

BGR-1 D-13 C

BGR-1 D-13 C Margulan Erlanovich Ismoldayev

Theory
Lucy: The First Mission to the Trojan
Asteroids
Cover sheet

Please return this cover sheet together with all the related question sheets.

Lucy: The First Mission to the Trojan Asteroids (15 points).

CCD cameras on space probes are very sensitive and exposed to space weather conditions. Intense radiation passing through the CCD produces electron-hole pairs in the silicon of the CCD chip. The rate at which these pairs are produced is an important parameter when operating cameras on board spacecraft and can be calculated for radiation of any given energy.

A high energy particle or photon of radiation passing through the CCD will deposit some energy in the chip with each electron-hole pair it creates. The 'stopping power' of silicon for a given type of particle can be measured as the energy per areal density (*areal density = mass per unit area*) that the silicon 'takes away' from the travelling particle.

NASA's Lucy mission will be the first to study the Trojan asteroids and will revolutionize our understanding of the formation of the Solar System. One of the instruments on board is L'LORRI (Lucy LOng Range Reconnaissance Imager), which contains a sensitive CCD in order to produce detailed images of the Trojan asteroids. Unfortunately, the radiation around Jupiter is very intense and it can generate a lot of 'noise' in the pixels of the CCD.

Let us assume that an average charged particle trapped in Jupiter's magnetic field has an energy of 15 MeV and that the flux of such particles in this region is equivalent to about $600 \text{ electrons } s^{-1} \text{ cm}^{-2}$. Also assume that for each electron-hole pair which a particle passing through a pixel creates, it deposits exactly the excitation energy of the pair in that pixel. After the pixel crosses a threshold number of electron-hole pairs it is 'excited' and no more pairs can be produced in that pixel. Any remaining energy in the particle is passed to the next pixel (and so on).

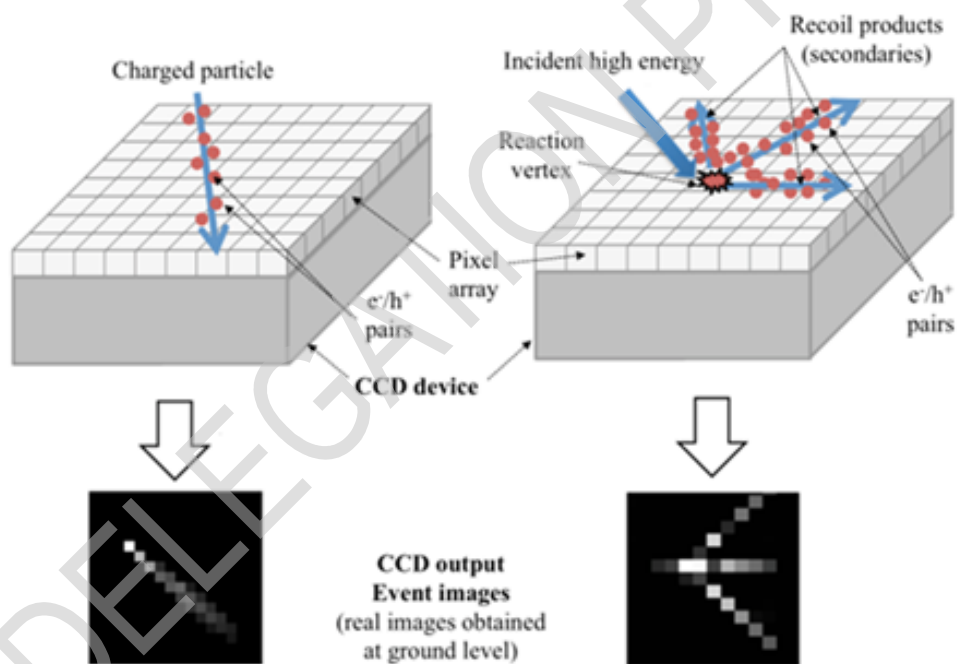
Using the data given below for the CCD chip in the L'LORRI camera, answer the following questions:

13.1	How many pixels will be excited by one such particle of radiation passing through the CCD when the spacecraft is near Jupiter's orbit?	10.0pt
-------------	--	--------

13.2	Given the radiation flux near Jupiter, what percentage of the total number of pixels in an image will be excited?	5.0pt
-------------	---	-------

CCD Data:

- Exposure time of an image = 30 ms
- Pixels on the CCD = 1024 x 1024
- CCD Area = 13 mm x 13 mm
- CCD chip thickness = 0.06 cm
- Density of silicon, $\rho = 2.34 \text{ g cm}^{-3}$
- Excitation energy of single pair = 2.36 eV
- Excitation threshold of a single pixel = 250 pairs
- Stopping power' of silicon for a 15 MeV electron = $3.012 \text{ MeV g}^{-1} \text{ cm}^2$



Lucy: Първата мисия към астероидите-троянци (15 точки).

CCD камерите на космическите апарати са много чувствителни и са изложени на влиянието на космическата среда. Интензивните космически лъчи, преминаващи през тях, пораждават в силициевите CCD чипове двойки "дупка-електрон". Скоростта на раждане на тези двойки е важен параметър на камерите на борда на космическите апарати и може да бъде пресметнат за различни частици с произволна енергия.

