物　　理

【解答・採点基準】　　(100点満点)

問題番号	設問	解答番号	正解	配点	自己採点
第1問	問1	1	④	5	
	問2	2	①	4	
		3	③	4	
	問3	4	③	5	
	問4	5	①	5	
	問5	6	③	4※1	
第1問 自己採点小計				(27)	
第2問	問1	7	⑨	5	
		8	①	3	
	問2	9	④	5	
	問3	10	②	5	
	問4	11	④	4	
	問5	12	②	5	
第2問 自己採点小計				(27)	
第3問	問1	13	②	4	
	問2	14	③	5	
	問3	15	⑤	5	
	問4	16	⑤	5	
第3問 自己採点小計				(19)	
第4問	A 問1	17	①	5	
		18	②	4	
		19	④	4	
	A 問2	20	⑧	4※2	
	B 問3	21	①	5	
	B 問4	22	⑥	5※3	
第4問 自己採点小計				(27)	
自己採点合計				(100)	

(注)

1　※1は，④を解答した場合は2点を与える。

2　※2は，⑦を解答した場合は2点を与える。

3　※3は，⑤を解答した場合は2点を与える。

【解説】

第１問　小問集合

問１　小球の質量を m とする。**力学的エネルギー保存則**（運動エネルギーと**万有引力による位置エネルギー**の和は一定）より，

$$\frac{1}{2}mv_A{}^2-G\frac{Mm}{R}=0-G\frac{Mm}{2R}$$

$$\therefore\quad v_A=\underline{\sqrt{\frac{GM}{R}}}$$

$\boxed{1}$ の答　④

問２　水平面と小物体の間の動摩擦係数を μ とする。一般的なエネルギー保存則より，力学的エネルギーの変化は動摩擦力がした仕事に等しい。動摩擦力 μmg と逆向きに $d+d'$ 移動したので，

$$\frac{1}{2}k(d'^2-d^2)=-\mu mg(d+d')$$

$$\therefore\quad \mu=\underline{\frac{k(d-d')}{2mg}}$$

$\boxed{2}$ の答　①

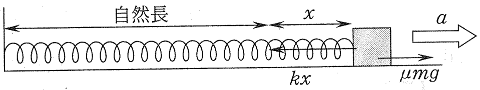
点Ｐから点Ｑまでの運動は単振動の右端から左端までの運動なので単振動の周期の $\underline{\frac{1}{2}}$ 倍である。

$\boxed{3}$ の答　③

（参考）　次図のような状態にあるとき，右向きの加速度を a として，小物体の運動方程式は，

$$ma=-kx+\mu mg=-kx+\frac{1}{2}k(d-d')$$

$$=-k\left\{x-\frac{d+(-d')}{2}\right\}$$



これより，小物体は点Ｐと点Ｑの中点である $x=\frac{d+(-d')}{2}$ を振動中心として，周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ の単振動をする。点Ｐから点Ｑまでの運動はこの単振動の周期の $\frac{1}{2}$ 倍である。

問３　**閉管**の基本振動数を f_1 とする。閉管はその奇数倍の振動数で共鳴する。振動数が 750 Hz で共鳴しているときを n 倍振動とすると，1250 Hz で共鳴しているときは $n+2$ 倍振動である。したがって，

$$750=nf_1$$

$$1250=(n+2)f_1$$

これより，

【ポイント】

力学的エネルギー保存則

重力，ばねの力，静電気力などの保存力しか仕事をしないとき，力学的エネルギーは保存される。

万有引力による位置エネルギー

$U=-G\frac{Mm}{r}$（無限遠を基準）

G　；万有引力定数

M，m；２物体の質量

r　；２物体の中心間の距離

閉管の共鳴

管口部が腹，管底部が節となる定常波が生じる。

基本振動数を f_1，n 倍振動数を f_n とすると，

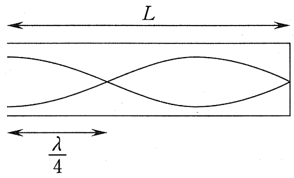
$f_n=nf_1$（$n=1，3，5，7\cdots$）

物理

$$\frac{n+2}{n}=\frac{1250}{750}=\frac{5}{3} \qquad \therefore \quad n=3$$

振動数が 750 Hz のときの音波の波長 λ は，**波の基本公式**より，$\lambda=\dfrac{350}{750}$ m である。このとき，次図のような 3 倍振動が生じているので，閉管の長さ L は，

