

医学部予備校ACE Academy 確認テスト

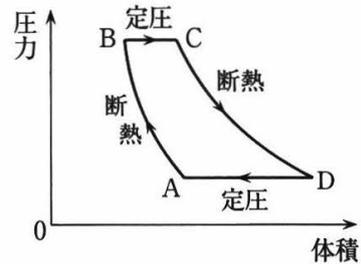
テスト1：体系物理確認テスト①

164

定圧・断熱変化からなる熱サイクルの熱効率

高熱源から熱をもらって、その一部を仕事に変え、余った熱を低熱源に放出して繰り返し働く機関を熱機関という。

高熱源からもらう熱量を Q_1 [J]、低熱源に放出する熱量を Q_2 [J]、熱機関のする仕事を W [J] としたとき、その熱機関の熱効率は $e = \frac{W}{Q_1}$ である。



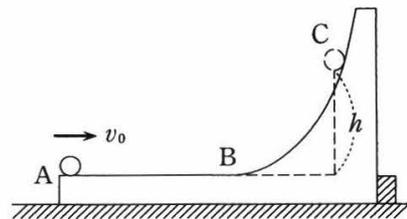
図は、ある熱機関の1サイクルの間の体積-圧力の関係を示す。A→BとC→Dは断熱変化、B→CとD→Aは定圧変化である。

- (1) 高熱源から Q_1 [J] の熱をもらうのはどの過程か。
- (2) 低熱源へ Q_2 [J] の熱を放出するのはどの過程か。
- (3) A→B→C→D→Aの1サイクルの間について熱力学第1法則を表す式を Q_1 、 Q_2 、 W を用いて示せ。
- (4) 熱効率 e を Q_1 、 Q_2 を用いて表せ。

84

台上をすべり上がる小球の運動

図のように、水平な床の上になめらかな円弧状の斜面をもった質量 M の台が固定されている。水平面 AB 上に質量 m の小球を置き、水平方向右向きに速さ v_0 を与えたところ、小球は斜面上をのぼって C 点で折り返した。



- (1) C 点の AB からの高さ h を求めよ。ただし、重力加速度の大きさを g とする。

次に、台の固定をはずして同様に小球に速さ v_0 を与えたところ、小球は斜面上をのぼって C' 点で折り返した。

- (2) C' 点での小球の速さ v を求めよ。
- (3) C' 点の AB からの高さ h' を求めよ。

その後、小球は斜面を下りて平面 AB に達した。

- (4) このときの小球の速さ v' と台の速さ V' を求めよ。

直流回路に流れる電流と電位

右図のように電池と抵抗を用いて配線し、B点をスイッチKを通して接地する。

(1) Kを開いているとき

$$I = \boxed{\text{(イ)}} \text{ [A]}$$

$$I_1 = \boxed{\text{(ロ)}} \text{ [A]}$$

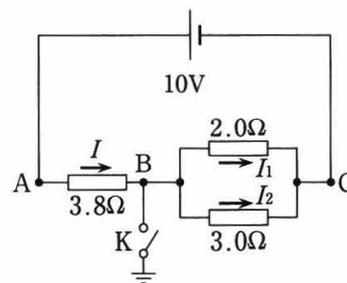
$$I_2 = \boxed{\text{(ハ)}} \text{ [A]}$$

$$\text{AB間の電圧 } V_{AB} = \boxed{\text{(ニ)}} \text{ [V]}$$

$$\text{BC間の電圧 } V_{BC} = \boxed{\text{(ホ)}} \text{ [V]}$$

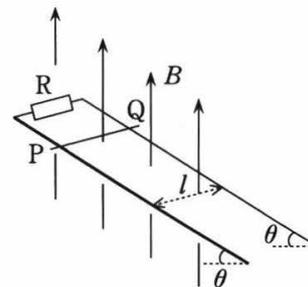
(2) 次に、Kを閉じるときA、B、C点のそれぞれの電位は

$$V_A = \boxed{\text{(ヘ)}} \text{ [V]}, \quad V_B = \boxed{\text{(ト)}} \text{ [V]}, \quad V_C = \boxed{\text{(チ)}} \text{ [V]}$$



磁界中で傾いたレール上をすべり下りる金属棒に流れる電流と終速度

鉛直上向きの磁束密度 B [Wb/m²] の一様な磁界の中で、 l [m] の間隔で平行に並べられたレールを図のように水平面から角 θ 傾けて置き、レールの一端を R [Ω] の抵抗で結ぶ。このレール上に、これに直角に質量 m [kg] の金属棒 PQ をわたし、静かに手を放すとき、棒 PQ の終速度 v [m/s] を求めよ。ただし、レールと棒の間の摩擦はなく、またレールの抵抗も無視できるものとし、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

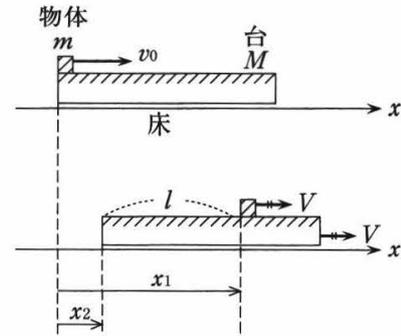


このときの電流を I [A] ($I > 0$) とし、終速度のときの重力の仕事率と抵抗での消費電力との関係式を示せ。

台上をすべる物体と台の運動

なめらかな水平床面上に質量 M の台が静止している。台の左端に質量 m の物体をのせる。台の表面も水平で、小物体との間の動摩擦係数を μ 、重力加速度の大きさを g とする。

いま、物体に右向きに初速 v_0 を与えたところ、物体は台上をある距離すべって台上で静止した。このときの物体と台の速度 V と、台上をすべった距離 l を求めたい。次の に適する式を示せ。



- (1) 動摩擦力によって物体が受けた力積は、その間の物体の運動量の変化に等しい。

力をおよぼし合う時間を t とすれば

物体について $-\mu mg \cdot t = \text{ (イ)}$

台について $\mu mg \cdot t = \text{ (ロ)}$

が成り立つ。両式から $\mu mg \cdot t$ を消去すれば

$$\text{運動量保存則 } mv_0 = \text{ (ハ)}$$

が得られる。これより

$$V = \text{ (ニ)}$$

- (2) また、動摩擦力によって物体がされた仕事は、物体の運動エネルギーの変化に等しい。力をおよぼし合っている間の物体と台の変位をそれぞれ x_1 、 x_2 とすれば

物体について $\text{ (ホ)} = \frac{1}{2} m V^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$

台について $\text{ (ヘ)} = \frac{1}{2} M V^2 - 0$

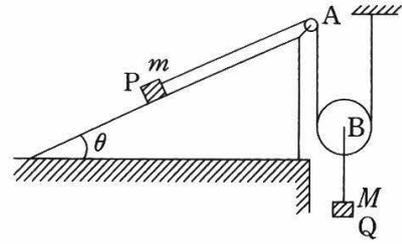
が成り立つ。

上式を辺々加え、 $x_1 - x_2 = l$ を用いると

40

動滑車につるしたおもりによる斜面上の小物体の運動

傾角 θ のなめらかな斜面上に質量 m の小物体 P をのせ、これに糸をつけて、なめらかな定滑車 A と軽い動滑車 B をへて、他端を天井に固定する。動滑車の両端の糸はともに鉛直とし、また動滑車の中心に糸をつけ、下端に質量 M のおもり Q をつるす。重力加速度の大きさを g として、次の問に答えよ。

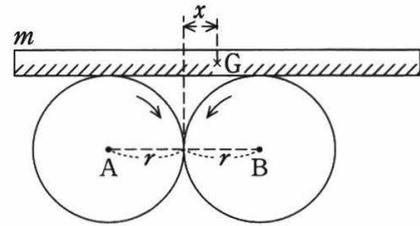


- (1) はじめ静止していた P が斜面の上方に動くためには、 M , m , θ の間にはどのような関係がなければならないか。
- (2) この条件を満足しているとき、 P の加速度を斜面上向きを正として a_1 , Q の加速度を鉛直下向きを正として a_2 , 糸の張力の大きさを T として
 - (a) P についての運動方程式を示せ。
 - (b) Q についての運動方程式を示せ。
 - (c) a_1 と a_2 との関係式を示せ。
 - (d) T , a_1 , a_2 をそれぞれ求めよ。

146

回転する円筒にのせた棒の単振動

図のように、半径が r の円筒 A , B を接触させて水平に並べ、この上に質量 m の一様な棒を円筒の軸方向に直角に置いて、円筒を同時に等しい速さで図の矢印の向きに回転させる。円筒と棒との間の動摩擦係数を μ , 重力加速度の大きさを g とする。



いま、棒の重心 G が両円筒の中央より x だけ右へ偏った点を通過するとき、次の問に答えよ。

- (1) 棒に働く A , B からの垂直抗力 R_1 , R_2 の大きさはいくらか。
- (2) また、棒が A , B から受ける動摩擦力の向きと大きさをそれぞれ求めよ。
- (3) このとき棒に働く水平方向の力の合力と x との関係を調べ、この運動が単振動になることを証明せよ。
- (4) その周期を求めよ。

ニュートンリングによる光の干渉

曲率半径 R の平凸レンズと平面ガラスとを接した、図のようなニュートンリングの装置がある。これに上方から波長 λ の単色光を当てて、上方から眺めるものとする。中央は暗い場所となるが、中央から m 番目 (中央は 0 番目として) の暗環の半径を x とし、その場所の空気の薄層の厚さを d とするとき、 $2d$ を m と λ を用いて表せば , R と x を用いて表せば となるので、 m 、 λ 、 R 、 x の間には の関係式が成り立つ。ただし、 $x \ll R$ とする。

いま、波長 λ の光を使ったとき、薄層が空気のとときの m 番目の暗環の半径が x_1 、薄層の部分に屈折率 n (n は未知数) の液体をみたしたときの m 番目の暗環の半径が x_2 であったとすれば、 $n = \text{input type="text" value="(ニ)"/>$ となる。

また、この装置を下方から眺めるときは、明暗は {ホ} : 同じ ; 逆} になる。

