

共通テスト 2021 年第 2 回「物理」第 3 問 B の出題ミス（吉田弘幸先生）に対する意見

以下は、吉田先生の 5 月 21 日の記者会見での配布資料「令和 3 年度共通テスト『物理』『物理基礎』について」、および Twitter 上の発言に基づいています。

記者会見： 「問 7 は正解となる選択肢がない出題ミスである。選択肢 (4) は理由ではない。」

問 7 が、設問の流れと切り離して単に (A) 「虹色の縞模様が見えた」「その」理由を聞いているのであれば、吉田先生の仰せの通りかもしれません。「その」を直前の (A) の事実を指しているとし、「作問者は日本語が分かっていない」とおっしゃっています。確かに「その」を孤立した日本語の単語として受け取ればそう考える人もあるでしょう。しかしながら日本語に限らないと思いますが、言葉というのは文章の流れの中に位置づけられて意味をもちます。流れをリセットする語句がない限り、ここでは単に虹色に見えた理由ではなく、大問の流れとして「この楔形空気層干渉実験で、単色光の代わりに白色光を当てたところ、虹色の縞模様が見えた」理由を聞いていると理解するのが自然です。問は単に「虹色の模様」ではなく「虹色の縞模様」となっており、迷う余地はありません。

結論を先に言えば、干渉条件¹は波長に依存するため (B) 「波長に応じて異なる位置に明線が現れる」という吉田先生が理由とされる事実は、この実験では (C) 「波長に応じて異なる間隔で明線が現れる」事実として、より限定的な形で現れます。したがって A の理由としては、選択肢 (4) に相当する C の方が、より適切です。つまり、この実験では C 以外の理由で虹色の縞模様が見えることはないため（白色光のことや色と振動数 — 波長ではない — の関係のことなど、他にも理由の要素があるから不十分ということでも百歩譲るとしても）決して誤答ということにはなりません。理由の主要な要素となっていますから、吉田先生の「選択肢 (4) には理由の要素が一つも含まれていない」というご指摘は当たりません。

吉田先生は「C に言及することなく A を説明できることが、C が A の理由とはならないことを示している」と論理展開されています。また「C は B の結果であり、同じ理由 B から得られる結果の一方 C をもう一方の結果 A の理由とするのは論理的に間違い」とあり、Twitter で「交通事故で両足を骨折したとき、右足を骨折したことが左足を骨折したことの理由とするようなもの」と巧妙な比喻でもって、「作問者は相関と因果関係の区別ができておらず、そもそも『理由』という日本語が分かっていない」と断罪されています。確かに、「B ならば C」、「B ならば A」であれば、C と A の間に相関はあっても、「C ならば A」という因果関係があるとは限らないことは、誰しも理解できることです。

しかしながらこの干渉実験の場合には、先ほど述べたように C は B の特別な場合、いわば十分条件、「C ならば B」であって、決して C は B の結果ではありません。少なくとも論理的には B であっても C でない、つまり波長によって明線の位置が異なっても、明線の間隔が波長によらず同じであることも可能です。形式的には「C ならば B」、「B ならば A」の関係であるからこそ、「C ならば B」であることは無関係に、つまり C であることに言及しなくても「B ならば A」が成り立っているだけのことです。決して「C ならば A」が否定されているわけではありません。いささか乱暴な論理展開です。

この楔形空気層による干渉実験では、単色光を当てたとき、上のガラス板の下面で反射した光と、下のガラス板の上面で反射した光の干渉により強め合ったり弱め合ったりすることが、等間隔の明暗の縞模様が見えることで実証されます。大抵の教科書に写真が載っているように、ヤングの実験などと

¹ 暗線条件は「空気層の厚さの 2 倍が波長 λ の整数倍」、結果として等間隔の干渉縞が現れることが予想される。暗線（明線）の間隔は 2 枚のガラス板が挟む角を θ として、 $\Delta x = \lambda/2\theta$ で与えられる。（6/4 追加）

