## 山东省2023年普通高中学业水平选择性考试

注意事项：

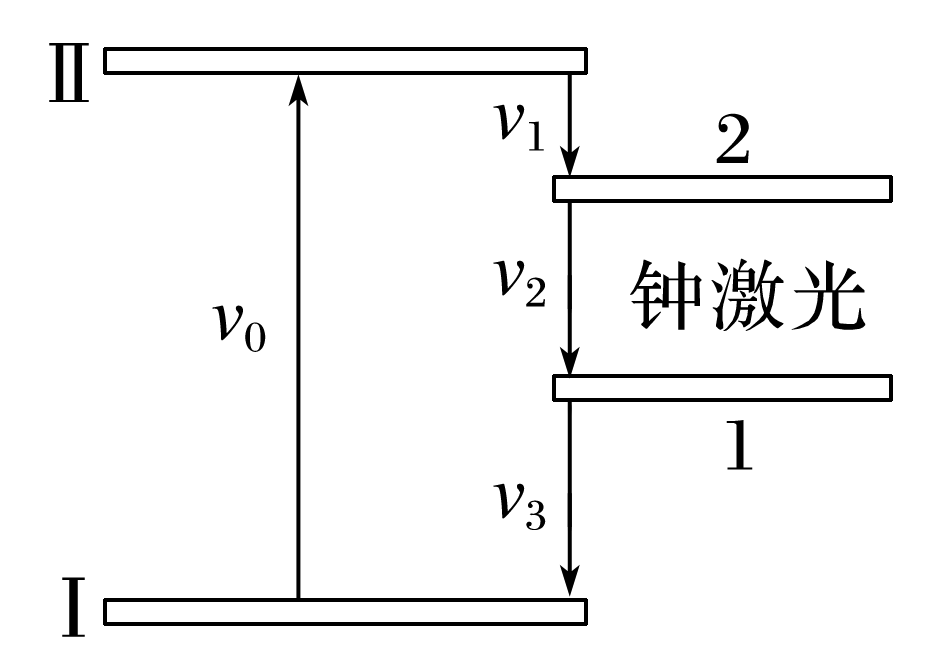
1．答卷前，考生务必将自己的姓名、考生号等填写在答题卡和试卷指定位置。

2．回答选择题时，选出每小题答案后，用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上，写在本试卷上无效。

3．考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

一、单项选择题：本题共8小题，每小题3分，共24分。每小题只有一个选项符合题目要求。

1．(2023·山东卷·1)“梦天号”实验舱携带世界首套可相互比对的冷原子钟组发射升空，对提升我国导航定位、深空探测等技术具有重要意义。如图所示为某原子钟工作的四能级体系，原子吸收频率为*ν*0的光子从基态能级Ⅰ跃迁至激发态能级Ⅱ，然后自发辐射出频率为*ν*1的光子，跃迁到钟跃迁的上能级2，并在一定条件下可跃迁到钟跃迁的下能级1，实现受激辐射，发出钟激光，最后辐射出频率为*ν*3的光子回到基态。该原子钟产生的钟激光的频率*ν*2为(　　)



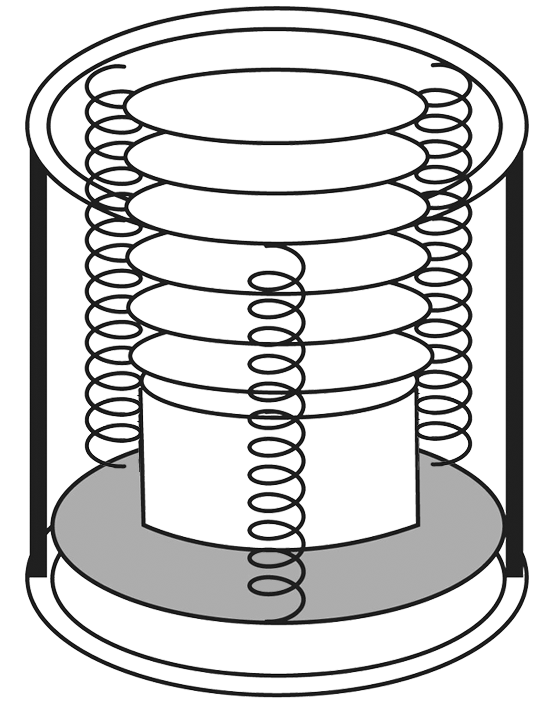
A．*ν*0＋*ν*1＋*ν*3 B．*ν*0＋*ν*1－*ν*3

C．*ν*0－*ν*1＋*ν*3 D．*ν*0－*ν*1－*ν*3

答案　D

解析　原子吸收频率为*ν*0的光子从基态能级Ⅰ跃迁至激发态能级Ⅱ时有*E*Ⅱ－*E*Ⅰ＝*hν*0，且从激发态能级Ⅱ向下跃迁到基态能级Ⅰ的过程有*E*Ⅱ－*E*Ⅰ＝*hν*1＋*hν*2＋*hν*3，联立解得*ν*2＝*ν*0－*ν*1－*ν*3，故选D。

2.(2023·山东卷·2)餐厅暖盘车的储盘装置示意图如图所示，三根完全相同的弹簧等间距竖直悬挂在水平固定圆环上，下端连接托盘。托盘上叠放若干相同的盘子，取走一个盘子，稳定后余下的正好升高补平。已知单个盘子的质量为300 g，相邻两盘间距1.0 cm，重力加速度大小取10 m/s2。弹簧始终在弹性限度内，每根弹簧的劲度系数为(　　)



A．10 N/m B．100 N/m

C．200 N/m D．300 N/m

答案　B

解析　由题知，取走一个盘子，稳定后余下的盘子正好升高补平，则说明一个盘子的重力可以使三根弹簧发生形变的形变量恰好等于相邻两盘间距，则有*mg*＝3*kx*，解得*k*＝100 N/m，故选B。

3．(2023·山东卷·3)牛顿认为物体落地是由于地球对物体的吸引，这种吸引力可能与天体间(如地球与月球)的引力具有相同的性质、且都满足*F*∝。已知地月之间的距离*r*大约是地球半径的60倍，地球表面的重力加速度为*g*，根据牛顿的猜想，月球绕地球公转的周期为(　　)

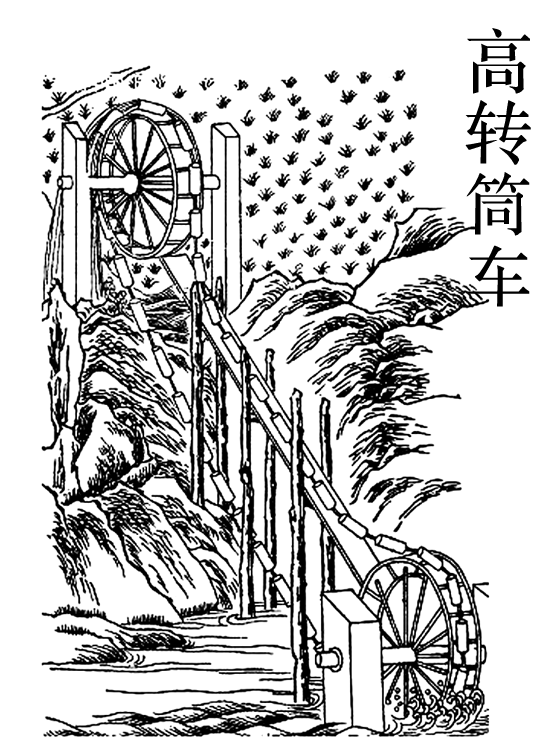
A．30π B．30π

C．120π D．120π

答案　C

解析　设地球半径为*R*，由题知，地球表面的重力加速度为*g*，则有*mg*＝*G*，月球绕地球公转有*G*＝*m*月*r*，*r*＝60*R*，联立解得*T*＝120π，故选C。

4．(2023·山东卷·4)《天工开物》中记载了古人借助水力使用高转筒车往稻田里引水的场景。引水过程简化如下：两个半径均为*R*的水轮，以角速度*ω*匀速转动。水筒在筒车上均匀排布，单位长度上有*n*个，与水轮间无相对滑动。每个水筒离开水面时装有质量为*m*的水，其中的60%被输送到高出水面*H*处灌入稻田。当地的重力加速度为*g*，则筒车对灌入稻田的水做功的功率为(　　)



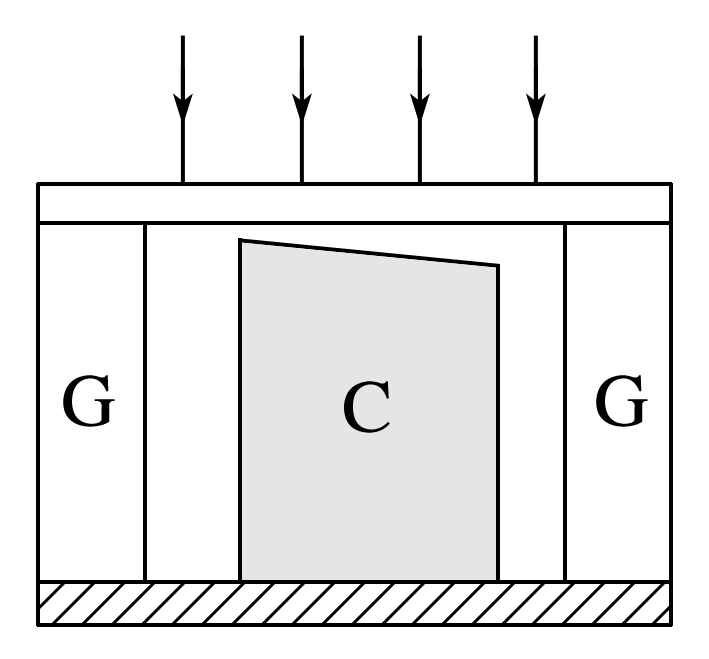
A. B.

