物理

出題の意図

問題 I

設問(1)　力の合成が理解できているかを問う。

設問(2)　モーメントと力の釣り合いが理解できているかを問う。

設問(3)　力の釣り合いが理解できているかを問う。

設問(4)　振り子の振動と張力の関係を理解できているかを問う。

設問(5)　振り子の振動に関して大振幅と小振幅の違いを理解できるかを問う。

設問(6)　x方向，y方向それぞれの振動の違いが理解できているかを問う。

設問(7)　平面内での振動について質点の運動の軌道が理解できるかを問う。

問題 II

設問(1)　コンデンサーの並列回路であることを見抜けるかを問う。

設問(2)　並列コンデンサーの電気容量比から電気量の配分を求められるかを問う。

設問(3)　電気容量と電気量，電圧の関係の理解を問う。

設問(4)　電池が回路に電荷を供給することのエネルギー的な意味の理解を問う。

設問(5)　電気回路におけるエネルギー保存則の理解を問う。

設問(6)　コンデンサーの極板面積が初期条件の電気量，電圧，極板間隔で表されることを見抜き，電気容量と電気量，電圧の関係を正しく記述できるかを問う。

設問(7)　電気量保存の下での並列コンデンサー回路の電気量を導出できるかを問う。

設問(8)　最終的な定常状態では電荷移動が起こらなくなることが同電圧となることと等価であることを見抜くことができるかを問う。

問題Ⅲ

設問(1)　薄膜の干渉の理解を問う。屈折率が小さい媒質から大きい媒質に入る境界で反射した場合，反射波の位相が 180° ずれることの理解を問う。

設問(2)　２つの反射面で，位相反転の有無が変わる状況の理解を問う。

設問(3)　設問(2)の条件を理解し，応用できる力を問う。

設問(4)　媒質中での光路が屈折率倍長くなることの理解を問う。設問(5) 以降への誘導を兼ねる。

設問(5)　光の干渉条件の理解を問う。

設問(6)　設問(5)の状況を発展させ，一波長分ずれた干渉が起きる方向の理解を問う。

設問(7)　設問(5)の状況を発展させ，波長が変わった時に干渉が起きる方向の理解を問う。

問題I　正解・解答例

(1) [答]

$T=\quad mg$	$T_1=\quad \dfrac{\sqrt{3}}{2}mg$	$T_2=\quad \dfrac{1}{2}mg$

(2) [計算]

重心まわりのモーメントの釣り合い

$$F_1=F_2$$

水平方向の力の釣り合い

$$F_1+F_2=T\sin 30°$$

鉛直方向の力の釣り合い

$$mg=T\cos 30°$$

$$F_1=F_2=\frac{1}{2}mg\tan 30°=\frac{mg}{2\sqrt{3}}$$

[答]

$F_1=\quad \dfrac{mg}{2\sqrt{3}}$	$F_2=\quad \dfrac{mg}{2\sqrt{3}}$

(3) [答]

$T=\quad \dfrac{2}{\sqrt{3}}mg$	$T_1=\quad \dfrac{2}{\sqrt{3}}mg$	$T_2=\quad 0$

(4) [計算]

張力の最小値

$$T_{\min}=Mg\cos 30°=\frac{\sqrt{3}}{2}Mg$$

張力の最大値

運動エネルギーの保存則から質点の速さの最大値を求める

$$\frac{1}{2}Mv^2=Mgb(1-\cos 30°)$$

$$v^2=2gb(1-\cos 30°)$$

$$T_{\max}=Mg+\frac{Mv^2}{b}=Mg+2Mg(1-\cos 30°)=\left(3-\sqrt{3}\right)Mg$$

[答]

$T_{\max}=\quad \left(3-\sqrt{3}\right)Mg$	$T_{\min}=\quad \dfrac{\sqrt{3}}{2}Mg$

(5)

(あ) [答]	(い) [答]	(う) [答]	(え) [答]
(ク)	(イ)	(エ)	(サ)

(6) [答]

(エ)

(7) [答]

(イ)

問題Ⅱ　正解・解答例

(1) ［答］

（イ）

(2) ［答］

$Q_{\mathrm{X}} = -\dfrac{2Q}{3}$　　$Q_{\mathrm{Z}} = -\dfrac{Q}{3}$

(3) ［答］

$C_{\mathrm{X}} = \dfrac{2Q}{3V}$　　$C_{\mathrm{Z}} = \dfrac{Q}{3V}$

(4) ［答］

QV

(5) ［答］

$\dfrac{1}{2}QV$

(6) ［計算］

極板間の電気容量は極板間の距離に反比例するので，　$C_{\mathrm{X}}:C'_{\mathrm{X}} = \dfrac{1}{\frac{d}{3}}:\dfrac{1}{\frac{3d}{4}} = 1:\dfrac{4}{9}$