$$L=3\times\frac{\lambda}{4}=\frac{3}{4}\times\frac{350}{750}=\underline{0.35}\ \mathrm{m}$$



波の基本公式

$V=f\lambda=\dfrac{\lambda}{T}$

V；波の速さ

f；振動数

λ；波長

T；周期

$\boxed{4}$ の答　③

問 4　液体の熱容量を C，十分に時間がたった後の液体と金属球の等しい温度を t_0 とする。**熱量の保存**より，

$$\frac{1}{2}C(4T-t_0)=C(t_0-T) \qquad \therefore \quad t_0=2T$$

液体の温度と金属球の温度が近づくと，温度変化はゆるやかになり，同時に同じ温度になる。

熱量の保存

（高温物体が失った熱量）

＝（低温物体が得た熱量）

$\boxed{5}$ の答　①

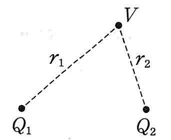
問 5　無限遠を電位の基準とすると，点 A および点 B から等距離の点 C の**電位**は，$V_C=0$ であり，点 D は点 A の正の点電荷に近い所なので，点 D の電位は，$V_D>0$ である。

したがって，点 A と点 B の点電荷による電位は点 D の方が点 C より $\underline{高い}_{ア}$。負の点電荷 P の電気量を $-q$ とする。P を運ぶのに必要な外力がした仕事 W は，位置エネルギーの変化量に等しいので，

$$W=-qV_D-(-q)V_C=-q(V_D-V_C)<0 \qquad \therefore \quad \underline{負}_{イ}$$

$\boxed{6}$ の答　③

点電荷による電位



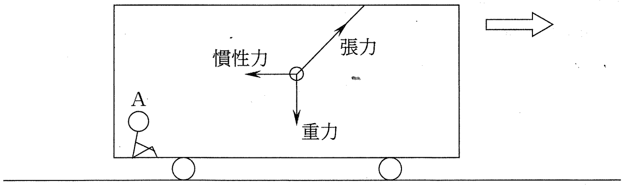
電位 $V=k\dfrac{Q_1}{r_1}+k\dfrac{Q_2}{r_2}$（無限遠を基準）

k；クーロンの法則の比例定数

第 2 問　慣性力

問 1　A さんが見た場合：

次図のように，小物体にはたらく重力，糸の張力，水平方向左向きの**慣性力**がつり合って，小物体は A さんに対して静止している。したがって，合力は 0 であり，①～⑧に適当なものはない。



