## 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．

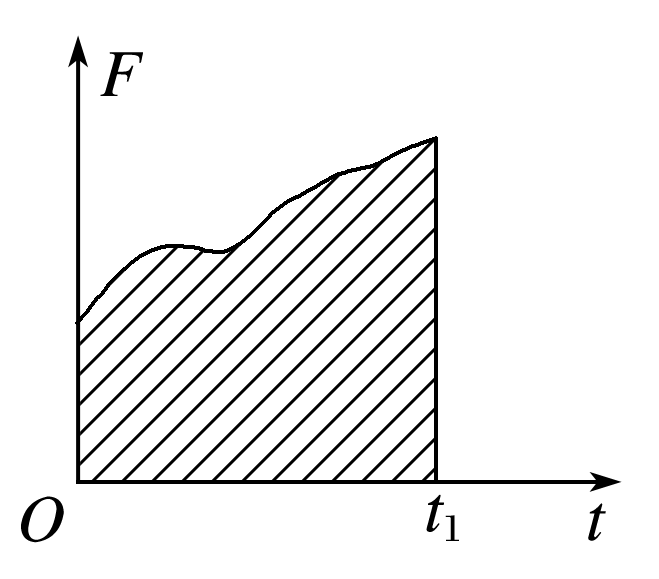


图1

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(　　)

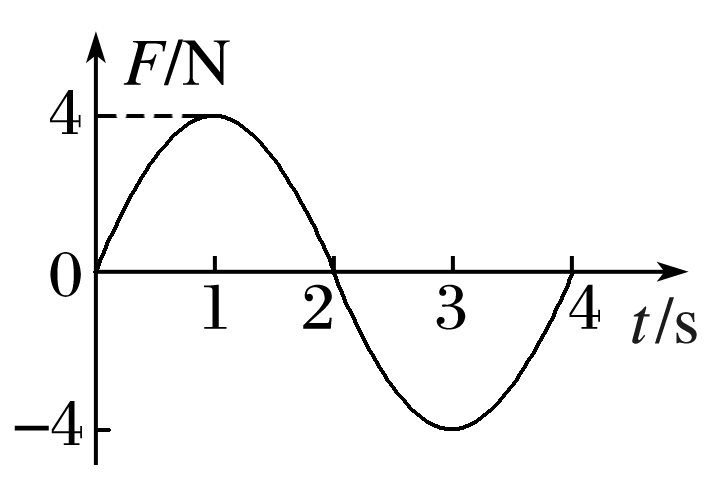


图2

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(　　)

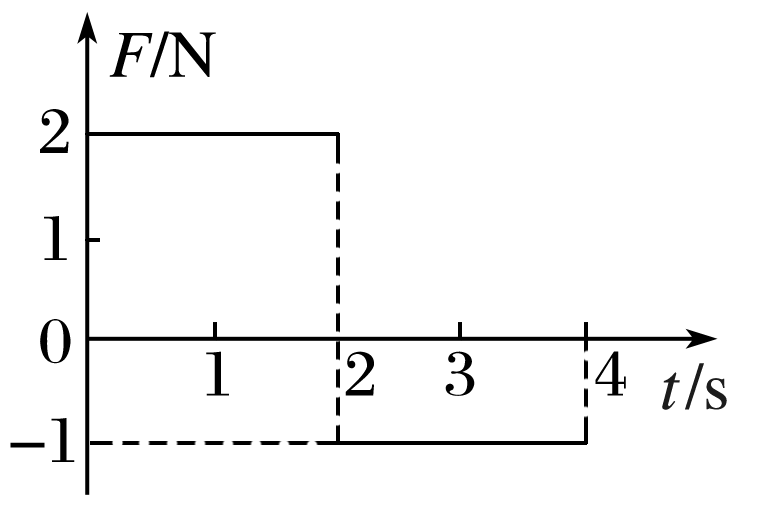


图4

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．（泸县校级期中）关于动量下列说法正确的是（　　）

A．一个物体不可能具有机械能而无动量

B．一个物体可能具有机械能而无动量

C．一个物体可能具有动能而无动量

D．一个物体可能具有动量而无动能

【分析】机械能包含动能和势能。物体有动能时必然有速度，因此一定有动量。反之亦然。

【解答】解：机械能包含动能和势能，有动能，运动速度一定不为零。

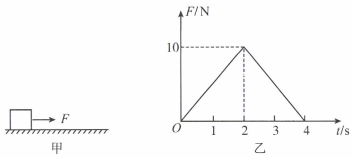
AB、一个只有势能的物体，速度为零，故无动量，但具有机械能，故A错误，B正确。

CD、物体有动能，则速度不为零，动量也不能为零。有动量则速度不为零，故动能也不为零。故CD错误。

故选：B。

【点评】考查动能和动量的关系。解题时把握动能和动量的共同点，即速度不为零，以此判断各个选项即可。

2．（山东模拟）一质量为m＝1kg的物块静止在水平地面上，如图甲所示。现对物块施加一水平向右的拉力F，通过力传感器测得其大小随时间的变化关系如图乙所示。已知物块与地面间的动摩擦因数μ＝0.5，且可认为最大静摩擦力等于滑动摩擦力，g取10m/s2。则在物块开始运动后的整个运动过程中（　　）



A．物块的加速度先增大后减小

B．拉力F的功率先增大后减小

C．物块与地面间产生的摩擦内能与时间成正比

D．物块将在拉力F减为零后，继续向前运动1.5s停下来

【分析】（1）分析物块的受力情况，确定合外力的变化情况，从而判断出加速度的变化情况；

（2）根据动量定理求出2s时，和3s时拉力的功率，结合0∽1s物块静止不动，和最后3s后拉力及速度都减小，可分析总个过程拉力的功率变化；

（2）物块与地面间摩擦产生的内能为Q＝μmgx，x是物块的位移；

（4）根据牛顿第二定律和速度变化量公式求出撤去拉力时速度，再求物块继续滑行的时间。

【解答】解：A、物块受到的滑动摩擦力大小为f＝μmg＝0.5×1×10N＝5N，由图可知当0＜t＜1s时，F≤5N，物块受静摩擦力作用，受力平衡，加速度为零；

当t＞1s时，物块受到拉力F＞5N，对物块受力分析，物块受滑动摩擦力和外力F，根据牛顿第二定律得F﹣f＝ma，F先增大后减小，则加速度先增大后减小；

当t＝3s时，物块受力平衡，加速度为零；

当3s＜t＜4s，物块f＞F，对物块牛顿第二定律可知：f﹣F＝ma，当F减小时，加速度增大；

当t＞4s，物体只受滑动摩擦力作用，加速度恒定。

故整个过程，物块的加速度先增大，后减小，然后反向增加，最后恒定加速度不变，直到物块静止，故A错误；

B、拉力F的功率为P＝Fv，在0∽1s内，物块静止不动，故P1＝0；

在1s∽2s内，根据动量定理可知t1﹣ft1＝mv2，在2s时，×1﹣5×1＝1×v2，解得v2＝2.5m/s，P2＝F2v2＝10N×2.5m/s＝25W



在2s∽3s内，根据动量定理可知t2﹣ft2＝mv3﹣mv2，在3s时，×1﹣5×1＝1×v3﹣1×v2，解得v3＝5m/s，P3＝F3v3＝5N×5m/s＝25W



在3s后，F减小，v减小，则功率P＝Fv减小

综上所述，整个运动过程中，拉力F的功率先增大后减小，故B正确；

C、物块与地面间摩擦产生的内能为Q＝μmgx，由于物块做的是非匀速运动，x与t不成正比，可知Q与t不成正比，故C错误；

D、1﹣4s内拉力F的冲量为I′F＝（+）N•s＝17.5N•s，设拉力F减为零时速度为v′，则有I′F﹣μmgt′＝mv′﹣0，t′＝3s，解得v′＝2.5m/s



因此，在拉力F减为零后，物块将继续向前运动的时间为t″＝＝s＝0.5s，故D错误。



故选：B。

【点评】解决本题的关键要根据牛顿第二定律和速度变化量公式相结合，分析知道F﹣t图象与时间轴所围的面积表示F的冲量，分段运用动量定理求物体的速度。

3．（威海一模）离子推进器是新一代航天动力装置，可用于卫星姿态控制和轨道修正。推进剂从图中P处注入，在A处电离出正离子，已知B、C之间加有恒定电压U，正离子进入B时的速度忽略不计，经加速形成电流为I的离子束后喷出推进器，单位时间内喷出的离子质量为J．为研究问题方便，假定离子推进器在太空中飞行时不受其他外力，忽略推进器运动速度。则推进器获得的推力大小为（　　）



A． B． C． D．



【分析】根据动能定理qU＝mv2可得速度大小，再根据动量定理得到推进器获得的推力大小的表达式，题目中告诉了单位时间内喷出的离子的质量J，而J＝Nm，所以要求出单位时间内射出的离子的数量N，而N＝nvs，其中n代表离子的密度，v表示离子的速度，s表示推进器的横截面积，而nqv容易让我们联想到电流的微观表达式I＝nqsv，而本题中电流I为已知量，这样就得到了＝，代入求出推进器获得的推力大小。



【解答】解：设一个正离子的质量为m，电荷量为q，加速后的速度为v，

根据动能定理，有qU＝mv2…①



设离子推进器在△t时间内喷出质量为△M的正离子，并以其为研究对象，推进器获得的推力为F，推进器对△M的作用力为F'，

由动量定理，有F'△t＝△Mv…②

由牛顿第三定律知F'＝F…③

设加速后离子束的横截面积为S，单位体积内的离子数为n，根据电流的微观表达式有I＝nqvs…④

单位时间内喷出离子的个数N＝nvs

单位时间内喷出离子的质量J＝nmvs…⑤

由④、⑤可得＝，



又J＝…⑥



解得：F＝，故A正确、BCD错误。



故选：A。

【点评】本题主要是考查动量定理、电流的微观表达式、动能定理等知识，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。

4．（河南模拟）在研究竖直上抛运动时，某同学将一个小球从地面竖直抛出，初速度大小为v0，理论计算时，忽略空气阻力，得出落地时速度大小为v1，运动时间为t1．如果空气阻力不能忽略，落地时末速度大小为以v2，运动时间为t2．已知受到的空气阻力的大小与速度的大小成正比，重力加速度大小为g。两个运动过程中，平均速度分别为与，路程分别为s1与s2．请帮助该同学判断下列式子不正确的是（　　）



A．v1＝v0， B．v2＜v0，



C．＝，t2＜t1 D．s2＞s1，t2＞t1



【分析】小球在上升过程中做减速运动，下降过程中做加速运动，由于阻力随速率的变化而变化，实际上上升过程和下降过程加速度都在变化，根据动量定理和动能定理求解运动的时间。

【解答】解：A、不计空气阻力时，v0＝v1，，位移x1＝0，则，路程，故A正确；



B、考虑空气阻力时，根据能量守恒定律，由于摩擦生热，v0＞v2，位移x2＝0，则，取竖直向下为正方向，由动量定理可知，上升过程中



有动能定理可知，



下降过程中，，，



总时间，故BC正确，D不正确。

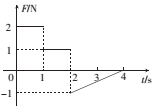


本题选不正确的。

故选：D。

【点评】本题考查物体运动问题，关键是利用动量定理和动能定理综合分析。

5．（十堰月考）一质量为0.5kg的物块静止在水平地面上，物块与水平地面间的动摩擦因数为0.2．现给物块一水平方向的外力F，F随时间t变化的图线如图所示，若最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度为10m/s2，则（　　）



