2013 年北京理综

1. 下列说法正确的是（A）

   A. 液体中悬浮的微粒的无规则运动称为布朗运动

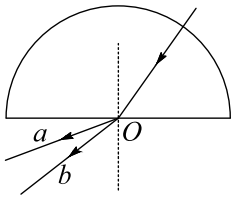
   B. 液体分子的无规则运动称为布朗运动

   C. 物体从外界吸收热量，其内能一定增加

   D. 物体对外界做功，其内能一定减少

   > 布朗运动是液体中悬浮微粒的无规则运动，它是液体分子无规则运动的反映，故 A 正确，B 错误；由热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ 可知，物体从外界吸收热量，若对外做功，其内能可能减小或不变，故 C 错误；同样由热力学第一定律知，物体对外做功，若吸收热量，其内能可能不变或增加，故 D 错误。

2. 如图所示，一束可见光射向半圆形玻璃砖的圆心 O，经折射后分为两束单色光 a 和 b。下列判断正确的是（B）

   A. 玻璃对 a 光的折射率小于对 b 光的折射率

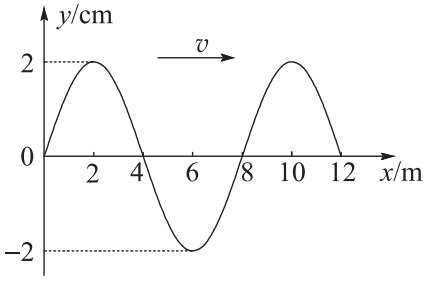
   B. a 光的频率大于 b 光的频率

   C. 在真空中 a 光的波长大于 b 光的波长

   D. a 光光子能量小于 b 光光子能量

   > 光线经折射后分为 a 光和 b 光，由于 a 光偏折角大，则 a 光的折射率大于 b 光的折射率，a 光频率大于 b 光频率，故 A 错误，B 正确；两光在真空中传播速度相同，由 $c = \lambda f$ 知 a 光的波长短，故 C 错误；由光子能量 $E = h\nu$ 知，光的频率越大，光子的能量越大，故 a 光光子能量大于 b 光光子能量，故 D 错误。

3. 一列沿 x 轴正方向传播的简谐机械横波，波速为 $4\,\mathrm{m/s}$。某时刻波形如图所示，下列说法正确的是（D）

A. 这列波的振幅为 4 cm

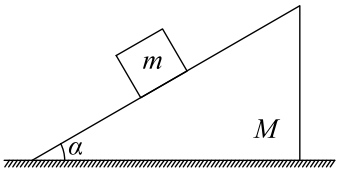
B. 这列波的周期为 1 s

C. 此时 $x=4\,\mathrm{m}$ 处质点沿 y 轴负方向运动

D. 此时 $x=4\,\mathrm{m}$ 处质点的加速度为 0

由波形图象可知这列波的振幅为 2 cm，故 A 错误；由图象知此波的波长为 8 m，结合 $v=\frac{\lambda}{T}$ 可得这列波的周期为 $T=2\,\mathrm{s}$，故 B 错误；波沿 x 轴正方向传播，由“上坡下，下坡上”原理知，此时 $x=4\,\mathrm{m}$ 处的质点沿 y 轴正方向运动，故 C 错误；此时 $x=4\,\mathrm{m}$ 处质点处于平衡位置，速度最大，所受回复力为零，加速度为 0，故 D 正确。

4. 倾角为 α、质量为 M 的斜面体静止在水平桌面上，质量为 m 的木块静止在斜面体上。下列结论正确的是 (D)



A. 木块受到的摩擦力大小是 $mg\cos\alpha$

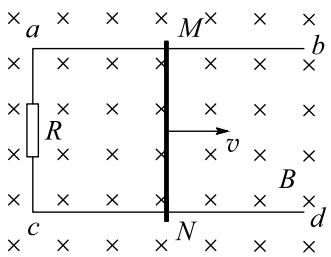
B. 木块对斜面体的压力大小是 $mg\sin\alpha$

C. 桌面对斜面体的摩擦力大小是 $mg\sin\alpha\cos\alpha$

D. 桌面对斜面体的支持力大小是 $(M+m)g$

对木块受力分析，沿斜面方向上由共点力平衡有 $mg\sin\alpha=f$，垂直斜面方向上有 $mg\cos\alpha=F_N$，由牛顿第三定律可得，木块对斜面体的压力大小为 $mg\cos\alpha$，故 A、B 错误；以 M、m 整体为研究对象，在水平方向上整体不受外力作用，所以桌面对斜面体的摩擦力大小为 0，由整体在竖直方向上受力平衡可得 $F_{N桌}=(M+m)g$，故 C 错误，D 正确。

