

2021年度 共通テスト 物理

理科 [物理] 60分, 100点

(解答番号 ~)

第1問 次の問い(問1~5)に答えよ。(配点 25)

問1 ④ 難易度C

加速度運動する台車上の物体には加速度と逆方向に慣性力が働く。おもりと水槽内の水に加速度と逆方向に慣性力が働くので、おもりと水面は左方向に変位して、静止する。

問2 ⑤ 難易度B

3本の張力 T のロープによって持ち上げることになるので、持ち上げることができるためには、 $3T > (50+10+60)g=120g$, $\therefore T > 40g=40 \times 9.8=3.9 \times 10^2$ [N], ここで g は重力の加速度

問3 ② 難易度C

電荷に働く静電気力の大きさは(電荷の電気量)×(電場の強さ)。

電場の強さは(極板間の電位差÷間隔)だから、電場の強さが最も大きいBにおいて静電気力が最大になる。

問4 ① 難易度A

音源(おんさ)を持っているAさんがBさんに近づいているので、直接Bさんに向かってくる音波をBさんが観測する振動数はドップラー効果によって f より大きい(ア)。

壁で反射してBさんに向かってくる音波は、AさんがBさんから遠ざかるように動くので、Bさんが観測する振動数はドップラー効果によって f より小さい(イ)。

この結果、Bさんは両方の音波の重ね合わせにより、うなりを聞く。

Aさんがさらに速く歩くと、振動数の増加と減少はさらに大きくなるから、1秒あたりのうなりの回数は多くなる(ウ)。

問5 ② 難易度B

問題図6は圧力 p と体積 V の関係(p - V グラフ)を示している。円筒容器を上下逆さにすると、ピストンの下降に伴い気体の体積は増大し、圧力は減少する。等温変化の場合、外部から熱が供給されるので、同一圧力での体積は断熱変化よりも大きい。断熱変化は、外部から熱が供給されないため、圧力が減少して膨張し、温度が低下する。したがって実線は等温変化(エ)、破線は断熱変化(オ)を表しており、これを用いると $L_{\text{等温}}$ と $L_{\text{断熱}}$ の大小関係は、 $L_{\text{等温}} > L_{\text{断熱}}$ (カ)である。

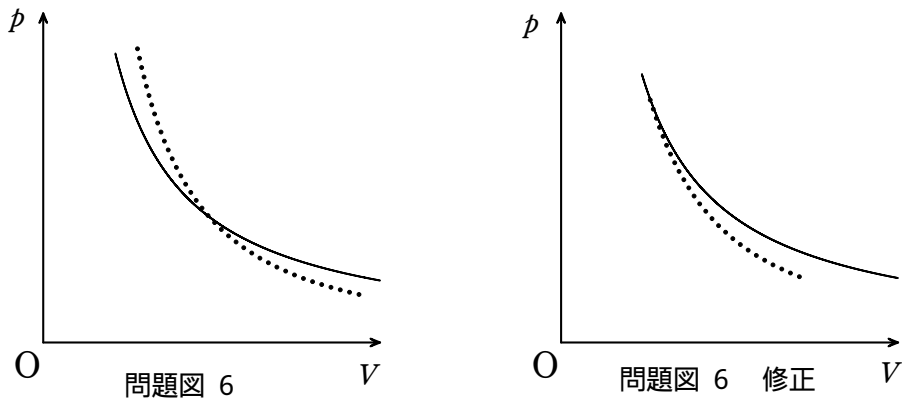
コメント:

各分野の基礎知識を基に、具体事例での物理事象を問う問題である。設定された条件が長文と図によって表現されているので、限られた時間の中で的確に読み込み、題意とそのポイントの理解を進めることが重要である。問2では動滑車を用いて同一張力が働く3本のロープで釣り上げていることに相当すること、問4では音源が近づいているとき、音源の後ろの壁からの反射音は音源が遠ざかっているように観測者には観測されることがポイントである。

問5では、理想気体の状態変化の状況を等温変化と断熱変化とで考察する問題である。両者の状態変化図(p - V グラフ)は基本的な図であり、両者の識別について迷うところはないであろう。しかし、問題図6をよく見ると、おかしなことに気づく。両者は同じ状態から変化したのだから、等温変化、

