受験番号	学部　　　　番

A — 1

物　理　解　答　用　紙

（標準的な正答例であり、この他にも正解となる解答はあります。）

1

評点		

問1

〔説明と計算式〕

円柱にはたらく重力と浮力がつり合う。

$$\rho Shg = \rho_0 SLg$$

ρ について解くと，

$$\rho = \frac{L}{h}\rho_0$$

答　$\rho = \frac{L}{h}\rho_0$

問2

〔説明と計算式〕

上に載せたおもりの重力と浮力の増加分がつり合う。

$$mg = \rho_0 S x_0 g$$

x_0 について解くと，

$$x_0 = \frac{m}{\rho_0 S}$$

答　$x_0 = \frac{m}{\rho_0 S}$

問3

(1)〔説明と計算式〕

円柱の質量は，ρSh

変位が x のとき，円柱にはたらく運動方程式は，

$$\rho Sha = \rho Shg - \rho_0 S(L+x)g = -\rho_0 Sxg$$

$$a = -\frac{\rho_0 g}{\rho h}x$$

問 1 の ρ の式を代入して，整理すると，

$$a = -\frac{g}{L}x$$

答　$a = -\frac{g}{L}x$

(2)〔説明と計算式〕

(1) で求めた式は，単振動の式 $a = -\omega^2 x$ に相当する。

そのときの周期 T は，$T = \frac{2\pi}{\omega}$ で与えられる。

$\omega^2 = \frac{g}{L}$ なので，$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

答　$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

(3)〔説明と計算式〕

円柱の底面が原点を通るときに，速さは最大 V となる。

単振動は，半径 x_0 の等速円運動を x 軸方向に射影した運動と同等である。

そのとき，$x = 0$ を通るときの等速円運動の接線方向の速さが，V を与える。

$$V = x_0\omega = x_0\sqrt{\frac{g}{L}} = \frac{m}{\rho_0 S}\sqrt{\frac{g}{L}}$$

途中，問 2 で求めた x_0 の式を代入した。

(別解も可:略)

答　$V = \frac{m}{\rho_0 S}\sqrt{\frac{g}{L}}$

小計		

受験番号	学部　　　　番

A — 2

物　理　解　答　用　紙

（標準的な正答例であり、この他にも正解となる解答はあります。）

2

問1

[説明と計算式]　状態変化A→Bは，定圧変化であるので，外部に対してする仕事 W'_{AB} は

$$W'_{\mathrm{AB}} = 4p\,(4V - V) = 12\,pV$$

答　$W'_{\mathrm{AB}} =$ 　$12\,pV$　（別解：$3RT$ も可）

問2

[説明]

サイクルを1周するともとの状態にもどるので，内部エネルギーの変化 ΔU は0である。

答　$\Delta U =$ 　0

問3

状態変化	A→B	B→C	C→A
Q の正負	正	負	負

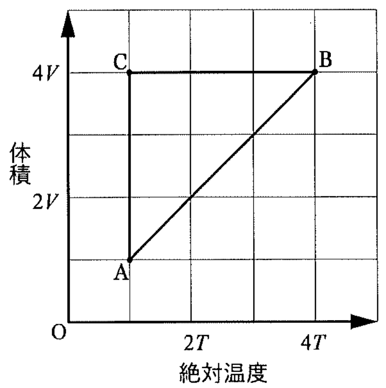
問4

[説明]

外部から仕事をされる圧縮過程はC→Aのみである。また，C→Aは等温変化であるため，外部からされた仕事が外部へ熱量としてすべて放出される。

答　ウ：C→A

問5



問6

[説明と計算式]

熱機関の熱効率の定義から $e = \frac{W'}{Q_1}$ である。

ただし，W' は正味の仕事（pV 線図で囲まれる面積）であり，Q_1 は高温物体から供給される熱量を表す。

次に，pV 図における面積の比較からわかるように，$W_{\mathrm{CA}} = W'_{\mathrm{AB}} - W' = 12pV - eQ_1$.

外部（高温物体）から熱を吸収する過程は定圧膨張A→Bのみなので，

$$Q_1 = Q_{\mathrm{AB}} = n \cdot c_p(T_B - T_A) = 1 \cdot \frac{5}{2}R \cdot 3T = \frac{15}{2}RT$$

また理想気体の状態方程式より，例えば状態Aについて考えると，$4pV = RT$．よって，$W'_{\mathrm{AB}} = 3RT$.

