16s2052: 不確定性原理は、位置と運動量はどちらも不確かさにより正確ではないとしているのに対して、エネルギーと時間ではエネルギーは不確かさ、時間は測定にかかる長さで考えているのでしょうか。 M: いつの時点のエネルギーか？

17s2022: 確率振幅と確率密度、確率の関係って何ですか？ M: 言葉の意味が分からないなら、辞書を見ればいいのでは？

17s2025: シュレディンガー方程式から得られる軌道とボーア模型の軌道の違いは为什么呢？ M: 勉強すれば分かるのでは？

18s2003: 古典的波動方程式を変数分離法で解けない場合はどのような時ですか？ M: 変数分離法をよく学べば分かるのでは？

18s2006: 不確定性原理により、同時に測定すると物理量の値が正確ではなくなりますが、測定の誤差はどれほど大きいのでしょうか。 M: 不確定性原理を理解していないようで残念。// 誤差の下限を与えるのが不確定性関係なのだが.....

18s2014: モーザリーの法則も量子論で説明できるのですか M: 自分で調べてみればいいのでは？ // 説明が伝わってなくて残念

18s2045: 波動方程式は波の性質を持つもの、光をはじめとした様々なものにも適用できるのですか M: 物理学の基礎を復習する必要があるのでは？

18s2046: ハイゼンベルグの不確定性原理は電子が2つ以上ある場合は更に複雑な式となるのか、それとも不確定性原理は成り立たないのか M: 何をどうしたいのか？ よーく考えてみればいいのでは？

19s2003: 波動方程式、つまり波は連続的な動きをするはずだから、 n が用いられることはないのですか。 M: 勉強すれば分かるのでは？ // 波の山の数は数えられるが...(?)

19s2004: 調べたところによるとモーザリーの法則は元素が出す固有 X 線の波長の逆数の平方根と原子番号は比例関係にあるということを示しているを書いてありました。連続 X 線といわれるものもあるようですが固有 X 線との違いは何ですか？ M: 自分で調べてみればいいのでは？

19s2005: 教科書では波動方程式で一次元、二次元の波を記述しているがそれ以上の次元のものを表すことは可能なのですか M: 自分で判断できないのはなぜか？

19s2011: シュレーディンガー方程式など量子論から定式化された粒子の状態を表す方法が複数あるが、ファインマンの経路積分はどのような原理から導出されたのか？ M: 波は、空間全体に広がって(ありとあらゆる経路を) 伝わっていく可能性がある。

19s2012: 人間のみのまわりの出来事には古典的な物理学でだいたい説明が出来でき、遙かに小さいミクロの世界では量子力学的考が必要になりますが、逆に遙かに大きい世界について考えるととき他の新たな考え方が必要になりますか。 M: 物理学の基礎を復習する必要があるのでは？

19s2013: 電子が複数ある系をボーア理論で記述することが出来ないとありましたが、どのような理論であれば記述できるのですか。 M: 勉強すれば分かるのでは？

19s2017: 2.1 式はどのように導かれたのですか？ M: 物理学の基礎を復習する必要があるのでは？

19s2018: モーザリーの法則で分離された未知の元素か未知の混合物なのかかわかるようになったと言っていました、混合物の場合、波長から複数の項があると仮定して計算することで混合物の物質を判別するのでしょうか。 M: 一体全体どんな計算をするつもりなのだろうか？ // “元素に固有の特性 X 線を放射する”の意味が理解できないのか？

19s2022: どんな方法を使っても粒子の位置と運動量を同時に正確に求めることは不可能なのですか。

M: 教科書や参考書をよく読めばいいのでは？

19s2024: 複素数においてオイラーの定理が大事だと述べていたが、それはどのような観点からか。もしくはただ単によく用いるからか。 M: 量子化学を勉強すれば分かるのでは？

19s2026: 例題 1・10 で、運動量が 1% の 100 万分の 1 変化したとしてとの記述がありますが、この変化量が指定されるのは何か理由があるのですか。 M: 著者に聞けばいいのでは？ // 運動量の不確かさと、位置の不確かさとの間には、どんな関係があったか？ その運動量の変化は大きいと思うか？

19s2043: 今回取り上げた一次元の弦の系は真空中の系なのか M: 19s2017 参照 // 自分で考えてわからないのはなぜか？ // 定式化にあたって、どのようなモデルを考えたか？ 表式に真空中ではないことの効果(どんな効果が見込まれるだろうか?) は組み込まれているか？

19s2045: 水素原子以外にも原子の大きさを理論的に計算して求められたものはあるのか？ M: 20201020 の 19s2004 参照

19s2049: 中性子はスペクトルの表示に関係するか？同じ原子で異性体のあるもの(水素と重水素)では、スペクトルは異なるか？ M: 電子や陽子と中性子とは、どのような相互作用をするか？ // 20201020 の 16s2052 参照

