



第3章

牛 顿 定 律

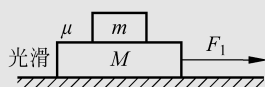


板块相对滑动时的临界拉力 F

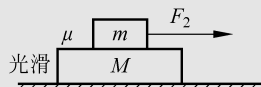
F 两种说法

- (1) 要保持 M 和 m 相对静止, 拉力 F 的最大值;
- (2) 要将 M 从 m 下面拉出(或使 m 在 M 上相对滑动), 拉力 F 的最小值

一、地面光滑型

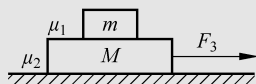


$$F_1 = (M+m) \frac{\mu mg}{m} = (M+m) \mu g$$

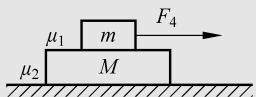


$$F_2 = (M+m) \frac{\mu mg}{M}$$

二、地面粗糙型



$$F_3 - \mu_2 (M+m) g = (M+m) \frac{\mu_1 mg}{m} = (M+m) \mu_1 g$$



若 $\mu_1 mg \leq \mu_2 (M+m) g$, 即 M 不动, 则 $F_4 = \mu_1 mg$;

若 $\mu_1 mg > \mu_2 (M+m) g$, 即 M 滑动, 则 $F_4 - \mu_2 (M+m) g = (M+m) \frac{\mu_1 mg - \mu_2 (M+m) g}{M}$

0-v-0 运动模型结论

结论 1: 两地距离确定时, 此种运行方式所用时间最短;

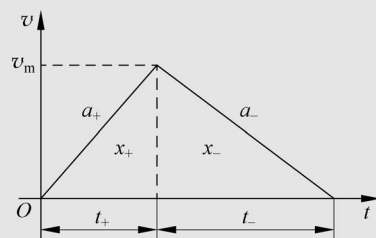
结论 2: 全程与分段的平均速度关系: $\frac{s}{t} = \bar{v}_{\text{全}} = \bar{v}_{+} = \bar{v}_{-} = \frac{v_m}{2}$;

结论 3: 分段过程参量: $x_{-} : x_{+} = a_{+} : a_{-} = t_{-} : t_{+}$;

结论 4: 全过程的参量问题: 类比由静止开始的匀加速直线运动公式记忆,

$$v = at \Rightarrow v_m = \frac{a_{+} + a_{-}}{a_{+} + a_{-}} t, \quad x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \Rightarrow s = \frac{1}{2} \cdot \frac{a_{+} + a_{-}}{a_{+} + a_{-}} \cdot t^2, \quad v_m^2 = 2ax \Rightarrow v_m^2 = 2 \frac{a_{+} + a_{-}}{a_{+} + a_{-}} s,$$

其中: s 为全过程的位移(路程), t 为全过程的总时间, v_m 为全过程中的最大速度, $a = \frac{a_{+} + a_{-}}{a_{+} + a_{-}}$



3.1 $F-t$ 图类

【45】【2019·新课标Ⅲ·】(多选题)

如图1所示,物块和木板叠放在实验台上,物块用一不可伸长的细绳与固定在实验台上的力传感器相连,细绳水平。 $t=0$ 时,木板开始受到水平外力 F 的作用,在 $t=4\text{ s}$ 时撤去外力。细绳对物块的拉力 f 随时间 t 变化的关系如图2所示,木板的速度 v 与时间 t 的关系如图3所示。木板与实验台之间的摩擦可以忽略。重力加速度 g 取 10 m/s^2 。由题给数据可以得出()。