A．t＝1s时物块的动量大小为2kg•m/s

B．t＝1.5s时物块的动量大小为2kg•m/s

C．t＝（6﹣2）s时物块的速度大小为0.5m/s



D．在3s～4s的时间内，物块受到的摩擦力逐渐减小

【分析】根据动量定理可知，合外力的冲量等于物块的动量，据此分析t＝1s，t＝1.5s时，物块的动量。

由动量定理求出物块速度减至零的时间。

根据物块的运动状态分析在3s～4s的时间内摩擦力的变化情况。

【解答】解：A、根据动量定理可得，合外力的冲量等于物块的动量，t＝1s时物块的动量大小为p1＝Ft1﹣μmgt1＝（2×1﹣0.2×0.5×10×1）kg•m/s＝1kg•m/s，故A错误。

B、同理，根据动量定理可得，t＝1.5 s时物块的动量大小为p1.5＝Ft1.5﹣μmgt1.5＝（2×1+1×0.5﹣0.2×0.5×10×1.5）kg•m/s＝1kg•m/s，故B错误。

C、设t时刻物块的速度为零，由动量定理得：IF﹣μmgt＝0﹣0，

图象在2s～4s内，F＝0.5t﹣2（N）

根据F﹣t图象与t轴所围的面积表示冲量，可得： （N•s）



联立解得：t＝（6﹣2）s，故C错误。



D、因为t＝（6﹣2）s属于2s～3s的时间段，所以在3s～4s的时间内，物块静止，随着F的减小，物块受到的摩擦力逐渐减小，故D正确。



故选：D。

【点评】此题考查了动量定理的应用，解决本题的关键是明确F﹣t图象中，图象与时间轴所围的面积表示冲量，运用动量定理求时间是常用的方法。

6．（新泰市校级月考）某一水平力F＝1000N，对竖直固定的墙壁作用，作用时间为t1＝10s、t2＝1h，若其力对应的冲量分别为I1、I2，则（　　）

A．I1＝I2＝0

B．I1＝104 N•s；I2＝3.6×106 N•s

C．I1＝103 N•s；I2＝102 N•s

D．以上都不正确

【分析】水平力F为恒力，在作用时间内，根据恒力冲量的公式求解对应的冲量。

【解答】解：水平力F＝1000N，作用时间为t1＝10s、t2＝1h，

则对应的冲量I1＝Ft1＝1000×10N•s＝104 N•s，I2＝Ft2＝1000×3600N•s＝3.6×106 N•s，故B正确，ACD错误；

故选：B。

【点评】本题考查了恒力冲量的计算，解题的关键是作用时间的确定，根据恒力冲量公式求解。

7．（安义县校级月考）2019年4月24日亚洲田径锦标赛男子110米栏决赛中，中国选手谢文骏发挥出色，跑出13秒21夺得冠军。打破了刘翔在2011年创下的13秒22赛会纪录，同时也是这个项目今年的世界最好成绩。关于谢文骏的运动过程分析正确的是（　　）



A．在冲线时可以将谢文俊当成质点

B．由题意可以求出谢文俊跑动过程中的平均速度

C．运动过程中地面对运动员的冲量为零

D．谢文俊在加速过程中，惯性逐渐增大

【分析】当物体的形状和大小对所研究的问题没有影响时，物体就可以看成质点；

根据平均速度的定义分析；

运动过程中，地面对运动员的作用力不为零；

惯性由质量决定。

【解答】解：A、当物体的形状和大小对所研究的问题没有影响时，物体就可以看成质点，冲线时，运动员的头部、脚部等部位过线，即表示冲线成功，故此时不能看作质点，故A错误；

B、位移为110m，时间为13s21，故平均速度v＝＝8.3m/s，故B正确；



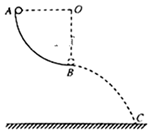
C、运动过程中，地面提供支持力和摩擦力，根据冲量的公式可知，I＝Ft，时间t不为零，则地面对运动员的冲量不为零，故C错误；

D、质量是惯性的唯一量度，谢文俊在加速过程中，惯性不变，故D错误。

故选：B。

【点评】本题考查了质点、冲量和平均速度的计算，解题的关键是理解运动过程中，地面提供支持力和摩擦力，两个力不做功，当存在冲量。

8．（柳东新区校级月考）有一个竖直固定放置的四分之一光滑圆弧轨道，轨道圆心O到地面的高度为5m，小球从轨道最高点A由静止开始沿着圆弧轨道滑下，从轨道最低点B离开轨道，然后做平抛运动落到水平地面上的C点，B点与C点的水平距离也等于5m，则下列说法正确的是（　　）



A．根据已知条件可以求出该四分之一圆弧轨道的轨道半径为1m

B．当小球运动到轨道最低点B时，轨道对它的支持力等于重力的4倍

C．小球做平抛运动落到地面时的速度与水平方向夹角θ的正切值tanθ＝1

D．小球在圆弧轨道上运动的过程中，重力对小球的冲量在数值上大于圆弧的支持力对小球的冲量

【分析】小球先做圆周运动，然后做平抛运动，根据动能定理和运动的合成与分解求解各个过程中的不同物理量。

小球从A运动到B，合外力冲量水平向右，支持力的冲量在竖直方向的分量与重力的冲量大小相等。

【解答】解：A、小球到达B的过程中应用动能定理：



解得在最低点速度：



小球做平抛运动时，竖直方向：



水平方向：h＝vt

解得R＝2.5m，故A错误；

B、小球在B点受到的支持力与重力的合力提供向心力，则：



解得FB＝3mg，故B错误；

C、设小球做平抛运动位移与水平方向夹角为α，则



因为：tanθ＝2tanα

所以tanθ＝1，故C正确；

D、小球从A运动到B，合外力冲量水平向右，则支持力的冲量在竖直方向的分量与重力的冲量大小相等，故支持力冲量在数值上大于重力的冲量，故D错误。

故选：C。

【点评】小球的运动分为两个过程，分析清楚两个过程中各个力做功的情况后，可以用动能定理列式求解，不同的运动过程之间，速度的大小和方向很关键。

9．（诸暨市校级期中）质量为0.5kg的钢球从5.0m高处自由落下，与地面相碰后竖直弹起到达4.05m高处，整个过程经历2.0s，则钢球与地面碰撞时受到地面对它的平均作用力为（g＝10m/s2）（　　）

A．5.0 N B．90 N C．95 N D．100 N

【分析】先根据动能定理或机械能守恒定律求出钢球碰撞地面前的速度v1和碰撞地面后的速度v2，根据自由落体运动的规律求出碰撞前的运动时间和碰撞后的运动时间，也就求出了碰撞过程的时间。分析钢球与地面作用过程中受哪些力，根据动量定理F合t＝mv2﹣mv1，可求出钢球受到地面给它的平均作用力的大小。

【解答】解：在整个过程中，规定竖直向下为正方向。

①钢球与地面碰撞前做自由落体运动，根据机械能守恒有：

mgh1＝mv12



所以球落地时的速度为：v1＝10m/s

t1＝＝1s



②钢球碰撞后向上做竖直上抛运动，根据机械能守恒定律有：mgh2＝mv22



所以钢球弹起，刚离地时的速度为：v2＝﹣9m/s。

t2＝＝0.9s



所以在钢球与地面碰撞过程中，所用的时间：△t＝2﹣1﹣0.9＝0.1s

运用动量定理有：（mg﹣FN）•△t＝mv2﹣mv1

代入数据得：（0.5×10﹣FN）×0.1＝0.5×（﹣9﹣10）

所以有：FN＝100N

故选：D。



【点评】在用动量定理解题的时候要注意动量定理是矢量式，一定要规定正方向。不难。

10．（朝阳区期中）蹦极是勇敢者的体育运动。设运动员离开跳台时的速度为零，从自由下落到弹性绳刚好被拉直为第一阶段；从弹性绳刚好被拉直到运动员下落至最低点为第二阶段。不计空气

阻力。下列说法正确的是（　　）

A．第一阶段重力的冲量和第二阶段弹力的冲量大小相等

B．第一阶段重力的冲量和第二阶段合力的冲量大小相等

C．第一、第二阶段重力的总冲量大于第二阶段弹力的冲量

D．第一阶段运动员的速度不断增大，第二阶段运动员的速度不断减小

【分析】第一阶段，运动员只受重力，不受弹力作用，第二阶段，运动员受到重力和弹力作用；

根据动量定理重力和弹力冲量的关系。

【解答】解：AC、整个下落过程中，只有重力和弹力有冲量；由于初、末速度都为零，动量变化量为零，根据动量定理，总冲量为零，则第一、第二阶段，重力对运动员的总冲量大小等于弹力的冲量大小，则第一阶段重力的冲量应小于第二阶段弹力的冲量大小。故AC错误；

B、根据动量定理可知，第一阶段重力对运动员的冲量和第二阶段合力对运动员的冲量大小相等，方向相反，故B正确；

D、从弹性绳刚好被拉直到运动员下落至最低点为第二阶段，开始的一段时间内，重力大于弹力，运动员速度仍增大，故D错误。

故选：B。

【点评】本题考查了动量定理的相关知识，解题的关键是公式的灵活运用，合外力的冲量等于动量的变化。

**二．多选题（共10小题）**

11．（孟津县校级月考）质量为m的物体以初速度v0做平抛运动，经过时间t，下落的高度为h，速度大小为v，不计空气阻力，在这段时间内，该物体的动量的变化量大小为（　　）

A．mv﹣mv0 B．mgt C．mv D．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。

末位置的动量为mv，初位置的动量为mv0，根据三角形定则，知动量的变化量△P＝mvy＝m＝m，故AC错误，BD正确；



故选：BD。

【点评】本题考查了求物体动量的变化，应用动量定理、动量计算公式即可正确解题。

12．下列关于同一个物体的动量和动能的说法中，正确的是（　　）

A．动量不变，其动能一定不变

B．动量不变，其动能可能改变

C．动能不变，其动量一定不变

D．动能变了，动量一定变

【分析】动量是矢量，有大小，由方向；动能是标量，只有大小，没有方向；根据动量与动能的关系分析答题。

【解答】解：AB、物体的动量不变，根据Ek＝ 知，物体的动能不变，故A正确，B错误；



C、物体的动能不变，速度大小不变，但是速度方向可能改变，则动量可能改变，故C错误；

D、物体的动能变化，根据p＝ 知，由于同一个物体，则质量不会改变，速率变化，则动量一定变化，故D正确；

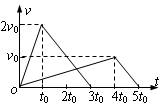


故选：AD。

【点评】本题考查了动量与动能的关系，知道P＝，知道动量是矢量、动能是标量即可正确解题。



13．（龙凤区校级期中）质量相等的高铁列车与普通列车分别受到恒定动力F1、F2的作用从静止开始做匀加速运动，在t0和4t0时刻的速度分别达到2v0和v0时，撤去F1和F2，此后两列车继续做匀减速运动直至停止，两列车运动速度随时间变化的图线如图所示。设两次摩擦力的冲量分别为If1、If2，摩擦力做的功分别为Wf1、Wf2，F1和F2的冲量分别为I1、I2，F1和F2做的功分别为W1、W2，下列结论正确的是（　　）



