【核心问题】专题2---力与曲线运动

福建省普通教育教学研究室物理学科编写组

**【材料导读】**

本专题包括高中物理的四个核心问题“运动的合成与分解”“抛体运动”“圆周运动”和“万有引力定律”，在考纲中有5个Ⅱ级要求考点和4个I级要求考点。

本专题内容是历年高考的重点、难点和热点，在选择题和计算题中都经常出现，而且所占分量较重。试题不仅涉及一般的曲线运动、平抛运动、圆周运动及天体运动问题，还常常涉及带电粒子在电场、磁场或复合场中的运动问题。高考中几乎年年都有情景、立意新颖的此类题目。

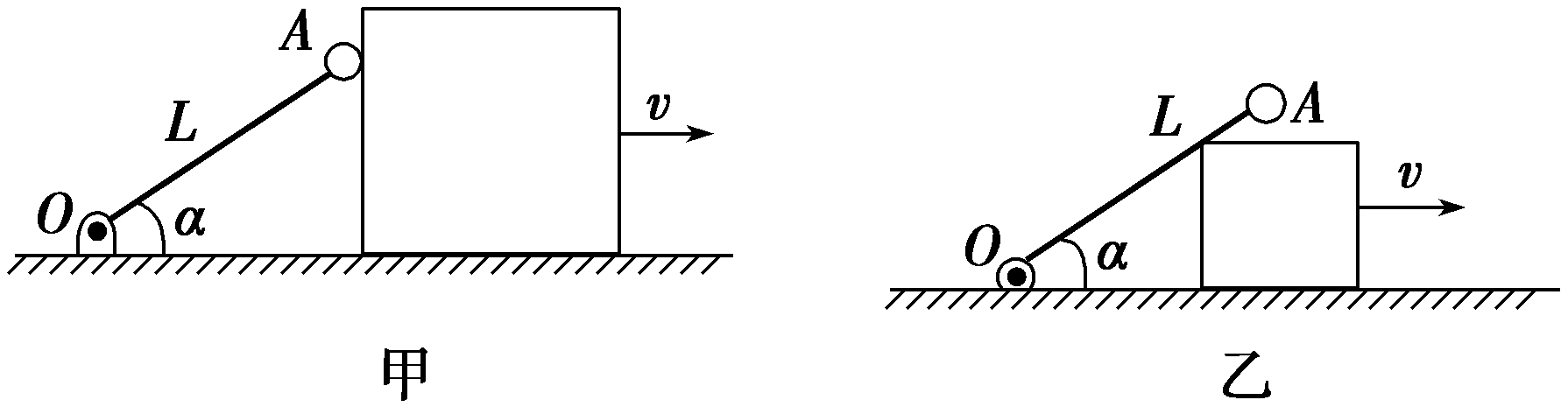
平抛运动与圆周运动知识的考查，多集中在考查平抛运动与圆周运动规律的应用及与生活、生产相联系的命题，多涉及相关物理量的临界和极限状态的求解，或考查平抛运动与圆周运动自身固有的特征物理量。竖直平面内的圆周运动结合能量知识命题、匀速圆周运动结合磁场相关知识命题是考试重点，历年均有相关选择题或计算题出现。

天体运动问题是牛顿运动定律、匀速圆周运动规律、万有引力定律等在现代科学技术中的综合应用，由于天体运动问题贴近科技前沿，且蕴含丰富的物理知识，故以此为背景的高考题情境新、综合性强，对考生的理解能力、分析综合能力、信息挖掘能力、空间想象能力等有较高的要求，因此成为高考的热点，考查题型一般为选择题。

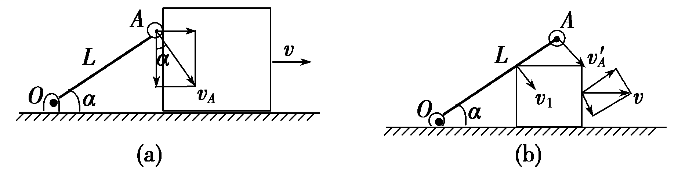
本专题以问题串形式能有效提高复习效率，并引导学生打破知识壁垒找出知识关联。材料中的例题和练习按难度从易到难分为A、B、C三个层次，供大家根据自身情况选用。

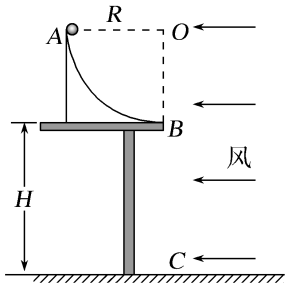
**【典例分析】**

【C】**例1.**如图甲、乙所示，一根长*L*的轻杆*OA*，*O*端用铰链固定于地面，另一端固定着一小球*A*，图甲中的小球*A*和图乙中的杆分别贴靠着边长为*a*和*b*的立方块，当立方块沿地面向右滑动到图示位置(杆与地面夹角为*α*)时，速度为*v*，则甲图中小球的速度大小*vA*和乙图中小球的速度大小*v*′*A*应为(　　)

