

- 17S2022:** 教科書 199 ページの偏微分の連鎖規則とは何ですか。 **M:** 本気か? 数学の基礎を復習する必要があるのでは? 物理数学の参考書を見ればいいのでは?
- 18S2018:** 調和振動子は現実ではどのようなことを考える時使いますか。 **M:** 本気か? 自分で考えて分からないのはなぜか? // フックの法則と振動をキーワードに考えればいいのでは?
- 19S2004:** 核間ポテンシャルの極小近傍では調和振動子に近似できることになるのか理解出来ませんでした。なぜ近似出来るのでしょうか? **M:** 21S2019 参照
- 19S2005:** 他原子分子でも換算質量を同様の方法で用いることができるのですか。 **M:** “他原子分子”とは? // 20S2039 参照
- 19S2011:** 電磁波は調和振動子としてみることができるのでしょうか? **M:** 19S2045 参照
- 19S2017:** 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とは別のモデルで考えた方がいいのですか? **M:** 逆に、形式的な結合次数に応じて別のモデルを用いなければいけない理由は何か? 別のモデルだとしたら、何が異なるモデルか? // (+) 教科書 pp.175-177 の議論は、特定の二原子分子にしか当てはまらないものか、それともどんな場合にもあてはまる一般的な議論だろうか? // 物理理論がめざすのは、個別対応か、それとも一般化か?
- 19S2022:** 換算質量を使わずに二原子分子の調和振動子の方程式を解く方法はあるのでしょうか。 **M:** 本気か? そりゃあるかもしれませんがね。// 既に知られている解き方があり、その物理的意味もよく理解されているのに、あえて違う方法を採用する利点は何か?
- 19S2026:** 保存系ではなく、現実の系では摩擦力などによって全エネルギーが小さくなると思いますが、粒子などのミクロな系でもエネルギーは保存されないのですか。 **M:** 正気か? 物理学の基礎を復習する必要があるのでは? // 摩擦による熱エネルギーの散逸も含めて、エネルギー保存則は宇宙の大原則なのだが。
- 19S2045:** 電磁波や X 線などは調和振動子として考えることはできるのか。 **M:** どの場面での扱いか? 何が振動しているか? // 黒体輻射の理論において弾性体の理論を用いていたが、これは調和振動子と見なしていることに相当するのでは。// 第二量子化 と言ってみるテスト
- 19S2051:** 二原子分子の振動の要因は何でしょうか? **M:** 本気か? 原子間が剛体の棒状のものでつながっているとでも考えているのか? 物理学の基礎 (力学) を復習する必要があるのでは? // ニュートンの運動の第一法則は? // (古典力学的な) 二原子分子を構成する原子が、分子が形成されて以来ずっと相対的に静止したままでは、非常にしばしば起こる事だろうか? そもそも、二つの原子が相対的に静止しているのなら、それらはどうやって出会って分子を形成するに至ったのだろうか? // (量子力学的な) 二原子分子において、原子間距離は一定で相対的に静止しているようなことはあり得るのだろうか? (量子力学的な) 二原子分子の原子間距離 (相対位置) を測定したとして、測定値は常に一定値で確定しているだろうか?
- 20S2001:** 三原子分子などの多原子分子になると、式はどうなるのでしょうか? **M:** 何の式のことか?
- 20S2002:** 正確に核間ポテンシャルを表す式はありますか。 **M:** 具体的な系に応じて異なるだろうし、全ての場合の核間ポテンシャルを厳密に正確に表す解析的な式が存在するとは考えにくいのでは? // もしもあるのなら、教科書に載っているはずでは? // 得られた式が正確に書く間ポテンシャルを表しているかどうか、どうやって確認すればいいだろうか?
- 20S2003:** なぜ、極低温条件下では液体ヘリウムのようなマクロなものでも量子効果が起こるのですか? **M:** (+) 超伝導や超流動などの量子力学的効果がマクロな物性として観測されるものだけでなく、それ以外の様々な量子力学的な物性についても、それらを観測するために極低温条件下 (いわゆる液体ヘリウム温度等) で実験を行うことはよくある。通常の温度 (たとえば室温程度) と極低温との違いは何だろうか? 温度が異なると試料に何が起こるのだろうか? ここで考えるべきことは、試料は通常は単一の分子ではないということで、圧倒的に多数・大多数の分子を含んでいるということ。すなわち測定では単発の現象を観測しているのではなく、多数の分子のそれぞれが起こす事象の統計的な平均を観測しているということ。“統計、熱” と言えば.....
- 20S2006:** 式 5.17 にマイナスが着くのは何故ですか **M:** 本気か? 自分で考えても分からないのはなぜか?

