

前期日程

令和3年度入学試験(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10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。□1、□2の問題は解答のみを記入しなさい。
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。

令和3年度入学試験 問題訂正

○前期日程

○科目名 理科

訂正箇所1	3ページ 2 上から19行目
誤	…光路差が満たすべき条件を…
正	…光路差の <u>大きさ</u> が満たすべき条件を…

訂正箇所2	3ページ 2 下から7行目
誤	…光の時間差を求めよ。
正	…光の時間差の <u>大きさ</u> を求めよ。

1

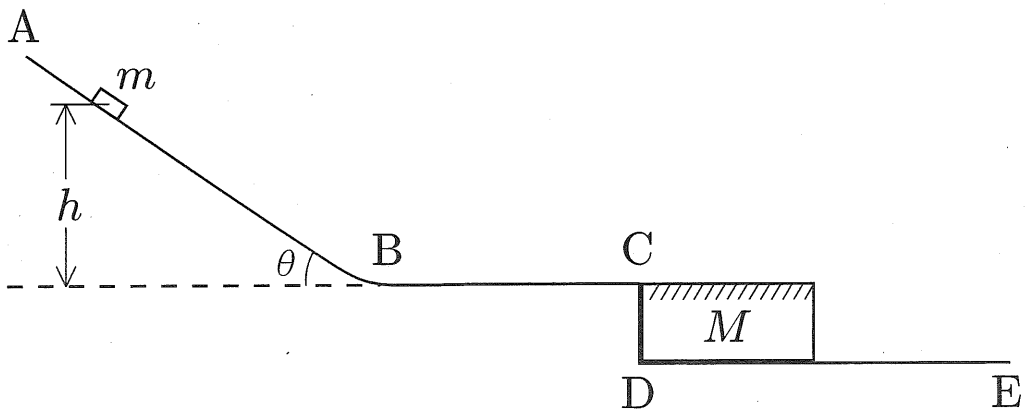
図のように、なめらかな面からなる地形 ABCDE がある。角度 θ の斜面 AB と水平面 BC はなめらかにつながっている。水平面 BC の右側の水平面 DE 上に、質量 M の台が、鉛直面 CD に接して置かれている。台の上面はあらく、水平面 BC の高さと同じである。はじめ、水平面 BC から高さ h の斜面上に、質量 m の小物体が手で押さえられ静止している。空気抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。

静かに手を離すと、小物体は斜面に沿って運動し、水平面 BC 上を移動した。

- (1) 手を離した直後の小物体が斜面から受ける垂直抗力の大きさを求めよ。
- (2) 小物体が水平面 BC 上にあるときの速さを求めよ。

その後、小物体は点 C で台の上に乗る、摩擦を受けながら台の上を運動した。同時に台も水平面 DE 上を運動しはじめた。小物体は台の上をある距離だけ動き、落ちることなく、台に対して静止した。ここで、水平方向右向きを運動の正の向きに取り、台の上面と小物体との間の動摩擦係数を μ' とする。

- (3) 水平面 DE に対する小物体の加速度を求めよ。
- (4) 水平面 DE に対する台の加速度を求めよ。
- (5) 小物体が台の上に乗ってから、台に対して静止するまでの時間を求めよ。
- (6) 小物体が台の上に乗ってから、台に対して静止するまでの間に、台が移動した距離を求めよ。



2

図のような光の干渉実験について考える。光源から出て単スリット S を通過した光が、複スリット (A, B) の異なる経路を通りスクリーン上に投影されている。複スリットはスクリーンと平行に配置され、単スリットと複スリットの中心を結ぶ直線は、スクリーンと点 O で直交する。複スリットの間隔は d 、スクリーンまでの距離は L であり、スクリーン上の点 P は、点 O から上向きに x の位置にある。ただし、 x, d は L に比べ十分小さい。また、SB 間には、光路の方向に長さ l の容器 G が置かれ、内部にガスが注入できるようになっている。容器自体は厚さが無視でき、光の屈折率に影響を与えないとする。装置は全て真空中に置かれており、真空中の光速は c とする。光源の光の波長は λ とする。以下の問いに答えよ。