A．If1：If2＝3：5 B．Wf1：Wf2＝3：5

C．I1：I2＝3：5 D．WA：W2＝5：6

【分析】（1）摩擦力的冲量等于摩擦力乘以时间，撤去外力之后物体只受摩擦力，根据图象可判断摩擦力大小，进而求出两次摩擦力冲量之比；

（2）摩擦力做功等于摩擦力乘以位移，位移可从v﹣t图中求出；

（3）对列车全过程利用动量定理求出恒力的冲量之比；

（3）对列车全过程利用动能定理，可求出恒力做的功。

【解答】解：A、撤去动力后列车只受摩擦力作用，由图象可知撤去外力后加速度相等，则两列车受到的摩擦力相等，两列车全程的时间之比为t1：t2＝3：5，

则两次摩擦力的冲量If1：If2＝3：5，故A正确；

B、因v﹣t图线与t轴围城的面积表示位移，故两列车全程的位移之比x1：x2＝6：5，故摩擦力做的功之比Wf1：Wf2＝fx1：fx2＝6：5，故B错误；

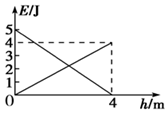
C、对列车全过程利用动量定理，由I1﹣If1＝0，I2﹣If2＝0，故I1：I2＝If1：If2＝3：5，故C正确；

D、对列车全过程利用动能定理：W1﹣Wf1＝0，W2﹣Wf2＝0，故W1：W2＝6：5，故D错误。

故选：AC。

【点评】本题考查动量定理，动能定理和冲量的综合运用，关键在于能读懂v﹣t的隐含信息，本题的隐含信息为摩擦力相等。

14．（重庆模拟）将小球以10m/s的初速度从地面竖直向上抛出，取地面为零势能面，小球在上升过程中的动能Ek、重力势能Ep与上升高度h间的关系分别如图中两直线所示（g取10m/s2）。下列说法正确的是（　　）



A．小球的质量为0.1kg

B．小球上升到3m时，重力势能与动能之差为1.5J

C．小球动能与重力势能相等时的速度大小为



D．上升到最高点的过程，小球受到的阻力（不包括重力）的冲量大小为0.25N•s

【分析】由图象可得最高点的高度，以及重力势能，由重力势能表达式可得质量。

由除了重力之外的其他力做功等于机械能的变化可以得到摩擦力大小，对小球由动能定理可得小球动能与重力势能相等时的速度大小。

结合图象中的数据，分别求出h＝3m处小球的动能和重力势能，然后求差即可。

根据牛顿第二定律求解加速度，根据冲量公式计算冲量大小。

【解答】解：A、小球上升过程中，重力势能增加，在最高点，Ep＝mgh，得：m＝＝kg＝0.1kg，故A正确；



B、由图可知，在h＝3m处，小球的重力势能是3J，动能是J＝3.75J，所以小球上升到3m时，动能与重力势能之差为3.75J﹣3J＝0.75J，故B错误；



C、根据功能关系可知，除重力以外其他力做功等于机械能的变化量，﹣fh＝E高﹣E低＝4J﹣5J＝1J，其中h＝4m，解得：f＝0.25N，

设小球动能和重力势能相等时的高度为H，此时有：mgH＝mv2，由动能定理：﹣fH﹣mgH＝mv2﹣mv02，得：v＝m/s，故C正确；



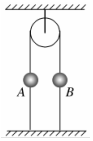
D、根据牛顿第二定律可知，mg+f＝ma，解得：a＝12.5m/s2，小球上升到最高点的时间：t＝＝0.8s，小球受到的阻力的冲量大小：I＝ft＝0.2N•s，故D错误。



故选：AC。

【点评】此题考查了动能定理的应用，该题首先要会从图象中获得关键信息，这种图象类型的题目，要关注图象的交点，斜率等，明确其含义，能够有利于解题。

15．（晋中一模）如图所示，一轻绳两端贯穿质量分别为mA＝2kg、mB＝4kg的A、B两小球，并悬挂于定滑轮两侧且等高，距地面均为25m处，两侧轻绳下端恰好触地。已知两小球与轻绳间的最大静摩擦力均等于其重力的0.5倍，且最大静摩擦力等于滑动摩擦力。两小球同时由静止开始向下释放，g取10m/s2，不计细绳与滑轮间的摩擦及空气阻力，则下列说法正确的是（　　）



A．A小球与细绳间相对静止，B小球与细绳间相对滑动

B．A小球比B小球先落地

C．A、B两小球与轻绳摩擦力为零瞬间的动量之比为1：3

D．两小球损失的机械能总量为250J

【分析】对两球受力分析，根据牛顿第二定律分别求出A、B的加速度；明确两小球的运动过程，利用运动学公式求解落地时间；根据机械能守恒定律求解落地时的动能，进而求整个过程机械能的损失量。

【解答】解：A、由于A、B两球对细绳的摩擦力必须等大，且A、B的质量不相等，且mA＝2kg、mB＝4kg，则

fAmax＝0.5mAg＝10N＜fBmax＝0.5mBg＝20N，故A球由静止释放后与细绳间为滑动摩擦力，B与细绳间为静摩擦力，A小球与细绳间相对滑动，B小球与细绳间相对静止，故A错误；

B、对A：mAg﹣fA＝mAaA，

对B：mBg﹣fB＝mBaB，fA＝fB，fA＝0.5mAg，

联立解得：aA＝5m/s2，aB＝7.5m/s2

设A球经过时间t与细绳分离，此时，A、B下降的高度分别为hA、hB，速度分别为VA、VB，

则有hA＝，hB＝，H＝hA+hB，vA＝aAt，vB＝aBt；



联立解得：t＝2s，hA＝10m，hB＝15m，VA＝10m/s，VB＝15m/s，

分离后，对A经t1落地，则有：15＝10t1+；



对B经t2落地，则有10＝15t2，



解得：t1＝1s，t2＝，所以B球先落地，故B错误；



C、A、B两小球与轻绳摩擦力为零瞬间为小球与绳子分离的瞬间，此时VA＝10m/s，VB＝15m/s，则PA＝20kg•m/s，PB＝60kg•m/s，故动量之比为1：3，故C正确。

D、A、B落地时的动能分别为EkA、EkB，A、B与绳分开到落地根据机械能守恒得：

，；



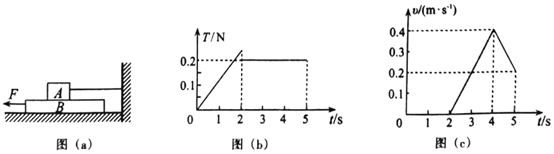
代入数据得：EkA＝400J、EkB＝850J，

两球损失的机械能总量为△E，△E＝（mA+mB）gH﹣EkA﹣EkB，代入数据得：△E＝250J，故D正确。

故选：CD。

【点评】解决本题的关键理清A、B两球在整个过程中的运动规律，结合牛顿第二定律和运动学公式及机械能守恒定律综合求解，知道加速度是联系力学和运动学的桥梁。要注意明确A和绳之间的滑动摩擦力，而B和绳之间的为静摩擦力。

16．（太原期末）图（a）中，质量相同的物块A和木板B（足够长）叠放在光滑水平面上，A用一不可伸长的水平细绳固定在竖直墙壁上。t＝0时，B受到水平外力F的作用；t＝4s时撤去外力。细绳对A的拉力T随时间t变化的关系如图（b）所示，B的速度v与时间t的关系如图（c）所示，取g＝10m/s2，可以得出（　　）



A．物块和木板间的动摩擦因数为0.02

B．0～2s内，力F对木板B的冲量为0

C．2s～4s内，力F对木板B做功0.08J

D．在B运动的整个过程中，A与B间产生的热量为0.16J

【分析】分析图象可知，0～2s内，整体静止，2s～4s内，木板在力F和摩擦力作用下加速运动，4s以后，木板在摩擦力作用下减速运动到零。

根据冲量的定义计算力F对木板B的冲量。

根据恒力做功的公式求解恒力做功。

根据功能关系求解系统产生的热量。

【解答】解：A、根据图象可知，2s后，物块A与木板B发生相对滑动，物块A受到滑动摩擦力作用，处于平衡状态，T＝f＝0.2N，在4s后撤去外力，分析木板B，水平面光滑，此时木板B在水平方向上只受到A对它的滑动摩擦力的作用，f'＝0.2N，此时木板B的加速度大小为：a2＝＝0.2m/s2，根据牛顿第二定律可得：f'＝ma2，解得木板B的质量m＝1kg，物块和木板间的动摩擦因数μ＝＝0.02，故A正确。



B、0～2s内，整体处于静止状态，受力平衡，水平外力F的大小始终等于绳子的拉力，绳子的拉力T增大，则力F增大，分析木板B可知，力F对木板B的冲量不为0，故B错误。

C、2s～4s内，木板B的加速度为：a1＝m/s2＝0.2m/s2，根据牛顿第二定律可得：F﹣f'＝ma1，解得：F＝0.4N，



这段时间内，木板B的位移等于v﹣t图象围成的面积为位移，有：x＝m＝0.4m，力F对木板B做功为：W＝Fx＝0.16J，故C错误。

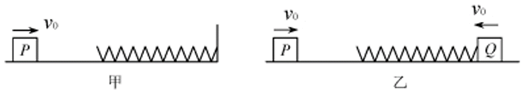


D、根据功能关系可知，力F克服摩擦力做功，产生热量为：Q＝W＝0.16J，在B运动的整个过程中，A与B间产生的热量为0.16J，故D正确。

故选：AD。

【点评】此题考查了牛顿第二定律的综合应用，关键是弄清楚物体的运动过程和受力情况，利用牛顿第二定律或运动学的计算公式求解，知道加速度是联系静力学和运动学的桥梁。

17．（天山区校级月考）如图甲所示，在光滑水平面上，轻质弹簧一端固定，物体P以速度v0向右运动并压缩弹簧，测得弹簧的最大压缩量为x；现将弹簧一端连接另一质量为m的物体Q，物体P、Q都以v0的速度相向运动并压缩弹簧（如图乙所示），测得弹簧的最大压缩量仍为x，则（　　）



A．弹簧压缩量最大时弹性势能为1.5mv02

B．图乙中，在弹簧压缩过程中，P、Q组成的系统动量改变量大小为2mv0

C．图乙中，在弹簧压缩过程中，弹簧的弹力对P、Q的冲量大小相等

D．图乙中，在弹簧压缩过程中，弹簧的弹力对P、Q做的功数值相等

【分析】甲图中：水平面光滑，物块压缩弹簧时，物块的动能转化为弹簧的弹性势能，弹簧被压缩过程中最大的弹性势能等于物块的初动能。

乙图中：P、Q速度相等时，弹簧的弹性势能最大，由动量守恒定律与能量守恒定律可以求出最大弹性势能的表达式，然后求出P的质量及最大弹性势能值；

由冲量，功的定义求冲量及功。

【解答】解：当弹簧固定时，当弹簧压缩量最大时，弹性势能最大，A的动能转化为弹簧的弹性势能，根据系统的机械能守恒得：弹簧被压缩过程中最大的弹性势能等于A的初动能，设P的质量为mp，即有：EPm＝…①