// 教科書の式 (5.16), (5.17) の後の説明を読み、講義での説明も聞いて、そのどこが分からないのか?

**20S2007:** 教科書では調和振動子では変位が 0 から  $\infty$  の範囲で変化できるのするのは非現実的で、…と述べられていたが、それは何故か **M:** 本気か? 教科書のその記述のどこが理解できないのだろうか? // 現実には、変位が無限大だとポテンシャルエネルギーはいくらになるか? それは現実的か? 核間距離が離れれば離れるほど作用が強くなる力とは?

**20S2010:** 調和振動子は振幅の小さな振動に対して近似できるのは分かったのですが、小さな振動とは具体的にどれくらいなのでしょう。 **M:** 本気か? 自分で判断できないのはなぜか? // “近似” とは、定量的な概念か定性的な概念か? “小さい, 大きい” とは、定性的な概念か定量的な概念か? 結合長が 2 倍になるような振幅の振動は、小さな振動だろうか?

**20S2011:** p175 の図 5.5 において、核間距離が小さくなければなるほどエネルギーが無限大に発散するのはなぜか。 **M:** 本気か? 自分で考えて分からないのはなぜか? // 核間距離・結合長がゼロになることはあるだろうか? 原子半径よりも短くなることはあるか?

**20S2012:** 調和振動子、剛体回転子の光の吸収のしやすさは吸収断面積によると考えると、分子の大きさが大きいほど吸収されやすいということでしょうか。吸収係数も物質によって変わりますか? **M:** “吸収断面積” とは、具体的な分子の大きさとは無関係。実験的にも求められるモル吸光係数の大小を断面積の大小と置き換えて呼んでいる。そしてそれは遷移確率などに関係している。// もちろんモル吸光係数が物質に固有の値であることは、既習のはずだが?

**20S2016:** 二原子分子の調和振動子モデルを授業では扱いましたが、多原子分子でも同様に考えると、換算質量はどのように考えることができますか? **M:** 20S2039 参照

**20S2018:** 授業中で書いていた核間ポテンシャルの図では極小で値が 0 より大きくなっていますが、p177 の図 5.6 では 0 になっているのですが、これは扱う系によって違うのでしょうか。 **M:** 何かの勘違いでは? // 講義で書いていた図において、縦軸の目盛りを記していなかったのだから? // ポテンシャルエネルギーの原点とは?

**20S2021:** 二原子分子の結合をばねで考えたとき、ばねの力の定数が小さければ結合は弱く外れやすいということですか? **M:** 本気か? 自分で判断できないのはなぜか? // バネの力の定数とバネが外れることに、どんな関係があるのか?

**20S2024:** 二原子分子の結合距離が伸びたり縮んだりするのは、周りに存在している他の分子との衝突が原因なののでしょうか。このほかにも何か原因があるのならどの要因がこのようにふるまいに最も影響を与えるのでしょうか。 **M:** 19S2051 参照 // 調和振動子は孤立して存在していても調和振動子。というか、普通このような系を考えるときには、余分なものを排除して、まずは純粋な系を考えるのでは?

