

英語

日本史

世界史

政治・経済

数(文系型)

数(理系型)

物理

化学

生物

正解・正解例
講評

国語

物 理

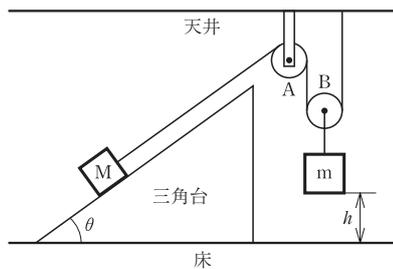
解答範囲は、解答番号 から までです。

I 次の文章を読んで、後の問い(問1~問8)に答えなさい。

図I-1のように、天井に固定されている定滑車Aに伸び縮みしないひもを通し、その左端を水平な床と角 θ [rad]をなす三角台の斜面上にある質量 M [kg]のおもりMにつないだ。また、ひもの右端を質量 m [kg]のおもりmがつり下がっている動滑車Bを通して天井につないだ。

床から h [m]の高さでおもりmを支えていた手を静かに放したところ、おもりmは降下し、おもりMは斜面上を沿って上りはじめた。

ここで、重力加速度の大きさを g [m/s²]とし、三角台は床に固定されており、ひもと滑車の質量、ひもと滑車の間、およびおもりMと三角台の斜面との間の摩擦は無視するものとする。



図I-1

- (1) ひもの張力の大きさ T [N]について考えよう。おもりMの斜面上向きの加速度の大きさを a [m/s²]、おもりmの鉛直下向きの加速度の大きさを b [m/s²]とすると、おもりMおよびmに関する運動方程式は、それぞれ、

$$Ma = \text{【 1 】} \dots\dots\dots \text{①}$$

$$mb = \text{【 2 】} \dots\dots\dots \text{②}$$

と書ける。

ところで、動滑車Bが鉛直下方向に d [m]だけ下がると、おもりMは斜面上方向に $2d$ だけ移動する。したがって、おもりMとmの加速度についても $a = 2b$ となることから、①、②より、おもりmの加速度の大きさは $b = \text{【 3 】}$ 、ひもの張力の大きさは $T = \text{【 4 】}$ となることがわかる。

問1 空所【 1 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① $-Mg$ ② $-(M-m)g$ ③ $-(M+m)g$
 ④ $-Mg\cos\theta$ ⑤ $-Mg\sin\theta$ ⑥ $T-Mg$
 ⑦ $T-Mg\cos\theta$ ⑧ $T-Mg\sin\theta$

問2 空所【 2 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① mg ② $(M-m)g$
 ③ $(M+m)g$ ④ $mg-T$
 ⑤ $mg-2T$ ⑥ $(M-m)g-T$
 ⑦ $(M-m)g-2T$ ⑧ $(M+m)g-T$
 ⑨ $(M+m)g+T$

問3 空所【 3 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① $\frac{m-M}{M+m}g$ ② $\frac{m-M}{2(M+m)}g$ ③ $\frac{m-M\cos\theta}{M+m}g$
 ④ $\frac{m-M\cos\theta}{2(M+m)}g$ ⑤ $\frac{m-2M\sin\theta}{2(M+m)}g$ ⑥ $\frac{m-2M\sin\theta}{4(M+m)}g$
 ⑦ $\frac{m-2M\sin\theta}{4M+m}g$ ⑧ $\frac{2(m-2M\sin\theta)}{4M+m}g$

問4 空所【 4 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① $\frac{2Mm}{M+m}g$
 ② $\frac{m(3M+m)}{2(M+m)}g$
 ③ $\frac{2Mm\cos\theta}{M+m}g$
 ④ $\frac{m\{2M(1+\cos\theta)+m\}}{2(M+m)}g$
 ⑤ $\frac{m\{M(2+\sin\theta)+m\}}{2(M+m)}g$
 ⑥ $\frac{m\{M(2+\sin\theta)+3m\}}{4(M+m)}g$
 ⑦ $\frac{Mm(2+\sin\theta)}{4M+m}g$
 ⑧ $\frac{2Mm(2+\sin\theta)}{4M+m}g$

