

問1 光の干渉において、反射面での位相変化が重要となる理由として最も適切なものはどれか。 (2018年 全国公立入試 類似)

1. 光が屈折率の大きい媒質から小さい媒質へ反射する際、位相が反転するため
2. 光が屈折率の小さい媒質から大きい媒質へ反射する際、位相が反転するため
3. 光が媒質を透過する際に波長が変化し、位相が反転するため
4. 光の干渉は反射面での位相変化とは無関係に、光路差のみで決定されるため

問2 コアの屈折率が1.50、クラッドの屈折率が1.40である光ファイバーの端面から光を入射させる際、コア内での全反射条件を満たすための入射角 i の最大値 $\sin i_0$ を求める式として正しいものはどれか。 (2010年 全国公立入試 類似)

1. $\sqrt{1.50^2 - 1.40^2}$ 2. $\sqrt{1.50^2 + 1.40^2}$ 3. $1.50 / 1.40$ 4. $1.40 / 1.50$

問3 屈折率が1.5である厚さ6.0 cmの透明な板の下面に置かれた物体を、真上から空気中で観測したとき、物体が本来の位置からどれだけ浮き上がって見えるか。ただし、観測者は板の面に対して垂直に近い方向から見ているものとし、空気の屈折率を1.0とする。 (2019年 全国公立入試 類似)

1. 2.0 cm 2. 3.0 cm 3. 4.0 cm 4. 6.0 cm

問4 弦の長さが0.45メートル、基本振動数が360ヘルツであるとき、この弦に腹が2つ生じる二倍振動の振動数は何ヘルツか。 (2017年 全国公立入試 類似)

1. 180ヘルツ 2. 360ヘルツ 3. 720ヘルツ 4. 1080ヘルツ

問5 凸レンズの光軸上に、先端を上向きにした矢印の光源を配置し、スクリーン上に実像を投影した。このとき、スクリーン上の像の向きとして正しいものはどれか。 (2022年 全国公立入試 類似)

1. 先端が下向きで、左右も反転している
2. 先端が上向きで、左右は反転していない
3. 先端が下向きで、左右は反転していない
4. 先端が上向きで、左右も反転している

問6 波が障害物の背後など、直進するだけでは届かない領域に回り込む現象を何というか。 (2006年 全国公立入試 類似)

1. 回折 2. 反射 3. 屈折 4. 干渉

問7 音速を 340 m/s とします。静止した音源から振動数 680 Hz の音波を、音源に向かって一定の速度 v で近づいてくる反射板に向けて放ちました。反射板で反射して音源の位置にいる静止した観測者に戻ってきた音波の振動数が 765 Hz であったとき、反射板の速度 v は何 m/s ですか。 (2017年 全国公立入試 類似)

1. 20 m/s 2. 15 m/s 3. 10 m/s 4. 5.0 m/s

問8 屈折率 n の薄膜において、膜の厚さを d とし、垂直に光が入射する場合を考える。このとき、光の干渉条件に関して、強め合いが生じるための光路差と波長の関係として正しいものはどれか。 (2018年 全国公立入試 類似)

1. 光路差が波長の整数倍である 2. 光路差が波長の整数倍に半波長を加えた値である
3. 光路差が波長の半分である 4. 光路差が波長の4分の1である

問9 音の干渉において、二つの音源からの距離の差が波長の整数倍であるときに強め合いが生じる理由として、最も適切なものはどれか。 (2013年 全国公立入試 類似)

1. 波の山と山、あるいは谷と谷が重なり合うため
2. 波の山と谷が打ち消し合うため
3. 音源の振動数が二倍になるため
4. 音波の伝播速度が二倍になるため

問10 人間の聴覚において、音波の振動数がどの範囲を超えたものを一般的に超音波と呼ぶか。最も適切なものを選び。 (2005年 全国公立入試 類似)

1. 20ヘルツ 2. 200ヘルツ 3. 2000ヘルツ 4. 20000ヘルツ

問11 音速を340 m/s、音源の振動数を425 Hzとし、音源が静止している状況を考える。このとき、音源から観測者へ向かう音波の波長として正しい値はどれか。 (2017年 全国公立入試 類似)

