

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 $1.0 \times 10^{15} \text{ Hz}$ 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 $4.1 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$ 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. $K_{\text{max}} = hf + W$
2. $K_{\text{max}} = hf - W$
3. $K_{\text{max}} = W - hf$
4. $K_{\text{max}} = hf / W$

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。

高校物理プリント（過去問類似）

原子・現代物理 No.2

名前

得点

/10

問1 仕事関数が3.0 eVの金属表面に、エネルギーが4.5 eVの光子を照射したとき、放出される光電子の最大運動エネルギーは何eVか。 (2016年 全国公立入試 類似)

1. 1.5 eV 2. 3.0 eV 3. 4.5 eV 4. 7.5 eV

問2 コンピュータの構成に関する記述として、最も適切なものはどれか。 (2005年 全国公立入試 類似)

1. ソフトウェアは、物理的な回路や機械装置そのものを指す。 2. プログラムは、ハードウェアを動作させるための命令手順である。 3. プロセッサは、ソフトウェアを記述するための言語の総称である。 4. レジスタは、ソフトウェアを構成する論理的な情報群の一つである。

問3 ある放射性同位体の半減期が6000年であるとき、この放射性同位体が元の量の4分の1まで減少するのに必要な期間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. 3000年 2. 6000年 3. 12000年 4. 24000年

問4 コンプトン散乱において、入射X線が電子と衝突する際、エネルギー保存則と運動量保存則が成り立つ。この現象の物理的背景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. 光子は質量を持たないため、電子との衝突において運動量の受け渡しは行われない。 2. 光子は波としての性質のみを持つため、電子との衝突はエネルギーのやり取りを伴わない。 3. 光子はエネルギーと運動量を持つ粒子として電子と衝突し、散乱角に応じてエネルギーを分配する。 4. 電子は衝突によってエネルギーを得るが、光子の波長は衝突の角度に関わらず一定である。

問5 ある金属板に光を照射して光電効果を観測したところ、阻止電圧の絶対値が V_0 であった。入射する光の振動数を変えずに、光の強度のみを2倍にした場合、阻止電圧の絶対値はどうなるか。 (2016年 全国公立入試 類似)

1. V_0 のまま変化しない 2. 2倍の $2V_0$ になる 3. 4倍の $4V_0$ になる 4. $1/2$ 倍の $0.5V_0$ になる

問6 コンピュータを動作させるためのプログラムや、その記述に用いられるプログラミング言語など、物理的な実体を持たない論理的な情報群を総称して何と呼ぶか。 (2005年 全国公立入試 類似)

1. ソフトウェア 2. ハードウェア 3. プロセッサ 4. レジスタ

問7 ウラン238が安定な鉛206へと変化する放射性崩壊の過程において、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。正しい組み合わせを選べ。 (2018年 全国公立入試 類似)

1. アルファ崩壊8回、ベータ崩壊6回 2. アルファ崩壊6回、ベータ崩壊8回 3. アルファ崩壊32回、ベータ崩壊6回 4. アルファ崩壊8回、ベータ崩壊10回

問8 原子力発電が他の発電方式と比較して持つ特徴として、正しい説明はどれか。 (2015年 全国公立入試 類似)

1. 発電時に二酸化炭素を排出しないが、放射性廃棄物の管理が不可欠である。 2. 核分裂反応を利用するため、発電過程で窒素酸化物が発生する。 3. 核融合反応を制御することで、放射性廃棄物を一切出さずに発電できる。 4. 燃料にナトリウムを用いることで、核分裂を連鎖させずに安定発電できる。

問9 ある光電管に特定の振動数の光を照射したところ、阻止電圧の絶対値が0.50 Vであった。このとき放出される光電子の最大速度として最も近い値はどれか。ただし、電子の質量を 9.1×10^{-31} kg、電気素量を 1.6×10^{-19} Cとし、 $\sqrt{1.76} \approx 1.33$ とする。 (2016年 全国公立入試 類似)

1. 3.3×10^5 m/s 2. 4.2×10^5 m/s 3. 5.6×10^5 m/s 4. 7.4×10^5 m/s

問10 水素原子における電子と陽子の間に働く力について、静電気力と万有引力の大きさの比（静電気力/万有引力）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. 約10の10乗倍 2. 約10の20乗倍 3. 約10の40乗倍 4. 約10の60乗倍