C. D．*nmgωRH*

答案　B

解析　由题知，水筒在筒车上均匀排布，单位长度上有*n*个，且每个水筒离开水面时装有质量为*m*的水，其中的60%被输送到高出水面*H*处灌入稻田，则水轮转一圈灌入农田的水的总质量为*m*总＝2π*Rnm*×60%＝1.2π*Rnm*，则水轮转一圈灌入稻田的水克服重力做的功*W*＝1.2π*RnmgH*，则筒车对灌入稻田的水做功的功率为*P*＝，*T*＝，联立解得*P*＝，故选B。

5．(2023·山东卷·5)如图所示为一种干涉热膨胀仪原理图。G为标准石英环，C为待测柱形样品，C的上表面与上方标准平面石英板之间存在劈形空气层。用单色平行光垂直照射上方石英板，会形成干涉条纹。已知C的膨胀系数小于G的膨胀系数，当温度升高时，下列说法正确的是(　　)



A．劈形空气层的厚度变大，条纹向左移动

B．劈形空气层的厚度变小，条纹向左移动

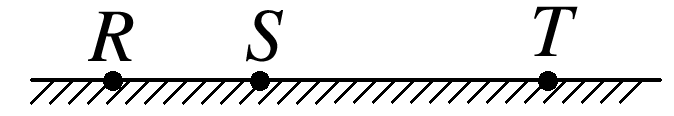
C．劈形空气层的厚度变大，条纹向右移动

D．劈形空气层的厚度变小，条纹向右移动

答案　A

解析　由题知，C的膨胀系数小于G的膨胀系数，当温度升高时，G增长的高度大于C增长的高度，则劈形空气层的厚度变大，且同一厚度的空气层向劈尖移动，则条纹向左移动。故选A。

6．(2023·山东卷·6)如图所示，电动公交车做匀减速直线运动进站，连续经过*R*、*S*、*T*三点，已知*ST*间的距离是*RS*的两倍，*RS*段的平均速度是10 m/s，*ST*段的平均速度是5 m/s，则公交车经过*T*点时的瞬时速度为(　　)

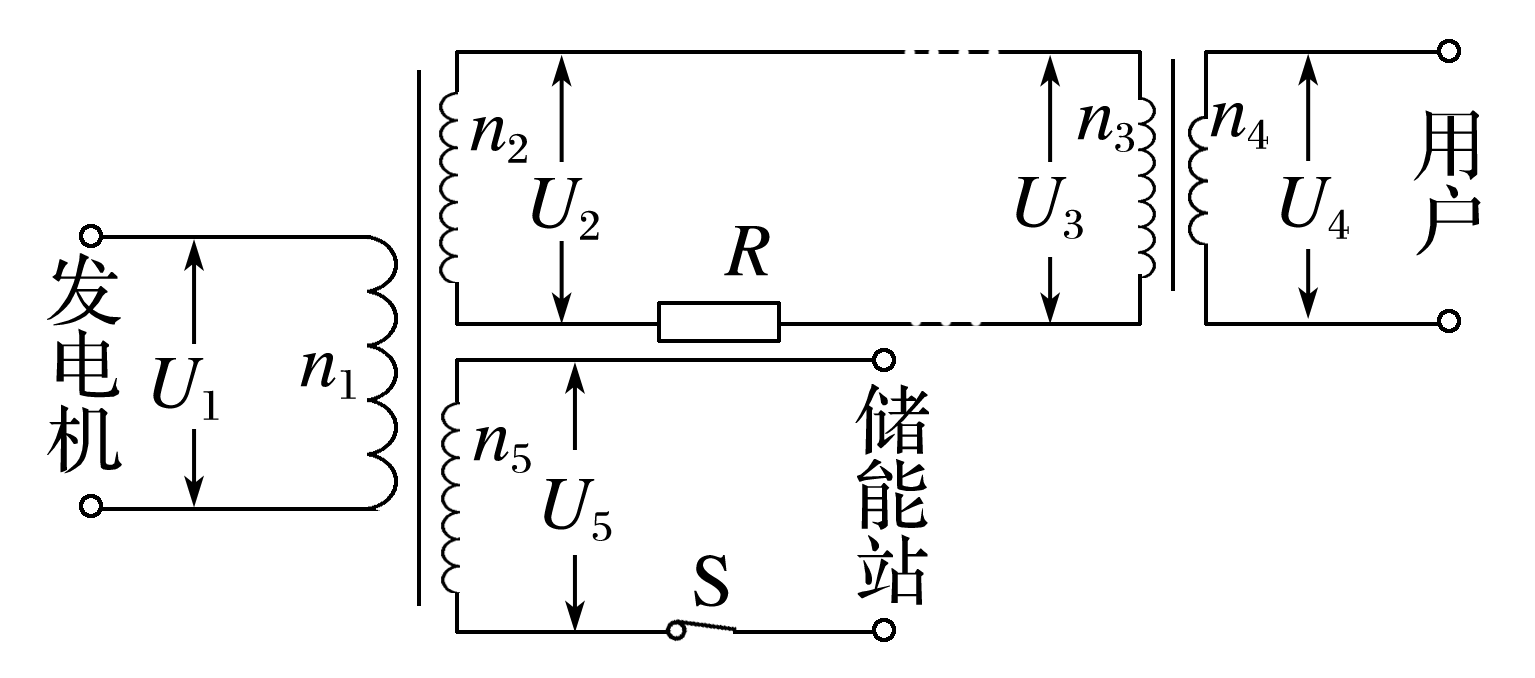


A．3 m/s B．2 m/s C．1 m/s D．0.5 m/s

答案　C

解析　由题知，电动公交车做匀减速直线运动，设*RS*间的距离为*x*，则根据题意有*RS*＝＝，*ST*＝＝，联立解得*t*2＝ 4*t*1，*vT*＝*vR*－10，再根据匀变速直线运动速度与时间的关系有*vT*＝*vR*－*a*·5*t*1，则*at*1＝ 2 m/s，又有*RS*＝*vR*－*a*·＝10 m/s，则*vR*＝11 m/s，联立解得*vT*＝1 m/s，故选C。

7．(2023·山东卷·7)某节能储能输电网络如图所示，发电机的输出电压*U*1＝ 250 V，输出功率500 kW。降压变压器的匝数比*n*3∶*n*4＝ 50∶1，输电线总电阻*R*＝62.5 Ω。其余线路电阻不计，用户端电压*U*4＝220 V，功率88 kW，所有变压器均为理想变压器。下列说法正确的是(　　)



A．发电机的输出电流为368 A

B．输电线上损失的功率为4.8 kW

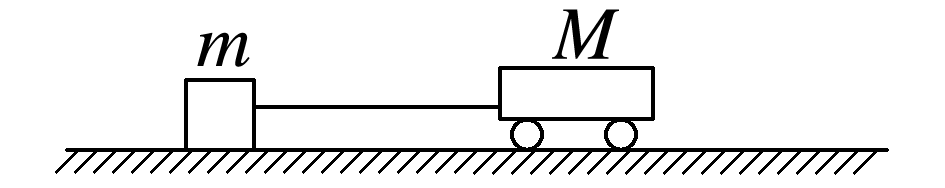
C．输送给储能站的功率为408 kW

D．升压变压器的匝数比*n*1∶*n*2＝1∶44

答案　C

解析　由题知，发电机的输出电压*U*1＝250 V，输出功率500 kW，则有*I*1＝＝2×103 A，A错误；由题知，用户端电压*U*4＝220 V，功率*P*4＝88 kW，则有＝＝，*P*4＝*U*4*I*4，解得*I*4＝400 A，*I*3＝8 A，*U*3＝11 000 V，则输电线上损失的功率为Δ*P*＝*I*32*R*＝4 kW，且*U*2＝*U*3＋*I*3*R*＝11 500 V，再根据＝，解得＝，B、D错误；根据*P*1＝*U*2*I*3＋*P*5，代入数据得*P*5＝408 kW，C正确。

8．(2023·山东卷·8)质量为*M*的玩具动力小车在水平面上运动时，牵引力*F*和受到的阻力*f*均为恒力，如图所示，小车用一根不可伸长的轻绳拉着质量为*m*的物体由静止开始运动。当小车拖动物体行驶的位移为*s*1时，小车达到额定功率，轻绳从物体上脱落。物体继续滑行一段时间后停下，其总位移为*s*2。物体与地面间的动摩擦因数不变，不计空气阻力。小车的额定功率*P*0为(　　)



A.