慣性力

観測者が大きさ a の加速度で運動するとき，質量 m の物体には，大きさ

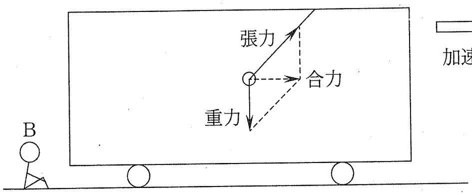
$f=ma$

の慣性力が観測者の加速度と逆向きにはたらく。

$\boxed{7}$ の答　⑨

Bさんが見た場合：

次図のように，小物体にはたらく重力と糸の張力の合力によって水平方向右向きの加速度が生じているので，合力は水平方向右向きである。



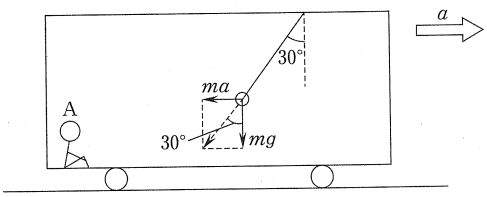
$\boxed{8}$ の答　①

問2　Aさんが見た場合，慣性力が仕事をするから力学的エネルギーは保存しない$_{ア}$。また，Bさんが見た場合，保存力ではない糸の張力の方向は小物体の運動方向と常に垂直なわけではないので，糸の張力は仕事をするから力学的エネルギーは保存しない$_{イ}$。

$\boxed{9}$ の答　④

問3　小物体の質量を m とする。最大振れ角が 60° なので，振動の中心線は鉛直下向きから 30° 傾いた方向である。求める加速度の大きさを a とする。重力と慣性力の合力の方向が振動中心線の方向なので，次図より，

$$\tan 30^\circ = \frac{ma}{mg} \qquad \therefore \quad a = \underline{\frac{1}{\sqrt{3}}g}$$



$\boxed{10}$ の答　②

問4　台車に右向きに初速度を与えたとする。小物体は台車に対して左向きに速さ v_0 で動き出す。また，台車の加速度は0なのでAさんが見て慣性力ははたらかない。さらに，糸の張力の方向と小物体の移動方向が常に垂直なので張力は仕事をしない。求める高さを h とする。力学的エネルギーは保存されるので，

$$\frac{1}{2}mv_0{}^2 = mgh \qquad \therefore \quad h = \underline{\frac{v_0{}^2}{2g}}$$

$\boxed{11}$ の答　④

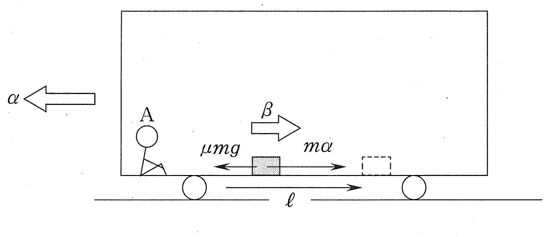
問5　小物体の質量を m，台車に対する小物体の加速度を右向きに β とする。Aさんが見た場合，小物体には右向きに $m\alpha$ の慣性力，左向きに μmg の動摩擦力がはたらく。

A さんが見た小物体の運動方程式は，

$$m\beta = m\alpha - \mu mg \qquad \therefore \quad \beta = \alpha - \mu g$$

求める時間を t とすると，

$$\ell = \frac{1}{2}\beta t^2 \qquad \therefore \quad t = \sqrt{\frac{2\ell}{\beta}} = \underline{\sqrt{\frac{2\ell}{\alpha - \mu g}}}$$



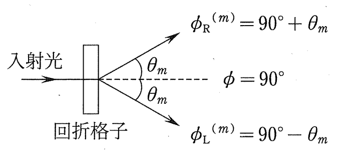
12 の答 ②

第 3 問　回折格子

問 1　次図より，$\phi_R{}^{(m)} = 90^\circ + \theta_m$，$\phi_L{}^{(m)} = 90^\circ - \theta_m$

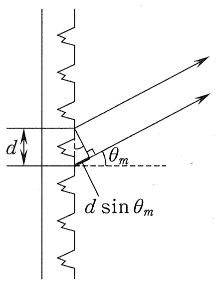
したがって，

$$\underline{\theta_m = \frac{1}{2}(\phi_R{}^{(m)} - \phi_L{}^{(m)})}$$



次図のように，隣り合うスリットを通る回折光の経路差は $d\sin\theta_m$ なので，これらの光が強め合う条件は，

$$d\sin\theta_m = m\lambda \qquad \therefore \quad d = \underline{\frac{m\lambda}{\sin\theta_m}}$$



