【核心问题】专题3---功与能量

福建省普通教育教学研究室物理学科编写组

**【材料导读】**

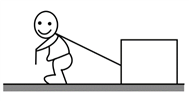
在历届高考中，针对“功与能”这一模块而命制的试题占了相当大的比例。该模块在考试大纲中标明的四个考点“功和功率”“动能和动能定理”“重力做功与重力势能”“功能关系、机械能守恒定律及其应用”均为Ⅱ级要求，更是体现这一模块在高考考查中的核心地位。

高考针对物理学科的特点设立了“理解能力”“推理能力”“分析综合能力”“应用数学物理物理问题能力”和“实验能力”五个方面的能力考查。根据以上能力要求，本文以“功与能量”为重点，将“原子物理”中涉及功与能量部分的知识有机串接起来，进行解题方法提炼及针对训练。

本文以三道高考真题作为例题及切入点，且逐题以“问题串”的形式进行*A*、*B*、*C*三级难度递进的变式，通过变换知识点考查的角度、广度和深度，对“功的概念”“功能关系”“动能定理”“氢原子的能级结构、能级公式”“光电效应”和“爱因斯坦光电效应方程”等考点进行拓展和预测，并配合不同难度层次*A*、*B*、*C*的针对训练，供教学参考以适用于不同能力层次的学生。

**【典例分析】**

【A】**例1** （2018·全国卷Ⅱ第14题）如图，某同学用绳子拉动木箱，使它从静止开始沿粗糙水平路面运动至具有某一速度，木箱获得的动能一定（ ）

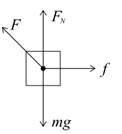
A. 小于拉力所做的功

B. 等于拉力所做的功

C. 等于克服摩擦力所做的功

D. 大于克服摩擦力所做的功

**【答案】** A

**【解析】**对木箱受力如图，木箱在移动的过程中有两个力做功，拉力做正功，摩擦力做负功，根据动能定理有 ，所以动能小于拉力做的功，故A正确B错误。无法比较动能与摩擦力做功的大小，CD错误。

【A】**变式1：**木箱克服地面摩擦力所做的功与木箱对地面的摩擦力所做的功是否相等？为什么？

【B】**变式2：**地面对人的摩擦力是否做功？若有做功请说明做正功还是负功；若不做功，

请说明理由。

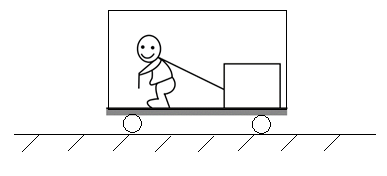
【C】**变式3：** 如图，若该同学在一辆置于光滑水平面上的小车中，由静止开始拉动该

木箱。则下列说法正确的是（ ）

A.人、小车、木箱组成的系统机械能守恒，水平方向动量守恒

B.小车对人的摩擦力做负功，人对小车的摩擦力做正功

C.木箱与小车摩擦产生的内能等于木箱克服摩擦力所做的功

D.绳子拉力对木箱所做的功大于木箱增加的动能与木箱小车间因摩擦而产生的内能之

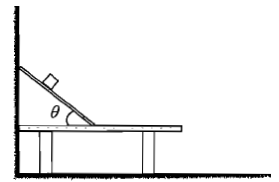
和

**【点拨提炼】**

变式1、2通过对“功的概念”的考查，检测学生的理解能力、分析综合能力。由于功的定义中涉及了力、力作用点的对地位移两个物理量，故“明确力作用的对象”“搞清力作用点与质心的异同”“紧抓地面这一参考系”就成为解题的“三板斧”了。变式3通过改变物理环境加深了对“功的概念”“正负功的判断”的考查，同时将考查面覆盖到系统“机械能守恒条件”“动量守恒条件”“功能关系”等。“深刻理解两种守恒所需的条件”“正确区分摩擦力做功和摩擦产生的内能”“准确使用动能定理”成为破题的关键。

