

第 5 章	物理(3 年)	高校入試過去問題	運動とエネルギー	1330
			物体の振動	

[問題 1] (岐阜 2022 年 2 月)

物体を用いて実験を行った。問 1～問 7 に答えなさい。ただし、100 g の物体にはたらく重力の大きさを 1 N とし、空気の抵抗は考えないものとする。

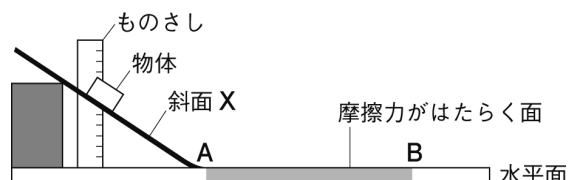
〔実験〕図 1 のように、水平面と点 A でなめらかにつ

ながった斜面 X がある。水平面上の点 A から点 B (A B 間は 40.0 cm) までは、物体に摩擦力がはたらく面である。

質量が 250 g の物体を、斜面 X 上のいろいろな高さから滑らせ、点 A を通過後、静止するまでに、A B 間を移動した距離を調べた。

表は、その結果をまとめたものである。ただし、斜面 X では物体に摩擦力ははたらかないものとする。

図 1



物体の高さ [cm]	4.0	8.0	12.0	16.0	20.0
A B 間を移動した距離 [cm]	7.2	14.4	21.6	28.8	36.0

問 1 実験で使用した物体にはたらく重力の大きさは何 N か。

問 2 実験で、物体が斜面 X 上を滑るあいだの様子について、正しく述べている文はどれか。

ア～エから 1 つ選び、符号で書きなさい。

- ア 物体にはたらく力の大きさはだんだん大きくなるが、物体の速さは変化しない。
 イ 物体にはたらく力の大きさはだんだん大きくなり、物体の速さはだんだん速くなる。
 ウ 物体にはたらく力の大きさは変化せず、物体の速さも変化しない。
 エ 物体にはたらく力の大きさは変化しないが、物体の速さはだんだん速くなる。

問 3 実験で、物体を 8.0 cm の高さから滑らせたとき、滑り始めてから静止するまでに、物体にはたらく垂直抗力が物体にした仕事は何 J か。

問 4 実験で使用した物体を、水平面から 16.0 cm の高さまで、手でゆっくり持ち上げたところ、2 秒かかった。このとき、手が物体にした仕事率は何 W か。

問 5 実験で、物体を 15.0 cm の高さから滑らせたとき、A B 間を移動した距離は何 cm か。

問 6 実験で、物体をある高さから滑らせて静止するまでの運動エネルギーについて、次の の (1)、(2) に当てはまるものを、ア～ウからそれぞれ 1 つずつ選び、符号で書きなさい。

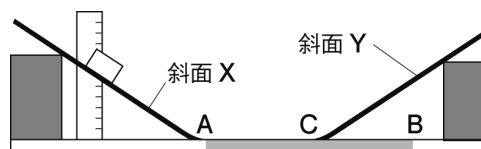
- 物体を滑らせてから点 A までは、物体の運動エネルギーは (1) 。
- 点 A から静止するまでは、物体の運動エネルギーは (2) 。

ア 大きくなる イ 変化しない ウ 小さくなる

問 7 図 2 のように、A B の中点 C で摩擦力がはたらかない斜面 Y をなめらかにつなげ、同様の実験を行った。物体を斜面 X 上の 18.0cm の高さから滑らせたとき、点 A、点 C を通過後、物体は斜面 Y を何 cm の高さまで上がるか。ア～エから最も適切なものを 1 つ選び、符号で書きなさい。

ア 6.9cm イ 12.4cm ウ 18.0cm エ 32.4cm

図 2



[解答欄]

問 1		2.5	N
問 2		エ	
問 3		0	J
問 4		0.2	W
問 5		27	cm
問 6	(1)	ア	
	(2)	ウ	
問 7		ア	

[解説]

問 1 質量 100 g の物体にはたらく重力の大きさが 1 N なので、その 2.5 倍の質量である 250 g の物体には、2.5 N の大きさの重力がはたらく。

問 2 **ポイント** 力学的エネルギー保存の法則

(力学的エネルギー) = (位置エネルギー) + (運動エネルギー)

→摩擦や空気の抵抗などがなければ、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常に一定に保たれる。

摩擦や空気の抵抗が無視できるとき、斜面に置かれた物体には、斜面に垂直な向きと平行な向きの力がはたらく。これらは重力の分力であり、分力の大きさは斜面の角度によって決まるので、斜面を滑るあいだには変化しない。また、図 1 の水平面を基準面と考えると、物体のもつ位置エネルギーは斜面に置かれた時点が最大で、滑り下りて水平面に近づくほど位置エネルギーは小さくなり、力学的エネルギー保存の法則より、その分運動エネルギーは大きくなる。このため、斜面を滑る物体では、位置エネルギーの低下と運動エネルギーの増加にともなって、滑るあいだに速さがだんだん速くなる。

問 3 斜面を滑る物体では、斜面から物体にはたらく垂直抗力の向きと物体が動く向きが異なっている。したがって、物体を置いた高さに関わらず、物体にはたらく垂直抗力が物体にした仕事の大きさは、0 J となる。