当弹簧一端连接另一质量为m的物体Q时，P、Q速度相等时，弹簧的弹性势能最大，选取Q的初速度的方向为正方向，

由动量守恒定律得：mv0﹣mPv0＝（m+mp）v…②

由机械能守恒定律得：Epm＝…③



联立得：mp＝3m…④

A、联立①④得：Epm＝1.5mv02，故A正确

B、图乙中，在弹簧压缩过程中，P、Q组成的系统动量守恒，不改变，故B错误

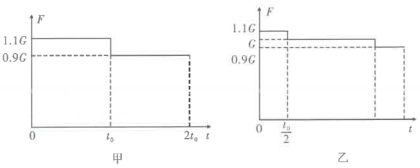
C、乙中，在弹簧压缩过程中，弹簧对P、Q的弹力大小相等，方向相反，作用时间相同，对P、Q的冲量大小相等，故C正确

D、图乙中，在弹簧压缩过程中，P、Q完成的位移大小不等，弹簧的弹力对P、Q做的功数值不相等，故D错误

故选：AC。

【点评】本题考查了弹簧的弹性势能的求解、分析清楚物体运动过程是正确解题的前提与关键，应用动量守恒定律及机械能守恒定律列式求解。

18．（五华区校级月考）某重力为G的同学两次乘坐不同的升降电梯到同一楼层，为了研究电梯的运动情况，两次均站在台秤上及时记录下从启动到到达整个过程台秤的示数变化情况。该同学绘制出的台秤示数随时间变化的图线如图所示。下列说法中正确的是（　　）



A．升降电梯对该同学的支持力的最大功率之比2：1

B．该同学两次上楼所用时间之比3：2

C．升降电梯上升过程支持力的总冲量之比4：5

D．升降电梯上升过程支持力对人做的总功之比4：5

【分析】（1）支持力的功率P＝Fv，求出最大支持力和最大速度即可；

（2）根据该同学两次上楼的高度相等，运用运动学公式求解时间之比；

（3）根据图示以及冲量公式求解两次总冲量之比；

（4）电梯的初速度为零，末速度也为零，根据动能定理可知升降电梯上升过程支持力对人做的总功。

【解答】解：A、电梯加速上升的过程加速度：a1＝＝0.1g



则升降电梯对该同学的支持力的功率P＝Fv＝Fat

则两次升降电梯对该同学的支持力的最大功率之比为2：1，故A正确；

B、电梯匀减速运动加速度：a2＝＝0.1g



电梯上升的高度为：H＝2×a1



则第二次中电梯减速运动的时间也为；设匀速上升的时间为t，则



H＝2×a1+a1××t



解得：t＝



则第二次运动的时间为：t2＝2×+＝t0



该同学两次上楼所用时间之比：2t0：t0＝4：5，故B错误；



C、甲图中电梯的支持力的冲量为I1＝1.1mg×t0+0.9mg×t0＝2mgt0

乙图中电梯的支持力的冲量为I2＝1.1mg×+mg×+0.9mg×＝mgt0



故升降电梯上升过程支持力的总冲量之比为I1：I2＝4：5，故C正确；

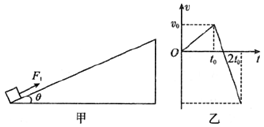
D、电梯的初速度为零，末速度也为零，则人的动能变化为零，则支持力做功等于克服重力做的功，则两次支持力做功相等，故D错误。

故选：AC。

【点评】本题考查牛顿第二定律、运动学规律和冲量的相关知识，关键是根据牛第二定律求出加速度，然后根据运动学公式求解时间，位移等参数。

冲量是力在时间内的积累，要求总冲量则要把每个力在时间上的积累都叠加。

19．（陕西一模）质量为m的物块在t＝0时刻受沿固定斜面向上的恒力F1作用，从足够长的倾角为θ的光滑斜面底端由静止向上滑行，在t0时刻撤去恒力F1加上反向恒力F2（F1、F2大小未知），物块的速度﹣时间（v﹣t）图象如图乙所示，2t0时刻物块恰好返回到斜面底端，已知物体在t0时刻的速度为v0，重力加速度为g，则下列说法正确的是（　　）



A．物块从t＝0时刻开始到返回斜面底端的过程中重力的冲量大小为2mgt0sinθ

B．物块从t0时刻到返回斜面底端的过程中动量的变化量大小为3mv0

C．F1的冲量大小为mgt0sinθ+mv0

D．F2的冲量大小为3mgt0sinθ﹣3mv0

【分析】根据冲量公式求出重力的冲量大小；

根据运动学公式列出0﹣t0和t0﹣2t0的位移公式，从而求出加速度关系，就求出末速度，最后求出动量的变化量；

根据牛顿第二定律求出F1的大小，在根据冲量求出F1冲量大小；

根据分析F2求出的大小，最后求出其冲量大小。

【解答】解：A、物块从t＝0开始运动到2t0时刻物块恰好返回到斜面底端，重力的冲量为：I＝mg2t0，故A错误；

B、0﹣t0做匀加速直线运动v0＝a1t0；



t0﹣2t0做匀变速直线运动：



联立解得：a2＝﹣3a1

则2t0的速度为v＝v0+a2t0＝v0﹣3a1t0＝﹣2v0

则物块从t0时刻到返回斜面底端的过程中动量的变化量大小△P＝2mv0﹣（﹣mv0）＝3mv0，故B正确；

C、0﹣t0的加速度为，根据牛顿第二定律：F1﹣mgsinθ＝ma



则F1的冲量大小为I＝F1t0＝mgt0sinθ+mv0，故C正确；

D、因为a2＝﹣3a1根据牛顿第二定律：﹣（F2+mgsinθ）＝ma2＝﹣3（F1﹣mgsinθ）

解得：F2＝3F1﹣4mgsinθ

根据C的分析F1的冲量大小为I＝F1t0＝mgt0sinθ+mv0

得到F2的冲量大小为I'＝3mv0﹣mgt0sinθ，故D错误。

故选：BC。

【点评】本题考查运动学的综合应用，关键是利用运动学公式求出加速度的关系。

20．（天山区校级期中）如图所示，AB为固定的光滑圆弧轨道，O为圆心，AO水平，BO竖直，轨道半径为R，当地重力加速度为g，将质量为m的小球（可视为质点）从A点由静止释放，经时间t到达B，在小球从A点运动到B点的过程（　　）



A．小球所受合力的冲量水平向右

B．小球所受支持力的冲量大小是



C．小球受到的重力的冲量为0，重力做的功不为0

D．小球受到的支持力的冲量为0，支持力做的功也是0

【分析】由动能定理得到小球到达B点的速度。根据冲量的计算公式I＝Ft求出各力的冲量大小，由动量定理求出动量的变化量或合力的冲量。

【解答】解：小球从A点运动到B点的过程中，做圆周运动，到达B点时速度沿切线方向，水平向右；

从A到B，根据动能定理：mgR＝



解得：v＝；



A、根据动量定理有：I合＝△p＝mv＝m，方向水平向右。故A正确。



BD、重力冲量的大小为mgt，方向为竖直向下，物体动量的变化量为△p＝m，方向水平向右，根据动量定理及结合矢量三角形法则得：支持力冲量大小为：IN＝，故B正确，D错误。



C、根据冲量定义，IG＝Gt，因为重力和时间都不为0，所以重力的冲量大小不为0，故C错误。

故选：AB。

【点评】注意冲量是矢量，所以合力的冲量是各个力冲量的矢量和。熟练应用动量定理求冲量。

**三．填空题（共5小题）**

21．（涪城区校级期中）质量m＝500g的篮球，以10m/s的速度与天花板相碰，经过t＝0.5s，篮球以碰前速度的反弹，设空气阻力忽略不计，g取10m/s2，则天花板对篮球的平均作用力大小为　12.5　N



【分析】研究篮球与天花板相碰的过程，分析篮球的受力情况，根据动量定理列方程求解天花板对篮球的平均作用力。

【解答】解：篮球与天花板相碰的过程，规定竖直向上为正方向，根据动量定理得：﹣（F+mg）t＝m（﹣v﹣v）



据题 m＝500g＝0.5kg，v＝10m/s，t＝0.5s

代入数据解得：F＝12.5N；

故答案为：12.5 N

【点评】对于碰撞、打击等瞬时过程的作用力，往往根据动量定理求解。运用动量定理时，要注意动量定理表达式为矢量式，要先规定正方向。

22．（邯郸期中）一个质量为0.5kg的物体在光滑水平面上以4m/s的速度匀速运动，则其动量大小为　2　kg/m/s；动能大小为　4　J；若物体在碰到竖直的墙壁后以2m/s的速度返回，则动量的变化量为　﹣3　kg/m/s（以初速度方向为正方向），动能变化大小为　3　 J；碰撞时间为0.1s，则墙壁的平均作用力为　30　N．

【分析】根据动量和动能的定义式求解动量和动能．动量变化量等于末动量与初动量之差．动能变化量等于末动能与初动能之差．根据动量定理求解墙壁对小球的平均作用力．

【解答】解：以初速度方向为正方向，则小球的初速度 v＝4m/s，其动量大小为：p＝mv＝0.5×4＝2kg/m/s；

动能大小为：Ek＝＝＝4J．



末速度v′＝﹣2m/s，则小球的动量变化量为：△P＝mv′﹣mv＝﹣3kg•m/s，

小球的动能变化量为：△Ek＝﹣＝﹣3J，则动能变化大小为3J．



由动量定理得：﹣Ft＝△P，得：F＝30N

故答案为：2，4，﹣3，3，30．

【点评】此题要注意动量是矢量，动量变化量也是矢量，在规定正方向时，用正负号表示矢量的方向．

23．（西城区学业考试）一质量为0.3kg玻璃杯，从0.8m高处自由下落至松软的厚海绵上，又经过0.1s杯子陷入海绵最深处．在杯子与海绵作用的过程中，海绵对杯子的平均作用力大小为　15　N（取g＝10m/s2），方向　向上　．

【分析】由自由落体规律可求得玻璃杯到达海绵时的速度，由动量定理可求得作用力的大小和方向．

【解答】解：由v2＝2gh可得玻璃杯落地前的速度为：

v＝＝＝4m/s；



设向下为正方向，则由动量定理可知：

mgt+Ft＝0﹣mv；

解得：F＝﹣mg＝﹣12﹣3＝﹣15N；



负号说明作用力的方向向上；

故答案为：15，向上．

【点评】在用动量定理解题的时候要注意动量定理是矢量式，一定要规定正方向．

24．（桥西区校级月考）两物体质量之比为m1：m2＝4：1，在它们以一定的初速度沿水平面在摩擦力作用下做减速滑行到停下来的过程中。

（1）若两物体的初动能相同，与水平面间的滑动摩擦力相同，则它们的滑行时间之比为　2：1　。

（2）若两物体的初动量相同，与水平面间的动摩擦因数相同，则它们的滑行时间之比为　1：4　。

【分析】（1）动量P＝，根据动量定理列式求解运动的时间之比；



（2）同样根据动量定理列式求解运动的时间之比。

【解答】解：（1）两物体质量之比为m1：m2＝4：1，初动能相同，根据公式P＝，初动量之比为2：1；



根据动量定理，有：

﹣ft＝0﹣P

解得：

t＝



由于初动量之比为2：1，摩擦力相同，故运动的时间之比为2：1；

（2）根据动量定理，有：

﹣μmgt＝0﹣P

解得：

t＝



由于初动量之比为相同，动摩擦因数也相同，质量之比为4：1，故运动的时间之比为1：4；

故答案为：

（1）2：1；

（2）1：4。

【点评】本题关键是结合动量定理列式分析，记住动能和动量的关系公式P＝，基础题目。



25．（海淀区校级期中）一个质量为0.5kg的小球，从距地面高5m处开始做自由落体运动，与地面碰撞后，竖直向上跳起的最大高度为1.8m，整个过程用时1.8s；（g＝10m/s2，空气阻力不计）

