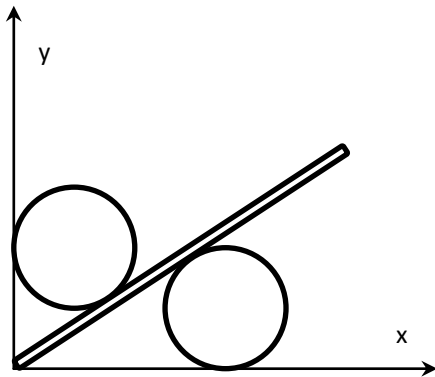


全国中学生物理竞赛复赛模拟试题第一套

说明：考试时间 3 个小时，允许使用非编程计算器

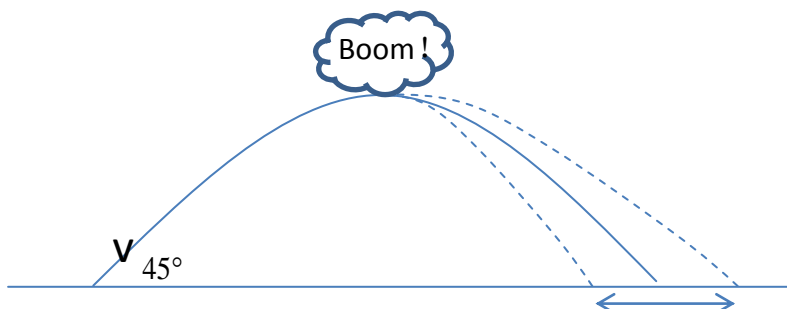
一、 空间中存在着磁场，满足条件 $B_x = \alpha x; B_y = 0; B_z = \beta z$; 则 α, β 之间应当满足的规律为_____，理由是_____

二、 如图所示，在墙角中放着一个足够长的轻杆，铰接在墙根处。两个质量为 m 的小球如图放置。上方的小球是光滑的，下方的小球与轻杆和地面之间的摩擦系数均为 μ 。求体系保持平衡时，轻杆与地面之前的角度 θ 应当满足的条件。



三、 “愤怒的小鸟”：一只质量为 $3m$ 的小鸟从地面以 45° 角，速率 v 发射，在最高点发生爆炸，变为三只质量为 m 的小鸟，爆炸之后瞬间三只小鸟速度均沿水平方向，且中间的一只小鸟速度和爆炸前没有区别。已知落地的时候，最近和最远的小鸟相距为 d 。

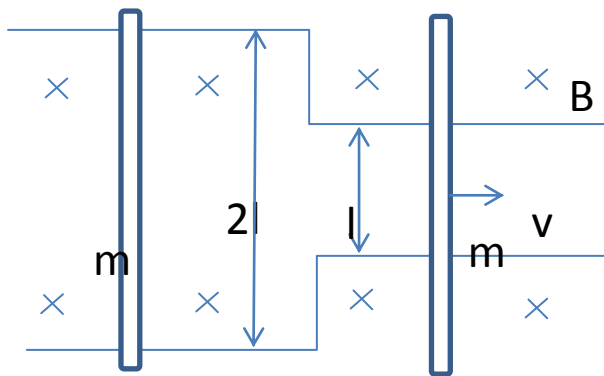
- (1) 求爆炸至少使得小鸟们动能增加了多少？
- (2) 把“爆炸之后瞬间三只小鸟速度均沿水平方向”的条件改为，爆炸之后空中三只小鸟水平方向速度相等，那么当中点的小鸟落地的时候，还在空中的小鸟距离地面有多高？
- (3) 保持爆炸增加的能量不变，中间的小鸟的速度与爆炸前相同，问空间中有可能可以被小鸟经过的范围。



四、 一颗小行星沿着直线向地球飞来。某天发现小行星距离地球 l ，速度为 v_0 。为了避免灾难，人们决定在小行星内部引爆一颗氢弹，将其炸为等质量的两块，设爆炸能量能够全部转为动能。地球半径为 R ，为了保证小行星碎片不撞击地球，问核燃料质量至少为多少（设反应中有 4% 的质量专为能量）？如果炸成的两块质量之比可能出现误差，最大偏差为 1.1:0.9，在这种情况下核燃料的质量应当至少增加多少？

五、 如图，有一个足够长的导体滑轨，电阻为 0，光滑。左半段宽度为 $2l$ ，右半段宽度为 l 。上方放着两根相同的金属棒，质量为 m ，单位长度上电阻为 r 。整个空间存在垂直于纸面向里的强度为 B 的磁场。初始时刻右方棒子以速度 v 向右运动，左边棒子静止。足够长时间（左边棒子没有进入右方导轨），两棒速度都不随之间发生变化。

- (1) 求最后两棒的速度。
- (2) 求回路中流过的电量。
- (3) 求整个过程中安培力做的总功。



六、 火箭发动机中不断注入燃料。单位时间注入的气体质量为 $\Delta m / \Delta t = n$ ，温度为 T_0 ，压强为 p_0 。单位质量气体燃烧热为 L ，燃烧前后气体的平均摩尔质量均为 μ ，定体摩尔热容量为 C_v ，出口的喷出面积为 S 。可以假设气体在燃烧后到喷出的过程中是绝热的。计算发动机带来的推力为多大。（假设燃烧发生得很快，燃烧期间气体来不及膨胀）

七、 (1) 在经典的卢瑟福原子模型中，电子绕着原子核做圆周运动。电子电量为 e ，电子质量为 m_e 。电子做加速运动的时候会向外辐射电磁波，辐射功率为 $P = ka^2$ ， a 是电子的加速度，辐射出能量之后电子仍然做圆周运动。假设初始时刻氢原子轨道半径为 r_0 ，按照这个模型，请估算氢原子能稳定存在的时间。

(2) 在玻尔的氢原子当中电子绕原子核做圆周运动。电子质量为 m_e ，质子质量为 m_p ，体系的角动量为 $n\hbar$ ，($n=1,2,3\cdots$)。氘是氢的同位素，原子核由一个质子一个中子构成。请通过定量计算说明，如果要通过光谱分辨两种同位素的原子，频率分辨至少需要有多大的精度。(即能分辨的频率/光的频率)

八、 如图，一个玻璃球放在水平桌面上。玻璃折射率为 $n=2$ ，球的半径为 R 。在球心下方 $\frac{\sqrt{3}}{3}R$ 的地方有一点光源。求球表面上有光出射的表面面积有多大。(不考虑经过一次或多次反射后出射的光线，提示：球冠的面积公式为 $2\pi Rh$ ， R 是球的半径， h 是球冠高度)