以上から，

$$W_{\mathrm{CA}} = \left(3 - \frac{15}{2}e\right)RT$$

答　$W_{\mathrm{CA}} =$ 　$\left(3 - \frac{15}{2}e\right)RT$

問7

答　A→CとC→B　（別解：A→C も可）

小計	

2 問7

本問題では，問3において，ある熱機関のサイクルでの熱の授受を問いました。これを踏まえて，問7において，同一サイクルを逆方向に動作させた熱機関のサイクル（冷凍のサイクル）での熱の授受を問いました。このように熱機関のサイクルの問題（※）として考えた場合，問7では系が熱を吸収する過程である「A→C と C→B」が正解となります。

他方，状態変化 C→B のみに着目して考えると，この状態変化は圧力が増加する定積変化であるため，外部から熱の供給が必要です。気体に熱を供給する熱源は，その気体よりも温度が高い物体，すなわち「高温物体」と考えて C→B を解答から除外することは，ひとつの状態変化に着目した考えとしては正しいです。

以上のように，熱機関のサイクルの問題として考えた場合は「A→C と C→B」が正解となり，ひとつひとつの状態変化の問題として考えた場合は「A→C」が正解となります。これらは，どちらも高等学校で学ぶ物理の範囲において正しく，どちらの解答も正解としました。

（※：複数の状態変化から構成される熱機関のサイクルを考えるときは，サイクルを動作させる気体（系）と外部との熱および仕事の授受を考えます。このとき，系に熱を供給するものを「高温物体」，系から熱が放出されるものを「低温物体」と総称します。また，熱機関のサイクルを逆方向に動作させた冷凍のサイクルでは，系が熱を吸収するものを「低温物体」，系から熱が放出されるものを「高温物体」と総称します。）

受験番号	学部　　　　　　番

A — 3

物　理　解　答　用　紙

（標準的な正答例であり、この他にも正解となる解答はあります。）

3

問 1

[説明と計算式]

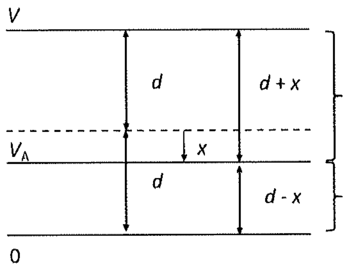
加速しているエレベータの中からばねでつるされた板を観測する場合，
非慣性系となるから，つり合いの式は
$2k(x+x_0)=ma+mg$
加速していないときは
$2kx_0=mg$　であったから，辺々引くと，
$2kx=ma$

よって，$x=\frac{ma}{2k}$

答　$x=\frac{ma}{2k}$　あるいは　$x=\frac{x_0}{g}a$

問 2

[説明と計算式]



図より，

$C_1=\varepsilon S/(d+x)$

$C_2=\varepsilon S/(d-x)$

答　$C_1=\frac{\varepsilon S}{d+x}$，　$C_2=\frac{\varepsilon S}{d-x}$

問 3

[説明と計算式]

金属板 BC 間の静電容量 C とすると，

$C=\frac{1}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}}=\frac{1}{\frac{d-x}{\varepsilon S}+\frac{d+x}{\varepsilon S}}=\frac{\varepsilon S}{2d}$，　蓄積される電荷は $Q=CV=\frac{\varepsilon S}{2d}V$

$V_A=\frac{Q}{C2}=\frac{\varepsilon S}{2d}V\frac{d-x}{\varepsilon S}=\frac{d-x}{2d}V$

答　$V_A=\frac{d-x}{2d}V$

問 4

[説明と計算式]

問 1 より，$x=\frac{ma}{2k}$ だから，上式に代入して

$V_A=V\frac{d-\frac{ma}{2k}}{2d}$，　変形して，$a=\frac{2k}{m}\left(d-2d\frac{V_A}{V}\right)$

答　$a=\frac{2k}{m}\left(d-2d\frac{V_A}{V}\right)$　あるいは　$a=\frac{g}{x_0}\left(d-2d\frac{V_A}{V}\right)$

小計	