

Barbara Oakley, Beth Rogowsky,
Terrence J. Sejnowski

NAUCZ SIĘ NAUCZANIA



**Praktyczne wykorzystanie
osiągnięć neurobiologii**

sensus

Tytuł oryginału: Uncommon Sense Teaching: Practical Insights
in Brain Science to Help Students Learn

Tłumaczenie: Adam Trybus

Projekt okładki: Justyna Sieprawska

Materiały graficzne na okładce zostały wykorzystane za zgodą Shutterstock Images LLC.

ISBN: 978-83-283-9443-8

Copyright © 2021 by Barbara Oakley, Beth Rogowsky, and Terrence Sejnowski

All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form.

This edition published by arrangement with TarcherPerigee, an imprint of Penguin Publishing Group, a division of Penguin Random House LLC.

Na str. 369 znajdują się dodatkowe informacje o prawach do wykorzystanych treści.

TarcherPerigee with tp colophon is a registered trademark of Penguin Random House LLC.

Polish edition copyright © 2023 by Helion S.A.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz wydawca dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz wydawca nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<https://sensus.pl/user/opinie/nasina>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Helion S.A.

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 230 98 63

e-mail: sensus@sensus.pl

WWW: <https://sensus.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Printed in Poland.

- Kup książkę
- Poleć książkę
- Oceń książkę

- Księgarnia internetowa
- Lubię to! » Nasza społeczność

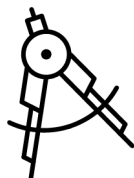
Spis treści

Do naszych czytelników-nauczycieli	9
1. Tworzenie pamięci. Jak uczniowie sami się nabierają, myśląc, że się uczą	15
2. Nauczanie z wzięciem pod uwagę potrzeb wszystkich. O tym, jak ważna jest pojemność pamięci operacyjnej	32
3. Aktywne przyswajanie wiedzy. Szlak pamięci deklaratywnej	63
4. Sposoby na prokrastynację	100
5. Jak wyewoluował ludzki mózg i jaki ma to wpływ na nauczanie ...	130
6. Aktywne przyswajanie wiedzy. Szlak pamięci proceduralnej	165
7. Budowanie wspólnoty przez nawyki	226
8. Łączenie ze sobą uczniów. Moc współpracy w nauce	255
9. Nauczanie online z osobowością i stylem	276
10. Wytuczanie drogi do mety. O mocy konspektów	322
Pożegnanie i powitanie	355
Dodatek A. Jak radzić sobie w zespole	357

SPIS TREŚCI

Dodatek B. Lista kontrolna dobrego nauczyciela	364
Podziękowania	367
Prawa do wykorzystanych treści	369
Literatura	371
Przypisy	395
O autorach	424

3



Aktywne przyswajanie wiedzy

Szlak pamięci deklaratywnej

Starając się poradzić sobie z problemami uczniów takich jak Katina czy Jared, u których pilna nauka nie przekłada się na wyniki na egzaminach, możesz zastanawiać się, czy istnieje jakiś prosty — poparty przez badania naukowe — sposób na zwiększenie poziomu zrozumienia materiału. To przełożyłoby się w konsekwencji na zwiększenie szans takich uczniów w szkole.

Okazuje się, że wyniki metaanalizy zajęć STEM (ang. *Science, Technology, Engineering and Math* — nauki ścisłe, technologia, inżynieria i matematyka) prowadzonych na poziomie uniwersyteckim wskazują właśnie na rozwiązanie tego typu¹. W przypadku studentów uczęszczających na tradycyjne zajęcia „omów i zapisz” istniało półtora raza większe prawdopodobieństwo, że nie ukończą oni takiego kursu z pozytywną oceną, niż w przypadku studentów biorących udział w zajęciach wykorzystujących metody aktywnego uczenia się. Dodatkowo oceny studentów uczęszczających na zajęcia, w których wykorzystywano takie

metody, były o 6% wyższe niż uczęszczających na zajęcia tradycyjne, co jest naprawdę sukcesem w kontekście trudności zajęć na kierunkach inżynierskich.

Czy zatem oznacza to, że wszystko, co robimy na zajęciach, powinno być związane z aktywnym uczeniem się?

Otóż niekoniecznie. Gdy przyjrzeć się z bliska wynikom przedstawionym w tym wpływowym artykule, ujawni się pewna kwestia, która zmusi nas do spojrzenia na to, co tam przedstawiono, w nieco innym świetle. Zajmiemy się nią niebawem, ale na razie upewnijmy się, że w ten sam sposób rozumiemy określenie „*aktywne przyswajanie wiedzy...*”.

Czym jest aktywne przyswajanie wiedzy?

Zdarza się, że nauczyciele — co zresztą naturalne — błędnie uważają, że aktywne uczenie się oznacza, iż uczniowie powinni być aktywni: to znaczy *fizycznie* aktywni — pracując z materiałem. Na przykład rozdział dotyczący greckiej kultury i historii może być przyczynkiem do zbudowania modelu greckiej urny. Tego typu aktywne uczenie, które przecież przyciąga uwagę, musi być skuteczną metodą nauki, prawda?

Jennifer Gonzales, autorka popularnego bloga Cult of Pedagogy, zwraca jednak uwagę na następujące sprawy:

Oklejanie balonu papierową mazią nie ma nic wspólnego z pogłębianiem zrozumienia dawnych społeczeństw i kultur... Widziałam już zbyt wiele modeli greckich urn, stworzonych w ramach projektów szkolnych: sprawia to wrażenie pomysłu kreatywnego, który nauczyciel może określić na wiele sposobów: jako uczenie w działaniu, nauczanie interdyscyplinarne, wykonywanie zadania związanego z praktycznym projektem czy też jako połączenie

sztuki i nauki. Nie da się jednak ukryć tego, że takie zadania nie są dla uczniów tak naprawdę pomocą w nauce tematu. Co gorsza, takie formy aktywności zabierają często dużo czasu i w konsekwencji ów czas nie może być poświęcony na wykonywanie zadań, które pomogłyby uczniom przyswoić trudniejszy materiał².

Czym zatem jest aktywne uczenie się? Scott Freeman, który zaczynał jako zoolog, a teraz zajmuje się aktywnym uczeniem się, i jego współpracownicy — autorzy metaanalizy, o której wspomnieliśmy — przeprowadzili ankietę na ten temat wśród osób prowadzących zajęcia na poziomie uniwersyteckim i na tej podstawie zaproponowali następującą, wstępną definicję: „Aktywne uczenie się sprawia, że uczniowie angażują się w proces przyswajania wiedzy przez rozmaite działania i dyskusje w ramach zajęć, w przeciwieństwie do pasywnego wysłuchiwanie wykładu specjalisty w danej dziedzinie. W ramach tego podejścia podkreśla się myślenie na wyższych poziomach abstrakcji oraz często wykorzystuje się pracę w grupach”³.

Jak wygląda aktywne przyswajanie wiedzy z punktu widzenia neurobiologii? Wydaje się, że dobrze przeprowadzona sesja tego typu wpływa na tworzenie się oraz, co ważniejsze, konsolidację połączeń neuronalnych w pamięci długotrwałej, co jest warunkiem zrozumienia podstaw jakiejś dziedziny, oraz wspiera zrozumienie bardziej abstrakcyjnych pojęć związanych z danym materiałem. Aktywne przyswajanie wiedzy, szczególnie w przypadku trudniejszych tematów (więcej o tym w rozdziale 5.), jest często kluczowe w fazie *łączenia*, wspomnianego już dwufazowego procesu *uczenia się i łączenia*. Przypomnijmy, że faza *uczenia* ma miejsce wtedy, gdy neurony szukają się wzajemnie i zaczynają się ze sobą łączyć. Natomiast faza *łączenia* ma miejsce wówczas, gdy uczniowie wzmacniają i powiększają zakres tych połączeń. Praca w grupach może wspomóc aktywne przyswajanie wiedzy, ale

nie jest na to jedynym sposobem. Poza tym — jak przekonamy się już niebawem — nie każda sesja uczenia się jest związana z aktywnym przyswajaniem wiedzy.

Dlaczego w kontekście aktywnego przyswajania wiedzy — a nawet przyswajania wiedzy w sensie szerszym — podkreślamy wagę zarówno podstawowej wiedzy o faktach, jak i tej obejmującej pojęcia bardziej abstrakcyjne? Otóż neurobiologia pokazuje nam, że skuteczne przyswajanie wiedzy wymaga, by pamięć długotrwała uczniów zawierała w sobie tę najbardziej podstawową wiedzę, która może wydawać się banalna, a która obejmuje definicje i przykłady. Tego typu połączenia neuronalne służą za podstawę dla poziomów bardziej konceptualnych i pomagają rozwinąć się kreatywnemu myśleniu⁴. Oto co mówi na ten temat Natalie Wexler w swojej proroczej książce *The Knowledge Gap*:

Nie chodzi tylko o to, że poszczególne informacje są istotne same w sobie — choć oczywiście niektóre takie właśnie są. Chodzi głównie o to, że potrzebujemy wystarczająco dużej bazy faktów w naszych głowach, aby odbył się — jak to określił ktoś, opisując tę sytuację — „bal wiedzy”, czyli aby pojawił się zestaw skumulowanych skojarzeń umożliwiających nam przyjęcie, utrzymanie i analizę nowych informacji⁵.

Aby jeszcze bardziej przekonać się, że przyswojenie pozornie podstawowej wiedzy jest istotne, spójrzmy na przykład złe pojętego aktywnego uczenia się. Powiedzmy, że Twój uczeniowie przedyskutowali już (w aktywny sposób!) sprawę wojny secesyjnej (ang. *Civil War*). Dyskusja była udana, uczniowie zadawali mnóstwo pytań, przekazywano sporo informacji i podawano wyjaśnienia. Wydawało się, że uczniowie naprawdę dużo się nauczyli. Aż do momentu...