5. 如图，在磁感应强度为 B、方向垂直纸面向里的匀强磁场中，金属杆 MN 在平行金属导轨上以速度 v 向右匀速滑动，MN 中产生的感应电动势为 E_1；若磁感应强度增为 $2B$，其他条件不变，MN 中产生的感应电动势变为 E_2。则通过电阻 R 的电流方向及 E_1 与 E_2 之比 $E_1:E_2$ 分别为 (C)



A. $c \to a$，$2:1$　　B. $a \to c$，$2:1$　　C. $a \to c$，$1:2$　　D. $c \to a$，$1:2$

> MN 切割磁感线产生感应电动势，由 $E = BLv$ 可知 $E_1 : E_2 = 1:2$；由右手定则可知，流过 R 的电流方向为 $a \to c$，故 C 正确。

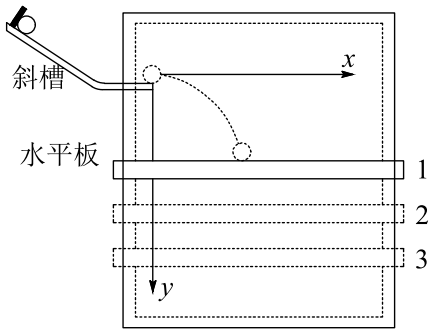
6. 某原子电离后其核外只有一个电子，若该电子在核的静电力作用下绕核做匀速圆周运动，那么电子运动 (C)

A. 半径越大，加速度越大　　B. 半径越小，周期越大

C. 半径越大，角速度越小　　D. 半径越小，线速度越小

> 由 $F = \frac{kQq}{r^2}$ 可知电子运动半径越大，所受电场力越小，加速度越小，故 A 错误；电子做圆周运动，静电力提供了电子做圆周运动所需要的向心力，可得 $\frac{kQq}{r^2} = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$，整理可得 $T = 2\pi\sqrt{\frac{mr^3}{kQq}}$，可知电子运动半径越小，周期越小，故 B 错误；由 $\frac{kQq}{r^2} = m\omega^2 r$ 得 $\omega = \sqrt{\frac{kQq}{mr^3}}$，即电子运动半径越大，角速度越小，故 C 正确；由 $\frac{kQq}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$ 可得 $v = \sqrt{\frac{kQq}{mr}}$，即电子运动半径越小，线速度越大，故 D 错误。

7. 在实验操作前应该对实验进行适当的分析。研究平抛运动的实验装置示意如图。小球每次都从斜槽的同一位置无初速度释放，并从斜槽末端水平飞出。改变水平板的高度，就改变了小球在板上落点的位置，从而可描绘出小球的运动轨迹。某同学设想小球先后三次做平抛，将水平板依次放在图中 1、2、3 的位置，且 1 与 2 的间距等于 2 与 3 的间距。若三次实验中，小球从抛出点到落点的水平位移依次为 x_1、x_2、x_3，机械能的变化量依次为 ΔE_1、ΔE_2、ΔE_3，忽略空气阻力的影响，下面分析正确的是 (B)



A. $x_2 - x_1 = x_3 - x_2$，$\Delta E_1 = \Delta E_2 = \Delta E_3$

B. $x_2 - x_1 > x_3 - x_2$，$\Delta E_1 = \Delta E_2 = \Delta E_3$

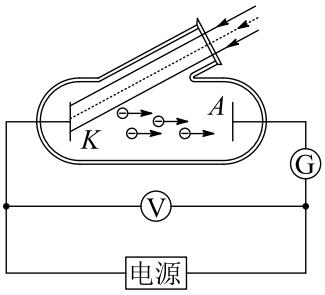
C. $x_2 - x_1 > x_3 - x_2$，$\Delta E_1 < \Delta E_2 < \Delta E_3$