1. 0.80 m 2. 1.25 m 3. 1.50 m 4. 2.00 m

答え合わせ・解説 No.6

問1	答え 2 光が屈折率の小さい媒質から大きい媒質へ反射する際、位相が反転するため	光が屈折率の小さい媒質から大きい媒質へ入射し、その境界で反射する場合、反射波の位相は n だけ反転します。一方、大きい媒質から小さい媒質へ向かう反射では位相の変化はありません。この位相の反転の有無が干渉条件（強め合い・弱め合い）を決定する重要な要素となり、光路差と組み合わせることで干渉縞が生じます。
問2	答え 1 $\text{sqrt}(1.50^2 - 1.40^2)$	光ファイバーの端面への入射角を i 、コア内での屈折角を r とすると、スネルの法則より $\sin i = n_1 * \sin r$ が成り立つ。全反射条件は $\sin r > n_2/n_1$ であるため、限界となる入射角 i_0 では $\sin i_0 = n_1 * \text{sqrt}(1 - (n_2/n_1)^2)$ となる。これを整理すると $\sin i_0 = \text{sqrt}(n_1^2 - n_2^2)$ となり、与えられた数値では $\text{sqrt}(1.50^2 - 1.40^2)$ となる。
問3	答え 1 2.0 cm	透明な板の厚さを d 、屈折率を n とすると、観測者から見た物体の見かけの深さ d' は $d' = d / n$ で表される。本問では $d = 6.0$ cm、 $n = 1.5$ であるため、見かけの深さは $6.0 / 1.5 = 4.0$ cmとなる。したがって、本来の位置からの浮き上がり量は、 6.0 cm - 4.0 cm = 2.0 cmと計算できる。光が屈折率の異なる境界で曲がることで、光の進路を逆方向に延長した位置に像が結ばれるためである。
問4	答え 3 720ヘルツ	弦の定常波において、腹の数は振動の倍数に対応する。基本振動（腹が1つ）の振動数を f とすると、腹が2つ生じる二倍振動の振動数は $2f$ となる。したがって、 360 ヘルツ $\times 2 = 720$ ヘルツが正解である。
問5	答え 1 先端が下向きで、左右も反転している	凸レンズによる実像の形成では、光軸を基準として光が交差するため、上下の反転が生じます。同時に、レンズの光学的な性質により、光軸に沿った方向の前後関係も反転するため、左右の反転も起こります。したがって、上向きの矢印は下向きになり、かつ左右も反転した像としてスクリーンに投影されます。
問6	答え 1 回折	波が障害物の背後へ回り込む現象を回折という。反射は波が境界で跳ね返る現象、屈折は波が異なる媒質へ進む際に進行方向が変わる現象、干渉は複数の波が重なり合って強め合ったり弱め合ったりする現象を指す。回折は波長が障害物の大きさに近いほど顕著に現れる。
問7	答え 1 20 m/s	音速を V 、反射板の速度を v 、音源の振動数を f_0 、反射音の振動数を f とすると、反射板によるドップラー効果の関係式は $f = f_0 * (V + v) / (V - v)$ と表される。与えられた数値を代入すると、 $765 = 680 * (340 + v) / (340 - v)$ となる。この式を整理すると、 $9 * (340 - v) = 8 * (340 + v)$ となり、これを解くことで反射板の速度 $v = 20$ m/s が導かれる。
問8	答え 1 光路差が波長の整数倍である	光の干渉において、2つの光波が重なり合う際、光路差が波長の整数倍（ $m\lambda$ ）であるとき、波の山と山、谷と谷が一致し、強め合いが生じます。一方、光路差が半波長の奇数倍である場合には、山と谷が打ち消し合い、弱め合いが生じます。本問は干渉の基本的な条件を問うものであり、光路差と波長の整数倍の関係が強め合いの条件となります。
問9	答え 1 波の山と山、あるいは谷と谷が重なり合うため	干渉とは、複数の波が重なり合うことで振幅が変化する現象である。経路差が波長の整数倍であるとき、一方の波の山が他方の波の山と、あるいは谷が谷と一致する位相関係になる。これにより、重ね合わせの原理に従って振幅が加算され、強め合いが生じる。逆に、経路差が波長の半整数倍である場合は、山と谷が重なり合い、互いに打ち消し合って弱め合いが生じる。
問10	答え 4 20000ヘルツ	人間が音として聞き取ることができる振動数の範囲は、一般的に20ヘルツから20000ヘルツ程度とされている。この上限である20000ヘルツ（20kHz）を超える振動数を持つ音波は、人間の聴覚では感知できないため超音波と定義される。超音波は波長が短く直進性が強いいため、医療用のエコー検査や工業的な非破壊検査など、精密な測定や診断に広く活用されている。
問11	答え 1 0.80 m	波長（ λ ）は、音速（ v ）を振動数（ f ）で割ることで求められます。式は $\lambda = v / f$ となります。与えられた数値を代入すると、 340 m/s \div 425 Hz = 0.80 m となります。音源が静止している場合、観測者がどのような速度で移動していても、音源から観測者へ向かう空間上の波長はこの値に保たれます。

問1 くさび形のガラス板の隙間を、屈折率 n ($1 < n < 1.5$) の液体で満たしたとき、真上から透過光を観測して得られる干渉縞の間隔の変化として最も適切なものはどれか。 (2017年 全国公立入試 類似)

1. 空気で満たされていたときの間の n 分の1倍になる
2. 空気で満たされていたときの間の n 倍になる
3. 空気で満たされていたときの間の n の2乗倍になる
4. 空気で満たされていたときの間隔から変化しない

問2 屈折率 1.5 の薄膜に、空気中での波長が 600 nm の単色光を垂直に入射させた。反射光が強め合う最小の膜の厚さ d として最も適切なものはどれか。ただし、膜の裏面での反射による位相のずれは無視できるものとする。 (2019年 全国公立入試 類似)