B.

C.

D.

答案　A

解析　设物体与地面间的动摩擦因数为*μ*，当小车拖动物体行驶的位移为*s*1的过程中有*F*－*f*－*μmg*＝(*m*＋*M*)*a*1，*v*2＝2*a*1*s*1，*P*0＝*Fv*，轻绳从物体上脱落后有*a*2＝*μg*，*v*2＝2*a*2(*s*2－*s*1)，联立解得*P*0＝，故选A。

二、多项选择题：本题共4小题，每小题4分，共16分。每小题有多个选项符合题目要求，全部选对得4分，选对但不全的得2分，有选错的得0分。

9．(多选)(2023·山东卷·9)一定质量的理想气体，初始温度为300 K，压强为1×105 Pa。经等容过程，该气体吸收400 J的热量后温度上升100 K；若经等压过程，需要吸收600 J的热量才能使气体温度上升100 K。下列说法正确的是(　　)

A．初始状态下，气体的体积为6 L

B．等压过程中，气体对外做功400 J

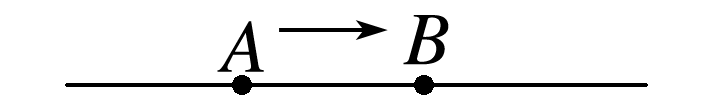
C．等压过程中，气体体积增加了原体积的

D．两个过程中，气体的内能增加量都为400 J

答案　AD

解析　设理想气体初始状态的压强、体积和温度分别为*p*1＝*p*0，*V*1＝*V*0，*T*1＝300 K，等容过程为状态二*p*2＝？，*V*2＝*V*1＝*V*0，*T*2＝400 K，等压过程为状态三*p*3＝*p*0，*V*3＝？，*T*3＝400 K，由理想气体状态方程可得，＝＝，解得*p*2＝*p*0，*V*3＝*V*0，等压过程中，气体体积增加了原体积的，C错误；等容过程中气体做功为零，由热力学第一定律Δ*U*＝*W*＋*Q*＝400 J，两个过程的初末温度相同即内能变化相同，因此内能增加都为400 J，D正确；等压过程内能增加了400 J，吸收热量为600 J，由热力学第一定律可知气体对外做功为200 J，即做功的大小为*W*＝*p*0(*V*0－*V*0)＝200 J，解得*V*0＝6 L，A正确，B错误。

10．(多选)(2023·山东卷·10)如图所示，沿水平方向做简谐振动的质点，依次通过相距*L*的*A*、*B*两点。已知质点在*A*点的位移大小为振幅的一半，*B*点位移大小是*A*点的倍，质点经过*A*点时开始计时，*t*时刻第二次经过*B*点，该振动的振幅和周期可能是(　　)



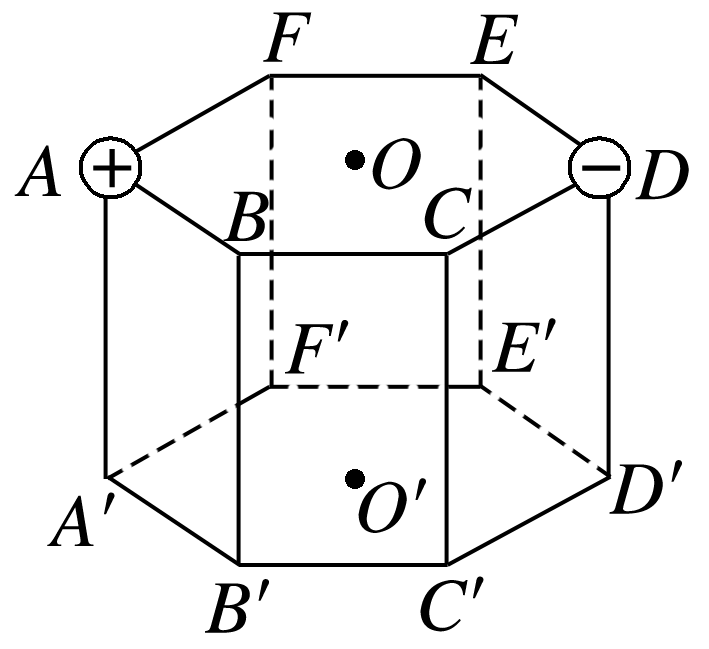
A.，3*t* B.，4*t*

C.，*t* D.，*t*

答案　BC

解析　当*A*、*B*两点在平衡位置的同侧时有*A*＝*A*sin *φA*，*A*＝*A*sin *φB*，可得*φA*＝或π(由图中运动方向知应舍去)，*φB*＝或，因此可知第二次经过*B*点时*φB*＝，则*T*＝*t*，解得*T*＝4*t*，此时位移关系为*A*－*A*＝*L*，解得*A*＝，故A错误，B正确；当*A*、*B*两点在平衡位置两侧时有－*A*＝*A*sin *φA*，*A*＝*A*sin *φB*，解得*φA*＝－或－(由图中运动方向知应舍去)，*φB*＝或，当第二次经过*B*点时*φB*＝，则*T*＝*t*，解得*T*＝*t*，此时位移关系为*A*＋*A*＝*L*，解得*A*＝，C正确，D错误。

11．(多选)(2023·山东卷·11)如图所示，正六棱柱上下底面的中心为*O*和*O*′，*A*、*D*两点分别固定等量异号的点电荷，下列说法正确的是(　　)



A．*F*′点与*C*′点的电场强度大小相等

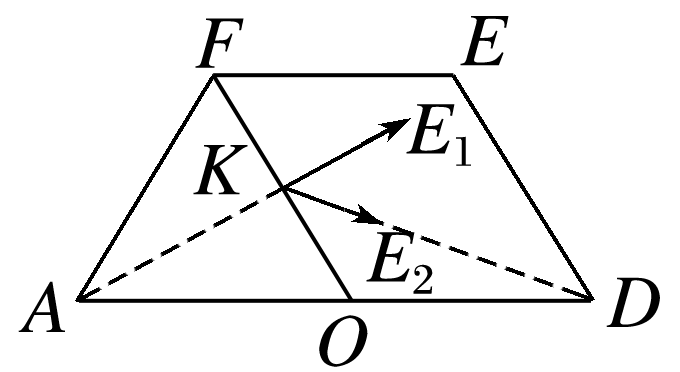
B．*B*′点与*E*′点的电场强度方向相同

C．*A*′点与*F*′点的电势差小于*O*′点与*D*′点的电势差

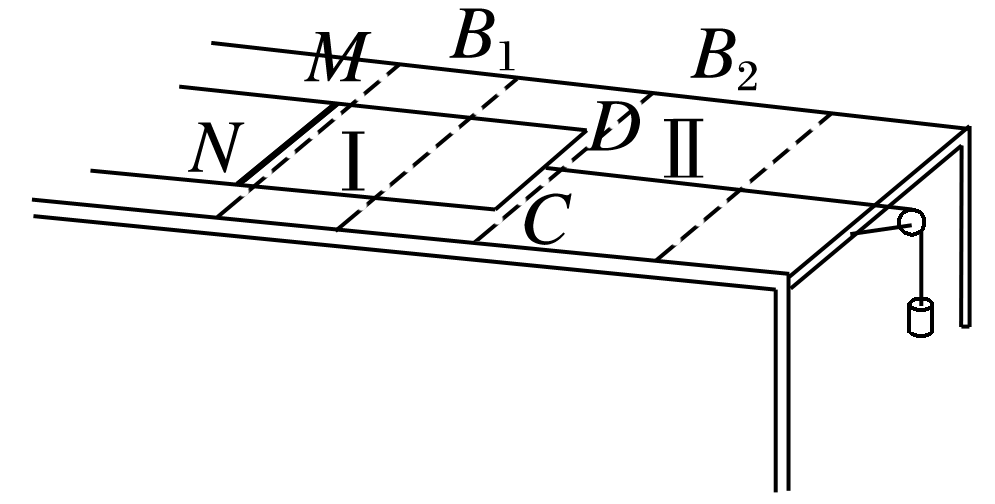
D．将试探电荷＋*q*由*F*点沿直线移动到*O*点，其电势能先增大后减小

答案　ACD

解析　如图所示，由几何关系可知*A*点处正电荷在*OF*中点*K*的场强方向垂直*OF*，则*K*点的合场强与*OF*的夹角为锐角，在*F*点的合场强和*OF*的夹角为钝角，因此将试探电荷＋*q*从*F*移到*O*点过程中静电力先做负功后做正功，电势能先增大后减小，D正确；由等量异种电荷的电势分布可知*φA*′＝*φ*>0，*φD*′＝－*φ*<0，*φO*′＝0，*φF*′>0，因此*φA*′－*φF*′＝*φ*－*φF*′<*φO*′－*φD*′＝*φ*，C正确；由等量异种电荷的对称性可知*F*′和*C*′电场强度大小相等，*B*′和*E*′电场强度方向不同，A正确，B错误。



