos\theta)$　⑧ $\frac{mL^2\omega^2}{2}+mgL(1-\cos\theta)$
⑨ $mL\omega+mg\sin\theta$　⑩ $mL^2\omega+mg\sin\theta$　⑪ $mL\omega^2+mg\sin\theta$
⑫ $mL^2\omega^2+mg\sin\theta$　⑬ $mL\omega+mg\cos\theta$　⑭ $mL^2\omega+mg\cos\theta$
⑮ $mL\omega^2+mg\cos\theta$　⑯ $mL^2\omega^2+mg\cos\theta$

問２　図２のように，あらい水平面に置かれた質量 M〔kg〕の小物体Ａに，ばね定数 k〔N/m〕の軽いばねをつけ，水平と角度 θ〔rad〕をなす斜め上方に力を加える。加える力を少しずつ大きくしたところ，大きさ F〔N〕でＡが水平面から離れずに水平に動き出した。重力加速度の大きさを g〔m/s²〕として，Ａと水平面との間の静止摩擦係数は 3 である。また，Ａが動き出す直前のばねの自然の長さからの伸びは 3 を μ とおいて，M，k，θ，g，μ を用いて表すと 4 〔m〕である。

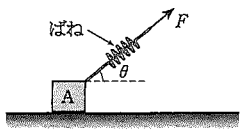

図２

3 の解答群

① $\frac{F\sin\theta}{Mg+F\sin\theta}$　② $\frac{F\cos\theta}{Mg+F\sin\theta}$　③ $\frac{F\sin\theta}{Mg-F\sin\theta}$　④ $\frac{F\cos\theta}{Mg-F\sin\theta}$
⑤ $\frac{F\sin\theta}{Mg+F\cos\theta}$　⑥ $\frac{F\cos\theta}{Mg+F\cos\theta}$　⑦ $\frac{F\sin\theta}{Mg-F\cos\theta}$　⑧ $\frac{F\cos\theta}{Mg-F\cos\theta}$

4 の解答群

① $\frac{\mu Mg}{k(\sin\theta+\mu\cos\theta)}$　② $\frac{\mu Mg}{k(\cos\theta+\mu\sin\theta)}$　③ $\frac{\mu Mg}{k(\sin\theta-\mu\cos\theta)}$
④ $\frac{\mu Mg}{k(\cos\theta-\mu\sin\theta)}$　⑤ $\frac{\mu Mg}{k(1+\mu\tan\theta)}$　⑥ $\frac{\mu Mg}{k(1-\mu\tan\theta)}$
⑦ $\frac{\mu Mg}{k(\mu+\tan\theta)}$　⑧ $\frac{\mu Mg}{k(\mu-\tan\theta)}$

問３　図３のように，平面上にある一辺の長さが d〔m〕の正六角形の各頂点の位置に，この平面と垂直に６本の細くてじゅうぶんに長い直線状の導線ＡからＦを通した。それぞれの導線に電流 I〔A〕を，Ａには上向きに，ＢからＦには下向きに流した。このとき，この正六角形の中心の点Ｐでの磁場の強さは 5 〔A/m〕である。ただし，図３は平面を上から見た図である。

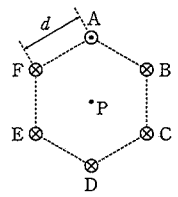

図３

解答群

① $\frac{I}{6\pi d}$　② $\frac{I}{5\pi d}$　③ $\frac{I}{4\pi d}$　④ $\frac{I}{3\pi d}$
⑤ $\frac{I}{2\pi d}$　⑥ $\frac{I}{\pi d}$　⑦ $\frac{2I}{\pi d}$　⑧ $\frac{3I}{\pi d}$
⑨ $\frac{4I}{\pi d}$　⑩ $\frac{5I}{\pi d}$　⑪ $\frac{6I}{\pi d}$

