## 反冲现象　火箭

## 知识点：反冲现象　火箭

一、反冲现象

1．定义

一个静止的物体在内力的作用下分裂为两部分，一部分向某个方向运动，另一部分必然向相反的方向运动的现象．

2．规律：反冲运动中，相互作用力一般较大，满足动量守恒定律．

3．反冲现象的应用及防止

(1)应用：农田、园林的喷灌装置利用反冲使水从喷口喷出时，一边喷水一边旋转．

(2)防止：用枪射击时，由于枪身的反冲会影响射击的准确性，所以用枪射击时要把枪身抵在肩部，以减少反冲的影响．

二、火箭

1．工作原理：喷气式飞机和火箭的飞行应用了反冲的原理，它们靠喷出气流的反冲作用而获得巨大的速度．

2．决定火箭增加的速度Δ*v*的因素

(1)火箭喷出的燃气相对喷气前火箭的速度．

(2)火箭喷出燃气的质量与火箭本身质量之比．

## 技巧点拨

一、反冲运动的理解和应用

1．反冲运动的三个特点

(1)物体的不同部分在内力作用下向相反方向运动．

(2)反冲运动中，相互作用的内力一般情况下远大于外力或在某一方向上内力远大于外力，所以两部分组成的系统动量守恒或在某一方向动量守恒．

(3)反冲运动中，由于有其他形式的能转化为机械能，所以系统的机械能增加．

2．讨论反冲运动应注意的两个问题

(1)速度的方向性：对于原来静止的整体，可任意规定某一部分的运动方向为正方向，则反方向的另一部分的速度就要取负值．

(2)速度的相对性：反冲问题中，若已知相互作用的两物体的相对速度，应先将相对速度转换成相对地面的速度，再列动量守恒方程．

二、火箭的工作原理分析

1．火箭喷气属于反冲类问题，是动量守恒定律的重要应用．

2．分析火箭类问题应注意的三个问题

(1)火箭在运动过程中，随着燃料的燃烧，火箭本身的质量不断减小，故在应用动量守恒定律时，必须取在同一相互作用时间内的火箭和喷出的气体为研究对象．注意反冲前、后各物体质量的变化．

(2)明确两部分物体初、末状态的速度的参考系是否为同一参考系，如果不是同一参考系要设法予以转换，一般情况要转换成对地的速度．

(3)列方程时要注意初、末状态动量的方向．

三、反冲运动的应用——“人船模型”

1．“人船模型”问题

两个原来静止的物体发生相互作用时，若所受外力的矢量和为零，则动量守恒．

2．人船模型的特点

(1)两物体满足动量守恒定律：*m*11－*m*22＝0.

(2)运动特点：人动船动，人停船停，人快船快，人慢船慢，人左船右，人、船位移比等于它们质量的反比，即＝.

**总结提升**

“人船模型”是利用平均动量守恒求解的一类问题，解决这类问题应注意：

(1)适用条件：

①系统由两个物体组成且相互作用前静止，系统总动量为零；

②在系统内发生相对运动的过程中至少有一个方向的动量守恒(如水平方向或竖直方向)．

(2)画草图：解题时要画出各物体的位移关系草图，找出各长度间的关系，注意两物体的位移是相对同一参考系的位移．

## 例题精练

1．关于反冲运动的说法中，正确的是(　　)

A．抛出部分的质量*m*1要小于剩下部分的质量*m*2才能获得反冲

B．若抛出部分的质量*m*1大于剩下部分的质量*m*2，则*m*2的反冲力大于*m*1所受的力

C．反冲运动中，牛顿第三定律适用，但牛顿第二定律不适用

D．抛出部分和剩余部分都适用于牛顿第二定律

答案　D

解析　由于系统的一部分向某一方向运动，而使另一部分向相反方向运动，这种现象叫反冲运动．定义中并没有确定两部分之间的质量关系，故选项A错误．在反冲运动中，两部分之间的作用力是一对作用力与反作用力，由牛顿第三定律可知，它们大小相等，方向相反，故选项B错误．在反冲运动中一部分受到另一部分的作用力产生了该部分的加速度，使该部分的速度逐渐增大，在此过程中对每一部分牛顿第二定律都成立，故选项C错误，选项D正确．