12．(多选)(2023·山东卷·12)足够长U形导轨平置在光滑水平绝缘桌面上，宽为1 m，电阻不计。质量为1 kg、长为1 m、电阻为1 Ω的导体棒*MN*放置在导轨上，与导轨形成矩形回路并始终接触良好，Ⅰ和Ⅱ区域内分别存在竖直方向的匀强磁场，磁感应强度分别为*B*1和*B*2，其中*B*1＝2 T，方向向下。用不可伸长的轻绳跨过固定轻滑轮将导轨*CD*段中点与质量为0.1 kg的重物相连，绳与*CD*垂直且平行于桌面。如图所示，某时刻*MN*、*CD*同时分别进入磁场区域Ⅰ和Ⅱ并做匀速直线运动，*MN*、*CD*与磁场边界平行。*MN*的速度*v*1＝2 m/s，*CD*的速度为*v*2且*v*2>*v*1，*MN*和导轨间的动摩擦因数为0.2。重力加速度大小取10 m/s2，下列说法正确的是(　　)



A．*B*2的方向向上 B．*B*2的方向向下

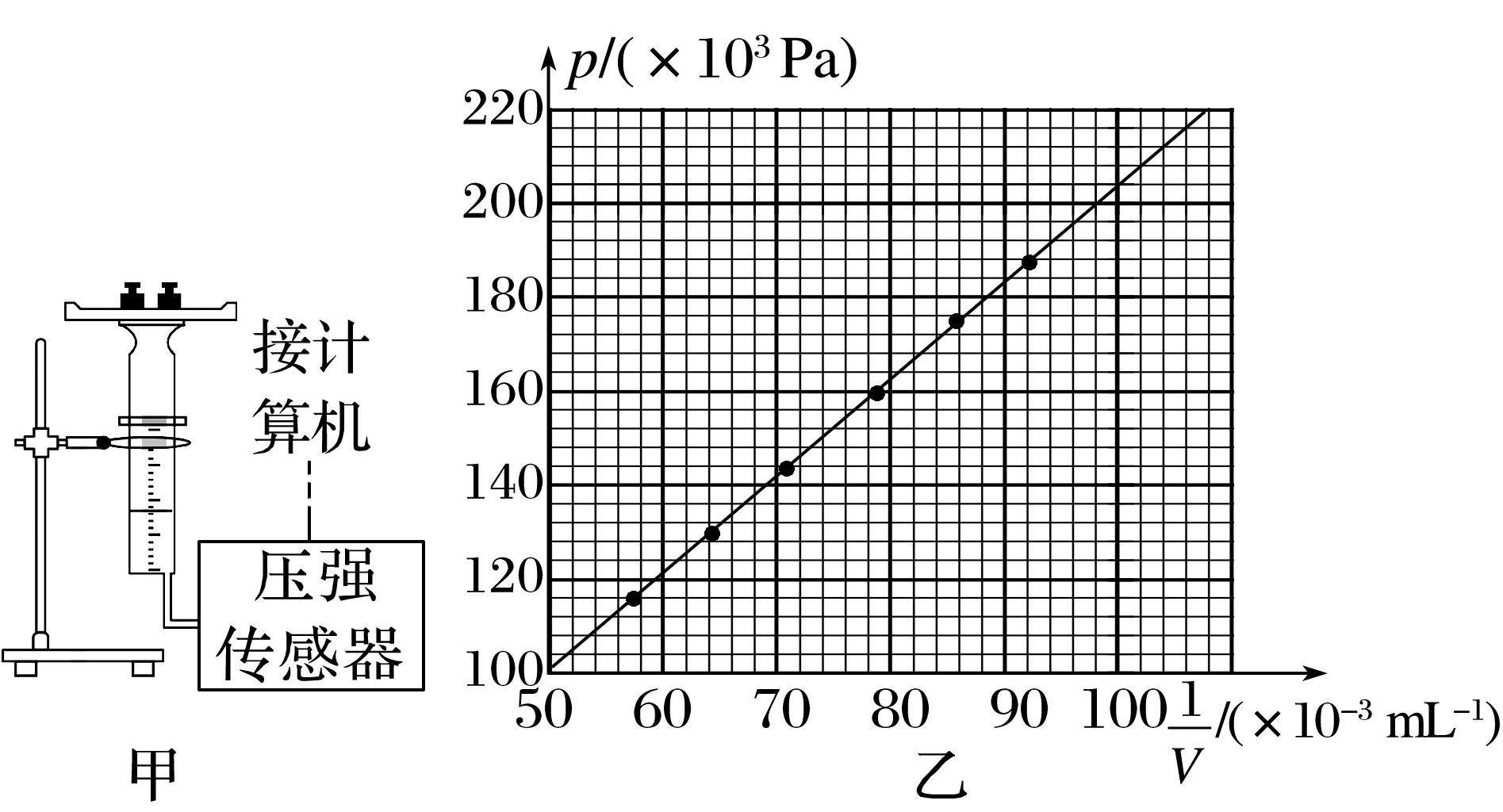
C．*v*2＝5 m/s D．*v*2＝3 m/s

答案　BD

解析　导轨的速度大于导体棒的速度，因此对导体棒受力分析可知导体棒受到向右的摩擦力以及向左的安培力，摩擦力大小为*F*f＝*μmg*＝2 N，导体棒所受安培力大小为*F*1＝*F*f＝2 N，由左手定则可知闭合回路的电流方向为*N*→*M*→*D*→*C*→*N*，导轨受到向左的摩擦力、向右的拉力和向右的安培力，安培力大小为*F*2＝*F*f－*m*0*g*＝1 N，由左手定则可知*B*2的方向向下，A错误，B正确；对导体棒分析*F*1＝*B*1*IL*，对导轨分析*F*2＝*B*2*IL*，电路中的电流为*I*＝，联立解得*v*2＝3 m/s，C错误，D正确。

三、非选择题：本题共6小题，共60分。

13．(2023·山东卷·13)利用图甲所示实验装置可探究等温条件下气体压强与体积的关系。将带有刻度的注射器竖直固定在铁架台上，注射器内封闭一定质量的空气，下端通过塑料管与压强传感器相连。活塞上端固定一托盘，托盘中放入砝码，待气体状态稳定后，记录气体压强*p*和体积*V*(等于注射器示数*V*0与塑料管容积Δ*V*之和)，逐次增加砝码质量，采集多组数据并作出拟合曲线如图乙所示。



回答以下问题：

(1)在实验误差允许范围内，图乙中的拟合曲线为一条过原点的直线，说明在等温情况下，一定质量的气体\_\_\_\_\_\_\_\_。

A．*p*与*V*成正比

B．*p*与成正比

(2)若气体被压缩到*V*＝10.0 mL，由图乙可读出封闭气体压强为\_\_\_\_\_\_\_\_ Pa(保留3位有效数字)。

(3)某组同学进行实验时，一同学在记录数据时漏掉了Δ*V*，则在计算*pV*乘积时，他的计算结果与同组正确记录数据同学的计算结果之差的绝对值会随*p*的增大而\_\_\_\_\_\_\_\_(填“增大”或“减小”)。

