

平成 17 年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

物 理

学部によって解答する問題が異なります。

指定された問題だけに解答しなさい。

| 学 部 | 解 答 す る 問 題 |
|-------------------------|--------------------|
| 医 学 部 | Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ (3問) |
| 教育学部 | Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ (3問) |
| 理 学 部 薬 学 部 工 学 部 | Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ (5問) |

(注 意)

- 1 問題紙は指示があるまで開かないこと。
- 2 問題紙は本文 10 ページであり、答案用紙は、医学部は 3 枚、教育学部は 3 枚、理学部・薬学部・工学部は 5 枚である。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入すること。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ること。

I [教育・理・薬・工]

次の の中に最も適切な語句または数字を入れなさい。

1831年、ファラデーは電磁誘導を発見した。その背景や実験を考えてみよう。その46年前、1785年には、クーロンはクーロンの法則を発見していた。それによると、物体は正と負の電荷を帯びる(これを (1) という)ことができ、 (1) した物体間には斥力や引力が物体間の距離の (2) 乗に反比例して生ずる。電流と磁界との関係に関しては、1820年に画期的な進展がなされた。まず、エルステッドは、電流の流れている導線の近くの磁針が振れるのを発見した。その際に、針の指す方向は導線を中心軸とする (3) であることも見いだしていた。それを報告したのはその年の7月で、9月にはアンペールがアンペールの法則を発見するに至った。すなわち、1820年には、電流によって (4) が誘導される現象はすでに知られていたのである。

ファラデーは、電流によって付近にある導体に電流が誘導されることはないのだろうかと考えた。そして、これを確かめるために幾つかの巧みな実験を行い電磁誘導を発見したのである。まず、図1 aのコイルAに (5) 電流を流していてもB側の検流計Gの針は振れないことが分かった。しかし、電流を流し始める時や切るときに、B側の検流計Gの針が振れることに気がついた。Aの電流を変化させるとBに電流が誘導されるのかもしれないと考え、これをさらに確かめるために、B側に小さなコイルを作り、その中に (6) していない鉄の針をいれてみた(図1 b)。もし、B側に電流が流れるとすると、鉄の針は (6) されるはずであり、実際にそれが確かめられた。

さらに、コイルBの位置を固定し、電流が流れているコイルAを動かしてもB側に電流が流れることが分かった。また、コイルBに (7) を近づけたり離したりしても電流が流れることが分かった。ファラデーは、これら一連の実験結果より、電流のまわりには磁力線があること、そして閉じた回路にはそれを貫く磁力線の数の時間的変化率に比例して誘導電流が生ずることを結論した。これが電磁誘導である。まもなく、 (8) は、誘導電流は磁界の変化を妨げる向きに生じるという法則を発見した。

