

問1 放射線が電場中を通過する際の偏向について、その物理的背景として正しい説明はどれか。（2020年 全国公立入試 類似）

1. 放射線の軌道が曲がるのは、粒子が持つ電荷と電場との相互作用による静電気力のためであり、電荷を持たないガンマ線にはこの力が働かない。
2. 放射線の軌道が曲がるのは、放射線が持つ質量と電場との相互作用による重力のためであり、質量が極めて小さいガンマ線は直進する。
3. 放射線の軌道が曲がるのは、放射線が通過する際の空気分子との衝突によるものであり、ガンマ線は透過力が強いので衝突せずに直進する。
4. 放射線の軌道が曲がるのは、放射線が持つ磁気モーメントと電場との相互作用によるものであり、ガンマ線は磁気モーメントを持たないため直進する。

問2 電子の物質波の波長を λ 、円軌道の半径を r 、量子数を n ($n=1, 2, 3, \dots$) としたとき、ボーアの量子条件を表す式として適切なものはどれか。（2015年 全国公立入試 類似）

1. $2\pi r = n\lambda$ 2. $\pi r^2 = n\lambda$ 3. $2\pi r = n/\lambda$ 4. $r = n\lambda$

問3 ある金属の仕事関数が 2.0 eV であるとき、振動数 1.0×10^{15} Hz の光を照射した際に放出される電子の最大運動エネルギーとして、最も近い値はどれか。ただし、プランク定数を 4.1×10^{-15} eV・s とする。（2016年 全国公立入試 類似）

1. 1.1 eV 2. 2.1 eV 3. 3.1 eV 4. 4.1 eV

問4 水素原子内の電子の運動を記述する際、万有引力を無視して静電気力のみを考慮することが妥当である理由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. 電子と陽子の間には万有引力が働かないため
2. 静電気力に比べて万有引力が極めて小さいため
3. 電子が陽子から受ける静電気力が斥力であるため
4. 万有引力は原子核の内部でしか働かないため

問5 金属表面に光を照射した際、放出される光電子の最大運動エネルギー K_{\max} を求める式として正しいものはどれか。ただし、入射光の振動数を f 、プランク定数を h 、金属の仕事関数を W とする。（2016年 全国公立入試 類似）

1. $K_{\max} = hf + W$ 2. $K_{\max} = hf - W$ 3. $K_{\max} = W - hf$ 4. $K_{\max} = hf / W$

問6 結晶面の間隔が d である結晶に、入射角 θ で電子線を入射させたとき、反射波が強め合うブラッグの条件として正しいものはどれか。ただし、電子のド・ブロイ波長を λ 、 n を自然数とする。（2025年 全国公立入試 類似）

1. $2d \sin \theta = n\lambda$ 2. $d \sin \theta = n\lambda$ 3. $2d \cos \theta = n\lambda$ 4. $d \cos \theta = n\lambda$

問7 原子核の結合エネルギーに関する記述として最も適切なものはどれか。（2020年 全国公立入試 類似）

1. 結合エネルギーが大きいほど、その原子核は安定である。
2. 結合エネルギーは、原子核を構成する陽子と中性子を分離するのに必要なエネルギーである。
3. 質量欠損が負の値をとるとき、その原子核は自発的に核分裂を起こす。
4. 結合エネルギーは、原子核内の陽子同士の静電的な反発力のみによって生じる。

問8 光電効果において、照射する光の振動数を大きくしたとき、放出される電子の最大運動エネルギーがどのように変化するかについての記述として最も適切なものはどれか。（2023年 全国公立入試 類似）

1. 振動数の増加に比例して最大運動エネルギーは増加する
2. 振動数の増加にかかわらず最大運動エネルギーは一定である
3. 振動数の増加に反比例して最大運動エネルギーは減少する
4. 振動数が仕事関数を超えない限り最大運動エネルギーは増加し続ける

問9 ある文字に対応する二進数データ「101110」を、鍵コードを用いて変換したところ「111011」となった。この変換に用いられた鍵コードとして正しいものはどれか。（2004年 全国公立入試 類似）

1. 010101 2. 101110 3. 010111 4. 110101

問10 4ビットのデータに1ビットのパリティビットを付加して5ビットとする偶数パリティチェックにおいて、データ「1011」を送信する場合、付加されるパリティビットの値として正しいものはどれか。（2005年 全国公立入試 類似）

