

Задача по физике. Полет к другой планете (9 баллов)**Вариант 1**

Существуют программы освоения Марса предполагающие запуск космического корабля. Предположим, что корабль подлетит к Марсу по параболической траектории, вершина которой находится вблизи «красной» планеты. В момент максимального сближения с ней корабль переходит на низкую круговую орбиту, став искусственным спутником. Для этого включается тормозная система корабля, выбрасывающая струю газов.

1. **Определить на сколько должна измениться скорость корабля относительно Марса при торможении. Масса Марса $M = 6,42 \cdot 10^{23}$ кг, радиус $R_M = 3390$ км. (6 баллов)**
2. **Какая масса топлива необходима для такого маневра, если считать, что первоначальная масса корабля $m = 1$ т, а продукты сгорания выбрасываются мгновенно и вылетают со скоростью $v = 4,35 \cdot 10^3$ м/с относительно корабля вдоль направления скорости. (3 балла)**

Всего – 9 баллов

Решение варианта 1

1. При движении по параболической траектории космический корабль имеет в вершине параболы такую минимальную кинетическую энергию, которая позволяет ему улететь затем бесконечно далеко от Марса. На бесконечном расстоянии от Марса потенциальная энергия корабля равна нулю $E_\infty = 0$ (из условия нормировки). Также и кинетическая энергия корабля равна нулю на бесконечности (следует из параболичности траектории). Это означает, что на бесконечно большом расстоянии от Марса будет равна нулю и полная механическая энергия корабля. Из закона сохранения энергии следует, что и в вершине параболы сумма кинетической $\frac{mV^2}{2}$ и потенциальной $-G \frac{mM}{R_M}$ энергий также должна быть равна нулю. Следовательно,

$$\frac{mV^2}{2} - G \frac{mM}{R_M} = 0,$$

отсюда скорость подлета к Марсу (2 космическая марсианская):

$$V_{2k} = \sqrt{2G \frac{M}{R_M}} \approx 5 \cdot 10^3 \text{ м/с.}$$

В процессе торможения скорость корабля должна уменьшиться до первой космической скорости V_{1k} движения по круговой орбите радиуса R_M . Так как при движении по круговой орбите центростремительное ускорение $a = \frac{v^2}{R_M}$ кораблю сообщает сила тяготения, то по II закону Ньютона:

$$\frac{mV^2}{R_M} = G \frac{mM}{R_M^2},$$

откуда

$$V_{1k} = \sqrt{G \frac{M}{R_M}} \approx 3.5 \cdot 10^3 \text{ м/с}.$$

Следовательно

$$\Delta V = V_{2k} - V_{1k} \approx 1.5 \cdot 10^3 \text{ м/с}.$$

2. Для вычисления массы Δm топлива необходимого для такого маневра предположим, что время сгорания топлива очень мало, и что продукты сгорания были выброшены одной порцией. По закону сохранения импульса в системе отсчета, связанной с кораблем:

$$(m - \Delta m)\Delta V - \Delta m v = 0,$$

откуда для массы топлива получим выражение:

$$\Delta m = \frac{\Delta V}{v + \Delta V} m \approx 0.25m = 250 \text{ кг}.$$

Ответ: $\Delta V = 1.5 \cdot 10^3 \text{ м/с}$, $\Delta m = 250 \text{ кг}$.

Вариант 2



Исследование Венеры проводится с помощью автоматической межпланетной станции. Для этого космическая станция подлетает к Венере по эллиптической траектории, проходящей вблизи планеты. В момент максимального сближения с ней станция переходит на низкую круговую орбиту ($h = 100 \text{ км}$ от поверхности), став искусственным спутником. Для этого включается тормозная система станции, выбрасывающая струю газов.

