

Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
2017-2018 уч. год
11 класс

1. Справедливы ли законы Паскаля и Архимеда внутри космического корабля, находящегося в свободном полете?

Решение. Закон Паскаля справедлив, поскольку давление на стенки корабля обеспечивается собственным хаотичным движением частиц газа, а закон Архимеда не действует, так как и погружаемое тело, и жидкость оказываются невесомыми.

Оценивание: верный ответ без пояснения – 4 балла, развернутый ответ – 8 баллов.

2. Что, по Вашему мнению, можно найти общего между двигателем внутреннего сгорания и переменной звездой – цефеидой?

Решение. Двигатель внутреннего сгорания и любая физическая переменная звезда, в том числе и цефеида, суть тепловые машины.

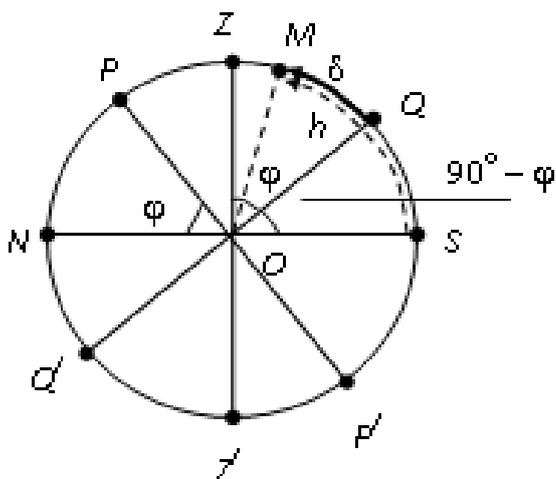
В дизеле, например, при резком сжатии рабочего вещества происходит его нагрев с последующим воспламенением. При этом давление резко повышается и сжатие сменяется расширением. В процессе расширения и последующего выхлопа продуктов сгорания, температура газа понижается и происходит впрыскивание следующей порции паров рабочего тела. Процесс повторяется. Аналогично, в физических переменных звездах, при сжатии ее недр перегреваются и давление вещества звезды повышается, звезда начинает расширяться и терять энергию. Роль клапана играет слой двукратно ионизированного гелия, который при сжатии звезды увеличивает непрозрачность и тем самым ведет к перегреву звезды, а при расширении, наоборот, увеличивает прозрачность и способствует ее охлаждению. После этого снова звезда сжимается.

Оценивание: верный ответ без пояснения – 4 балла, развернутый ответ – 8 баллов.

3. Наблюдатель в Нижнем Тагиле увидел яркую звезду в южном направлении на высоте около 45° над горизонтом. Что это за звезда? (Широта Нижнего Тагила - 58°).

Решение. Широта Нижнего Тагила $\varphi = 58^\circ$. Ось мира будет расположена под углом, соответствующим широте местности (теорема о высоте полюса мира).

Изобразим основные элементы небесной сферы.



Из рисунка находим

$$h - \delta = 90^\circ - \varphi.$$

Таким образом, склонение звезды составляет

$$\delta = h + \varphi - 90^\circ.$$

Подставим значения и определим склонение

$$\delta = 45^\circ + 58^\circ - 90^\circ = 13^\circ.$$

Из таблицы находим, что яркая звезда с наиболее близким значением склонения (около 12°) - это Регул, α Льва. Таким образом, наблюдатель видел звезду Регул, α Льва.

Оценивание: верный ответ без пояснения – 4 балла, развернутый ответ и верная формула расчета - 6 баллов, развернутый ответ, верная формула расчета и точные вычисления (без ошибки) – 8 баллов.

4. Горизонтальные координаты искусственного спутника Земли остаются неизменными. Что можно сказать о наклоне, эксцентриситете и большой полуоси орбиты спутника? (Значение радиуса Земли принять равным 6378,1 км, массу Земли считать равной $6 \cdot 10^{24}$ кг).

Решение. Постоянство азимута и высоты искусственного спутника означает, что это геостационарный спутник. Такой спутник может существовать только у вращающейся планеты. Орбита спутника единственная у данной планеты, она круговая, т.е. эксцентриситет орбиты равен нулю, располагается орбита в экваториальной плоскости Земли, следовательно, ее наклонение равно углу между плоскостью экватора и

плоскостью эклиптики: $23^{\circ}27'$, значение радиуса (высоты) орбиты может быть получено из следующих соображений.

