令和４年度採用

群馬県公立高等学校教員選考試験問題

物　　　理

受験番号		氏名	

注 意 事 項

1 「開始」の指示があるまでは、問題用紙を開かないでください。

2 問題は、１ページから６ページまであります。「開始」の指示後、すぐに確認してください。

3 解答は、すべて解答用紙に記入してください。

4 「終了」の指示があったら、直ちに筆記具を置き、問題用紙と番号順に重ねた解答用紙を机の上に置いてください。

5 退席の指示があるまで、その場でお待ちください。

6 この問題用紙は、持ち帰ってください。

1　次の文章は、高等学校学習指導要領（平成３０年３月告示）の「物理基礎」の目標である。文中の空欄（　ア　）～（　ウ　）に入る語句を答えなさい。また、「理科の見方・考え方」について、「自然」、「視点」、「探究」という３つの語句を用いて詳しく説明しなさい。

> 物体の運動と様々なエネルギーに関わり，理科の見方・考え方を働かせ，見通しをもって（　ア　），（　イ　）を行うことなどを通して，物体の運動と様々なエネルギーを科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。
>
> (1) 日常生活や社会との関連を図りながら，物体の運動と様々なエネルギーについて理解するとともに，科学的に探究するために必要な（　ア　），（　イ　）などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。
>
> (2) （　ア　），（　イ　）などを行い，科学的に探究する力を養う。
>
> (3) 物体の運動と様々なエネルギーに（　ウ　）に関わり，科学的に探究しようとする態度を養う。

2　図１のような密度 ρ、底面積 S、高さ l の一様な円柱状の木片がある。これを十分大きな水槽の水の中に浮かべた。このとき、後の問いに答えなさい。ただし、水面のゆれや表面張力は無視する。また、木片は鉛直方向のみになめらかに運動し、横揺れや回転運動はせず、水中を運動する際の水による抵抗はないものとする。水の密度を $\rho_0(\rho_0>\rho)$、重力加速度の大きさを g とする。

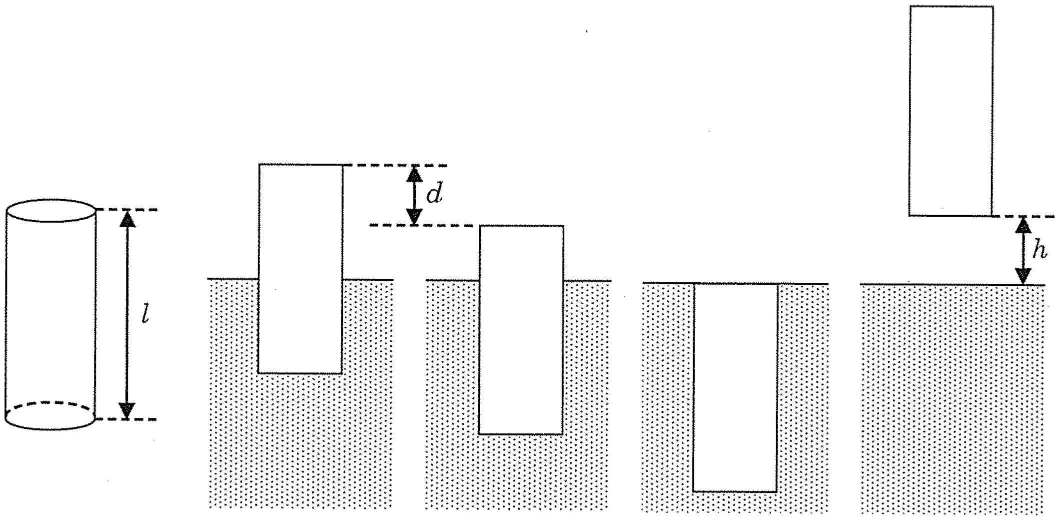


図１　図２　図３　図４　図５

(1)　木片が静止している状態(図２)から、木片を下向きに長さ d だけ押し下げ(図３)、静かに離したところ、木片は上下に振動を始めた。このとき、次の①～③の問いに答えよ。