答え合わせ・解説 No.2

問1	答え 1 1.5 eV	光電効果において、放出される光電子の最大運動エネルギーは、入射した光子のエネルギーから金属の仕事関数を差し引いた値に等しくなります。本問では、入射光子のエネルギーが4.5 eV、金属の仕事関数が3.0 eVであるため、最大運動エネルギーは $4.5 \text{ eV} - 3.0 \text{ eV} = 1.5 \text{ eV}$ と算出されます。
問2	答え 2 プログラムは、ハードウェアを動作させるための命令手順である。	プログラムとは、コンピュータに対して特定の処理を行わせるための命令手順を記述したものである。ソフトウェアはプログラムや言語などの論理的な情報の総称であり、物理的な回路や機械装置そのものはハードウェアと呼ばれる。プロセッサは演算処理を行うハードウェアの一部であり、レジスタはプロセッサ内部の高速な記憶領域を指すため、いずれもソフトウェアではない。
問3	答え 3 12000年	半減期が6000年である場合、6000年経過するごとに放射性同位体の量は半分になる。元の量を1とすると、6000年後には1/2になり、さらに6000年後（合計12000年後）にはその半分である1/4になる。したがって、元の量の4分の1になるには、半減期の2倍の期間である12000年が必要となる。
問4	答え 3 光子はエネルギーと運動量を持つ粒子として電子と衝突し、散乱角に応じてエネルギーを分配する。	コンプトン散乱は、光を波としてだけでなく、エネルギーと運動量を持つ粒子（光子）として扱うことで理解できる。光子が電子に衝突する際、エネルギー保存則と運動量保存則を適用すると、散乱後の光子の波長は散乱角に依存して変化することが導かれる。この散乱角が大きいほど、電子に与えられるエネルギーが大きくなり、光子の波長変化も大きくなる。
問5	答え 1 V0 のまま変化しない	光電効果において、放出される電子の最大運動エネルギーは、光の強度（光子の数）ではなく、光の振動数によって決定される。光の強度を大きくすることは、単位時間あたりに放出される光電子の数が增多することを意味し、飽和電流値は増加するが、個々の電子の最大運動エネルギーには影響を与えない。したがって、電子を停止させるために必要な阻止電圧の絶対値は、光の強度を変化させても一定である。
問6	答え 1 ソフトウェア	コンピュータシステムは、物理的な装置であるハードウェアと、それらを制御する論理的な命令群であるソフトウェアの二つで構成される。プログラムやプログラミング言語は、ハードウェアを動かすための指示書としての役割を果たす情報であり、これらは物理的な実体を持たないためソフトウェアに分類される。プロセッサやレジスタはハードウェアを構成する物理的な部品である。
問7	答え 1 アルファ崩壊8回、ベータ崩壊6回	ウラン238から鉛206への変化では、質量数が238から206へ32減少する。アルファ崩壊は1回につき質量数を4減少させるため、 $32 \div 4 = 8$ 回起こる必要がある。この8回のアルファ崩壊で原子番号は16減少するが、ウランの原子番号92から鉛の82までは10の減少である。したがって、ベータ崩壊によって原子番号を6増加させる必要があり、ベータ崩壊は6回起こることになる。
問8	答え 1 発電時に二酸化炭素を排出しないが、放射性廃棄物の管理が不可欠である。	原子力発電は、核分裂反応を利用して熱を得るため、化石燃料を燃焼させる火力発電とは異なり、二酸化炭素を排出しません。しかし、使用済み核燃料などの放射性廃棄物が発生するため、これらを長期にわたり厳重に管理する必要があります。核融合やナトリウム利用といった選択肢は、現在の一般的な原子力発電の定義とは異なります。
問9	答え 2 $4.2 \times 10^5 \text{ m/s}$	最大速度 v は $v = \sqrt{2 * e * V_0 / m}$ で求められる。数値を与式に代入すると、 $v = \sqrt{2 * 1.6 \times 10^{-19} * 0.50 / (9.1 \times 10^{-31})} = \sqrt{1.6 \times 10^{-19} / (9.1 \times 10^{-31})} = \sqrt{0.176 \times 10^{12}} = \sqrt{17.6 \times 10^{10}} = \sqrt{17.6} \times 10^5 \text{ m/s}$ となる。 $\sqrt{17.6} \approx 1.33$ より、 $\sqrt{17.6} \approx 4.20$ となり、約 $4.2 \times 10^5 \text{ m/s}$ が得られる。
問10	答え 3 約10の40乗倍	水素原子内の電子と陽子には、クーロンの法則に従う静電気力と、ニュートンの万有引力の法則に従う引力が同時に働いている。それぞれの力の式に電子と陽子の質量や電荷の値を代入して比較すると、静電気力の方が万有引力よりも圧倒的に大きい。その比率は約10の40乗倍という極めて大きな値となるため、原子スケールの現象を扱う際には、万有引力を無視して静電気力のみを考慮すれば十分である。

