

赏析自主招生试题 快速提高解题能力

2010年清华五所高校自主招生《物理试题》赏析

程 嗣 程首宪

赏析和了解2010年高校自主招生试题,是当今高三理科尖子生迫切需要的,而研究自主招生试题更是高三物理教师的一种责任和追求。揭开2010清华五校自主招生试题神秘面纱,从中可以领悟命题专家的指导思想、命题意图以及考查能力的范围、重点、难点的分布,这样更有利于我们物理教师科学有效地指导高三理科尖子生备考复习。

2010年清华五校自主招生《通用基础测试自然科学》,整个卷面试题数为16题,其中物理11题、化学5题,试卷满分值为100分,物理占70分、化学占30分。试题题型分为混合选择题(30分),其中物理7题(21分);实验题(物理12分);推理论证题(32分),其中物理1题(11分);计算题(26分),物理2题。仔细阅读试卷(物理部分),我们明显感到:试题以考查能力立意,特别注重物理思想和方法及技巧的考查,将大学普通物理基础知识(高中物理竞赛内容)和中学物理内容有机地衔接在一起,突出考查了尖子生的理解能力、推理能力、分析综合能力、应用数学处理物理问题的能力和实验能力,重点突显选拔功能。试题将物体平衡、胡克定律、牛顿动力学、相对加速度、动能定理、机械能守恒定律、引力势能、能量守恒定律、动量守恒定律、万有引力定律、库仑定律、平行板电容器公式、电场力、匀强电场、匀强磁场、稳恒电路、欧姆定律、分压原理、洛伦兹力、电磁感应、正弦交流电的有效值、振动和波、爱因斯坦光电效应方程等物理知识考点和规律科学融入于物理试题部分。物理理论所具有的精确简洁之美,物理现象具有的奇妙瑰丽之美,知识结构具有的和谐优雅之美自然流露,跃然纸上,令人拍手叫绝。试题模型经典常规(斜面、弹簧、线球、天体、导线框模型),图像图形考查到位,文字表述科学流畅,结构严谨、科学合理。

通读和解答试题,我们感到这份《物理试题》的定位介于高考和竞赛之间,是一份选拔高素质尖子生的优秀试题,应该说这份试题达到了他的选拔

功能,圆满地完成了它的光荣历史使命。为了让2011届即将参加重点一类大学自主招生的莘莘学子们对其试题有更深入地了解,在重点高校自主招生中稳操胜券,同时给高三物理教师提供一个研究的范例,特将2010五校合作自主选拔通用基础测试自然科学(物理部分)详解出来,以飨读者。

一、选择题(在每小题给出的四个选项中,有一个或多个选项是正确的)

1. 在光滑的水平面上有一质量为 M 、倾角为 θ 的光滑斜面,其上有一质量为 m 的物块,如图1所示。

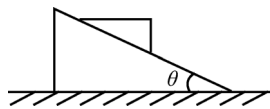


图1

物块在下滑的过程中对斜面压力的大小为()。

- A. $\frac{Mmg \cos \theta}{M + m \sin \theta \cos \theta}$;
- B. $\frac{Mmg \cos \theta}{M - m \sin \theta \cos \theta}$;
- C. $\frac{Mmg \cos \theta}{M + m \sin^2 \theta}$;
- D. $\frac{Mmg \cos \theta}{M - m \sin^2 \theta}$ 。

分析和解: 参见图2, 设物块对斜面的压力为 N , 物块 m 相对斜面的加速度为 a_1 , 斜面的加速度为 a_2 , 方向向左; 则物块 m 相对地面的加速度

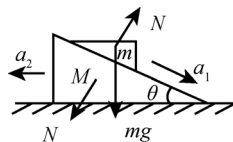


图2

为 $a_x = a_1 \cos \theta - a_2$, $a_y = a_1 \sin \theta$, 由牛顿第二定律得: 对 m 有

$$N \sin \theta = m(a_1 \cos \theta - a_2),$$

$$N \cos \theta = m a_1 \sin \theta;$$

$$\text{对 } M \text{ 有 } N \sin \theta = m a_2,$$

$$\text{解得 } N = \frac{Mmg \cos \theta}{M + m \sin^2 \theta}。 \text{ 故选 C 正确。}$$

2. 如图3所示, 用等长绝缘线分别悬挂两个质量、电量都相同的带电小球A和B, 两线上端固定于O点, B球固定在O点正下方。当A球静止时,

两悬线夹角为 θ 。能保持夹角 θ 不变的方法是 ()。

- A. 同时使两悬线长度减半；
- B. 同时使 A 球的质量和电量都减半；
- C. 同时使两球的质量和电量都减半；
- D. 同时使两悬线长度和两球的电量都减半。

