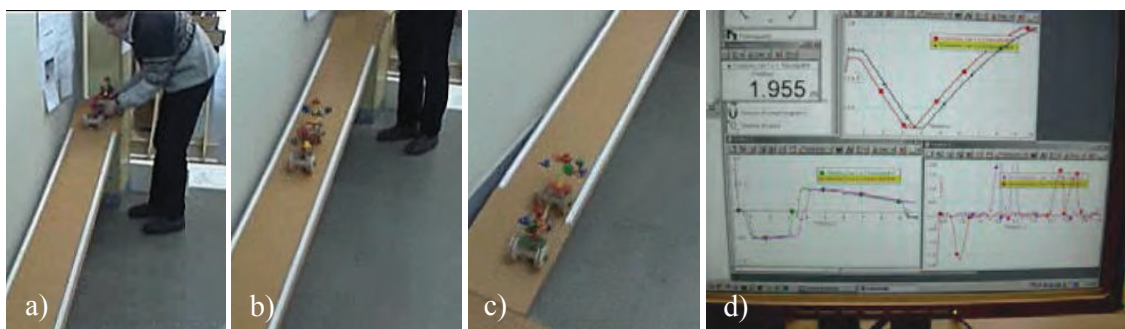


4.4. Poglądowość wielkości abstrakcyjnych

Rozgraniczenie między masą inercyjną a grawitacyjną z poprzedniego paragrafu, a także dyskusje o potencjałach oddziaływania kwarków z nukleonach (fot. 4.4) są przykładami poszukiwania form poglądowości dla zjawisk i/lub wielkości fizycznych trudnych do przedstawienia i/lub wyjaśnienia. Takim trudnym pojęciem, zresztą przedstawianym w fizycznie bezsensownych jednostkach – m/s^2 (metrach na sekundę kwadratową²⁴), jest *przyspieszenie*. Pomiar prędkości potrafimy sobie wyobrazić, ale jak zmierzyć przyspieszenie, czyli zmianę prędkości²⁵?

Szkolna definicja ruchu przyspieszonego mówi, że jest to taki ruch, w którym przyspieszenie pozostaje stałe $a = \text{const.}$ Trudność w przyswojeniu takiej definicji wynika z tego, że przyspieszenie jako takie, nie jest bezpośrednio mierzalne. Obejście tej trudności jest tylko pozorne: przyspieszenie definiowane jest jako przyrost prędkości Δv w jednostce czasu Δt , czyli $a = \Delta v / \Delta t$, gdzie już na tym etapie musimy zrezygnować częściowo z precyzji fizycznej opisu, a mianowicie wektor a zastępujemy jego wartością a (uwagi w przypisie)²⁶. Jak pokazać (= zmierzyć), że w ruchu przyspieszonym prędkość rzeczywiście *rośnie*? Oczywiście, łatwo to zrobić przez doświadczenie wykonane za pomocą elektronicznego czujnika położenia i konsoli komputerowej²⁷. Uczeń/widz traci jednak poczucie związku z rzeczywistością „namacalną” – interfejs komputerowy przeprowadza wiele pośrednich operacji matematycznych, zanim wynik pojawi się w postaci wykresu na ekranie, a i sam pomiar dokonuje się nie za pomocą metrowej miarki, lecz czujnika ultradźwiękowego, zob. fot. 4.16d.



Fot. 4.16. Ontologia Kanta na wystawach interaktywnych: pojęcie (w umyśle człowieka) generuje rzeczywistość (obserwowalną). „Jak pokazać przyspieszenie, czyli przyrost prędkości w miarę upływu czasu?”: **a) – c)** odchylające się koraliki w zabawkowym wózek dla małych dzieci ilustrują wzrastającą prędkość ruchu. Tunel dydaktyczny „Z górki na pazurki”, UMK 2007. Koncepcja i konstrukcja GK, sekwencja filmowa KS²⁸, doświadczenie wykonuje mgr P. Miszt; **d)** ten sam pomiar - drogi, prędkości i przyspieszenia za pomocą konsoli komputera traci atrybut realności (Uniwersytet w Udine, źródło i fot. GK)

²⁴ Oczywiście chodzi o przyrost prędkości w jednostce czasu, czyli $(\text{m/s})/\text{s}$. O ile istnieje metr kwadratowy jako miara powierzchni, to sekunda kwadratowa jest jedynie dość nieeleganckim skrótem matematycznym.

