

高校物理プリント（過去問類似）

電磁気 No.1

名前

得点

/9

問1 現代のネットワーク社会において、コンピュータの記憶装置と通信技術の進歩がもたらした影響に関する記述として、最も適切なものはどれか。（2006年 全国公立入試 類似）

- 膨大なデータの蓄積と高速な通信の組み合わせにより、遠隔地間での情報共有が容易になった
- 記憶装置の容量が増大したことで、通信技術を用いずに全ての情報を個人の端末で完結させる社会となった
- ネットワークの普及により、記憶装置の物理的な容量制限が完全に消滅した
- 通信技術の進歩は記憶装置の小型化とは無関係に発展し、独立した技術として確立された

問2 真空中に置かれた点電荷 q から距離 r の地点における電位 V を表す式として、正しいものはどれか。ただし、 k をクーロンの法則の比例定数とする。（2004年 全国公立入試 類似）

- $V = k * q / r$
- $V = k * q / r^2$
- $V = k * q^2 / r$
- $V = k * q / r^3$

問3 鉛直に立てた長い銅パイプと、同じ長さ・内径を持つガラスパイプを用意し、それぞれのパイプの上端から同じ磁石を同時に落下させた。このとき、磁石の落下時間について述べたものとして最も適切なものはどれか。（2016年 全国公立入試 類似）

- 銅パイプ内の方が、ガラスパイプ内よりも落下時間が長くなる
- ガラスパイプ内の方が、銅パイプ内よりも落下時間が長くなる
- 両パイプ内とも、磁石は自由落下するため落下時間は等しくなる
- 銅パイプ内では磁石が浮上するため、落下時間は無限大となる

問4 極板間距離が $3d$ の平行板コンデンサーにおいて、極板間の中心位置に厚さ d の金属板を挿入した。このとき、極板間の電位差を V_0 とすると、金属板が存在しない領域（合計 $2d$ の長さ）における電位の勾配（電場の強さ）はいくらか。（2017年 全国公立入試 類似）

- $V_0 / 2d$
- $V_0 / 3d$
- $2V_0 / 3d$
- $3V_0 / 2d$

問5 絶縁体の柄がついた3枚の金属円板A、B、Cを重ねて置いた状態で、負に帯電した塩化ビニル棒をCの下から近づけた。このとき、金属円板内部で起こる静電誘導の説明として最も適切なものはどれか。（2013年 全国公立入試 類似）

- 金属円板Cの下面に正電荷が、金属円板Bの上面に負電荷が誘導される。
- 金属円板Cの下面に負電荷が、金属円板Bの上面に正電荷が誘導される。
- 金属円板A、B、Cのすべての上面に正電荷が、下面に負電荷が誘導される。
- 金属円板A、B、Cのすべての上面に負電荷が、下面に正電荷が誘導される。

問6 磁束密度 0.5 T の均一な磁場中に、長さ 0.2 m の導体棒を置き、磁場と垂直な方向に速さ 4.0 m/s で移動させた。このとき、導体棒の両端に発生する誘導起電力の大きさは何Vか。（2021年 全国公立入試 類似）

- 0.2 V
- 0.4 V
- 0.8 V
- 1.0 V

問7 ある領域において、電子が磁場のみから受けるローレンツ力によって円運動の一部を描いて通過した。このとき、電子の運動エネルギーの変化について最も適切なものはどれか。（2025年 全国公立入試 類似）

- ローレンツ力は常に速度と垂直に働くため、運動エネルギーは変化しない。
- ローレンツ力によって電子が加速されるため、運動エネルギーは増加する。
- ローレンツ力によって電子が減速されるため、運動エネルギーは減少する。
- 磁場の向きが電子の進行方向と一致する場合のみ、運動エネルギーは増加する。

問8 平行極板間の電位差を V 、極板間距離を d とする。この極板間に生じる電場の強さに関する記述として最も適切なものはどれか。（2021年 全国公立入試 類似）

- 電場の強さは、極板間の電位差に比例し、極板間距離に反比例する。
- 電場の強さは、極板間の電位差に反比例し、極板間距離に比例する。
- 電場の強さは、極板間の電位差と極板間距離の両方に比例する。
- 電場の強さは、極板間の電位差と極板間距離の両方に依存しない。

問9 暗号通信の安全性に関する記述として最も適切なものはどれか。（2004年 全国公立入試 類似）

- 対応表が公開されていても、鍵コードが秘密にされていれば通信文の復元は困難である。
- 暗号通信の安全性は、対応表を第三者に決して知られないようにすることで担保される。
- 鍵コードが公開されていても、対応表さえ秘密にしていれば通信内容は保護される。
- 暗号通信において、通信文を復元するためには対応表と鍵コードの両方を公開する必要がある。