分析和解：设两球距离为 d ，分析 A 球的受力如图 4 所示，图 4 中 $F = k \frac{q_A \cdot q_B}{d^2}$ ，由平衡条件得

$$R = mg, \quad 2mg \sin \frac{\theta}{2} = F = k \frac{q_A \cdot q_B}{d^2},$$

$$\Rightarrow \sin \frac{\theta}{2} = k \frac{q_A \cdot q_B}{2mgd^2}.$$

同时使两悬线长度减半，则 d 减半，不能满足上式，A 错；同时使 A 球的质量和电量都减半，上式仍然能满足，B 正确；同时使两球的质量和电量都减半，不能满足上式，C 错；同时使两悬线长度和两球的电量都减半，则 d 、 q_A 、 q_B 减半，上式仍然能满足，D 正确。故答案为 B、D。

3. 如图 5 所示，匀强磁场中有一长方形导线框，分别以相同的角速度绕图 a、b、c、d 所示的固定转轴旋转，用 I_a 、 I_b 、 I_c 、 I_d 表示四种情况下线框中电流的有效值，则 ()。

- A. $I_a = I_d$ ；
- B. $I_a > I_b$ ；
- C. $I_b > I_c$ ；
- D. $I_c = I_d$ 。

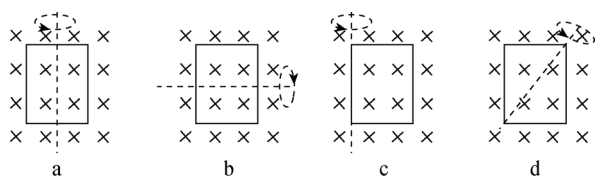


图 5

分析和解：由正弦交流电电动势的最大值可知 $E_m = NBS\omega$ ，其中 E_m 为电动势最大值， N 为导线匝数， B 为匀强磁场的磁感应强度， S 为导线框的面积， ω 为旋转的角速度。再由正弦交流电最大值与有效值的关系可知 $E_m = \sqrt{2}E$ ，由欧姆定律 $I = E/R$ ，其中 I 为交变电流的有效值， E 为交变电流电动势的有效值， R 为导线的电阻，联立求解可得 $I = \frac{NBS\omega}{\sqrt{2}R}$ ，

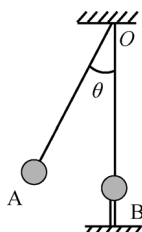


图 3

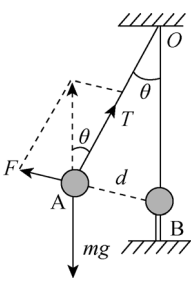


图 4

从此式看出，线框中正弦交变电流的有效值只与 $NBS\omega R$ 有关，与固定转轴所处的位置无关（转轴必须与磁感应强度方向垂直），故选 A、D 正确。

4. 如图 6 所示，在 xOy 平面内有一列沿 x 轴传播的简谐横波，频率为 2.5Hz 。

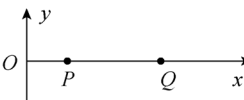


图 6

在 $t=0$ 时， P 点位于平衡位置，且速度方向向下， Q 点位于平衡位置下方的最大位移处。则在 $t=0.35\text{s}$ 时， P 、 Q 两质点的 ()。

- A. 位移大小相等、方向相反；
- B. 速度大小相等、方向相同；
- C. 速度大小相等、方向相反；
- D. 加速度大小相等、方向相反。

分析和解： $T=0.4\text{s}$ ，在 $t=0$ 时的波形如图 7 实线所示。

由波的周期性， $t=0.35\text{s} = 7T/8$ 时的波形与 $t = -T/8$ 时的波形相同，如图 7 虚线示，

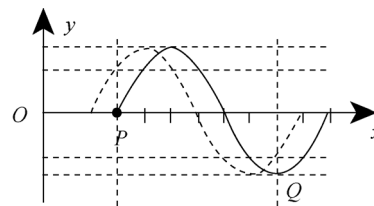


图 7

可见选项 ABD 正确。

5. 在光电效应实验中，先后用频率相同但光强不同的两束光照射同一个光电管。若实验 a 中的光强大于实验 b 中的光强，实验所得光电流 I 与光电管两端所加电压 U 间的关系曲线分别以 a、b 表示，则图 8 中的 4 幅图中可能正确的是 ()。