19s2050: 両末端が固定されていない弦の場合の一般解はどのようなになるのですか。 M: 自分で考えてみればいいのでは？ // 固定されている場合と、解くうえで何が異なるのだろうか？

19s2051: 原始スペクトルは身の回りで利用してるものはありますか？ M: 自分で探してみればいいのでは？ // 読書感想文(仮)ネタか？ // スペクトルそのものではないが、発光そのものの利用については、講義でも説明したのだが、伝わってなくて残念。

19s2052: アインシュタインが提唱した約 100 年後の 2016 年に重力波を検出したが、この重力波を利用したものは何年後に作られるのだろうか。また、重力波の存在は新たな法則を生み出すのだろうか。 M: 自分で考案して作ってみればいいのでは？ // 理論的には存在が予言されていたので、それに基づく理論はすでに存在するのではないだろうか？自分で調べてみればいいのでは？

20s2002: モーザリーの法則で原子番号の物理的な意味がわかると言っていたが物理的な意味とは何か M: 本気か？自分で考えてわからないのはなぜか？ // 講義では、ボーアの式とモーザリーの式の類似性を指摘したのだが、理解されていないようで残念。

20s2003: ボーアの理論の応用で核と電子が1個ずつの系については説明できるとありますが、核の中の中性子の個数の違いで原子内の電子の全エネルギーに違いはでないのですか？ M: 19s2049 参照

20s2004: 教科書の記述はハイゼンベルグの不確定性原理を否定していないように思えるのですが、このまま理解したとしても差し支えないですか。 M: 何が問題なのでしょう？

20s2005: 変数が2つあるのにどうして一次元というのですか M: 次元の数はどう数えるのか？

20s2006: リュードベリの式の途中式では $(1/n_2)^2$ 乗引く $(1/n_1)^2$ 乗だったのにそれが逆になったのは何故ですか？ M: 本気か？ // 自分で計算してみればいいのでは？ // 先頭に負号がついていたのだが.....(?)

20s2007: 現代物理で古典的波動物理が活用される機会はあるのですか M: “古典”の意味を誤解している予感。// 古臭くてもはや役に立たないという意味ではない。

20s2008: 不確定性原理によると原子は絶対零度でも運動しているということになるのでしょうか。もしそうであるならエネルギーがゼロになるのになぜ原子は動いていることができるのでしょうか。// ボーアのモデルで、電子は円運動をしているという仮定は間違っていたのに、エネルギーの式

が正しく導けるのはなぜですか？ **M:** エネルギーは本当にゼロになるのか？ // 一抹の真実は含まれていたということでしょう。

20s2009: 量子力学が発展しても不確定性原理は成立しますか？ **M:** 勉強して、自分で考えてみればいいのでは？ // うまく働いている科学の理論がどのように発展していくのか、講義でも触れたのに、理解されていないようで残念。科学史を勉強すればいいのでは？ // 不確定性は、測定技術の未熟さや理論の不完全さのせいではない。自然の本質。

20s2011: シュレーディンガー方程式によって電子は平面内の円運動をしているわけではないという問題を解決できると今回の授業で習いましたが、この方程式以外に解決方法はないのか？ **M:** 勉強すれば分かるのでは？ 解決方法が一つあるのに、なぜ別の方法が必要なのでしょう？

20s2012: シュレーディンガー方程式に複素数の i があるのはどういう意味あいがあるのか。ニュートンの法則やシュレーディンガー方程式のような基本仮説は仮説でありながらあたりまえのようなことなのでしょうか。 **M:** 基本仮設の意味を理解していないのでは？ // 基本仮設を前提としないで、どうやって量子力学が成り立つといえるのか？

20s2013: 不確定性原理のところの $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h$ などの式は、どのようにして証明されたのですか？ **M:** 教科書や参考書をよく読めばいいのでは？

20s2015: 教科書 p.25 図 1.10 について、バルマー系列やパッシェン系列では励起状態から基底状態の $n = 1$ に戻るのではなく、 $n = 2$ や $n = 3$ のときのエネルギー状態に戻るのはなぜか **M:** 論理が逆。// $n=2$ に戻るものをバルマー系列という。

20s2016: モーゼリーの法則が発見されるまで原子番号はどのような扱いをされていたのか？ **M:** 自分で調べてみればいいのでは？ // 読書感想文 (仮) ネタか？

20s2017: 物理や化学において「複素数」の範囲にまで拡張されているものがあるが、身の回りで起こっている現象は「現実には起こりえない」ということですか？ **M:** 勉強すれば分かるのでは？ // 途中の過程で複素数を使ったとしても、最終的に現実に対応させるときには実数になればよい。そういう風に理論が構築されている。