問1 原子力発電の仕組みと特徴に関する記述として最も適当なものはどれか。（2015年 全国公立入試 類似）

- 核燃料の核分裂反応で生じる熱エネルギーを蒸気の発生に利用する。
- 核融合反応を利用して膨大な熱エネルギーを取り出し発電する。
- 燃料としてナトリウムを用いることで高い発電効率を実現している。
- 発電過程で窒素酸化物を大量に排出するため環境対策が必要である。

問2 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 eV
- 2.1 eV
- 3.1 eV
- 4.1 eV

問3 光の波動説において、波の重ね合わせの原理が重要となる現象として、最も適切なものはどれか。（2006年 全国公立入試 類似）

- 光の直進性による影の形成
- 光の干渉や回折による強め合いや弱め合い
- 光が原子に衝突して電子を放出する現象
- 光が微粒子として空間を高速で移動する性質

問4 ドルトンの原子説に基づいた物質の構成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）

- 化学反応において、原子は別の種類の原子に変化することはない。
- 原子はさらに陽子や中性子といったより小さな粒子に分割できる。
- 同一元素の原子であっても、質量が異なるものが存在しうる。
- 物質は連続的な広がりを持つものであり、粒子状ではない。

問5 放射性同位体の半減期に関する説明として最も適当なものはどれか。（2006年 全国公立入試 類似）

- 放射性同位体が崩壊によって元の量の半分になるまでの時間のことである。
- 放射性同位体が崩壊し尽くして完全に消失するまでの時間のことである。
- 放射性同位体が外部からの放射線を受けて元の量の半分になるまでの時間のことである。
- 放射性同位体の原子核が分裂して安定な原子に変化するまでの時間のことである。

問6 放射線の産業・医療利用の具体例として誤っているものはどれか。（2025年 全国公立入試 類似）

- 中性子線はベータ線に比べて透過力が弱いので、厚い金属板の内部検査には適さない。
- 工業分野において、放射線を用いた非破壊検査により製品内部の欠陥を調べることができる。
- 医療分野において、放射線を用いた滅菌処理により医療器具の安全性を確保している。
- 農業分野において、放射線を照射して突然変異を誘発させ、品種改良に役立っている。

問7 ボーアの量子条件において、原子核の周りを回る電子が安定した円軌道をとるための条件として正しいものはどれか。（2015年 全国公立入試 類似）

- 円軌道の円周の長さが、電子の物質波の波長の整数倍である。
- 円軌道の円周の長さが、電子の物質波の波長の半分である。
- 円軌道の半径が、電子の物質波の波長の整数倍である。
- 円軌道の半径が、電子の物質波の波長の半分である。

問8 原子力発電が他の発電方式と比較して持つ特徴として、正しい説明はどれか。（2015年 全国公立入試 類似）

- 発電時に二酸化炭素を排出しないが、放射性廃棄物の管理が不可欠である。
- 核分裂反応を利用するため、発電過程で窒素酸化物が発生する。
- 核融合反応を制御することで、放射性廃棄物を一切出さずに発電できる。
- 燃料にナトリウムを用いることで、核分裂を連鎖させずに安定発電できる。

問9 偶数パリティチェックの仕組みに関する記述として、最も適切なものはどれか。（2005年 全国公立入試 類似）

- データ内の1の個数が奇数の場合にパリティビットを0にする手法である。
- 伝送中に2ビット以上の反転が発生した場合でも、エラーを確実に検出できる。
- 5ビット全体に含まれる1の個数が常に偶数になるように制御する手法である。
- 受信側で1の個数が偶数であることを確認できれば、データに誤りがないと断定できる。