比べれば（減衰する理由が特にないため）縞は数十本ないし百本程度まできわめて明瞭に観測することができるため、縞の間隔 Δx を精度よく決めることが可能です（問 5）。この干渉実験では「空気層の厚さの 2 倍が波長の（整数+1/2）倍」の条件を満たす位置だけが鋭い明線になるわけではなく、実際には光が強め合う位置は幅をもちます²。したがって明線（暗線）の絶対的な位置よりも、どれだけずらせばパターンが自分自身と重なるかを表す周期（間隔） Δx の方が現実的で、よりの確で重要な物理量です。問 7 で間隔が主役になるのは物理としては必然的な流れです。自然科学においては、ある法則が具体的にはどのように工夫して、どのような実験によって実証できたかを理解することも大切です。



問 7 はこの縞模様が虹色に見えた理由を聞いているのですから、仮に記述式問題であれば、私なら問 4 で調べた周期の異なる各色の縞模様が重なる場面を思い浮かべ、「波長によって明線の現れる間隔が異なるため（白色光の各色の明線が、互いにずれたり重なり合ったりすることにより、）虹色³の縞模様になる」と答えます。指定字数によりますが、この実験では明線の間隔が波長によって異なることは欠かせません。採点者であれば、大問の流れを考慮すればこれで正解として十分とみなします。もちろん B のような解答でも現象をちゃんと理解できていると判断し、正解とするでしょう。

吉田先生は「出題ミスの可能性がある」からエスカレートして「選択肢 (4) を正解と認める人は教育に携わってはいけない。日本語の理解に重大な障害がある」「これが解らない人は物理以前に日本語を勉強し直してください」と、いかにもカリスマ的発言をされていますが、私は自分の見解にたとえ自信はあっても、そこまでは言いません。そんな暗示をかけると、挑発に挑み返す超一級の生徒を除けば殆どの生徒・学生諸君をはじめ高校の先生たちでさえ、疑問を呈することに臆するでしょう。

どうやら今回も「過去には **頭が悪い人の（入試センター）擁護** もありました」ということになるらしいですが、私はセンターを擁護する気は毛頭ありません。現役のとき、中曽根政権の「共通一次」導入の時から教育内容への国家の介入として反対してきたし、志望校の偏差値診断という悪しき風潮を助長する元凶として、今でも不要と思っています。さらに、今回を含めて昨今のセンター試験の問題の質の低下を嘆いています。この問に限っても、選択肢があまりにも杜撰で、受験生が物理を思考する一瞬の時間をも要することなく、あるいは正確な物理を理解できていなくても「正解」を選べるようになってきていると思います。マークシート方式の共通一次導入の際に教育関係者が挙って警告してきたことが、特に最近になって顕著になってきているのではないのでしょうか。技術的にも十年一日のごとく「最も適当なものはどれか」ではなく、問題に応じて、例えばこの問いなら「理由の要素になっているのはどれか」とするとか、第 1 回の『物理基礎』第 2 問の問 1 設問 [8] なら、「この音は表 1 の音階⁴のどの音に最も近いか」と問うなど、一工夫するだけで、疑義を生じる余地はなくなるのです。マークシート方式の是非以前の問題として、現行の作問体制の組織的疲労が現れているように思います。

² 暗線の方がより明確に位置を見定めることができるため、設問で暗線を数えたとしてあることは不思議ではありませんが、暗線のぼやけの幅（あるいはこれを何回か測定した測定誤差）が 0.1mm 以下でないとい問 5 は意味がありません。

³ 単色光の重なりになるため、単色光が波長に応じて連続的に並んだ虹とは異なり、淡い多彩な虹色になるでしょう。

⁴ 「ある音の音階」という言い方は、適当な用語がないためか慣用的に用いられることもあるようですが、語弊があると思います。音階は本来、決められた振動数の音の組を高さの順に並べた、例えば「ドレミファソラシド」の音列のことです。「音名」「階名」は音階を構成する所定の振動数の標準音の名前のことですから、ここでは題意から逸れます。 p.7

