

令和2年度 弘学館入学試験

高等学校 理科問題

1 次の I, II の文を読み、あととの間に答えよ。

I 図1のように、炭素電極を用いて、塩化銅水溶液の電気分解を行つた。外部電源を用いて十分な電圧をかけると、陰極、陽極でそれぞれ変化が見られた。ただし、電子を化学式で表記する際は次の例にならって書け。

例) 亜鉛が亜鉛イオンになって電子を 2 個放出する。

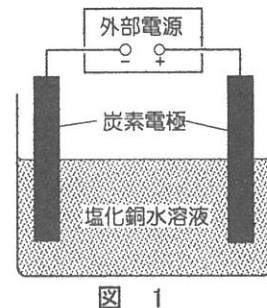


図 1

問1 塩化銅水溶液と同様に混合物であるものを、次のア～オからすべて選び、記号で答えよ。

- ア ドライアイス イ 食塩水 ウ 砂糖(ショ糖) エ 塩酸 オ 鉄

問2 次の文は塩化銅水溶液の陰極および陽極での反応について説明したものである。

塩化銅を水に溶かすと電離する。これを化学反応式で表すと、



となる。

外部電源を用いて十分な電圧をかけると、外部電源の一極から陰極に電子が流れ、塩化銅の電離によりできた陽イオンが電子を受け取り、固体ができる。

一方、陽極では塩化銅の電離によりできた陰イオンが電子を渡し気体が発生する。したがって、塩化銅水溶液全体で起こる反応は



となる。

(1) あ にあてはまる係数や化学式を入れて、化学反応式を完成せよ。

(2) 下線部の変化を、電子 e^- を用いて化学反応式で表せ。

(3) い にあてはまる係数や化学式を入れて、化学反応式を完成せよ。

問3 陽極で発生した気体の性質として誤っているものを、次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

- ア 空気より密度が大きい。
イ 無色である。
ウ 水に溶けやすく、水溶液は酸性を示す。
エ 殺菌作用、漂白作用がある。

問4 質量パーセントが 10 % の塩化銅水溶液 100 g を用いて電気分解の実験を行つた。このことに関する以下の文中の(1), (2)に適当な数値を入れよ。ただし、電気分解で発生した物質は、水溶液に溶けないものとする。また、塩素原子:銅原子の質量比は 35.5 : 64 とし、割り切れない場合は小数第 2 位を四捨五入し、小数第 1 位まで求めよ。

10 % の塩化銅水溶液 100 g 中に塩化銅は(1)g 含まれる。電気分解が進み、陰極で 1.28 g の物質が生じたとき、電気分解後の塩化銅水溶液の濃度は(2)% になると考えられる。

II いろいろな物質と酸素の結びつきについて調べるために、次の実験1, 2を行った。

【実験1】 少量の酸化銀、酸化銅を、図2のようにアルミニウムはくでつくった容器にそれぞれ入れて加熱した。酸化銀は白い物質に変化し、酸化銅は変化しなかった。

【実験2】 図3のように、酸化銅と炭素を混ぜ試験管に入れ加熱した。このとき、発生した気体により石灰水は白くにごり、加熱した試験管には赤色の固体が残った。

問5 実験1で酸化銀を加熱した時に起こった反応を化学反応式で表せ。

問6 実験2で起こった反応を化学反応式で表せ。

問7 実験1, 2より、銀、銅、炭素を酸素と結びつきやすい順に左から並べ、名称で答えよ。

問8 実験1において、酸化銀 23.2g を加熱したところ、22.4g の固体が残った。加熱後、未反応の酸化銀は何 g 残っていると考えられるか。ただし、酸素原子:銀原子の質量比は 16 : 108 とし、割り切れない場合は小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで求めよ。

