

第 8 章	物理(3 年)	高校入試過去問題	運動とエネルギー	1430
			仕事とエネルギー	

[問題 1] (京都 2022 年 2 月)

物体を持ち上げるのに必要な仕事について調べるため、誠さんは次の〈実験Ⅰ〉・〈実験Ⅱ〉を行った。これについて、下の問 1・問 2 に答えよ。ただし、質量 100 g の物体にはたらく重力の大きさを 1 N とし、斜面と物体の間の摩擦、ロープの質量は考えないものとする。

〈実験Ⅰ〉 右の i 図のように、質量 1400 g の物体を、ロープを用いて、4.0 秒かけて一定の速さで斜面に平行に 1.40m 引き上げることで、はじめの位置から 0.80m の高さまで持ち上げる。

〈実験Ⅱ〉 右の ii 図のように、質量 1400 g の物体を、ロープを用いて、7.0 秒かけて一定の速さで真上に引き上げることで、はじめの位置から 1.40m の高さまで持ち上げる。

i 図

ii 図

問 1 〈実験Ⅰ〉で物体を引き上げる力の大きさは何 N か求めよ。

問 2 次の文章は、〈実験Ⅰ〉と〈実験Ⅱ〉における、仕事と仕事率について述べたものの一部である。文章中の X・Y に入る表現として最も適当なものを、あとの(ア)～(ウ)からそれぞれ 1 つずつ選べ。

〈実験Ⅰ〉と〈実験Ⅱ〉で、物体を引き上げる力が物体にした仕事の大きさを比べると X。また、仕事率を比べると Y。

(ア) 〈実験Ⅰ〉の方が大きい (イ) 〈実験Ⅱ〉の方が大きい (ウ) どちらも同じである

[解答欄]

問 1	8.0 N			
問 2	X	イ	Y	ウ

【解説】

問 1

ポイント》 仕事の原理

斜面や滑車など、道具を使った場合でも、仕事の大きさは変わらない。

質量 100 g の物体にはたらく重力の大きさが 1 N であるから、質量 1400 g の物体にはたらく重力の大きさは 14 N である。この大きさの重力がはたらく物体を 0.80 m の高さまで垂直に持ち上げるときの仕事の大きさは、 $14\text{ N} \times 0.8\text{ m} = 11.2\text{ J}$ となる。誠さんが物体を斜面に平行に引き上げる力の大きさを F とすると、この力の大きさを F で物体を 1.4 m 引き上げた仕事の大きさは、 $F \times 1.4\text{ J}$ となる。

仕事の原理より、この仕事の大きさは、物体を垂直に持ち上げたときの仕事の大きさと等しいので、 $F \times 1.4 = 11.2$ これを解いて、 $F = 8.0\text{ N}$

問 2 X…同じ質量 1400 g の物体に対し、引き上げる高さは〈実験Ⅱ〉の方が高くなっているので、物体を引き上げる力が物体にした仕事の大きさは、〈実験Ⅱ〉の方が大きい。仕事の大きさは、〈実験Ⅰ〉では問 1 で求めたように 11.2 J、〈実験Ⅱ〉では $14\text{ N} \times 1.40\text{ m} = 19.6\text{ J}$ となる。Y…仕事率を求めると、〈実験Ⅰ〉では $11.2\text{ J} \div 4.0\text{ s} = 2.8\text{ W}$ 、〈実験Ⅱ〉では $19.6\text{ J} \div 7.0\text{ s} = 2.8\text{ W}$ となり、どちらも同じである。

[問題 2] (大分 2022 年 2 月)

花子さんと太郎さんは、次の実験を行った。問 1～問 7 に答えなさい。

I 電流をつくり出すしくみについて調べた。

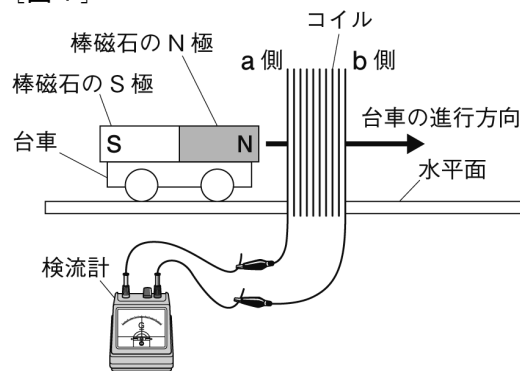
1 [図 1] のように、棒磁石を乗せた台車を用意し、進行方向に N 極を向けて置き、検流計につないだコイルを水平面に垂直に立てた。