1. *vA*＝，*v*′*A*＝*v*sin *α*
2. *vA*＝，*v*′*A*＝*v*sin *α*
3. *vA*＝*v*sin *α* ，*v*′*A*＝
4. *vA*＝，*v*′*A*＝sin2 *α*

【答案】D

【解析】.图甲中，杆绕*O*转动，球*A*的速度*vA*垂直于杆，将速度*vA*沿水平和竖直两方向正交分解，则垂直于接触面的水平分速度与立方块的速度相等，如图(*a*)所示，得*vA*sin *α*＝*v*，故*vA*＝，故B、C错误；图乙中，杆绕*O*转动，杆顶端小球的速度*v*′*A* 和杆与立方块接触点的速度*v*1的方向都垂直于杆，杆上各点的角速度*ω*相同，则有 ＝.将立方块的速度*v*沿杆的方向和垂直杆的方向正交分解，如图(b)所示，则杆与立方块接触点的速度*v*1应与立方块垂直杆的方向的分速度相等，即*v*1＝*v*sin *α*，联立以上两式得*v*′*A*＝sin2*α*，故A错误，D正确．

**例2**．如图，高*H*＝0.8 m的桌面上固定一半径*R*＝0.45 m的四分之一光滑圆弧轨道*AB*，轨道末端*B*与桌面边缘水平相切，地面上的*C*点位于*B*点的正下方。将一质量*m*＝0.04 kg的小球由轨道顶端*A*处静止释放，取*g*＝10 m/s2。

【A】(1)求小球运动到*B*点时对轨道的压力大小；

【A】(2)求小球落地点距*C*点的距离；

【B】(3)若加上如图所示的恒定水平风力，将小球由*A*处静止释放，要使小球恰落在*C*点，作用在小球上的风力应为多大？

【C】(4)在题（3）的情况中，求小球在*AB*轨道上运动过程对轨道的最大压力。

【答案】　(1)1.2 N　(2)1.2 m　(3)0.3 N （4）0.9N

【解析】(1)小球由*A*运动至*B*有 *mgR*＝*mv*－0 ①

*F*N－*mg*＝②

根据牛顿第三定律，轨道压力大小 *F*N′＝*F*N ③

由①②③解得 *F*N′＝1.2 N。

(2)小球从*B*点飞出做平抛运动。

竖直方向 *H*＝*gt*2 ④

水平方向 *x*＝*v*0*t* ⑤

由①④⑤解得*x*＝1.2 m。

(3)设风力大小为*F*，小球从*A*运动至*B*，

*mgR*－*FR*＝*mv* ⑥

小球从*B*运动至*C*处，水平位移*x*1＝0， *x*1＝*v*1*t*－*a*1*t*2 ⑦

水平方向*F*＝*ma*1 ⑧

由④⑥⑦⑧解得*F*＝0.3 N。

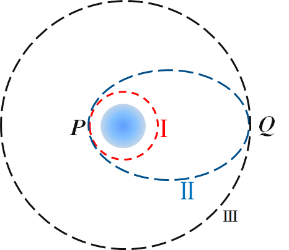
(4)风力和重力的合力 方向与竖直方向成*θ*角，其中 ⑨

小球从释放到速度最大由动能定理可得  ⑩

由牛顿定律 ⑪

根据牛顿第三定律，轨道压力大小*F*Nm′＝*F*Nm ⑫

由⑨⑩⑪⑫解得*F*Nm′＝0.9N

**例3.**空间站是一种可在绕地轨道长时间运行，供多名航天员巡访、长期工作和生活的载人航天器。如图所示，某空间站在离地面高度为**（*R*为地球半径）的圆轨道I上围绕地球运行，一宇宙飞船与空间站对接检修后在*P*点与空间站分离，分离时宇宙飞船依靠自身动力装置在很短的时间内变速，进入椭圆轨道II运行．已知地球表面的重力加速度为*g*，地球半径为*R*，设椭圆轨道的远地点*Q*到地球球心的距离为*L*

