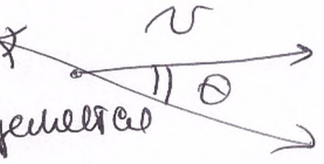
Рекомендация для участника: на каждом листе бланка **укажите (!)** в левом верхнем углу **номер решаемой задачи**, а в правом нижнем углу – **порядковый номер страницы**.

Задача № 4.	Решение.	Код:

1) По определению красное смещение:

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \Bigg| \quad \lambda = \frac{c}{\nu} \quad \Rightarrow \quad z = \frac{\frac{c}{\nu} - \frac{c}{\nu_0}}{\frac{c}{\nu_0}} = \frac{\nu_0 - \nu}{\nu}$$

В формуле для решения эффекта Доплера присутствует $\cos\Theta$, где Θ:



Т.к. движение ~~опреде~~ НД1 определяется космологическим расширением (z велико), угол $\Theta = 0 \Rightarrow \cos\Theta = 1$. С учетом этого подставим в ур-е для красного смещения:

$$z = \frac{\nu_0 - \nu_0 \cdot \frac{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}{1-\frac{v}{c}}}{\nu_0 \cdot \frac{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}{1-\frac{v}{c}}} = \frac{1-\frac{v}{c}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1$$

Обозначим $\frac{v}{c}$ как x и решим ур-е относ. x:

$$z = \frac{1 - \frac{\sqrt{1-x^2}}{1-x}}{\sqrt{1-x^2}} \cdot (1-x) = \frac{1-x-\sqrt{1-x^2}}{\sqrt{1-x^2}}$$

$$z\sqrt{1-x^2} = 1 - x - \sqrt{1-x^2}$$

$$\sqrt{1-x^2}(1+z) = 1 - x$$

Ответ:

Рекомендация для участника: на каждом листе бланка **укажите (!)** в левом верхнем углу **номер решаемой задачи**, а в правом нижнем углу – **порядковый номер страницы**.

Задача № 4.	Решение.	Код:

$$(1-x^2)(1+z)^2 = 1 - 2x + x^2$$

$$(1+z)^2 - x^2(1+z)^2 = 1 - 2x + x^2$$

$$x^2(1 + (1+z)^2) - 2x + (1 - (1+z)^2) = 0$$

$$z = \frac{1-x}{\sqrt{1-x^2}} - 1$$

$$(z+1)^2 = \frac{(1-x)^2}{(1-x)(x+1)} = \frac{1-x}{1+x}$$

$$(1+x)(z+1)^2 = 1-x$$

$$x((z+1)^2 + 1) = 1 - (z+1)^2 \Rightarrow x = 0.9902$$

т.е. V_1 составляет 99,02% от скорости света и равна:

$$V_1 = 2,969 \cdot 10^5 \text{ км/с}$$

2) Оценим расст. до НД1 через з-н Хаббла:

$$V = Hr \Rightarrow r = \frac{V}{H}$$

$$r = 4.2 \cdot 10^3 \text{ Мпк}.$$

$$r = 4.2 \cdot 10^9 \text{ пк}$$

Ответ:

Рекомендация для участника: на каждом листе бланка **укажите (!)** в левом верхнем углу **номер решаемой задачи**, а в правом нижнем углу – **порядковый номер страницы**.

Задача № 4.	Решение.	Код:

3) $4.2\cdot10^9$ пк $= 13.6996\cdot10^9$ св. лет.

(1 пк = 3.26 св.л.)

Т.е. астрономы видят HD1 таким, каким она была 13.6996 млрд лет назад, то есть через ($\tau = 13.7$ млрд лет)

$t = 0{,}4$ млн лет после большого взрыва.

4) а) $\frac{L}{L_\odot} = 10^{-0{,}4(M_{uv} - M_\odot)}$, где $M_\odot = 4.7^m$

$L = 5.2\cdot10^{10} L_\odot$

$\Delta m\cdot c^2 = L\cdot t$

$\Delta m = \frac{5.2\cdot10^{10} L_\odot t}{c^2}$

$\Delta m = 2.8\cdot10^{33}$ кг.

Доля общей массы: $\frac{\Delta m}{10^{12} M_\odot} = 10^{-9}$

$M_\odot = 1.989\cdot10^{30}$ кг

Ответ: 1) $2.969\cdot10^5$ км/с или 99.02% c; 2) $4.2\cdot10^9$ пк 3) 0,4 млн лет 4) 10^{-9}.

