

16s2052: 質点が 3 つでも、2 つの点を換算質量で 1 つと考え、さらにもう 1 つの点との相互作用を考えることはできるのでしょうか M: 考えるだけなら、好きにすればいいのでは? // 必ずそうしなければいけないとか、逆にそうやってはいけないとかの規則はない。そうすればうまくいく保証もない。もちろん既知の物理法則と矛盾しないように導出する。

17s2025: フックの法則についてです。フックの法則が成立する条件に物体の変形が小さいときという条件が必要らしいですが理由は何故でしょうか。 M: 本気か? 現実の物体・物質の話をしている。例えば現実のバネは、常に完全にフックの法則にしたがうか? // 常識を養うか、物理学の基礎を復習する必要があるのでは?

18s2003: なぜ、2 原子分子の核間ポテンシャルは、 l が大きくなるにつれて調和振動子のポテンシャルの値から遠ざかってしまうのでしょうか。2 原子分子の場合において $-kx$ の値を導いた意味があるのか疑問に思えます。換算質量が影響しているのでしょうか。 // なぜ、2 原子分子の核間ポテンシャルは、 l が大きくなるにつれて調和振動子のポテンシャルの値から遠ざかってしまうのでしょうか。5.2 において 2 原子分子で $-kx$ の値を導き出した意味が分かりません。換算質量が影響しているのでしょうか。 M: 本気か? 日本語力不足?? // 核間ポテンシャルについて、教科書 p.176 の説明を読んでも理解できないということか? // “ $-kx$ の値を導いた” が意味不明。5.3 節ではそんなことしてないが?

18s2006: 電子レンジで温めた物は冷めやすいと聞いたことがあるのですが、これはマイクロ波によって振動させて温める仕組みに何か原因のようなものがあるのでしょうか。 M: 本気か? 状態の性質は、そこに至る過程に依存しないのが、熱力学の大原則では? // ちなみに、そもそも“電子レンジで温めた物は冷めやすい” は、本当なのか? 実験的に検証された事実なのか?

18s2010: 二原子分子を剛体回転子・調和振動子として考えた時に核間の引力斥力以外に何を考慮すれば現実の運動に近づくか M: 発想法がズレている予感 // 引力や斥力の存在が問題なのではなく、どのような引力、どのような斥力かが問題であって、そもそも現実の二原子分子は“剛体”でもないし、原子間の結合は完全には“フックの法則”に従わない。

18s2014: 相対座標における原点はなんですか M: 本気か? 自分で考えて分からないのはなぜか? 講義でも説明したが、理解されていないようで残念。// 定義 $x = (x_2 - x_1) - l$ に基づいて、式の意味を考えればいいのでは?

18s2045: 古典力学に従わないシュレディンガー方程式を適用させるような対象にフックの法則や運動方程式がなり立つのは何故か。またその成り立つ境界、(基準?) は何か。 M: 何かの勘違いの予感。シュレディンガー方程式を適用させるような対象に(ニュートンの) 運動方程式は成り立たないと思われるが? // フックの法則は、対象粒子の受ける力の記述であって、粒子が波動性を持つか否かに依存しない話では?

18s2046: 換算質量 μ を用いることで二体系を一体系にできるとあるが換算質量 μ は結局 m_1 と m_2 で成り立っているのだから文字的には一体系に見えるが実際は二体系のままなのではないのか M: “一体系にできる” の意味を理解していない予感。// 方程式 (5.22) で表現されている系の自由度の数? 各自由度の意味は?

19s2004: 多原子分子でもバネでつないで同じような考え方はできるのですか? M: 自分で判断できないのはなぜか? // 二原子分子と多原子分子は全く別なもので、考え方も全くベツモノだという発想でしょうか? // 教科書 p.571 や参考書をよく読めばいいのでは?

19s2005: 多原子分子について考える時は二原子について用いたものの他に必要な式はありますか

19s2011: 2 体系の運動で、2 つの質点の相互作用による運動は起こるのでしょうか? M: 本気か? それとも全く物理を理解していないのか? // それが、調和振動子のフックのポテンシャルだったり、剛体回転子の二原子間距離が固定されている、なのではないか。

19s2012: 図 5・5 にて、 l_0 から l が右へいくとエネルギーがあるところからほぼ一定になるのは結合が切れるからですか? M: 自分で判断できないのはなぜか? 教科書や参考書に説明が記載されているはずだが、その説明のどこが分からないのか? // その図 5.5 は何を表しているのか? 縦軸と横軸は何か? l が大きい領域の振る舞いは、何を意味しているのか? // “結合が切れる” とは、どういうことか? どうなったら“結合が切れた”と言えるのか?

