

前期日程

令和2年度入学試験問題（前期日程）

理 科（物理・化学）

（医 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9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1から4まで4問あります。解答は、必ず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

図のように、水平でなめらかな床の上に、質量 M の L 字型の台が置かれている。台の壁の上端からは、長さ l の軽くて伸び縮みしない糸によって、質量 m の小球がつり下げられている。小球の運動は、壁と垂直な鉛直面（紙面に平行な面）内に限られる。また、空気抵抗の影響はなく、台は回転せず水平方向にのみ運動するものとする。重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。

- (1) 台を一定の加速度で加速したところ、糸が鉛直方向から一定の角 θ 傾いた状態になった。台の加速度の大きさはいくらか。

台が動かないよう床に固定し、糸が鉛直方向から角 θ 傾いた状態になるように小球を持ち上げ、静かに小球を放した。

- (2) 小球の、壁に衝突する直前の速さはいくらか。

次に今度は、台の固定を外し、台が静止した状態で糸が鉛直方向から角 θ 傾くように小球を持ち上げ、静かに小球を放した。

- (3) 小球と台からなる物体系には、水平方向に外力がはたらかないため、水平方向の運動量が保存される。水平方向右向きを正とし、小球の正の向きの速さを v 、台の負の向きの速さを V として、運動量保存の法則の式を書け。

- (4) 小球が壁に衝突する直前の、床からみた小球の速さはいくらか。

- (5) 小球が壁に衝突する直前の、床からみた台の速さはいくらか。

- (6) 小球が壁に衝突する直前の、糸の張力の大きさはいくらか。

このあと、小球は壁に弾性衝突（完全弾性衝突）をした。

- (7) その後の小球と台の運動について正しく述べた文を、次の (ア) ~ (オ) から全て選び、記号で答えよ。ただし、正しいものがない場合は「なし」と答えよ。