2 台車に乗せた棒磁石の N 極が **a** 側からコイルに近づくとき、検流計の針は + 側に振れた。

3 **1** と同様に、[図 1] の場所に台車を置いた。検流計の針が 0 の位置にあることを確かめた後、進行方向に台車を勢いよく押し、台車はコイルの中を **a** 側

から **b** 側に通過した。台車がコイルの **a** 側に近づいたとき、検流計の針は + 側に振れた。針の振れを確認し、流れた電流の大きさを記録した。

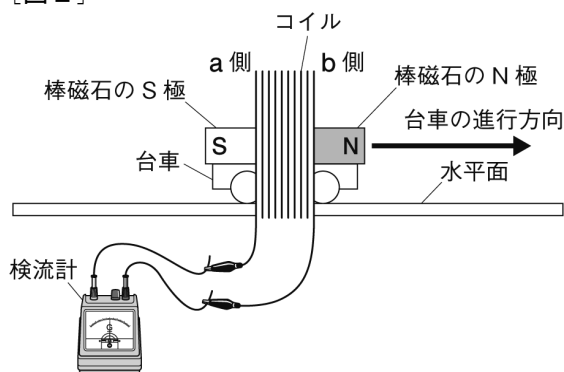
[図 1]



問 1 **2** のように、磁石を動かしたとき、コイルに流れる電流を何というか、書きなさい。

問 2 [図 2] のように、棒磁石を乗せた台車をコイルの中央に置いた。コイルの **a** 側から **b** 側へ台車を勢いよく押したとき、棒磁石の S 極の影響による検流計の針の振れ方として最も適当なものを、**A**～**ウ** から 1 つ選び、記号を書きなさい。

[図 2]



A + 側に振れた。 **I** - 側に振れた。

ウ 0 の位置から動かなかった。

Ⅱ 2人は、Ⅰで台車を押す勢いを変えて、コイルの中を通過させると、コイルに流れる電流の大きさが変わること気づき、次の実験を行った。ただし、台車とレールの間の摩擦力や空気の抵抗はないものとする。

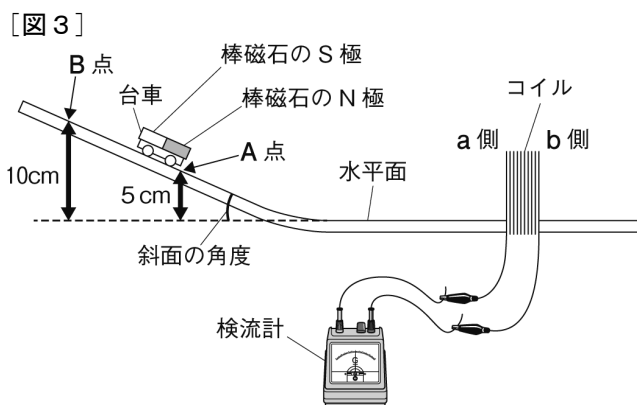
4 斜面と水平面がなめらかにつながったレールを用意した。Ⅰで使用したコイルをレールの水平面に垂直に立て、検流計につないだ。

5 [図3]のように、進行方向にN極を向けた棒磁石を乗せた台車を、水平面からの高さ5cmのA点に置いた。

6 台車から静かに手をはなしたところ、台車は斜面を下り、コイルの中をa側からb側に通過した。台車がコイルのa側に近づいたとき、検流計の針は+側に振れた。針の振れを確認し、流れた電流の大きさを3と同様に記録した。

7 5と斜面の角度は変えずに、棒磁石を乗せた台車を、水平面からの高さ10cmのB点に置いた。

8 台車から静かに手をはなしたところ、台車は斜面を下り、コイルの中をa側からb側に通過した。台車がコイルのa側に近づいたとき、検流計の針は+側に振れた。針の振れを確認し、流れた電流の大きさを記録した。それを6の結果と比較したところ、流れた電流は6の結果よりも大きかった。



