

注意事項：実験試験 (20 点)

May 25, 2023

実験試験は 5 時間で、合計 20 点満点である。

試験開始前

- 試験開始の合図があるまでは、問題の入った封筒を開けてはいけない。
- 試験の開始と終了は、音で合図される。1 時間ごとに経過時間を伝えるアナウンスがあり、試験終了 (試験終了を知らせる音) の 15 分前にもアナウンスがある。

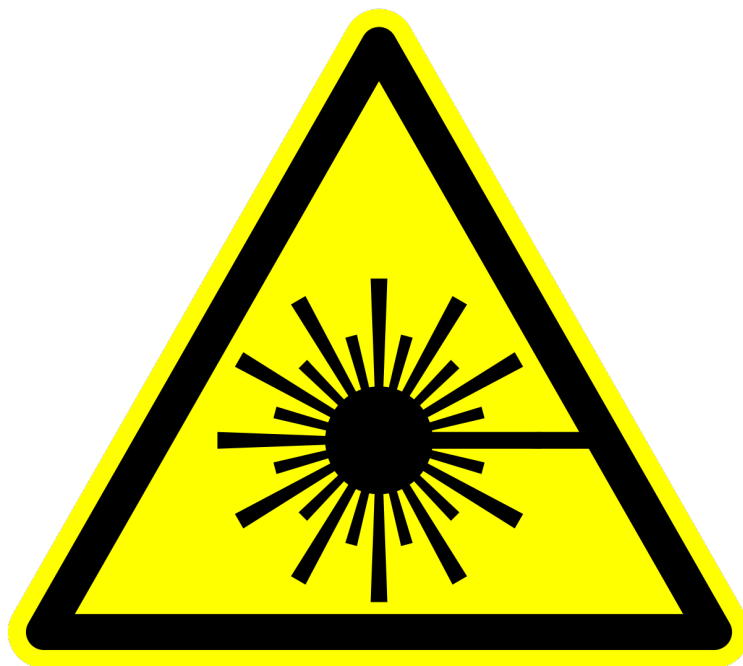
試験中

- 専用の解答用紙が用意されている。測定結果は、対応する解答用紙 (A と記載) の該当する表や解答欄、グラフに記入せよ。各問題には、細かい計算などを行うための白紙のワークシートが余分に用意されている (W と記載)。必ず現在取り組んでいる問題のワークシートを使うようにせよ (ヘッダーにある問題番号を確認すること)。採点されたくないことが書かれている場合は、該当箇所に線を引いたりバツを書いて消すこと。すべてのページは表側のみを使用すること。
- 解答はできるだけ簡潔に記すこと。可能な限り数式、論理演算子、スケッチなどを使って自分の考えを説明し、長文の使用は避けること。
- 誤差計算は特に指定がない場合に明示する必要はないが、数値を記述する際には有効桁数を適切に記載せよ。また、データ点の数や測定回数は特に指定のない限り、適切に決めよ。
- 前の問題が解けていなくても、後の問題を解くことができる場合がよくある。
- 許可なく作業場所を離れることは許されない。助けが必要な場合 (飲料水の補充、電卓の故障、トイレなど) は、パーテーションに付いているホルダーに 3 つの旗のうち 1 つを入れ、監督者へ知らせること ("Refill my water bottle, please", "I need to go to the toilet, please", もしくは "I need help, please")。

試験終了時

- 試験終了の合図があったら、直ちに筆記を中止すること。
- 問題ごとに、注意事項 (G)、問題 (Q)、解答用紙 (A)、ワークシート (W) の順に、対応するシートを並べ替えよ。
- 一つの問題に属するシートは、すべて同じ封筒に入れよ。また、注意事項が書かれたシート (G) を残りの別の封筒に入れよ。各封筒の窓から参加者コードが見えていることを確認すること。白紙のシートも提出せよ。試験会場から紙を持ち出すことは禁止されている。
- 封筒が回収されるまで、自分の席で待機すること。封筒がすべて回収されたら、ガイドから試験場から退出するよう案内がある。筆箱は出口で返却し、ペットボトルは持ち帰ること。

注意



LASER RADIATION HAZARD

レーザー光に注意すること。

レーザー光を覗き込まないこと。

レーザー光を直接目に入れないこと。

オシロスコープ (Siglent SDS 1152CML+) についての説明

1. まず、スクリーン上に波形を表示するため、プローブの BNC コネクター (A) を CH1 の入力に、フック (B) を 1 kHz の方形波出力端子に接続せよ。そこで、[Auto] ボタンを押すと、オシロスコープが自動的に波形を取り込む (図 1)。