1. Определить скорость станции относительно Венеры перед торможением. Известно, что в процессе торможения изменение скорости $\Delta V = 2 \cdot 10^3$ м/с. Масса Венеры $M = 4,85 \cdot 10^{24}$ кг, радиус $R_B = 6050$ км. (6 баллов)
2. Какая масса топлива необходима для такого маневра, если считать, что первоначальная масса станции $m = 1$ т, а продукты сгорания выбрасываются мгновенно и вылетают со скоростью $v = 4.35 \cdot 10^3$ м/с относительно станции вдоль направления скорости. (3 балла)

Всего – 9 баллов

Решение варианта 2

1. На низкой круговой орбите радиуса $(R_B + h)$ на межпланетную станцию действует сила притяжения. По II закону Ньютона уравнение движения станции имеет вид:

$$\frac{mV^2}{R_B + h} = G \frac{mM}{(R_B + h)^2}$$

Откуда

$$V = \sqrt{G \frac{M}{(R_B + h)}} \approx 7.25 \cdot 10^3 \text{ м/с.}$$

Следовательно

$$V_0 = V + \Delta V \approx 9.25 \cdot 10^3 \text{ м/с.}$$

2. Для вычисления массы Δm топлива необходимого для такого маневра предположим, что время сгорания топлива очень мало, и что продукты сгорания были выброшены одной порцией. По закону сохранения импульса в системе отсчета, связанной со станцией:

$$(m - \Delta m)\Delta V - \Delta m v = 0,$$

откуда для массы топлива получим выражение:

$$\Delta m = \frac{\Delta V}{v + \Delta V} m \approx 0.315 m = 315 \text{ кг.}$$

Ответ: $V_0 = 9.25 \cdot 10^3$ м/с, $\Delta m = 315$ кг.

Вариант 3

Исследование Марса проводится с помощью автоматической межпланетной станции. Для этого космическая станция подлетает к Марсу по эллиптической траектории, проходящей вблизи планеты. В момент максимального сближения с ней станция переходит на низкую круговую орбиту ($h = 200$ км от поверхности), став искусственным спутником. Для этого включается тормозная система станции, выбрасывающая струю газов.

3. **Определить скорость станции относительно Марса перед торможением. Известно, что в процессе торможения изменение скорости $\Delta V = 1 \cdot 10^3$ м/с. Масса Марса $M = 6,42 \cdot 10^{23}$ кг, радиус $R_M = 3390$ км. (6 баллов)**
4. **Какая масса топлива необходима для такого маневра, если считать, что первоначальная масса станции $m = 1$ т, а продукты сгорания выбрасываются мгновенно и вылетают со скоростью $v = 4,35 \cdot 10^3$ м/с относительно станции вдоль направления скорости. (3 балла)**

Всего – 9 баллов

Решение варианта 3

1. На низкой круговой орбите радиуса $(R_M + h)$ на межпланетную станцию действует сила притяжения. По II закону Ньютона уравнение движения станции имеет вид:

$$\frac{mV^2}{R_M + h} = G \frac{mM}{(R_M + h)^2}$$

Откуда

$$V = \sqrt{G \frac{M}{(R_M + h)}} \approx 3,45 \cdot 10^3 \text{ м/с.}$$

Следовательно

$$V_0 = V + \Delta V \approx 4,45 \cdot 10^3 \text{ м/с.}$$

2. Для вычисления массы Δm топлива необходимого для такого маневра предположим, что время сгорания топлива очень мало, и что продукты сгорания были выброшены одной порцией. По закону сохранения импульса в системе отсчета, связанной со станцией:

$$(m - \Delta m)\Delta V - \Delta m v = 0,$$

откуда для массы топлива получим выражение:

$$\Delta m = \frac{\Delta V}{v + \Delta V} m \approx 0.187 m = 187 \text{ кг.}$$

Ответ: $V_0 = 4.45 \cdot 10^3 \text{ м/с}$, $\Delta m = 187 \text{ кг}$.

Вариант 4



Существуют программы предполагающие запуск космического корабля к Венере. Предположим, что корабль подлетит к Венере по параболической траектории, вершина которой находится вблизи планеты. В момент максимального сближения с ней корабль переходит на низкую круговую орбиту, став искусственным спутником. Для этого включается тормозная система корабля, выбрасывающая струю газов.