Nieco później: na zajęciach o prawach obywatelskich (ang. *civil rights*) pewne wydarzenie wywołało spontaniczną dyskusję. Przysłuchując się jej, odkrywasz, że uczniowie mieszają wojnę secesyjną z prawami obywatelskimi. Jest jeszcze gorzej: zdają się uważać, że Abraham Lincoln i dr Martin Luther King żyli w tym samym czasie!

Jest jasne, że w tej sytuacji aktywne przyswajanie wiedzy nie pomogło w osiągnięciu wymaganego rezultatu. Dlaczego? Owa spontaniczna dyskusja na pierwszy temat nie sprawiła, że w pamięci długotrwałej uczniów pojawiło się wystarczająco dużo połączeń z nim związanych. Nie wymagano robienia notatek, które wspomagają późniejszy proces przywoływania wiedzy. Nie było też wskazówek ze strony nauczyciela, a to wszystko sprawiłoby, że najważniejsze wiadomości o wojnie secesyjnej pozostałyby w pamięci długotrwałej⁶. A co z pojęciami bardziej abstrakcyjnymi, takimi jak niewolnictwo czy prawa stanowe? Niestety niczego nie udało się zapamiętać.

Aktywne przyswajanie wiedzy często ma związek z procesem jej przywoływania, co jest z kolei związane, jak już mówiliśmy, z wyszukiwaniem elementów z pamięci długotrwałej. Psycholog Jeffrey Karpicke i kognitywista Phillip Grimaldi ujęli to chyba najlepiej, gdy stwierdzili, że:

Procesy przywoływania wiedzy są obecne w każdej sytuacji, w której zachodzi potrzeba wyrażenia wiedzy, włączając w to sytuację, gdy uczący się muszą podać odpowiedź na pytanie o fakty, wyjaśnić jakieś pojęcie, wydedukować coś, zastosować wiedzę do nowego obszaru problemowego czy też starają się podać kreatywne bądź innowacyjne odpowiedzi. We wszystkich powyższych kontekstach uczący się muszą sięgnąć do przeszłości, by wspomóc swoje działanie w teraźniejszości. Wynika z tego, że każda taka sytuacja wiąże się z przywoływaniem wiedzy⁷.

Spójrzmy zatem nieco dokładniej na to, co się dzieje w mózgach Twoich uczniów, gdy angażują się oni w proces aktywnego przyswajania wiedzy, pracując z otrzymanymi materiałami. Najpierw jednak poznamy nieco lepiej neuronalną „geografię”, która jest z taką sytuacją powiązana.

Dwa ważne sposoby przyswajania wiedzy

- **Pamięć deklaratywna** związana jest z faktami i zdarzeniami, które można świadomie przywołać czy też „zadeklarować”. Uczniowie mogą na przykład przypomnieć sobie o złych praktykach w rolnictwie, które przyczyniły się do tzw. Dust Bowl w Stanach Zjednoczonych w latach trzydziestych. Inny przykład to przywołanie z pamięci równania kwadratowego. Układ pamięci deklaratywnej związany jest z pamięcią operacyjną, hipokampem oraz pamięcią długotrwałą w korze nowej mózgu (zgodnie z tym, o czym traktuje niniejszy rozdział).
- **Pamięć proceduralna** często dotyczy sposobu robienia czegoś, na przykład pisania na klawiaturze lub wiązania sznurówadeł, czy też wykonania kolejnych kroków w rozwiązywaniu zadania matematycznego. Układ proceduralny związany jest z jądrami podstawnymi oraz korą nową. Więcej o systemie proceduralnym dowiemy się w rozdziale 6.

Jak wkrótce zobaczymy, te dwa różne układy pamięciowe pozwalają przyswoić te same koncepcje na dwa różne sposoby, co umożliwia uczniom lepsze zrozumienie danego tematu.

Układ przyswajania wiedzy deklaratywnej: pamięć operacyjna, hipokamp i kora nowa

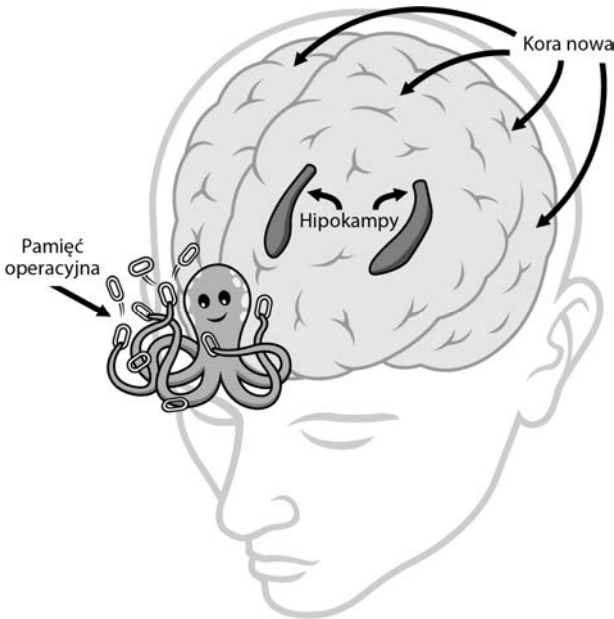
Od dawna wiadomo, że w mózgu znajdują się trzy główne elementy związane z uczeniem się: *pamięć operacyjna, hipokamp i kora nowa*⁸. (O ostatnim ważnym elemencie systemu przyswajania wiedzy znajdującego się w mózgu — *jądram podstawnych* — dowiemy się więcej w rozdziale 6.). Te trzy elementy* działają wspólnie, tworząc *układ przyswajania wiedzy deklaratywnej*. W pewnym uproszczeniu możemy powiedzieć, że tego, czego uczymy się przy użyciu wspomnianego układu, jesteśmy — ogólnie mówiąc[†] — świadomi (możemy to „zadeklarować”). Podobnie do zdań deklaratywnych (oznajmujących), które ćwiczone są podczas zajęć z języka, ów układ *deklaruje* (oznajmia) informację dotyczącą faktów i zdarzeń.

Na marginesie — choć mówi się o hipokampie tak, jakby była to pojedyncza struktura w mózgu, ludzie wyposażeni są w dwa hipokampy: jeden po każdej stronie mózgu, jak pokazano na rysunku poniżej.

Hipokampy ulokowane są nad uszami, w płatach skroniowych mózgu, jakieś cztery centymetry w głąb wnętrza głowy. Te dwie struktury, umieszczone po dwóch stronach głowy, można porównać objętością do dwóch dużych ziaren fasoli półksiężycowatej. (Niedaleko nich

* Aby nie komplikować zaudadto spraw, zdefiniujemy korę nową jako cieniłą zewnątrzną warstwę kory mózgowej. Zdarza się, że informacja jest przechowywana poza korą nową, w pozostałych częściach kory mózgowej. Kora mózgowa ma zasadniczo dwie części: korę nową — zawierającą sześć poziomów neuronów — oraz korę heterotypową, zwaną też korą pierwotną (*allocortex*) — duzo mniejszy obszar zawierający od trzech do pięciu poziomów neuronów.

[†] Patrz nasze uwagi na temat „procesów w dużej mierze uświadomionych”, które zawiera rozdział 6.



W mózgu znajdują się dwie główne struktury, które „uczą się” od *pamięci operacyjnej*: *hipokamp* i *kora nowa*.

znajdują się fragmenty korowe, również związane z układem deklaratywnym, zwane formacją hipokampalną. Żeby uprościć sprawę, będziemy określali te wszystkie struktury łącznie mianem *hipokampu*).

Kora nowa rozpościera się na większej części powierzchni mózgu. Ma ona tylko kilka milimetrów grubości, mniej więcej tyle co serwetka stołowa, a jej powierzchnia wynosi mniej więcej sześćdziesiąt na sześćdziesiąt centymetrów. Ta struktura, niczym „serwetka” właśnie, układa się zgodnie z zagięciami i wypukłościami na powierzchni mózgu. Większość powierzchni samej kory znajduje się w tych wypukłościach: choć jest niezbyt gruba, w związku ze swoją budową kora nowa jest w konsekwencji dużo większa niż hipokamp. Z naszego punktu widzenia to bardzo dobry układ, gdyż to właśnie w korze nowej znajduje się ów ogromny magazyn pamięci długotrwałej.

Podczas przyswajania wiedzy przy użyciu układu deklaratywnego pamięć operacyjna składa się w pamięci długotrwałej (w korze mózgowej) informacje, do których ma dostęp. Ale przecież, jak już powiedzieliśmy, kora mózgowa to ogromny magazyn składający się z miliardów neuronów! W jaki więc sposób pamięć operacyjna jest w stanie odszukać konkretną informację, gdy jej potrzebuje?

Rozwiązanie? Indeks!⁹

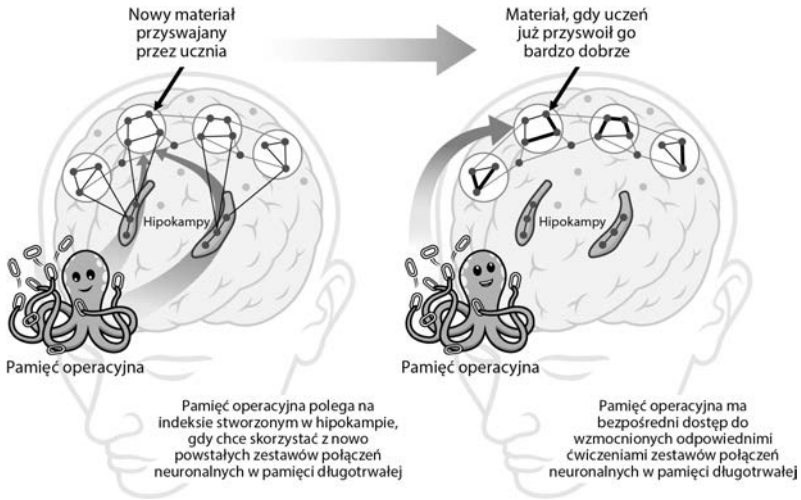
W książkach wszystkie informacje znajdują się w tekście głównym, a indeks (skorowidz) mówi nam tylko, jak daną informację znaleźć.

