

物 理 学 AI

古典力学に関する以下の設問に答えなさい。

I

水平方向に一定の速度 V で駆動しているベルトコンベアが地上に設置されている。このベルトコンベア上の物体の動きについて考える。図1に示すように質量 m の物体をベルト上に置き、ある時刻 $t=0$ に静かに物体から手を離す。はじめはベルトと物体の間にすべりがあるものの物体の速度は上昇し、時刻 $t=t_0$ にすべりがなくなりベルトと物体の速度が同じになった。ここで、ベルト・物体間の動摩擦係数を μ 、重力加速度を g として、以下の設問に V 、 m 、 μ 、 g のうち必要なものを用いて答えなさい。

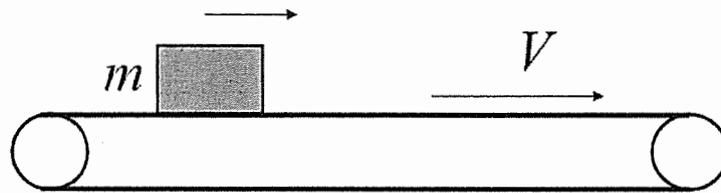


図1

- (1) 物体とベルトのすべりがなくなるまでの時間 t_0 を求めなさい。
- (2) 物体とベルトのすべりがなくなるまでに、物体が地上に対して移動した距離を求めなさい。

前問と同様に水平方向に一定の速度 V で駆動するベルトコンベアが地上に設置されている。さらに図2(a)に示すようにベルトコンベアの進行方向に、ばね定数 k 、自然長 l のばねを地上の壁に水平に固定し、その先端には物体と接触すると一体となって運動する接着板を設置した。物体は接着板に接触してベルトに対して再びすべりだし、一定時間が経過した後に図2(b)に示すように接着板と一体となって水平方向に振幅 A の単振動を行う状態となった。このとき以下の設問に V 、 m 、 μ 、 g 、 k 、 l 、 A のうち必要なものを用いて答えなさい。ただし、接着板の質量や、ばねおよび接着板自身の移動における摩擦などは無視できるものとする。また、ベルトコンベアの手は、物体の地上に対する速度よりも十分速いものとする。

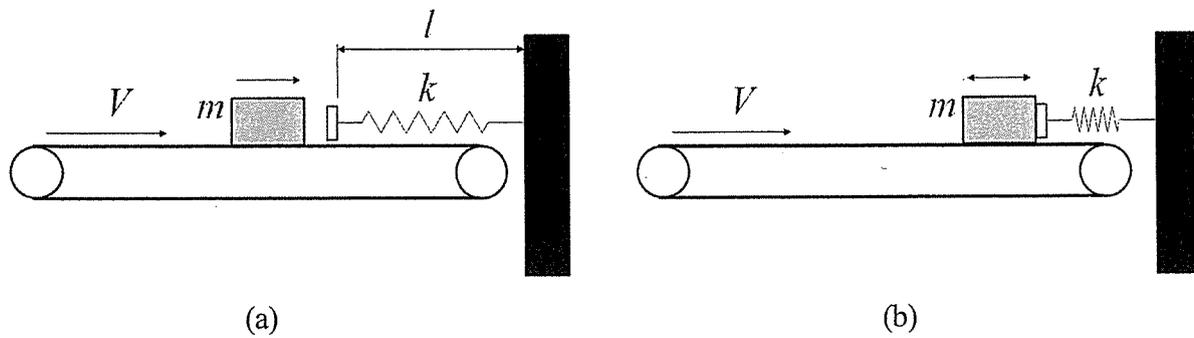


図 2

- (3) 物体の振動中心におけるばねの長さを求めなさい。
- (4) 物体の振動の周期を求めなさい。
- (5) 振動中の物体の、地上に対する速度の最大値を求めなさい。

物理学 A II

電磁気学に関する以下の設問に答えなさい。

II.

以下の全ての設問に対して MKSA 単位系を用い、真空の誘電率を ϵ_0 として答えなさい。

- (1) 真空中に点電荷 Q がある時、この電荷の位置から距離 r だけ離れた点における電位 $\phi(r)$ を書きなさい。
- (2) 以下については図 1 のような xyz 座標系において考える。図のように xy 平面上に無限に広がる導体表面および、 z 軸上の点 $(0, 0, d)$ に点電荷 $+Q$ があるとする。ただし、 $z > 0$ の領域は真空であるとし、 $d > 0$ とする。この時、導体表面に関して対称な位置に仮想電荷 $-Q$ があるとみなすことで電位を求めることができる。 $z > 0$ の領域における電位 $\phi(x, y, z)$ を書きなさい。

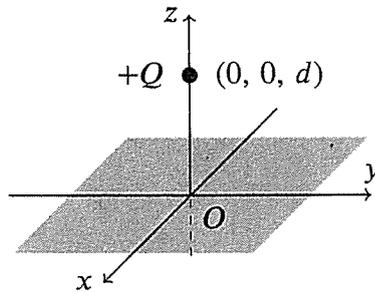


図 1

- (3) (2) の場合に、 $z > 0$ の領域における電場 $\vec{E}(x, y, z)$ の各成分 $E_x(x, y, z)$ 、 $E_y(x, y, z)$ 、および $E_z(x, y, z)$ を求めなさい。
- (4) 図 2 のように導体表面の電場を $E_{z0}(x, y)$ とし、導体表面に電荷が密度 $\sigma(x, y)$ で誘起されるとする。この場合、Maxwell 方程式から、電場 $E_{z0}(x, y)$ および電荷密度 $\sigma(x, y)$ の満たす条件は、図中の導体表面を囲んだ四角い領域について境界条件を考えることで、 $\sigma(x, y) = \epsilon_0 E_{z0}(x, y)$ と求めることができる。これを踏まえて、導体表面に誘起される電荷密度 $\sigma(x, y)$ を求めなさい。

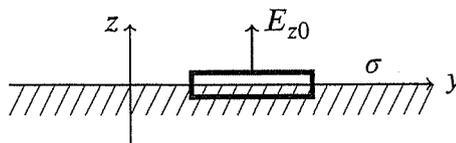


図 2

- (5) 電荷密度 $\sigma(x, y)$ を積分することで、導体表面に誘起される全電荷量が $-Q$ となることを示しなさい。