**例2** （2015·浙江高考第23题节选）如图，用一块长的木板在墙和桌面间架设斜面，桌面长。斜面与水平桌面的倾角学科网(www.zxxk.com)--教育资源门户，提供试卷、教案、课件、论文、素材及各类教学资源下载，还有大量而丰富的教学相关资讯！可在间调节后固定。将质量*m* = 0.2 kg的小物块从斜面顶端静止释放，物块与斜面间的动摩擦因数学科网(www.zxxk.com)--教育资源门户，提供试卷、教案、课件、论文、素材及各类教学资源下载，还有大量而丰富的教学相关资讯！，物块与桌面间的动摩擦因数学科网(www.zxxk.com)--教育资源门户，提供试卷、教案、课件、论文、素材及各类教学资源下载，还有大量而丰富的教学相关资讯！，忽略物块在斜面与桌面交接处的能量损失。（重力加速度取；最大静摩擦力等于滑动摩擦力）

【A】（1）求学科网(www.zxxk.com)--教育资源门户，提供试卷、教案、课件、论文、素材及各类教学资源下载，还有大量而丰富的教学相关资讯！角增大到多少时，物块能从斜面开始下滑；（用正切值表示）

【B】（2）当学科网(www.zxxk.com)--教育资源门户，提供试卷、教案、课件、论文、素材及各类教学资源下载，还有大量而丰富的教学相关资讯！增大到37°时，物块恰能停在桌面边缘，求物块与桌面间的动摩擦因数学科网(www.zxxk.com)--教育资源门户，提供试卷、教案、课件、论文、素材及各类教学资源下载，还有大量而丰富的教学相关资讯！（已知sin37°=0.6，cos37°=0.8）

**【答案】** （1）学科网(www.zxxk.com)--教育资源门户，提供试卷、教案、课件、论文、素材及各类教学资源下载，还有大量而丰富的教学相关资讯！（2）学科网(www.zxxk.com)--教育资源门户，提供试卷、教案、课件、论文、素材及各类教学资源下载，还有大量而丰富的教学相关资讯！

**【解析】**（1）为使小物块下滑需有

解得

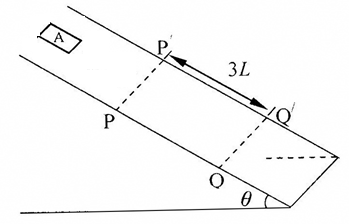
1. 物体克服摩擦力做功 

由动能定理有 

联立解得：

【B】**变式1：** 如图，倾角为的斜面上、之间粗糙，且长为3*L*，其余部分

都光滑。有一个质量分布均匀、长为*L*条状滑块*A*，其下端距为2*L。*将它由静止释放，

当滑块下端运动到下方距为时，滑块运

动的速度达到最大。整个滑块最终停止在粗糙斜面内

。求滑块与粗糙斜面间的动摩擦系数以及滑块停止

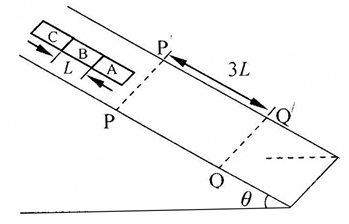
运动时其下端的位置。

【B】**变式2：** 若变式1中的斜面足够长，要使该滑块能滑离、段，则滑块释放

时下端到的最小距离是多少？

**变式3：**如图，将变式B中的滑块换成形状相同、质量分布均匀的三个滑块*A*、*B*、*C*沿斜面排列在一起，但不粘接．每个滑块长均为*L*，质量均为*m*，与斜面、间的滑动摩擦因素均为。将它们从上方某处由静止释放，三个滑块均能通过，重力加速度为*g*。求：

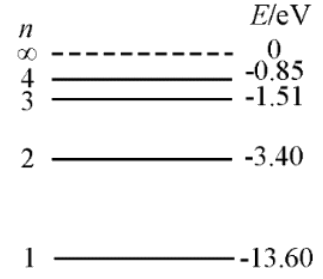
【B】（1）滑块*A*在、间运动速度最大时的位置；

【B】（2）滑块*A*上端到达时受到滑块*B*的弹力大小；

【C】（3）要使三个滑块均能通过，则释放滑块时滑块*A*下端离的距离应满足什么条件？

**【点拨提炼】**

变式1通过改变物理情境，即斜面由全程粗糙改为部分粗糙、研究对象由一个质点改成一块长板，加深了对“动能定理”的考查。本题使用的物理规律仍然是动能定理，但木板的长度不能忽略、斜面只有部分粗糙的情境导致了摩擦力由恒力到变力、运动过程由单一到多过程的变化。故“准确把握研究对象”“厘清研究的过程”“正确使用物理规律”是解此类问题的“三部曲”。变式2在变式1的基础上增加了对“恰能滑出粗糙段”这一临界条件的考查。要特别注意上述物理环境的改变，也直接导致了“恰能滑出粗糙段”的临界条件的反常规。学生面对新的物理情境时，切忌硬套解题经验，要敢于推理分析。变式3将单一物体改成连接体，拓展考查了力与运动，增加了考查的维度。处理连接体、多过程问题，需要正确分析各过程的规律并灵活使用整体与隔离法。

