## 动量定理及应用

### 考点一　动量和冲量

1．动量

(1)定义：物体的质量和速度的乘积．

(2)表达式：*p*＝*mv*.

(3)方向：与速度的方向相同．

2．动量的变化

(1)动量是矢量，动量的变化量Δ*p*也是矢量，其方向与速度的改变量Δ*v*的方向相同．

(2)动量的变化量Δ*p*，一般用末动量*p*′减去初动量*p*进行矢量运算，也称为动量的增量．即Δ*p*＝*p*′－*p*.

3．冲量

(1)定义：力与力的作用时间的乘积叫作力的冲量．

(2)公式：*I*＝*F*Δ*t*.

(3)单位：N·s.

(4)方向：冲量是矢量，其方向与力的方向相同．

技巧点拨

1．动量与动能的比较

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 动量 | 动能 |
| 物理意义 | 描述机械运动状态的物理量 | |
| 定义式 | *p*＝*mv* | *E*k＝*mv*2 |
| 标矢性 | 矢量 | 标量 |
| 变化因素 | 合外力的冲量 | 合外力所做的功 |
| 大小关系 | *p*＝ | *E*k＝ |
| 变化量 | Δ*p*＝*Ft* | Δ*E*k＝*Fl* |
| 联系 | (1)都是相对量，与参考系的选取有关，通常选取地面为参考系  (2)若物体的动能发生变化，则动量一定也发生变化；但动量发生变化时动能不一定发生变化 | |

2.冲量的计算方法

(1)恒力的冲量：直接用定义式*I*＝*Ft*计算．

(2)变力的冲量

①作出*F*－*t*图线，图线与*t*轴所围的面积即为变力的冲量，如图1所示．

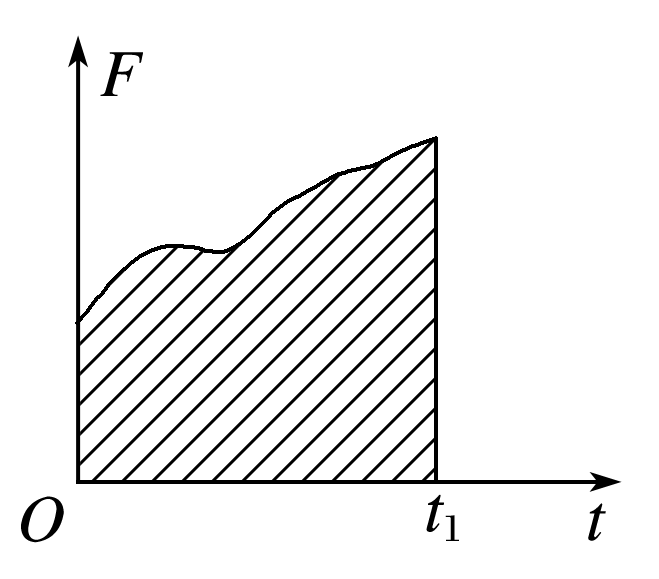


图1

②对于易确定始、末时刻动量的情况，可用动量定理求解．

例题精练

1．对于一定质量的某物体而言，下列关于动能和动量的关系正确的是(　　)

A．物体的动能改变，其动量不一定改变

B．物体动量改变，则其动能一定改变

C．物体的速度不变，则其动量不变，动能也不变

D．动量是标量，动能是矢量

答案　C

解析　物体的动能改变，则物体的速度大小一定改变，则其动量一定改变，A错误；动量表达式为*p*＝*mv*，动量改变可能只是速度方向改变，其动能不一定改变，故B错误；物体的速度不变，则其动量不变，动能也不变，C正确；动量是矢量，动能是标量，D错误．

2．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　列车启动的过程中加速度恒定，由匀变速直线运动的速度与时间关系可知*v*＝*at*，且列车的动能为*E*k＝*mv*2，由以上整理得*E*k＝*ma*2*t*2，动能与时间的平方成正比，动能与速度的平方成正比，A、C错误；将*x*＝*at*2代入上式得*E*k＝*max*，则列车的动能与位移成正比，B正确；由动能与动量的关系式*E*k＝可知，列车的动能与动量的平方成正比，D错误．

3.(多选)如图2所示，物体从*t*＝0时刻开始由静止做直线运动，0～4 s内其合外力随时间变化的关系图线为正弦曲线，下列表述正确的是(　　)

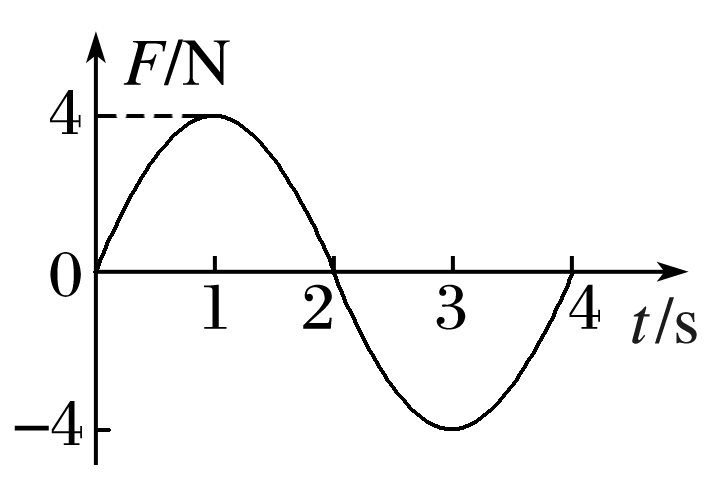


图2

A．0～2 s内合外力的冲量一直增大

B．0～4 s内合外力的冲量为零

C．2 s末物体的动量方向发生变化

D．0～4 s内物体动量的方向一直不变

答案　ABD

解析　根据*F*－*t*图象中图线与*t*轴围成的面积表示冲量，可知在0～2 s内合外力的冲量一直增大，故A正确；0～4 s内合外力的冲量为零，故B正确；2 s末冲量方向发生变化，物体的动量开始减小，但方向不发生变化，0～4 s内物体动量的方向一直不变，故C错误，D正确．

### 考点二　动量定理的理解和应用

1．内容：物体在一个过程中所受力的冲量等于它在这个过程始末的动量变化量．

2．公式：*F*(*t*′－*t*)＝*mv*′－*mv*或*I*＝*p*′－*p*.

技巧点拨

1．对动量定理的理解

(1)*Ft*＝*p*′－*p*是矢量式，两边不仅大小相等，而且方向相同．式中*Ft*是物体所受的合外力的冲量．

(2)*Ft*＝*p*′－*p*除表明两边大小、方向的关系外，还说明了两边的因果关系，即合外力的冲量是动量变化的原因．

(3)由*Ft*＝*p*′－*p*，得*F*＝＝，即物体所受的合外力等于物体动量的变化率．

(4)当物体运动包含多个不同过程时，可分段应用动量定理求解，也可以全过程应用动量定理．

2．解题基本思路

(1)确定研究对象．

(2)对物体进行受力分析．可先求每个力的冲量，再求各力冲量的矢量和——合力的冲量；或先求合力，再求其冲量．

(3)抓住过程的初、末状态，选好正方向，确定各动量和冲量的正负号．

(4)根据动量定理列方程，如有必要还需要补充其他方程，最后代入数据求解．

例题精练

4．关于动量定理，下列说法正确的是(　　)

A．动量越大，合外力的冲量越大

B．动量变化越大，合外力的冲量越大

C．动量变化越快，合外力的冲量越大

D．冲量方向与动量方向相同

答案　B

解析　合外力的冲量等于物体动量变化量，动量越大，动量变化量不一定越大，A错误，B正确；根据动量定理有*Ft*＝*m*Δ*v*，而动量变化越快，即*F*＝越大，*m*Δ*v*不一定大，即合力的冲量不一定大，C错误；冲量的方向和动量变化量的方向相同，D错误．

5.(多选)如图3，一个质量为0.18 kg的垒球，以25 m/s的水平速度飞向球棒，被球棒打击后反向水平飞回，速度大小变为45 m/s，设球棒与垒球的作用时间为0.01 s．下列说法正确的是(　　)



图3

A．球棒对垒球的平均作用力大小为1 260 N

B．球棒对垒球的平均作用力大小为360 N

C．球棒对垒球做的功为238.5 J

D．球棒对垒球做的功为126 J

答案　AD

解析　根据动量定理*Ft*＝*mv*2－*mv*1得*F*＝＝ N＝－1 260 N，负号表示力的方向与初速度的方向相反，选项A正确，B错误；根据动能定理，球棒对垒球做的功*W*＝*mv*22－*mv*12＝×0.18×452 J－×0.18×252 J＝126 J，选项C错误，D正确．

6．(多选)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4所示，则(　　)

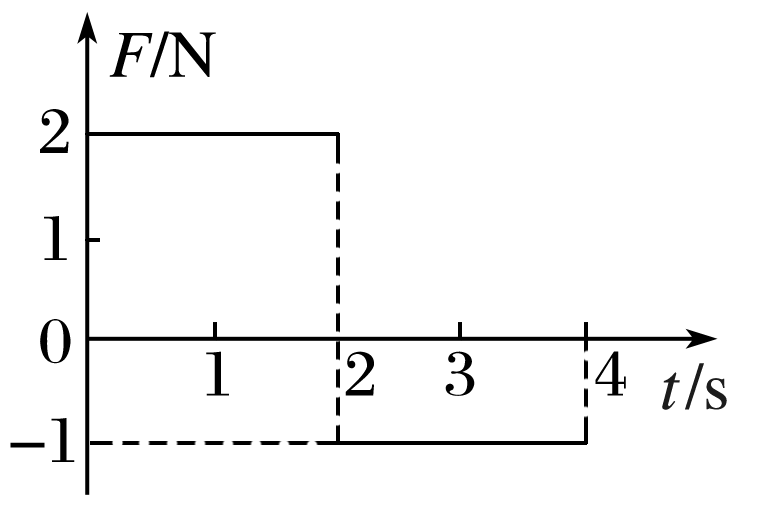


图4

A．*t*＝1 s时物块的速率为1 m/s

B．*t*＝2 s时物块的动量大小为4 kg·m/s

C．*t*＝3 s时物块的动量大小为5 kg·m/s

D．*t*＝4 s时物块的速度为零

答案　AB

解析　由动量定理可得：*Ft*＝*mv*，解得*v*＝.*t*＝1 s时物块的速率为*v*＝＝ m/s＝

1 m/s，故A正确；*t*＝2 s时物块的动量大小*p*2＝*F*1*t*2＝2×2 kg·m/s＝4 kg·m/s，*t*＝3 s时物块的动量大小为*p*3＝(2×2－1×1) kg·m/s＝3 kg·m/s，*t*＝4 s 时物块的动量大小为*p*4＝(2×2－1×2) kg·m/s＝2 kg·m/s，所以*t*＝4 s时物块的速度为1 m/s，故B正确，C、D错误．

### 考点三　应用动量定理处理流体冲击力问题

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 研究对象 | 流体类：液体流、气体流等，通常已知密度*ρ* | |
| 微粒类：电子流、光子流、尘埃等，通常给出单位体积内粒子数*n* | |
| 分析步骤 | ①构建“柱状”模型：沿流速*v*的方向选取一段小柱体，其横截面积为*S* | |
| ②微元研究 | 小柱体的体积Δ*V*＝*vS*Δ*t* |
| 小柱体质量*m*＝*ρ*Δ*V*＝*ρvS*Δ*t*  小柱体粒子数*N*＝*nvS*Δ*t* |
| 小柱体动量*p*＝*mv*＝*ρv*2*S*Δ*t* |
| ③建立方程，应用动量定理*F*Δ*t*＝Δ*p*研究 | |

例题精练

7．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4.8×106 N，则它在1 s时间内喷射的气体质量约为(　　)

A．1.6×102 kg B．1.6×103 kg

C．1.6×105 kg D．1.6×106 kg

答案　B

解析　设1 s时间内喷出的气体的质量为*m*，喷出的气体与该发动机的相互作用力为*F*，由动量定理有*Ft*＝*mv*－0，则*m*＝＝ kg＝1.6×103 kg，选项B正确．

8．人们常说“滴水能穿石”．一瀑布落差为*h*＝20 m，水流量为*Q*＝

0.20 m3/s，水的密度*ρ*＝1.0×103 kg/m3，水在最高点和落至石头上后的速度都认为是零(落在石头上的水立即流走，石头对水作用时不考虑水的重力，*g*取10 m/s2)．求水对石头的冲击力的大小．

答案　4×103 N

解析　水在下落过程中，根据动能定理得，*Mgh*＝*Mv*2

水下落20 m时的速度*v*＝20 m/s

设极短时间*t*内落至石头上的水的质量为*m*，则*m*＝*Qtρ*

设石头对水的平均作用力为*F*，根据动量定理得*Ft*＝*mv*

联立并代入数据得*F*＝4×103 N.