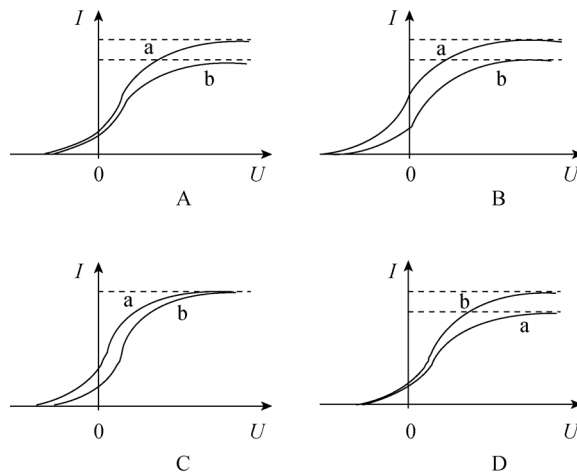


图 8

分析和解：由光电效应现象的规律，饱和光电流与照射光的强度成正比，选项 C、D 错；由光电

效应方程 $\frac{1}{2}mv_m^2 = hv - W$, $eU_{\text{反}} = \frac{1}{2}mv_m^2$, $eU_{\text{反}} = hv - W$,

反向截止电压 $U_{\text{反}}$ 决定于照射光的频率, 图线与 U 轴的交点坐标值为反向截止电压, 可见选项 B 错, A 正确。

6. 如图 9, 圆形区域内有一垂直纸面的匀强磁场, P 为磁场边界上的一点。有无数带有同样电荷、具有同样质量的粒子在纸面内沿各个方向以同样的速率通过 P 点进入磁场。这些粒子射出边界的位置均

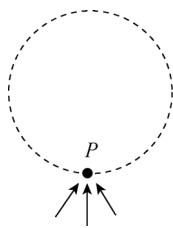


图 9

处于边界的某一段弧上, 这段圆弧的弧长是圆周长的 $\frac{1}{3}$ 。将磁感应强度的大小从原来的 B_1 变为 B_2 , 结果相应的弧长变为原来的一半, 则 B_2/B_1 等于 ()。

A. 2; B. 3; C. $\sqrt{2}$; D. $\sqrt{3}$ 。

分析和解: 设圆形区域磁场的半径为 r , 磁感应强度的大小为 B_1 时, 从 P 点入射的粒子射出磁场时与磁场边界的最远交点为 M (图 10a), 由题意知 $\angle POM = 120^\circ$, 则该带电粒子在磁场中的运动轨迹是以 PM 为直径的圆。由几何关系得轨迹圆半径为 $R_1 = \sqrt{3}r$, 磁感应强度的大小为 B_2 时, 从 P 点入射的粒子射出磁场时与磁场边界的最远交点为 N (图 10b), 由题意知 $\angle PON = 60^\circ$, 由几何关系得轨迹圆半径为 $R_2 = r$, $R = \frac{mv}{qB} \propto \frac{1}{B}$, 所以 $\frac{B_2}{B_1} = \frac{R_1}{R_2} = \sqrt{3}$ 。答案 D 正确。

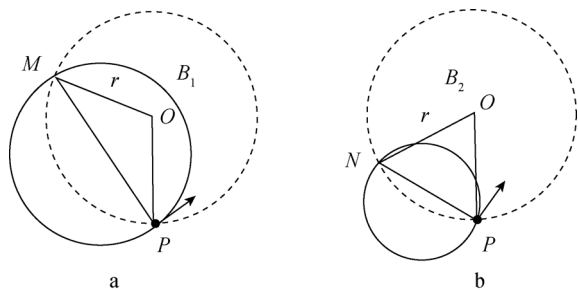


图 10

7. 在光滑的水平桌面上有两个质量均为 m 的小球, 由长度为 $2l$ 的拉紧细线相连。以一恒力作用于细线中点, 恒力的大小为 F , 方向平行于桌面。两球开始运动时, 细线与恒力方向垂直。在两球碰撞前瞬间, 两球的速度在垂直于恒力方向的分量为 ()。