（1）小球与地面碰撞过程中损失的机械能为　16　J；

（2）碰撞过程中，地面对小球的平均作用力大小为　45　N．

【分析】先根据动能定理或机械能守恒定律求出钢球碰撞地面前的速度v1和碰撞地面后的速度v2，根据自由落体运动的规律求出碰撞前的运动时间和碰撞后的运动时间，也就求出了碰撞过程的时间．分析钢球与地面作用过程中受哪些力，根据动量定理F合t＝mv2﹣mv1，可求出钢球受到地面给它的平均作用力的大小．

【解答】解：（1）在整个过程中，规定竖直向下为正方向．

①钢球与地面碰撞前做自由落体运动，根据机械能守恒有：

mgh1＝ mv12



所以球落地时的速度为：

v1＝＝＝10m/s



根据自由落体运动的规律，其时间为：

t1＝＝＝1s



②钢球碰撞后向上做竖直上抛运动，根据机械能守恒定律有：

mgh2＝mv22



所以钢球弹起，刚离地时的速度为：

v2＝﹣＝﹣＝﹣6m/s



其时间为：

t2＝＝＝0.6s



小球与地面碰撞过程中损失的机械能为：

＝16J



（2）在钢球与地面碰撞过程中，所用的时间：

△t＝t﹣t1﹣t2＝1.8﹣1﹣0.6＝0.2s

运用动量定理有：

（mg﹣FN）•△t＝mv2﹣mv1

代入数据得：（0.5×10﹣FN）×0.2＝0.5×（﹣6﹣10）

所以有：FN＝45N

故答案为：

（1）16；

（2）45．

【点评】在用动量定理解题的时候要注意动量定理是矢量式，一定要规定正方向．此题有一定的难度，不难．

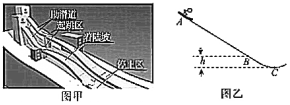
**四．计算题（共10小题）**

26．（东城区模拟）2022年冬季奥林匹克运动会将在我国举办。跳台滑雪是其中最具观赏性的项目之一。比赛所用的跳台由助滑道、起跳区、着陆坡、停止区组成，如图甲所示。我们将助滑道简化为图乙所示轨道，长直滑道AB与弯曲滑道BC平滑衔接，滑道BC高h＝10m，C是半径R＝20m圆弧的最低点。质量m＝50kg的运动员从A处由静止开始匀加速下滑，加速度a＝4.5m/s2，到达B点时速度vB＝30m/s。取重力加速度g＝10m/s2。

（1）求长直滑道AB的长度L；

（2）求运动员在AB段所受合外力的冲量I的大小；

（3）若不计BC段的阻力，画出运动员经过C点时的受力图，并求其所受支持力FN的大小。



【分析】（1）从A到B根据速度﹣位移关系求解AB的长度。

（2）根据动量定理求解合外力的冲量I的大小。

（3）根据受力情况画出运动员经过C点时受力示意图，根据动能定理、列方程求解支持力的大小。

【解答】解：（1）根据匀变速直线运动公式，有：

L＝＝100m。



（2）根据动量定理有：I＝mvB﹣mvA＝1500N•s

（3）运动员经C点时的受力分析如图：



根据动能定理，运动员在BC段运动的过程中，有：

mgh＝



根据牛顿第二定律，有：

FN﹣mg＝m



得：FN＝3250N。

答：（1）长直助滑道AB的长度L为100m。

（2）运动员在AB段所受合外力的冲量I的大小为1500N•s。

（3）运动员经过C点时的受力图见解析，所受支持力FN的大小为3250N。

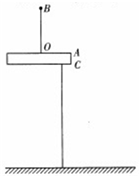
【点评】此题考查运动学计算公式、动量定理、动能定理和向心力的计算，利用动量定理解答问题时，要注意分析运动过程中物体的受力情况，知道合外力的冲量才等于动量的变化。

27．（全国Ⅰ卷模拟）如图所示，一桌面厚度AC＝h，C到地面的高度为10h。O点为桌面上一点，O点到A的距离为2h，在O点固定一个钉子，在钉子上拴一长度为4h的轻质细线，细线另一端拴一个质量为m的小球P（可视为质点）。B在O正上方，OB距离为4h，把小球P

拉至B点。（重力加速度为g）

（1）若小球获得一个水平向右的初速度，小球不能打在桌面上，求小球的最小初速度；

（2）给小球一水平向右的初速度，当小球恰好在竖直面内做圆周运动时，小球运动到C点正下方后瞬间细线断了。已知小球在运动过程中没有与桌腿相碰，求小球自细线断开瞬间运动到地面的水平位移和细线能承受的弹力的范围。



【分析】（1）小球离开B做先做平抛运动，恰好到达A点时速度最小，由平抛运动的特点即可求出；

（2）求出小球恰好在竖直平面内做圆周运动的条件，然后由动能定理求出小球运动到C点正下方时的速度，由牛顿第二定律求出细线断的瞬间细线的拉力；然后小球做平抛运动，由平抛运动的公式求出球自细线断开瞬间运动到地面的水平位移。

【解答】解：（1）小球离开B做先做平抛运动，恰好到达A点时设速度为v1，则平抛运动的时间：

＝



小球在水平方向的位移：2h＝v1t1

联立可得：v1＝



（2）若小球恰好在竖直平面内做圆周运动，则在B点受到的重力恰好提供向心力，设此时B点的速度为v2，则：



所以：



由于OA＝2h，AC＝h，所以小球到达C点正下方时，小球在C点下方h处，由几何关系可知，该点到B的距离为6h，该过程中只有重力做功，所以：



可得：v＝



由牛顿第二定律得小球即将到达C的正下方的瞬间细线的拉力：F1＝



则：F1＝9mg

由牛顿第二定律得细线断的瞬间细线的拉力：F2＝



则：F2＝17mg

所以细线拉力的范围是：9mg＜F≤17mg

小球离开该点后做平抛运动，运动的时间满足：



水平方向的位移：x＝vt2

联立可得：x＝



答：（1）若小球获得一个水平向右的初速度，小球不能打在桌面上，小球的最小初速度为；



（2）小球自细线断开瞬间运动到地面的水平位移是，细线能承受的弹力的范围是9mg＜F≤17mg。



【点评】该题中的第二问，小球每转过90°，做圆周运动的半径就发生一次变化，所以小球需要的向心力就发生一次变化，所以细线的拉力在最低点发生突变，突变前后拉力的变化即为细线拉力的范围。

28．（怀仁市校级期中）水力采煤时，用水枪在高压下喷出强力的水柱冲击煤层，设水柱直径为d＝30cm，水速v＝50m/s，假设水柱射在煤层的表面上，冲击煤层后水的速度变为零，求水柱对煤层的平均冲击力．（水的密度ρ＝1.0×103kg/m3）

【分析】取时间t内的水研究对象，注意水冲击到煤壁上时速度变为零；根据动量定理列式求解即可．

【解答】解：取时间t内的水研究对象，以初速度方向为正方向，根据动量定理，有：

﹣Ft＝0﹣（ρsvt）v

s＝解得：



F＝ρsv2＝＝1.0×103×＝1.77×105N



答：水柱施于煤层上的冲力大小为1.77×105N

【点评】本题关键是研究对象的选择，能想到以某段时间内的水作为研究对象进行分析，然后根据动量定理列式求解即可；注意各物理量的矢量性．

29．（北京模拟）对于同一物理问题，常常可以从宏观与微观两个不同角度进行研究，找出其内在联系，可以更加深刻地理解其物理本质。

（1）单个微小粒子撞击巨大物体的力是局部而短促的脉冲，但大量粒子撞击物体的平均效果是均匀而持续的力。我们假定单位体积内粒子数量为n，每个粒子的质量为m，粒子运动速率均为v。如果所有粒子都垂直物体表面运动并与其碰撞，利用所学力学知识，导出物体表面单位面积所受粒子压力f与m、n和v的关系。

（2）实际上大量粒子运动的速率不尽相同。如果某容器中速率处于100～200m/s区间的粒子约占总数的10%，而速率处于700～800m/s区间的粒子约占总数的5%，论证：上述两部分粒子，哪部分粒子对容器壁的压力f贡献更大。

【分析】（1）一个粒子每与器壁碰撞一次给器壁的冲量是I＝2mv，建立物理模型，得到△t时间内到达面积为S容器壁上的粒子数，据此根据动量定理求处物体表面单位面积受到粒子的压力f的表达式。

（2）根据物体表面单位面积所受粒子压力公式，分析速率对压力的贡献。

【解答】解：（1）设粒子与物体表面垂直碰撞后，等速弹回，一个粒子每与器壁碰撞一次给器壁的冲量是：I＝2mv。

在△t时间内能到达面积为S容器壁上的粒子所占据的体积为：

V＝Sv△t

单位体积内粒子数量为n，则在△t时间内到达面积为S容器壁上的粒子数为nV，

面积为S的器壁受到的粒子的压力为F，

根据动量定理得：F•△t＝nV•I

解得：，



即物体表面单位面积所受粒子压力：f＝。



（2）分析物体表面单位面积所受粒子压力公式：f＝2nmv2，

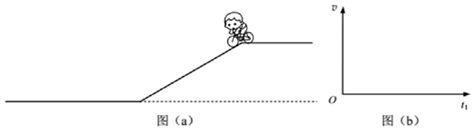
速率v的存在形式是平方，故速率越大，对压力的贡献越大，即速率处于700～800m/s区间的粒子对压力的贡献大。

答：（1）物体表面单位面积所受粒子压力f与m、n和v的关系为2nmv2。

（2）速率处于700～800m/s区间的粒子对压力的贡献大。

【点评】此题考查了动量定理的应用，解题的关键是建立物理模型，根据动量定理分析求解。

30．（1月份模拟）如图（a），某同学骑自行车以速率v1进入一段直下坡，在坡道上不蹬踏板而自由加速下滑。自行车受到路面的阻力略去不计，空气阻f1与车速大小成正比，比例系数为k，方向与车速方向相反，人与车总质量为m，重力加速度为g。已知自行车到坡底时的速率为v2．



（1）在图（b）中定性画出自行车在坡道上的速率v与在坡道上运动时间t1的关系；

（2）到坡底以速率v2进入平直路面后，该同学立即开始刹车。在刹车阻力f2和空气阻力f1的共同作用下匀减速运动T时间后停止，求刹车阻力f2与刹车时间t2的关系，以及刹车过程f2的冲量；

（3）在第（2）问中，已知刹车过程前轮与地面接触处始终不打滑。从开始刹车时测量，车载速率表显示前轮转动第一圈过程车辆前进的平均速度为7.0m/s，转动第二圈过程车辆前进的平均速度为6.0m/s，则该刹车过程前轮总共转了多少圈（解出数值结果，保留一位小数）？