Okazuje się, że hipokamp to pewnego rodzaju indeks. Nie składa się sam nowej informacji, a tworzy tylko połączenie z miejscem, w którym dana informacja jest przechowywana w korze nowej. Sygnały z hipokampu do kory mózgowej przywołują informacje rozproszone w korze i łączą je ze sobą[‡]. Za każdym razem, gdy uczeń przywołuje informacje, hipokamp wzmacnia połączenia między informacjami przechowywanymi w różnych miejscach kory nowej. Po pewnym czasie

[‡] Informacja przechodzi przez długie aksony (neuronowe „ramiona”), które przypominają linie telefoniczne łączące pamięć operacyjną, hipokamp i korę nową. Zdajemy sobie sprawę, że to i tak jest skomplikowane, ale jeśli interesują Cię dodatkowe informacje, powiedzmy jeszcze, że aksony pokryte są tzw. otoczką mielinową składającą się głównie z cerebrozydu — związku będącego pochodną węglowodanu (galaktozy) i lipidu (ceramidu). Działa ona jako pewnego rodzaju izolacja, przyspieszając przesyłanie sygnałów przez aksony — podobnie do smarowania ślizgawki na placu zabaw po to, by przyspieszyć zjazd. Można powiedzieć, że otoczką mielinową to taka właśnie warstwa sprawiająca, że aksony są śliskie i przewodzą impulsy dużo szybciej. Jeśli uczniowie ćwiczą się w danym temacie, to nie tylko tworzą i wzmacniają połączenia między synapsami, ale też zwiększają grubość otoczki mielinowej, co pomaga aksonom przewodzić sygnały.

Neurobiologowie mówią czasem o istocie białej jako o strukturze odmiennej od istoty szarej w mózgu. Istota biała charakteryzuje się wieloma aksonami z otoczkami mielinowymi i z tego powodu taki obszar wydaje się biały. Wiązki aksonów razem z otoczkami mielinowymi łączą odległe obszary mózgu, umożliwiając wyuczenie się skomplikowanych umiejętności, takich jak czytanie czy wykonywanie działań matematycznych.

(a może to trwać nawet do kilku miesięcy), głównie podczas snu, dochodzi do konsolidacji wspomnień w korze i wówczas to pamięć operacyjna jest w stanie przywołać informację bezpośrednio z kory nowej bez wykorzystania hipokampu jako indeksu¹⁰.



Przypomnijmy, że w naszej konwencji każda z kropek reprezentuje neuron. Okręgi symbolizują różne koncepcje, które przyswajają uczniowie. Te połączenia są przechowywane w pamięci długotrwałej. **(Lewa strona)** Pamięć operacyjna przesyła informacje do „kropek” w pamięci długotrwałej. **(Prawa strona)** Gdy dochodzi do wzmocnienia śladów pamięciowych związanych z danym materiałem, pamięć operacyjna może w bezpośredni sposób dostać się do tych połączeń w pamięci długotrwałej bez potrzeby wykorzystywania hipokampu.

Trzeba wiedzieć, że tworzenie powiązań przez hipokamp ma swoje ograniczenia — ta metoda wystarcza do przywoływania zdarzeń, sytuacji i doświadczeń przez co najwyżej kilka miesięcy. Tak się jednak składa, że dokładnie taki czas jest również potrzebny do tego, by dokonała się konsolidacja połączeń w korze mózgowej. A obszar mózgu, w którym ta informacja jest przechowywana na stałe — to znaczy obszar,

w którym przechowywane są nasze wspomnienia długotrwałe — to właśnie kora nowa.

Proces, w trakcie którego dochodzi do przepływu informacji z pamięci operacyjnej do hipokampu, jest tak naprawdę dość skomplikowany, więc na nasze potrzeby stworzymy pewną historię, która pozwoli nam lepiej zilustrować to, co się wówczas dzieje.

Metafora chóru: jak układ przyswajania wiedzy deklaratywnej przekazuje informacje do pamięci długotrwałej

Żeby zrozumieć w zarysie to, w jaki sposób dochodzi do przepływu informacji z pamięci operacyjnej do długotrwałej — w ramach deklaratywnego przyswajania wiedzy — warto zacząć od pewnej metafory. Przedstawimy trzy postacie, każdą ze swoimi wadami i zaletami. Te postacie reprezentują pamięć operacyjną i dwa moduły przyswajania wiedzy — hipokamp i korę nową — a metafora posłuży nam do opisu ich interakcji.

Wyobraźmy sobie, że pamięć operacyjna to dyrygent małego chóru składającego się z dwóch solistów: Hipa (hipokampu) i Neo (kory nowej).

Sam dyrygent nie śpiewa, a tylko cicho wskazuje Neo, gdzie i kiedy zaśpiewać dane dźwięki. (Innymi słowy, dyrygent składa w pamięci długotrwałej zestawy połączeń dotyczące przyswajanej wiedzy). Jednocześnie dyrygent składa też u Hipa informacje dotyczące indeksu (połączenia indeksujące) i tego, gdzie znaleźć owe połączenia w pamięci długotrwałej u Neo.

Składowana wiedza może dotyczyć czegokolwiek — najstarszej zapisanej historii Nubii, serii wydarzeń opisanych w *Dziękuję ci*,

Winn-Dixie, tego, jaką drogą dojść do domu nowego znajomego, jak zmienić dętkę w rowerze czy też — oczywiście — jak zaśpiewać daną piosenkę.



Mózg można porównać do niewielkiego chóru. W jego skład wchodzi dyrygent (pamięć operacyjna), Hip (hipokamp) i Neo (kora nowa). Na rysunku Hip nuci swój utwór indeksujący w stronę Neo. Pomaga to Neo zorientować się, które z wielu połączeń rozproszonych po całym obszarze wzmocnić, a które osłabić.

Jak już wiemy, pamięć operacyjna — czyli dyrygent — to zapominalska. Pomimo tego, że to ona kieruje próbą, może łatwo zapomnieć to, co sama powiedziała Neo i Hipowi ledwie chwilę wcześniej.

Natomiast problemem Neo jest to, że nie wychodzi jej wykonywanie wskazówek dyrygenta. Nie znając jej wcześniej, można by nawet pomyśleć, że jest guzdrałą i amatorką. Jest dosłownie roztrzępana. Przecież dyrygent kazał jej umieścić informację w konkretnych miejscach kory nowej, a ona zaś najczęściej po prostu bardzo cicho śpiewa ponownie to, co przekazał jej dyrygent, a czasami nie śpiewa w ogóle. Wyjątkiem

są sytuacje, gdy słyszała już jakąś piosenkę wiele razy. Ciągłe pyta: „Czy można powtórzyć?”.

Hip natomiast jest szybki i uważny. Potrafi zapamiętać i zaśpiewać większość utworu indeksującego przekazanego mu przez dyrygenta. Ale i Hip ma swoje problemy. Szczerze mówiąc, jest dość powierzchowny. Jego piosenki są raczej krótkie — w końcu to tylko utwory indeksujące. Ich zadaniem jest to, by pomóc w szkoleniu Neo i wzmocnić niektóre z jej wielu połączeń dotyczących tego, czego się uczy, jednocześnie osłabiając inne połączenia, które nie grają tu roli.

Mamy zatem dwóch śpiewaków — reprezentujących dwa różne typy uczenia się — którzy starają się robić to, co pokazuje dyrygent¹¹. Hip uczy się szybko, ale interesują go tylko najbardziej powierzchowne aspekty danej informacji, związane z indeksowaniem. Neo, w związku z tym, że ma przed sobą ogromną liczbę połączeń do powiązania, uczy się dużo wolniej, i to z dużym trudem. Ale może się nauczyć *naprawdę* dużo, poznając temat naprawdę dokładnie. Oprócz tego ma do dyspozycji duży repertuar „utworów”, których nauczyła się w przeszłości.

W tym miejscu sprawy przybierają interesujący obrót dla nauczycieli. Pomimo wszystkich różnic Hip i Neo są przyjaciółmi, którzy *pomagają sobie w przyswajaniu informacji*. Gdy tylko Hip nie jest zajęty uczeniem się nowego utworu indeksującego, odwraca się i śpiewa w stronę Neo. Jak już zaznaczyliśmy, informacje, którymi dysponuje Neo, są porozrzucane na wszystkie strony. Hip prosi Neo o przywołanie i połączenie ze sobą pewnych informacji — to znaczy, o zaśpiewanie utworu, którego właśnie się ona uczy. Taką interakcją między Hipem a Neo będziemy określali mianem interakcji pozasieciowej. Tego typu szkolenie w większości następuje w trakcie snu i stanowi jeden z najważniejszych aspektów deklaratywnego przyswajania wiedzy. To właśnie ten proces umożliwia stworzenie w korze nowej porządkowanych połączeń neuronalnych.



Gdy już Hip skończył szkolić Neo, śpiewa ona dany utwór głośno i wyraźnie, bez jego pomocy. Neo zna ogromną liczbę innych utworów, które również może wykorzystać.

Warto jednak pamiętać, że szkolenie z hipokampem nie jest jedynym sposobem, na jaki kora nowa może przyswajać informacje. Część informacji pochodzi bezpośrednio z pamięci operacyjnej. Trzeba jednak powiedzieć, że to właśnie hipokamp jest głównym nauczycielem w układzie deklaratywnym. Kora nowa nie jest najczęściej wystarczająco szybka, by nadążyć na bieżąco za pamięcią operacyjną. Hip wciąż szepce do Neo, pomagając jej zorientować się, które połączenia wzmocnić, a które osłabić. Taki proces hipokampalnego kształcenia połączeń w korze nowej — zwany, jak wspomnieliśmy wcześniej, *konsolidacją* — może zająć całe dni, tygodnie czy nawet miesiące¹².

