

答え合わせ・解説 No.1

問1	答え 1 E/3	直列接続されたコンデンサーには、蓄えられる電気量Qが等しく分配される。Q = CVの関係式より、電圧Vは容量Cに反比例する。容量Cと2Cのコンデンサーにかかる電圧をそれぞれV1, V2とすると、V1:V2 = 2:1となる。電源電圧Eが全体にかかっているため、V2はEを3等分したうちの1つ分となり、E/3と求められる。
問2	答え 2 気体は外部に対して仕事をせず、内部エネルギーは変化しない。	断熱された容器において気体が真空中に膨張する場合、気体を押しよける対象が存在しないため、外部に対して仕事をしません。熱力学第一法則（ $\Delta U = Q - W$ ）において、断熱変化（ $Q = 0$ ）かつ仕事（ $W = 0$ ）であるため、内部エネルギーの変化（ ΔU ）はゼロとなります。理想気体の場合、内部エネルギーは温度のみに依存するため、温度変化も生じません。
問3	答え 1 気体の圧力と外部圧力の差に断面積を乗じた値である	ピストンに働く力は、気体による右向き（圧力×断面積）と、外部からの左向き（圧力×断面積）の合力です。これらが釣り合っていない場合、その差分を補う力を加えることでピストンを静止させることができます。したがって、力の大きさは圧力差と断面積の積で表されます。
問4	答え 1 テブナンの定理	線形回路網の任意の2端子間における振る舞いは、端子を開放したときの電圧（起電力）と、端子から回路網側を見たときの合成抵抗（内部抵抗）が直列に接続された単一の等価回路として表すことができる。これをテブナンの定理と呼ぶ。複雑な回路を単純化して、接続する負荷抵抗に流れる電流を容易に求めるために用いられる。
問5	答え 1 電位がゼロとなる点は、点Aと点Bの間の線分上に必ず存在する。	点電荷による電位は $V = k \cdot q / r$ で与えられる。正電荷と負電荷が離れて存在する場合、正電荷に近い場所では正の電位、負電荷に近い場所では負の電位となる。電位は連続的に変化するため、正と負の電位の間には必ず電位がゼロとなる地点が存在する。
問6	答え 2 20ミリアンペア	回路方程式は、電源電圧をV、抵抗をR、電流をI、ダイオードの電圧をVdとすると、 $V = RI + Vd$ で表される。本問では $3.0 = 50I + Vd$ となる。選択肢の電流値を代入すると、Iが20ミリアンペア（0.02A）のとき、 $50 \times 0.02 + 2.0 = 3.0$ ボルトとなり、電源電圧と一致する。この交点が負荷線と特性曲線の交点であり、実際の動作点となる。
問7	答え 2 金属板内部の電位は、極板間の位置に関わらず一定である。	静電平衡状態にある導体内部では電場が0となる。電場Eと電位Vの関係は $E = -dV/dx$ で表されるため、電場が0である領域では電位の変化率も0となり、電位は一定の値をとる。金属板を移動させると電場が存在する領域の幅は変化するが、金属板内部の電位が一定であるという性質は変わらない。
問8	答え 3 電位は基準点からある点まで単位正電荷を運ぶのに必要な仕事として定義される。	電位は、電場を位置で積分した値（または基準点からの電位差）であり、単位正電荷を基準点からその点まで移動させる際に静電気力に逆らってなされる仕事として定義される。電場が0の領域では電位は一定となるが、必ずしも0になるとは限らない。また、電位はスカラー量であり、電場というベクトル場から導かれる位置エネルギーに関連する指標である。
問9	答え 1 Mg / 2	棒に働く鉛直方向の力のつり合いより、端点 A が及ぼす抗力の鉛直成分を R_y とすると、 $R_y + T \sin\theta - Mg = 0$ が成り立つ。端点 A のまわりの力のモーメントのつり合いから得られる $T = Mg / (2\sin\theta)$ を代入すると、 $R_y + (Mg / (2\sin\theta)) \cdot \sin\theta - Mg = 0$ となり、これを整理すると $R_y = Mg / 2$ となる。これは、糸の角度 θ に関わらず、端点 A が支える鉛直方向の力は常に棒の重さの半分であることを示している。

問1 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2 複雑な線形直流回路網において、任意の2つの端子から外部を見たとき、回路網全体を1つの起電力を持つ電圧源と、1つの内部抵抗が直列に接続された等価回路に置き換えることができるという定理を何というか。（2005年 全国公立入試 類似）

1. テブナンの定理 2. キルヒホッフの法則 3. 重ね合わせの理 4. ジュールの法則

問3 光が空気から屈折率 n の媒質へ入射する際、入射光の進行方向に垂直な線分 PR と、屈折光の進行方向に垂直な線分 QS の長さの比（ PR/QS ）を屈折率 n を用いて表すとどうなるか。（2004年 全国公立入試 類似）