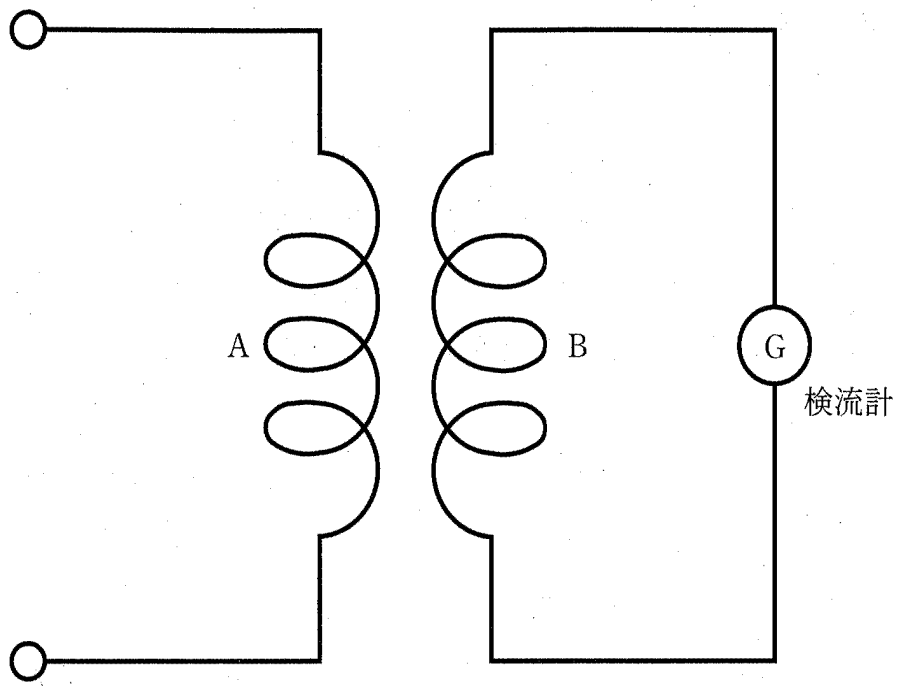


図 1 a

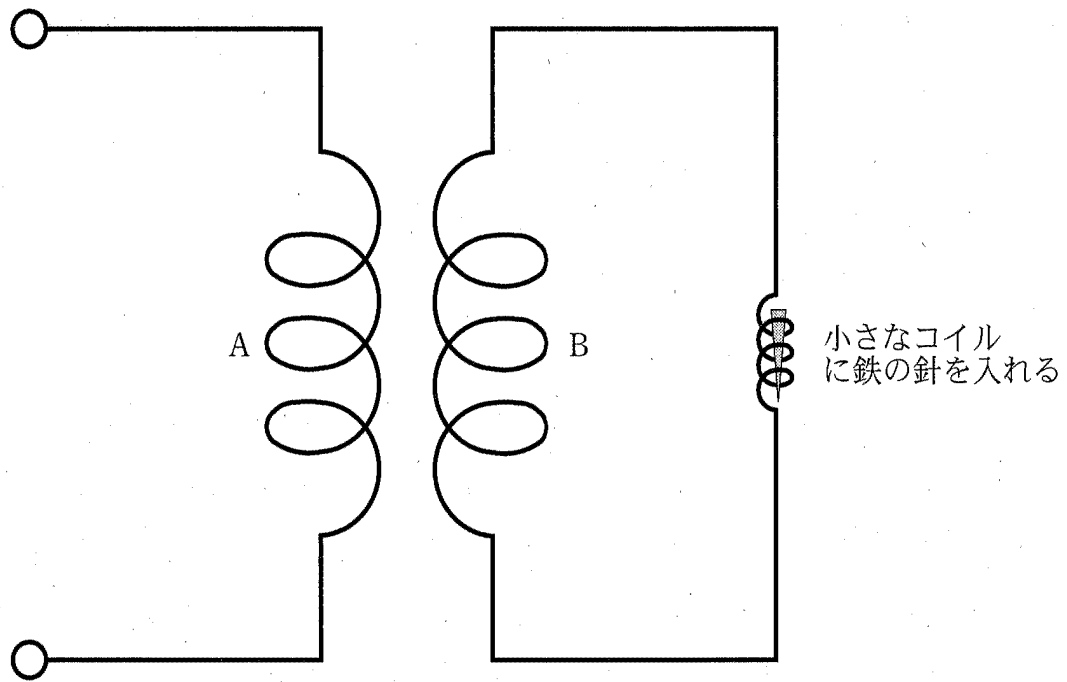


図 1 b

II [教育・理・薬・工]

一端が直角に曲げられた、長さ a [m] の硬いレールがある。このレールを、図 2 に示すように、鉛直下向きから角度 θ [°] 傾けて、地面上に保持した。このレールの別端の A 点に、質量 m [kg] の小球を乗せて静かに離れたところ、小球は回転せずにレール上をすべり降り、点 O に到達した。その直後、小球は 90° 向きを変えてレールを飛び出し、最高点 P を経由して地面上の点 B に達した。この一連の運動に対して以下の問いに答えよ。

ただし、図 2 に示すように点 O を原点として、 x 軸を点 B 方向に、 y 軸を鉛直上方向にとり、鉛直下向きの重力加速度を g [m/s²] とする。レールと小球との摩擦、小球の運動に対する空気抵抗の影響はない。また、レールは十分長く、レールの厚みは無視できる。最下点 O における曲げられた部分は、拡大図に示すように小球の運動方向をなめらかに変えることができる。

- (1) レールから飛び出した直後における、小球の x 方向の速さと y 方向の速さをそれぞれ求めよ。
- (2) 小球が点 O から点 P に達するまでの時間を求めよ。
- (3) 点 P と地面との距離(最高点高さ)を求めよ。
- (4) OB 間の距離を求めよ。

次に、レールの長さ a が 1 [m] である場合について、以下の問いに答えよ。

- (5) 「点 A の高さ」(点 A の地面からの距離)に対する「最高点高さ」(点 P と地面との距離)の関係を、答案用紙のグラフに示せ。ただし、点 A の高さが 0.2, 0.4, 0.6 および 0.8 [m] の点をそれぞれ黒丸で示し、実線で結べ。
- (6) 「最高点高さ」が最大になるときの点 A の高さを、有効数字一桁で求めよ。