問４　図４のように，振動数 f〔Hz〕の音波を出しながら，音源 S_1 が直線上を速さ v_1〔m/s〕で観測者Ｏに近づいている。音の速さを V〔m/s〕とすると，Ｏが観測する音波の波長は 6 〔m〕である。つぎに，S_1 をＯに近づけながら，S_1 と同じ振動数の音波を出す音源 S_2 を，S_1 と反対側から同じ直線上を速さ v_2〔m/s〕でＯに近づける。このとき，Ｏは１秒間に 7 回のうなりを観測する。ただし，$V>v_1>v_2$ とし，風は吹いていないものとする。

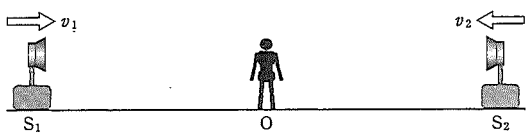

図４

6 の解答群

① $\frac{V}{f}$　② $\frac{f}{V}$　③ $\frac{V+v_1}{f}$
④ $\frac{f}{V+v_1}$　⑤ $\frac{V-v_1}{f}$　⑥ $\frac{f}{V-v_1}$

7 の解答群

① $\frac{(v_1+v_2)V}{(V+v_1)(V+v_2)}f$　② $\frac{(v_1-v_2)V}{(V+v_1)(V+v_2)}f$　③ $\frac{(v_1+v_2)V}{(V-v_1)(V+v_2)}f$
④ $\frac{(v_1-v_2)V}{(V-v_1)(V+v_2)}f$　⑤ $\frac{(v_1+v_2)V}{(V-v_1)(V-v_2)}f$　⑥ $\frac{(v_1-v_2)V}{(V-v_1)(V-v_2)}f$
⑦ $\frac{(2V+v_1+v_2)V}{(V-v_1)(V+v_2)}f$　⑧ $\frac{(2V+v_1-v_2)V}{(V-v_1)(V+v_2)}f$　⑨ $\frac{(2V-v_1+v_2)V}{(V-v_1)(V+v_2)}f$
⑩ $\frac{(2V-v_1-v_2)V}{(V-v_1)(V+v_2)}f$

問 5　図5のように，なめらかに動くピストンがついた容器AとBに単原子分子理想気体を入れて，ピストンを連結し，AとBを水平な床に固定した。このとき，2つの容器内の気体はともに，圧力 P_0〔Pa〕，温度 T_0〔K〕，体積 V_0〔m^3〕であった。つぎに，A内の気体の温度を一定に保ったまま，B内の気体の温度を ΔT〔K〕だけ上げたところ，B内の気体の圧力は [8] × P_0〔Pa〕となり，B内の気体の体積は [9] × V_0〔m^3〕だけ増加した。

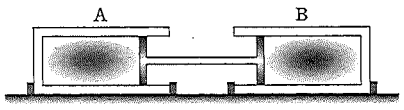

図5

解答群

① $\frac{\Delta T}{2T_0}$　② $\frac{\Delta T+T_0}{2T_0}$　③ $\frac{2\Delta T+T_0}{2T_0}$　④ $\frac{\Delta T+2T_0}{2T_0}$

⑤ $\frac{\Delta T}{\Delta T+2T_0}$　⑥ $\frac{T_0}{\Delta T+2T_0}$　⑦ $\frac{2\Delta T}{\Delta T+2T_0}$　⑧ $\frac{2T_0}{\Delta T+2T_0}$

⑨ $\frac{\Delta T+T_0}{\Delta T+2T_0}$　⑩ $\frac{2\Delta T+T_0}{\Delta T+2T_0}$　⑪ $\frac{2\Delta T+2T_0}{\Delta T+2T_0}$　⑫ $\frac{2\Delta T+2T_0}{2\Delta T+T_0}$