由牛顿第三定律得水对石头的冲击力大小为*F*′＝*F*＝4×103 N．

# 综合练习

**一．选择题（共10小题）**

1．（淮安期中）关于物体的动量，下列说法中正确的是（　　）

A．运动物体在任一时刻的动量方向，一定是该时刻的速度方向

B．物体的动能不变，其动量一定不变

C．动量越大的物体，其速度一定越大

D．动量越大的物体，其惯性也越大

【分析】惯性的大小与质量有关；质量与速度的乘积是物体的动量，根据动量的定义式以及动量和速度的关系分析答题。

【解答】解：A、动量和速度都是矢量；物体的动量：p＝mv，可知运动物体在任一时刻的动量的方向一定是该时刻的速度方向，故A正确；

B、物体的动能不变，则物体的速度大小不变，若方向变化，则其动量也变化。故B错误；

C、物体的动量：p＝mv，动量大小取决于质量与速度的乘积，所以动量大的物体，它的速度不一定大。故C错误；

D、质量是惯性大小的量度，而物体的动量：p＝mv，动量大小取决于质量与速度的乘积，动量大的物体惯性不一定大。故D错误。

故选：A。

【点评】本题考查了影响动量大小的因素、动量与速度的关系，知道动量的定义式、掌握速度与动量间的关系即可正确解题

2．（曲周县校级月考）飞机在启动阶段的运动可以看作匀加速直线运动，则下列说法中正确的是（　　）

A．飞机在启动阶段任意时刻的速度与它所经历的时间成正比

B．飞机在启动阶段任意时间段的位移与时间段长度成正比

C．飞机在启动阶段任意时刻的动能与它所经历的时间成正比

D．飞机在启动阶段任意时刻的动量与它所经历的时间的二次方成正比

【分析】飞机启动阶段的运动可看做匀加速直线运动，应用匀变速直线运动的速度公式、位移公式分析答题。

【解答】解：飞机启动阶段做初速度为零的匀加速直线运动；

A、由速度公式可知：v＝at，任意时刻的速度v与时间t成正比，故A正确；

B、由位移公式：x＝可知，任意时间段t的位移与时间长度的平方成正比，故B错误；



C、飞机做匀加速直线运动，由牛顿第二定律得：F＝ma，牵引力F恒定，

由动能定理得：Fx＝EK，EK＝Fat2，任意时刻的动能与所经历时间的平方成正比，故C错误；

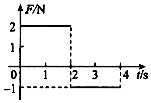


D、由动量定理得：I＝mv＝mat，冲量与时间t成正比，故D错误；

故选：A。

【点评】本题考查了匀变速直线运动规律的应用，掌握基础知识是解题的前提，应用运动学公式、动能定理与动量定理即可解题。

3．（砀山县校级月考）一质量为2kg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＝1s时物块的速率为1m/s

B．t＝2s时物块的动量大小为2kg•m/s

C．t＝3s时物块的动量大小为5kg•m/s

D．t＝4s时物块的速度为零

【分析】首先根据牛顿第二定律得出加速度，进而计算速度和动量，根据动能的表达式可求得动能。

【解答】解：A、前两秒，根据牛顿第二定律，a＝＝＝1m/s2，则0﹣2s的速度规律为：v＝at；t＝1s时，速率为1m/s，故A正确；



B、2S时的速度为2m/s，动量为4kgm/s，故B错误

C、2﹣4s，力开始反向，物体减速，根据牛顿第二定律，a＝﹣0.5m/s2，所以3s时的速度为1.5m/s，动量为3kgm/s，故C错误

D、4S时的速度为1m/s，动量为mv＝2kg•m/s，故D错误。

故选：A。

【点评】本题考查了牛顿第二定律的简单运用，熟悉公式即可，并能运用牛顿第二定律求解加速度。另外要学会看图，从图象中得出一些物理量之间的关系。

4．（南关区校级期末）对于某一质量确定的物体，下列说法中正确的是（　　）

A．物体的动量发生改变，则合外力一定对物体做了功

B．物体的运动状态改变，其动量一定改变

C．物体的动量发生改变，其动能一定发生改变

D．物体的动能发生改变，其动量可能不变

【分析】动量是矢量，动能是标量，两者之间既有联系又有区别，动量的变化是力对时间的积累效应，动能的变化是力对空间的积累效应

【解答】解：A．物体的动量发生变化，可能是速度的大小、方向中有一个量或两个量发生了变化，物体肯定受到了力的作用，但此力不一定做功，故A错误；

B．运动状态的标志是速度，运动状态改变，则动量一定变化，故B正确

C．物体的动量变化，可能是速度的大小、方向中有一个量或两个量发生了变化，若仅是速度的方向改变，则动能不变，故C错误

D．物体的动能改变，则其速度的大小一定改变，故动量一定发生改变，故D错误；

故选：B。

【点评】明确知道动量和动能的相关知识，知道动能是标量，动量是矢量；知道动能和动量的关系式；

5．（古冶区校级期中）关于力的冲量，下列说法正确的是（　　）

A．力越大，力的冲量就越大

B．作用在物体上的力大，力的冲量不一定大

C．静置于地面的物体受水平推力F的作用，经时间t物体仍静止，则此推力的冲量为零

D．F1与作用时间t1的乘积F1t1等于F2与作用时间t2的乘积F2t2，则这两个冲量相同

【分析】由冲量的定义直接求解，明确力与时间乘积即为冲量；冲量是矢量。

【解答】解：AB、冲量等于力与时间的乘积，力大冲量不一定大，则A错误，B正确

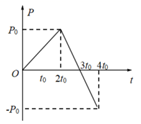
C、冲量等于力与时间的乘积，与运动状态无关，则C错误

D、冲量是矢量，两个矢量相同必须满足大小相等，方向相同，则D错误

故选：B。

【点评】题考查对动量定理的理解，要注意明确大小和方向两方面的问题，特别是方向，要准确把握。

6．（广陵区校级期中）物体在水平面上做直线运动，其动量随时间变化的图像如图所示，则下列说法正确是（　　）



A．0～2t0物体的运动方向与2t0～3t0的运动方向相反

B．2t0～3t0与3t0～4t0时间内物体受到的合外力大小相等，方向相反

C．0～3t0时间内，物体受到的合外力的冲量为零

D．2t0～4t0时间内，物体受到的合外力的冲量为零

【分析】根据p＝mv可知运动方向与动量方向相同，根据F＝可知动量随时间的变化的图像斜率代表F，根据△p＝I合可知冲量的大小。



【解答】解：A、根据p＝mv可知运动方向与动量方向相同，0～2t0与2t0～3t0的动量均为正，则0～2t0与2t0～3t0的运动方向相同，故A错误；

B、根据F＝可知动量随时间的变化的图像斜率代表F，2t0～3t0与3t1～4t1时间内图线斜率不变，则物体受到的合外力不变，故B错误；



C、由图象知0～3t0时间内动量变化为0，根据△p＝I合可知0～3t0物体受到的合外力的冲量为零，故C正确；

D、由图象知2t0～4t0，时间内动量变化不为零，则物体受到的合外力的冲量不为零，故D错误。

故选：C。

【点评】本题主要考查动量定理，学生使用动量时需注意其矢量性，先规定正方向。

7．（梅州一模）一个小男孩从楼上窗台突然坠落。幸运的是，楼下老伯高高举起双手接住了孩子，孩子安然无恙。假设从楼上窗台到老伯接触男孩的位置高度差为h＝10m，老伯接男孩的整个过程时间约为0.2s，则（　　）（忽略空气阻力，g取10m/s2）

A．男孩自由下落时间约为2s

B．男孩接触老伯手臂时的速度大小约为14m/s

C．老伯接男孩的整个过程，男孩处于失重状态

D．老伯手臂受到的平均冲力约等于男孩体重的7倍

【分析】根据自由落体运动的速度﹣位移公式列式求解男孩接触老伯手臂时的速度大小；根据速度﹣时间公式求男孩做自由落体运动的时间；根据动量定理及牛顿第三定律求得老伯手臂受到的平均冲力。

【解答】解：AB、男孩做自由落体运动，根据速度﹣位移公式得：v2＝2gh，代入数据解得男孩接触老伯手臂时的速度大小约为：v＝10m/s≈14m/s



根据速度﹣时间公式，可得男孩做自由落体运动的时间：t1＝＝s＝s，故A错误，B正确；



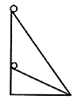
CD、规定竖直向下为正方向，根据动量定理得：mg（t1+t2）﹣Ft2＝0﹣0

代入数据解得老伯手臂受到度小孩的平均冲力为：F＝8mg，根据牛顿第三定律可得老伯手臂受到的平均冲力为：F′＝F＝8mg，男孩处于超重状态，故CD误。

故选：B。

【点评】本题以一个小男孩从楼上窗台突然坠落为情景载体，考查了动量定理在实际问题中的应用，解决本题的关键是要老伯接男孩的过程中的运动时间，结合运动学公式进行求解。

8．（九江二模）如图所示，两个质量相等的物体分别从倾角为30°和60°的固定光滑斜面顶端由静止自由下滑，到达斜面底端。两物体在整个下滑过程中，相同的物理量是（　　）



A．重力的冲量 B．动量的变化量

C．动能的变化量 D．重力的平均功率

【分析】根据牛顿第二定律，结合运动学公式求出物块运动的时间，从而比较重力的冲量、合力的冲量，根据动量定理得到下滑过程中动量变化量的大小。

【解答】解：设底部长为L，当斜面的倾角为θ时物体下滑到底部的时间为t，根据牛顿第二定律可得物体沿斜面下滑的加速度a＝gsinθ，根据位移﹣时间关系可得：＝at2，解得运动的时间t＝，由于两个斜面的倾角分别为30°和60°，所以两种情况下物体达到斜面底端的时间相同。



A、根据I＝mgt知重力冲量相同，故A正确；

B、物体所受的合力F合＝mgsinθ，则合力的冲量I合＝mgtsinθ，由于θ不同，则合外力的冲量不同，根据动量定理可得I合＝△p，所以下滑过程中动量变化量的大小不同，故B错误；