問10 19世紀初頭、物質を構成する最小単位の粒子であり、化学反応によってそれ以上分割したり生成したりすることはないという原子説を提唱した科学者は誰か。（2004年 全国公立入試 類似）

- ドルトン
- デモクリトス
- ラザフォード
- ボーア

答え合わせ・解説 No.3

問1	答え 1 核燃料の核分裂反応で生じる熱エネルギーを蒸気の発生に利用する。	原子力発電は、ウランやプルトニウムなどの核燃料が核分裂を起こす際に放出される熱エネルギーを利用して水を沸騰させ、その蒸気でタービンを回す発電方式です。核融合は太陽などの反応であり、現在の原子力発電とは異なります。また、火力発電と異なり二酸化炭素や窒素酸化物は排出しませんが、放射性廃棄物が生じる点が大きな課題です。
問2	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3	答え 2 光の干渉や回折による強め合いや弱め合い	波動説の根幹である重ね合わせの原理は、複数の波が重なったときに振幅が合成される現象を指します。光が波であるならば、異なる経路を通った光が重なり合うことで、強め合ったり弱め合ったりする干渉や、障害物の背後に回り込む回折といった現象が説明可能です。これらは粒子説では説明が困難な現象であり、波動説の正当性を裏付ける重要な根拠となりました。
問4	答え 1 化学反応において、原子は別の種類の原子に変化することはない。	ドルトンの原子説では、化学反応は原子の組み換えによって起こるとされ、原子自体が消滅したり、他の元素の原子に変化したりすることはないとされました。選択肢にある「陽子や中性子への分割」は20世紀以降の原子物理学の成果であり、ドルトンの時代には想定されていませんでした。また、同位体の存在はドルトンの原子説の枠組みを超えた後の発見です。
問5	答え 1 放射性同位体が崩壊によって元の量の半分になるまでの時間のことである。	半減期とは、放射性同位体が放射壊変によって、その原子数が初期の半分に減少するまでに要する時間を指す。この期間は放射性同位体の種類ごとに固有の値であり、温度や圧力などの外部環境の影響をほとんど受けないという性質がある。放射壊変は確率的な現象であり、個々の原子核がいつ崩壊するかは予測できないが、大量の原子集団で見ると一定の割合で減少していく。
問6	答え 1 中性子線はベータ線に比べて透過力が弱いため、厚い金属板の内部検査には適さない。	中性子線は電荷を持たないため物質を透過する能力が非常に高く、ベータ線と比較しても金属などの厚い物質を透過する力が強い。そのため、中性子線を用いた非破壊検査は、厚い金属部品の内部構造を調べる際に非常に有効である。その他の選択肢である工業的な非破壊検査、医療器具の滅菌、農業における品種改良は、いずれも放射線の特性を活かした適切な利用例である。
問7	答え 1 円軌道の円周の長さが、電子の物質波の波長の整数倍である。	ボーアの量子条件は、電子を波として捉えた際に、円軌道上で定常波が形成される条件を指します。軌道上で波が打ち消し合わずに重なり合うためには、円周の長さが波長の整数倍である必要があります。この条件により、電子の軌道半径やエネルギーが不連続な値をとる量子化という現象が導かれます。
問8	答え 1 発電時に二酸化炭素を排出しないが、放射性廃棄物の管理が不可欠である。	原子力発電は、核分裂反応を利用して熱を得るため、化石燃料を燃焼させる火力発電とは異なり、二酸化炭素を排出しません。しかし、使用済み核燃料などの放射性廃棄物が発生するため、これらを長期にわたり厳重に管理する必要があります。核融合やナトリウム利用といった選択肢は、現在の一般的な原子力発電の定義とは異なります。
問9	答え 3 5ビット全体に含まれる1の個数が常に偶数になるように制御する手法である。	偶数パリティチェックは、データに1ビットを付加して合計の1の個数を偶数に保つ手法です。1ビットの反転は検出可能ですが、2ビットの反転が発生すると1の個数の偶奇が変わらないため、エラーを検出できません。また、受信側で1の個数が偶数であっても、偶数個のビット反転が起きていればエラーを見逃す可能性があるため、誤りがないと断定はできません。
問10	答え 1 ドルトン	ジョン・ドルトンは、1803年に原子説を提唱し、元素が固有の質量を持つ原子から構成されると考えました。これは古代ギリシャのデモクリトスによる「アトモス（分割できないもの）」という概念を、近代的な化学の法則である倍数比例の法則などを説明するために再定義したものです。後の物理学における原子核や電子の発見とは異なり、この段階では原子は内部構造を持たない最小単位として定義されました。