（说明：为了方便计算，在以下问题中除了（2）问,其他小题中）

【A】(1)求空间站围绕地球运行的周期*T*1．

【答案】**

【解析】空间站做的是匀速圆周运动，设其轨道半径为*r1*，万有引力提供空间站做圆周运动的向心力，则

 ①

** ②

对于地球表面的任一物体*m*0所受重力等于万有引力，得  ③

由①②③解得** ④

【B】(2)分离后飞船在轨道II上至少运动多长时间才有机会和空间站进行第二次对接？

【答案】**

【解析】飞船所在椭圆轨道的半长轴 ** ⑤

设飞船在轨道Ⅱ上运动的周期为*T*2，由开普勒第三定律 ** ⑥

由⑤⑥解得：*T*2＝*T*1 ⑦

要完成对接，飞船和空间站须同时到达椭圆轨道的近地点，*t=nT1=mT2*(*n、m*都为整数)解得*n*的最小值为27

故所需的最短时间  **

【B】(3)宇宙飞船在轨道II上远地点*Q*点再经过短时间变速之后进入到高圆轨道Ⅲ，已知某时刻宇宙飞船与空间站相距最近(飞船、空间站、地球地心在同一直线上),则至少经过多长时间,它们再一次相距最近？

【答案】**

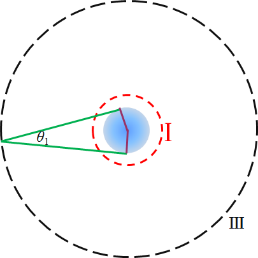
【解析】飞船所在圆轨道Ⅲ的半径 *r3=L* ⑧

设飞船在轨道Ⅲ上运动的周期为*T*3，由开普勒第三定律 ** ⑨

解得 *T*3＝8*T*1 ⑩

设至少经过*t‘*两者再一次相距最近,依题意可知空间站应比飞船多运行一圈，则

** ⑪

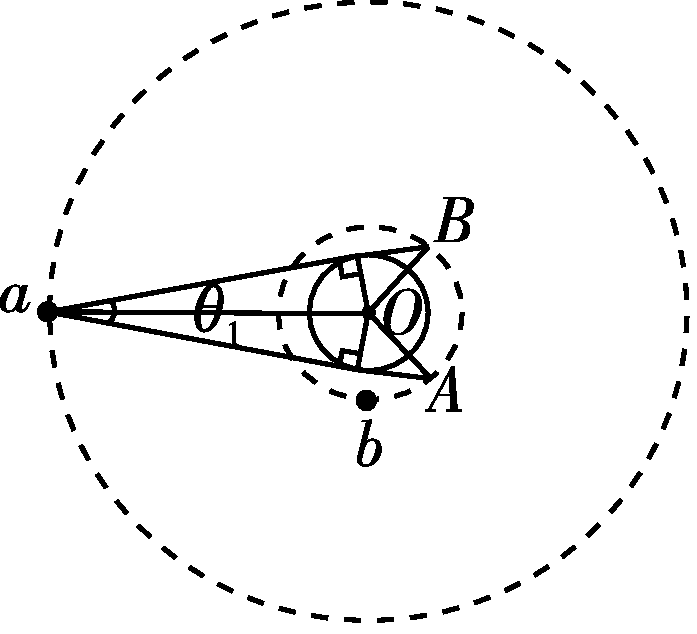
**由⑩⑪解得**

【C】(4)地球相对飞船、空间站的张角分别为*θ*1和*θ*2(*θ*2图中未标出)，在运行过程中由于地球的遮挡，飞船会进入与空间站通讯的盲区．通讯信号视为沿直线传播，信号传输时间可忽略．则求飞船每次在盲区运行的时间（可用*θ*1和*θ*2表示）

【答案】

【解析】如图所示，*A*、*B*是卫星盲区两个边缘位置，由几何知识可得

∠*AOB*＝*θ*1＋*θ*2，

则 ⑫

由④⑩⑫得

【C】 (5)飞船在*P*点和*Q*点的两次变速,动力装置分别对它做正功还是负功？

若取无穷远处为零势能点，某星球引力范围内质量为*m*的物体具有的引力势能，式中*G*为万有引力常量，*M*为该星球的质量，*r*为物体到星球球心的距离。已知飞船的质量恒为*m*，则求在两次变速中动力装置做的总功*W*

【答案】

【解析】飞船在*P*点和*Q*点的都要进行加速,故动力装置都做正功

根据动能定理可得  ⑬

根据功能关系可得  ⑭

由牛顿运动定律可得  ⑮



由③⑬⑭⑮解得

【C】（6）若飞船变速时采用“离子发动机”作为推进器，离子发动机是利用电场加速带电离子（它是由电子撞击中性原子氙产生的），形成高速离子流，从而对发动机产生反冲力。若离子的比荷为*k*，离子以相对于飞船以速度*v*高速喷出（处理时可以把飞船视为静止），离子喷出时形成的等效电流为*I*，则“太阳能离子发动机”的功率有多大？