①　このときの周期 T を求めよ。

②　振動中に、木片が静止状態と同じ位置を通過するときの木片の速さ v を求めよ。

③　この操作を北極付近で行う場合と、赤道付近で行う場合で、木片の振動の周期はどのような違いが生じるか。理由を含めて説明せよ。

(2)　次に、木片の上面が水面と同じになるまで押し下げ(図４)、静かに離した。すると、木片は水中から完全に飛び出し、水面から木片の底面までの高さが h になるまで上昇した(図５)。このとき、次の①、②の問いに答えよ。

①　高さ h を求めよ。また、解答に至る過程も記述せよ。

②　この操作において、木片が水中から完全に飛び出した瞬間から、高さ h になるまでにかかる時間 t を求めよ。

3　図１は水深が深い領域Ⅰと浅い領域Ⅱとからなる水槽を斜め上から見た図である。領域Ⅰで振動板を水面に当てて 20Hz で振動させたところ、水面波が２つの領域の境界で屈折し、波面が境界面となす角度は 45° から 30° に変化した。領域Ⅰでの平面波の波長は 0.50m であった。また、領域Ⅱ内で、波の進む方向の鉛直面内における平面波の波形は、波の進む向きに x 軸、鉛直上向きに y 軸をとると、図２の実線で表される振幅 A の正弦波であった。P、Q は実線で表される平面波の谷である。P が $x = 0$ にあるときの時刻を $t = 0$s とすると、時刻 $t = 0.110$s における平面波の波形は図２の破線のようになった。P'、Q'は破線で表される平面波の谷である。このとき、後の問いに答えなさい。ただし、円周率は π とし、答えは有効数字２桁とする。また、水槽は十分大きく水槽の側面からの反射は考えないものとする。

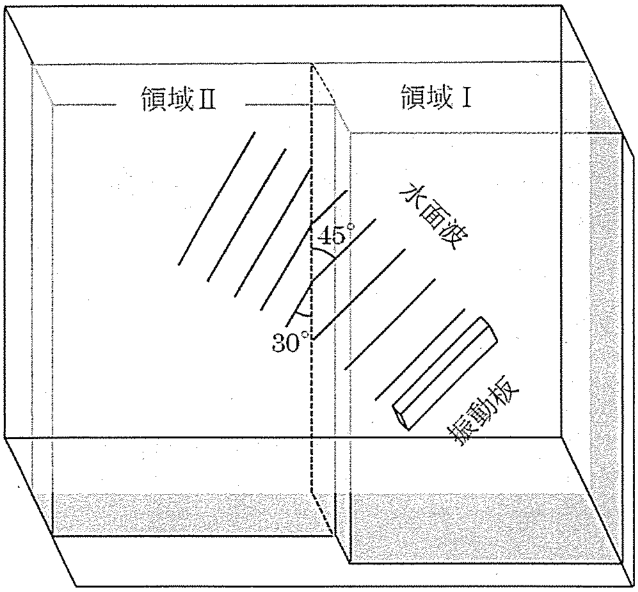


図 1

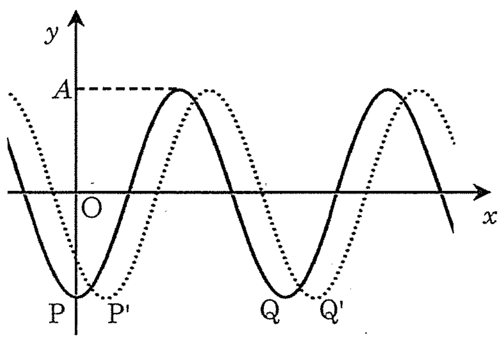


図 2

(1)　領域Ⅱ内での平面波の速さ $v_{\text{Ⅱ}}$[m/s]を求めよ。

(2)　図２の QQ'間の距離 l[m]を求めよ。

(3)　領域Ⅱ内の平面波について、位置 x[m]における時刻 t[s]の変位 y[m]を表す式を、x、t、A を用いて表せ。

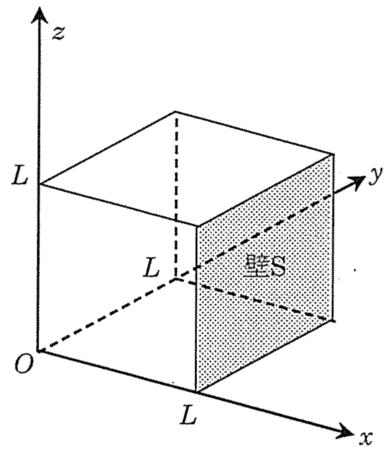
(4)　水深が次第に浅くなる海岸では、沖合から海岸線に対して斜めに進んできた波はどのように岸に打ち寄せるか。理由を含めて説明せよ。