答え合わせ・解説 No.1

問1	答え 1 膨大なデータの蓄積と高速な通信の組み合わせにより、遠隔地間での情報共有が容易になった	記憶装置の進化による大量データの蓄積と、通信技術の進歩による高速なデータ転送は、現代のネットワーク社会の根幹です。これにより、物理的な距離を超えリアルタイムの情報共有やクラウドサービスが可能となりました。記憶装置の容量は物理的な限界が存在し、通信技術と記憶装置は相互に補完し合って発展しています。
問2	答え 1 $V = k * q / r$	点電荷による電位は、無限遠を基準 (0) としたとき、電荷 q に比例し、距離 r に反比例する。式は $V = k * q / r$ で表される。距離の二乗に反比例するのは電場 (電界) の強さであり、混同しないよう注意が必要である。
問3	答え 1 銅パイプ内の方が、ガラスパイプ内よりも落下時間が長くなる	銅パイプ内を磁石が落下する際、磁束の変化によってパイプ内に渦電流が生じる。この渦電流が作る磁場は、レンツの法則により磁石の運動を妨げる向きに働くため、電磁誘導による抵抗力が生じる。この抵抗力によって磁石の落下速度が抑制されるため、絶縁体であるガラスパイプ内を落下する場合と比較して、銅パイプ内での落下時間は長くなる。
問4	答え 1 $V_0 / 2d$	金属板内部は等電位であるため、極板間の電位差 V_0 は、金属板以外の領域 (合計距離 $2d$) のみで生じる。電場 E は電位差を距離で割った値 ($E = V / d$) で表されるため、金属板以外の領域における電場の強さは、全電位差 V_0 を有効な距離 $2d$ で割った $V_0 / 2d$ となる。
問5	答え 1 金属円板Cの下面に正電荷が、金属円板Bの上面に負電荷が誘導される。	静電誘導は、導体に帯電体を近づけた際、導体内の自由電子がクーロン力によって移動することで生じる現象である。負に帯電した棒を近づけると、導体内の自由電子は棒から遠ざかる方向に移動する。そのため、棒に近いCの下面には正電荷が残り、棒から最も遠いBの上面には負電荷が蓄積される。この電荷の分離により、導体全体として電位差が生じ、内部の電場が打ち消されるまで電荷の移動が続く。
問6	答え 2 0.4 V	誘導起電力の大きさ V は、式 $V = vBL$ を用いて計算できます。与えられた値を代入すると、 $V = 4.0 \text{ m/s} \times 0.5 \text{ T} \times 0.2 \text{ m} = 0.4 \text{ V}$ となります。磁場、導体棒の速度、導体棒の長さが互いに垂直である場合、この式により直接的に誘導起電力を求めることが可能です。
問7	答え 1 ローレンツ力は常に速度と垂直に働くため、運動エネルギーは変化しない。	ローレンツ力は荷電粒子の速度ベクトルに対して常に垂直に働くため、粒子に対して仕事を行わない。仕事が行われない場合、運動エネルギーの変化量はゼロである。したがって、磁場のみの領域では電子の速さは一定に保たれ、軌道は円弧を描くがエネルギーは保存される。
問8	答え 1 電場の強さは、極板間の電位差に比例し、極板間距離に反比例する。	電場の強さ E は $E = V / d$ という関係式で表される。この式から明らかなように、分子にある電位差 V に対しては比例関係にあり、分母にある距離 d に対しては反比例の関係にある。これは、同じ電位差であれば距離が近いほど電位の傾きが急峻になることを意味している。
問9	答え 1 対応表が公開されていても、鍵コードが秘密にされていれば通信文の復元は困難である。	現代の暗号通信において、暗号化アルゴリズム (対応表に相当) は公開されていることが一般的である。安全性を担保する核心は、変換の過程で用いられる鍵コードの秘匿性にある。鍵コードが不明であれば、アルゴリズムが判明していても通信文を復元することは計算量的に極めて困難であり、これが暗号通信の安全性の根拠となっている。

問1 電磁誘導において、レンツの法則が成立する物理的な背景として最も適切なものはどれか。 (2022年 全国公立入試 類似)

1. エネルギー保存の法則が成り立ち、磁束の変化を妨げる向きに誘導電流が流れる必要があるため。
2. 誘導電流の大きさが磁束の変化量にのみ依存し、磁石の移動方向には依存しないため。
3. コイルを構成する原子の電子が、磁場に対して常に反磁性を示す性質を持つため。
4. 磁束の変化を強める向きに電流が流れると、外部からの仕事が不要になり永久機関が実現するため。

問2 水平なレール上に置かれた導体棒に電流を流し、磁場中で力を受けて運動させる状況において、この現象の物理的背景として最も適切な説明はどれか。 (2008年 全国公立入試 類似)

1. 導体内の自由電子が磁場から受けるローレンツ力の総和が、導体棒全体に働く力となる。
2. 磁場が変化することで誘導起電力が発生し、そのエネルギーが運動エネルギーに変換される。
3. 電流が流れることで導体棒の周囲に磁場が形成され、外部磁場との反発力によって加速する。
4. 導体棒内の陽イオンが磁場から直接力を受け、その反作用として導体棒全体が移動する。

問3 導線の抵抗値 R 、長さ L 、断面積 S 、および抵抗率 ρ の関係を表す式として、正しいものはどれか。 (2026年 全国公立入試 類似)