【答案】

【解析】设在时间内，喷出的离子质量为，电荷量为

据动能定理，有 

又 



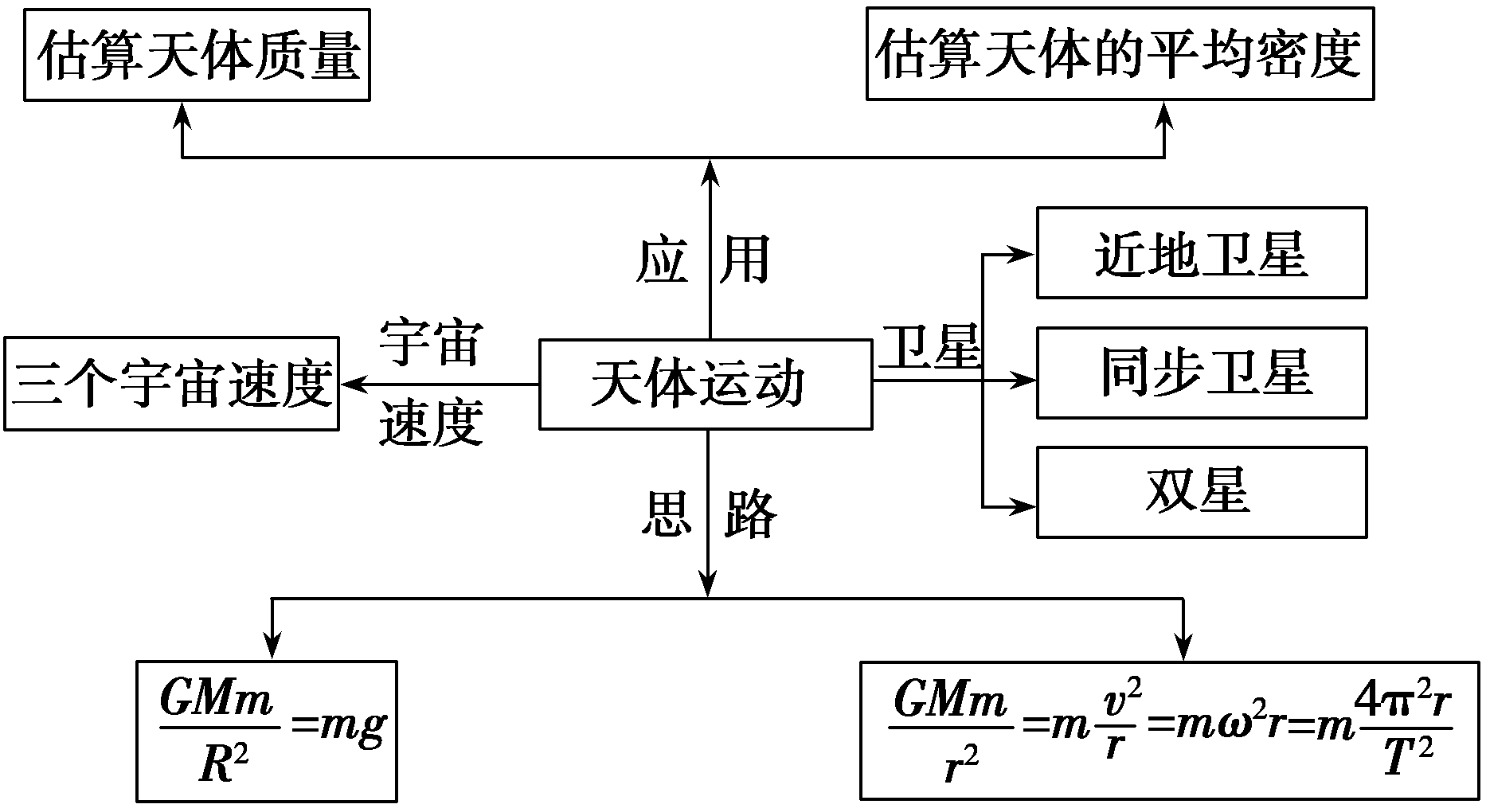
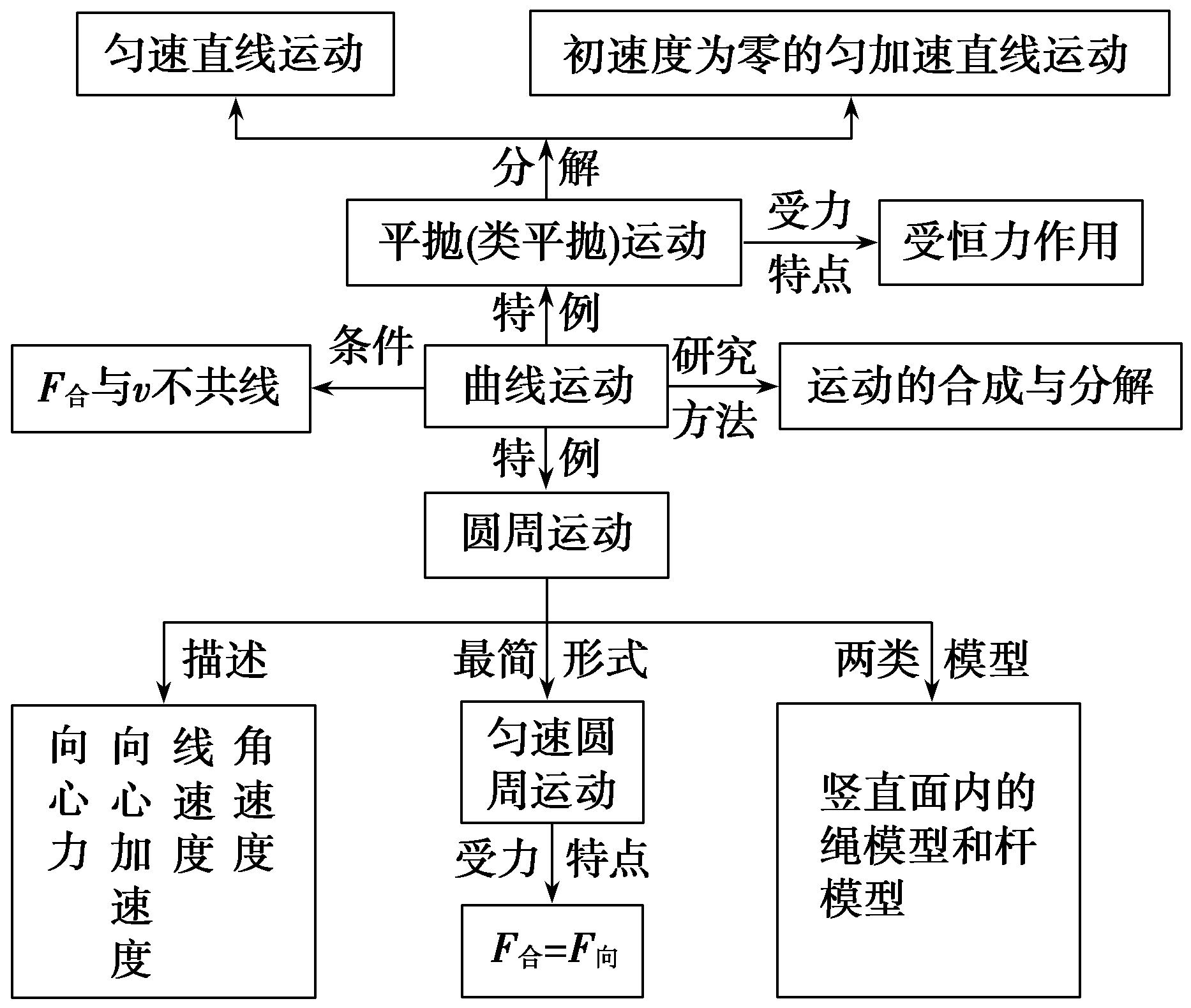
联立得 

