

受験番号	理科教育領域
------	--------

令和6年度

筑波大学大学院 教育学学位プログラム 博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 (10月実施)

専門科目

(13:00～15:00)

解答要領

次の事項に注意して解答しなさい。

1. 「解答はじめ」の合図があるまでは解答を始めてはいけません。
2. 「解答やめ」の合図があれば直ちに筆記用具を置いてください。合図の後も筆記用具を持っている場合には不正行為と見なします。
3. 専門科目の問題には「教科教育に関する問題」と「教科専門に関する問題」があります。問題用紙の枚数は「教科教育に関する問題」が1枚、「教科専門に関する問題」が14枚です。
4. 「教科教育に関する問題」は全ての問題に解答してください。「教科教育に関する問題」の答案用紙は2枚です。「教科教育に関する問題」は2問ありますので、問いごとに答案用紙1枚を使用し、それぞれの問題番号を明記して解答してください。
5. 「教科専門に関する問題」については、【物理学】、【化学】、【生物学】、【地学】の4分野のうちから1分野を選択し、選択した分野名を答案用紙に記入した上で解答してください。「教科専門に関する問題」の答案用紙は3枚です。
6. 答案用紙のホチキス止めは外さないでください。なお、答案用紙は裏面も使用して構いません。
7. 日本語で解答してください。

【 令和6年度筑波大学大学院教育学学位プログラム博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 】

理科教育領域

専門科目（ 教科教育に関する問題 ）

15枚のうち 1枚目

次の2問すべてに答えなさい。解答にあたっては、1問につき1枚の答案用紙を使用し、問の番号と解答を答案用紙に記入しなさい。

問1 科学概念の説明には、様々な「モデル」がよく用いられる。理科学習におけるモデルの有用性とその限界について、具体例を示しながら説明しなさい。

問2 理科におけるものづくり活動の意義と指導上の留意点について、具体的に説明しなさい。

【 令和6年度筑波大学大学院教育学学位プログラム博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 】

理科教育領域

専門科目（ 教科専門に関する問題 ）

15枚のうち 2枚目

【物理学】

以下のすべての問いについて、問いの番号と解答を答案用紙に記入しなさい。
なお、答案用紙は裏面も使用してよい。

問1 次の英文を読み、問いに答えなさい。

（出典：Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands,
“The Feynman Lectures on Physics Volume I” (1963)）

（著作権法に基づき削除）

注) axiom: 公理, deduction: 演繹

（次ページにつづく）

【 令和6年度筑波大学大学院教育学学位プログラム博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 】

理科教育領域

専門科目（ 教科専門に関する問題 ）

15枚のうち 3枚目

- (1) 下線部の“*We cannot do it in this way*”の意味する内容を、日本語で具体的に説明しなさい。
- (2) 下線部の“*two reasons*”について、本文で述べている内容を日本語で説明しなさい。

問2 図1に示すように、質量が m と $2m$ の2つの物体が、質量の無視できるバネで結ばれており、滑らかな水平面上を動くことができる。2つの物体は、はじめ静止していたものとする。質量が m の物体に、バネと平行に右向きの撃力を加えて初速 V を与えた。その後、バネが最も縮んだ瞬間の2つの物体の運動について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 運動量の保存法則を用いて、2つの物体の速さを求めなさい。
- (2) 2つの物体の運動エネルギーの和 T と、バネの弾性力による位置エネルギー U の比 $T:U$ の値を求めなさい。

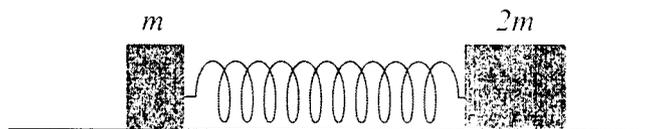


図1

(次ページにつづく)

【 令和6年度筑波大学大学院教育学学位プログラム博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 】

理科教育領域

専門科目（ 教科専門に関する問題 ）

15枚のうち 4枚目

問3 半径 a で厚さが無視できる中空の円筒に、単位長さあたり Q の電荷が一様に分布している。この円筒の中心から半径 r のところでの電場の大きさを、 $r < a$ と $r > a$ のそれぞれの場合について求めなさい。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 とする。

