

2015 年度後期入学試験問題 理科 (問題) 訂正

物理

6 ページ 大問 : III 問題文 問 2 下から 2 行目

訂正箇所 : 文中の「問 3 での」を「問 2 での」に変更する

以後の設問では問 3 でのピストンの移動量を x として……

↓

以後の設問では問 2 でのピストンの移動量を x として……

生物

15 ページ 大問 : 1 問題文 (7)

訂正箇所 : 選択肢の記述を変更する

C 肝臓 F 肺

↓

C 肝臓(の腺上皮) F 肺(の上皮)

物 理

I 次の文章を読み、以下の問1から問10に答えよ。重力加速度の大きさを g 、油滴および空気の密度をそれぞれ ρ_o 、 ρ_a とする。

プラスチックの下敷きなどで髪をこすると、髪が下敷きに引き付けられる。これは、下敷きが電気を帯びたためである。一般に、物体が摩擦などで電気を帯びることを帯電という。帯電した物体に分布している流れない電気を(ア)という。帯電した物体が持つ電荷には2種類あり、同種は互いに(イ)、異種は互いに(ウ)。物体は多くの原子からできており、原子は、中心にある(エ)とそのまわりに分布する(オ)からできている。(エ)は、(カ)と(キ)からできている。(オ)と(カ)は電気を持ち、(キ)は電気を持たない。(オ)1個が持つ電気量と(カ)1個が持つ電気量の(ク)は異なるが、(ケ)は等しい。これを(コ)といい、 e で表す。帯電は、(オ)の移動によって生じる。

e の大きさについて考察するため、次のような実験を行った。図1のような、平行で距離 d 離れた2枚の平行極板に、電圧がかけられる装置を用意し、平行極板が水平になるように置いた。極板の上方にある油滴溜め中の球体(半径 r)の油滴に、ある電気量 $Q(>0)$ を与え、この油滴を極板にある小さな穴から極板間に落下させ、顕微鏡で観察した。

極板間に電圧をかけない状態での油滴を追跡したところ、油滴は、極板間を空気の影響を受けながらゆっくり落下し、最終的に一定の速さ v_0 となった。

動いている物体は空気による抵抗力(粘性抵抗力)を受ける。速度 v が遅い場合、半径 r の球体を受ける空気からの粘性抵抗力は速度に比例し、空気の粘性率 η を用いると、 $-6\pi\eta r v$ と表される。また、物体は、重力が働く系において、運動しているか否かにかかわらず空気による力も受ける。

問 1 (ア)~(コ)に最も適する語句や言葉を入れよ。

問 2 下線部の一定の早さ v_0 の速度を何というか。

問 3 速さ v_0 のときの力のつり合いの式を、鉛直上向きを正として記せ。

問 4 速さ v_0 のときの油滴の半径 r を v_0 を用いて求めよ。

次に、極板間に大きさ V の電位差を与えたところ、極板間の油滴は上昇を始め、一定の速さ v_E となった。

問 5 極板間の電場の向きと大きさを求めよ。向きは、図 1 中の A, B で答えよ。

問 6 速さ v_E のときの力のつり合いの式を、鉛直上向きを正として記せ。

問 7 油滴の半径は大変小さいので直接測定することは難しい。 Q を、 r を用いずに表せ。

問 8 異なる 5 つの油滴について、 v_0 と v_E を測定し電気量を計算したところ、表のような結果を得た。この結果から e の値を推定せよ。理由も述べること。