2．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 kg·m/s B．5.7×102 kg·m/s

C．6.0×102 kg·m/s D．6.3×102 kg·m/s

答案　A

解析　设火箭的质量为*m*1，燃气的质量为*m*2.由题意可知，燃气的动量*p*2＝*m*2*v*2＝50×10－3×600 kg·m/s＝30 kg·m/s.以火箭运动的方向为正方向，根据动量守恒定律可得，0＝*m*1*v*1－*m*2*v*2，则火箭的动量大小为*p*1＝*m*1*v*1＝*m*2*v*2＝30 kg·m/s，所以A正确，B、C、D错误．

## 随堂练习

1．静止的实验火箭，总质量为*M*，当它以相对地面的速度*v*0喷出质量为Δ*m*的高温气体后，火箭的速度为(　　)

A.*v*0 B．－*v*0

C.*v*0 D．－*v*0

答案　D

解析　火箭整体动量守恒，以*v*0的方向为正方向，则有(*M*－Δ*m*)*v*＋Δ*mv*0＝0，

解得：*v*＝－*v*0，负号表示火箭的运动方向与*v*0方向相反．

2．(多选)某同学想用气垫导轨模拟“人船模型”．该同学到实验室里，将一质量为*M*、长为*L*的滑块置于水平气垫导轨上(不计摩擦)并接通电源．该同学又找来一个质量为*m*的蜗牛置于滑块的一端，在食物的诱惑下，蜗牛从该端移动到另一端．下面说法正确的是(　　)

A．只有蜗牛运动，滑块不运动

B．滑块运动的距离是*L*

C．蜗牛运动的位移是滑块的倍

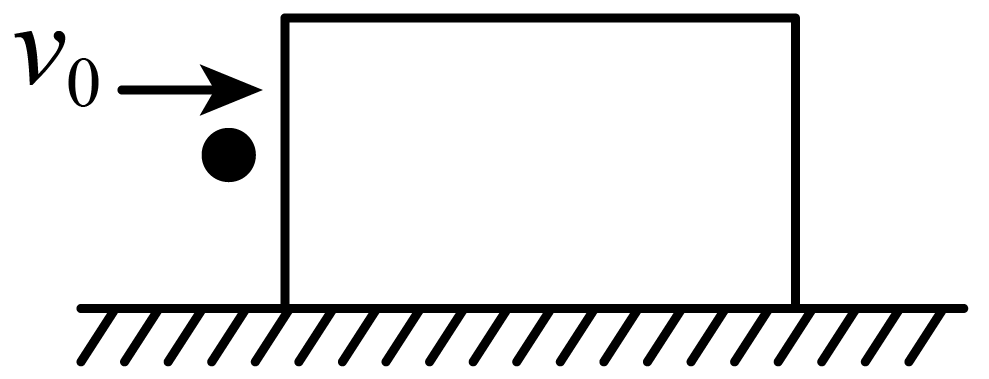
D．滑块与蜗牛运动的距离之和为*L*

答案　CD

解析　根据“人船模型”，易得滑块的位移为*L*，蜗牛运动的位移为*L*，C、D正确．

# 综合练习

1．（重庆）如图，质量为*m*的木块静止在光滑水平地面上，木块中有一竖直平面内的管道，管道的出、入口水平，入口在木块左端，出口在木块左端或右端。一个质量也为*m*的小球（其直径略小于管道直径）以水平速度从左端进入管道。以水平向右为正方向。设小球离开木块时，小球的速度为，木块的速度为，下列说法正确的（　　）