1. 0 2. 1 3. 2 4. 3

答え合わせ・解説 No.1

問1	答え 1 放射線の軌道が曲がるのは、粒子が持つ電荷と電場との相互作用による静電気力のためであり、電荷を持たないガンマ線にはこの力が働かない。	電場中での粒子の偏向は、粒子が電荷を持つ場合に電場から受ける静電気力 ($F=qE$) によって生じます。アルファ線 (+2e) やベータ線 (-e) は電荷を持つため、電場の強さと向きに応じて軌道が曲げられます。これに対し、ガンマ線は光子からなる電磁波であり、電荷がゼロであるため、電場から静電気力を受けることはなく、直進します。
問2	答え 1 $2\pi r = n\lambda$	電子の円軌道の円周は $2\pi r$ で表されます。ボーアの量子条件では、この円周の長さが物質波の波長 λ の整数倍 ($n\lambda$) と等しくなることが求められます。この関係式を満たすとき、電子は軌道上で定常波を形成し、特定のエネルギー状態を維持することが可能となります。
問3	答え 2 2.1 eV	光電効果の式 $K = h\nu - W$ を用いる。ここで $h\nu$ は光子のエネルギー、 W は仕事関数である。与えられた値から、光子のエネルギーは $4.1 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s} \times 1.0 \times 10^{15} \text{ Hz} = 4.1 \text{ eV}$ となる。これより、放出される電子の最大運動エネルギー $K = 4.1 \text{ eV} - 2.0 \text{ eV} = 2.1 \text{ eV}$ と計算される。この現象は光が粒子として振る舞い、光子1個のエネルギーが電子に受け渡されることで説明される。
問4	答え 2 静電気力に比べて万有引力が極めて小さいため	原子内部の電子と陽子の間には、質量に起因する万有引力と電荷に起因する静電気力が共に作用している。しかし、両者の大きさを比較すると、静電気力の方が万有引力よりも約10の40乗倍も大きい。この圧倒的な力の差により、原子内の電子の運動を支配する主たる力は静電気力であり、万有引力の影響は無視できるほど小さい。
問5	答え 2 $K_{\text{max}} = hf - W$	アインシュタインの光量子仮説によれば、光はエネルギー hf を持つ光子として振る舞います。金属中の電子がこの光子を吸収すると、そのエネルギーの一部が金属表面から電子を取り出すための仕事関数 W として消費され、残りが電子の運動エネルギーとなります。したがって、放出される電子の最大運動エネルギーは、入射光子のエネルギーから仕事関数を差し引いた値、 $K_{\text{max}} = hf - W$ となります。
問6	答え 1 $2d \sin\theta = n\lambda$	結晶面で反射する電子線が強め合うためには、隣り合う結晶面からの反射波の経路差が波長の整数倍である必要がある。図形的に経路差を求めると $2d \sin\theta$ となり、これが $n\lambda$ と等しくなる条件がブラッグの条件である。この現象は電子が物質波として振る舞う証拠となる。
問7	答え 2 結合エネルギーは、原子核を構成する陽子と中性子を分離するのに必要なエネルギーである。	結合エネルギーは、核子をバラバラの状態から原子核を形成する際に放出されるエネルギーであり、逆に原子核を構成する核子をすべて分離させるために外部から与えるべきエネルギーと定義される。この値が大きいほど核子同士の結びつきが強く、一般に安定した原子核であることを示すが、核子あたりの結合エネルギーで比較するのが一般的である。
問8	答え 1 振動数の増加に比例して最大運動エネルギーは増加する	光電効果の式 $K = h\nu - W$ において、プランク定数 h と仕事関数 W は金属固有の定数である。したがって、最大運動エネルギー K は振動数 ν の一次関数として表され、振動数を大きくすると K は線形に増加する。この現象は、光を波として捉える古典論では説明できず、光を粒子 (光子) として捉える量子論の妥当性を示す重要な証拠である。
問9	答え 1 010101	変換前のデータ「101110」と変換後のデータ「111011」を各桁で比較すると、第2桁目 (左から2番目) と第4桁目、第6桁目が反転しています。鍵コードはビットが反転した箇所が1、変化しなかった箇所が0となるため、反転した桁を1、変化なしを0とすると「010101」となります。
問10	答え 2 1	偶数パリティチェックでは、送信するデータに含まれる1の個数が偶数になるようにパリティビットを決定します。データ「1011」には1が3個含まれており、奇数個です。全体で1の個数を偶数にするためには、パリティビットとして1を付加する必要があります。これにより、5ビット全体での1の個数は4個となり、偶数という条件を満たします。