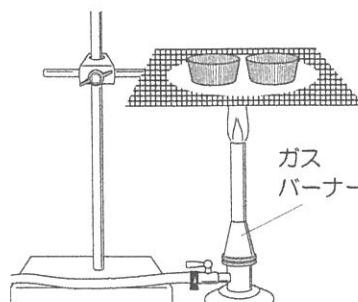


図 2

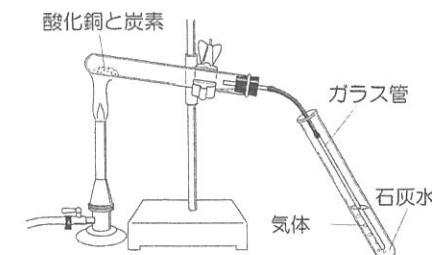


図 3

2

天体に関する次のⅠ～Ⅲの文を読み、あの問い合わせに答えよ。

Ⅰ 地球を含む、太陽を中心として運動している天体の集まりのことを太陽系といふ。太陽系の天体には、太陽からの光を反射して光っている惑星や小惑星、すい星、太陽系外縁天体がある。下の表1は太陽系の惑星に関するものである。

表 1 太陽系の惑星

	太陽からの距離[億 km]	公転周期[年]	赤道半径	質量	密度[g/cm ³]
水星	0.58	0.24	0.38	0.055	5.4
金星	1.08	0.62	0.95	0.82	4.2
地球	1.50	1.00	1.00	1.00	5.5
火星	2.28	1.88	0.53	0.107	3.9
木星	7.8	11.9	11.2	318	1.3
土星	14.3	29.5	9.4	95	0.7
天王星	28.8	84	4.0	14.5	a
海王星	45	165	3.9	17.2	1.6

※表の「赤道半径」、「質量」はいずれも地球を 1.00 としたときの値である。

問1 太陽のように、自ら光を出している天体の名称を答えよ。

問2 太陽系の惑星について誤っているものを、次のア～エからすべて選び、記号で答えよ。

- ア 公転周期が長いほど、赤道半径は大きい。
- イ 太陽からの距離が遠い惑星ほど、公転周期は長い。
- ウ 質量が大きいほど、密度は小さい。
- エ 火星の公転周期は、水星の公転周期のおよそ 7.8 倍である。

問3 木星型惑星の説明として正しいものを、次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

- ア 木星型惑星はいずれも、大気の主成分は酸素である。
- イ 木星型惑星はいずれも質量は地球よりも大きいが、密度は小さい。
- ウ 木星型惑星の中で、氷や岩石の粒子でできた環があるのは土星だけである。
- エ 木星型惑星は内惑星のものと、外惑星のものがある。

問4 表1中の a に入る数値を計算し、最も近い値を次のア～オから 1 つ選び、記号で答えよ。

ただし、惑星はすべて球体と考えてよい。

ア 0.9 イ 1.1 ウ 1.3 エ 1.5 オ 1.7

II 図1は、太陽、地球、金星の位置関係を模式的に示したものである。地球と金星はいずれも太陽を中心とする同一平面にある円周上を公転しているとする。図の矢印は、地球の公転方向を示している。また図2は、地球から見える金星の形を、肉眼でみたときのように向きを直して表したものである。