C、根据动能定理，合力做功等于重力做功，W＝mgh，h不同，合力做功不同，所以动能增加量不同，故C错误；

D、重力做功的平均功率为P＝，由于h不同，所以两物块所受重力做功的平均功率不相同，故D错误；



故选：A。

【点评】本题主要是考查动量定理，关键是求出两种情况下物体下滑的时间，知道冲量、动量的表达式，知道合外力的冲量等于动量的变化。

9．（长沙模拟）中国火星探测器“天问一号”成功发射。飞行过程中，“天问一号”还将进行数次轨道修正，才能到达火星表面。假定探测器质量M＝1kg，正以对地速度v0＝7.8km/s在太空中飞行，某一时刻探测器接到加速的指令后，“天问一号”探测器的4台120N发动机同时点火工作20s沿直线推进，忽略探测器质量变化，则加速后探测器的速度大小v1为（　　）

A．v1＝9.6km/s B．v1＝11.2km/s

C．v1＝16.7km/s D．v1＝17.4 km/s

【分析】冲量是力在时间上的积累，由题意可知探测器所受合外力以及力的作用时间，运用动量定理求解速度。

【解答】解：以探测器的运动方向为正

0～20s内发动机提供的冲量为I＝Ft＝4×120×20N•s＝9600N•s

由动量定理可知

I＝Mv1﹣Mv0

代入数据：9600＝1×（v1﹣7800）

可得：v1＝17400m/s＝17.4km/s，故D正确，ABC错误。

故选：D。

【点评】本题考查学生对动量定理的运用，需注意是合外力的冲量对应动量的变化，且冲量和动量都是矢量，列式之前先规定正方向。

10．（浙江期中）如图所示，颠球练习是乒乓球运动员掌握击球的力度、手感和球感的重要方法。运动员练习中将球垂直抛出，让球连续在球拍上垂直弹起和落下。某一次乒乓球静止下落50cm，被球拍击起后离开球拍竖直上升的最大高度为88cm。已知球与球拍的作用时间为0.1s，乒乓球的质量为2.7g，重力加速度g取10m/s2，阻力是球重的0.1倍，下列说法正确的是（　　）



A．球拍对球的平均作用力为乒乓球重力的84倍

B．整个过程阻力做功约为3.7×10﹣3J

C．球与球拍作用过程中动量变化量大小为3.78×10﹣3kg•m/s

D．球从最高点下落至重新回到最高点的过程中重力的冲量大小为2.25×10﹣2N•s

【分析】根据W＝Fx求解阻力做功；由动能定理求得球到球拍的速度大小和反弹后的速度大小，对球应用动量定理求解球拍对球的平均作用力；根据△p＝m△v解得动量变化量大小；运用运动学公式求解时间。

【解答】解：下落过程中阻力做的功Wf1＝﹣fh1＝﹣0.1×2.7×10﹣2×0.5J＝﹣1.35×10﹣3J

根据动能定理得：mgh1+Wf1＝mv12



可得球与球拍碰撞前瞬间的速度v1＝3m/s

上升过程中阻力做的功Wf2＝﹣fh2＝﹣0.1×2.7×10﹣2×0.88J＝﹣2.376×10﹣3J

根据动能定理得：﹣mgh2+Wf2＝0﹣mv22



可得球与球拍碰撞后瞬间的速度v2＝4.4m/s

以竖直向上为正方向

A、球与球拍碰撞过程中，根据动量定理（F﹣mg）△t＝mv2﹣（﹣mv1），解得F＝8.4mg，故A错误；

B、整个过程阻力做功为：Wf1+Wf2＝﹣1.35×10﹣3J﹣2.376×10﹣3J≈﹣3.7×10﹣3J，故B错误；

C、球与球拍作用过程中动量变化量大小为△p＝mv2﹣（﹣mv1）＝2.7×10﹣3×（4.4+3）kg•m/s＝1.998×102kg•m/s，故C错误；

D、下落的时间t1＝＝s＝s，上升的时间t2＝＝s＝0.4s



整个过程中重力的冲量IG＝mg（t1+△t+t2）＝2.7×10﹣2×（+0.1+0.4）N•s＝2.25×10﹣2N•s，故D正确。



故选：D。

【点评】本题主要考查了动量定理、运动学公式相结合的问题，解决此题的关键在使用动量定理解题时一定要规定正方向。

**二．多选题（共10小题）**

11．（浙江模拟）如图所示，滑块P、Q静止在粗糙水平面上，一根轻弹簧一端与滑块Q相连，另一端固定在墙上，弹簧处于原长。现使滑块P以初速度v0向右运动，与滑块Q发生碰撞（碰撞时间极短），碰后两滑块一起向右压缩弹簧至最短，然后在弹簧弹力作用下两滑块向左运动，两滑块分离后，最终都静止在水平面上。已知滑块P、Q的质量分别为2m和m，两滑块与平面间的动摩擦因数相同，下列说法中正确的是（　　）



A．两滑块发生碰撞的过程中，其动量守恒，机械能不守恒

B．两滑块分离时，弹簧一定处于原长

C．滑块P最终一定停在出发点左侧的某一位置

D．整个过程中，两滑块克服摩擦力做功的和小于mv02

【分析】系统所受合外力为零系统动量守恒，只有重力或弹力做功系统机械能守恒；

当P、Q间弹力为零时它们分离，应用牛顿第二定律求出弹簧的形变量，然后分析答题；

由能量守恒定律分析判断P最终停止位置与出发点间的关系，应用能量守恒定律分析克服摩擦力做功多少。

【解答】解：A、两滑块碰撞过程系统内力远大于外力，系统动量守恒，两者碰撞后一起运动，碰撞不是弹性碰撞，碰撞过程机械能有损失，碰撞过程机械能不守恒，故A正确；

B、当P、Q间弹力为零时两滑块分离，分离前瞬间它们的加速度相等，由牛顿第二定律，对P：a＝＝μg



对Q：μ′mg﹣T＝ma

解得：T＝mg（μ′﹣μ），

如果：μ′＝μ，则T＝0，弹簧处于原长状态，故B正确；

C、两滑块碰撞后在运动过程中要克服摩擦力做功，机械能减小，当P回到两球碰撞位置时的速度大小一定小于碰撞前P的速度大小，P停止时的位置一定在其出发点的右侧，故C错误；

D、由于两滑块分离后Q继续向左做减速运动，当Q停止时弹簧处于伸长状态，在整个过程中，P的机械能转化为弹簧的弹性势能与内能，由能量守恒定律可知：W+EP＝•2mv02＝mv02，W＝mv02﹣EP，则两滑块克服摩擦力做功之和小于mv02，故D正确；



故选：ABD。

【点评】本题考查了动量守恒定律的应用，考查了动量守恒与机械能守恒的条件，分析清楚物体运动过程是解题的前提与关键，解题时要注意讨论：两滑块它们与水平面间的动摩擦因数是否相等，否则可能会出错。

12．（安徽期末）一质点在直线运动过程中，速度随时间均匀变化，则（　　）

A．质点的位移一定随时间均匀变化

B．质点的动能一定随时间均匀变化

C．质点的动能一定随位移均匀变化

D．质点的动量一定随时间均匀变化

【分析】根据题意，质点速度随时间均匀变化，可以判断质点做匀变速直线运动，利用匀变速直线运动规律，可以列出位移和时间的关系式、动能和时间的关系式、动能和位移的关系式、动量和时间的关系式，如果关系式是线性变化关系式，就可以判断为“均匀变化”。

【解答】解：A、速度随时间均匀变化，说明质点做匀变速直线运动，根据匀变速直线运动规律：S＝v0t+，质点的位移和时间不是线性关系，所以质点的位移不随时间均匀变化。故A错误；



B、质点的速度：v＝v0+at，质点动能Ek＝，质点的动能和时间不是线性关系，所以质点的动能不随时间均匀变化。故B错误；



C、根据动能定理，FS＝Ek﹣Ek0，即Ek＝FS+Ek0，质点的动能和位移是线性变化关系，所以质点的动能一定随位移均匀变化。故C正确；

D、质点的动量p＝mv＝m（v0+at），质点的动量和时间是线性变化关系，所以质点的动量一定随时间均匀变化。故D正确；

故选：CD。

【点评】本题考查了匀变速直线运动规律、动量、动能定理等知识点。列出对于的关系式，利用线性变化关系来判断“均匀变化关系”。

13．（福建期末）力学中的三个基本单位分别是kg、m、s，其他单位都可以利用物理公式从这三个基本单位推导出来。动量的定义式为p＝mv，则关于动量的单位判断正确的是（　　）

A．kg•m/s B．N•S C． D．



【分析】根据动量的定义与各单位间的关系分析答题。

【解答】解：A、动量p＝mv，m的单位为kg，v的单位为m/s，则动量的单位为kg•m/s，故A正确；

BC、1kg•m/s＝（kg•m/s2）•s＝1N•s，故B正确，C错误；

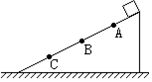
D、＝＝不是动量的单位，故D错误；



故选：AB。

【点评】本题考查了动量的单位，掌握各单位间的换算关系即可正确解题。

14．（和平区校级月考）如图所示，斜面上除了AB段粗糙外，其余部分均是光滑的，小物体与AB段的动摩擦因数处处相等。今使该物体从斜面的顶端由静止开始下滑，经过A点时的速度与经过C点时的速度相等，已知AB＝BC，则下列说法正确的是（　　）



A．物体在AB段与BC段的加速度大小相等

B．物体在AB段与BC段的运动时间相等

C．物体在以上两段运动中的动量变化量相同

D．重力在以上两段运动中对物体所做的功相等

【分析】根据牛顿第二定律比较AB段和BC段加速度的大小；根据平均速度公式比较在AB段和BC段运动的时间；根据重力做功的特点比较两段过程中重力所做的功，根据动量的公式P＝mv比较动量变化的大小。

【解答】解：A、经过A点时的速度与经过C点时的速度相等，故物体在AB段做匀减速直线运动，在BC段做匀加速直线运动，根据速度位移关系公式可得AB段和BC的加速度大小相等，故A正确；

B、经过A点时的速度与经过C点时的速度相等，根据平均速度，知AB段和BC段的平均速度相等，两段位移相等，所以运动时间相等，故B正确；

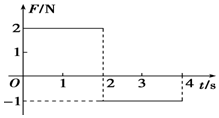
C、从A到B再到C速度变化量的大小相等，根据△P＝m△v，知动量变化的大小相等，但方向不同，故C错误；

D、重力做功与首末位置的高度差有关，在两段运动过程中，高度差相同，所以重力做功相等，故D正确；

故选：ABD。

【点评】本题考查了牛顿第二定律、动量、重力做功以及运动学公式等基本知识，难度不大，关键是能够灵活运用这些基本概念和基本规律。

15．（玉门市校级月考）一质量为2kg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＝1s时物块的速率为2m/s

B．t＝2s时物块的动量大小为2kg•m/s

C．t＝3s时物块的动量大小为3kg•m/s

D．t＝4s时物块的速度为1m/s

【分析】首先根据牛顿第二定律得出加速度，根据速度时间关系求解速度大小，进而计算动量。

【解答】解：A、前两秒，根据牛顿第二定律，a＝＝1m/s2，则1s时的速度为：v1＝at1＝1m/s，故A错误；



B、t＝2s时，速率为v2＝at2＝2m/s，则动量为P＝mv2＝4kg•m/s，故B错误；

CD、2﹣4s，力开始反向，物体减速，根据牛顿第二定律，a′＝＝﹣0.5m/s2，所以3s时的速度为v3＝v2﹣a′t＝1.5m/s，动量为P＝mv3＝3kg•m/s，