**【方法提炼】**

1. **分析趋势 牢记命题趋势**

通过对以往高考真题的统计可以看出,竖直平面中的圆周运动是近几年高考考查的热点,综合性强,能力要求高,可以考查受力分析和运动分析、牛顿运动定律、机械能、功能关系等方面问题,所以,竖直平面中的圆周运动是一个非常重要的模型。从应用解题来看,关注运动的特殊状态,往往应用向心力公式研究圆周运动的最高点或最低点,涉及临界问题;关注运动的某一过程或多个过程,往往应用动能定理或机械能守恒定律进行研究。 近几年有关万有引力定律及其应用的题目在高考中通常以选择题的形式出现，极个别情况下会出现在计算题中，难度一般中等；在考查内容上一般考查天体运动参量间的关系、天体质量(密度)的估算、万有引力定律等基本概念和基本规律的理解与应用，有时还会涉及能量知识，同时还会考查运用控制变量法进行定性判断或定量计算的能力。

**2.知识串联　熟记核心要点**

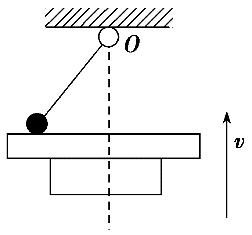


**【针对训练】**

【A】1.山城重庆的轻轨交通颇有山城特色，由于地域限制，弯道半径很小，在某些弯道上行驶时列车的车身严重倾斜。每到这样的弯道乘客都有一种坐过山车的感觉，很是惊险刺激。假设某弯道铁轨是圆弧的一部分，转弯半径为*R*，重力加速度为*g*，列车转弯过程中倾角(车厢地面与水平面夹角)为*θ*，则列车在这样的轨道上转弯行驶的安全速度(轨道不受侧向挤压)为(　　)

