16s2008: ルジャンドル陪関数を定義する際に $m=0$ のルジャンドル多項式が式に加わった理由はなぜか M: 教科書の記述にある通り“ルジャンドル陪関数はルジャンドル多項式を用いて定義される”ので、0 階の導関数という意味で包含されている。どこに不都合な点があるのか?

16s2028: 水素原子はなぜ複雑な原子・分子の雛形とされるのか。 M: “雛形”という言葉の意味を理解していない? // 複雑な原子・分子と比べて、水素原子はどうか?

16s2040: 分離定数 m は何故磁気量子数をあらわすのでしょうか M: “ゼーマン効果”と試してみるテスト。

16s2052: この先学ぶ際に理工系の数学のどの分野を特に復習しておくとういいますか M: 学んでおいてムダになるところなどないのでは? // もっとも、必要な時にすぐ使えなければ意味がないけれども。

17s2007: 物理学ではローマ字の他に、よくギリシャ文字が使われますが、それはなぜなのでしょう。また、もしギリシャ文字とローマ字の他に使われている文字があったら教えていただきたいです。[後略] M: そんなの、使う人の好きにすればいいのでは? // 好きな文字を、あなたは使えばいいのでは?

17s2028: 換算質量は天体力学のようなマクロな系でも用いられますか? $m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$ の式で表される換算質量ですが、 m_1 、 m_2 の値が小さい時は分母の方が大きくなり、 m_1 、 m_2 の値が大きくなると分子の方が大きくなると考えられます。この差異によってミクロな系とマクロな系で何か影響があったり、補正がかかったりすることはありますか? M: m_1 、 m_2 が大きければ、それに応じて換算質量が大きいのは当たり前では? // 単にマクロな系では質量が大きいというだけでしょ。

17s2029: 換算質量はどんな物体にも適用することができるのか。 M: 自分で判断できないのはなぜか? // $\frac{1}{\mu} = \frac{1}{m} + \frac{1}{M}$ の計算式は、材質や質量の大きさによって成り立たないことがあるのか? // 17s2028 参照

17s2037: m は電子の質量であるが、負になることはあるのか。 Φ を求めるときに m の範囲が $m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$ になるのはなぜか。 M: Φ を求めるときに出てきた m は何だったか? // 周期的境界条件から得られる $\cos(2m\pi) = 1$ かつ $\sin(2m\pi) = 0$ を満足する m とは? // 電子の質量が負になる可能性があると考えた理由は?

17s2045: オンラインで量子力学を学ぶことにおいて準備した方がよいこと、注意点などありますか? M: さあ、私は知りません。// オンラインだからと言って、特別視しなければいけない理由は何か? // 普通に勉強して、何の不都合があるのか?

17s2047: シラバスの (13) の見通す力とは何を指すのですか? M: CP・DP と書いてありますね。本学のカリキュラム・ポリシーとディプロマ・ポリシーを確認してください。もっとも、それだけが重要だというわけじゃないんだけどね。

17s2051: ルジャンドル陪関数は覚える必要がありますか? M: 別に、覚えなければ覚えればいいのでは?

18s2003: $\Phi(\Phi)$ の解を求める際、初期位相 τ をゼロにしても物理的意味が変わらないのはなぜですか。 M: τ は初期位相を表す。水素類似原子は球対称だから、 z 軸周りの回転の始めの位置による差異はない。

18s2004: 変数変換をするとき、換算質量以外に利用できるものはありますか。 M: 教科書 5.2 節や参考書をよく読めばわかるのでは?