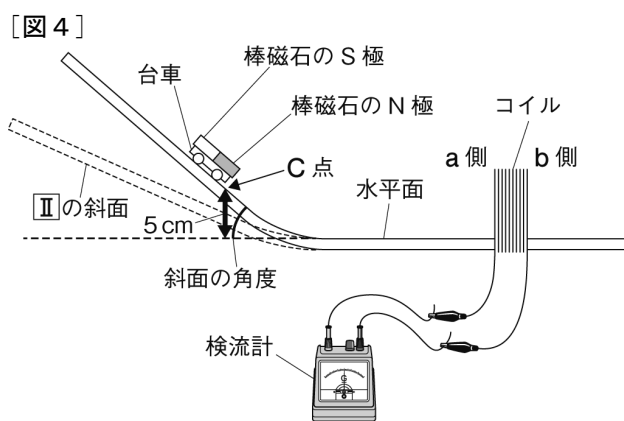
問3 6で、台車が水平面を進む速さは一定であった。このように、速さが一定で一直線上を進む運動のことを何というか、書きなさい。

問4 8でコイルに流れた電流が、6でコイルに流れた電流より大きくなった理由を、台車の運動に注目し、「磁界」という語句を用いて簡潔に書きなさい。

Ⅲ 太郎さんは、「さらに大きな電流を流すためにはどうすればよいのだろうか」という新たな疑問を持ち、次の実験を行った。

9 [図4]のように、Ⅱより斜面の角度を大きくし、棒磁石を乗せた台車を水平面からの高さ5cmのC点に置いた。ただし、棒磁石を乗せた台車、コイル、検流計はⅡと同じものである。

10 台車から静かに手をはなしたところ、台車は斜面を下り、コイルの中をa側からb側に通過した。台車がコイルのa側に近づいたとき、検流計の針は+側に振れた。針の振れを確認し、流れた電流の大きさを記録した。それを6の結果と比較したところ、流れた電流の大きさは6の結果と同じであった。



問5 ⑩でコイルに流れた電流と、⑥でコイルに流れた電流の大きさが同じであった理由を、「力学的エネルギー」と「磁界」という語句を用いて簡潔に書きなさい。

問6 Ⅲの実験結果より大きな電流を流すためには、Ⅲの実験の条件をどのように変えればよいか、誤っているものを、ア～エから1つ選び、記号を書きなさい。

- ア コイルの巻数を増やす。
- イ 台車に乗せる棒磁石を質量が同じで磁力の強い磁石に変える。
- ウ C点よりも高い位置に台車を置き、静かに手をはなす。
- エ 台車に乗せる棒磁石のN極とS極の向きを変える。

問7 多くの発電所では、磁石とコイルを利用して電気エネルギーをつくっており、家庭ではその電気エネルギーを消費している。家庭で使われているような照明器具は電気エネルギーを光エネルギーに変換している。ある家庭において、消費電力が60Wの白熱電球と、消費電力が7.4WのLED電球はほぼ同じ明るさであった。白熱電球1個をLED電球1個に取りかえて30日間使用するとき、削減できる電力量は何kWhか、四捨五入して小数第一位まで求めなさい。ただし、白熱電球とLED電球を使うのは1日4時間とする。

[解答欄]

問1	誘導電流
問2	イ
問3	等速直線運動
問4	(例) A点よりも高い位置で手をはなしたため、台車の速さが大きくなり、コイルをつらぬく磁界の変化が大きくなったから。
問5	(例) A点とC点は高さが同じため、位置エネルギーが同じであり、力学的エネルギーの保存から、水平面での運動エネルギーが同じになり、コイルをつらぬく磁界の変化の大きさが同じため。
問6	エ
問7	6.3 kWh