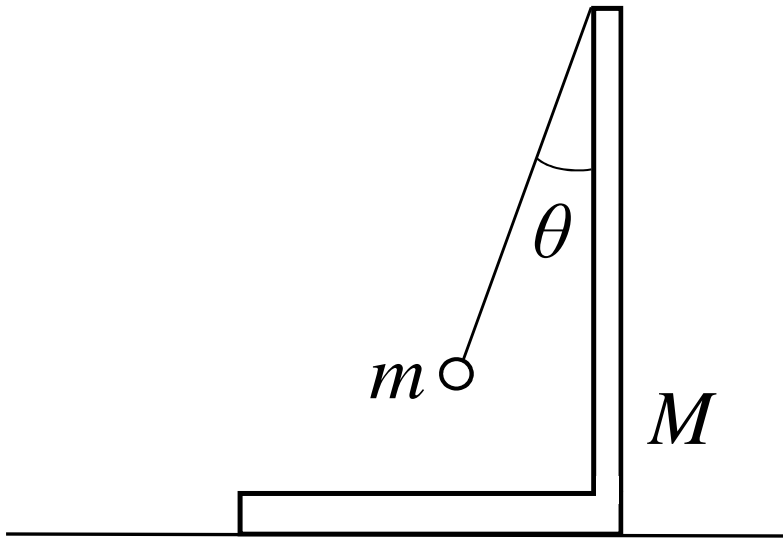
(ア) 衝突直後の床から見た小球の速さは、衝突直前の小球の速さと同じである。

(イ) 衝突直後の床から見た台の速さは、衝突直前の台の速さと同じである。

(ウ) 衝突の後、台は等速直線運動をする。

(エ) 小球と台からなる物体系の重心の位置は変わらない。

(オ) 小球と台は衝突をくり返すが、やがて床に対して静止する。



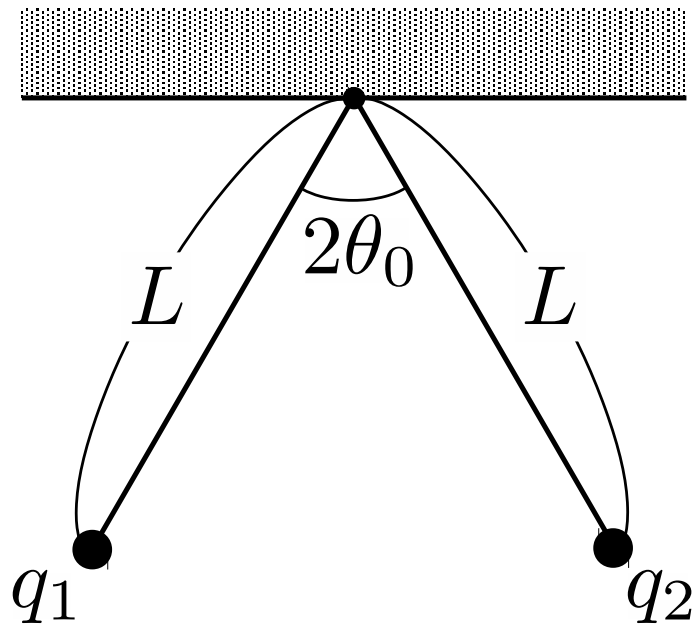
2

図のように、金属でできた質量 m の 2 個の小球それぞれに、長さ L の絶縁体の糸をつけて天井の同じ点からつり下げ、各小球に正の電気量 q_1 および q_2 ($q_1 > q_2$) を与えたところ、2 本の糸が $2\theta_0$ ($\theta_0 < \frac{\pi}{4}$) の角度を保って静止した。クーロンの法則の比例定数を k 、重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。

- (1) 2 個の小球の間にはたらく静電気力の大きさを、 k , L , q_1 , q_2 , θ_0 を用いて表せ。
- (2) 2 個の小球の間にはたらく静電気力の大きさを、 g , m , θ_0 を用いて表せ。
- (3) q_1 と q_2 の積 q_1q_2 を、 g , k , L , m , θ_0 を用いて表せ。

次に、2 個の小球を接触させて再び離すと、2 本の糸は $\frac{\pi}{2}$ の角度を保って静止した。

- (4) 2 個の小球の間にはたらく静電気力の大きさを、 k , L , q_1 , q_2 を用いて表せ。
- (5) 2 個の小球の全電気量 $q_1 + q_2$ を、 g , k , L , m を用いて表せ。
- (6) q_2 を、 g , k , L , m , θ_0 を用いて表せ。



化 学

必要があれば，原子量は以下の値を使いなさい。

H 1.0

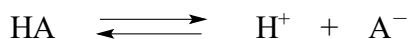
C 12

N 14

O 16

3 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。ただし、(1)(a) 以外は導出過程も書きなさい。なお、弱酸 HA は 1 価の酸で、電離は 1 段階で起こるものとする。