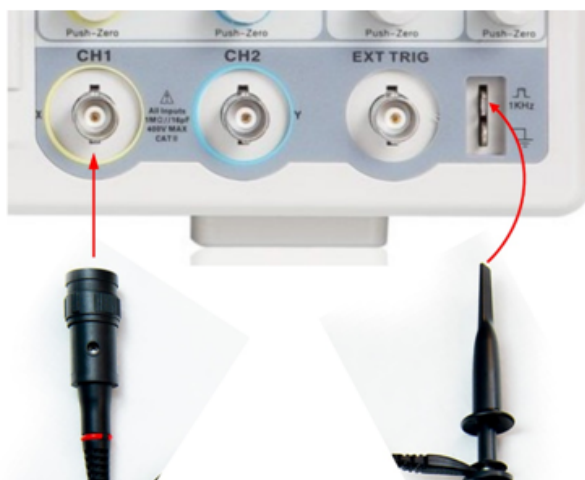


図 1

2. フック (B) を 1 kHz の方形波出力端子から外し、図 2 のコントロールボックスの CH1 端子に接続し、下側のスイッチを PHOTOGATE 側に倒せ。

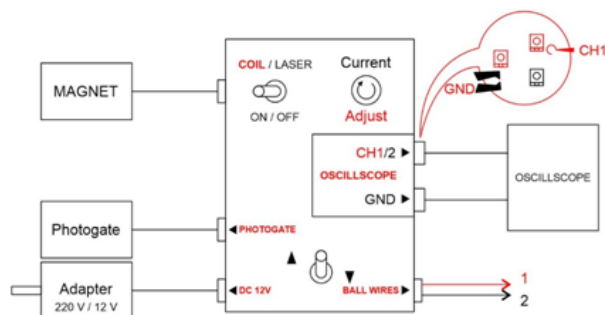


図 2

3. トリガー軸 (白色の T でスクリーン上に示されている) を、レベルのつまみによって水平軸に合わせよ。
4. [Trigger Menu] を押してトリガー条件をチェックせよ。図 3 と同じでなければいけない。

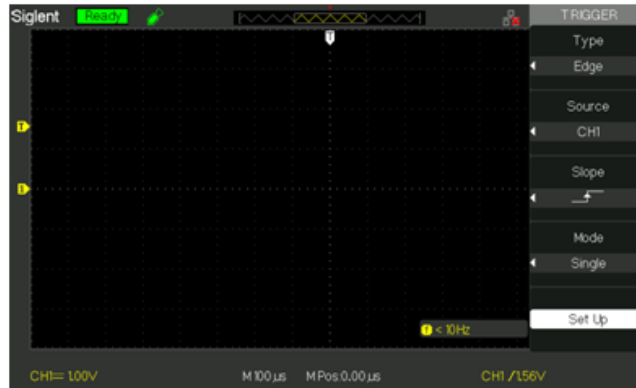


図 3

5. チャンネル1（CH1）の Vertical のつまみを回して、電圧を 2 V にせよ。
6. 水平軸の Zoom のつまみを回して、時間スケールを 250 ms とせよ。

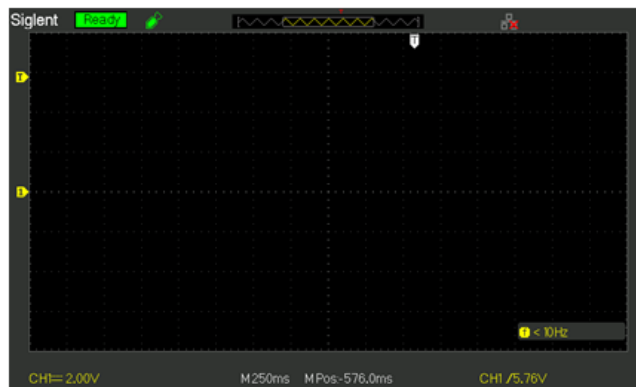


図 4

7. 球を電磁式球体ホルダーに取り付けた後、Run/Stop ボタンを押せ。ボタンの色が赤から緑に変わる。
8. スクリーンの左上の隅に緑色の“Ready”の表示が現れる（図 4）。
9. コントロールボックスのスイッチを切断し、電磁式球体ホルダーから球を離れさせ、測定を開始せよ（図 5）。

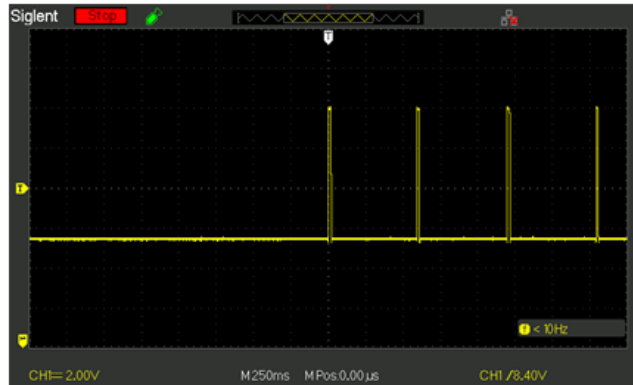


図 5

10. 3 番目のパルスを用い、11 から 12 の手順に従い、時間軸を拡大してパルス幅 Δt を有効桁数 7 桁で求めよ。

11. (Horizontal position) のつまみを回転させると、スクリーンの左下の隅に M Pos = 1.195550s. のように値が表示される (図 6)。