1. B.
2. D.

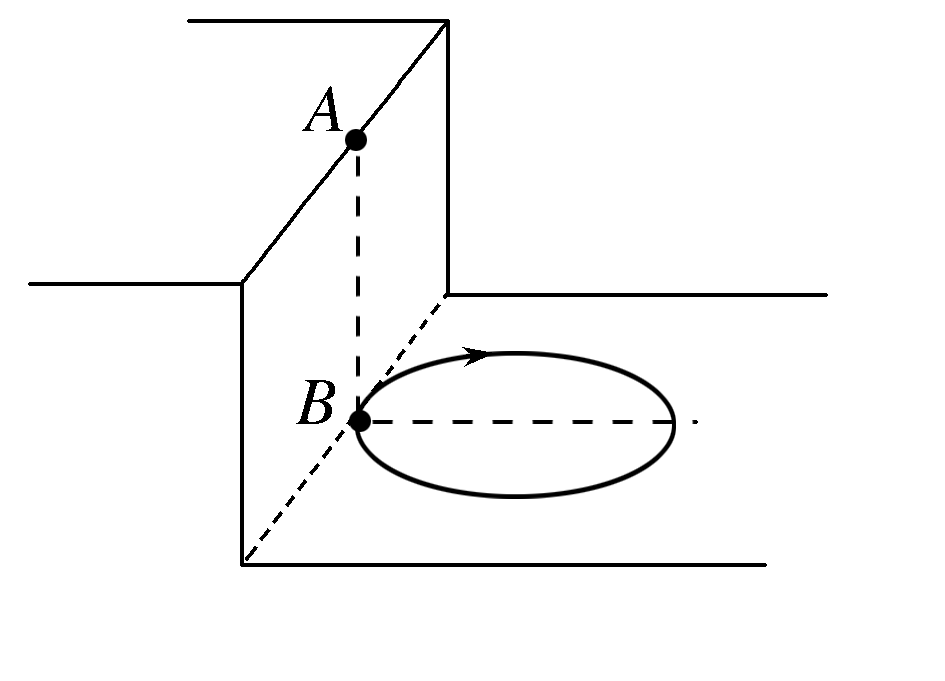
【B】 2.如图，长为*L*的轻直棒一端可绕固定轴*O*转动，另一端固定一质量为*m*的小球，小球搁在水平升降台上，升降平台以速度*v*匀速上升。下列说法正确的是(　　)

A．小球做匀速圆周运动

B．当棒与竖直方向的夹角为*α*时，小球的速度为

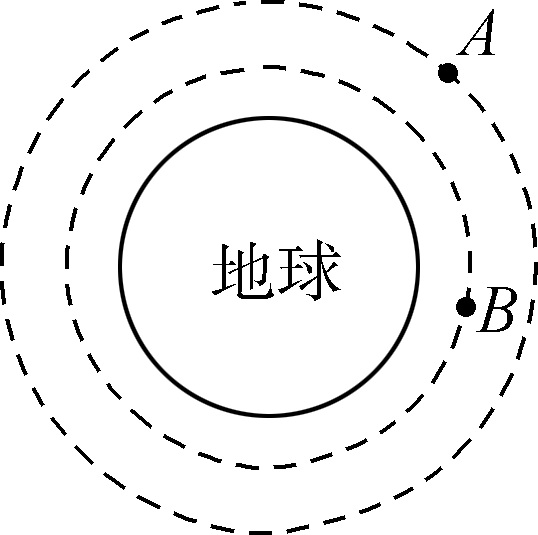
C．棒的角速度逐渐增大

D．当棒与竖直方向的夹角为*α*时，棒的角速度为

【B】 3．(多选)如图，*B*球在水平面内做半径为*R*的匀速圆周运动，竖直平台与轨迹相切且高度为*R*，当*B*球运动到切点时，在切点的正上方的*A*球水平飞出，速度大小为 ，*g*为重力加速度大小，要使*B*球运动一周内与*A*球相遇，则*B*球的速度大小可能为(　　)

1. B.

C．π D．2π

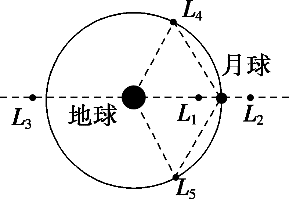
【B】 4．(多选)如图，两质量相等的卫星*A*、*B*绕地球做匀速圆周运动，用*R*、*T*、*E*k、*S*分别表示卫星的轨道半径、周期、动能、与地心连线在单位时间内扫过的面积。下列关系式正确的有(　　)