Частича или фотон с високи енергии, преминаващи през CCD матрицата ще отдават определена енергия на чипа при образуването на двойки електрон-дупка. "Спирачната способност" на силиция, за определен тип частици, може да бъде измерена като енергията на единица повърхностна плътност (**повърхностна плътност е маса на единица площ от приемника**), която силицият "отнема" от прелитащата частица.

Мисията на НАСА "Люси" е първата мисия за изучаване на астероидите-троянци и се очаква да извърши революция в нашето разбиране относно формирането на Слънчевата система. Един от инструментите на борда на космическия апарат - L'LORRI (Lucy LOng Range Reconnaissance Imager), съдържа чувствителна CCD матрица за получаване на детайлни изображения на астероидите. За съжаление радиацията около Юпитер е много интензивна и може да генерира голям "шум" в пикселите на CCD матрицата.

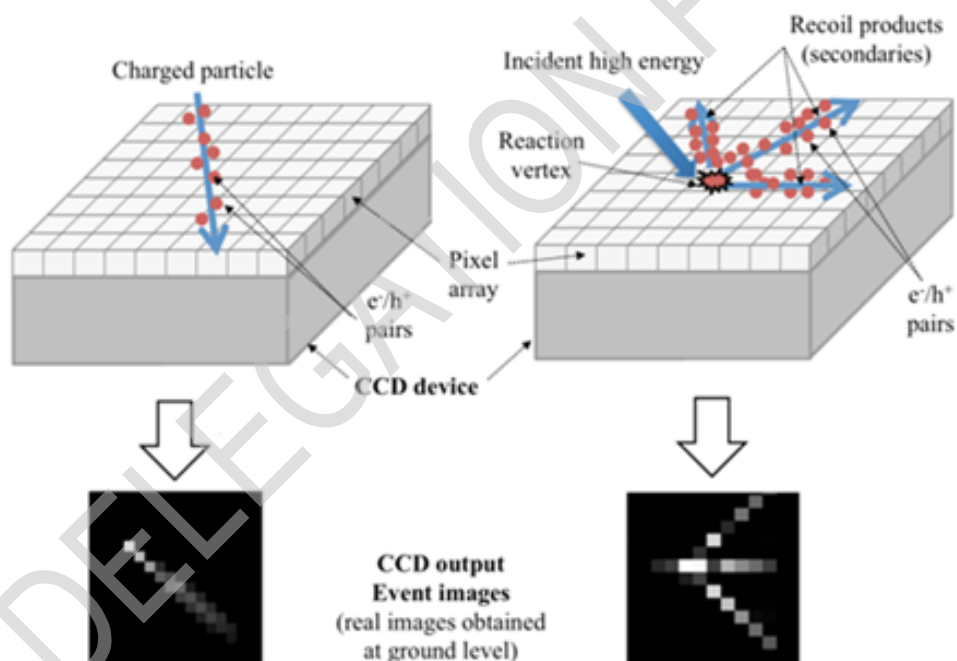
Нека да приемем, че една "средна" заредена частица, захваната от магнитното поле на Юпитер, има енергия 15 MeV и че потокът на подобни частици в тази област е еквивалентен на около 600 електрона $s^{-1} \text{ cm}^{-2}$. Освен това да предположим, че за появяването на всяка двойка електрон-дупка частицата изразходва точното количество енергия, необходимо за създаването на тази "двойка". След като в пиксела се образуват определен "граничен" брой подобни "двойки", той се "възбужда" и повече нито една двойка електрон-дупка не може да се формира в този пиксел. Останалата в частицата енергия се предава на следващия пиксел (и т.н.)

Използвайки дадените по-долу данни за CCD матрицата на камерата L'LORRI, отговорете на следните въпроси:

- | | | |
|------|---|--------|
| 13.1 | Колко пиксела ще бъдат "възбудени" от една такава частица която преминава през CCD матрицата, когато космическият апарат е близо до орбитата на Юпитер? | 10.0pt |
| 13.2 | Имайки предвид какъв е потокът на радиацията в околностите на Юпитер, какъв процент от общото количество пиксели на CCD матрицата ще бъде "възбуден"? | 5.0pt |

CCD Data:

- Време на експозиция на едно изображение = 30 ms
- Размер на CCD матрицата в пиксели = 1024 x 1024
- Размер на CCD матрицата в милиметри = 13 mm x 13 mm
- Дебелина на CCD матрицата = 0.06 cm
- Плътност на силиция, $\rho = 2.34 \text{ g cm}^{-3}$
- Енергия за създаване на една "двойка" = 2.36 eV
- Пределно количество "двойки", необходимо за "възбуждане" на един пиксел = 250 двойки
- "Спираща способност" на силиция за 15 MeV електрон = $3.012 \text{ MeV g}^{-1} \text{ cm}^2$



Theory



BGR-1 D-13 A-1

A13-1

English (Official)

Lucy: The First Mission to the Trojan Asteroids (15 points).

13.1 (10.0 pt)

$n =$

13.2 (5.0 pt)

DELEGATION PRINT

Theory



BGR-1 D-13 W-1

W13-1

DELEGATION PRINT

Theory



BGR-1 D-13 W-2

W13-2

DELEGATION PRINT

Theory



BGR-1 D-13 W-3

W13-3

DELEGATION PRINT

Theory



BGR-1 D-13 W-4

W13-4

DELEGATION PRINT