1. **Определить на сколько должна измениться скорость корабля относительно Венеры при торможении. Масса Венеры $M = 4,85 \cdot 10^{24} \text{ кг}$, радиус $R_B = 6050 \text{ км}$. (6 баллов)**
2. **Какая масса топлива необходима для такого маневра, если считать, что первоначальная масса корабля $m = 1 \text{ т}$, а продукты сгорания выбрасываются мгновенно и вылетают со скоростью $v = 4.35 \cdot 10^3 \text{ м/с}$ относительно корабля вдоль направления скорости. (3 балла)**

Всего – 9 баллов

Решение варианта 4

1. При движении по параболической траектории космический корабль имеет в вершине параболы такую минимальную кинетическую энергию, которая позволяет ему улететь затем бесконечно далеко от Венеры. На бесконечном расстоянии от Венеры потенциальная энергия корабля равна нулю $E_\infty = 0$ (из условия нормировки). Также и кинетическая энергия корабля равна нулю на бесконечности (следует из параболичности траектории). Это означает, что на бесконечно большом расстоянии от Венеры будет равна нулю и полная механическая энергия корабля. Из закона сохранения энергии следует, что и в вершине параболы сумма кинетической $\frac{mV^2}{2}$ и потенциальной $-G \frac{mM}{R_B}$ энергий также должна быть равна нулю. Следовательно,

$$\frac{mV^2}{2} - G \frac{mM}{R_B} = 0,$$

отсюда скорость подлета к Венере (2 космическая венерианская):

$$V_{2k} = \sqrt{2G \frac{M}{R_B}} \approx 10.3 \cdot 10^3 \text{ м/с.}$$

В процессе торможения скорость корабля должна уменьшиться до первой космической скорости V_{1k} движения по круговой орбите радиуса R_B . Так как при движении по круговой орбите центростремительное ускорение $a = \frac{V^2}{R_B}$ кораблю сообщает сила тяготения, то по II закону Ньютона:

$$\frac{mV^2}{R_B} = G \frac{mM}{R_B^2},$$

откуда

$$V_{1k} = \sqrt{G \frac{M}{R_B}} \approx 7.3 \cdot 10^3 \text{ м/с.}$$

Следовательно

$$\Delta V = V_{2k} - V_{1k} \approx 3 \cdot 10^3 \text{ м/с.}$$

2. Для вычисления массы Δm топлива необходимого для такого маневра предположим, что время сгорания топлива очень мало, и что продукты сгорания были выброшены одной порцией. По закону сохранения импульса в системе отсчета, связанной с кораблем:

$$(m - \Delta m)\Delta V - \Delta m v = 0,$$

откуда для массы топлива получим выражение:

$$\Delta m = \frac{\Delta V}{v + \Delta V} m \approx 0.408 m = 408 \text{ кг.}$$

Ответ: $\Delta V = 3 \cdot 10^3 \text{ м/с}$, $\Delta m = 408 \text{ кг}$.

Задача по физике. Благородные газы (8 баллов)

Вариант 1



Для сварки цветных металлов может использоваться смесь двух благородных газов - гелия и аргона. Мольное соотношение газов определяет параметры сварки, поэтому важно знать состав смеси. Для его определения провели следующий эксперимент: два одинаковых цилиндрических сосуда с массивными поршнями, движущимися без трения, заполнили чистым аргоном и исследуемой смесью гелия и аргона. В обоих случаях масса после заполнения увеличилась на $\Delta m = 5.00$ кг. Затем каждому цилиндру изобарно сообщили одинаковое количество теплоты Q , в результате чего температура газа в первом цилиндре увеличилась на $\Delta T_1 = 2.58^\circ\text{C}$, а во втором – на $\Delta T_2 = 2.00^\circ\text{C}$. Молярные массы гелия $\mu_{\text{He}} = 4$ г/моль и аргона $\mu_{\text{Ar}} = 40$ г/моль.