1. 100 nm
2. 200 nm
3. 300 nm
4. 400 nm

問3 振動数 440 Hz の音源が、観測者を中心とする半径 r の円周上を一定の速さ v で運動している。音速を V としたとき、観測者が聞く音の振動数が 440 Hz となる位置に関する記述として正しいものはどれか。 (2023年 全国公立入試 類似)

1. 音源が観測者から距離 r の位置にあるすべての点で振動数は 440 Hz となる
2. 音源の速度ベクトルが観測者と音源を結ぶ直線と垂直になる2点で振動数は 440 Hz となる
3. 音源が観測者に最も近い点と最も遠い点の2点で振動数は 440 Hz となる
4. 音源の速度が常に観測者方向を向いているため、振動数は常に 440 Hz ではない

問4 平面ガラス板の端を密着させ、反対側の端に厚さ a の薄いフィルムを挟んでくさび形の空気層を作り、上から波長 λ の単色光を垂直に照射した。接触点から距離 L の地点にフィルムがあるとき、隣り合う明線間の間隔として正しいものはどれか。

(2017年 全国公立入試 類似)

1. λ かける L 割る $2a$
2. λ かける a 割る $2L$
3. λ かける L 割る a
4. 2 かける λ かける L 割る a

問5 波の伝播において、波の山と山が重なってできる波の頂点は、波の進行に伴ってどのように振る舞うか。最も適切な説明を選べ。 (2026年 全国公立入試 類似)

1. 波の頂点は常に静止しており、移動することはない。
2. 波の頂点は波の進行に伴って、その位置を移動する。
3. 波の頂点は波の進行方向とは逆向きにのみ移動する。
4. 波の頂点は波の進行速度に関わらず、常に一定の加速度で移動する。

問6 波長が一定の単色光を細い毛髪に照射する実験において、回折現象がより顕著に観測される条件として最も適切なものはどれか。 (2004年 全国公立入試 類似)

1. 毛髪の太さが光の波長と同程度であるとき
2. 毛髪の太さが光の波長よりも十分に大きいとき
3. 光の波長を極めて短くしたとき
4. 毛髪を光源から十分に遠ざけたとき

問7 波長が一定の二つの波源AとBが、互いに逆位相で振動している。このとき、波の干渉によって波が強め合う条件として正しいものはどれか。ただし、二つの波源からの距離の差を経路差とし、波長を λ とする。 (2010年 全国公立入試 類似)

1. 経路差が波長の整数倍である
2. 経路差が半波長の奇数倍である
3. 経路差が波長の4分の1倍である
4. 経路差が波長の2倍である

問8 クインケ管の管Dをスライドさせて経路ADCの長さを変化させる実験を行う。音が最小の状態から管をLだけ引き出したところ、再び音が最小になった。このときの音の波長 λ を表す式として正しいものはどれか。 (2020年 全国公立入試 類似)

1. $\lambda = L / 4$
2. $\lambda = L / 2$
3. $\lambda = 2L$
4. $\lambda = 4L$

問9 あるウェーブ（波）において、1人の人が手を下げた状態から立ち上がり、再び手を下げた状態に戻るまでに2.0秒かかった。この波の周期と振動数の組み合わせとして最も適当なものを、次のうちから一つ選べ。 (2026年 全国公立入試 類似)

1. 周期 2.0秒、振動数 0.50ヘルツ
2. 周期 2.0秒、振動数 2.0ヘルツ
3. 周期 0.50秒、振動数 2.0ヘルツ
4. 周期 0.50秒、振動数 0.50ヘルツ

問10 うなりの現象が生じる物理的な理由として最も適切なものはどれか。 (2006年 全国公立入試 類似)

1. 2つの波の位相が常に一致し、振幅が常に2倍になるため
2. 2つの波の振動数が異なることで、干渉による強め合いと弱め合いが時間的に変化するため
3. 音源が移動することで、観測される波の波長が変化するため
4. 波が障害物を回り込むことで、音の強さが空間的に変化するため

