後期日程

令和２年度入学試験（後期日程）

物　理

（理工学部）

解答上の注意事項

1. 「解答始め」の合図があるまで，この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は全部で8ページあります。落丁，乱丁又は印刷不鮮明の箇所があったら，手を挙げて監督者に知らせなさい。
3. 解答紙４枚と計算紙1枚は，糊付けされています。「解答始め」の合図があったら，初めにすべての用紙を丁寧に切り離しなさい。上手に切り離せない場合や誤って破いてしまった場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
4. 問題は $\boxed{1}$ から $\boxed{4}$ まで4問あります。解答のみを，解答紙の指定された箇所に記入しなさい。
5. 解答しない問題がある場合でも，解答紙４枚すべてを提出しなさい。
6. 試験終了後，問題冊子と計算紙は持ち帰りなさい。

1

鉛直方向の中心軸のまわりで回転できる円形の回転台がある。重力加速度の大きさをgとして，以下の問いに答えよ。

(1)　回転台が角速度ωで回転しているとき，その回転数はいくらか。

図1のように，質量mの一様な直方体が回転台の上に置かれ，回転台と共に一定の角速度ωで回転している。図2は，回転台の回転軸と直方体の重心Gを含む面の断面図である。直方体は底面が一辺の長さaの正方形で高さはbであり，中心軸から直方体の重心Gまでの距離はrである。直方体と回転台との間の静止摩擦係数をμとする。

(2)　直方体の重心の加速度の大きさはいくらか。

(3)　直方体にはたらく摩擦力の向きを，次の（ア）～（エ）から1つ選べ。

(ア) 回転と同じ向き

(イ) 回転と反対の向き

(ウ) 回転の中心に向かう向き

(エ) 回転の中心から遠ざかる向き

(4)　直方体が回転台の上をすべり出す条件を，ω，g，r，μを用いた不等式で表せ。

(5)　直方体がすべらずに，回転の中心から遠ざかる向きに傾いて倒れる条件を考えた。次の文中の$\boxed{}$にあてはまる数式を答えよ。

図2において，直方体底面の，回転軸から遠い側にある端点Pのまわりの，重力のモーメントの大きさは$\boxed{\text{(i)}}$である。直方体が傾かないときは，回転台からの抗力が点Pから回転中心の方向にxだけ離れた点に作用し，重力と遠心力と抗力のモーメントがつり合っていると考えることができる。点Pのまわりの力のモーメントのつり合いから，xは，a，b，r，ω，gを用いて$\boxed{\text{(ii)}}$と書ける。抗力の作用点が底面から外れる（$x < 0$になる）と，直方体は転倒する。これは，a，b，r，ω，gを用いた不等式で，$\boxed{\text{(iii)}}$と表せる。したがって，直方体がすべらずに倒れる条件は，a，b，μを用いた不等式で$\boxed{\text{(iv)}}$と求まる。