物 理

B 金属箔の厚さをできる限り正確に(有効数字の桁数をより多く)測定したい。

図4のように、2枚の平面ガラスを重ねて、ガラスが接している点Oから距離Lの位置に厚さDの金属箔をはさんだ。真上から波長 λ の単色光を当てて上から見ると、明暗の縞模様が見えた。このとき、隣り合う暗線の間隔 Δx を測定すると、金属箔の厚さDを求めることができる。点Oからの距離 x の位置において、平面ガラス間の空気層の厚さを d とすると、上のガラスの下面で反射する光と下のガラスの上面で反射する光の経路差は $2d$ となる。ただし、空気の屈折率を1とする。

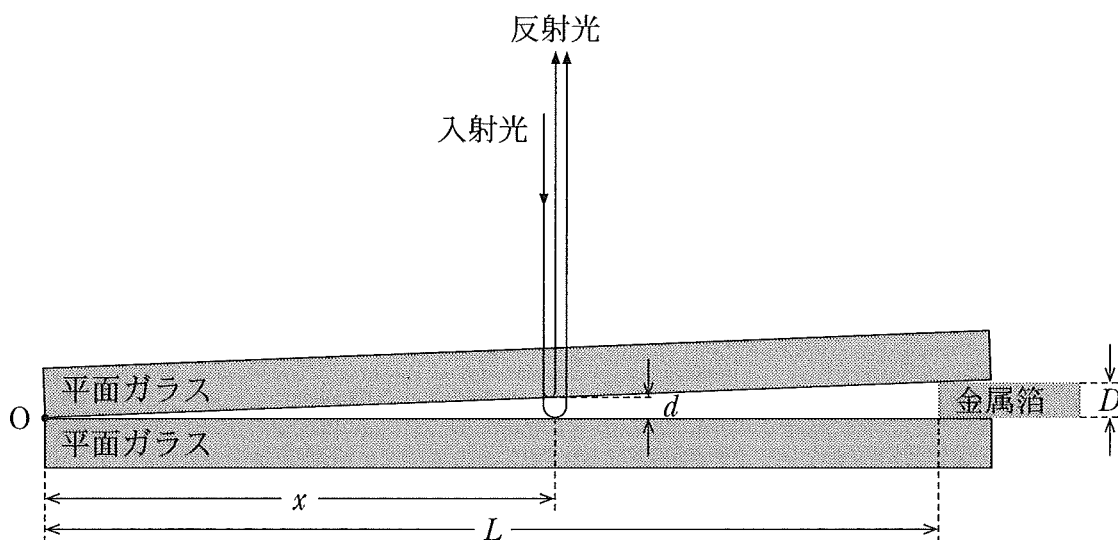


図 4

問 4 金属箔の厚さ D を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一

つ選べ。 $D =$ 19

- | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| ① $\frac{L\Delta x}{2\lambda}$ | ② $\frac{L\Delta x}{\lambda}$ | ③ $\frac{2L\Delta x}{\lambda}$ |
| ④ $\frac{L\lambda}{2\Delta x}$ | ⑤ $\frac{L\lambda}{\Delta x}$ | ⑥ $\frac{2L\lambda}{\Delta x}$ |

問 5 次の文章中の空欄 **ウ** ・ **エ** に入れる式と語句の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 20

できる限り正確に金属箔の厚さを求めるためには、隣り合う暗線の間隔 Δx をできる限り正確に測定する必要がある。この実験では、測定物の長さによらず、長さを 0.1 mm まで読み取ることができる器具を用いて測定する。 N 個の暗線をまとめて $N\Delta x$ を測定できるならば、 Δx を **ウ** mm まで決めることができる。したがって、金属箔の厚さをより正確に測定するためには、 N を **エ** するとよい。

	①	②	③	④	⑤	⑥
ウ	$0.1N$	$0.1N$	$\frac{0.1}{\sqrt{N}}$	$\frac{0.1}{\sqrt{N}}$	$\frac{0.1}{N}$	$\frac{0.1}{N}$
エ	大きく	小さく	大きく	小さく	大きく	小さく

問 6 次の文章中の空欄 **オ** ・ **カ** に入れる語句の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 21