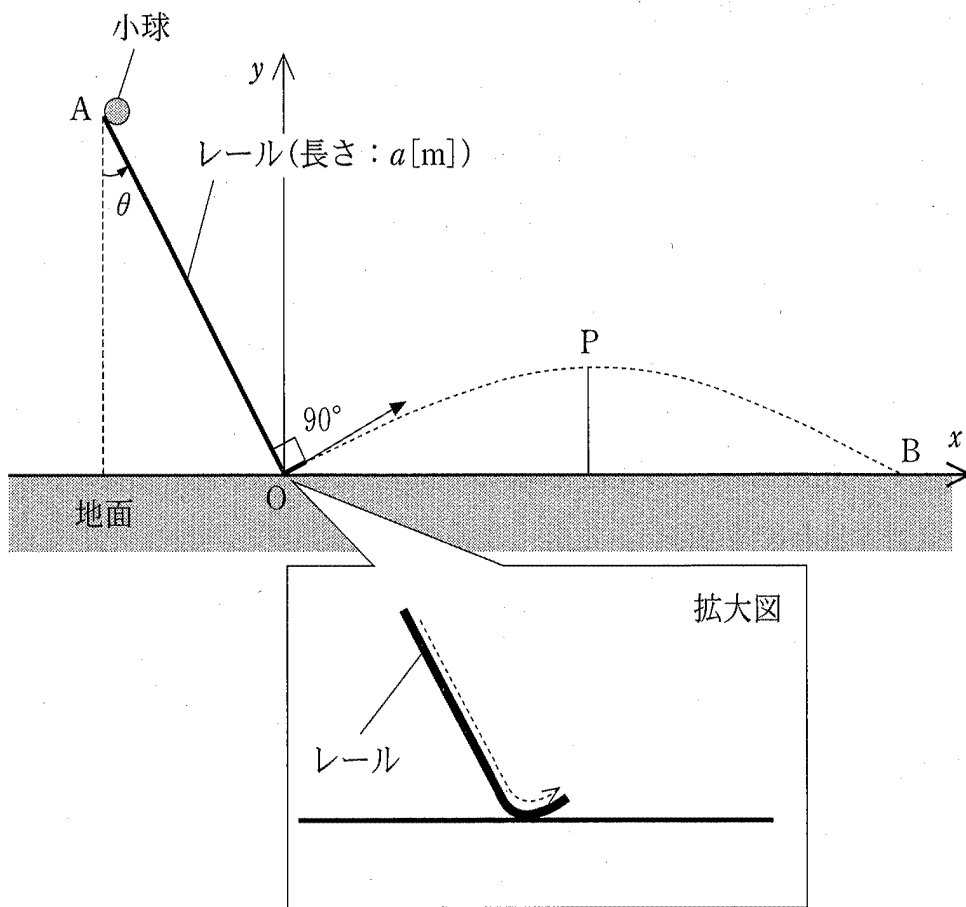


図 2

Ⅲ [医・教育・理・薬・工]

図3 aのように、5つの抵抗 R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R と電池およびスイッチ S からなる回路を考える。抵抗 R_1 の抵抗値は $R_1[\Omega]$, 抵抗 R_2 の抵抗値は $R_2[\Omega]$, 抵抗 R_3 の抵抗値は $R_3[\Omega]$, 抵抗 R_4 の抵抗値は $R_4[\Omega]$ および抵抗 R の抵抗値は $R[\Omega]$ とする。電池の起電力は $E[V]$ で、内部抵抗は無視できる。初めはスイッチ S が開いている。