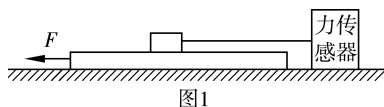
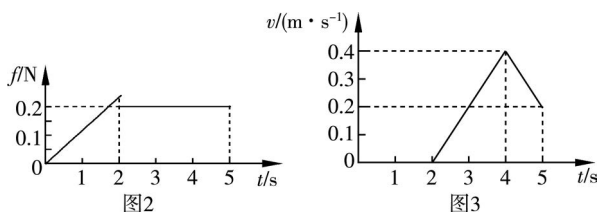
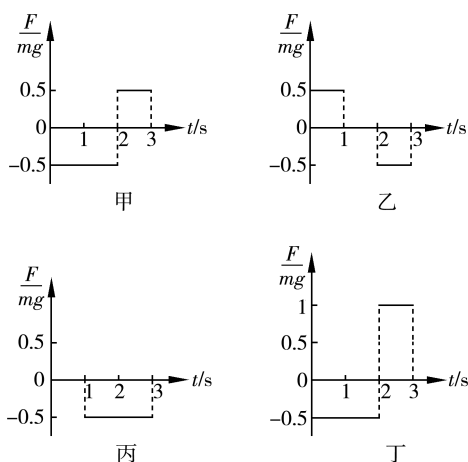
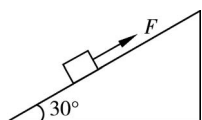


图1



- A. 木板的质量为 1 kg
 B. $2\sim 4\text{ s}$ 内,力 F 的大小为 0.4 N
 C. $0\sim 2\text{ s}$ 内,力 F 的大小保持不变
 D. 物块与木板之间的动摩擦因数为 0.2

【46】【2007·全国Ⅰ·】如图所示,在倾角为 30° 且足够长的光滑斜面上有一质量为 m 的物体,它受到沿斜面方向的力 F 的作用。力 F 可按图甲、乙、丙、丁所示的四种方式随时间变化(图中纵坐标是 F 与 mg 的比值,力沿斜面向上为正)。



已知此物体在 $t=0$ 时速度为零,若用 v_1 、 v_2 、 v_3 、 v_4 分别表示上述四种受力情况下物体在 3 s 末的速率,则这四个速率中最大的是()。

- A. v_1 B. v_2 C. v_3 D. v_4

【47】【2014·浙江·】(多选题)如图1

所示,两根光滑平行导轨水平放置,间距为 L ,其间有竖直向下的匀强磁场,磁感应强度为 B 。垂直于导轨水平对称放置一根均匀金属棒。从 $t=0$ 时刻起,棒上有如图2所示的持续交变电流 I ,周期为 T ,最大值为 I_m ,图1中 I 所示方向为电流正方向,则金属棒()。

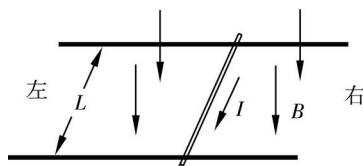


图1

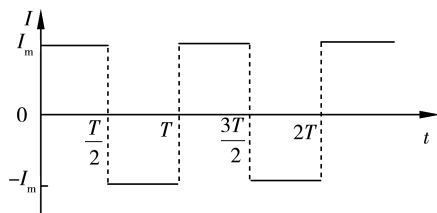


图2

- A. 一直向右移动
 B. 速度随时间周期性变化
 C. 受到的安培力随时间周期性变化
 D. 受到的安培力在一个周期内做正功

【48】【2011·安徽·】如图1所示,两平行正对的金属板A、B间加有如图2所示的交变电压,一重力可忽略不计的带正电粒子被固定在两板的正中间P处。若在 t_0 时刻释放该粒子,粒子会时而向A板运动,时而向B板运动,并最终打在A板上,则 t_0 可能属于的时间段是()。

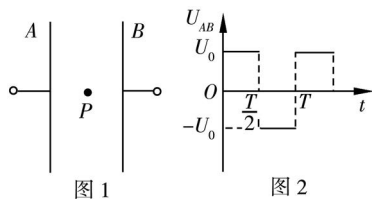


图1

图2

- A. $0 < t_0 < \frac{T}{4}$ B. $\frac{T}{2} < t_0 < \frac{3T}{4}$
 C. $\frac{3T}{4} < t_0 < T$ D. $T < t_0 < \frac{9T}{8}$

【49】【2020·浙江7月·】如图1所示,有一质量 $m=200\text{ kg}$ 的物件在电机的牵引下从地面竖直向上经加速、匀速、匀减速至指定位置。当加速运动到总位移的 $\frac{1}{4}$ 时开始计时,测得电机的牵引力随时间变化的 $F-t$ 图线如图2所示, $t=34\text{ s}$ 末速度减为0时恰好到达指定位置。若不计绳索的质量和空气阻力,求物件:



图1

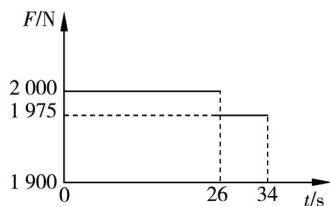
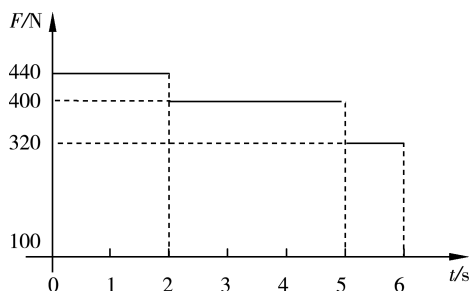


图2

- (1) 做匀减速运动的加速度大小和方向;
 (2) 匀速运动的速度大小;
 (3) 总位移的大小。

【50】【2006·全国Ⅱ·】一质量为 $m=40\text{ kg}$ 的小孩在电梯内的体重计上,电梯从 $t=0$ 时刻由静止开始上升,在 $0\sim 6\text{ s}$ 内体重计示数 F 的变化如图所示。试问:在这段时间内电梯上升的高度是多少?(重力加速度取 $g=10\text{ m/s}^2$)



【51】【2007·上海·】如图1所示,固定光滑细杆与地面成一定倾角,在杆上套有一个光滑小环,小环在沿杆方向的推力 F 作用下向上运动,推力 F 与小环速度 v 随时间变化规律如图2所示,重力加速度取 $g=10\text{ m/s}^2$ 。求:

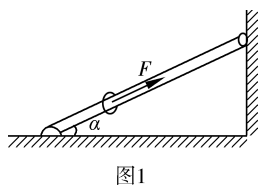


图1

示,重力加速度取 $g=10\text{ m/s}^2$ 。求:

- (1) 小环的质量 m ;
- (2) 细杆与地面间的倾角 α 。

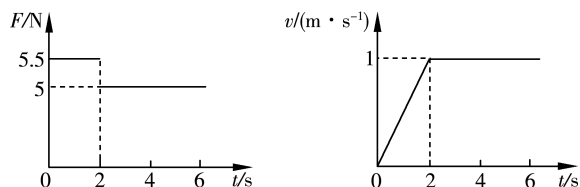


图2

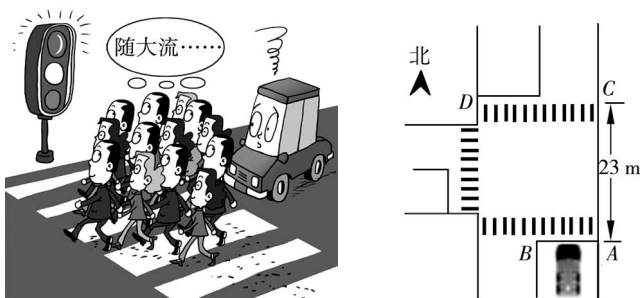
3.2 情景建模类

【52】【2020·新课标 I ·】我国自主研发了运-20 重型运输机。飞机获得的升力大小 F 可用 $F=kv^2$ 描写, k 为系数; v 是飞机在平直跑道上的滑行速度, F 与飞机所受重力相等时的 v 称为飞机的起飞离地速度,已知飞机质量为 $1.21 \times 10^5\text{ kg}$ 时,起飞离地速度为 66 m/s ; 装载货物后质量为 $1.69 \times 10^5\text{ kg}$, 装

载货物前后起飞离地时的 k 值可视为不变。

- (1) 求飞机装载货物后的起飞离地速度;
- (2) 若该飞机装载货物后,从静止开始匀加速滑行 $1\,521\text{ m}$ 起飞离地,求飞机在滑行过程中加速度的大小和所用的时间。

【53】【2013·四川·】近年来,我国多个城市开始重点治理“中国式过马路”行为。只有科学设置交通管制,人人遵守交通规则,才能保证行人的生命安全。如图所示,停车线 AB 与前方斑马线边界 CD 间的距离为 23 m 。质量 8 t 、车长 7 m 的卡车以 54 km/h 的速度向北匀速行驶,当车前端刚驶过停车线 AB ,该车前方的机动车交通信号灯由绿灯变黄灯。



- (1) 若此时前方 C 处人行横道路边等待的行人就抢先过马路,卡车司机发现行人,立即制动,卡车受到的阻力为 $3 \times 10^4\text{ N}$,求卡车的制动距离;

(2) 若人人遵守交通规则,该车将不受影响地驶过前方斑马线边界 CD 。为确保行人安全, D 处人行横道信号灯应该在南北向机动车信号灯变黄灯后至少多久变为绿灯?