(2) 次に、おもり m が床に衝突する直前の速さ v [m/s] について考えよう。おもり m が床に到達するまでの運動は、おもり m の鉛直下向きの加速度の大きさが b 、初期位置 h 、初速度 0 [m/s] の等加速度運動と考えることができる。おもり m が高さ h から床まで到達する時間は $t = \text{【 5 】}$ [s] であることから、おもり m が床に衝突する直前の速さは、 $v = \text{【 6 】}$ であることがわかる。

問5 空所【 5 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 5

- ① $\frac{h}{b}$ ② $\sqrt{\frac{h}{b}}$ ③ $\sqrt{\frac{2h}{b}}$ ④ $\frac{2h}{b}$
 ⑤ $\frac{h}{g}$ ⑥ $\sqrt{\frac{h}{g}}$ ⑦ $\sqrt{\frac{2h}{g}}$ ⑧ $\frac{2h}{g}$

問6 空所【 6 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 6

- ① 0 ② $\frac{1}{2}bh$ ③ bh ④ $\sqrt{2}bh$
 ⑤ $2bh$ ⑥ $\frac{1}{2}\sqrt{2bh}$ ⑦ \sqrt{bh} ⑧ $\sqrt{2}bh$

(3) 最後に、おもり M が静止していたはじめの位置から斜面上方向の最高到達点まで移動する距離 x_{\max} [m] について考えよう。まず、おもり m が床から h の高さから床に衝突するまでに、おもり M が斜面上方向に移動する距離は $2h$ であり、この位置でのおもり M の斜面上方向の速さは $2v$ である。

おもり m が床に衝突してから以降は、ひもがたるんで張力が 0 [N] になることから、おもり M の斜面上方向の加速度が、 $a = \text{【 7 】}$ [m/s²] となることを利用して運動方程式を解くと、 $x_{\max} = \text{【 8 】}$ となることがわかる。

問7 空所【 7 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 7

- ① $-\frac{1}{2}g$ ② $-\frac{1}{2}g\sin\theta$ ③ $-\frac{1}{2}g\cos\theta$
 ④ $-\frac{1}{2}g\tan\theta$ ⑤ $-g$ ⑥ $-g\sin\theta$
 ⑦ $-g\cos\theta$ ⑧ $-g\tan\theta$

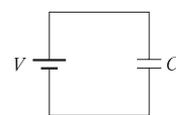
問8 空所【 8 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 8

- ① $\frac{5m}{4M+m}h$ ② $\frac{6m}{4M+m}h$
 ③ $\frac{2m(2+\sin\theta)}{(4M+m)\sin\theta}h$ ④ $\frac{2m(4+\sin\theta)}{(4M+m)\sin\theta}h$
 ⑤ $\frac{2m(2+\cos\theta)}{(4M+m)\cos\theta}h$ ⑥ $\frac{2m(4+\cos\theta)}{(4M+m)\cos\theta}h$
 ⑦ $\frac{2m(2+\tan\theta)}{(4M+m)\tan\theta}h$ ⑧ $\frac{2m(4+\tan\theta)}{(4M+m)\tan\theta}h$

II 次の文章を読んで、後の問い(問1~問8)に答えなさい。

(1) 図II-1のように、電気容量 C [F] のコンデンサーに電圧 V [V] の電池を接続したところ、コンデンサーに電荷 Q [C] が蓄えられた。 C と V と Q のあいだには、 $Q = \text{【 9 】}$ の関係が成り立ち、 $C = 1 \mu\text{F}$ のとき、 V と Q の関係を表すグラフは、【 10 】となる。また、このコンデンサーが平行板コンデンサーであるとするとき、極板間の誘電体の誘電率 ϵ [F/m]、極板の面積 S [m²]、極板の間隔 d [m] を用いて、電気容量 C は、 $C = \text{【 11 】}$ と表すことができる。



図II-1

問1 空所【 9 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 9

- ① $C + V$ ② $C - V$ ③ CV ④ $\frac{C}{V}$
 ⑤ $-C + V$ ⑥ $-C - V$ ⑦ $\frac{V}{C}$ ⑧ $-\frac{C}{V}$