1. Чему равно Q ? (2 балла)
2. Определите отношение количества атомов гелия к количеству атомов аргона во втором сосуде n . (6 баллов)

Всего – 8 баллов

Решение варианта 1

1. По первому началу термодинамики: $Q = A + \Delta U$, с учетом выражения работы при изобарном процессе: $A = p(\Delta V)$, а также используя выражение для внутренней энергии идеального одноатомного газа $U = \frac{3}{2} \nu RT$, получим для чистого аргона:

$$Q = p\Delta V_1 + \frac{3}{2} \nu_{1,\text{Ar}} R \Delta T_1 = \frac{5}{2} \nu_{1,\text{Ar}} R \Delta T_1 = \frac{5\Delta m}{2\mu_{\text{Ar}}} R \Delta T_1 \approx 6.7 \text{ кДж}$$

2. По аналогии с пунктом 1 выразим количество теплоты полученное смесью:

$$Q = p_2 \Delta V_2 + \frac{3}{2} (\nu_{2,\text{Ar}} + \nu_{\text{He}}) R \Delta T_2 = \frac{5}{2} (\nu_{2,\text{Ar}} + \nu_{\text{He}}) R \Delta T_2$$

Приравнявая выражения для Q из 1-ого и 2-ого пункта, получим первое уравнение, а учитывая, что массы газов в сосудах 1 и 2 одинаковы, получим второе уравнение системы.

$$\begin{aligned} \nu_{1,\text{Ar}} \Delta T_1 &= (\nu_{1,\text{Ar}} + \nu_{\text{He}}) \Delta T_2 \\ \nu_{1,\text{Ar}} \mu_{\text{Ar}} &= \nu_{2,\text{Ar}} \mu_{\text{Ar}} + \nu_{\text{He}} \mu_{\text{He}} \end{aligned}$$

Решим систему и выразим $\nu_{2,\text{Ar}}$, ν_{He} . Для их отношения n получим:

$$n = \frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_{2,\text{Ar}}} = \frac{\mu_{\text{Ar}}(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{\mu_{\text{Ar}} \Delta T_2 - \mu_{\text{He}} \Delta T_1} \approx 0,33$$

Вариант 2



В микроэлектронике часто используется смесь двух благородных газов – ксенона и аргона. Однако для практического применения важно знать состав смеси. Для его определения провели следующий эксперимент. Два одинаковых цилиндрических сосуда с массивными поршнями, движущимися без трения, заполнили чистым аргоном и исследуемой смесью ксенона и аргона. В обоих случаях масса после заполнения увеличилась на $\Delta m = 4,00$ кг. Затем каждому цилиндру изобарно сообщили одинаковое количество теплоты Q , в результате чего температура газа в первом цилиндре увеличилась на $\Delta T_1 = 1,77^\circ\text{C}$, а во втором – на $\Delta T_2 = 3,00^\circ\text{C}$. Молярные массы ксенона $\mu_{\text{Xe}} = 131$ г/моль и аргона $\mu_{\text{Ar}} = 40$ г/моль.

1. Рассчитайте количество теплоты Q . (2 балла)
2. Определите отношение количества атомов ксенона к количеству атомов аргона во втором сосуде n . (6 баллов)

Всего – 8 баллов

Решение варианта 2

1. По первому началу термодинамики: $Q = A + \Delta U$, с учетом выражения работы при изобарном процессе: $A = p(\Delta V)$, а также используя выражение для внутренней энергии идеального одноатомного газа $U = \frac{3}{2} \nu RT$, получим для чистого аргона:

$$Q = p\Delta V_1 + \frac{3}{2} \nu_{1,\text{Ar}} R \Delta T_1 = \frac{5}{2} \nu_{1,\text{Ar}} R \Delta T_1 = \frac{5\Delta m}{2\mu_{\text{Ar}}} R \Delta T_1 \approx 3.7 \text{ кДж}$$

2. По аналогии с пунктом 1 выразим количество теплоты полученное смесью:

$$Q = p_2 \Delta V_2 + \frac{3}{2} (\nu_{2,\text{Ar}} + \nu_{\text{Xe}}) R \Delta T_2 = \frac{5}{2} (\nu_{2,\text{Ar}} + \nu_{\text{Xe}}) R \Delta T_2$$