問4 2.5Nの大きさの重力がはたらく物体を 16.0cm (=0.16m) の高さまで持ち上げたときの仕事の大きさは、 $2.5\text{N} \times 0.16\text{m} = 0.4\text{J}$ である。この大きさの仕事を 2 秒かけて行っているので、求める仕事率は、 $0.4\text{J} \div 2\text{s} = 0.2\text{W}$

問5 表より、物体の高さが 4.0cm のときから 2 倍、3 倍…となると、A B間を移動した距離も 7.2cm から 2 倍、3 倍…となっており、これらが比例の関係にあることが分かる。よって、物体を 15.0cm の高さから滑らせたときの A B間を移動した距離を x とすると、 $4.0 : 7.2 = 15.0 : x$
これを解いて、 $x = 27.0\text{cm}$

問6 問2で解説されているように、斜面を滑る物体では、水平面に達する点Aまでのあいだに運動エネルギーが大きくなる。点Aから後は、水平面を基準面としたときの運動エネルギーが最大となっている物体が静止、すなわち運動エネルギーが 0 J の状態に変化するので、そのあいだは運動エネルギーが小さくなるといえる。これは、水平面では運動の向きと逆向きの摩擦力が物体にはたらき、その分の運動エネルギーが失われるためである。

問7 表より、図1で物体の高さが斜面X上の 20.0cm にある場合について、水平面を基準面として考える。2.5Nの大きさの重力がはたらく物体を 20.0cm (=0.20m) の高さまで持ち上げる仕事の大きさは、 $2.5 \times 0.20\text{J}$ となる。したがって、斜面X上の 20.0cm にある物体がもつ位置エネルギーの大きさは、 $2.5 \times 0.20\text{J}$ である。この物体が滑りはじめて点Aに達し、位置エネルギーが全て運動エネルギーに変わった後、物体には摩擦力がはたらきはじめる。 $2.5 \times 0.20\text{J}$ の運動エネルギーをもつ物体が 36.0cm

移動して静止したので、摩擦力がはたらく面では、1 cm あたり $\frac{2.5 \times 0.20}{36.0}\text{J}$ の運動エネルギーが失わ

れることがわかる。なお、物体の高さがどの場合でもこの値は同じとなる。

同様に、図2のように物体を斜面X上の 18.0cm (=0.18m) の高さから滑らせた場合を考えると、この場合に滑らせた物体が点Aに達したときにもつ運動エネルギーは、 $2.5 \times 0.18\text{J}$ である。この大きさのエネルギーが、摩擦力がはたらく面を A B間 (40.0cm) の半分の距離である

A C = 20cm 移動した分だけ失われるので、失われたエネルギーの大きさは、 $\frac{2.5 \times 0.20}{36.0} \times 20.0\text{J}$ となる。

したがって、点Cに達したときに物体がもっている運動エネルギーの大きさは、

$$(2.5 \times 0.18 - \frac{2.5 \times 0.20}{36.0} \times 20.0)\text{J} \text{ である。}$$

さらに、点Cに達したときに物体がもつこの運動エネルギーは、斜面Yを上がったときの位置エネルギーに全て変化する。

この物体を高さ y まで持ち上げる仕事の大きさは $2.5 \times y\text{J}$ であるから、

$$(2.5 \times 0.18 - \frac{2.5 \times 0.20}{36.0} \times 20.0) = 2.5 \times y \quad \text{これを解いて、} y = 0.0688\cdots\text{m より、約 } 6.9\text{cm}$$

別解

物体の高さが 18.0cm から滑らせたとき、A B間を移動した距離を求めると、問5と同じように考え、 $4.0 : 7.2 = 18.0 : x$ 、 $x = 32.4\text{cm}$ となる。図2のA C間の距離は $40 \div 2 = 20\text{cm}$ 。したがって、水平面を $32.4 - 20 = 12.4\text{cm}$ 移動する分、斜面を上がることになる。再び表を利用し、上る高さを y とすると、 $4.0 : 7.2 = y : 12.4$ 、 $y = 6.88\cdots$ より、約 6.9cm となる。

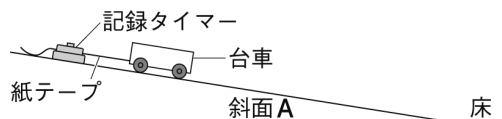
[問題 2] (群馬 2022 年 2 月)

斜面を移動する物体の運動について調べるために、次の実験を行った。後の問 1～問 4 に答えなさい。ただし、空気抵抗や小球の大きさ、台車や小球と面との摩擦は考えないものとし、全ての斜面と水平な床や面はなめらかにつながっているものとする。

[実験 1]

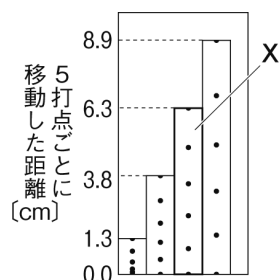
図 I のように、紙テープをつけた台車を斜面 A に置き、静かに手を離したところ、台車は斜面を下った。 $\frac{1}{50}$ 秒間隔で点を打つ記録タイマーを用いて台車が手から離れた後の

図 I



運動を、紙テープに記録した。図 II は、斜面を下っているときに記録された紙テープを 5 打点ごとに切って台紙にはり、5 打点ごとに移動した距離を示したものである。

