

第四讲：卫星问题、开普勒三定律

一、知识补充：

- 1、开普勒三定律
- 2、引力势能、卫星的机械能
- 3、第二宇宙速度的推导

二、考试真题：

2、（交大08）

（1）已知地球质量，半径，引力常数。试根据给定数据计算地球卫星速度大小的范围。

（2）已知月球质量，且资料显示月球赤道表面重力加速度大约只有地球赤道表面重力加速度的六分之一，试估算我国最近发射的“嫦娥一号”卫星的轨道运行速度和周期的大小（“嫦娥一号”轨道离开月球表面大约只有）。

（交大07）

质量为 m 的行星在质量为 M 的恒星引力作用下，沿半径为 r 的圆周轨道运行。要使该行星运行的轨道半径增大1%，外界要做多少功？（行星在引力场中的势能为 $E_P = -GMm/r$ ，其中 G 为引力常数）

17. （14分）（交大06）

在完成登陆任务后，登陆艇自某行星表面升空与飞船会合并与飞船一起绕行星作圆周运动，其速率为 v 。飞船与登陆艇的质量均为 m ，行星的质量为 M ，万有引力恒量为 G 。

（1）求飞船与登陆艇绕行星作圆周运动的周期 T 和轨道半径 R 。

（2）在启动返程时，飞船上火箭作一短时间的喷射（喷出气体的质量可忽略），使登陆艇和飞船分离，且分离方向与速度方向平行。若分离后飞船恰能完全脱离行星的引力，求刚分离后登陆艇的速率 u 。

（3）飞船和登陆艇在火箭喷射过程中共获得的机械能 E 。

[本题所有答案以 G 、 M 、 m 与 v 表示之]

10. (12分) (05交大)

涨潮和退潮现象是由天体给予整个地球和位于其表面的水以不同的加

速度所引起的。太阳对于地球表面上任何一点的吸引力都比月亮对该点的吸引力大。但是引起涨潮和退潮现象的主要作用是月亮而非太阳。试分析并说明之。(可能需要的数据：地球质量 $M_e=5.97\times 10^{24}\text{kg}$ ，地球半径 $R_e=6378\text{km}$ 。月亮质盘 $M_m=7.35\times 10^{22}\text{kg}$ ，月亮直径 $d_m=3476\text{km}$ ，月地平均距离 $S_{e-m}=384401\text{km}$ ，太阳质量 $M_s=1.99\times 10^{30}\text{kg}$ ，日地平均距离 $S_{s-e}=1.49\times 10^8\text{km}$ ，太阳半径 $R_s=696265\text{km}$)。

18. (交大04)