設問(3)より　$C_{\mathrm{X}} = \dfrac{2Q}{3V}$　であるから　$C'_{\mathrm{X}} = \dfrac{4}{9}C_{\mathrm{X}} = \dfrac{8Q}{27V}$　となる。 同様にして，$C'_{\mathrm{Z}} = \dfrac{8}{3}C_{\mathrm{Z}} = \dfrac{8Q}{9V}$

スイッチ1を開いた後，金属板Yに蓄えられている電荷Q_{Y}は保存されるので,
金属板Yの電位をV_{Y}として

$Q_{\mathrm{Y}} = Q = (C'_{\mathrm{X}} + C'_{\mathrm{Z}})V_{\mathrm{Y}} = \left(\dfrac{8Q}{27V} + \dfrac{8Q}{9V}\right)V_{\mathrm{Y}} = \dfrac{32Q}{27V}V_{\mathrm{Y}}$　となる。したがって，$V_Y = \dfrac{27}{32}V$

［答］

$C'_{\mathrm{X}} = \dfrac{8Q}{27V}$

［答］

$C'_{\mathrm{Z}} = \dfrac{8Q}{9V}$

［答］V_{Y}の選択肢

（キ）

(7) ［計算］

金属板Yの電荷をQ_{Y}，金属板Xの電荷を$-Q'_{\mathrm{X}}$，金属板Zの電荷を$-Q'_{\mathrm{Z}}$，金属板Yの電位をV'とすると，

$Q_{\mathrm{Y}} = Q'_{\mathrm{X}} + Q'_{\mathrm{Z}} = (C'_{\mathrm{X}} + C'_{\mathrm{Z}})V'$　となる。

コンデンサー1に蓄えられている電荷をQ'とすると，　$V' = Q'/C$ となる。

また，電荷の保存により　$Q_{\mathrm{Y}} + Q' = Q$　であるから，$Q_{\mathrm{Y}} = Q'_{\mathrm{X}} + Q'_{\mathrm{Z}} = (C'_{\mathrm{X}} + C'_{\mathrm{Z}})\dfrac{Q - Q_{\mathrm{Y}}}{C}$

が得られる。設問(6)より，　$C'_{\mathrm{X}} + C'_{\mathrm{Z}} = \dfrac{32Q}{27V}$　であるから，$\left(C + \dfrac{32Q}{27V}\right)Q_{\mathrm{Y}} = \dfrac{32Q}{27V}Q$

よって，　$Q_{\mathrm{Y}} = \dfrac{32Q^2}{27CV + 32Q}$

［答］

$\dfrac{32Q^2}{27CV + 32Q}$

(8) ［答］

$V_2 = \quad V$

問題Ⅲ　正解・解答例

(1) [答]

$$t_{\mathrm{A}} = \frac{\lambda}{n_{\mathrm{A}}}\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{2}m\right)$$

(2) [答]

$$t_{\mathrm{B}} = \frac{\lambda}{n_{\mathrm{B}}}\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{2}m\right)$$

(3)

(あ)	(い)	(う)
ア	ア	ウ

(4) [答]

$$(n-1)\cdot u$$

(5)

（ウ）

(6) [計算]　光路差は

$$nd\sin\theta - d\sin(\theta-\alpha)$$

$$\fallingdotseq (n-1)d\sin\theta + \alpha d\cos\theta$$

(5) より

$$= m\lambda + \alpha d\cos\theta$$

波長 λ の $m+1$ 倍なので

$$\lambda = \alpha d\cos\theta$$

ゆえに$\alpha = \dfrac{\lambda}{d\cos\theta}$

[答]

$$\alpha = \frac{\lambda}{d\cos\theta}$$

(7) [計算]　光路差は

$$nd\sin\theta - d\sin(\theta-\beta)$$

これが波長$\lambda + \Delta\lambda$ の m 倍なので

$$nd\sin\theta - d\sin(\theta-\beta) = m(\lambda+\Delta\lambda)$$

$$\cancel{(n-1)d\sin\theta} + \beta d\cos\theta \fallingdotseq \cancel{m\lambda} + m\Delta\lambda$$

（(5) の解答を用いた）

ゆえに$\beta = \dfrac{m\Delta\lambda}{d\cos\theta}$

[答]

$$\beta = \frac{m\Delta\lambda}{d\cos\theta}$$