1. Для начала найдём проницающую способность указанного телескопа:

$$m = 6 + 5\lg\frac{D}{d}$$

$$m = 6 + 5\cdot\lg\frac{\cancel{60\,мм}\ 10}{\cancel{6\,мм}} = 6+5 = 11^m$$

Судя по условию, в 1988 году вид. зв. величина объекта стала меньше 6^m.

Падение светимости со временем происходило по экспоненциальному з-ну, следовательно, з-н Погсона можно преобразовать так:

$$\frac{E_{88}}{E_{89}} = 2{,}512^{m_{89}-m_{88}} \approx e^{m_{89}-m_{88}}, \text{ где}$$

E_{88}, m_{88} – освещенность сверхновой и её вид. зв. величина в 1988 г., и аналогично с E_{89} и m_{89}. Или $\frac{E_{88}}{E_{89}} = \frac{L_{88}}{L_{89}} = e^{m_{89}-m_{88}} = e^{11-6} = e^5 \approx$

$\approx 5\cdot10^7$

Это падение блеска произошло за ~~377~~ 442 дн ~~дней~~ (отсчитывая от 4 февраля 1988 г. до 21 апреля 1989 г.)

~~Можно приблизительно сказать, что если с момента макс. блеска (15 мая 1987 г.) до 4 февраля~~ Если падение светимости сверхновой происходило равномерно, то можно рассчитать падение ~~блеска~~ светимости с момента максимума (15 мая 1987 г.) до 4 февраля 1988 г. ⇒

$$\Rightarrow \cancel{L_{88-89}} \quad \frac{L_{87-88}}{L_{88-89}} \approx \frac{265}{442} \approx \frac{5}{9} \approx 0{,}56$$

где L_{87-88} – падение светимости с 1987 г. (15 мая ~~1987 г.~~ 1987 г.) до 4 февраля 1987 г. или

$\cancel{\frac{L_{87}}{8}}$ $L_{87-88} = \frac{L_{87}}{L_{88}}$, аналогично с L_{88-89}

$$L_{87-88} \approx 0,56\, L_{88-89} = 0,56\, \frac{L_{88}}{L_{89}} = 2,8 \cdot 10^7$$

Следовательно: $m_{88} - m_{87} = \ln\left(\frac{L_{87}}{L_{88}}\right) = \ln\left(2,8 \cdot 10^7\right)$

Допустим, $e \simeq 2,8$, тогда:

$$\cancel{m_{88} - m_{87}}\ m_{88} - m_{87} = \ln\left(e \cdot 10^7\right) \simeq \ln\left(\frac{5 \cdot 10^7}{e}\right) =$$

$$= \ln\left(5 \cdot 10^7\right) - \ln e = 5 - 1 = 4 \Rightarrow m_{87} = 2^m$$

Ответ: 2^m.

3. Высота МКС над поверхностью Земли:

$h = 400$ км $\Rightarrow a_{мкс} = R_\oplus + h \simeq 6800$ км

Найдём по 3-му з-ну Кеплера орбит. период МКС:

$$T_{мкс} = 2\pi \sqrt{\frac{a^3_{мкс}}{\gamma M_\oplus}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{6,8^3 \cdot 10^{18}}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}} \simeq$$

$$\simeq 2\pi \cdot \sqrt{\frac{6,8^2 \cdot 10^5}{6}} \simeq 2\pi \cdot \sqrt{6,8 \cdot 10^5} \simeq 2\pi \cdot \sqrt{2 \cdot 3,5 \cdot 10^5} \simeq$$

$$\simeq 2\pi \cdot 19 \cdot 45 \simeq 6 \cdot 19 \cdot 45 = 5130\ с = 1,425\ ч$$

Чтобы сумка астронавта смогла выйти на круговую орбиту с $a_c = a_{мкс}$ и периодом $T_c = T_{мкс} - 3 \cdot 60\,с$, ей понадобится скорость:

$$v_0 = \frac{2\pi R}{T}; \quad v_c = \frac{2\pi \cdot a_c}{T_c} = \frac{2\pi \cdot 6800}{4950} \simeq$$

$\simeq 2\pi \cdot 1,17 \simeq 7,02 \left(\frac{км}{с}\right)$; это и будет min скоростью.

Ответ: $7,02 \left(\frac{км}{с}\right)$

5. Если предположить, что это радиопульсар, то радиус будет равен:

$$R = \sqrt[3]{\frac{\gamma M_*}{4\pi^2} \cdot T^2}$$, где M_* можно взять ср. арифм. массу нейтр. звезды $M_* \approx 2,2 M_\odot$ (масса нейтр. звезды колеблется от $1,4 M_\odot$ до $2,8 M_\odot$)

$$R = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 2,2 \cdot 10^{30}}{4\pi^2} \cdot 22^2 \cdot 60^2} \approx \sqrt[3]{\frac{2,2 \cdot 10^{19}}{\pi} \cdot 22^2 \cdot 60^2} \approx$$

$$\approx \sqrt[3]{22^3 \cdot 10^{18} \cdot 60^2 \cdot \frac{1}{\pi}} \approx 22 \cdot 10^6 \cdot \sqrt[3]{2 \cdot 6 \cdot 10^2} \approx 22 \cdot 10^7 (м)$$

$= 2,2 \cdot 10^5$ км $\Rightarrow$ это слишком много для нейтр. звезды ~~($R_{н.з.} \approx$~~ (размер н. звезды равен приблизительно нескольким км).