Рекомендация для участника: на каждом листе бланка **укажите (!)** в левом верхнем углу **номер решаемой задачи**, а в правом нижнем углу – **порядковый номер страницы**.

Задача № 3.	Решение.	Код:

1) $I \sim T^4 \sim \left(\frac{\Delta T}{\Delta r}\right)^{\frac{4}{4}} \Rightarrow T \sim \left(\frac{\Delta T}{\Delta r}\right)^{\frac{1}{4}}$

$$\begin{cases} T = \left(2\frac{T_c - T}{R}\right)^{\frac{1}{4}} k \\ T_S = \left(\frac{T_c - T_S}{R}\right)^{\frac{1}{4}} k \end{cases} \Rightarrow \frac{T}{T_S} = \left(\frac{2(T_c - T)}{(T_c - T_S)}\right)^{\frac{1}{4}}$$

$$\frac{T^4}{T_S^4} = \frac{2T_c - 2T}{T_c - T_S}$$

$T(T_c - T_S) = 2T_c T_S - 2T_S T$

$T(T_c + T_c) = 2T_c T_S$

$T = \frac{2T_c T_S}{T_c + T_S}$

$T^4(T_c - T_S) = 2T_c T_S^4 - 2T T_S^4$

$T^4(T_c - T_S) + T \cdot 2T_S^4 - 2T_c T_S^4 = 0$

$T = 36\,K.$

2) 3) $I \sim N \qquad N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$

Через 4.5 млрд лет $N = 10^{-4} N_0$.

$\Rightarrow \left(\frac{T'}{T}\right)^4 = 10^{-4} \rightarrow T' = 0.1T$

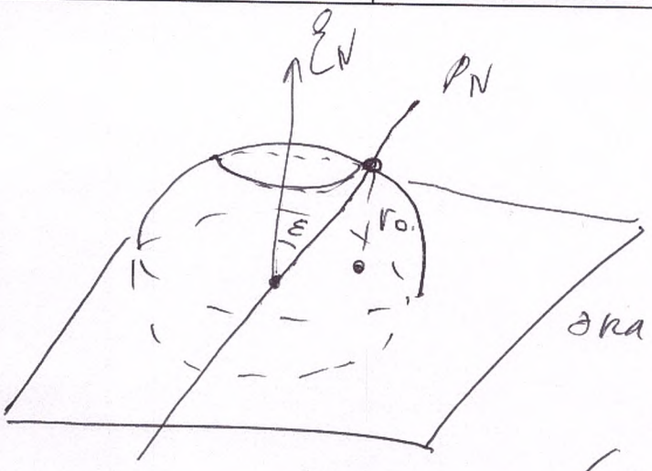
т.е. $T_S' = 3K \qquad T_c' = 10^3 K$

Ответ: 1) 36к 2) 3к 3) 10^3к.

Рекомендация для участника: *на каждом листе бланка* **укажите (!)** *в левом верхнем углу* **номер решаемой задачи**, *а в правом нижнем углу –* **порядковый номер страницы**.

Задача № 2.	Решение.	Код:

1)



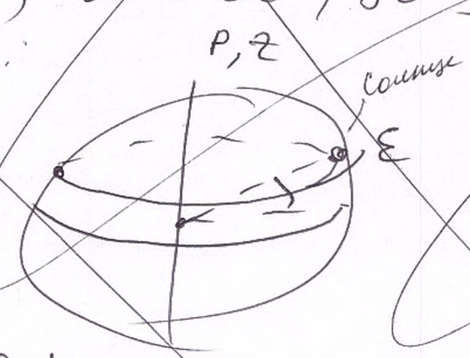
Как видно из рисунка, такие точки располож. на расстоянии ε от полюсов эклиптики (для южного полюса аналогичный случай)

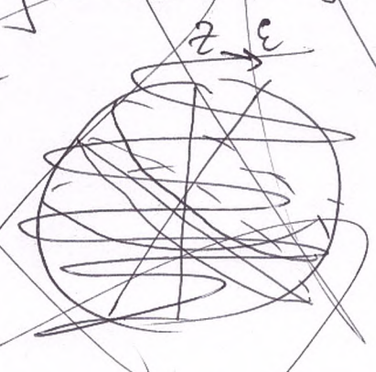
$\Rightarrow$ искомые широты заключены в промежутках от 90° до $90^\circ - 2\varepsilon$ и от -90° до $-90^\circ + 2\varepsilon$