1. $R = \rho \times L / S$
2. $R = \rho \times S / L$
3. $R = L \times S / \rho$
4. $R = \rho \times L \times S$

問4 コンデンサーを含む直流回路において、スイッチを閉じた直後と十分な時間が経過した定常状態との違いを説明する記述として、物理学的な原理に基づいたものはどれか。 (2021年 全国公立入試 類似)

1. スwitchを閉じた直後はコンデンサーが導線のように振る舞うが、定常状態では回路が開放された状態と同等になる。
2. スwitchを閉じた直後は電流が流れないが、定常状態に達するとコンデンサーを介して定常的な電流が流れる。
3. 定常状態ではコンデンサーの電気容量が無限大になったとみなせるため、抵抗には電流が流れなくなる。
4. スwitchを閉じた直後から定常状態まで、回路内の抵抗で消費される電力は常に一定である。

問5 磁場中で等速円運動をする荷電粒子の半径に関する記述として、物理学的な原理に基づいた適切なものはどれか。 (2026年 全国公立入試 類似)

1. 粒子の質量が大きいくほど、円運動の半径は大きくなる。
2. 粒子の速度が速いくほど、円運動の半径は小さくなる。
3. 磁場の強さが強いくほど、円運動の半径は大きくなる。
4. 粒子の電荷が大きいくほど、円運動の半径は大きくなる。

問6 一樣な太さの導体において、針金を接続する位置を順次変更し、回路内に直列に接続される針金の数を1本から5本へと増加させた。このとき、回路全体の合成抵抗の値が針金の数に対してどのように変化するかを示す記述として最も適切なものはどれか。 (2008年 全国公立入試 類似)

1. 針金の数が増えるにつれて、合成抵抗の値は一定に保たれる。
2. 針金の数が増えるにつれて、合成抵抗の値は反比例して減少する。
3. 針金の数が増えるにつれて、合成抵抗の値は比例するように増加する。
4. 針金の数が増えるにつれて、合成抵抗の値は一度増加したのち減少する。

問7 送電線において、電流を I 、送電線の抵抗を r としたとき、送電線で発生する電力損失を表す式として正しいものはどれか。 (2023年 全国公立入試 類似)

1. $I \times r$
2. $I^2 \times r$
3. $I \times r^2$
4. $V \times I$

問8 送電電力を一定に保ったまま、送電線での電力損失を10万分の1（10のマイナス6乗倍）に低減したい。このとき、送電電圧を何倍に昇圧する必要があるか。 (2023年 全国公立入試 類似)

1. 10倍
2. 100倍
3. 1000倍
4. 10000倍

問9 断熱容器内に設置された電気抵抗 10Ω のヒーターに 20 V の電圧をかけ、 30 秒間電流を流した。このとき発生するジュール熱は何 J か。 (2006年 全国公立入試 類似)

1. 400 J
2. 800 J
3. 1200 J
4. 2400 J

問10 直流電源、ランプ、および二つのホルダーを備えた回路において、ランプを最も明るく点灯させるために、各ホルダーに装着すべき素子の組み合わせとして最も適切なものはどれか。 (2026年 全国公立入試 類似)

1. 両方のホルダーにコンデンサーを装着する
2. 一方のホルダーにコイル、もう一方にコンデンサーを装着する
3. 両方のホルダーに抵抗器を装着する
4. 一方のホルダーにコイル、もう一方に導線を装着する