空気層に屈折率 n ($1 < n < 1.5$) の液体を満たしたところ、隣り合う暗線の間隔 Δx が **オ** 。それは、単色光の波長が液体中で **カ** からである。

	オ	カ
①	狭くなった	短くなった
②	狭くなった	長くなった
③	広くなった	短くなった
④	広くなった	長くなった
⑤	変わらなかった	変わらなかった

物 理

問 7 平面ガラスの間に入れた液体を取り除いて、空気層に戻し、単色光の代わりに白色光を当てたところ、虹色の縞模様が見えた。その理由として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 22

「虹色の模様」
ではなく
「虹色の縞模様」
です。

- ① 白色光の波長が非常に短いため
- ② 波長によって光の速さが異なるため
- ③ 波長によって偏光の方向が異なるため
- ④ 波長によって明線の間隔が異なるため

白色光がいろんな波長の光から構成されていて特定の色合いを持たない光であること、さらに可視光の振動数、したがって波長によって色が違うくらいのは、高卒程度の受験生なら当然、常識として持ち合わせていると、作問者が付度することは許されるだろう。

物理基礎

第2問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。(配点 18)

A 図1のようにクラシックギターの音の波形をオシロスコープで観察したところ、図2のような波形が観測された。図2の横軸は時間、縦軸は電気信号の電圧を表している。また、表1は音階と振動数の関係を示している。

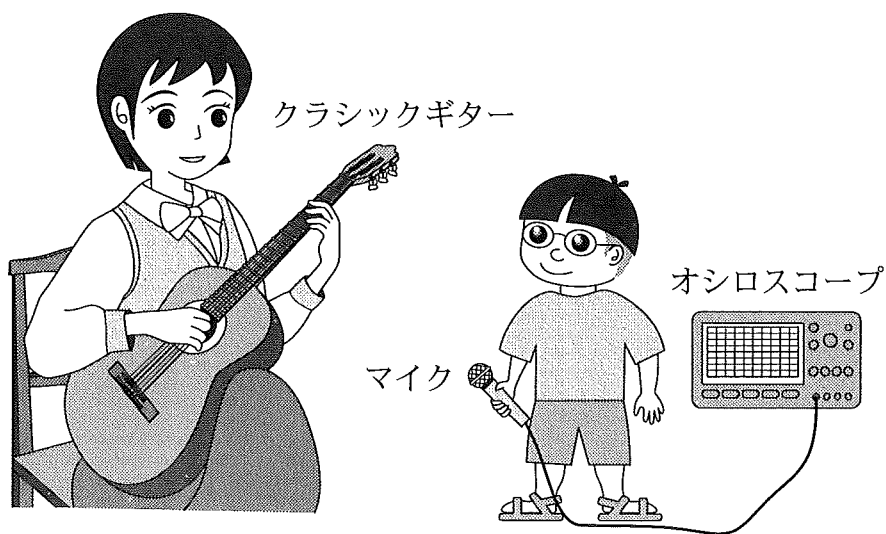


図 1

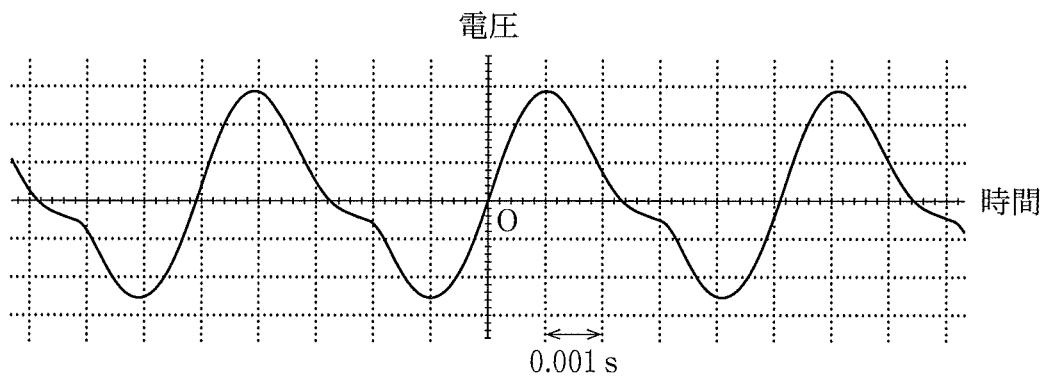


図 2

表 1

音 階	ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ
振動数	131 Hz	147 Hz	165 Hz	175 Hz	196 Hz	220 Hz	247 Hz
	262 Hz	294 Hz	330 Hz	349 Hz	392 Hz	440 Hz	494 Hz