D. $x_2 - x_1 < x_3 - x_2$，$\Delta E_1 < \Delta E_2 < \Delta E_3$

> 物体做平抛运动，竖直方向为自由落体运动，竖直方向的速度不断增大，1 与 2 的间距等于 2 与 3 的间距，则从 1 到 2 经历的时间大于从 2 到 3 经历的时间，物体水平方向做匀速直线运动，由此可得 $x_2 - x_1 > x_3 - x_2$；小球做平抛运动，机械能守恒，则 $\Delta E_1 = \Delta E_2 = \Delta E_3$，故 B 正确。

8. 以往我们认识的光电效应是单光子光电效应，即一个电子在极短时间内只能吸收到一个光子而从金属表面逸出。强激光的出现丰富了人们对于光电效应的认识，用强激光照射金属，由于其光子密度极大，一个电子在极短时间内吸收多个光子成为可能，从而形成多光子光电效应，这已被实验证实。

   光电效应实验装置示意如图。用频率为 ν 的普通光源照射阴极 K，没有发生光电效应。换用同样频率为 ν 的强激光照射阴极 K，则发生了光电效应；此时，若加上反向电压 U，即将阴极 K 接电源正极，阳极 A 接电源负极，在 KA 之间就形成了使光电子减速的电场，逐渐增大 U，光电流会逐渐减小；当光电流恰好减小到零时，所加反向电压 U 可能是下列的（其中 W 为逃出功，h 为普朗克常量，e 为电子电量）(B)



   A. $U = \frac{h\nu}{e} - \frac{W}{e}$　　B. $U = \frac{2h\nu}{e} - \frac{W}{e}$　　C. $U = 2h\nu - W$　　D. $U = \frac{5h\nu}{2e} - \frac{W}{e}$

> 用频率为 ν 的普通光源照射阴极 K 没有发生光电效应，则 $h\nu < W$；换用强激光照射阴极 K，若电子吸收两个光子后发生光电效应，则 $2h\nu - W = eU$，整理可得 $U = \frac{2h\nu}{e} - \frac{W}{e}$；同理若电子吸收三个光子后发生光电效应，则 $3h\nu - W = eU$，整理可得 $U = \frac{3h\nu}{e} - \frac{W}{e}$。依此类推，电子吸收 n 个光子后发生光电效应，可得 $U = \frac{nh\nu}{e} - \frac{W}{e}$，故 B 正确。

9. 某同学通过实验测定一个阻值约为 $5\,\Omega$ 的电阻 R_x 的阻值。

   (1) 现有电源（4 V，内阻可不计）、滑动变阻器（$0 \sim 50\,\Omega$，额定电流 2 A），开关和导线若干，以及下列电表：

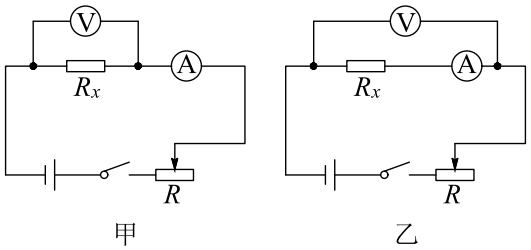
   （A）电流表（$0 \sim 3$ A，内阻约 $0.025\,\Omega$）

   （B）电流表（$0 \sim 0.6$ A，内阻约 $0.125\,\Omega$）

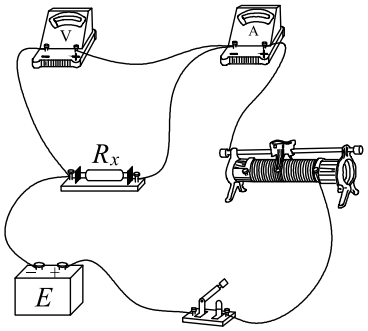
   （C）电压表（$0 \sim 3$ V，内阻约 $3\,\mathrm{k}\Omega$）