A co się dzieje, gdy dyrygent nie przekazuje nowych informacji chórowi, a zamiast tego każe mu po prostu śpiewać jakiś utwór? Innymi słowy, co się dzieje, gdy pamięć operacyjna stara się *przywołać* informację, zamiast ją przyswoić?

Tu sprawy robią się jeszcze ciekawsze. Jeśli pamięć operacyjna przywołuje niedawno przyswojone informacje, kora nowa nie ma jeszcze w pełni opanowanego materiału, więc Hip zaczyna się wtrącać. Przypomina Neo, gdzie są ulokowane rozmaite elementy jej utworu, żeby ta mogła zaśpiewać go z większą pewnością siebie. Ale gdy już Hip i Neo odbędą wystarczającą liczbę szkoleń w tym zakresie, Neo się usamodzielnia. Opanowuje w końcu ów materiał, choć może on mieć bardzo złożoną strukturę: taki utwór jest dużo trudniejszy niż powierzchowne utwory indeksujące Hipa. Zaczyna wyśpiewywać daną melodię w całym przyzwoity sposób i to bez niczyjej pomocy.

I to właśnie po tym można poznać, że coś zostało dobrze przyswojone: nie potrzeba już hipokampu, by taką informację przywołać. Im lepiej uczeń zna jakiś materiał, tym efektywniej pamięć operacyjna sięga bezpośrednio do kory nowej, bez potrzeby angażowania hipokampu.

Wychodzi więc na to, że rola, jaką odgrywa hipokamp, jest analogiczna do tej pełnionej przez kule w sytuacji, gdy ktoś musi poruszać się z nogą w gipsie. Zastanówmy się chwilę nad sytuacją opisaną na początku książki, gdy uczniowie, wkuwając całą noc przed egzaminem, zdają go, a potem zapominają większość z tego, czego się uczyli. Dzieje się tak dlatego, że w tym czasie ich pamięci operacyjne stworzyły sporo połączeń indeksujących w hipokampach. (Zaczęły powstawać też słabsze połączenia w korze nowej). Połączenia indeksujące w hipokampach są wystarczająco świeże, by uczniom udało się przejść dzięki temu przez egzaminy. Ale te połączenia szybko słabną i jeśli kora nowa nie dokona konsolidacji tej informacji na drodze wielokrotnych ćwiczeń — *nie ma szans!* Uczniowie są skazani na porażkę, jeśli zechcą przywołać tę informację z kory nowej za miesiąc lub dwa, gdy połączeń indeksujących w hipokampie już nie będzie, a zatem nie będzie w zasadzie możliwości odnalezienia tych niewielu słabych połączeń, które wciąż mogą znajdować się w pamięci długotrwałej.



W naszej metaforze Hip ma dwie możliwości. Po pierwsze, może skupić się na dyrygencie, ucząc się czegoś nowego (budując połączenia indeksujące). Po drugie, może zwrócić się do Neo. Dzieje się tak w chwilach intelektualnego odprężenia. Wówczas stara się pomóc Neo w nauczaniu się całego utworu — zaczynając od tego, jak ułożone są dźwięki, jaka jest tonacja, jak akcentować słowa, jaką emocję należy wyrazić — aby na końcu umiała połączyć wszystko w całość, którą wyśpiewa. Co ważne, *Hip nie może jednocześnie uczyć się i szkolić.*

Neo musi ćwiczyć na okrągło, żeby *cokolwiek* zaśpiewać porządnie. Jej zaletą jest to, że gdy już usłyszy i powtórzy daną pieśń wystarczającą liczbę razy, zapamiętuje ją i potrafi zaśpiewać bezbłędnie pełnym głosem. Co najlepsze, jej pamięć do utworów jest *niezmierzona*. Może zapamiętać wspomnienia z całego życia bez zastanawiania się, gdzie umieścić kolejne. Neo ma niepowtarzalny talent, który jest bardzo różny od podejścia „biorę *tylko* indeksy”, które reprezentuje Hip.

Co to wszystko ma zatem wspólnego z Tobą jako nauczycielem pracującym z uczniami w klasie?

Pomagamy Hipowi w klasie, robiąc małe przerwy w czasie zajęć

Metafora chóru, w którym śpiewają Hip i Neo, nasuwa ciekawe spostrzeżenie dotyczące tego, jak wartościowe mogą być krótkie „przerwy dla mózgu” w trakcie zajęć. W czasie tych przerw uczniowie mają szansę odpocząć nieco umysłowo. Dają one wyciszenie mentalne przy przejściu do kolejnego etapu. W tym czasie hipokamp może zacząć szeptać, powtarzając nowy materiał tak, by kora nowa mogła go przyswoić. Takie szepty pozwalają na wyczekiwane powtórki materiału i mogą rozpocząć powolny proces usuwania połączeń indeksujących z hipokampu¹³.

Jak długie powinny być owe przerwy dla mózgu? Nasze mózgi robią sobie przerwę na osiem godzin, gdy idziemy wieczorem spać: wówczas dochodzi do konsolidacji na globalną skalę[§]. Ale wiele przygotowań

[§] To w trakcie snu mózg „wyląca się”, co umożliwia dokonywanie napraw, odnawianie i reorganizację na większą skalę. Tworzenie nowych synaps i powiększanie innych wymaga syntezy białek i innych materiałów budulcowych. Wiąże się to z rozmaitymi reakcjami biochemicznymi, tworzącymi cytoszkielet oraz ogromne makromolekularne zespoły przy synapsach. Czy podczas odnawiania domu wołał(a)byś

do tego zadania czynionych jest podczas krótszych przerw w ciągu dnia. Wyniki pewnego badania naukowego wykazały, że piętnastominutowa przerwa z zamkniętymi oczami zaraz po sesji nauki dużo bardziej wpływa na wzmocnienie pamięci dotyczącej przyswajanego materiału niż w sytuacji przejścia do kolejnego zadania zaraz po takiej sesji¹⁴. No, ale piętnaście minut z zamkniętymi oczami to za dużo jak na warunki panujące w dzisiejszych salach lekcyjnych.

Na szczęście są również wyniki wskazujące, że choćby krótsze okresy przerwy mogą być pomocne w nauce. Nawet przerwa poniżej minuty może przyczynić się do lepszego zrozumienia materiału przez uczniów. Do czego przydaje się taka przerwa? Otóż daje ona neuronom szansę na konsolidację. Tak mówi o tym neurobiolog kognitywna Erin Wamsley:

Konsolidacja zachodzi zatem również podczas wielu krótszych momentów odpoczynku rozproszonych w ciągu dnia: pomiędzy różnymi aktywnościami i w ich trakcie. Badania pokazują, że nawet sekundowe przerwy w czasie sesji nauki inicjują zachowania pamięciowe, które powiązane są z późniejszymi wynikami podczas testów. A zatem „odpoczynek” w czasie dnia — zamiast być stratą czasu — może być wręcz bardzo istotnym, acz często niedocenianym elementem wpływającym na formowanie się pamięci długotrwałej w życiu codziennym¹⁵.

Przerwy dla mózgu mogą trwać nawet od dwudziestu do czterdziestu sekund: na przykład gdy uczniowie przerywają i rozmawiają ze sobą podczas pracy w grupie lub w momencie, gdy ćwiczenie jest już ukończone, a Ty skupiasz z powrotem uwagę klasy na tym, co chcesz powiedzieć. Oczywiście ćwiczenia w grupach same w sobie są również

się z niego wyprowadzić na ten czas, czy spróbował(a)byś mieszkać tam pośrodku całego zamieszania związanego z pracami budowlanymi?

pomocne nie tylko ze względu na ich aspekt społeczny, ale także dlatego, że często stają się ważną motywacją do przywoływania informacji. Dzieje się tak na przykład w sytuacji, gdy Twoja uczennica mówi pod nosem: „No to jak my to teraz mamy zrobić sami?”.

Można poznać, kiedy Twoja prezentacja materiału zbyt się przeciąga: wyczuwa się wtedy pewne narastające napięcie wymieszane z nudą emanującą z grupy. Dobrą praktyczną zasadą jest przyjęcie założenia, że okres skupionej uwagi u ucznia wylicza się w minutach, dodając do wieku uczniów jeden. A zatem siedmiolatek będzie w stanie skupić się na tym, co mówisz, przez osiem minut (dzieci w wieku przedszkolnym mogą być zdolne do pięciu minut uwagi) — potem zalecane jest zwolnienie tempa zajęć lub zaproponowanie krótkiej przerwy oraz zmniejszenie stopnia skomplikowania materiału.

Przerwa pozwalająca przejść do zadań grupowych jest również czymś wartościowym dla uczniów. Ważne jednak, by poziom skupienia wrócił do normy podczas wykonywania samych ćwiczeń. W tym celu warto przejść się po klasie i posłuchać tego, co mówią uczniowie, oraz wyjaśnić ewentualne wątpliwości. Niestety łatwo jest dać się skusić, wykorzystując czas pracy w grupach, na szybkie sprawdzenie e-maila czy też przygotowanie się do kolejnej części zajęć. Ale to właśnie w takich momentach uczniowie sami zaczynają szukać innych rzeczy do zrobienia i tracą zainteresowanie zadaniami. Przyznać też trzeba, że w sytuacji, gdy nauczyciel nie skupia się na uczniach, mogą oni podświadomie odebrać to tak, że i im w takim razie wolno zająć się czymś innym. Co gorsza, bez Twojego nadzoru uczniowie mogą przejść do następnego tematu niedouczeni.

