

とやま科学オリンピック **2021**

高校（物理）

実験問題

2021年8月4日（水）

時間：10時40分～12時00分（80分間）

注意事項

1. 指示があるまで、問題冊子を開かないで、以下の注意事項をよく読むこと。
2. 問題は、5ページあります。
3. 実験問題は、チームで協力して行います。
4. 机の上に置けるものは、「大会参加にあたって」で定められたものと与えられた実験器具のみとします。
5. 解答はすべて解答用レポート用紙に記入し、レポート用紙を提出すること。
6. 参加番号をレポート用紙の決められた欄に記入すること。
7. 観察・実験等にあたっては、安全に十分注意すること。
8. 実験中にけがをしたり、器具の故障・破損が生じたりしたときは速やかに申し出ること。
9. 途中で気分が悪くなった場合や、トイレに行きたくなくなった場合には、すぐに申し出ること。

みなさんの健闘を期待しています。

富山県 富山県教育委員会

2 実験問題 (80 分)

質量が無視できる糸の先におもりを付けたものを単振り子という。単振り子の振動の周期に関する実験 1, 実験 2 を行い, その過程と結果についてレポートを作成せよ。

実験に必要なもの

- | | | | |
|----------|-------|------------|------------|
| ・実験用スタンド | ・おもり | ・糸 (2.5 m) | ・物差し (1 m) |
| ・分度器用紙 | ・工作用紙 | ・電卓 | ・ストップウォッチ |
| ・セロハンテープ | ・はさみ | ・割り箸 | ・つまようじ |

図 1 のように, 糸の上端からおもりの重心までの距離 (重心はおもりの中心にあるものとする) を「振り子の長さ」と呼び, 糸の上端を通る鉛直線と糸のなす角 θ を「振れの角」と呼ぶことにする。

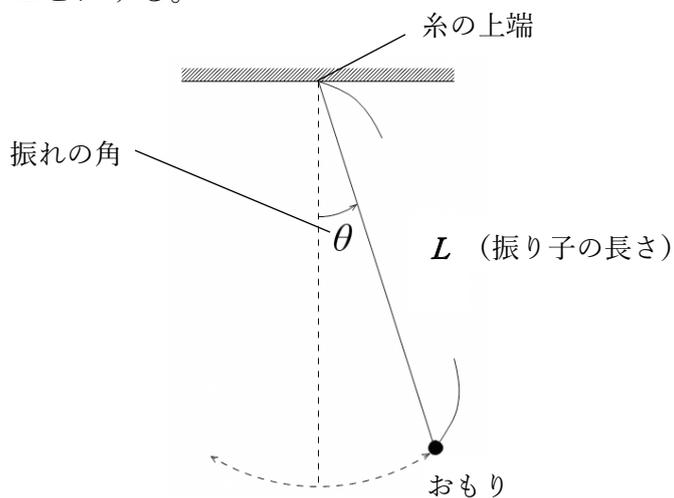


図 1

振れの角の最大値が小さいとき, 単振り子の振動の周期 T [s] は, おもりの質量に無関係で, 式 (1) で近似されることが知られている。ここで, L [m] は振り子の長さ, g [m/s²] は重力加速度の大きさである。また, g [m/s²] の値は実験を行う場所が変わらなければ一定である。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad \dots \text{式 (1)}$$

(補足)

式 (1) は, あくまでも単振り子のおもりが一直線上を往復する運動とみなした場合の近似式である。このような一直線上の振動を単振動といい, 同じような運動には, ばねにつけたおもりの往復運動や, 等速円運動を真横から見た運動が知られている。

実験装置の組立

図2のように実験装置を組み立てる。
(会場内に見本を置くので参考にする。)

- ・分度器用紙を破線に沿って切り取る。

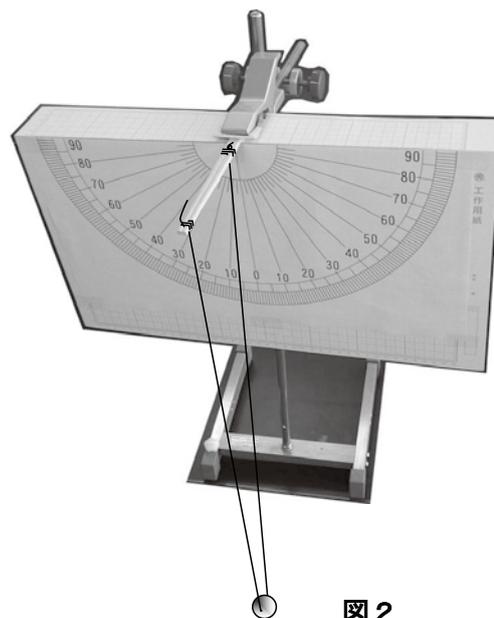
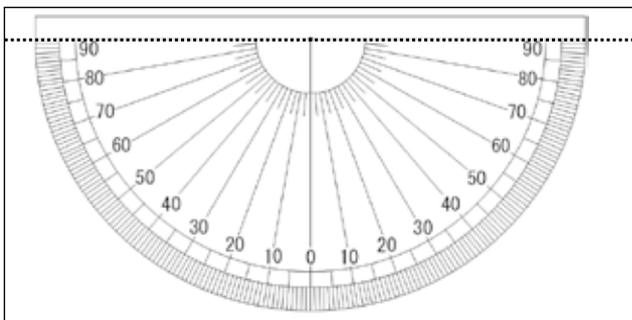
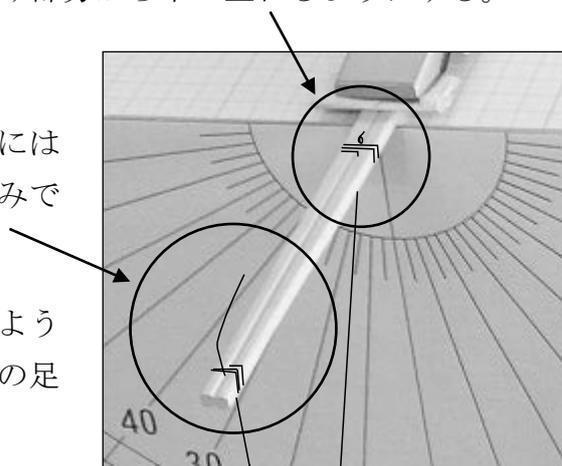
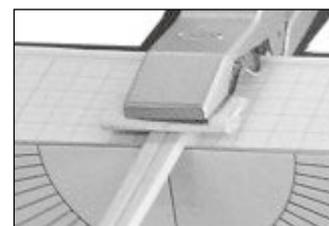


