**Расчёт параметров протуберанцев,**

**наблюдаемых во время Солнечного затмения 20.03.2015**

 **Цель работы**: рассчитать по фотографии Солнечного затмения 20.03.2015 высоты подъёма протуберанцев; ускорение свободного падения на Солнце; начальные скорости подъёма протуберанцев.

Протуберанцы – плотные конденсации относительно холодного ***Т*** = 6-8 тыс. К (по сравнению с солнечной короной) вещества, которые поднимаются и удерживаются над поверхностью Солнца магнитным полем, а затем остывают и опускаются на Солнце. На движение протуберанцев помимо силы тяжести, оказывают большую роль электрические и магнитные силы.

С сайта «ДеАгости́ни» **наблюдения с телескопом от Deagostini** взяты фотографии Солнечного затмения 20.03.2015, полученные с помощью водородного фильтра

 <http://nacekomie.ru/forum/viewtopic.php?f=174&t=17844&p=1082138>

1. Определение высоты подъёма протуберанцев **а, б, в** по фотографии 20.03.2015. $\frac{h\_{п}}{R\_{c}}= \frac{h\_{изм}}{R\_{изм}}$; $h\_{п}= \frac{R\_{c} ∙ h\_{изм}}{R\_{изм}}$ – высота подъёма протуберанца;

$R\_{c} $= 696000 км = 6,96 $∙10^{8}$ м – радиус Солнца;

$h\_{изм}$ – высота подъёма протуберанца, измеренная по фотографии;

$R\_{изм}$ – радиус Солнца, измеренный по фотографии.

1. Определение высоты подъёма протуберанца **а** $h\_{а}= \frac{R\_{c} ∙ h\_{изм а}}{R\_{изм}}$

$R\_{изм}$=4,6см =4,6$∙10^{-2}$м; $h\_{изм а}$=4мм=4$∙10^{-3}$м; $h\_{а}=6,05∙10^{7}$**=** $60521, 7 км$

1. Определение высоты подъёма протуберанца **б** $h\_{а}= \frac{R\_{c} ∙ h\_{изм б}}{R\_{изм}}$

$R\_{изм}$=4,6см=4,6 $∙10^{-2}$м;$ h\_{изм б}$ =7мм=7 $∙10^{-3}$м;$ h\_{б}=10,6∙10^{7}$**=** $105913км$

1. Определение высоты подъёма протуберанца **в** $h\_{в}= \frac{R\_{c} ∙ h\_{изм в}}{R\_{изм}}$

$R\_{изм}$ = 4,6 см = 4,6 $∙10^{-2}$ м; $h\_{изм в}$ = 4 мм = 3 $∙10^{-3}$ м; $h\_{а}= 45391,3 км$

1. Рассчитать ускорение свободного падения $g\_{c}$, действующего на протуберанцы **а, б, в** на Солнце.

*F* = *G* $\frac{m\_{п} ∙ M\_{с}}{\left(R\_{с}+ h\_{п}\right)^{2}}$ – сила Всемирного тяготения, возникающая между протуберанцем и Солнцем, т.к. $h\_{п}\ll R\_{с}$, то *F* = *G* $\frac{m\_{п} ∙ M\_{с}}{R\_{с}^{2}}$. *G*$ $ – гравитационная постоянная, $m\_{п}$ – масса протуберанца, поднимающегося на Солнце,

$M\_{с}$ = 1,99 $∙ 10^{30} кг $ – масса Солнца; $R\_{с}$ = 6,96 $∙10^{8}$ м – радиус Солнца.

На Солнце на протуберанец действует сила тяжести *F* = $m\_{п}∙g\_{c}$

*G* $\frac{m\_{п} ∙ M\_{с}}{R\_{с}^{2}}$ =$m\_{п}∙g\_{c}$; $g\_{c}$ **= *G*** $\frac{M\_{с}}{R\_{с}^{2}}$ ; $g\_{c}$ = 6,67$∙10^{-11}\frac{ Н ∙ м^{2}}{кг^{2}}$ $\frac{1,99 ∙ 10^{30} кг }{\left(6,96 ∙10^{8} м\right)^{2}}$ = **273,16**$ \frac{м}{с^{2}}$

*F =* $m\_{з}∙a\_{ц}$ – центростремительная сила, действующая на Землю при её движении по орбите вокруг Солнца, $a\_{ц}= \frac{4π^{2}∙R}{T^{2}}$ – центростремительное ускорение Земли, тогда *F =* $m\_{з}∙\frac{4π^{2}∙ R}{T^{2}}$

$m\_{з}$ = 5,97 $∙10^{24}$ кг – масса Земли,

*R* = 1 а.е. = 149000000 км = 1,5 $∙10^{11}$ м – расстояние от Земли до Солнца,

*T* = 365,25 суток = 3,15 $∙10^{7}$с – период обращения Земли вокруг Солнца.