(3) 假设驾驶员以 $v_2 = 54 \text{ m/h}$ 超速行驶,在距离斑马线 $s = 20 \text{ m}$ 处立即刹车,求汽车到斑马线时的速度。

3.3 斜面类

【55】【2000·上海·】 风洞实验室中可以产生水平方向的、大小可调节的风力,现将一套有小球的细直杆放入风洞实验室,小球孔径略大于细杆直径。

(1) 当杆在水平方向上固定时,调节风力的大小,使小球在杆上做匀速运动,这时小球所受的风力为小球所受重力的 0.5 倍,求小球与杆间的动摩擦因数;

(2) 保持小球所受风力不变,使杆与水平方向间夹角为 37° 并固定,则小球从静止出发在细杆上滑下距离 s 所需时间为多少? ($\sin 37^\circ = 0.6, \cos 37^\circ = 0.8$)

【54】【2021·浙江6月·】 机动车礼让

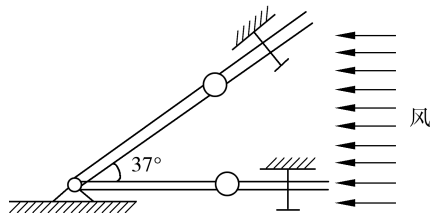
行人是一种文明行为。如图所示,质量 $m = 1.0 \times 10^3 \text{ kg}$ 的汽车以 $v_1 = 36 \text{ km/h}$ 的速度在水平路面上匀速行驶,在距离斑马线 $s = 20 \text{ m}$



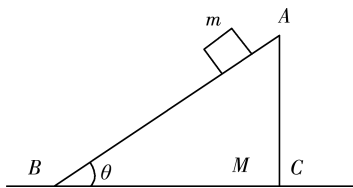
处,驾驶员发现小朋友排着长 $l = 6 \text{ m}$ 的队伍从斑马线一端开始通过,立即刹车,最终恰好停在斑马线前。假设汽车在刹车过程中所受阻力不变,且忽略驾驶员反应时间。

(1) 求开始刹车到汽车停止所用的时间和所受阻力的大小;

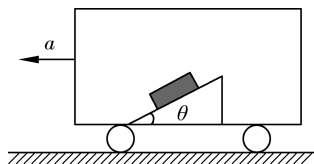
(2) 若路面宽 $L = 6 \text{ m}$,小朋友行走的速度 $v_0 = 0.5 \text{ m/s}$,求汽车在斑马线前等待小朋友全部通过所需的时间;



【56】【1994·全国·】如图所示，质量 $M=10\text{ kg}$ 的木楔 ABC 静置于粗糙水平地面上，动摩擦因数 $\mu=0.02$ 。在木楔的倾角 $\theta=30^\circ$ 的斜面上，有一质量 $m=1.0\text{ kg}$ 的物块由静止开始沿斜面下滑。当滑行路程 $s=1.4\text{ m}$ 时，其速度 $v=1.4\text{ m/s}$ ，在这过程中木楔没有动。求地面对木楔的摩擦力的大小和方向。（重力加速度取 $g=10\text{ m/s}^2$ ）

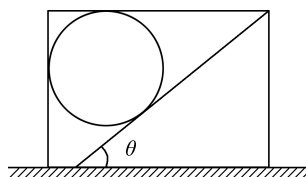


【57】【1979·全国·】在加速行驶的车上固定一斜面，斜面倾角是 θ ，如图所示。有一物体静止在斜面上。如果火车加速度小于某一值 a ，物体就会下滑。设物体和斜面间的动摩擦因数是 μ ，推导 a 的表达式。（设最大静摩擦力等于滑动摩擦力）