【解説】

問 1 コイル内部の磁界が変化すると、コイルに電流を流そうとする電圧が生じる現象を電磁誘導、このとき流れる電流を誘導電流という。

問 2 棒磁石のN極が近づくと、検流計の針は+側に振れた。台車が勢いよく押されると、コイル内を通過するので、N極が遠ざかりS極が近づく。S極が近づくと誘導電流の向きはN極が近づいたときと逆になる。したがって、検流計の針は-側に振れる。

問 4 台車がつもつ位置エネルギーは、A点にあるときよりも水平面からの高さが高いB点にあるときの方が大きい。手をはなして台車が斜面を下る運動を始めると、位置エネルギーは運動エネルギーに移り変わるため、B点で手をはなした台車の方が、A点で手をはなした台車より水平面での速さは大きくなる。速さが大きくなるほど、コイルの中の磁界の変化が大きくなり、流れる電流も大きくなる。

問 5 台車がつもつ位置エネルギーの大きさは、斜面の角度ではなく、水平面からの台車の高さで決まる。図3の台車も図4の台車も、同じ5cmの高さからはなしているので、もっている位置エネルギーは同じである。したがって、力学的エネルギーの保存により、水平面での運動エネルギーも同じになるため、水平面でコイルを通過する台車の速さも同じで、磁界の変化の大きさも同じになる。

問 6 **ポイント** 誘導電流の大きさを大きくする方法

- ・磁石を速く動かす。
- ・磁石の磁力を強いものにする。
- ・コイルの巻数を多くする。

エ…棒磁石のN極とS極を逆にすると、誘導電流の流れる向きが逆になるが、大きさは変わらない。

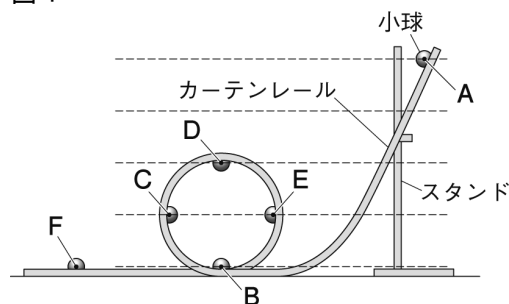
問 7 白熱電球とLED電球の消費電力の差は、 $60 - 7.4 = 52.6\text{W}$ である。したがって、1日4時間で30日間使うとすると、削減できる電力量は $52.6\text{W} \times (4 \times 30)\text{h} = 6312\text{Wh}$ となる。 $1000\text{Wh} = 1\text{kWh}$ なので、 6.312kWh より、 6.3kWh 削減できることになる。

[問題 3] (長崎 2022 年 2 月)

次の I, II の問いに答えなさい。

- I 図 1 のように、カーテンレールを用いた装置を作製し、点 A で小球を静かに離したところ、小球はレールから離れることなく点 B, 点 C, 点 D, 点 E, 点 F の順に通過した。点 B から各点までの高さを測ると、点 A の高さは点 D の高さの 2 倍であった。また、点 C, 点 E の高さはどちらも、点 D の高さの半分であった。ただし、小球が受ける摩擦や空気抵抗は考えないものとする。

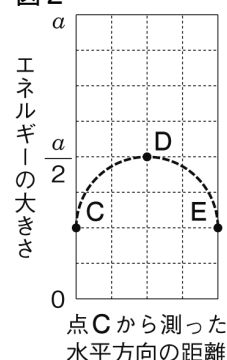
図 1



- 問 1 小球が区間 B C D E を運動している間に、速さが最も大きいのは小球がどの位置にあるときか。点 B, 点 C, 点 D, 点 E の中から一つ選んで、その記号を答えよ。

- 問 2 点 B を高さの基準として、点 A で小球がもつ位置エネルギーの大きさを a とする。小球が区間 C D E を運動するとき、点 C から測った水平方向の距離と小球の位置エネルギーの大きさの関係が図 2 の破線のようにになるとき、点 C から測った水平方向の距離と小球の運動エネルギーの大きさの関係を表すグラフを、解答用紙の図 2 に実線でかけ。