**20S2026:** 一次調和振動子におけるシュレディンガー方程式の解から得られる基底状態、第 1 励起状態などは何を示すのか。 **M:** 自分で考えて分からないのはなぜか? // 調和振動子が二原子分子の分子内振動のモデルなのだから、振動の基底状態と第一励起状態では?

**20S2028:** フックの法則はバネを縦だけではなく横向きにも振動させた場合にも適応されますか? // 極端な例だと、バネを横に曲げて振動させた場合など **M:** 本気か? 自分で判断できないのはなぜか? // 細長い弾性体に曲げるような力を加えたらどうなるだろうか? // 講義では核間ポテンシャルの極小近傍の話をし、それは教科書にも記載されているのだが、その考え方を応用・適用しようとは考えないのか?

**20S2029:** 相転移は粒子が何個のときに確認できますか **M:** 本気か? 粒子が何個集まれば固体と言えるか、液体と言えるか?

**20S2030:** 単原子分子の調和振動子モデルは存在するのですか? **M:** 正気か? 単原子分子で、どんな分子内振動が起こるというのか?

**20S2031:** シュレディンガー方程式を解いた際に出てくる任意定数は片方が 0 になる事が多いが、これは物理的にどんな意味があるのか。 **M:** 本気か? // そんなのは、具体的な系・境界条件に依存する話では?

**20S2033:** 波のエネルギーは振幅の 2 乗に比例するとのことでしたが、振動数とは関連がないのでしょうか **M:** 本気か? 自分で判断できないのはなぜか? // 計算結果が理解できないということか?

- 20S2035:** 二原子分子の調和振動子モデルでは原子間での結合などの影響は受けないのか? **M:** 21S2007 参照
- 20S2036:** 赤外線吸収が振動スペクトルに影響し、マイクロ波吸収が回転スペクトルに影響を与えるという違いはなぜ起こるのか。 **M:** 電磁波の振動数 (波長) が異なることを講義でも説明したのだが、理解されていないようで残念。当然  $E = h\nu = hc/\lambda$  という基本関係もあわせて考えることができないようで残念。
- 20S2037:** 2 つの独立な調和振動子が 1 つの剛体回転子になるなら 1 つのウィグナー関数はいくつの調和振動子で表されるのでしょうか? **M:** 微妙に勘違いの予感。調和振動子も剛体回転子も 1 個の二原子分子をモデル化しているので、そもそも質問前段の条件節が成り立たない。// “ウィグナー関数” という講義で一言も言っていないし教科書にも書いていないものが、どうしてここで出てくるのだろうか? ってゆーか、それ何??
- 20S2038:** モールスポテンシャル中と 1 次元調和振動子の振動エネルギー準位の違いがよく理解できません。  
**M:** そうですか、しかし質問が記載されていません。// ポテンシャルエネルギーが異なるのだから、エネルギー準位が異なるのも当然なのでは?
- 20S2039:** 三原子分子の場合でも二原子分子と同じように調和単振子の考え方をを用いることはできるのでしょうか? **M:** (+) できるかどうかではなくて、どうやったら使えるかを考える。// 基準振動・基準座標と言ってみるテスト。教科書 pp.555-562 や参考書を参照。
