

Wróćmy jednak do **promienia**. Pewnego razu na ćwiczeniach rachunkowych z teorii dyfrakcji prowadzący zapytał studentów: jaka powinna być średnica otworka w *camera obscura*? (patrz *Delta* 12/1993). Studenci wydawali się zaskoczeni pytaniem i wreszcie jeden z nich powiedział: średnica otworka powinna być taka, aby przeszedł przez ten tylko jeden **promień** (a może miał na myśli promień?). Odpowiedź ta wywołała wesołość na sali. Jednak w świetle tego, co wiemy o **promieniu** jako realnym obiekcie fizycznym, odpowiedź ta jest jak najbardziej poprawna. Rzeczywiście, średnica otworka w *camera obscura* powinna być równa średnicy **promienia**, czyli nie powinna przekraczać rozmiarów pierwszej strefy Fresnela.



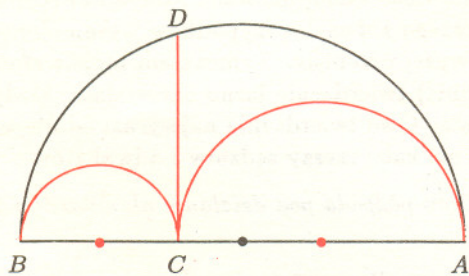
Kącik spokojnych miłośników rachunków

### Jeszcze raz o nożu

Pisząc poprzednio o tzw. szewskim nożu wyraziłem opinię, że nie sposób wypowiadać się o jego polu, gdyż brakuje – obecnego w przypadku księżyców Hipokratesa – trójkąta do porównania.

Inną nazwą tej figury jest arbalet – tak nazywano najstraszniejszą broń średniowiecza: kuszę ze stalowym łukiem.

Trójkąta istotnie brakuje, natomiast o polu mówić można, gdyż ładnie się wyraża przez długość wspólnej stycznej dwóch mniejszych półokręgów od punktu styczności do punktu przecięcia z największym półokręgiem.



Oznaczając, tak jak poprzednio (*Delta* 5/1994), odcinek ten przez  $CD$  (patrz rysunek), a promienie mniejszych okręgów przez  $r_1$  i  $r_2$ , promień zaś dużego okręgu przez  $r$  mamy  $r = r_1 + r_2$  oraz

$$CD^2 = 2r_1 \cdot 2r_2,$$

gdyż trójkąt  $ADB$  jest prostokątny, pole natomiast całego noża jest równe

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}\pi r^2 - \frac{1}{2}\pi r_1^2 - \frac{1}{2}\pi r_2^2 &= \frac{1}{2}\pi(r^2 - (r_1 + r_2)^2 + 2r_1 r_2) = \\ &= \frac{1}{4}\pi(CD)^2 = \pi \left(\frac{CD}{2}\right)^2. \end{aligned}$$

Można to interpretować jako pole koła o średnicy  $CD$ .

Warto zwrócić uwagę, że promienie okręgów wpisanych w każdą z części noża można też wyrazić za pomocą  $CD$ :

$$s = \frac{CD^2}{4r}.$$

następujący związek między względnymi zmianami energii i względnymi zmianami częstości:

$$(1) \quad \frac{\Delta E}{E} = \frac{1}{\alpha_c} \frac{\Delta f}{f},$$

gdzie stała  $\alpha_c = 3,84 \times 10^{-4}$  jest związana ze strukturą wnęk rezonansowych LEPu i znamy ją z niezależnych pomiarów z dokładnością około 5%.

Zastanówmy się teraz, co by się stało z energią elektronów, gdyby pierścien akceleratora uległ niewielkiemu odkształceniu, powiedzmy, promień zwiększyłby się o  $\Delta R$ . Częstość obiegu elektronów uległaby zmniejszeniu na skutek niewielkiego wzrostu obwodu pierścienia i przestałaby pasować do starannie dobranej częstości fal radiowych  $f$ . Dopasowanie częstości fal do nowych rozmiarów LEPu wymagałoby obniżenia jej o  $\Delta f$ .

Możemy więc zapisać, że w pierwszym przybliżeniu

$$(2) \quad \frac{\Delta f}{f} = -\frac{\Delta R}{R}.$$

Jeżeli częstość radiowa nie ulegnie zmianie, to energia wiązki elektronów musi ulec zmniejszeniu zgodnie ze wzorem (1), co, po podstawieniu zależności (2), prowadzi nas do wzoru

$$(3) \quad \frac{\Delta E}{E} = -\frac{1}{\alpha_c} \frac{\Delta R}{R}.$$

Obliczenie odkształcenia LEPu pod wpływem sił grawitacyjnych Księżyca wymaga dość złożonych rachunków numerycznych uwzględniających budowę geologiczną i własności sprężyste skał, w których jest wydrążony podziemny tunel akceleratora. Z obliczeń tych wynika, że maksymalna zmiana promienia  $R$  wynosi około  $150 \mu\text{m}$ . Względna zmiana promienia LEPu  $\Delta R/R$  wynosi więc  $(1,5 \times 10^{-4} \text{ m}) / (4,24 \times 10^3 \text{ m}) = 3,5 \times 10^{-8}$ . Po podstawieniu do wzoru (3) otrzymujemy względną zmianę energii wiązki równą około  $0,7 \times 10^{-4}$ , czyli zmianę energii układu  $e^+e^-$  o około 6,8 MeV. Taką samą zmianę energii  $e^+e^-$  można by uzyskać zmieniając częstość fali przyspieszającej o 10 Hz, na przykład z 352 254 170 Hz na 352 254 180 Hz.

Dane z rysunku 2 można teraz wykreślić nie w zależności od czasu, lecz w zależności od stosunku siły pływu w danym momencie doby do maksymalnej siły pływu. Taki wykres przedstawia rysunek 3.

M.K.