図 2



- II 図 3 のように、カーテンレールを用いた装置を作製し、レールの水平部分に木片を置き、斜面上で小球を静かに離したところ、小球は点 P で木片と衝突したあと木片を動かし、やがて小球、木片ともに静止した。質量の異なる小球を用いて、小球を離す高さを変え、木片が静止するまでに動いた距離を繰り返し測定したところ、木片が動いた距離と、小球を離す高さの関係は図 4 のようなグラフになった。ただし、小球とカーテンレールの間には摩擦はなく、木片とカーテンレールの間には一定の大きさの摩擦はたらくものとする。また、空気抵抗は考えないものとし、小球がはじめにもつ位置エネルギーは全て木片を動かすことに使われるものとする。

図 3

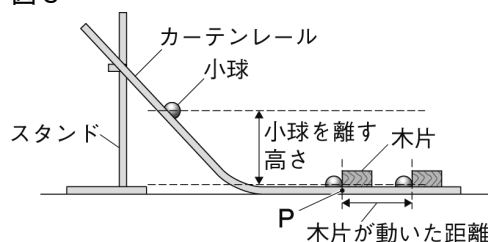
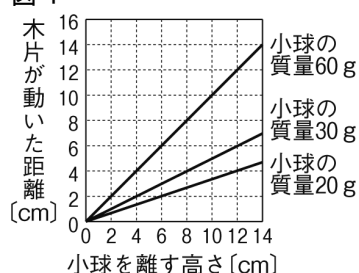
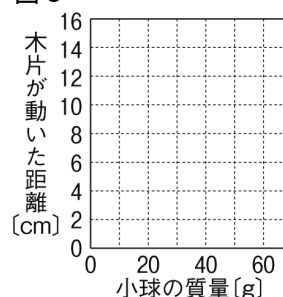


図 4



- 問 3 小球を離す高さが 8 cm のとき、木片が動いた距離と、小球の質量の関係を表すグラフを、解答用紙の図 5 にかけ。
- 問 4 図 4 から、小球がはじめにもつ位置エネルギーは、小球を離す高さで、小球の質量に比例すると考えられる。図 3 で小球を離す高さを 6 cm にして、質量 80 g の小球を斜面上で静かに離すとき、木片が動く距離は何 cm か。

図 5



[解答欄]

問 1	B
問 2	
問 3	
問 4	8 cm

[解説]

問 1 点Bの位置を基準面とすると、小球のもつ位置エネルギーは、点Aが最大、点B、点Fが最小である。小球が受ける摩擦や空気抵抗は考えないものとしているので、小球が点Aでもっている位置エネルギーは、位置エネルギーと運動エネルギーの間で移り変わる。したがって、小球のもつ運動エネルギーは、点Aが最小、点B、点Fが最大である。選択肢の中では、運動エネルギーが最大である点Bが速さが最も大きいと考えられる。

問 2 力学的エネルギー（位置エネルギーと運動エネルギーの和）は保存されるので、点Cの位置エネルギーの大きさ（ $\frac{a}{4}$ ）+点Cの運動エネルギーの大きさ＝ a より、点Cの運動エネルギーの大きさは、 $a - \frac{a}{4} = \frac{3a}{4}$ より、 $\frac{3a}{4}$ 。点Cと高さが同じ点Eも、位置エネルギーの大きさは $\frac{a}{4}$ なので、運動エネルギーの大きさは、 $\frac{3a}{4}$ である。

問 3 図4より、それぞれの小球の質量について、小球を離す高さが8 cmのときの木片が動いた距離を読み取ると、小球の質量が30 gのとき木片が動いた距離は4 cm、小球の質量が60 gのとき木片が動いた距離は8 cmである。これをもとにグラフをかくと、原点を通る直線のグラフになる（小球の質量と木片が動いた距離は、比例の関係であることがわかる）。

問 4 小球を離す高さが6 cm、小球の質量が20 gのときの木片が動いた距離は2 cmである。小球がはじめにもつ位置エネルギーは、小球を離す高さ小球の質量に比例すると考えられるので、小球の質量が80 g（20 gの4倍）のときは、木片が動いた距離は8 cm（2 cmの4倍）になる。

[問題 4] (鳥取 2022 年 2 月)