20s2018: 励起状態では光などを放出することにより基底状態に変化すると書いていたのですが、その逆の基底状態のものを励起状態に変化させることは可能でしょうか？ **M:** 教科書や参考書をよく読めばいいのでは？ // 光を放出して励起状態から基底状態に遷移すると、系のエネルギーはどうなるか？

20s2019: 不確定性原理において粒子の位置と運動量の不確かさの積の最小がプランク定数だとなぜわかったのですか？ **M:** 20s2013 参照

20s2020: 電子が複数の系では、何によって記述することができますか？ **M:** 別に、普通に物理や数学の言葉で記述すればいいのでは？

20s2021: 量子力学では不確定性原理を越えてまで正確な位置と運動量は必要なく古典論的な常識は捨ててしまっ構わない、ということですか？ **M:** 自分で判断できないのはなぜか？ // 全然違う。教科書や参考書をどう斜め読みすればそうなるのだろうか？

20s2022: ハイゼンベルクの不確定性原理は電子のスピンを考慮した小澤の不等式によって破れましたが、これ以上の不等式を作るにはなにを考慮すればいいと思いますか？ **M:** 微妙に勘違いの予感。// 小澤の不等式は電子スピンとは無関係のはずだが？ // 小澤の不等式やその他の類似の不等式はいろいろあると思うが？ 自分で調べてみればいいのでは？ 読書感想文 (仮) ネタか？

20s2023: もし、粒子の位置と運動量を同時に正確に測定することが出来たら物理化学はどう変わりますか？ **M:** 自分で考えてみればいいのでは？ // 量子力学とは別のものが必要になる。

20s2024: 教科書 44 ページ 2・1 の線形微分方程式は図において両端を固定するという前提はありますが特に何倍振動ということは書いていませんでした。何倍振動になっても成り立つということでしょうか **M:** 教科書や参考書を読んで勉強すれば分かるのでは？

20s2025: 励起状態の原子は基底状態の原子に何らかのエネルギーを与えることで発生するものであり、その後光を放出してもとの基底状態に戻るというものであるから、基本的には全ての原子は基底状態で存在していると考えていいのだろうか。 **M:** 反応物理化学で、原子 (エネルギーの異なる複数の状態をとることができる) の集団があるときどうなっているか、学ばないのか？ // 遷移確率とかアインシュタイン係数とか言ってみるテスト。

20s2026: ボーア理論とハイゼンベルクの不確定性原理との矛盾点は何か **M:** 自分で考えてわからないのはなぜか？

20s2027: 不確定性原理が意味を持つ場合では測定による予測はできないのでしょうか？ **M:** 勉強すれば分かるのでは？ // 古典物理学は決定論だが量子論は確率論。

20s2028: ハイゼンベルクの不確定性原理でボーアの理論が否定されましたが、ボーアの原理と結びつきのあるリュードベリの式なども否定されるのでしょうか **M:** 自分で判断できないのはなぜか？ // ボーアの理論が包括的に全て否定されたわけではない。// All or nothing のような考え方しかできないのでは困りますネ。

20s2030: モーゼリーの法則の部分で、陽極と陰極の役割が逆になることはあるのですか **M:** 逆にして何がしたいのだろうか？ どんな実験系なのか、よく考えればいいのでは？

20s2031: 粒子の位置と運動量を同時に正確に決定することができる何かができたらどのような発展がもたらされると思いますか **M:** 20s2009 参照

20s2032: 不確定性原理で、私の使っている参考書では $\Delta x \cdot \Delta p \geq h / 4 \pi$ となっていたのですが、それは間違っているのでしょうか？ **M:** 教科書や参考書をよく読み比べて考えればいいのでは？ // “不確かさ”とは何か？ 定義は？

20s2033: 少し逸れてしまうかもしれませんが他の学問の数式を数学が取り上げているように思えたのですが数学発祥の式はないのですか？ **M:** 意味が分からない。何の話か？ // 物理学と数学との関係は？ 科学史を勉強すればいいのでは？

20s2034: モーゼリーの法則の特有の定数はすべての系列においてわかっているのか **M:** “全て”とは？ 系列の数はいくつあるだろうか？ // 自分で調べたり考えたりすればいいのでは？

20s2035: ボーアの理論では電子が複数系の場合、記述できないとありますが、トムソンのモデルでは記述することは可能ですか？ **M:** 20201020 の 19s2003 参照 // 正気か？ それでどうやってラザフォードの実験結果を説明しようというのか？

20s2036: ハイゼンベルクの不確定性原理で位置と運動量の不確かさの積とプランク定数を比べたのはなぜなのでしょう。 **M:** 20s2013 参照

20s2037: 運動量と位置が同時に測定することができないことはわかりましたが、時間とエネルギーが同時に測定できないのはなぜですか？ **M:** 教科書や参考書をよく読めばいいのでは？ // 電磁波のエネルギーは、どうやって測るか？ さらに正確に測るには、どうすればいいか？