A. $\sqrt{\frac{Fl}{2m}}$; B. $\sqrt{\frac{Fl}{m}}$; C. $2\sqrt{\frac{Fl}{m}}$; D. $\sqrt{\frac{2Fl}{m}}$ 。

分析和解: 设两球的速度沿恒力方向的分量为 v_x , 在垂直于恒力方向的分量为 v_y , 在两球碰撞前瞬间, 两球的速度两个分量大小相等, 即 $v_x = v_y$, 恒力 F 的位移为 $2l$, 由动能定理得

$$F \cdot 2l = 2 \cdot \frac{1}{2}mv_x^2 + 2 \cdot \frac{1}{2}mv_y^2 = 2mv_y^2,$$

所以 $v_y = \sqrt{\frac{Fl}{m}}$, 答案 B 正确。

二、实验题

图 11 为一直线运动加速度测量仪的原理示意图。A 为 U 型底座, 其内部放置一绝缘滑块 B; B 的两侧各有一弹簧, 它们分别固连在 A 的两个内侧壁上; 滑块 B 还与一阻值均匀的碳膜电阻 CD 的滑动头相连 (B 与 A 之间的摩擦及滑动头与碳膜间的摩擦均忽略不计), 如图 11 所示。电阻 CD 及其滑动头与另外的电路相连 (图中未画出)。

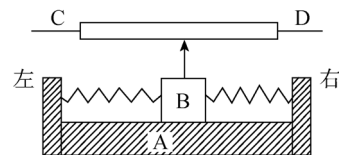


图 11

工作时将底座 A 固定在被测物体上, 使弹簧及电阻 CD 均与物体的运动方向平行。当被测物体加速运动时, 物块 B 将在弹簧的作用下, 以同样的加速度运动。通过电路中仪表的读数, 可以得知加速度的大小。

已知滑块 B 的质量为 0.60 kg , 两弹簧的劲度系数均为 $2.0 \times 10^2 \text{ N/m}$, CD 的全长为 9.0 cm , 被测物体可能达到的最大加速度为 20 m/s^2 (此时弹簧仍为弹性形变); 另有一电动势为 9.0 V 、内阻可忽略不计的直流电源, 一理想指针式直流电压表及开关、导线。

设计一电路, 用电路中电压表的示值反映加速度的大小。要求:

①当加速度为零时, 电压表指针在表盘中央;

②当物体向左以可能达到的最大加速度加速运动时, 电压表示数为满量程 (所给电压表可以满足要求)。

(1) 完成电路原理图 (图 12)。

(2) 完成下列填空: (不

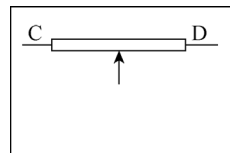


图 12

要求有效数字)

①所给的电压表量程为_____V;

②当加速度为零时,应将滑动头调在距电阻的C端_____cm处;

③当物体向左做减速运动,加速度的大小为 10m/s^2 时,电压表示数为_____V。

答:(1)电路原理图如图13所示。

(2)①6.0;②3.0;③1.5。

分析和解:当加速度为零时,应将滑动头调在距电阻的C端 $l_0\text{cm}$ 处,如图14(a),电压表指针在表盘中央, $U_1=U/2$ 。

当物体向左以最大加速度 $a_m=20\text{m/s}^2$ 加速运动时,弹簧的形变量为 x_2 ,如图14(b),

$$x_2 = \frac{ma_m}{2k} = \frac{0.6 \times 20}{2 \times 200} = 0.03\text{m} = 3\text{cm},$$

此时电压表示数为满量程, $U_2=U$ 。由比例关系 $\frac{E}{l} = \frac{U/2}{l_0}$

$$= \frac{U}{l_0 + x_2}, \text{解得 } l_0 =$$

3.0cm, $U=6.0\text{V}$ 。

当物体向左做减速运动,加速度的大小为 $a_3=10\text{m/s}^2$ 时,弹簧的形变量为 x_3 ,如图14(c),电压表示数为 U_3 ,

$$x_3 = \frac{ma_3}{2k} = \frac{0.6 \times 10}{2 \times 200} = 0.015\text{m} = 1.5\text{cm},$$

$$\frac{E}{l} = \frac{U_3}{l_0 - x_3}, \text{解得 } U_3 = 1.5\text{V}。$$

评分参考:本题12分。第(1)问3分;第(2)问共9分,①②③各3分。

三、推理、论证题

(解答时应写出必要的文字说明和推理过程)