A．*TA*>*TB* 　　　　 B．*E*k*A*>*E*k*B*

C．*SA*＝*SB* 　　　　 D. ＝

【B】 5.双星系统由两颗绕着它们中心连线上的某点旋转的恒星组成．假设两颗恒星质量相等，理论计算它们绕连线中点做圆周运动，理论周期与实际观测周期有出入，且＝(*n*>1)，科学家推测，在以两星球中心连线为直径的球体空间中均匀分布着暗物质，设两星球中心连线长度为*L*，两星球质量均为*m*，据此推测，暗物质的质量为 (　　)

A．(*n*－1)*m*　 　B．(2*n*－1)*m* C.*m* D.*m*

【C】6. (多选)2018年5月25日21时46分，探月工程嫦娥四号任务“鹊桥”中继卫星成功实施近月制动，进入月球至地月拉格朗日*L*2点的转移轨道。当“鹊桥”位于拉格朗日点(如图中的*L*1、*L*2、*L*3、*L*4、*L*5所示，人们称为地月系统拉格朗日点)上时，会在月球与地球的共同引力作用下，几乎不消耗燃料而保持与月球同步绕地球做圆周运动，下列说法正确的是(月球的自转周期等于月球绕地球运动的周期)(　　)

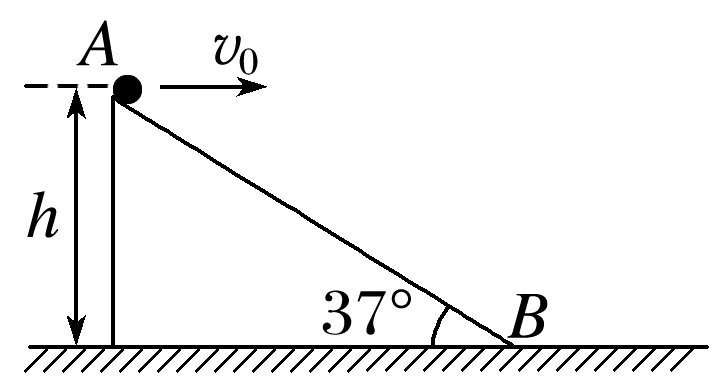
A．“鹊桥”位于*L*2点时，“鹊桥”绕地球运动的周期和月球的绕地周期相等

B．“鹊桥”位于*L*2点时，“鹊桥”绕地球运动的向心加速度大于月球绕地球运动的向心加速度

C．*L*3和*L*2到地球中心的距离相等

D．“鹊桥”在*L*2点所受月球和地球引力的合力比在其余四个点都要大

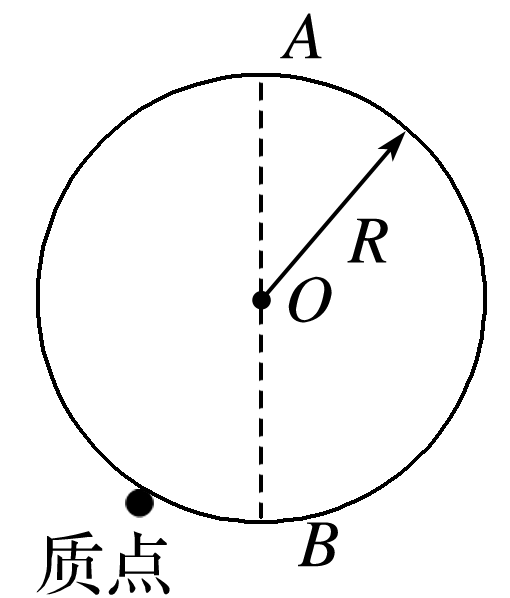
7.如图，倾角*θ*＝37°、高*h*＝1.8 m的斜面位于水平地面上，小球从斜面顶端*A*点以初速度*v*0水平向右抛出(此时斜面未动)，小球恰好落到斜面底端*B*点处．空气阻力忽略不计，取重力加速度*g*＝10 m/s2，tan 37°＝0.75.



【A】(1)求小球平抛的初速度*v*0的大小；

【B】(2)若在小球水平抛出的同时，使斜面在水平面上由静止开始向右做匀加速直线运动，经*t*2＝0.3 s小球落至斜面上，求斜面运动的加速度大小。

8.如图，在竖直平面内固定的强磁性圆轨道半径为*R*，*A*、*B*两点分别为轨道的最高点与最低点．质点沿轨道外侧做完整的圆周运动，受圆轨道的强磁性引力始终指向圆心*O*且大小恒为*F*，若质点以速率*v*＝通过*A*点时，对轨道的压力大小为其重力的7倍，不计摩擦和空气阻力，重力加速度为*g*。



【A】(1)求质点的质量；

【B】(2)若质点能做完整的圆周运动，且磁性引力大小恒定，试证明质点对*A*、*B*两点的压力差为定值；

【B】(3)若磁性引力大小恒为2*F*，为确保质点做完整的圆周运动，求质点通过*B*点最大速率。

9.万有引力定律揭示了天体运行规律与地上物体运动规律具有内在的一致性。

【B】(1)用弹簧秤称量一个相对于地球静止的小物体的重量，随称量位置的变化可能会有不同的结果。已知地球质量为*M*，自转周期为*T*，万有引力常量为*G*.将地球视为半径为*R*、质量均匀分布的球体，不考虑空气的影响。设在地球北极地面称量时，弹簧秤的读数为*F*0.