断熱変化のグラフは圧力，体積，温度が同一の点から出発しなければならない。しかし，問題図 6 はそのようになっていない。左上方が容器を逆さまにしてピストンが下降する出発点（初期値）と想定されるから，問題図 6 修正のように両グラフは同一点を共有しなければならない。また終点では，圧力が同じでなければならない。

問題図 6 は等温変化と断熱変化とを説明するとき通常使用されるグラフで，この問題の図としては不適切であると筆者は考える。



第 2 問 次の文章 (A・B) を読み，下の問い (問 1 ~ 6) に答えよ。(配点 25)

A

問 1 6㉓ 7㉓ 8㉑ 9㉑ 難易度 A

可変抵抗の抵抗値を $r=10\ \Omega$ に設定する。スイッチを閉じた瞬間はコンデンサーに電荷は蓄えられていないので，コンデンサーの両端の電位差は $0\ \text{V}$ である。スイッチを閉じた瞬間の回路は，コンデンサーの両端が短絡しているとみなすことができるので，**6㉓** と同じ回路とみなせる。

㉓の回路は図 2 と同じだから， $10\ \Omega$ と $20\ \Omega$ の抵抗が並列に接続され，これが直列接続された回路である。一つの並列抵抗に加わる電圧は $3\ \text{V}$ だから，スイッチを閉じた瞬間に点 Q を流れる電流の大きさは， $\frac{3.0\ \text{V}}{10\ \Omega} = 0.3\ \text{A}$ であり，有効数字 2 桁で表すと **7** . **8** $\times 10^{-9} = 3.0 \times 10^{-1}\ \text{A}$ である。

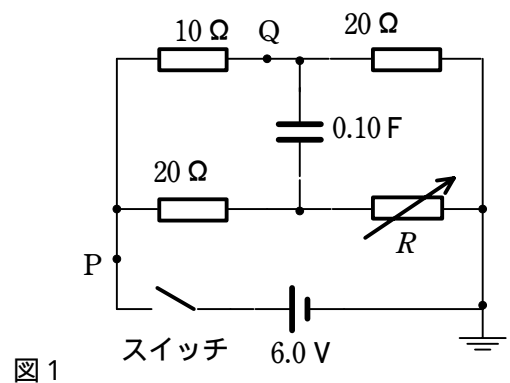
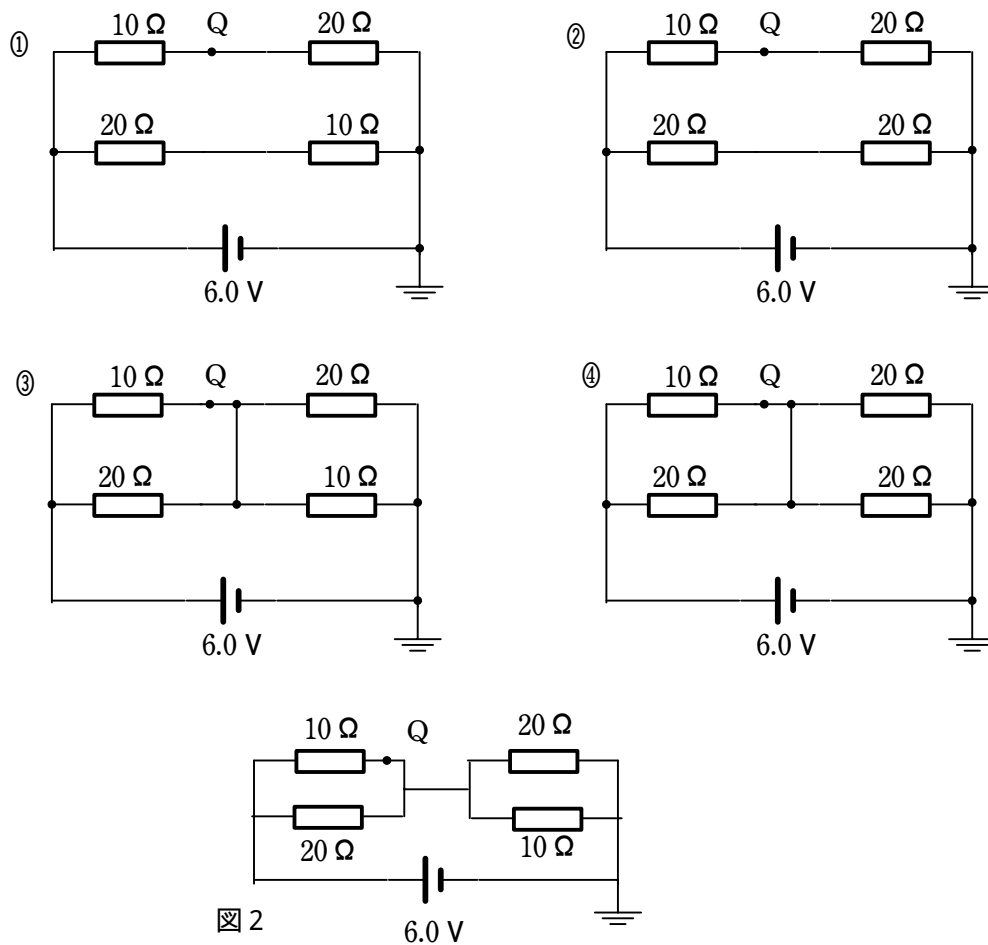