高校物理プリント（過去問類似）

原子・現代物理 No.4

名前

得点

/10

問1 16進数表記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)

- 10進数の15を16進数で表すと15となる。
- 16進数の各桁は0から15までの値をアルファベットのAからFを用いて表現する。
- 16進数の1桁は2進数の2ビット分の情報を保持できる。
- 16進数のFの次は10進数で16となり、16進数では10と表記される。

問2 コンピュータの動作原理に関する記述として最も適切なものはどれか。 (2005年 全国公立入試 類似)

- コンピュータは記述された命令の手順に従って逐次処理を行うことで目的の計算を実現する。
- コンピュータはハードウェアそのものが自律的に判断して複雑なデータ処理を行う。
- シミュレーションはコンピュータが命令なしで自発的に計算を行う手法である。
- ナビゲーション機能はコンピュータの物理的な回路構成のみによって完全に決定される。

問3 水素原子の電子のエネルギー準位が量子数nの二乗に反比例し、負の値をとることの物理的な意味として最も適切なものはどれか。 (2022年 全国公立入試 類似)

- 電子が原子核の束縛を受けている状態にあることを示す。
- 電子が原子核から無限遠方に離れた状態にあることを示す。
- 電子が原子核の周囲を古典力学的に自由に運動していることを示す。
- 電子の質量が量子数nに応じて変化していることを示す。

問4 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)

- $2d \sin \theta = n\lambda$
- $d \sin \theta = n\lambda$
- $2d \cos \theta = n\lambda$
- $d \cos \theta = n\lambda$

問5 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)

- 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
- 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
- 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
- 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6 二進数で表されたデータに対して、鍵コードを用いた暗号化を行う際、鍵コードのビットが1である箇所に対して行われる操作として最も適切なものはどれか。 (2004年 全国公立入試 類似)

- ビットの値を反転させる
- ビットの値を0に固定する
- ビットの値を1に固定する
- ビットの値を隣の桁と入れ替える

問7 偶数パリティチェックの仕組みに関する記述として、最も適切なものはどれか。 (2005年 全国公立入試 類似)

- データ内の1の個数が奇数の場合にパリティビットを0にする手法である。
- 伝送中に2ビット以上の反転が発生した場合でも、エラーを確実に検出できる。
- 5ビット全体に含まれる1の個数が常に偶数になるように制御する手法である。
- 受信側で1の個数が偶数であることを確認できれば、データに誤りがないと断定できる。

問8 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。 (2017年 全国公立入試 類似)

- 原子核を構成する陽子と中性子の質量の和と、原子核の質量の差である質量欠損に光速の二乗を掛けた値である。
- 原子核を構成する陽子と中性子の質量の和と、原子核の質量の差である質量欠損に光速を掛けた値である。
- 原子核を構成する陽子と中性子の質量の和と、原子核の質量の差である質量欠損を光速の二乗で割った値である。
- 原子核を構成する陽子と中性子の質量の和と、原子核の質量の差である質量欠損を光速で割った値である。

問9 19世紀末、J.J.トムソンが陰極線の実験を通じて発見した、原子の内部に含まれる負の電荷を持つ粒子は何か。 (2004年 全国公立入試 類似)

- 電子
- 陽子
- 中性子
- 原子核

問10 単位面積あたりの太陽エネルギー強度が 1.0 kW/m^2 である環境において、消費電力が50 Wの機器を稼働させるために必要な太陽電池パネルの最小面積として正しいものはどれか。ただし、太陽電池の変換効率は10%とする。 (2006年 全国公立入試 類似)