図 II



問 1 実験 1 において、

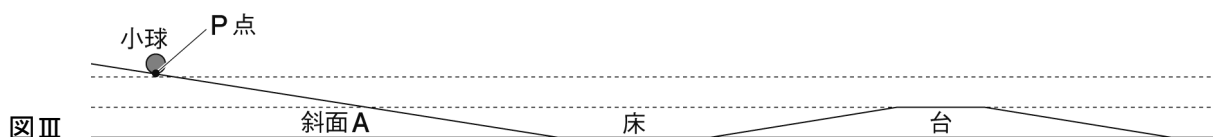
① 図 II の紙テープ X に記録されたときの、台車の平均の速さはいくらか、書きなさい。

② 台車が斜面を下っているとき、台車の運動方向にはたらく力の大きさはどうなるか、正しいものを、次のア～ウから選びなさい。

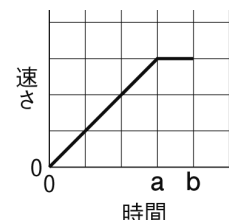
ア しだいに小さくなる イ 変わらない ウ しだいに大きくなる

[実験 2]

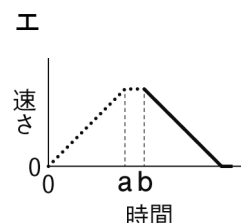
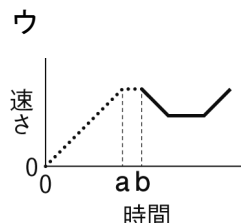
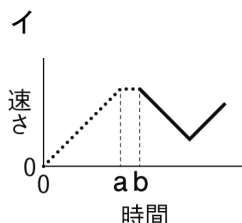
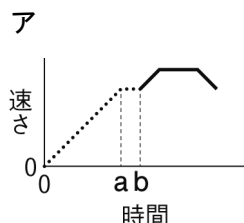
図 III のように、実験 1 で用いた斜面 A の前方に台を置き、斜面 A の P 点に小球を置いて静かに手を離した。小球が手から離れた後の運動をデジタルカメラで撮影し、小球の速さを測定した。なお、台の高さは床から P 点までの高さの半分であり、台の上面は水平となっている。また、台の斜面の角度は、斜面 A の角度と同じであるものとする。



問2 図Ⅳは、実験2で、斜面AのP点から下っていった小球が水平な床を進み、台の斜面を上り始めるまでの、時間と速さの関係を表したグラフである。次の①、②の問いに答えなさい。



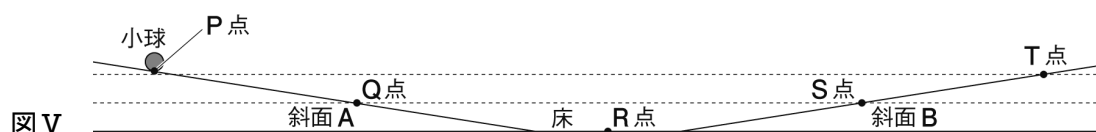
① 台を上って水平な面を進んだ後、斜面を下って床に到達するまでの、時間と速さを表すグラフとして最も適切なものを、次のア～エから選びなさい。なお、小球は台から離れないで進むものとし、グラフ中のa b間は、小球が床を移動している時間を表すものとする。



② 図Ⅳのように、小球が床を移動している間の速さは、グラフのa b間で示されたように一定となった。この理由を、小球にはたらく力に着目して、簡潔に書きなさい。

[実験3]

図Ⅴのように、実験2で用いた斜面Aの前方に、斜面Aと同じ角度の斜面を持つ斜面Bを逆向きに置いた。P点に小球を置き、静かに手を離したところ、斜面A上のQ点、床上のR点、斜面B上のS点を通って、P点と同じ高さのT点まで上った。なお、Q点とS点の高さは床からP点までの高さの半分であるものとする。



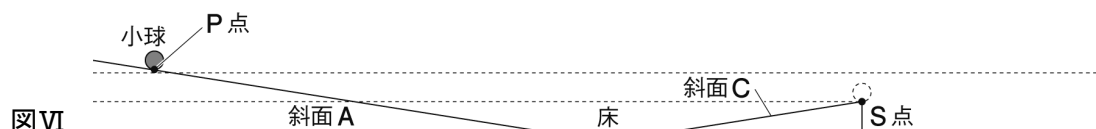
問3 実験3において、

① 小球がP点からT点まで移動する間で、小球が持つ位置エネルギーの大きさが最大となっている点を、図Ⅴ中のP点、Q点、R点、S点、T点の中から、全て選びなさい。

② 小球がP点からT点まで移動する間で、小球が持つ運動エネルギーの大きさが最大となっている点を、図Ⅴ中のP点、Q点、R点、S点、T点の中から、全て選びなさい。

[実験 4]

図Ⅵのように、実験 3 の斜面 B を S 点の位置で切断し、斜面 C を作った。P 点に小球を置き、静かに手を離したところ、小球は斜面 A を下って床を進み、斜面 C から斜め上方に飛び出した。