英語

日本史

世界史

政治・経済

数(文系型)学

数(理系型)学

物理

化学

生物

正解・正解例
講評

国語

英語

日本史

世界史

政治・経済

数学(文系型)

数学(理系型)

物理

化学

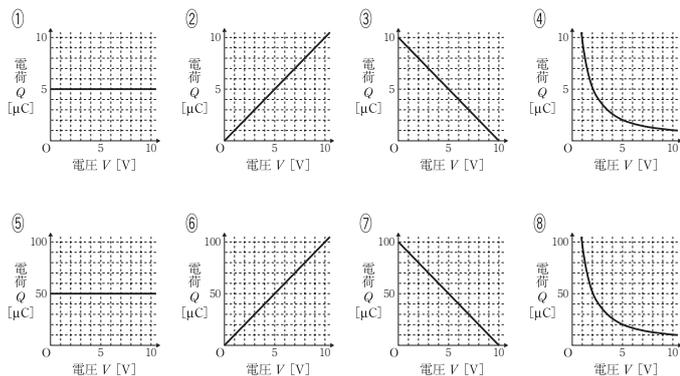
生物

正解・正解例
講評

国語

問2 空所【10】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 10



問3 空所【11】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

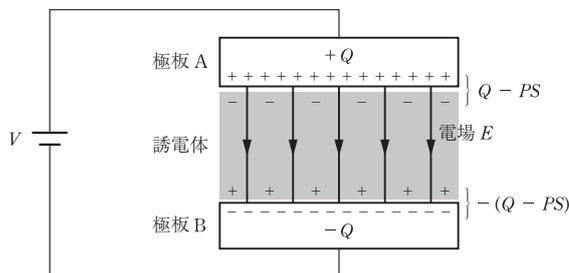
解答番号 11

- ① ϵSd ② $\epsilon \frac{S}{d}$ ③ $\epsilon \frac{d}{S}$ ④ $\epsilon \frac{1}{Sd}$
 ⑤ $\frac{Sd}{\epsilon}$ ⑥ $\frac{S}{\epsilon d}$ ⑦ $\frac{d}{\epsilon S}$ ⑧ $\frac{1}{\epsilon Sd}$

(2) 誘電体とは、図II-2のように電場中に置かれると構成粒子が誘電分極を示す物質である。その分極の強さは誘電体の表面に生じる単位面積当たりの電荷 P [C/m²] で表される。コンデンサーの極板間を誘電体で満たすと、誘電分極により誘電体の表面に極板と反対の符号の電荷が現れ、この電荷が作る電場によって極板間の電場が弱められる。その効果は、コンデンサーの極板に蓄えられている電荷 Q [C] を、分極によって現れる大きさが PS [C] で反対の符号の電荷を引いた電荷 $Q - PS$ [C] に置き換えることだけで表すことができる。その効果のほかは真空中のコンデンサーと同じようになるため、真空中のコンデンサーの電気容量 C_0 [F] を用いて、

$$Q = C_0 V + (【12-A】) \quad \text{式①}$$

が得られる。通常誘電体では、真空の誘電率 ϵ_0 [F/m]、電場 E [V/m]、物質に固有の定数 χ を用いて、 $P = \epsilon_0 \chi E$ が成り立つので、これらを【12-A】に代入すると、 $Q = 【12-B】$ が得られる。



図II-2

問4 空所【12-A】、【12-B】に当てはまる組み合わせとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 12

	【12-A】	【12-B】		【12-A】	【12-B】
①	PS	$\epsilon_0(1 + \chi) \frac{S}{d} V$	⑤	PS	$\epsilon_0(1 + \chi^2) \frac{S}{d} V$
②	$\frac{P}{S}$	$\epsilon_0(1 - \chi) \frac{S}{d} V$	⑥	$\frac{P}{S}$	$\epsilon_0(1 - \chi^2) \frac{S}{d} V$
③	$P + S$	$\epsilon_0^2 \chi^2 \left(\frac{S}{d}\right)^2 V^2$	⑦	$P + S$	$\epsilon_0^2 \chi^2 \left(\frac{S}{d}\right)^2 V^2$
④	$P - S$	$\frac{1}{\chi}$	⑧	$P - S$	$\frac{1}{\chi^2}$