19s2013: 二原子分子の振動を調和振動子として近似していましたが、三原子分子やそれ以上の原子が結合している多原子分子の振動も同様に調和振動子として近似できるのですか。 M: 19s2004 参照、

19s2018: 振動スペクトルは今回フックの法則などを使っていましたが、これは、原子間の複数の相互作用 (イオン結合など) の影響は受けないのですか? M: フックの法則と具体的な力の原因との関係は?

19s2022: 2 体系の運動では換算質量が使えますが、3 体系以上の運動でも使えるのでしょうか。 M: 19s2004 参照

19s2024: p.175 の式 (5.22) のスッキリした物理的意味とはなんですか? M: 国語力不足か? // その後に記載されている教科書の説明を読んでも理解できないのか?

19s2026: 重心を考えれば 3 原子分子の運動も考えることができるのですか? M: 本気か? // 物理学の基礎を復習する必要があるのでは?

19s2043: 剛体回転子、調和振動子モデル以外でどのようなモデルだと理論的に二原子分子について説明できるか M: 教科書 pp.176-177, pp.539-540, pp.541-543 等や参考書をよく読めばいいのでは?

19s2045: 振動スペクトルは赤外線で、回転スペクトルはマイクロ波と考えるのは何故ですか? M: 現実の分子内振動や分子の回転運動に相当するエネルギーの大きさを調べてみればいいのでは?

19s2049: 剛体回転子において、考えるのは平面的な回転の角度だけだが立体的な回転を考える際はもう一つ角度を考える必要は無いのか? M: 自分で判断できないのはなぜか? // 剛体回転子で考えるのは平面的な回転の角度だけだと、どこに書いてあるのか?

19s2050: 二原子分子の振動を調和振動子として近似したとき、ばねの働きをするものは共有結合と同等のものですか。それとも他のものですか。 M: 自分で判断できないのはなぜか? // 教科書 p.176 や参考書をよく読んで考えればいいのでは?

19s2051: 調和振動子の結合はきれることはありますか? もし切れた場合再びつながることはありますか? M: “モデル” の意味を理解されていないようで残念。// もし結合が切れたら、それは調和振動子と言えるか?

19s2052: 反物質が物質よりも少ないのは、反物質の寿命が物質と比較して短いからだと考えられるが、これはどうしてなのだろうか? 物理的な作用は物質と反物質で異なるのだろうか? M: 本気か? // 素粒子物理学とか、標準理論とか..... 読書感想文 (仮) のネタか?

20s2001: 今回は二原子分子について学びましたが、三原子分子などの多原子分子になるとどこがどう変化するのでしょうか? M: 19s2004 参照

20s2002: 換算質量をもつとはどういうことか M: 国語力不足か? // 単語に脊髄反射するのではな

く、文章を、文脈をとらえて考えればいいのでは？

20s2003: 核間ポテンシャルを正確に表す式はあるのですか？ **M:** 私は知りません、調べて分かったら、教えてくださいネ // テイラー展開を考えると..... (ボソッ)

20s2004: 図 5-5 において、原子間距離を極限まで近づけることで際限なくエネルギーは上昇するのでしょうか。それとも、エネルギーの上昇率は次第に小さくなるのでしょうか。 **M:** 本気か？ // 自分で考えて分からないのはなぜか？ // 原子間距離がゼロとは、物理的にどういう意味か？

20s2005: 換算質量を用いるのは何か意味があるのですか。 **M:** 今回の講義を全く理解されていないようで残念... ガックリ orz // 教科書や自分のレベルに合った複数の参考書をよく読めばいいのでは？

20s2006: 波動関数が規格化出来るためには無限大のところでは 0 にならなければならないのはなぜですか？そういう物だと覚えるものですか？ **M:** 覚えるのではなく、理解する。 // ところで“無限大のところでは 0 にならなければならない”とは、何の話か？ 全く意味不明。

20s2008: 例えば水分子 H-O-H だと、二つの H が O に向かうような振動や、一方の H が O から遠ざかるようにもう一方が O に向かうような振動など、二原子分子と違って振動の仕方が一種類ではないように思えるのですが、こういった分子の力の定数は複数存在するということでしょうか？もしそうであるなら、どんな振動の仕方の力の定数が大きいのですか？それとも力の定数は一つだけで振動スペクトルではない別の要素から求めるのでしょうか？ **M:** 基準座標・基準振動 // 教科書 p.555- や参考書をよく読めばいいのでは？ 19s2004 も参照

20s2009: 例えば、3 体系も 3 体系の換算質量を用いると 1 体系と等価になりますか？ **M:** 19s2004 参照

20s2011: 二原子分子はバネのように伸縮によって結合している状態があるということですか？ **M:** 意味不明というか、分子についてのイメージ・モデル化がおかしいのでは？ それとも国語力不足か？ // “伸縮によって結合している状態”とは、どういう状態のことか？ “伸縮によって結合”するとは、どういう意味か？