(5)　波の伝わり方について、次の文章の（　①　）～（　③　）に入る語句を答えよ。

「波が伝わるとき、ある瞬間の（　①　）の各点から無数の（　②　）と呼ばれる球面波が発生し、これらの（　②　）に共通に接する面が、次の瞬間の（　①　）になると考える。この考え方を（　③　）の原理といい、屈折や回折などの現象を説明することができる。」

(6)　この波の速さは水深の平方根に比例するものとすると、領域Ⅰに対する領域Ⅱの水深の比はいくらか。

4　図のように、1 辺の長さ L の立方体の容器に、質量 m の単原子分子からなる理想気体が入っている。x、y、z 軸を図のようにとり、壁 S は x 軸に垂直であるとする。このとき、後の問いに答えなさい。



(1)　質量 m、速さ v の 1 個の分子が、壁 S に弾性衝突した。壁 S が 1 個の分子から受ける平均の力の大きさ f を、v の x 成分 v_x を用いて表せ。また、解答に至る過程も記述せよ。

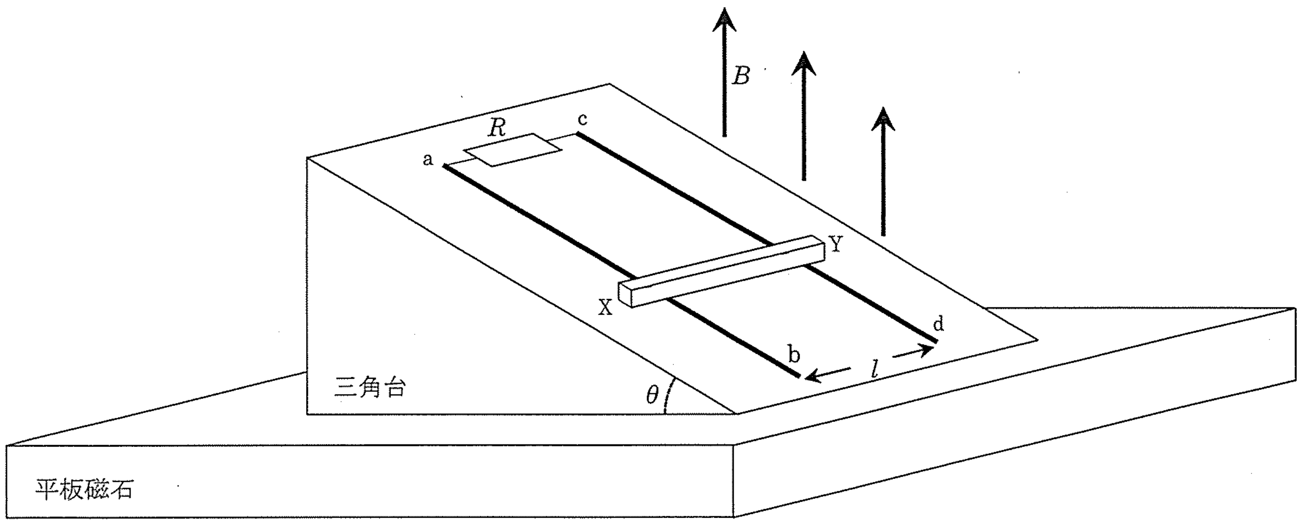
(2)　容器内に N 個の分子があり、分子は互いに衝突することなく運動しているとする。このとき、容器内の気体の圧力 P を v を用いて表せ。また、解答に至る過程も記述せよ。ただし、速さ v で動く分子の x 成分、y 成分、z 成分の大きさは平均をとると全て同じとなり、$\overline{v_x^2} = \dfrac{1}{3}\overline{v^2}$ で表せるものとする。

(3)　(2)において、容器内の気体の密度が ρ であるとき、容器内の気体の圧力 P を ρ、v を用いて表せ。

(4)　(2)において、容器内の気体の温度が T であるとき、容器内の気体の内部エネルギー U を、T を用いて表せ。ただし、アボガドロ定数を N_A、気体定数を R とする。

