

20 年度センター試験 物理

090423

		分野	問題概要	難易度
第 1 問		問 1 力学（小球の衝突）	小球が床に衝突した前後の運動エネルギー	B
		問 2 エネルギー変換	火力発電所の重油の燃焼から電気エネルギー発生	C
		問 3 電磁波の波長	応用されている三つの電磁波の波長の順序	C
		問 4 摩擦と運動方程式	小物体を乗せた物体の粗い床の上の運動	A
		問 5 波動	お互いに逆方向に向かうパルス波の重ね合わせ	B
		問 6 波動	単位の次元数の算出	B
第 2 問	A	問 1 電気回路	抵抗の並列接続による合成抵抗のグラフ	B
		問 2 同上	並列接続の抵抗間を針金で接続するときの合成抵抗のグラフ	A
		問 3 同上	問 2 でさらに直列に針金を挿入した場合の合成抵抗	B
	B	問 4 電磁誘導	磁界から電流の流れる導線が受ける力	B
		問 5 同上	磁界の変化が回路に誘導する電流	B
第 3 問	A	問 1 波動（光学）	レンズによる結像の上下左右関係	C
		問 2 同上	結像距離の算出	C
		問 3 同上	レンズの下半分を覆ったときの現象	B
	B	問 4 波動（音波）	ドップラー効果による振動数変化のグラフ	B
		問 5 同上	ドップラー効果による観測時間の変化	A
第 4 問	A	問 1 力学（加速度運動）	位置エネルギーと運動エネルギーの変換	C
		問 2 同上	ゴムひもに結ばれた物体の落下の加速度	B
		問 3 同上	最下点に達したときの位置からばね定数の算出	A
	B	問 4 力学（つりあい）	静止したクレーンの力のつりあい	C
		問 5 同上（モーメント）	同上で力のモーメントのつりあい	B
		問 6 同上（張力変化）	荷物の引き上げ速度からロープの張力変化のグラフ	A
		問 7 同上（仕事）	同上で荷物にした仕事	B

合計 23 問 A : 5 問 B : 12 問 C : 6 問

第 1 問 小問集合

問 1 力学（衝突前後の運動エネルギー，位置エネルギー） 難易度 B

エネルギー保存則，位置エネルギーと運動エネルギーの関係を理解していれば正答を得る。衝突後，高さが元の高さの $1/2$ であったということは，位置エネルギーが $1/2$ になったということ。これは衝突直後の運動エネルギーは直前のエネルギー（元の位置エネルギーに等しい）の $1/2$ であることを意味する。

運動エネルギーは速度の 2 乗に比例するから，エネルギーが $1/2$ になるということは速度は $1/2$ になる。

問2 エネルギー変換 難易度 C

化学エネルギーから電気エネルギーへの変換の過程に関する問題である。物質のもつエネルギーは、いろいろなエネルギーに変換されて、われわれが日常利用する電気エネルギーに姿を変える。このことを理解しておくことが必要である。

重油の化学エネルギーは燃焼によって熱エネルギーに変換され、タービンの水を加熱して水蒸気を発生させて、タービンの羽を回転する。すなわち力学的となり、これが発電機の回転子に連動して、発電をする。すなわち電気エネルギーに変換される。

問3 電磁波の波長 難易度 C

電磁波の種類と波長の関係の理解が必要である。赤外線は可視光線の橙色の光より波長は長い。テレビの電波は赤外線より波長は長い。

問4 力学（摩擦と運動方程式） 難易度 A

台の上に小物体が乗っている場合の運動方程式の問題である。小物体と台の間には摩擦がないので、台が加速度運動すると、小物体は静止していることを理解しなければならない（すなわち台の移動に対して小物体は滑るので静止している）。一方、台は摩擦のある床の上を移動するので、印加された力 F に対して摩擦抗力が発生する。摩擦抗力は（垂直抗力） \times （重力加速度）である。

したがって、台の運動方程式は

$$M = F - \mu (M+m) g \text{ となる。}$$

問5 波動（パルス波の重ね合わせ） 難易度 B

パルス波が3目盛り進んだ後の形を描いて、両者を重ね合わせた形を描く。すると の形を得る。重ね合わせは単純に正負の符号を考慮して変位を加えて、描けば良い。

問6 波動（単位の次元） 難易度 B

波の速さ、波長、重力加速度の関係を単位の次元（長さ、質量、時間の基本単位の組み合わせ）から捉える問題。単位の意味を正しく理解し、その次元が等しくなるように解を求める。