- (1) 抵抗 R_3 , 抵抗 R_4 および電池を流れる電流は、それぞれいくらか。
- (2) D に対する B の電位はいくらか。

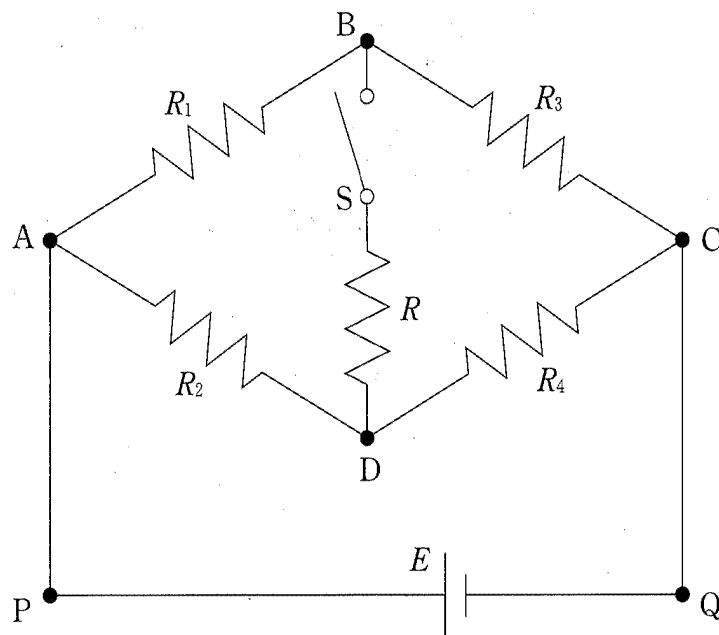


図3 a

次に図3 bのようにスイッチSを閉じる。この時、AからBに向かって電流 I_1 [A]、AからDに向かって電流 I_2 [A]、DからBに向かって電流 I [A]がそれぞれ流れている。

- (3) 抵抗 R_3 を流れる電流を、 I と I_1 を用いて表せ。また、抵抗 R_4 を流れる電流を、 I と I_2 を用いて表せ。
- (4) 回路 ABDA、回路 BCDB および回路 PABCQP について、それぞれ起電力と電圧降下の関係(キルヒホッフの法則)を式で示せ。
- (5) DからBに流れる電流 I を抵抗値 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R および起電力 E を用いて表せ。
- (6) 抵抗 R に電流が流れない時の抵抗値 R_1 を、抵抗値 R_2 、 R_3 および R_4 を用いて表せ。

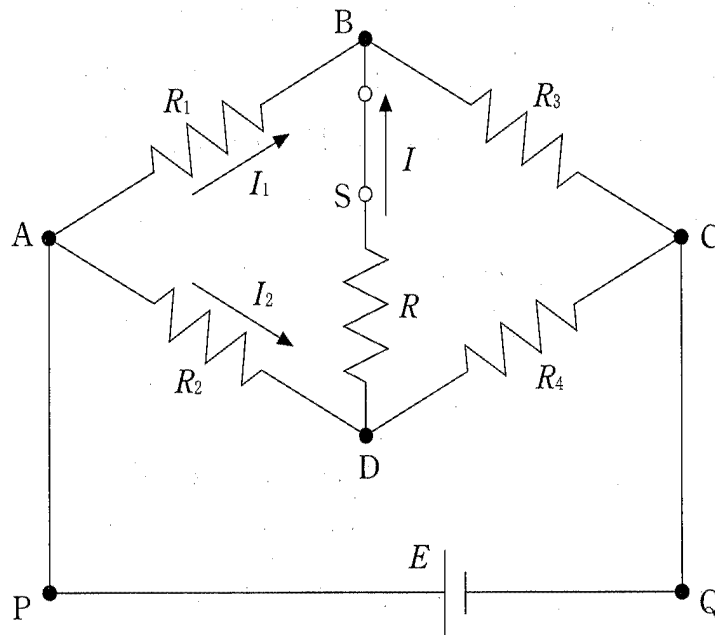


図3 b

IV [医・理・薬・工]

図4のような断面積 $S[\text{m}^2]$ のシリンダーがある。このシリンダーの壁は断熱されており、中には断熱材製のしきり板と、金属製のピストンがある。これらのしきり板とピストンは気密性を保ちながら左右になめらかに動く。しきり板の左側には単原子分子の理想気体 A が封入されており、また熱が加えられるようにヒーターが取り付けられている。しきり板の右側には単原子分子の理想気体 B が封入されている。気体 B は金属製のピストンを通して、外部と熱のやり取りができる。

最初、気体 A、気体 B の圧力および温度は $p_0[\text{Pa}]$ 、 $T_0[\text{K}]$ であり、シリンダーの外部の圧力および温度と等しかった。シリンダーの底からしきり板までの距離と、しきり板からピストンまでの距離はともに $x_0[\text{m}]$ であった(始状態)。

図4の始状態から、ヒーターを使って気体 A に熱をゆっくり加えた。すると、しきり板とピストンは初期位置から右側にゆっくり移動した。最終的に気体 A の温度は $T_1[\text{K}]$ となり、しきり板とピストンは停止した(終状態1)。