1. n の二乗 2. n 3. $1/n$ 4. 平方根 n

問4 極板間隔が $5d$ の平行板コンデンサーにおいて、極板間に厚さ d の金属板を挿入した。極板Bに正電荷を与えたとき、金属板が存在しない領域の電場の強さを E_0 とすると、極板間の電位差はいくらになるか。（2005年 全国公立入試 類似）

1. $4dE_0$ 2. $5dE_0$ 3. dE_0 4. $3dE_0$

問5 コンパクトディスク（CD）の表面に白色光を当てると虹色に見える理由として、最も適切な説明はどれか。（2005年 全国公立入試 類似）

1. CD表面の微細な溝が回折格子として機能し、光の回折と干渉によって波長ごとに分光されるため。
2. CD表面の薄い膜で光が反射し、屈折率の違いによって光が分光されるため。
3. CD表面の微細な溝が光を乱反射させ、光の波長に関わらず特定の方向にのみ光が強め合うため。
4. CD表面の材質が光の波長に応じて異なる屈折率を持つため、プリズムと同様の原理で分光されるため。

問6 質量 1.0 kg の小物体が、質量 3.0 kg の台の上を滑り、台に対して静止した。小物体が台の上を滑っている最中のある時刻において、小物体の台に対する速度が 4.0 m/s であったとき、その瞬間の台の対地速度の大きさは何 m/s か。（2004年 全国公立入試 類似）

1. 1.0 m/s 2. 1.3 m/s 3. 3.0 m/s 4. 4.0 m/s

問7 半導体ダイオードを含む直流回路において、抵抗による電圧降下を考慮する必要がある理由として最も適切なものはどれか。（2004年 全国公立入試 類似）

1. 回路全体のエネルギー保存則を満たすため
2. ダイオードの内部抵抗が常にゼロであるため
3. 電源電圧がダイオードの順方向電圧と等しいため
4. 抵抗が電流を増幅させる役割を持つため

問8 複数のコンデンサーを直列に接続した場合の合成容量の性質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）

1. 合成容量は、接続された各コンデンサーの容量の和に等しい。
2. 合成容量は、接続された各コンデンサーの容量の平均値に等しい。
3. 合成容量は、接続された各コンデンサーの容量のうち最小のものよりも小さくなる。
4. 合成容量は、接続された各コンデンサーの容量のうち最大のものよりも大きくなる。

問9 屈折率 1.5 のガラス内部から屈折率 1.0 の空气中へ光が進むとき、全反射が起こるための入射角の条件として適切なものはどれか。ただし、 $\sin(41.8^\circ) = 0.667$ とする。（2004年 全国公立入試 類似）

1. 入射角が 41.8° より大きい 2. 入射角が 41.8° より小さい 3. 入射角が 48.2° より大きい 4. 入射角が 48.2° より小さい

問10 断熱変化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）

1. 外部との熱の出入りがないため、気体の内部エネルギーは常に一定である。
2. 気体が外部に対して膨張する仕事をした場合、気体の内部エネルギーは減少し、温度は低下する。
3. 断熱変化では気体の温度変化は起こらず、常に一定の温度が保たれる。
4. 気体が外部から圧縮される仕事を受けた場合、気体の内部エネルギーは減少し、温度は低下する。