*F* = *G* $\frac{m\_{з} ∙ M\_{с}}{R ^{2}}$ – сила Всемирного тяготения, действующая между Солнцем и Землёй, сила Всемирного тяготения и центростремительная равны,

*G* $\frac{m\_{з} ∙ M\_{с}}{R ^{2}}= m\_{з}∙\frac{4π^{2}∙ R}{T^{2}}$; $\frac{G ∙ M\_{с}}{R ^{2}}=\frac{4π^{2}∙ R}{T^{2}}$; *G*$M\_{с}= \frac{4π^{2}∙ R^{3}}{T^{2}}$; $g\_{c}$ **=** $\frac{G∙M\_{c}}{R\_{с}^{2}}$ **=** $\frac{\frac{4π^{2}∙ R^{3}}{T^{2}}}{R\_{с}^{2}}$ **=** $\frac{4π^{2}∙ R^{3}}{R\_{с}^{2} ∙ T^{2}}$

$g\_{c}$ **= 280,55** $\frac{м}{с^{2}}$ – ускорение свободного падения на Солнце.

1. Определение начальных скоростей подъёма протуберанцев $ϑ\_{0}$ **а, б, в**, которые надо задать протуберанцам, чтобы они поднялись на высоты, рассчитанные по фотографии**.** $h\_{п}$ ***=*** $\frac{ϑ^{2}- ϑ\_{0}^{2}}{2g\_{с}};$$ϑ=0; $$ϑ\_{0}^{2}=2g\_{с}h\_{п}$*;* $ϑ\_{0}=\sqrt{2g\_{с}h\_{п}}$
2. Определение начальной скорости подъёма, $ϑ\_{а}$, для подъёма на высоту $h\_{а}$: $ϑ\_{а}=\sqrt{2g\_{с}h\_{а}}$; $ϑ\_{а}=\sqrt{2∙280,55\frac{м}{с^{2}}∙6,05∙10^{7}м}$ = **184,2** $\frac{км}{с}$
3. Определение начальной скорости подъёма $ϑ\_{б}$, для подъёма на высоту $h\_{б}$ и отрыва от Солнца для протуберанца **б**

$ϑ\_{б}=\sqrt{2g\_{с}h\_{б}}$; $ϑ\_{б}=\sqrt{2∙280,55 \frac{м}{с^{2}}∙10,6∙10^{7}м }$ = **243,8** $\frac{км}{с}$

1. Определение начальной скорости подъёма $ϑ\_{в}$, для подъёма на высоту $h\_{в}$: $ϑ\_{в}=\sqrt{2g\_{с}h\_{в}}$; $ϑ\_{в}=\sqrt{2∙280,55 \frac{м}{с^{2}}∙4,54 ∙10^{7} м}$ = **159,6** $\frac{км}{с}$

**Выводы**:

1. По фотографии солнечного затмения 20.03.2015 рассчитаны высоты подъёма протуберанцев: $h\_{а}=60521, 7км$, $h\_{б}=105913км$, $h\_{а}=45391,3км$. Эти данные совпадают с данными из научной литературы (размеры протуберанцев от 40 000 км до 200000 км).
2. Определено значение ускорения свободного падения на Солнце

$g\_{c}$ **= 280,55** $\frac{м}{с^{2}}$, которое совпадает с табличным данным *g* = 273 $\frac{м}{с^{2}}$.

1. Рассчитаны начальные скорости подъёма протуберанцев, чтобы достичь рассчитанных высот: $ϑ\_{а}=$ **184,2** $\frac{км}{с}$**;** $ϑ\_{б}= $**243,8** $\frac{км}{с}$**;** $ϑ\_{в}= $**159,6** $\frac{км}{с}. $Эти данные совпадают с теоретическими данными: скорости движения протуберанцев достигают 720 $\frac{км}{с}$.

**Погрешности измерений:**

1. Измерение высоты подъёма протуберанцев проводилось по фотографии с помощью измерительной линейки с точностью до 1 мм.
2. На фотографии нет чёткой границы протуберанцев. Поэтому измерение высоты подъёма проводилось приблизительно.
3. При расчёте ускорения свободного падения не учитывалось влияние магнитного поля.
4. При расчёте начальной скорости выброса протуберанцев не учитывалось влияние сопротивлений среды, возникающих при движении протуберанцев.
5. Значения, полученные при определении ускорения свободного падения на Солнце, расчёте высоты подъёма протуберанцев, и начальной скорости выброса будут отличаться от реальных значений.

**Литература**

1. Астрономия: 11 класс, учебник для общеобраз. учеб. заведений: уровень стандарта, академический уровень/ М.П. Пришляк. – Х.: Из-во «Ранок», 2012. – 160 с.: ил.
2. Астрономия: 11 класс, учебник для общеобраз. учеб. заведений / И.А. Климишин, И.П. Крячко. – К.: Знание, 2003. – 192 с.
3. <http://nacekomie.ru/forum/viewtopic.php?f=174&t=17844&p=1082138>
4. <http://www.prosto-o-slognom.ru/astronomia/28.html>