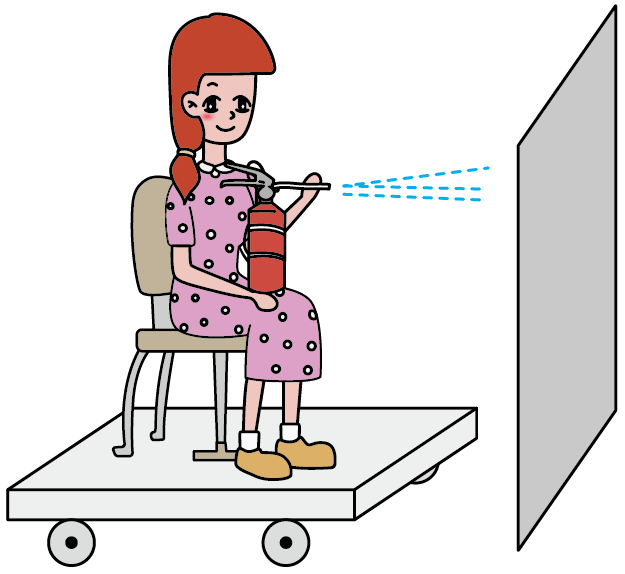
A．若管道光滑，且出口在左端，则一定有， 

B．若通道粗糙，则不可能出现

C．可能出现

D．若小球不能离开木块，则小球和木块产生的总热量一定为

2．（长治市第一中学校高三期末）为测量干粉灭火器喷出磷酸盐的速度，有人做了这样的实验：如图，人坐在小车上，手持灭火器，按压阀门让灭火器水平向前喷射。测得在8.0s内，人匀加速移动的距离为16.0m。已知人（连同设备）的总质量为60kg，灭火器单位时间内喷出磷酸盐的质量恒为0.20kg/s，小车同地面间的动摩擦因数为0.02。忽略该过程中人总质量的变化，可估算出磷酸盐喷出的速率最接近（　　）



A．60m/s B．100m/s

C．120m/s D．210m/s

3．（福建省长泰县第一中学高三月考）质量为*M*的小车，以速度*v*在光滑水平面上前进，车上站着质量为*m*的人，当人以相对车的速度*u*向车后水平跳出，车速变为*v*0。若取*v*0方向为正，则（　　）

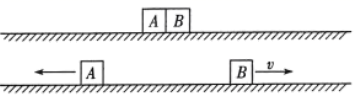
A．（*m*+*M*）*v*0=*Mv*

B．（*m*+*M*）*v*0=*Mv*-*mu*

C．（*m*+*M*）*v*0=*Mv*+*m*（*u*+*v*）

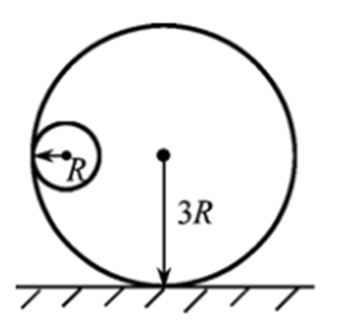
D．（*m*+*M*）*v*0=*Mv*-*m*（*u*-*v*）

4．（山东滨州市·高三三模）A、B两物块放置在光滑水平面上，带有同种电荷，A物块的质量为*M*，B物块的质量为*m*。A、B两物块紧靠在一起（A、B间无电荷交换），释放一段时间后，A、B两物块相距为*d*，此时B物块的速度为*v*。A、B两带电体均可看作点电荷，已知两点电荷系统具有的电势能的大小仅与两带电体的电荷量以及距离有关。若A物体质量不变，将B物块的质量增大为2*m*，A、B两物块电荷量保持不变，仍从紧靠在一起释放，则释放后A、B两物块距离为*d*时B物块的速度为（　　）



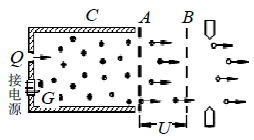
A． B． C． D．

5．（山东潍坊市·高二期中）质量为*m*、半径为*R*的小球，放在半径为3*R*、质量为3*m*的大空心球内，大球开始静止在光滑水平面上。当小球从如图所示的位置（两球心在同一水平面上）无初速度沿内壁滚到最低点时，大球移动的距离是（　　）



A． B． C． D．

6．（安徽省太和第一中学高二期中）离子推进器是利用电场加速带电粒子，形成向外发射的粒子流，从而对飞行器产生反冲力使其获得加速度的。已知飞行器和推进器的总质量为*M*，推进器发射的是2价氧离子，发射功率为*P*，加速电压为*U*，若每个氧离子的质量为*m*，基本电荷的电荷量为*e*，不计发射氧离子后飞行器质量的变化，下列判断正确的是（　　）



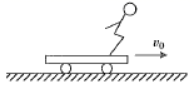
A．射出的氧离子速度为

B．每秒钟射出的氧离子数为

C．射出离子后飞行器开始运动的加速度大小为

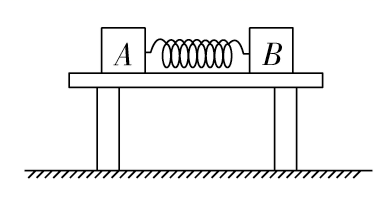
D．离子射出时的动量大小*P*=2*meU*

7．（届《冲刺清北》高三理科综合模拟试卷（一））滑板运动是青少年比较喜欢的一种户外运动。现有一个质量为*m*的小孩站在一辆质量为*λm*的滑板车上，小孩与滑板车一起在光滑的水平路面上以速度匀速运动，突然发现前面有一个小水坑，由于来不及转向和刹车，该小孩立即相对滑板车以速度向前跳离滑板车，滑板车速度大小变为原来的，但方向不变，则*λ*为（　　）