答え合わせ・解説 No.2

問1	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2	答え 1 テブナンの定理	線形回路網の任意の2端子間における振る舞いは、端子を開放したときの電圧（起電力）と、端子から回路網側を見たときの合成抵抗（内部抵抗）が直列に接続された単一の等価回路として表すことができる。これをテブナンの定理と呼ぶ。複雑な回路を単純化して、接続する負荷抵抗に流れる電流を容易に求めるために用いられる。
問3	答え 2 n	光の進行方向に垂直な線分は、波面を表している。入射角をi、屈折角をrとすると、幾何学的な関係から $PR = L \times \sin(i)$ 、 $QS = L \times \sin(r)$ （Lは共通の斜辺）と表せる。したがって、 $PR/QS = \sin(i) / \sin(r)$ となる。スネルの法則 $n1 \times \sin(i) = n2 \times \sin(r)$ において、空気の屈折率 $n1=1$ 、媒質の屈折率 $n2=n$ とすると、 $\sin(i) / \sin(r) = n/1 = n$ が導かれる。
問4	答え 1 4dE0	コンデンサー内部の電位差Vは、電場Eと距離dの積（ $V=Ed$ ）の和で求められる。金属板内部の電場は0であるため、電位差に寄与するのは金属板以外の領域のみである。全間隔5dから金属板の厚さdを引いた4dの区間で電場E0が生じているため、電位差は4dE0となる。
問5	答え 1 CD表面の微細な溝が回折格子として機能し、光の回折と干渉によって波長ごとに分光されるため。	CDの記録面には微細な溝が等間隔に並んでおり、これが回折格子として機能する。この溝に白色光が入射すると、光の回折と干渉により、波長ごとに強め合う方向が異なるため、反射光が虹色に分光されて見える。これは光の波動性を示す典型的な現象である。
問6	答え 1 1.0 m/s	系全体の運動量は保存され、初めに静止していたため常に0である。小物体の対地速度を $v1$ 、台の対地速度を $v2$ とすると、 $m*v1 + M*v2 = 0$ が成り立つ。また、小物体の台に対する速度が 4.0 m/s なので、 $v1 - v2 = 4.0$ である。これらを連立させると、 $1.0*v1 + 3.0*v2 = 0$ かつ $v1 = v2 + 4.0$ となり、 $v2 = -1.0$ m/s を得る。大きさは 1.0 m/s である。
問7	答え 1 回路全体のエネルギー保存則を満たすため	回路における電圧降下は、電荷が移動する際に消費されるエネルギーに対応しています。直流電源から供給された電気エネルギーは、回路内の各素子（抵抗やダイオード）で消費される必要があり、キルヒホッフの法則はエネルギー保存則を回路に適用したものです。したがって、抵抗による電圧降下を無視すると、回路全体のエネルギー収支が合わなくなり、物理的な整合性が保てなくなります。
問8	答え 3 合成容量は、接続された各コンデンサーの容量のうち最小のものよりも小さくなる。	直列接続されたコンデンサーの合成容量の逆数は、各容量の逆数の和である。この数学的性質により、合成容量の逆数は個々の容量の逆数よりも大きくなるため、合成容量自体は個々の容量よりも小さくなる。具体的には、直列接続では回路全体の極板間距離が実質的に増加する効果があるため、容量が減少する。したがって、合成容量は接続されたどのコンデンサーの容量よりも必ず小さくなる。
問9	答え 1 入射角が41.8度より大きい	臨界角を θ とすると、 $\sin(\theta) = n2 / n1 = 1.0 / 1.5 = 0.666\dots$ となる。問題文より $\sin(41.8^\circ)$ が約0.667であるため、臨界角は約41.8度である。全反射は入射角が臨界角よりも大きい場合に発生するため、入射角が41.8度を超えると光は境界で全反射する。
問10	答え 2 気体が外部に対して膨張する仕事をした場合、気体の内部エネルギーは減少し、温度は低下する。	断熱変化とは、外部との熱の出入りがない状態での気体の状態変化を指す。熱力学第一法則（ $Q = \Delta U + W$ ）において $Q=0$ となるため、気体が外部に対して仕事 W を行うと、その分だけ内部エネルギー ΔU が減少し、温度が低下する。逆に、外部から仕事をされると内部エネルギーが増加し、温度は上昇する。したがって、熱の出入りがないからといって温度が変化しないわけではない。

問1 光が空気から屈折率 n の媒質へ入射する際、入射光の進行方向に垂直な線分PRと、屈折光の進行方向に垂直な線分QSの長さの比 (PR/QS) を屈折率 n を用いて表すとどうなるか。 (2004年 全国公立入試 類似)

1. n の二乗 2. n 3. $1/n$ 4. 平方根 n

問2 ホイヘンスの原理を用いて波の反射を考察する際、反射波の波面が壁の向こう側に仮想的な点波源があるかのように広がる理由として、最も適切な説明はどれか。 (2005年 全国公立入試 類似)

1. 壁面上の各点が二次波源となり、反射波の波面がそれらの二次波の包絡線として形成されるから 2. 入射波のエネルギーが壁面で完全に吸収され、壁面自体が新たな波源として振動を始めるから 3. 反射波の波長が入射波の波長よりも壁面での反射によって変化する、球面波として再定義されるから 4. 壁面が波の進行方向を強制的に変えることで、波面が壁の形状に合わせて変形するから

問3 圧力が一定の条件下で、ある気体の絶対温度を273 Kから546 Kに上昇させたとき、気体の体積は何倍になるか。 (2004年 全国公立入試 類似)

1. 0.5倍 2. 1.0倍 3. 2.0倍 4. 4.0倍

問4 物体が斜面を滑り降りる際、力学的エネルギー保存の法則が成り立つ理由として、最も適切な説明はどれか。 (2005年 全国公立入試 類似)

1. 斜面からの垂直抗力が常に物体の移動方向と垂直であり、仕事をしないため 2. 斜面が物体に与える摩擦力が物体の運動エネルギーを増加させるため 3. 重力による位置エネルギーがすべて熱エネルギーに変換されるため 4. 物体の運動量が斜面との衝突によって保存されるため

問5 エネルギーの次元を導出する際、速度の次元を $L T^{-1}$ とすると、なぜエネルギーの次元に時間のマイナス二乗が含まれるのか。その理由として最も適切なものはどれか。 (2005年 全国公立入試 類似)