問4 図2に示すような、水平方向に滑らかに動くピストンがついた、断面積が $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ のシリンダーの内部に気体を閉じ込め、シリンダーの外部の圧力を常に $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保つ。この気体に $5.0 \times 10^2 \text{ J}$ の熱を加えたところ、ピストンが $1.0 \times 10^{-1} \text{ m}$ 動いた。このとき、気体のした仕事と気体の内部エネルギーの変化を求めなさい。



図2

(次ページにつづく)

【 令和6年度筑波大学大学院教育学学位プログラム博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 】

理科教育領域

専門科目（ 教科専門に関する問題 ）

15枚のうち 5枚目

問5 光が波の性質を持つことは、屈折、干渉、回折などの現象を示すことにより明らかとなった。これらに関して、以下の問に答えよ。必要に応じて、考え方や途中の計算も示すこと。

光についても、波の重ね合わせの原理が成り立つ。一般に、位置 x 、時刻 t における波の変位を $D(x, t)$ と表すと、2つの波が存在し、それぞれの変位が $D_1(x, t)$ および $D_2(x, t)$ で与えられるとき、2つの波が重なり合っできる合成波の変位 $D_{12}(x, t)$ は

$$D_{12}(x, t) = \boxed{\text{式(A)}}$$

で与えられる。

(1) 式(A) を $D_1(x, t)$ 、 $D_2(x, t)$ を用いて書きなさい。

図3に示すようなヤングの二重スリットの実験装置を考える。図の左から平面波とみなせる波長 λ の光が衝立に対し垂直に進行している。スリットを通った光は図の右端にある、衝立に平行なスクリーンに達する。衝立からスクリーンまでの距離は L であり、2つのスリット間の距離は d である。ただし、距離 L は d と比べて十分に大きく、一つ一つのスリットの幅は波長 λ と同程度である。

図に示した平面内を扱うこととし、スクリーン上の点 P を考える。2つのスリットの中点を O としたとき、 OP と光の入射方向のなす角度は θ である。2つのスリットを通り点 P に達する2つの光路 ℓ_1 と ℓ_2 の差 $\Delta\ell \equiv |\ell_2 - \ell_1|$ は、よい近似で、

$$\Delta\ell = |d \sin \theta|$$

で与えられる。

(2) $d \ll L$ のとき $\Delta\ell = |d \sin \theta|$ と近似できることを示しなさい。

(次ページにつづく)

【 令和6年度筑波大学大学院教育学学位プログラム博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 】

理科教育領域

専門科目（ 教科専門に関する問題 ）

15枚のうち 6枚目

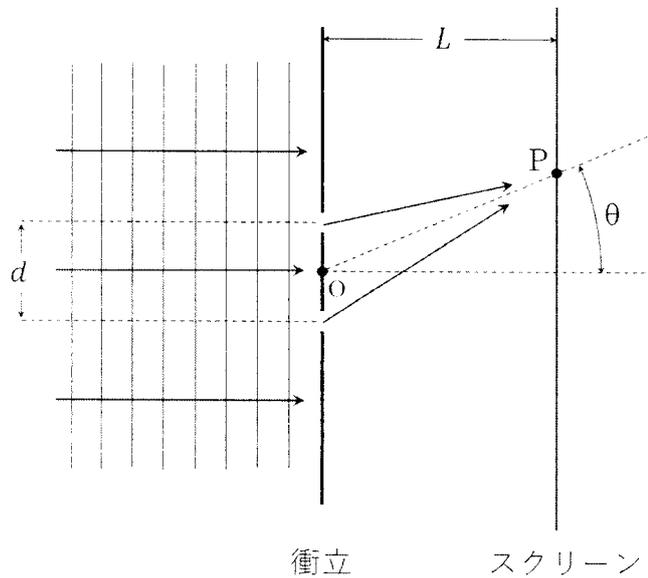


図3. 左から平面波の光（波長 λ ）が入射し、衝立の2つのスリットを通り、右のスクリーンに到る。衝立より左の領域における上下方向の線は、入射する光の等位相面を表す。