Приравнявая выражения для Q из 1-ого и 2-ого пункта, получим первое уравнение, а учитывая, что массы газов в сосудах 1 и 2 одинаковы, получим второе уравнение системы.

$$\begin{aligned} \nu_{1,\text{Ar}} \Delta T_1 &= (\nu_{1,\text{Ar}} + \nu_{\text{Xe}}) \Delta T_2 \\ \nu_{1,\text{Ar}} \mu_{\text{Ar}} &= \nu_{2,\text{Ar}} \mu_{\text{Ar}} + \nu_{\text{Xe}} \mu_{\text{Xe}} \end{aligned}$$

Решим систему и выразим $v_{2,Ar}$, v_{He} . Для их отношения n получим:

$$n = \frac{v_{Xe}}{v_{2,Ar}} = \frac{\mu_{Ar}(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{\mu_{Ar}\Delta T_2 - \mu_{Xe}\Delta T_1} \approx 0,44$$

Вариант 3



В хроматографии в качестве криогенного газа часто используется смесь двух благородных газов – криптона и аргона. Однако для практического применения важно знать состав смеси. Для его определения провели следующий эксперимент. Два одинаковых цилиндрических сосуда с массивными поршнями, движущимися без трения, заполнили чистым аргоном и исследуемой смесью криптона и аргона. В обоих случаях масса после заполнения увеличилась на $\Delta m = 6,00$ кг. Затем каждому цилиндру изобарно сообщили одинаковое количество теплоты Q , в результате чего температура газа в первом цилиндре увеличилась на $\Delta T_1 = 2,47^\circ\text{C}$, а во втором – на $\Delta T_2 = 3,50^\circ\text{C}$. Молярные массы криптона $\mu_{Kr} = 84$ г/моль и аргона $\mu_{Ar} = 40$ г/моль.

1. Чему равно Q ? (2 балла)
2. Определите отношение количества атомов криптона к количеству атомов аргона во втором сосуде n . (6 баллов)

Всего – 8 баллов

Решение варианта 3

1. По первому началу термодинамики: $Q = A + \Delta U$, с учетом выражения работы при изобарном процессе: $A = p(\Delta V)$, а также используя выражение для внутренней энергии идеального одноатомного газа $U = \frac{3}{2} \nu RT$, получим для чистого аргона:

$$Q = p\Delta V_1 + \frac{3}{2} \nu_{1,Ar} R \Delta T_1 = \frac{5}{2} \nu_{1,Ar} R \Delta T_1 = \frac{5\Delta m}{2\mu_{Ar}} R \Delta T_1 \approx 7.7 \text{ кДж}$$

2. По аналогии с пунктом 1 выразим количество теплоты полученное смесью:

$$Q = p_2 \Delta V_2 + \frac{3}{2} (\nu_{2,Ar} + \nu_{Kr}) R \Delta T_2 = \frac{5}{2} (\nu_{2,Ar} + \nu_{Kr}) R \Delta T_2$$

Приравнявая выражения для Q из 1-ого и 2-ого пункта, получим первое уравнение, а учитывая, что массы газов в сосудах 1 и 2 одинаковы, получим второе уравнение системы.

$$\begin{aligned}v_{1,Ar}\Delta T_1 &= (v_{1,Ar} + v_{Kr})\Delta T_2 \\v_{1,Ar}\mu_{Ar} &= v_{2,Ar}\mu_{Ar} + v_{Kr}\mu_{Kr}\end{aligned}$$

Решим систему и выразим $v_{2,Ar}$, v_{He} . Для их отношения n получим:

$$n = \frac{v_{Kr}}{v_{2,Ar}} = \frac{\mu_{Ar}(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{\mu_{Ar}\Delta T_2 - \mu_{Kr}\Delta T_1} \approx 0,61$$