問 4 実験 4 において、

① 小球が斜面 C から斜め上方に飛び出した後、最も高く上がったときの高さとして正しいものを、次のア～ウから選びなさい。

- ア P 点より高く上がった。
 イ P 点と同じ高さまで上がった。
 ウ P 点より低い高さまでしか上がらなかった。

② ①のように考えられる理由を、小球が持つ位置エネルギーの変化に着目して、書きなさい。ただし、「位置エネルギー」、「運動エネルギー」という語をともに用いること。

[解答欄]

問 1	①	63cm/ s
	②	イ
問 2	①	ウ
	②	(例) 小球の運動の向きには、力がはたらいていないから。
問 3	①	P 点, T 点
	②	R 点
問 4	①	ウ
	②	(例) 小球は、斜面 c を飛び出した後も運動エネルギーを持ち続けるため、位置エネルギーは、P 点と比べると、その分だけ小さくなるから。

【解説】

問 1

① $\frac{1}{50}$ 秒間隔で点を打つ記録タイマーを用いているので、5 打点が記録されている紙テープ X では、

$\frac{1}{50} \times 5 = 0.1$ より、0.1 秒間の移動距離が記録されている。

紙テープ X の長さは 6.3cm であるので、求める平均の速さは、 $6.3\text{cm} \div 0.1 \text{ 秒} = 63\text{cm/s}$

② 台車の運動方向にはたらく力は、斜面に沿って平行な力であり、この力は、台車にはたらく重力の分力である。台車にはたらく重力は一定であり、台車が斜面上のどこにあっても、運動方向にはたらく力の大きさは同じとなる。

問 2

ポイント>>

力学的エネルギー保存の法則

(力学的エネルギー) = (位置エネルギー) + (運動エネルギー)

→ 摩擦や空気の抵抗などがなければ、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。

図Ⅲで床を基準面とすると、小球が持つ位置エネルギーは P 点で最大となり、斜面を下って床に達すると、力学的エネルギー保存の法則より、位置エネルギーは全て運動エネルギーとなって速さが最大となる。小球が斜面を下りきると、小球の運動方向にはたらく、斜面に沿って平行な力はなくなる。

すなわち、床を移動する間は、小球には運動の向きに力がはたらかないため、小球は一定の速さで等速直線運動を行う。図Ⅳではここまでのようすが示されている。

この後、小球が台の斜面を上り始めると、運動エネルギーは位置エネルギーに変化し始め、その分、速さは小さくなる。さらに移動して台の上面に達すると、この台の高さは P 点の半分であるから、上面にあるときの小球が持つ位置エネルギーも P 点の半分であり、そのときの運動エネルギーは床にあるときの半分となる。よって、グラフでは、台の水平な上面を通過しているときの小球の速さは、

a b 間の半分で、かつ、等速直線運動を行って通過している間は一定となる。このようすが表されているグラフは、ウが最も適切である。

問 3

① 物体は高い位置にあるときほど、大きな位置エネルギーを持つ。

② 力学的エネルギー保存の法則より、位置エネルギーの最小となる点を考えればよい。

問 4 床を基準面として、小球が P 点で持つ位置エネルギーの大きさを E とおくと、このときの運動エネルギーの大きさは 0 であるから、実験 4 の間に小球が持つ力学的エネルギーの大きさは、力学的エネルギー保存の法則より、つねに $E + 0 = E$ となる。

仮に、小球がふたたび P 点と同じ高さまで上がったとすると、そのときに小球が持つ力学的エネルギー E の内訳は、点 P のときと同じように、位置エネルギーが E 、運動エネルギーが 0 となるはずである。しかし実際には、S 点で上方に飛び出した小球は、飛び出した後、空中でつねに動いているため、この間は 0 よりも大きな運動エネルギーを持つ。よって、 $E - (\text{小球の運動エネルギー})$ で求められる、小球の実際の位置エネルギーの大きさは、必ず E よりも小さくなる。位置エネルギーの大きさが E よりも小さいということは、小球が到達する高さは、必ず P 点よりも低くなることを意味する。

[問題 3] (千葉 2022 年 2 月)

球の運動について調べるため、次の**実験 1**、**2**を行いました。これに関して、あとの**問 1**～**問 4**に答えなさい。ただし、各斜面と各水平面はなめらかにつながっていて、球はレールから離れることなく運動するものとし、高さの基準は床とします。また、球とレールの間の摩擦や空気による抵抗はないものとし、木片と床、木片と台の間にはそれぞれ摩擦力がはたらくものとします。なお、**実験 1**、**2**で使用したレールは同じものであり、レールの厚さは考えないものとします。

実験 1

① 図 1 のように、斜面と水平面からなるレールを用意し、木片を床に置いた。なお、図 2 のように球はレール上に、木片はレールをまたぐように置くものとする。

② 質量 30 g の球を、床からの高さが 10 cm となる斜面上に置いて、静かに手を離したところ、球は斜面を下り、木片に衝突し木片は移動した。このとき、木片の移動した距離を測定した。