1. エネルギーが力と距離の積であり、加速度の次元に時間のマイナス二乗が含まれるため 2. エネルギーが質量と速度の積であり、速度の次元に時間のマイナス一乗が含まれるため 3. エネルギーが質量と距離の積であり、距離の次元に時間のマイナス二乗が含まれるため 4. エネルギーが力と時間の積であり、力の次元に時間のマイナス二乗が含まれるため

問6 質量 m の小物体が、高さ h の点から静かに滑り降り、摩擦のある水平面上を距離 l だけ移動して停止した。この現象において、エネルギー保存則に基づき動摩擦係数 μ' を表す式として正しいものはどれか。ただし、重力加速度の大きさを g とする。 (2004年 全国公立入試 類似)

1. h/l 2. l/h 3. $\sqrt{h/l}$ 4. $\sqrt{l/h}$

問7 シャルルの法則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)

1. 圧力が一定のとき、気体の体積は絶対温度に反比例する。 2. 圧力が一定のとき、気体の体積は絶対温度に比例する。 3. 体積が一定のとき、気体の圧力は絶対温度に反比例する。 4. 温度が一定のとき、気体の体積は圧力に比例する。

問8 大きさが無視できない物体に複数の力がはたらき、物体が回転せずに静止している。このとき、物体にはたらく力のつり合いに加えて、どのような条件が満たされている必要があるか。最も適切なものを次のうちから一つ選べ。 (2005年 全国公立入試 類似)

1. 任意の点のまわりの力のモーメントの総和がゼロである。 2. 重心のまわりの力のモーメントの総和が、全体の重力によるモーメントと等しい。 3. 作用するすべての力の作用線が、物体の幾何学的な中心で交わる。 4. 物体にはたらく力のモーメントの最大値と最小値の差がゼロである。

問9 質量 M の台が摩擦のない水平な床の上に置かれ、その上に質量 m の小物体が高さ h の点から静かに滑り降りる状況を考える。この過程において、小物体が高さ h から床面まで滑り降りた直後のエネルギー保存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)

1. 小物体の位置エネルギーの減少分は、小物体の運動エネルギーのみに変換される。 2. 小物体の位置エネルギーの減少分は、小物体と台の運動エネルギーの和に等しい。 3. 小物体と台を合わせた系の力学的エネルギーは、摩擦熱として散逸するため保存されない。 4. 小物体の位置エネルギーの減少分は、台の運動エネルギーのみに変換される。

答え合わせ・解説 No.3

問1	答え 2 n	光の進行方向に垂直な線分は、波面を表している。入射角を i 、屈折角を r とすると、幾何学的な関係から $PR = L \times \sin(i)$ 、 $QS = L \times \sin(r)$ (L は共通の斜辺) と表せる。したがって、 $PR/QS = \sin(i) / \sin(r)$ となる。スネルの法則 $n_1 \times \sin(i) = n_2 \times \sin(r)$ において、空気の屈折率 $n_1=1$ 、媒質の屈折率 $n_2=n$ とすると、 $\sin(i) / \sin(r) = n/1 = n$ が導かれる。
問2	答え 1 壁面上の各点が二次波源となり、反射波の波面がそれらの二次波の包絡線として形成されるから	ホイヘンスの原理では、波面上の各点が新しい波源（二次波源）となり、そこから球面波が広がると考えます。壁に到達した波面上の各点も同様に二次波源として振る舞い、それらから出る球面波の共通の接面（包絡線）が反射波の波面となります。この幾何学的な構成により、反射波はあたかも壁の向こう側にある仮想的な点波源から広がっているように観測されます。
問3	答え 3 2.0倍	シャルルの法則によれば、圧力が一定のとき気体の体積 V は絶対温度 T に比例する。したがって、温度が273 Kから546 Kへと2倍になった場合、体積も同様に2倍となる。絶対温度はケルビン単位で扱われるため、摂氏温度と混同せず、そのまま比率を計算することで結果が得られる。
問4	答え 1 斜面からの垂直抗力が常に物体の移動方向と垂直であり、仕事をしないため	力学的エネルギーが保存されるのは、物体に対して非保存力（摩擦など）が仕事をしない場合である。斜面を滑る物体に働く垂直抗力は、常に物体の移動方向に対して垂直に作用するため、仕事（力×移動距離× $\cos\theta$ ）はゼロとなる。したがって、摩擦がない理想的な条件下では、重力という保存力のみが仕事をを行い、力学的エネルギーの総和が一定に保たれる。
問5	答え 1 エネルギーが力と距離の積であり、加速度の次元に時間のマイナス二乗が含まれるため	エネルギーは仕事と等価であり、仕事は力と距離の積($F \times d$)で定義される。力 F はニュートンの運動方程式 $F = ma$ より、質量(M)と加速度($L T^{-2}$)の積である。この加速度の次元に時間のマイナス二乗が含まれているため、エネルギーの次元にも時間のマイナス二乗が含まれることになる。
問6	答え 1 h/l	小物体が高さ h から滑り降りる際、重力による位置エネルギー mgh が失われ、そのすべてが水平面上の摩擦力による仕事に変換されて停止する。摩擦力は動摩擦係数を μ' 、垂直抗力を $N=mg$ とすると $\mu'mg$ と表される。摩擦力による仕事は力と移動距離の積であるため $\mu'mgl$ となる。エネルギー保存則より $mgh = \mu'mgl$ が成立し、両辺を mgl で割ることで動摩擦係数 $\mu' = h/l$ が得られる。
問7	答え 2 圧力が一定のとき、気体の体積は絶対温度に比例する。	シャルルの法則は、気体の圧力が一定であるとき、その気体の体積 V は絶対温度 T に比例するという法則である。数式では $V=kT$ (k は定数) と表される。この法則は、温度が上昇すると気体分子の熱運動が激しくなり、一定の圧力を保つために体積が膨張するという現象を説明している。選択肢のうち、比例関係を正しく述べているものが妥当である。
問8	答え 1 任意の点のまわりの力のモーメントの総和がゼロである。	物体が回転せずに静止するためには、並進運動を行わない条件（力のつり合い）に加えて、回転運動を行わない条件（力のモーメントのつり合い）が必要である。このとき、どの点を基準（支点）として力のモーメントを計算しても、その総和は必ずゼロになる。
問9	答え 2 小物体の位置エネルギーの減少分は、小物体と台の運動エネルギーの和に等しい。	摩擦のない床の上で台が自由に動ける場合、小物体が滑り降りる過程で重力による位置エネルギーの減少分は、小物体と台の両方の運動エネルギーの和に変換されます。力学的エネルギー保存則により、系全体でエネルギーの総和は一定に保たれるため、小物体のみに注目するのではなく、台の運動も考慮する必要があります。