【分析】（1）根据牛顿第二定律分析加速度的变化情况从而判断运动情况；

（2）根据动量定理求解刹车阻力f2与刹车时间t2的关系，从而求出f2的冲量；

（3）根据匀变速直线运动公式，利用中间时刻的瞬时速度、速度公式和速度位移公式求解。

【解答】解：（1）自行车因受阻力与车速成正比，故阻力越来越大了，根据牛顿第二定律：mgsinθ﹣f＝ma，则其做加速度越来越小的加速运动，其速度图象如图：

（2）在平直路面上，由动量定理得：﹣f2t2﹣T＝0﹣mv2



解得：f2＝（）



设刹车过程f2的冲量为I，由动量定理得：If2﹣＝0﹣mv 2



解得：If2＝﹣mv2+



（3）设轮胎周长为L，第一圈的时间为t1＝，第二圈的时间，根据平均速度等于中间时刻的瞬时速度即的速度为7m/s，的速度为6m/s



根据速度公式：6＝7﹣a



末速度为零，第一圈末速度为v＝7﹣a



根据速度位于公式v2＝2ax

联立解得：



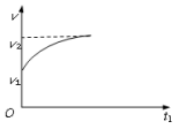
所以总共跑了4.3圈。

答：（1）如图所示。

（2刹车阻力f2与刹车时间t2的关系f2＝（）；f2的冲量﹣mv2+



（3）刹车过程前轮总共转了4.3圈。



【点评】本题考查运动学的综合运用，特别是第三问利用瞬时速度等于中间时刻的瞬时速度求解加速度从而求解。

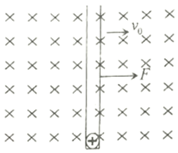
31．（湖北月考）如图所示，在光滑的水平桌面上平放一根内壁光滑且内径很小的玻璃管，玻璃管上端开口下端封闭。在玻璃管底部有一带正电小球，小球的直径略小于管的内径。在水平桌面上加一竖直向下的匀强磁场B，已知小球带电量为+q，质量为m，小球可视为质点。

（1）在外力作用下让玻璃管以恒定速度v0向右做匀速直线运动，则小球在沿玻璃方向上的加速度多大？

（2）若玻璃管的质量为3m，同时给玻璃管和小球一个水平向右的初速度v0。假设玻璃管始终保持平动状态，当玻璃管运动到某一个位置时速度恰好为零，小球恰好飞出玻璃管口，求此时小球的速度多大？

（3）若满足上面第（2）问的条件，求小球在离开玻璃管口后，在此后的运动过程中小球离玻璃管底部的最远距离和最近距离分别是多少？

提示：若某个力的大小与速度成正比（f＝k•v），则这个力在某段时间内产生的冲量与在这个速度方向上的发生的位移成正比，即∑f△t＝∑kv△t＝k∑v△t＝k•x。



【分析】（1）管在水平垂直管方向上做匀速直线运动，根据左手定则判断小球在沿管方向受到的洛伦兹力，因为匀速运动所以洛伦兹力不变，再根据牛顿第二定律可求加速度；

（2）开始向右运动时，会受到分别沿管和垂直管两个洛伦兹力作用，在这两个运动方向上由于分别受力速度会有变化，当系统运动到最右端时水平速度减小为零，小球沿管方向的速度增加到最大，而洛伦兹力不做功所以系统动能不变，由此可求速度；

（3）分别在沿管和垂直管方向上对小球用动量定理，可求出水平和垂直管方向上系统的位移和小球在沿着管方向的位移；带电小球射出玻璃管后做匀速圆周运动，根据洛伦兹力等于向心力可求R半径，再根据几何知识求出最远距离和最近距离。

【解答】解：（1）由于管在水平垂直管方向上做匀速直线运动，则小球在沿管方向受到的洛伦兹力为：F＝Bqv0

根据牛顿第二定律，则小球在沿管方向上的加速度为



（2）当系统开始向右运动时，会受到沿管和垂直管两个洛伦兹力的分力作用，所以系统在垂直管方向的速度在减小，在沿管方向的速度在增加。当系统运动到最右端时，系统垂直管方向的速度减小为零，同时小球沿管方向的速度增加到最大。由于洛伦兹力对系统做的总功为零，所以系统的总动能守恒，

设小球的最大速度为vm，则有

，解得vm＝2v0



（3）由于系统在垂直管方向上和沿管方向上各受一个洛伦兹力作用，通过这一对洛伦兹力的冲量来实现系统两个方向上的动量的转移，在垂直管方向上对系统用动量定理得



式中b为小球在沿管方向上的位移，

可得



在沿管方向上对系统用动量定理得



式中a为小球在垂直管方向上的位移，

解得



当带电小球射出玻璃管后做匀速圆周运动，设半径为R，则有



联立解得，



可得：R＝a

由图可知小球与玻璃管底最远距离为

），解得



由图可知小球与玻璃管底最近距离为

，解得

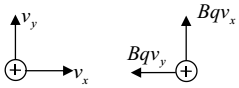
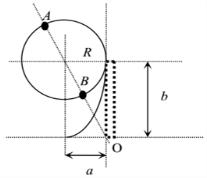


答案：（1）小球在沿玻璃方向上的加速度大小为；



（2）此时小球的速度大小为2v0；

（3）此后的运动过程中小球离玻璃管底部的最远距离和最近距离分别是，。



【点评】该题是一道综合题，综合运用了牛顿第二定律，动量定理，洛伦兹力以及功能关系，解决本题的关键熟练掌握这些定理、定律及其运用。

32．（天宁区校级期末）某同学研究重物与地面撞击的过程，利用传感器记录重物与地面的接触时间。他让质量为M＝9kg的重物（包括传感器）从高H＝0.45m自由下落撞击地面，重物反弹高度h＝0.20m，重物与地面接触时间t＝0.1s。若重物与地面的形变很小，可忽略不计。求此过程中：

（1）重物受到地面的平均冲击力；

（2）重物与地面撞击过程中损失的机械能。

【分析】（1）求出自由下落和上升的时间，全过程根据动量定理求解；

（2）重力势能的减少等于机械能的损失，由此解答。

【解答】解：（1）重物下落的时间为：t1＝＝0.3s



离开地面上升的时间为：t2＝＝0.2s



全过程根据动量定理可得：Mg（t1+t+t2）﹣Ft＝0，

解得：F＝540N；

（2）根据功能关系可得重物与地面撞击过程中损失的机械能为：

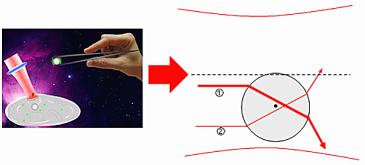
△E＝Mg（H﹣h）＝90（0.45﹣0.2）J＝22.5J。

答：（1）重物受到地面的平均冲击力为540N；

（2）重物与地面撞击过程中损失的机械能为22.5J。

【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。

33．（昌平区期末）2018年诺贝尔物理学奖授于了阿瑟•阿什金（ArthurAshkin）等三位科学家，以表彰他们在激光领域的杰出成就。阿瑟•阿什金发明了光学镊子（如图），能用激光束“夹起”粒子、原子、分子；还能夹起病毒、细菌及其他活细胞，开启了激光在新领域应用的大门。



①为了简化问题，将激光束看作是粒子流，其中的粒子以相同的动量沿光传播方向运动。激光照射到物体上，会对物体产生力的作用，光镊效应就是一个实例。

现有一透明介质小球，处于非均匀的激光束中（越靠近光束中心光强越强）。小球的折射率大于周围介质的折射率。两束相互平行且强度①＞②的激光束，穿过介质小球射出时的光路如图所示。若不考虑光的反射和吸收，请分析说明两光束因折射对小球产生的合力的方向。

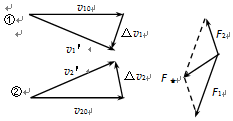
②根据上问光束对小球产生的合力特点，试分析激光束如何“夹起”粒子的？

【分析】①由动量定理可知：△v的方向即为小球对光束作用力的方向；

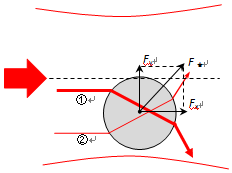
②分析小球受到的合力方向；一旦小球偏离光速中心，就会受到指向中心的分力，实现光束对小球的约束。

【解答】解：①由动量定理可知：△v的方向即为小球对光束作用力的方向

当强度①＞②强度相同时，作用力F1＞F2，由平行四边形定则知，①和②光速受力合力方向向左偏下，则由牛顿第三定律可知，两光束因折射对小球产生的合力的方向向右偏上，如图所示



②如图所示，小球受到的合力向右偏上，此力的横向的分力Fy，会将小球推向光束中心；一旦小球偏离光速中心，就会受到指向中心的分力，实现光束对小球的约束，如同镊子一样，“夹住”小球其它粒子



答：①两光束因折射对小球产生的合力的方向向右偏上。

②光受到指向中心的分力，实现光束对小球的约束。

【点评】本题主要是考查力的合成与分解，弄清楚题干给出的信息，结合动量定理、牛顿运动定律以及力的合成与分解等知识进行分析。

34．（12月份月考）如图所示，足够长的质量m1＝1kg的长木板A静止在光滑水平面上，在其右端施加大小为6N的水平拉力F的同时，使一质量m2＝1kg可视为质点的物体B从长木板的左端以v0＝10m的水平速度向右滑上长木板，物体B与长木板A之间的动摩擦因数为µ＝0.2，力F作用t＝2s后撤去，取重力加速度g＝10m/s2，物体滑上长木板后一直在长木板上。求：

（1）物体B和木板A最终的运动速度大小；

（2）物体B在运动过程中的最小速度；

（3）物体B在长木板A上的最终位置到长木板左端的距离。



【分析】（1）研究系统，应用动量定理求解系统的最终运动速度；

（2）分析A、B的受力情况，B先在摩擦力作用下向右做减速运动，直至共速，B不会与A保持相对静止，在摩擦力作用下，B向右做加速运动；

（3）根据动量定理求解从撤去外力到再次达到速度相同所需的时间，根据位移关系求解物体B在长木板A上的最终位置到长木板左端的距离。

【解答】解：（1）由于物体滑上木板后一直在长木板上运动，最终两者以相同的速度运动，设这个相同的速度为v，对物体滑上木板到达到共速这一过程，根据动量定理可知，

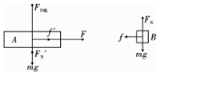
Ft＝（m1+m2）v﹣m2v0

解得：v＝



代入数据解得：v＝11m/s；

（2）B滑上A后相对于A向右运动，这段时间内对A、B的受力分析如图所示，



由于A加速而B减速，两者经过一段时间t1后会达到相同速度v1，

对A，（F+μm2g）t1＝m1v1﹣0

对B，﹣μm2gt1＝m2v1﹣m2v0

解得：t1＝1s，v1＝8m/s；

t1＜t，力F还要作用t2＝t﹣t1＝1s，在这段时间内设两物体相对静止，对整体有：

F＝（m1+m2）a

对B，fB＝m2a

解得：fB＝3N＞μm2g＝2N，所以B不会与A保持相对静止，在A对B的摩擦力作用下，B向右做加速运动，撤去F时，A的速度比B大，B会继续在A对B的摩擦力作用下做加速运动，直至A、B达到共同速度v，