A． B． C． D．

8．（全国高三专题练习）如图所示，放在光滑水平桌面上的*A*、*B*两个小木块中间夹一被压缩的轻弹簧，当轻弹簧被放开时，*A*、*B*两个小木块各自在桌面上滑行一段距离后，飞离桌面落在地面上。若*mA*＝3*mB*，则下列结果正确的是( )



A．若轻弹簧对*A*、*B*做功分别为*W*1和*W*2，则有*W*1∶*W*2＝1∶1

B．在与轻弹簧作用过程中，两木块的速度变化量之和为零

C．若*A*、*B*在空中飞行时的动量变化量分别为Δ*p*1和Δ*p*2，则有Δ*p*1∶Δ*p*2＝1∶1

D．若*A*、*B*同时离开桌面，则从释放轻弹簧开始到两木块落地的这段时间内，*A*、*B*两木块的水平位移大小之比为1∶3

9．（广西河池市·高二期末）在某次军演时，一炮弹由地面斜向上发射，假设当炮弹刚好到最高点时爆炸，炸成两部分*P*、*Q*，其中*P*的质量大于*Q*。已知爆炸后*P*的运动方向与爆炸前的运动方向相同，假设爆炸后*P*、*Q*的速度方向均沿水平方向，忽略空气的阻力，则下列说法正确的是（　　）

A．爆炸后*Q*的运动方向一定与*P*的运动方向相同

B．爆炸后*Q*比*P*先落地

C．*Q*的落地点到爆炸点的水平距离大

D．爆炸前后*P*、*Q*动量的变化量大小相等

10．（辽宁高一期末）燃放爆竹是我国传统民俗。春节期间，某人斜向上抛出一个爆竹，到最高点时速度大小为，方向水平向东，并炸开成质量相等的三块碎片、、，其中碎片的速度方向水平向东，忽略空气阻力。炸开后的瞬间（　　）

A．若碎片速度为零，则碎片速度方向可能水平向西

B．若碎片速度方向水平向西，则碎片速度方向一定水平向南

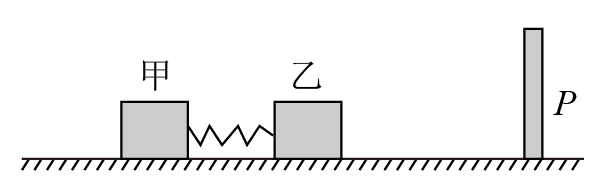
C．若碎片速度方向水平向北，则碎片速度方向可能水平向西

D．若碎片、速度等大反向，则碎片速率为，方向水平向西

11．（黑龙江哈尔滨市第六中学校高一期末）长为*L*的小船停在静水中，质量为*m*的人从静止开始从船头走到船尾。不计水的阻力，船对地面位移的大小为*d*，则小船的质量为（　　）

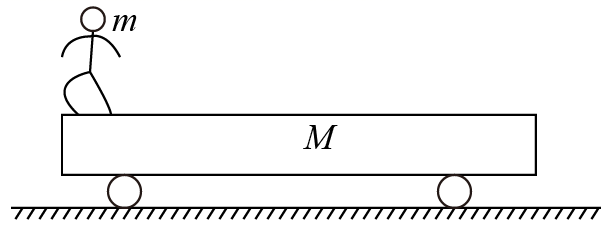
A． B． C． D．

12．（江苏高二期末）在图示足够长的光滑水平面上，用质量分别为和的甲、乙两滑块将仅与甲拴接的微型轻弹簧压紧后处于静止状态，乙的右侧有一固定的挡板，现将两滑块由静止释放，当弹簧恢复原长时，甲的速度大小为，此时乙尚未与相撞之后乙与挡板碰撞反弹后，不能再与弹簧发生碰撞。则挡板对乙的冲量的最大值为（　　）