При движении по круговой орбите, справедливо соотношение, полученное на основании второго закона Ньютона:

$$F = m_{\text{спутника}} \cdot a_{\text{спутника}}, \text{ где}$$

$$F = G \cdot \frac{M_{\text{Земли}} \cdot m_{\text{спутника}}}{(R_{\text{Земли}} + H)^2} - \text{сила тяготения}$$

(H – высота орбиты),

$$a_{\text{спутника}} = \frac{V^2}{(R_{\text{Земли}} + H)} = \omega^2 \cdot (R_{\text{Земли}} + H)$$

- центростремительное ускорение спутника, а ω - угловая скорость вращения Земли, равная $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{24 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{2 \cdot \pi}{86400} = 7,27 \cdot 10^{-5}$ (рад/сек).

Таким образом, приравнявая полученные выражения, получаем, что

$$(R_{\text{Земли}} + H) = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_{\text{Земли}}}{\omega^2}}.$$

Отсюда, высота (радиус) орбиты спутника Земли на геостационарной (находящейся в плоскости экватора) орбите - равна:

$$\begin{aligned} H &= \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_{\text{Земли}}}{\omega^2}} - R_{\text{Земли}} = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(7,27 \cdot 10^{-5})^2}} - 6378100 = \\ &= 42241752,19 - 6378100 = 35863652,2 \text{ (м)} = 35863,7 \text{ (км)} \end{aligned}$$

Оценивание: верный ответ без пояснения – 4 балла, развернутый ответ и верная формула расчета - 6 баллов, развернутый ответ, верная формула расчета и точные вычисления (без ошибки) – 8 баллов.

5. Определите, какая из звезд ярче и во сколько раз – Полярная или Сириус. (Звездные величины Сириуса m_1 и Полярной звезды m_2 $m_1 = -1,6$ и $m_2 = 2,1$).

Решение. Отношение видимой яркости двух звезд $I_1:I_2$ связано с разностью их видимых звездных величин m_1 и m_2 простым соотношением (формула Погсона):

$$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{m_2 - m_1}.$$

Звездные величины Сириуса m_1 и Полярной звезды m_2 находим из таблицы. $m_1 = -1,6$, а $m_2 = 2,1$. Прологарифмируем обе части указанного выше соотношения

$$\lg \frac{I_1}{I_2} = (m_2 - m_1) \lg 2,512 = (2,1 + 1,6) \cdot 0,4 = 1,48.$$

Таким образом

$$\lg \frac{I_1}{I_2} = 1,48 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = 30.$$

Сириус ярче Полярной звезды в 30 раз.

Оценивание: верный ответ без пояснения – 4 балла, развернутый ответ и верная формула расчета - 6 баллов, развернутый ответ, верная формула расчета и точные вычисления (без ошибки) – 8 баллов.

6. Чему равен синодический период обращения Меркурия, если его звездный период обращения вокруг Солнца = 0,24 года.

Решение. Угловая скорость вращения Земли (угол, описываемый ею за сутки) составляет $\frac{360^0}{T_{\text{Земли}}}$, угловая скорость Меркурия – $\frac{360^0}{T}$, где $T_{\text{Земли}}$ – число суток в году (сидерический период Земли), T – звездный период обращения планеты, выраженный в сутках. Следовательно, за сутки Земля обгоняет планету на

$$\frac{360^0}{T_{\text{Земли}}} - \frac{360^0}{T}.$$

Если S – синодический период планеты в сутках, то через S суток Земля обгонит планету на 360^0 , т. е.

$$\left(\frac{360^0}{T_{\text{Земли}}} - \frac{360^0}{T} \right) S = 360^0, \text{ или } \frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\text{Земли}}} - \frac{1}{T}.$$

Для внутренних планет, обращающихся быстрее, чем Земля, $T_{\text{Земли}} > T$ (планета будет обгонять Землю), надо писать:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\text{Земли}}}.$$

Откуда получаем

$$S = \frac{T \cdot T_{\text{Земли}}}{T + T_{\text{Земли}}}, \quad S = \frac{0,24 \cdot 1}{0,24 + 1} = 0,316 \text{ (года), или } 115,3 \text{ суток.}$$

Оценивание: верный ответ без пояснения – 4 балла, развернутый ответ и верная формула расчета - 6 баллов, развернутый ответ, верная формула расчета и точные вычисления (без ошибки) – 8 баллов.