20s2012: 調和振動子と剛体回転子ではどちらがエネルギーを受け取りやすいか。 **M:** 分子によるのでは？ // 遷移確率とか (電磁波の) 吸収断面積とかいう話でしょうか？

20s2013: 2 原子分子を調和振動子として近似できることはどのようにして導かれたのか。 **M:** 教科書や参考書をよく読んで勉強すれば分かるのでは？ // 近似など、好きにすればいいのでは？ こういう近似をしてはいけないなどと禁止する規則などがあるのか？

20s2015: 二重結合や三重結合の二原子分子の振動スペクトルは、単結合の分子のモデルよりも、単にバネの定数が大きいモデルを考えればよいのか。 **M:** 20s2045 参照 // モデル化するときに、こうしなければいけないなどという制限はあるのか？

20s2016: エネルギーから力を求めるとき、負号を付けなかった場合に何か不都合なことがあるのか。 **M:** 本気か？ // 物理学の基礎を復習する必要があるのでは？ // 力の向きは、どうなっているのか？

20s2017: 調和振動子のポテンシャルと二原子分子の完全な核間ポテンシャルは、極小からの小さな変位に対して近似できるが、どのくらいの変位まで近似しても良いのか？ **M:** 良いかどうか、誰が許可するのか？ 近似に許可は必要なのか？ どの位の差までを“近い”と言うのか？ その基準は誰が決めるのか？

20s2018: 2 体系の運動では、換算質量を用いらないと、1 体系の運動と等価であると説明できないのですか？ **M:** 自分で判断できないのはなぜか？ // 式の導出過程や式の意味等をよく考えれば分かるのでは？

20s2019: 物質が振動するためには一度外から力を加えなければならないと思うのですがこの場合は何がその力となっているのでしょうか？ **M:** 初めは静止していたということか？ どうしてそう考えたのでしょうか？ (初めとは、一体いつのことか?) // 20s2036 も参照

20s2020: 例題 5・1 の解答にある調和的に振動するとはどういうことですか。 **M:** 本気か？ // ここに“正弦波的、すなわち調和的に振動する”と書かれている文章の意味が分からないということか？ 国語力不足か？ // 調和振動子とは、どのような振動子か？

20s2022: なぜ 2 原子分子の核間ポテンシャルは 1 が大きくなると一定の値になるのですか？ **M:** 19s2012 参照

20s2023: 水分子の基準振動は対称伸縮振動、変角振動、非対称伸縮振動の 3 つありますが、変角振動している水分子を対称伸縮振動に変えることなどはできますか？ **M:** 振動数 (振動のエネルギー) が異なるし、振動モードも互いに直交している。

20s2024: 教科書 p.175 において、 $\omega = (k/\mu)$ の $1/2$ 乗と書いてありますが、これはどの式から求められるのでしょうか？ (授業の最後の方で電波が悪く講義を受けられなかったのですが、授業中にお話していたらすみません) **M:** 波動方程式を自分の頭と手を用いて解けば分かるのでは？

20s2025: cost がポテンシャルエネルギーの原点を与えるのはなぜか。 **M:** 自分で考えて分からないのはなぜか？ 国語力不足か？ // 変位がゼロだと、ポテンシャルエネルギーはどうなるか？

20s2026: 5 章では二原子分子について記述されているが、単原子分子でも同じようなことがいえるのか。 **M:** 正気か？ // 単原子分子がどうやって分子内振動 (原子間距離が変化) や分子全体の回転 (単原子分子の向きとは?) するということか？

20s2027: 二原子分子の結合をバネで表していますが、これは電子の動きを表しているのですか？ **M:** 本気か？ // 二原子分子の何をどうモデル化したのか、全く分かっていない予感。

20s2028: ばね定数を無限大とした時、変位は近似出来ますか？ **M:** 意味不明. 変位 (物理的に観測できる実在) を、何にどう近似するつもりなのか？ // 自分で考えて分からないのはなぜか？ 数式で表現されているのだから。

20s2029: 量子力学では絶対零度でも原子は揺らいでいるのですか。 **M:** 物理観・自然観がオカシイのでは？ // あなたがどんな理論に基づいて何を考えているかによって、自然界の振る舞いが変わるとでも思っているのか？

20s2030: 2 体系の運動と 1 体系の運動は何を指すのか **M:** 物理学の基礎概念を復習する必要があるのでは？ 教科書や参考書をよく読めばいいのでは？

20s2031: 今日の講義の二原子分子において二重結合などによる影響はありますか。 **M:** 20s2045 も参照 // どんな影響を想定しているのか？

20s2032: 分子の核間ポテンシャルのところで質問があります。変位が小さい領域で 2 原子分子の核間ポテンシャルとバネの弾性力による位置エネルギーが近い値になるのはどうしてですか。 **M:** 教科書や参考書をよく読めばいいのでは？