図 1



問2 10 ④ 11 ② 難易度 B

可変抵抗の抵抗値は $R=10\ \Omega$ にしたまま、スイッチを閉じて十分時間が経過すると、コンデンサーに流れ込む電流は0となる。このとき、図1の点Pを流れる電流の大きさは $\frac{6.0\text{ V}}{(10+20)\ \Omega} \times 2$
 $= 0.4\text{ A} = \boxed{10\ ④}$ である。

コンデンサーに蓄えられた電気量は、コンデンサーの両端の電位差が $0.2\text{ A} \times 20\ \Omega - 0.2\text{ A} \times 10\ \Omega$
 $= 2\text{ V}$ だから、 $0.1\text{ F} \times 2\text{ V} = 0.2\text{ C} = \boxed{11\ ②}$

問3 12 ④ 13 ② 14 ① 難易度 B

スイッチを開いてコンデンサーに蓄えられた電荷を完全に放電させた。次に、可変抵抗の抵抗値を変え、再びスイッチを入れた。その後、点Pを流れる電流はスイッチを入れた直後の値を保持した。可変抵抗の抵抗値 R を有効数字2桁で表すと、どのようになるか。

スイッチを入れた直後から点Pを流れる電流は変化しないのだから、コンデンサーに充電電流は流れない。すなわち、スイッチを入れた直後からコンデンサーの両端の電位差は0 V である。

点Qを流れる電流による抵抗 $10\ \Omega$ の電圧降下は $0.2\text{ A} \times 10\ \Omega = 2\text{ V}$, 下の導線の電流による電圧降下は $\frac{6.0\text{ V}}{(20 + R)\ \Omega} \times 20\ \Omega = 2\text{ V}$ と同じだから、 $R = 40\ \Omega = \boxed{12\ ④} . \boxed{13\ ②} \times 10^{\boxed{14\ ①}}\ \Omega$

B

問4 15 ② 難易度 B

導体棒aが動き出すと2本の金属レール、2本の導体棒からなる閉回路内の磁束 B が増加する。した

がって、誘導電流は磁束増加を減じるように流れる。右手の法則により、誘導電流の向きは問題図2の の向きである。

誘導起電力は閉回路の単位時間当たりの磁束変化に等しいから dv_0B [V]、回路の抵抗は $2rd$ [Ω]だから、誘導電流の大きさは $\frac{dv_0B}{2rd} = \frac{Bv_0}{2r} = \text{イ}$ である。

問5 16 ③ 難易度B

磁場中にある導線に電流が流れると、フレミングの左手の法則に則った力を導線は受ける。導体棒aとbに流れている電流の大きさは同じで向きは逆だから、両者が磁場から受ける力の大きさは等しく、向きは反対である(③)。

問6 17 ③ 難易度A

問5の結果から、導体棒aは減速、導体棒bは加速し、その程度は同じだから、③が適当である。導体棒a、bの速さは同じになるので、閉回路の面積は一定となり、誘導電流は流れなくなる。したがって、導体棒に磁場から力が働くことがなく、③のように両導体棒は同じ等速運動になる。

コメント：

A問1では、スイッチを閉じた瞬間はコンデンサーに電荷が蓄えられていないので、コンデンサーの両端の電位差は0Vである、ということから、両端が短絡していることと同じとして、③を選択したい。すると回路は図2のように、10 Ω と20 Ω の並列接続が直列接続ということになる。