18s2006: 水素原子以外の原子についても、核の質量と電荷がわかればその原子のハミルトニアンがわかるとおっしゃっていましたが、電荷が多く、電子間反発が起こりうるものについてはどのように考えればいいのですか? M: 勘違いでは? そんなこと言った覚えはないが? // 普通に系に含まれる粒子の運動エネルギーとポテンシャルエネルギーを考えればいいのでは? // 18s2027 参照

18s2009: 水素類似原子に電子が一つ新たに導入されたとき、ハミルトニアンには増えた電子による電子の運動エネルギーとクーロンポテンシャルの項が増えるのでしょうか? M: 18s2027 参照

18s2010: 実際の H 原子は剛体回転子とは振る舞いが異なると思いますが、電氣的な力や、他に影響を受けている力はあるか? M: 自分で判断できないのはなぜか? // 水素類似原子は、核と電子の 2 粒子系だということの意味を理解していない? ハミルトニアンの意味を理解していない?

18s2014: 1 個の電子についての波動関数を求めたうえでどのように p 軌道や d 軌道を求めることができるのですか? M: s-, p-, d-オービタルなどの原子オービタルは、そもそも 1 電子オービタルとして求められたのだから?

18s2018: 球面調和関数を用いて解く時それぞれの文字の意味を理解してときそれぞれのとりある値をわかっておく事が重要なのでしょうか。 M: 意味が分からずに球面調和関数(や、その他の関数など)を取扱うことに意味はあるのか?

18s2022: 初期位相 τ が何の値でも物理的意味が変わらず、一般性を失わないとあるのに τ がゼロの時とそうでないときで、 $m \neq 0$ の値が変わることは問題はないのか。また、独立なもう一つの解があるときのコサインのほうの式に τ が無いのはなぜなのか M: “ $m \neq 0$ の値が変わる”とは、どういう意味か? // τ を付けて書いた $\cos$ 関数について、同様の議論によって $\tau = 0$ とおいた、という過程を省略しただけなのだが。

18s2027: 水素原子のシュレーディンガー方程式は解析的に厳密に解ける系と、スライドのはじめにありましたが、ヘリウム以降の原子のシュレーディンガー方程式は厳密に解くことはできるのでしょうか。 M: 教科書 6 章末、8 章や参考書を読めばわかるのでは?

18s2029: 今回は水素原子をモデルとして方程式について学びましたが、他の原子例えば電子が 2 個あるヘリウム原子をモデルとして考える場合には変数を増やすなどすれば方程式

を立てられるのですか？ **M:** 18s2027 参照

18s2030: 物理現象において、次元数は低い方が粒子の動きがより制限されているため証明しやすいように思えますが、高次元の方が証明しやすいと言われているのはなぜなのでしょう。 **M:** 意味不明、何の話か？ // “証明しやすい” とは、何のことか？

18s2032: 水素原子におけるシュレディンガー方程式をとくことはできるとありますが、リチウム原子などのほかの原子はシュレディンガー方程式でとくことはできますか？ **M:** 18s2027 参照

18s2034: 角度部分の方程式の θ の解を求める時に $x = \cos \theta$ によりルジャンドル方程式の形になるという説明があったが、序盤の極座標系のページでは $x = r \sin \theta \cos \Phi$ とかかれていた。この違いがあるのはなぜか **M:** 勘違いでは？ // 教科書 p.211 の一番上に “この x を直角座標の x と混同してはいけない” と書いてあるが？

18s2038: 教科書では水素原子のハミルトニアン内のクーロンポテンシャルに Z が含まれていないが水素原子であるため省いているということか **M:** 自分で判断できないのはなぜか？ // 水素原子と水素類似原子のちがいは何か？

18s2040: 水素類似原子とは Li^{2+} や Be^{3+} のように電子が 1 つのイオンのことを指していますか？ **M:** 水素類似原子 (または 水素型原子 などとも言う) とは、原子番号 Z の一電子原子または一電子イオンのことです。

18s2043: 球面調和関数は水素のオービタルと密接に関係していることはわかりましたが、他の原子や複雑な分子などにも適用できますか？ **M:** 勉強すれば分かるのでは？ // 19s2021 参照

18s2045: 極座標系の導入によって、動径関数と角度に分解し、3 変数のデカルト座標系を 3 変数の極座標系に直したが、変数を別のパラメータを用いる場合には、変数の個数が変わることがないのはなぜか。 **M:** 座標系の選択という恣意的・人為的なもので、物理系の状態が変わったりしないから。