所以v1＝8m/s是B在整体过程中的最小速度；

（3）设t＝2s时，A的速度为vA，对A有：

Ft2﹣μm2gt2＝m1vA﹣m1v1

解得：vA＝12m/s

从撤去外力到再次达到速度相同所需的时间为t3，对A有：

﹣μm1gt3＝m1v﹣m1vA，

解得：t3＝0.5s

在这三段时间内A的位移为：xA＝++，



在这三段时间内B的位移为：，



物体B在长木板A上的最终位置离长木板左端的距离为：L＝xB﹣xA

解得：L＝3.5m。

答：（1）物体B和木板A最终的运动速度大小为11m/s；

（2）物体B在运动过程中的最小速度为8m/s；

（3）物体B在长木板A上的最终位置到长木板左端的距离为3.5m。

【点评】本题考查了牛顿第二定律和动量定理的综合应用，分析清楚物体B和木板A的受力情况，运动情况是解题的关键。

35．（朝阳区期中）雨滴下落时由于空气阻力的作用，经过一段加速后会趋近匀速下落。为解释雨滴下落过程中的各种现象，某同学查阅资料发现，若将雨滴视作半径为r的球体，则在竖直下落过程中雨滴所受的阻力满足公式f＝kr2v2，其中k为常数，v为雨滴下落的速度大小。已知雨滴的密度为ρ，重力加速度为g。

（1）取雨滴由静止开始下落的时刻作为计时起点，请在下面的v﹣t图中定性画出雨滴从高空开始下落后直至落地前的过程中，其速度随时间的变化图象（取竖直向下为正方向，且不考虑与其它雨滴的碰撞）；

（2）若某一雨滴的半径为rc，某时刻在竖直方向加速下落的速度大小为vc，求该时刻雨滴加速度的大小a；

（3）高空中的雨滴竖直下落后打在沙滩上会留下深浅不一的小坑，该同学查阅资料后认为坑的深浅取决于雨滴撞击地面时的平均压强。为简化问题，雨滴撞击地面时可视为圆柱体形状，且撞击时间极短，撞击后的速度为零。请你帮助该同学推导此雨滴撞击地面时平均压强p的表达式（结果用ρ、g、k和r表示）。



【分析】（1）分析雨滴从高空开始下落直至落地的运动情况，画出v﹣t图象；

（2）雨滴下落过程中，受竖直向下的重力G、竖直向上的空气阻力F阻作用，根据牛顿第二定律求解加速度；

（3）雨滴撞击地面时，取极短时间△t内与地面作用的质量为△m的一小部分为研究对象，根据动量定理求解地面对雨滴的作用力，进一步求解压强。

【解答】解：（1）速度随时间的变化图象如图所示。

（2）该雨滴的质量为：



速度为vc时，雨滴所受的阻力为：



由牛顿第二定律有：mg﹣f＝ma

可得：



（3）雨滴撞击地面时，取极短时间△t内与地面作用的质量为△m的一小部分为研究对象，由于时间极短，可不计重力影响。

取竖直向下为正方向，由动量定理有：﹣F△t＝0﹣△mv

其中△m＝ρSv△t

根据牛顿第三定律可得雨滴对地面的压力大小也为F，由压强公式有：



联立以上各式可得：p＝ρv2…①

依据题意有：mg＝f＝kr2v2②…

其中…③



联立①②③式可得：。

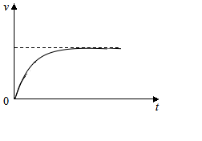


答：（1）见解析；

（2）若某一雨滴的半径为rc，某时刻在竖直方向加速下落的速度大小为vc，该时刻雨滴加速度的大小为；



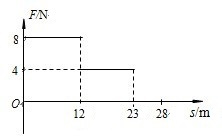
（3）此雨滴撞击地面时平均压强p的表达式为。



【点评】该题属于物理知识在日常生活中的应用，其中雨滴最终做匀速运动是解题的关键，要注意雨滴的质量与球的体积的联系。

**五．解答题（共10小题）**

36．（2011秋•清水县校级期末）物块A的质量为2.0kg，放在水平面上，在水平力F作用下由静止开始做直线运动，水平力F随物块的位移s变化的规律如图所示．最后物块停在距出发点28m处．求物块开始运动后5s末的动量．



【分析】对全程运用动能定理，求出物块在运动过程中受到的阻力大小．

根据牛顿第二定律分别求出各段过程中的加速度．

根据位移时间公式求出匀加速运动的时间，确定物块A5s后处于哪一阶段，结合速度时间公式求出5s末的速度，进而求出动量．

【解答】解：由动能定理有：F1S1+F2S2＝fS

代入数据得：f＝5N

匀加速过程有：F1﹣f＝ma1

代入数据解得：a1＝1.5m/s2；

匀减速过程有：F2﹣f＝ma2

代入数据解得：a2＝﹣0.5m/s；

匀减速过程有：﹣f＝ma3

代入数据解得：a3＝﹣2.5m/s2．

物块在第一段时间内v01＝0，s1＝12m，

由：，



解得：t1＝4s

由：v4＝a1t1，

解得4s末物块的速度为：v4＝6m/s

故：5s末物块的速度v5＝v4﹣a2t2＝6﹣0.5×（5﹣4）＝5.5 m/s

所以物块开始运动5s末的动量为：P5＝mv5＝11kg m/s

答：物块开始运动后5s末的动量为11kg m/s．

【点评】本题考查了动能定理和牛顿第二定律的综合运用，运用动能定理解题关键选择好研究的过程，分析过程中有哪些力做功．运用动力学解题关键理清物体的运动规律，结合牛顿第二定律和运动学公式综合求解；本题要读懂图象的意义，根据图象分析受力情况和运动情况的能力．

37．（吉林模拟）冰壶运动是冬奥会比赛项目，近几年中国冰壶队在世界比赛中取得了较好的成绩，现在队员们正在积极备战2022年北京冬奥会。冰壶在水平冰面上的一次滑行可简化为如下过程：如图所示，运动员施一水平恒力将静止于A点的冰壶（视为质点）沿直线AD推到B点放手，最后冰壶停于D点，已知冰壶与冰面间摩擦因数为μ，冰壶质量为m，AB＝CD＝L，BC＝4L，重力加速度为g，求：

（1）冰壶在B点的速率；

（2）冰壶在CD段与在AB段运动时间之比；

（3）在AB段水平恒力对冰壶的冲量大小。



【分析】（1）根据装冰壶在BD间的运动，由速度位移关系求冰壶在B点的速度。

（2）根据B点速度由平均速度公式求得AB段的运动时间，再根据CD段的位移和加速度及末速度求得CD段的运动时间。

（3）研究AB段，对冰壶，列动量定理公式分析求解。

【解答】解：（1）在BD段，由牛顿第二定律有：

μmg＝ma

根据匀变速直线运动的规律可知，



联立解得：vB＝。



（2）研究AB段，根据平均速度公式可知，



解得AB段的运动时间：



在CD段，由逆向思维有：



解得CD段的运动时间：



冰壶在CD段与在AB段运动时间之比，t2：t1＝：1。



（3）在AB段，由动量定理有：

IF﹣μmgt1＝mvB

解得：。



答：（1）冰壶在B点的速率为。



（2）冰壶在CD段与在AB段运动时间之比为：1。

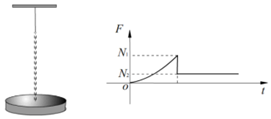


（3）在AB段水平恒力对冰壶的冲量大小为。



【点评】此题考查了动量定理、匀变速直线的规律和牛顿第二定律的综合知识，解决本题的关键是能根据匀变速直线运动的速度位移关系和位移时间关系分析冰壶的运动。

38．（朝阳区模拟）某同学应用压力传感器完成以下实验，如图所示，他将一根均匀的细铁链上端用细线悬挂在铁架台上，调整高度使铁链的下端刚好与压力传感器的探测面接触。剪断细线，铁链逐渐落在探测面上。传感器得到了探测面所受压力随时间的变化图象。通过对图线分析发现铁链最上端落到探测面前后瞬间的压力大小之比大约是N1：N2＝3：1，后来他换用不同长度和粗细的铁链重复该实验，都得到相同结果。请你通过理论推理来说明实验测得的结果是正确的。（推理过程中需要用到的物理量的字母请自行设定）



【分析】当铁链的最上端落在探测面上时，选取铁链最上端的一小段为研究对象，应用运动学公式求出最上端的下落速度，然后再用动量定理求解探测面受到铁链最上端的压力，此时除最上端外，其余部分的铁链已经落在探测面上，故则探测面受到的总压力为最上端的压力和其余的重力之和；当铁链的最上端落在探测面上后，探测面受到的压力大小等于一根均匀铁链的重力。

【解答】解：设单位长度的铁链质量为b，铁链的长度为L，当铁链的最上端落在探测面上时，选取铁链最上端的一小段为研究对象，其质量为：△m＝bv△t

根据自由落体运动公式：v2＝2gL

可知：



设向下方向为正，根据动量定理：﹣F△t＝0﹣△mv

解得：F＝2bgL

则探测面受到铁链最上端的压力为：F′＝F＝2bgL

此时除最上端外，其余部分的铁链已经落在探测面上，

对探测面的压力为：N＝mg 其中：m＝bL

则探测面受到的总压力为：N1＝N+F′＝3bgL

当铁链的最上端落在探测面上后，探测面受到的压力大小：

N2＝mg＝bgL

由此可得：，实验结果是正确的。



证毕

【点评】本题考查的是动量定理在实际问题中的具体应用，通过理论推导来验证实验结果是正确的，需要选取铁链最上端的一小段为研究对象，是变质量问题，有一定的难度；需要学生对此类变质量问题会选取研究对象。

39．（下月考）质量为M的气球，下面吊着一个质量为m的物块，重力加速度为g，不计空气对物块的作用力，求

（1）若气球以大小为v的速度向下匀速运动，某时刻细线断开，当气球的速度为零时，物块的速度多大；（此时物块还没有落到地面）

（2）若气球以大小为v的速度向上匀速运动，某时刻细线断开，从细线断开到物块的速度为零的过程中，气球受到空气作用力的冲量大小。



【分析】（1）气球以大小为v的速度向下匀速运动，气球和物块的重力与空气对气球的作用力等大反向，系统动量守恒，列式求解气球速度为零时，物块的速度。

（2）气球以大小为v的速度向上匀速运动，则气球和物块的重力与空气对气球的作用力等大反向，系统动量守恒，求解物块速度为零时，气球的速度，

根据动量定理，求解气球受到空气作用力的冲量大小。

【解答】解：（1）气球以大小为v的速度向下匀速运动，则气球和物块的重力与空气对气球的作用力等大反向，系统动量守恒，

以竖直向下为正方向，（M+m）v＝mv1

解得气球速度为零时，物块的速度：v1＝。



（2）气球以大小为v的速度向上匀速运动，则气球和物块的重力与空气对气球的作用力等大反向，系统动量守恒，

以竖直向上为正方向，（M+m）v＝Mv2，

研究气球，根据动量定理可知，I﹣Mgt＝Mv2﹣Mv，

研究物块，根据动量定理可知，﹣mgt＝0﹣mv，

联立解得，气球受到空气作用力的冲量大小：I＝（M+m）v。

答：（1）若气球以大小为v的速度向下匀速运动，某时刻细线断开，当气球的速度为零时，物块的速度为。



（2）若气球以大小为v的速度向上匀速运动，某时刻细线断开，从细线断开到物块的速度为零的过程中，气球受到空气作用力的冲量大小为（M+m）v。

【点评】此题考查了动量定理和动量守恒定律的综合应用，解题的关键是明确气球和物块的重力与空气对气球的作用力等大反向，系统动量守恒。

40．（杜集区校级月考）质量为1kg的物体在倾角30°为的光滑斜面（固定）顶端由静止释放，斜面高5m，求物体从斜面顶端滑到底端过程中重力的冲量为多少？物体的动量变化为多少？