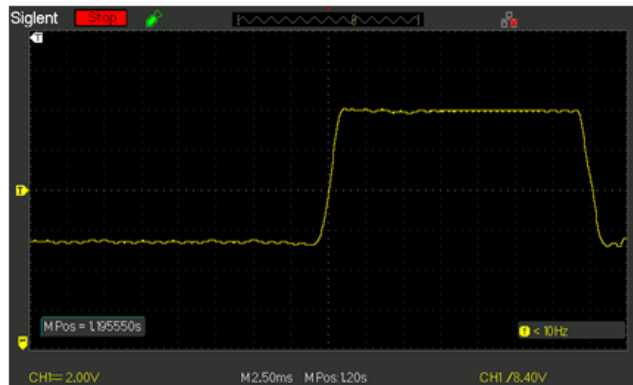


図 6

図 6 でスクリーンの左上の隅にある白い T のマークの矢印は左を向いている。これは、トリガーの位置がスクリーンの外にあることを示しており、トリガーの位置からスクリーンの中心までの時間が有効桁数 7 桁で測定されている。

12. オシロスコープの実験では最初のパルスは電磁式球体ホルダーによる磁化やワイヤーの聴力の影響を受けるため、そのパルス幅を測定すべきではない。したがって、2 番めと 4 番目、もしくは 3 番目と 5 番目のパルスを使って振り子振動の周期もしくは速さの測定を行わなくてはならない。

n 番目のパルスに対して時間測定を行うには、"time division" を 250 ms とする。次に "Horizontal position" のつまみを回し、n 番目のパルスを画面の中心に持ってくる。そこで "time division" を小さな値に変更し、パルスが画面上で幅広く表示されるようにする。パルス幅を測定するには、"Horizontal position" のつまみを回して信号の立ち上がりエッジの中心 (振幅が半分になる位置) が画面のちょうど真ん中にくるようにすると、ディスプレイにその点の正確な時間が表示される。さらに "Horizontal position" のつまみを回して立ち下がりエッジの中心 (振幅が半分になる位置) が画面の中心に来るようにし、その点の正確な時間測定をおこなう。立ち上がりと立ち下りの時間差が正確なパルス幅の値となる。

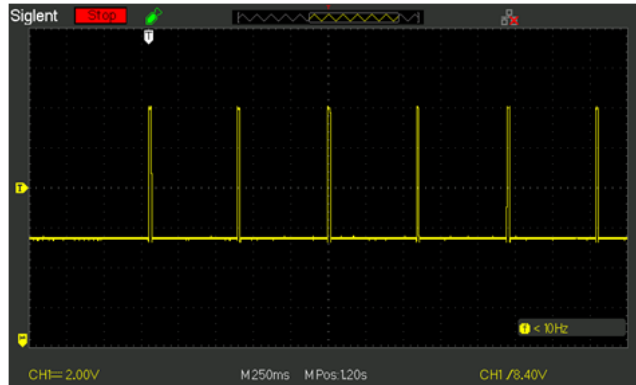


図 7

オシロスコープ (Siglent SDS 1202X-E) についての説明

1. オシロスコープの接続に関しては、前モデルのオシロスコープと同じである。
2. フォトゲートをオシロスコープの入力に接続し、ボールを振る。
3. 次に青い [Auto setup] ボタンを押すと、以下の画面が表示される。

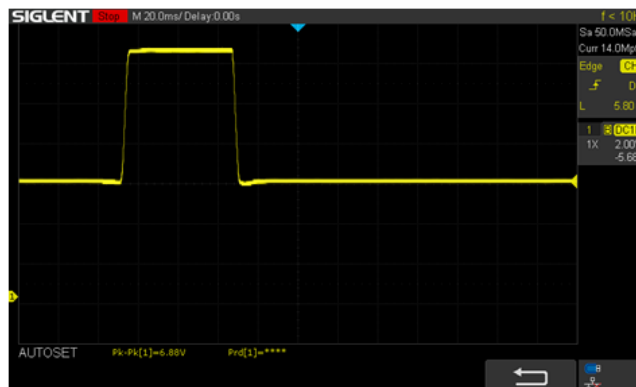


図 8

パルス形状が不安定になる可能性がある。time division つまみを 20ms に合わせよ。画面上にパルスが発生したら、(Run/Stop) ボタンを押して、信号を凍結させよ。