Тогда предположим, что этот объект – пульсирующей квазар (ч. дыра), ср. масса к-й будет приблизительно $M_* = 10 M_\odot$. Найдём её размер в этом случае:

$$R = \sqrt[3]{\frac{\gamma M_*}{4\pi^2} \cdot T^2} = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{4\pi^2} \cdot 22^2 \cdot 60^2} \approx$$

$$\approx \sqrt[3]{10^{20} \cdot 22^2 \cdot 10^3} \approx \sqrt[3]{10^{23} \cdot \frac{2^{12}}{3^2}} \approx 2^4 \cdot 10^7 \cdot \sqrt[3]{10} \approx$$

$\approx 2^5 \cdot 10^7 = 3,2 \cdot 10^8 (м) = 3,2 \cdot 10^5$ (км), что более реалистично.

Ответ: $3,2 \cdot 10^5$ км.

4. Найдём разр. способность при 20 снимках г-ки М51 телескопа:

$$\theta = \sqrt{\theta_1^2 + \ldots + \theta_n^2} \Rightarrow \theta_1 = \sqrt{20\,\theta^2} = \sqrt{20}\,\theta$$

В результате 20 снимков астроном смог разглядеть г-ку размером $13' \times 12'$, следовательно, мешим. $\theta_1 \approx 12{,}5'$

$$\frac{12{,}5 \cdot 60}{206\,265} = \sqrt{20}\,\theta$$

$$\theta = \frac{12{,}5}{13\,751 \cdot \sqrt{5}} \approx \frac{1}{110 \cdot \sqrt{5}} \text{ (рад)}$$

Сравним поверхностные яркости г-ки М51 и туманности NGC 7000:

$\sigma = \frac{m}{S}$, при $S_1 = S_2$ $(S_1 = 13' \cdot 12') \Rightarrow$

$\Rightarrow \sigma_1 = \frac{8}{13' \cdot 12'}$, $\sigma_2 = \frac{4}{13' \cdot 12'}$ (где σ_1, σ_2 — поверхн. яркости М51 и NGC 7000) $\Rightarrow \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 2 \Rightarrow$ можно предположить, что при съемке NGC нам понадобится в 2 раза меньше снимков, чем если $\sigma_2 = \sigma_1$. Найдём $\frac{n}{2}$:

$$\frac{110 \cdot 60}{206\,265} = \sqrt{n} \cdot \frac{1}{110 \cdot \sqrt{5}}$$

$$n = \frac{11^4 \cdot 10^4 \cdot 6^2 \cdot 10^2 \cdot 5}{206\,265^2} \approx 11^3 \cdot \frac{10 \cdot 3}{5^4} = \frac{1331 \cdot 30}{5^4} \approx$$

$$\approx 11 \cdot 6 = 66 \Rightarrow \frac{n}{2} = 33$$

Ответ: 33 снимка.

2. Угол аберрации равен:

$$\alpha = \frac{v}{c} \cdot \sin\theta$$

Пусть $\theta = 90° \Rightarrow \sin\theta = 1$

$$\alpha = \frac{v}{c}$$

Параллакт. угол: $\pi = \mathrm{arctg}\left(\frac{a_n}{r}\right) \approx \frac{a_n}{r}$, т.к. $\frac{a_n}{r} \ll 1°$, где a_n – орбит. радиус планеты, r – расстояние до звезды. По условию:

$$\frac{v}{c} = \frac{1}{5} \cdot \frac{a_n}{r}$$

$$\sqrt{\frac{GM_n}{R_n}} \cdot c^{-1} = \frac{1}{5} \cdot \frac{a_n}{r}$$

Допустим диапазон физ. х-к планеты мы возьмём от $M = M_л = 7{,}35 \cdot 10^{22}$ кг и $R = R_л = 1740$ км до ~~$\rho = \rho_\oplus$ и $R = 10R_\oplus$~~ $M = M_\oplus$, $R = R_\oplus$

при $M = M_л$ и $R = R_л$: $a_n = 5r \cdot \sqrt{\frac{GM_л}{R_л}} \cdot c^{-1} =$

$$= 5 \cdot 2{,}2 \cdot 206\,265 \cdot \sqrt{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 7{,}35 \cdot 10^{22}}{1740 \cdot 10^3}} \cdot \frac{1}{3 \cdot 10^8} \approx$$

$$\approx 5 \cdot 2{,}2 \cdot 206\,265 \cdot \frac{1}{3 \cdot 10^{8}} \cdot 2{,}7 \cdot 10^2 \cdot 3 \approx 2{,}2 \cdot 2{,}7 =$$

$$= 5{,}94 \text{ (а.е.)}$$

~~Ответ: 5,94 а.е.~~

при $M = M_\oplus$ и $R = R_\oplus$: $a_n = 5r \cdot \sqrt{\frac{GM_\oplus}{R_\oplus}} \cdot c^{-1} =$

$$= 5 \cdot 2{,}2 \cdot 206\,265 \cdot \sqrt{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{6{,}4 \cdot 10^6}} \cdot \frac{1}{3 \cdot 10^8} \approx$$

$$\approx 5 \cdot 2{,}2 \cdot 206\,265 \cdot 8 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{3 \cdot 10^8} \approx 10^6 \cdot 2{,}2 \cdot 8 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{3 \cdot 10^8}$$

$$\approx 2{,}7 \cdot 2{,}2 \cdot 10 = 59{,}4 \text{ (а.е.)};$$ Ответ: от 5,94 (а.е.) до 59,4 (а.е.)