   （D）电压表（$0 \sim 15$ V，内阻约 $15\,\mathrm{k}\Omega$）

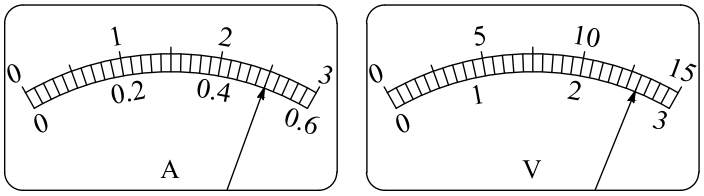
为减小测量误差，在实验中，电流表应选用 B，电压表应选用 C（选填器材前的字母）；实验电路应采用图 1 中的甲（选填“甲”或“乙”）。



(2) 测量 R_x 的实验器材实物图如图所示，图中已连接了部分导线。请根据在（1）问中所选的电路图，补充完成实物间的连线。



(3) 接通开关，改变滑动变阻器滑片 P 的位置，并记录对应的电流表示数 I、电压表示数 U。某次电表示数如图所示，可得该电阻的测量值 $R_x = \frac{U}{I} = 5.2\,\Omega$（保留两位有效数字）。



(4) 若在（1）问中选用甲电路，产生误差的主要原因是 B；若在（1）问中选用乙电路，产生误差的主要原因是 D。（选填选项前的字母）

（A）电流表测量值小于流经 R_x 的电流值

（B）电流表测量值大于流经 R_x 的电流值

（C）电压表测量值小于 R_x 两端的电压值

（D）电压表测量值大于 R_x 两端的电压值

(5) 在不损坏电表的前提下，将滑动变阻器滑片 P 从一端滑向另一端，随滑片 P 移动距离 x 的增加，被测电阻 R_x 两端的电压 U 也随之增加，下列反映 $U-x$ 关系的示意图中正确的是 A。

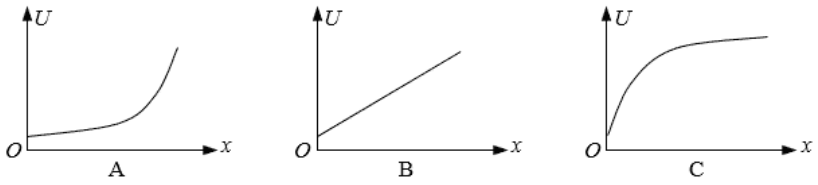


图 4

(1) B、C、甲 (2) 如图 (3) 5.2 Ω (4) B、D (5) A

（1）流过 R_x 的电流最大值约为 $I=\frac{E}{R_x}=0.8\,\mathrm{A}$，通过滑动变阻器完全可使回路电流控制在 0.6 A 范围内，电流表选择 B；电源电动势为 4 V，通过滑动变阻器可使 R_x 两端电压在 3 V 范围内，电压表选择 C；由于 $R_x^2<R_AR_V$，待测电阻为小电阻，电路采用电流表外接法，电路图选择甲。

（2）由电路图连接实物图，如答图所示。

（3）电流表的示数为 0.50 A，电压表的示数为 2.60 V，由 $R_x=\frac{U}{I}$ 代入数据可得 $R_x=5.2\,\Omega$。

（4）选择甲电路的实验误差来源于电压表的分流，使得电流表的测量值大于流经 R_x 的电流，故 B 正确；选择乙电路的实验误差来源于电流表的分压，使得电压表的测量值大于 R_x 两端的电压值，故 D 正确。

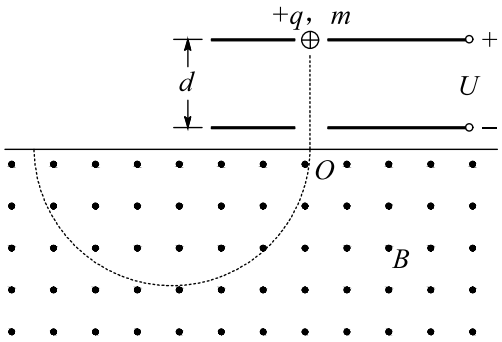
（5）设滑动变阻器单位长度电阻为 r_0，由闭合电路欧姆定律可得 $U=\frac{ER_x}{(R_x+R)-xr_0}$，即对应函数为 $y=\frac{b}{a-kx}$，其中 $a-kx>0$，随着 x 的增加 U 增加，但 U 与 x 并不是线性关系，而是随 x 变化得越来越快，即对应图象为选项 A。