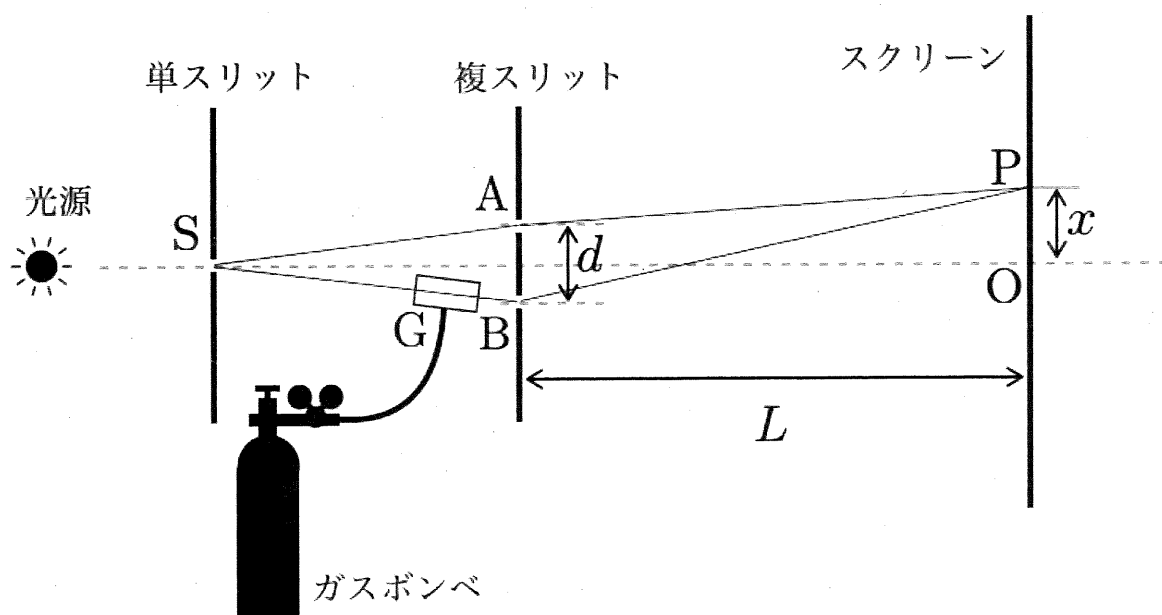
初め、容器 G 内は真空である。

- (1) スクリーンに投影される光に関して適切なものを以下から選べ。
 - (a) O 点と上下両方向に明るい線 (明線) が、ほぼ等間隔に存在する
 - (b) O 点を除いて上下両方向に明線が、ほぼ等間隔に存在する
 - (c) SA 及び SB の延長線上の明線を中心にほぼ等間隔に明線が存在する
- (2) 点 P に到達する光が、スリット A を経由した場合とスリット B を経由した場合の光路差の大きさを求めよ。ただし、 α の大きさが 1 に比べて十分に小さい場合に成り立つ近似計算の公式 $\sqrt{1+\alpha} \approx 1 + \frac{1}{2}\alpha$ を用いること。
- (3) 点 P に到達した光が強めあうために、光路差が満たすべき条件を以下から選べ。ただし、 m は 0 または正の整数とする。
 - (a) $(m + \frac{1}{2})\lambda$
 - (b) $m\lambda$
 - (c) $\frac{md}{2}$
 - (d) $(m + \frac{1}{2})d$

次に、容器 G にガスを少しずつ注入する場合を考える。ガスの屈折率は密度とともにわずかに増加する。

- (4) 真空と異なる屈折率の物質を光が通過する場合、光の速さが変わるため光の通過時間が変わる。長さ l 、屈折率 n の物質を通過する光と、真空中の同じ長さを通る光の時間差を求めよ。
- (5) 真空状態だった容器 G に少しずつガスを注入すると、スクリーン上の明線が移動し始めた。明線の変化として適切なものを選べ。
 - (a) 明線の間隔を広げながら、上側に移動した
 - (b) 明線の間隔を広げながら、下側に移動した
 - (c) 明線の間隔を変えずに、上側に移動した
 - (d) 明線の間隔を変えずに、下側に移動した

- (6) ガスを注入してからある時点で、着目する明線が、真空状態のときに隣にあった明線の位置に達した。このときの容器 G に蓄えられているガスの屈折率を求めよ。



