

とやま科学オリンピック **2022**

**高校（物理）**

**筆記問題**

2022年8月11日（木）

時間： 9時20分～10時20分（60分）

**注意事項**

1. 指示があるまで、この冊子を開かないで、以下の注意事項をよく読むこと。
2. 筆記問題は、5ページあります。
3. 筆記問題は個人で行います。
4. 机の上に置けるものは、筆記用具と電卓のみとします。
5. 解答はすべて解答用紙に記入すること。なお、筆記問題の解答用紙は、筆記問題終了後に提出するので、必要に応じて問題冊子にメモを残してよい。
6. 参加番号を解答用紙の決められた欄に記入すること。
7. 途中で気分が悪くなった場合や、トイレに行きたくなった場合には、すぐに申し出ること。

みなさんの健闘を期待しています。

このページに 問題はありません

## 1 筆記問題

富山県は「蛇口をひねればいつでもおいしい水が飲める」と言われるが、それには理由がある。富山県には大小310以上の川が流れており、中でも富山県を代表する河川は、世界でも有数の急流河川と言われている（図1）。そのため、急流な河川の水はすぐに海に流れ込むので、途中で汚染されることが少なく、いつもきれいな状態でいられる。

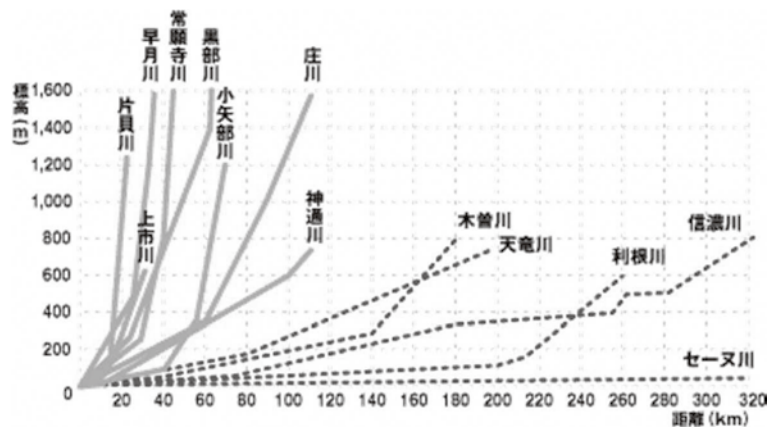


図1 河川縦断概略図

出典元「とやまの水を知ろう/おいしさのワケ(富山県HP)」

そこで、「斜面を運動する物体」を「河川を流れる水」に見立て、斜面の傾きによる物体の運動について考えてみる。

- 1 斜面を下る物体について、以下の文章中の空欄①～④に当てはまる言葉をそれぞれ答えよ。なお、①には力の名称を、②～④は【大きくなる・小さくなる・変化しない】から適切な言葉を選び答えよ。ただし、空気の抵抗や摩擦力などは物体の運動に影響しないものとする。

斜面を下る物体には、( ① ) の斜面方向の分力がはたらき続けるため、物体の速さは時間とともに ( ② ) 。斜面が急になればなるほど、( ① ) の斜面方向の分力が ( ③ ) ため、単位時間あたりに変化する速さの割合は ( ④ ) 。

次に、 $x$  軸を水平方向、 $y$  軸を鉛直方向として図2のように  $A$  点  $(0, 5)$  と  $B$  点  $(20, 0)$  をとる。以下の問いに答えよ。なお、重力加速度の大きさは、 $10\text{m/s}^2$  とし、小球の大きさや空気の抵抗やレールの摩擦などは無視できるものとする。