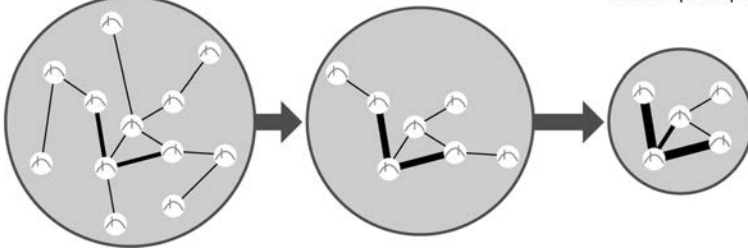
Podsumowując: jest chyba teraz oczywiste, że to właśnie sesje aktywnego przyswajania wiedzy mogą zapewnić tę potrzebną zmianę tonu zajęć, gdy uczniowie zarówno przywołują z pamięci wcześniej przyswojone informacje, jak i starają się opanować nowy materiał (pracując

NAUCZ SIĘ NAUCZANIA

Gdy uczniowie zaczynają przyswajać jakiś materiał, połączenia neuronalne w ich pamięci długotrwałej nie są uporządkowane, a sam układ nie jest najprostszymi z możliwych

Dokonuje się konsolidacja neuronów w pamięci długotrwałej. Rolą hipokampu jest pomoc w stworzeniu prostszego i bardziej funkcjonalnego ich układu

Dostęp do skonsolidowanych śladów pamięciowych w pamięci długotrwałej składanych w korze nowej jest możliwy bez udziału hipokampu



Proces konsolidacji: na samym początku nauki połączenia neuronalne są u uczniów słabe i niezbyt rozwinięte, co symbolizuje rysunek po lewej stronie. Ustabilizowanie się tych połączeń i ich wzmocnienie może zająć do kilku dni. Gdy mijają kolejne godziny, dni i miesiące procesu konsolidacji, połączenia wciąż zmieniają się i tworzą nowe układy. Sam proces jest prowadzony przez hipokamp, w którym umieszczony jest indeks**.

Zauważmy, że inicjalny zestaw połączeń (największy okrąg) przechodzi przez proces selekcji i ostatecznie zostaje zredukowany do zestawu zawierającego tylko najważniejsze elementy (najmniejszy okrąg). Po co więc nauczyciele przekazują te wszystkie dodatkowe informacje, które i tak nie znajdują się w pamięci ucznia, gdy zakończy się proces konsolidacji? Musimy jednak pamiętać, że to nie nauczyciele tworzą połączenia w głowach uczniów. Dokonać tego mogą tylko sami uczniowie, a nauczyciele mogą jedynie pomóc w realizacji tego przedsięwzięcia. Uczniowie, jak my wszyscy zresztą, nie działają w sposób bezbłędny. Nie uda im się umieścić wszystkiego w głowach w idealny sposób za pierwszym razem. Mylą się, nadinterpretują czy też po prostu uczą się w niezbyt optymalny sposób. Właśnie takie zachowania są odpowiedzialne za tworzenie się tych dodatkowych połączeń,

** Jak wspomnieliśmy, zadaniem hipokampu jest wzmocnianie jednych, a osłabianie innych połączeń związanych z pamięcią długotrwałą w korze nowej, co właśnie sprawia, że dochodzi do konsolidacji pamięci. (Ma to związek z *plastycznością zależną od czasu trwania skoku sygnału*, wspomnianą w końcowym przypisie 2. do rozdziału 1.). Fale sinusoidalne przechodzące przez punkty na naszym rysunku obrazującym konsolidację, z powiązаныmi liniami pionowymi, pokazują sposób, w jaki hipokamp komunikuje się z korą nową. Faza nadchodzącego skoku sygnału (moment w czasie, gdy pojawia się linia pionowa) określa, czy dane połączenie jest wzmocnione, czy osłabione. Duża część takich działań ma miejsce w czasie snu, gdy kolejne fale tzw. wrzećcion snu o częstotliwości od 10 Hz do 14 Hz podróżują po mózgu, przelewając się w taki sposób, by wzmocnić jedne połączenia, a osłabić inne (Muller i in., 2016).

które muszą zostać z czasem wyeliminowane, gdy w procesie konsolidacji uczniowie zaczynają lepiej rozumieć materiał, który starają się przyswoić.

Nasza pamięć z czasem przechodzi tak zwaną „semantyzację”. Oznacza to, że oryginalny kontekst danego śladu pamięciowego zostaje wymazany i pozostaje jedynie jego znaczenie. Możesz więc wiedzieć, że masz bransoletkę (wiedza semantyczna), ale nie pamiętaś okoliczności, w jakich u Ciebie się znalazła. Tego typu wspomnienia, które przeszły proces semantyzacji i są odarte z oryginalnego kontekstu danego zdarzenia, co pozostało jedynie samo znaczenie lub jakiś fakt w pamięci, są najczęściej głęboko zakorzenione w pamięci długotrwałej, znajdującej się w korze nowej.

indywidualnie lub w grupach). Innymi słowy, aktywne przyswajanie wiedzy zawiera w sobie również owe przerwy dla mózgu pozwalające uruchomić proces konsolidacji. I nie chodzi tu o wypełniacz w postaci „greckiej urny” czy powierzchowne potraktowanie ważnych tematów, takich jak wojna secesyjna czy prawa obywatelskie. Teraz chyba widać wyraźnie, dlaczego sesje aktywnego uczenia się, jeśli są przeprowadzone w odpowiedni sposób, mogą być tak skuteczne!

TERAZ TWOJA KOLEJ!

PRZYKŁADY KRÓTKICH SESJI ZAPEWNIAJĄCYCH UCZNIOM WYPOCZYNEK INTELEKTUALNY

Czas, jaki potrzebny jest uczniom na przejście między opisanymi poniżej zadaniami w grupach a pozostałymi zadaniami w czasie zajęć, pozwala na to, by ich hipokampy przekazały informacje dalej w procesie deklaratywnego przyswajania wiedzy. Praca w grupach również się do tego przyczynia, pozwalając uczniom na nieco mniej intensywne myślenie w luźniejszym kontekście. A to sprawia, że połączenia dotyczące danego wątku wzmacniają się. Ulegając presji, przechodzimy często zbyt szybko do kolejnego tematu, tracąc szansę na wykorzystanie strategii pozwalających Hipowi przekazać informację Neo. Mamy nadzieję, że znając już podstawy neurobiologiczne wyjaśniające skuteczność takiego podejścia, wpleciesz odpowiednie metody w swoje zajęcia.

- **Zastanów się, znajdź partnera, podziel się.** Uczniowie powinni zastanowić się chwilę nad jakimś tematem, a potem podzielić się swoimi przemyśleniami w parach. Momenty zastanowienia się przewidziane w ramach tego typu ćwiczeń pozwolą ich hipokampom rozpocząć proces przekazywania informacji. Szczególnie jeśli uczniowie zrobią sobie małą pauzę przed bardziej intensywną sesją analizy zadanego tematu.
- **Minuta podsumowania.** Poproś uczniów, by zapisali to, co zrozumieli z tematu.
- **Minuta zamieszania.** Poproś uczniów, by zapisali to, co zrozumieli najmniej.
- **Wzajemne nauczanie.** Niech uczniowie starają się „nauczyć” grupę lub partnera tematu, który został właśnie przedstawiony. Pamiętaj, by każdy z uczniów miał szansę być nauczycielem dla innych.
- **Krótkie scenki.** Na przykład uczniowie w szkole podstawowej mogą odegrać to, w jaki sposób Ziemia obraca się dookoła Słońca, lub zachowanie elektronów względem jądra atomowego.

Dobrze przeprowadzone ćwiczenia w grupach sprawiają, że nie jest konieczne wykorzystanie Hipa

Nauczyciele na całym świecie narzekają na to samo: ich uczniowie nie mogą zapamiętać materiału, którego uczono ich, powiedzmy, miesiąc czy nawet tydzień wstecz. Dlaczego tak się dzieje? Często ma to związek z owym powierzchownym zachowaniem ze strony Hipa-hipokampu.

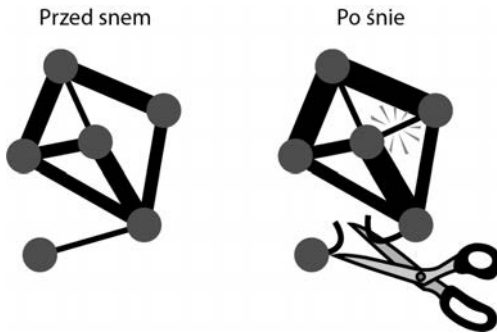
Jeżeli nie będzie często śpiewał swojej indeksującej pieśni do Neo, pokazując, które połączenia wzmocnić, a które osłabić, wówczas nowa informacja zacznie zanikać.

Nie będzie jednak czasu na ćwiczenia dla kory nowej w sytuacji, gdy uczniowie wciąż odkładają naukę na później — co określa się mianem prokrastynacji — i zasiadają do materiału dopiero na dzień przed egzaminem. (Więcej o prokrastynacji powiemy w kolejnym rozdziale). Szczególnie uczniowie-spacerowicze (wolniej uczący się) mogą czuć się przytłoczeni, gdy w rezultacie odkładania spraw na później ich przeładowana pamięć operacyjna stara się przyswoić nowy temat. Niewiele z tego materiału przedostaje się do hipokampu albo kory nowej. Nieco inna jest sytuacja uczniów-kierowców rajdowych. Ich hipokampy mogą udźwignąć napływ informacji indeksującej, co zapoczątkuje proces tworzenia się połączeń w korze nowej, więc odkładanie spraw na potem nie jest w tym sensie aż takim obciążeniem. Takie podejście pozwoli im poradzić sobie ze sprawdzianem na drugi dzień, ale tego typu, tylko pozornie, skuteczne „zakuwanie” związane jest z dwoma podstawowymi problemami. Po pierwsze, jeśli owe słabo dostępne informacje w korze nowej nie będą wzmocniane przez kolejne dni, dojdzie do zaniku powiązanej informacji indeksującej w hipokampie, a w konsekwencji do zaniku śladów w korze nowej. Ten proces będzie miał miejsce u wszystkich, niezależnie, czy uczą się w tempie spacerowicza, czy wyścigówki.

