

2026 年度 大学院 理工学研究科 博士前期課程
一般入学試験 2 期 物理学専攻
専門科目

試験室への持ち込み：関数電卓 持ち込み可

【解答上の注意】出題された 4 問の中から 2 問を選び、それらの解答をそれぞれ別の解答用紙に記入せよ。

問題 1

運動をしている質点の位置ベクトルが $\mathbf{r}(t) = (r_{0x}, v_{0y}t, -\frac{1}{2}gt^2 + v_{0z}t)$ で表される。

ただし、 r_{0x}, v_{0y}, v_{0z} は正の定数であり、 g は重力加速度である。また、 z 軸は鉛直上向きとする。

- (1) 時刻 $t = 0$ における位置ベクトル $\mathbf{r}(0)$ を求めよ。
- (2) 質点の速度ベクトル $\mathbf{v}(t)$ を求めよ。
- (3) 質点の加速度ベクトル $\mathbf{a}(t)$ を求めよ。
- (4) 質点の加速度の大きさを求めよ。
- (5) 質点はどのような運動をしているか記述せよ。

2026 年度 大学院 理工学研究科 博士前期課程
一般入学試験 2 期 物理学専攻
専門科目

試験室への持ち込み：関数電卓 持ち込み可

問題 2

真空中において、静止していた質量 m 、電気量 q の電荷を、 z 方向へ電位差 V をかけて加速した。

以下の問に答えよ。ただし、真空の誘電率を ε_0 とする。

- (1) 電荷は、加速終了後に z 方向へ速さ v で等速直線運動を行った。 v を求めよ。
- (2) 前問(1) の等速直線運動をしている電荷が、時刻 $t = 0$ のとき座標 $(0, 0, 0)$ にあった。

時刻 t における電荷の位置 $r(t)$ を答えよ。

以下、電荷が前問(2) で与えられている位置 $r(t)$ にあり、前問(1) で与えられているような等速直線運動をしている場合について考える。

- (3) 点 P の座標を $\boldsymbol{x} = (x, y, z)$ とする。点 P における時刻 t での電束密度 $\boldsymbol{D}(\boldsymbol{x}, t)$ を求めよ。
- (4) 点 P における時刻 t での変位電流密度 $\boldsymbol{i}_d(\boldsymbol{x}, t)$ を求めよ。

2026 年度 大学院 理工学研究科 博士前期課程
一般入学試験 2 期 物理学専攻
専門科目

試験室への持ち込み：関数電卓 持ち込み可

問題 3

調和振動子型ポテンシャル $U(x) = \frac{1}{2}m\omega^2 x^2$ に束縛された質量 m の粒子について考える。

- 1) ハミルトニアン H を定義し、シュレーディンガー方程式をかけ。
- 2) 次元解析を行い、 $\hbar, \omega, m, x$ から無次元の変数 ξ を定義し、それによって 1) のシュレーディンガー方程式を書き換えよ。
- 3) 生成・消滅演算子 $a^\dagger, a$ を定義して、 H を書き換えよ。
- 4) エネルギー固有値を求めよ。
- 5) 基底状態 $|0\rangle$ の波動関数 $\psi_0(x) := \langle x|0\rangle$ を、 $0 = \langle x|a|0\rangle = a\psi_0$ 解いて求めよ。
次に基底状態を x 正方向に l だけ平行移動した状態 $|0; l\rangle := e^{-\frac{i}{\hbar}pl}|0\rangle$ を考える。
- 6) $|0; l\rangle$ の波動関数 $\psi_{0;l}(x) := \langle x|e^{-\frac{i}{\hbar}pl}|0\rangle$ を求めよ。
- 7) 運動量演算子 $p = \frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial x}$ を $a^\dagger, a$ で表せ。
- 8) b, c を定数として $e^{ba^\dagger}e^{ca} = e^{ba^\dagger+ca+\frac{bc}{2}[a^\dagger, a]}$ が成り立つことを用いて、 A, λ を定数として $|0; l\rangle$ を $Ae^{\lambda a^\dagger}|0\rangle$ の形に書き換えよ。
- 9) $|0; l\rangle$ が時間発展した状態 $e^{-\frac{i}{\hbar}Ht}|0; l\rangle$ を計算して、これを $A(t)e^{\lambda(t)a^\dagger}|0\rangle$ の形に書き換えよ。
- 10) $e^{-\frac{i}{\hbar}Ht}|0; l\rangle$ の波動関数 $\psi_{0;l}(x, t)$ を求めて、粒子の存在確率密度 $|\psi_{0;l}(x, t)|^2$ を計算せよ。
そして $|\psi_{0;l}(x, t)|^2$ がどのように時間発展するかを簡潔に説明せよ。

2026 年度 大学院 理工学研究科 博士前期課程
一般入学試験 2 期 物理学専攻
専門科目

試験室への持ち込み：関数電卓 持ち込み可

問題 4

下の問いに答えよ。計算や考えの過程を省略せずに記述すること。

- (1) 黒体放射のスペクトルであるプランク関数は下記の式で与えられる。

$$B_\nu(T) = \frac{2h\nu^3/c^2}{\exp(h\nu/kT) - 1}$$

電波領域においては $h\nu \ll kT$ であるとみなし、上式を T の一次関数で近似せよ。

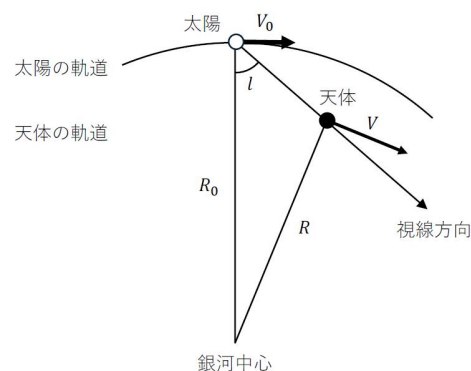
- (2) ある銀河において、下記の形で重力ポテンシャルが与えられているとする (Miyamoto-Nagai Potential)。

$$\Phi(R, z) = - \frac{GM}{\sqrt{R^2 + (a + \sqrt{b^2 + z^2})^2}}$$

このポテンシャルのもとで $z = 0$ の平面内を半径 R の円を描いて運動する物体の速度 $v(R)$ を求めよ。

- (3) 太陽が、銀河中心から半径 R_0 のところを速度 V_0 で公転しているとする。また、図のように、銀河中心から半径 R のところを速度 V で公転する天体があるとする (ただし $R_0 > R$)。銀河中心～太陽～この天体のなす角度を l とする。この天体を太陽から観測する場合、視線速度（後退速度） v_r を、求めよ。

なお、太陽と天体は同一平面内を運動し、その公転軌道は円軌道とする。



受験番号	氏 名

2026 年度 大学院 理工学研究科 博士前期課程
一般入学試験 2 期 物理学専攻
専門科目

解答用紙（横書きで解答すること）

選択した問題の番号（問題 ）

※得点欄
／ 100 点

受験番号	氏 名

2026 年度 大学院 理工学研究科 博士前期課程
一般入学試験 2 期 物理学専攻
専門科目

解答用紙（横書きで解答すること）

選択した問題の番号（問題 ）