- (1) シリンダーの底からしきり板までの距離を求めよ。
- (2) 気体 A の内部エネルギーの変化量を求めよ。
- (3) 気体 A に加えられた熱量を求めよ。

今度は始状態(最初の状態)から、ピストンを固定した状態で気体 A に熱をゆっくりと加えた。すると、しきり板は初期位置から右側にゆっくりと動いた。最終的に気体 A の温度は $2T_0[\text{K}]$ となり、しきり板は停止した(終状態2)。

- (4) シリンダーの底からしきり板までの距離を求めよ。
- (5) 気体 B の圧力を求めよ。

(6) 始状態から終状態2への過程における、気体Bの圧力と体積の関係($p-V$ 図)を答案用紙のグラフに示せ。グラフには終状態2の点を明確に記入し、最初の状態からたどる線を示せ。描いた線が直線か、上または下にふくらんでいるかを明確にせよ。

(7) 始状態から終状態2への過程における、気体Aの圧力と体積との関係($p-V$ 図)を示す線を答案用紙のグラフに示せ。図には最終状態の点を明確に記入し、最初の状態からたどる線を示せ。描いた線が直線か、上または下にふくらんでいるかを明確にせよ。

さらに、気体Aが気体Bに対してする仕事は $p-V$ 図中のある領域の面積で表すことができる。その領域を答案用紙の(7)のグラフに斜線を記入して示せ。

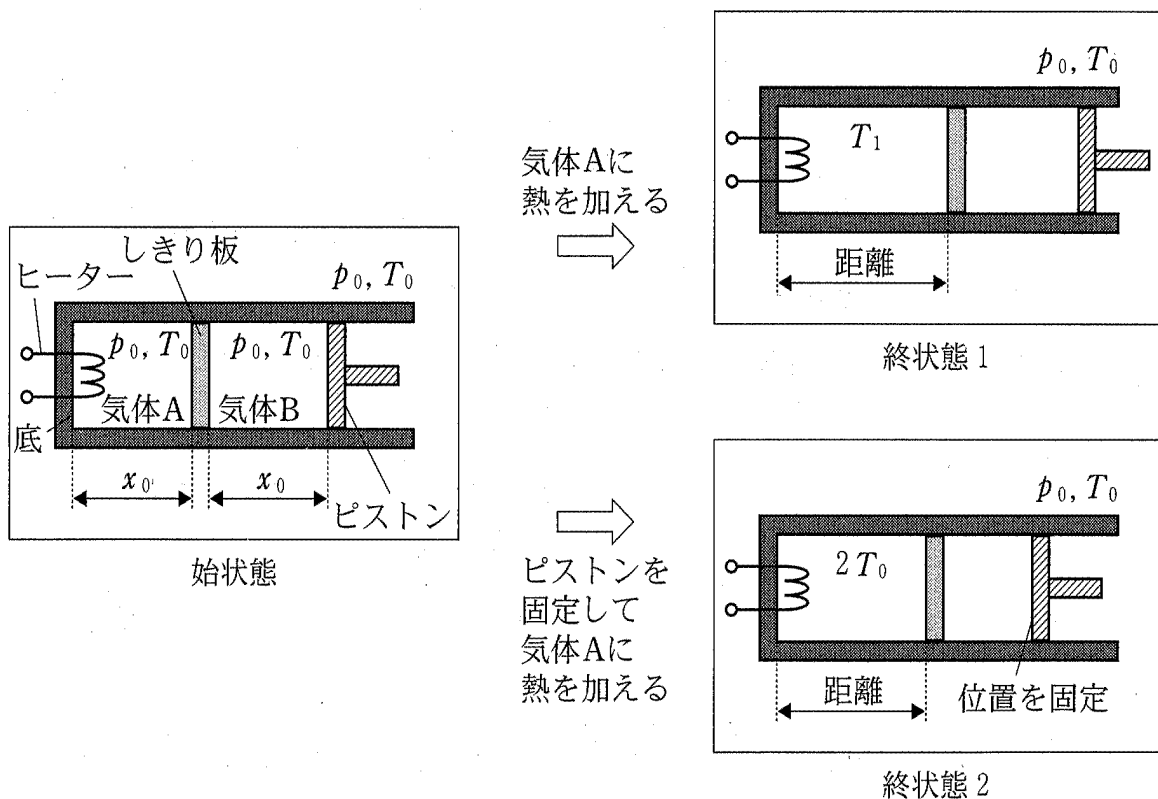


図4

V [医・理・薬・工]