【Ⅱ】　次の問い（問1～問6）に答えよ。（解答番号 [1] ～ [9] ）

図6のように，質量 $2m$〔kg〕の小物体Aを水平面上の点Pから水平と角度30°をなす斜め上方へ，速さ v_0〔m/s〕で投射した。また，水平面上の点Qから，質量 m〔kg〕の小物体BをAの投射と同時に真上に投射したところ，AとBはともに最高点Rで衝突し，一体となった。その後，一体となった小物体は水平面上の点Sに落下し，はね返った。ただし，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とし，すべての小物体は同じ鉛直面内を運動するものとする。また，AとBが一体となった小物体をCとよぶことにする。

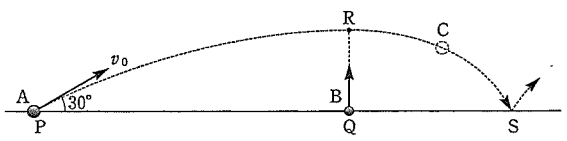

図6

問 1　Aを投射してから，点RでAとBが衝突するまでの時間は [1] 〔s〕であり，点Rの水平面からの高さは [2] 〔m〕である。

[1] の解答群

① $\frac{v_0}{3g}$　② $\frac{v_0}{2g}$　③ $\frac{\sqrt{3}v_0}{3g}$　④ $\frac{\sqrt{2}v_0}{2g}$　⑤ $\frac{\sqrt{3}v_0}{2g}$

⑥ $\frac{v_0}{g}$　⑦ $\frac{2\sqrt{3}v_0}{3g}$　⑧ $\frac{\sqrt{2}v_0}{g}$　⑨ $\frac{\sqrt{3}v_0}{g}$　⑩ $\frac{2v_0}{g}$

[2] の解答群

① $\frac{v_0^2}{18g}$　② $\frac{v_0^2}{8g}$　③ $\frac{v_0^2}{6g}$　④ $\frac{v_0^2}{4g}$　⑤ $\frac{3v_0^2}{8g}$

⑥ $\frac{v_0^2}{2g}$　⑦ $\frac{2v_0^2}{3g}$　⑧ $\frac{v_0^2}{g}$　⑨ $\frac{3v_0^2}{2g}$　⑩ $\frac{2v_0^2}{g}$

問 2　投射直後のBの速さは [3] 〔m/s〕である。

解答群

① $\frac{1}{3}v_0$　② $\frac{1}{2}v_0$　③ $\frac{\sqrt{3}}{3}v_0$　④ $\frac{\sqrt{2}}{2}v_0$　⑤ $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$

⑥ v_0　⑦ $\frac{2\sqrt{3}}{3}v_0$　⑧ $\sqrt{2}v_0$　⑨ $\sqrt{3}v_0$　⑩ $2v_0$

問 3　点Rで衝突する直前のAの速さは [4] 〔m/s〕であり，衝突直後のCの速さは [5] 〔m/s〕である。

解答群

① $\frac{1}{3}v_0$　② $\frac{1}{2}v_0$　③ $\frac{\sqrt{3}}{3}v_0$　④ $\frac{\sqrt{2}}{2}v_0$　⑤ $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$

⑥ v_0　⑦ $\frac{2\sqrt{3}}{3}v_0$　⑧ $\sqrt{2}v_0$　⑨ $\sqrt{3}v_0$　⑩ $2v_0$

問 4　Aを投射してから，Cが点Sに落下するまでの時間は [6] 〔s〕であり，点Pと点Sの間の距離は [7] 〔m〕である。

[6] の解答群

① $\frac{v_0}{3g}$　② $\frac{v_0}{2g}$　③ $\frac{\sqrt{3}v_0}{3g}$　④ $\frac{\sqrt{2}v_0}{2g}$　⑤ $\frac{\sqrt{3}v_0}{2g}$

⑥ $\frac{v_0}{g}$　⑦ $\frac{2\sqrt{3}v_0}{3g}$　⑧ $\frac{\sqrt{2}v_0}{g}$　⑨ $\frac{\sqrt{3}v_0}{g}$　⑩ $\frac{2v_0}{g}$