答案　(1) B　(2)2.04×105　(3)增大

解析　(1)在实验误差允许范围内，题图乙中的拟合曲线为一条过原点的直线，说明在等温情况下，一定质量的气体，*p*与成正比。故选B。

(2)若气体被压缩到*V*＝10.0 mL，则有

＝ mL－1＝100×10－3 mL－1

由题图乙可读出封闭气体压强为

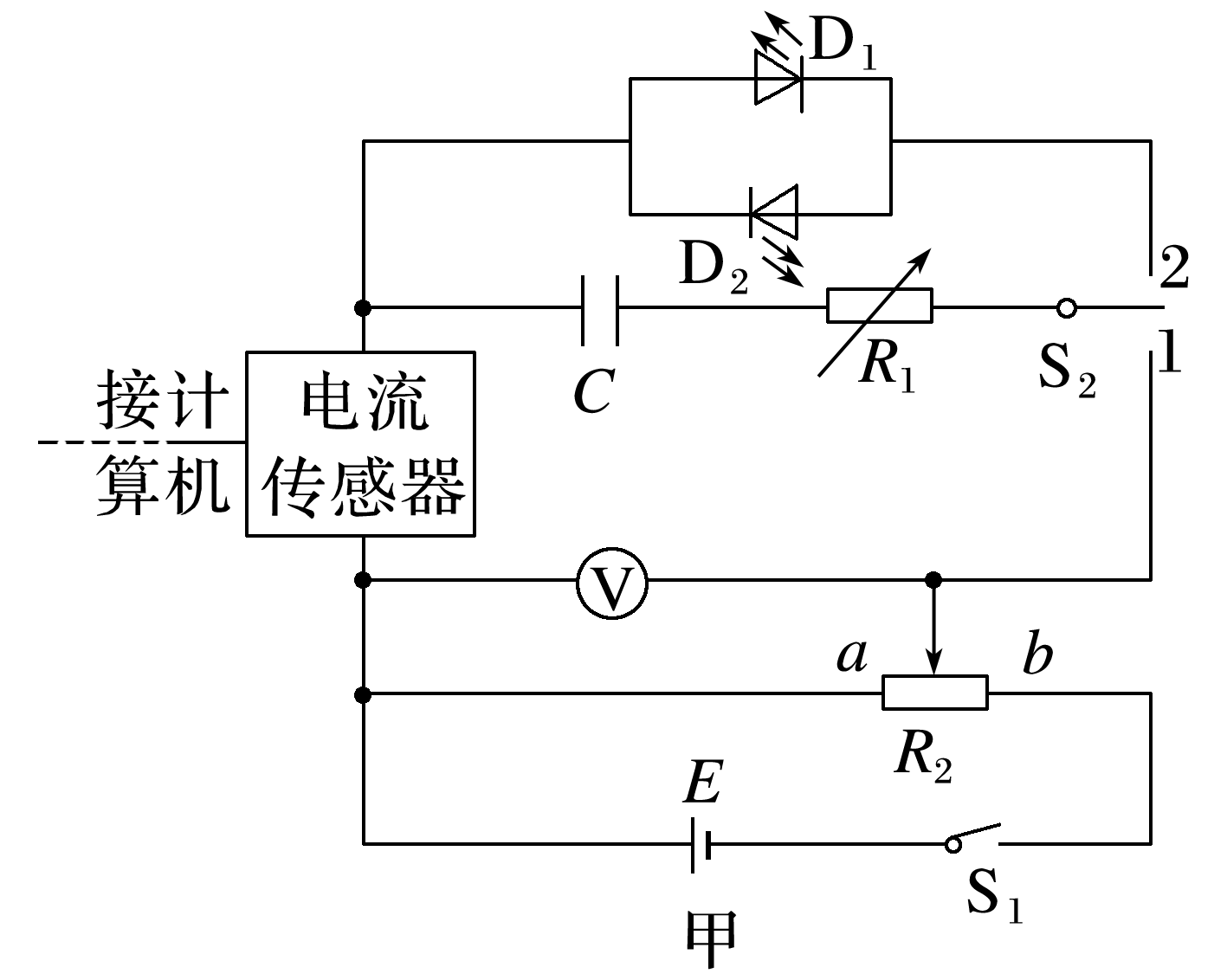
*p*＝2.04×105 Pa

(3)某组同学进行实验时，一同学在记录数据时漏掉了Δ*V*，则在计算*pV*乘积时，根据

*p*(*V*0＋Δ*V*)－*pV*0＝*p*Δ*V*

可知他的计算结果与同组正确记录数据同学的计算结果之差的绝对值会随*p*的增大而增大。

14．(2023·山东卷·14)电容储能已经在电动汽车，风、光发电，脉冲电源等方面得到广泛应用。某同学设计图甲所示电路，探究不同电压下电容器的充、放电过程，器材如下：



电容器*C*(额定电压10 V，电容标识不清)；

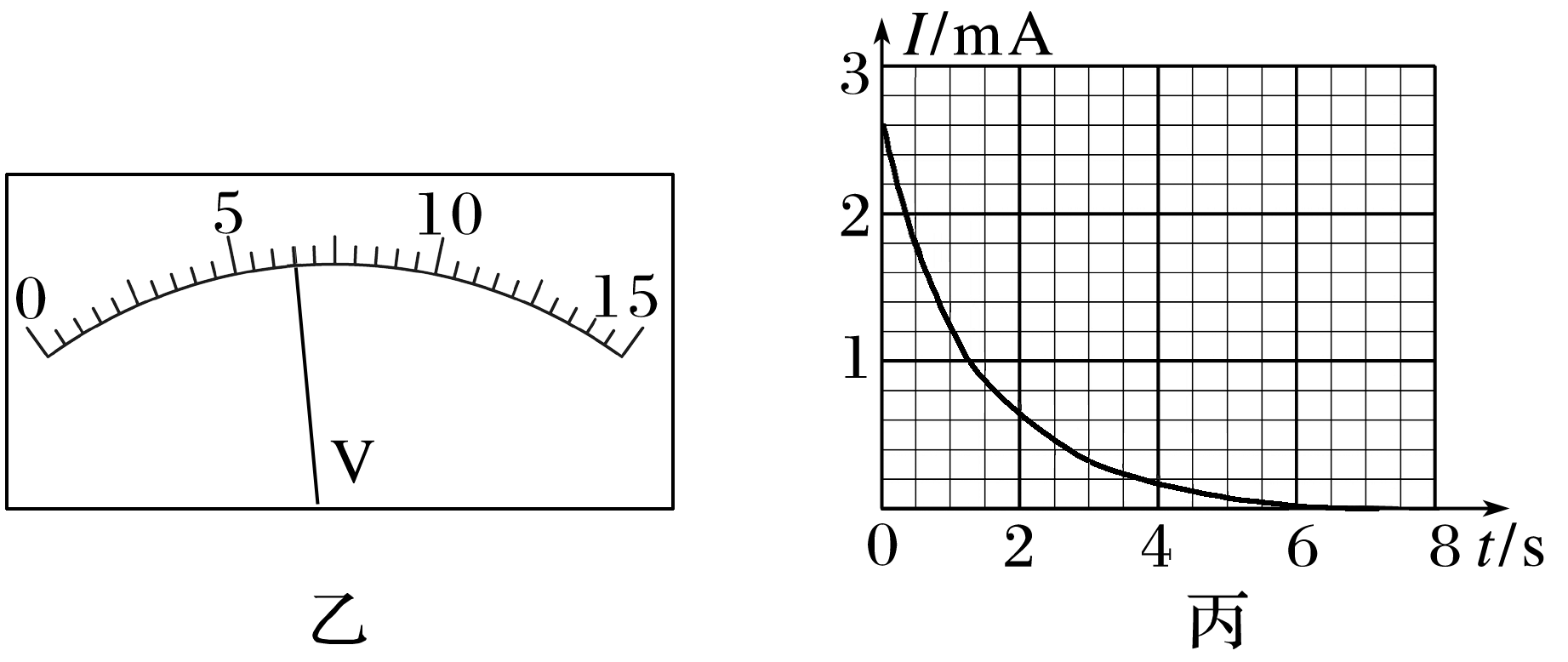
电源*E*(电动势12 V，内阻不计)；

电阻箱*R*1(阻值0～99 999.9 Ω)；

滑动变阻器*R*2(最大阻值20 Ω，额定电流2 A)；

电压表V(量程15 V，内阻很大)；

发光二极管D1、D2，开关S1、S2，电流传感器，计算机，导线若干。



回答以下问题：

(1)按照图甲连接电路，闭合开关S1，若要升高电容器充电电压，滑动变阻器滑片应向\_\_\_\_\_\_\_\_(填“*a*”或“*b*”)端滑动。

(2)调节滑动变阻器滑片位置，电压表表盘如图乙所示，示数为\_\_\_\_\_\_\_\_ V(保留1位小数)。

(3)继续调节滑动变阻器滑片位置，电压表示数为8.0 V时，开关S2掷向1，得到电容器充电过程的*I*－*t*图像，如图丙所示。借鉴“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中估算油膜面积的方法，根据图像可估算出充电结束后，电容器存储的电荷量为\_\_\_\_\_\_\_\_ C(结果保留2位有效数字)。