- 0.25 m^2
- 0.5 m^2
- 1.0 m^2
- 5.0 m^2

答え合わせ・解説 No.4

問1	答え 4 16進数のFの次は10進数で16となり、16進数では10と表記される。	16進数は基数が16であるため、0から9までの数字とAからFまでのアルファベットを用いて各桁を表現する。16進数のFは10進数の15に対応し、それに1を加えた値は10進数の16となる。16進数では桁上がりが発生し、10と表記される。なお、16進数の1桁は2進数の4ビット分（ $2^4 = 16$ ）の情報を保持できるため、他の選択肢は誤りである。
問2	答え 1 コンピュータは記述された命令の手順に従って逐次処理を行うことで目的の計算を実現する。	コンピュータの基本的な動作は、メモリに格納されたプログラム（命令の集合）をCPUが順次取り出し、実行することにあります。この手順が論理的に記述されていることで、複雑な計算やデータ処理が可能となります。ハードウェアはあくまで計算を実行するための物理的な基盤であり、それ自体が命令なしに目的を持った処理を行うことはありません。シミュレーションやナビゲーションは、プログラムによって制御された結果として現れる機能です。
問3	答え 1 電子が原子核の束縛を受けている状態にあることを示す。	エネルギー準位が負であることは、電子が原子核の引力によって束縛されていることを意味します。エネルギーを供給して負の値を0に近づけることで、電子は原子核から離れることができます。nが大きくなるほどエネルギーは0に近づき、束縛が弱くなります。nが無限大のときエネルギーは0となり、電子は原子核から離脱します。
問4	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5	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6	答え 1 ビットの値を反転させる	鍵コードを用いた暗号化において、鍵コードのビットが1である箇所は、元のデータのビットを反転（0を1に、1を0に）させる操作が行われます。これは排他的論理和（XOR）演算と同じ原理であり、鍵コードのビットが0である箇所は元のデータがそのまま保持されます。ビットの置換や加算処理とは異なる手法です。
問7	答え 3 5ビット全体に含まれる1の個数が常に偶数になるように制御する手法である。	偶数パリティチェックは、データに1ビットを付加して合計の1の個数を偶数に保つ手法です。1ビットの反転は検出可能ですが、2ビットの反転が発生すると1の個数の偶奇が変わらないため、エラーを検出できません。また、受信側で1の個数が偶数であっても、偶数個のビット反転が起きていればエラーを見逃す可能性があるため、誤りがなくと断定はできません。
問8	答え 1 原子核を構成する陽子と中性子の質量の和と、原子核の質量の差である質量欠損に光速の二乗を掛けた値である。	アインシュタインの質量とエネルギーの等価性原理（ $E=mc^2$ ）に基づき、原子核が形成される際に減少した質量（質量欠損）はエネルギーとして放出される。このエネルギーが結合エネルギーであり、質量欠損に光速の二乗を乗じることで算出される。このエネルギーが大きいほど、原子核は安定して存在できる。
問9	答え 1 電子	トムソンは、真空放電管を用いた陰極線の実験により、陰極線が負の電荷を帯びた粒子の流れであることを突き止めました。これにより、原子はそれ以上分割できない最小単位ではなく、内部に電子という粒子を含む構造体であることが明らかになりました。陽子や中性子は後に発見された原子核を構成する粒子であり、この発見が原子構造論の転換点となりました。
問10	答え 2 0.5 m^2	太陽電池の発電電力は、面積×太陽エネルギー強度×変換効率で求められます。まず、 1 m^2 あたりの発電電力は、 $1.0 \text{ kW/m}^2 \times 0.10 = 0.1 \text{ kW/m}^2 = 100 \text{ W/m}^2$ となります。必要な電力が50 Wであるため、必要な面積は $50 \text{ W} \div 100 \text{ W/m}^2 = 0.5 \text{ m}^2$ と算出されます。

高校物理プリント（過去問類似）

原子・現代物理 No.5

名前

得点

/11

問1 光電管に光を照射した際、光電流がゼロになる阻止電圧の絶対値を V_0 、電子の質量を m 、電気素量を e とする。このとき、放出される光電子の最大速度 v 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. $v = \sqrt{e * V_0 / (2 * m)}$ 2. $v = \sqrt{2 * e * V_0 / m}$ 3. $v = \sqrt{m * V_0 / (2 * e)}$ 4. $v = \sqrt{2 * m * V_0 / e}$