т.е. $\varphi \in [90^\circ; -43^\circ 8'] \cup [43^\circ 8'; 90^\circ]$

2) Рассмотрим северное полуш. ($\varphi \in [43^\circ 8'; 90^\circ]$) ($\delta_0 = \varepsilon$)

В день летнего солнцестояния на широтах а) $[66^\circ 36'; 90^\circ]$ солнце не зайдет:



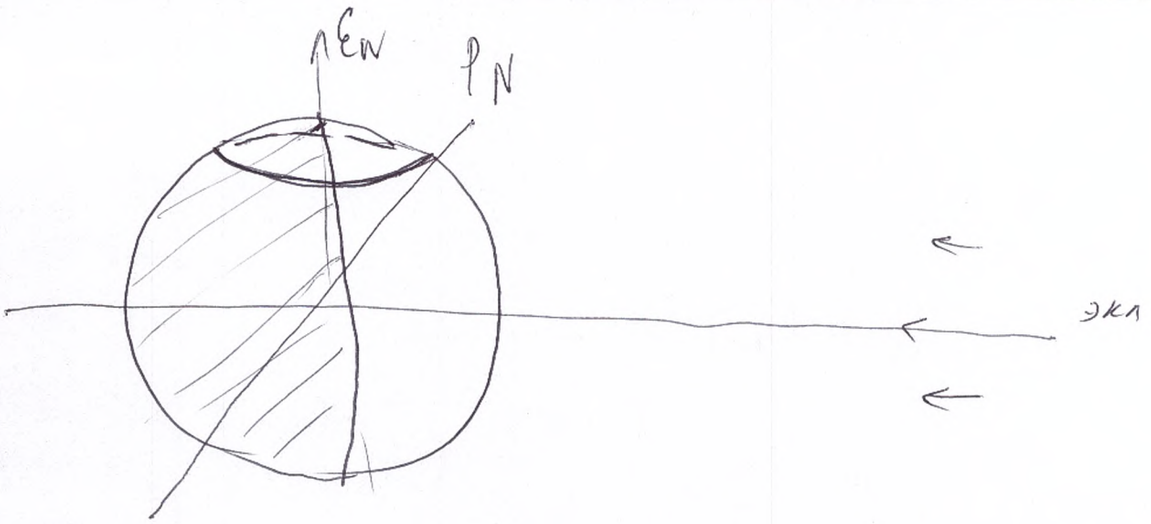


а1

Ответ: отмечен в тексте

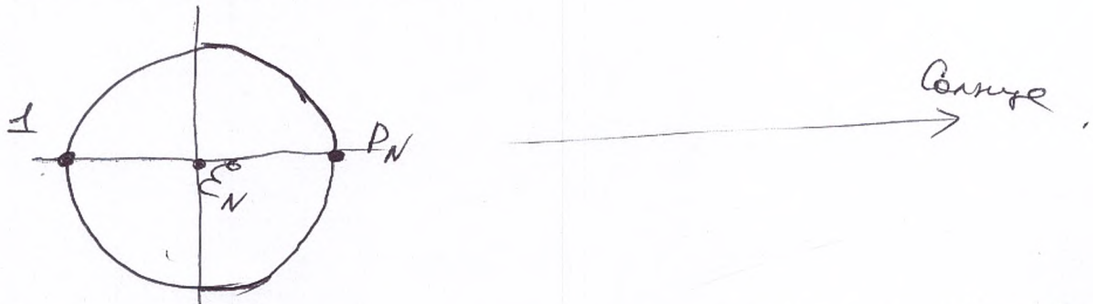
Рекомендация для участника: *на каждом листе бланка* **укажите (!)** *в левом верхнем углу* **номер решаемой задачи**, *а в правом нижнем углу –* **порядковый номер страницы**.

Задача № 2.	Решение.	Код:



(Заштрихована часть неосвещенная солнцем)

Посмотрим с сев. пол. экл.



~~Справа от перпендикуляра к полю на солнце~~

Истинная полночь в т. 1.

Ее широта равна $\varphi_1 = 90^\circ - 2\varepsilon = 43^\circ 08'$

$$h_\odot = -90^\circ + \varphi + \delta_\odot = -90^\circ + (90^\circ - 2\varepsilon) + \varepsilon = -\varepsilon$$

$$h_\odot = -23^\circ 24' < -18^\circ \rightarrow$$

~~в пункте астрономическая ночь~~

наблюдается астрономическая ночь.

Ответ:

Рекомендация для участника: на каждом листе бланка **укажите (!)** в левом верхнем углу **номер решаемой задачи**, а в правом нижнем углу – **порядковый номер страницы**.