答え合わせ・解説 No.2

問1	答え 1 エネルギー保存の法則が成り立ち、磁束の変化を妨げる向きに誘導電流が流れる必要があるため。	もしレンツの法則に反して磁束の変化を強める向きに誘導電流が流れると、磁石を動かすほどに磁場が強まり、系全体のエネルギーが増大し続けることとなります。これはエネルギー保存の法則に矛盾します。実際には、誘導電流による磁場が磁石の運動を妨げるため、磁石を動かすために外部から仕事をする必要があります、その仕事電気エネルギーとして取り出されています。
問2	答え 1 導体内の自由電子が磁場から受けるローレンツ力の総和が、導体棒全体に働く力となる。	磁場中の導体に電流が流れるとき、導体内の自由電子が磁場からローレンツ力を受ける。この微視的な力の総和が、導体棒全体に働く力（アンペール力）として観測される。フレミングの左手の法則は、この力の向きを簡便に求めるための手法である。
問3	答え 1 $R = \rho \times L / S$	導線の抵抗値Rは、その長さに比例し、断面積に反比例する。この比例定数が抵抗率ρである。したがって、 $R = \rho(L/S)$ という関係式が成り立つ。この式から、導線が長いほど抵抗は大きくなり、断面積が広いほど抵抗は小さくなるのがわかる。
問4	答え 1 スイッチを閉じた直後はコンデンサーが導線のように振る舞うが、定常状態では回路が開放された状態と同等になる。	コンデンサーは充電されていない状態では電位差が0であるため、スイッチを閉じた直後は導線と同様に電流が流れる。しかし、電荷が蓄積されるにつれて極板間の電位差が増大し、最終的に電源電圧と釣り合うと電流が遮断される。この定常状態では、コンデンサーの枝は回路が切断された（開放された）状態と等価な挙動を示す。
問5	答え 1 粒子の質量が大きいくほど、円運動の半径は大きくなる。	荷電粒子の円運動の半径 $r = mv / (qB)$ において、分子には質量 m と速度 v があり、分母には電荷 q と磁束密度 B がある。質量 m が大きいほど、また速度 v が速いほど、半径 r は大きくなる。逆に、電荷 q が大きいほど、あるいは磁束密度 B が強いほど、ローレンツ力が強く働き向心力が大きくなるため、半径 r は小さくなる。
問6	答え 3 針金の数が増えるにつれて、合成抵抗の値は比例するように増加する。	抵抗器を直列に接続する場合、全体の合成抵抗Rは各抵抗の和 ($R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$) で表される。本問のように針金の数を増やすことは、回路に対して抵抗成分を直列に付け加える操作に相当する。したがって、針金の数Nが増加するほど、全体の合成抵抗はNに比例して増加する関係となる。直列接続における合成抵抗の性質を理解することが重要である。
問7	答え 2 $I^2 \times r$	送電線で発生する電力損失（ジュール熱）は、電流の二乗と抵抗の積で表されます。送電線に流れる電流をI、抵抗をrとすると、電力損失Pは $P = I^2 \times r$ となります。この式から、電力損失を抑えるためには電流Iを小さくすることが極めて有効であることがわかります。
問8	答え 3 1000倍	電力損失は電流の二乗に比例するため、損失を10のマイナス6乗倍にするには、電流をその平方根である10のマイナス3乗倍にする必要があります。送電電力 $P = V \times I$ が一定であるとき、電流Iが10のマイナス3乗倍になれば、電圧Vは逆数の10の3乗倍、すなわち1000倍にする必要があります。
問9	答え 3 1200 J	発生するジュール熱 Q は、 $Q = (V^2 / R) \times t$ の式を用いて計算できる。 $V = 20 \text{ V}$ 、 $R = 10 \text{ } \Omega$ 、 $t = 30 \text{ s}$ を代入すると、 $Q = (20^2 / 10) \times 30 = (400 / 10) \times 30 = 40 \times 30 = 1200 \text{ J}$ となる。
問10	答え 4 一方のホルダーにコイル、もう一方に導線を装着する	直流電源において、コンデンサーは充電完了後に電流を遮断するため、回路に組み込むと電流が流れなくなる。一方、抵抗値が無視できるコイルは直流に対しては導線と同様に振る舞い、抵抗成分を付加しない。したがって、抵抗器やコンデンサーを避け、コイルと導線を用いることで回路全体の抵抗を最小に抑え、ランプに最大の電流を流すことができる。

答え合わせ・解説 No.3

問1	答え 1 0V	オームの法則によれば、抵抗の両端の電圧Vは電流Iと抵抗Rの積 ($V=IR$) で表される。回路が遮断されスイッチが開放された状態では、回路に電流が流れないため $I=0$ となる。したがって、抵抗の両端の電位差は0Vとなる。電源と抵抗が接続されている場合でも、回路が閉じていなければ電流は発生せず、抵抗による電圧降下は生じない。
問2	答え 1 誘電分極が起こり、引力が働く	不導体は自由電子が移動できないため、帯電体を近づけると分子内の電荷の偏りが生じる誘電分極が発生します。このとき、不導体内の負電荷が帯電体側に引き寄せられ、正電荷が遠ざかるため、全体として帯電体との間に引力が働きます。導体で起こる静電誘導とは区別して理解する必要があります。
問3	答え 1 4V	直列回路において電圧は抵抗値の比に比例して分配される。全体の抵抗値は $4\Omega + 8\Omega = 12\Omega$ である。抵抗値 4Ω の抵抗器にかかる電圧は、全体の電圧 $12V$ に、全体の抵抗に対する自身の抵抗の比である $4/12$ を乗じることで求められる。したがって、 $12V * (4 / 12) = 4V$ となる。
問4	答え 1 同符号の電荷は反発し、異符号の電荷は引き合う。	静電気力は、電荷を持つ物体間に働く力であり、クーロンの法則に従う。同符号の電荷（プラスとプラス、またはマイナスとマイナス）の間には斥力（反発する力）が働き、異符号の電荷（プラスとマイナス）の間には引力（引き合う力）が働く。これは電磁気学における基本的な相互作用である。
問5	答え 2 66 : 1	変圧器の電圧比は巻数比に等しいため、 $N1 : N2 = V1 : V2$ が成り立つ。与えられた数値を代入すると、 $N1 : N2 = 6600 : 100$ となる。この比を簡約すると、 $66 : 1$ という結果が得られる。変圧器はこの原理を用いて、送電線などの高電圧を家庭用の低電圧に変換している。
問6	答え 1 紙面の右向き	フレミングの左手の法則を適用します。左手の指を広げ、人差し指を磁場の向き（紙面の裏から表）、中指を電流の向き（鉛直下向き）に合わせると、親指は紙面の右方向を指します。したがって、導線が受ける力は紙面の右向きとなります。これは、磁場中の荷電粒子がローレンツ力を受けることによるマクロな現象です。
問7	答え 1 vBl	磁場中を運動する導体棒内の自由電子は、磁場からローレンツ力を受けて移動し、導体棒の両端に電位差が生じる。この誘導起電力の大きさは、磁束密度 B 、導体棒の長さ l 、および磁場と垂直な方向の速度 v の積である vBl で表される。これは電磁誘導の法則から導かれ、導体棒の運動エネルギーが電気エネルギーに変換される過程を示している。
問8	答え 2 各抵抗を流れる電流の和は、電源電圧を合成抵抗で割った値と等しい。	並列回路では各抵抗に電源電圧が等しくかかります。各抵抗を流れる電流の総和は、オームの法則に基づき、電源電圧を回路全体の合成抵抗で割った値と一致します。電圧は分配されず、電流が抵抗値に応じて分配されるのが並列回路の特徴です。
問9	答え 1 孤立した導体における電荷の総和が保存され、各コンデンサーに蓄えられる電荷と電位差の関係式から導かれるため。	孤立した導体（ Q や R ）は外部と電荷のやり取りができないため、それらに蓄えられる電荷の総和は常に一定（初期状態で0）に保たれる（電荷保存則）。各コンデンサーの電荷 Q と電位差 V の間には $Q = CV$ の関係があり、これらの方程式を連立させることで、各導体間の電位差が電気容量の比に応じて決定される。
問10	答え 1 導体棒を動かすために加えた力による仕事が、回路のジュール熱として消費される	導体棒が磁場中で動くと、ローレンツ力によって誘導電流が発生する。この電流に対して磁場から逆向きの力が働くため、導体棒を一定速度で動かし続けるには外力を加える必要がある。この外力がした仕事は、回路内の抵抗で発生するジュール熱として消費される。つまり、力学的エネルギーが電気エネルギーを経て熱エネルギーに変換されている。