- 20S2040:** 2 原子間で考慮されるべき現象で今回の講義で取り扱った調和振動子として近似することのできる振動の他に強いて挙げるとしたらなんですか。 **M:** 本気か? 教科書の 5 章で 調和振動子 と 剛体回転子を取り扱っていると章のタイトルにも記載されているし、講義でも 5 章で何を扱っているかを説明したのだが、全く理解されていないようで残念。
- 20S2041:** 調和振動子のシュレディンガー方程式について、(5.26) 式は難しいのですが方針としてある関数が (5.26) 式の解であるかを考えれば良いのでしょうか。 [後略] **M:** 質問の主旨がよくわからない。何の方針の話なのだろうか? // 調和振動子のシュレディンガー方程式の解き方は教科書でも説明されていない。興味があれば、より高度な参考書を読んで勉強すればいいのでは?
- 20S2042:** 振動、回転スペクトルを観測する際に分光光学モデルを用いる利点は何でしょうか。また分光光学以外の方法はないのでしょうか。 **M:** 本気か? モデルを考えずに、スペクトルをどうやって解釈するというのだろうか? // 分光光学が一般的に普遍的に用いられているのに、あえて異なる手法を用いようとするのは、なぜなのか? あえて特殊な手法を知ろうとするのは、なぜなのか?
- 20S2043:** 調和振動子の波動関数において、エルミート多項式が含まれるのはなぜであるか? **M:** 21S2029 参照
- 20S2046:** 量子力学的調和振動子では全エネルギーが一定にはならないのは何故ですか。 **M:** 本当に全エネルギーが一定になっていないのか? // 量子系ではエネルギー保存則が成り立たないとでも考えているのか?
- 20S2047:** 調和振動子はエネルギー準位は等間隔ですが、実際は等間隔にならず、エネルギー準位が高いほど間隔が狭くなっていくのはなぜなのでしょう。 **M:** 本気か? // 実際は調和振動子じゃないからでしょ。核間ポテンシャルについては p.175 から記載されている。参考書も読めばいいのでは?
- 20S2052:** 二つの原子の結合をバネのように伸び縮みするのはどのようなときですか **M:** 本気か? 二原子分子において、もし伸び縮みしない結合があったとすれば、それは何でできているというのか?
- 21S2001:** 調和振動子がフックの法則に従えなくなる場合があるのか? **M:** 本気か? 調和振動子とは何か、全く理解できていないのでは?
- 21S2002:** 教科書 p175 に「1 体問題において 2 体系の換算質量を用いると、1 体系と同じく簡単に扱うことができる」とあるが、これは鎖状型の多原子分子や環状型の分子において同じように考えることはできるのでしょうか。また、その時の換算質量はどのように求められるのでしょうか。 **M:** 20S2039 参照
- 21S2003:** 調和振動子の粒子のエネルギー準位とはなんですか? **M:** 本気か? では、例えば、一次元の箱の中の粒子のエネルギー準位は何だかわかるのか?