問3では、スイッチを入れた直後から電流が一定であったということから、コンデンサーに充電電流が流れない、ということに気づきたい。

Bでは、磁場中のレール2本の上の導体棒の動作という問題設定は頻出で、教科書にも記載されている。それだけに具体的な問題のバリエーションは豊富である。本問では、摩擦なし移動可能な2本の導体棒という設定であるが、筆者には過去に類似設定問題の経験はない。問5は難しい考察が必要とされるわけではない。落ち着いた確に解答したい。問6も同様であるが、導体棒aの減速、bの加速が同じで、いずれ同じ速さになり閉回路の面積が変化しなくなって、電流が流れなくなり、導体棒には力が働くなるという物理過程を概ね理解する必要があるので、難易度Aとした。

第3問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。(配点 30)

A

問1 18 ① 難易度C

真空中では光速は振動数によらず一定である。ある振動数の光が媒質中に入射したとき、

は変化しないで、 が変化する。

$$\frac{\text{媒質中のイ光速}}{\text{真空中のイ光速}}$$

が光の色によって違うので分散が起こる。波長が異なる二つの光が同じ光路を通過してダイヤモンドに入射すると、問題図2のように()と()の二つの光路に分かれた。

ダイヤモンドでは波長の短い光ほど屈折率が大きくなることから、波長の短い方が、図2の屈折角の大きいの経路をとる。

問2 19 ② 難易度B

問題図3のように、DE面のある点Pでダイヤモンドに入射し、AC面に達する単色光を考える。

この単色光でのダイヤモンドの絶対屈折率を n 、外側の空気の絶対屈折率を1として、入射角 i と屈折角 r の関係は **エ** $\sin i = n \sin r$ で与えられる。AC面での入射角 θ_{AC} が大きくなって臨界角 θ_C を超えると全反射する。この臨界角 θ_C は **オ** $\sin \theta_C = \frac{1}{n}$ から求められる。

AC面での光の屈折は、 $\frac{\sin \theta_{AC}}{\sin \theta_r} = \frac{1}{n}$ 、 $\sin \theta_r = n \sin \theta_{AC}$ であり、 $n > 1$ だから、 θ_{AC} が大きくなって、 $\sin \theta_{AC} = \sin \theta_C = \frac{1}{n}$ になると、 $\sin \theta_r = 1$ 、 $\theta_r = 90^\circ$ となって、光はAC面から出なくなる。

すなわち AC面で光は全反射する。

問3 20 ㉔ 21 ㉔ 難易度C

光は、ダイヤモンドでは、 $0^\circ < i < i_C$ のとき、 $\theta_C < \theta_{AC}$ だから、面ACで **カ** 全反射 し、 $i_C < i < 90^\circ$ のとき、 $\theta_C > \theta_{AC}$ だから、面ACで **キ** 部分反射 する。

ガラスでは、 $0^\circ < i' < 90^\circ$ のとき、 $\theta'_C > \theta'_{AC}$ だから、面ACで **ク** 部分反射 する。

ダイヤモンドでは、 $0^\circ < i < 90^\circ$ のとき、 $\theta_C < \theta_{BC}$ だから、面BCで全反射する。ガラスでは、 $\theta'_C < \theta'_{BC}$ だから、面BCに達した光は全反射する。

ダイヤモンドがガラスより明るく輝くのは、ダイヤモンドはガラスより屈折率が **ケ** 大きい ため臨界角が小さく、入射角の広い範囲で二度 **コ** 全反射 し、観察者のいる上方へ進む光が多いからである。

コメント：

ダイヤモンドの輝きという事象を物理的に考察させる問題。屈折率の分散による光の波長に依存する光路の相違、屈折率が大きくなることによる全反射の起こり易さなど、光学によってダイヤモンドの輝きを説明できる。光の問題としては難しいものではないが、問題図5のようなグラフの意味を的確に捉えるような学力が必要とされる。

B

問4 22 ㉔ 難易度C

電子が電圧 V によって加速され、管内で水銀原子と一度も衝突せずにプレートに到達したとき、電子が得る運動エネルギーは、フィラメントとプレートの電位差が V だから、 $\frac{1}{2}mv^2 = eV = \text{㉔}$

問5 23 ㉔ 難易度B

それぞれの過程における衝突の前後で、電子と水銀原子の運動量の和はどうか。
二つの粒子の衝突における運動量の和は、両者の作用反作用の法則に基づく運動量保存の法則により、保存する。