4s时速度为v4＝2﹣0.5×1＝1m/s，故CD正确；

故选：CD。

【点评】本题考查了牛顿第二定律的简单运用，熟悉公式即可，并能运用牛顿第二定律求解加速度。另外要学会看图，从图象中得出一些物理量之间的关系。

16．（顺义区校级期末）人们对手机的依赖性越来越强，有些人喜欢躺着看手机，经常出现手机砸伤眼睛的情况。若手机质量为120g，从离人眼约20cm的高度无初速掉落，砸到眼睛后手机未反弹，眼睛受到手机的冲击时间约为0.2s，取重力加速度g＝10m/s2，则（　　）



A．手机与眼睛作用过程中手机动量变化约为0.48kg•m/s

B．手机对眼睛的冲量大小约为0.48N•s

C．手机对眼睛的冲量方向竖直向上

D．手机对眼睛的作用力大小约为2.4N

【分析】根据自由落体运动求出手机下落至眼速度，对手机运用动量定理可求出眼睛对手机的冲量及作用力，根据牛顿第三定律可求出手机对眼睛的冲量和作用力。

【解答】解：A、h＝20cm＝0.20m；m＝120g＝0.12kg；根据自由落体得手机掉落到人眼睛位置时的速度为：＝＝2m/s；手机与眼睛作用后手机的速度变为0，选取向下为正方向，所以手机与眼睛作用过程中动量变化为：△P＝0﹣mv＝0﹣0.12kg×2m/s＝﹣0.24kg•m/s，故A错误；



B、手机与眼接触的过程中受到重力与眼睛的作用力，取选取向下为正方向，对手机由动量定理得：mgt+I＝△P，代入数据可得：I＝﹣0.48N•s，负号表示方向竖直向上，所以手机对眼睛的冲量大小约为0.48N•s，故B正确；

C、因为眼睛对手机对的冲量方向是竖直向上，所以手机对眼睛的冲量方向竖直向下，故C错误；

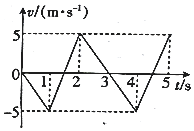
D、根据冲量定义得手机对眼睛的作用力大小约为：F＝＝＝2.4N，故D正确。



故选：BD。

【点评】此题关键是能够根据自由落体求出手机下落至眼睛的速度，会列动量定理的式子，注意动量的矢量性。

17．（海南期末）一质量为1kg的物体在力的作用下，由静止开始做直线运动，其v﹣t图象如图所示，由图可知（　　）



A．0～1s内，物体受到的合力大小为5N

B．1s～2s内，物体受到的合力的冲量为0

C．1s～2s内，物体的位移为0

D．2s～5s内，物体的动量变化大小为10kg•m/s

【分析】速度﹣时间图线斜率表示加速度，图线与时间轴围成的面积表示位移，根据加速度的变化确定合力的变化，根据动量定理确定合力的冲量大小，根据动量变化量的定义求解。

【解答】解：A、在0～1s内直线的斜率不变，根据斜率可知加速度大小为：a＝＝＝5m/s2



由牛顿第二定律得：F＝ma

代入数据解得：F＝1×5N＝5N，故A正确；

B、根据动量定理，1s～2s内物体受到合力的冲量为：I＝Ft＝m△v，代入数据解得：I＝1×（5+5）N•s＝10N•s，故B错误；

C、根据v﹣t图象与时间轴围成的面积表示位移，可知1s～2s内物体总位移为0，故C正确；

D、2s～5s内，物体的动量变化大小为：△p＝m△v′＝1×（5﹣5）kg•m/s＝0，故D错误。

故选：AC。

【点评】本题综合考查了牛顿第二定律、动量定理，综合性较强，难度不大，知道图线斜率、图线与时间轴围成的面积表示的含义。

18．（安徽月考）如图所示，我校女篮球队员正在进行原地纵跳摸高训练，以提高自己的弹跳力。运动员先由静止下蹲一段位移，经过充分调整后，发力跳起摸到了一定的高度。某运动员原地静止站立（不起跳）摸高为1.90m，纵跳摸高中，该运动员先下蹲，重心下降0.4m，经过充分调整后，发力跳起摸到了2.45m的高度。若运动员起跳过程视为匀加速运动，忽略空气阻力影响，已知该运动员的质量m＝60kg，g取10m/s2。则下列说法中正确的是（　　）



A．运动员起跳离地后到上升到最高点一直处于超重状态

B．起跳蹬地过程中运动员对地面的压力为1425N

C．起跳时地面弹力对运动员做的功为零

D．起跳时地面弹力对运动员的冲量为零

【分析】运动员离开地面后做竖直上抛运动，只受重力，处于完全失重状态；根据速度﹣位移公式求得初速度，起跳过程中，根据速度﹣位移公式求得加速度，根据牛顿第二定律求得运动员和地面之间的弹力；力做功必须满足力和力方向上有位移，力的冲量定义力与时间的乘积。

【解答】解：A、运动员起跳离地后到上升到最高点的过程中，只受重力，一直处于完全失重状态，故A错误；

B、运动员离开地面后做竖直上抛运动，根据速度﹣位移公式：2gh＝v2可知，

v＝＝m/s＝m/s



在起跳过程中，根据速度﹣位移公式可知：2ah′＝v2

解得加速度为：a＝＝m/s2＝13.75m/s2



对运动员，根据牛顿第二定律得：F﹣mg＝ma

解得：F＝mg+ma＝60×10N+60×13.75N＝1425N，由牛顿第三定律可知运动员对地面的压力为1425N，方向竖直向下，故B正确；

CD、运动员起跳时地面弹力没有位移，所以做功为零，但冲量不为零，故C正确，D错误。

故选：BC。

【点评】本题以我校女篮球队员正在进行原地纵跳摸高训练为情境载体，主要考查了牛顿第二定律、运动学公式、功和冲量的定义，加速度是解决问题的中间桥梁，明确运动过程是解题的关键。

19．（河池期末）2020年8月24日报道，解放军四大战区军演，三大海域实战演练。如图所示，一艘舰艇在水面由静止开始做匀加速运动，则该舰艇在运动过程中（　　）



A．位移与时间的二次方成正比

B．动能变化与时间成正比

C．合外力做功与时间成正比

D．动量变化与时间成正比

【分析】根据题干信息舰艇在水面由静止开始做匀加速运动可知舰艇初速度为0，加速度为恒定值。结合运动学公式、动能的公式以及动能定理和运动学公式即可分析各选项的正误。

【解答】解：A、由题意，舰艇做初速度为0的匀加速运动，根据匀加速直线运动规律，位移，位移与时间的二次方成正比，故A正确；



B、舰艇做初速度为0的匀加速运动，根据匀加速直线运动规律，速度v＝at，动能变化量，动能变化与时间的二次方成正比，故B错误；



C、根据动能定理，合外力做功等于动能变化量动，由B可知动能变化与时间的二次方成正比，故C错误；

D、舰艇做初速度为0的匀加速运动，根据匀加速直线运动规律，速度v＝at，动量变化量△p＝mv＝mat，动量变化与时间成正比，故D正确。

故选：AD。

【点评】本题利用匀变速直线运动相关内容考查了动能定理、动量计算等知识点，综合性较强，正确使用对应物理公式是本题的解题关键。

20．（山东月考）如图，水平放置的轻弹簧左端固定，右端连接质量为m的小球，小球静止在光滑水平面上。在水平向右的恒力F作用下小球由静止开始运动，某时刻速度大小为v、方向向右，经时间t后，小球向右移动了x，速度大小仍为v、方向向左。不计空气阻力，弹簧一直在弹性限度内。则此过程中（　　）



A．弹簧弹力对小球做的功为零

B．弹簧的弹性势能增加了Fx

C．小球的重力的冲量为零

D．弹簧弹力的冲量大小为Ft+2mv

【分析】根据动能定理作答A，根据弹力做功与弹性势能变化关系作答B，根据冲量定义作答C，根据动量定理作答D.

【解答】解：A、根据动能定理得WF+W弹＝0，恒力F做功为WF＝Fx，故弹簧弹力对小球做的功为W弹＝﹣Fx，故A错误；

B、根据弹性势能变化与弹簧弹力做功的关系△EP＝EP2﹣EP1＝﹣W弹，所以弹性势能增加了Fx，故B正确；

C、根据冲量定义I＝Ft，故小球重力的冲量为mgt，故C错误；

D、根据动量定理，取向左为正方向，I弹﹣Ft＝mv﹣（﹣mv），即弹簧弹力的冲量I弹＝Ft+2mv，方向向左，大小为Ft+2mv，故D正确.

故选：BD。

【点评】本题考查了功、冲量、动能定理、动量定理等基本概念和基本规律的运用。上述概念和规律是历年高考考查的重点，要求学生能够准确把握其含义，并能进行综合的分析与运用。本题小巧精致，考查全面，是一道非常不错的题目。

**三．填空题（共10小题）**

21．（招远市校级月考）运动员向球踢了一脚，踢球时的力F＝100N，作用时间为t0＝0.1s，球在地面上滚动了t＝10s停下来，则运动员对球的冲量为　10N•s　。

【分析】求一个力的冲量，可以根据冲量的定义式计算，也可以由动量定理计算。

【解答】解：踢球时的力F＝100N，作用时间t0＝0.1s，则运动员对球的冲量为I＝Ft0＝10N•s。

故答案为：10N•s。

【点评】该题考查动量的计算，但在解答的过程中要注意时间10s是球在地面上滚动的时间，不是100N的力的作用时间。

22．（沙河口区校级期中）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　+mg　．



【分析】先根据h＝gt2求解自由落体运动的时间，从而求出总时间，对运动全程根据动量定理列式求解平均拉力．



【解答】解：对自由落体运动，有：

h＝gt12



解得：t1＝



规定向下为正方向，对运动的全程，根据动量定理，有：

mg（t1+t）﹣Ft＝0

解得：F＝+mg



故答案为：+mg

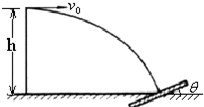


【点评】本题关键是明确物体的受力情况和运动情况，然后对自由落体运动过程和全程封闭列式求解，注意运用动量定理前要先规定正方向．

23．（2001•北京、内蒙古、安徽）质量为m＝0.10kg的小钢球以v0＝10m/s的水平速度抛出，下落h＝5.0m时撞击一钢板，撞后速度恰好反向，则钢板与水平面的夹角θ＝　45°　．刚要撞击钢板时小球动量的大小为　kg•m/s．　．



（取g＝10m/s2）



【分析】（1）要求钢板与水平面的夹角可根据小球撞后速度恰好反向得出小球撞到钢板上时小球的速度与钢板垂直，故小球的速度与竖直方向的夹角与钢板与水平面的夹角相同，根据tanθ＝即可求出钢板的倾角，所以要先求vy，根据vy＝gt可知要先求下落的时间t．