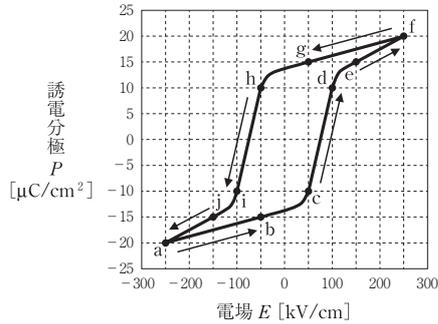
電気容量 C [F] は、横軸が電圧 V [V] で縦軸が電荷 Q [C] のグラフの傾きで表されるので、 $Q = 【12-B】$ から、 $C = 【13-A】$ が得られる。【11】と【13-A】を比べると、 $\epsilon = 【13-B】$ が得られる。

問5 空所【13-A】、【13-B】に当てはまる組み合わせとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 13

	【13-A】	【13-B】		【13-A】	【13-B】
①	$\epsilon_0 \frac{S}{d}$	1	⑤	$\epsilon_0 \frac{S}{d}$	ϵ_0
②	$\epsilon_0 \chi \frac{S}{d}$	χ	⑥	$\epsilon_0 \chi \frac{S}{d}$	$\epsilon_0 \chi$
③	$\epsilon_0(1 + \chi) \frac{S}{d}$	$1 + \chi$	⑦	$\epsilon_0(1 + \chi) \frac{S}{d}$	$\epsilon_0(1 + \chi)$
④	$\epsilon_0(1 - \chi) \frac{S}{d}$	$1 - \chi$	⑧	$\epsilon_0(1 - \chi) \frac{S}{d}$	$\epsilon_0(1 - \chi)$

(3) 通常の誘電体と異なり、その誘電分極 P [C/m^2] が、過去に受けた電場 E [V/m] によって変わる物質が存在する。このような物質は強誘電体とよばれる。図II-3に、一例を示す。



図II-3

ここで横軸 E はコンデンサーの極板間の電場であり、極板 A から B に向く場合を正とする。最初に電場 $E = -250 \text{ kV}/\text{cm}$ とし、それから電場を $E = 250 \text{ kV}/\text{cm}$ まで増加させた後に、再び電場を $E = -250 \text{ kV}/\text{cm}$ まで減少させると強誘電体の誘電分極 P は $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow g \rightarrow h \rightarrow i \rightarrow j \rightarrow a$ のように変化する。

強誘電体では、誘電分極が非常に大きいので、(2)における式①の右辺第1項が、第2項に比べて無視できる。したがって、 $S = 1 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$ 、 $d = 1 \times 10^{-5} \text{ cm}$ の場合、強誘電体の状態が a から b まで変化する際にコンデンサーの電荷は $\Delta Q(a \rightarrow b) = [14 - A] \mu\text{C}$ だけ変化し、強誘電体の状態が c から d まで変化する際にコンデンサーの電荷は $\Delta Q(c \rightarrow d) = [14 - B] \mu\text{C}$ だけ変化する。また、強誘電体の状態が a から d まで変化する際の極板 B に対する極板 A の電位 V と極板 A の電荷 Q のグラフは、【14-C】となる。

問6 空所【14-A】、【14-B】、【14-C】に当てはまる組み合わせとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 14

	【14-A】	【14-B】	【14-C】
①	2×10^{-2}	2×10^{-1}	
②	5×10^{-2}	2×10^{-1}	
③	2×10^{-2}	5×10^{-1}	
④	5×10^{-2}	5×10^{-1}	
⑤	2×10^{-2}	2×10^{-1}	
⑥	5×10^{-2}	2×10^{-1}	
⑦	2×10^{-2}	5×10^{-1}	
⑧	5×10^{-2}	5×10^{-1}	