- 21S2004:** 核間ポテンシャルの図を見ると、結合エネルギーの値に収束していくことは分かりますが、これは結合エネルギーは正確な値ではないということですか？また、そうすると二原子分子にエネルギーを加えて離してもいつかは元に戻るとのことですか？ **M:** 本気か？自分で判断できないのはなぜか？// 結合エネルギーとは何か (核間ポテンシャルの図においてどこのことか)？
- 21S2005:** ある分子における振動スペクトルと回転スペクトルを考慮することで、どのようなことに生かされるのか **M:** 教科書 p.169 や参考書をよく読めばいいのでは？講義でも説明したのに、伝わっていないようで、残念.
- 21S2006:** バネに重りが 1 つ接続されている場合と 2 つ接続されている場合は区別する必要がないのですか？ **M:** 本気か？自分で判断できないのはなぜか？// それぞれでどういう取り扱いをするか、教科書にも記載されているし講義でも説明したのだが、全く理解されていないようで残念.
- 21S2007:** 調和振動子を二原子分子をもとに考えていたのですが、そのときに原子間結合の影響は受けないのですか。 **M:** それがまさに“力の定数”なのだが..... // もしかして“力の定数”の意味を理解していない？もしもそうならば、物理学の基礎 (力学) を復習する必要があるのでは？
- 21S2008:** 変位が調和的 (正弦波的) に振動するとはどういうことですか？図に表した時に正弦波状に現れるということですか？ **M:** 本気か？自分で考えて分からないのはなぜか？// 運動方程式を解いて得られた粒子の位置を表す関数をみれば分かるのでは？
- 21S2009:** 核間のポテンシャルを正確に求められる式はありますか？ **M:** 20S2002 参照
- 21S2010:** 微分方程式で記述できることは、行列や行列式で記述が可能なのですか **M:** 全ての微分方程式について考えたことが無いので、私は知りません。調べて分かったら、教えてくださいネ
- 21S2012:** ある現象の様子を数式などで導くとき、多くの場合は簡単なモデルから考えています。それなのになぜ高精度で求めることができるのですか。 **M:** ここで言っている“高精度”とは何のことか？精度の高低はどうやって判断されるのか？// 系の本質を突いたモデルだからでは？
- 21S2013:** 教科書では 2 体系について考えていましたが、3 体系以上では換算質量はどうなるのでしょうか **M:** 20S2039 参照
- 21S2014:** 二原子分子のモデルを考える際に 2 つの運動方程式を立てましたが  $m_1$  と  $m_2$  が作用反作用で符号が反対なのはわかりますが、なぜ  $m_2$  の方がマイナスで  $m_1$  の方がプラスなのかわかりません。講義内で  $m_1$  が右に力が働き、 $m_2$  にはひだりに力が働くと書いていたがなぜそちらの方に力が働くのでしょうか？ **M:** 本気か？どういうモデルを考えているのか？//  $m_1$  が左に  $m_2$  が右にあってバネで結合されているから、左にある  $m_1$  は  $m_2$  のある右にバネで引っ張られる。一次元の座標は、右に進むと大きくなる方向にとっている.
- 21S2015:** 式 5.18 でなぜ、質量中心座標を導入する必要があるのですか。 **M:** 19S2022 参照
- 21S2016:** 一次調和振動子におけるシュレディンガー方程式の解から得られる基底状態、第 1 励起状態 一次調和振動子におけるシュレディンガー方程式の解から得られる基底状態、第 1 励起状態などは何を示しているんですか？ **M:** それぞれエネルギーの異なる状態を表している。それ以上でもそれ以下でもない。// 一次元の箱の中の粒子の場合で、シュレディンガー方程式の解として得られる基底状態・第一励起状態等が表わしているものは何か分かっていないのだろうか？
- 21S2018:** p.175 の 爾 2 体問題を 1 体問題に還元できる壘 というところの文章は、具体的にどういう意味ですか **M:** 本気か？日本語力不足か？// 教科書 5.2 節の記述が、二原子分子の振動を一個の質点の振動に置き換えたという具体例そのものののだが.
- 21S2019:** 核間ポテンシャルの極小近傍はなぜ調和振動子に近似できるのか？ **M:** 別に、近似したくなければしなければいいだけでは？できるできないというよりは、単にするだけ。微妙に勘違いの予感。// 数式的にはテイラー展開で説明したのだが (微分可能な関数ならどんな関数でもテイラー展開できる), 教科書 pp.175-177 の記述や講義での説明のどこが理解できなかったのか？
- 21S2020:** 二原子分子を調和振動子、剛体回転子として考えた時に何を考えれば現実の運動により近づきますか？ **M:** そもそも調和振動子、剛体回転子として考えたときに、どの程度現実の運動に近いだろうか？こ

