Грассманианы

АГ3◇1. Можно ли обратимой линейной заменой переменных преобразовать многочлен

$$9\,x^3 - 15\,yx^2 - 6\,zx^2 + 9\,xy^2 + 18\,z^2x - 2\,y^3 + 3\,zy^2 - 15\,z^2y + 7\,z^3$$

в многочлен от $\leqslant 2$ переменных?

АГ3◇2. Покажите, что следующие три условия на грассманов многочлен

$$\omega = \sum_{i_1 i_2 \dots i_n} \alpha_{i_1 i_2 \dots i_n} e_{i_1} \wedge e_{i_2} \wedge \dots \wedge e_{i_n}$$

(коэффициенты $\alpha_{i_1 i_2 \dots i_n}$ кососимметричны по индексам $i_1, i_2, \dots, i_n$) эквивалентны друг другу:

а) $\omega = u_1 \wedge u_2 \wedge \dots \wedge u_n$ для некоторых $u_1, u_2, \dots, u_n \in V$

б) $u \wedge \omega = 0 \;\; \forall\, u \in \operatorname{Supp}(\omega)$, где $\operatorname{Supp}(\omega)$ это наименьшее подпространство $U \subset V \, : \, \omega \in \Lambda^n U$

в) для любых двух наборов неповторяющихся индексов $i_1, i_2, \dots, i_{m+1}$ и $j_1, j_2, \dots, j_{m-1}$ выполнено *соотношение Плюккера*[1] $\displaystyle\sum_{\nu=1}^{m+1} (-1)^{\nu-1} a_{j_1 \dots j_{m-1} i_\nu} a_{i_1 \dots \hat{i}_\nu \dots i_{m+1}} = 0$.

АГ3◇3. Вложим грассманиан $\operatorname{Gr}(k, V)$ по Плюккеру в $\mathbb{P}_N = \mathbb{P}(\Lambda^k V)$. Покажите, что

а) всякая лежащая на нём прямая изображает семейство k-мерных подпространств, содержащихся в некотором общем для всех $(k+1)$-мерном подпространстве и содержащих некоторое общее для всех $(k-1)$-мерное подпространство

б) всякое максимальное по включению проективное подпространство $\Pi \subset \operatorname{Gr}(k, V)$ изображает семейство всех k-мерных подпространств, содержащих некоторое фиксированное подпространство в V или семейство всех k-мерных подпространств, содержащихся в некотором фиксированном подпространстве в V.

АГ3◇4. Пусть $\dim U = 2$, $\dim V = k+1$ и $W = U \otimes V$. Сопоставим точке $\alpha \in \mathbb{P}_1 = \mathbb{P}(U)$ точку $s(\alpha) \in \operatorname{Gr}(k+1, W)$, отвечающую подпространству $\alpha \otimes V \subset W$, и вложим $\operatorname{Gr}(k+1, W)$ в $\mathbb{P}_N = \mathbb{P}(\Lambda^{k+1} W)$ по Плюккеру. Покажите, что точки $s(\alpha)$ нарисуют в образе грассманиана рациональную нормальную кривую степени k, лежащую в некоем $\mathbb{P}_k \subset \mathbb{P}_N$.

АГ3◇5. Докажите, что для любого проективного многообразия $X \subset \mathbb{P}(V)$ множество k-мерных проективных подпространств $L \subset \mathbb{P}(V)$, которые пересекают X, составляет замкнутое подмногообразие в грассманиане $\operatorname{Gr}(k+1, V)$.

АГ3◇6. В условиях предыдущей задачи напишите явные уравнения, задающие на квадрике Плюккера $\operatorname{Gr}(2,4) \subset \mathbb{P}_5 = \mathbb{P}(\Lambda^2 V)$ множество всех прямых в $\mathbb{P}_3 = \mathbb{P}(V)$, пересекающих

а) конику $x_3 = x_0 x_2 - x_1^2 = 0$

б) скрученную кубику $x_1^2 - x_0 x_2 = x_2^2 - x_1 x_3 = x_0 x_3 - x_1 x_2 = 0$.

АГ3◇7. На четырёхмерном пространстве V задана невырожденная билинейная кососимметричная форма $\Omega : V \times V \to \Bbbk$ и ненулевой 4-вектор $\delta \in \Lambda^4 V$. Покажите, что:

а) существует единственный такой бивектор $\omega \in \Lambda^2 V$, что $\omega \wedge a \wedge b = \Omega(a, b) \cdot \delta$ для всех $a, b \in V$

б) ортогональная к ω относительно плюккеровой квадратичной формы на $\Lambda^2 V$ гиперплоскость в $\mathbb{P}(\omega^\perp) \subset \mathbb{P}(\Lambda^2 V)$ пересекает $\operatorname{Gr}(2,4) \subset \mathbb{P}(\Lambda^2 V)$ по гладкой квадрике, которая является плюккеровым образом лагранжева грассманиана

$$\operatorname{LGr}(2, V) = \{ U \subset V \mid \dim U = 2 \;\&\; \Omega|_U \equiv 0 \}$$

в) множество прямых на $\operatorname{LGr}(2, V)$ естественно параметризуется точками пространства $\mathbb{P}_3 = \mathbb{P}(V)$.

[1]«крышка» в $a_{i_1 \dots \hat{i}_\nu \dots i_{m+1}}$ означает, что индекс i_ν следует пропустить

Персональный табель ______________________________.
(напишите свои имя, отчество и фамилию)

Листок № 3 (21.09.2016)

№	дата сдачи	имя и фамилия принявшего	подпись принявшего
1			
2а			
б			
в			
3а			
б			
4			
5			
6а			
б			
7а			
б			
в			