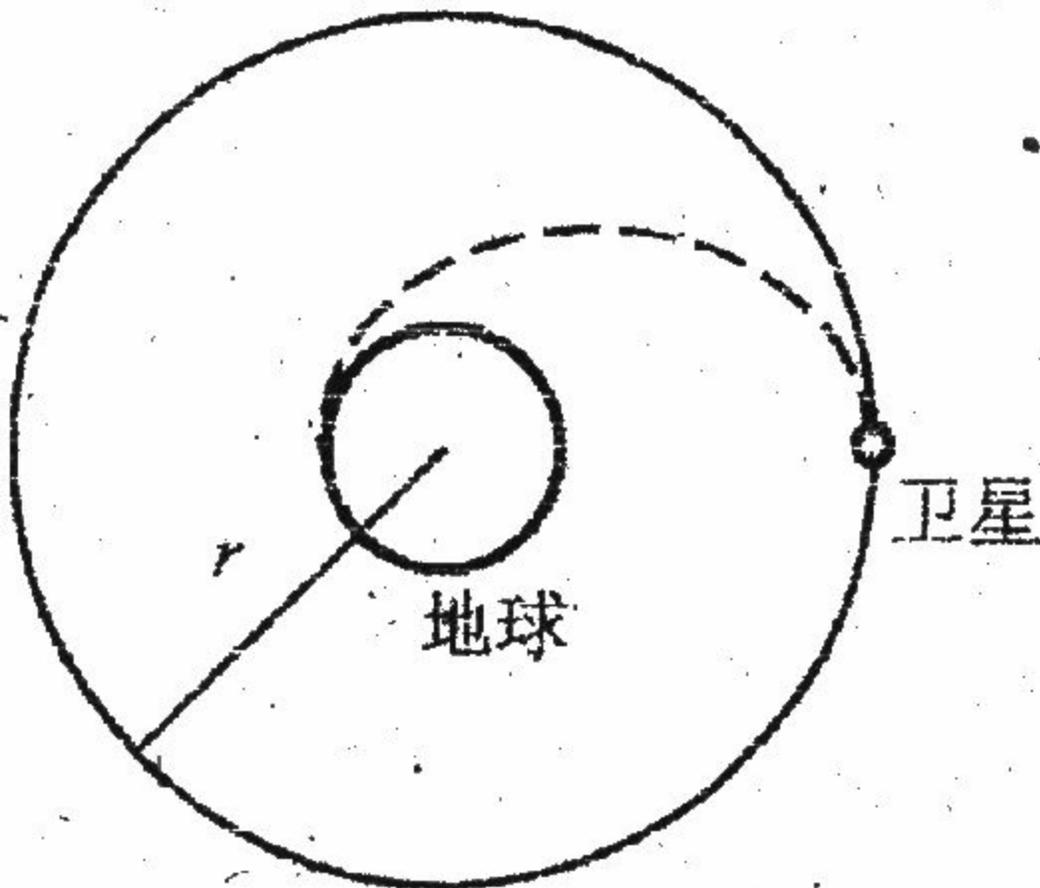
开普勒行星运动三定律如下：

第一定律：所有行星分别在不同的椭圆轨道上绕太阳运动，太阳位于椭圆的一个焦点上。

第二定律：太阳与行星间的连线在相同的时间内扫过的面积相等。

第三定律：所有行星椭圆轨道的半长轴的三次方与公转周期的立方的比值相等。

实践证明，开普勒定律也适用于人造地球卫星的运动。若人造卫星沿半径为 r 的圆形轨道绕地球运动，开动制动发动机后，卫星速度降低并转移到与地球相切的椭圆轨道运行，问此后卫星经多长时间着陆？设空气阻力不计，地球半径为 R ，地球表面重力加速度为 g 。



三、仿真训练：

1、地球赤道上的物体重力加速度为 g ，物体在赤道上随地球自转的向心加速度为 a ，要使赤道上的物体“飘”起来，则地球的转速就应为原来的()。

2、由于地球的自转，使得静止在地面的物体绕地轴做匀速圆周运动。对于这些做匀速圆周运动的物体，以下说法正确的是

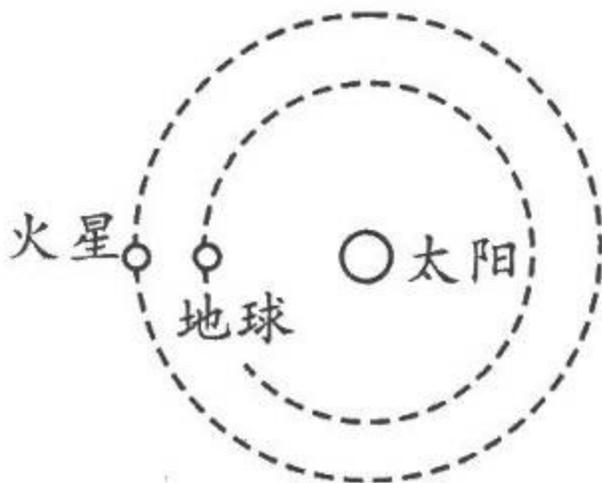
- | | |
|---------------|-----------------|
| A. 向心力指向地心 | B. 速度等于第一宇宙速度 |
| C. 加速度等于重力加速度 | D. 周期与地球自转的周期相等 |

3、1990年4月25日，科学家将哈勃天文望远镜送上距地球表面约600 km的高空，使得人类对宇宙中星体的观测与研究有了极大的进展。假设哈勃望远镜沿圆轨道绕地球运行。已知地球半径为 $6.4 \times 10^6 \text{m}$ ，利用地球同步卫星与地球表面的距离为 $3.6 \times 10^7 \text{m}$ 这一事实可得到哈勃望远镜绕地球运行的周期。以下数据中最接近其运行周期的是

- A. 0.6小时 B. 1.6小时 C. 4.0小时 D. 24小时

4、假定地球，月球都静止不动，用火箭从地球沿地月连线向月球发射一探测器。假定探测器在地球表面附近脱离火箭。用 W 表示探测器从脱离火箭处飞到月球的过程中克服地球引力做的功，用 E_k 表示探测器脱离火箭时的动能，若不计空气阻力，则

- A. E_k 必须大于或等于 W ，探测器才能到达月球
B. E_k 小于 W ，探测器也可能到达月球
C. $E_k = W$ ，探测器一定能到达月球



D. $E_k = W$ ，探测器一定不能到达月球

5、火星和地球绕太阳的运动可以近似看作为同一平面内同方向的匀速圆周运动，已知火星的轨道半径 $r_{火} = 1.5 \times 10^{11} \text{m}$ ，地球的轨道半径 $r_{地} = 1.0 \times 10^{11} \text{m}$ ，从如图所示的火星与地球相距最近的时刻开始计时，估算火星再次与地球相距最近需多少地球年？(保留两位有效数字)

6、晴天晚上，人能看见卫星的条件是卫星被太阳照着且在人的视野之内。一个可看成漫反射体的人造地球卫星的圆形轨道与赤道共面，卫星自西向东运动。春分期间太阳垂直射向赤道，赤道上某处的人在日落后 $8h$ 时在西边的地平线附近恰能看到它，之后极快地变暗而看不到了。已知地球的半径 $R_{\text{地}}=6.4 \times 10^6 m$ ，地面上的重力加速度为 $10 m/s^2$ ，估算：（答案要求精确到两位有效数字）

(1) 卫星轨道离地面的高度。

(2) 卫星的速度大小。