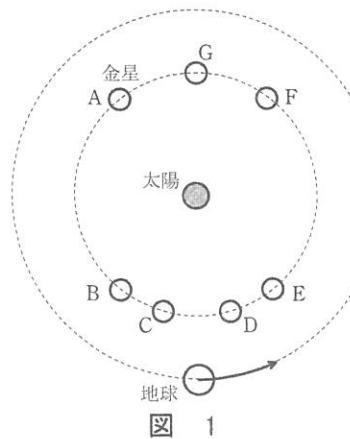


図 1

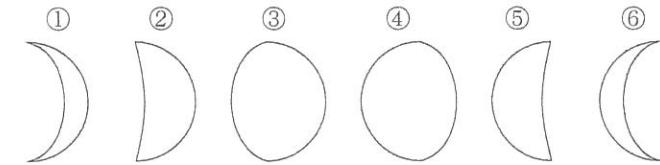


図 2

問5 図1のA, Dの位置に金星がある場合、日本から観察できる金星の形を、図2の①～⑥からそれぞれ1つずつ選び、記号で答えよ。

問6 図1のBの位置に金星があるとき、日本から観察できる金星の形の時間と方角を正しく説明したものを、

次のア～カから1つ選び、記号で答えよ。

- | | |
|----------------|----------------|
| ア 明け方の南の空に見える。 | イ 明け方の西の空に見える。 |
| ウ 夕方の東の空に見える。 | エ 夕方の西の空に見える。 |
| オ 真夜中の東の空に見える。 | カ 真夜中の南の空に見える。 |

問7 2019年8月14日の金星の位置は図1のGの位置であった。この位置は、地球から見て金星が太陽の真後ろにきて、地球、太陽、金星が一直線に並び、外合の位置とよばれる。

半年後の2020年2月14日の地球に対しての金星の位置は、右の図3のどの位置となるか。図3のア～カから1つ選び、記号で答えよ。必要ならばIの表1を用いよ。

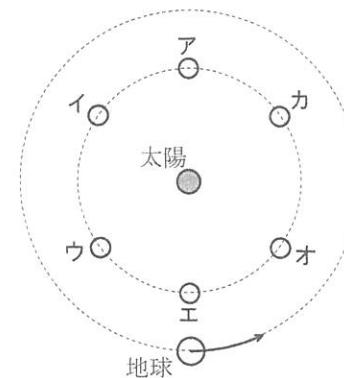


図 3

III イタリアの科学者ガリレオ・ガリレイが初めて望遠鏡で天体観測を行った1609年から400年の節目の年である2009年は、世界天文年と呼ばれた。ガリレオは木星の観測や金星の満ち欠けの観測の結果から、地球をはじめとした惑星が太陽のまわりを回っていると確信したといわれている。しかし、15世紀までは、地球が宇宙の中心にあって、そのまわりを太陽や惑星が回っているという宇宙観が広く浸透していた。

図4は、15世紀までの宇宙観の一部を模式的に示したものである。図中の矢印は地球を中心に太陽、金星がまわる方向を示している。また、図中の点線は周転円とよばれ、金星は周転円上を回りながら地球のまわりを回っているとし、周転円の中心Pは地球と太陽とを結ぶ線分上に必ずあるものとする。

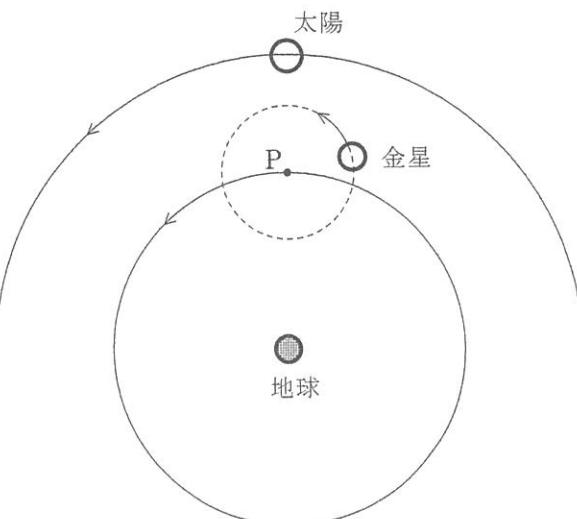


図 4

問8 図4に示す宇宙観により説明できない観測事実を、次のア～エから2つ選び、記号で答えよ。

- ア 真夜中に金星を見ることはできない。
- イ 三日月形だけでなく、満月に近い形の金星も見ることができる。
- ウ 日本から夕方の西の空に見える金星を翌日も同じ時間に観測すると、前日よりも南西にずれた位置に見えることがある。
- エ 金星は、欠けて見える部分が多いほど、大きく見える。