③ 球を置く斜面上の位置を、高さ 20 cm、30 cm にかえて、それぞれ**実験 1**の②を行った。

④ 球を質量 60 g、120 g の球にかえて、それぞれ**実験 1**の②、③を行った。

球の質量、球を置く高さ、木片の移動した距離の関係をグラフにまとめたところ、図 3 のような直線になった。

図 1

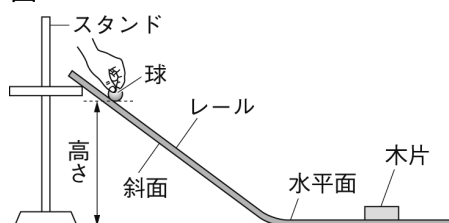


図 2

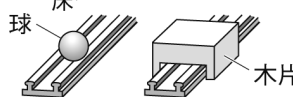
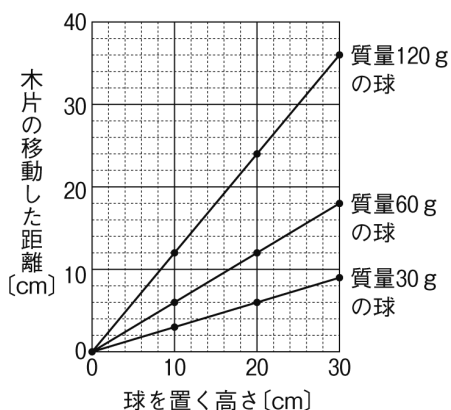


図 3

**実験 2**

① 図 4 のように、斜面 1、2 と水平面 1、2 からなるレールと台を用意し、**実験 1** で使用したものと同一の木片を、レールをまたぐように台に置いた。なお、水平面 2 は、床からの高さが 10 cm である。

② 質量 90 g の球を、床からの高さが 30 cm となる斜面 1 上に置いて、静かに手を離したところ、球は斜面を下り、レール上を運動し、木片に衝突した。

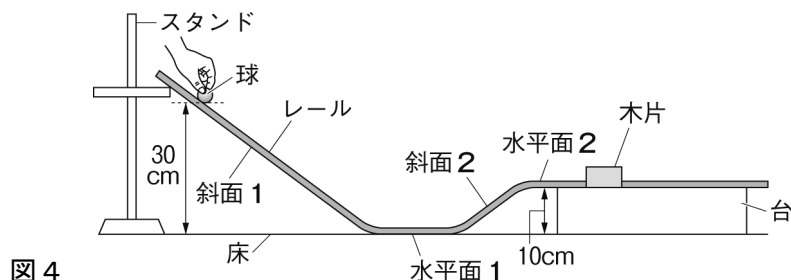


図 4

問 1 実験 1 で、球が斜面上を運動しているとき、球にはたらく重力の向きとして最も適当なものを、次のア～エのうちから一つ選び、その符号を書きなさい。
ただし、矢印は力の大きさと向きを表している。



問 2 次の文章は、実験 1 について説明したものである。文章中の x にあてはまる適当なことばを書きなさい。また、y にあてはまる数値を書きなさい。

図 3 から、木片の移動した距離は、球を置く高さが高いほど、また、球の質量が大きいほど x。
さらに、図 3 から、木片の移動した距離は、球を置く高さ、球の質量にそれぞれ比例していると読み取れることから、球を置く高さが 25cm、球の質量が 60 g のとき、木片の移動する距離は y cm である。

問 3 図 5 は、実験 2 のようすを模式的に表したものである。ただし、図 5 において、球を置いた位置を A、斜面 1 を下り終えた位置を B、斜面 2 を上り始めた位置を C、斜面 2 を上り終えた位置を D、木片に衝突した位置を E とする。なお、図 6 は、A～E における球の位置を横軸上にそれぞれ a～e と置きかえて示しており、A での球の位置エネルギーを 3、水平面 1 上での球の位置エネルギーを 0 とし、球がレール上を運動し、木片に衝突するまでの位置エネルギーの変化を表したグラフである。
このとき、球がレール上を A～E まで運動する際の運動エネルギーの変化を、解答用紙の図中に実線でかきなさい。

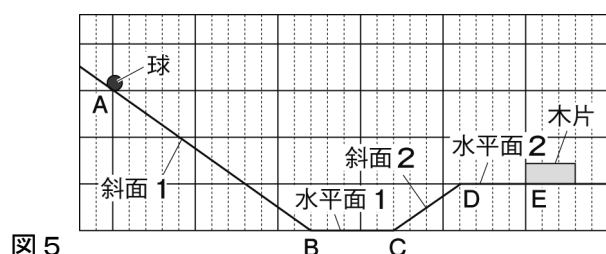


図 5

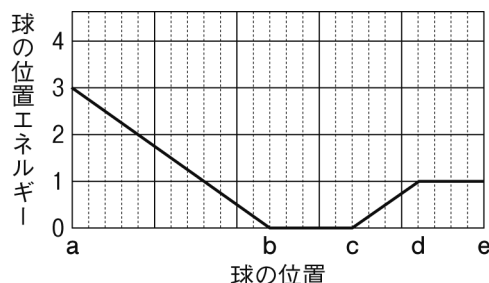
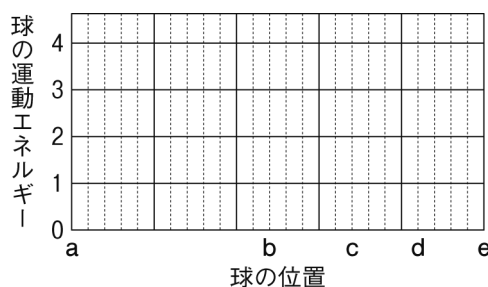