【A】**例3** （2019·全国卷Ι）氢原子能级示意图如图所示。光子能量在的光为可见光。要使处于基态（*n* =1）的氢原子被激发后可辐射出可见光光子，最少应给氢原子提供的能量为（ ）

A．12.09 eV B．10.20 eV

C．1.89 eV D．1.51 eV

**【答案】** A

**【解析】**由巴尓末线系知识可知，要使氢原子发出可见光必须先将氢原子激发到*n*=3的能级，故，故A选项正确。

【B】**变式1：**一群处于基态的氢原子吸收例3中的能量后向低能级跃迁并照射由金属钾材料制成的光电管。已知金属钾的逸出功为2.22 eV，普朗克常量为6.6310-34 J·s。则该光电管阴极的截止频率是 Hz，能够从阴极表面打出光电子的光波共有 种，该光电管所需的遏止电压是 V。（计算结果均保留三位有效数字）

【C】**变式2：**根据玻尔的氢原子模型，电子的运动看作经典力学描述下的轨道运动，原子中的电子在库仑引力作用下，绕原子核做圆周运动。已知电子质量为*m*，电荷量为*e*，静电力常量为*k*。氢原子处于基态（*n*=1）时电子的轨道半径为*r1*，电势能为*Ep*1= - （取无穷远处电势能为零）。氢原子处于第*n*个能级的能量为基态能量的（*n*=1，2，3……）。求氢原子从基态跃迁到*n*=2的激发态时吸收的能量。

【C】**变式3：** 根据玻尔的氢原子模型，一个处于基态，且动能为*Ek*0的氢原子与另一个处于基态且静止的氢原子进行对心碰撞。若要其中一个氢原子从基态跃迁到激发态，则*Ek*0至少为多少？

**【点拨提炼】**

变式1将“氢原子能级跃迁”与“光电管”模型结合，通过原子物理中“氢原子能级结构、能级公式”“光电效应”和“爱因斯坦光电效应方程”等与能量相关的核心考点考查学生理解能力、推理能力和分析综合能力。学生需要通过反复认真研读教材，扎实掌握科学家们对原子结构模型、光量子及光电效应研究过程中不断破旧立新的历史，并将原子发光与光电效应的知识融会贯通。变式2通过给定玻尔半经典半量子化原子模型的相关知识，综合考查圆周运动和能级公式，从向心力公式中导出动能这一步骤是本题的一个关键过渡。变式3给出“微观粒子碰撞”模型，考查弹性碰撞和能量守恒定律。学生需要特别注意弹性碰撞中是系统“动能没有损失”而不是“机械能没有损失”，其中损失的那部分机械能恰是碰撞过程被原子吸收的能量。另外，值得一提的是一元二次方程的判别式是求解某一物理量范围时常用的数学知识。

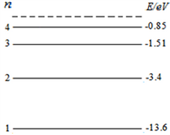
**【针对训练**A**】**

1.分别用波长为*λ*和的单色光照射同一金属板,发出的光电子的最大初动能之比为1∶2,以*h*表示普朗克常量,*c*表示真空中的光速,则此金属板的逸出功为（ ）

A.  B.  C.  D. 

2.（多选）氢原子的能级如图所示，已知可见光的光子能量范围约为1.62 eV-3.11 eV。下列说129151117555法正确的是（  ）。

A. 处于*n* = 2能级的氢原子可以吸收任意频率的紫外线，并发生电离

B. 若金属钾的逸出功为2.21 eV，大量处于*n* = 4能级的氢原子向低能级跃迁时，能使金属钾发生光电效应的光谱线有4条

C. 大量处于*n* = 4能级的氢原子向低能级跃迁时，可能发出6种不同频率的光

D. 大量处于*n* = 4能级的氢原子向低能级跃迁时，可能发出3种不同频率的可见光

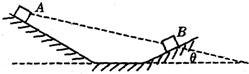
3.如图，一轻弹簧的一端与竖直墙壁相连，另一端与放在光滑水平面上的长木板左端接触，轻弹簧处于原长，长木板的质量为*M*，一质量为*m*的物块以一定的初速度从长木板的右端向左滑上长木板。已知物块与长木板间的动摩擦因数为*μ*，轻弹簧的劲度系数为*k*，在长木板向左运动的过程中，物块始终在木板上相对木板向左滑动，求：