(4)本电路中所使用电容器的电容约为\_\_\_\_\_\_\_\_ F(结果保留2位有效数字)。

(5)电容器充电后，将开关S2掷向2，发光二极管\_\_\_\_\_\_\_\_(填“D1”或“D2”)闪光。

答案　(1)*b*　(2)6.5　 (3)3.5×10－3　(4)4.4×10－4　(5)D1

解析　(1)滑动变阻器采用的是分压式接法，故向*b*端滑动滑动变阻器滑片电容器充电电压升高；

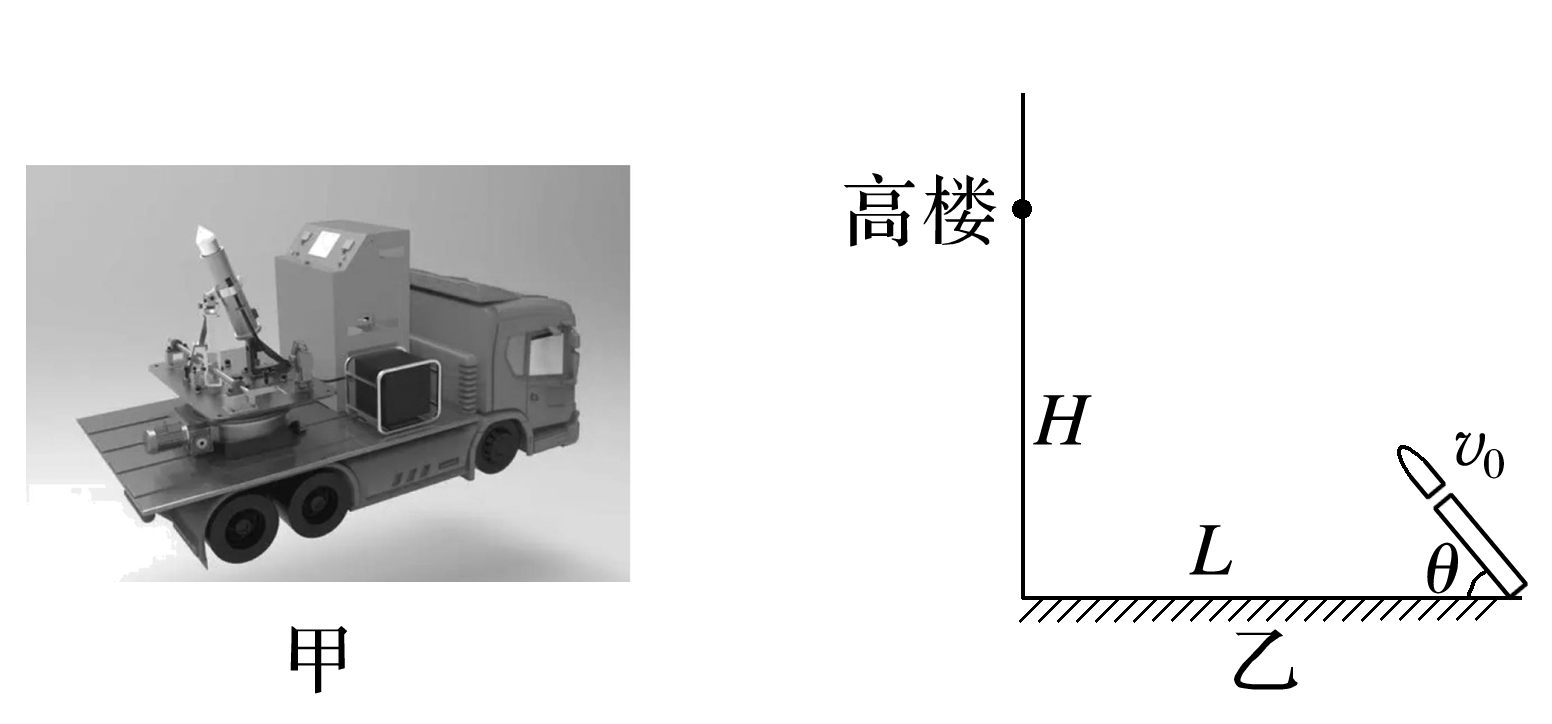
(2)表盘量程为15 V，每个小格0.5 V，故示数为6.5 V；

(3)*I*－*t*图像所围的面积，等于电容器存储的电荷量，35个小格，故电容器存储的电荷量为3.5×10－3 C；

(4)由电容的定义式*C*＝得*C*≈4.4×10－4 F；

(5)开关S2掷向2，电容器放电，故D1闪光。

15．(2023·山东卷·15)电磁炮灭火消防车(图甲)采用电磁弹射技术投射灭火弹进入高层建筑快速灭火。电容器储存的能量通过电磁感应转化成灭火弹的动能，设置储能电容器的工作电压可获得所需的灭火弹出膛速度。如图乙所示，若电磁炮正对高楼，与高楼之间的水平距离*L*＝60 m，灭火弹出膛速度*v*0＝50 m/s，方向与水平面夹角*θ*＝53°，不计炮口离地面高度及空气阻力，取重力加速度大小*g*＝10 m/s2，sin 53°＝0.8。



(1)求灭火弹击中高楼位置距地面的高度*H*；

(2)已知电容器储存的电能*E*＝*CU*2，转化为灭火弹动能的效率*η*＝15%，灭火弹的质量为3 kg，电容*C*＝2.5×104 μF，电容器工作电压*U*应设置为多少？

答案　(1)60 m　(2)1 000 V

解析　(1)灭火弹做斜上抛运动，则水平方向上有

*L*＝*v*0cos *θ*·*t*

竖直方向上有

*H*＝*v*0*t*sin *θ*－*gt*2

代入数据联立解得*H*＝60 m

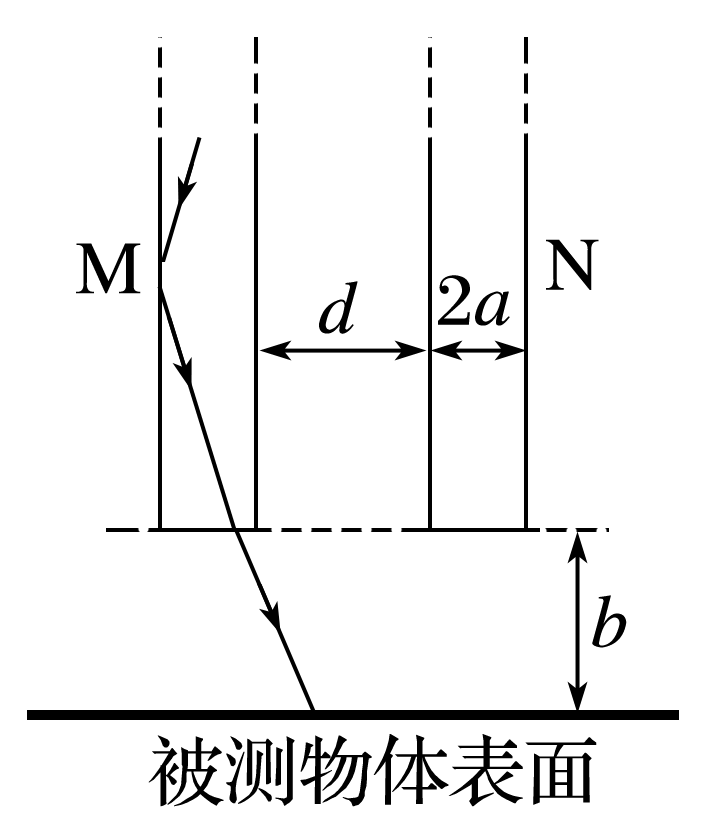
(2)根据题意可知

*E*k＝*ηE*＝15%×*CU*2

又因为*E*k＝*mv*02

联立解得*U*＝1 000 V。

16．(2023·山东卷·16)一种反射式光纤位移传感器可以实现微小位移测量，其部分原理简化如图所示。两光纤可等效为圆柱状玻璃丝M、N，相距为*d*，直径均为2*a*，折射率为*n*(*n*<)。M、N下端横截面平齐且与被测物体表面平行。激光在M内多次全反射后从下端面射向被测物体，经被测物体表面镜面反射至N下端面，N下端面被照亮的面积与玻璃丝下端面到被测物体距离有关。

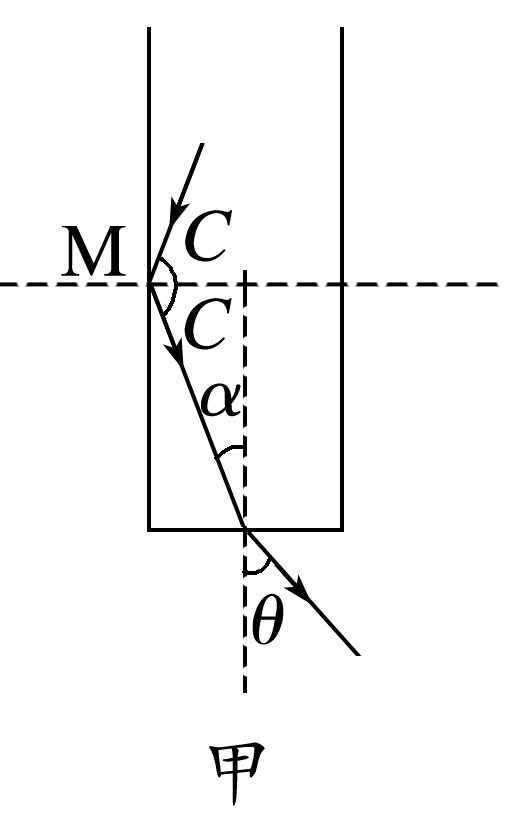


(1)从M下端面出射的光与竖直方向的最大偏角为*θ*，求*θ*的正弦值；

(2)被测物体自上而下微小移动，使N下端面从刚能接收反射激光到恰好全部被照亮，求玻璃丝下端面到被测物体距离*b*的相应范围(只考虑在被测物体表面反射一次的光线)。

答案　(1)　(2)<*b*<

解析　(1)由题意可知，当光在M内刚好发生全反射时从M下端面出射的光与竖直方向夹角最大，设在M下端面入射的光与竖直方向的夹角为*α*，如图甲所示



由几何关系可得sin *C*＝＝cos *α*

可得sin *α*＝

又因为*n*＝

所以sin *θ*＝*n*sin *α*＝

(2)根据题意，要使N下端面从刚能接收反射激光到恰好全部被照亮，光路图如图乙所示



则玻璃丝下端面到被测物体距离*b*的相应范围应为*b*1<*b*<*b*2

当距离最近时有tan *θ*＝

当距离最远时有tan *θ*＝

根据(1)可知tan *θ*＝

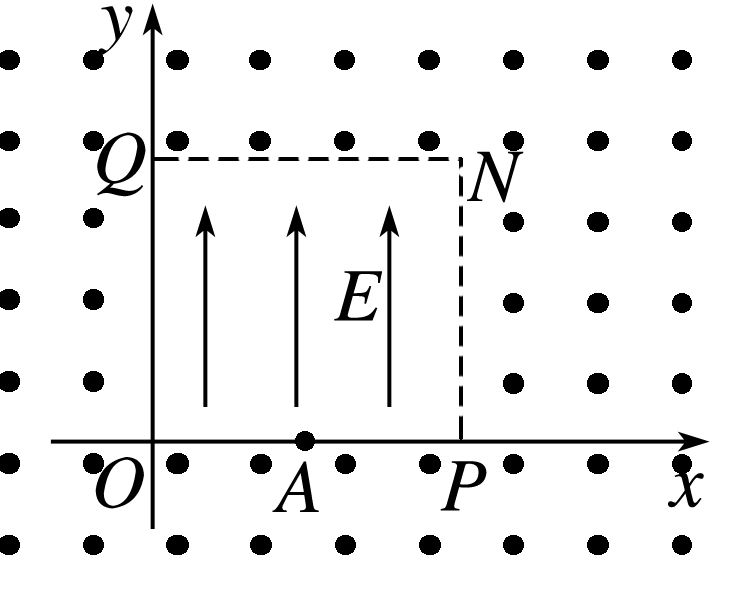
联立解得*b*1＝

*b*2＝

所以满足条件的*b*的相应范围为

<*b*<。

17．(2023·山东卷·17)如图所示，在0≤*x*≤2*d*,0≤*y*≤2*d*的区域中，存在沿*y*轴正方向、场强大小为*E*的匀强电场，电场的周围分布着垂直纸面向外的恒定匀强磁场。一个质量为*m*，电荷量为*q*的带正电粒子从*OP*中点*A*进入电场(不计粒子重力)。