物体がもつエネルギーについて調べるために、次の**実験 1**～**実験 3**を行った。

あとの各問いに答えなさい。ただし、摩擦や空気の抵抗は考えないものとする。

実験 1

操作 1 図 1 のような実験装置を組み立て、力学的エネルギー実験器の調節ねじを適度にしめる。

操作 2 小球の速さを変えて打ち出すことができる発射装置を使って、15 g の小球をくいに当て、くいの移動距離を調べる。

操作 3 質量が異なる小球に変えて、**操作 2** と同様にくいの移動距離を調べる。このとき、速さ測定器が 1.6 m/s の速さを示すように、発射装置を調節して小球を転がす。

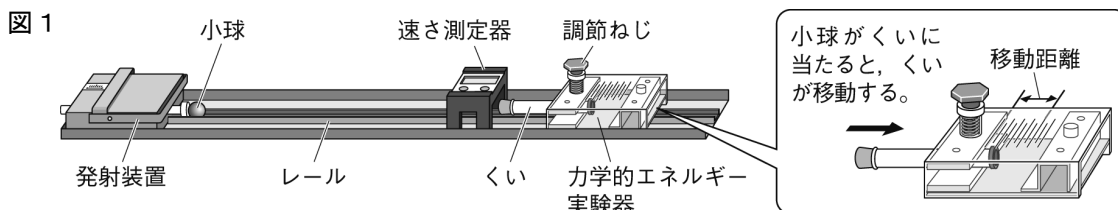


表 1、表 2 はそれぞれ**操作 2**、**操作 3**の結果をまとめたものである。

また、図 2 は表 1 をグラフに表したものである。

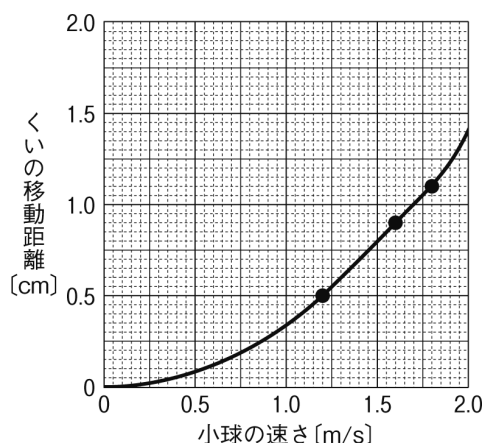
表 1

小球の速さ [m/s]	くいの移動距離 [cm]
1.2	0.5
1.6	0.9
1.8	1.1

表 2

小球の質量 [g]	くいの移動距離 [cm]
10	0.6
15	0.9
25	1.5

図 2



問 1 表 2 をもとに、小球の質量とくいの移動距離との関係を表すグラフをかきなさい。

問 2 **実験 1**の結果から、小球のもつ運動エネルギーの大きさと、小球の速さや質量との関係について述べたものとして、最も適切なものを、次の**ア**～**エ**からひとつ選び、記号で答えなさい。

ア 小球のもつ運動エネルギーの大きさは、小球の速さや質量が大きいほど大きい。

イ 小球のもつ運動エネルギーの大きさは、小球の速さや質量には関係しない。

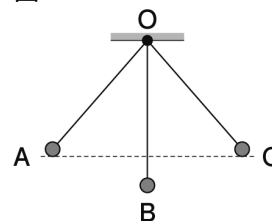
ウ 小球のもつ運動エネルギーの大きさは、小球の速さが大きいほど大きい、質量には関係しない。

エ 小球のもつ運動エネルギーの大きさは、小球の質量が大きいほど大きい、速さには関係しない。

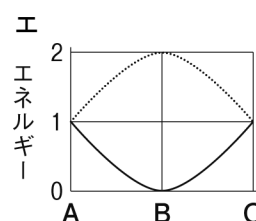
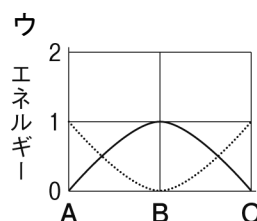
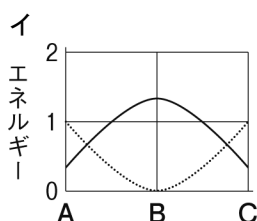
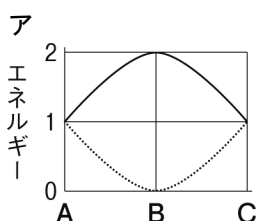
実験 2