Drugi problem jest być może jeszcze gorszy. Badania wskazują, że w trakcie snu uwalniają się w mózgu specyficzne związki chemiczne (inne niż podczas dnia) i dochodzi do zmiany poziomu aktywności, co działa jak pewnego rodzaju utrwalacz dla nowo powstałych połączeń w pamięci długotrwałej¹⁶. Noc zakuwania pozostawiająca niewiele czasu na sen może sprawić, że nawet jeśli jakaś informacja zaczęła przenikać do kory nowej, nie utrzyma się tam za długo.

Zadaniem nauczyciela jest stworzyć jak najlepsze warunki do tego, by uczniowie mieli szansę wytworzyć mocne połączenia w korze nowej i nie musieli polegać na krótkotrwałych połączeniach indeksujących w hipokampie.

Jak tego dokonać? Utrzymanie uczniów na dobrej drodze będzie łatwiejsze, gdy wprowadzi się niewielkiej wagi sprawdziany, zadania domowe czy ćwiczenia — czyli tak zwane ocenianie kształtujące — do częstej praktyki w trakcie zajęć.



Podczas snu tworzą się nowe synapsy (połączenia) między neuronami. Jedne połączenia są wzmacniane, a inne osłabiane. Niektóre są eliminowane zupełnie, co pokazuje rysunek z nożyczkami odcinającymi połączenie¹⁷. Jak się zapewne domyślasz, sen pomaga w procesie konsolidacji i jest jego ważną częścią.

Tego typu sprawdziany wspomagają przywołanie informacji związanych z nowo poznanym materiałem¹⁸. A wyniki wielu badań naukowych jednoznacznie pokazują, że przywoływanie informacji przyspiesza konsolidację połączeń, sprawiając, że pomoc hipokampu nie jest już konieczna. Uczniowie, aby opanować trudny materiał, powinni przez wiele sesji uczestniczyć w ćwiczeniach wymagających aktywnego przyswajania wiedzy, gdyż to pomoże wytworzyć połączenia w pamięci długotrwałej i następnie je wzmocnić. Poza tym, jak zobaczymy w rozdziale 6., ćwiczenia wspomagają proces uczenia się również w inny

sposób. Wykonywanie ćwiczeń umożliwia przyswajanie wiedzy przy wykorzystaniu układu proceduralnego, którego działanie jest bardzo skuteczne.

Oto co piszą na ten temat Pooja Agarwal i Patrice Bain w książce *Powerful Teaching*:

Nauczyciele najczęściej skupiają się na tym, by dana informacja dostała się do głów uczniów. Natomiast jednym z najlepiej potwierdzonych wniosków z badań kognitywnych w tym zakresie jest to, jak ważny jest proces odwrotny: wydostawanie informacji z głów uczniów. Bazując na wynikach badań rozciągających się na cały wiek, możemy powiedzieć, co następuje. Jeśli chcemy ulepszyć sposób nauczania, powinniśmy skupić się na wydostawaniu informacji... na ćwiczeniu przywoływania wiedzy. Warto wspomnieć, że badania wskazują, iż przywoływanie wiedzy jest metodą bardziej skuteczną niż inne metody, które są często wykorzystywane przez nauczycieli i uczniów, takie jak wykład, powtórne czytanie czy notowanie¹⁹.

Dobrze zaplanowane sesje aktywnego uczenia się zawierają w sobie elementy przywoływania wiedzy. Sprawiają, że uczniowie muszą się zastanowić, i wymuszają sprawdzenie, czy połączenia w pamięci długotrwałej, ulokowanej w korze nowej, zaczęły się już tworzyć. Im więcej z tego, co poznali uczniowie, uda im się zatrzymać w korze nowej bez konieczności dalszego wykorzystania hipokampu, tym bardziej będą w stanie naprawdę opanować materiał. Oznacza to też, że ich hipokamp może być oczyszczony z połączeń i jest gotowy pomóc w przyswojeniu nowego materiału, co jest kolejną dobrą wiadomością!

Ale jest to dobra wiadomość *tylko*, jeśli uczniom uda się zachować na stałe owe istotne informacje, które tam były przechowywane.

Natalie Wexler, dziennikarka zajmująca się problemem edukacji, podkreśla, że „w standardowych programach nauczania czytania i pisania skupia się głównie na powierzchownie działających sprawdzianach kompetencji — na przykład na odnajdowaniu głównego tematu — niż na samej treści. Jeśli każemy uczniom czwartej klasy zapamiętać, co znaczy słowo »konkluzja«, nie wynika z tego jeszcze, że będą umieli wyjaśnić to pojęcie czy też wyciągać konkluzje samemu”²⁰.

To właśnie zadań z przywoływania wiedzy brakowało uczniom takim jak Katina czy Jared podczas samodzielnej nauki. Oczywiście, zakładając, że zajęcia, w których uczestniczyli, zawierały w sobie treści bardziej zaawansowane niż te związane ze stworzeniem „greckich urn”. Niemniej nie pracowali oni *aktywnie* z materiałem, starając się wyciągnąć informacje z głowy. Zamiast tego po prostu kopiowali to, co widzieli, lub patrzyli na rozwiązania i wydawało im się, że to wystarczy, by dobrze opanować materiał.

A to właśnie *aktywna* praca z materiałem — mająca miejsce wtedy, gdy uczeń stara się *zapamiętać* główne pojęcia lub podejmuje próby rozwiązania trudnego zadania krok po kroku *bez* patrzenia na rozwiązanie — pomaga kolcom dendrytycznym rosnąć, tworzyć i rozwijać połączenia z aksonami^{††}. Ćwiczenie tego samego tematu w różnych kontekstach pozwala nie tylko wzmocnić połączenia neuronalne, ale także umożliwia ich rozrost w stronę innych zestawów neuronów.

^{††} Aktywne przypominanie najważniejszych idei pozwala również rozróżnić między tymi konkretnymi ideami a innymi powiązаныmi z nimi wspomnieniami. W kwestii wzmocnienia połączeń długoterminowych chodzi właśnie o *aktywne przypominanie*, a nie tylko o uczenie się materiału na nowo. Jak zauważono w publikacji Antony i in., 2017: „W związku z tym, że uczenie się materiału na nowo sprawia, że mniejsza liczba powiązanych wspomnień zostaje pobudzona, nie wpływa to na kształtowanie hipokampalnego i neokortykalnego krajobrazu pamięciowego w takim samym stopniu jak aktywne przypominanie”.

TERAZ TWOJA KOLEJ!

BŁYSKAWICA

— — — — —

Metoda ta pomaga Hipowi i Neo uporządkować i zapamiętać najważniejsze informacje. Aby wykonać sesję błyskawicy w czasie zajęć:

1. Zadaj uczniom pytanie otwarte — tak dobrane, by możliwe były rozmaite odpowiedzi i reakcje. Ważne też, by pytanie wymagało więcej wysiłku niż tylko podanie odpowiedzi tak/nie lub prostej odpowiedzi jednofrazowej. (Uczniowie szybko stracą zainteresowanie, jeśli wszyscy będą odpowiadali tak samo).
2. Daj uczniom minutę na przygotowanie odpowiedzi; mogą ją zapisać, jeśli chcą. Upewnij się, że wszyscy odpowiedzieli i są gotowi (przez pokazanie na przykład kciuka w górze). W czasie zajęć online uczniowie mogą na przykład włączyć mikrofony, wskazując gotowość do odpowiedzi.
3. Poproś pierwszego ucznia o odpowiedź, co rozpocznie sesję błyskawicznych odpowiedzi reszty klasy, jedna odpowiedź po drugiej. Powinno to odbywać się zgodnie z jakimś porządkiem (na przykład ławka po ławce lub w przypadku zajęć online według listy, którą możesz podzielić się z klasą za pomocą Google Docs). Najważniejsze, by nikt — nawet Ty — nie przerwał serii odpowiedzi, komentując coś z boku.

W klasie składającej się z około trzydziestu uczniów sesja błyskawicy powinna zająć mniej niż cztery minuty. Nasze doświadczenie pokazuje, że dzielenie się krótkimi opiniami jest pozytywnie oceniane przez uczniów i pozwala im wystąpić przed rówieśnikami bez dodatkowego stresu. Taka sesja nie przewiduje pauz na poprawki. Jeśli pytanie, które zostało zadane, ma, obiektywnie rzecz biorąc, dobrą lub złą odpowiedź, po każdej

odpowiedzi przekaż komentarz na ten temat niewerbalnie (na przykład przez podniesienie kciuka lub skierowanie go w dół). Omówienie błędów następuje dopiero, gdy wszyscy już się wypowiedzieli. Sesje błyskawicy pomagają w uczeniu się i są narzędziem pozwalającym ocenić, czy wszyscy uczniowie opanowali temat. Można je jeszcze bardziej urozmaicić przez zakazanie uczniom „jazdy na gapę”, czyli wykorzystywania odpowiedzi, które już padły. Jeśli już muszą coś powtórzyć, powinni zrobić to, dodając coś od siebie lub podając alternatywne wyjaśnienie.

Przykładowe pytania:

- W jaki sposób wykorzystywana jest w praktyce informacja o kątach i liniach równoległych?
- Wymień jakąś kość wchodzącą w skład ludzkiego układu kostnego, podaj jej opis (płaska, długa, krótka, nieregularna, trzeczka) i — na dodatkowym poziomie trudności — powiedz, jaką funkcję pełni.
- Wymień przedmiot, który można znaleźć w domu, i podaj, w jakim pomieszczeniu może on być. (To pytanie działa bardzo dobrze w przypadku najmłodszych uczniów oraz osób uczących się języka obcego).
- W jaki sposób organizmy zmieniały się w czasie?
- Podaj przykład tropu literackiego (personifikacja, porównanie, metafora, onomatopeja, hiperbola) i opisz, w jaki sposób użyto go w tekście.
- Jak ukształtowanie terenu wpłynęło na kolonialny rozwój Ameryki?