図5に示すように、なめらかに回る軽い滑車に軽く伸び縮みしない糸をかけ、物体Aと物体Bをつなぐ。なめらかで水平な台の上に板状の物体Cを置き、その上に物体Bをのせる。物体Cの上下面はともに水平で、物体Cと台との間の摩擦は無視できるが、物体Bと物体Cとの間には摩擦力が働く。物体Bを手で支え、糸をたるみの無い状態にした後にその手を静かに離れたところ、物体Aは落下を開始し、物体Bはすぐに物体Cの上を右向きに滑り始め、物体Cも右向きに動き出した。

物体Aの質量は M [kg]で、物体Bと物体Cの質量はともに m [kg]である。重力加速度を g [m/s^2]、物体Bと物体Cとの間の動摩擦係数を μ' として、以下の問いに答えよ。

- (1) 物体Aと物体Bの加速度の大きさを a [m/s^2]、物体Cの加速度の大きさを a' [m/s^2]、糸の張力の大きさを T [N]として、物体A、BおよびCの運動方程式をそれぞれ書け。ただし、物体Aについては下向きを正、物体Bおよび物体Cについては右向きを正とする。
- (2) 物体Aと物体Bの加速度の大きさ a を、 m 、 M 、 g および μ' のうち必要なものを用いて表せ。
- (3) 物体Cの加速度の大きさ a' を、 m 、 M 、 g および μ' のうち必要なものを用いて表せ。
- (4) 糸の張力の大きさ T を、 m 、 M 、 g および μ' のうち必要なものを用いて表せ。
- (5) 物体Aが長さ L [m]だけ落下したときの物体Cの移動距離を、 m 、 M 、 g 、 μ' および L のうち必要なものを用いて表せ。ただし、物体Cは十分に長いのでこの間に物体BがCから落ちることはなく、また台も十分長いので物体Cが台から落ちることもない。
- (6) 物体Aが L だけ落下する間に、物体BとCの間の摩擦力によって失われる力学的エネルギーはどれだけか。 m 、 M 、 g 、 μ' および L のうち必要なものを用いて表せ。

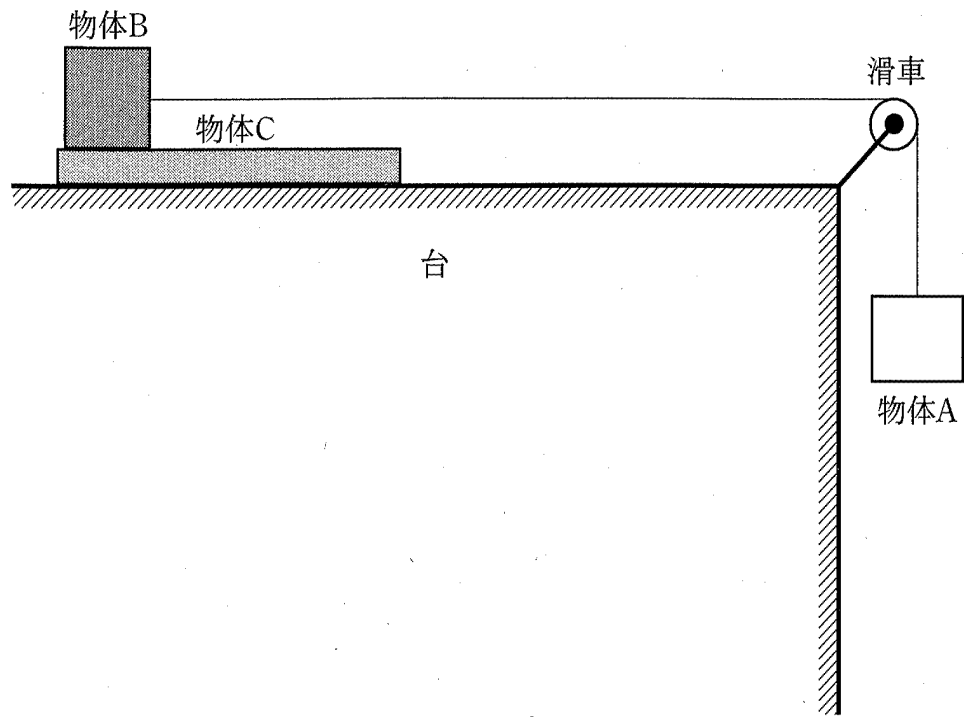


图 5