（2）根据动量大小p＝mv可知需求v，根据v＝即可求出合速度v．



【解答】解：由于小球下落过程中在竖直方向有h＝gt2，解得t＝＝1s，



故落到钢板上时小球在竖直方向的速度vy＝gt＝10m/s，

则有tanθ＝＝＝1



解得钢板与水平面的夹角θ＝45°．

小球落到钢板上时的速度v＝＝10m/s



故小球的动量大小p＝mv＝0.1×10＝kg•m/s．



故答案为：45°；kg•m/s．



【点评】在平抛运动中我们最常用的是速度三角形和位移三角形（本题用到了速度三角形），这一点要注意掌握．

24．甲、乙两个物体，它们的质量之比m甲：m乙＝2：1，当它们的动能相同时，它们的动量之比p甲：p乙＝　：1　；当它们的速度相同时，它们的动量之比p甲：p乙＝　2：1　；当它们的动量相同时，它们的动能之比Ek甲：Ek乙＝　1：2



【分析】动能Ek＝mv2，动量p＝mv，根据动能和动量的公式推导二者之间大小关系。



【解答】解：动量p＝mv；动能Ek＝mv2；则有：p＝



当它们的动能相同时，它们的动量之比p甲：p乙＝：＝：1



当它们的速度相同时，它们的动量之比p甲：p乙＝m甲：m乙＝2：1

由动量和动能的表达式可知，Ek＝；



则它们的动能之比为Ek1：Ek2＝：＝1：2；



故答案为：：1；2：1，1：2。



【点评】此题考查动能和动量表达式的应用，同时明确速度、动量是矢量，而动能是标量。基础题。

25．（内江期末）“草船借箭”是我国古典名著《三国演义》中赤壁之战的一个故事。假设草船的总质量M＝2940kg，静止在水中，岸上曹兵开弓射箭，在同一时刻有n＝1000支箭射到船上，射在草船上的每支箭质量m＝60g，速度v＝50m/s，方向水平，箭与船的作用时间均为0.1s，不计水的阻力，则射箭后草船的速度为　1　m/s，每支箭对草船的平均作用力为　29.4　N。

【分析】n＝1000支箭射到船上，与船作用时间0.1s，不计水的阻力，以箭与船整体为研究对象，符合动量守恒条件，应用动量守恒定律即可求得射箭后草船的速度；要求每支箭对草船的平均作用力，则需要对一支箭用动量定理求解。

【解答】解：（1）不计水的阻力，箭与船的总动量守恒，根据动量守恒定律得

nmv＝（M+nm）v′

解得：



（2）对一支箭分析，根据动量定理



解得：



由牛顿第三定律可知，每支箭对草船的平均作用力为：

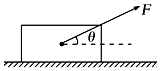


故每支箭对草船的平均作用力为29.4N。

答：1 29.4

【点评】本题同时考查了动量守恒定律和动量定理，注意瞬间作用的过程首先考虑动量的观点解题。

26．（福州期中）恒力F作用在质量为m的物体上，如图所示，由于地面对物体的摩擦力较大，物体没有被拉动，则经时间t，拉力F对物体的冲量大小是　Ft　；摩擦力对物体的冲量大小是　Ftcosθ　。



【分析】力对物体的冲量可以根据公式：I＝Ft计算，明确各力大小以及作用时间即可求出各力的冲量。

【解答】解：拉力F对物体的冲量IF＝Ft，

根据平衡条件可知，物体受到的摩擦力f＝Fcosθ，故摩擦力的冲量If＝Ftcosθ；

故答案为：Ft，Ftcosθ

【点评】本题主要考查冲量的计算，此题中各力都恒力，恒力的冲量公式I＝Ft与物体的运动状态无关，直接代入公式即可。

27．（渭滨区期末）质量为m的物体以初速度v0开始做平抛运动，经过时间t，下降的高度为h，速率变为v，重力加速度为g，在这段时间内物体动量变化量的大小为　mgt或m　。



【分析】根据动量定理求出物体动量的变化量，或通过首末位置的动量，结合三角形定则求出动量的变化量。

【解答】解：根据动量定理得，合力的冲量等于动量的变化量，所以△P＝mgt；

因为竖直方向的速度为vy＝



所以△P＝m；



故答案为：mgt或m。



【点评】本题考查了求物体动量的变化，正确应用动量定理、动量计算公式解题。解决本题的关键掌握动量定理的表达式，并能灵活运用，掌握不在同一条直线上矢量运算法则是正确解题的关键。

28．（海淀区校级期末）质量为m的物体，沿着倾角为θ的光滑斜面，从顶端匀速下滑到底端所用时间t，重力加速度为g。则此过程中重力对物体的冲量大小为　mgt　，支持力对物体的冲量大小为　mgtcosθ　，物体的动量变化大小为　0　。

【分析】根据重力的大小、支持力的大小，结合冲量的公式求出重力和支持力的冲量，根据动量变化的定义求动量变化量。

【解答】解：根据冲量的定义，重力对物体的冲量大小为IG＝mgt

对物体受力分析得，物体受到的支持力的大小为：F支＝mgcosθ

故支持力的冲量大小为：I支＝mgtcosθ

因为物体从顶端匀速下滑到底端，它的速度没有变化，动量mv也没有变化，故它的动量变化为0。

故答案为：mgt； mgtcosθ； 0

【点评】本题考查了冲量公式的基本运用及动量的变化量，知道冲量等于力与时间的乘积。

29．（海淀区校级期末）如图所示，用0.5kg的锤子钉钉子，打击时锤子的速度为4m/s，打击后锤子的速度为零，设打击时间为0.01s。不计锤子的重力，锤子钉钉子的平均作用力是　200　N；考虑锤子的重力，锤子钉钉子的平均作用力是　205　N；有同学分析上述结论后认为：在计算锤子对钉子的平均作用力时，可以忽略锤子的重力，这种说法是否合理性，请做出你的判断和解释：　当作用的时间比较小时，铁锤的重力可以忽略不计。解释：根据动量定理计算出两种情况下锤子对钉子的作用力，相对误差很小，可以忽略。　。



【分析】对铁锤受力分析，根据受力情况列动量定理，求出钉子对铁锤的平均作用力。根据牛顿第三定律，可知锤子对钉子的作用力。

通过比较分析两种情况下求出的作用力，计算相对值，判断忽略锤子的重力是否合理。

【解答】解：（1）对铁锤，不计铁锤的重量时，铁锤只受到钉子的作用力，由动量定理得：﹣Ft＝0﹣mv，

代入数据解得：F＝200N，

由牛顿第三定律可知，铁锤对钉子的作用力：F′＝F＝200N；

（2）考虑铁锤的重力，以铁锤为研究对象，由动量定理得：

﹣Ft+mgt＝0﹣mv，

代入数据解得：F＝205N，

由牛顿第三定律可知，铁锤对钉子的作用力：F′＝F＝205N；

（3）根据前2问的铁锤对钉子的作用力的比较可知，205N比200N大5N，相对量为：×100%＝2.4%，由此可知，当作用的时间比较小时，铁锤的重力可以忽略不计。



故答案为：200；205；当作用的时间比较小时，铁锤的重力可以忽略不计。解释：根据动量定理计算出两种情况下锤子对钉子的作用力，相对误差很小，可以忽略。

【点评】本题考查动量定理的应用。作用时间很小的相互作用，一般相互作用很大，计算精度要求不高情况下，重力可忽略。

30．（广陵区校级模拟）已知光速为c，普朗克常数为h，则频率为ν的光子的动量为　　。用N个该频率的光子垂直照射平面镜，光被镜面全部垂直反射回去，则在光照射的过程中，平面镜受到的冲量大小为　2N　。



【分析】根据德布罗意波长公式，结合c＝λv，即可求解，根据动量是矢量，结合动量的变化公式△p＝﹣p﹣p，即可求解。



【解答】解：根据德布罗意波长公式，则光子的动量为p＝＝。



取入射方向为正方向，则N个光子动量的变化量为△p＝p末﹣p初＝﹣Np﹣Np＝﹣2Nh



因此当光被镜面全部垂直反射回去，N个光子的速度方向与开始时相反，

所以N个光子在反射前后动量改变量的大小为2Nh；



故答案为：；2N。



【点评】考查德布罗意波长公式，并掌握速度、波长及频率的关系式，理解动量、动量的变化均是矢量，注意正方向选取是列矢量式的前提。



**四．计算题（共10小题）**

31．（陆川县校级月考）一个物体的质量是2kg，沿竖直方向下落，以10m/s的速度碰到水泥地面上，随后又以8m/s的速度被反弹回，若取竖直向上为正方向，则

（1）小球与地面相碰前的动量？相碰后的动量？

（2）小球的动量变化的大小和方向？

【分析】已知取竖直向上为正方向，表示初、末速度，根据动量的定义P＝mv求出初、末动量，再求出小球的动量变化量。

【解答】解：（1）取竖直向上为正方向，

小球与地面相碰前的速度为：v1＝﹣10m/s，动量为：P1＝mv1＝2×（﹣10）＝﹣20kg•m/s；

碰后的速度为：v2＝8m/s，动量为：P2＝mv2＝2×8＝16kg•m/s；

（2）小球的动量变化为：△P＝P2﹣P1＝16﹣（﹣20）＝36kg•m/s，方向：竖直向上；

答：（1）小球与地面相碰前动量的大小是20kg•m/s，方向：竖直向下；相碰后动量的大小是16kg•m/s，方向：竖直向上；

（2）小球的动量变化的大小是：36kg•m/s，方向：竖直向上。

【点评】此题中动量是矢量，要规定正方向，用带正负的数值表示动量。动量变化量也是矢量，同样要注意方向。

32．（房山区一模）物理学研究问题一般从最简单的理想情况入手，由简入繁，逐渐贴近实际。在研究真实的向上抛出的物体运动时，我们可以先从不受阻力入手，再从受恒定阻力研究，最后再研究受到变化阻力的接近真实的运动情形。现将一个质量为m的小球以速度v0竖直向上抛出，重力加速度为g。

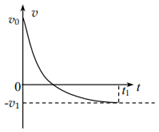
（1）若忽略空气阻力影响，求物体经过多长时间回到抛出点：

（2）若空气阻力大小恒定为小球所受重力的k倍（0＜k＜1），求小球回到抛出点的速度大小v1；

（3）若空气阻力与速度成正比，小球运动的v﹣t图像如图所示，小球经过时间t1落回抛出点时速度大小为v1。求：

a．小球从抛出到落回抛出点空气阻力的冲量；

b．整个过程中加速度的最大值。



【分析】（1）利用竖直上抛运动对称性，上升时间等于下落时间，先求上升时间，再求总时间；

（2）对上升和下落分别应用动能定理；

（3）a、对从抛出到落回抛出点全过程应用动量定理求阻力冲量；

b、对整个过程通过受力分析，得出合力最大的位置，利用牛顿第二定律求最大加速度。

【解答】解：（1）从抛出到最高点的时间，由最高点回到抛出点的时间t2＝t1



从抛出到回到抛点的时间



（2）设上升的最大高度为h，由动能定理得



从最高点回到抛出点过程，由动能定理得

﹣0



联立解得



（3）a、设空气阻力的冲量为I，取竖直向下为正方向，从抛出到落回抛出点，由动量定理

mgt1+I＝mv1﹣（﹣mv0）

得I＝m（v1+v0）﹣mgt1

b、刚抛出时阻力最大，小球的加速度最大，由牛顿第二定律

mg+kv0＝ma

由图象知小球返回抛出点时已经做匀速运动

mg＝kv1

解得最大加速度为



答：（1）物体经过时间回到抛出点



（2）小球回到抛出点的速度大小为



（3）a、小球从抛出到落回抛出点空气阻力的冲量为m（v1+v0）﹣mgt1

b、整个过程中加速度的最大值为.