問1 回路を流れる電気量と電子の数に関する記述として最も適切なものはどれか。（2024年 全国公立入試 類似）

1. 電気量は電流と時間の積で求められ、その値は電子の個数に素電荷を乗じたものと等しい。
2. 電気量は電流と時間の商で求められ、その値は電子の個数を素電荷で除したものと等しい。
3. 電流が一定であれば、流れる電気量は時間に関係なく常に一定である。
4. 電子の個数が増加しても、回路を流れる電気量は変化しない。

問2 手回し発電機を用いて一定の回転数でハンドルを回す際、接続する負荷の抵抗値とハンドルを回すために必要な力の関係として最も適切なものはどれか。（2009年 全国公立入試 類似）

1. 負荷の抵抗値が小さいほど、回路に流れる電流が大きくなり、ハンドルを回すために必要な力は大きくなる。
2. 負荷の抵抗値が小さいほど、回路に流れる電流が小さくなり、ハンドルを回すために必要な力は小さくなる。
3. 負荷の抵抗値の大小にかかわらず、ハンドルを回すために必要な力は常に一定である。
4. 負荷の抵抗値がゼロである短絡状態のとき、回路に電流が流れないため、ハンドルを回すために必要な力は最も小さくなる。

問3 一様な磁場中を鉛直下向きに落下する正方形の導体コイルにおいて、重力と磁気的な抗力が釣り合い、コイルが終端速度に達した状態の説明として最も適切なものはどれか。（2018年 全国公立入試 類似）

1. コイルに流れる誘導電流は一定であり、重力と磁気的な抗力が釣り合っているため、コイルの加速度はゼロである。
2. コイルに流れる誘導電流は時間とともに増加し、重力よりも磁気的な抗力が大きくなることで速度が一定に保たれる。
3. コイルの速度が一定になるのは、磁気的な抗力が重力よりも小さくなり、慣性の法則によって等速直線運動をするからである。
4. コイルに流れる誘導電流はゼロとなり、重力のみが働く自由落下運動に移行するため、速度が一定になる。

問4 紙面に垂直で表から裏に向かう一様な磁場中を、同じ速さで運動する正の荷電粒子Aと負の荷電粒子Bがある。AはBよりも質量が大きいとき、両者の円運動の半径の大小関係として正しいものはどれか。（2023年 全国公立入試 類似）

1. Aの回転半径の方がBの回転半径よりも大きい。
2. Aの回転半径の方がBの回転半径よりも小さい。
3. AとBの回転半径は等しい。
4. AとBの回転半径の大小関係は磁場の強さによって変化する。

問5 紙面に垂直に表から裏へ向かう直線電流が流れているとき、この電流が作る磁場の向きと、その付近に置いた方位磁針のN極が指す向きに関する記述として最も適切なものはどれか。（2017年 全国公立入試 類似）