第2問

A 電気抵抗回路

問1 抵抗の並列接続による合成抵抗のグラフ 難易度 B

並列の本数と合成抵抗の関係式を求め、合成抵抗と本数のグラフを考察する。並列接続の合成抵抗の式から合成抵抗は本数に反比例することが分かる。したがってグラフは となる。

上記のような正確な考え方によらずとも、物理的な思考力があれば、正答を得ることができる。すなわち、少なくとも抵抗が増加あるいは無変化ということはないので、 $\frac{1}{n}$ 、 $\frac{1}{n^2}$ は誤り。か
のいずれか。ところが $\frac{1}{n}$ は本数を増やすと、合成抵抗は負になる。抵抗が負になることはないから、 $\frac{1}{n^2}$ は誤り。したがって、正答は $\frac{1}{n}$ である。

問2 並列接続の抵抗間を針金で接続するときの合成抵抗のグラフ 難易度 A

この問題は合成抵抗をまともに計算していくとややこしいことになる。的確な物理的思考を要す

る。並列抵抗の間に針金を入れて結合するとどうなるかを考える。仮に両抵抗の midpoint を結んだとする。両抵抗の抵抗値をそれぞれ $2R$ とすると、両者の合成抵抗は $1/R_g = 1/2R + 1/2R = 1/R$ から $R_g = R$ となる。一方 midpoint を針金で結んだ場合、針金の左側の合成抵抗は $1/R_f = 1/R + 1/R = 2/R$ だから $R_f = R/2$ 。同様に針金の右側の抵抗は $R_b = R/2$ 。両者が直列接続だから、合成抵抗は R となる。すなわち針金で結んでも抵抗値は変わらない。この結果に驚いて、計算がおかしいなどと思っ
てはならない。

針金の本数をどんどん増やしていくとどうなるかを、物理的に思考してみる。針金の抵抗は無視できるわけだから、少なくとも抵抗が増加することはない。すると、 R は棄却される。一方、針金の本数をどんどん増やしたからといって、抵抗が 0 になることはない。なぜなら電流は二つの抵抗を通じて流れるしか経路はないからである。すると本数が増えると抵抗が 0 になる、 R は棄却される。残る R を正答として得る。このことは上記の midpoint を針金で結んだ場合の計算と矛盾しない。

すなわち二つの抵抗の間をどのように結ぼうとも両端の電流経路には影響を与えることはないから、 R が正答であることを即答できれば素晴らしい。

問3 問2でさらに直列に針金を挿入した場合の合成抵抗 難易度 B

図4を電気回路として描いてみる。すると導線によって中間の抵抗の存在はなくなることが分かる。すると $1k$ の抵抗の並列接続（合成抵抗値は 0.5 ）が直列接続されることが分かる。したがって合成抵抗値は $1k$ となる。

B 電磁誘導

問4 磁界から電流の流れる導線が受ける力 難易度 B

図5の実験図を電気回路として正しく理解することがまずは必要。その上で、電流を流したときに磁界によって受ける力をフレミングの左手の法則によって考える。すると棒Aおよび棒Bに電流が流れたときに電磁石の磁界から受ける力を求めることができる。棒Aは左へ、棒Bは右へ力を受け動く。

問5 磁界の変化が回路に誘導する電流 難易度 B

図5の実験図を電気回路に置き換えると、導線の閉じた経路を電磁石による磁界が貫くことが分かる。そして電磁石に流す電流が急増するので、電磁誘導により導線の回路に電流が流れる。電流の向きは電磁石が増加させる磁界強度を減少させる方向なので、上から見て時計回りである。

電流の向きを考慮して、導線AおよびBが受ける力はフレミングの左手の法則によって、それぞれ右および左となる。問4とは電流の向きが逆である。

第3問

A 光学（レンズによる結像）

問1 レンズによって形成された像の状態 難易度 C

レンズによる結像がどのようにして起きるかを知っていれば正当できる。元の物体の上下左右反転だから A を得る。

問2 結像距離（レンズと像の間の距離）の算出 難易度 C

レンズによる結像の公式を使って求める。すなわち $1/f = 1/100 = 1/600 + 1/x$ から 120mm を得る。

問3 レンズの作用 難易度 B

このような問題を経験していれば即答できるが、初めてだと戸惑う。レンズの作用を的確に理解していれば、正答に辿り着く。すなわち、レンズの面は1点から出た方向がばらばらの光を再び1点に集める機能をもつ。したがって、レンズの下半分を隠しても、上半分で像が形成される。ただし光はレンズの上半分からしか来ないので、像全体が暗くなる。