化 学

必要があれば，原子量は以下の値を使いなさい。

H 1.00

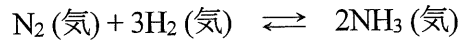
C 12.0

O 16.0

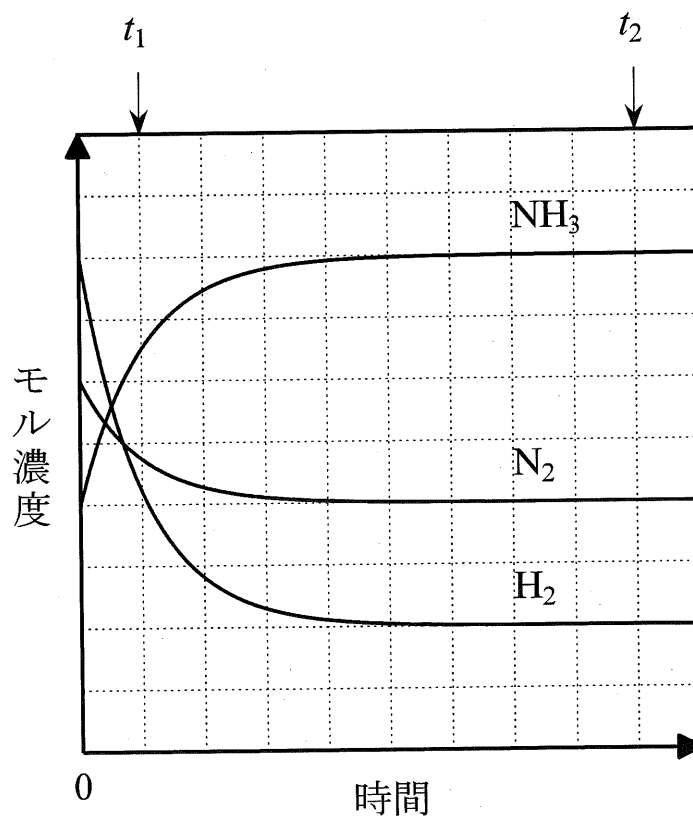
K 39.0

I 127

- 3 窒素、水素、アンモニアの間には下記の化学平衡式が成り立つ。気体は理想気体としてふるまうものとして、以下の問いに答えなさい。ただし、計算においては計算過程も示しなさい。



- (1) 下図の時間 t_1 と時間 t_2 のそれぞれにおいて、正反応の反応速度 v_f と逆反応の反応速度 v_r の関係を等号・不等号を使って示しなさい。ただし、時間 t_2 では化学平衡に達しているものとする。



- (2) 平衡状態における窒素の濃度を 5.20 mol/L 、水素の濃度を 2.60 mol/L 、アンモニアの濃度を 10.4 mol/L としたとき、正反応の速度定数 k_f と逆反応の速度定数 k_r の比 (k_f/k_r) を有効数字3桁で求めなさい。
- (3) 窒素、水素、アンモニアの間の化学平衡式における圧平衡定数 K_p を濃度平衡定数 K_c 、気体定数 R 、絶対温度 T を用いて示しなさい。

- (4) $\text{N}\equiv\text{N}$ の結合エネルギーは 940 kJ/mol , $\text{H}-\text{H}$ の結合エネルギーは 436 kJ/mol , $\text{N}-\text{H}$ の結合エネルギーは 390 kJ/mol である。アンモニアの生成熱を求めなさい。
- (5) 平衡状態にある系を加熱すると平衡は移動し、新しい平衡状態に達する。温度が高くなると、濃度平衡定数は増加と減少のどちらに変化するか答えなさい。また、その理由を 60 文字以内で説明しなさい。

- 4** 炭素、水素、酸素からなる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過程も示しなさい。有効数字は3桁とする。

高級脂肪酸 A のみを構成成分とする油脂 A'、高級脂肪酸 B のみを構成成分とする油脂 B'、高級脂肪酸 A、B を構成成分とする油脂 C'がある。油脂 A'、B'、C' はすべて単一の化合物であり、それぞれ分子内に3つのエステル結合をもつ。また、高級脂肪酸 A、B はどちらも環状構造をもたない。

油脂 C'の構造を明らかにするために実験を行い以下の(I)、(II)、(III)の結果を得た。

(I) 4.40 g の油脂 C'を完全にけん化するのに、0.250 mol/L の水酸化カリウム溶液を 60.0 mL 要した。

(II) 5.00 g の油脂 C'を硬化油にするのに $6.40 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ (0 °C, 1 気圧) の水素を必要とした。この硬化油をけん化した後に酸性にすることで得られた高級脂肪酸は、常温 (25 °C) で固体である高級飽和脂肪酸 D のみであった。

(III) 油脂 B'の分子量は油脂 A'より 12 大きく、また油脂 B'のヨウ素価は 86.2 であった。

- (1) 油脂 C'の分子量を書きなさい。
- (2) 油脂 C'のヨウ素価を書きなさい。
- (3) (a) 高級飽和脂肪酸 D の名称を書きなさい。
(b) 高級飽和脂肪酸 D の示性式を書きなさい。

- (4) (a) 油脂 B' の分子量を書きなさい。
- (b) 油脂 B' のけん化価を書きなさい。
- (5) 油脂 C' の考えられる構造式をすべて書きなさい。ただし、高級脂肪酸由来の炭化水素基は示性式で表しなさい。