[7] の解答群

① $\frac{v_0^2}{12g}$　② $\frac{\sqrt{3}v_0^2}{12g}$　③ $\frac{v_0^2}{4g}$　④ $\frac{5v_0^2}{12g}$　⑤ $\frac{\sqrt{3}v_0^2}{4g}$

⑥ $\frac{7v_0^2}{12g}$　⑦ $\frac{5\sqrt{3}v_0^2}{12g}$　⑧ $\frac{3v_0^2}{4g}$　⑨ $\frac{7\sqrt{3}v_0^2}{12g}$　⑩ $\frac{3\sqrt{3}v_0^2}{4g}$

問 5　点Sではね返った直後のCの速度の鉛直成分の大きさは [8] 〔m/s〕である。ただし，Cが水平面ではね返ったときのはね返り係数を e とする。

解答群

① $\frac{1}{3}ev_0$　② $\frac{1}{2}ev_0$　③ $\frac{\sqrt{3}}{3}ev_0$　④ $\frac{\sqrt{2}}{2}ev_0$　⑤ $\frac{\sqrt{3}}{2}ev_0$

⑥ ev_0　⑦ $\frac{2\sqrt{3}}{3}ev_0$　⑧ $\sqrt{2}ev_0$　⑨ $\sqrt{3}ev_0$　⑩ $2ev_0$

問 6　点Sではね返った後に，Cがもっとも高くなったときの水平面からの高さは [9] 〔m〕である。

解答群

① $\frac{e^2v_0^2}{32g}$　② $\frac{e^2v_0^2}{18g}$　③ $\frac{e^2v_0^2}{8g}$　④ $\frac{e^2v_0^2}{6g}$　⑤ $\frac{e^2v_0^2}{4g}$

⑥ $\frac{3e^2v_0^2}{8g}$　⑦ $\frac{e^2v_0^2}{2g}$　⑧ $\frac{2e^2v_0^2}{3g}$　⑨ $\frac{e^2v_0^2}{g}$　⑩ $\frac{3e^2v_0^2}{2g}$

【Ⅲ】　次の問い（問1～問5）に答えよ。（解答番号 [1] ～ [9] ）

図7のように，抵抗値 R〔Ω〕の電気抵抗R，電気容量がそれぞれ C_1〔F〕と C_2〔F〕のコンデンサー C_1 と C_2，自己インダクタンス L〔H〕のコイルL，スイッチ S_1 と S_2，内部抵抗の無視できる起電力 V〔V〕の直流電源E，および交流電源を接続した回路がある。はじめ S_1 と S_2 は開いており，C_1 と C_2 に電荷はたくわえられていないものとする。

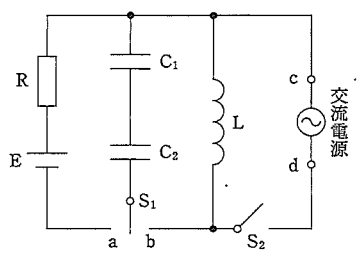

図7

問 1　S_1 を接点aにつないだ直後にRに流れる電流は [1] 〔A〕である。

解答群

① 0　② $(C_1+C_2)V$　③ $\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}V$

④ $\frac{C_1+C_2}{C_1C_2}V$　⑤ $\frac{V}{R}$　⑥ $\frac{R}{V}$

⑦ $V\sqrt{\frac{1}{R^2}+(C_1+C_2)^2}$　⑧ $V\sqrt{\frac{1}{R^2}+\left(\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}\right)^2}$

問 2　S_1を接点aにつないでじゅうぶんに時間がたったとき，C_1の両端に加わる電圧は $\boxed{2}$ 〔V〕であり，C_1にたくわえられている電気量は $\boxed{3}$ 〔C〕である。また，C_1とC_2にたくわえられている静電エネルギーの和は $\boxed{4}$ 〔J〕である。