3 次の文を読み、あとの問い合わせに答えよ。

哺乳類は、外気温が変化しても体温をほぼ一定の範囲内に保つことができる。これは、生物の生命活動が化学反応によるものであり、化学変化を起こさせるために必要な[X]が、決まった温度で最もよくはたらくという性質をもつからである。例えば、消化液に含まれるアミラーゼなどの[X]は、ヒトの体温付近で最もよくはたらくことが知られている。[X]は消化だけでなく、呼吸や運動、神経の活動などほとんどの生命活動に関わっており、それらの多くが体温付近の温度で最もよくはたらく。哺乳類の体温が一定範囲に保たれることにより、[X]は常に安定してはたらくことができる。

このように、哺乳類は体を取りまく環境に変化が起こっても体内の状態をほぼ一定の状態に保つことができる。そのため、体温だけでなく血液中のさまざまな物質の濃度や水分量、血圧など、体内の状態を常に監視し、変化が起こるとすぐにに対応できるような機構を発達させている。

食事をすると、食べ物に含まれる炭水化物が消化・吸収されるので、血液に含まれるブドウ糖の濃度(これを血糖量という)は一時的に上昇するが、しばらくすると元に戻る。これは、小腸でブドウ糖が血液中に吸収されるが、血液が肝臓を通るときに肝臓の細胞に貯蔵されるからである。食事後の上昇した血糖量の降下には、すい臓で合成・分泌されるインスリンというタンパク質が関与している。食事をすると血糖量が上昇し、それが間脳に感知される。間脳は神経を通してすい臓に命令を送り、インスリンの分泌を促す。血液に放出されたインスリンが肝臓に作用すると、肝臓はブドウ糖をグリコーゲン(ブドウ糖がたくさん集まつた物質)に変えて貯蔵する。逆に、血液中の糖分の濃度が少なくなると、それを感知した間脳が、別の物質を使って、肝臓に貯蔵したグリコーゲンをブドウ糖に変えて血液中に供給する。このようにして、ヒトの血糖量は、通常血液 100mLあたり 100mg 前後に保たれている。

ブドウ糖は細胞のエネルギー源となるので、常に血液から細胞へと供給されなければならない。そのため、血液はブドウ糖をある程度含んだ状態で全身をまわっている。血液によって腎臓に運ばれたブドウ糖は、血液からいったんこし出されるが、再びすべて血液中に吸収されるので尿中に現れることはない。しかし、食事後の血糖量が高いまま下がらないと、腎臓で通常より多くのブドウ糖がこし出されるため、血液へのブドウ糖の吸収が間に合わず、尿中にブドウ糖が排出されてしまう。この症状を糖尿病といい、糖の不足を引き起こすほか、眼や腎臓、血管、神経などに悪影響をおぼすことがある。

このように、動物の体がもつさまざまな調節機構は、絶妙なバランスを取りながら健康を維持しているのである。

問1 文中の[X]にあてはまる語を漢字 2 文字で記入せよ。

問2 肝臓に作用したインスリンのはたらきとして正しいと考えられるものを、次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

- ア グリコーゲンを分解しブドウ糖にする
- イ 細胞から血液にグリコーゲンを放出する。
- ウ 血液から細胞にブドウ糖を取り込む。
- エ 細胞での呼吸などによるブドウ糖の消費を抑える。

問3 糖尿病には、インスリンの合成や作用のしかたに問題があるなどいくつかの原因がある。それを調べるために、A, B, C の 3 人に協力してもらい次の実験を行った。

なお、3 人のうち 1 人は健康であり、他の 2 人には糖尿病の疑いがある。

A, B, C の 3 人に、75 g のブドウ糖を飲んでもらい、その前後(飲む前、飲んで 1 時間後、飲んで 2 時間後の 3 回)に血液を採取して血糖量および血液中のインスリン濃度を測定した。図1は、その結果を示したものである。なお、グラフの血糖量は血液 100mL に含まれている量 [mg] を表したものであり、インスリン濃度は健康な人の空腹時の平均的なインスリン濃度を 1 として表したものである。次の(1)～(3)に答えよ。