(1) HA は、水溶液中で次の反応式に示すように部分的に電離し、 H^+ 、 A^- 、HA が共存する平衡状態になる。



この時の電離定数を K_a とすると、

$$K_a = \boxed{1}$$

と表される。この式を $[H^+]$ について解くと、

$$[H^+] = \boxed{2}$$

と表される。次に両辺の負の対数をとると、

$$-\log_{10} [H^+] = \boxed{3}$$

と表される。最後に $pH = -\log_{10} [H^+]$ 、 $pK_a = -\log_{10} K_a$ の関係を用いると、

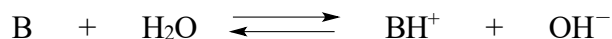
$$pH = \boxed{4}$$

と表され、この式をヘンダーソン・ハッセルバルヒの式という。

(a) $\boxed{1}$ ~ $\boxed{4}$ をうめて式を完成させなさい。

(b) $pH = pK_a$ のとき、HA の電離度がいくらになるか答えなさい。

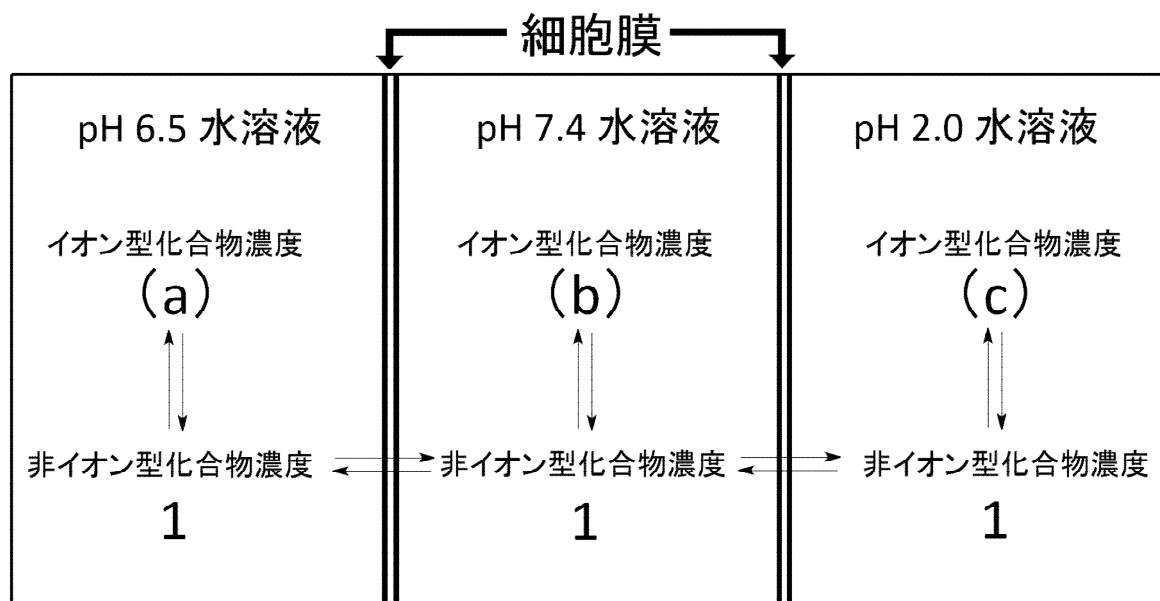
(c) 弱塩基 B は、水溶液中で次の反応式に示すように電離する。



B について、塩基の電離定数を K_b としてヘンダーソン・ハッセルバルヒの式を求めなさい。

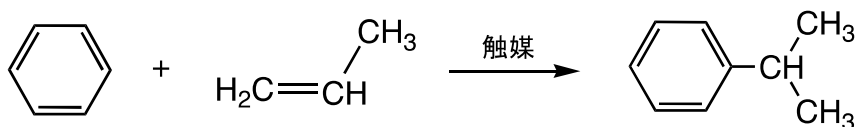
(2) 次ページの図のように、 $pH 7.4$ の水溶液と $pH 6.5$ および $pH 2.0$ の水溶液が細胞膜で区切られているモデルを考える。イオン型化合物は水溶性が極めて高いため、主にリン脂質によって構成される細胞膜を透過することができない。したがって、細胞膜を透過することができるのは非イオン型化合物のみである。今、非イオン型化合物の膜透過が速やかにおこなわれると仮定すると、細胞膜の両側における非イオン型化合物の濃度は等しくなる。この値を 1 とするとき、

$pK_a = 3.0$ の HA を pH 7.4 の水溶液に入れて平衡に達したときの (a), (b), (c) の数値を求めなさい。ただし、 $\log_{10} 1.6 = 0.2$, $\log_{10} 2 = 0.3$, $\log_{10} 2.5 = 0.4$ を用いて計算しなさい。また、非イオン型化合物の移動による各水溶液の pH の変化はないものとする。



- 4 有機化合物に関する次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。ただし、計算においては計算式も書きなさい。なお、構造式と化学反応式は例にならって示しなさい。

(構造式と化学反応式の例)



分子式が $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$ である化合物 A, B, C, D がある。これらはいずれもベンゼン環を持ち、それ以外の環状構造は持たない。化合物 A, B, C, D を水酸化ナトリウム水溶液に加えると、①化合物 A のみ溶解した。化合物 A, B, C, D のベンゼン溶液に臭素を加えると、②化合物 A と B の溶液では、直ちに臭素の色が消えた。化合物 A, B, C, D をアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて加熱すると、化合物 C のみ銀の析出が観察された。また、③化合物 C を中性で過マンガン酸カリウムと反応させると、容器や繊維としてよく使われる PET と呼ばれている合成樹脂の原料の 1 つとなった。一方、④化合物 D を水酸化ナトリウム水溶液に加え、さらにヨウ素を加えて加熱すると、黄色沈殿が生じた。

- (1) 化合物 A を 1.0 g とり、酸化銅とよく混ぜ合わせて乾燥酸素を送り込みながら完全燃焼させ、発生した気体を(a)塩化カルシウム管、次いで(b)ソーダ石灰管を通した時の、それぞれの管の質量の増加量を計算しなさい。
- (2) 下線部①と②について、考えられる化合物 A の構造式をすべて書きなさい。
- (3) 下線部②について、化合物 B と臭素との反応式を書きなさい。
- (4) 下線部③について、以下の問いに答えなさい。
 - (a) 化合物 C の構造式を書きなさい。

- (b) PET の構造式を書きなさい。
 - (c) PET の正式名称を書きなさい。
- (5) 下線部④について，以下の問いに答えなさい。
- (a) 化合物 D の構造式を書きなさい。
 - (b) 下線部④の反応式を書きなさい。