Sprzeczności dobrego nauczania

Jak można zauważyć, wymagania wobec pedagogów ze strony Hipokampa są ze sobą pozornie sprzeczne.

1. **Niech umysł pracuje.** Aby wzmocnić połączenia w korze nowej, uczniowie powinni wykorzystywać metody przywoływania wiedzy. Jest to intensywny i wymagający proces.
2. **Niech umysł odpocznie.** Aby hipokamp mógł w pełni przekazać informacje do kory nowej, uczniowie nie powinni angażować się w intensywną pracę umysłową.

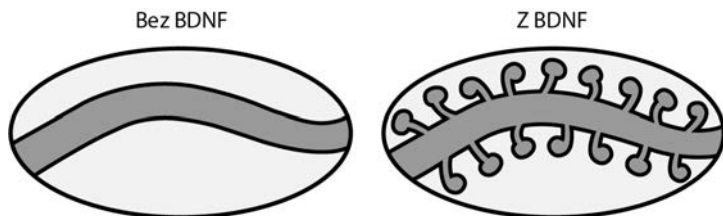
A zatem która z tych opcji jest właściwa? Trzeba się wyluzować czy wysilać intelektualnie?

Oczywiście obie! Aby to sobie uświadomić, warto pomyśleć o nauczaniu jako o pewnej formie treningu. Profesjonalni sportowcy rozwijają swoje umiejętności, łącząc wymagający trening z relaksem i odnową. Jest to zasada rządząca tak zwanym treningiem interwałowym, gdzie w ramach sesji treningowej interwały bardzo intensywnego wysiłku przeplatane są mniej intensywnymi ćwiczeniami. (Mięśnie i neurony tworzą tkanki, które reagują na stymulację, więc porównania między nimi są uzasadnione. Czasami mówi się o tym podejściu w niezbyt ładny sposób jako o teorii działania mózgu „dla mięśniaków”). Warto spojrzeć na uczniów jako na „umysłowych sportowców”: widzimy wówczas, że i oni powinni być poddani podobnemu rodzajowi treningu, w którym przeplatają się sesje intensywnego wysiłku mentalnego i odpoczynku.

Istotna rola ćwiczeń fizycznych

Skoro już poruszyliśmy wątek ćwiczeń fizycznych, wykorzystajmy go do podkreślenia roli, jaką odgrywają one w przyswajaniu wiedzy. Ćwiczenia fizyczne sprawiają, że w mózgu wytwarza się rodzaj intelektualnego nawozu — substancja określana jako BDNF (ang. *brain-derived neurotrophic factor*, neurotroficzny czynnik pochodzenia mózgowego). BDNF pomaga wyrosnąć nowym kolcom dendrytycznym — a gdy takie kolce już się pojawiają, połączenia neuronalne są dużo łatwiejsze. (To tak jakby mieć trochę przędzy na boku gotowej do utkania w jakąś tkaninę). Wystarczy jedna sesja treningowa, aby w mózgach uczniów wytworzył się BDNF, ale regularne ćwiczenia fizyczne sprawiają, że jest go dużo więcej²¹.

Ćwiczenia fizyczne pomagają też w procesie neurogenezy, czyli tworzenia się nowych neuronów. Odgrywa to istotną rolę w uczeniu się nowego materiału, a także pomaga poprawić nastrój²². Ćwiczenia fizyczne pozwalają też uczniom radzić sobie lepiej ze stresem i jego wpływem na przyswajanie wiedzy. Aby ten pozytywny wpływ ćwiczeń był dostrzegalny, potrzeba co najmniej jednej godziny dziennie ćwiczeń o średniej lub dużej intensywności²³. Widać teraz wyraźnie, że przekazanie większej ilości wiedzy kosztem przerwy w zajęciach to zły pomysł. Wbrew pozorom ćwiczenia pomagają uczniom skoncentrować się na zadaniach i pozwalają im uczyć się skuteczniej w trakcie zajęć. Sprawiają też, że uczniowie czują się po prostu lepiej.



Sen wzmacnia istniejące już połączenia, natomiast ćwiczenia fizyczne są związane z wytwarzaniem substancji zwanej BDNF, która wspiera powstawanie nowych kolców dendrytycznych. Innymi słowy, aktywność fizyczna sprawia, że neurony mogą wytwarzać struktury, które pomagają im w łączeniu się z innymi neuronami. To właśnie dlatego uprawianie sportu ma taki dobroczynny wpływ na proces przyswajania wiedzy²⁴.

Jak dużo sesji aktywnego przyswajania wiedzy potrzeba?

Prawda jest taka, że badania nie wskazują jednoznacznie, ile procentowo czasu uczniowie powinni poświęcić na aktywne przyswajanie wiedzy w porównaniu ze słuchaniem wykładu czy obserwowaniem demonstracji. Optymalny czas zależy od wieku ucznia, rodzaju przyswajanego materiału, poziomu wcześniejszego zaznajomienia z materiałem i wielu innych czynników.

Na początku tego rozdziału wspomnieliśmy o wynikach rozległej metaanalizy pokazującej, że na zajęciach, gdzie przeprowadzano sesje aktywnego przyswajania wiedzy, uczniowie radzili sobie dużo lepiej niż ci uczestniczący w tradycyjnych zajęciach, na których królowała metoda „omów i zapisz”. Oto jednak coś bardzo istotnego: czas poświęcony na aktywną naukę różnił się między badanymi zajęciami i zajmował od 10 do 100 procent całości — badacze nie zmierzili tego dokładnie!²⁵

Innymi słowy, ów artykuł można by równie dobrze zatytułować „Dodaj do swoich zajęć kilka przerywników poświęconych aktywnej

nauce, a Twoi uczniowie poprawią wyniki”. Konkluzja ta jest bardzo ważna: co istotne, jest ona również mocno poparta badaniami neurobiologicznymi. A zatem warto wziąć ją pod uwagę, planując zajęcia.

Zastanów się nad swoim stylem nauczania:

Zastanów się — znajdź partnera — podziel się

Sytuacja

Choć w zasadzie możemy wybrać dowolny temat, załóżmy jednak, że prowadzisz zajęcia o tym, w jaki sposób ludzie mogą zaburzyć naturalne cykle występujące w środowisku. Zaczynasz od zaznaczenia, że nasza planeta jest zamkniętym systemem. Nie będzie na niej więcej wody, węgla, azotu ani innych pierwiastków poza tymi, które już tu są. Prawo zachowania masy mówi, że materia — w tym przypadku zasoby Ziemi^{††} — nie może być stworzona ani zniszczona, może jedynie zmienić formę.

Jako ktoś z nosem do nauczania, zdajesz sobie sprawę, że należy wykorzystać wiedzę kontekstową uczniów. Chcesz też wykorzystać metody aktywnego przyswajania wiedzy, by wspomóc tworzenie i wzmacnianie połączeń neuronalnych. Zaczynasz od zadania następującego pytania otwartego:

Zasoby słodkiej wody — którą wykorzystujemy do picia, gotowania, i upraw — stanowią mniej niż 1 procent zasobów całości. Dlaczego zatem nie wyczerpaliśmy do tej pory wszystkich zasobów słodkowodnych?

Ręce od razu szybują w górę. Gdy wskazujesz Jennę, nie może ona nagle znaleźć odpowiedzi. Ray rzuca żartem i cała klasa zaczyna się śmiać. Boisz się, że sprawy nie potoczą się zgodnie z planem, więc by uratować sytuację, sam odpowiadasz na pytanie. „Matka natura — mówisz — to mistrzyni recyklingu, a jednym

^{††} Oczywiście nie biorąc pod uwagę pyłu kosmicznego i meteorytów.

z najlepszych przykładów jest tu obieg wody na Ziemi”. Mówisz dalej, opisując cztery główne fazy: opad, parowanie, transpirację i kondensację. Odwróciwszy się od tablicy, spotykasz zamglone spojrzenia swoich uczniów. Słuchają, ale niewiele do nich dociera.

Co można było zrobić inaczej?

Co zrobić z uczniami

Ratunkiem jest metoda określana czasem jako „zastanów się — znajdź partnera — podziel się”²⁶, opracowana w 1981 roku przez Franka Lymana, profesora uniwersytetu w Maryland.

W skrócie mówiąc, jest to metoda wykorzystująca współpracę między uczniami. Pracują oni w parach lub niewielkich grupach, starając się odpowiedzieć na zadane pytanie lub rozwiązać problem. Nauczyciel zadaje pytanie otwarte i pozwala uczniom *zastanowić się* przez chwilę nad odpowiedzią. Na tym etapie uczniowie sprawdzają swoje notatki i porządkują myśli. Dodatkowo można poprosić uczniów, by zapisali swoje przemyślenia, co sprawi, że poważniej podejną do całego zadania. Taką wersję tego ćwiczenia można wówczas określić jako *zastanów się — zapisz — znajdź partnera — podziel się*. W kolejnym etapie uczniowie *znajdują partnera* (lub partnerów) i w ramach takiej małej grupy *dzielą się* swoimi przemyśleniami. Na podstawie tego grupa opracowuje najlepszą wspólną odpowiedź, którą *dzieli się* z resztą klasy. Jeśli nauka odbywa się w sposób tradycyjny, uczniowie łatwo znajdą parę wśród rówieśników naokoło, rozglądając się po sali. Nie jest też jednak problemem dobrać uczniom partnerów podczas zajęć online. Kilka kliknięć wystarczy, by umieścić grupy w oddzielnych pokojach.