(5)　容器内の気体の圧力について、「容器の 1 辺の長さが L から $2L$ になると、分子が壁 S に衝突する回数が半分になるので、圧力も半分になるはずだ。」と考える生徒がいた。この考え方が正しいか誤っているかを答え、生徒に説明する場面を想定し、その理由を書け。

5　図のように、水平面に置かれた十分大きな平板磁石の上に水平と斜面のなす角が θ の三角台を固定した。三角台には十分に長い導体のレール ab とレール cd を水平となす角が θ となるように設置する。２本のレールは平行で、距離 l だけ離れており、レールの端 a と c の間には抵抗値 R の抵抗を接続する。質量 m の金属棒 XY をレールの上に静かに置くと、レールに垂直な状態を保ったまま、回転することなくすべり始め、しばらくすると一定の速さになった。このとき、後の問いに答えなさい。ただし、レールと金属棒の間の動摩擦係数を μ、重力加速度を g とし、平板磁石によって鉛直上向きで磁束密度 B の一様な磁場が生じているとする。また、回路を流れる誘導電流がつくる磁場、金属棒とレールの電気抵抗や空気抵抗は無視できるものとする。



(1)　金属棒の速さが v になった瞬間について、次の①、②の問いに答えよ。

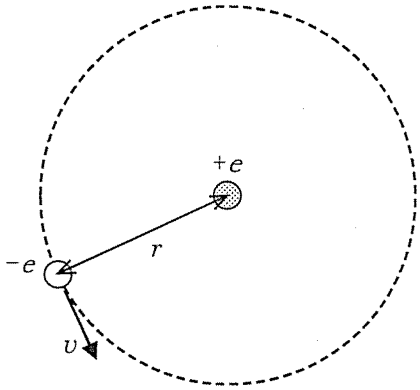
①　金属棒に生じる誘導起電力の大きさ V を求めよ。

②　金属棒の加速度 a を求めよ。

(2)　一定の速さになったときの金属棒の速さ v' を求めよ。

(3)　回路を流れる誘導電流の向きに関して、「金属棒に生じる誘導起電力によって、Y より X の方が電位が高くなるから、電流は金属棒の中を X から Y の方向へ流れるはずだ。」と考える生徒がいた。この考え方が正しいか誤っているかを答え、生徒に説明する場面を想定し、その理由を書け。

6　ボーアの理論では、水素原子中の電子が、原子核と電子との電気的な力により、原子核のまわりを等速円運動するとされている。図は、電子の質量を m、電荷を$-e$、原子核の電荷を$+e$、円運動の半径を r、電子の速さを v としたときの円運動の様子を表したものである。また、真空中のクーロンの法則の比例定数を k、プランク定数を h とし、位置エネルギーの基準を無限遠とする。このとき、後の問いに答えなさい。



(1)　電子の半径方向の運動方程式を表せ。

(2)　電子のエネルギー E を e、k、r を用いて表せ。

(3)　自然数 n を用いて、v と r の間に成り立つ、ボーアの量子条件を示せ。

(4)　電子のエネルギー E_{n} を n、m、e、k、h を用いて表せ。また、解答に至る過程も記述せよ。

(5)　高温の水素原子は特定の波長の電磁波を放射することが知られている。その理由について、(4)の結果をふまえて、電子のエネルギー準位の観点から説明せよ。

科目	物理解答用紙	2枚中の1	受験番号		氏名	

（4年）

1
ア　　イ　　ウ

「理科の見方・考え方」の説明

2 (1) ①

②

③

(2) ①

②

3 (1)

(2)

(3)

(4)

(5) ①　　②

③

(6)

4 (1)

科目	物理解答用紙	2枚中の2	受験番号		氏名	

（4年）

(2)

(3)

(4)

(5)

5 (1) ①

②

(2)

(3)

6 (1)

(2)

(3)

(4)

(5)

以下はあくまでも解答の一例です。

科目	物理解答用紙	２枚中の１	受験番号		氏名	

（４年）

1

ア 観察 5点

イ 実験 5点

ウ 主体的 5点

「理科の見方・考え方」の説明

例：自然の事物・現象を，質的・量的な関係や時間的・空間的な関係などの科学的な視点で捉え，比較したり，関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて考えること