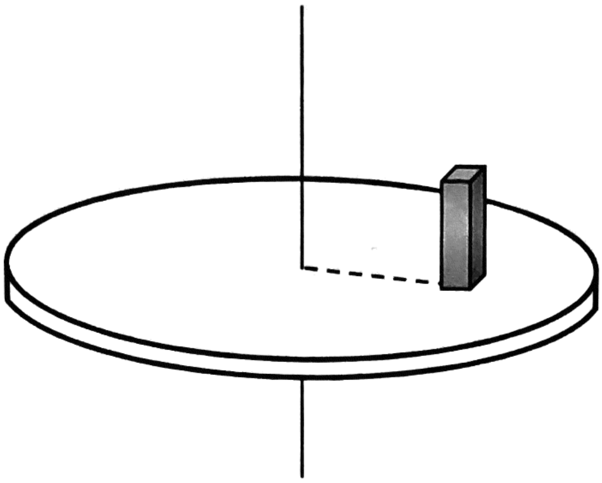


図 1

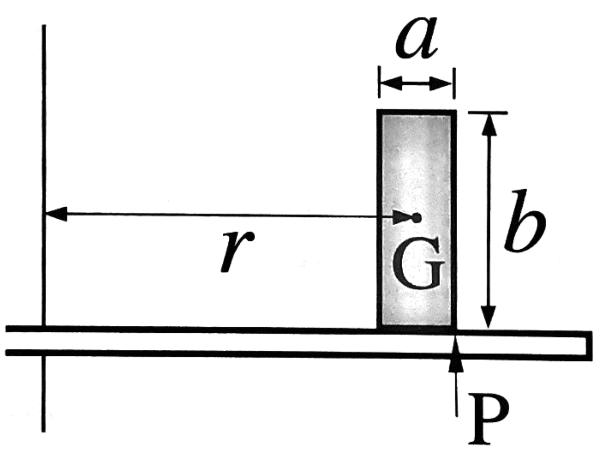


図 2

$\boxed{2}$　1辺の長さが L の立方体容器の中に質量 m の気体分子が N 個入っている。分子は，容器の壁に弾性衝突してはね返り，壁に力を及ぼす。N はきわめて大きく，分子の運動はどの方向にも偏りがなく，分子の大きさや分子同士の衝突，および重力の影響は無視できるものとして，以下の問いに答えよ。

まず，図のように，座標軸を立方体容器の各壁面と垂直にとり，x 軸と垂直な壁の一つ S_x に着目して，1個の分子の壁との衝突を考える。ここで，壁 S_x に衝突する直前の分子の速度の x 成分を v_x とする。

(1)　衝突前後での分子の x 軸方向の運動量変化を求めよ。

(2)　1回の衝突で分子が壁 S_x に及ぼす力積の大きさを求めよ。

(3)　分子が壁 S_x と衝突したあと，再び壁 S_x と衝突するまでの時間を求めよ。

(4)　繰返し壁 S_x に衝突する分子が壁 S_x に及ぼす平均の力の大きさ（力の時間的平均）を求めよ。

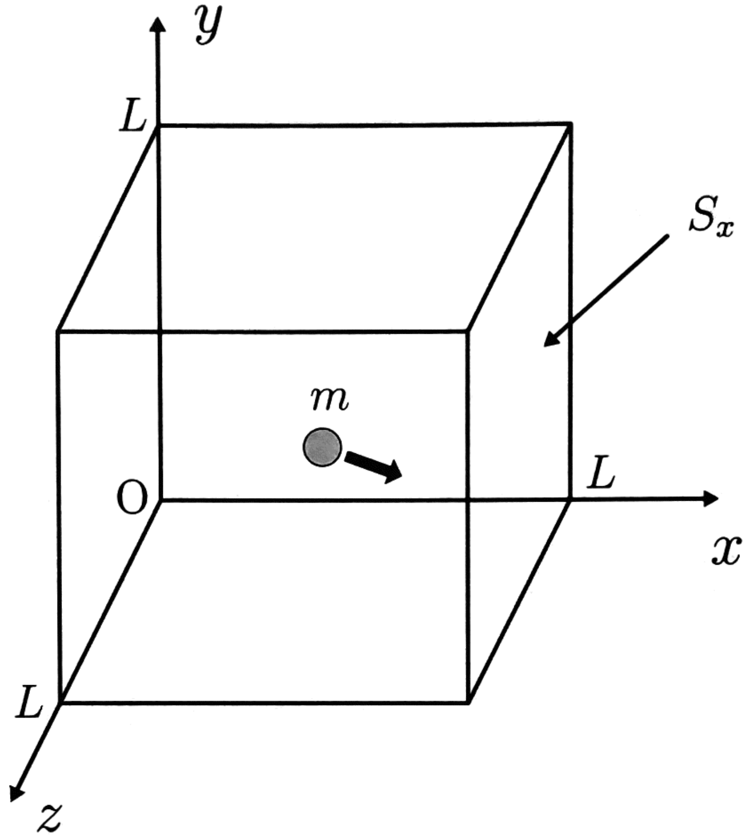
次に，N 個の分子の運動を考える。N 個の分子はそれぞれいろいろな向きと速さで飛んでいて，それらの効果として壁に圧力を及ぼす。