(1)若粒子初速度为零，粒子从上边界垂直*QN*第二次离开电场后，垂直*NP*再次进入电场，求磁场的磁感应强度*B*的大小；

(2)若改变电场强度大小，粒子以一定的初速度从*A*点沿*y*轴正方向第一次进入电场，离开电场后从*P*点第二次进入电场，在电场的作用下从*Q*点离开。

(ⅰ)求改变后电场强度*E*′的大小和粒子的初速度*v*0；

(ⅱ)通过计算判断粒子能否从*P*点第三次进入电场。

答案　(1)6　(2)(ⅰ)36*E*　9　(ⅱ)不会

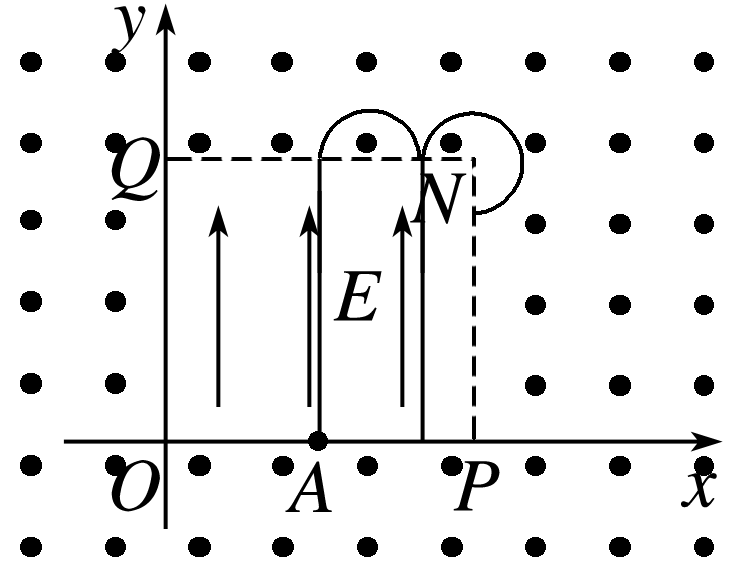
解析　(1)由题意，粒子在电场中做匀加速直线运动，根据动能定理有

*qE*·2*d*＝*mv*2

粒子在磁场中做匀速圆周运动有

*qvB*＝*m*

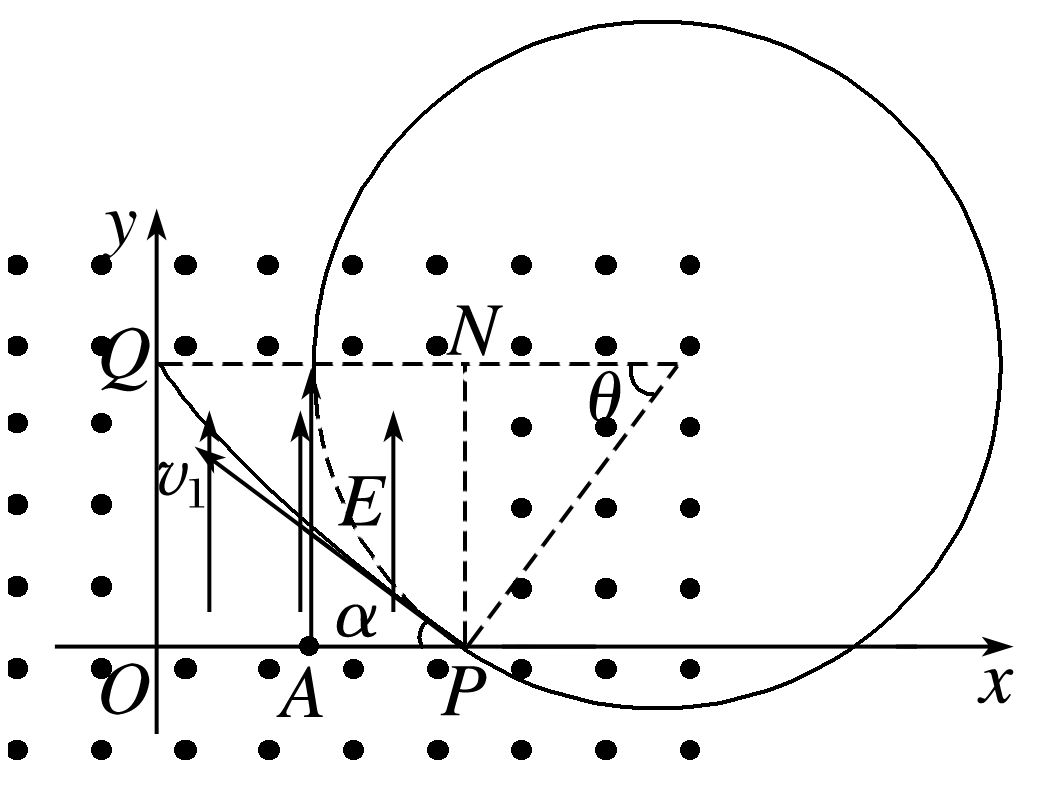
粒子从上边界垂直*QN*第二次离开电场后，垂直*NP*再次进入电场，轨迹如图



根据几何关系可知*R*＝

联立解得*B*＝6

(2)(ⅰ)由题意，做出粒子在电场和磁场中的运动轨迹如图



粒子在磁场中做匀速圆周运动，根据几何关系可知

*R*12＝(2*d*)2＋(*R*1－*d*)2

解得*R*1＝*d*

所以有*θ*＝53°，*α*＝37°

由洛伦兹力提供向心力有

*qv*1*B*＝*m*

粒子从*A*点开始做匀加速直线运动，根据动能定理有

*qE*′·2*d*＝*mv*12－*mv*02

再一次进入电场后做类斜抛运动，沿*x*轴方向有2*d*＝*v*1cos *α*·*t*

沿*y*轴方向有2*d*＝*v*1sin *α*·*t*＋*at*2

根据牛顿第二定律有*qE*′＝*ma*

联立以上各式解得

*v*1＝15

*v*0＝9

*E*′＝36*E*

(ⅱ)粒子从*P*到*Q*，根据动能定理有

*qE*′·2*d*＝*mv*22－*mv*12

可得从*Q*射出时的速度为

*v*2＝3

此时粒子在磁场中的半径

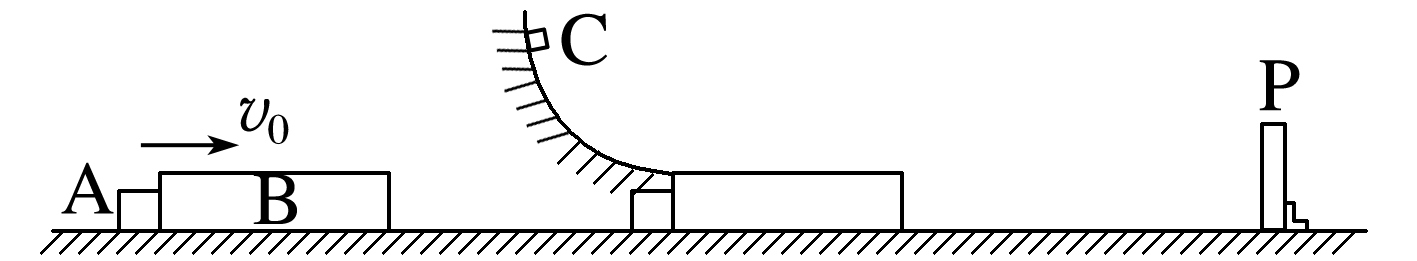
*R*2＝＝*d*

根据几何关系可知对应的圆心所在位置为*x*＝*d*，*y*＝4*d*

而圆心与*P*的距离为*l*＝＝*d*≠*R*2

故粒子不能从*P*点第三次进入电场。

18．(2023·山东卷·18)如图所示，物块A和木板B置于水平地面上，固定光滑弧形轨道末端与B的上表面所在平面相切，竖直挡板P固定在地面上。作用在A上的水平外力，使A与B以相同速度*v*0向右做匀速直线运动。当B的左端经过轨道末端时，从弧形轨道某处无初速度下滑的滑块C恰好到达最低点，并以水平速度*v*滑上B的上表面，同时撤掉外力，此时B右端与P板的距离为*s*。已知*v*0＝1 m/s，*v*＝4 m/s，*m*A＝*m*C＝1 kg，*m*B＝2 kg，A与地面间无摩擦，B与地面间动摩擦因数*μ*1＝0.1，C与B间动摩擦因数*μ*2＝0.5，B足够长，使得C不会从B上滑下。B与P、A的碰撞均为弹性碰撞，不计碰撞时间，取重力加速度大小*g*＝10 m/s2。



(1)求C下滑的高度*H*；

(2)与P碰撞前，若B与C能达到共速，且A、B未发生碰撞，求*s*的范围；

(3)若*s*＝0.48 m，求B与P碰撞前，摩擦力对C做的功*W*；

(4)若*s*＝0.48 m，自C滑上B开始至A、B、C三个物体都达到平衡状态，求这三个物体总动量的变化量Δ*p*的大小。

答案　(1)0.8 m　(2)0.625 m≤*s*≤1.707 m　(3)－6 J　(4)9.02 kg·m/s

解析　(1)由题意可知，滑块C静止滑下过程根据动能定理有

*m*C*gH*＝*m*C*v*2

代入数据解得*H*＝0.8 m

(2)滑块C刚滑上B时可知C受到水平向左的摩擦力，为*F*f2＝*μ*2*m*C*g*

木板B受到C的摩擦力水平向右，为

*F*f2′＝*μ*2*m*C*g*

B受到地面的摩擦力水平向左，为

*F*f1＝*μ*1(*m*C＋*m*B)*g*

所以滑块C的加速度大小为

*a*C＝＝*μ*2*g*＝5 m/s2

木板B的加速度大小为

*a*B＝＝1 m/s2

设经过时间*t*1，B和C共速，有

*v*－*a*C*t*1＝*v*0＋*a*B*t*1

代入数据解得*t*1＝0.5 s

木板B的位移*s*B1＝*v*0*t*1＋*a*B*t*12＝0.625 m

共同的速度*v*共1＝*v*0＋*a*B*t*1＝1.5 m/s

此后B和C共同减速，加速度大小为

*a*BC＝＝1 m/s2

设再经过时间*t*2，物块A恰好追上木板B，有

*s*B1＋*v*共1*t*2－*a*BC*t*22＝*v*0(*t*1＋*t*2)

代入数据并整理得*t*22－*t*2－0.25＝0

解得*t*2＝ s或*t*2＝ s(舍去)

此时B的位移*s*B2＝*v*0(*t*1＋*t*2)＝(1＋) m≈1.707 m

共同的速度*v*共2＝*v*共1－*a*BC×*t*2＝(1－) m/s

综上可知满足条件的*s*的范围为0.625 m≤*s*≤1.707 m

(3)由于*s*＝0.48 m<0.625 m

所以可知滑块C与木板B没有共速，对于木板B，根据运动学公式有

*s*＝*v*0*t*0＋*a*B*t*02

代入数据并整理得*t*02＋2*t*0－0.96＝0

解得*t*0＝0.4 s或*t*0＝－2.4 s(舍去)

滑块C在这段时间的位移

*s*C＝*vt*0－*a*C*t*02＝1.2 m

所以摩擦力对C做的功

*W*＝－*F*f2*s*C＝－6 J

(4)因为木板B足够长，最后的状态一定会是C与B静止，物块A向左匀速运动。木板B向右运动0.48 m时，有

*v*B0＝*v*0＋*a*B*t*0＝1.4 m/s

*v*C0＝*v*－*a*C*t*0＝2 m/s

*s*A＝*v*0*t*0＝0.4 m

此时A、B之间的距离为

*s*AB＝*s*－*s*A＝0.08 m

由于B与挡板发生碰撞不损失能量，故将原速率反弹，接着B向左做匀减速运动，可得加速度大小

*a*B′＝＝4 m/s2

物块A和木板B相向运动，设经过时间*t*3恰好相遇，则有

*v*0*t*3＋(*v*B0*t*3－*a*B′*t*32)＝*s*AB

代入数据并整理得*t*32－1.2*t*3＋0.04＝0

解得*t*3＝ s或*t*3＝ s(舍去)

此时有*v*B1＝*v*B0－*a*B′*t*3＝ m/s，方向向左；

*v*C1＝*v*C0－*a*C*t*3＝(2－1) m/s，方向向右。

接着A、B发生弹性碰撞，碰前A的速度为*v*0＝1 m/s，方向向右，以水平向右为正方向，则有

*m*A*v*0＋*m*B(－*v*B1)＝*m*A*v*A＋*m*B*v*B

*m*A*v*02＋*m*B(－*v*B1)2＝*m*A*v*A2＋*m*B*v*B2

代入数据解得*v*A＝－ m/s≈－2.02 m/s

*v*B＝ m/s≈0.246 m/s

而此时*v*C＝*v*C1＝*v*C0－*a*C*t*3＝(2－1) m/s≈1.83 m/s

物块A向左的速度大于木板B和C向右的速度，由于摩擦力的作用，最后B和C静止，A向左匀速运动，系统的初动量

*p*初＝(*m*A＋*m*B)*v*0＋*m*C*v*＝7 kg·m/s

末动量*p*末＝*m*A*v*A＝－2.02 kg·m/s

则整个过程动量的变化量

Δ*p*＝*p*末－*p*初＝－9.02 kg·m/s

即Δ*p*的大小为9.02 kg·m/s。