13 の答 ②

問 2　指数が求まればよいので，たとえば $m=10$ の測定結果に着目して，

$$d = \frac{m\lambda}{\sin\theta_m} = \frac{10 \times 5.9 \times 10^{-7}}{0.59} = 10 \times 10^{-6}\,\mathrm{m}$$

したがって，指数に入れる整数は $\underline{-6}$ が最も適当である。

14 の答 ③

問 3　$0° < \theta_m < 90°$ より，

$$0 < \sin\theta_m = \frac{m\lambda}{d} < 1 \qquad \therefore \quad 0 < m < \frac{d}{\lambda} = \frac{9.9\times10^{-6}}{5.5\times10^{-7}} = 18$$

よって，$m = 1 \sim 17$　<u>17</u> 本

$\boxed{15}$ の答　⑤

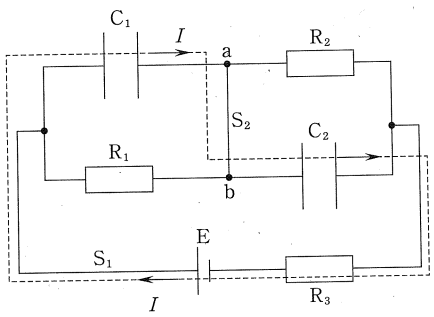
問 4　白色光は様々な波長の可視光の集まりである。中央（$\theta_m = 0°$）は全ての光が強め合う条件を満たすので，白色である。$\sin\theta_m = \dfrac{m\times\text{波長}}{d}$ より，光軸に最も近い $m = 1$ では波長が短い光が，中央に近い位置に生じる。$\lambda_{青} < \lambda_{緑} < \lambda_{赤}$ なので，中央から離れるにしたがって，青，緑，赤の順に明線の帯が見える。

$\boxed{16}$ の答　⑤

第 4 問　コンデンサー回路・電流による磁場

A

問 1　スイッチ S_2 を閉じ，次に S_1 を閉じた直後には，C_1，C_2 にはまだ電荷は蓄えられておらず，電圧は 0 である。したがって，R_1，R_2 にかかっている電圧はともに 0 であり，電流は <u>0</u> である。

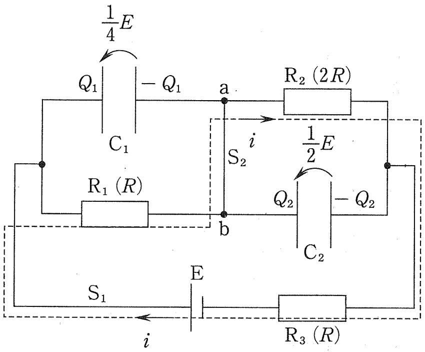


このとき，**キルヒホッフの法則**より，C_1，C_2 および電池 E には $I = \dfrac{E}{R}$ の電流が上図のように流れている。

$\boxed{17}$ の答　①

十分に時間がたつと，コンデンサーへの電流は 0 になり，抵抗 R_1，R_2，R_3 に等しい電流が流れている。電流の大きさを i とする。キルヒホッフの法則より，$i = \dfrac{E}{4R}$ であり，抵抗 R_1，R_2 にはそれぞれ，$Ri = \dfrac{E}{4}$，$2Ri = \dfrac{E}{2}$ の電圧がかかっている。したがって，C_1 および C_2 の電圧はそれぞれ，$\dfrac{E}{4}$，$\dfrac{E}{2}$ である。これより，C_1 および C_2 の電気量の大きさはそれぞれ，$Q_1 = \underline{\dfrac{1}{4}CE}$，$Q_2 = \dfrac{1}{2}CE = 2Q_1$ である。