【分析】根据动能定理和动量定理分别列式，联立求解出末速度和运动时间，然后根据冲量的定义求解重力的冲量．

【解答】解：物体受重力mg和支持力F的作用，设物体到达斜面底端的速度为v．

对物体由动能定理：

①



由动量定理：

I＝mgsin30°•t＝mv ②

重力的冲量为：

I′＝mgt ③

由①②③得：I′＝mgt＝＝＝20 N•s，方向竖直向下；



物体的动量变化：△p＝mv﹣0＝10kg•m/s，方向沿斜面方向；

答：物体从斜面顶端滑到底端过程中重力的冲量为20N•s，物体的动量变化为10kg•m/s．

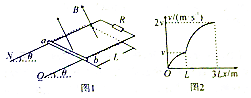
【点评】本题关键根据动量定理和动能定理列式求解，也可以根据牛顿第二定律和运动学公式列式求解，不难．

41．（吉安期末）如图1，将两条相距为2L的光滑平行金属导轨置于倾角为30°的斜面上，其顶端接一阻值为R的电阻，导轨所在位置有一宽度为L的匀强磁场，磁场方向垂直斜面向上，一阻值为R、质量为m的金属杆ab垂直放置在两导轨上，并置于磁场下边缘。

（1）若金属杆以v初速度沿斜面向上运动，同时对共施加一平行于斜面向上大小为的力，金属杆运动一段距离（未能穿出磁场）后速度减为0，求金属杆ab运动到该距离的时的速度；



（2）若金属杆的初速度为零，用一沿斜面向上的恒力作用在金属杆ab上，使其由静止开始向上运动，其运动速度v与位移x图象如图2所示，图中所标物理量均为已知，此过程中金属杆始终未脱离导轨。求此过程中电阻R上产生的焦耳热QR。



【分析】（1）对金属杆应用动量定理可以求出金属杆的速度。

（2）ab杆从位移L运动到3L的过程中，运用动能定理求解F的大小，再由功能关系列式和能量分配关系关系求定值电阻上产生的焦耳热。

【解答】解：（1）以平行于斜面向上为正方向，对金属杆，由动量定理得：（mg﹣mgsin30°﹣2BiL）t＝0﹣mv0，



（mg﹣mgsin30°﹣2BiL）t′＝mv﹣mv0，



其中：q＝it＝，q′＝it′＝，



解得：v＝v0；



（2）ab杆从位移L运动到3L的过程中，由动能定理得：（F﹣mgsin30°）（3L﹣L）＝﹣，



解得：F＝，



由能量守恒定律得：（F﹣mgsin30°）L＝+Q，



根据电路的连接关系知定值电阻R上产生的焦耳热：QR＝Q，



解得：QR＝mv2；



答：（1）金属杆ab运动到该距离时的速度为v0；



（2）此过程中电阻R上产生的焦耳热Q为mv2。



【点评】解决本题的关键要搞清电路中能量是如何转化的，运用动能定理时要合理选择研究的过程。要知道金属杆克服安培力做功等于回路中产生的总焦耳热。

42．（黄陵县校级期末）一质量为100g的小球，从距垫0.8m的高处自由下落到厚软垫上，设小球从接触软垫到陷至最低点经历了0.2s，则在这段时间内软垫对小球的冲量是多大？（取g＝10m/s2）

【分析】由机械能守恒可求得小球落到地面的瞬间的速度；落地后动量为零，则可求出动量的变化，再由动量定理可求得软垫对小球的冲量

【解答】解：由机械能守恒可得：

mgh＝



解得v＝＝



动量为P1＝mv＝0.1×4kg•m/s＝0.4kg•m/s；方向竖直向下；

落地前后动量的变化为：△P＝0﹣P1＝0﹣0.4kg•m/s＝﹣0.4kgm/s；

接触软垫陷至最低过程中，小球重力的冲量为mgt＝0.1×10×0.20N•s＝0.2N•s，方向竖直向下；

由动量定理可知：I＝△P

I+mgt＝﹣0.4N•s

解得：I＝﹣0.6N•s

答：这段时间内软垫对小球的冲量大小为0.6N•s，方向竖直向上。

【点评】本题考查动量定理的应用，因动量及冲量均为矢量，故在解题时应注意其方向，在列式时要注意各量的符号。

43．（房山区一模）某游乐园入口旁有一鲸鱼喷泉，在水泵作用下会从鲸鱼模型背部喷出竖直向上的水柱，将站在冲浪板上的玩偶模型托起，悬停在空中，伴随着音乐旋律，玩偶模型能够上下运动，非常引人驻足，如图所示。这一景观可做如下简化，假设水柱从横截面积为S的喷口持续以速度v0竖直向上喷出；设同一高度水柱横截面上各处水的速率都相同，冲浪板底部为平板且其面积大于水柱的横截面积，保证所有水都能喷到冲浪板的底部。水柱冲击冲浪板前其水平方向的速度可忽略不计，冲击冲浪板后，水在竖直方向的速度立即变为零，在水平方向朝四周均匀散开。已知玩偶模型和冲浪板的总质量为M，水的密度为ρ，重力加速度大小为g，空气阻力及水的粘滞阻力均可忽略不计。

（1）试计算玩偶模型在空中悬停时，水对冲浪板的冲击力大小和喷泉单位时间内喷出的水的质量；

（2）实际上当我们仔细观察发现喷出的水柱在空中上升阶段并不是粗细均匀的，而是在竖直方向上一端粗一端细，请你分析上升阶段的水柱是上端较粗还是下端较粗，并说明水柱呈现该形态的原因。

（3）由于水柱顶部的水与冲浪板相互作用的时间很短，因此在分析水对冲浪板的作用力时可忽略这部分水所受的重力作用。求玩偶在空中悬停时，其底面相对于喷口的高度。



【分析】（1）选择△m的水为研究对象根据平衡条件可分析从喷口中喷出水的质量；

（2）根据流量与速度间关系可明确水柱的形状；抓住喷出的水的流量为定值，结合速度的变化得出横截面积的变化。

（3）对喷出的水根据能量守恒以及动量守恒定律和平衡条件进行分析，联立解得玩偶在空中悬停时，其底面相对于喷口的高度。

【解答】解：（1）玩偶处在空中静止，此时受重力与水向上的推力，由二力平衡可知F＝Mg

设△t时间内，从喷口喷出的水的体积为△V，质量为△m，

则△m＝ρ△V，△V＝v0S△t由以上两式得，单位时间内从喷口喷出的水的质量为



（2）水柱上端较粗，下端较细。

原因是：任意横截面流速相等，下端水柱速度较上端水柱的速度大，由Q＝Sv，（S为水柱截面积，v为水柱中水的流速）可知，上端水柱截面较大。

（3）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△t时间内喷出的水，由能量守恒定律得；



在h高度处，△t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△p＝（△m）v设水对玩具的作用力的大小为F，根据动量定理有F⋅△t＝△p由于玩具在空中悬停，

由力的平衡条件得F＝Mg

联立以上各式得



答：（1）水对冲浪板的冲击力大小和喷泉单位时间内喷出的水的质量为ρv0S；

（2）水柱上端较粗，下端较细。任意横截面流速相等，下端水柱速度较上端水柱的速度大，由Q＝Sv，（S为水柱截面积，v为水柱中水的流速）可知，上端水柱截面较大。

（3）玩偶在空中悬停时，其底面相对于喷口的高度。



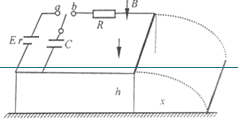
【点评】本题考查了动量定理、共点力平衡、运动学公式的综合运用，关键能合适地选择研究对象，选择合适的规律进行求解。

44．（西城区校级期末）如图所示，水平桌面上放置一U形金属导轨，两导轨平行，间距为l，导轨距水平地面高h。导轨左端连接有一个电源、一个单刀双掷开关、一个电容器。电源电动势为E，内电阻为r，电容器电容为C．一根质量为m不计电阻的裸导线放在导轨上，方向与导轨垂直，导轨所在平面有一个方向向下的匀强磁场，磁感应强度为B．先将单刀双掷开关拨到a；待电路稳定后将单刀双掷开关拨到b。开关拨到b后，导线在安培力作用下向右运动离开导轨，然后做平抛运动直至落到水平地面上。

（1）在开关拨到a到电路稳定的过程中，画出电容器电压u随电量q变化的图象。

（2）结合（1）中所画图象，求稳定时电容器储存的能量Ec。

（3）导线落到水平地面，此时电容器两端的电压为，求落地位置与导轨右端的水平距离x及开关拨到b后电阻R上产生的热QR。



【分析】（1）利用电容器充电过程，电容器的电容不变的特点，结合公式画出图象；

（2）根据电场力做功的公式和图象的物理意义，确定出图象包围的面积大小等于电容器储存的电能；

（3）利用平抛运动的规律、动量定理、电流定义式和能量转化即守恒定律求解位移和电阻的焦耳热。

【解答】解：（1）电容器在充电过程中，电量q和电容器的电压U不断增加，但电容器的电容保持不变；

根据电容器的定义式：，可变形为：，所以电压与电量成正比，图象如由图：



（2）电容器在充电的过程中克服电场力做的功W＝qU，由于充电过程，电场力是个变力，

可根据电场力做功的公式和U﹣﹣﹣q图象得知，图线与横坐标围成的面积即为电容器储存的能量，

即：，又因为充电结束时q＝CE，代入解得：稳定时电容器储存的能量。



（3）当单刀双掷开关拨到b时，在安培力作用下，导体棒向右做平抛运动，可得：，



由动量定理BIL△t＝mv﹣0，再结合电流的定义式q＝I△t以及，联立解得：



；



根据能量守恒关系可知，此过程中R上产生的焦耳热：

＝。

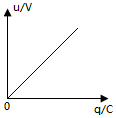


答：（1）电容器电压u随电量q变化的图象如上图所示；

（2）稳定时电容器储存的能量；



（3）落地位置与导轨右端的水平距离，电阻R上产生的热。



【点评】本题是电磁感应与电路、力学知识的综合，解答问题关键是先根据电路关系求出电容器两端的电压，再根据动量定理及电量表达式求出导体棒最大速度；同时要会利用能量守恒定律定律求解电阻产生的焦耳热。

45．（兴化市校级四模）离子发动机是利用电场加速离子形成高速离子流而产生推力的航天发动机。工作时将推进剂离子化，使之带电，然后在静电场作用下推进剂得到加速后喷出，从而产生推力。这种发动机适用于航天器的姿态控制、位置保持等。设航天器质量M，单个离子质量m，带电量q，加速电场的电压为U，高速离子形成的等效电流强度为I．试求该发动机产生的推力。

【分析】首先据题境知道静电火箭发动机的工作原理，带电粒子在电场中的加速，由动能定理求出粒子的速度，然后结合电流的表达式和动量定理求出形成电流I需要的力，最后由牛顿第三定律说明即可。

【解答】解：对离子，根据动能定理，有：，



解得：v＝



根据电流的定义式：I＝



对离子，根据动量定理，有：F•△t＝N•mv，

解得：F＝＝＝，



根据牛顿第三定律，推进器获得的推力大小为；



答：该发动机产生的推力。



【点评】明确静电火箭发动机的工作原理，能把知识迁移到电场对带电粒子的加速是解题的关键，注意磁场对带电粒子不做功。