Задача № 12.	Решение.	Код:

Продолж.: (в часовой мере угла) $t = 24^h - 2\tau$

$\cos\tau = -\operatorname{tg}\varphi\operatorname{tg}\delta$ $\arccos(-\operatorname{tg}\varphi\operatorname{tg}\delta) = 114°$

$\tau = 7^h 36^m \Rightarrow t = 8^h 48^m$

4) высота в ист. полдень: $h_{min} = 90° - \varphi - \varepsilon$, $h_{max} = 90° - \varphi + \varepsilon$ $\Rightarrow h \in [23°28'; 70°16']$

Разница потоков происходит из-за полюсов.

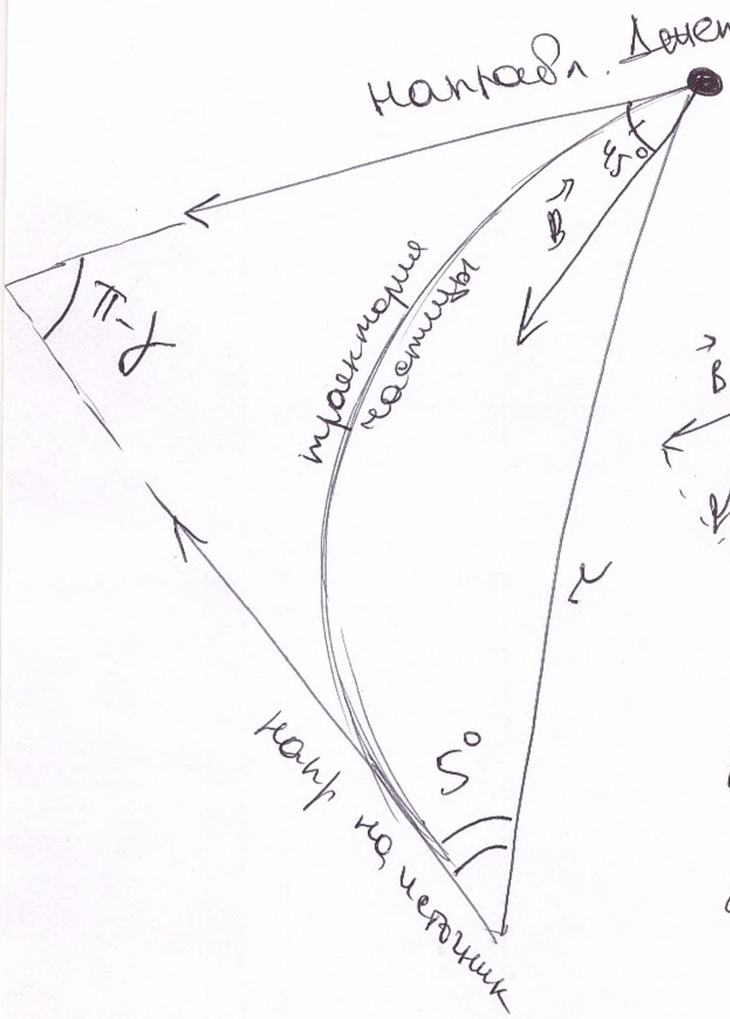
$z_{max} < 70° \Rightarrow$ воспользуемся приближением плоскопарал. атмосферы:

$$\frac{E_{max}}{E_{min}} = \frac{\cos h_{min}}{\cos h_{max}} = 2{,}7$$

Ответ: 1) ам. в числе 2) ночь 3) $8^h 48^m$ 4) 2,7.

Рекомендация для участника: на каждом листе бланка **укажите (!)** в левом верхнем углу **номер решаемой задачи**, а в правом нижнем углу – **порядковый номер страницы**.

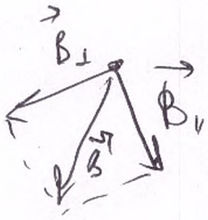
Задача № 5.	Решение.	Код:



$$\tau = \frac{\gamma}{H} = \frac{cz}{H}$$

$(z \ll 1)$

$\tau = 214$ Мпк.



$B = \sqrt{2} B_\perp$

и напр к напр-ию под углом 45°

$ma = B_\perp v q$

$q = e$

$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 1{,}4 \cdot 10^{14} \frac{м}{с}$.