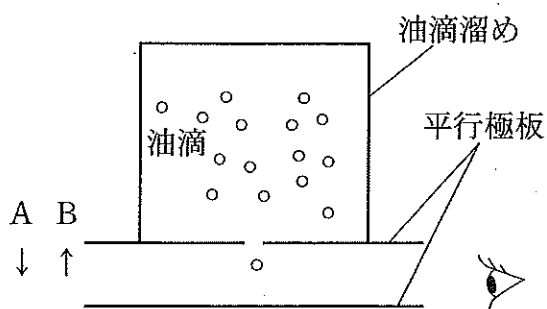


図 1

表

	Q [C]
1	3.73×10^{-19}
2	1.97×10^{-19}
3	3.70×10^{-19}
4	5.32×10^{-19}
5	1.86×10^{-19}

帯電させたインクの粒子を利用し印字しているのが帯電制御式インクジェットプリンターである。図2のように、長さ b 、間隔 d の2枚の平行極板を、水平に置いて、常に大きさ V の電位差を与えておく。帯電した球体のインク粒子(電気量 $Q(>0)$ 、半径 r 、密度 ρ)が、極板の左端から、極板間の中央へ極板の長さ b の辺に平行に、速さ v_0 で入射し、極板の右端から距離 L の位置で床に垂直に置かれた印刷紙上に衝突する。インク粒子の電気量を変化させることで、印刷紙上に文字や画を印刷することができる。

問9 印刷紙は極板間の中央線より上にある。インク粒子は空気による影響を受けないとすると、インク粒子の鉛直方向の変位 x はいくらか。途中の考え方も記せ。

問10 実際には、高速で空気中を移動する粒子では、空気による影響のうち、粘性抵抗の影響を無視することができない。

極板の右端を出たときのインク粒子の位置と速度が問9のときと同じになるようにした。粘性抵抗の影響を受ける場合と受けない場合について、印刷紙上に到達したインク粒子が持つ力学的エネルギーを比較せよ。そのように考えた理由も述べること。

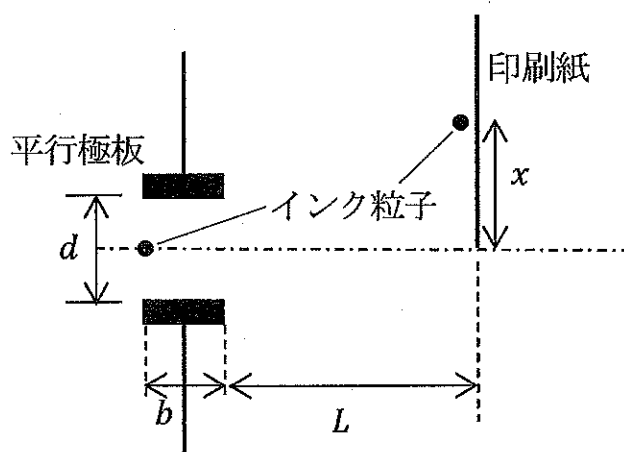


図 2

II 虹は、空気中に分散された水滴によって、太陽光線が屈折と反射を起こして見える現象である。このメカニズムを以下のように考える。球状の水滴の中心 O を含み鉛直な面内で、図 1 の点 A に水平に入射した太陽光線が、点 B で 1 回反射し点 C で出射する場合を考える。点 A での入射角および屈折角を図 1 のようにそれぞれ θ_1 , θ_2 とする。以下の問に答えよ。必要なら図 2 の三角関数グラフ、および以下の数値を用いよ。

$$\sqrt{2} = 1.41 \quad \sqrt{3} = 1.73 \quad \sqrt{5} = 2.24$$

問 1 入射方向を延長した線と線分 BC を延長した線の交わる図中の角度 θ_3 を、 θ_1 , θ_2 を用いて表せ。

問 2 水滴から出射した光線が水平面となす角 ϕ を、 θ_1 , θ_2 を用いて表せ。

問 3 $\theta_1 = 60^\circ$ となる位置で入射した光線の場合、 ϕ はいくらになるか。図 2 の三角関数グラフを参考に、整数(単位は $^\circ$)で答えよ。この光に対する水の屈折率は $n = \frac{4}{3}$ としてよい。途中の考え方も記せ。