答え合わせ・解説 No.7

問1	答え 1 空気で満たされていたときの間隔のn分の1倍になる	光が屈折率nの媒質中を進むとき、その波長は真空中の波長をnで割った値に短縮される。くさび形空気層による干渉縞の間隔は波長に比例するため、隙間を屈折率nの液体で満たすと、液体中の波長が空気中の1/n倍になることに伴い、干渉縞の間隔も元の1/n倍へと狭くなる。これは光の干渉条件式において、媒質中の波長が変化することに起因する物理現象である。
問2	答え 2 200 nm	強め合いの条件式 $2nd = m\lambda$ において、最小の厚さを求めるために $m=1$ を代入する。屈折率 $n=1.5$ 、波長 $\lambda=600$ nm を用いると、 $2 \times 1.5 \times d = 1 \times 600$ となる。これを計算すると $3d = 600$ となり、 $d = 200$ nm が得られる。膜の厚さが 200 nm のとき、往復の光路長差がちょうど 600 nm となり、入射光の波長と一致するため強め合いが生じる。
問3	答え 2 音源の速度ベクトルが観測者と音源を結ぶ直線と垂直になる2点で振動数は 440 Hz となる	ドップラー効果の式において、観測者が静止している場合、観測される振動数は $f' = f \cdot V / (V - v_s)$ で表されます。ここで v_s は音源の観測者方向への速度成分です。円運動において、音源の速度ベクトルが観測者と音源を結ぶ直線と垂直になる位置では $v_s = 0$ となり、 $f' = f$ となります。円周上にはこの条件を満たす点が2箇所存在するため、そこで本来の振動数が観測されます。
問4	答え 1 ラムダかけるL割る2a	くさび形空気層における明線の条件は、空気層の厚さをdとすると、反射による位相の反転を考慮して $2d = (m + 1/2)\lambda$ (mは整数) となります。隣り合う明線間の距離をデルタxとすると、空気層の厚さの変化量デルタdはラムダ/2となります。くさびの傾きa/Lを用いると、デルタd = (a/L)かけるデルタx = ラムダ/2が成立するため、デルタx = ラムダかけるL割る2aと導かれます。
問5	答え 2 波の頂点は波の進行に伴って、その位置を移動する。	波の伝播において、波の山や谷といった特定の位相は、波の進行速度に応じて空間を移動する。複数の波が重なり合う干渉現象においても、山と山が重なって生じる頂点は、個々の波の進行方向と速度を合成したベクトルに従って、時間経過とともにその位置を変化させる。したがって、波の頂点は静止しているわけではなく、波の進行に伴って移動するのが物理的な性質である。
問6	答え 1 毛髪の太さが光の波長と同程度であるとき	回折現象は、障害物や隙間の大きさが波の波長と同程度か、それよりも小さいときに顕著に現れる。毛髪の太さが光の波長と比較して十分に大きい場合、光は直進性が強まり、回折による回り込みはほとんど観測されない。したがって、回折を明瞭に観測するためには、障害物のサイズと波長が近い値であることが重要である。
問7	答え 2 経路差が半波長の奇数倍である	二つの波源が同位相で振動している場合、経路差が波長の整数倍のときに強め合い、半波長の奇数倍のときに弱め合う。しかし、逆位相で振動している場合はその条件が逆転する。つまり、逆位相では経路差が半波長の奇数倍 (0.5λ, 1.5λ, 2.5λ...) となる場所で山と山、あるいは谷と谷が重なり、波は強め合うことになる。
問8	答え 3 λ = 2L	管をLだけ引き出すと、往復の経路差は2Lだけ変化する。再び音が最小となるためには、経路差の変化量が波長λの整数倍である必要がある。最小の状態から次に最小となるまでの最小の変化量は波長1つ分に相当するため、 $2L = \lambda$ という関係が成り立つ。
問9	答え 1 周期 2.0秒、振動数 0.50ヘルツ	1人の人が1回手を上げて下げる動作は、波の1回の振動に相当する。この動作に要する時間が周期であるため、周期は2.0秒となる。振動数は周期の逆数で表されるため、1を2.0秒で割ることで、振動数は0.50ヘルツと求められる。
問10	答え 2 2つの波の振動数が異なることで、干渉による強め合いと弱め合いが時間的に変化するため	つまりは、振動数がわずかに異なる2つの波が重ね合わさる際、時間経過とともに位相のずれが変化することで生じる。位相が一致する場所では強め合い、逆位相になる場所では弱め合うため、観測される合成波の振幅が周期的に増減し、音の大きさが変化して聞こえる。