9点

2 (1) ① 運動方程式より　$\rho Sla = -\rho_0 Sxg$

$$\therefore\ a = -\frac{\rho_0 g}{\rho l}x \qquad \therefore\ T = 2\pi\sqrt{\frac{\rho l}{\rho_0 g}}$$

5点

② エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}\rho Slv^2 = \frac{1}{2}\rho_0 Sgd^2$$

$$\therefore\ v = d\sqrt{\frac{\rho_0 g}{\rho l}}$$

5点

③例：重力は万有引力と遠心力の合力であるため、

赤道での重力加速度の値は、北極での値に比べて小さくなる。

①の結果より、

重力加速度の値が小さいほど、木片の振動の周期は大きくなるので、

北極での値より、赤道での値の方が長くなる。

9点

(2) ① 静止状態での木片の水面下の長さ x_0 は

$$\rho Slg = \rho_0 Sx_0 g \qquad \therefore\ x_0 = \frac{\rho}{\rho_0}l$$

水中から飛び出す瞬間の木片の運動エネルギーを K とすると、エネルギー保存則より

$$K + \frac{1}{2}\rho_0 Sg{x_0}^2 = 0 + \frac{1}{2}\rho_0 Sg(l - x_0)^2$$

$$\therefore\ K = \frac{1}{2}\rho_0 Sg(l^2 - 2lx_0)$$

高さ h におけるエネルギー保存則より

$$K = \rho Slgh$$

$$\frac{1}{2}\rho_0 Sg(l^2 - 2lx_0) = \rho Slgh$$

$$\therefore\ h = l\left(\frac{\rho_0}{2\rho} - 1\right)$$

9点

②水面を飛び出す瞬間の速さを v とすると、エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}\rho Slv^2 = \frac{1}{2}\rho_0 Sg(l^2 - 2lx_0) \qquad \therefore\ v = \sqrt{gl\left(\frac{\rho_0}{\rho} - 2\right)}$$

木片が水面を飛び出した後の運動を考えると

$v = v_0 + at$

$$\therefore\ \sqrt{gl\left(\frac{\rho_0}{\rho} - 2\right)} = gt \qquad \therefore\ t = \sqrt{\frac{l}{\rho g}(\rho_0 - 2\rho)}$$

9点

3 (1)

領域Ⅰ、領域Ⅱでの平面波の速さをそれぞれ v_{I}、v_{II} とすると

$$v_{\mathrm{II}} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 45^\circ}v_{\mathrm{I}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times (20 \times 0.50) = 7.071\cdots \fallingdotseq 7.1\ \mathrm{m/s}$$

5点

(2) $l = v_{\mathrm{II}} \times 0.010 = 0.07071\cdots \fallingdotseq 0.071\ \mathrm{m}$

5点

(3)

$$y = -A\cos 40\pi\left(t - \frac{x}{7.1}\right)$$

5点

(4) 例：波は水深が深い部分から浅い部分へ進むと、波の速度が遅くなるため、入射角より屈折角が小さくなるように屈折しながら進む。水深がしだいに浅くなると、進む向きは岸に近づくにつれ岸に向かうように曲がっていき、波面は岸に平行に打ち寄せる。

9点

(5) ① 波面　2点

② 素元波　2点

③ ホイヘンス　2点

(6) 領域Ⅰの水深を d_{I}、領域Ⅱの水深を d_{II} とすると

$$\frac{d_{\mathrm{II}}}{d_{\mathrm{I}}} = \frac{{v_{\mathrm{II}}}^2}{{v_{\mathrm{I}}}^2} = \left(\frac{\sin 30^\circ}{\sin 45^\circ}\right)^2 \qquad \therefore\ 0.50$$

5点

4 (1) 1回の衝突における分子の運動量変化は

$-mv_x - mv_x = -2mv_x$

t秒の間に分子が壁Sに衝突する回数は

$$v_x t \div 2L = \frac{v_x t}{2L}$$

壁Sが分子から受ける力積は作用反作用の法則より

$$ft = 2mv_x \times \frac{v_x t}{2L}$$

$$\therefore\ f = \frac{m{v_x}^2}{L}$$

9点

科目	物理解答用紙	２枚中の２	受験番号		氏名	

（４年）

(2) 壁SがN個の分子から受ける力Fは
気体分子全体のv_x^2の平均を$\overline{v_x^2}$とすると

$$F = N \times \frac{m\overline{v_x^2}}{L} = \frac{Nm\overline{v_x^2}}{L}$$

壁Sが受ける圧力Pは

$$P = \frac{F}{S} \text{ より}$$

$$P = \frac{F}{L^2} = \frac{Nm\overline{v_x^2}}{L^3}$$

$$\overline{v_x^2} = \frac{1}{3}\overline{v^2} \text{ より}$$

$$P = \frac{Nm\overline{v^2}}{3L^3}$$

９点

(3)
$$\rho = \frac{Nm}{L^3} \qquad (2)\text{より}\quad P = \frac{\overline{v^2}}{3} \times \frac{Nm}{L^3}$$