グラフ【14-C】が示すように、強誘電体を用いたコンデンサーでは Q と V は比例関係にはない。そのためコンデンサーを特徴づける量は V がわずかに変化したときどれだけ Q が変化するかを表す $Q-V$ グラフの傾きとなる。例えば強誘電体の状態が a から b まで変化する際の $Q-V$ グラフの傾きは $C_1 = [15 - A] \text{ F}$ 、強誘電体の状態が c から d まで変化する際の $Q-V$ グラフの傾きは $[15 - B] \times C_1$ となる。また、強誘電体の状態が $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow g \rightarrow h \rightarrow i \rightarrow j \rightarrow a$ のように変化するときの、 $Q-V$ グラフのそれぞれの状態での傾きを示すと【16】となる。ただし、グラフを見やすくするために $a \rightarrow f$ の変化は実線、 $f \rightarrow a$ の変化は破線で描いた。

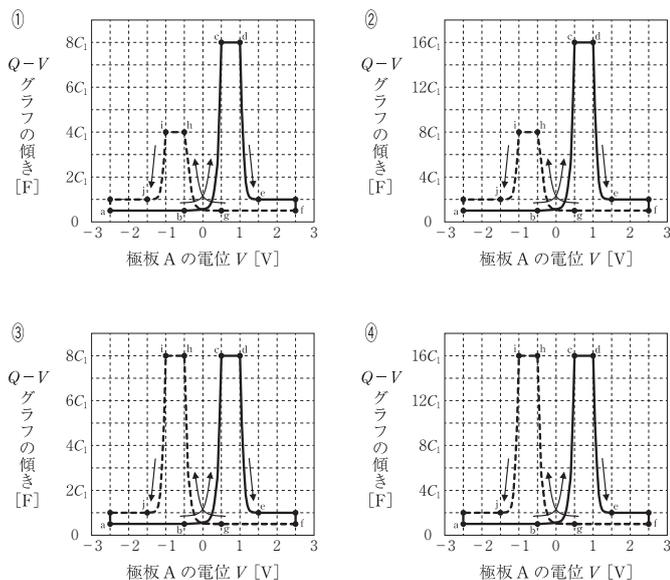
問7 空所【15-A】、【15-B】に当てはまる組み合わせとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 15

	【15-A】	【15-B】	【15-A】	【15-B】
①	2.5×10^{-8}	2	⑤	5×10^{-8}
②	2.5×10^{-8}	4	⑥	5×10^{-8}
③	2.5×10^{-8}	8	⑦	5×10^{-8}
④	2.5×10^{-8}	16	⑧	5×10^{-8}

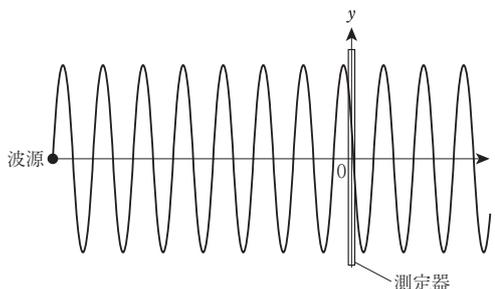
問8 空所【16】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 16

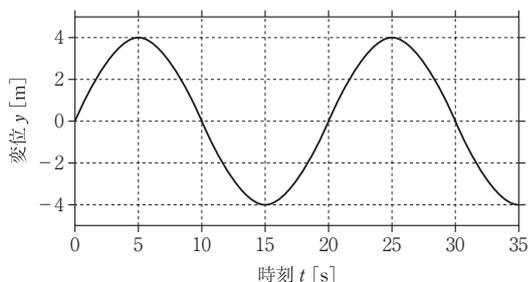


III 次の文章を読んで、後の問い(問1～問7)に答えなさい。

図III-1のように、波が x 軸に沿って正の向きに進んでいる。 $x = 0$ [m] の地点に測定器を設置して波の変位 y [m] を観測した結果、図III-2の結果を得た。この波形の時刻 t [s] での y 座標の関数は $y =$ 【17】である。この波の周期 T [s] は【18-A】sであり、振動数 f [Hz] は【18-B】Hzである。 $x = 40$ m の地点に別の測定器を設置して波の変位を観測したところ、波形は $x = 0$ [m] の地点での測定結果と比較して逆位相となった。また、 $x = 0$ での観測と同時刻に逆位相が観測された点は $0 < x < 40$ m の区間には存在しなかったことから、この波の波長 λ [m] は【19】mである。また、この波の速さ v [m/s] は【20】m/sである。