18s2046: $m = 0$ のときのルジャンドル多項式で x をルジャンドル陪関数の時のように $\cos \theta$ と置き換えないのはどうしてなのでしょう。 **M:** 別に、置き換えたければ自分で置き換えればいいのでは？

19s2001: m が整数ではない場合も考えられますか。 **M:** その m はどこでどうして導入されたのか？ その m に制限はなかったか？

19s2002: 講義で水素原子ではなく、水素類似原子のハミルトニアンを用いたのは何故ですか。また、この場合でシュレディンガー方程式を解いたとき、やはり水素原子ではなく、水素類似原子の形、性質が求まるのでしょうか。 **M:** 一般性が高い方が好ましいから。 // 自分で考えてわからないのはなぜか？

19s2003: 教科書 p207 本文冒頭『水素原子は、もっとも複雑な原子』とはどういうことか。最も構成要素が少なく複雑には見えないのだが、どこら辺が複雑なのか。 **M:** 国語

力不足か？ // 教科書の記述は “もっとも複雑” ではなくて “もっと複雑”. そして “複雑な原子” は “分子” と並列で “雛形” に掛かる. // なお原文は “We are now ready to study the hydrogen atom, which is of particular interest to chemists because it serves as the prototype for more complex atoms and, therefore, molecules.”

19s2004: $\Theta(\theta)$ の解の符号がプラスとマイナスの両方あってどちらも正しいと言っていたが、なぜ違う解になるのですか？ **M:** 勘違いでは？ // 定数倍の差は同じ解だが？ (だから “流儀” の違い)

19s2005: 水素類似原子のハミルトニアンの変数分離をする時に分離定数を m^2 と二乗の形でおいたのはなぜか **M:** 解の形 $e^{\pm im\phi}$ とか $\sin(m\phi)$ から、周期的境界条件からの $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ を見て気づきませんか？ // 単に m と置いた時と比べれば？

19s2006: ・授業で扱った剛体回転子のハミルトニアンについて、重力や復元力などの保存力は仮定していないため、ポテンシャルエネルギーは 0 になったが、重力などの保存力があると仮定した場合、シュレディンガー方程式を解くことができるのか。 // ・球面調和関数は、化学反応にどのように寄与するのか。 **M:** そりゃ、解ける場合も解けない場合 (解析的に) もあるのでは？ 代表的な系については、教科書や参考書をよく読めばいいのでは？ // 自分で？ 原子オービタルの形 (の角度依存性, 化学結合の方向性) は、化学反応に影響するだろうか？

19s2007: 水素類似原子のハミルトニアンの求め方と同じ方法でイオンのハミルトニアンを求めることはできますか。 **M:** ハミルトニアンの求め方とは?? // ハミルトニアンはエネルギーに対応する演算子なので、系がどんなエネルギーを持つかを考えればいだけでは？

19s2009: 磁性はスピンに関係していると分かったが、スピンの速ければ速いほど強い磁性を示すようになるのでしょうか？ **M:** スピンの速さとか、磁性の強さとか、どういう意味か？

19s2010: 球面調和関数はどのような式に応用出来ますか？ **M:** 関数を式に応用するとは、どういうことか？

19s2011: パリティ (偶奇性) の説明がされている例は他にどんなものがありますか？ **M:** 意味不明、何を聞きたいのか？ // 他の参考書でもパリティの説明はあるのでは？

19s2012: スライドの移動が少し早く感じました。先生も意識しているとは思いますが、どうしても書き切れなかったとき、チャットによる発言で 30 秒ほど戻るといった対応は可能でしょうか。 **M:** それでもいいですが、講義は録画もしていますので、そちらもご利用ください。

19s2013: 式 $\Phi_m(\phi) = B_m \sin(m\phi + \tau)$ において、 $m \neq 0$ の時縮重しているとあったが、 $m=0$ の時、 $\Phi_m(\phi)$ はどうなるのか。 **M:** 別に. そのままでしょ. 何が分からないのでしょうか？ なお、この時には $\tau \neq 0$ でなくっちゃね.