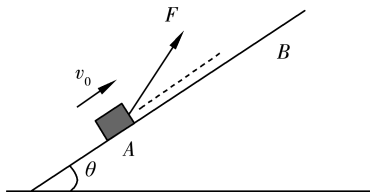
【58】【2014·上海·】如图所示，水平地面上的矩形箱子内有一倾角为 θ 的固定斜面，斜面上放一质量为 m 的光滑球。静止时，箱子顶部与球接触但无压力。箱子由静止开始向右做匀加速运动，然后改做加速度大小为 a 的匀减速运动直至静止，经过的总路程为 s ，运动过程中的最大速度为 v 。

- (1) 求箱子加速阶段的加速度大小 a' ；
- (2) 若 $a > g \tan \theta$ ，求减速阶段球受到箱子左壁和顶部的作用力。



【59】【2013·山东·】如图所示，一质量 $m=0.4\text{ kg}$ 的小物块，以 $v_0=2\text{ m/s}$ 的初速度，在与斜面成某一夹角的拉力 F 作用下，沿斜面向上做匀加速运动，经 $t=2\text{ s}$ 的时间物块由 A 点运动到 B 点， A 、 B 之间的距离 $L=10\text{ m}$ 。已知斜面倾角 $\theta=30^\circ$ ，物块与斜面之间的动摩擦因数 $\mu=\frac{\sqrt{3}}{3}$ 。重力加速度取 $g=10\text{ m/s}^2$ 。

- (1) 求物块加速度的大小及到达 B 点时速度的大小；
- (2) 拉力 F 与斜面的夹角多大时，拉力 F 最小？拉力 F 的最小值是多少？

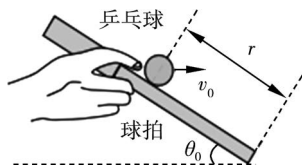


【60】【2012·重庆·JJJJ】 某校举行托乒乓球跑步比赛，赛道为水平直道，比赛距离为 s 。比赛时，某同学将球置于球拍中心，以大小为 a 的加速度从静止开始做匀加速直线运动，当速度达到 v_0 时，再以 v_0 做匀速直线运动跑至终点。整个过程中球一直保持在球拍中心不动。比赛中，该同学在匀速直线运动阶段保持球拍的倾角为 θ_0 ，如图所示，设球在运动中受到的空气阻力大小与其速度大小成正比，方向与运动方向相反，不计球与球拍之间的摩擦，球的质量为 m ，重力加速度为 g 。

- (1) 求空气阻力大小与球速大小的比例系数 k ；
- (2) 求在加速跑阶段球拍倾角 θ 随速度 v 变

化的关系式；

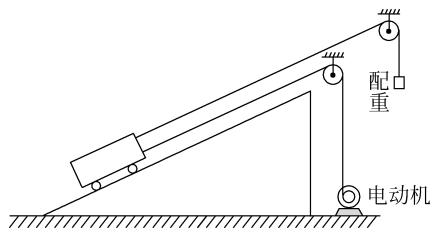
- (3) 整个匀速跑阶段，若该同学速度仍为 v_0 ，而球拍的倾角比 θ_0 大了 β 并保持不变，不计球在球拍上的移动引起的空气阻力变化，为保证到达终点前球不从球拍上距离中心为 r 的下边沿掉落，求 β 应满足的条件。



【61】【2022·山东·JJJJ】 某粮库使用额定电压 $U=380\text{ V}$ 、内阻 $R=0.25\ \Omega$ 的电动机运粮。如图所示，配重和电动机连接小车的缆绳均平行于斜坡，装满粮食的小车以速度 $v=2\text{ m/s}$ 沿斜坡匀速上行，此时电流 $I=40\text{ A}$ 。关闭电动机后，小车又沿斜坡上行路程 L 到达卸粮点时，速度恰好为零。卸粮后，给小车一个向下的初速度，小车沿斜坡刚好匀速下行。已知小车质量 $m_1=100\text{ kg}$ ，车上粮食质量 $m_2=1\ 200\text{ kg}$ ，配重质量 $m_0=40\text{ kg}$ ，取重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$ ，小车运动时受到的摩擦阻力与车及车上粮食总重力成正比，比例系