1. 磁場の向きは電流を中心とした時計回りの円形であり、方位磁針のN極は時計回りの向きを指す。
2. 磁場の向きは電流を中心とした反時計回りの円形であり、方位磁針のN極は反時計回りの向きを指す。
3. 磁場の向きは電流から放射状に外向きであり、方位磁針のN極は電流から遠ざかる向きを指す。
4. 磁場の向きは電流から放射状に内向きであり、方位磁針のN極は電流へ向かう向きを指す。

問6 磁束密度0.5 Tの磁場中に、磁場と垂直に置かれた長さ0.2 mの導体棒がある。この導体棒に2.0 Aの電流を流したとき、導体棒が受ける力の大きさは何Nか。（2019年 全国公立入試 類似）

1. 0.2 N
2. 0.4 N
3. 0.5 N
4. 2.0 N

問7 一様な磁場中を、磁場に垂直な方向に速度vで入射した質量m、電荷qの荷電粒子が、円弧を描いて運動している。この粒子の円運動の周期Tを表す式として正しいものはどれか。（2016年 全国公立入試 類似）

1. $T = 2 * \pi * m / (q * B)$
2. $T = m * v / (q * B)$
3. $T = 2 * \pi * m * v / q$
4. $T = q * B / (2 * \pi * m)$

問8 前述の金属円板A、B、Cを用いた実験において、負に帯電した棒を近づけたまま、BとCを分離した。このとき、BとCが帯電する符号の組み合わせとして正しいものはどれか。（2013年 全国公立入試 類似）

1. Bは負に帯電し、Cは正に帯電する。
2. Bは正に帯電し、Cは負に帯電する。
3. Bは負に帯電し、Cも負に帯電する。
4. Bは正に帯電し、Cも正に帯電する。

問9 電流が磁界から受ける力を利用した装置として、最も適切なものはどれか。（2006年 全国公立入試 類似）

1. スピーカー
2. 電気ポット
3. 変圧器
4. 豆電球

答え合わせ・解説 No.4

- 問1** **答え 1**
電気量は電流と時間の積で求められ、その値は電子の個数に素電荷を乗じたものと等しい。
- 電気量 Q は電流 I と時間 t の積 ($Q = It$) で定義されます。また、電荷の最小単位である素電荷 e を持つ電子が n 個移動したときの総電気量は $Q = ne$ と表されます。したがって、電流によって運ばれる電気量は、通過した電子の総数と素電荷の積として解釈することができます。
- 問2** **答え 1**
負荷の抵抗値が小さいほど、回路に流れる電流が大きくなり、ハンドルを回すために必要な力は大きくなる。
- 手回し発電機で一定の起電力を発生させる場合、オームの法則により接続する負荷の抵抗が小さいほど回路に流れる電流は大きくなります。電磁誘導の法則に基づき、回路に電流が流れると磁場から受ける反作用の力がハンドルに加わります。この力は電流に比例するため、抵抗が小さいほど電流が増大し、結果としてハンドルを回すために必要な力（手ごたえ）は重くなります。短絡状態は抵抗がほぼゼロであるため、最も大きな電流が流れ、ハンドルは最も重くなります。
- 問3** **答え 1**
コイルに流れる誘導電流は一定であり、重力と磁気的な抗力が釣り合っているため、コイルの加速度はゼロである。
- コイルが磁場中を落下すると、電磁誘導により誘導起電力が発生し、コイルに誘導電流が流れる。この電流と磁場との相互作用により、運動を妨げる向きに磁気的な抗力が働く。速度が増すほど誘導起電力と電流は大きくなり、抗力も増大する。最終的に抗力が重力と釣り合うと、合力がゼロとなり、加速度がゼロとなって一定の速度（終端速度）で落下し続ける。
- 問4** **答え 1**
Aの回転半径の方がBの回転半径よりも大きい。
- 円運動の半径 r は $r = mv / (qB)$ で表される。磁場 B と速さ v が共通である場合、半径 r は質量 m に比例し、電荷の大きさ q に反比例する。正の荷電粒子Aは負の荷電粒子Bよりも質量が大きいため、電荷の大きさが同程度であれば、質量が大きいAの方が回転半径は大きくなる。
- 問5** **答え 1**
磁場の向きは電流を中心とした時計回りの円形であり、方位磁針のN極は時計回りの向きを指す。
- 右ねじの法則により、電流の向きを右ねじの進む向きとすると、磁場の向きはねじを回す向きと一致する。紙面に垂直に表から裏へ向かう電流の場合、右ねじを奥へ進めるように回すと時計回りの回転となる。磁場は磁力線の接線方向を向き、方位磁針のN極はその磁場の向きを指すため、磁針は電流を中心とした時計回りに並ぶことになる。
- 問6** **答え 1**
0.2 N
- 導体棒が受ける力の大きさ F は、公式 $F = BIL$ を用いて計算できる。与えられた値を代入すると、 $F = 0.5 \text{ T} \times 2.0 \text{ A} \times 0.2 \text{ m} = 0.2 \text{ N}$ となる。この力は磁場と電流の双方に垂直な方向に作用する。
- 問7** **答え 1**
 $T = 2 * \pi * m / (q * B)$
- 磁場中で荷電粒子が受けるローレンツ力 $F = qvB$ が向心力となり、円運動の運動方程式 $m * v^2 / r = qvB$ が成り立つ。これより半径 $r = mv / qB$ を得る。円周の長さ $2 * \pi * r$ を速度 v で割ると周期 $T = 2 * \pi * m / (q * B)$ が導かれる。周期は速度 v に依存せず、粒子の質量と電荷、磁束密度のみで決まることが重要である。
- 問8** **答え 1**
Bは負に帯電し、Cは正に帯電する。
- 負に帯電した棒を近づけると、金属円板全体で静電誘導が起こり、棒に近いCの下面に正電荷が、棒から遠いBの上面に負電荷が分布する。この状態でBとCを分離すると、Bには負電荷が、Cには正電荷がそれぞれ閉じ込められた状態となり、帯電したまま分離される。これは静電誘導を利用した電荷の分離手法であり、接触させたまま分離することで、異なる符号の電荷を取り出すことができる。
- 問9** **答え 1**
スピーカー
- 電流が磁界中にあるとき、その電流は磁界から力を受ける。この現象はローレンツ力やフレミングの左手の法則として知られる。スピーカーはこの原理を応用しており、磁界中に置かれたコイルに音声電流を流すことで、電流が磁界から受ける力を利用してコイルを振動させ、その振動をコーン紙に伝えて音波を発生させている。他の選択肢である電気ポットの発熱はジュール熱、変圧器は電磁誘導、豆電球の発光は電流の熱作用を利用している。