【点评】本题考查了运动学公式、牛顿第二定律、动能定理、动量定理，是一道力学综合性试题。在不同的运动阶段中，恰当的选择不同的物理规律，是解答本题的关键。第（2）问中应用动能定理处理比应用牛顿定律处理要简洁。

33．（浙江模拟）小明同学将“打夯”的情境简化成如图所示的过程：放置于水平地面的平底重物，两人同时通过绳子对重物各施加一个拉力，拉力大小均为F＝450N，方向均与竖直方向成θ＝37°，两人同时作用t＝0.4s后停止施力。一段时间后重物落下，重物砸入地面之下的距离s＝4cm。已知重物的质量为m＝48kg，所受空气阻力忽略不计，重力加速度取10m/s2，cos37°＝0.8．求：

（1）重物上升的时间；

（2）重物砸入地面的过程中，重物对地面的平均冲击力大小。



【分析】（1）重物上升的过程中受到重力和拉力作用，到最高点时速度为零，根据动量定理很容易解得重物上升的时间；

（2）先根据动量定理计算出撤去拉力时重物的速度，进而计算出重物在拉力作用下上升的高度，然后对整个过程应用动能定理可解得重物对地面的冲击力。

【解答】解：（1）对重物上升的过程，重物受到重力和两个拉力的作用，规定向上的方向为正方形，设重物上升的时间为t1，由动量定理得

2Fcosθt﹣mgt1＝0﹣0

代入数据解得：t1＝0.6s

（2）从重物上升到刚撤去拉力时，设重物上升高度为h，重物速度为v1，规定向上的方向为正方向，由动量定理得

2Fcosθt﹣mgt＝mv1﹣0



设重物砸入地下的过程中所受地面向上的冲击力为f，由动能定理可得

2Fcosθh+mgs﹣fs＝0﹣0

代入数据解得

f＝7680N

根据牛顿第三定律，重物对地面的平均冲击力大小

f′＝f＝7680N

答：（1）重物上升的时间为0.6s；

（2）重物砸入地面的过程中，重物对地面的平均冲击力大小为7680N。

【点评】注意动量定理是一个矢量方程，在应用的时候一定要先规定好正方向。应用动量定理可以简化解题过程，比应用牛顿第二定律要方便。

34．（浙江模拟）某兴趣小组自制了一枚小火箭，质量为1kg，设火箭从地面发射后，始终在垂直于地面的方向上运动。火箭点火后可认为做匀加速直线运动，经过4s到达离地面40m高处时燃料恰好用完，若不计空气阻力和燃料燃烧引起的火箭质量变化，取重力加速度g＝10m/s2，求：

（1）燃料恰好用完时火箭的速度大小；

（2）火箭上升后离地面的最大高度；

（3）燃料用完后火箭继续上升的时间和加速上升过程火箭燃料对火箭的冲量大小。

【分析】（1）火箭第一阶段做匀加速直线运动，燃料用完后速度达到最大，运用运动学公式x＝t和＝求解；



（2）燃料用完后做竖直上抛运动至最高点，能够到达的最大高度，应是两个阶段的高度和；

（3）运用动量定理求解燃料对火箭的冲量大小。

【解答】解：（1）设燃料用完时火箭的速度为v1，所用时间为t1；火箭上升时分为两个过程，第一个过程做匀加速直线运动，第二个过程做竖直上抛运动至最高点，火箭点火后到燃料刚用完的过程中，有，代入数据解得v1＝20m/s



（2）燃料用完后，火箭只受重力，则可以继续上升的高度，代入数据解得h2＝20m



所以火箭上升后离地面的最大高度h＝h1+h2＝40m+20m＝60m

（3）火箭从燃料用完到运动至最高点的过程中，有v1＝gt2，得



设燃料对火箭的冲量大小为I，以向上为正方向，

加速上升过程，根据动量定理有I﹣mgt1＝mv1，解得：I＝60N•s

答：（1）燃料恰好用完时火箭的速度大小为20m/s；

（2）火箭上升后离地面的最大高度是60m；

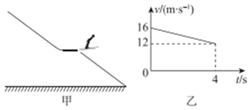
（3）燃料用完后火箭继续上升的时间为2s，加速上升过程火箭燃料对火箭的冲量大小为60N•s。

【点评】本题考查匀变速直线运动规律及动量定理，对于多过程的运动，需理清运动过程，运用动量定理时注意规定正方向。

35．（山东模拟）在跳台滑雪比赛中，运动员在空中运动时身体的姿态会影响其速度和下落的距离。跳台滑雪运动员在某次训练时，助滑后从跳台末端水平飞出，从离开跳台开始计时，用v表示其水平方向速度，v﹣t图像如图乙所示，运动员在空中运动时间为4s。在此运动过程中，若运动员在水平方向和竖直方向所受空气阻力大小相等且保持恒定。已知运动员的质量为50kg，重力加速度取10m/s2，求：

（1）滑雪运动员水平位移的大小和水平方向所受的阻力大小；

（2）滑雪运动员在空中运动过程中动量变化量的大小（结果保留两位有效数字）。



【分析】根据v﹣t图像可求出位移，由牛顿第二定律求出阻力；由动量定理求出动量变化量。

【解答】解：（1）设运动员的水平位移为x，由水平位移﹣时间图像可得：x＝t



解得：x＝56m

设运动员在水平方向的加速度大小为a，水平方向所受的阻力为f1，竖直方向所受阻力为f2，由运动学规律和牛顿第二定律得：a＝



f1＝ma，由题意可知f1＝f2＝50N

（2）根据平行四边形定则可得F合＝



对运动空中运动应用动量定理△P＝F合t

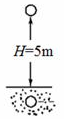
解得：△P＝1.8×103N•s

答：（1）滑雪运动员水平位移的大小为56m，水平方向所受的阻力大小为50N；

（2）滑雪运动员在空中运动过程中动量变化量的大小为1.8×103N•s。

【点评】本题主要考查了图像和牛顿运动定律结合的题目，以及根据合外力的冲量来求动量的变化量，注意动量和冲量是矢量，应用平行四边形求合冲量。

36．（沙县校级期中）如图，一质量为m＝2kg的铅球从离地面H＝5m高处自由下落，陷入泥潭中某处后静止不动，整个过程共用时t＝1.1s，求泥潭对铅球的平均阻力。



【分析】先求出铅球自由下落所用时间，再对整个过程，运用动量定理列式，求解平均阻力.

【解答】解：设自由落体的时间为t1，由H＝得：s＝1s



设平均阻力为F，陷入泥潭的时间为t2，

则t2＝t﹣t1＝1.1s﹣1s＝0.1s

取向下为正方向，对全程由动量定理得：

mgt﹣Ft2＝0

代入数值得：

F＝＝＝220N



答：泥潭对铅球的平均阻力为220N.

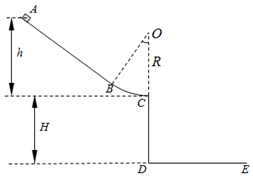
【点评】本题涉及力在时间上积累效果，要优先考虑动量定理，也可以分段，由牛顿第二定律和速度时间公式结合解答.

37．（海淀区一模）如图所示，竖直面内有一光滑轨道ABC，AB部分与半径为R的圆弧BC平滑连接，轨道C端切线沿水平方向。AC之间的高度差为h，竖直台阶CD之间的高度差为H。一质量为m、可视为质点的滑块，从A点由静止滑下，由C点水平抛出，经一段时间后落到水平地面DE上。重力加速度为g，空气阻力可忽略不计。求：

（1）滑块经过C点时的速度大小v；

（2）滑块经过C点时所受轨道支持力的大小F；

（3）滑块从C点抛出至落到水平地面DE过程中所受重力的冲量的大小I。



【分析】（1）根据动能定理求得滑块经过C点时的速度大小；

（2）在C点由牛顿第二定律可求得轨道对滑块的支持力大小；

（3）根据位移﹣时间公式和冲量的定义求解即可。

【解答】解：（1）滑块由A滑到C的过程，根据动能定理得：



解得滑块经过C点时的速度大小为：



（2）滑块在C点，根据牛顿第二定律得：



解得滑块经过C点时所受轨道支持力的大小为：



（3）根据位移﹣时间公式得：



解得滑块从C点抛出至落到水平地面DE过程中所受重力的冲量的大小为：I＝mgt＝



答：（1）滑块经过C点时的速度大小为；



（2）滑块经过C点时所受轨道支持力的大小为mg+；



（3）滑块从C点抛出至落到水平地面DE过程中所受重力的冲量的大小为m。



【点评】本题考查了动能定理、牛顿第二定律以及运动学公式的综合应用，明确滑块的运动过程选择合适的规律求解是解题的关键。

38．（荔湾区校级月考）据媒体报道，某手机带有屏幕保护器，保护装置设置在屏幕的4个角落，由弹性塑料、聚合物及超薄金属片组成，一旦手机内的加速度计、陀螺仪及位移传感器感知手机掉落，屏幕保护器会自动弹出，并完全吸收手机撞击地面的能量，避免手机屏幕直接接触地面而损坏。已知该手机设计质量约为l60g，从1.8m自由掉落，保护器撞击地面的时间为0.05s。不计空气阻力，手机可看成质点，重力加速度g＝10m/s2，求：

（1）手机落地前瞬间的速度大小；

（2）手机对地面的平均作用力大小。

【分析】根据匀变速直线运动速度位移公式求解速度；根据动量定理求出平均作用力。

【解答】解：（1）根据匀变速直线运动速度位移公式：v2＝2gh

落地的速度：v＝＝m/s＝6m/s



（2）根据自由落体的时间：h＝



t＝＝s＝0.6s



取竖直向下为正方向，由动量定理

（mg﹣F）t＝0﹣mv

得：F＝mg+＝0.16×10N+N＝20.8N



答：（1）手机落地前瞬间的速度大小为6m/s；

（2）手机对地面的平均作用力大小为20.8N。

【点评】本题考查了动量定理、运动学公式相结合的问题，解决此题的关键是要注意合外力的冲量等于动量的变化量，使用动量定理解题时一定要规定正方向。

39．（淄博月考）起跳摸高是篮球爱好者喜欢的运动。如图所示，篮球框高度h1＝3.05m。某男生质量为m＝60kg，手竖直向上伸直后指尖离地高度为h2＝2.25m，某次该生从地面竖直起跳后指尖恰好碰到了篮球框，重力加速度g取10m/s2，不计空气阻力。

（1）他起跳时的速度多大？

（2）该次起跳前，他先下蹲使重心下降一定高度H，然后用力蹬地，使重心匀加速上升，此过程中地面对他的平均作用力大小为FN＝1560N，求H的值；

（3）落地时，该生采用双膝弯曲的方式进行自我保护，假设脚与地面缓冲的时间t＝0.2s，求该生在缓冲过程中受到地面对他的平均作用力F的大小。



【分析】根据动能定理求出其速度大小；根据牛顿第二定律和运动学公式求出位移；根据动量定理求出力的大小。

【解答】解：（1）该男生起跳高度为△h＝3.05m﹣2.25m＝0.8m

由



得：v＝4m/s

（2）该男生匀加速上升过程中有：FN﹣mg＝ma

v2＝2aH

联立可得：H＝0.5m

（3）对人缓冲过程由动量定理有：（mg﹣F）t＝0﹣mv

解得：F＝1800N

答：（1）他起跳时的速度4m/s；

（2）H为0.5m；

（3）该生在缓冲过程中受到地面对他的平均作用力F的大小为1800N。

【点评】本题主要考查动能定理和牛顿第二定律，结合运动学以及动量定理求解，此题属于小型综合题，比较基础。

40．（江苏模拟）如图所示为一个现代仿制的地动仪，龙口中的铜珠到蟾蜍口的距离为h，当感知到地震时，质量为m的铜珠（初速度为零）离开龙口，落入蟾蜍口中，与蟾蜍口碰撞的时间约为t，则铜珠对蟾蜍口产生的冲击力大小约为多少？