19s2014: d 軌道を実数化する時、通常は $3z^2 - r^2$ 、 xz 、 yz 、 $x^2 - y^2$ 、 xy を含んだ波動関数になるのは何故ですか。 **M:** やってみればそうなるのは明らかでは? // 球面調和関数の θ 、 ϕ を xyz に変換すれば、そのように表記される理由がわかるのでは?

19s2015: 極座標系が地球上での位置を示すのに使われている事は分かったが、具体的に数値 (θ や ϕ など) が使われている場面はどこか **M:** 本気か? 日常生活で何も見ていないの?? // 台風の位置とか、航空機の位置とか。もちろん GPS では位置を緯度経度で表示するでしょ。

19s2016: 教科書 p.212 (6・24) 式の積分範囲ですが、単に $\cos \theta$ の取りうる範囲が -1 から 1 の間だからという解釈で正しいですか? **M:** 自分で判断できないのはなぜか? // 少し計算が進むと、前のことをすっかり忘れてしまう人が多そうだったので。

19s2017: オンライン講義で授業中に質問したくなった場合はどのようにすればいいのですか? **M:** マイクを入れて発言するとかでもいいですよ。チャットもありでしょうが.....

19s2018: 分子のオービタルを求めることも可能ですか? 可能ならば、その時の分子のハミルトニアン核の運動エネルギーは各原子核の質量の合計を利用して求めるものですか? それとも、各原子核の質量を変数として変数分離して個別のエネルギーを出してから足したのですか? **M:** 教科書や参考書を読めば分かるのでは? // 多粒子系では解析的に解けないので、様々な近似を導入して近似解を得る。// ボルン・オープンハイマー近似と言ってみるテスト

19s2019: $\Phi(\phi)$ の解 (2/2) のスライドで $\tau=0$ のときは物理的に一般性を失わないことは分かったが、 $\tau \neq 0$ のときも一般性を失わないのか。 **M:** 国語力不足か? // “一般性”の意味を理解していない?

19s2020: 213 ページ表 6-2 の下の文章で、 x ではなく θ が物理的に意味のある変数である、とあるが、これは x が物理的な意味を失ったのではなく x から θ に物理的な意味が移った、というような解釈でよろしいのでしょうか。 **M:** 難しそうな言葉を連ねて何かすごいことを言っているつもり・格好つけているつもりなのであれば、そんなものは素人に虚勢を張るだけで、正しい理解の邪魔にしかならないでしょう。// そもそも何をやろうとして、方程式を立て、それを解いて解を得たのか? 方程式自体は純粋に数学的なもので、当初の物理的な問題を忘れないようにしなければいけない。

19s2021: 水素原子以外の原子オービタルの角度部分も剛体回転子の波動関数と完全に同じになるのでしょうか? **M:** 自分で考えてわからないのはなぜか? // 角度部分について、水素型原子とそれ以外の原子とで、どんな差異があるだろうか? // 18s2043 参照

19s2022: 水素原子のシュレーディンガー方程式が解けることが分かったことで、もしかしたら今後発見されるかもしれない原子でもシュレーディンガー方程式で解くことができるのでしょうか。 **M:** 科学の方法を理解していない? // 良い科学の理論とは、発見される前に予言することができる。

19s2023: $\Theta(\theta)$ の符号について、教科書や参考書ごとに符号が違うのは、その著者の考え方、定義によって違うものだと解釈しましたが、過程は違えど、最終的な結論としては全く同じになるのでしょうか。また、その考え方の統一はできないのでしょうか。 **M:** “最終的な結論”が何のつもりなのかわかりませんが。// 19s2004 も参照。// それぞれメリット・デメリットの考えがあったでしょうから、そのような価値観の多様性を許容しないのもどうかと思うが?