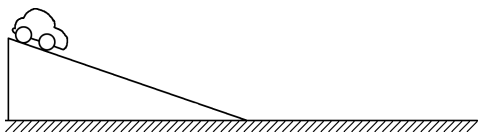
数为 k ，配重始终未接触地面，不计电动机自身机械摩擦损耗及缆绳质量。求：

- (1) 比例系数 k 值；
- (2) 上行路程 L 值。



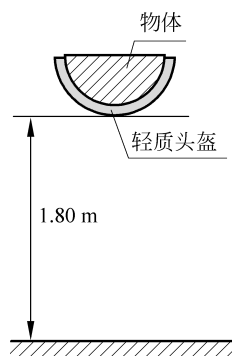
3.4 “0-v-0”类

【62】【1964·全国·】 一辆车质量 $M=2\,000\text{ kg}$ ，在斜坡上高度 $h=5\text{ m}$ 处，从静止开始向下滑，达到斜坡底端时已滑行了 $s_1=200\text{ m}$ ，随后又在水平面上滑行。假设车所受的阻力 f 的大小始终等于 400 N ，求车在水平面上能够滑行的距离 s_2 。



【63】【2021·重庆·】 我国规定摩托车、电动自行车骑乘人员必须依法佩戴具有缓冲作用的安全头盔。小明对某轻质头盔的安全性进行了模拟实验检测。某次，他在头盔中装入质量为 5.0 kg 的物体（物体与头盔密切接触），使其从 1.80 m 的高处自由落下，如图所示，并与水平地面发生碰撞，头盔厚度被挤压了 0.03 m 时，物体的速度减小到零。挤压过程不计物体重力，且视为匀减速直线运动，不考虑物体和地面的形变，忽略空气阻力，重力加速度 g 取 10 m/s^2 。求：

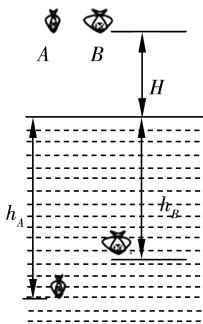
- (1) 头盔接触地面前瞬间的速度大小；
- (2) 物体做匀减速直线运动的时间；
- (3) 物体在匀减速直线运动过程中所受平均作用力的大小。



【64】【2012·浙江·】 为了研究鱼所受水的阻力与其形状的关系，小明同学用石蜡做成两条质量均为 m 、形状不同的“ A 鱼”和“ B 鱼”，如图所示。在高出水面 H 处分别静止释放“ A 鱼”和“ B 鱼”，“ A 鱼”竖直下潜 h_A 后速度减为零，“ B 鱼”竖直下潜 h_B 后速度减为零。“鱼”在水中运动时，除受重力外，还受浮

力和水的阻力。已知“鱼”在水中所受浮力是其重力的 $\frac{10}{9}$ 倍,重力加速度为 g ,”鱼”运动的位移值远大于“鱼”的长度。假设“鱼”运动时所受水的阻力恒定,空气阻力不计。求:

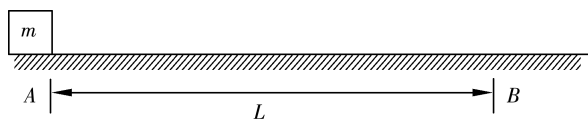
- (1) “A 鱼”入水瞬间的速度 v_{A1} ;
- (2) “A 鱼”在水中运动时所受阻力 f_A ;
- (3) “A 鱼”与“B 鱼”在水中运动时所受阻力之比 $f_A : f_B$ 。



【65】【2004·天津·】 质量 $m = 1.5 \text{ kg}$ 的物块(可视为质点)在水平恒力 F 作用下,从水平面上 A 点由静止开始运动,运动一段距离撤去该力,物块继续滑行 $t = 2.0 \text{ s}$ 停在 B 点,已知 A 、 B 两点间的距离 $x = 5.0 \text{ m}$,物块与水平面间的动摩擦因数 $\mu = 0.20$,求恒力 F 为多大?(重力加速度取 $g = 10 \text{ m/s}^2$)