10. 如图所示，两平行金属板间距为 d，电势差为 U，板间电场可视为匀强电场；金属板下方有一磁感应强度为 B 的匀强磁场。带电量为 $+q$、质量为 m 的粒子，由静止开始从正极板出发，经电场加速后射出，并进入磁场做匀速圆周运动。忽略重力的影响，求：

(1) 匀强电场场强 E 的大小；

(2) 粒子从电场射出时速度 v 的大小；

(3) 粒子在磁场中做匀速圆周运动的半径 R。



(1) $E=\frac{U}{d}$ (2) $v=\sqrt{\frac{2qU}{m}}$ (3) $R=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$

（1）电场强度 $E=\frac{U}{d}$

（2）根据动能定理，有 $qU=\frac{1}{2}mv^2$

得 $v=\sqrt{\frac{2qU}{m}}$

（3）粒子在磁场中做匀速圆周运动时，洛伦兹力提供向心力，有

$qvB=m\frac{v^2}{R}$

得 $R=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$

11. 蹦床比赛分成预备运动和比赛动作。最初，运动员静止站在蹦床上；在预备运动阶段，他经过若干次蹦跳，逐渐增加上升高度，最终达到完成比赛动作所需的高度；此后，进入比赛动作阶段。

把蹦床简化为一个竖直放置的轻弹簧，弹力大小 $F=kx$（x 为床面下沉的距离，k 为常量）。质量 $m=50\,\mathrm{kg}$ 的运动员静止站在蹦床上，床面下沉 $x_0=0.10\,\mathrm{m}$；在预备运动中，假定运动员所做的总功 W 全部用于增加其机械能；在比赛动作中，把该运动员视作质点，其每次离开床面做竖直上抛运动的腾空时间均为 $\Delta t=2.0\,\mathrm{s}$，设运动员每次落下使床面压缩的最大深度均为 x_1。取重力加速度 $g=10\,\mathrm{m/s^2}$，忽略空气阻力的影响。

(1) 求常量 k，并在图中画出弹力 F 随 x 变化的示意图；

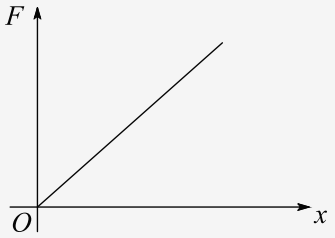
(2) 求在比赛动作中，运动员离开床面后上升的最大高度 h_m；

(3) 借助 $F-x$ 图像可以确定弹力做功的规律，在此基础上，求 x_1 和 W 的值。



(1) $k=\frac{mg}{x_0}=5.0\times10^3\,\mathrm{N/m}$，$F-x$ 图线如图 (2) $h_m=5\,\mathrm{m}$ (3) $x_1=1.1\,\mathrm{m}$，$W=2525\,\mathrm{J}=2.5\times10^3\,\mathrm{J}$

（1）床面下沉 $x_0=0.10\,\mathrm{m}$，运动员受力平衡，有 $mg=kx_0$，得 $k=\frac{mg}{x_0}=5.0\times10^3\,\mathrm{N/m}$，$F-x$ 图线如图。



（2）运动员从 $x=0$ 处离开床面，开始腾空，其上升、下落时间相等，有 $h_m=\frac{1}{2}g\left(\frac{\Delta t}{2}\right)^2=5.0\,\mathrm{m}$。

（3）参考由速度-时间图像求位移的方法，$F-x$ 图线下的面积等于弹力做的功，从 x 处到 $x=0$，弹力做功 $W_T=\frac{1}{2}\cdot x\cdot kx=\frac{1}{2}kx^2$。运动员从 x_1 处上升到最大高度 h_m 的过程，根据动能定理，有 $\frac{1}{2}kx_1^2-mg(x_0+h_m)=0$，得 $x_1=x_0+\sqrt{x_0^2+2x_0h_m}=1.1\,\mathrm{m}$。对整个预备运动，由题设条件以及功和能的关系，有 $W+\frac{1}{2}kx_0^2=mg(h_m+x_0)$，得 $W=2525\,\mathrm{J}=2.5\times10^3\,\mathrm{J}$。