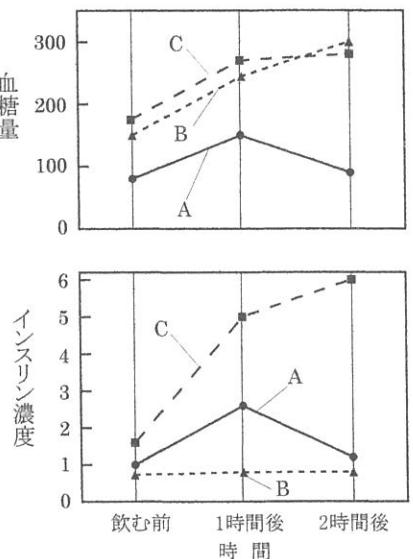


図 1

(1) 糖尿病の人に食事後インスリンを投与すると症状が改善することがある。その際インスリンは飲んでも効果がないので、血液中に注射しなければならない。その理由を表した次の文の(1), (2)にあてはまる語を記入せよ。

インスリンの成分は(1)なので、飲むと(2)されてしまい効果がなくなるから。

(2) 糖尿病の人には、(1)のようにインスリンを注射すると症状が改善する人と、あまり効果のない人の 2 通りがある。インスリン注射の効果があまりない人は体の中のどの器官が障害を受けていると考えられるか。次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

- ア 腎臓
- イ 肝臓
- ウ 小腸
- エ すい臓

(3) 図1から、①健康な人と、②インスリンを注射すれば症状がよくなる人をそれぞれ選び、記号で答えよ。

問4 近年、食事と肥満について興味深いことがわかつってきた。食事して血糖量が増加すると、糖分は脂肪に変えられて脂肪組織に蓄積される。脂肪がある程度蓄積されると、脂肪組織の細胞は血液中に物質Lを放出する。物質Lが脳に到達すると、間脳にある食欲中枢に対して、食欲を抑えるようにはたらく。そのため、必要以上に栄養を取り過ぎることがないようになっている。この機構に問題が生じると、食べても食べても食欲がなくならず肥満になることがある。肥満のネズミにどのような問題が生じているのかを調べるために、図2のように2匹のネズミの血管をつなぐ実験を行った。

実験1 えさを食べても食欲がなくならない肥満のネズミDと正常の

ネズミの血管をつなぎ、それら2個体の間を血液が循環できるようにしたところ、ネズミDは食欲が落ちて正常な体重になったが、正常なネズミには変化がなかった。

実験2 えさを食べても食欲がなくならない肥満のネズミEと正常のネズミの血管をつなぎ、それら2個体の間を血液が循環できるようにしたところ、ネズミEの食欲は変化せず肥満のままであったが、正常のネズミは食欲がなくなつて餌を食べなくなり、やがて後餓死した。

実験3 正常なネズミどうしの血管をつながない場合は、どちらのネズミにも食欲や体重の変化は見られなかつた。

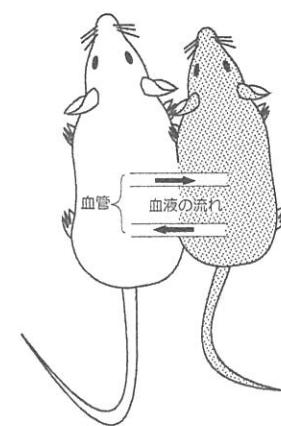


図 2

(3) ネズミDは、インスリンの合成や作用に異常はないが、食欲がなくならず常にえさを食べているので血糖量の高い状態が続いている。正常なネズミと血管をつなないだネズミDについて、すい臓から出していく血液中のインスリン濃度はどのように変化すると考えられるか。次の文の【a】～【c】について、正しい文をそれぞれ1つずつ選び、ア～ケの記号で答えよ。