【66】【2011·上海·】 如图所示,质量 $m = 2 \text{ kg}$ 的物体静止于水平地面的 A 处, A 、 B 间距 $L = 20 \text{ m}$ 。用大小为 30 N ,沿水平方向的外力拉此物体,经 $t_0 = 2 \text{ s}$ 拉至 B 处。(已知 $\cos 37^\circ = 0.8$, $\sin 37^\circ = 0.6$,重力加速度取 $g = 10 \text{ m/s}^2$)

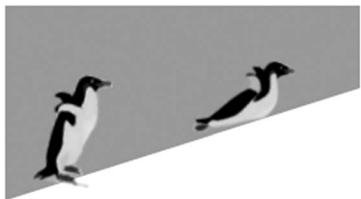
- (1) 求物体与地面间的动摩擦因数 μ ;
- (2) 用大小为 30 N ,与水平方向成 37° 的力斜向上拉此物体,使物体从 A 处由静止开始运动并能到达 B 处,求该力作用的最短时间 t 。



【67】【2018·浙江4月·】 可爱的企鹅喜欢在冰面上玩游戏。如图所示,有一企鹅在倾角为 37° 的倾斜冰面上先以加速度 $a = 0.5 \text{ m/s}^2$ 从冰面底部由静止开始沿直线向上“奔跑”, $t = 8 \text{ s}$ 时,突然卧倒以肚皮贴着冰面向前滑行,最后退滑到出发点,完成一次游戏(企鹅在滑动过程中姿势保持不变)。若企鹅肚皮与冰面间的动摩擦因数 $\mu = 0.25$,已知 $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$,求:

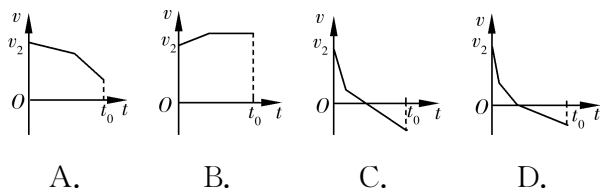
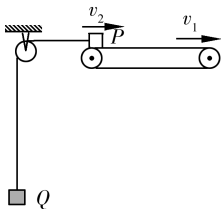
- (1) 企鹅向上“奔跑”的位移大小;
- (2) 企鹅在冰面滑动的加速度大小;

(3) 企鹅退滑到出发点时的速度大小。(计算结果可用根式表示)



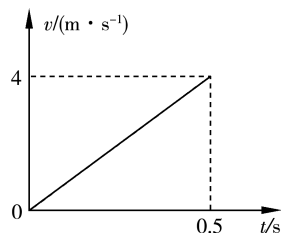
3.5 多过程类

【68】【2014·四川·】(多选题) 如图所示, 水平传送带以速度 v_1 匀速运动, 小物体 P 、 Q 由通过定滑轮且不可伸长的轻绳相连, $t=0$ 时刻 P 在传送带左端具有速度 v_2 , P 与定滑轮间的绳水平, $t=t_0$ 时刻 P 离开传送带。不计定滑轮质量和摩擦, 绳足够长。则下列可能正确描述小物体 P 速度随时间变化的图像是()。



【69】【2012·安徽·】质量为 0.1 kg 的弹性球从空中某高度由静止开始下落, 该下落过程对应的 $v-t$ 图像如图所示。球与水平地面相碰后离开地面时的速度大小为碰撞前的 $\frac{3}{4}$ 。设球受到的空气阻力大小恒为 f , 重力加速度取 $g=10 \text{ m/s}^2$, 求:

- (1) 弹性球受到的空气阻力 f 的大小;
- (2) 弹性球第一次碰撞后反弹的高度 h 。



【70】【2002·全国·】蹦床是运动员在一张绷紧的弹性网上蹦跳、翻滚并做各种空中动作的运动项目。一个质量为 60 kg 的运动员, 从离水平网面 3.2 m 高处自由下落, 着网后沿竖直方向蹦回到离水平网面 5.0 m 高处。已知运动员与网接触的时间为 1.2 s 。若把在这段时间内网对运动员的作用力当作恒力处理, 求此力的大小。(重力加速度取 $g=10 \text{ m/s}^2$)