Znając podstawy neurobiologii, możemy teraz lepiej docenić rolę etapu pierwszego, w którym uczniowie zastanawiają się nad odpowiedzią. Mają okazję nie tylko przemyśleć to, co im przedstawiono wcześniej. W związku z tym, że ów etap daje szansę na wspomnianą „przerwę dla mózgu”, hipokampy uczniów mogą rozpocząć przekazywanie informacji, co skutkuje lepszym zrozumieniem materiału. Dobrym pomysłem może być

również ustalenie konkretnego czasu na wykonanie zadania w tym etapie. Gdy czas minie, uczniowie przechodzą do kolejnych kroków^{§§}.

Etap dzielenia się swoimi przemyśleniami z partnerem jest ważny z dwóch powodów. Po pierwsze, uczniowie uczą się od siebie nawzajem — zyskując inny punkt widzenia, pokonują trudności i uczą się ujmować swoje myśli w słowa. Po drugie, budują pewność siebie, dzieląc się odpowiedzią z większą grupą i ewentualnie szukając pomocy. (Prośzenie o pomoc, nawet gdy inni tego nie słyszą, może być dla wielu uczniów trudnym zadaniem. Nie jest to przecież łatwe nawet dla dorosłych!) Aby im w tym pomóc, przyglądaj się pracy w grupach (a jeśli prowadzisz zajęcia online, przechodź z pokoju do pokoju) i od czasu do czasu upewnij się, że sprawy idą w dobrym kierunku. Aby ułatwić dzielenie się odpowiedziami z całą klasą, poproś grupę, której odpowiedź wydaje się prawidłowa, czy nie chciałaby podzielić się nią z wszystkimi. Dobrym pomysłem może być wybranie do tego zadania najbardziej nieśmiałej osoby, która raczej nie zgłosiłaby się sama. Jednakże w sytuacji, gdy otrzymała zaproszenie od Ciebie i wie, że jej odpowiedź jest poprawna, pomoże to zbudować jej pewność siebie.

Czasami warto też poprosić uczniów, których odpowiedzi zawierają drobne błędy, o podzielenie się odpowiedziami z klasą²⁷. Wspólne poprawianie błędów umożliwia Ci przedstawienie uczniom sposobów radzenia sobie z problemami i daje im szansę nabrania odrobiny dystansu i oceny własnych analiz. Co ważniejsze, dopuszczenie odpowiedzi z błędami pozwoli Ci pokazać uczniom, że ich popełnianie nie jest czymś strasznym i że na Twoich zajęciach

^{§§} Wariantem tej metody, często używanym w nauczaniu języków, jest podejście, które można nazwać „zastanów się — znajdź partnera do kwadratu — podziel się”. Zastosowanie jej może pomóc w sytuacji, gdy jedna z osób nie ma zbyt wiele do powiedzenia. W większej grupie, składającej się z czterech osób (tworzących „kwadrat”), często znajdziemy większe zróżnicowanie w kwestii typu, rodzaju i ilości używanych fraz w danym języku.

panuje atmosfera akceptacji — podchodzi się z sympatią do sytuacji, gdy ktoś się pomyli.

Podczas analizy odpowiedzi z błędami bardzo ważne jest zadawanie uczniom pytań o ich przemyślenia i powstrzymanie się od natychmiastowej poprawy błędu. Te ciche chwile, zanim usłyszysz jakąś odpowiedź, mogą się ciągnąć w nieskończoność, ale to właśnie w takich momentach dochodzi do prawdziwych przełomów w przyswajaniu wiedzy.

Czego unikać

Oprzyj się pokusie, by usiąść i sprawdzić e-maile czy przygotować następne tematy w czasie, gdy uczniowie dzielą się odpowiedziami. Pozostając między nimi, nie tylko upewnisz się, że nie zbaczają z kursu, ale również nawiądziesz głębsze relacje, pokazując w ten sposób, że naprawdę interesuje Cię to, czy zrozumieli dany temat.

Uogólniając zasady

Metoda „zastanów się — znajdź partnera — podziel się” może być wykorzystana przy rozwiązywaniu dowolnego zadania, które sprawi, że uczniowie muszą się zastanowić. Używa się jej w różnych kontekstach tematycznych — od przedmiotów humanistycznych, poprzez nauki społeczne, aż do przedmiotów ścisłych.

Nie wiesz, jak zacząć? Poniżej przedstawiamy przykładowe zdania, których możesz użyć.

- Wyjaśnij _____ w taki sposób, by Twoje młodsze rodzeństwo lub kolega zrozumieli, o co chodzi.
- W ciągu minuty wymyśl jak najwięcej przykładów na _____ lub sposobów robienia _____.
- Zastanów się, co może pójść nie tak w przypadku gdy _____.
- Opisz jednym słowem głównego bohatera jakiejś opowieści. Jakie określenia czy działania tej postaci w opowieści uzasadniają użycie tego właśnie słowa?

Najważniejsze kwestie poruszane w tym rozdziale

- Aktywne przyswajanie wiedzy często definiuje się jako zachęcające uczniów do nauki poprzez działanie oraz dyskusje na dany temat. W ramach takich zadań uczniowie, zamiast biernie przysłuchiwać się wyjaśnieniom, sami starają się przywołać informacje, które wcześniej zostały im przekazane. Warto wspomnieć, że w aktywnym przyswajaniu wiedzy ważne jest myślenie abstrakcyjne. Często też wykorzystuje się pracę z partnerem lub w grupach.
- Z neurobiologicznego punktu widzenia aktywne przyswajanie wiedzy wspiera tworzenie i konsolidację połączeń neuronalnych w pamięci długotrwałej, co jest niezbędnym warunkiem do przyswojenia zarówno najbardziej podstawowych pojęć, jak i tych bardziej abstrakcyjnych. Należy ono do fazy łączenia opisanego wyżej procesu uczenia i łączenia. Pamiętajmy, że nie każde przyswajanie wiedzy ma aktywny charakter.
- Pamięć operacyjna wykorzystuje deklaratywny układ przyswajania wiedzy do przekazywania informacji do hipokampu (informacja indeksująca) oraz do kory nowej (przechowywanie informacji w pamięci długotrwałej).
- Gdy hipokamp nie jest zajęty przyjmowaniem informacji z pamięci operacyjnej, może rozpocząć proces wzmocnienia informacji składowanych w korze nowej. Robi to, powtarzając, które z połączeń należy wzmocnić, a które osłabić.

- Przerwy dla mózgu pojawiają się w naturalny sposób w sytuacji, gdy uczniowie przechodzą do zadań grupowych, takich jak zadania związane z metodą „zastanów się — znajdź partnera — podziel się” lub gdy sami w luźniejszy sposób zastanawiają się nad danym tematem. Tak samo jak w sporcie, gdzie należy łączyć wymagające sesje treningowe z odpoczynkiem, również w procesie przyswajania wiedzy trzeba przeplatać wysiłek mentalny z odpoczynkiem.
- Zadaniem nauczycieli jest zrobić wszystko, by uczniowie zaangażowali się w ćwiczenia pozwalające na przywołanie wiedzy. Przyspiesza to konsolidację połączeń w korze nowej. Oprócz tego przywoływanie wiedzy pozwala pamięci operacyjnej na bardziej bezpośredni dostęp do informacji przechowywanej w pamięci długotrwałej, bez potrzeby angażowania hipokampu.

PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —



1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA
Helion 

Chcesz dobrze uczyć? Zrozum, jak działa mózg Twojego ucznia!



Nauczanie bywa traktowane jak powołanie. Młodzi nauczyciele rozpoczynają pracę w szkole z myślą, że zmieniają świat na lepsze. Szybko się okazuje, że mimo ogromnego poświęcenia i wielkiego wysiłku pożądane sukcesy nie przychodzą. Większość nauczycieli chce wykonywać swoją pracę jak najlepiej, często jednak powielają stare schematy i uczą tak, jak sami byli uczeni, albo tak, jak im się wydaje, że należy uczyć. Niestety, te sposoby często nie zaspokajają potrzeb edukacyjnych współczesnych uczniów.

Dzięki badaniom neurobiologów i psychologów poznawczych dziś dużo lepiej rozumiemy, jak działa mózg, gdy się uczymy. **Ta książka została napisana z myślą o osobach, które chcą efektywnie uczyć, stosując osiągnięcia neurobiologii w praktyce.** Dokładnie omówiono tu procesy zachodzące podczas zapamiętywania i czynniki, które mają największy wpływ na to, by było ono skuteczne. Przedstawiono techniki umożliwiające przywoływanie wiedzy u uczniów, a także przedyskutowano, w jaki sposób nauczyciel może pomóc uczniom w szybszym utrwalaniu koncepcji w pamięci długotrwałej, aby mogli myśleć i działać bardziej kreatywnie. Materiał zawarty w poradniku został zaprezentowany w sposób zrozumiały i atrakcyjny, dzięki czemu jest łatwo przyswajalny nawet dla osób nieobeznanych z działaniem mózgu!

Dowiedz się, jak:

- stosować w nauczaniu wiedzę o procesach zachodzących w mózgu
- rozróżnić przyswajanie wiedzy deklaratywnej i proceduralnej
- pomagać uczniom w trwałym zapamiętywaniu materiału
- radzić sobie z prokrastynacją uczniów i budować dobre nawyki
- sprawić, aby klasa stała się dobrze funkcjonującą grupą
- utrzymać motywację uczniów, również podczas zajęć online



Dr inż. Barbara Oakley zajmuje się neurobiologią praktyczną, pracuje w Oakland University. Jest laureatką wielu nagród i wyróżnień.

Dr Beth Rogowsky jest adiunktem w Bloomsburg University of Pennsylvania, gdzie prowadzi kursy metodyki nauczania.



Dr Terrence Sejnowski pracuje w Howard Hughes Medical Institute. Jest redaktorem naczelnym magazynu „Neural Computation” (MIT Press).

sensus



ebook dostępny na:
ebookpoint

ISBN 978-83-283-9443-8



9 788328 394438

cena 69,00 zł



tarcher
perige