答え合わせ・解説 No.8

問1	答え 1 共鳴	共鳴（共振）は、物体が本来持っている固有の振動数と、外部から与えられる振動の周波数が一致したときに、エネルギーが効率よく伝わり振幅が大きくなる現象です。楽器の胴の振動や、つり橋が風によって大きく揺れる現象などがこの例として挙げられます。一方、回折や干渉、屈折は波の性質を示す現象ですが、固有振動数との一致を条件とするものではありません。
問2	答え 1 周期 2.0秒、振動数 0.50ヘルツ	1人の人が1回手を上げて下げる動作は、波の1回の振動に相当する。この動作に要する時間が周期であるため、周期は2.0秒となる。振動数は周期の逆数で表されるため、1を2.0秒で割ることで、振動数は0.50ヘルツと求められる。
問3	答え 2 0.002秒	音の高さは波の周期によって一意に決定される。したがって、観測された音と同じ高さの音を出すためには、元の波形と全く同じ周期を持つ波形が必要となる。周期が異なれば振動数が変化し、音の高さも変化してしまうため、0.002秒以外の選択肢はすべて誤りである。
問4	答え 2 物体をレンズの焦点距離よりも外側に置くと、スクリーン上に実像ができる。	凸レンズにおいて、物体が焦点距離よりも外側にある場合、光はレンズを通過した後収束し、スクリーン上に上下左右が逆向きの実像を結ぶ。一方、物体が焦点距離の内側にある場合は光が発散するため、スクリーン上には実像を結ぶことができず、レンズ越しに拡大された正立虚像が観察される。
問5	答え 2 レンズの焦点に向かって収束する球面状の波面となる	凸レンズは光を収束させる性質を持つ光学素子である。平面波である平行光線が凸レンズに入射すると、レンズの各部における屈折作用により、中心部を通過する光よりも周辺部を通過する光の方がより大きく屈折する。その結果、レンズ通過後の波面は平面から球面へと変化し、焦点に向かって収束していく。この性質は、レンズの厚みの違いによる光路差によって説明される。
問6	答え 1 互いに逆向きに進む2つの正弦波の変位が、腹の位置において常に同位相で重なり合い、強め合うため。	定常波は、波長、周期、振幅が等しく、互いに逆向きに進む2つの正弦波が重なり合うことで生じる。腹の位置では、2つの波の位相が常に一致（同位相）して重なり合うため、互いに強め合って最大の振幅で振動する。それぞれの波による媒質の変位が時間とともに正弦波的に変化するため、それらが合成された腹の位置の媒質も、時間とともに単振動を行う。
問7	答え 1 波源の移動により波長が短縮され、波の速さが一定のまま通過間隔が短くなるため	ドップラー効果において、波の速さは媒質によって決定されるため、波源が移動しても変化しない。しかし、波源が観測者に近づく場合、波源が次の波を出すまでに移動するため、波源の前では波長が短くなる。速さが一定で波長が短くなれば、波が一定地点を通過する時間間隔である周期は短くなる。
問8	答え 1 4.0 m/s	波の速さ v 、波長 λ 、周期 T の間には、 $v = \lambda / T$ という関係が成り立つ。本問では波長が2.0 m、周期が0.5 sであるため、 $2.0 / 0.5$ を計算すると4.0 m/sとなる。波の速さは媒質の性質によって決まるため、波長や周期が変化しても媒質が同じであれば一定に保たれる。
問9	答え 1 0.4 m	波の速さ v 、振動数 f 、波長 λ の間には $v = f * \lambda$ の関係があります。屈折の前後で振動数 f は一定であるため、波長は速さに比例します。媒質1から媒質2へ進む際に速さが4.0 m/sから2.0 m/sへと半分になっているため、波長も同様に半分となり、0.8 mの半分である0.4 mとなります。
問10	答え 1 $\sin \theta_1 / \sin \theta_2 = v_1 / v_2$	波が異なる媒質の境界で屈折するとき、入射角の正弦と屈折角の正弦の比は、それぞれの媒質における波の速さの比に等しくなる。この関係はスネルの法則（屈折の法則）と呼ばれ、 $\sin \theta_1 / \sin \theta_2 = v_1 / v_2$ という式で表される。波の速さが速い媒質ほど、境界の法線に対する角度（正弦）が大きくなる。

問1 振動数440ヘルツの音叉を鳴らしながら、あるギターの弦を弾いたところ、毎秒2回のうなりが観測された。ギターの音の高さが音叉よりも低い場合、このギターの弦の振動数は何ヘルツか。（2023年 全国公立入試 類似）

1. 432ヘルツ 2. 438ヘルツ 3. 442ヘルツ 4. 448ヘルツ

問2 凸レンズの光軸上に、先端を上向きにした矢印の光源を配置し、スクリーン上に実像を投影した。このとき、スクリーン上の像の向きとして正しいものはどれか。（2022年 全国公立入試 類似）

1. 先端が下向きで、左右も反転している 2. 先端が上向きで、左右は反転していない 3. 先端が下向きで、左右は反転していない 4. 先端が上向きで、左右も反転している

問3 波が異なる媒質の境界を通過して屈折する際、変化しない物理量はどれか。（2015年 全国公立入試 類似）

1. 波の振動数 2. 波の速さ 3. 波長 4. 波の進行方向

問4 平面鏡と凸面鏡に映る像の特徴に関する記述として、最も適切なものはどれか。（2004年 全国公立入試 類似）

1. 平面鏡では左右が反転した像が映り、凸面鏡では実物より小さく歪んだ像が映る。 2. 平面鏡では上下が反転した像が映り、凸面鏡では実物より大きく拡大された像が映る。 3. 平面鏡では左右が反転しない像が映り、凸面鏡では実物と同じ大きさの像が映る。 4. 平面鏡では上下が反転しない像が映り、凸面鏡では実物より大きく歪んだ像が映る。

問5 ある弦において、基本振動の振動数が220ヘルツであるとき、この弦で発生しうる定常波の振動数として正しいものはどれか。（2015年 全国公立入試 類似）

1. 275ヘルツ 2. 330ヘルツ 3. 440ヘルツ 4. 500ヘルツ

問6 ある音源から発せられる波において、時間の経過とともに波の山と谷の間隔が狭くなっている場合、この音波の物理的特徴として最も適切なものはどれか。（2006年 全国公立入試 類似）

1. 振動数が次第に大きくなっている。 2. 振幅が次第に大きくなっている。 3. 波の速さが次第に速くなっている。 4. 波形が複雑化し、音色が変化している。

問7 弦の固有振動数と弦の直径の関係について、最も適切な説明はどれか。（2024年 全国公立入試 類似）

1. 固有振動数は直径の二乗に比例する 2. 固有振動数は直径の平方根に比例する 3. 固有振動数は直径に反比例する 4. 固有振動数は直径の二乗に反比例する

問8 弦の張力を4倍に大きくしたとき、弦を伝わる波の速さは何倍になるか。（2023年 全国公立入試 類似）

1. 2倍 2. 4倍 3. 8倍 4. 16倍

問9 音速を 340 m/s とし、静止している音源から 680 Hz の音が出ているとする。観測者が音源に向かって 17 m/s の速さで移動しているとき、観測者が聞く音の振動数は何 Hz か。（2017年 全国公立入試 類似）