（1）物块滑上长木板的瞬间，长木板的加速度大小；

（2）长木板向左运动的最大速度。

**【针对训练**B**】**

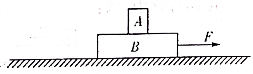
1.如图，木块从左边斜面的*A*点自静止开始下滑，经过一段水平面后，又滑上右边斜面并停留在*B*点．若动摩擦因数处处相等，*AB*连线与水平面夹角为*θ*，则木块与接触面间的动摩擦因数为（ ）（不考虑木块在路径转折处碰撞损失的能量）  
 A．木块与接触面间的动摩擦因数为sin*θ*

B．木块与接触面间的动摩擦因数为tan*θ*

C．两斜面的倾角一定大于*θ*

D．右边斜面的倾角可以大于*θ*

2.（多选）如图，一块长木板*B*放在光滑的水平面上，在*B*上放一物体*A*，现以恒定的外力拉*B*，由于*A*、*B*间摩擦力的作用，*A*将在*B*上滑动，以地面为参考系，*A*、*B*都向前移动一段距离. 在此过程中

A. 外力*F*做的功等于*A*和*B*动能的增量

B. *B*对*A*的摩擦力所做的功等于*A*的动能的增量

C. *A*对*B*的摩擦力所做的功等于*B*对*A*的摩擦力所做的功

D. 外力*F*对*B*做的功等于*B*的动能的增量与*B*克服摩擦力所做的功之和

3.动车组列车是由几节自带动力的车厢（动车）加几节不带动力的车厢（拖车）编成一组，它将动力装置分散安装在多节车厢上。某车次动车组由8节车厢连接而成，每节车厢平均质量为*m* = 20 t，其中第1节、第3节、第6节、第8节是带动力的，每节动车可以提供*P*0 = 750 kW的额定功率．设动车组在平直路面上行驶，每节动车在行驶中的输出功率相同，每节车厢受到的阻力恒为重力的0.025倍（*g*取10）．求：  
（1）动车组行驶所能达到的最大速度；  
（2）当动车组以加速度*a* = 0.5加速行驶时，第3节动车对第4节拖车的作用力大小；  
（3）若动车组以额定功率启动，经400 s时间加速后以最大速度匀速行驶，则整个加速过程中所通过的路程为多少？

**【针对训练**C**】**

1.如图，竖直平面内放一直角杆*MON*，*OM*水平，*ON*竖直且光滑，用不可伸长的轻绳相连的两小球*A*和*B*分别套在*OM*和*ON*杆上，*B*球的质量为2 kg，在作用于*A*球的水平力*F*的作用下，*A*、*B*均处于静止状态，此时*OA*=0.3 m，*OB*=0.4 m，改变水平力*F*的大小，使*A*球向右加速运动，已知*A*球向右运动0.1 m时速度大小为3 m/s，则在此过程中绳对*B*球的拉力所做的功为(取*g* = 10 m/s2) ( )