高校物理プリント（過去問類似）

物理 I B（旧課程の過去問） No.4

名前

得点

/10

問1 ウラン235が放射性崩壊を繰り返し、最終的に安定な鉛207になる過程において、アルファ崩壊とベータ崩壊がそれぞれ何回ずつ起こるか。ただし、アルファ崩壊は質量数を4、原子番号を2減少させ、ベータ崩壊は質量数を変えずに原子番号を1増加させるものとする。 （2005年 全国公立入試 類似）

1. アルファ崩壊7回、ベータ崩壊4回 2. アルファ崩壊8回、ベータ崩壊6回 3. アルファ崩壊7回、ベータ崩壊5回 4. アルファ崩壊6回、ベータ崩壊4回

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）

1. $V = k * q / r$ 2. $V = k * q / r^2$ 3. $V = k * q^2 / r$ 4. $V = k * q / r^3$

問3 屈折率1.5のガラス内部から屈折率1.0の空気中へ光が進むとき、全反射が起こるための入射角の条件として適切なものはどれか。ただし、 $\sin(41.8度) = 0.667$ とする。 （2004年 全国公立入試 類似）

1. 入射角が41.8度より大きい 2. 入射角が41.8度より小さい 3. 入射角が48.2度より大きい 4. 入射角が48.2度より小さい

問4 定常波の節と腹が交互に並ぶ空間において、観測者が一定の速さで移動する際に音の強弱が変化して聞こえる理由として、最も適切なものはどれか。 （2005年 全国公立入試 類似）

1. 観測者が波の節と腹を交互に通過することで、振幅の異なる位置の音を順次聞いたため 2. 観測者の移動速度と音速の比によって、ドップラー効果による振動数の変化が生じるため 3. 観測者が移動することで、音源からの波の波長が空間的に変化するため 4. 観測者が移動することで、音源の振動数が相対速度に応じて変化するため

問5 平行板コンデンサーの極板Aを接地し、極板Bに正電荷を与えた状態において、極板間に厚さ d の金属板を挿入した。このとき、金属板内部の電場の強さはいくらになるか。 （2005年 全国公立入試 類似）

1. 極板間の電場の強さと等しい 2. 極板間の電場の強さの2倍である 3. 0である 4. 極板間の電場の強さの半分である

問6 断熱された容器内の気体をピストンで静かに圧縮する過程において、気体の状態変化として正しい記述はどれか。 （2005年 全国公立入試 類似）

1. 外部から仕事が増え、内部エネルギーが増加し、温度と圧力が上昇する。 2. 外部へ仕事をし、内部エネルギーが減少し、温度と圧力が低下する。 3. 外部から仕事が増え、内部エネルギーは変化せず、温度と圧力が一定に保たれる。 4. 外部へ仕事をし、内部エネルギーが増加し、温度と圧力が上昇する。

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 に接続した回路において、1つの電池の内部抵抗 r で発生する単位時間あたりのジュール熱を求める式として正しいものはどれか。 （2005年 全国公立入試 類似）