図III-1



図III-2

時刻 t [s] における x [m] の地点の波の変位 $y(x, t)$ [m] を求めよう。波は速さ v で x 軸に沿って正の向きに進んでいるので、時刻 t [s] における x [m] の地点の波の変位 $y(x, t)$ は、時刻 t より $\frac{x}{v}$ [s] 前の $x = 0$ [m] の地点での波の変位 $y(0, t - \frac{x}{v})$ に等しい。したがって、 $y(x, t) =$ 【21】である。時刻 $t = 30$ s における波の変位 y は $y(x, 30) =$ 【22】である。

上述の波と同じ周期と振幅をもち、 x 軸の負の向きに進む波を加えたところ、2つの波は干渉し、定在波(定常波)が発生した。この定在波の最も振幅が大きくなる点を腹という。定在波の腹での振幅は【23】mであり、となりあった腹と腹との間隔は【24】mである。

問1 空所【17】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 17

- ① $4 \sin\left(\frac{\pi}{5}t\right)$ ② $-4 \sin\left(\frac{\pi}{5}t\right)$ ③ $4 \sin\left(\frac{\pi}{10}t\right)$
 ④ $-4 \sin\left(\frac{\pi}{10}t\right)$ ⑤ $4 \sin\left(\frac{\pi}{20}t\right)$ ⑥ $-4 \sin\left(\frac{\pi}{20}t\right)$

問2 空所【18-A】、【18-B】に当てはまる組み合わせとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 18

	【18-A】	【18-B】
①	5	0.05
②	5	0.1
③	5	0.2
④	10	0.05
⑤	10	0.1
⑥	10	0.2
⑦	20	0.05
⑧	20	0.1
⑨	20	0.2

問3 空所【19】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① 10 ② 20 ③ 40 ④ 80 ⑤ 100
⑥ 120 ⑦ 140 ⑧ 160 ⑨ 180 ⑩ 200

問4 空所【20】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① 2 ② 4 ③ 8 ④ 10 ⑤ 12
⑥ 14 ⑦ 16 ⑧ 20 ⑨ 40 ⑩ 80

問5 空所【21】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① $4 \sin \left(\frac{\pi}{5} t + \frac{2\pi x}{19} \right)$ ② $4 \sin \left(\frac{\pi}{5} t - \frac{2\pi x}{19} \right)$
③ $4 \sin \left(\frac{\pi}{10} t + \frac{2\pi x}{19} \right)$ ④ $4 \sin \left(\frac{\pi}{10} t - \frac{2\pi x}{19} \right)$
⑤ $4 \sin \left(\frac{\pi}{20} t + \frac{2\pi x}{19} \right)$ ⑥ $4 \sin \left(\frac{\pi}{20} t - \frac{2\pi x}{19} \right)$

問6 空所【22】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① $4 \sin \left(\frac{\pi}{2} x \right)$ ② $4 \sin \left(\frac{\pi}{4} x \right)$ ③ $4 \sin \left(\frac{\pi}{8} x \right)$
④ $4 \sin \left(\frac{\pi}{10} x \right)$ ⑤ $4 \sin \left(\frac{\pi}{20} x \right)$ ⑥ $4 \sin \left(\frac{\pi}{40} x \right)$
⑦ $4 \sin \left(\frac{\pi}{80} x \right)$

問7 空所【23】、【24】に当てはまる最も適当なものを、次の中からそれぞれ一つずつ選びなさい。

空所【23】は解答番号

空所【24】は解答番号

- ① 2 ② 4 ③ 8 ④ 10 ⑤ 12
⑥ 14 ⑦ 16 ⑧ 20 ⑨ 40 ⑩ 80