A． B． C． D．

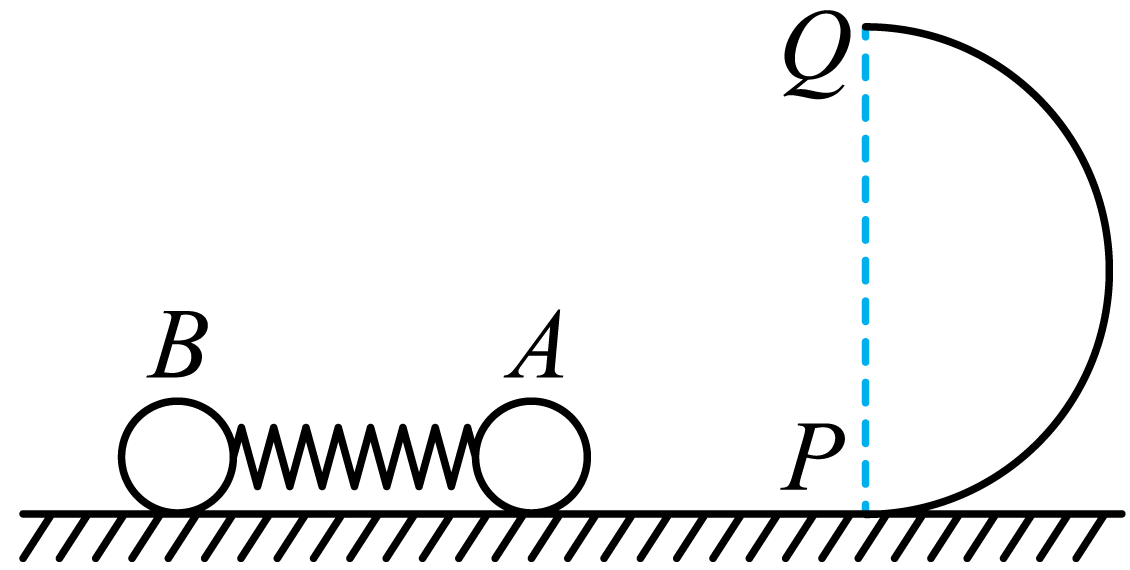
13．（江西高一期末）如图所示，质量*m*=30kg的小俊同学站在质量*M*=150kg的车的一端，车长*L*=3m，相对于地面静止。若车与地面间的摩擦可以忽略不计，则小俊同学由车的一端走到另一端的过程中，车将（　　）



A．后退0.25m B．后退0.3m

C．后退0.5m D．一直匀速后退

14．（银川唐徕回民中学高三其他模拟）如图所示，在光滑的水平桌面上有体积相同的两个小球A、B，质量分别为*m*＝0.1 kg和*M*＝0.3 kg，两球中间夹着一根压缩的轻弹簧，原来处于静止状态，同时放开A、B球和弹簧，已知A球脱离弹簧时的速度为6 m/s，接着A球进入与水平面相切、半径为0.5 m的竖直面内的光滑半圆形轨道运动，*P*、*Q*为半圆形轨道竖直的直径，*g*取10 m/s2。下列说法不正确的是（　　）



A．弹簧弹开过程，弹力对A的冲量大小大于对B的冲量大小

B．A球脱离弹簧时B球获得的速度大小为2 m/s

C．A球从*P*点运动到*Q*点过程中所受合外力的冲量大小为1 N·s

D．若半圆轨道半径改为0.9 m，则A球不能到达*Q*点

15．（广东红岭中学高三月考）燃放爆竹是我国传统民俗。春节期间，某人斜向上抛出一个爆竹，到最高点时速度大小为*v*0，方向水平向东，并炸开成质量相等的三块碎片*a*、*b*、*c*，其中碎片*a*的速度方向水平向东，忽略空气阻力。以下说法正确的是（　　）

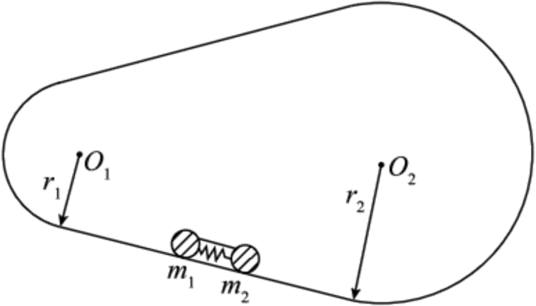
A．炸开时，若碎片*b*的速度方向水平向西，则碎片*c*的速度方向可能水平向南

B．炸开时，若碎片*b*的速度为零，则碎片*c*的速度方向一定水平向西

C．炸开时，若碎片*b*的速度方向水平向北，则三块碎片一定同时落地

D．炸开时，若碎片*a*、*b*的速度等大反向，则碎片*c*落地时的速率可能等于3*v*0

16．（全国高三月考）如图所示，由两段圆弧和两段直轨道平滑连接，组成的封闭轨道固定在水平面上，整个封闭轨道关于*O*1*O*2连线所在直线对称，在两小球间压缩一轻弹簧（弹簧与小球不拴连），用细线固定并靠着直轨道静置，不计一切摩擦。已知*r*2=2*r*1，*m*1=2*m*2=*m*，现将细线烧断，两小球进入圆弧轨道前弹簧已恢复原长，小球*m*1进入圆弧轨道时的速度为*v*，下列说法中正确的是（　　）