問2 放射線が人体に与える影響を評価する単位として用いられるものはどれか。 (2017年 全国公立入試 類似)

1. シーベルト 2. ベクレル 3. グレイ 4. アンペア

問3 光電効果において、金属表面に照射される光の振動数を ν 、プランク定数を h としたとき、光子1個が持つエネルギー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. $h * \nu$ 2. $h \div \nu$ 3. $\nu \div h$ 4. $h + \nu$

問4 ドルトンの原子説に基づいた物質の構成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. 化学反応において、原子は別の種類の原子に変化することはない。
2. 原子はさらに陽子や中性子といったより小さな粒子に分割できる。
3. 同一元素の原子であっても、質量が異なるものが存在しうる。
4. 物質は連続的な広がりを持つものであり、粒子状ではない。

問5 ある放射性同位体が崩壊し、元の原子核の個数が全体の8分の1になるまでに37.2時間を要した。この放射性同位体の半減期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. 6.2時間 2. 12.4時間 3. 24.8時間 4. 49.6時間

問6 原子内の電子が高いエネルギー準位 E から低いエネルギー準位 E' へ遷移する際、放出される光子の振動数 ν を表す式として正しいものはどれか。ただし、プランク定数を h とする。 (2022年 全国公立入試 類似)

1. $(E - E') / h$ 2. $(E' - E) / h$ 3. $h / (E - E')$ 4. $h / (E' - E)$

問7 アナログ情報をデジタル情報に変換する際、元の連続的な信号を一定の時間間隔で区切り、それぞれの値を数値として記録する処理を行う。この処理に関する説明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. アナログ情報はデジタル情報よりもノイズの影響を受けにくい
2. デジタル情報は連続的な値をそのまま保持するため精度が無限である
3. デジタル化することで情報の複製や編集が容易になる
4. アナログ情報はデジタル情報よりも記録容量を小さくできる

問8 デジタル情報の表現において、2進数の1桁で表される情報量を1ビットと定義する場合、16進数の1桁で表される情報量は何ビットになるか。 (2006年 全国公立入試 類似)

1. 2ビット 2. 4ビット 3. 8ビット 4. 16ビット

問9 放射線に関する記述として、誤っているものを選び。 (2019年 全国公立入試 類似)

1. X線は電磁波の一種であり、横波として伝わる。
2. 放射線の透過力や電離作用は、放射線の種類によって異なる。
3. 原子の種類は、原子核に含まれる中性子の数によって決まる。
4. 原子力発電では、核分裂の連鎖反応を制御してエネルギーを取り出している。

問10 ボーアのモデルにおいて、水素原子内の電子がとるエネルギー準位 E_n は、量子数 n を用いてどのように表されるか。ただし、 m は電子の質量、 e は電気素量、 h はプランク定数、 ϵ_0 は真空の誘電率とする。 (2022年 全国公立入試 類似)

1. $E_n = -me^4 / (8\epsilon_0^2 h^2 n^2)$ 2. $E_n = -me^2 / (8\epsilon_0^2 h n^2)$ 3. $E_n = -m^2 e^4 / (4\epsilon_0 h^2 n)$ 4. $E_n = -me^4 / (4\epsilon_0 h n^2)$

問11 金属に光を照射した際に電子が放出される光電効果において、電子の最大運動エネルギー K 、光の振動数 ν 、プランク定数 h 、仕事関数 W の関係を示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. $K = h\nu - W$ 2. $K = h\nu + W$ 3. $K = W - h\nu$ 4. $K = h\nu / W$