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

問8 起電力 1.5 V、内部抵抗 1.2 オームの等しい電池4個をすべて並列に接続した。この並列電池群の両端に、抵抗値 0.70 オームの外部抵抗を接続したとき、この外部抵抗に流れる電流は何 A か。ただし、導線の抵抗は無視できるものとする。 （2005年 全国公立入試 類似）

1. 1.5 A 2. 0.50 A 3. 1.2 A 4. 2.0 A

問9 電気容量が C および $2C$ である2つのコンデンサーを直列に接続したとき、この回路全体の合成容量として正しいものはどれか。 （2004年 全国公立入試 類似）

1. $1/3 C$ 2. $2/3 C$ 3. $3/2 C$ 4. $3 C$

問10 半導体ダイオードの物理的性質として、電子と正孔の挙動に関する記述として正しいものはどれか。 （2004年 全国公立入試 類似）

1. n 型半導体中の電子は、電流の向きと逆方向に移動することで電流を担う。 2. p 型半導体中の正孔は、電流の向きと逆方向に移動することで電流を担う。 3. ダイオードに順方向電圧をかけると、電子と正孔は接合面から離れる方向に移動する。 4. ダイオードの整流作用は、電子と正孔が接合面で結合しないことで生じる。

答え合わせ・解説 No.4

問1	答え 1 アルファ崩壊7回、ベータ崩壊4回	ウラン235（質量数235、原子番号92）から鉛207（質量数207、原子番号82）への変化を考える。質量数の減少分は $235-207=28$ であり、アルファ崩壊1回につき質量数が4減るため、 $28/4=7$ 回アルファ崩壊が起こる。このとき原子番号は $7 \times 2=14$ 減少し、 $92-14=78$ となる。最終的な原子番号は82であるため、ベータ崩壊によって $82-78=4$ 回原子番号を増やす必要がある。
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 入射角が41.8度より大きい	臨界角を θ とすると、 $\sin(\theta) = n_2 / n_1 = 1.0 / 1.5 = 0.666\dots$ となる。問題文より $\sin(41.8^\circ)$ が約0.667であるため、臨界角は約41.8度である。全反射は入射角が臨界角よりも大きい場合に発生するため、入射角が41.8度を超えると光は境界で全反射する。
問4	答え 1 観測者が波の節と腹を交互に通過することで、振幅の異なる位置の音を順次聞くため	定常波は空間的に振幅が固定されており、腹の部分では振幅が最大、節の部分では振幅が最小となります。観測者がこの空間を移動すると、振幅の大きい位置と小さい位置を交互に通過することになります。このとき、観測される音の強弱は、観測者の移動速度と定常波の波長によって決まる周期で変化します。これは波源の振動数そのものが変化するドップラー効果とは異なる原理です。
問5	答え 3 0である	金属板内部では、静電誘導によって自由電子が移動し、外部電場を打ち消す向きに内部電場が形成される。この結果、金属板内部の合成電場は常に0となる。これは導体の静電遮蔽の原理であり、金属板の厚さや配置場所には依存しない。
問6	答え 1 外部から仕事が行なわれ、内部エネルギーが増加し、温度と圧力が上昇する。	熱力学第一法則によれば、断熱変化では外部との熱の出入りがないため、気体が外部から仕事を受けると、その分だけ内部エネルギーが増加します。理想気体において内部エネルギーは温度の関数であるため、内部エネルギーの増加は温度の上昇を意味します。また、ボイル・シャルルの法則に基づき、体積が減少して温度が上昇すれば、気体の圧力は元の状態よりも高くなります。
問7	答え 1 $(V / (nR + r))^2 * r$	回路全体に流れる電流 I は $nV / (nR + r)$ である。並列回路ではこの電流が n 個の電池に均等に分流されるため、1つの電池の内部抵抗 r を流れる電流は $I / n = V / (nR + r)$ となる。したがって、その内部抵抗で発生するジュール熱は、 $(I/n)^2 * r = (V / (nR + r))^2 * r$ となる。
問8	答え 1 1.5 A	等しい起電力 V 、内部抵抗 r の電池 n 個を並列に接続したとき、端子から見た合成起電力は V 、合成内部抵抗は r/n となる。本問では $V = 1.5$ V、 $r = 1.2$ オーム、 $n = 4$ であるため、合成内部抵抗は0.30 オームとなる。この等価回路に外部抵抗 $R = 0.70$ オームを接続したとき、回路全体の合成抵抗は $0.30 + 0.70 = 1.00$ オームとなり、流れる電流は 1.5 V / 1.00 オーム = 1.5 Aとなる。
問9	答え 2 2/3 C	直列接続されたコンデンサーの合成容量の逆数は、各コンデンサーの容量の逆数の和に等しい。容量 C_1 と C_2 の直列接続における合成容量 C_0 は、 $1/C_0 = 1/C_1 + 1/C_2$ という関係式で表される。本問では $C_1=C$ 、 $C_2=2C$ であるため、 $1/C_0 = 1/C + 1/2C = 3/2C$ となる。この逆数をとると、合成容量 C_0 は $2/3$ Cと求められる。直列接続では、全体の容量は個々の容量よりも必ず小さくなる性質がある。
問10	答え 1 n型半導体中の電子は、電流の向きと逆方向に移動することで電流を担う。	電流の定義は正電荷の移動する向きであり、負電荷である電子は電流の向きと逆方向に移動する。p型半導体では正孔が、n型半導体では電子が電流の担い手となる。順方向電圧をかけると、電子と正孔は接合面に向かって移動し、接合面で再結合することで電流が流れる。この一方向への流れやすさが整流作用の原理である。