²⁵ Przez *przyspieszenie* potocznie rozumiemy zazwyczaj siły *bezwładności*, jakie działają na pasażera w przyspieszającym samolocie lub w samochodzie na zakręcie. Nie są to jednak, koncepcyjnie, te same wielkości!

²⁶ Należy tu jeszcze dodać dwie uwagi dydaktyczne. Po pierwsze, stałość (wektora) przyspieszenia, czyli definicja ruchu jednostajnie przyspieszonego, wynika nie tyle z *kinematyki*, co z *dynamiki* – zgodnie z II prawem Newtona przyspieszenie jest proporcjonalne do siły, czyli stała siła powoduje stałe przyspieszenie. Po drugie, definicja przyspieszenia (a również prędkości) jako przyrostu prędkości w jednostce czasu jest definicją nie tyle fizyczną, co *matematyczną* – jest to przykład rachunku różniczkowego, wprowadzonego właśnie przez Newtona.

²⁷ Tak działa nowa (w 2011 r.) technologia interaktywnych „sportów” komputerowych – Kinect.

²⁸ G. Karwasz, *Z górki na pazurki*, Tunel dydaktyczny, kwiecień 2007, UMK, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/pazurki/filmy/z_gorki_wozek_z_karuzelami.wmv (30.12.2011)

Sekwencja na fot. 4.16 pochodząca z wystawy „Z góry na pazurki” pokazuje bardziej bezpośredni, namacalny pomiar rosnącej prędkości wózka zjeżdżającego po równi – za pomocą zabawkowego wózka dla małych dzieci. Odchylające się koraliki w karuzeli sprzężonej z kołami wózka, jak w regulatorze maszyny parowej Watta, wskazują na szybsze obroty i większą prędkość staczania się wózka. Wielkość abstrakcyjna nabiera waloru realności, choć autor zdaje sobie sprawę, że nie jest to związek oczywisty i wymaga od widza uruchomienia własnej wyobraźni.

Związek między ideą a sposobem jej poglądowej wizualizacji jest jeszcze bardziej subtelny w fizyce współczesnej. „Jak pokazać atom?” „*To taki mały punkcik.*” „A elektron?” „*To też taki mały punkcik.*” „A kwark?” „*Też.*” „Czyli niczym się nie różnią?”

Atom, np. wodoru, ma rozmiary 10^{-10} m i składa się z prawie nieruchomego protonu i bardzo szybko poruszającego się po ściśle określonych orbitach elektronu, z prędkością mniej więcej 1/100 prędkości światła. Proton, czyli jądro atomu, ma rozmiary 100 000 razy mniejsze i składa się z kolei z trzech kwarków, o których wiemy, że jest ich *mniej więcej* trzy, znamy ich masę, ale z dokładnością jedynie do $\pm 50\%$ i na pewno nie możemy ich z protonu wydzielić. Dwa z tych kwarków nazywamy *up*, a jeden *down*. Aha! I jeszcze występują z trzema różnymi liczbami chromodynamiki kwantowej, czyli z tzw. kolorami. Czy to wszystko może oddać znak graficzny kropczki?

Za sprawą tego pytania pojawiły się profile kwarków jako zabawnych piesków z ogonkami w górę lub w dół wg idei autora rysunków dr. T. Wróblewskiego²⁹.

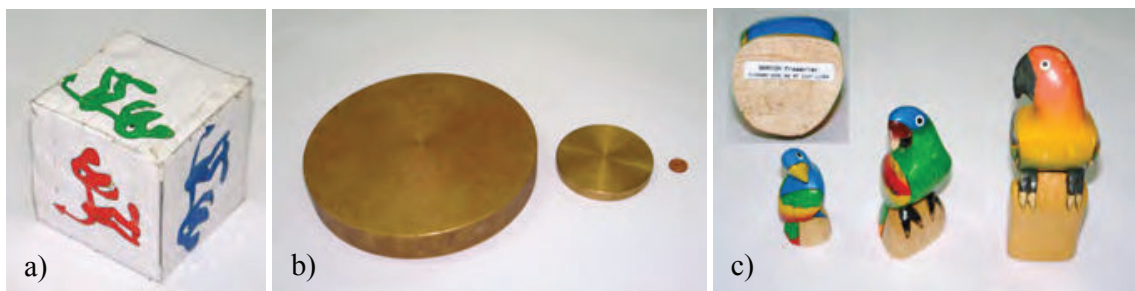


Fot. 4.17. Poglądowość zastosowana do trudnych zagadnień fizyki współczesnej – tzw. cząstek elementarnych (protonów, neutronów, elektronów, kwarków): **a)** funkcję poglądową spełnia rysunek, plakat z opisem; **b)** funkcję tę spełnia także kawałek żelaza o masie proporcjonalnie większej niż masa jednego eurocenta greckiego – leptonu (wykład autora w gimnazjum, Rzęnowo, 3.11.2011, fot. MK)