*F*

*O*

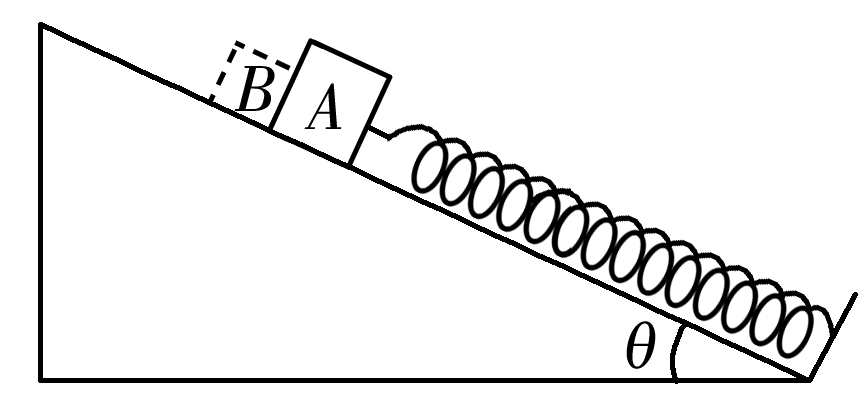
*A*

*B*

*M*

*N*

A．11J B．16 J C．18 J D．9J

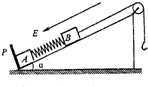
2.（多选）如图，一轻弹簧的一端固定在倾角*θ*＝37°的光滑斜面底端，另一端连接一质量为2 kg的物块*A*，处于静止状态。若在物块*A*的上方斜面上紧靠*A*处轻放一质量为3 kg的物块*B*，*A*、*B*一起向下运动，经过10 cm运动到最低点。已知sin 37°＝0.6，cos 37°＝0.8，重力加速度*g*取10 m/s2，则在两物块沿斜面向下运动的过程中，下列说法正确的是

A．*A*、*B*间的弹力先减小后增大

B．在物块*B*刚放上的瞬间，*A*、*B*间的弹力大小为7.2 N

C．物块*A*、*B*和弹簧组成的系统重力势能与弹性势能之和先减少后增加

D．物块运动到最低点时加速度为零

3.如图，挡板*P*固定在倾角为*α*、足够长的光滑绝缘的斜面上，*A*的质量为2*m*，不带电；*B*的质量为*m*，带电量为+*Q*．两物块由绝缘的轻弹簧相连，一不可伸长的轻绳跨过无摩擦的滑轮，一端与*B*连接，另一端连接一轻质小钩．整个装置处于场强为*E*、沿斜面向下的匀强电场中，*A*、*B*开始时静止，已知弹簧的劲度系数为*k*。若在小钩上挂一物块*C*并由静止释放，可使物块*A*对挡板*P*的压力恰为零，但不会离开*P*，*B*不会碰到滑轮．重力加速度为*g*，求：  
（1）物块*C*下降的最大距离；  
（2）若将物块*C*的质量加倍，变为*M*，重新由原来位置静止释放，则当*A*刚离开挡板*P*时，*B*的速度多大？

【核心问题】专题3---功与能量

**参考答案**

**【变式**ABC**参考答案及提炼点拨】**

**例1**

**变式1解析**：不相等，地面对木箱的摩擦力做负功；木箱对地面的摩擦力不做功。根据机械功的定义是力与力作用点在力方向上的对地位移的乘积。地面对木箱的摩擦力的作用点在木箱上，其位移与力反向；木箱对地面的摩擦力作用点在地面，位移为零，故该摩擦力不做功。

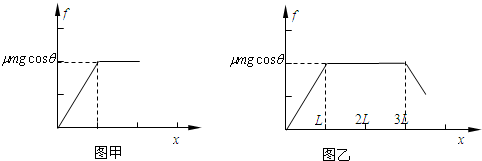
**变式2解析**：不做功，地面对人的摩擦力是静摩擦力，其作用点在鞋底，没有位移。人在前进过程中质心的运动与脚底的运动情况不同，不能将人视为质点。按机械功的定义知，此情况应该研究每次脚底与地面接触时，该静摩擦力的作用点的位移，即脚底的位移。因每次脚底与地面接触过程没有位移，故该摩擦力不做功。

**变式3解析**：系统在水平方向不受外力，故系统水平方向动量守恒，但人在前进过程中消耗的化学能有一部分转化为系统的机械能，故A错。由系统水平方向动量守恒可知，人前进过程，车必后退，每次脚蹬车底板过程中脚底受的静摩擦力向前，但脚底随车一起后退，即车对人的摩擦力做负功；人对车的静摩擦力向后，车的位移也向后，故人对车的静摩擦力做正功，故B正确。车底对木箱的滑动摩擦力做负功，木箱对车底的滑动摩擦力也做负功，故二者因摩擦而产生的内能应等于各自克服滑动摩擦力做功之和，故C错。由功能关系知，绳子拉力对木箱所做的功应等于木箱增加的动能与木箱克服滑动摩擦力所做的功之和，而木箱克服滑动摩擦力所做的功小于二者摩擦而产生的内能，故D错。

**例2**

**变式1解析**：条状滑块进入粗糙斜面，滑块对斜面、部分的压力逐渐增大，所受的滑动摩擦力逐渐增大，合外力逐渐减小，减至零后，合外力反向增大；滑块刚好完全进入粗糙斜面时，滑块所受的滑动摩擦力不变，且大于重力沿斜面向下的分力，则滑块开始做匀减速运动。当滑块所受合外力零时，滑块速度最大，设其质量为*m*，由平衡条件有  ①