問 4 実際には、図 1 の入射光線に平行な光線が水滴全体に均等に入射し、その中で、 θ_1 が 60° 前後となる位置に入射した単色光はほぼ同一方向に出射するため、特定の方向に強い光線の束となる。大気中の多数の水滴から出射したこの光線の束が、地上の人の目に入って虹として見える。380~770 nm の可視光の波長域では、水中での光速が波長にわずかに依存するため、虹の色は、虹の外側から内側に向かって赤から紫へと順番に並ぶ。以上のことから、水中での光速は光の波長にどのように依存すると推定されるか。概形を解答欄のグラフに示し、考え方の概略も記せ。

問 5 太陽光線をプリズムで分けて得られるような光に比べて、虹の光は非常に弱い。これは、図 1 の θ_1 がどのような値であっても、図 1 の点 B では全反射が起こらず多くの光が水滴外へ透過してしまうのが主な理由である。なぜ点 B で全反射が起きないのか説明せよ。

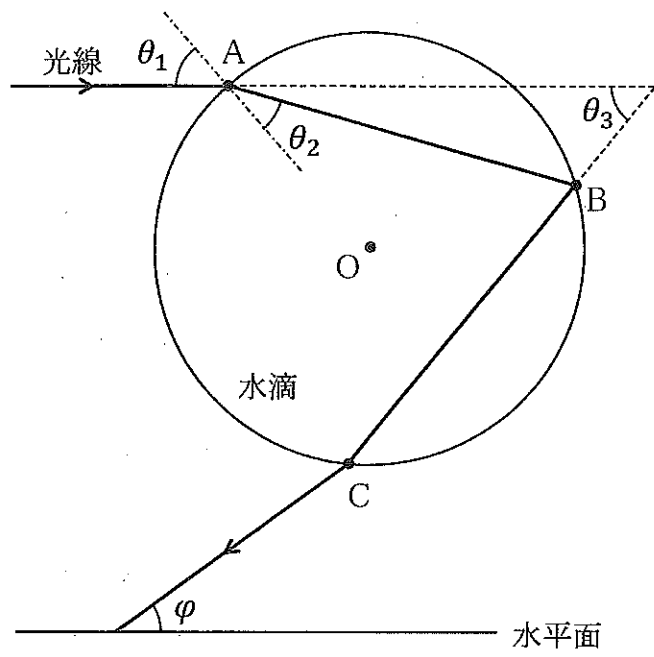


图 1

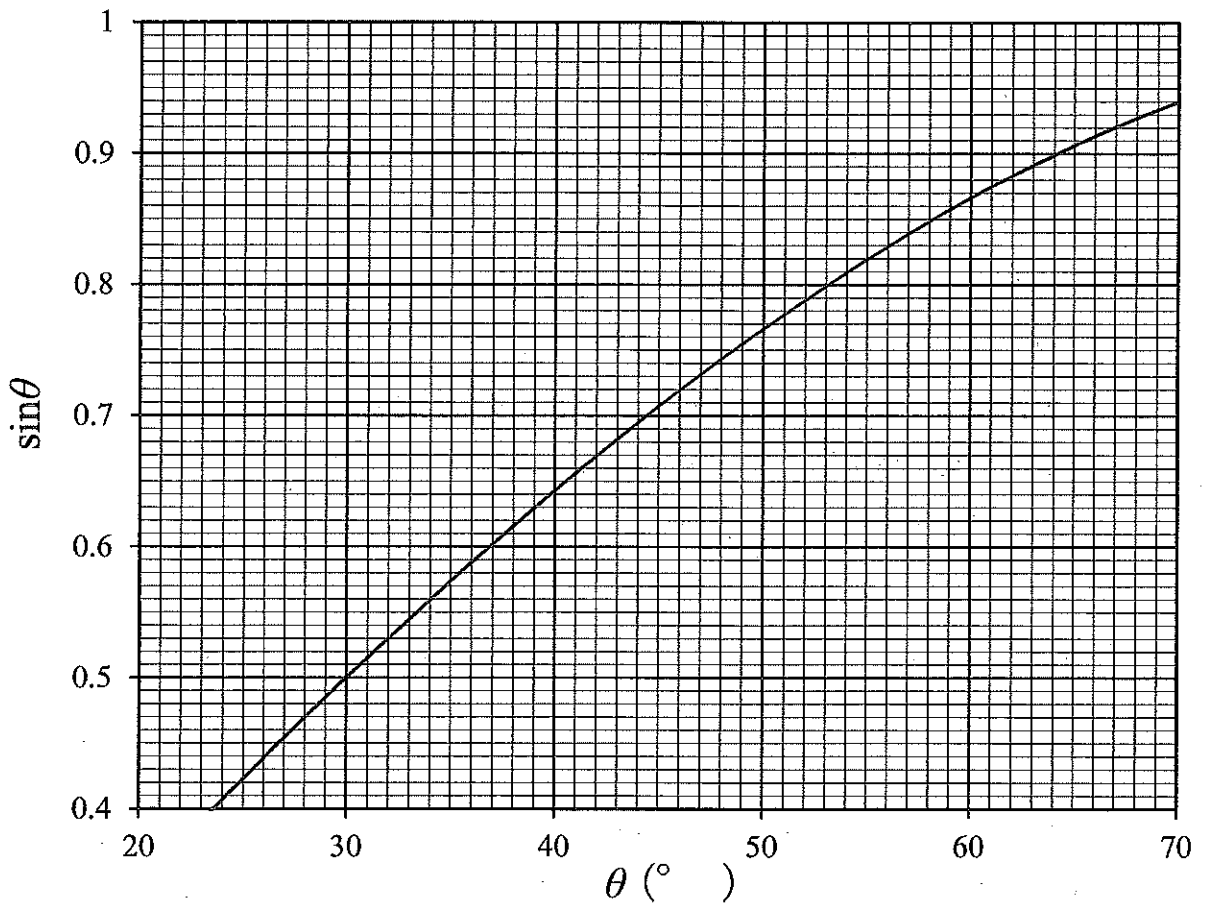


图 2

Ⅲ 温度が T_0 で一定に保たれた環境下で、ある量の理想気体を、図のように水平な床に横倒しにして固定した断面積 S のシリンダーに入れ、滑らかに動く軽いピストンで封入する。ピストンとシリンダーの熱容量は無視でき、ピストンには断熱性があり、シリンダーは断熱材で覆われている。シリンダー内には、体積と熱容量の無視できる電熱線が取り付けられている。この理想気体が絶対温度 T のとき、その内部エネルギー U は C を定数として $U = CT$ と表されるとする。