問 1 図 2 の波形の音の周期は何 s か。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。 s

- ① 0.0023 ② 0.0028 ③ 0.0051 ④ 0.0076

また、表 1 をもとにして、この音の音階として最も適当なものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。

- ① ド ② レ ③ ミ ④ ファ
⑤ ソ ⑥ ラ ⑦ シ

(音楽について高校生程度の知識はあるが、ほぼ素人の感想)

階段は一段一段が stair で階段全体は stairs，これに対して音階は音列そのものが単数形の scale であって、1つの音だけでは scale を成さず、音階の各音を scale とは言わない。このあたりが混同されて慣用的に使われているように思う。音階は同じ音の構成でも、長音階「ドレミファソラシド」と短音階「ラシドレミファソラ」で雰囲気が変わってくるし、いろんな民族音楽で使われている音階や日本の演歌の「四七抜き5音階」、沖縄独特の琉球音階など、まさに音の列として楽曲の味わいを特徴づける概念である。これを「ある音の音階」という慣用的な使い方をしてしまうと、音階本来の意味合いが損なわれてしまうような気がする。物理でもそうであるが、正確ではないことを承知の上で専門家が方便で使っている慣習を、入試には適用すべきではない。「表1」の「音階」は「八長調の音階表」と解釈すれば許容範囲かもしれないが、設問 [8] の「音階」は本来の意味に照らせば語弊があり、安易すぎる。

なお、この問は何人かの方が指摘されているような図 2 の波形の音の「音名」を聞いているわけではない。図2から基本波の周期を読み取って振動数を求め、表 1 の標準振動数のどれに一番近いかをドレミファソラシで答えるよう要求しているだけである。音楽の知識があるに越したことはないが特に必要とはしないし、音楽のテストではないので音名を問うことはない。

物理基礎

問 2 図 2 の波形には、基本音だけでなく、2 倍音や 3 倍音などたくさんの倍音が含まれている。ここでは、図 3 に示す基本音と 2 倍音のみについて考える。基本音と 2 倍音の混ざった波形として最も適当なものを、次ページの①～④のうちから一つ選べ。ただし、図 3 の目盛りと解答群の図の目盛りは同じとする。

9

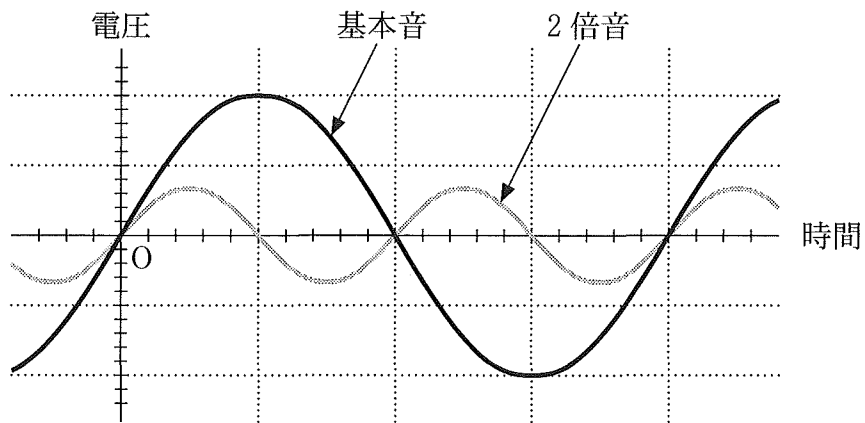


図 3

