

令和4年度

広島大学光り輝き入試 総合型選抜

理学部 物理学科

筆記試験 問題

令和3年11月20日

自 13時00分

至 15時00分

答案作成上の注意

1. 試験開始の合図があるまでは、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子の総ページ数は9ページです。
3. 解答用紙は4枚、下書き用紙は3枚です。解答は、すべて対応する番号の解答用紙の所定の解答欄（表面）に記入しなさい。
4. 受験番号は、すべての解答用紙の所定の場所に、必ず記入しなさい。
5. 配付した解答用紙は、すべて回収します。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 試験終了後、下書き用紙は持ち帰りなさい。
8. 解答用紙の注意事項も、よく読みなさい。

このページは空白です。

[1] 以下の問いに答えよ。

1. 関数  $y = f(x) = -x^3(x - 2)$  について、以下の問いに答えよ。

- (1) 関数  $f(x)$  のグラフを解答用紙の  $xy$  平面に描け。  $x$  軸との交点の  $x$  座標も明記せよ。
- (2) 関数  $f(x)$  と  $x$  軸に囲まれた部分の面積を求めよ。導き方も示せ。
- (3) 関数  $f(x)$  に 2 点で接する直線がある。二つの接点の  $x$  座標を求めよ。導き方も示せ。

2. 以下の問いに答えよ。

- (1) 数列  $\{a_n\}$  が、  $a_1 = 1$ , 漸化式  $a_{n+1} = \frac{1}{3}a_n + 1$  を満たすとき、  $\{a_n\}$  の一般項を求めよ。導き方も示せ。
- (2) 複素数  $z = 1 - i$  について、  $z^n$  が実数になるための正の整数  $n$  の条件を求めよ。導き方も示せ。
- (3)  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\log_2(1+x)}{x}$  を求めよ。
- (4) 負でない整数  $x, y$  について、  $\left(\frac{2}{5}\right)^x \left(\frac{3}{5}\right)^y 5^7$  が整数になる  $x, y$  の組み合わせの数を求めよ。導き方も示せ。

[2] 次のボーアモデルに関する英文を読み、以下の問いに答えよ。

著作権保護の観点から、公開していません。

<https://www.thoughtco.com/bohr-model-of-the-atom-603815>

(by Anne Marie Helmenstine)から抜粋。参照日：2021年10月1日。一部改変。

Niels Bohr: ニールス ボーア (人名), Rutherford: ラザフォード (人名), Rydberg: リュードベリ (人名), quantum mechanics: 量子力学, spectral emission line: 輝線スペクトル, hydrogen: 水素, electron: 電子, nucleus: 原子核, be akin to :~に似ている, orbit:軌道, 軌道回転する

1. 第1段落（ 著作権保護の観点から、公開していません。 ）を和訳せよ。
2. 下線部（ 著作権保護の観点から、  
公開していません。 ）について、それぞれ、何と何が似ているのか日本語で説明せよ。
3. 上の英文に関連した以下の和文を英訳せよ。必要であれば、wavelength「波長」、integer「整数」、circumference length「円周の長さ」の英語を用いよ。

電子は波の性質を持つ。電子の円軌道の円周の長さは、電子の de Broglie 波長の $n$ 倍に等しい。 $n$ は正の整数である。

[3]

1. 図1のように、水平で滑らかな床の面に  $x$  軸とそれに垂直な  $y$  軸をとり、二つの軸の交点を原点  $O$  とする。床に垂直になるように二つの壁を立てて固定し、通路を作った。一方の壁の面は  $x$  軸に沿っており、通路を隔てて向かい合う壁の面は平行で、 $y$  軸方向に距離  $W$  だけ離れている。時刻  $t=0$  に原点  $O$  から質量  $m$  の質点を打ち出した。この時、質点の速度と  $x$  軸の正の方向がなす角度を  $45$  度とし、速度の  $x$  成分を  $v (> 0)$  とする。質点の運動に関して、以下の問いに答えよ。ただし、壁と質点の反発係数（はねかえり係数）を  $\frac{1}{2}$  とし、壁の表面は滑らかなものとする。また、床に垂直な方向の運動は考えないものとする。壁は  $x$  軸の方向に長く、質点は通路から飛び出さない。空気抵抗や摩擦は無視できるものとする。

- (1) 質点が壁と最初に衝突するときに、壁から受ける力積の大きさを求めよ。導き方も示せ。
- (2) 質点が壁に2回目に衝突するときの質点の位置の  $x$  座標を求めよ。導き方も示せ。
- (3) 質点が壁に  $n$  回目に衝突する時刻を  $t_n$  とする。 $n$  回目に衝突してから  $n+1$  回目に衝突するまでの時間  $t_{n+1} - t_n$  はいくらか。また、この間に質点の持つ運動エネルギー  $E$  はいくらか。それぞれ導き方も示せ。
- (4) 質点を何度か壁と衝突させ、速度の  $y$  成分の大きさを  $x$  成分の大きさの  $\frac{1}{10}$  以下にするためには質点を少なくとも何回、壁と衝突させる必要があるか、回数を答えよ。また、上で求めた回数だけ、質点が壁に衝突した時の質点の位置の  $x$  座標を求めよ。それぞれ導き方も示せ。

