

第1問 以下の文の下線部に当てはまる言葉を書け。同じ記号には同じ言葉が入る。

- (1) 太陽系内の元素分布を見ると、その大部分は (a) とヘリウムである。これらはほとんど宇宙の最初、(b) で生成したと考えられている。一方、より重い元素である炭素や窒素、酸素は宇宙に拡散していた物質が集合することによって形成された (c) の内部で生成されたと考えられている。炭素、窒素、酸素が生成すると (d) サイクルにより、効率的に (a) からヘリウムが合成される。この時に発生するエネルギーが (c) を明るく輝かせている。(c) の内部では鉄までの元素が合成されるが、それより重い元素は、質量の大きな恒星がその終末に引き起こす (e) で合成されたと考えられている。
- (2) 原子の中の電子は正の電荷を持つ核の周りを回っているが、そのエネルギーは (f) されている。ボーアは、水素原子の周りを回る電子の運動を円軌道と考え、適当な (f) の条件を課すことにより、水素原子のスペクトルを説明した。その後、ボーアのモデルは量子力学に取って代わられたが、量子力学では電子などは粒子性と (g) 性の両面の性質を持つと考える。原子核の周りを回る電子を (g) として考えることで波動関数の概念が出てくる。この (g) が定在波となる条件から (f) されたエネルギー準位が導き出される。

第2問 原子、分子に関する以下の問に答えよ。

- (1) 水素原子の中の電子の波動関数を軌道と呼ぶ。軌道の形としては様々なものが可能であるが、節の数でそのエネルギーが異なると解釈できる。 $1s$ 、 $2s$ 、 $2p$ と呼ばれる軌道の節の数はそれぞれ幾つか。また、これらを球対称なものとそうでないものに分けよ。

(2) 以下の下線部に当てはまる言葉を答えよ。

二つの原子が化学結合を形成して分子になる場合、分子中の電子の波動関数は、それぞれの原子の軌道の重ね合わせ（線形結合）で近似できる。分子中の電子の波動関数を分子軌道と呼ぶが、二つの原子の軌道が同じ符号で重なったものを (a) 軌道、異なる符号で重なったものを (b) 性軌道という。

(3) 化学結合は分子軌道に電子を配置したときに、その全エネルギーが孤立した原子の場合より低くなることにより形成されると考えられる。原子の $1s$ と $2s$ 軌道同士を重ね合わせ、結合性、反結合性の軌道ができる様子を、それぞれの軌道の軌道エネルギーの大小として図示せよ。さらに、そこに電子を配置することにより Li_2 が安定な化学結合を形成することを示せ。また、結合次数はどうなるか、結合次数を表す式とともに示せ。

注意：以下の事項を守らない場合、カンニングとみなされることがある。

※特に出題者からの許可がないかぎり、学生証、時計、および筆記用具以外のものを机の上に置かない。

筆入れなども鞆等にしまい、鞆は机の中、脇の椅子または床の上に置く。

※携帯電話等を時計の代わりに使用してはならない。

※教科書、参考書、ノート等は鞆等にしまう。

※解答用紙や計算用紙は所定の枚数以上に取らない。

- (4) エチレン分子の化学結合を考える。このとき、炭素原子については混成軌道を考えて都合がよい。エチレンの場合、 sp -、 sp^2 -、 sp^3 -のどの混成軌道を考えるべきか。またエチレン分子のHOMO（最高被占軌道）はどのような軌道か。

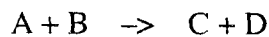
第3問 光（電磁波）と物質に関する以下の問に答えよ。

- (1) フラウンホーファーの発見した太陽光のスペクトル中の多数の暗線の大部分は後に何であることが明らかになったか。また、それを確かめる実験はどのようにすれば可能か。
- (2) 共役ポリエン $H(CH=CH)_nH$ で色を持つのはデカペンタエン ($n=5$) とエイコサデカエン ($n=10$) のどちらか。その理由を簡単に説明せよ。
- (3) 原子のスペクトルと分子のスペクトルを比較した場合、分子のスペクトルの方がずっと複雑である。その理由を簡単に説明せよ。

第4問 化学反応に関する以下の問に答えよ。

- (1) 分子が光を吸収すると、分子は $h\nu$ に相当するエネルギーを得る。このエネルギーはどのような形で失われていくか。その可能性を二つ挙げよ。

- (2) 反応



が途中まで進行して、反応系の中には A、B、C、D がすべて共存している状況を考える。この状況で反応がさらに右に進むか、あるいは左に進むかを考えたい。どのような量を知ることによりそれを知ることができるか。

第5問 分子間には、化学結合程強くはないが、弱い引力が存在する。以下の問に答えよ。

(1) 分子間力の存在を示す事実を一つ挙げよ。

(2) 水は、同程度の分子量の分子の中では唯一常温で液体である。その理由を説明せよ。

(3) 水の中に存在する油（アルキル鎖を持つ炭化水素分子）は、水に溶けず、互いに集まろうとする（疎水性相互作用）。その理由を説明せよ。