スクリーン上の光の強さが、この点Pにおいて極大となったとすると、2つの経路を通る光の光路差 Δl は、整数 n を用いて

$$\Delta l = \boxed{\text{式(B)}}$$

と書ける。

(3) 式(B) を、整数 n を用いて書きなさい

(次ページにつづく)

【 令和6年度筑波大学大学院教育学学位プログラム博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 】

理科教育領域

専門科目（ 教科専門に関する問題 ）

15枚のうち 7枚目

次に、図4に示すような単スリットの実験装置を考える。二重スリットの場合と同様に波長 λ の平面波の光が左から入射している。スリットは一つのみ存在し、その幅は a である。また、距離 L はスリット幅 a と比べて十分に大きく、 a は光の波長 λ と同程度である。スクリーン上の任意の点を P とし、スリットの中心と点 P を結ぶ線は、光の入射方向と角度 θ を持つとする。

光がこのような装置を通過したときのふるまいは、回折と呼ばれる。スクリーン上の光の強度分布を求めるのに、以下のように考えてみる。

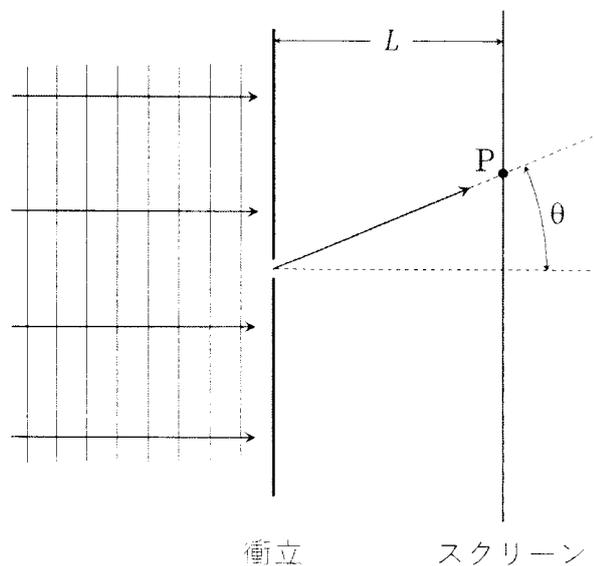


図4. 左から平面波の光（波長 λ の）が入射し、衝立に開いた単一スリットを通り、右のスクリーンに到る

（次ページにつづく）

【 令和6年度筑波大学大学院教育学学位プログラム博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 】

理科教育領域

専門科目（ 教科専門に関する問題 ）

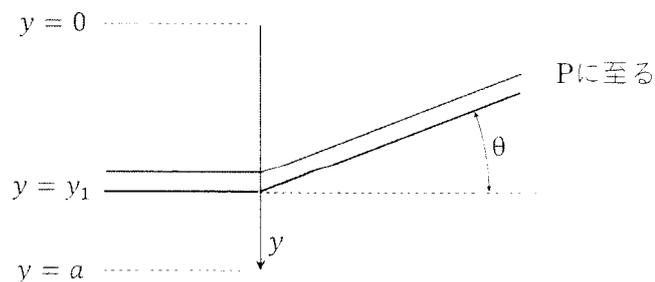
15枚のうち 8枚目

図5は、図4のスリット付近の拡大図である。スリットの上端から下端に向かう方向に y 軸をとり、上端を $y = 0$ 、下端を $y = a$ とする。スリットに入射した光は、ホイヘンスの原理に従い、スリット内の各点から同心円状の等位相面をもって等方的に広がると考える。このとき、スリットを通り、スクリーン上の点 P に向かう光は、 $y = 0$ から $y = a$ までの各点から点 P に達する多数の光の波の重ね合わせと考えることができる。

ある位置 $y = y_1$ を通過する光は、 $y = 0$ を通過する光に比べて、点 P に到るまでの光路は $\Delta l(y_1)$ だけ異なる ($\theta \approx 0$ の場合を除き、 $\theta > 0$ のとき $\Delta l(y_1) > 0$ であり、 $\theta < 0$ のとき $\Delta l(y_1) < 0$ とする)。ここで $a \ll L$ との条件の下、 $\Delta l(y_1)$ は

$$\Delta l(y_1) = \boxed{\text{式(C)}}$$

と近似できる。



衝立

図5. 図4の衝立のスリット付近の拡大図

(次ページにつづく)