A、B、C三个物体(均可视为质点)与地球构成一个系统,三个物体分别受恒外力 F_A 、 F_B 、 F_C

的作用。在一个与地面保持静止的参考系 S 中,观测到此系统在运动过程中动量守恒、机械能也守恒。 S' 系是另一个相对 S 系做匀速直线运动的参考系,讨论上述系统的动量和机械能在 S' 系中是否也守恒。(功的表达式可用 $W_F=F \cdot S$ 的形式,式中 F 为某个恒力, S 为在力 F 作用下的位移)

解答:在 S 系中,由系统在运动过程中动量守恒可知,

$$F_A + F_B + F_C = 0. \quad (1)$$

设在很短的时间间隔 Δt 内,A、B、C三个物体的位移分别为 $\Delta \vec{S}'_A$ 、 $\Delta \vec{S}'_B$ 、 $\Delta \vec{S}'_C$,由机械能守恒有

$$\vec{F}_A \cdot \Delta \vec{S}'_A + \vec{F}_B \cdot \Delta \vec{S}'_B + \vec{F}_C \cdot \Delta \vec{S}'_C = 0, \quad (2)$$

并且系统没有任何能量损耗,能量只在动能和势能之间转换。

由于受力与惯性参考系无关,故在 S' 系的观察者看来,系统在运动过程中所受外力之和仍为零,即

$$F_A + F_B + F_C = 0, \quad (4)$$

所以,在 S' 系的观察者看来动量仍守恒。

设在同一时间间隔 Δt 内, S' 系的位移为 $\Delta \vec{S}'$,在 S' 系观察A、B、C三个物体的位移分别为 $\Delta \vec{S}'_A$ 、 $\Delta \vec{S}'_B$ 和 $\Delta \vec{S}'_C$,且有

$$\begin{aligned} \Delta \vec{S}'_A &= \Delta \vec{S}' + \Delta \vec{S}'_A, \\ \Delta \vec{S}'_B &= \Delta \vec{S}' + \Delta \vec{S}'_B, \\ \Delta \vec{S}'_C &= \Delta \vec{S}' + \Delta \vec{S}'_C. \end{aligned} \quad (6)$$

在 S' 系的观察者看来外力做功之和为

$$\vec{F}_A \cdot \Delta \vec{S}'_A + \vec{F}_B \cdot \Delta \vec{S}'_B + \vec{F}_C \cdot \Delta \vec{S}'_C. \quad (7)$$

联立(6)(7)式可得

$$\begin{aligned} \vec{F}_A \cdot (\Delta \vec{S}'_A - \Delta \vec{S}') + \vec{F}_B \cdot (\Delta \vec{S}'_B - \Delta \vec{S}') + \vec{F}_C \cdot (\Delta \vec{S}'_C - \Delta \vec{S}') \\ = \vec{F}_A \cdot \Delta \vec{S}'_A + \vec{F}_B \cdot \Delta \vec{S}'_B + \vec{F}_C \cdot \Delta \vec{S}'_C \\ - (\vec{F}_A + \vec{F}_B + \vec{F}_C) \cdot \Delta \vec{S}'. \end{aligned}$$

由(1)(2)式可知 $\vec{F}_A \cdot \Delta \vec{S}'_A + \vec{F}_B \cdot \Delta \vec{S}'_B + \vec{F}_C \cdot \Delta \vec{S}'_C = 0$, (8)即在 S' 系中系统的机械能也守恒。

评分参考:本题11分。(1)(2)式各1分,得出结论(3)给1分,得出动量守恒结论(5)给2分,(6)(7)式各1分,(8)式2分,得出机械能守恒结论(9)给2分。

四、计算题

(解答时应写出必要的文字说明、方程式和主要演算步骤。只写出最后结果的不能得分)