(5)　速度の x 成分の2乗についての平均値を $\overline{v_x{}^2}$ として，壁 S_x に対する気体の圧力を求めよ。

(6)　速度の x 成分，y 成分，z 成分の2乗の平均値をそれぞれ $\overline{v_x{}^2}$，$\overline{v_y{}^2}$，$\overline{v_z{}^2}$ として，速さの2乗の平均値 $\overline{v^2}$ を求めよ。

(7)　気体の圧力を，L，m，N，$\overline{v^2}$ を用いて表せ。

(8)　気体が理想気体の状態方程式に従うとして，気体の絶対温度を，気体分子の運動エネルギーの平均値 $\overline{E}$ を用いて表せ。ただし，気体定数をアボガドロ定数で割ったものを k とする。


y
L
S_x
m
O
L
x
L
z

3　図1のように，磁束密度の大きさ B の一様な磁場の中に，1辺の長さ L の正方形コイル abcd を置く。磁場の向きは z 軸の正の向きで，コイルは xy 面内にあり，辺 ab は x 軸に平行である。

(1)　コイルを貫く磁束の大きさを答えよ。

次に，図2のように，コイルを図1の状態から yz 面内で反時計回りに角速度 ω で回転させた。回転軸はコイルの中心を通り x 軸に平行とする。

(2)　回転を始めてから時間 t の後の，コイルの辺 ab の速度の y 方向成分を答えよ。

(3)　コイルに生じる誘導起電力を答えよ。ただし，電流を a→b→c→d の向きに流そうとする誘導起電力を正とする。

今度は，図2のようにコイルを傾けて静止させ，コイルに強さ I $(I > 0)$ の電流を流した。xy 平面とコイルの面がなす角度は θ $(0 < \theta < \frac{\pi}{2})$ とする。電流がつくる磁場は考えない。