$\boxed{2}$ と $\boxed{3}$ の解答群

① C_1V　② C_2V　③ $\frac{V}{C_1}$　④ $\frac{V}{C_2}$

⑤ $\frac{C_2}{C_1}V$　⑥ $\frac{C_1}{C_2}V$　⑦ $\frac{C_1}{C_1+C_2}V$　⑧ $\frac{C_2}{C_1+C_2}V$

⑨ $\frac{C_1+C_2}{C_1}V$　⑩ $\frac{C_1+C_2}{C_2}V$　⑪ $\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}V$　⑫ $\frac{C_1+C_2}{C_1C_2}V$

$\boxed{4}$ の解答群

① $\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}V^2$　② $\frac{C_1+C_2}{C_1C_2}V^2$　③ $\frac{C_1C_2(C_1-C_2)}{(C_1+C_2)^2}V^2$

④ $\frac{(C_1+C_2)^2}{C_1C_2(C_1-C_2)}V^2$　⑤ $\frac{C_1C_2}{2(C_1+C_2)}V^2$　⑥ $\frac{C_1+C_2}{2C_1C_2}V^2$

⑦ $\frac{C_1C_2(C_1-C_2)}{2(C_1+C_2)^2}V^2$　⑧ $\frac{(C_1+C_2)^2}{2C_1C_2(C_1-C_2)}V^2$

問 3　つぎに，S_1を接点aから接点bに切りかえたところ，C_1とC_2およびLに振動電流が流れた。この振動電流の角周波数は $\boxed{5}$ 〔rad/s〕であり，電流の最大値は $\boxed{6}$ 〔A〕である。

$\boxed{5}$ の解答群

① $\frac{C_1+C_2}{LC_1C_2}$　② $\frac{C_1C_2}{L(C_1+C_2)}$　③ $\frac{L(C_1+C_2)}{C_1C_2}$　④ $\frac{LC_1C_2}{C_1+C_2}$

⑤ $\sqrt{\frac{C_1+C_2}{LC_1C_2}}$　⑥ $\sqrt{\frac{C_1C_2}{L(C_1+C_2)}}$　⑦ $\sqrt{\frac{L(C_1+C_2)}{C_1C_2}}$　⑧ $\sqrt{\frac{LC_1C_2}{C_1+C_2}}$

$\boxed{6}$ の解答群

① $\frac{C_1+C_2}{LC_1C_2}V$　② $\frac{C_1C_2}{L(C_1+C_2)}V$　③ $\frac{L(C_1+C_2)}{C_1C_2}V$

④ $\frac{LC_1C_2}{C_1+C_2}V$　⑤ $\sqrt{\frac{C_1+C_2}{LC_1C_2}}V$　⑥ $\sqrt{\frac{C_1C_2}{L(C_1+C_2)}}V$

⑦ $\sqrt{\frac{L(C_1+C_2)}{C_1C_2}}V$　⑧ $\sqrt{\frac{LC_1C_2}{C_1+C_2}}V$

問 4　S_1を開き，振動電流を止めたあとに，C_1とC_2にたくわえられていた電荷を放電した。その後，S_1を接点bにつなぎ，S_2を閉じた。S_2を閉じた瞬間を時刻0とすると，時刻t〔s〕のときの点dに対する点cの電位v〔V〕が，角周波数をω〔rad/s〕，電圧の最大値をV_0〔V〕として$v=V_0\sin\omega t$と表された。このとき，点cからLを通って点dへ流れる電流は $\boxed{7}$ 〔A〕であり，点cからC_1とC_2を通って点dへ流れる電流は $\boxed{8}$ 〔A〕である。ただし，C_1とC_2の合成容量をC〔F〕とする。また，必要に応じて以下の式を利用せよ。

$$\sin\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right)=\cos\omega t,\quad \sin\left(\omega t-\frac{\pi}{2}\right)=-\cos\omega t$$