20s2034: 窒素のように三重結合の二原子分子においても調和単振子のモデルで考えて良いのか **M:** 20s2045 も参照 // 考えるだけなら、好きにすればいいのでは？ 思想の自由は無いのか？

20s2035: バネでつながれた二つの質点について、バネの伸び縮みによって二つの原子が衝突する場合はあるのですか？また、ある場合、その衝突でなにか原子に変化は起こりますか？ **M:** 本気か？ // モデルと現実とを混同しているのでは？

20s2036: 分子が振動し始めるきっかけは何ですか？個人的な予想では熱による振動だと思ったのですが… **M:** 本気か？ 静止しているものを温めると動き出すとでも？ // ニュートンの運動の法則を

理解していない？

20s2038: 分子間のバネはどんなに伸びても二原子分子として存在することは可能なのでしょうか。

M: 本気か？自分で判断できないのはなぜか？ // 現実のバネは、いくらでも好きに伸ばすことができるか？

20s2039: 加速器で質量のある物体を光速に近づける研究が行われていますが、質量のある物体を光速に近い速さで動かすことでどのようなメリットがあるのでしょうか？ **M:** 加速器でどんな研究がおこなわれているのか？ // 破壊検査

20s2040: 二原子分子間の振動がフックの法則に従って単振動しているのはお互い引き合う万有引力のせいだと考えられるからそれと同様に考えて惑星どうしも単振動しているといえますか。 **M:** 本気か？ // 二原子間に働く万有引力の大きさを計算してみればいいのか？ // 惑星間の何をどう調和振動子にモデル化するというのか？

20s2041: 3 体系以上の運動に関しても 2 体系、1 体系の時と等価な運動をするのか。 **M:** 19s2004 参照

20s2042: 2 原子分子で構成されてる 2 つの元素が異なる場合、振動運動にどのような変化があるのでしょうか。 **M:** 自分で考えて分からないのはなぜか？ // 理論は全て説明されているので、自分で具体的な系に当てはめて考えればいいだけでは？

20s2043: 今回の講義を聴いて、二原子分子のそれぞれの質点に作用・反作用の法則が働いていることで、結果的に 2 体系と一体系の運動は同化であるとされているが、その理論が等核二原子分子なら納得いくが、異核二原子分子の場合クーロン力に差がでて、作用・反作用の法則が働かないと思ったのですがどうなのですか？ **M:** 正気か？ // 物理学の基礎を復習する必要があるのでは？

20s2044: 二原子分子がバネで繋がれている状態とは、現実だとどういう状況を表しますか。 **M:** 教科書や参考書をよく読んで、何をどうモデル化したのか、よく考えればいいのか？

20s2045: 二原子分子のうち、単結合、二重結合、三重結合で振動に差が出ることはないのでしょうか **M:** 自分で考えて分からないのはなぜか？ // “振動に差が出る” とは、何を意味していますか？ 単結合・二重結合・三重結合は、互いに何が異なるか？

20s2046: A や ω の定義が違うのにどうして単振動と調和振動子は同じになるのですか。 **M:** 本気か？ // 単振動と調和振動子とで、 A と ω の意味や定義はそれぞれどうなっているか？

20s2047: 二原子分子のところについての質問なのですが、 $M \times d^2/dt^2 = 0$ の中で、加速度が 0 になるとき、重心は静止または等速直線運動をしているとありましたが、静止している時というのは連結された質点により作られた重心が相対的に静止していることを指すのですか？ **M:** 自分で判断できないのはなぜか？ // 目の前に書いてある通りなのだが、何が理解できないのか全く想像もできない。

20s2048: 力の定数とは原子同士を引き付ける結合の強さを表しますか。力の定数と結合長を別々の場合で考えるのはなぜですか。 **M:** コトバの意味が分からなければ、用語の定義を見ればいいのか？ // “力の定数” と “結合長” は、同じもののことなのか？ または、必ず連動している（または一方が他方の関数になっているなど）ものなのか？

20s2049: $m_2 \gg m_1$ の二原子分子を考えるとしたら、 $-kx \approx 0$ となるので単原子分子として考えてもよいのですか。 **M:** 自分で判断できないのはなぜか？ // なぜ $-kx \neq 0$ になるのか??

20s2050: 二原子分子の振動を調和振動子として近似できるのは、二原子分子の振動が縦波であるからですか？ **M:** 自分で判断できないのはなぜか？ // 波動方程式は、縦波と横波を区別しているか？

20s2051: 「これで定義される量 μ を換算質量という」とあるが「これ」は何を指しているのか？ **M:** 本気か？ そんなに国語力が低いのか?? (良い和訳であるとは言い難いが.....)

20s2052: 剛体回転子というのは円運動と考え方はほとんど一緒でいいのですか **M:** 勉強すれば分かるのでは？