問1 回折格子を用いて白色光を分光する現象に関する記述として、最も適当なものはどれか。（2005年 全国公立入試 類似）

1. 光がスリットを通過する際の回折と、各スリットからの光の干渉によって波長ごとに強め合う方向が異なるため分光される。
2. 光がスリットを通過する際に、波長の短い光ほど大きく屈折する性質を利用して分光される。
3. 光がスリットの縁で散乱される際、波長の短い光ほど強く散乱されるレイリー散乱によって分光される。
4. 光がスリットを通過する際、特定の振動方向の光のみが透過する偏光現象によって分光される。

問2 物理学におけるエネルギーの次元を、質量をM、長さをL、時間をTとして表したとき、正しいものはどれか。（2005年 全国公立入試 類似）

1. $M L T^{-1}$
2. $M L^2 T^{-2}$
3. $M L T^{-2}$
4. $M L^2 T^{-1}$

問3 ある媒質Aから媒質Bへ光が進む際、媒質Aでの速度が 3.0×10^8 m/s、媒質Bでの速度が 2.0×10^8 m/sであった。入射角が30度であるとき、屈折角の正弦（ $\sin\theta_2$ ）の値として最も適切なものはどれか。（2005年 全国公立入試 類似）

1. 0.25
2. 0.33
3. 0.50
4. 0.75

問4 半導体ダイオードを含む直流回路において、抵抗による電圧降下を考慮する必要がある理由として最も適切なものはどれか。（2004年 全国公立入試 類似）

1. 回路全体のエネルギー保存則を満たすため
2. ダイオードの内部抵抗が常にゼロであるため
3. 電源電圧がダイオードの順方向電圧と等しいため
4. 抵抗が電流を増幅させる役割を持つため

問5 二つのスピーカーから同一振動数の音波を放出し、空間内で波が重なり合うことで、振幅が場所によって異なり、強め合う場所と弱め合う場所が固定される現象を何というか。（2005年 全国公立入試 類似）

1. 定常波
2. 回折波
3. 屈折波
4. 進行波

問6 放射性同位体の半減期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）

1. 半減期は、試料の温度や圧力を変化させても一定である。
2. 半減期は、放射性同位体の個数が半分になった後の崩壊速度には影響しない。
3. 半減期が短いほど、その放射性同位体は長期間にわたって崩壊し続ける。
4. 半減期は、放射性同位体の化学的な結合状態によって変化する。

問7 屈折率1.5のガラス内部から屈折率1.0の空気中へ光が進むとき、全反射が起こるための入射角の条件として適切なものはどれか。ただし、 $\sin(41.8^\circ) = 0.667$ とする。（2004年 全国公立入試 類似）

1. 入射角が41.8度より大きい
2. 入射角が41.8度より小さい
3. 入射角が48.2度より大きい
4. 入射角が48.2度より小さい

問8 半導体ダイオードの整流作用に関する記述として最も適当なものはどれか。（2005年 全国公立入試 類似）

1. 順方向電圧を印加すると、電圧の大きさに比例して抵抗値が一定のまま電流が流れる。
2. 順方向電圧を印加すると電流が流れ、逆方向電圧を印加するとほとんど電流が流れない。
3. 逆方向電圧を印加すると、順方向電圧のときよりも大きな電流が流れる。
4. 電圧の極性に関わらず、印加された電圧の絶対値が大きくなるほど電流は増大する。

問9 x軸上の点Aに正の点電荷 q_A 、点Bに負の点電荷 q_B が置かれている状況において、電位Vがゼロとなる点についての記述として最も適当なものはどれか。（2004年 全国公立入試 類似）

1. 電位がゼロとなる点は、点Aと点Bの間の線分上に必ず存在する。
2. 電位がゼロとなる点は、点Aと点Bの間の線分上には存在しない。
3. 電位がゼロとなる点は、点Aの左側のみに存在する。
4. 電位がゼロとなる点は、点Bの右側のみに存在する。

問10 質量Mの台が摩擦のない水平な床の上に置かれ、その上に質量mの小物体が高さhの点から静かに滑り降りる状況を考える。この過程において、小物体が高さhから床面まで滑り降りた直後のエネルギー保存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）