1. 卫星携带一探测器在半径为 $3R$ (R 为地球半

现代物理知识

径)的圆轨道上绕地球飞行(图15)。在*a*点,卫星上的辅助动力装置短暂工作,将探测器沿运动方向射出(设辅助动力装置喷出的气体质量可忽略)。若探测器恰能完全脱离地球的引力,而卫星沿新的椭圆轨道运动,其近地点*b*距地心的距离为*nR*(*n*略小于3),求卫星与探测器的质量比。(质量分别为*M*、*m*的两个质点相距为*r*时的引力势能为 $-GMm/r$,式中*G*为引力常量)

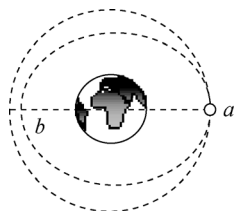


图15

分析和解:设地球质量为*M*,卫星质量为*m*,探测器质量为*m'*,当卫星与探测器一起绕地球做圆周运动时,由万有引力定律和牛顿第二定律得

$$\frac{GM(m+m')}{(3R)^2} = (m+m')\frac{v^2}{3R}, \quad (1)$$

$$v^2 = \frac{GM}{3R}. \quad (2)$$

设分离后探测器速度为*v'*,探测器刚好脱离地球引力应满足

$$\frac{1}{2}m'v'^2 - \frac{GMm'}{3R} = 0, \quad (3)$$

$$v' = \sqrt{\frac{2GM}{3R}} = \sqrt{2}v. \quad (4)$$

设分离后卫星速度为*u*,由机械能守恒定律可得

$$\frac{1}{2}mv_{\text{近}}^2 - \frac{GMm}{nR} = \frac{1}{2}mu^2 - \frac{GMm}{3R}, \quad (5)$$

由开普勒第二定律有

$$nRv_{\text{近}} = 3Ru, \quad (6)$$

(5)(6) 联立解得

$$u = \sqrt{\frac{2n}{3+n}}v. \quad (7)$$

由分离前后动量守恒可得

$$(m+m')v = mu + m'v', \quad (8)$$

联立(4)(7)(8)式得

$$\frac{m}{m'} = \frac{\sqrt{2}-1}{1-\sqrt{\frac{2n}{3+n}}}. \quad (9)$$

评分参考:本题12分。(1)(2)式各1分,(3)式2分,(4)式1分,(5)(6)式各2分,(7)(8)(9)式各1分。

22卷第5期(总131期)

2.如图16,三个面积均为*S*的金属板A、B、C水平放置,A、B相距*d*₁,B、C相距*d*₂,A、C接地,构成两个平行板电容器。上板A中央有小孔D。B板开始不带电。质量为*m*、电荷量为*q*(*q*>0)的液滴从小孔D上方高度为*h*处的*P*点由静止一滴一滴落下。假设液滴接触B板可立即将电荷全部传给B板。油滴间的静电相互作用可忽略,重力加速度取*g*。

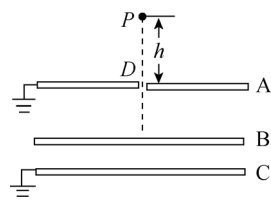


图16

①若某带电液滴在A、B板之间做匀速直线运动,此液滴是从小孔D上方落下的第几滴?

②若发现第*N*滴带电液滴在B板上方某点转为向上运动,求此点与A板的距离*H*。(以空气为介质的平行板电容器电容 $C=S/(4\pi kd)$,式中*S*为极板面积,*d*为极板间距,*k*为静电力常量。)