れでは不十分なのだろうか？ // 調和振動子については、教科書 pp.175-177 や参考書をよく読んで考えればいいのでは？

**21S2022:** 調和振動子のポテンシャルと二原子の核間ポテンシャルは、極小領域ではよい近似になっているとありますが、テイラー展開は何項まで行うのが最適なのでしょう。 **M:** 本気か？ 最適とは？ 理工系の数学の基礎を復習する必要があるのでは？ // テイラーの定理 と言ってみるテスト

**21S2023:** 二原子分子では、回転運動と伸縮振動の両方について考えることはできるのですか。 **M:** 本気か？ 自分で判断できないのはなぜか？ // 別に、考えるのはあなたの自由でしょ？ 考えたければ考えればいいのでは？

**21S2024:** 剛体回転子から質量や結合距離を求めるときについて回転数やスピードは一定ではないで状況によって値は変化すると思いますがどうなのでしょう。 **M:** 思うのはあなたの勝手だが、値が変化すると思った根拠は何か？ // 教科書や参考書をよく読んで勉強すれば分かるのでは？

**21S2025:** エルミートの微分方程式とはなんですか？ また、エルミートの多項式とはなんですか？ **M:** 本気か？ 自分で調べようとしなかったのか？ 調べても分からなかったのか？ どこを調べたのか？ // 教科書 p.183 や参考書を読んで勉強すれば分かるのでは？ //  $y'' - 2xy' + 2\alpha y = 0$  ( $\alpha = \text{const.}$ )

**21S2026:** 多原子分子の場合、二原子分子のように振動の仕方が一つだけではなく複数あるように思えるのですが、こういった分子の力の定数はその複分数だけ出てくるのでしょうか。 **M:** 20S2039 参照

**21S2028:** 1 体問題において 2 体系の換算質量を用いると 1 体系と同じく簡単にまとめられるとあるが、環状のものや多原子分子のものには適用できるのか。 **M:** 質問文の論理がオカシイのでは？ “1 体問題において 2 体系の換算質量を用いる” とは？ // 20S2039 参照

**21S2029:** 調和振動子について調べたら調和振動子の波動関数にエルミート多項式が含まれるとあったのですが、なぜですか。 **M:** 本気か？ この質問に、どんな意味があるのか？ // 例えば代わりにルジャンドル陪関数が含まれていたとして、あなたの理解に何か違いがあるのか？ // 教科書では調和振動子のシュレーディンガー方程式を解く過程を全く説明していないので、より高度な参考書を読めばいいのでは？

**21S2031:** 今回は古典力学における調和振動子について考えていたのでバネがありましたが、量子力学的調和振動子におけるバネとはなんなのでしょう。 **M:** 本気か？ “モデル・模型” と “現実の系” の意味の違いを理解していない予感。 // フックのポテンシャル中にある量子力学的粒子をバネとおもりのモデルで表して、何が悪いのか？

**21S2032:** どのような原理で多原子分子は価標を伸び縮みさせたり、角度を変えたりしているのでしょうか **M:** 19S2051 参照

**21S2033:** 不確定性原理から位置と運動どちらか一方しか正確に解らないはずですが、調和振動子は運動ではないのでしょうか？ もし運動なのであれば、二原子分子の一方の原子から見たもう一方の原子の相対位置と振動は同時に分からないのではないのでしょうか？ **M:** 自分で判断できないのはなぜか？ // “相対位置と振動” の “振動” とは、何のことか？ 不確定性原理の理解が不十分なのでは？

**21S2034:** バネと物体を互い違いに複数個繋げて、橋の部分を動かすと他の部分も連鎖したように動くと思うのだが、原子同士でも同じようになるのか **M:** 本気か？ 自分で判断できないのはなぜか？ // バネとおもりが複数個連結している系で、全体が連鎖したように動くのはなぜか？ それは原子同士の系では成り立たない話なのか？

**21S2036:** 3 体系以上の問題も 1 体問題に還元できるのでしょうか。 **M:** 20S2039 参照

**21S2037:** 例えば水分子を考えた時、O-H 間の振動は二原子分子間の振動と同じように考えられるように思ったが、水素原子同士の方法に作用する振動はどのように考えられるのか。 **M:** 思うのはあなたの勝手だが、そう思った根拠は何か？ 水素原子同士の方法に作用する振動についても同様に考えない理由は何か？ // 20S2039 参照

**21S2038:** p172 の 5.11 は  $x=0$  なら  $V(x)=0$  ではないのか？ **M:** 本気か？ 自分で判断できないのはなぜか？ // 何のために数式で書かれているのか？ 数式の計算結果は、計算する人や計算した時に依存して変わるのか？