高校物理プリント (過去問類似)

電磁気 No.5

名前

得点

/10

問1 30Vの直流電源に、抵抗R1(60Ω)と抵抗R2(20Ω)が並列に接続されている。この並列回路全体に流れる電流の値として最も適当なものはどれか。 (2013年 全国公立入試 類似)

1. 0.5A 2. 1.5A 3. 2.0A 4. 6.0A

問2 一様な磁場中で円運動を行う荷電粒子の運動エネルギーが、元の状態の4倍になったとき、円運動の半径は元の何倍になるか。ただし、荷電粒子の質量と電荷、および磁束密度は変化しないものとする。 (2015年 全国公立入試 類似)

1. 2倍 2. 4倍 3. 8倍 4. 16倍

問3 ある発電所から一定の電力を送電する際、送電電圧を元の2倍に昇圧した。このとき、送電線で発生する電力損失は何倍になるか。ただし、送電線の抵抗は変化しないものとする。 (2016年 全国公立入試 類似)

1. 0.25倍 2. 0.5倍 3. 2倍 4. 4倍

問4 電気容量がそれぞれ 2.0 μF である4つのコンデンサーを並列に接続した回路において、この回路全体の合成電気容量は何 μF になるか。 (2020年 全国公立入試 類似)

1. 0.5 μF 2. 2.0 μF 3. 4.0 μF 4. 8.0 μF

問5 斜面上のコイルAと、それより下方にあるコイルBを磁石が通過する際、オシロスコープで観測される電圧波形の特徴として正しいものはどれか。 (2013年 全国公立入試 類似)

1. コイルBの電圧波形は、コイルAの波形よりも時間的に遅れて現れる。
2. コイルBの電圧波形は、コイルAの波形よりも時間的に早く現れる。
3. コイルBの電圧波形は、コイルAの波形と全く同じ時刻に現れる。
4. コイルBの電圧波形は、コイルAの波形と逆向きの振幅のみを示す。

問6 変圧器の原理に関する記述として最も適切なものはどれか。 (2007年 全国公立入試 類似)

1. 変圧器は、一次コイルと二次コイルの巻き数比に応じて、交流の電圧を変換する装置である。
2. 変圧器は、電磁誘導を利用して交流の周波数を巻き数比に応じて変換する装置である。
3. 変圧器は、直流電流を高い電圧の直流電流に変換するために広く用いられている。
4. 変圧器は、一次コイルと二次コイルの巻き数比が等しい場合、電圧を2倍に昇圧する。

問7 起電力V、内部抵抗rの電池をn個並列に接続し、外部抵抗Rに接続した回路がある。このとき、外部抵抗Rで消費される電力(ジュール熱)を表す式として正しいものはどれか。 (2005年 全国公立入試 類似)

1. $(nV / (nR + r))^2 * R$ 2. $(nV / (n * R + r))^2 * R$ 3. $(V / (R + r))^2 * R$ 4. $(nV / (R + n * r))^2 * R$

問8 電気容量Cのコンデンサーに電圧Vを印加したとき、このコンデンサーに蓄えられる静電エネルギーUを表す式として正しいものはどれか。 (2018年 全国公立入試 類似)

1. $U = CV$ 2. $U = (1/2)CV^2$ 3. $U = CV^2$ 4. $U = (1/2)C^2V$

問9 抵抗Rで消費される電力Pを求める式として、正しいものを一つ選べ。ただし、抵抗にかかる電圧をV、流れる電流をIとする。

(2013年 全国公立入試 類似)