19s2024: 教科書 p.211 に“ルジャンドル多項式は物理学の多くの問題に現れる”という記述があるが、それは例としてどのような問題があるのか。 **M:** 物理学を勉強すれば分かるのでは? // そこに“極座標を使って表されるいろいろな問題”と書いているのだから、自分で考えてみればいいのでは?

19s2025: 関数の微分した値がその関数の定数倍になる時、意味は同じだと思うのですが e で表した式と三角関数で表した式どちらを使うかはどのように決めるのでしょうか **M:** 別に、好きにすればいいのでは?

19s2026: 水素類似のハミルトニアンとありましたが、この「類似」とは、例えばヘリウムのように水素に構造が似ているということですか。また、水素類似であればハミルトニアンはすべてその形をとるとも受け取れたのですがそういうことなのでしょうか。 **M:** 18s2040 参照 // 自分で判断できないのはなぜか?

19s2027: 球面調和関数は、何を示す関数ですか。 **M:** 19s2024 参照。ルジャンドル方程式の解なのだから、どんな時にこの方程式が登場するかを考えればいいのでは? // 球面の振動

19s2028: なぜ水素原子より複雑な原子、分子のシュレーディンガー方程式を解くことはできないのですか? **M:** 多体問題 と言ってみるテスト

19s2029: 講義中に極座標系が日常生活では地球に応用されていると書きましたが、それは緯度と経度を求めるときにしか適用されないのでしょうか? その他に応用されているものは何かありますか? **M:** 赤経赤緯 // 自分で調べたり考えたりしてみればいいのでは?

19s2030: 水素原子以外の他の原子でも途中の方程式が剛体回転子と一致するのでしょうか? **M:** 19s2021 参照

19s2031: 極座標は原子や地球以外にこういったところで利用されていますか? **M:** 19s2029 参照

19s2032: ・角度部分の方程式が剛体回転子の方程式と一致することで、どのようなことが分かるのですか。// ・球面調和関数とは、球面が振動している様子を表しているようなものなのでしょうか。 **M:** 解の関数が同じだということ :-p // 19s2027 参照

19s2033: 一つの原子核に複数の電子を持つような水素以外の原子についてのシュレーディンガー方程式を解くことは可能ですか? **M:** 18s2027 参照

19s2034: [前略] 動径方程式の $\Theta(\theta)$ の微分方程式を求める際に $x = \cos \theta$ で変数変換し

て求めるとあったのですがなぜ θ の範囲が 0 から π なのですか？ (教科書 p 211, line

2) **M:** 極座標について復習する必要があるのでは？

19s2035: ルジャンドル多項式は量子力学においてどのような場面で使われるのか。 **M:** 水素型原子の問題として、今、使っている。

19s2036: 「 $m \neq 0$ の時、縮重しているのが独立なもう一つの解がある」とありましたが、これは起動の中に最大で 2 つの電子が入ることに関係しているのですか？ [後略] **M:** 全然違う。// 微分方程式, 解の重ね合わせの原理 等を復習する必要があるのでは？

19s2037: ルジャンドル陪関数を考えると、 $0! = 1$ であることを使うことになるが、なぜ $0! = 1$ がいえるのか。 **M:** 数学の基礎を復習する必要があるのでは？ // 定義

19s2038: 今日、先生は三角関数から指数関数に変換する過程を教科書と少し違う説明をされていたのですが、先生の説明の引用元の参考書はなんですか？ // 加えて、授業の不明点や先生にお聞きしたいことがある時も、研究室に伺うよりは同じくメールから行った方がよろしいでしょうか？ **M:** 何かを引用しなければいけないほどの特殊なことではなく、普通の計算ですが？ // 新型コロナウイルス感染症のため、お家にいることが推奨されているので、メールの方が好ましいと思われる。

19s2039: ルジャンドル方程式を実際に値を入れてみたのですが、 m の絶対値が 1 以下でなければならないのはこの条件がなければ方程式が成り立たないからと考えたのですが、ほかに重要な理由はあるりますか。 **M:** 方程式が成り立たないとは、どういうことか？ // 「マッカーリ 化学数学」などでルジャンドル方程式の解法を調べてみればいいのでは？