【分析】根据动能定理求解铜珠落到蟾蜍口的速度，根据动量定理求解铜珠对蟾蜍口产生的冲击力大小。

【解答】解：铜珠做自由落体运动，根据动能定理可得：mgh＝



解得铜珠落到蟾蜍口的速度为v＝



以竖直向上为正方向，根据动量定理可知：

Ft﹣mgt＝0﹣（﹣mv）

解得：F＝+mg。



答：铜珠对蟾蜍口产生的冲击力大小约为+mg。



【点评】本题主要是考查动量定理，利用动量定理解答问题时，要注意分析运动过程中物体的受力情况，知道合外力的冲量才等于动量的变化。

**五．解答题（共10小题）**

41．以相等大小的速度分别向竖直和水平方向抛出两个质量相等的物体，抛出时两个物体的动量是否相同？动能是否相同？

【分析】动量为矢量，大小用p＝mv来表示，其方向与速度方向相同，动能为标量，只有大小，用表示。



【解答】解：动量是矢量，有大小和方向，两者的动量大小p＝mv相同，但动量的方向不同，所以抛出时两个物体的动量不相同；

动能为标量，只有大小没有方向，两者的动能均为，所以两者抛出时的动能相同。



答：以相等大小的速度分别向竖直和水平方向抛出两个质量相等的物体，抛出时两个物体的动量不相同，但动能相同。

【点评】解决本题的关键是理解动量与动能的关系，前者为矢量而后者为标量。

42．自行车车架为什么用钢管而不用实心圆钢制成？

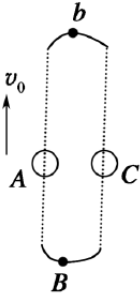
【分析】质量小的物体惯性小，机动灵活。

【解答】解：自行车车架用钢管而不用实心圆钢制成是为了减小自行车的质量，减小它的惯性，可以灵活骑行，有利于节省人的体力。

答：为了减小自行车的惯性。

【点评】质量是惯性大小的唯一量度，减小质量即减小了惯性。

43．小河上有一座小木桥，一杂技演员携带两个演出用的铁球，其总重力正好略大于小桥的最大承受力，为了能一次完成过桥．有人提议让演员像演出一样，将两球抛起并保证任何时刻至多有一个小球在手中，这样一边抛球一边过河，如图所示，问他能不能安全过去？



【分析】对球的运动进行分段研究，范围在空中的运动过程和与手相互作用的过程，与手作用的过程利用动量分析对手的作用力，从而可知演员对桥的作用力，与桥能承受的最大压力相比较，即可得知是否能安全过桥．

【解答】解：出手后球经历了“A→b→C”的过程，历时*t*1，以速度*v*0入手后球与手一起经历了一个由“*C*→*B*→*A*”的过程，历时*t*2，如题图所示．

设人的质量为*M*，每一个球的质量为*m*，桥的最大承受力为*F*N．由题可知（M+m）g＜FN＜（M+2m）g．

球竖直上抛过程中：*t*1＝



与手作用的过程中，由动量定理，得：

（F﹣mg）t2＝m*v*0﹣（﹣m*v*0）＝2m*v*0，

所以F＝+mg



由题可知：t2＜t1，

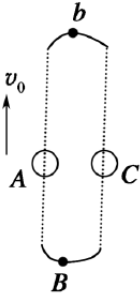
故有：F＝+mg＞+mg＝2mg



所以人对桥的压力为：F′＝F+Mg＞（M+2m）g＞FN

故按题设方案无法安全过河．

答：杂技演员不能安全过去．



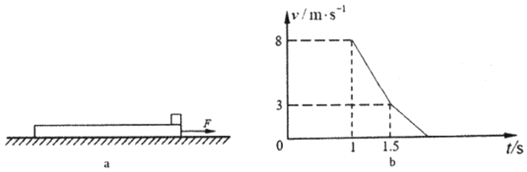
【点评】该题是一道趣味物理题，对于该类型的题首先是要确定物理模型，找出解答该题的需要的知识是解题的关键步骤．此类题能较好的开发学生的智力，能锻炼学生思考分析问题的能力，是非常不错的一道题．

44．（合肥二模）如图a所示，一足够长的木板静置于水平地面上，木板最右端放置一小物块。在t＝0时刻对木板施加一水平向右的恒力F，1s后撤去F，此后木板运动的v﹣t图像如图b所示。已知物块与木板的质量均为1kg，物块与木板间及木板与地面间均有摩擦。最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度g＝10m/s2。求：

（1）F的大小；

（2）撤去F直至木板停下的过程中，物块所受摩擦力的冲量大小；

（3）整个过程中木板与物块间因摩擦产生的内能。



【分析】（1）根据v﹣t图象判断物块和木板的加速度，结合牛顿第二定律求解物块和木板间、木板与地面间的动摩擦因数和F的大小；

（2）由牛顿第二定律和运动学公式判断木板的加速度和木板停下的时间，再根据I＝Ft求冲量；

（3）根据运动学公式求解两时间内物块和木板相对于地面的运动距离，判断相对位移求解摩擦产生的热量。

【解答】解：（1）假设0﹣1s内，物块与木板无相对滑动共同加速，则撤去F后，木板的v﹣t图象是一条倾斜直线，或者物块从木板右端滑出，均不符合题意，可见此过程中物块与木板相对滑动。

在1﹣1.5s内，物块加速、木板减速，设此过程中物块和木板的加速度大小分别为a1和a2，则

a1＝＝m/s2＝2m/s2，a2＝＝m/s2＝10m/s2



式中t＝1s，t1＝1.5s，v1＝3m/s、v2＝8m/s 分别为木板在t1、t时的速度大小

设物块和木板的质量为m，物块和木板间、木板与地面间的动摩擦因数分别为μ1、μ2，由牛顿第二定律得

μ1mg＝ma1，（μ1+2μ2）mg＝ma2

联立解得μ1＝0.2，μ2＝0.4

在0﹣1s内，设木板的加速度为a0，对木板，根据牛顿第二定律可得F﹣（μ1mg+2μ2mg）＝ma0

其中a0＝



联立解得F＝18N

（2）t1＝1.5s以后，物块和木板仍有相对滑动，设此过程中物块和木板的加速度大小分别为a1'和a2'，对物块和木板分别由牛顿第二定律可得μ1mg＝ma1′，（2μ2﹣μ1）mg＝ma2′

解得a1′＝μ1g＝0.2×10m/s2＝2m/s2，a2′＝（2μ2﹣μ1）g＝（2×0.4﹣0.2）×10m/s2＝6m/s2

设木板停下时刻为t2，由运动学公式得a2′＝



联立解得t2＝2s

故在撤去拉力至木板停下的过程中，物块先匀加速运动△t1＝t1﹣t＝1.5s﹣1s＝0.5s后，又匀减速运动△t2＝t2﹣t1＝2s﹣1.5s＝0.5s

这段时间内，摩擦力对其冲量为μ1mg△t1﹣μ1mg△t2＝0

（3）t1内，物块和木板相对于地面的运动距离分别为s1＝＝m＝2.25m，s2＝＝（）m＝6.75m，联立可得，物块相对于木板的位移的大小为s＝s2﹣s1＝6.75m﹣2.25m＝4.5m



至物块最终停下时间内，物块和木板相对于地面的运动距离分别为s1'＝＝m/s2＝2.25m/s2，s2'＝＝m/s2＝0.75m/s2



联立可得物块相对于木板的位移的大小为s′＝s1'﹣s2'＝2.25m﹣0.75m＝1.5m

则此过程中木板与物块间因摩擦产生的热量为Q＝μ1mg（s+s′）＝0.2×1×10×（4.5+1.5）J＝12J

答：（1）F的大小为18N；

（2）撤去F直至木板停下的过程中，物块所受摩擦力的冲量大小为0；

（3）整个过程中木板与物块间因摩擦产生的内能为12J。

【点评】本题要注意区别物块、木板相对于地面的运动距离和物块和木板的相对位移，热量的产生与相互接触的两物体的相对位移有关。

45．（北京学业考试）我国自主研制了运﹣20重型运输机。飞机获得的升力大小F可用F＝kv2表示，式中k是已知常量；v是飞机在平直跑道上的滑行速度。当升力与重力相等时，飞机的速度称为起飞离地速度。已知飞机装载货物后的总质量为m，重力加速度为g。

（1）求装载货物后，飞机起飞离地速度的大小v1；

（2）物理学中，力对时间的累积效应用冲量I表示，冲量是矢量，恒力f在时间△t内的冲量I＝f△t，其方向与恒力f的方向相同。若该飞机装载货物后，从静止开始加速滑行一段时间至起飞离地，将该过程看作匀加速直线运动。求在滑行过程中，飞机所受合力冲量的大小I合。

【分析】（1）飞机装载货物的前后，飞机受到的升力和飞机的重力大小相等，方向相反，以此求解飞机装载货物后的起飞离地速度；

（2）根据牛顿第二定律求解合外力，力f对时间△t的累积效应I＝f△t，求解机所受合力冲量的大小I合。

【解答】解：（1）飞机升力F与所受重力相等时，

达到起飞离地速度mg＝k



解得：v1＝



（2）飞机装载货物后，从静止开始匀加速运动至起飞离地，

根据牛顿第二定律F合＝ma

且v1＝0+at

力f对时间△t的累积效应I＝f△t，飞机在滑行过程中所受合力的冲量大小I合＝F合t

解得：I合＝m



（1）求装载货物后，飞机起飞离地速度的大小为；



（2）在滑行过程中，飞机所受合力冲量的大小为m。



【点评】解决该题需要知道当飞机起飞离地时，升力与重力相等时，冲量是力对时间的累积效应。

46．（三模拟）下雨天乘车时，观察车前倾斜的挡风玻璃上的雨水，会发现一些有趣的现象：有时雨水沿挡风玻璃向下流动，有时横向流动，而有时又向上流动。在水平道路上行驶的汽车，挡风玻璃与水平面成θ＝37°角，雨水可简化成附着在挡风玻璃上质量为m的一片树叶，无风的天气里，车辆行驶时，静止在挡风玻璃上的树叶受到水平方向空气的推力，推力方向与车前进方向相反，大小由车速v决定，且满足F＝kv2。只讨论树叶沿挡风玻璃向下或向上的运动，横向运动可视为静止，已知m＝0.01kg，k＝×10﹣3kg/m，取g＝10m/s2，cos37°＝0.8，sin37°＝0.6。



（1）若忽略树叶与玻璃间的摩擦力，求树叶静止在挡风玻璃上时车匀速运动的速度大小v0；

（2）若某次经精密测量发现当匀速运动的车速为v0时，原来静止在挡风玻璃上的树叶恰好开始沿挡风玻璃



向上运动，说明树叶与玻璃间有摩擦，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，求树叶与玻璃间的动摩擦因数μ；