図 6



問 4 実験 2 の②で、木片の移動した距離は何 cm か、書きなさい。

[解答欄]

問 1	イ	
問 2	x	大きい
	y	15 cm
問 3		
問 4	18 cm	

[解説]

問 1 球がどこにあっても、重力は必ず真下の向きにはたらく。

問 2 y … 図 3 の方眼は 2 cm ごとなので、球を置く高さが 25cm のときの数値は計算によって求める。質量 60 g の球のときのグラフについて、原点と点(10, 6)を通過して比例の関係を表す直線であるから、この直線の式は $y=0.6x$ となる。よって、 x の値である球を置く高さが 25 のとき、 $y=0.6 \times 25=15\text{cm}$

問 3**ポイント****力学的エネルギー保存の法則**

(力学的エネルギー) = (位置エネルギー) + (運動エネルギー)

→ 摩擦や空気の抵抗などがなければ、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常に一定に保たれる。

動き始める前の **a** での位置エネルギーが 3、運動エネルギーが 0 であるから、力学的エネルギー保存の法則より、**a** ～ **e** を通じて、位置エネルギーと運動エネルギーの和は 3 となる。そのため、グラフの形としては、位置エネルギーの値が 1.5 の位置に引いた横線に対して、図 6 のグラフを線対称としたものとなる。

問 4 木片の移動した距離は球の質量に比例することから、質量 90 g の球を使った場合は 30 g の球を使った場合の 3 倍、木片の移動距離は大きくなる。図 3 から方眼上にある読み取りやすい点を探すと、質量 30 g の球の場合を表すグラフ上に点(20, 6)があるから、質量 90 g の球では同じ横軸の値に対して縦軸の値である移動距離が 3 倍となり、グラフは点(20, 18)を通る。実験 2 の②で球を置いた高さは床から 30cm だが、木片は床から 10cm の高さにあるので、球のもつ位置エネルギーは、 $30 - 10 = 20\text{cm}$ の高さに球を置いた場合に等しい。この高さの場合の木片の移動距離は、上で求めた通り、18cm となる。

[問題 4] (栃木 2022 年 2 月)

物体の運動のようすを調べるために、次の**実験(1)**、**(2)**、**(3)**を順に行った。

(1) 図 1 のように、水平な台の上で台車におもりをつけた糸をつけ、その糸を滑車にかけた。台車を支えていた手を静かに離すと、おもりが台車を引きはじめ、台車はまっすぐ進んだ。1 秒間に 50 打点する記録タイマーで、手を離してから台車の運動をテープに記録した。図 2 は、テープを 5 打点ごとに切り、経過時間順に A から G とし、紙にはりつけたものである。台車と台の間の摩擦は考えないものとする。

(2) 台車を同じ質量の木片に変え、木片と台の間の摩擦をはたらくようにした。おもりが木片を引いて動き出すことを確かめてから、**実験(1)**と同様の実験を行った。

(3) 木片を台車に戻し、図 3 のように、水平面から 30° 台を傾け、**実験(1)**と同様の実験を行った。台車と台の間の摩擦は考えないものとする。

図 1

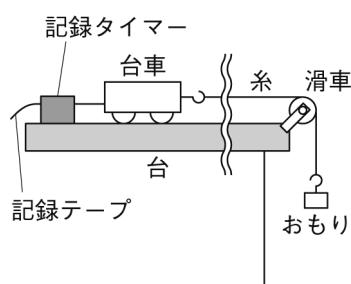


図 2

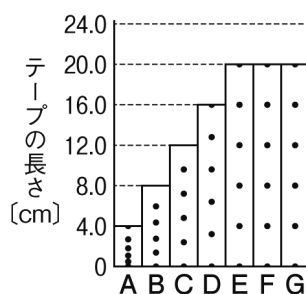
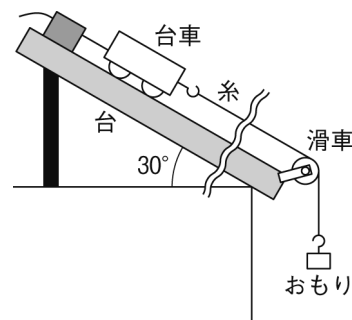


図 3

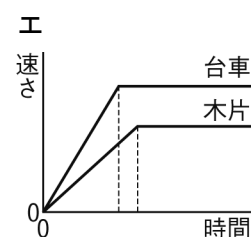
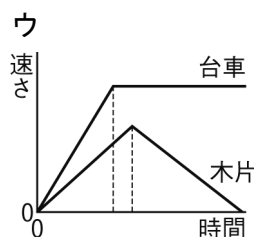
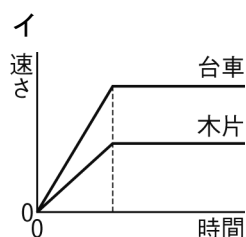
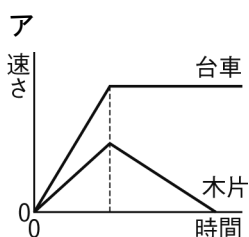


このことについて、次の問 1、問 2、問 3、問 4 に答えなさい。ただし、糸は伸び縮みせず、糸とテープの質量や空気の抵抗はないものとし、糸と滑車の間およびテープとタイマーの間の摩擦は考えないものとする。