Вариант 4



Для подсветки изображений и вывесок часто используется смесь двух благородных газов – неона и аргона. Однако для практического применения важно знать состав смеси. Для его определения провели следующий эксперимент. Два одинаковых цилиндрических сосуда с массивными поршнями, движущимися без трения, заполнили чистым аргоном и исследуемой смесью неона и аргона. В обоих случаях масса после заполнения увеличилась на $\Delta m = 3,00$ кг. Затем каждому цилиндру изобарно сообщили одинаковое количество теплоты, в результате чего температура газа в первом цилиндре увеличилась на $\Delta T_1 = 2,50^\circ\text{C}$, а во втором – на $\Delta T_2 = 1,50^\circ\text{C}$. Молярные массы неона $\mu_{Ne} = 20$ г/моль и аргона $\mu_{Ar} = 40$ г/моль.

1. Чему равно Q ? (2 балла)
2. Определите отношение количества атомов неона к количеству атомов аргона во втором сосуде n . (6 баллов)

Всего – 8 баллов

Решение варианта 4

1. По первому началу термодинамики: $Q = A + \Delta U$, с учетом выражения работы при изобарном процессе: $A = p(\Delta V)$, а также используя выражение для внутренней энергии идеального одноатомного газа $U = \frac{3}{2}\nu RT$, получим для чистого аргона:

$$Q = p\Delta V_1 + \frac{3}{2}v_{1,Ar}R\Delta T_1 = \frac{5}{2}v_{1,Ar}R\Delta T_1 = \frac{5\Delta m}{2\mu_{Ar}}R\Delta T_1 \approx 3.9 \text{ кДж}$$

2. По аналогии с пунктом 1 выразим количество теплоты полученное смесью:

$$Q = p_2\Delta V_2 + \frac{3}{2}(v_{2,Ar} + v_{Ne})R\Delta T_2 = \frac{5}{2}(v_{2,Ar} + v_{Ne})R\Delta T_2$$

Приравнявая выражения для Q из 1-ого и 2-ого пункта, получим первое уравнение, а учитывая, что массы газов в сосудах 1 и 2 одинаковы, получим второе уравнение системы.

$$\begin{aligned} v_{1,Ar}\Delta T_1 &= (v_{1,Ar} + v_{Ne})\Delta T_2 \\ v_{1,Ar}\mu_{Ar} &= v_{2,Ar}\mu_{Ar} + v_{Ne}\mu_{Ne} \end{aligned}$$

Решим систему и выразим $v_{2,Ar}$, v_{Ne} . Для их отношения n получим:

$$n = \frac{v_{Ne}}{v_{2,Ar}} = \frac{\mu_{Ar}(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{\mu_{Ar}\Delta T_2 - \mu_{Ne}\Delta T_1} \approx 4,0$$

Задача по физике. Отражения (8 баллов)

Вариант 1



Зеркала входят в состав рефлекторного телескопа. Юный астроном сложил два плоских зеркала, а затем стал менять угол между плоскостями зеркал.

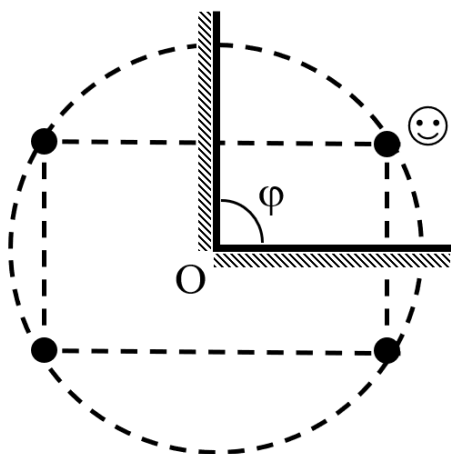
Сколько собственных изображений он увидит, когда угол между зеркальными поверхностями станет равен

а) $\phi = \pi/2$, (3 балла)

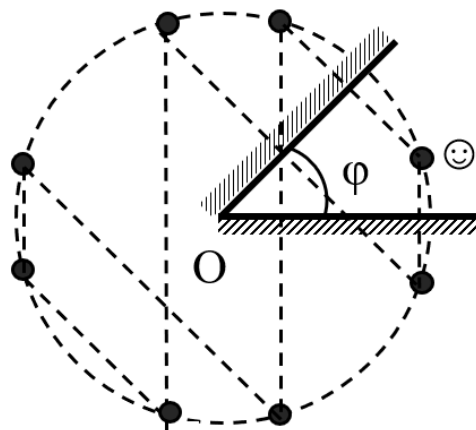
б) $\phi = \pi/4$. (5 баллов)

Всего – 8 баллов

Решение варианта 1



а)



б)

Схема расположения юного астронома и его изображений относительно двугранного угла φ . а) $\varphi = \pi/2$, б) $\varphi = \pi/4$.