※重力加速度とは、物体が落下するときの単位時間あたりの速度の変化の割合である。

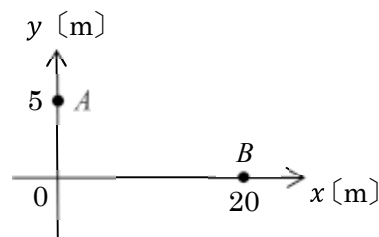


図2

2  $A$  点と  $B$  点を図3のような直線状のレールでつないだとき、次の (1) ~ (4) の問いに答えよ。ただし、解答は  $\sqrt{\quad}$  を用いず、すべて小数第1位まで答えよ。

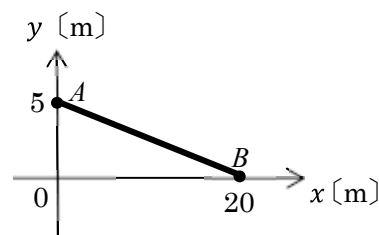


図3

(1)  $A$  点と  $B$  点をつなぐレールの長さ  $AB$  を答えよ。なお、図4のような直角三角形において、3辺の長さには、 $a^2 + b^2 = c^2$  の関係式が成り立つ。

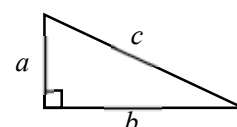


図4

(2)  $A$  点から小球を静かにはなしたとき (初速=0)、 $B$  点での小球の速さ  $v$  を答えよ。なお、摩擦力などがはたらかないとき、物体の力学的エネルギーの総和は保存され変化しない (力学的エネルギー保存の法則)。ここで力学的エネルギーとは、運動エネルギーと位置エネルギーの和であり、質量  $m$  の物体の速さを  $v$  とし、重力加速度の大きさを  $g$ 、基準となる位置からの高さを  $h$  とすると、次の式で与えられる。

$$\text{力学的エネルギー} : \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

(3)  $A$  点から小球を静かにはなしたとき、 $A$  点から  $B$  点に至るまでの小球の平均の速さ  $\bar{v}$  を答えよ。なお、平均の速さについては次のページで補足する。

(4)  $A$  点から小球を静かにはなしたとき、 $A$  点から  $B$  点に至るまでにかかる時間  $t$  を答えよ。

(補足)

平均の速さ $\bar{v}$ について考えてみる。等加速度直線運動において、 $t$ 秒後の速度 $v$ と移動距離 $x$ は次の式で与えられる。なお、 $v_0$ は初速度、 $a$ は速度の変化の割合を表す加速度である。

$$v = v_0 + at \quad \cdots \text{①}$$

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad \cdots \text{②}$$

この2つの式について、①の式を変形して②の式の $a$ に代入し整理する。

$$\frac{v + v_0}{2} = \frac{x}{t} = \bar{v}$$

以上から、等加速度直線運動において、平均の速さ $\bar{v}$ を求めることができる。  
さらに、

$$t = \frac{x}{\frac{v + v_0}{2}} = \frac{x}{\bar{v}}$$

より、平均の速さ $\bar{v}$ から時間 $t$ を求めることも可能である。

3  $A$  点と  $B$  点を図5のような経路のレールでつなぎ、 $A$  点から静かに小球をはなした。なお、レールが折れ曲がったときに小球はバウンドせず、なめらかに  $B$  点に向かうものとする。ただし、解答は $\sqrt{\quad}$ を用いず、すべて小数第1位まで答えよ。

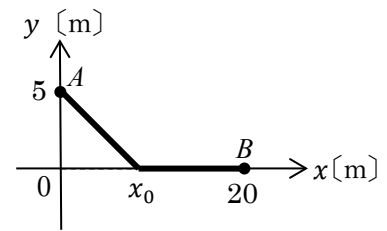


図5

(1) レールが $(x_0, 0)$ で折れ曲がる時、次の①、②の場合について、 $A$  点から  $B$  点に至るまでにかかる時間 $t$ を答えよ。なお、解答用紙には導出過程も示すこと。

①  $x_0 = 0$  [m] の場合

②  $x_0 = 5$  [m] の場合

(2) (1) と同様に、 $x_0 = 12$  [m]、 $x_0 = 20$  [m] の場合について時間 $t$ を求め、表を完成させよ。

$x_0$ [m]	0	5	12	20
$t$ [秒]				