1. 646 Hz 2. 680 Hz 3. 714 Hz 4. 720 Hz

問10 二つの音源が等距離にある点Oにおいて、音源の位相が同じときは強め合っていた。このとき、音源の位相を逆転させると点Oではどのような現象が起こるか。（2004年 全国公立入試 類似）

1. 点Oでは音波が弱め合い、音は小さくなる 2. 点Oでは音波が強め合い、音は大きくなる 3. 点Oまでの距離が等しいため、位相を逆転させても強め合う状態は変わらない 4. 点Oでは波の干渉が起こらなくなり、音は聞こえなくなる

問11 全反射が起こる条件に関する記述として、最も適切なものはどれか。（2024年 全国公立入試 類似）

1. 光が屈折率の小さい媒質から大きい媒質へ進む必要がある。 2. 入射角が臨界角よりも小さい場合に全反射が起こる。 3. 光の波長に関わらず、常に一定の入射角で全反射が起こる。 4. 入射角が臨界角を超え、かつ屈折率の大きい媒質から小さい媒質へ進む必要がある。

答え合わせ・解説 No.9

問1	答え 2 438ヘルツ	うなりの回数は、2つの音源の振動数の差の絶対値に等しくなります。音叉の振動数を $f_1=440$ ヘルツ、ギター振動数を f_2 とすると、 $ f_1 - f_2 = 2$ となります。ギターの方が低いという条件から、 $f_2 = 440 - 2 = 438$ ヘルツと求められます。2つの振動数が一致したとき、うなりは聞こえなくなります。
問2	答え 1 先端が下向きで、左右も反転している	凸レンズによる実像の形成では、光軸を基準として光が交差するため、上下の反転が生じます。同時に、レンズの光学的な性質により、光軸に沿った方向の前後関係も反転するため、左右の反転も起こります。したがって、上向きの矢印は下向きになり、かつ左右も反転した像としてスクリーンに投影されます。
問3	答え 1 波の振動数	波が媒質の境界を通過する際、境界上の各点において単位時間あたりに到達する波の山の数と、そこから出ていく波の山の数は等しくなければなりません。この単位時間あたりの山の数が振動数であるため、屈折の前後で振動数は変化しません。一方、波の速さや波長は媒質の性質によって変化し、それに伴い進行方向も屈折します。
問4	答え 1 平面鏡では左右が反転した像が映り、凸面鏡では実物より小さく歪んだ像が映る。	平面鏡に映る像は、鏡面に対して対象な位置にあり、左右が反転して見える。一方、凸面鏡は光を広げる性質があるため、映る像は実物よりも小さく、中心部が膨らんだように歪んで見える。この特性を理解することで、鏡の種類に応じた像の写り方を正しく判別できる。上下反転や実物大の像は、鏡の種類による反射の法則とは異なる。
問5	答え 3 440ヘルツ	両端固定の弦において、定常波の振動数は基本振動の振動数の整数倍（2倍、3倍、…）となる。基本振動が220ヘルツの場合、その整数倍である440ヘルツ、660ヘルツなどが定常波として現れる。選択肢の中でこの条件を満たすのは440ヘルツのみである。
問6	答え 1 振動数が次第に大きくなっている。	波の山と谷の間隔が狭くなることは、波の周期が短くなることを意味する。振動数は周期の逆数であるため、周期が短くなることは振動数が増加することを指す。振幅の変化や波形の複雑化は、音の大きさや音色に関わる要素であり、波の間隔が狭まることとは直接的な因果関係がない。
問7	答え 3 固有振動数は直径に反比例する	弦の線密度は直径の二乗に比例する。波の速さは線密度の平方根の逆数に比例するため、波の速さは直径の逆数に比例することになる。固有振動数は波の速さを弦の長さの2倍で割った値に等しいため、弦の長さや張力が一定であれば、固有振動数は直径に反比例するという関係が導かれる。
問8	答え 1 2倍	弦を伝わる波の速さ v は、張力 T の平方根に比例する。したがって、張力が4倍になると、波の速さは $\sqrt{4}$ 倍、すなわち2倍となる。この性質を利用して、弦楽器ではペグを回して弦の張力を変えることで、発生する音の振動数を調整し、音程を合わせている。
問9	答え 3 714 Hz	ドップラー効果の公式より、観測者が音源に向かって移動する場合の振動数 f' は、音速を V 、観測者の速度を v 、音源の振動数を f とすると、 $f' = f * (V + v) / V$ で求められます。数値を代入すると、 $f' = 680 * (340 + 17) / 340 = 680 * 357 / 340 = 2 * 357 = 714$ Hz となります。
問10	答え 1 点Oでは音波が弱め合い、音は小さくなる	二つの音源からの距離が等しい点Oでは、音源の位相が同じであれば、二つの波は同位相で到達するため強め合います。しかし、一方の音源の位相を逆転させると、点Oに到達する二つの波は逆位相となり、打ち消し合って弱め合うこととなります。この結果、点Oにおける合成波の振幅は減少し、音は小さく聞こえるようになります。
問11	答え 4 入射角が臨界角を超え、かつ屈折率の大きい媒質から小さい媒質へ進む必要がある。	全反射が生じるためには、光が屈折率の大きい媒質から小さい媒質へと進むことが大前提である。このとき、屈折角が90度となる入射角を臨界角と呼び、入射角がこの臨界角よりも大きくなると、屈折光が消失して全反射が起こる。光の波長によって屈折率はわずかに異なるため、臨界角も波長依存性を持つ。