Jak daleko można posunąć się z poglądowością pojęć niemożliwych (dziś) do bezpośredniego oglądu albo będących wręcz „konstrukcjami umysłu ludzkiego”³⁰. Ortodoksyjnie rzecz rozpatrując, i kwarki, i elektrony, i atomy powinny pozostać kropczkami. W opinii autora jedynie przekraczanie granic własnej wyobraźni, sięganie do innych dziedzin wiedzy, do literatury (jak to uczynił Gell-Man, „wymyślając” kwarki) oraz sztuki jest warunkiem nowych odkryć, we współczesnym świecie, który jawi się coraz trudniejszy do *zrozumienia*, mimo że możliwy do dokładnego, matematycznego *wyliczenia*.

²⁹ Zob. G. Karwasz, *Kwarki niby takie same, a zapachy inne*, wystawa wirtualna, PAP, Słupsk 2004, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wystawy_archiwum/z_omegi/kwarki2c.html (30.12.2011).

³⁰ Zob. też. J. Kruk, G. Karwasz, *Reprezentacja, przyczynowość i badania eksperymentalne jako znaczące punkty „mapy poznawczej” dydaktyki ogólnej*, „Forum Oświatowe”, nr 2(33)/2005.



Fot. 4.18. Ustawiczne przekraczanie ustalonych granic wyobraźni jako warunek twórczego myślenia: **a)** „Kwarki to takie małe pieski, a barion, czyli np. proton, to sześcian, w którym pieski siedzą w środku po trzech przekątnych”; **b)** „Elektron to eurocent, więc dwa cięższe leptony, muon i tau to też takie monety, tylko proporcjonalnie większe”; **c)** na lotnisku w Sao Paolo, w sklepie, który nazywa się Barion, pod tą nazwą sprzedawane są kolorowe papugi z drzewa balsy. Mają one po trzy kolory podstawowe, zielony, niebieski, czerwony, tak jak *liczby kwantowe* „zapachu” w chromodynamice kwantowej. Przypadek czy artysta rzeźbiarz – fizyk jądrowy z zamiłowania? (autor GK, fot. KS)

4.5. Wykład interaktywny

Obfitość materiału edukacyjnego w Internecie oraz w programach telewizyjnych popularyzujących naukę jest tak duża, że poszukujący uczeń nie ma żadnych trudności z dotarciem tak do treści jak i obrazów. W innych krajach jest również mnóstwo kanałów TV poświęconych wyłącznie edukacji, gdzie oprócz programów historycznych, przyrodniczych czy astronomicznych przedstawiane są regularne wykłady uniwersyteckie z filozofii, architektury, socjologii itd. Jak więc zainteresować widza/słuchacza? Receptą jest ponownie użycie eksponatów realnych, takich, które zwiedzający może dotknąć i samodzielnie wykonać kilka doświadczeń.

Wykłady interaktywne są jedną z form, które mogą być prowadzone w centrach nauki. Ich scenariusze mogą być jednak wypracowane i poza centrami. Przykładem może być wykład interaktywny Zakładu Dydaktyki Fizyki UMK dotyczący elektryczności pod tytułem „Niech to piorun trzaśnie!”.



Fot. 4.19. „Niech to piorun trzaśnie!” – wykład interaktywny z elektryczności (ZDF UMK): **a)** kula plazmowa jako źródło fali powierzchniowej zapalającej lampy jarzeniowe; **b)** obsługa generatora van der Graafa wymaga szczególnej ostrożności – wytwarzane napięcia to setki tysięcy woltów (fot. MK)

W przypadku tej tematyki forma wykładu interaktywnego jest najwłaściwsza jako że wiele eksponatów jest zasilanych wysokim napięciem i niezbędne jest zachowanie szczególnych zasad bezpieczeństwa. Zdjęcia przedstawiają edycję z grudnia 2008 z XV Zespołu Szkół w Bydgoszczy (liceum i gimnazjum).