Оценим радиус окружности:

$m \frac{v^2}{r} = \sqrt{2} B_\perp v e$

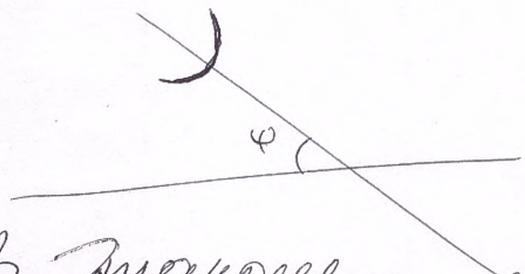
$r = \frac{mv}{\sqrt{2} B_\perp e}$

Ответ:

Рекомендация для участника: *на каждом листе бланка* **укажите (!)** *в левом верхнем углу* **номер решаемой задачи**, *а в правом нижнем углу –* **порядковый номер страницы**.

Задача № 6.	Решение.	Код:

Из рисунка можно увидеть, что угол захода ψ равен $45°$, что соотв.



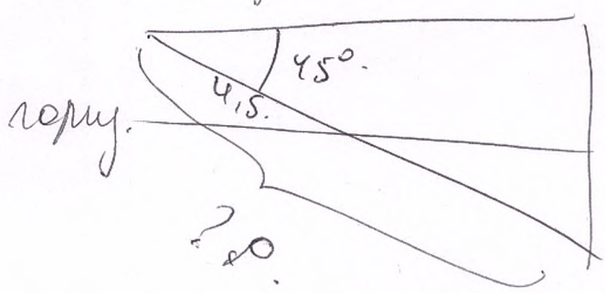
$\psi = (90° - \varphi) + 5° \Rightarrow$ Луна находится на наибольшем удалении от узла.

~~В таком случае элонгация ρ рассчитывается через треуг.:~~

~~где угол φ:~~

Исходя из масштаба (из $\rho_\alpha = 0.5°$) до точки захода Луне осталось $4{,}5°$ а высота луны $3{,}3°$. Судя по картинке сейчас сумерки, скорее всего навигационные. пусть $h_0 = -12°$ воспользуемся плоским прибл. (т.к. углы малые)

1)



$\rho = (3.3° + 12°)/\sin 45°$

$\rho = 21.6°$

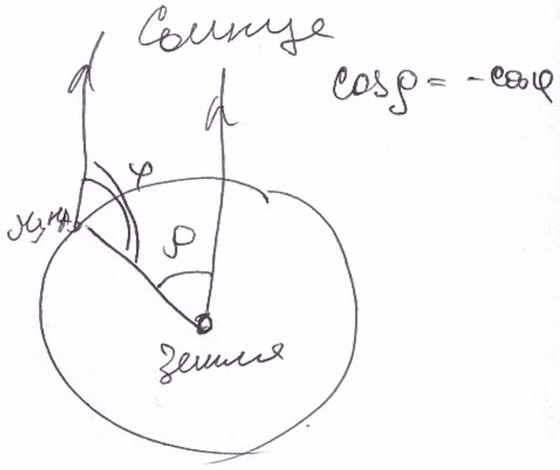
Ответ:

Рекомендация для участника: *на каждом листе бланка* ***укажите (!)*** *в левом верхнем углу* ***номер решаемой задачи****, а в правом нижнем углу –* ***порядковый номер страницы****.*

Задача № 6.	*Решение.*	Код:

2) $\frac{\rho}{360} \cdot S = 1.8^d$

$S = 29.53^d$



$\cos\rho = -\cos\varphi$

3) $\Phi = \frac{1 - \cos\rho}{2}$

$\Phi = 0.035$ или 3.5%.

Ответ: 1) 21.6°, 2) 1,8°, 3) 3,5%.

Рекомендация для участника: *на каждом листе бланка* ***укажите (!)*** *в левом верхнем углу* ***номер решаемой задачи***, *а в правом нижнем углу –* ***порядковый номер страницы***.

Задача № N1.	***Решение.***	**Код:**

	Тип объекта	Рассеянное скопление	Туманность эмиссионная + область звездообразования	Шаровое скопление	Галактика	Планетарная туманность
I	Обозначение	в)	г)	б)	а)	г)
	Созвездие	Треугольник	Геркулес	Орион	Лира	Персей
II	Обозначение	а)	б)	д)	г)	в)
	Обозначение	а)	б)	в)	г)	д)
III	Время года	весна	осень	весна	лето	зима
	Обозначение	а)	б)	в)	г)	д)
IV	Видимость невооруженным глазом	да	да	нет	нет	нет

Таблица 1. Возможные типы объектов, их принадлежность созвездиям и сезоны оптимальных наблюдений, возможность их наблюдения невооруженным глазом.

Ответ: