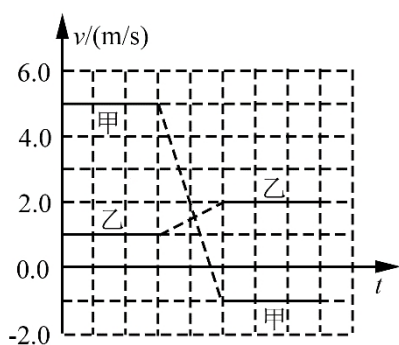


专题 08 动量

1. (2020·新课标全国 3 卷) 甲、乙两个物块在光滑水平桌面上沿同一直线运动, 甲追上乙, 并与乙发生碰撞, 碰撞前后甲、乙的速度随时间的变化如图中实线所示。已知甲的质量为 1kg, 则碰撞过程两物块损失的机械能为 ()



- A. 3 J B. 4 J C. 5 J D. 6 J

【答案】A

【解析】

由 $v-t$ 图可知, 碰前甲、乙的速度分别为 $v_{\text{甲}} = 5\text{m/s}$, $v_{\text{乙}} = 1\text{m/s}$; 碰后甲、乙的速度分别为 $v'_{\text{甲}} = -1\text{m/s}$, $v'_{\text{乙}} = 2\text{m/s}$, 甲、乙两物块碰撞过程中, 由动量守恒得

$$m_{\text{甲}}v_{\text{甲}} + m_{\text{乙}}v_{\text{乙}} = m_{\text{甲}}v'_{\text{甲}} + m_{\text{乙}}v'_{\text{乙}}$$

解得

$$m_{\text{乙}} = 6\text{kg}$$

则损失的机械能为

$$\Delta E = \frac{1}{2}m_{\text{甲}}v_{\text{甲}}^2 + \frac{1}{2}m_{\text{乙}}v_{\text{乙}}^2 - \frac{1}{2}m_{\text{甲}}v_{\text{甲}}'^2 - \frac{1}{2}m_{\text{乙}}v_{\text{乙}}'^2$$

解得

$$\Delta E = 3\text{J}$$

故选 A。

2. (2020·新课标全国 1 卷) 行驶中的汽车如果发生剧烈碰撞, 车内的安全气囊会被弹出并瞬间充满气体。若碰撞后汽车的速度在很短时间内减小为零, 关于安全气囊在此过程中的作用, 下列说法正确的是 ()

- A. 增加了司机单位面积的受力大小
- B. 减少了碰撞前后司机动量的变化量
- C. 将司机的动能全部转换成汽车的动能
- D. 延长了司机的受力时间并增大了司机的受力面积

【答案】D

【解析】

A. 因安全气囊充气后, 受力面积增大, 故减小了司机单位面积的受力大小,

故 A 错误;

B. 有无安全气囊司机初动量和末动量均相同, 所以动量的改变量也相同,

故 B 错误;

C. 因有安全气囊的存在，司机和安全气囊接触后会有一部分动能转化为气体的内能，不能全部转化成汽车的动能，故 C 错误；

D. 因为安全气囊充气后面积增大，司机的受力面积也增大，在司机挤压气囊作用过程中由于气囊的缓冲故增加了作用时间，故 D 正确。

故选 D。

3. （2020·新课标全国 2 卷）水平冰面上有一固定的竖直挡板，一滑冰运动员面对挡板静止在冰面上，他把一质量为 4.0 kg 的静止物块以大小为 5.0 m/s 的速度沿与挡板垂直的方向推向挡板，运动员获得退行速度；物块与挡板弹性碰撞，速度反向，追上运动员时，运动员又把物块推向挡板，使其再一次以大小为 5.0 m/s 的速度与挡板弹性碰撞。总共经过 8 次这样推物块后，运动员退行速度的大小大于 5.0 m/s ，反弹的物块不能再追上运动员。不计冰面的摩擦力，该运动员的质量可能为

A. 48 kg B. 53 kg C. 58 kg D. 63 kg

【答案】BC

【解析】

设运动员和物块的质量分别为 m 、 m_0 规定运动员运动的方向为正方向，运动员开始时静止，第一次将物块推出后，运动员和物块的速度大小分别为 v_1 、 v_0 ，则根据动量守恒定律

$$0 = mv_1 - m_0v_0$$

解得

$$v_1 = \frac{m_0}{m} v_0$$

物块与弹性挡板撞击后，运动方向与运动员同向，当运动员再次推出物块

$$mv_1 + m_0 v_0 = mv_2 - m_0 v_0$$

解得

$$v_2 = \frac{3m_0}{m} v_0$$

第 3 次推出后

$$mv_2 + m_0 v_0 = mv_3 - m_0 v_0$$

解得

$$v_3 = \frac{5m_0}{m} v_0$$

依次类推，第 8 次推出后，运动员的速度

$$v_8 = \frac{15m_0}{m} v_0$$

根据题意可知

$$v_8 = \frac{15m_0}{m} v_0 > 5\text{m/s}$$

解得

$$m < 60\text{kg}$$

第 7 次运动员的速度一定小于 5m/s，则

$$v_7 = \frac{13m_0}{m} v_0 < 5\text{m/s}$$

解得

$$m > 52\text{kg}$$

综上所述，运动员的质量满足

$$52\text{kg} < m < 60\text{kg}$$

AD 错误，BC 正确。

故选 BC。

十年高考真题分类汇编(2010－2019) 物理

专题 08 动量

选择题

1.(2019•全国 I 卷•T3)最近，我国为“长征九号”研制的大推力新型火箭发动机联试成功，这标志着我国重型运载火箭的研发取得突破性进展。若某次实验中该发动机向后喷射的气体速度约为 3 km/s ，产生的推力约为 $4.8 \times 10^6\text{ N}$ ，则它在 1 s 时间内喷射的气体质量约为

- A. $1.6 \times 10^2\text{ kg}$ B. $1.6 \times 10^3\text{ kg}$ C. $1.6 \times 10^5\text{ kg}$ D. $1.6 \times 10^6\text{ kg}$

【答案】B

【解析】

设该发动机在 $t\text{ s}$ 时间内，喷射出的气体质量为 m ，根据动量定理， $Ft = mv$ ，可知，在 1 s

内喷射出的气体质量 $m_0 = \frac{m}{t} = \frac{F}{v} = \frac{4.8 \times 10^6}{3000}\text{ kg} = 1.6 \times 10^3\text{ kg}$ ，故本题选 B。

2.(2019•江苏卷•T12)质量为 M 的小孩站在质量为 m 的滑板上，小孩和滑板均处于静止状态，忽略滑板与地面间的摩擦。小孩沿水平方向跃离滑板，离开滑板时的速度大小为 v ，此时滑板的速度大小为

A. $\frac{m}{M}v$

B. $\frac{M}{m}v$

C. $\frac{m}{m+M}v$

D. $\frac{M}{m+M}v$

【答案】B

【解析】

设滑板的速度为 u ，小孩和滑板动量守恒得： $0 = mu - Mv$ ，解得： $u = \frac{M}{m}v$ ，故 B 正确。

3.(2018·全国 II 卷·T2)高空坠物极易对行人造成伤害。若一个 50 g 的鸡蛋从一居民楼的 25 层坠下，与地面的撞击时间约为 2 ms，则该鸡蛋对地面产生的冲击力约为

A. 10 N B. 10^2 N C. 10^3 N D. 10^4 N

【答案】C

【解析】试题分析：本题是一道估算题，所以大致要知道一层楼的高度约为 3m，可以利用动能定理或者机械能守恒求落地时的速度，并利用动量定理求力的大小。

设鸡蛋落地瞬间的速度为 v ，每层楼的高度大约是 3m，

由动能定理可知： $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ ，

解得： $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 3 \times 25} = 10\sqrt{15}m/s$

落地时受到自身的重力和地面的支持力，规定向上为正，

由动量定理可知： $(N - mg)t = 0 - (-mv)$ ，解得： $N \approx 1000N$ ，

根据牛顿第三定律可知鸡蛋对地面产生的冲击力约为 10^3 N，故 C 正确

由动量定理可知： $(N - mg)t = 0 - (-mv)$ ，解得： $N \approx 1000N$ ，

根据牛顿第三定律可知鸡蛋对地面产生的冲击力约为 10^3 N，故 C 正确

故选 C

点睛：利用动能定理求出落地时的速度，然后借助于动量定理求出地面的接触力

4.(2018·全国 I 卷)高铁列车在启动阶段的运动可看作初速度为零的匀加速直线运动，在启动阶段列车的动能

A. 与它所经历的时间成正比

B. 与它的位移成正比

C. 与它的速度成正比

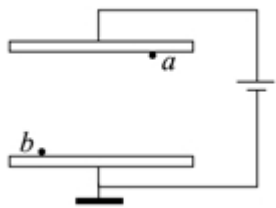
D. 与它的动量成正比

【答案】B

【解析】本题考查匀变速直线运动规律、动能、动量及其相关的知识点。

根据初速度为零匀变速直线运动规律可知，在启动阶段，列车的速度与时间成正比，即 $v=at$ ，由动能公式 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$ ，可知列车动能与速度的二次方成正比，与时间的二次方成正比，选项 AC 错误；由 $v^2=2ax$ ，可知列车动能与位移 x 成正比，选项 B 正确；由动量公式 $p=mv$ ，可知列车动能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{p^2}{2m}$ ，即与列车的动量二次方成正比，选项 D 错误。

5.(2018·全国 III 卷·T8)(多选)如图，一平行板电容器连接在直流电源上，电容器的极板水平，两微粒 a、b 所带电荷量大小相等、符号相反，使它们分别静止于电容器的上、下极板附近，与极板距离相等。现同时释放 a、b，它们由静止开始运动，在随后的某时刻 t ，a、b 经过电容器两极板间下半区域的同一水平面，a、b 间的相互作用和重力可忽略。下列说法正确的是



- A. a 的质量比 b 的大
- B. 在 t 时刻, a 的动能比 b 的大
- C. 在 t 时刻, a 和 b 的电势能相等
- D. 在 t 时刻, a 和 b 的动量大小相等

【答案】BD

【解析】试题分析 本题考查电容器、带电微粒在电场中的运动、牛顿运动定律、电势能、动量定理及其相关的知识点。

解析 根据题述可知,微粒 a 向下加速运动,微粒 b 向上加速运动,根据 a、b 经过电容器两极板间下半区域的同一水平面,可知 a 的加速度大小大于 b 的加速度大小,即 $a_a > a_b$ 。对微粒 a,由牛顿第二定律, $qE = m_a a_a$,对微粒 b,由牛顿第二定律, $qE = m_b a_b$,联立解得:
 $\frac{qE}{m_a} > \frac{qE}{m_b}$,由此式可以得出 a 的质量比 b 小,选项 A 错误;在 a、b 两微粒运动过程中, a 微粒所受合外力大于 b 微粒, a 微粒的位移大于 b 微粒,根据动能定理,在 t 时刻, a 的动能比 b 大,选项 B 正确;由于在 t 时刻两微粒经过同一水平面,电势相等,电荷量大小相等,符号相反,所以在 t 时刻, a 和 b 的电势能不等,选项 C 错误;由于 a 微粒受到的电场力(合外力)等于 b 微粒受到的电场力(合外力),根据动量定理,在 t 时刻, a 微粒的动量等于 b 微粒,选项 D 正确。

6.(2017·新课标 I 卷)将质量为 1.00 kg 的模型火箭点火升空, 50 g 燃烧的燃气以大小为 600 m/s 的速度从火箭喷口在很短时间内喷出。在燃气喷出后的瞬间,火箭的动量大小为(喷出过程中重力和空气阻力可忽略)

A. $30 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

B. $5.7 \times 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

C. $6.0 \times 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

D. $6.3 \times 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

【答案】A

【解析】设火箭的质量(不含燃气)为 m_1 ，燃气的质量为 m_2 ，根据动量守恒，
 $m_1 v_1 = m_2 v_2$ ，解得火箭的动量为： $p = m_1 v_1 = m_2 v_2 = 30 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ，所以 A 正确，BCD 错误。

【考点定位】动量、动量守恒

【名师点睛】本题主要考查动量即反冲类动量守恒问题，只要注意动量的矢量性即可，比较简单。

7.(2015·重庆卷·T3)高空作业须系安全带.如果质量为 m 的高空作业人员不慎跌落，从开始跌落到安全带对人刚产生作用力前人下落的距离为 h (可视为自由落体运动)。此后经历时间 t 安全带达到最大伸长，若在此过程中该作用力始终竖直向上，则该段时间安全带对人的平均作用力大小为

A. $\frac{m\sqrt{2gh}}{t} + mg$

B. $\frac{m\sqrt{2gh}}{t} - mg$

C. $\frac{m\sqrt{gh}}{t} + mg$

D. $\frac{m\sqrt{gh}}{t} - mg$

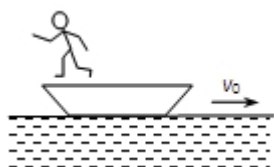
【答案】A

试题分析：人下落 h 高度为自由落体运动，由运动学公式 $v^2 = 2gh$ ，可知 $v = \sqrt{2gh}$ ；缓冲过程(取向上为正)由动量定理得 $(\bar{F} - mg)t = 0 - (-mv)$ ，解得：

$$\bar{F} = \frac{m\sqrt{2gh}}{t} + mg, \text{ 故选 A.}$$

【考点定位】运动学公式、动量定理

8.(2012·福建卷)如图, 质量为 M 的小船在静止水面上以速率 v_0 向右匀速行驶, 一质量为 m 的救生员站在船尾, 相对小船静止。若救生员以相对水面速率 v 水平向左跃入水中, 则救生员跃出后小船的速率为



- A. $v_0 + \frac{m}{M}v$ B. $v_0 - \frac{m}{M}v$ C. $v_0 + \frac{m}{M}(v_0 + v)$ D. $v_0 + \frac{m}{M}(v_0 - v)$

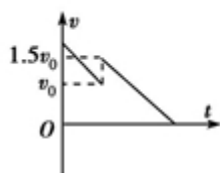
【答案】C

【解析】人在跃出的过程中船人组成的系统水平方向动量守恒, 规定向右为正方向

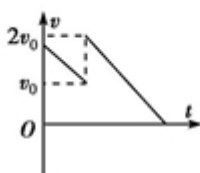
$$\therefore (M + m) v_0 = Mv' - mv, \quad v' = v_0 + \frac{m}{M}(v_0 + v)。$$

【考点定位】本题动量守恒相关知识

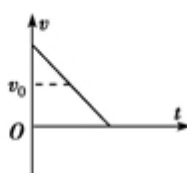
9.(2012·重庆卷)质量为 m 的人站在质量为 $2m$ 的平板小车上, 以共同的速度在水平地面上沿直线前行, 车所受地面阻力的大小与车对地面压力的大小成正比。当车速为 v_0 时, 人从车上以相对于地面大小为 v_0 的速度水平向后跳下。跳离瞬间地面阻力的冲量忽略不计, 则能正确表示车运动的 $v-t$ 图象为



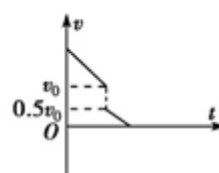
A



B



C



D

【答案】B

【解析】人和车以共同的速度在水平地面上沿直线前行，做匀减速直线运动，当车速为 v_0 时，人从车上以相对于地面大小为 v_0 的速度水平向后跳下，跳离前后系统动量守恒，规定车的速度方向为正方向，则有： $(m+2m)v_0 = 2mv + (-mv_0)$ ，得： $v = 2v_0$ ，人跳车后做匀减速直线运动，车所受地面阻力的大小与车对地面压力的大小成正比，所以人跳车前后车的加速度不变，所以能正确表示车运动的 $v-t$ 图象 B。

【考点定位】本题考查动量守恒定律及其相关知识。

10.(2013·天津卷)我国女子短道速滑队在今年世锦赛上实现女子 3000m 接力三连冠。观察发现，“接棒”的运动员甲提前站在“交棒”的运动员乙前面，并且开始向前滑行，待乙追上甲时，乙猛推甲一把，使甲获得更大的速度向前冲出。在乙推甲的过程中，忽略运动员与冰面间在水平方向上的相互作用，则()



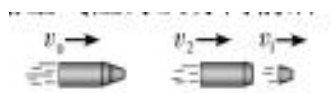
- A.甲对乙的冲量一定等于乙对甲的冲量
- B.甲、乙的动量变化一定大小相等方向相反
- C.甲的动能增加量一定等于乙的动能减少量
- D.甲对乙做多少负功，乙对甲就一定做多少正功

【答案】B

【解析】冲量是矢量，甲乙相互作用时，冲量大小相等方向相反，故 A 错误；由动量守恒定律知，甲乙动量变化量大小相等方向相反，故 B 正确；甲乙相互作用时是非弹性碰撞，动能不守恒，甲的动能增加量和乙动能的减少量不相等，故 C 错误；因甲的动能增加量和乙动能的减少量不相等，由动能定理知，甲对乙做功的绝对值和乙对甲做功的绝对值不相等，故 D 错误。

【考点定位】本题考查冲量、动量、动量守恒定律和动能定理，意在考查考生的推理能力。

11.(2014·福建卷)一枚火箭搭载着卫星以速率 v_0 进入太空预定位置，由控制系统使箭体与卫星分离。已知前部分的卫星质量为 m_1 ，后部分的箭体质量为 m_2 ，分离后箭体以速率 v_2 沿火箭原方向飞行，若忽略空气阻力及分离前后系统质量的变化，则分离后卫星的速率 v_1 为



- A. $v_0 - v_2$ B. $v_0 + v_2$ C. $v_1 = v_0 - \frac{m_2}{m_1} v_2$ D. $v_1 = v_0 + \frac{m_2}{m_1} (v_0 - v_2)$

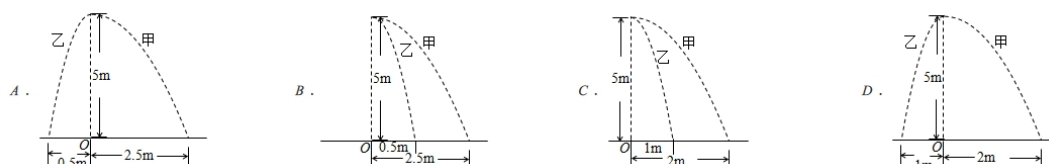
【答案】D

【解析】系统分离前后，动量守恒： $(m_1 + m_2)v_0 = m_1v_1 + m_2v_2$ ，解得：

$v_1 = v_0 + \frac{m_2}{m_1}(v_0 - v_2)$ ，故 A、B、C 错误，D 正确。

【考点定位】本题考查动量守恒定律

12.(2014·重庆卷)一弹丸在飞行到距离地面 5m 高时仅有水平速度 $v = 2\text{m/s}$, 爆炸成为甲、乙两块水平飞出, 甲、乙的质量比为 3:1. 不计质量损失, 取重力加速 $g = 10\text{m/s}^2$, 则下列图中两块弹片飞行的轨迹可能正确的是



【答案】B

规定向右为正, 设弹丸的质量为 $4m$, 则甲的质量为 $3m$, 乙的质量为 m , 炮弹到达最高点时爆炸时, 爆炸的内力远大于重力(外力), 遵守动量守恒定律, 则有:

$$4mv_0 = 3mv_1 + mv_2 \text{ 得 } 8 = 3v_1 + v_2$$

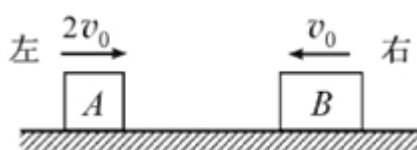
两块弹片都做平抛运动, 高度一样, 则运动时间相等, $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 5}{10}} = 1\text{s}$

水平方向做匀速运动, $x_1 = v_1 t = v_1$, $x_2 = v_2 t = v_2$, 则 $8 = 3x_1 + x_2$

结合图象可知, B 的位移满足上述表达式, 故 B 正确。

【考点定位】本题考查了平抛运动规律、爆炸问题、动量守恒定律。

13.(2015·福建卷·T30(2))如图, 两滑块 A、B 在光滑水平面上沿同一直线相向运动, 滑块 A 的质量为 m , 速度为 $2v_0$, 方向向右, 滑块 B 的质量为 $2m$, 速度大小为 v_0 , 方向向左, 两滑块发生弹性碰撞后的运动状态是



A.A 和 B 都向左运动

B.A 和 B 都向右运动

C.A 静止, B 向右运动

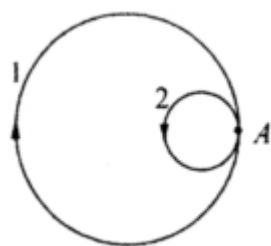
D.A 向左运动, B 向右运动

【答案】D

【解析】取向右为正方向, 根据动量守恒: $m2v_0 - 2mv_0 = mv_A + 2mv_B$, 知系统总动量为零, 所以碰后总动量也为零, 即 A、B 的运动方向一定相反, 所以 D 正确; A、B、C 错误。

【考点定位】原子结构和原子核

14.(2015·北京卷·T17)实验观察到, 静止在匀强磁场中 A 点的原子核发生 β 衰变, 衰变产生的新核与电子恰在纸面内匀速圆周运动, 运动方向和轨迹示意如图, 则 ()



A.轨迹 1 是电子的, 磁场方向垂直纸面向外

B.轨迹 2 是电子的, 磁场方向垂直纸面向外

C.轨迹 1 是新核的, 磁场方向垂直纸面向里

D.轨迹 2 是新核的, 磁场方向垂直纸面向里

【答案】D

【解析】静止的核发生 β 衰变(${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_{-1}^0e$)由内力作用，满足动量守恒，则新

核 Y 和电子的动量等大反向，垂直射入匀强磁场后均做匀速圆周运动，由

$$qvB = m \frac{v^2}{r} \text{ 可知 } r = \frac{mv}{qB}, \text{ 则两个新核的运动半径与电量成反比, 即 } \frac{r_e}{r_Y} = \frac{Z+1}{1}, \text{ 则}$$

新核为小圆，电子为大圆；而新核带正电，电子带负电，由左手定则可知磁场方向垂直纸面向里，选项 D 正确。

【考点定位】衰变、动量守恒定律、带电粒子在磁场中的运动、左手定则。

15.(2013·福建卷·T30(2))将静置在地面上，质量为 M (含燃料)的火箭模型点火升空，在极短时间内以相对地面的速度 v_0 竖直向下喷出质量为 m 的炽热气体。忽略喷气过程重力和空气阻力的影响，则喷气结束时火箭模型获得的速度大小是

A. $\frac{mv_0}{M}$ B. $\frac{Mv_0}{m}$ C. $\frac{Mv_0}{M-m}$ D. $\frac{mv_0}{M-m}$

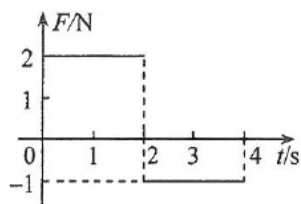
【答案】D

(2)根据动量守恒定律得： $(M-m)v - mv_0 = 0$ ，所以火箭模型获得的速度大小是

$$v = \frac{mv_0}{M-m}, \text{ 选项 D 正确。}$$

【考点定位】反冲运动，动量守恒定律

16.(2017·新课标III卷)一质量为 2 kg 的物块在合外力 F 的作用下从静止开始沿直线运动。 F 随时间 t 变化的图线如图所示，则



- A. $t=1\text{ s}$ 时物块的速率为 1 m/s
- B. $t=2\text{ s}$ 时物块的动量大小为 $4\text{ kg}\cdot\text{m/s}$
- C. $t=3\text{ s}$ 时物块的动量大小为 $5\text{ kg}\cdot\text{m/s}$
- D. $t=4\text{ s}$ 时物块的速度为零

【答案】AB

【解析】由动量定理有 $Ft=mv$ ，解得 $v=\frac{Ft}{m}$ ， $t=1\text{ s}$ 时物块的速率 $v=\frac{Ft}{m}=1\text{ m/s}$ ，A

正确； $F-t$ 图线与时间轴所围面积表示冲量，所以 $t=2\text{ s}$ 时物块的动量大小为

$p=2\times 2\text{ kg}\cdot\text{m/s}=4\text{ kg}\cdot\text{m/s}$ ，B 正确； $t=3\text{ s}$ 时物块的动量大小为

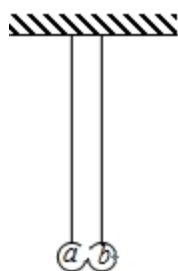
$p'=(2\times 2-1\times 1)\text{ kg}\cdot\text{m/s}=3\text{ kg}\cdot\text{m/s}$ ，C 错误； $t=4\text{ s}$ 时物块的动量大小为

$p''=(2\times 2-1\times 2)\text{ kg}\cdot\text{m/s}=2\text{ kg}\cdot\text{m/s}$ ，速度不为零，D 错误。

【考点定位】动量定理

【名师点睛】求变力的冲量是动量定理应用的重点，也是难点。 $F-t$ 图线与时间轴所围面积表示冲量。

17.(2012·大纲全国卷·T24)如图，大小相同的摆球 a 和 b 的质量分别为 m 和 $3m$ ，摆长相同，并排悬挂，平衡时两球刚好接触，现将摆球 a 向左边拉开一小角度后释放，若两球的碰撞是弹性的，下列判断正确的是



- A.第一次碰撞后的瞬间，两球的速度大小相等
- B.第一次碰撞后的瞬间，两球的动量大小相等
- C.第一次碰撞后，两球的最大摆角不相同
- D.发生第二次碰撞时，两球在各自的平衡位置

【答案】AD

两球在碰撞前后，水平方向不受外力，故水平两球组成的系统动量守恒，由动量守恒定律有： $mv_0 = mv_1 + 3mv_2$ ；又两球碰撞是弹性的，故机械能守恒，即：

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}3mv_2^2, \text{ 解两式得: } v_1 = -\frac{v_0}{2}, v_2 = \frac{v_0}{2}, \text{ 可见第一次碰撞后的瞬间}$$

，两球的速度大小相等，选项 A 正确；因两球质量不相等，故两球碰后的动量大小不相等，选项 B 错；两球碰后上摆过程，机械能守恒，故上升的最大高度相等，另摆长相等，故两球碰后的最大摆角相同，选项 C 错；由单摆的周期公

式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ，可知，两球摆动周期相同，故经半个周期后，两球在平衡位置处

发生第二次碰撞，选项 D 正确。

【考点定位】本题考查弹性碰撞、单摆运动的等时性及其相关知识

此题将小球在竖直面内的圆周运动、受力分析、动量、斜下抛运动有机结合，经典创新。

18.(2017·天津卷)“天津之眼”是一座跨河建设、桥轮合一的摩天轮，是天津市的地标之一。摩天轮悬挂透明座舱，乘客随座舱在竖直面内做匀速圆周运动。下列叙述正确的是



- A.摩天轮转动过程中，乘客的机械能保持不变
- B.在最高点，乘客重力大于座椅对他的支持力
- C.摩天轮转动一周的过程中，乘客重力的冲量为零
- D.摩天轮转动过程中，乘客重力的瞬时功率保持不变

【答案】B

【解析】机械能等于动能和重力势能之和，乘客随座舱在竖直面内做匀速圆周运动，动能不变，重力势能时刻发生变化，则机械能在变化，故 A 错误；

在最高点对乘客受力分析，根据牛顿第二定律有： $mg - N = m\frac{v^2}{r}$ ，座椅对他的

支持力 $N = mg - m\frac{v^2}{r} < mg$ ，故 B 正确；

乘客随座舱转动一周的过程中，动量不变，是所受合力的冲量为零，重力的冲量 $I = mg \cdot t \neq 0$ ，故 c 错误；

乘客重力的瞬时功率 $P = mgv \cdot \cos \theta$ ，其中 θ 为线速度和竖直方向的夹角，摩天轮转动过程中，乘客的重力和线速度的大小不变，但 θ 在变化，所以乘客重力的瞬时功率在不断变化，故 D 错误。

【考点定位】机械能，向心力，冲量和动量定理，瞬时功率

【名师点睛】本题的难点在于对动量定理的理解，是“物体所受合力的冲量等于动量的变化”，而学生经常记为“力的冲量等于物体动量的变化”。

19.(2015·北京卷·T18)“蹦极”运动中，长弹性绳的一端固定，另一端绑在人身上，人从几十米高处跳下，将蹦极过程简化为人沿竖直方向的运动。从绳恰好伸直，到人第一次下降至最低点的过程中，下列分析正确的是

- A.绳对人的冲量始终向上，人的动量先增大后减小
- B.绳对人的拉力始终做负功，人的动能一直减小
- C.绳恰好伸直时，绳的弹性势能为零，人的动能最大
- D.人在最低点时，绳对人的拉力等于人所受的重力

【答案】A

【解析】A、C、D、绳子从伸直到第一次下降至最低点的过程中，拉力逐渐增大，由牛顿第二定律 $mg - T = ma$ 可得，人先做加速度减小的加速运动，当 $mg = T$ 时加速度减小到 0，人的速度最大，即动量最大，动能也最大。此后人继续向下运动($T > mg$)，人做加速度增大的减速运动，动量一直减小到零，全程拉力向上，其冲量一直向上，选项 A 正确、选项 C 和 D 错误。B、拉力与运动方向相反，一直做负功，但动能先增大后减小，选项 B 错误。故选 A。

【考点定位】牛顿运动定律、动量定理、功能关系。

20.(2014·全国大纲卷)一中子与一质量数为 $A(A > 1)$ 的原子核发生弹性正碰。若碰前原子核静止, 则碰撞前与碰撞后中子的速率之比为

A. $\frac{A+1}{A-1}$ B. $\frac{A-1}{A+1}$ C. $\frac{4A}{(A+1)^2}$ D. $\frac{(A+1)^2}{(A-1)^2}$

【答案】A

【解析】设原子核的质量为 m , 中子的质量为 m_N , 碰撞前与碰撞后中子的速度分别是 v_0 和 v_1 , 碰撞后原子核的速度为 v_2 , 由于两者发生弹性正碰, 因此有: $m_N v_0 = m_N v_1 + m v_2$, $\frac{1}{2} m_N v_0^2 = \frac{1}{2} m_N v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2$, 解得: $v_1 = \frac{m_N - m}{m_N + m} v_0$, 根据两者质量数可知: $\frac{m_N}{m} = \frac{1}{A}$, 解得 $|\frac{v_0}{v_1}| = \frac{A+1}{A-1}$, 故选项 A 正确。

【考点定位】本题主要考查了动量守恒定律和能量守恒定律的应用问题, 属于中档题。

21.(2011·福建卷)在光滑水平面上, 一质量为 m 、速度大小为 v 的 A 球与质量为 $2m$ 的 B 球碰撞后, A 球的速度方向与碰撞前相反。则碰撞后 B 球的速度大小可能是

A. $0.6v$ B. $0.4v$ C. $0.3v$ D. $0.2v$

【答案】A

【解析】AB 两球在水平方向上合外力为零, A 球和 B 球碰撞的过程中动量守恒, 设 AB 两球碰撞后的速度分别为 v_1 、 v_2 , 选 A 原来的运动方向为正方向, 由动量守恒定律有 $mv = -mv_1 + 2mv_2$ ①

假设碰后 A 球静止, 即 $v_1 = 0$, 可得 $v_2 = 0.5v$

由题意知球 A 被反弹, 所以球 B 的速度有 $v_2 > 0.5v$ ②

AB 两球碰撞过程能量可能有损失，由能量关系有 $\frac{1}{2}mv^2 \geq \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2} \times 2mv_2^2 \dots \textcircled{3}$

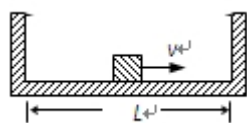
①③两式联立得： $v_2 \leq \frac{2}{3}v \dots \textcircled{4}$

由②④两式可得： $0.5v < v_2 \leq \frac{2}{3}v$

符合条件的只有 $0.6v$ ，所以选项 A 正确，

【考点定位】动量守恒定律的应用

22.(2011·全国卷)质量为 M 、内壁间距为 L 的箱子静止于光滑的水平面上，箱子中间有一质量为 m 的小物块，小物块与箱子底板间的动摩擦因数为 μ 。初始时小物块停在箱子正中间，如图所示。现给小物块一水平向右的初速度 v ，小物块与箱壁碰撞 N 次后恰又回到箱子正中间，并与箱子保持相对静止。设碰撞都是弹性的，则整个过程中，系统损失的动能为



- A. $\frac{1}{2}mv^2$ B. $\frac{1}{2} \frac{mM}{m+M} v^2$ C. $\frac{1}{2} N \mu mg L$ D. $N \mu mg L$

【答案】BD

【解析】由于箱子 M 放在光滑的水平面上，则由箱子和小物块组成的整体动量始终是守恒的，直到箱子和小物块的速度相同时，小物块不再相对滑动，有

$$mv = (m + M) v_1$$

系统损失的动能是因为摩擦力做负功

$$\Delta E_k = -W_f = \mu mg \times NL = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}(M+m)v_1^2 = \frac{mMv^2}{2(M+m)}$$

【考点定位】能量守恒定律，动量守恒定律。

23.(2011·四川卷)质量为 m 的带正电小球由空中 A 点无初速度自由下落，在 t 秒末加上竖直向上、范围足够大的匀强电场，再经过 t 秒小球又回到 A 点.不计空气阻力且小球从未落地，则()

A.整个过程中小球电势能变换了 $\frac{3}{2}mg^2t^2$

B.整个过程中小球动量增量的大小为 $2mgt$

C.从加电场开始到小球运动到最低点时小球动能变化了 mg^2t^2

D.从 A 点到最低点小球重力势能变化 $\frac{3}{2}mg^2t^2$

【答案】BD

【解析】小球先做自由下落，然后受电场力和重力向下做匀减速到速度为 0，再向上做匀加速回到 A 点.设加上电场后小球的加速度大小为 a ，规定向下为正方向.

整个过程中小球的位移为 0，运用运动学公式： $\frac{1}{2}gt^2 + gt \times t - \frac{1}{2}at^2 = 0$ ，解得

$a = 3g$ ，根据牛顿第二定律： $F_{\text{合}} = F_{\text{电}} - mg = ma$ ，所以电场力是重力的 4 倍为 $4mg$ ，根据电场力做功量度电势能的变化

$W_{\text{电}} = -\Delta E_{\text{p}}$ ， $W_{\text{电}} = F_{\text{电}} \cdot x = 4mg \times \frac{1}{2}gt^2 = 2mg^2t^2$ ，所以整个过程中小球电势能减少

了 $2mg^2t^2$.故 A 错误；规定向下为正方向，根据动量定理得：

$\Delta p = mgt - 3mgt = -2mgt$ ，所以整个过程中小球动量增量的大小为 $2mgt$ ，故 B 正

确；小球减速到最低点动能为 0，所以从加电场开始到小球运动到最低点时小球动能变化与从 A 点无初速度自由下落到 t 秒末动能变化相等.小球从 A 点无初速

度自由下落到 t 秒末动能变化为 $\frac{1}{2}mg^2t^2$ ，故 C 错误.根据重力做功与重力势能变

化的关系得：从 A 点到最低点重力势能变化了 $mg \times (\frac{1}{2}gt^2 + \frac{1}{3} \times \frac{1}{2}gt^2) = \frac{2}{3}mg^2t^2$ ，

故 D 正确.

【考点定位】重力势能的变化与重力做功的关系；匀变速直线运动的公式；动量定理；功能关系；电势能.

24.(2010·福建卷·T29) (2)如图所示，一个木箱原来静止在光滑水平面上，木箱内粗糙的地板上放着一个小木块。木箱和小木块都具有一定的质量。现使木箱获得一个向右的初速度 v_0 ，则_____。(填选项前的字母)



- A. 小木块和木箱最终都将静止
- B. 小木块最终将相对木箱静止，二者一起向右运动
- C. 小木块在木箱内壁将始终来回往复碰撞，而木箱一直向右运动
- D. 如果小木块与木箱的左壁碰撞后相对木箱静止，则二者将一起向左运动

【答案】(2)B

【解析】(2)本题考查的是动量守恒定律的应用和考生的理解能力。把小木块和木箱看成一个系统，该系统所受合外力为零，故系统动量守恒，系统的初动量向右，末动量也应向右。C 项中小木块始终在木箱内做往复运动，因摩擦力的存在，系统的机械能会越来越来少，最终停止，这是不可能的。可见，只有 B 项正确。

非选择题：

25.(2014·上海卷·T22A)动能相等的两物体 A、B 在光滑水平面上沿同一直线相向而行，它们的速度大小之比 $v_1:v_2=2:1$ ，则动量之比 $p_A:p_B=$ ____；两者碰后粘在一起运动，其总动量与 A 原来动量大小之比 $p:p_A=$ ____。

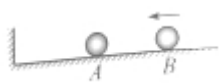
【答案】1:2 1:1

【考点】动能 $E_K=\frac{1}{2}mv^2$ 和速度的关系： $v_A:v_B=2:1$ ，可知两者质量之比 1:4，所以动量的关系为：1:2；两者碰撞遵循动量守恒，其总动量与 A 的动量等大反向，所以碰后的总动量与 A 原来的动量之比为 1:1。

【解析】根据动量与动能的关系：

【考点定位】动能 动量守恒定律

26.(2015·天津卷·T9(1))如图所示，在光滑水平面的左侧固定一竖直挡板，A 球在水平面上静止放置，B 球向左运动与 A 球发生正碰，B 球碰撞前、后的速率之比为 3:1,A 球垂直撞向挡板，碰后原速率返回，两球刚好不发生碰撞，AB 两球的质量之比为_____，AB 碰撞前、后两球总动能之比为_____。



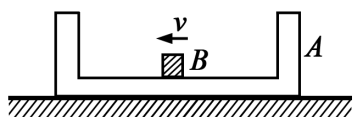
【答案】4:1；9:5

【解析】因两球刚好不发生碰撞，说明 AB 碰撞后速率大小相同，规定向左为正方向，由动量守恒定律可知 $m_B v_B = m_A v - m_B v$ ，而 $v_B:v=3:1$ ，解得 $m_A:m_B=4:1$

；碰撞前后总动能之比为 $E_1:E_2 = \frac{\frac{1}{2}m_B v_B^2}{\frac{1}{2}(m_A + m_B)v^2} = 9:5$ ；

【考点定位】动量守恒定律

27.(2016·天津卷)如图所示,方盒 A 静止在光滑的水平面上,盒内有一个小滑块 B,盒的质量是滑块质量的 2 倍,滑块与盒内水平面间的动摩擦因数为 μ 。若滑块以速度 v 开始向左运动,与盒的左右壁发生无机械能损失的碰撞,滑块在盒中来回运动多次,最终相对盒静止,则此时盒的速度大小为_____,滑块相对于盒运动的路程为_____。



【答案】 $\frac{v}{3}$ $\frac{v^2}{3\mu g}$

【解析】设滑块质量为 m , 则盒的质量为 $2m$; 对整个过程, 由动量守恒定律可得 $mv=3mv_{共}$, 解得 $v_{共}=\frac{v}{3}$, 由能量守恒定律可知 $\mu mgx=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}\cdot 3m\cdot(\frac{v}{3})^2$, 解得 $x=\frac{v^2}{3\mu g}$ 。

【考点定位】动量守恒定律、能量守恒定律

【名师点睛】此题是对动量守恒定律及能量守恒定律的考查; 关键是分析两个物体相互作用的物理过程, 选择好研究的初末状态, 根据动量守恒定律和能量守恒定律列出方程; 注意系统的动能损失等于摩擦力与相对路程的乘积。

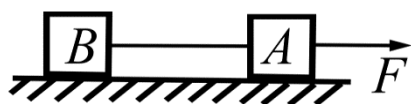
28.(2011·上海卷)光滑水平面上两小球 a、b 用不可伸长的松弛细绳相连. 开始时 a 球静止, b 球以一定速度运动直至绳被拉紧, 然后两球一起运动, 在此过程中两球的总动量_____(填“守恒”或“不守恒”); 机械能_____(填“守恒”或“不守恒”).

【答案】守恒，不守恒

【解析】两小球和细绳组成的系统合外力为零，所以动量守恒；细绳拉紧的过程是非弹性碰撞，动能不守恒，即机械能不守恒

【考点定位】机械能守恒

29.(2016·上海卷)如图，粗糙水平面上，两物体 A、B 以轻绳相连，在恒力 F 作用下做匀速运动。某时刻轻绳断开，在 F 牵引下继续前进，B 最后静止。则在 B 静止前，A 和 B 组成的系统动量_____ (选填：“守恒”或“不守恒”)。在 B 静止后，A 和 B 组成的系统动量_____。(选填：“守恒”或“不守恒”)



【答案】守恒；不守恒

【解析】轻绳断开前，A、B 做匀速运动，系统受到的拉力 F 和摩擦力平衡，合外力等于零，即 $F - f_A - f_B = 0$ ，所以系统动量守恒；当轻绳断开 B 静止之前，A、B 系统的受力情况不变，即 $F - f_A - f_B = 0$ ，所以系统的动量依然守恒；当 B 静止后，系统的受力情况发生改变，即 $F - f_A = m_A a$ ，系统合外力不等于零，系统动量不守恒。

【考点定位】动量守恒条件

【方法技巧】先通过匀速运动分析 A、B 整体的合外力，再分析轻绳断开后 A、B 整体的合外力，只要合外力为零，系统动量守恒，反之不守恒。

30.(2012·天津卷)质量为 0.2kg 的小球竖直向下以 6m/s 的速度落至水平地面, 再以 4m/s 的速度反向弹回, 取竖直向上为正方向, 则小球与地面碰撞前后的动量变化为_____kg·m/s。若小球与地面的作用时间为 0.2s, 则小球受到地面的平均作用力大小为_____N(取 $g=10\text{m/s}^2$)。

【答案】2；12

【解析】取竖直向上为正方向 $p=0.2\times 4-(-0.2\times 6)\text{kg}\cdot\text{m/s}=2\text{kg}\cdot\text{m/s}$ ；根据动量定理

$(F-mg)t=\Delta p$ 得, $F=\frac{\Delta p}{t}+mg=12\text{N}$ 。计算时要注意方向性。

【考点定位】本题考查动量变化, 动量定理及其相关知识

31.(2015·上海卷·T22A)两小孩在冰面上乘坐“碰碰车”相向运动。A 车总质量为 50kg, 以 2m/s 的速度向右运动；B 车总质量为 70kg, 以 3m/s 的速度向左运动；碰撞后, A 以 1.5m/s 的速度向左运动, 则 B 的速度大小为_____m/s, 方向向_____(选填“左”或“右”)

【答案】0.5；左

【解析】由动量守恒定律得：规定向右为正方向, $m_A v_A - m_B v_B = -m_A v'_A + m_B v'_B$,

解得： $v_B = -0.5\text{m/s}$, 所以 B 的速度大小是 0.5m/s, 方向向左。

【考点定位】动量守恒定律

32.(2012·上海卷)A、B 两物体在光滑水平地面上沿一直线相向而行, A 质量为 5kg, 速度大小为 10m/s, B 质量为 2kg, 速度大小为 5m/s, 它们的总动量大小为_____kg·m/s。两者碰撞后, A 沿原方向运动, 速度大小为 4m/s, 则 B 的速度大小为_____m/s。

【答案】40, 10

【解析】总动量 $P = P = M_A v_1 - M_B v_2 = 5 \times 10 - 2 \times 5 = 40 \text{ kgm/s}$;

碰撞过程中满足动量守恒, $M_A v_1 - M_B v_2 = M_A v'_1 + M_B v'_2$ 代入数据可得:

$$v_B = 10 \text{ m/s}。$$

【考点定位】本题考查动量守恒定律及其相关知识

33.(2017·江苏卷)甲、乙两运动员在做花样滑冰表演,沿同一直线相向运动,速度大小都是 1 m/s, 甲、乙相遇时用力推对方,此后都沿各自原方向的反方向运动,速度大小分别为 1 m/s 和 2 m/s.求甲、乙两运动员的质量之比.

【答案】3 : 2

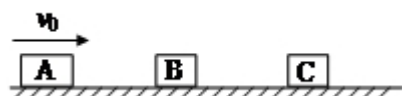
【解析】由动量守恒定律得 $m_1 v_1 - m_2 v_2 = m_2 v'_2 - m_1 v'_1$, 解得 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2 + v'_2}{v_1 + v'_1}$ 代入数据得

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{3}{2}$$

【考点定位】动量守恒定律

【名师点睛】考查动量守恒, 注意动量的矢量性, 比较简单.

34.(2012·山东卷·T38(2))光滑水平轨道上有三个木块 A、B、C, 质量分别为 $m_A = 3m$, $m_B = m_C = m$, 开始时 B、C 均静止, A 以初速度 v_0 向右运动, A 与 B 碰撞后分开, B 又与 C 发生碰撞并粘在一起, 此后 A 与 B 间的距离保持不变.求 B 与 C 碰撞前 B 的速度大小



【答案】 $\frac{6}{5}v_0$

(2) 设 AB 碰撞后，A 的速度为 v_A ，B 与 C 碰撞前 B 的速度为 v_B ，B 与 C 碰撞后粘在一起的速度为 v ，由动量守恒定律得

对 A、B 木块： $m_A v_0 = m_A v_A + m_B v_B$ ①

对 B、C 木块： $m_B v_B = (m_B + m_C)v$ ②

由 A 与 B 间的距离保持不变可知 $v_A = v$ ③

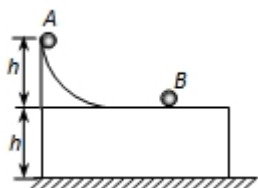
联立①②③式，代入数据得 $v_B = \frac{6}{5}v_0$ ④

【考点定位】本题考查动量守恒定律相关知识

35.(2012 天津卷)如图所示，水平地面上固定有高为 h 的平台，台面上有固定的光滑坡道，坡道顶端距台面高度也为 h ，坡道底端与台面相切。小球 A 从坡道顶端由静止开始滑下，到达水平光滑的台面与静止在台面上的小球 B 发生碰撞，并粘连在一起，共同沿台面滑行并从台面边缘飞出，落地点与飞出点的水平距离恰好为台高的一半，两球均可视为质点，忽略空气阻力，重力加速度为 g 。求：

(1) 小球 A 刚滑至水平台面的速度 v_A ；

(2) A、B 两球的质量之比 $m_A : m_B$ 。



【答案】(1) $v_A = \sqrt{2gh}$ ；(2) $m_A : m_B = 1:3$

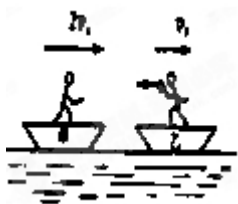
【解析】(1)小球 A 下滑过程中,由动能定理可得: $m_A gh = \frac{1}{2} m_A v_A^2 - 0$, 解得: $v_A = \sqrt{2gh}$;

(2)A、B 两球碰撞时动量守恒, 由动量守恒定律可得: $m_A v_A = (m_A + m_B) v$, 离开平台后, 两球做平抛运动, 水平方向: $\frac{h}{2} = vt$, 竖直方向: $h = \frac{1}{2} gt^2$,

解得: $m_A : m_B = 1:3$;

【考点定位】本题考查动量、能量守恒及其相关知识

36.(2011·山东卷)如图所示, 甲、乙两船的总质量(包括船、人和货物)分别为 $10m$ 、 $12m$, 两船沿同一直线同一方向运动, 速度分别为 $2v_0$ 、 v_0 。为避免两船相撞, 乙船上的人将一质量为 m 的货物沿水平方向抛向甲船, 甲船上的人将货物接住, 求抛出货物的最小速度。(不计水的阻力)



【答案】 $4v_0$

【解析】设抛出货物的速度为 v , 由动量守恒定律得:

乙船与货物: $12mv_0 = 11mv_1 - mv$, 甲船与货物: $10m \times 2v_0 - mv = 11mv_2$,

两船不相撞的条件是: $v_2 \leq v_1$, 解得: $v \geq 4v_0$;

【考点定位】动量守恒定律。

37.(2014·江苏卷)牛顿的《自然哲学的数学原理》中记载, A、B 两个玻璃球相碰, 碰撞后的分离速度和它们碰撞前的接近速度之比总是约为 $15:16$ 。分离速度是

指碰撞后 B 对 A 的速度，接近速度是指碰撞前 A 对 B 的速度。若上述过程是质量为 $2m$ 的玻璃球 A 以速度 v_0 碰撞质量为 m 的静止玻璃球 B，且为对心碰撞，求碰撞后 A、B 的速度大小。

【答案】 $v_1 = \frac{17}{48}v_0$ ， $v_2 = \frac{31}{24}v_0$

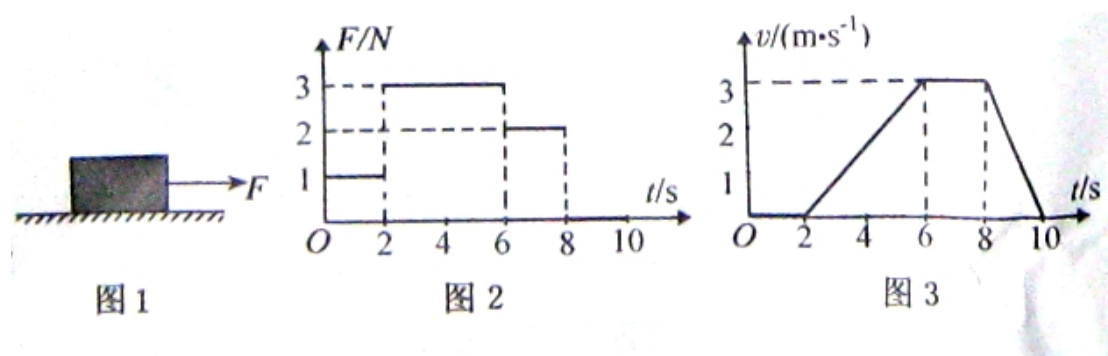
【解析】设碰撞后两球的速度分别为 v_1 和 v_2 ，根据动量守恒定律有： $2mv_0 = 2mv_1 + mv_2$

根据题意有： $\frac{v_2 - v_1}{v_0} = \frac{15}{16}$

联立以上两式解得： $v_1 = \frac{17}{48}v_0$ ， $v_2 = \frac{31}{24}v_0$

【考点定位】本题主要考查了动量守恒定律的应用问题，属于中档偏低题。

38.(2013·安徽卷·T22)一物体放在水平地面上，如图 1 所示，已知物体所受水平拉力 F 随时间 t 的变化情况如图 2 所示，物体相应的速度 v 随时间 t 的变化关系如图 3 所示。求：



(1)0~8s 时间内拉力的冲量；

(2)0~6s 时间内物体的位移；

(3)0~10s 时间内，物体克服摩擦力所做的功。

【答案】(1)18 N·s (2)6m (3)30J

【解析】(1)根据冲量的定义 $I = Ft$ ，可知 $F-t$ 图象与坐标轴围成图形的面积表示冲量，

所以 0~8s 时间内拉力的冲量 $I = F_1 \Delta t_1 + F_2 \Delta t_2 + F_3 \Delta t_3 = 18 \text{ N} \cdot \text{s}$

(2)根据 $v-t$ 图象的“面积”求位移，0~6s 时间内物体的位移为

$$x = \frac{1}{2} \times (6-2) \times 3 = 6 \text{ m}$$

(3)根据题图 3 可知，物体在 6~8s 内做匀速运动，于是有 $f = 2 \text{ N}$

根据题图 3，物体在 0~10s 时间内的位移为 $s = \frac{1}{2} \times (2+8) \times 3 = 15 \text{ m}$

所以 $W = fs = 2 \text{ N} \times 15 \text{ m} = 30 \text{ J}$ 。

【考点定位】 $F-t$ 图象和 $v-t$ 图象的“面积”的意义，冲量、功的概念。

39.(2013·海南卷·T17(2))如图所示，光滑水平面上有三个物块 A、B 和 C，它们具有相同的质量，且位于同一直线上。开始时，三个物块均静止，先让 A 以一定速度与 B 碰撞，碰后它们粘在一起，然后又一起与 C 碰撞并粘在一起，求前后两次碰撞中损失的动能之比。



【答案】3

【解析】设三个物块的质量均为 m ；A 与 B 碰撞前 A 的速度为 v ，碰撞后共同速度为 v_1 ；A、B 与 C 碰撞后的共同速度为 v_2 。由动量守恒定律得 $mv = 2mv_1$

$$2mv_1 = 3mv_2$$

设第一次碰撞中动能的损失为 ΔE_1 ，设第二次碰撞中动能的损失为 ΔE_2 ，由能量守恒定律得

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 2mv_1^2 + \Delta E_1 \quad \frac{1}{2} \cdot 2mv_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 3mv_2^2 + \Delta E_2$$

联立以上各式，解得 $\frac{\Delta E_1}{\Delta E_2} = 3$

【考点定位】考查动量守恒和能量守恒定律。

40.(2012·海南卷)(2014·全国大纲卷)冰球运动员甲的质量为 80.0kg。当他以 5.0m/s 的速度向前运动时，与另一质量为 100kg、速度为 3.0m/s 的迎面而来的运动员乙相撞。碰后甲恰好静止。假设碰撞时间极短，求：

(1)碰后乙的速度的大小；

(2)碰撞中总机械能的损失。

【答案】(1)1.0m/s；(2)1400J

【解析】(1)设运动员甲、乙的质量分别为 m 、 M ，碰前速度大小分别为 v_1 、 v_2 ，碰后乙的速度大小为 v'_2 ，由动量守恒定律有： $mv_1 - Mv_2 = Mv'_2$

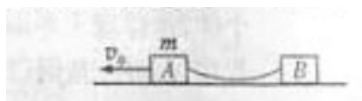
解得： $v'_2 = \frac{m}{M}v_1 - v_2 = 1.0\text{m/s}$

(2)根据能量守恒定律可知，碰撞中总机械能的损失为： $\Delta E = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2 - \frac{1}{2}Mv'^2_2$

代入数据解得： $\Delta E = 1400\text{J}$

【考点定位】本题主要考查了动量守恒定律和能量守恒定律的应用问题，属于中档题。

41.(2014·山东卷)如图，光滑水平直轨道上两滑块 A、B 用橡皮筋连接，A 的质量为 m ，，开始时橡皮筋松弛，B 静止，给 A 向左的初速度 v_0 ，一段时间后，B 与 A 同向运动发生碰撞并粘在一起，碰撞后的共同速度是碰撞前瞬间 A 的速度的两倍，也是碰撞前瞬间 B 的速度的一半。求：



(i) B 的质量；

(ii) 碰撞过程中 A、B 系统机械能的损失。

【答案】(i) $m_B = 2m$ ； (ii) $\Delta E = \frac{1}{6}mv_0^2$

【解析】(i) 以初速度 v_0 的方向为正方向，设 B 的质量为 m_B ，A、B 碰撞后共同速度为 v ，由题意知；碰撞前瞬间 A 的速度为 $\frac{v}{2}$ ，碰撞前瞬间，B 的速度为 $2v$ ，由动量守恒定律得

$$\text{则：} m \frac{v}{2} + 2m_B v = (m + m_B)v \quad \text{①}$$

$$\text{由①式得 } m_B = 2m \quad \text{②}$$

(ii) 从开始到碰后的全过程，由动量守恒定律得 $mv_0 = (m + m_B)v$

③

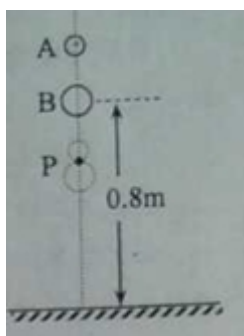
设碰撞过程 A、B 系统机械能的损失为 ΔE ，则 $\Delta E = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(m+m_B)v^2$

④

联立②③④式得 $\Delta E = \frac{1}{6}mv_0^2$ ⑤

【考点定位】动量守恒定律，能量守恒定律

42.(2014·新课标全国卷 I)如图，质量分别为 m_A 、 m_B 的两个小球 A、B 静止在地面上方，B 球距地面的高度 $h=0.8\text{m}$ ，A 球在 B 球的正上方。先将 B 球释放，经过一段时间后再将 A 球释放。当 A 球下落 $t=0.3\text{s}$ 时，刚好与 B 球在地面上方的 P 点处相碰，碰撞时间极短，碰后瞬间 A 球的速度恰为零。已知 $m_B = 3m_A$ ，重力加速度大小为 $g = 10\text{m/s}^2$ ，忽略空气阻力及碰撞中的动能损失。



(i) B 球第一次到达地面时的速度；

(ii) P 点距离地面的高度。

【答案】 $v_B = 4\text{m/s}$ $h_P = 0.75\text{m}$

【解析】(i) B 球在地面上方静止释放后只有重力做功，根据动能定理有

$$m_B gh = \frac{1}{2}m_B v_B^2$$

可得 B 球第一次到达地面时的速度 $v_B = \sqrt{2gh} = 4\text{m/s}$

(ii) A 球下落过程，根据自由落体运动可得 A 球的速度 $v_A = gt = 3\text{m/s}$

设 B 球的速度为 v_B' ，则有碰撞过程动量守恒 $m_A v_A + m_B v_B' = m_B v_B''$

碰撞过程没有动能损失则有 $\frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B'^2 = \frac{1}{2} m_B v_B''^2$

解得 $v_B' = 1 \text{ m/s}$ ， $v_B'' = 2 \text{ m/s}$

小球 B 与地面碰撞后根据没有动能损失所以 B 离开地面上抛时速度

$$v_0 = v_B = 4 \text{ m/s}$$

所以 P 点的高度 $h_p = \frac{v_0^2 - v_B'^2}{2g} = 0.75 \text{ m}$

【考点定位】动量守恒定律 能量守恒

43.(2015·山东卷·T39(2))如图，三个质量相同的滑块 A、B、C，间隔相等地静置于同一水平轨道上。现给滑块 A 向右的初速度 v_0 ，一段时间后 A 与 B 发生碰撞，碰后 AB 分别以 $\frac{1}{8}v_0$ 、 $\frac{3}{4}v_0$ 的速度向右运动，B 再与 C 发生碰撞，碰后 B、C 粘在一起向右运动。滑块 A、B 与轨道间的动摩擦因数为同一恒定值。两次碰撞时间极短。求 B、C 碰后瞬间共同速度的大小。



【答案】 $v = \frac{\sqrt{21}}{16} v_0$

【解析】设滑块质量都是 m ，A 与 B 碰撞前的速度为 v_A ，选择 A 运动的方向为正方向，

碰撞的过程中满足动量守恒定律，得： $mv_A = mv_A' + mv_B'$

设碰撞前 A 克服轨道的阻力做的功为 W_A ，由动能定理得： $W_A = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$

设 B 与 C 碰撞前的速度为 v_B'' ，碰撞前 B 克服轨道的阻力做的功为 W_B ，

$$W_B = \frac{1}{2}mv_B'^2 - \frac{1}{2}mv_B''^2$$

由于质量相同的滑块 A、B、C，间隔相等地静置于同一水平直轨道上，滑块 A、B 与轨道间的动摩擦因数为同一恒定值，所以： $W_B=W_A$

设 B 与 C 碰撞后的共同速度为 v ，由动量守恒定律得： $mv_B''=2mv$

联立以上各表达式，代入数据解得： $v = \frac{\sqrt{21}}{16}v_0$ 。

【考点定位】动量守恒定律；动能定理。

44.(2015·海南卷·T17(2))运动的原子核 ${}^4_2\text{X}$ 放出 α 粒子后变成静止的原子核 Y。已知 X、Y 和 α 粒子的质量分别是 M 、 m_1 和 m_2 ，真空中的光速为 c ， α 粒子的速度远小于光速。求反应后与反应前的总动能之差以及 α 粒子的动能。

【答案】 $\Delta E_k = (M - m_1 - m_2)c^2$ ， $\frac{M}{M - m_2}(M - m_1 - m_2)c^2$

【解析】反应后由于存在质量亏损，所以反应前后总动能之差等于质量亏损而释放出的能量，

故根据爱因斯坦质能方程可得 $\frac{1}{2}m_2v_\alpha^2 - \frac{1}{2}Mv_X^2 = (M - m_1 - m_2)c^2$ ①

反应过程中三个粒子组成的系统动量守恒，故有 $Mv_X = m_2v_\alpha$ ，②

联立①②可得 $\frac{1}{2}m_2v_\alpha^2 = \frac{M}{M - m_2}(M - m_1 - m_2)c^2$

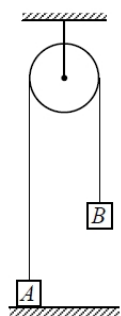
【考点定位】质能方程，动量守恒定律

45.(2017·天津卷)如图所示,物块 A 和 B 通过一根轻质不可伸长的细绳连接,跨放在质量不计的光滑定滑轮两侧,质量分别为 $m_A=2\text{ kg}$ 、 $m_B=1\text{ kg}$ 。初始时 A 静止于水平地面上, B 悬于空中。先将 B 竖直向上再举高 $h=1.8\text{ m}$ (未触及滑轮)然后由静止释放。一段时间后细绳绷直, A、B 以大小相等的速度一起运动,之后 B 恰好可以和地面接触。取 $g=10\text{ m/s}^2$ 。空气阻力不计。求:

(1) B 从释放到细绳刚绷直时的运动时间 t ;

(2) A 的最大速度 v 的大小;

(3) 初始时 B 离地面的高度 H 。



【答案】(1) $t = 0.6\text{ s}$ (2) $v = 2\text{ m/s}$ (3) $H = 0.6\text{ m}$

【解析】

试题分析: (1) B 从释放到细绳刚绷直前做自由落体运动, 有: $h = \frac{1}{2}gt^2$

解得: $t = 0.6\text{ s}$

(2) 设细绳绷直前瞬间 B 速度大小为 v_B , 有 $v_0 = gt = 6\text{ m/s}$

细绳绷直瞬间, 细绳张力远大于 A、B 的重力, A、B 相互作用, 总动量守恒:

$$m_B v_0 = (m_A + m_B)v$$

绳子绷直瞬间， A 、 B 系统获得的速度： $v = 2 \text{ m/s}$

之后 A 做匀减速运动，所以细绳绷直瞬间的速度 v 即为最大速度， A 的最大速度为 2 m/s 。

(3) 细绳绷直后， A 、 B 一起运动， B 恰好可以和地面接触，说明此时 A 、 B 的速度为零，这一过程中 A 、 B 组成的系统机械能守恒，有：

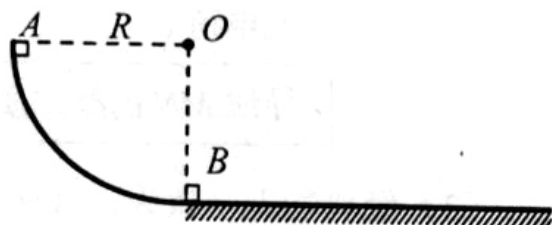
$$\frac{1}{2}(m_A + m_B)v^2 + m_B gH = m_A gH$$

解得，初始时 B 离地面的高度 $H = 0.6 \text{ m}$

【考点定位】自由落体运动，动量守恒定律，机械能守恒定律

【名师点睛】本题的难点是绳子绷紧瞬间的物理规律——是两物体的动量守恒，而不是机械能守恒。

46.(2014·北京卷)如图所示，竖直平面内的四分之一圆弧轨道下端与水平桌面相切，小滑块 A 和 B 分别静止在圆弧轨道的最高点和最低点。现将 A 无初速度释放， A 与 B 碰撞后结合为一个整体，并沿桌面滑动。已知圆弧轨道光滑，半径 $R=0.2\text{m}$ ， A 与 B 的质量相等， A 与 B 整体与桌面之间的动摩擦因数 $\mu=0.2$ 。取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ ，求：



(1) 碰撞前瞬间 A 的速率 v_0 。

(2)碰撞后瞬间 A 与 B 整体的速度。

(3)A 与 B 整体在桌面上滑动的距离 L。

【答案】(1)2m/s (2)1m/s (3)0.25m

【解析】(1)对 A 从圆弧最高点到最低点的过程应用机械能守恒定律有：

$$\frac{1}{2}m_A v_A^2 = m_A g R$$

可得 $v = 2\text{m/s}$

(2)A 在圆弧轨道底部和 B 相撞，满足动量守恒，有： $(m_A + m_B)v' = m_A v$ ，可得

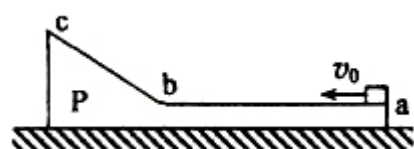
$$v' = 1\text{m/s}$$

(3)对 AB 一起滑动过程，由动能定理得： $\mu(m_A + m_B)gL = \frac{1}{2}(m_A + m_B)v'^2$ ，可得

$$L = 0.25\text{m}$$

【考点定位】对动能定理和机械能守恒定律的考查

47.(2011·海南卷)一质量为 $2m$ 的物体 P 静止于光滑水平地面上，其截面如图所示。图中 ab 为粗糙的水平面，长度为 L ；bc 为一光滑斜面，斜面和水平面通过与 ab 和 bc 均相切的长度可忽略的光滑圆弧连接。现有一质量为 m 的木块以大小为 v_0 的水平初速度从 a 点向左运动，在斜面上上升的最大高度为 h ，返回后在到达 a 点前与物体 P 相对静止。重力加速度为 g 。求



(i)木块在 ab 段受到的摩擦力 f ；

(ii)木块最后距 a 点的距离 s_0 。

【答案】(i) $f = \frac{\frac{1}{3}mv_0^2 - mgh}{L}$ (ii) $\frac{3gh}{v_0^2 - 3gh}$

【解析】对 P 和木块系统，从开始到木开上升到最高点的运动过程中：由水平方向

的动量守恒得： $mv_0 = 3mv$

由能量守恒得： $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 3mv^2 + mgh + fL$

解得 $f = \frac{\frac{1}{3}mv_0^2 - mgh}{L}$

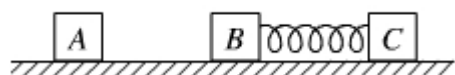
由能量守恒得： $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}3mv^2 + fs_{\text{总}}$

解得 $s_{\text{总}} = \frac{mv_0^2}{3f} = \frac{v_0^2}{v_0^2 - 3gh}L$

木块最后距 a 点的距离 $s = s_{\text{总}} - L = \frac{v_0^2}{v_0^2 - 3gh}L - L = \frac{3gh}{v_0^2 - 3gh}$

【考点定位】动量守恒定律，能量守恒定律

48.(2011·辽宁卷)如图，ABC 三个木块的质量均为 m_0 。置于光滑的水平面上，BC 之间有一轻质弹簧，弹簧的两端与木块接触可不固连，将弹簧压紧到不能再压缩时用细线把 BC 紧连，是弹簧不能伸展，以至于 BC 可视为一个整体，现 A 以初速 v_0 沿 BC 的连线方向朝 B 运动，与 B 相碰并粘合在一起，以后细线突然断开，弹簧伸展，从而使 C 与 A，B 分离，已知 C 离开弹簧后的速度恰为 v_0 ，求弹簧释放的势能。



【答案】 $E_p = \frac{1}{3}mv_0^2$

【解析】设碰后 A、B 和 C 的共同速度的大小为 v ，由动量守恒定律得： $mv_0 = 3mv$

，

设 C 离开弹簧时，A、B 的速度大小为 v_1 ，由动量守恒得 $3mv = 2mv_1 + mv_0$ ，解得

： $v_1 = 0$ ；

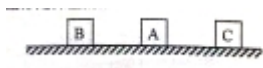
(2)设弹簧的弹性势能为 E_p ，从细线断开到 C 与弹簧分开的过程中机械能守恒，

有

$$\frac{1}{2}(3m)v^2 + E_p = \frac{1}{2}(2m)v_1^2 + \frac{1}{2}mv_0^2, \text{ 解得: } E_p = \frac{1}{3}mv_0^2;$$

【考点定位】动量守恒定律，能量守恒定律。

49.(2015·全国新课标 I 卷·T35(2))如图，在足够长的光滑水平面上，物体 A、B、C 位于同一直线上，A 位于 B、C 之间。A 的质量为 m ，B、C 的质量都为 M ，三者都处于静止状态，现使 A 以某一速度向右运动，求 m 和 M 之间满足什么条件才能使 A 只与 B、C 各发生一次碰撞。设物体间的碰撞都是弹性的。



【答案】 $m \geq (\sqrt{5} - 2)M$

【解析】设 A 运动的初速度为 v

A 向右运动与 C 发生碰撞，根据弹性碰撞可得 $mv = mv_1 + Mv_2$ ；

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$$

可得 $v_1 = \frac{m-M}{m+M}v$ $v_2 = \frac{2m}{m+M}v$

要使得 A 与 B 发生碰撞，需要满足 $v_1 < 0$ ，即 $m < M$

A 反向向左运动与 B 发生碰撞过程，弹性碰撞 $mv_1 = mv_3 + Mv_4$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_3^2 + \frac{1}{2}Mv_4^2$$

整理可得： $v_3 = \frac{m-M}{m+M}v_1$ $v_4 = \frac{2m}{m+M}v_1$

由于 $m < M$ ，所以 A 还会向右运动，根据要求不发生第二次碰撞，需要满足 $v_3 < v_2$

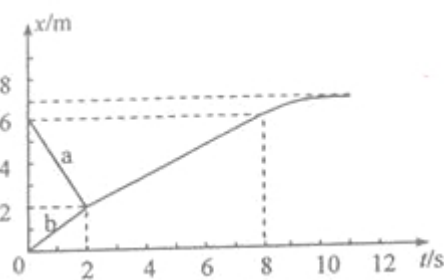
即 $v_2 = \frac{2m}{m+M}v > \frac{M-m}{m+M}v_1 = \left(\frac{m-M}{m+M}\right)^2 v$

整理可得 $m^2 + 4Mm > M^2$

解方程可得 $m \geq (\sqrt{5}-2)M$

【考点定位】弹性碰撞

50.(2015·全国新课标 II 卷·T35(2))滑块 a、b 沿水平面上同一条直线发生碰撞；碰撞后两者粘在一起运动；经过一段时间后，从光滑路段进入粗糙路段。两者的位置 x 随时间 t 变化的图像如图所示。求：



(i) 滑块 a、b 的质量之比；

(ii) 整个运动过程中，两滑块克服摩擦力做的功与因碰撞而损失的机械能之比。

【答案】(1) $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{8}$; (2) $\frac{W}{\Delta E} = \frac{1}{2}$

【解析】

(1) 设 a、b 质量分别为 m_1 、 m_2 ，a、b 碰撞前的速度为 v_1 、 v_2 。由题给图像得

$$v_1 = -2\text{m/s}, v_2 = 1\text{m/s}$$

a、b 发生完全非弹性碰撞，碰撞后两滑块的共同速度为 v ，由题给图像可得

$$v = \frac{2}{3}\text{m/s}$$

由动量守恒定律得： $m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v$ ，解得 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{8}$

(2) 由能量守恒得。两滑块因碰撞而损失的机械能为

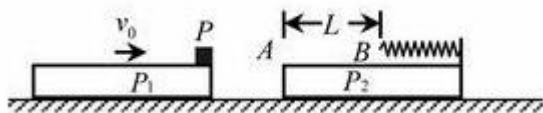
$$\Delta E = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 - \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2$$

由图像可知，两滑块最后停止运动，

由动能定理得，两滑块克服摩擦力所做的功为 $W = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2$ ，解得 $\frac{W}{\Delta E} = \frac{1}{2}$

【考点定位】动量守恒定律；能量守恒定律

51.(2013·广东卷·T35)如图所示，两块相同平板 P_1 、 P_2 置于光滑水平面上，质量均为 m 。 P_2 的右端固定一轻质弹簧，左端 A 与弹簧的自由端 B 相距 L 。物体 P 置于 P_1 的最右端，质量为 $2m$ 且可以看作质点。 P_1 与 P 以共同速度 v_0 向右运动，与静止的 P_2 发生碰撞，碰撞时间极短，碰撞后 P_1 与 P_2 粘连在一起，P 压缩弹簧后被弹回并停在 A 点(弹簧始终在弹性限度内)。P 与 P_2 之间的动摩擦因数为 μ ，求：



(1) P_1 、 P_2 刚碰完时的共同速度 v_1 和 P 的最终速度 v_2 ；

(2) 此过程中弹簧最大压缩量 x 和相应的弹性势能 E_p 。

【答案】(1) $v_1 = \frac{v_0}{2}$, $v_2 = \frac{3v_0}{4}$ (2) $x = \frac{v_0^2}{32\mu g} - L$, $E_p = \frac{mv_0^2}{16}$

【解析】(1) P_1 、 P_2 碰撞过程，动量守恒， $mv_0 = 2mv_1$ ，解得 $v_1 = \frac{v_0}{2}$ 。

对 P_1 、 P_2 、 P 组成的系统，由动量守恒定律， $(m + 2m)v_0 = 4mv_2$ ，解得 $v_2 = \frac{3v_0}{4}$

(2) 当弹簧压缩最大时， P_1 、 P_2 、 P 三者具有共同速度 v_2 ，对 P_1 、 P_2 、 P 组成的系统，

从 P_1 、 P_2 碰撞结束到 P 压缩弹簧后被弹回并停在 A 点，用能量守恒定律

$$\frac{1}{2} \times 2mv_1^2 + \frac{1}{2} \times 2mv_0^2 = \frac{1}{2}(m + 2m + m)v_2^2 + u(2mg)2(L + x)$$

解得 $x = \frac{v_0^2}{32\mu g} - L$

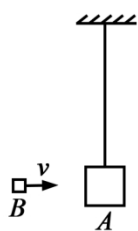
对 P_1 、 P_2 、 P 系统从 P_1 、 P_2 碰撞结束到弹簧压缩量最大，用能量守恒定律

$$\frac{1}{2} 2mv_1^2 + \frac{1}{2} 2mv_0^2 = \frac{1}{2}(m + 2m + m)v_2^2 + u(2mg)(L + x) + E_p$$

最大弹性势能 $E_p = \frac{mv_0^2}{16}$

【考点定位】碰撞模型、动量守恒定律、能量守恒定律、弹性势能、摩擦生热。

52.(2016·海南卷)如图,物块 A 通过一不可伸长的轻绳悬挂在天花板下,初始时静止;从发射器(图中未画出)射出的物块 B 沿水平方向与 A 相撞,碰撞后两者粘连在一起运动;碰撞前 B 的速度的大小 v 及碰撞后 A 和 B 一起上升的高度 h 均可由传感器(图中未画出)测得。某同学以 h 为纵坐标, v^2 为横坐标,利用实验数据作直线拟合,求得该直线的斜率为 $k=1.92 \times 10^{-3} \text{ s}^2/\text{m}$ 。已知物块 A 和 B 的质量分别为 $m_A=0.400 \text{ kg}$ 和 $m_B=0.100 \text{ kg}$,重力加速度大小 $g=9.80 \text{ m/s}^2$ 。



(i)若碰撞时间极短且忽略空气阻力,求 $h-v^2$ 直线斜率的理论值 k_0 ;

(ii)求 k 值的相对误差 $\delta(\delta=\frac{|k-k_0|}{k_0} \times 100\%)$,结果保留 1 位有效数字)。

【答案】(i) $2.04 \times 10^{-3} \text{ s}^2/\text{m}$ (ii)6%

【解析】(i)设物块 A 和 B 碰撞后共同运动的速度为 v' ,由动量守恒定律有

$$m_B v = (m_A + m_B) v' \quad ①$$

在碰后 A 和 B 共同上升的过程中,由机械能守恒定律有

$$\frac{1}{2} (m_A + m_B) v'^2 = (m_A + m_B) g h \quad ②$$

$$\text{联立①②式得 } h = \frac{m_B^2}{2g(m_A + m_B)^2} v^2 \quad ③$$

$$\text{由题意得 } k_0 = \frac{m_B^2}{2g(m_A + m_B)^2} \quad ④$$

代入题给数据得 $k_0=2.04\times 10^{-3}\text{ s}^2/\text{m}$ ⑤

(ii)按照定义 $\delta=\frac{|k-k_0|}{k_0}\times 100\%$ ⑥

由⑤⑥式和题给条件得 $\delta=6\%$ ⑦

【考点定位】动量守恒定律、机械能守恒定律

【名师点睛】本题考查动量守恒定律的应用，要注意正确选择研究对象，并分析系统是否满足动量守恒以及机械能守恒，然后才能列式求解。

53.(2016·全国新课标 I 卷)(10 分)某游乐园入口旁有一喷泉，喷出的水柱将一质量为 M 的卡通玩具稳定地悬停在空中。为计算方便起见，假设水柱从横截面积为 S 的喷口持续以速度 v_0 竖直向上喷出；玩具底部为平板(面积略大于 S)；水柱冲击到玩具底板后，在竖直方向水的速度变为零，在水平方向朝四周均匀散开。忽略空气阻力。已知水的密度为 ρ ，重力加速度大小为 g 。求

(i)喷泉单位时间内喷出的水的质量；

(ii)玩具在空中悬停时，其底面相对于喷口的高度。

【答案】(i) $\rho v_0 S$ (ii) $\frac{v_0^2}{2g} - \frac{M^2 g}{2\rho^2 v_0^2 S^2}$

【解析】(i)设 Δt 时间内，从喷口喷出的水的体积为 ΔV ，质量为 Δm ，则

$$\Delta m = \rho \Delta V \quad ①$$

$$\Delta V = v_0 S \Delta t \quad ②$$

由①②式得，单位时间内从喷口喷出的水的质量为 $\frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho v_0 S$ ③

(ii)设玩具悬停时其底面相对于喷口的高度为 h ，水从喷口喷出后到达玩具底面时的速度大小为 v 。对于 Δt 时间内喷出的水，有能量守恒得

$$\frac{1}{2}(\Delta m)v^2 + (\Delta m)gh = \frac{1}{2}(\Delta m)v_0^2 \quad ④$$

在 h 高度处， Δt 时间内喷射到玩具底面的水沿竖直方向的动量变化量的大小为

$$\Delta p = (\Delta m)v \quad ⑤$$

设水对玩具的作用力的大小为 F ，根据动量定理有 $F\Delta t = \Delta p$ ⑥

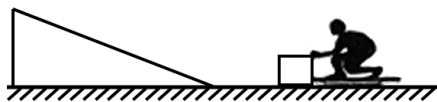
由于玩具在空中悬停，由力的平衡条件得 $F = Mg$ ⑦

$$\text{联立③④⑤⑥⑦式得 } h = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{M^2 g}{2\rho^2 v_0^2 S^2} \quad ⑧$$

【考点定位】动量定理、机械能守恒定

【名师点睛】本题考查了动量定理的应用，要知道玩具在空中悬停时，受力平衡，合力为零，也就是水对玩具的冲力等于玩具的重力。本题的难点是求水对玩具的冲力，而求这个冲力的关键是单位时间内水的质量，注意空中的水柱并非圆柱体，要根据流量等于初速度乘以时间后再乘以喷泉出口的面积 S 求出流量，最后根据 $m = \rho V$ 求质量。

54.(2016·全国新课标 II 卷)(10 分)如图，光滑冰面上静止放置一表面光滑的斜面体，斜面体右侧一蹲在滑板上的小孩和其面前的冰块均静止于冰面上。某时刻小孩将冰块以相对冰面 3 m/s 的速度向斜面体推出，冰块平滑地滑上斜面体，在斜面体上上升的最大高度为 $h = 0.3 \text{ m}$ (h 小于斜面体的高度)。已知小孩与滑板的总质量为 $m_1 = 30 \text{ kg}$ ，冰块的质量为 $m_2 = 10 \text{ kg}$ ，小孩与滑板始终无相对运动。取重力加速度的大小 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。



(i)求斜面体的质量；

(ii)通过计算判断，冰块与斜面体分离后能否追上小孩？

【答案】(i)20 kg (ii)不能

【解析】(i)规定向右为速度正方向。冰块在斜面体上运动到最大高度时两者达到共同速度，设此共同速度为 v ，斜面体的质量为 m_3 。由水平方向动量守恒和机械能守恒定律得

$$m_2 v_{20} = (m_2 + m_3) v \quad ①$$

$$\frac{1}{2} m_2 v_{20}^2 = \frac{1}{2} (m_2 + m_3) v^2 + m_2 g h \quad ②$$

式中 $v_{20} = -3 \text{ m/s}$ 为冰块推出时的速度。联立①②式并代入题给数据得 $m_3 = 20 \text{ kg}$ ③

(ii)设小孩推出冰块后的速度为 v_1 ，由动量守恒定律有 $m_1 v_1 + m_2 v_{20} = 0$ ④

代入数据得 $v_1 = 1 \text{ m/s}$ ⑤

设冰块与斜面体分离后的速度分别为 v_2 和 v_3 ，由动量守恒和机械能守恒定律有

$$m_2 v_{20} = m_2 v_2 + m_3 v_3 \quad ⑥$$

$$\frac{1}{2} m_2 v_{20}^2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \frac{1}{2} m_3 v_3^2 \quad ⑦$$

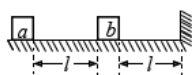
联立③⑥⑦式并代入数据得 $v_2 = 1 \text{ m/s}$ ⑧

由于冰块与斜面体分离后的速度与小孩推出冰块后的速度相同且处在后方，故冰块不能追上小孩。

【考点定位】动量守恒定律、机械能守恒定律

【名师点睛】此题是动量守恒定律及机械能守恒定律的综合应用问题；解题关键是要知道动量守恒的条件及两物体相互作用时满足的能量关系，列方程即可；注意动量守恒定律的矢量性，知道符号的含义；此题难度中等，意在考查考生灵活运用物理知识解决问题的能力。

55.(2016·全国新课标III卷)如图，水平地面上有两个静止的小物块 a 和 b，其连线与墙垂直；a 和 b 相距 l ；b 与墙之间也相距 l ；a 的质量为 m ，b 的质量为 $\frac{3}{4}m$ 。两物块与地面间的动摩擦因数均相同，现使 a 以初速度 v_0 向右滑动。此后 a 与 b 发生弹性碰撞，但 b 没有与墙发生碰撞，重力加速度大小为 g ，求物块与地面间的动摩擦因数满足的条件。



【答案】 $\frac{v_0^2}{2gl} \geq \mu \geq \frac{32v_0^2}{113gl}$

【解析】

试题分析：设物块与地面间的动摩擦因数为 μ ，若要物块 a、b 能够发生碰撞，

应有 $\frac{1}{2}mv_0^2 > \mu mgl$ 即 $\mu < \frac{v_0^2}{2gl}$

设在 a、b 发生弹性碰撞前的瞬间，a 的速度大小为 v_1 ，由能量守恒可得

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \mu mgl$$

设在 a 、 b 碰撞后的瞬间， a 、 b 的速度大小分别为 v_1' 、 v_2' ，

根据动量守恒和能量守恒可得 $mv_1 = mv_1' + \frac{3}{4}mv_2'$ ， $\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_1'^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4}mv_2'^2$

联立可得 $v_2' = \frac{8}{7}v_1$

根据题意， b 没有与墙发生碰撞，根据功能关系可知， $\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4}mv_2'^2 \leq \mu \cdot \frac{3m}{4}gl$

故有 $\mu \geq \frac{32v_0^2}{113gl}$ ，

综上所述， a 与 b 发生碰撞，但 b 没有与墙发生碰撞的条件是 $\frac{v_0^2}{2gl} \geq \mu \geq \frac{32v_0^2}{113gl}$

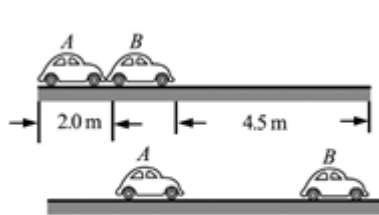
【考点定位】考查了动量守恒定律、能量守恒定律的应用

【方法技巧】该题要按时间顺序分析物体的运动过程，知道弹性碰撞过程遵守动量守恒和能量守恒，要结合几何关系分析 b 与墙不相撞的条件。

56.(2018·全国 II 卷)汽车 A 在水平冰雪路面上行驶，驾驶员发现其正前方停有汽车 B，立即采取制动措施，但仍然撞上了汽车 B。两车碰撞时和两车都完全停止后的位置如图所示，碰撞后 B 车向前滑动了 4.5 m，A 车向前滑动了 2.0 m，已知 A 和 B 的质量分别为 $2.0 \times 10^3 \text{ kg}$ 和 $1.5 \times 10^3 \text{ kg}$ ，两车与该冰雪路面间的动摩擦因数均为 0.10，两车碰撞时间极短，在碰撞后车轮均没有滚动，重力加速度大小 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。求

(1)碰撞后的瞬间 B 车速度的大小；

(2)碰撞前的瞬间 A 车速度的大小。



【答案】(1) $v_B' = 3.0 \text{ m/s}$ (2) $v_A = 4.3 \text{ m/s}$

【解析】试题分析：两车碰撞过程动量守恒，碰后两车在摩擦力的作用下做匀减速运动，利用运动学公式可以求得碰后的速度，然后在计算碰前 A 车的速度。

(1) 设 B 车质量为 m_B ，碰后加速度大小为 a_B ，根据牛顿第二定律有

$$\mu m_B g = m_B a_B \quad (1)$$

式中 μ 是汽车与路面间的动摩擦因数。

设碰撞后瞬间 B 车速度的大小为 v_B' ，碰撞后滑行的距离为 s_B 。由运动学公式有

$$v_B'^2 = 2a_B s_B \quad (2)$$

联立①②式并利用题给数据得

$$v_B' = 3.0 \text{ m/s} \quad (3)$$

(2) 设 A 车的质量为 m_A ，碰后加速度大小为 a_A 。根据牛顿第二定律有

$$\mu m_A g = m_A a_A \quad (4)$$

设碰撞后瞬间 A 车速度的大小为 v_A' ，碰撞后滑行的距离为 s_A 。由运动学公式有

$$v_A'^2 = 2a_A s_A \quad (5)$$

设碰撞后瞬间 A 车速度的大小为 v_A ，两车在碰撞过程中动量守恒，有

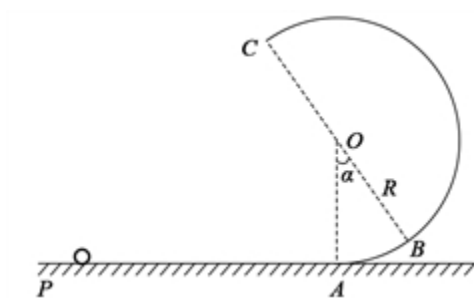
$$m_A v_A = m_A v_A' + m_B v_B' \quad (6)$$

联立③④⑤⑥式并利用题给数据得

$$v_A = 4.3 \text{ m/s}$$

点睛：灵活运用运动学公式及碰撞时动量守恒来解题。

57.(2018·全国 III 卷)如图，在竖直平面内，一半径为 R 的光滑圆弧轨道 ABC 和水平轨道 PA 在 A 点相切。 BC 为圆弧轨道的直径。 O 为圆心， OA 和 OB 之间的夹角为 α ， $\sin\alpha = \frac{3}{5}$ ，一质量为 m 的小球沿水平轨道向右运动，经 A 点沿圆弧轨道通过 C 点，落至水平轨道；在整个过程中，除受到重力及轨道作用力外，小球还一直受到一水平恒力的作用，已知小球在 C 点所受合力的方向指向圆心，且此时小球对轨道的压力恰好为零。重力加速度大小为 g 。求：



(1)水平恒力的大小和小球到达 C 点时速度的大小；

(2)小球到达 A 点时动量的大小；

(3)小球从 C 点落至水平轨道所用的时间。

【答案】(1) $\frac{\sqrt{5gR}}{2}$ (2) $\frac{m\sqrt{23gR}}{2}$ (3) $\frac{3}{5}\sqrt{\frac{5R}{g}}$

【解析】(1)设水平恒力的大小为 F_0 ，小球到达 C 点时所受合力的大小为 F 。由力的合成法

则有 $\frac{F_0}{mg} = \tan\alpha$ ① $F^2 = (mg)^2 + F_0^2$ ②

设小球到达 C 点时的速度大小为 v ，由牛顿第二定律得 $F = m \frac{v^2}{R}$ ③

由①②③式和题给数据得 $F_0 = \frac{3}{4}mg$ ④ $v = \frac{\sqrt{5gR}}{2}$ ⑤

(2) 设小球到达 A 点的速度大小为 v_1 ，作 $CD \perp PA$ ，交 PA 于 D 点，

由几何关系得： $DA = R \sin \alpha$ ⑥ $CD = R(1 + \cos \alpha)$ ⑦

由动能定理有： $-mg \cdot CD - F_0 \cdot DA = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ ⑧

由④⑤⑥⑦⑧式和题给数据得，小球在 A 点的动量大小为： $p = mv_1 = \frac{m\sqrt{23gR}}{2}$ ⑨

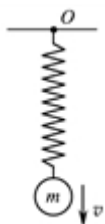
(3) 小球离开 C 点后在竖直方向上做初速度不为零的匀加速运动，加速度大小为 g 。

设小球在竖直方向的初速度为 $v_{\perp}$ ，从 C 点落至水平轨道上所用时间为 t 。

由运动学公式有： $v_{\perp}t + \frac{1}{2}gt^2 = CD$ ⑩ $v_{\perp} = v \sin \alpha$ ⑪

由⑤⑦⑩⑪式和题给数据得： $t = \frac{3}{5}\sqrt{\frac{5R}{g}}$ ⑫

58.(2018·江苏卷)如图所示，悬挂于竖直弹簧下端的小球质量为 m ，运动速度的大小为 v ，方向向下.经过时间 t ，小球的速度大小为 v ，方向变为向上.忽略空气阻力，重力加速度为 g ，求该运动过程中，小球所受弹簧弹力冲量的大小。

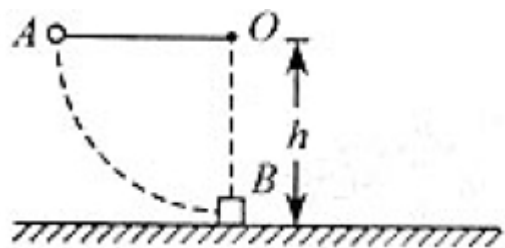


【答案】 $I_F = 2mv + mgt$

【解析】取向上为正方向，动量定理 $mv - (-mv) = I$ 且 $I = (F - mg)t$

解得 $I_F = 2mv + mgt$

59.(2010·天津卷·T10)如图所示，小球 A 系在细线的一端，线的另一端固定在 O 点，O 点到水平面的距离为 h 。物块 B 质量是小球的 5 倍，至于粗糙的水平面上且位于 O 点正下方，物块与水平面间的动摩擦因数为 μ 。现拉动小球使线水平伸直，小球由静止开始释放，运动到最低点时与物块发生正碰(碰撞时间极短)，反弹后上升至最高点时到水平面的距离为 $\frac{h}{16}$ 。小球与物块均视为质点，不计空气阻力，重力加速度为 g ，求物块在水平面上滑行的时间 t 。



【答案】 $\frac{\sqrt{2gh}}{4\mu g}$

【解析】本题考查的是碰撞中的动量守恒问题。

设小球的质量为 m ，运动到最低点与物块碰撞前的速度大小为 v_1 ，取小球运动到

最低点重力势能为零，根据机械能守恒定律，有 $mgh = \frac{1}{2}mv_1^2$

①

得 $v_1 = \sqrt{2gh}$

设碰撞后小球反弹的速度大小为 v_1' , 同理有 $mg \frac{h}{16} = \frac{1}{2} m v_1'^2$ ②

$$\text{得 } v_1' = \sqrt{\frac{gh}{8}}$$

设碰后物块的速度大小 v_2 , 取水平向右为正方向, 根据动量守恒定律, 有

$$m v_1 = -m v_1' + 5m v_2 \quad ③$$

$$\text{得 } v_2 = \sqrt{\frac{gh}{8}} \quad ④$$

物块在水平面上滑行所受摩擦力的大小 $F = 5\mu mg$ ⑤

设物块在水平面上滑行的时间为 t , 根据动量定律, 有 $-Ft = 0 - 5m v_2$ ⑥

$$\text{得 } t = \frac{\sqrt{2gh}}{4\mu g} \quad ⑦$$

【思维拓展】解法二：物块在水平面上滑行时做匀减速直线运动，从⑤式以后可以换为以下内容：

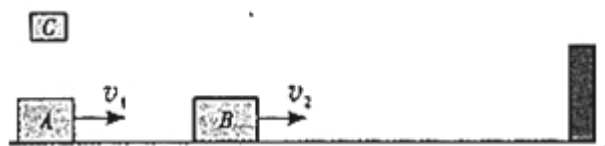
$$\text{加速度 } a = \frac{F}{5m} = -\mu g$$

$$\text{由运动学公式可得 } t = \frac{0 - v_2}{a} = \frac{\sqrt{2gh}}{4\mu g}$$

60.(2010·山东卷·T38) (2)如图所示，滑块 A、C 质量均为 M ，滑块 B 质量为 $\frac{3}{2}m$ 。

开始时 A、B 分别以 v_1 、 v_2 的速度沿光滑水平轨道向固定在右侧的挡板运动，现 C 将无初速地放在 A 上，并与 A 粘合不再分开，此时 A 与 B 相距较近，B 与挡板

碰撞将以原速率反弹，A 与 B 碰撞将粘合在一起。为使 B 能与挡板碰撞两次， v_1 、 v_2 应满足什么关系？



【答案】 $\frac{3}{2}v_2 < v_1 \leq 2v_2$ 或 $\frac{1}{2}v_1 \leq v_2 < \frac{2}{3}v_1$

【解析】

(2) 本题考查动量守恒定律及考生的分析综合能力。

解：设向右为正方向，A 与 C 粘合在一起共同速度为 v ，由动量守恒定律得

$$mv_1 = 2mv' \quad ①$$

为保证 B 碰挡板前 A 未能追上 B，应满足 $v \leq v_2$ ②

设 A 与 B 碰后的共同速度为 v' ，有动量守恒定律得 $2mv' - \frac{3}{2}mv_2 = \frac{7}{2}mv'$ ③

为 B 使能与挡板再次碰撞应满足 $v' > 0$ ④

联立①②③④式得 $\frac{3}{2}v_2 < v_1 \leq 2v_2$ 或 $\frac{1}{2}v_1 \leq v_2 < \frac{2}{3}v_1$ ⑤

61.(2010·全国 II 卷·T25) 小球 A 和 B 的质量分别为 m_A 和 m_B ，且 $m_A > m_B$ 。在某高度处将 A 和 B 先后从静止释放。小球 A 与水平地面碰撞后向上弹回，在释放处的下方与释放处距离为 H 的地方恰好与正在下落的小球 B 发生正碰。设所有碰撞都是弹性的，碰撞时间极短。求小球 A、B 碰撞后 B 上升的最大高度。

【答案】 $h = \left(\frac{3m_A - m_B}{m_A + m_B} \right)^2 H$

【解析】

小球 A 与地面的碰撞是弹性的，而且 AB 都是从同一高度释放的，所以 AB 碰撞

前的速度大小相等设为 v_0 ，根据机械能守恒有 $m_A g H = \frac{1}{2} m_A v_0^2$

化简得 $v_0 = \sqrt{2gH}$ ①

设 A、B 碰撞后的速度分别为 v_A 和 v_B ，以竖直向上为速度的正方向，根据 A、B

组成的系统动量守恒和机械能守恒得

$$m_A v_0 - m_B v_0 = m_A v_A + m_B v_B \quad ②$$

$$\frac{1}{2} m_A v_0^2 - \frac{1}{2} m_B v_0^2 = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 \quad ③$$

连立②③化简得 $v_B = \frac{3m_A - m_B}{m_A + m_B} v_0$ ④

设小球 B 能够上升的最大离度为 h ，由运动学公式得

$$h = \frac{v_B^2}{2g_0} \quad ⑤$$

$$h = \left(\frac{3m_A - m_B}{m_A + m_B} \right)^2 H \quad ⑥$$