Зеркала плоские. Будем последовательно отражать изображение юного астронома относительно поверхностей каждого зеркала. Изображения расположатся на окружности с центром в точке О.

Ответ: Юный астроном увидит: а) 3 собственных изображения, б) 7 собственных изображений.

Вариант 2



Юный астроном, разбираясь с принципом работы рефлекторного телескопа, сложил два плоских зеркала, а затем стал плавно изменять угол между плоскостями зеркал.

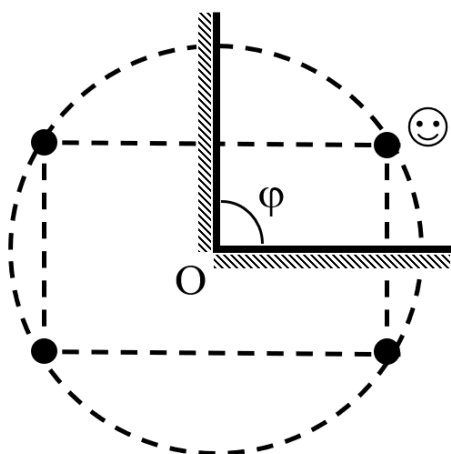
Сколько собственных изображений он увидит, когда угол между зеркалами станет равен

а) $\varphi = \pi/2$, (3 балла)

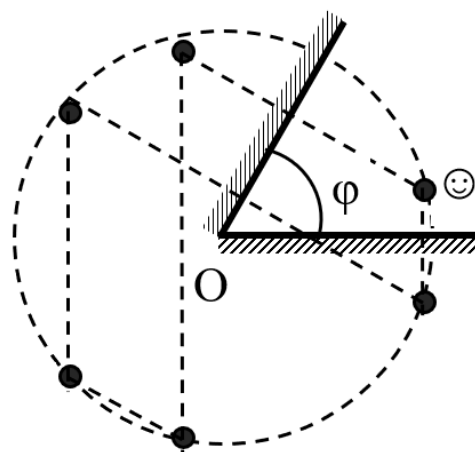
б) $\varphi = \pi/3$. (5 баллов)

Всего – 8 баллов

Решение варианта 2



а)



б)

Схема расположения юного астронома и его изображений относительно двугранного угла φ . а) $\varphi = \pi/2$, б) $\varphi = \pi/3$.

Зеркала плоские. Будем последовательно отражать изображение юного астронома относительно поверхностей каждого зеркала. Изображения расположатся на окружности с центром в точке О.

Ответ: Юный астроном увидит: а) 3 собственных изображения, б) 5 собственных изображений.

Вариант 3



Зеркала входят в состав рефлекторного телескопа. Юный астроном сложил два плоских зеркала, а затем стал менять угол между плоскостями зеркал.