(3) (2) の表をもとに、 $x_0$ を変化させたときの時間 $t$ の変化をグラフに表せ。

(4) (2) の表と (3) のグラフから、(i) 分かること、(ii) 最短時間になると推測される $x_0$ 、についてそれぞれ述べよ。

4  $A$  点と  $B$  点を図6のような経路のレールでつなぎ、 $A$  点から静かに小球をはなした。なお、レールが折れ曲がったときに小球はバウンドせず、なめらかに  $B$  点に向かうものとする。ただし、解答は $\sqrt{\quad}$ を用いず、すべて小数第1位まで答えよ。

(1) レールが  $(10, y_0)$  で折れ曲がる時、次の①、②の場合について、 $A$  点から  $B$  点に至るまでにかかる時間  $t$  を答えよ。なお、解答用紙には導出過程も示すこと。

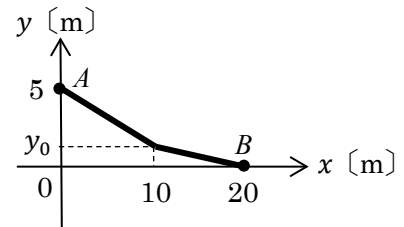


図6

①  $y_0 = 4$  [m] の場合

②  $y_0 = -5$  [m] の場合

(2) (1) と同様に、 $y_0 = 0$  [m]、 $y_0 = -15$  [m] の場合について時間  $t$  を求め、表を完成させよ。

$y_0$ [m]	4	0	-5	-15
$t$ [秒]				

(3) (2) の表をもとに、 $y_0$  を変化させたときの時間  $t$  の変化をグラフに表せ。

(4) (2) の表と (3) のグラフから、(i) 分かること、(ii) 最短時間になると推測される  $y_0$ 、についてそれぞれ述べよ。

5 大問3や大問4の結果から、 $A$  点と  $B$  点をどのような経路で結べば小球は最短時間で  $B$  点に達すると考えられるか。(i) 推測した経路の概形を描き、(ii) その根拠、について説明せよ。

このページに 問題はありません



とやま科学オリンピック **2022**

高校（物理）

実験問題

2022年8月11日（木）

時間：10時40分～12時10分（90分）

注意事項

1. 以下の注意事項をよく読むこと。
2. 実験問題は、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紙に記入し提出すること。
6. 参加番号を解答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

1の筆記問題で考えた内容を参考に、斜面を移動する小球が一番早く目的地に到達するルートを考えて実験装置を製作せよ（後半でタイム競技を行う）。また、その過程と結果についてレポートを作成せよ。なお、実験装置はレポート1（次頁）が終わってから製作すること。

### [ 実験に必要なもの ]

- ・小球（直径 8.0mm, 小球はレポート1を書き終えてから前方の教卓まで取りに行く）
- ・PP プレート（縦 90cm, 横 180cm, 通称：プラダン）
- ・ホース（内径 12mm, 3.0m, 小球をスタートさせる一方の端に穴があいている）
- ・スタートピン ・ゴール台紙 ・マスキングテープ（以後、テープと記す）
- ・物差し（90cm） ・ストップウォッチ（持参したもの） ・養生テープ（3枚）

### [ 実験の概要 ]

図1のように、スタートとゴール地点が設定された PP プレートに、小球を通過させるホースを貼り付け、小球がゴールに到達する時間が最短になるルートを製作する。なお、スタートとゴールにおけるホースの向きは特に指定しない。

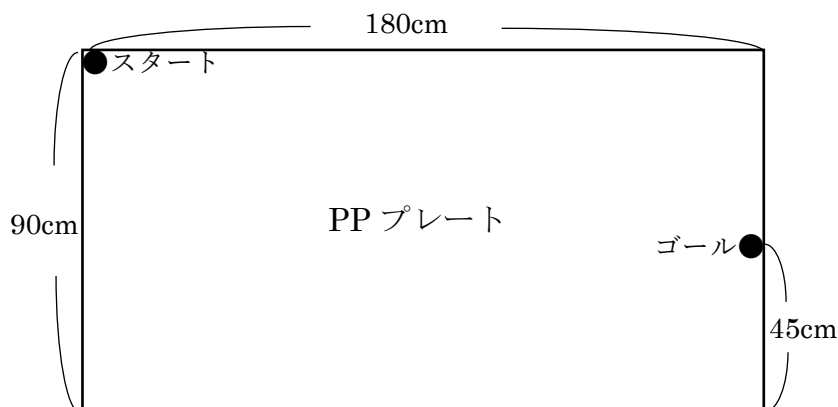


図1

## 事前準備

個人の考えと実験ペアの考えを整理する。実験装置を製作する前に指定された解答用紙を利用してレポート1を作成せよ。

### レポート1

- (1) 筆記問題を参考にして、まず、個人で仮説を立て (i) 設計図, (ii) 説明文, をそれぞれ指定された解答用紙に記入せよ。解答用紙 A・B は, 参加番号の末尾が A の者が A, 末尾が B の者が B に記入する。
  
- (2) 実験ペアで話し合い, 班の 2 人で考えた仮説を文章で説明せよ。
  
- (3) (2) の仮説をもとに製作予定の設計図を記入せよ。

ここまですべて終えた班は, 代表者 1 名が前方の教卓に小球を取りに行く。  
実験器具の製作は, 小球が手元にある状態からとりかかること。  
なお, これ以降は, レポート 1 の訂正を行ってはいけない。

## 実験装置の製作

実験に必要なものを用いて、実験ペアで話し合い、スタートからゴールまでの時間が最短になるルートを製作せよ。製作の際は、次の手順に従うこと。

(手順)

- ① PP プレートを机の上に置いた状態で製作を始める。
- ② PP プレートを机の端から 5mm 程度あけ、養生テープで 3 箇所を貼り固定する。実験競技は、この位置で PP プレートを立てて行う (図 2)。
- ③ ゴール台紙を PP プレートのゴール地点に貼る。このとき、金属の穴とゴール地点の●印が重なるようにする (図 3)。
- ④ ホースの取り付け位置が分かるように、ルート上の各ポイントにテープを貼る。
- ⑤ ホースの取り付けは、スタート地点から行う。その際、スタートピンが PP プレートの●印と重なるようにする。ピンを外すことで小球がスタートする (図 4)。
- ⑥ ゴール地点は、ホースをゴール台紙の針金の輪 2 個に通す。なお、ゴール台紙は、ホースの角度によって回転する仕組みになっており、実験競技はこの位置で時間を測定する (図 5)。
- ⑦ スタートからゴールまでの経路をホースで製作する。このとき、PP プレートを立ててもホースが外れないようにテープでしっかり固定する。テープを貼る場所や個数は指定しない。なお、スタート地点とゴール地点にはテープを貼ってはいけない。
- ⑧ 余ったホースは、切らずに空いている部分に貼っておくか垂らしておく。なお、小球がホースから飛び出ないように、ホースの出口にテープを貼っておく (図 6)。
- ⑨ 製作中に試技を行ってレポート 1 (3) の設計図からルートを変更させてもよい。

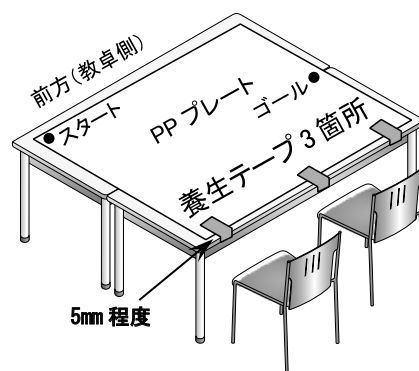


図 2

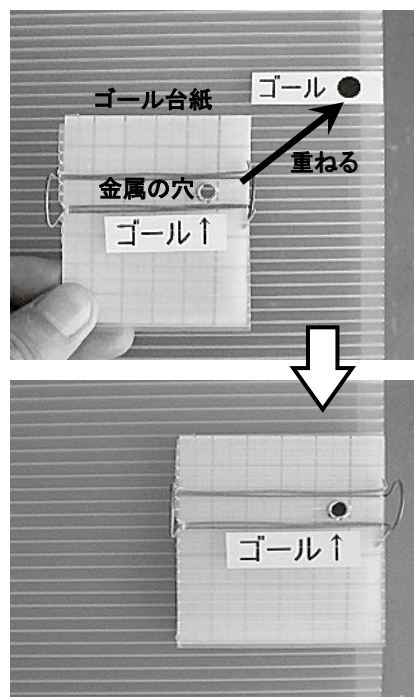


図 3

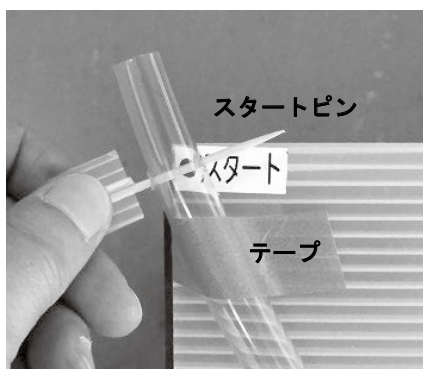


図 4 (スタート地点)

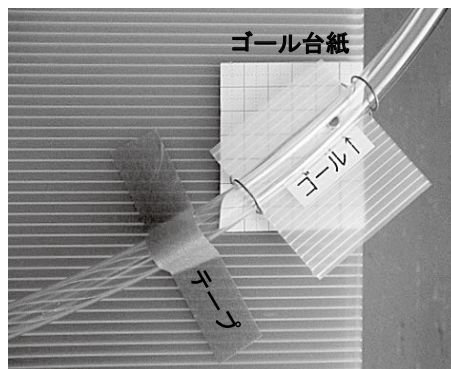


図 5 (ゴール地点)

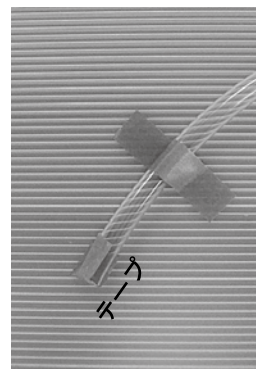


図 6 (ホースの出口)

## レポート2

- (1) レポート1 (3) の設計図から、最終的に実験装置を製作するまでに試行錯誤した過程、検証したこと、工夫点などを文章で説明せよ。また、その過程を踏まえて追加や変更した事項を説明せよ。変更しなかった場合はその理由を説明せよ。
- (2) 最終的に製作した実験装置の設計図を長さとともに記入せよ。

### ※ 実験競技は、11：40 から行います。

- ・ この時間までに実験装置を完成させなさい。
- ・ この時間以降は、実験装置の訂正は行えない。なお、各班の実験競技スタート前に1分以内であればテープの補強は認める。

## 実験競技

次の表は、実験競技で使用する。各班のタイムや実験装置の特徴など、自由にメモしても構わない。

	タイム[秒]	メモ
1 班		
2 班		
3 班		
4 班		
5 班		

	タイム[秒]	メモ
6 班		
7 班		
8 班		
9 班		
10 班		

レポート 3 [ 実験競技が終了した後、合図から 15 分間で作成せよ。]

- (1) 自分の班の実験競技について結果を記入し、その結果や他の班の実験競技との比較から、自分たちの班の実験装置についてよかった点や改善点をまとめよ。
- (2) 筆記問題の解答との違いについて考察して説明せよ。



