



Diagramy procesu  $b \rightarrow s \gamma$  (obserwowanego jako rzadki rozpad hadronu pięknego na foton i grupę hadronów o łącznej dziwności równej  $-1$ ). W ilościowym opisie takich procesów, uwarunkowanych oddziaływaniami kwarków i leptonów z bozonami  $W^\pm$  i  $Z^0$ , ważną rolę odgrywają też oddziaływania kwarków z gluonami – bez połączonej teorii oddziaływań elektromagnetycznych, słabych i silnych otrzymanie zgodności z danymi obliczonych na podstawie teorii charakterystyk takich procesów nie byłoby możliwe. Właśnie krótkozasięgowość oddziaływań słabych jest tym czynnikiem, który umożliwia dokładne obliczanie poprawek wnoszonych przez oddziaływania silne do amplitud procesów takich jak pokazany tutaj.

Cechą charakterystyczną „twardych” zderzeń protonów w zderzaczach takich, jak Tevatron lub LHC, jest produkcja cząstek o dużym pędzie poprzecznym w stosunku do osi zderzenia. To właśnie takie zderzenia są najciekawsze, gdy chodzi o poszukiwanie „nowej fizyki”.

dużej masy są one tak „słabe”. Jak powinno być jasne z powyższych rozważań, nie są one jednak na fundamentalnym poziomie istotnie różne od oddziaływań elektromagnetycznych: u podstaw jednych i drugich leży symetria cechowania. W tym sensie są one *zunifikowane* (zob.  $\Delta_{76}^6$ ). Nie jest to jednak unifikacja pełna, ponieważ na grupę symetrii cechowania Modelu Standardowego, związaną z oddziaływaniami elektromagnetycznymi i słabymi, składają się dwa czynniki grupowe:  $SU(2)_W$  i  $U(1)_Y$ , są też dwie niezależne stałe sprzężenia  $g_W$  i  $g_Y$ . Ładunkiem elektrycznym jest kombinacja  $e = g_W g_Y / \sqrt{g_W^2 + g_Y^2}$ , a  $\sin^2 \theta_W = g_Y^2 / (g_W^2 + g_Y^2)$ .

Opisany tu model standardowy ( $\Delta_{03}^{12}$ ) jest teorią bardzo skomplikowaną i bogatą. Daje on jednolity jakościowy, a w wielu przypadkach także znakomity ilościowy opis całego mnóstwa reakcji zachodzących między cząstkami. Szczególnym jego sukcesem jest opis tzw. procesów rzadkich, do których zaliczają się także takie, w których nie jest zachowywana parzystość kombinowana CP ( $\Delta_{81}^3$ ). Także wchodząca w jego skład QCD, mimo iż pewnych interesujących wielkości nie udaje się przy jej użyciu obliczyć analitycznie (np. masy protonu czy przekroju czynnego rozpraszania elastycznego protonu na protonie), słabnięcie wzajemnych oddziaływań kwarków i gluonów na małych odległościach (tj. przy dużych przekazach pędu i energii) pozwala, w połączeniu z fenomenologiczną parametryzacją „zawartości” protonu za pomocą tzw. funkcji struktury, wykorzystać ją do ilościowego opisywania procesów „twardych”, czyli takich, które można traktować jak bezpośrednie zderzenia indywidualnych składników rozpraszanych na sobie dwu protonów. Dzięki temu QCD wraz z całym Modelem Standardowym stała się nieodzownym schematem teoretycznym używanym przy poszukiwaniu nowych cząstek i oddziaływań w akceleratorach takich jak LHC.



## Zadania

Redaguje Urszula PASTWA

**M 1483.** Punkty  $D$  i  $E$  leżą odpowiednio na bokach  $BC$  i  $CA$  trójkąta  $ABC$ , przy czym  $\frac{CE}{EA} = 5$  oraz  $\frac{BD}{DC} = 4$ . Odcinki  $AD$  i  $BE$  przecinają się w punkcie  $S$ .

W jakim stosunku punkt  $S$  dzieli odcinek  $AD$ ?

Rozwiązanie na str. 1

**M 1484.** Znaleźć wszystkie wartości parametru  $m$ , dla których wszystkie rozwiązania równania

$$mx^2 + (1 - 4m)x + 9m + 2 = 0$$

są liczbami naturalnymi.

Rozwiązanie na str. 14

**M 1485.** Obliczyć

$$\sum_{n \geq 0} \binom{n}{k} \frac{1}{3^n},$$

gdzie  $k$  jest pewną liczbą naturalną.

Rozwiązanie na str. 16

Przygotował Michał NAWROCKI

**F 897.** Na stalowy walec o promieniu  $R$  naciągnięto ciasny, gumowy pierścień. Siła rozciągająca pierścień wynosi  $T$ . Jaką siłę trzeba przyłożyć, aby przesunąć pierścień, bez obrotu, wzdłuż osi walca? Współczynnik tarcia między stalą i gumą wynosi  $\mu$ . Przyjąć, że siła przesuwająca jest rozłożona równomiernie wzdłuż pierścienia.

Rozwiązanie na str. 10

**F 898.** Z jaką prędkością mała, nieodkształcająca się kulka powinna zbliżyć się do krawędzi  $A$  prostokątnej studni o szerokości  $L$  i głębokości  $H$ , aby w wyniku odbicia od jej dna trafiła dokładnie w jej przeciwną krawędź  $B$  (rysunek)? Przyjąć, że ścianki i dno studni są doskonale gładkie, odbicia są doskonale sprężyste i można zaniedbać wszelkie straty energii.

Rozwiązanie na str. 17