（3）在（2）中的动摩擦因数μ条件下，当车以v＝20m/s的速度匀速运动时，原本被雨刷夹在挡风玻璃底部的树

叶突然失去雨刷的夹持。若挡风玻璃斜面长度l＝0.8m，忽略树叶在挡风玻璃上运动时速度的变化对空气推力的影响，树叶的运动看做是相对挡风玻璃的匀加速直线运动，求树叶由玻璃底部开始到离开挡风玻璃过程中合外力对树叶的冲量I。



【分析】根据平衡条件求得风力，再求速度。根据受力平衡求得摩擦了和μ。根据受力分析求得加速度，再根据匀变规律求得运动时间，最后根据冲量定义求得冲量。

【解答】解：（1）树叶静止时受力平衡沿玻璃斜面方向合外力为零，故有：F1cosθ﹣mgsinθ＝0

又F1＝k



代入数据解得：v0＝10m/s

（2）当车速为v0时，发现树叶恰好向上运动，此时为临界状态，树叶加速度为0，则，



F2cos θ﹣mgsin θ﹣μFN＝0

FN＝F2sinθ+mgcosθ

联立代入数据解得μ＝



（3）失去夹持时树叶相对挡风玻璃的初速度为零，树叶相对挡风玻璃做初速度为零的匀加速直线运动，设加速度为a，有：

l＝at2



Fcosθ﹣mgsinθ﹣μFN＝ma

FN＝Fsin θ+mgcosθ

F＝kv2

合外力对树叶的冲量为

I＝mat

代入数据，联立可解得：I≈4.8×10﹣2N•s，方向沿挡风玻璃斜面向上。

答：（1）车匀速运动的速度大小为10m/s；

（2）树叶与玻璃间的动摩擦因数为；



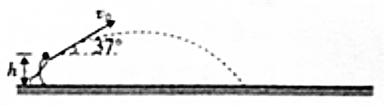
（3）合外力对树叶的冲量为4.8×10﹣2N•s，方向沿挡风玻璃斜面向上。

【点评】考查物体的平衡状态的受力分析及动量定理的应用。解题时，分析树叶运动的临界条件，把握临界条件的受力分析即可得到关键条件加速度，从而使问题得到解决。

47．（抚顺期末）如图所示，某人把质量m＝0.5kg的石块从h＝0.35m高处以α＝37°角斜向上方抛出，初速度大小v0＝3m/s，石块落到水平地面上。不计空气阻力，取重力加速度大小g＝10m/s2，sin37°＝0.6，求：

（1）石块落地时的速度方向与水平方向的夹角β；

（2）石块从抛出到刚落地过程中，重力对石块的冲量大小I。



【分析】（1）由机械能守恒定律及运动的合成与分解求得石块落地时的速度方向与水平方向的夹角β；

（2）根据运动的合成与分解以及动量定理求得石块从抛出到刚落地过程中，重力对石块的冲量大小I。

【解答】解：（1）石块在空中运动过程中，由机械能守恒定律得：+mgh＝



解得石块落地时的速度大小为：v＝4m/s

石块水平方向分速度大小为：v0x＝v0cosα

石块落地时的速度方向与水平方向的夹角的余弦值为：cosβ＝



解得石块落地时的速度方向与水平方向的夹角为：β＝53°

（2）石块初速度竖直分量大小为：v0y＝v0sinα

石块末速度竖直分量大小为：vy＝vsinβ

石块竖直方向动量的变化量大小为：△p＝mvy+mv0y

石块从抛出到落地过程中，根据动量定理得：I＝△p

代入数据解得重力对石块的冲量大小为：I＝2.5N•s

答：（1）石块落地时的速度方向与水平方向的夹角β为53°；

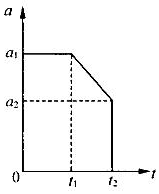
（2）石块从抛出到刚落地过程中，重力对石块的冲量大小I为2.5N•s。

【点评】本题考查的是斜抛运动问题，解决此题的关键是应用运动的合成与分解求解，同时熟练应用机械能守恒和动量定理求解。

48．（济南月考）嫦娥五号在月球采样返回是迄今为止我国执行的最为复杂的航天任务。“嫦娥五号”上升器从月球表面采集样本后在变推力发动机推动下加速运动至预设速度值，上升器加速上升过程中的加速度与时间的关系如图所示，0～t1阶段发动机以恒定推力F＝2940N运行，t1～t2加速度均匀减小。t1＝60s，a1＝0.5m/s2，t2＝120s，a2＝0.3m/s2；已知月球表面重力加速度约为g′＝1.6m/s2。求

（1）上升器与取样标本的总质量；

（2）t1～t2阶段上升器所受推力的冲量。



【分析】求上升器与取样标本的总质量，可依据0～t1阶段做匀加速运动，利用牛顿第二定律求解即可；t1～t2阶段上升器所受推力的冲量依据动量定理求解即可。

【解答】解：

（1）由牛顿第二定律：F﹣mg′＝ma1

即



（2）由动量定理得：I﹣mg′（t2﹣t1）＝m△v

由图像可知t1～t2阶段上升器速度改变量等于图像下包围的面积

即△v＝＝（0.5+0.3）×60×（m/s）＝24m/s



则I＝m△v+mg′（t2﹣t1）

即I＝（1400×24+1400×1.6×60）N.S＝1.68×105N•s

冲量的方向与上升的方向相同。

答：（1）上升器与取样标本的总质量为1400kg；

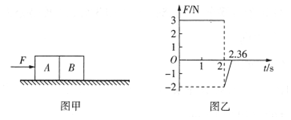
（2）t1～t2阶段上升器所受推力的冲量大小为1.68×105N•s，方向与上升的方向相同。

【点评】本题命题采用了新情景，切不可被其迷惑，牛顿定律、动能定理、动量定理是处理力学综合问题的三条基本思路，对解决力学问题或力电综合问题具有普遍适用性。

49．（二模拟）如图甲，质量分别为0.1kg和0.3kg的小物块A和B，紧挨着放在水平地面上，取水平向右为正方向，按图乙所示规律变化的水平力F作用在A上，使A、B一起由静止沿地面开始滑行。已知A，B与地面间的动摩擦因数均为0.5，取g＝10m/s2，最大静摩擦力与滑动摩擦力大小相等。求：

（1）A与B分离时的速度大小v以及B运动的总路程x；

（2）A与B分离后，A运动的时间tA。



【分析】根据分离的临界条件，对系统运用动量定理，即可得到速度，分别根据运动学求解分离前和分离后B的路程。AB分离后，对A运用动量定理，求出A运动的时间。

【解答】解：（1）t1＝2s时A与B开始分离。

0～2s内，根据动量定理有F1t1﹣μ（mA+mB）gt1＝（mA+mB）v﹣0

其中F1＝3N，t1＝2s

代入解得v＝5m/s

A、B一起做匀加速直线运动时，B运动的路程为：x1＝t1



得：x1＝5m

A与B分离后到停下的过程，根据动能定理有：﹣μmBgx2＝0﹣mBv2



代入数据解得：x2＝2.5m

故B运动的总路程为x＝x1+x2＝5m+2.5m＝7.5m

（2）设分离后A再经时间tA速度减为零，此时水平力为F2，从图象可以看出，直线的斜率k＝0.18，则：F2＝（tA﹣2）N



在tA时间内，水平力F2的冲量IA＝tA（N•s）



A与B分离后到停下的过程，根据动量定理有

﹣μmAgtA+IA＝0﹣mAv

解得tA＝0.3 s（另一解tA'＝0.6s，不合题意，舍去）

此时F2＝（×0.3﹣2）N＝﹣N，



由于|F2|＜μmAg，所以A静止不动。

答：（1）A与B分离时的速度大小为5m/s，B运动的总路程为7.5m；

（2）A与B分离后，A运动的时间为0.3s。

【点评】考查动量定理的应用。在使用动量定理求解本题的过程中，要判断在F减为零之前物体是否停止运动。

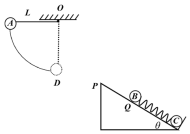
50．（青羊区校级模拟）如图所示，固定在水平面上倾角θ＝37°的光滑斜面底端有一垂直于斜面的挡板，可看成质点的小球A、B、C质量均为m＝2kg，小球B、C通过一劲度系数k＝57.6N/m的轻质弹簧相连，初始时，球B、C处于静止状态，球A拴在绳长为L＝0.8m一端，绳子的另一端固定在O点，将A拉到O点的等高处由静止释放，当球A运动到最低点时，绳子恰好断掉，球A被水平抛出，恰好无碰撞地由P点滑上斜面，继续运动xPQ＝m后与静止于Q点的球B相碰，碰撞时间极短，碰后A、B粘在一起，已知不计空气阻力，重力加速度g＝10m/s2，sin37°＝0.6，cos37°＝0.8．求：



（1）绳子的最大承受拉力的大小Fm；

（2）碰撞前后损失的机械能；

（3）设从球A、B粘在一起到球C恰好离开挡板这一过程经历了时间t＝2s，则这一过程中弹簧对球AB的冲量大小I为多少？（弹簧始终处于弹性限度内）



【分析】（1）小球A从开始到D点满足机械能守恒，计算出到达D点的速度，然后根据牛顿第二定律可以得到绳子承受的拉力；

（2）先根据能量关系计算出小球A到达Q时的速度，根据动量守恒定律计算出碰撞后的共同速度，然后根据能量守恒定律即可得到损失的能量；

（3）当弹簧的拉力等于小球C的重力沿斜面向西的分力时，C刚好离开挡板，计算出此时A、B球的共同速度，然后根据动量定理即可得到弹簧对AB球的冲量。

【解答】解：（1）设小球A到最低点D的速度为vD，小球A从开始到最低点的过程中，只有重力做功，根据机械能守恒定律得



在最低点由牛顿第二定律得



代入数据解得：Fm＝3mg＝60N，vD＝4m/s

（2）当A球离开D点后，A球做平抛运动，设到达P点的速度为vP，其速度正好沿斜面向下，则



小球A从P到Q过程中只有重力做功，设小球A到达Q时的速度为vQ，根据动能定理得



代入数据解得：vQ＝6m/s

A球与B球组成的系统在碰撞过程中动量守恒，规定A球的初速度方向为正方向，设碰撞后的共同速度为vAB，由动量守恒定律可得

mvQ＝2mvAB

代入数据解得：vAB＝3m/s

故碰撞后损失的机械能为：



（3）设在碰撞前弹簧的压缩量为x1，由平衡条件得

kx1＝mgsin37°

当C恰好离开挡板时，弹簧处于伸长状态，设伸长量为x2，对C由平衡条件得

kx2＝mgsin37°

从A、B碰撞结束到C刚好离开挡板，设此时A、B的共同速度为vAB′，在此过程中根据能量守恒定律可得



代入数据解得：vAB′＝2m/s

从A、B碰撞完到C离开挡板，设弹簧对A、B的冲量为I，规定沿斜面向上的方向为正方向，由动量定理得

﹣2mgsin37°+I＝2mvAB′﹣（﹣2mgvAB）

代入数据解得：I＝68N•s。

答：（1）绳子的最大承受拉力的大小Fm为60N；

（2）碰撞前后损失的机械能为18J；

（3）这一过程中弹簧对球AB的冲量大小I为68N•s。

【点评】这是一道过程复杂的压轴题，涉及到的过程多，用到的公式定理也比较多，所以需要仔细分析每一个过程，对每一个过程写出相应定理的方程。一开始A球做的是圆周运动，绳子断了以后是平抛运动，然后到斜面上匀加速运动，与静止在Q点的B球碰撞，又通过弹簧与C球发生相互作用。