- 21S2039:** 振動より回転の方が吸収する波長が大きいのはどうしてですか？ **M:** 電磁波の波長が異なれば、当然エネルギーが異なるのだが、質点の運動として、ポテンシャルがゼロで自由回転の方が、結合（バネ）で束縛された状態の振動運動の方が動きやすいのは、容易に想像できるのでは？
- 21S2040:** 古典力学を記述するときも微分方程式を用いることができると思うが、これは波動関数と考えてよいのか。そう考えると、量子力学の演算子と古典力学の観測量は波動関数における演算子と固有値の関係と同じものに思われるがこれは正しいのだろうか。 **M:** 考えるのはあなたの勝手でしょ。考えたければ考えればいいのでは？ // 波動関数何なのか、理解されていないのでは？ // “量子力学的演算子と古典的観測量の関係が～” って、それシュレーディンガー方程式のことでは？ 教科書 4 章の公理 2 と 3 のことでは？
- 21S2041:** 二原子分子を考えると、バネより引力の式を使う方が現実に近い結果を求めることができると思うのですが、なぜバネの式を用いるのでしょうか。 **M:** 思うのはあなたの勝手だが、なぜそう思うのか？ // 引力の式とはどんな式か？ 二原子分子の原子間に斥力が働くことはないのか？
- 21S2042:** 不飽和結合は振動スペクトルに影響しますか？ **M:** 21S2007 参照
- 21S2043:** 換算質量を用いたことで 1 体系にできるということでしたが、具体的にどう取扱いが簡単になったのですか。 **M:** 21S2048 のコメント参照
- 21S2044:** 二原子分子の全エネルギーは理論上でのみ保存されているのですか **M:** 19S2026 参照
- 21S2045:** 教科書の例題でモースポテンシャルについて触れられていますが、このポテンシャルは何が求められるのですか。 **M:** 本気か？ // ポテンシャルエネルギーを求めることができる。
- 21S2046:** 換算質量について、二体問題において計算を単純化するために用いる概念であると思いますが、換算質量は調和振動子や剛体回転子以外の問題においてもよく用いられるのですか。 **M:** 統計を取ったことが無いので、私は知りません。調べて分かったら、教えてくださいネ
- 21S2047:** 古典的な調和振動子と量子力学的調和振動子の違いはなにか。 **M:** 本気か？ 教科書 5 章や参考書をよく読んで勉強すれば分かるのでは？
- 21S2048:** 教科書 p175 で  $m_1+m_2/m_1m_2=1/\mu$  に置き換えて式 (5・22) になっていて、定義される  $\mu$  を換算質量というが、 $\mu$  に置き換える利点とはなにか。 **M:** 本気か？ 教科書のその式の下に書いてある説明を読んでも理解できないということか？ 説明のどこが理解できないのか？
- 21S2049:** 二原子分子の近似としてバネで繋がれた 2 つの質点を考え、それらを相対座標や換算質量を用いて 1 体問題と同様に考えることができましたが、原子の数が 3 つ以上でも同様な近似が可能ですか。 **M:** 20S2039 参照
- 21S2050:** 調和振動子とモースポテンシャルの違いはなんですか？ **M:** 本気か？ 数式やグラフとして見た通りなのだが、何がわからないのか？
- 21S2051:** 零点エネルギーは絶対零度になっても粒子が存在する限り、全てのエネルギーは失われないのか？ **M:** 本気か？ 自分で判断できないのはなぜか？ // 粒子はどのようにしてエネルギーを失うのか？ もしも粒子が零点エネルギーを失うと、粒子はどういう状態になるか？
- 21S2052:** 二原子分子は振動運動と回転運動が同時に起こっている、ということは当然ですが、それらの運動は互いにどのように影響を及ぼしますか。 **M:** 教科書 13 章や参考書を読んで勉強すればいいのでは？