問 1 **実験(1)**で、テープ A における台車の平均の速さは何 cm/s か。

問 2 **実験(1)**で、テープ E 以降の運動では、テープの長さが等しい。この運動を何というか。

問 3 **実験(1)**、**(2)**について、台車および木片のそれぞれの速さと時間の関係を表すグラフとして、最も適切なものはどれか。



問 4 おもりが落下している間、台車の速さが変化する割合は、**実験(1)**よりも**実験(3)**の方が大きくなる。その理由として、最も適切なものはどれか。

- ア 糸が台車を引く力が徐々に大きくなるから。
 イ 台車にはたらく垂直抗力の大きさが大きくなるから。
 ウ 台車にはたらく重力の大きさが大きくなるから。
 エ 台車にはたらく重力のうち、斜面に平行な分力がはたらくから。

[解答欄]

問 1	40 cm/s
問 2	等速直線運動
問 3	ウ
問 4	エ

[解説]

問 1 5 打点の時間は、 $1\text{ s} \times \frac{5\text{ 打点}}{50\text{ 打点}} = 0.1\text{ s}$ である。テープ A では、0.1s で 4.0cm 台車が進んでいるので、平均の速さは $4.0\text{ cm} \div 0.1\text{ s} = 40\text{ cm/s}$ である。

問 2 テープの長さが等しいということは、一定時間の移動距離が等しいということである。このような、一定の速さで、一直線上を進む運動を等速直線運動という。

問 3 おもりが下につくまでは台車の速さは大きくなり、おもりが下についた後は一定の速さになる。木片も、おもりが下につくまでは速さが大きくなるが、摩擦がはたらくので、その変化は台車より小さくなる。また、おもりが下についた後も木片に摩擦ははたらき続けるので、速さは小さくなる。おもりが下につくまでの速さの変化は、台車より木片のほうが小さいので、おもりが下につくまでに、木片のほうが長い時間がかかる。したがって、**ウ**が正解である。

問 4 おもりが落下している間、台車の運動の向きには、**図 1** では糸が台車を引く力（おもりの重力）しかはたらいっていない。**図 2** のように水平面から台を傾けると、台車の運動の向きには、台車にはたらく重力の、斜面に平行な分力も加わってはたらくようになるので、その分、速さが変化する割合も大きくなる。

[問題 5] (富山 2022 年 2 月)

図 1 のように、直線状のレールを使って水平面と斜面のある軌道 X と軌道 Y をつくり、それぞれの軌道で小球の運動のようすを調べる実験を行った。

軌道 X の経路 A B C D と軌道 Y の経路 E F G H I J は同じ長さであり、破線で結ばれている軌道上の各点はそれぞれ同じ高さである。小球にはたらく摩擦力や空気抵抗は無視できるものとして、あとの問に答えなさい。

ただし、小球がレールの接続部を通過するとき、接続による影響を受けないものとする。

また、斜面の傾きはどれも同じであり、小球がレールからはなれることはないものとする。

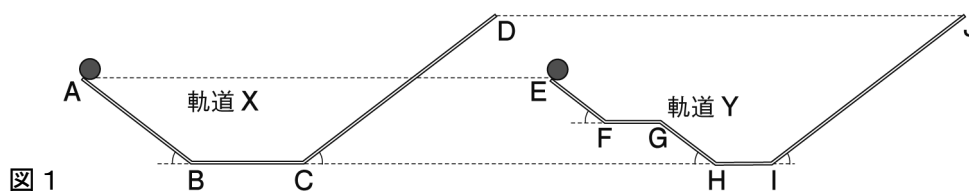


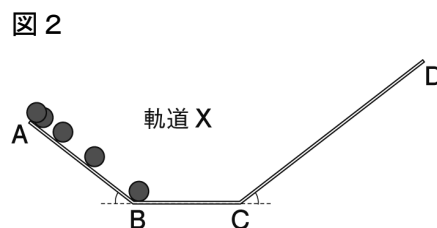
図 1

〈実験 1〉

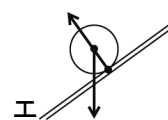
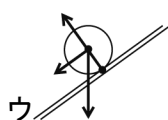
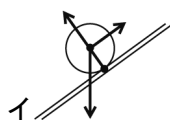
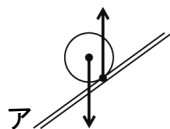
図 1 の軌道 X 上の左端である A 点から小球を静かにはなしたところ、小球は A B 間を下ったのち、B 点、C 点を通過した。手をはなしてから小球が B 点に達するまでのようすを、1 秒間に 8 回の割合で点滅するストロボの光を当てながら写真を撮影した。図 2 はその模式図である。