B 音波 ドップラー効果

問4 ドップラー効果による音波の振動数変化のグラフ 難易度 B

音源が移動する場合に観測される振動数が変化する現象、すなわちドップラー効果を知っていなければならない。その上で振動数変化を表すグラフを理解することが必要である。

領域 A に救急車が向かう場合は、観測者から遠ざかるので、振動数は減少し、停車して元の値に戻る。これは である。領域 C へ向かう場合は、音源は観測者 P さんの家へ近づき、それから遠ざかる。したがって振動数はある値に増加して、それからある値に減少して、停車したとき元の値に戻る。これは である。

問5 ドップラー効果 難易度 A

ドップラー効果の本質を理解していることが必要なので戸惑うかも知れないが、以下のように分かり易く考えることができる。

自動車は T_0 秒の間 f_0 の振動数の音波を発していたのだから、発した波の数は $f_0 \times T_0$ である。観測者はこれを振動数 f_1 で T_1 秒観測したのだから、受けた波の数は $f_1 \times T_1$ である。発した波の数と受けた波の数は等しいはずだから、 $f_0 \times T_0 = f_1 \times T_1$ として $T_1/T_0 = f_0/f_1$ となり を得る。

第4問

A 力学 (ゴムひもに結ばれた物体の落下運動)

問1 エネルギー保存則に基づく位置エネルギーと運動エネルギーの変換 難易度 C

距離 h 落下したときの位置エネルギーが運動エネルギーに変換される。すなわち

$$mv^2/2 = mgh, \quad v = \sqrt{2gh}$$

となって を得る。

問2 重力の加速度とゴムひもの張力による加速度の下での運動方程式 難易度 B

ゴムひもの張力の式を知っていれば正答できる問題である。

ゴムひもの伸びは $(h - z)$ だから、ゴムひもの張力は $k(h - z)$ 、したがって運動方程式は

$$ma = k(h - z) - mg, \quad a = k(h - z)/m - g$$

となって を得る。

問3 位置エネルギーとゴムひもの弾性エネルギーの変換 難易度 A

小球が最下点に達したことを速度が0になったことだと理解することがポイント。すると運動エ

エネルギーは0で、元の位置エネルギーは全てゴムひもの弾性エネルギーに変換されている。

高さが z_0 のとき小球が失った位置エネルギーは $mg(2h - z_0)$

一方このときのゴムひものに蓄積された弾性エネルギーは $k(h - z_0)^2/2$

両者を等しいとおくと $k = 2mg(2h - z_0)/(h - z_0)^2$ となり、 を得る。

B 力学

問4 力のつりあい 難易度 C

鉛直下方に働く力が地面からの垂直抗力とつりあって静止している。したがって、 を得る。

問5 力のモーメントのつりあい 難易度 B

剛体が回転しないということは力のモーメントがつりあっているからである。力のモーメントの定義を把握していれば難しくない。すなわち

力のモーメント = 力 \times 支点から力ベクトルへ下ろした垂線の長さ (力の腕の長さ)

これにより を得る。

問6 物体を引き上げるときのロープの張力 難易度 B

速度が一定の場合は、張力と物体の重力とがつりあっているときである (時刻 $t_1 \sim t_2$)。速度が直線的に上昇していることは一定の加速度が作用していることだから、張力にさらに一定の加速力が加わっている ($0 \sim t_1$)。このことから直ちに を得る。

速度が直線的に減速していることは、一定の減速力が加わっていることだから、 を得る。 は逆。 は $0 \sim t_1$ で加速されない。 は加速度が直線状に変化しているため、速度が直線状ではなく曲線状に変化してしまう。 も同じ。

問7 物体を移動したときの仕事 難易度 B

仕事の定義を把握していれば難しくはない。仕事 = 力 \times 力の方向への移動距離。この場合の力は重力だから、 $mg = 500 \times 9.8$ 。移動距離は1 mだから、 を得る。水平方向の移動は力の方向に垂直だから、仕事をしていない。惑わされないこと。