4. vertical position のつまみと Volts/division のつまみを使って、信号を画面の中央に配置せよ。

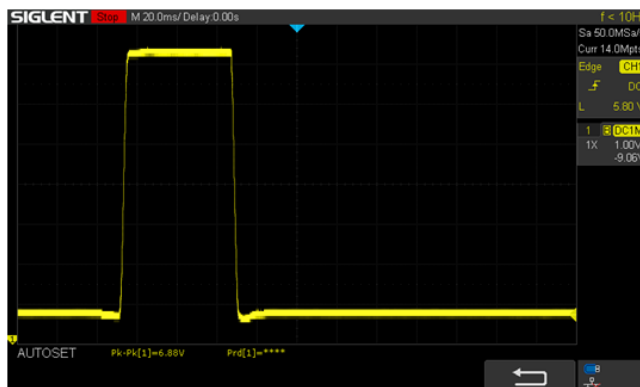


図 9

5. time division つまみの値を 500ms に変更せよ。ボールを電磁式球体ホルダーで保持し、[Single] ボタンを押すと、画面には何も見えなくなる。その後、コントロールボックスのスイッチを切断し、ボールを電磁式球体ホルダーから離せ。図 10 のようなフォトゲートからのパルスがオシロスコープのメモリに記録される。

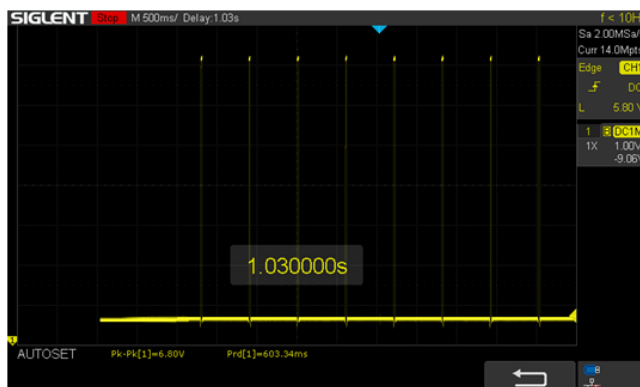


図 10

画面中央上部にある青い三角形に注目せよ。これが時間の原点になる。Horizontal position つまみを回転させることで、3 番目のパルスを中心に置くことができる。2 番目と 4 番目のパルスも同様に使用できる。第 1 パルスは使用しないこと。電磁式球体ホルダーやワイヤーテンションの影響がある。

6. time division つまみの値を 100us に変更し、Horizontal position つまみを回転させ、信号の立ち上がりエッジが画面のちょうど真ん中にくるようにせよ。画面中央には、原点からの正確な時間の値が表示される。

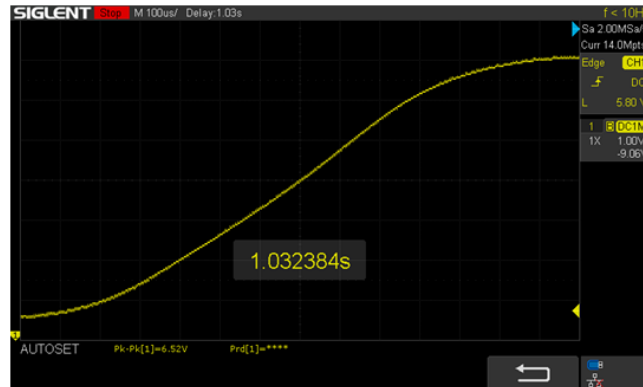
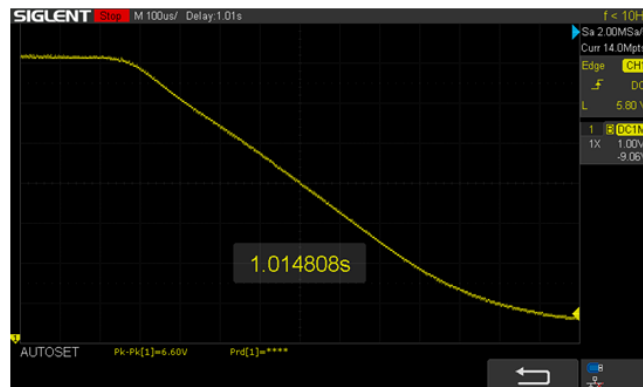


図 11

7. time division つまみを 20ms に戻した後、Horizontal position つまみを回転させてパルスの立ち下がりエッジを画面内に配置する。次に、time division つまみを 100us に戻し、信号の立ち下がりエッジ (振幅が半分となるタイミング) を画面中央に配置すると、別の正確な時間が得られる。つまり、これらの時間の差がパルス幅となる。



8. 同様に、5 番目のパルスの立ち上がりエッジを画面中央に配置することで正確な振動周期を測定することができる。