【 令和6年度筑波大学大学院教育学学位プログラム博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 】

理科教育領域

専門科目（ 教科専門に関する問題 ）

15枚のうち 9枚目

また、 $y = 0$ を通過した光の点 P における位相を 0 とすると、 $y = y_1$ を通過した光の点 P における位相 $\phi(y_1)$ は、

$$\phi(y_1) = \boxed{\text{式(D)}}$$

である。

(4) 式(C) を書きなさい。

(5) 式(D) を書きなさい。ただし、 $k \equiv 2\pi/\lambda$ としなさい。

引き続き、単スリットについて考える。スリットを通り、点 P に到達する光は、入射位置が $y = 0$ から $y = a$ までの光の重ね合わせであるので、点 P における変位 D_p は、

$$D_p = \frac{1}{a} \int_0^a D(y) dy \quad (\text{i})$$

で与えられる。ただし、 $D(y)$ は y の位置を通過した光の、点 P における変位である。

いま、単一の波長の光を考えているので、その変位は正弦波で表される。光の角振動数を ω とすると、 $D(y)$ の位相は、時刻 t に依存する項 ωt に、上の $\phi(y_1)$ と任意の定数 ϕ_0 を加えたものを書くことができる。

つまり、変位 $D(y)$ は

$$D(y) = \boxed{\text{式(E)}} \quad (\text{ii})$$

となる。

(6) 式(E) を書きなさい。ただし、 $D(y)$ の振幅は 1 としなさい。また、定数 ϕ_0 は、角度 $\theta = 0$ における変位が $\sin \omega t$ となるようにとりなさい。

(次ページにつづく)

【 令和6年度筑波大学大学院教育学学位プログラム博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 】

理科教育領域

専門科目（ 教科専門に関する問題 ）

15枚のうち 10枚目

式(ii) を 式(i) に代入して積分を実行し、変形を行うと、点 P における変位 D_P は、 $\beta \equiv ak \sin \theta$ として、

$$D_P = \frac{\sin(\beta/2)}{\beta/2} \sin(\omega t + \beta/2) \quad (\text{iii})$$

と書ける。

- (7) 変位 D_P が 式(iii) で与えられることを示しなさい。必要であれば、三角関数についての以下の性質を用いてよい。

$$\sin(A + B) = \sin A \cos B + \cos A \sin B$$

$$a \sin x + b \cos x = c \sin(x + \delta)$$

$$\text{ただし、} c = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad \delta = \tan^{-1}(b/a)$$

$$\sin^2\left(\frac{A}{2}\right) = \frac{1 - \cos A}{2}$$

- (8) 一般に、波の強さは振幅の自乗に比例するので、光の強さは上の式(iii) の変位 D_P の振幅の自乗を考えればよい。スクリーン上での光の強さと β の関係のグラフの概形を図示しなさい。

【 令和6年度筑波大学大学院教育学学位プログラム博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 】

理科教育領域

専門科目（ 教科専門に関する問題 ）

15枚のうち 11枚目

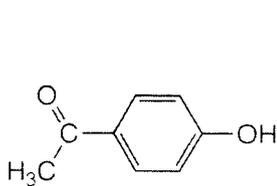
【化学】

問1～問4の解答を答案用紙に記入しなさい。

問1 第二周期元素の水素化物である CH_4 、 NH_3 、 H_2O 、 HF の中で最も酸解離平衡定数 (K_a) が大きい分子を選択し、その理由を説明しなさい。

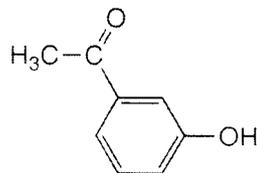
問2 炭素原子を用いて、フントの規則およびスピン多重度を説明しなさい。

問3 同じ分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$ を持つ下記の化合物A、B、Cの同圧力 (0.4 kPa) 下における沸点を比較すると、化合物AとBの沸点は同程度であるのに対し、化合物Cの沸点は明らかに低い。化合物AとBの沸点が同程度であり、化合物Cの沸点が低い理由を説明しなさい。