キルヒホッフの法則
閉回路において，
（起電力の総和）＝（電位降下の総和）



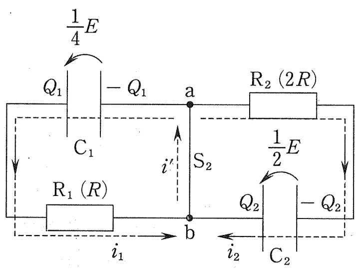
$\boxed{18}$ の答　②

コンデンサー C_1 と C_2 の**静電エネルギー**の和は，

$$\frac{{Q_1}^2}{2C}+\frac{{Q_2}^2}{2C}=\frac{1}{2C}\{{Q_1}^2+(2Q_1)^2\}=\underline{\frac{5{Q_1}^2}{2C}}$$

$\boxed{19}$ の答　④

問2　S_1 を開いた直後は，C_1 および C_2 の電気量と電圧は前図の値からまだ変わっていない。次図のように，コンデンサーの電圧が抵抗にかかるので，R_1 および R_2 にはそれぞれ，$\dfrac{E}{4}$，$\dfrac{E}{2}$ の電圧がかかっている。したがって，R_1 および R_2 を流れる電流 i_1，i_2 はそれぞれ，$i_1=\dfrac{E}{4R}$，$i_2=\dfrac{E}{4R}$ となる。



これより，S_2 を流れる電流の大きさは $i'=i_1+i_2=\underline{\dfrac{E}{2R}}$ ア であり，電流の向きは <u>b から a</u> イ の向きとなる。

$\boxed{20}$ の答　⑧

B

問3　導線1および導線2を流れる電流がそれぞれ点Oにつくる磁場 H_1，H_2 は，大きさが等しく，向きは**右ねじの法則**より，次図のようになる。したがって，それらの合成磁場は図の左向きとなる。

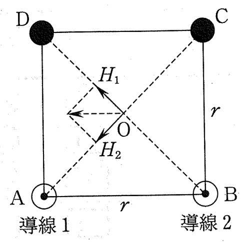
コンデンサーの静電エネルギー

$U=\frac{1}{2}QV=\frac{1}{2}CV^2=\frac{Q^2}{2C}$

Q；電気量

V；電圧

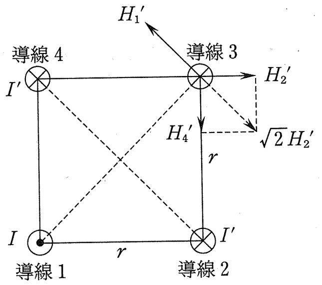
C；電気容量



$\boxed{21}$ の答　①

問 4　導線 1，導線 2 および導線 4 を流れる電流が導線 3 の位置につくる合成磁場が 0 であればよい。そのためには，導線 2 と導線 4 を流れる電流の向きが導線 1 を流れる電流と反対向きでなければならない。導線 1，導線 2 および導線 4 を流れる電流がそれぞれ導線 3 の位置につくる磁場 H_1'，H_2'，H_4' は次図のようになる。導線 2 および導線 4 を流れる電流の大きさを I' とする。H_1'，H_2'，H_4' の大きさは，**直線電流による磁場**の強さの公式から，

$$H_1'=\frac{I}{2\pi\sqrt{2}\,r},\quad H_2'=H_4'=\frac{I'}{2\pi r}$$



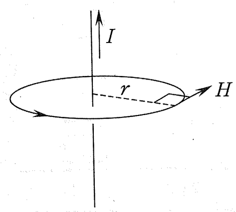
$H_1'=\sqrt{2}H_2'$ であればよいので，

$$\frac{I}{2\pi\sqrt{2}\,r}=\sqrt{2}\frac{I'}{2\pi r}\qquad \therefore\quad \frac{I'}{I}=\frac{1}{\underline{2}}{}_{ウ}$$

また，導線 2 と導線 4 を流れる電流の向きは，<u>導線 3 を流れる電流と同じ向き</u>$_{エ}$である。

$\boxed{22}$ の答　⑥

直線電流による磁場・右ねじの法則



磁場の強さ $H=\dfrac{I}{2\pi r}$