高校物理プリント（過去問類似）

波動 No.10

名前

得点

/10

問1 凸レンズによってスクリーン上に実像を結ぶ条件について述べた文として、最も適切なものはどれか。（2013年 全国公立入試 類似）

1. 物体をレンズの焦点距離よりも内側に置くと、スクリーン上に実像ができる。
2. 物体をレンズの焦点距離よりも外側に置くと、スクリーン上に実像ができる。
3. 物体をレンズの焦点距離の位置に置くと、スクリーン上に拡大された実像ができる。
4. 物体をレンズの焦点距離の2倍の位置に置くと、スクリーン上に正立した実像ができる。

問2 両端を固定した弦において、基本振動と2倍振動が同時に発生しているとき、弦上の各点における合成波の変位について最も適切な説明はどれか。（2018年 全国公立入試 類似）

1. 合成波の変位は、各時刻において基本振動の変位と2倍振動の変位を位置ごとに足し合わせた値となる。
2. 合成波の変位は、基本振動と2倍振動の振幅を足し合わせた一定の値となり、弦は常に静止して見える。
3. 合成波の変位は、基本振動の周期と2倍振動の周期の積に比例して変化する。
4. 合成波の変位は、弦の長さを基本振動の波長で割った値に依存し、時間変化はしない。

問3 屈折率 n の媒質中にある、間隔 d の平行な2枚の平面ガラス板に、波長 λ の単色光を垂直に入射させる。このとき、ガラス板の面で反射した光が干渉して強め合う条件として正しいものはどれか。ただし、反射面での位相変化を考慮し、 m を0以上の整数とする。（2018年 全国公立入試 類似）

1. $2nd = m\lambda$
2. $2nd = (m + 1/2)\lambda$
3. $nd = m\lambda$
4. $nd = (m + 1/2)\lambda$

問4 両端が固定された弦において、基本振動の次に高い振動数を持つ定常波（第2倍振動）が生じているとき、弦の長さ L と波長 λ の関係および節の数として正しい組み合わせはどれか。（2010年 全国公立入試 類似）

1. $\lambda = L$ 、節の数は2つ
2. $\lambda = L$ 、節の数は3つ
3. $\lambda = 2L/3$ 、節の数は2つ
4. $\lambda = 2L/3$ 、節の数は3つ

問5 位置 $x=0$ から $x=10$ の範囲で変位が0から最大値へ向かう正弦波において、時刻0秒で変位が0、位置 $x=5$ で変位が最大となる。この波が0.2秒後に右へ2m移動したとき、波の速度は何m/sか。（2015年 全国公立入試 類似）

1. 5 m/s
2. 10 m/s
3. 2 m/s
4. 0.2 m/s

問6 ヤングの干渉実験において、波長 λ の単色光を用い、間隔 d のスリットから距離 L 離れたスクリーン上に明暗の縞模様を形成させる。このとき、スクリーン上の中心から数えて m 番目（ $m=1, 2, 3, \dots$ ）の明線が生じる位置 x を求める式として正しいものはどれか。（2007年 全国公立入試 類似）

1. $x = m * L * \lambda / d$
2. $x = m * d * \lambda / L$
3. $x = (m - 1/2) * L * \lambda / d$
4. $x = (m - 1/2) * d * \lambda / L$

問7 振動数440ヘルツの音叉を鳴らしながら、あるギターの弦を弾いたところ、毎秒2回のうなりが観測された。ギターの音の高さが音叉よりも低い場合、このギターの弦の振動数は何ヘルツか。（2023年 全国公立入試 類似）

1. 432ヘルツ
2. 438ヘルツ
3. 442ヘルツ
4. 448ヘルツ

問8 人間の目において、近くの物体を見る際に水晶体の厚さを変化させて焦点距離を調節する仕組みに関する記述として、最も適切なものはどれか。（2011年 全国公立入試 類似）

1. 水晶体を薄くすることで焦点距離を小さくし、網膜上に像を結ぶ。
2. 水晶体を厚くすることで焦点距離を小さくし、網膜上に像を結ぶ。
3. 水晶体を薄くすることで焦点距離を大きくし、網膜上に像を結ぶ。
4. 水晶体を厚くすることで焦点距離を大きくし、網膜上に像を結ぶ。