問6 24 ㉔ 難易度B

それぞれの過程における衝突後、電子と水銀原子の運動エネルギーの和はどうか。
過程(a)では電子と水銀原子のもつ運動エネルギーは衝突によって失われることはないので、エネルギー保存の法則により、運動エネルギーの和は変化しない。
過程(b)では水銀原子が状態Aからエネルギーの高い状態Bに変化したので、その分運動エネルギーの和は減る。

コメント：

蛍光灯が光る原理についての考察から、電子、原子の運動や衝突について出題している。ごく基礎

的な問題だから，原則を理解していれば，難しくはないだろう。問5では，衝突による二つの粒子の運動量の変化は作用反作用に基づくものだから，運動量の和は保存される。弾性衝突（運動エネルギーは保存する），非弾性衝突（運動エネルギーは保存しない）に関わらず，運動量保存の法則が成立する。問6では，過程(b)で水銀原子がエネルギーが高い状態Bに変化した。両粒子の衝突が原子を励起（エネルギーの高い状態にすること）したもので，その分，両者の運動エネルギーの和が減少することになる。

第4問 次の問い（問1～4）に答えよ。（配点 20）

問1 25 ㊸ 難易度C

力学的エネルギー保存の法則により，

$$(\text{ボールの運動エネルギー}) + (\text{ボールの重力による位置エネルギー}) = \text{一定}$$

問題図1のように，Aさんが投げた瞬間のボールの高さの方が，Bさんに届く直前のボールの高さより高いとき，重力による位置エネルギーはAさんが投げた瞬間の方が大きい。したがって，Bさんに届く直前の運動エネルギーの方がAさんが投げた瞬間の運動エネルギーより大きい。

したがって， $v_A < v_B$ ，このとき，水平方向の速さは一定で，垂直方向の速さがBの方が大きいから， $\theta_A < \theta_B$

問2 26 ㊸ 難易度B

Bさんが捕球する前後で運動量保存の法則が成立する。捕球前のボールの水平方向の運動量は $mv_B \cos \theta_B$ ，捕球後のそりとBさんが一体となった運動の運動量は $(m+M)V$ ，両者が等しいので，

$$(m+M)V = mv_B \cos \theta_B, \therefore V = \frac{mv_B \cos \theta_B}{m+M}$$

問3 27 ㊸ 難易度B

Bさんが捕球して一体となって運動するときの全力学的エネルギー E_2

捕球する直前の全力学的エネルギー E_1

両者の差， $\Delta E = E_2 - E_1$ について記述した文として最も適当なものを選べ。

この場合，ボールはBさんに捕球されるので，非弾性衝突だから，運動エネルギーは減少する。重力による位置エネルギーは変化しないから，全力学的エネルギーは減少する。すなわち ΔE は負の値であり，失われたエネルギーは熱などに変換される（㊸）

問4 28 ㊸ 難易度B

Bさんがボールを捕球できず，ボールがそり上面に衝突し跳ね返る場合を考える。このとき，衝突前に静止していたそりは，衝突後も静止したままであった。

そりはつつつの氷の上にあるのに，全然動かなかったのは，ボールからそりに

ア ㊸ はたらいた力の水平方向の成分がゼロ と言える。こうなるときには，ボールとそりは必ず弾性衝突しているのだろうか。 イ ㊸ いいえ，鉛直方向の運動によっては弾性衝突とは限らない と思う。

この場合，水平方向の運動量は変化しないが，垂直方向の運動量は変化した。力積は運動量の変化だから，与えられた力積がゼロということはない。

コメント：

日常に近い事象モデルを設定して、力学的プロセスを考察する問題となっている。力学分野の問題としては難しくはないが、事象と力学問題とを結びつける過程が必要な分、思考力が必要となってくる。

< 総評 >

大学入学共通テストの初年度ということで、どのような変化があるか、関心をもった。センター試験でも、事象モデルを設定して、その物理プロセスの中から発題するということがあった。共通テストでは、事象モデルが架空のものではなく、現実的な日常生活や身の回りのものに近づいたような気がする。ダイヤモンドの輝きや氷上のそりの捕球といった事象である。

おそらく、このような傾向の問題が今後とも続くであろうから、受験生としては、日頃から自然現象や生活環境の中に見られる物理現象／事象に関心をもって考える習慣を身につけたい。

210205