$\boxed{7}$ の解答群

① $\omega LV_0\sin\omega t$　② $-\omega LV_0\sin\omega t$　③ $\frac{1}{\omega L}V_0\sin\omega t$　④ $-\frac{1}{\omega L}V_0\sin\omega t$

⑤ $\frac{L}{\omega}V_0\sin\omega t$　⑥ $-\frac{L}{\omega}V_0\sin\omega t$　⑦ $\frac{\omega}{L}V_0\sin\omega t$　⑧ $-\frac{\omega}{L}V_0\sin\omega t$

⑨ $\omega LV_0\cos\omega t$　⑩ $-\omega LV_0\cos\omega t$　⑪ $\frac{1}{\omega L}V_0\cos\omega t$　⑫ $-\frac{1}{\omega L}V_0\cos\omega t$

⑬ $\frac{L}{\omega}V_0\cos\omega t$　⑭ $-\frac{L}{\omega}V_0\cos\omega t$　⑮ $\frac{\omega}{L}V_0\cos\omega t$　⑯ $-\frac{\omega}{L}V_0\cos\omega t$

$\boxed{8}$ の解答群

① $\omega CV_0\sin\omega t$　② $-\omega CV_0\sin\omega t$　③ $\frac{1}{\omega C}V_0\sin\omega t$　④ $-\frac{1}{\omega C}V_0\sin\omega t$

⑤ $\frac{C}{\omega}V_0\sin\omega t$　⑥ $-\frac{C}{\omega}V_0\sin\omega t$　⑦ $\frac{\omega}{C}V_0\sin\omega t$　⑧ $-\frac{\omega}{C}V_0\sin\omega t$

⑨ $\omega CV_0\cos\omega t$　⑩ $-\omega CV_0\cos\omega t$　⑪ $\frac{1}{\omega C}V_0\cos\omega t$　⑫ $-\frac{1}{\omega C}V_0\cos\omega t$

⑬ $\frac{C}{\omega}V_0\cos\omega t$　⑭ $-\frac{C}{\omega}V_0\cos\omega t$　⑮ $\frac{\omega}{C}V_0\cos\omega t$　⑯ $-\frac{\omega}{C}V_0\cos\omega t$

問 5　点cを流れる電流の実効値は $\boxed{9}$ 〔A〕である。ただし，C_1とC_2の合成容量をC〔F〕とする。

解答群

① $\left(\omega C+\frac{1}{\omega L}\right)V_0$　② $\left(\omega L+\frac{1}{\omega C}\right)V_0$　③ $\left|\omega C-\frac{1}{\omega L}\right|V_0$　④ $\left|\omega L-\frac{1}{\omega C}\right|V_0$

⑤ $\left(\frac{1}{C}+\frac{1}{L}\right)\omega V_0$　⑥ $\left(\frac{C+L}{\omega}\right)V_0$　⑦ $\left|\frac{1}{C}-\frac{1}{L}\right|\omega V_0$　⑧ $\left|\frac{C-L}{\omega}\right|V_0$

⑨ $\left(\omega C+\frac{1}{\omega L}\right)\frac{V_0}{\sqrt{2}}$　⑩ $\left(\omega L+\frac{1}{\omega C}\right)\frac{V_0}{\sqrt{2}}$　⑪ $\left|\omega C-\frac{1}{\omega L}\right|\frac{V_0}{\sqrt{2}}$

⑫ $\left|\omega L-\frac{1}{\omega C}\right|\frac{V_0}{\sqrt{2}}$　⑬ $\left(\frac{1}{C}+\frac{1}{L}\right)\frac{\omega V_0}{\sqrt{2}}$　⑭ $\left(\frac{C+L}{\omega}\right)\frac{V_0}{\sqrt{2}}$

⑮ $\left|\frac{1}{C}-\frac{1}{L}\right|\frac{\omega V_0}{\sqrt{2}}$　⑯ $\left|\frac{C-L}{\omega}\right|\frac{V_0}{\sqrt{2}}$