図 3 のように、おもりに伸び縮みしない糸をつけて、天井の点 O からつるし、おもりの最下点 B から糸がたるまないように点 A まで持ち上げ、静止させたあと、静かに手を離し、振り子の運動を観察する。

図 3



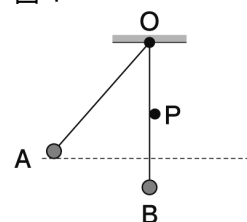
問 3 おもりは図 3 の点 B を通り、点 A と同じ高さの点 C に移動した。このときの運動エネルギーと位置エネルギーの変化のようすを表している図として、最も適切なものを、次のア～エからひとつ選び、記号で答えなさい。ただし、横軸はおもりの位置を表し、縦軸はおもりが点 A の位置にあるときの位置エネルギーを 1 としたときのエネルギーの大きさを表している。また、図中の実線は運動エネルギーを、点線は位置エネルギーを表している。



実験 3

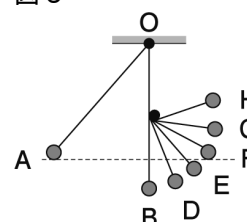
図 4 のように、実験 2 で使用した振り子の点 O から点 B までの距離のちょうど半分の位置である点 P にくぎを打ち、糸がたるまないようにしておもりを点 A まで持ち上げ、静止させたあと、静かに手を離し、振り子の運動を観察する。

図 4



問 4 おもりは図 5 の点 D～H のどの位置まで上がるか、最も適切なものをひとつ選び、記号で答えなさい。

図 5



問 5 次の文は、実験 2、実験 3 の結果について、まとめたものである。文の (①), (②) にはまるものの組み合わせとして、最も適切なものを、あとのア～エからひとつ選び、記号で答えなさい。

実験 3 でおもりが点 B を通過したときの速さは、実験 2 でおもりが点 B を通過したときの速さ (①)。また、実験 3 でおもりが点 B から上がって静止する位置まで移動した時間は、実験 2 でおもりが点 B から点 C まで移動した時間 (②)。

	(①)	(②)
ア	と等しい	と等しい
イ	と等しい	より短くなる
ウ	より速くなる	と等しい
エ	より速くなる	より短くなる

[解答欄]

問 1	
問 2	ア
問 3	ウ
問 4	F
問 5	イ

[解説]

問 1 小球の質量とくいの移動距離の関係は、原点を通る直線で表され、比例関係にある。

問 2 表 1, 表 2 より, 小球の速さが大きくなるほど, また, 小球の質量が大きくなるほど, くいの移動距離は大きくなっている。これらのことから, どちらの場合も小球のもつ運動エネルギーが大きくなっていることがわかる。

問 3 摩擦や空気の抵抗を考えないので, 位置エネルギーと運動エネルギーの和である力学的エネルギーはつねに一定に保たれる。振り子のおもりが点 A から最下点 B に移動する間はおもりの位置エネルギーは運動エネルギーに変わるので, 位置エネルギーは 1 から減少し, その分運動エネルギーは増加する。おもりが点 B に達すると位置エネルギーは 0 になり, 運動エネルギーは 1 になる。おもりが点 B から点 C に移動する間, 位置エネルギーは増加し, 運動エネルギーは 1 から減少する。点 C で位置エネルギーは 1 になり, 運動エネルギーは 0 になる。

問 4 点 P で糸が曲げられても, おもりがもっている力学的エネルギーの大きさは変わらない。このため, おもりは A と同じ位置 (F) まで上がる。

問 5 ①…最下点 B を通過するまでの実験の設定は, 実験 2 も実験 3 も同じである。

②…振り子では, 長さが短いほどおもりの速さは大きくなる。実験 2 でおもりが点 B から点 C まで移動するとき, 実験 3 でおもりが点 B から上がって静止する位置 (F) まで移動するときの振り子の長さをくらべると, 実験 3 のほうが短く, おもりの速さは大きい。よって, おもりが移動する時間は短くなる。