問9 音速を340メートル毎秒としたとき、振動数が34000ヘルツである超音波の波長として最も適切なものはどれか。（2024年 全国公立入試 類似）

1. 0.01メートル
2. 0.1メートル
3. 1メートル
4. 10メートル

問10 白色光をプリズムに入射させたとき、光が分散する現象に関する記述として最も適切なものはどれか。（2005年 全国公立入試 類似）

1. 波長が短い光ほど屈折率が大きく、プリズム内での速度は遅くなる。
2. 波長が短い光ほど屈折率が小さく、プリズム内での速度は速くなる。
3. 波長が長い光ほど屈折率が大きく、プリズム内での速度は遅くなる。
4. 波長が長い光ほど屈折率が小さく、プリズム内での速度は速くなる。

答え合わせ・解説 No.10

問1	答え 2 物体をレンズの焦点距離よりも外側に置くと、スクリーン上に実像ができる。	凸レンズにおいて、物体が焦点距離よりも外側にある場合、光はレンズを通過した後収束し、スクリーン上に上下左右が逆向きの実像を結ぶ。一方、物体が焦点距離の内側にある場合は光が発散するため、スクリーン上には実像を結ぶことができず、レンズ越しに拡大された正立虚像が観察される。
問2	答え 1 合成波の変位は、各時刻において基本振動の変位と2倍振動の変位を位置ごとに足し合わせた値となる。	波の重ね合わせの原理により、複数の波が同時に存在する場合、任意の点における合成波の変位は、各波による変位を代数的に加算することで求められる。両端固定の弦では、基本振動と倍振動がそれぞれ固有の周期で振動しており、それらが重なり合うことで複雑な合成波形が形成される。このとき、各位置の変位は時刻の関数として時間的に変化し続ける。
問3	答え 1 $2nd = m\lambda$	平行なガラス板の間で反射する光は、往復の距離 $2d$ だけ光路差が生じます。空気からガラスへ入射する際の反射では位相が n （半波長分）反転しますが、2つの反射面で同様の位相変化が起こる場合、それらは打ち消し合います。したがって、光路差 $2nd$ が波長 λ の整数倍となる $2nd = m\lambda$ のとき、強め合いの条件を満たします。
問4	答え 2 $\lambda = L$ 、節の数は3つ	第2倍振動では、弦の中央にも節が生じるため、両端と合わせて節は合計3つとなる。このとき弦の長さ L には波長1個分が収まるため、 $L = \lambda$ 、すなわち $\lambda = L$ となる。基本振動の波長 $2L$ と比較すると、振動数は2倍になる。
問5	答え 2 10 m/s	波の速度は、波形が一定時間に進んだ距離をその時間で割ることで求められます。問題文より、波は0.2秒間で2m移動したことがわかります。したがって、速度 $v = 2\text{m} / 0.2\text{s} = 10\text{m/s}$ と計算されます。
問6	答え 1 $x = m * L * \lambda / d$	ヤングの干渉実験では、二つのスリットからの光路差が波長の整数倍（ $m\lambda$ ）となるときに強め合い、明線が生じる。スリット間隔を d 、スクリーンまでの距離を L 、中心からの距離を x とすると、近似的に光路差は dx/L と表される。したがって、 $dx/L = m\lambda$ を x について解くと、 $x = m * L * \lambda / d$ となる。中心（ $x=0$ ）は $m=0$ に対応する明線である。
問7	答え 2 438ヘルツ	うなりの回数、2つの音源の振動数の差の絶対値に等しくなります。音叉の振動数を $f_1=440$ ヘルツ、ギター振動数を f_2 とすると、 $ f_1 - f_2 = 2$ となります。ギター音の方が低いという条件から、 $f_2 = 440 - 2 = 438$ ヘルツと求められます。2つの振動数が一致したとき、うなりは聞こえなくなります。
問8	答え 2 水晶体を厚くすることで焦点距離を小さくし、網膜上に像を結ぶ。	人間の目は、水晶体の厚さを変えることで屈折力を調整し、焦点距離を変化させています。近くの物体を見る際は、水晶体を厚くして屈折力を強めることで焦点距離を小さくし、網膜上に像を結ぶように調節します。逆に遠くの物体を見る際は、水晶体を薄くして焦点距離を大きくします。この調節機能により、物体までの距離に関わらず網膜上に鮮明な像を結ぶことが可能となります。
問9	答え 1 0.01メートル	波長を求める式は「波長 = 音速 / 振動数」である。与えられた数値を代入すると、 $340\text{メートル毎秒} \div 34000\text{ヘルツ} = 0.01\text{メートル}$ となる。超音波はヒトの可聴域を超える高い振動数を持つため、一般的な音波と比較して波長が非常に短くなるという特徴がある。
問10	答え 1 波長が短い光ほど屈折率が大きく、プリズム内での速度は遅くなる。	光の分散は、媒質の屈折率が光の波長に依存するために生じる現象である。一般に、光の波長が短いほど媒質の屈折率は大きくなる性質がある。屈折率が大きい媒質ほど光の速度は遅くなるため、波長の短い紫色の光は、波長の長い赤色の光よりもプリズム内での速度が遅くなり、より大きく屈折することになる。この結果、白色光は各波長成分に分かれて観測される。