解得  ②

设滑块停止时下端距的距离为*x*，摩擦力随*x*变化规律如下图

由动能定理有 ③

联立解得  ④

即滑块的下端恰好停在处

**变式2解析**：滑块下端滑过距离为的处时，满足重力的下滑分力等于滑动摩擦力，由平衡条件有  ⑤

联立②⑤解得  ⑥

设释放时滑块下端到的距离为*Smin*时，滑块下端到达处的速度恰好为零。

由动能定理

⑦

联立②⑥⑦解得  ⑧

**变式3解析**：（1）滑块*A*在、间运动时，取三个滑块为整体，当整体下滑到下滑力等于摩擦力时运动速度达最大值，则有 . ⑨

解得  ⑩

即滑块*A*的下端离处1.5*L*处时的速度最大

（2）对三个滑块整体由牛顿第二定律有 

解得 

对*A*滑块由牛顿第二定律有 

解得 

1. 滑块*C*全部越过*PP*′前，三滑块相互挤压，全部都处于、之间时无相互作用力，离开时，三滑块相互分离逐块离开。由变式2知，要使三个滑块都能滑出处，滑块*C*中点过处时的速度应大于零。

*a.*设开始下滑时，*A*的下端离处距离为，*C*滑块刚好全部越过时速度为*v*对三滑块整体由动能定理有 

*b*. *C*滑块刚好全部越过后，对*C*滑块由动能定理有



联立解得 

即释放时，*A*下端离距离应大于2.25*L*

**例3**

**变式1解析**：金属甲的截止频率。由题意可知，当氢原子从*n*=3激发态跃迁到基态或从*n*=2跃迁到基态时，所辐射的光子能量大于金属钾的逸出功。故能够从阴极表面打出光电子的光波共有两种。根据爱因斯坦光电效应方程有，其中，又因，联立解得。

**变式2解析**：电子绕氢原子核做匀速圆周运动，由库仑力提供向心力有



处于基态的氢原子的电子动能为 

处于基态的氢原子的能量 

联立解得 

又因为 



联立解得 

**变式3解析**：设氢原子质量为*m*，初速度为*v0*，氢原子相互作用后速度分别为*v1*和*v2*，相互作用过程中机械能减少量为*△E*。 由动量守恒定律有 

由能量守恒定律有 

联立解得 

若*v*1有实数解，需有 

即 

此处系统减少的机械能应该是在碰撞过程中被某个氢原子吸收所致，由变式2可知要使该氢原子从基态跃迁到*n* = 1能级必有 

联立解得 

**【针对训练**A**】**

1.B 2.BC

3.（1）物块刚滑上木板瞬间，木板所受摩擦力大小

 ①

 ②

对木板，由牛顿第二定律得  ③

联立①②③解得木板此时的加速度  ④

（2）设长木板速度最大时弹簧的压缩距离为*x* ，此时弹簧的弹力  ⑤

长木板速度最大时  ⑥

在此过程中弹簧对木板做功  ⑦

对木板，根据动能定理有  ⑧

联立⑤⑥⑦⑧解得  ⑨

**【针对训练**B**】**

1.B 2.BD

3.（1）动车组达最大速度时有 



   
联立解得

（2）设各动车的牵引力为*F*牵，第4节车对第3节车的作用力大小*F*43  
以第1、2、3节车为研究对象，由牛顿第二定律得              
以动车组整体为研究对象，由牛顿第二定律得                    
联立解得

由牛顿第三定律可知第3节车对第4节车的作用力大小

（3）对动车组整体由动能定理有 

代入数据解得

**【针对训练**C**】**

1.C 2.BC

3.（1）设开始时弹簧压缩量为，对*B*由平衡条件有

 ①  
设当*A*对档板的压力恰为零时弹簧的伸长量为，对*A*由平衡条件有

 ②  
故*C*下降的最大距离  ③  
联立①②③解得 

（2）对*A*、*B*、*C*系统由能量守恒定律有  
第一次：物块*C*的质量为 时，

 ⑤  
第二次：物块*C*的质量为时，设*A*刚要离开挡板时*B*的速度为，且弹簧形变与第一次相同

 ⑥  
联立④⑤⑥解得*A*刚离开*P*时*B*的速度

 ⑦