1. 小物体の位置エネルギーの減少分は、小物体の運動エネルギーのみに変換される。
2. 小物体の位置エネルギーの減少分は、小物体と台の運動エネルギーの和に等しい。
3. 小物体と台を合わせた系の力学的エネルギーは、摩擦熱として散逸するため保存されない。
4. 小物体の位置エネルギーの減少分は、台の運動エネルギーのみに変換される。

答え合わせ・解説 No.5

問1	答え 1 光がスリットを通過する際の回折と、各スリットからの光の干渉によって波長ごとに強め合う方向が異なるため分光される。	回折格子は多数の微細なスリットが等間隔に並んだ光学素子である。スリットを通過した光は回折し、それらが干渉し合う。強め合う条件は波長と回折角に依存するため、波長ごとに異なる方向に光が強まり、結果として白色光が虹色に分光される。プリズムによる分光は屈折率の波長依存性によるものであり、回折格子の原理とは異なる。
問2	答え 2 $M L^2 T^{-2}$	エネルギーは仕事と等価であり、運動エネルギーの公式 $\frac{1}{2} m v^2$ から導出できる。質量 m の次元は M であり、速度 v の次元は長さ L を時間 T で割った $L T^{-1}$ である。したがって、 v^2 の次元は $L^2 T^{-2}$ となり、これに質量 M を掛けると、エネルギーの次元は $M L^2 T^{-2}$ となる。これは力と距離の積 ($F \times d = M L T^{-2} \times L$) からも同様に導かれる。
問3	答え 2 0.33	スネルの法則 $\sin(\theta_1) / \sin(\theta_2) = v_1 / v_2$ を用います。入射角 $\theta_1 = 30$ 度より $\sin(30 \text{度}) = 0.5$ です。これを与えられた速度に代入すると、 $0.5 / \sin(\theta_2) = (3.0 \times 10^8) / (2.0 \times 10^8)$ となります。整理すると $0.5 / \sin(\theta_2) = 1.5$ となり、 $\sin(\theta_2) = 0.5 / 1.5 = 1/3$ となるため、約0.33が導かれます。
問4	答え 1 回路全体のエネルギー保存則を満たすため	回路における電圧降下は、電荷が移動する際に消費されるエネルギーに対応しています。直流電源から供給された電気エネルギーは、回路内の各素子（抵抗やダイオード）で消費される必要があり、キルヒホッフの法則はエネルギー保存則を回路に適用したものです。したがって、抵抗による電圧降下を無視すると、回路全体のエネルギー収支が合わなくなり、物理的な整合性が保てなくなります。
問5	答え 1 定常波	二つの波が重なり合い、合成波の振幅が場所によって異なる定まった形を保つ現象を定常波と呼ぶ。これは波の干渉によって生じる現象であり、音波の場合、空間的に強め合う場所と弱め合う場所が固定されるため、音の大きさが場所によって異なるように観測される。
問6	答え 1 半減期は、試料の温度や圧力を変化させても一定である。	放射性崩壊は原子核内部の反応であり、外部環境である温度、圧力、化学的結合状態には依存しない。半減期は各放射性同位体固有の定数である。半減期が短いほど、単位時間あたりの崩壊確率が高いため、短期間で急激に放射能が減少する性質がある。
問7	答え 1 入射角が41.8度より大きい	臨界角を θ とすると、 $\sin(\theta) = n_2 / n_1 = 1.0 / 1.5 = 0.666\dots$ となる。問題文より $\sin(41.8 \text{度})$ が約0.667であるため、臨界角は約41.8度である。全反射は入射角が臨界角よりも大きい場合に発生するため、入射角が41.8度を超えると光は境界で全反射する。
問8	答え 2 順方向電圧を印加すると電流が流れ、逆方向電圧を印加するとほとんど電流が流れない。	半導体ダイオードは、p型半導体とn型半導体を接合した構造を持ち、電流を一方にのみ流す整流作用を持つ。順方向電圧が印加されると空乏層が狭まり電流が流れるが、逆方向電圧が印加されると空乏層が広がり、電流をほとんど阻止する特性がある。これはオームの法則に従う抵抗器とは異なり、非線形な電流・電圧特性を示す。
問9	答え 1 電位がゼロとなる点は、点Aと点Bの間の線分上に必ず存在する。	点電荷による電位は $V = k \cdot q / r$ で与えられる。正電荷と負電荷が離れて存在する場合、正電荷に近い場所では正の電位、負電荷に近い場所では負の電位となる。電位は連続的に変化するため、正と負の電位の間には必ず電位がゼロとなる地点が存在する。
問10	答え 2 小物体の位置エネルギーの減少分は、小物体と台の運動エネルギーの和に等しい。	摩擦のない床上で台が自由に動ける場合、小物体が滑り降りる過程で重力による位置エネルギーの減少分は、小物体と台の両方の運動エネルギーの和に変換されます。力学的エネルギー保存則により、系全体でエネルギーの総和は一定に保たれるため、小物体のみに注目するのではなく、台の運動も考慮する必要があります。