血管をつなないだ直後は正常【a ア. より高い イ. より低い ウ. と同じである】が、その後【b エ. 増加し オ. 減少し カ. 変化せず】、正常【c キ. より高くなる ク. より低くなる ケ. と同じになる】。

(1) 血管をつなぐ前の、血液中の物質Lの濃度が最も高いネズミはどれか。次のア～エから1つ選び記号で答えよ。

- ア 正常のネズミ イ ネズミD ウ ネズミE エ 3匹とも変わらない

(2) ネズミDとネズミEとの血管をつないで血液を循環させると、それぞれのネズミはどうなるか。ネズミDとEのそれについて、次のア～ウから1つずつ選び、記号で答えよ。

- ア 食欲は変化せず肥満のままである。 イ 食欲が落ちて正常の体重になる。
ウ 食欲がなくなり、やがて餓死する。

4

ピンポン球で遊んでいた弘くんと学くんは、ピンポン球を水に沈めてから、静かに手をはなすと、図1のように勢いよく水面から飛び出すことに気づいて、その動き方について考えてみることにした。

次の文は、弘くんと学くんの会話である。会話文中の(1)～(6)には数値を入れよ。ただし、同じ番号の()には同じ数値が入るものとする。また、【 a 】～【 d 】は正しい文をそれぞれ 1 つずつ選び、ア～シの記号で答えよ。また、[あ]～[う]には末尾のグラフ①～⑧の中から適当なものを 1 つずつ選び、番号で答えよ。ただし、グラフの縮尺は同じとは限らない。

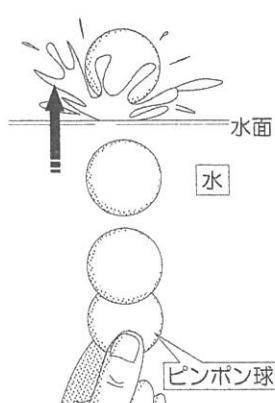


図 1

弘： 水の中でピンポン球が上向きに動くのは、上向きの力を受けているからだろうね。

学： その力なら学校で浮力という力だと習ったよ。

弘： その力の大きさがいくらなのか考えてみよう。

学： 水にも重さがあるけど、水は動いてないね。

弘： ということは、図2のように水の重さと浮力がつり合っているから静止しているということだね。100g の重さを 1N、水の密度を $1\text{g}/\text{cm}^3$ 、ピンポン球の体積を簡単のために 10cm^3 とすると、ピンポン球と同じ体積の水の重さは(1)N なので、ピンポン球と同じ体積の水にはたらく浮力は(1)N ということになるね。

学： 図3、図4のようにピンポン球と同じ大きさの水をピンポン球に置き換えると、外側の水から受ける力は変わらないので、ピンポン球にはたらく浮力はピンポン球と同じ体積の水の重さ【 a. より大きい イ. 同じ ウ. より小さい 】と考えられるね。

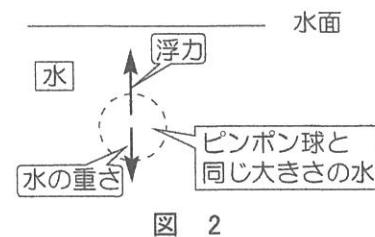


図 2

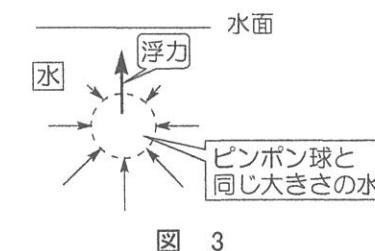


図 3

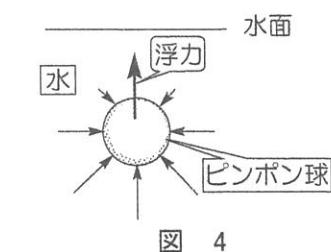


図 4

弘： これからは図5のようにピンポン球を一片が 2cm の正方形の底面をもち、高さが 5cm の直方体に置き換え、その質量を 8g 、重さを 0.08N として考えてみよう。