問 1 A B 間を運動する小球の平均の速さは何 m/s か、求めなさい。ただし、A 点から B 点までの長さは、75cm とする。

問 2 B C 間を移動している小球の運動を何というか、答えなさい。



問 3 C 点を通過し、斜面を上る小球にはたらいている力を正しく示した図はどれか。次のア～エから 1 つ選び、記号で答えなさい。



〈実験2〉

図1の軌道Y上の左端であるE点から、実験1と同じ小球を静かにはなした。

問4 実験1の場合と比較して、次の①、②はどうなるか。ア～ウからそれぞれ1つずつ選び、記号で答えなさい。

① 小球が達する最高点の高さ

ア 軌道Xよりも軌道Yの方が高い。 イ 軌道Xよりも軌道Yの方が低い。

ウ 軌道Xと軌道Yの高さは同じである。

② 左端で小球を静かにはなしてから最高点に達するまでの時間

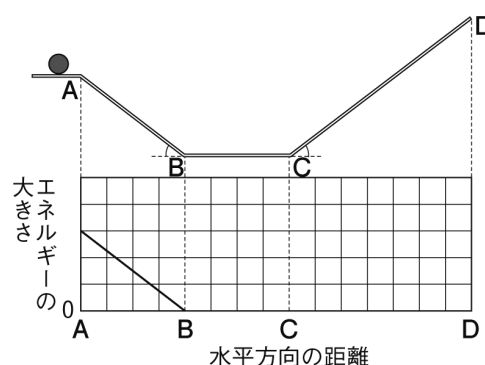
ア 軌道Xよりも軌道Yの方が短い。 イ 軌道Xよりも軌道Yの方が長い。

ウ 軌道Xと軌道Yの時間は同じである。

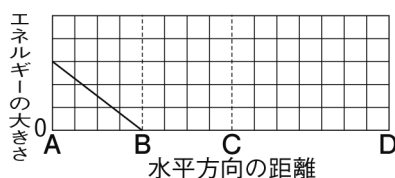
〈実験3〉

図3のように、軌道XのA点に水平面を取りつけ、水平面に小球を置いた。小球を指ではじき、水平面をすべらせると、小球はその後、A点を通り、軌道X上をはなれることなく進んだ。

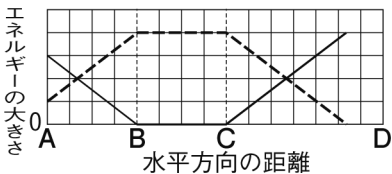
図3



問5 図3のグラフの実線（——）は、A点からB点まで移動する間の小球がもつ位置エネルギーの大きさと水平方向の距離の関係を表したものである。小球が軌道X上で一度静止するまでの、小球がもつ位置エネルギーの大きさと水平方向の距離の関係を実線（——）で、小球がもつ運動エネルギーの大きさと水平方向の距離の関係を破線（-----）で、それぞれ図3のグラフにかき入れなさい。ただし、A点で小球がもつ位置エネルギーは、A点で小球がもつ位置エネルギーの $\frac{1}{3}$ 倍であるものとし、位置エネルギーの大きさについては、図3のグラフの実線に続けてかき入れること。また、B点における小球の位置エネルギーを0とする。



[解答欄]

問 1	1.5 m/s			
問 2	等速直線運動			
問 3	エ			
問 4	①	ウ	②	イ
問 5				

[解説]

問 1 AB間に撮影されている小球は5回（A点で撮影されてから4回でB点）、1秒間に8回の割合で点滅するストロボを利用しているので、 $4 \times (1 \div 8) = 0.5$ より、A点からB点に達するまでの時間は、0.5秒。A点からB点までの長さは $75\text{cm} = 0.75\text{m}$ なので、AB間を移動する小球の平均の速さは、 $0.75\text{m} \div 0.5\text{s} = 1.5\text{m/s}$ である。

問 3 小球には鉛直下向きの重力がはたらいている。また、斜面を上る小球には、斜面から小球に対して、垂直抗力がはたらいている。この垂直抗力の向きは、小球にはたらく重力の、斜面に垂直な向きの分力と反対向きであり、垂直抗力の大きさはこの分力の大きさに等しい。

なお、斜面を上っているので、「斜面に平行な下向きの力」も受けているウが一見正しく見えるが、ウの「斜面に平行な下向きの力」は、小球にはたらく重力の分力である。重力と同時にはたらいているわけではないので誤り。

問 4 ① 小球にはたらく摩擦力や空気抵抗は無視できるものとしているので、小球のもつ力学的エネルギー（位置エネルギーと運動エネルギーの和）は一定に保たれる。したがって、小球が達する最高点の高さは、軌道Xと軌道Yで同じになる。

② 力学的エネルギーは一定に保たれるので、運動エネルギーが最大になるB点、H点での小球の速さは同じ（最大）になる。また、経路AB<経路EFGHなので、軌道Xの方が先に速さが最大となる。したがって、先に速さが最大になる軌道Xの方が、最高点に達するまでの時間は短い。

問 5 小球がもつ位置エネルギーの大きさと水平方向の距離の関係…BC間は水平面なので、B点における小球の位置エネルギーの大きさが0の場合、C点でも0である。また、小球は、A点で、1目盛り分（3目盛り分の位置エネルギーの $\frac{1}{3}$ ）に相当する運動エネルギーをもっていたので、C点から先では、A点よりも1目盛り分位置エネルギーの大きさが大きくなるまで動く。

小球がもつ運動エネルギーの大きさと水平方向の距離の関係…A点では位置エネルギーの $\frac{1}{3}$ 倍なので、

1目盛り分。B点では、位置エネルギーはすべて運動エネルギーに移り変わるの、4目盛り分。C点から先では、運動エネルギーが0になるまで斜面を上る。