(4)　コイルの辺 ab にはたらく力の大きさを答えよ。

(5)　コイルの辺 bc にはたらく力の大きさを答えよ。

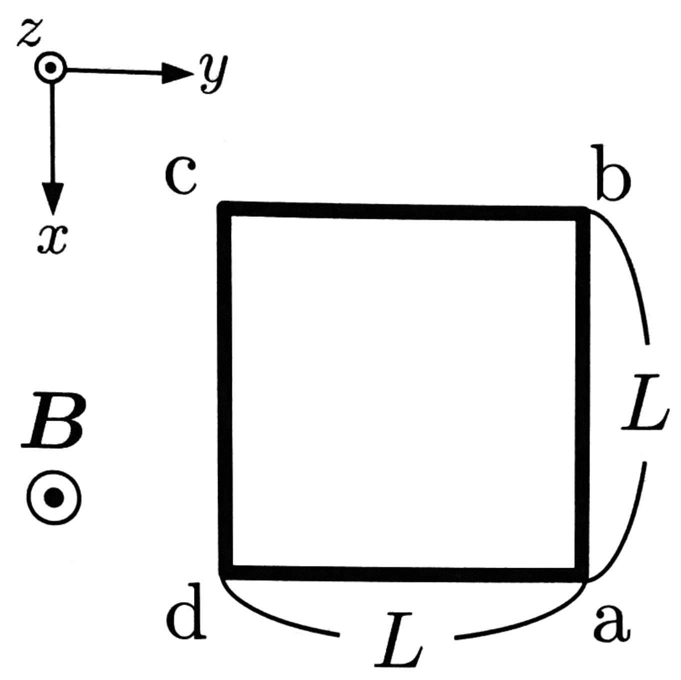


図 1

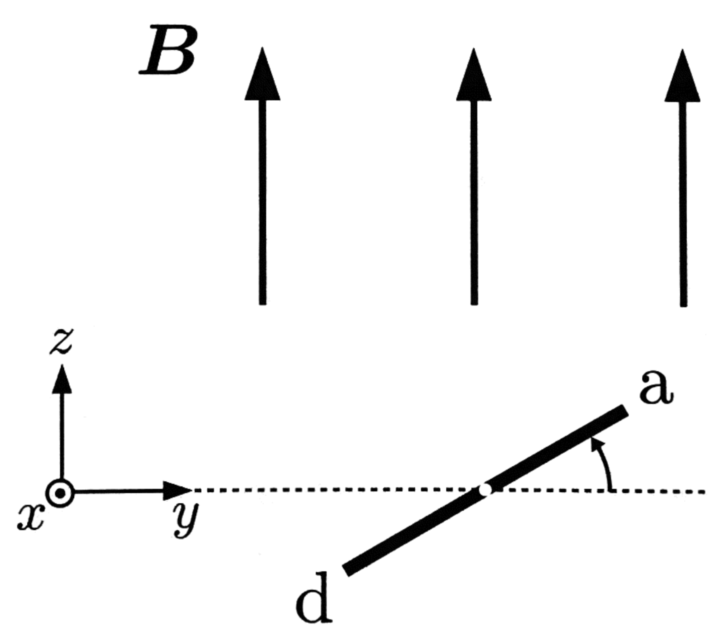


図 2

4

図のように，弦の左端を壁に固定し，台の上に固定された三角形の支柱で支えてから，滑車を通して質量mのおもりをつけた。壁から支柱の頂点までの弦の長さをL，弦の単位長さあたりの質量（線密度）をρ，重力加速度の大きさをgとして，以下の問いに答えよ。

(1)　弦を伝わる波の速さは，弦の張力をSとして，$\sqrt{\dfrac{S}{\rho}}$と書ける。この速さを，m，g，ρを用いて表せ。

最初に，弦に腹の2つある定常波（定在波）を作った。

(2)　このときの弦の定常波の波長を，Lを用いて表せ。

(3)　このときの弦の定常波の振動数を，m，g，ρ，Lを用いて表せ。

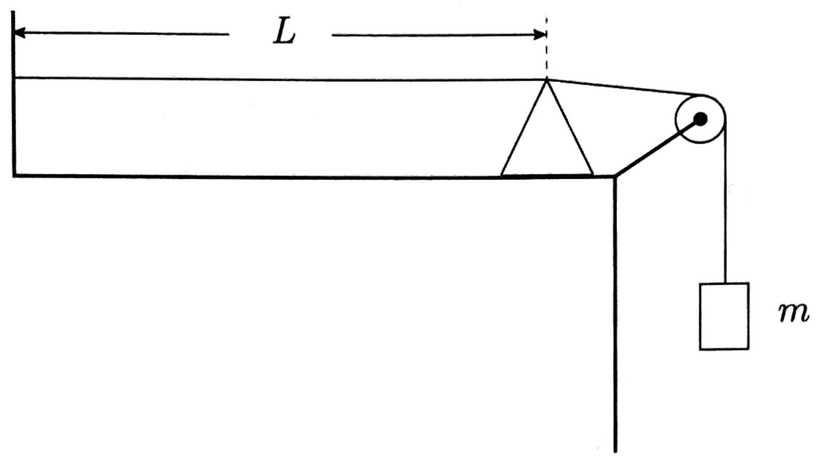
次に，おもりを取り替えて腹が1つの定常波を作った。このとき，振動数は変わらなかった。

(4)　このときのおもりの質量を，元のおもりの質量mを用いて表せ。

(5)　この状態で振動する弦から音が出ているとき，おんさを振動させて振動数fの音を発生させたところ，周期Tのうなりが観測された。以下の2つの場合について，弦の線密度ρを，m，g，L，f，Tを用いて表せ。ただし，おんさを振動させたことで，弦の定常波の振動数は変わらなかったとせよ。

(i)　弦の定常波の振動数がおんさの振動数fより小さい場合。

(ii)　弦の定常波の振動数がおんさの振動数fより大きい場合。


L
m