

総合研究大学院大学 先端学術院先端学術専攻 宇宙科学コース  
入学者選抜試験 出題意図と解答例 (物理)

問1.

出題意図

剛体の運動における各種エネルギーと運動方程式を導出できることを確認する.

解答例

(1)-①~③ 姿勢変化を考慮しなくて良い剛体, すなわち質点の運動を分析できることを確認する.

(1)-①

$$\text{斜面接線方向: } M \frac{dv}{dt} = Mg \sin \alpha$$

$$\text{斜面法線方向: } N - Mg \cos \alpha = 0$$

(1)-②

$$\text{運動エネルギー: } \frac{1}{2} Mv^2$$

$$\text{位置エネルギー: } -Mgx \sin \alpha$$

(1)-③

$$x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha \cdot t^2$$

(1)-④~⑦ 剛体の運動を分析できることを確認する.

(1)-④

$$\frac{1}{2} MR^2$$

(1)-⑤

$$\text{斜面接線方向: } M \frac{dv}{dt} = Mg \sin \alpha - F$$

$$\text{斜面法線方向: } N - Mg \cos \alpha = 0$$

$$\text{回転: } \frac{1}{2} MR^2 \frac{d\omega}{dt} = R \cdot F$$

(1)-⑥

並進運動エネルギー:  $\frac{1}{2}Mv^2$

回転運動エネルギー:  $\frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{4}MR^2\omega^2$

位置エネルギー:  $-Mgx \sin \alpha$

(1)-⑦

$$x(t) = \frac{1}{3}g \sin \alpha \cdot t^2$$

(2)-①~④ 動きに制約のある剛体の運動を分析できることを確認する.

(2)-①

接線方向運動方程式:  $M(R-r)\frac{d^2\theta}{dt^2} = F - Mg \sin \theta$

法線方向運動方程式:  $M(R-r)\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = N - Mg \cos \theta$

回転の運動方程式:  $I\frac{d^2(\varphi-\theta)}{dt^2} = -rF$

(2)-②

円板の並進運動エネルギー:  $\frac{1}{2}M\left\{(R-r)\frac{d\theta}{dt}\right\}^2$

円板の回転運動エネルギー:  $\frac{1}{2}I\left\{\frac{d(\varphi-\theta)}{dt}\right\}^2$

円板の重心の位置エネルギー:  $Mg\{(R-r) - (R-r)\cos\theta\} = Mg(R-r)(1 - \cos\theta)$

(2)-③

$$R\theta = r\varphi$$

(2)-④

$\theta$ についての運動方程式:  $(Mr^2 + I)(R-r)\frac{d^2\theta}{dt^2} = -Mgr^2 \sin\theta$

周期:  $2\pi\sqrt{\frac{3(R-r)}{2g}}$

## 問2.

### 出題意図

一様な磁場(磁界)中に置かれた平行レール上を運動する導体棒に関する問題。

- (1) 電磁気学に対する高校物理レベルの理解力があることを確認する。
- (2)(3) 電磁気学に対する学部基礎レベルの理解力があることを確認する。
- (4) 以上を元に発展的な考察ができることを確認する。

### 解答例

(1) ファラデーの法則およびオームの法則を用いて誘導起電力や電流を計算する。

- (ア)  $v_0BL$
- (イ)  $v_0BL/R$
- (ウ) 左向き

(2) 導体棒に作用するローレンツ力を用いて運動方程式を立式する。

- (エ) 右向き
- (オ)  $I(t)BL$

(3) 導体棒が動き出した後の状況について運動方程式を立式し、電流 $I(t)$ が時間 $t$ の関数(指数関数)となっていることを導く。

(カ)

$$\frac{V_0}{R} \exp\left\{-\frac{(BL)^2}{MR}t\right\}$$

(キ)

$$\frac{V_0}{BL} \left(1 - \exp\left\{-\frac{(BL)^2}{MR}t\right\}\right)$$

これらの時間  $t \rightarrow \infty$  の極限を取ることにより、

- (ク) 0
- (ケ)

$$\frac{V_0}{BL}$$

(4) 導体棒①および導体棒②の両方が動く定常状態について、導体棒の誘導起電力を考慮し、全体を1つの回路とみなしてキルヒホッフの法則を立式する。

(コ)

$$v_0 - \frac{mgr}{(BL)^2}$$