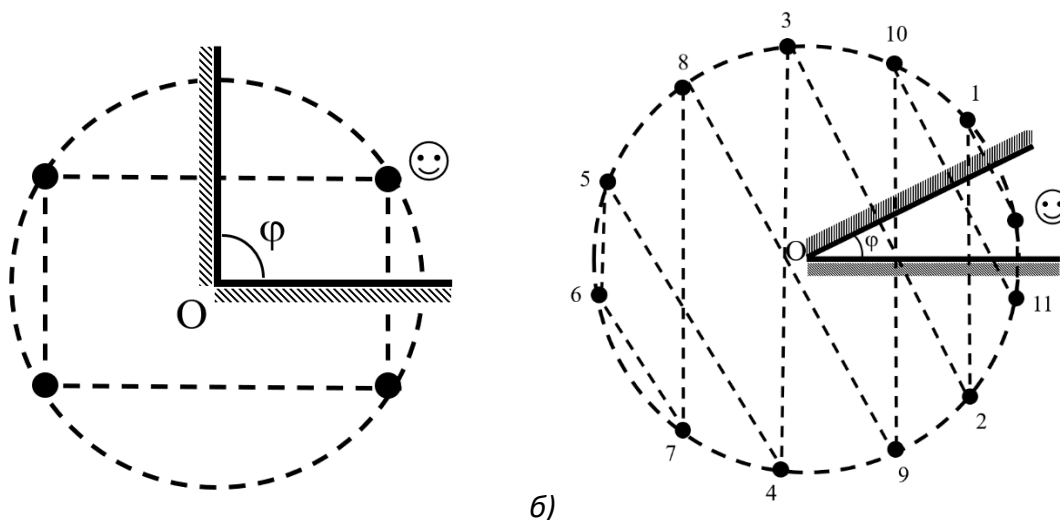
Сколько собственных изображений он увидит, когда угол между зеркальными поверхностями станет равен

а) $\varphi = \pi/2$, (3 балла)

б) $\varphi = \pi/6$. (5 баллов)

Всего – 8 баллов

Решение варианта 3



а) б)
Схема расположения юного астронома и его изображений относительно двугранного угла φ . а) $\varphi = \pi/2$, б) $\varphi = \pi/6$.

Зеркала плоские. Будем последовательно отражать изображение юного астронома относительно поверхностей каждого зеркала. Изображения расположатся на окружности с центром в точке O.

Ответ: Юный астроном увидит: а) 3 собственных изображения, б) 11 собственных изображений.

Вариант 4



Юный астроном, разбираясь с принципом работы рефлекторного телескопа, сложил два плоских зеркала, а затем стал плавно изменять угол между плоскостями зеркал.

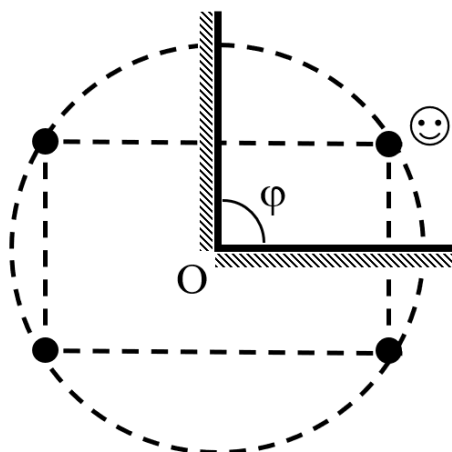
Сколько собственных изображений он увидит, когда угол между зеркалами станет равен

а) $\varphi = \pi/2$, (3 балла)

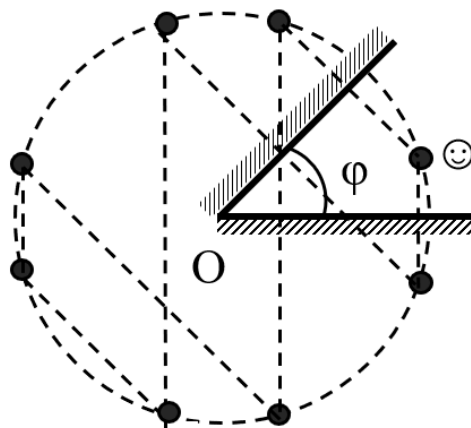
б) $\varphi = \pi/4$. (5 баллов)

Всего – 8 баллов

Решение варианта 4



а)



б)

Схема расположения юного астронома и его изображений относительно двугранного угла φ . а) $\varphi = \pi/2$, б) $\varphi = \pi/4$.

Зеркала плоские. Будем последовательно отражать изображение юного астронома относительно поверхностей каждого зеркала. Изображения расположатся на окружности с центром в точке O.

Ответ: Юный астроном увидит: а) 3 собственных изображения, б) 7 собственных изображений.