2. 図2のように、水平な床に垂直な壁面を持つ壁がある。壁の上端に長さ  $L$  の十分に軽く細い棒を取り付け、棒のもう一方の端に、質量  $m$  の質点を固定した。棒を壁に取り付けた点を原点  $O$  とし、 $x$  軸、 $y$  軸、 $z$  軸を図のように定義する。棒は原点  $O$  のまわりで  $zx$  平面内で回転できるようにした。図2のように、壁の面から測った棒の回転角を  $\theta$  とする。重力加速度は下向きでその大きさを  $g$  とし、壁と質点の反発係数を  $\frac{1}{2}$  とする。質点の大きさは無視でき、衝突は質点と壁のみで起きるものとする。棒は伸び縮みやたわんだりしない。壁の表面は滑らかである。壁は床に固定されており動かない。また、空気抵抗や摩擦は無視できるものとする。次の問いに答えよ。

- (1) はじめに質点を  $\theta = 90^\circ$  の位置にもちあげ、静かに手を離した。質点が壁に最初に衝突する直前と直後に棒が質点に及ぼす力の大きさと向きを求めよ。導き方も示せ。
- (2) 質点が1回目の衝突をした後、 $\theta$  が最大になったときの  $\cos \theta$  を求めよ。導き方も示せ。