最初は理想気体の温度は周囲と同じ T_0 、シリンダーの底面とピストンの端面の間の距離は図のように L であった。この状態で、ピストンの押し棒に接するように質量 m のおもりを図のように床に置く。押し棒の断面積は S に比べて無視できるとし、大気圧を p_0 、おもりと床の間の静止摩擦係数および動摩擦係数をそれぞれ μ_0 、 μ 、重力加速度の大きさを g とする。以下の問に答えよ。なお、理想気体の体積 V 、圧力 p 、 T の間には「 $\frac{pV}{T} = \text{一定}$ 」という関係があることは既知とする。途中の考え方も記せ。

問 1 電熱線にある時間通電して熱を発生させたが、ピストンは動かなかった。通電を終了したとき、理想気体の温度は始めより ΔT 上昇していた。理想気体の圧力はいくらになったか。

問 2 問 1 の操作に引き続き、再び電熱線に通電し問 1 と同じ熱量を発生させたところ、ピストンは通電中にゆっくりと動き出し、通電を終了すると停止した。停止の前後で理想気体の圧力は変化しないとする。理想気体の温度は T_0 からどれだけ変化したか。また、ピストンの移動した距離 x はいくらか。

以後の設問では問 3 でのピストンの移動量を x としてそのまま使用して解答してよいものとする。

問 3 問 2 の操作の後でシリンダーを覆う断熱材を取り除くとピストンは移動を始め、やがて静止した。問 1 からここまでの一連の操作の間に、この理想気体が外部にした仕事の総計はいくらか。

問 4 問 1 から問 3 までの過程で理想気体が一連の動作を 1 つの熱機関と考えた場合、その効率はいくらか。