1. $P = V / R$ 2. $P = I * R$ 3. $P = V^2 / R$ 4. $P = V * R^2$

問10 電磁誘導に関する記述として最も適切なものはどれか。 (2010年 全国公立入試 類似)

1. コイルを貫く磁束が一定であれば、コイルの移動速度に関わらず誘導起電力が発生する。
2. 誘導起電力の大きさは、コイルを貫く磁束の変化率に比例する。
3. 磁場の中に静止しているコイルには、常に一定の誘導起電力が発生している。
4. コイルを貫く磁束が変化しても、コイルを構成する導線の電気抵抗がゼロであれば誘導起電力は発生しない。

答え合わせ・解説 No.5

問1	答え 3 2.0A	並列接続された抵抗R1とR2には、それぞれ電源電圧と同じ30Vの電圧がかかる。オームの法則より、R1に流れる電流は $30V/60\Omega=0.5A$ 、R2に流れる電流は $30V/20\Omega=1.5A$ となる。回路全体を流れる電流はこれらの和であるため、 $0.5A+1.5A=2.0A$ となる。
問2	答え 1 2倍	運動エネルギー $K = (1/2)mv^2$ より、速さ v は運動エネルギーの平方根に比例する。半径 $r = mv / (qB)$ の式に $v \propto \sqrt{K}$ を代入すると、 $r \propto \sqrt{K}$ となることがわかる。したがって、運動エネルギーが4倍になると、半径は $\sqrt{4} = 2$ 倍となる。
問3	答え 1 0.25倍	送電する電力をP、電圧をVとすると、流れる電流Iは $I = P/V$ と表される。送電線での電力損失は I^2R であるため、電圧を2倍にすると電流は1/2倍となり、電力損失は $(1/2)^2$ 倍、すなわち1/4倍(0.25倍)となる。電圧を高くすることで電流を減らし、損失を効率的に抑制するこの仕組みは、長距離送電において極めて重要である。
問4	答え 4 8.0 μ F	並列接続されたコンデンサーの合成電気容量は、個々の電気容量の単純な加算によって求められる。各コンデンサーの容量が 2.0 μ F であり、それが4つ並列に接続されているため、合成容量は $2.0 \mu F \times 4 = 8.0 \mu F$ となる。直列接続と混同して逆数の和をとらないよう注意が必要である。
問5	答え 1 コイルBの電圧波形は、コイルAの波形よりも時間的に遅れて現れる。	磁石が斜面を滑り降りる際、コイルBはコイルAよりも下方に配置されているため、磁石がコイルBに到達する時刻はコイルAを通過した後となる。したがって、磁束変化に伴う誘導起電力のピークが現れる時刻も、コイルBの方がコイルAよりも遅くなる。
問6	答え 1 変圧器は、一次コイルと二次コイルの巻き数比に応じて、交流の電圧を変換する装置である。	変圧器は電磁誘導の法則に基づき、鉄心を通じて一次コイルの磁束の変化を二次コイルに伝え、電圧を変換する。この際、電圧の変換比は巻き数比に比例するが、交流の周波数は変換されない。また、変圧器は磁束の変化を必要とするため、直流の電圧変換には直接利用できない。これらの性質から、交流電力の送電において電圧を効率よく変換するために不可欠な装置となっている。
問7	答え 1 $(nV / (nR + r))^2 * R$	並列接続されたn個の電池の合成起電力はVであり、合成内部抵抗は r/n となる。回路全体に流れる電流Iは、オームの法則より $I = V / (R + r/n) = nV / (nR + r)$ となる。外部抵抗Rで消費される電力は、ジュール熱の公式 $P = I^2 * R$ にこの電流を代入することで求められる。
問8	答え 2 $U = (1/2)CV^2$	コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーは、電圧Vを0からVまで変化させる間にコンデンサーが蓄える電荷Qの積分値として求められる。電圧と電荷の関係は $Q = CV$ であり、電圧Vに対する電荷Qのグラフの面積がエネルギーに相当するため、三角形の面積を計算する要領で $(1/2)CV^2$ となる。これは電圧の二乗に比例する量である。
問9	答え 3 $P = V^2 / R$	電力Pは電圧Vと電流Iの積 ($P = VI$) で定義される。オームの法則 ($V = IR$) を用いると、 $I = V / R$ となるため、これを電力の式に代入すると $P = V * (V / R) = V^2 / R$ となる。同様に、 $V = IR$ を代入すると $P = (IR) * I = I^2 * R$ と表せる。これらは直流回路における消費電力を計算する際の基本的な関係式である。
問10	答え 2 誘導起電力の大きさは、コイルを貫く磁束の変化率に比例する。	ファラデーの電磁誘導の法則によれば、回路に生じる誘導起電力の大きさは、その回路を貫く磁束の時間的な変化率に比例する。磁束が変化しない場合、変化率はゼロであるため誘導起電力は発生しない。また、誘導起電力は磁束の変化という物理現象そのものに起因するため、導線の電気抵抗の有無には依存しない。抵抗がゼロであれば、発生した誘導起電力によって大きな誘導電流が流れることになるが、起電力そのものは磁束の変化によって決定される。