図2

- ・工作用紙を端から6 cm 程の位置で直角に折る。
- ・分度器用紙を工作用紙にセロハンテープで貼る。
- ・分度器用紙の中心にあわせて割り箸を工作用紙に貼る。
- ・工作用紙と割り箸を実験スタンドに取り付け固定する。
割り箸がぐらつく場合は紙を何回か折り曲げてはさむ。
- ・糸の先端に結び目を作り、割り箸の奥側ではさむ。糸を何回か割り箸に巻き、抜け落ちないようにし、最後は割り箸の切れ込み部分から下へ垂れるようにする。
- ・糸をおもりの穴に通し、長さを調整する。
- ・他端の糸は、割り箸の先端付近の切れ込みにはさみ、何度か割り箸に巻き、最後は切れ込みで糸をはさむようにして固定する。
- ・おもりを振らせて実験スタンドがぐらつくようなら、紙を何回か折り曲げて実験スタンドの足にはさむ。



(補足)

糸を2本にして三角形のようにおもりを吊す理由は、おもりを振らせた際に、振動が同一平面内でおこるようにするためである。

実験 1

式 (1) を変形すると、式 (2) のようになり、振り子の長さ L [m] と周期 T [s] を測定することにより、重力加速度の大きさ g [m/s²] の値を求めることができる。そこで、単振り子を用いて重力加速度の大きさ g [m/s²] の値をできるだけ精度よく 求める実験を行い、レポートを作成せよ。

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \quad \dots \text{式 (2)}$$

(実験にあたっての注意)

- ・ 実験にあたって振れの角の最大値は、小さいとみなせる $\theta_0 = 5^\circ$ とし、そのときの周期を T_0 [s] とする。
- ・ 実験は 5 回行い、平均値から周期 T_0 [s] を求めることとする。
- ・ 振り子の長さ L [m] が実験の途中で変わらないように、糸をしっかりと固定する。
- ・ 安全のために、おもりの位置は腰よりも低くなるように設定する。

レポート 1

- (1) 精度よく実験を行うために、振り子の長さ L [m] の測定方法および工夫した点とそのようにした理由について説明せよ。
- (2) 精度よく実験を行うために、周期 T_0 [s] の測定方法および工夫した点とそのようにした理由について説明せよ。
- (3) 実験結果をレポート用紙の表に記入せよ。
- (4) 重力加速度の大きさ g [m/s²] の値を有効数字 3 桁で求めよ。なお、円周率は $\pi = 3.1416$ とする。

問題は次のページに続きます

実験 2

単振り子の周期の式 (1) は、「振れの角の最大値が小さい」という前提で導出されている (高等学校「物理」で学習)。

それでは、振れの角の最大値がどれだけの値までなら、式 (1) が成り立つとみなせるだろうか。次の手順に従って実験を行い、レポートを作成せよ。

実験方法

- (i) 振り子の長さ L [m] は、実験 1 で設定した値を用いる。
- (ii) 振れの角の最大値を $\theta = 5^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ と変え、それぞれに対する周期 T [s] を測定する。なお、 5° については実験 1 の値を用いる。

(実験にあたっての注意)

- ・安全のために、おもりが振れる位置はおおむね腰よりも低くなるように設定し、周囲との間隔を十分にとること。
- ・実験は同じ角度で 5 回行い、平均値から周期 T [s] を求めることとする。

レポート 2

- (1) 実験結果をレポート用紙の表に記入せよ。ただし、実験 1 で求めた周期を T_0 [s]、実験 2 で求めた周期を T [s] とする。
- (2) T_0 [s] と T [s] の比 $\frac{T}{T_0}$ の値と、振れの角の最大値 θ [°] は、どのような関係になると考えられるか。実験結果をグラフに示し述べよ。
- (3) 振れの角の最大値 θ [°] がどれだけの値までなら、式 (1) が成り立つと考えられるか。どのように考えたかわかるように説明せよ。
- (4) 振れの角の最大値 θ [°] が前述の (3) のような値でなければ式 (1) が成り立つとみなせないのは、なぜか。これまでに学んだ力学の知識をもとに述べよ。