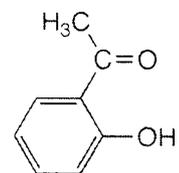
化合物A

(沸点：約 148 °C/0.4 kPa)



化合物B

(沸点：約 143 °C/0.4 kPa)



化合物C

(沸点：約 69 °C/0.4 kPa)

(次ページにつづく)

【 令和6年度筑波大学大学院教育学学位プログラム博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 】

理科教育領域

専門科目（ 教科専門に関する問題 ）

15枚のうち 12枚目

問4 次の英文を読み、以下の設問 (i) ~ (iii) に答えなさい。

(著作権法に基づき削除)

出典：P. Atkins, J. de Paula. "*Atkins' Physical Chemistry*". 10th ed.,
Oxford University Press, 2014. pp. 820-821. 一部省略

- (i) 下線部(a)を日本語に訳しなさい。
- (ii) 下線部(b)を測定することほどどのような反応を追跡するのに有用であるか、英文の内容に基づいて日本語で説明しなさい。
- (iii) 下線部(c)に示された5つの分析法の名称を日本語で記しなさい。また、そのうちのひとつについてどのような原理に基づく分析法であるか説明しなさい。

【 令和6年度筑波大学大学院教育学学位プログラム博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 】

理科教育領域

専門科目（教科専門に関する問題）

15枚のうち 13枚目

【生物学】

問1 以下の英文を読み、小問に答えなさい。

（著. 著作権法に基づき削除）

（出典：Rob Dunn 著. "Never Out of Season" より抜粋）

<脚注> *¹ cassava: キャッサバ, *² predictable: 予測のできる, *³ threatened: 絶滅のおそれのある, *⁴ fluke: 偶然, *⁵ inevitable: 不可避の.

(1) 下線部 (a) の "problems" とは具体的に何を指しているのか、本文の内容にそって答えなさい。

問2 次の3つの小問から2つを選んで、小問の番号と解答を答案用紙に記入しなさい

(1) 光合成の仕組みと、生態系におけるその役割について説明しなさい。

(2) 琉球列島や小笠原諸島には数多くの固有種が知られているが、生物の種多様性がこれらの地域で特に高い理由を説明しなさい。

(3) 血糖濃度の恒常性の維持について説明しなさい。

【 令和6年度筑波大学大学院教育学学位プログラム博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 】

理科教育領域

専門科目（ 教科専門に関する問題 ）

15枚のうち 14枚目

【地学】

問1 以下の文章を読んで下の小問(1)、(2)、(3)に答えなさい。

(著作権法に基づき削除)

(次ページにつづく)

【 令和6年度筑波大学大学院教育学学位プログラム博士前期課程
次世代学校教育創成サブプログラム入学試験問題 】

理科教育領域

専門科目（ 教科専門に関する問題 ）

15枚のうち 15枚目

（著作権法に基づき削除）

出典：AghaKouchak, A., van der Pluijm, B. (2018). We can work it out:

Avoiding disasters, *Eos*, 99, <https://doi.org/10.1029/2018EO105299>.
より抜粋.

- (1) 下線部 (a) を日本語に訳しなさい。
- (2) 下線部 (b) を日本語に訳しなさい。
- (3) 下線部 (c) を実現するためには何が必要であると筆者は述べているか。本文の内容に基づいて日本語で答えなさい。

問2 次の4つの小問(1)～(4)から2つを選んで、小問の番号と解答を答案用紙に記入しなさい。

- (1) 哺乳類の進化について説明しなさい。
- (2) 花崗岩と安山岩を薄片にして偏光顕微鏡で観察したときに観られる一般的な特徴について、鉱物の種類や大きさ、集まり方の観点からそれぞれ説明しなさい。
- (3) 地球を構成している地殻が、カヨウ岩質の上部地殻とハンレイ岩質の下部地殻に分化している理由を説明しなさい。
- (4) 下の語群から3つ選び、その用語について説明しなさい。

語群：風化作用、アレサイト、ペランボーン構造、ホイントバー、
フェイスケール、堆積物重力流、海底谷