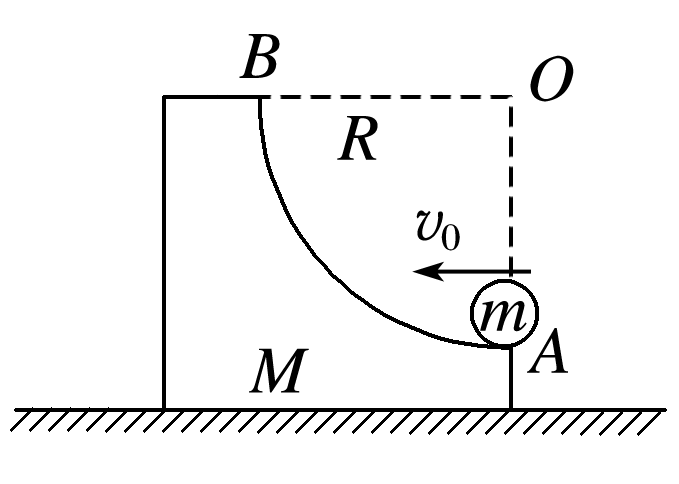
A．两球进入圆弧轨道时的动能之比*Ek*1：*Ek*2=2：1

B．两球进入圆弧轨道时对轨道的压力之比*F*1：*F*2=1：2

C．烧断细绳前，弹簧储存的弹性势能为*Ep*=*mv*2

D．两球经过圆弧轨道的时间相同

17．（全国高三专题练习）如图所示，在光滑水平面上放置一个质量为*M*的滑块，滑块的一侧是一个弧形槽，凹槽半径为*R*，*A*点切线水平。另有一个质量为*m*的小球以速度*v*0从*A*点冲上滑块，重力加速度大小为*g*，不计摩擦。下列说法中正确的是（　　）



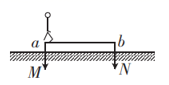
A．当*v*0＝时，小球能到达*B*点

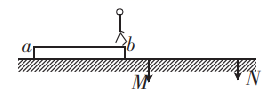
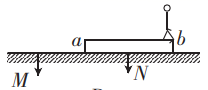
B．如果小球的速度足够大，球将从滑块的左侧离开滑块后直接落到水平面上

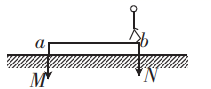
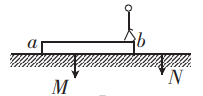
C．小球到达斜槽最高点处，小球的速度为零

D．小球回到斜槽底部时，小球速度方向可能向左

18．（青海海南藏族自治州·高二期中）如图所示，光滑地面上有一质量为的足够长木板，一质量为的人站在木板的端，关于人由静止开始至运动到木板的端（、表示地面上原、对应的点），则如图所示中正确的是（　　）



A． B．

C． D．

19．（河北高二月考）2021年5月15日，天问一号着陆巡视器成功着陆于火星，中国首次火星探测任务着陆火星取得圆满成功。携带火星车的着陆器与环绕器分离后，最后阶段利用反推火箭在火星表面实现软着陆，设着陆器总质量为*M*，极短时间内瞬间喷射的燃气质量是*m*，为使着陆器经一次瞬间喷射燃气后，其下落的速率从*v*0减为*v*，需要瞬间喷出的燃气速率约为（　　）



A．*v*0-*v* B．（*v*0-*v*）

C．（*v*0-*v*）＋*v* D．

20．（江苏扬州市·仪征市第二中学高二月考）抛出的手雷在最高点时水平速度为10m/s，这时突然炸成两块，其中大块质量为300g仍按原方向飞行，其速度测得为50m/s。另一小块质量为200g，则它的速度的大小为（　　）

A．25m/s B．50m/s C．75m/s D．100m/s