分析和解:①根据题意,A、B板与B、C板构成的两个平行板电容器的电容分别为

$$C_1 = \frac{S}{4\pi kd_1}, \quad (1)$$

$$C_2 = \frac{S}{4\pi kd_2}. \quad (2)$$

设第*n*滴带电液滴可在A、B板之间做匀速直线运动。当第*n*滴带电液滴处于A、B板之间时,B板所带电荷量为

$$Q_1 + Q_2 = (n-1)q, \quad (3)$$

(3)式中,*Q*₁和*Q*₂分别为金属板B上下两个表面上的电荷量。设B板电势为*U*,则

$$Q_1 = C_1 U, \quad (4)$$

$$Q_2 = C_2 U. \quad (5)$$

A、B板之间的电场强度为

$$E_1 = U/d_1, \quad (6)$$

由于第*n*滴带电液滴在A、B板之间做匀速直线运动,有

$$qE_1 = mg. \quad (7)$$

联立以上各式得 $n = \frac{mgS}{4\pi kq^2} \left(1 + \frac{d_1}{d_2}\right) + 1$ 。

②当第*N*-1滴带电液滴在B板上时,①中(1)至(5)仍有效,相应的B板电势以及其上下表面所带电荷量分别记为*U'*、*Q*₁'和*Q*₂'。B板所带电荷量为

$$Q_1' + Q_2' = (N-1)q. \quad (9)$$

巧妙估算，求解“不可能”问题

张涛 赵亚兵

费米是 1938 年诺贝尔物理学奖获得者，他不仅是一位天才的科学家，也是一位善于启发人的教育家。费米提出这样一种处理难题的思维方式：你听到一个问题，可你对问题的答案丝毫都不知道，你肯定会认为所提供的信息或已知条件太少了，因而无法解决它；但是这个问题被分解成几个次级问题，每个问题不用求教专家或书本都能解答时，你就接近于得到准确的答案了。这类处理问题的思维方式就是费米思维，这类问题就是费米问题，即在信息不完整的情况下，凭借对对象事物的深刻理解和洞察，科学地作出一些假设使得问题得以简化，复杂的程度得以降低，从而得到符合或接近实际的估计。

美国物理教师协会 (AAPT) 的会刊《物理教师》从 2007 年就开始开辟“费米问题”专栏，刊登问题面向全国征集答案。下面介绍其中的几个问题及其解答供大家参考。

问题 (1) 填满一间卧室大约需要多少粒爆米花？要是一座演讲厅呢？

这里我们需要估算两条信息：爆米花朵大小的平均值和卧室（演讲厅）大小的平均值。一般的玉米爆米花朵长约 1~2cm，体积大约为 5 cm^3 ，一般的卧室约 4 m 长 5 m 宽 2.5 m 高，也就是说卧室的容积为 50 m^3 或 $5 \times 10^7\text{ cm}^3$ ，这就意味着我们需要



10^7 粒爆米花来填充，如果你要是一秒数一个的话大约需要 4 个月才能数完。

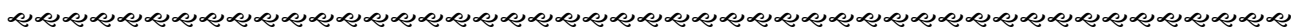
演讲厅显然比卧室要大得多了，以容纳 100 人的演讲厅为例，座位间距约 1m，排间距约 1.5m，这样坐席区域的面积大约 150 m^2 ，总面积约 200 m^2 ，演讲厅的平均高度约 5m，这样就得到它的容积约 1000 m^3 或 10^9 cm^3 。因此演讲厅的容

积是卧室的 20 倍，可以容纳 2×10^8 粒爆米花，和美国的人口数差不多！

问题 (2) 加菲猫在一个月內脱落的毛的总长度会是多少呢？

当然，即使你对加菲猫很友好也不要指望它能来帮助你。

我们可以假设在正常情况下，猫毛生长的总长度等于脱落的总长度（这个结果当然应该是受季节影响，但是应该可以达到一年内的平均水平）。这样就需要估算一下加菲猫毛的总数量和猫毛生长的速度。猫毛的总数量应为猫毛的面密度乘以猫咪的表面积，而猫毛的面密度则等于猫毛线密度的平方。还是依照惯例，我们限定上下边界后取其几何平均值，猫毛的线密度应该是每毫米多于 1 根少于 10 根，取其几何平均值为 3 根每毫米，这样我们就得到了猫毛的面密度为 10 根每平方毫米或者是 1000 根每平方厘米。



按题意，第 N 滴带电液滴会在下落到离 A 板距离为 H ($H < d_1$) 时，速度为零，此时液滴所在位置的电势为

$$U'_H = \frac{H}{d_1} U', \quad (10)$$

由能量守恒得

$$qU'_H = mg(h+H). \quad (11)$$

由 (1) (2) (4) (5) (9) (10) 式得

$$H = \frac{mghS(1+d_1/d_2)}{4\pi kq^2(N-1) - mgS(1+d_1/d_2)}. \quad (12)$$

评分参考：本题 14 分。(3) 式 2 分，(4) (5) (6) (7) 式各 1 分，(8) 式 3 分，(9) 式 1 分，(11) (12) 式各 2 分。

(程嗣，北京教育学院东城分院物理室 100009；程首宪，湖北省宜昌市三峡高中物理组)