19s2041: 水素原子やその類似原子やイオンが、三次元的に球形であることを仮定して、論理は展開されているのか。 **M:** それって、仮定なのか？ // 自由空間にあって孤立している原子が、特定の方向を好む理由があるのか？

19s2042: 水素原子のオービタルの実数化にはどんな意味があるのですか。 **M:** 実空間で画像化できる。// 外場のポテンシャルの有りよう (対称性) によっては、縮重が解ける。このときに波動関数が (線形結合のために) 複素関数ではなく実関数になる。

19s2043: 剛体回転子のエネルギーを考える時に、教科書 p187 で「振動の振幅は結合長に比べて小さいから、結合長が固定されていると考えてもよい」とあります。二原子分子の振動の振幅は結合長に比べて小さいとは何からわかりそういえるのですか **M:** 国語力不足か？ 質問に引用されている文の主語は、剛体回転子ではなく二原子分子だが？ // 章末問題 5.22 参照

19s2044*: ルジャンドル多項式は直交系で偶奇性があるとありましたがそれを調べることでよって化学的にはどのようなことがわかるのですか **M:** すぐに役に立つから学ぶが、そうでないときには..... という態度は感心しません。また安易に答えだけを他人に求める態度も、大学生として残念です。// 構造物理化学 I,II よりも発展的な話ですが、波動関数の重なりを通して、化学反応における結合の生成消滅や状態間の遷移の可否に関係してき

ます。

19s2045: 球座標で表すことで、 r 方向には波打つ波動、 θ 方向には伸縮する波動、と異なる波動が存在するのか？ **M:** “波打つ” とは、何がどう波打つのか？ 言葉があいまい。// どの方向が縦波なのか横波なのかは、具体的な物理系 (波が伝わる媒体やどういう振動なのか) に依存する問題。特定の方向が縦波 (あるいは横波) でなければならないなどという制限はないのでは？

19s2046: 物質は粒子性と波動性の 2 つの性質を合わせ持っていますが、両方の性質を持たない物質または片方の性質しか持たない物質は存在するのでしょうか？ **M:** ド・ブローイの物質波の式は、物質の種類による使用制限があるか？

19s2047: 講義サポート web ページを見たのですが授業の予定の土曜日のところに線が引いてありましたがこの講義では土曜日の授業はないのですか？ **M:** 修正が遅れていました。すみません。

19s2048: ルジャンドル陪関数は $m \neq 0$ の場合の解であるのに、なぜ教科書 p.213 表 6-2 には $m=0$ の解が含まれているのですか？ **M:** 16s2008 参照

19s2050: ルジャンドル方程式の解が $m=0$ のときと $m \neq 0$ ではないときで総称が異なるのはなぜですか。 **M:** 名付けた人に聞けばいいのでは？ // “陪” の意味を調べてみればいいのでは？

19s2051: 球面調和関数の調和とはどのような性質なのですか？ **M:** 整った波動という意味か？ 19s2027 参照

19s2052: 教科書などに用いられる原子構造は具体的にどのような点において誤りがあるのか。また、それを正さないのにはどのような理由があるのか。教科書の記述で現代の物理化学と矛盾するものは他にもあるのだろうか。 **M:** いちいち全部をチェックして指摘することは非現実的です。正しく学んだ各自が判断すればいいし、判断できるようになるべきです。// さまざまな理由があるでしょうが、個別の事情をいちいち詮索して糾弾することは、必須でしょうか？ 科学とは別次元の経済的な理由もあるでしょうし、著者または出版社の思想信条もあるでしょう。// 完璧な書籍を作ることは可能だろうか？