学： 図6のように、この直方体を水面から 120cm の深さに沈めて、静かに手をはなしたとして、その後の動きはどうなるのかな。水や空気による抵抗力、摩擦力を無視して考えてみよう。

弘： 直方体が全部水に沈んでいる間は、直方体にはたらく浮力が(2)N なので、直方体にはたらく合力が、大きさ(3)N で【 b. 右向き オ. 左向き カ. 上向き キ. 下向き 】にはたらき続け、手を離してからの時間を横軸に、速さを縦軸にしてグラフをかくと、物体の速さは[あ]のように変化して上昇するだろうね。

学： 次は、直方体の上面がちょうど水面に出る時の速さを求めてみよう。手をはなしてから水面に出るまでに、合力のする仕事は(4)J で、この仕事が直方体の運動エネルギーに変わるとする。物体の運動エネルギー $K [\text{J}]$ は、物体の質量を $m [\text{kg}]$ 、速さを $v [\text{m/s}]$ で表すと

$$K = \frac{1}{2} mv^2$$

と教科書に書いてあるから、そのときの速さは(5)m/s となるね。

弘： 直方体の上面が水面から出始めると浮力はどうなっていくのかな。図7のように重さのない、直方体と同じ大きさの物で水をそっと囲ってみたらどうだろう。

学： この場合も重さのない物で囲っただけだから、水や直方体は静止したままだろうね。前に考えたように、図8の斜線部分の浮力は斜線部分の水の重さ【 a 】と考えられるので、斜線部分の外側の水からの力を考えてみると、図9の直方体にはたらく浮力は【 c. ク. 水面より上の部分 ケ. 水に沈んでいる部分 コ. 直方体全体 】の【 d. サ. 直方体 シ. 水 】の重さと同じことになるはずだね。

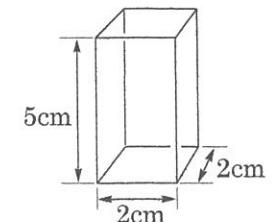


図 5

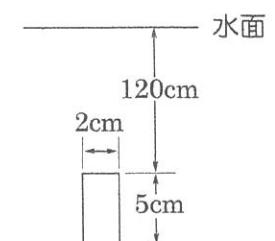


図 6

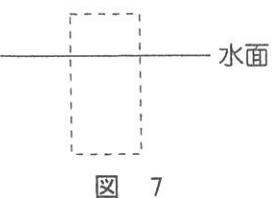


図 7

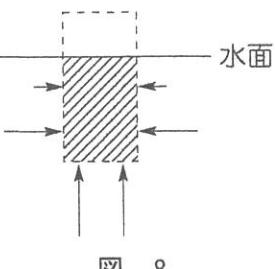


図 8

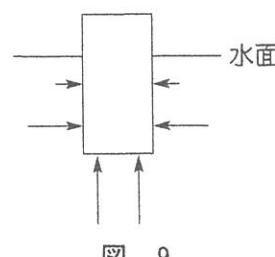


図 9

弘: 図10のように直方体の重さと浮力がつり合うときの水に沈んでいる部分の深さ h は(6)cm で、直方体が水面に出始めてからの時間を横軸に、速さを縦軸にして表すと、直方体が水面に出始めてからつり合いの位置に来るまでのグラフは い になるね。

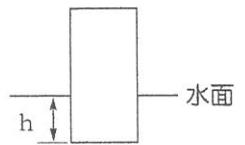


図 10

学: その後、直方体は水面を飛び出すけど、速さは遅くなっていくので、つり合いの位置に来てからの時間を横軸に、速さを縦軸にして表すと、つり合いの位置から直方体が最も高い位置にいくまでの間のグラフは う になるね。