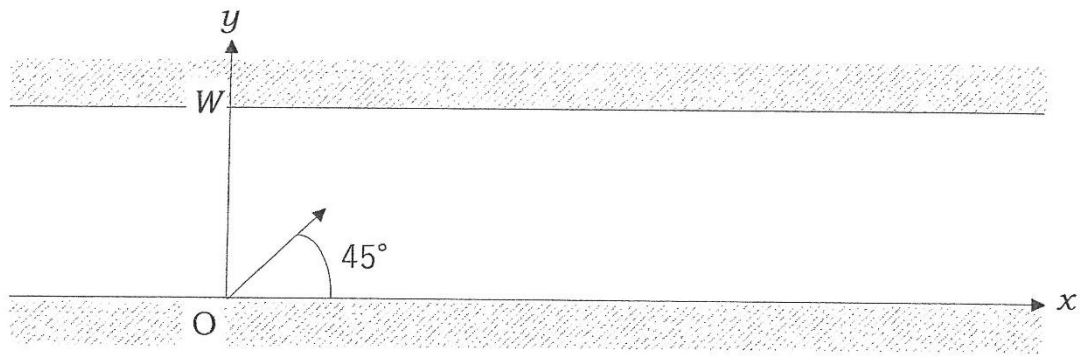


图 1

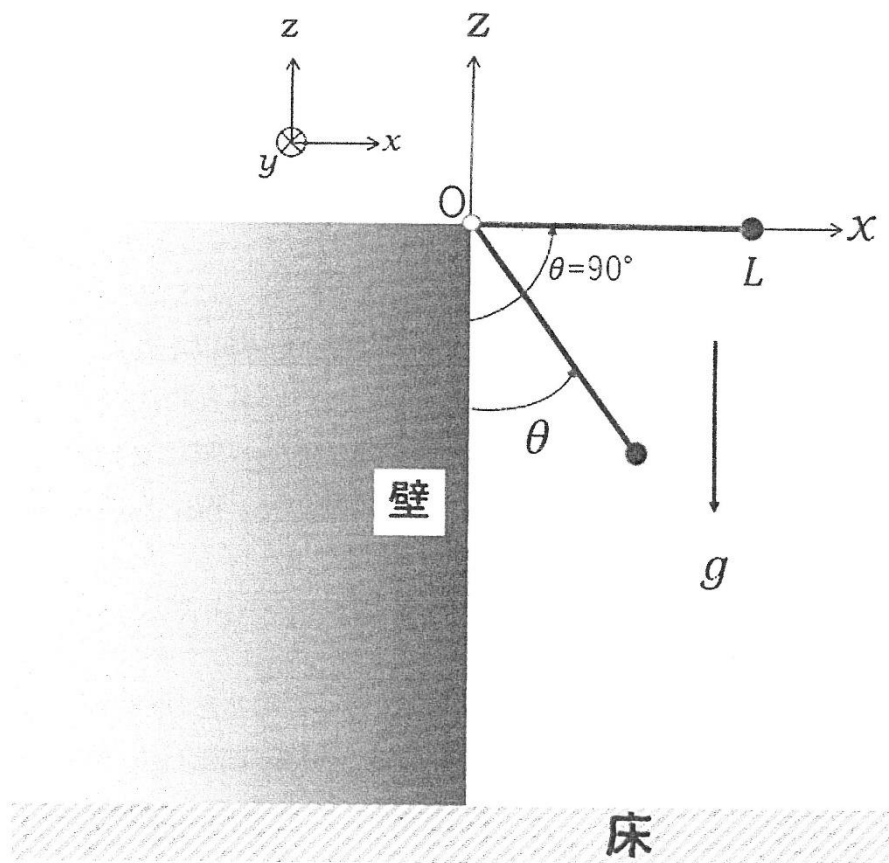


图 2

[4] 1辺の長さが $a$ である2枚の正方形の極板AとBを、真空中に距離 $d$ だけ離して向き合わせたコンデンサーについて考える。はじめに、コンデンサーは電荷がない状態で起電力 $V$ の電池とスイッチ $S$ が開いた状態につながれていた。以下の問いに答えよ。ただし $a \gg d$ であり、真空の誘電率を $\epsilon_0$ とする。また極板の厚みは $a$ や $d$ に比べて十分に薄いとする。

1. スイッチ $S$ を閉じた後、図1のように極板Bを接地（アース）した。このときの極板AおよびBの電位 $V_{A1}$ ,  $V_{B1}$ と電荷 $Q_{A1}$ ,  $Q_{B1}$ , AB間の電場（電界）の強さ $E_1$ を答えよ。電池の向きは図1の通りである。
2. 次に、問1の状態から電池のスイッチ $S$ を開き、極板AB間に比誘電率 $\epsilon_r$ の誘電体を図2のように右側から $k$ の幅ですき間なく敷き詰めた。このときのコンデンサーの電気容量は $C_2$ で、極板Aの電位は $V_{A2}$ となった。この電気容量 $C_2$ と電位 $V_{A2}$ を答えよ。ただし $a > k$ であり、 $a$ ,  $k$ ,  $d$ ,  $V$ ,  $\epsilon_0$ ,  $\epsilon_r$ のうち必要なものを用いて表せ。導き方も示せ。
3. 次に、誘電体を取り除いて、問2でスイッチ $S$ を開いた直後の状態に戻した。このときの極板Aの電荷を $Q_A$ とする。図3のように極板A, Bと同じ形状の極板CをAB間のAから $\frac{d}{2}$ の位置に挿入し、 $-\frac{Q_A}{2}$ に帯電させた。このときのAC間およびCB間の電場の強さ $E_{AC3}$ ,  $E_{CB3}$ と極板A, B, Cの電位 $V_{A3}$ ,  $V_{B3}$ ,  $V_{C3}$ を $a$ ,  $d$ ,  $V$ ,  $\epsilon_0$ のうち必要なものを用いて答えよ。導き方も示せ。
4. 次に、極板AとCを図4のように導体でつないだ。このときの極板A, B, Cの電位 $V_{A4}$ ,  $V_{B4}$ ,  $V_{C4}$ を $a$ ,  $d$ ,  $V$ ,  $\epsilon_0$ のうち必要なものを用いて答えよ。導き方も示せ。



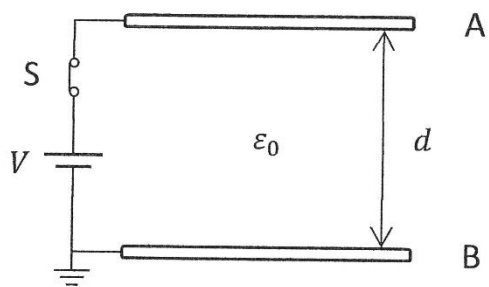


图 1

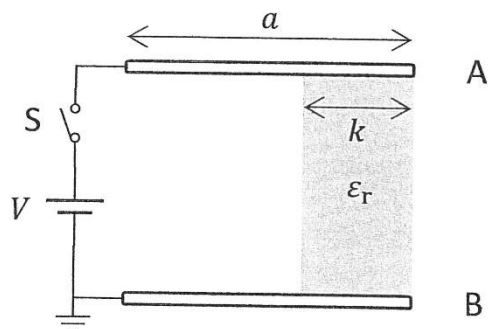


图 2

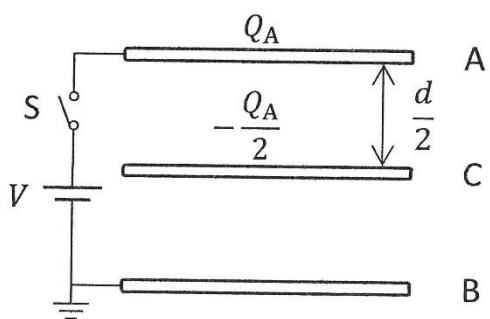


图 3

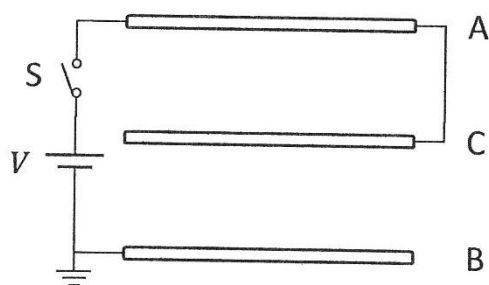


图 4