12. 对于同一物理问题，常常可以从宏观与微观两个不同角度进行研究，找出其内在联系，从而更加深刻地理解其物理本质。

(1) 一段横截面积为 S、长为 l 的直导线，单位体积内有 n 个自由电子，电子电量为 e。该导线通有电流时，假设自由电子定向移动的速率均为 v。

（a）求导线中的电流 I；

（b）将该导线放在匀强磁场中，电流方向垂直于磁感应强度 B，导线所受安培力大小为 $F_{安}$，导线内自由电子所受洛伦兹力大小的总和为 F，推导 $F_{安}=F$。

(2) 正方体密闭容器中有大量运动粒子，每个粒子质量为 m，单位体积内粒子数量 n 为恒量。为简化问题，我们假定：粒子大小可以忽略；其速率均为 v，且与器壁各面碰撞的机会均等；与器壁碰撞前后瞬间，粒子速度方向都与器壁垂直，且速率不变。利用所学力学知识，导出器壁单位面积所受粒子压力 f 与 m、n 和 v 的关系。

（注意：解题过程中需要用到、但题目没有给出的物理量，要在解题时做必要的说明）

(1) （a）设 Δt 时间内通过导体横截面的电量为 Δq，由电流定义，有 $I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{neSv\Delta t}{\Delta t}=neS$。

（b）每个自由电子所受的洛伦兹力 $F_{洛}=evB$。设导体中共有 N 个自由电子，$N=nSl$，导体中自由电子所受洛伦兹力大小的总和 $F=NF_{洛}=nSl\cdot evB$；由安培力公式，有 $F_{安}=IlB=neSv\cdot lB$，得 $F_{安}=F$。 (2) 一个粒子每与器壁碰撞一次给器壁的冲量为 $\Delta I=2mv$。以器壁上的面积 S 为底，以 $v\Delta t$ 为高构成柱体，由题设可知，其内的粒子在 Δt 时间内有 $\frac{1}{6}$ 与器壁 S 发生碰撞，碰壁粒子总数为 $N=\frac{1}{6}nSv\Delta t$，Δt 时间内粒子的冲量为 $I=N\cdot2mv=\frac{1}{3}nSmv^2\Delta t$。面积为 S 的器壁受到粒子压力为 $F=\frac{I}{\Delta t}$，器壁单位面积所受粒子压力为 $f=\frac{F}{S}=\frac{1}{3}nmv^2$。

对于同一物理问题，常常可以从宏观与微观两个不同角度进行研究，找出其内在联系，从而更加深刻地理解其物理本质。

（1）（a）设 Δt 时间内通过导体横截面的电量为 Δq，由电流定义，有

$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{neSv\Delta t}{\Delta t}=neS$

（b）每个自由电子所受的洛伦兹力 $F_{洛}=evB$。设导体中共有 N 个自由电子，$N=n\cdot Sl$，导体中自由电子所受洛伦兹力大小的总和

$F=NF_{洛}=nSl\cdot evB$

由安培力公式，有 $F_{安}=IlB=neSv\cdot lB$，得 $F_{安}=F$。

（2）一个粒子每与器壁碰撞一次给器壁的冲量为 $\Delta I=2mv$。如图，以器壁上的面积 S 为底，以 $v\Delta t$ 为高构成柱体，由题设可知，其内的粒子在 Δt 时间内有 $\frac{1}{6}$ 与器壁 S 发生碰撞，碰壁粒子总数为

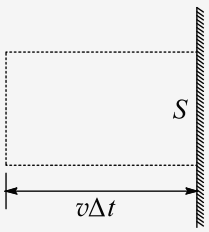
$N=\frac{1}{6}nSv\Delta t$

Δt 时间内粒子的冲量为

$I=N\cdot 2mv=\frac{1}{3}nSmv^2\Delta t$

面积为 S 的器壁受到粒子压力为 $F=\frac{I}{\Delta t}$，器壁单位面积所受粒子压力为

$f=\frac{F}{S}=\frac{1}{3}nmv^2$



【解二】考虑单位面积，t 时间内能达到容器壁的粒子所占据的体积为 $V=Svt=1\times vt$，其中粒子有均等的概率与容器各面相碰，即可能达到目标区域的粒子数为 $\frac{1}{6}nV=\frac{1}{6}nvt$，由动量定理可得 $f=\frac{\Delta P}{t}=\frac{1}{6}nvt(2\times mv)=\frac{1}{3}nmv^2$。