答え合わせ・解説 No.5

問1	答え 2 $v = \sqrt{2 * e * V0 / m}$	光電管において、放出された電子の最大運動エネルギーKは、阻止電圧V0を用いて $K = e * V0$ と表される。運動エネルギーの定義式 $K = (1/2) * m * v^2$ に代入すると、 $e * V0 = (1/2) * m * v^2$ となる。これを速度vについて解くと、 $v^2 = 2 * e * V0 / m$ となり、 $v = \sqrt{2 * e * V0 / m}$ が得られる。阻止電圧は電子の最大運動エネルギーを電場によって打ち消すために必要なエネルギーに対応している。
問2	答え 1 シーベルト	シーベルトは、放射線が人体に与える生物学的な影響の大きさを表す単位である。ベクレルは放射性物質が放射線を出す能力（放射能）の強さを表し、グレイは物質が吸収した放射線のエネルギー量（吸収線量）を表す。放射線の人体への影響は、放射線の種類や被曝した部位によって異なるため、吸収線量に放射線の種類ごとの係数を乗じてシーベルトが算出される。
問3	答え 1 $h * \nu$	光子のエネルギーEは、プランク定数hと光の振動数 ν の積（ $E = h\nu$ ）で定義されます。光電効果では、金属中の電子がこのエネルギーを光子から吸収し、仕事関数を越えた場合に電子が放出されます。この関係は量子力学の基礎であり、光が粒子としての性質を持つことを示す重要な指標です。
問4	答え 1 化学反応において、原子は別の種類の原子に変化することはない。	ドルトンの原子説では、化学反応は原子の組み換えによって起こるとされ、原子自体が消滅したり、他の元素の原子に変化したりすることはないとされました。選択肢にある「陽子や中性子への分割」は20世紀以降の原子物理学の成果であり、ドルトンの時代には想定されていませんでした。また、同位体の存在はドルトンの原子説の枠組みを超えた後の発見です。
問5	答え 2 12.4時間	放射性同位体の個数が半分になる時間が半減期である。個数が8分の1になるということは、半減期を3回経過したことを意味する（ $1/2$ の3乗＝ $1/8$ ）。したがって、経過した37.2時間を3で割ることで、1回あたりの半減期である12.4時間が導かれる。崩壊は確率的な現象であり、個体数が多いほどこの統計的な法則が正確に適用される。
問6	答え 1 $(E - E') / h$	原子内の電子がエネルギー準位Eからより低いエネルギー準位E'へ遷移するとき、エネルギー保存則により、その差分（ $E - E'$ ）が光子として放出されます。光子のエネルギーはプランク定数hと振動数 ν の積 $h\nu$ で表されるため、 $h\nu = E - E'$ という関係が成り立ちます。したがって、振動数 ν はエネルギー差をプランク定数で割った値、すなわち $(E - E') / h$ となります。
問7	答え 2 デジタル情報は連続的な値をそのまま保持するため精度が無限である	デジタル化の最大の利点は、情報の劣化を抑えて複製や編集ができる点にあります。アナログ情報は記録や伝送の過程でノイズが混入すると元の信号を完全に復元することが困難ですが、デジタル情報は0と1の数値として処理されるため、一定の閾値を超えれば元の情報を正確に再生可能です。ただし、デジタル化にはサンプリング間隔による情報の欠落という制約が伴います。
問8	答え 2 4ビット	2進数は0と1の2種類の数字を用いるため、1桁で2の1乗の情報を表現でき、これを1ビットと呼びます。一方、16進数は0から9までの数字とAからFまでの文字を合わせた16種類の記号を用います。16は2の4乗であるため、16進数の1桁は2進数の4桁分に相当し、情報量は4ビットとなります。
問9	答え 3 原子の種類は、原子核に含まれる中性子の数によって決まる。	原子の種類（元素）は、原子核に含まれる陽子の数（原子番号）によって決定される。中性子の数が異なれば同位体となるが、元素の種類自体は変わらない。他の選択肢について、X線は電磁波であるため横波であり、放射線の性質は種類により異なり、原子力発電は核分裂の連鎖反応を利用しているため、これらはすべて正しい記述である。
問10	答え 1 $En = -me^4 / (8\epsilon0^2 h^2 n^2)$	ボーアの量子条件 $mvr = nh/2\pi$ と、電子に働くクーロン力が向心力となる運動方程式を連立させることで、電子の軌道半径とエネルギーが導出されます。水素原子のエネルギー準位は、量子数nの二乗に反比例し、負の値をとります。この式は、電子が原子核の束縛から解放される状態をエネルギー0として、それよりも低い安定な状態にあることを示しています。
問11	答え 1 $K = h\nu - W$	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 $h\nu$ を持つ光子として振る舞う。金属表面の電子が光子を吸収し、金属外へ飛び出すために必要な最小エネルギーが仕事関数Wである。したがって、電子が持つ最大運動エネルギーKは、吸収した光子のエネルギーから仕事関数を差し引いた値、すなわち $K = h\nu - W$ となる。