18s6025: [前半省略] 質問カードの提出について、別の用紙に記入したものの写真を添付する形で送信してもよろしいでしょうか？ 質問カードの提出方法にそのようなことを許可する記載がなかったので、確認させていただきたいです。(1) 解析的に溶けるのは水素原子の 2 粒子系のみ。しかし、水素原子にのみしか通用しないシュレーディンガー方程式によるオービタル解析に、どこまで実用的な意味があるのでしょうか？「コンピュータを使えば解析できる」というイメージはありますが、水素原子だけでも 3 変数。例えば He では二つの電子に対して 3 つずつ、合計 6 (?) 個、原子番号 55 番の Cs では 168 (?) 個もの変数が出現します。本当に解けるのでしょうか？ 解けたとしても、それらの変数に対応した関数全てがその原子の性質における重要な要素になりうるのでしょうか？

か？ // (2) HCl や H₂O などのような、異なる原子からなる分子の場合は、電気陰性度の違いなどからクーロンポテンシャルの項に影響が出るのではないかと思いましたが、実際にはそのような所見は見られるのでしょうか？またそれを考慮した解析方法などは存在するのでしょうか？ // (3) ルジャンドル多項式は「古典物理学でよく用いられる」とありましたが、オービタル解析では、古典力学にはない、量子力学における不連続性が強く反映されているように思いました。古典力学における方程式・数式をこのような量子力学的な分野に適用しても、結果の厳密さに影響は出ないのでしょうか？ **M:** もともとは A7 版 (A4 紙の 1/8) 程度大きさの紙片に書いてもらっていました。今回メディア授業として講義を実施するにあたり、どうしようかと考えたのですが、文字数に上限を設けるのにも違和感があったので、今回は制限ありません。Moodle (または e-mail) で提出してもらおうという今回の新しい手法をアナウンスしただけであり、それ以外の方法を排除するつもりはありませんでした (完璧な説明は難しいですね)。しかし例えば、紙片を研究室まで持参することは、ステイホーム に反するのでオススメし難いが、メディア授業を大学の講義室で受講しているなど、選択肢に入る状況が全くないとも言いきれません。(と、少数の例外的な事態のために説明が長くなることは、多くの人にとっては鬱陶しいことでしょう。そのようなメリット・デメリットを考慮して、実際の行動が選択されているのです。当たり前ですが。) なお紙片に記入したものをスキャンまたは写真撮影した画像データを、e-mail で送信したり Moodle からアップロードする (できるのか?) ことは禁止さ

れていません。特に e-mail で提出することは、推奨された手法の一つだし :-)。 // (1) 教科書 p.207 の“水素原子は、もっと複雑な原子、ひいては分子の雛形”という記述の意味が理解できていない？例えば、近似的に解くときには解けている系を基にする。近似法については教科書 7 章や参考書を参照、多電子原子については 8 章や参考書を参照。 // コンピュータについて誤解している予感。コンピュータは万能な魔法の箱ではない。コンピュータもプログラムがなければただの箱だし、プログラムは解法の手順 (アルゴリズム) が明確に定義されていなければ作成できない。結局、原理的に解けることが第一義的に重要なのであって、実際に解くのにどんな道具を使うのか (紙と鉛筆を用いるのか、電卓を用いるのか、コンピュータを用いるのか) は、手間と時間 (コスト) という問題でしかない。コンピュータは、問題によっては圧倒的な低コストで答えを出してくれるというだけ。もちろん実際に答えを得るときにコストを無視するわけにはいかず、原理的に解ける問題であってもコストが高すぎれば実用にはならない。 // 化学の基礎的な考え方として価電子というものを思い出す必要があるか？多電子原子や分子の実際については、教科書 8, 9, 10 章や参考書を読めばいいのでは？ // (2) 物理学の基礎を復習する必要がある？クーロンポテンシャルはクーロンポテンシャルであって、それ以上でもそれ以下でもない。電荷と距離以外に電気陰性度などはパラメータとして入ってきませんが、電気陰性度が影響すると考えた理由は何でしょうか？ // (3) オービタル解析とはなにか？ // 量子力学では何が連続で何が離散的なのか？古典力学との違いは何か？