$$\therefore\ P = \frac{\rho\overline{v^2}}{3}$$

５点

(4) (2)より $P = \dfrac{Nm\overline{v^2}}{3L^3}$　　$\therefore\ N\dfrac{1}{2}m\overline{v^2} = \dfrac{3}{2}PV$

理想気体の状態方程式 $PV = \dfrac{N}{N_A}RT$ を代入すると

$$U = N\frac{1}{2}m\overline{v^2} = \frac{3}{2}PV = \frac{3}{2}\frac{N}{N_A}RT$$

５点

(5)
例：この考え方は間違っている。衝突する回数は半分になるという考えは正しいが、壁の面積は４倍となるため、結果として圧力は８分の１になると考えられる。

１０点

5 (1) ①
$$V = v\cos\theta \times B \times l = vBl\cos\theta$$

５点

② 斜面下向きを正とすると運動方程式は

$$ma = mg\sin\theta - \frac{vB^2l^2\cos\theta}{R}\cos\theta$$
$$- \mu\left(mg\cos\theta + \frac{vB^2l^2\cos\theta}{R}\sin\theta\right)$$

$$\therefore\ a = g(\sin\theta - \mu\cos\theta) - \frac{vB^2l^2\cos\theta(\mu\sin\theta + \cos\theta)}{mR}$$

９点

(2) (1) ②より $a = 0$ のとき $v = v'$ となるので

$$0 = g(\sin\theta - \mu\cos\theta) - \frac{v'B^2l^2\cos\theta(\mu\sin\theta + \cos\theta)}{mR}$$

$$\therefore\ v' = \frac{mgR(\sin\theta - \mu\cos\theta)}{B^2l^2(\mu\sin\theta + \cos\theta)\cos\theta}$$

９点

(3) 例：この考え方は間違っている。金属棒は起電力が生じているため電池とみなすことができる。Ｙより X の電位が高いため X が電池のプラス極、Ｙがマイナス極となる。回路に電池が接続されていると想定すれば、電流は X、a、c、Ｙの順に流れると考えられる。

１０点

6 (1)
$$m\frac{v^2}{r} = k\frac{e^2}{r^2}$$

５点

(2)
$$E = \frac{1}{2}mv^2 - k\frac{e^2}{r} = -\frac{ke^2}{2r}$$

５点

(3) ボーアの量子条件
$2\pi r = n\lambda$
ドブロイ波の長さλは
$\lambda = \dfrac{h}{mv}$ より
$$\therefore\ 2\pi r = \frac{nh}{mv}$$

５点

(4) (1)より $v^2 = \dfrac{ke^2}{mr}$

(3)より $r = \dfrac{nh}{2\pi mv}$　　$r^2 = \dfrac{n^2h^2}{4\pi^2m^2v^2} = \dfrac{n^2h^2}{4\pi^2m^2} \times \dfrac{mr}{ke^2}$

$$\therefore\ r = \frac{n^2h^2}{4\pi^2mke^2}$$

(2)より $E_n = -\dfrac{ke^2}{2r} = -\dfrac{ke^2}{2} \times \dfrac{4\pi^2kme^2}{n^2h^2} = -\dfrac{2\pi^2k^2me^4}{n^2h^2}$

９点

(5) 例：(4)より、$n = 1$ のときのエネルギー順位 E_1 は最小値となり電子は安定し、$n = 2,3 \cdots$ の励起状態では不安定となる。
また、(4)よりエネルギーは不連続である。そのため、例えば E_2 から E_1 へ移る際に放出される電磁波は、その差のエネルギーをもち、特定のエネルギーをもつことになる。電磁波のエネルギーと波長は対応しているため、特定の波長の電磁波が放出される。

９点