20s2038: 波動方程式の境界条件と初期条件というのは具体的にはどのような事でしょうか。 **M:** 教科書や参考書をよく読んで勉強すればいいのでは？

20s2039: なぜエネルギーの高い分子は不安定で、エネルギーの低い分子は安定なのでしょう？ 日常的なことに置き換えて説明される先生方もいますがあくまでイメージであって理屈ではない気がします **M:** 物理の言葉では、系のエネルギーが低いことを“安定”と言う。

20s2040: 教授は波動方程式を理解する上で行列を用いる方法と偏微分方程式を用いる方法どちらが好みですか。またそのように答えた理由はなんですか。 **M:** 微妙に誤解の予感。 // 波動方程式は偏微分方程式であって、行列ではない。

20s2041: ハイゼンベルクの不確定性原理を正しいとみなすとボーア理論の核と電子が一個ずつの系に関しての場合も完全には記述できないのではないのでしょうか。 **M:** ですから、ボーア理論は正しくないということが、教科書や参考書にも記載されている。 // エネルギーについては正しいが、軌道運動については間違っている。

20s2042: 粒子の位置と運動量を同時に決めることは、今後どれだけ研究などがされても、不確かさは生じてしまうのでしょうか。 **M:** 20s2009 参照

20s2043: 原子が吸収・放出する際、光エネルギーの他に熱エネルギーなど反応に関するエネルギーは、式として一般化することはできるのか。 **M:** 原子が吸収・放出するエネルギーとは何か、自分で考えてみればいいのでは？

20s2044: 物理的条件を式で表すことができないときはどうするのですか。 **M:** 例えばどんな物理条件のことを言っているのか？ その条件は“物理”条件なのか？

20s2045: 光の振動数は色、振幅は明るさを左右しますが、光の波形の差は光の見え方にどう影響しますか。 **M:** フーリエと言ってみるテスト // 単色ではなくなる…… 高調波が混合するわけだが、可視光の二倍波は紫外線だから色が変わって見えるわけではなさそうだし。

20s2046: どうしてクーロン力を積分するとポテンシャルエネルギーになるのですか。 **M:** 物理学の基礎を復習する必要があるのでは？ // ポテンシャルエネルギーのグラジエント (傾き) の逆符号が力。 $f = -\text{grad}(V) = -\frac{dV}{dx}$

20s2047: 基本的に原子は基底状態にあるとありましたが、励起状態にはどのような原因があってそう

なるのですか？ また、励起状態から安定な基底状態になる過程で放出されるエネルギーを、発電などうまく別のことに応用できたりしないのですか。 **M:** 20s2025 の問題文も参照 // 自分で工夫してみればいいのでは？ てゆーか、科学観がオカシイのでは？ // 例えば火力発電で燃料を燃やすということは、化学結合のエネルギーとしてエネルギーを蓄えている化合物を物質変換 (化学反応) によって安定な化合物に変換し、すなわちエネルギーを多く蓄積している状態 (物質) からエネルギーが低い状態 (物質) に移行させ、余剰エネルギーを熱として放出させ、これで水を沸かしてタービンを回して発電している。 こういう本質を理解していないのでは？ // そこで初めのエネルギーを多く持っている状態をどうやって作るかが問題なわけだ。 化石燃料の場合には、どう考えればいいだろうか？ 未だ来ていない水素社会ではどうするつもりか？ 太陽電池ではどうなっているか？

20s2048: モーズリーの実験装置で用いる”素材”とはある特定の結晶ではなく、コバルトやニッケルなどといった観測したい物質固体のことですか。 **M:** モーズリーの法則について、自分で調べてみればいいのでは？

20s2049: 原子内の電子の全エネルギーが基底状態の時と励起状態の時では何か違いはありますか。 **M:** 本気か？ // 言葉の意味が分からないなら、辞書や専門書を見ればいいのでは？

20s2050: ボーア理論は様々なことを証明するのに役立っているのに、不確定性原理に矛盾しているということは、ボーア理論は部分的にしか合っていないということでしょうか。 **M:** 自分で判断できないのはなぜか？ 20s2028 も参照

20s2051: 励起状態の原子や分子はふつうは緩和して、エネルギーを放出しながら基底状態に戻っていくなら、基底状態に戻らない場合はどうしているのか。 **M:** 20s2025 参照

20s2052: 核と電子が1個ずつの系について考えるのはどのようなときですか。 **M:** 自分で考えてわからないのはなぜか？ // そういう系を扱うとき、必要なとき、そういうモデルを考えたとき、etc.