*a*．若在北极上空高出地面*h*处称量，弹簧秤读数为*F*1，求比值的表达式，并就*h*＝1.0%*R*的情形算出具体数值(计算结果保留2位有效数字)；

b．若在赤道地面称量，弹簧秤读数为*F*2，求比值的表达式。

【B】(2)设想地球绕太阳公转的圆周轨道半径*r*、太阳的半径为*RS*和地球的半径*R*三者均减小为现在的1.0%，而太阳和地球的密度均匀且不变，仅考虑太阳和地球之间的相互作用，以现实地球的1年为标准，计算“设想地球”的1年将变为多长？

**【核心问题】专题2---力与曲线运动**

**参考答案**

**【针对训练】**

1.C 2.D 3.AB 4.AD 5.C 6.ABD

7.(1) 小球水平抛出后恰好落在斜面底端，设水平位移为*x*，根据平抛运动规律

*h*＝*gt*2

*x*＝*v*0*t*

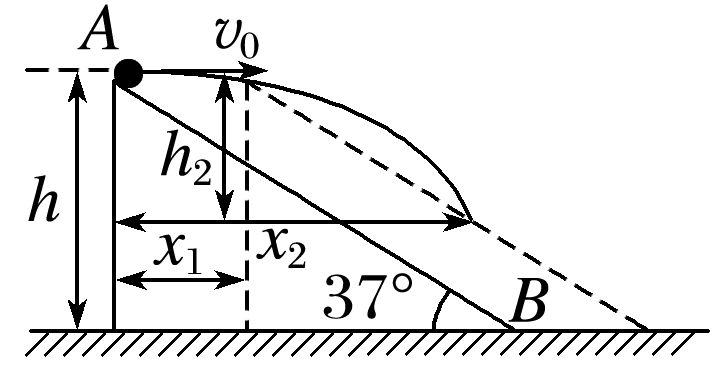
由几何知识可得 tan *θ*＝

由联立并代入已知数据得*v*0＝4 m/s

1. 如图所示，设经过*t*2＝0.3 s，斜面运动的位移为*x*1，加速度大小为*a*，小球做平抛运动竖直位移为

*h*2，水平位移为*x*2，根据平抛运动规律

*x*1＝*at*22



*h*2＝*gt*22

*x*2＝*v*0*t*2

由几何知识可得tan *θ*＝

联立并代入已知数据得*a*＝ m/s2

8.(1)在*A*点 *F*＋*mg*－*FA*＝ ①

根据牛顿第三定律 *FA*′＝*FA*＝7*mg* ②

由①②式联立得 *m*＝ ③

1. 质点能做完整的圆周运动，设磁性引力大小为*F*′，在*A*点有

*F*′＋*mg*－*F*N*A*＝ ④

根据牛顿第三定律 *F*N*A*′＝*F*N*A* ⑤

在*B*点有 *F*′－*mg*－*F*N*B*＝ ⑥

根据牛顿第三定律 *F*N*B*′＝*F*N*B* ⑦

从*A*点到*B*点过程，根据机械能守恒定律 *mg*2*R*＝*mvB*2－*mvA*2 ⑧

由④⑤⑥⑦⑧联立得 *F*N*A*′－*F*N*B*′＝6*mg*为定值，得到证明．

(3)在*B*点，根据牛顿第二定律 2*F*－*mg*－*FB*＝ ⑨

当*FB*＝0，质点速度最大 2*F*－*mg*＝

由③⑨联立得：*vB*m＝

9. (1)设小物体质量为*m*.

a.在北极地面*G*＝*F*0

在北极上空高出地面*h*处*G*＝*F*1

由得 ＝

*h*＝1.0%*R*时，＝≈0.98

b．在赤道地面，小物体随地球自转做匀速圆周运动，受到万有引力和弹簧秤的作用力，有

*G*－*F*2＝*mR*

由得＝1－

(2)地球绕太阳做匀速圆周运动，受到太阳的万有引力．设太阳质量为*MS*，地球质量为*M*，地球公转周期为*TE*，有*G*＝*Mr*

由得*TE*＝＝，其中*ρS*为太阳的密度．

由上式可知，地球公转周期*TE*仅与太阳的密度、地球公转轨道半径与太阳半径之比有关．因此“设想地球”的1年与现实地球的1年时间相同．