**Indice generale**

[Introduzione 2](#__RefHeading___Toc259_3080710505)

[L’utente 2](#__RefHeading___Toc261_3080710505)

[La scuola 2](#__RefHeading___Toc263_3080710505)

[La comunicazione nelle persone con sindrome di Down 3](#__RefHeading___Toc265_3080710505)

[Abilitazione e preservazione 7](#__RefHeading___Toc267_3080710505)

[Gli interventi terapeutici in età adulta 8](#__RefHeading___Toc269_3080710505)

[La ricerca 9](#__RefHeading___Toc271_3080710505)

[La musica e l’educazione inclusiva 10](#__RefHeading___Toc273_3080710505)

[L’idea 11](#__RefHeading___Toc275_3080710505)

[Dinamica interazionale proposta 11](#__RefHeading___Toc277_3080710505)

[Prima fase: associazione e memorizzazione delle parole 11](#__RefHeading___Toc279_3080710505)

[Seconda fase: esecuzione di canzoni generate dall'IA 12](#__RefHeading___Toc281_3080710505)

[Il confronto con le app esistenti 12](#__RefHeading___Toc283_3080710505)

[Sfide tecnologiche 12](#__RefHeading___Toc285_3080710505)

[Creazione di brani 13](#__RefHeading___Toc287_3080710505)

[Correzione del testo ripetuto dall’utente 13](#__RefHeading___Toc447_3677433886)

[Riconoscimento dell’umore 14](#__RefHeading___Toc449_3677433886)

[Ricerca di testo legato ad un soggetto e ricerca di brano legato a particolari parole o immagini legate alle parole 14](#__RefHeading___Toc451_3677433886)

[Multiplatform 14](#__RefHeading___Toc453_3677433886)

[Spikes 14](#__RefHeading___Toc541_3497768401)

[Possibile architettura scelta da chagpt 15](#__RefHeading___Toc579_3372680358)

[Uso di librerie python 15](#__RefHeading___Toc581_3372680358)

[Magenta 16](#Copia___RefHeading___Toc289_3080710505_1)

[Requisiti 16](#__RefHeading___Toc291_3080710505)

[Bibliografia 17](#__RefHeading___Toc293_3080710505)

# Introduzione

Il progresso tecnologico ha aperto nuove opportunità per migliorare la vita delle persone con disabilità, offrendo strumenti in grado di supportare l’autonomia, la comunicazione e la gestione delle attività quotidiane. L’obiettivo di questa tesi è la ricerca e lo sviluppo di un applicativo software rivolto a persone con disabilità, con particolare riferimento a quelle affette da sindrome di Down, allo scopo di rispondere alle loro esigenze specifiche e contribuire al miglioramento della qualità della vita.

L’applicativo si prefigge di facilitare la vita quotidiana delle persone con disabilità, incrementando la loro autonomia, migliorando le loro capacità di comunicazione e riducendo il carico di lavoro per i caregiver. Si prevede che l’utilizzo di una tecnologia accessibile e adattabile possa favorire l’inclusione sociale e l’autodeterminazione degli utenti.

La ricerca contribuirà allo sviluppo di strumenti tecnologici innovativi e inclusivi, con un forte impatto sociale. L’applicativo proposto mira a colmare le lacune esistenti nelle soluzioni tecnologiche per le persone con disabilità, promuovendo un accesso equo e facilitando una maggiore partecipazione degli individui disabili nella società.

# L’utente

La sindrome di Down è una malattia genetica nella quale una persona possiede una copia supplementare di un cromosoma chiamato cromosoma 21. Questo cromosoma supplementare causa molti problemi di salute.

Il quadro clinico delle persone affette da Sindrome di Down presenta alcuni elementi ricorrenti, quali:

* **deficit intellettivo** di grado variabile
* sviluppo motorio ritardato
* problemi di salute
* problemi di comunicazione e liguaggio
* problematiche sociali e comportamentali
* invecchiamento precoce e declino cognitivo
* benessere emotivo (spesso depressione)

# La scuola

La normativa italiana dal 2009 ha surclassato il termine di integrazione e ha introdotto il termine di inclusione nelle scuole italiane. Per integrazione si intende che la scuola deve accogliere l’alunno rimodellando il suo approccio didattico e valorizzando la diversità che diventa risorsa per il gruppo.

Nelle leggi che si stanno facendo negli ultimi anni si vuole porre l’enfasi sull’autonomia scolastica nello scegliere programmi scolastici e questo presuppone anche che la programmazione educativa può comprendere attività scolastiche integrative organizzate per gruppi di alunni allo scopo di realizzare interventi individualizzati in relazione alle esigenze dei singoli alunni.

Con questi presupposti si evidenziano le esigenze di nuovi approcci didattici e nuovi strumenti di supporto per l’attività didattica. In particolare l’insegnante di sostegno dovrà prendersi carico di più responsabilità e non lasciare l’alunno con difficoltà a meri compiti marginali per non disturbare lo svolgimento del programma didattico standard ma dovrà anche proporre attività che coinvolgano gruppi di persone della classe o anche interclasse per riuscire a creare da un lato sviluppare nelle persone normodotate tatto ed empatia, soft skills apprezzate in qualunque ambiente lavorativo, e dall’altro stimolare nelle persone in difficoltà competenze di socializzazione, motorie e cognitive.

I principali problemi da risolvere in classi dove ci sono persone disabili sono:

* accettazione dell’alunno portatore di disabilità
* superamento delle resistenze psicologiche (stereotipi e pregiudizi)

Diventare insegnanti di sostegno dovrebbe essere dal mio punto di vista un percorso più complesso per preparare meglio lo stesso docente. Attualmente in Italia prevede semplicemente una specializzazione dopo la tua laurea specialistica da 60 cfu chiamata TFA. In Polonia, invece, il percorso per diventare insegnante di sostegno è strutturato e prevede una formazione specifica per fornire il supporto necessario agli studenti con difficoltà di apprendimento, disabilità intellettive, fisiche o disturbi dello sviluppo, come la sindrome di Down o l’autismo. Ecco come funziona il percorso per diventare insegnante di sostegno in Polonia:

1. Formazione accademica: 5 anni di studi universitari per conseguire una laurea in pedagogia speciale o educazione inclusiva. Durante questi studi si possono prendere diverse specializzazioni per andare a trattare le diverse problematiche della disabilità
2. Tirocinio: durante gli anni universitari si conseguono delle esperienze pratiche ad integrazione del percorso teorico
3. Esame finale: bisogna conseguire un’abilitazione all’insegnamento in cui ti mettono alla prova per identificare non solo i migliori insegnanti ma le persone con maggiore empatia e attitudine nello svolgere queste professioni delicate.
4. Formazione continua dopo gli studi. Chi tratta persone disabili non modifica solo la vita del ragazzo disabile ma dell’intera famiglia che lo supporta e quindi educatori e insegnanti che gestiscono persone disabili dovrebbero essere persone molto specializzate.

Per trattare persone con esigenze speciali è necessario conoscere principalmente 3 tipologie di competenze:

1. Pedagogiche, perché si è pur sempre educatori
2. Psicologiche, perché si trattano persone fragili
3. Antropologiche, per capire il contesto familiare e culturale in cui vive il discente

A supporto di queste 3 competenze principali ogni insegnante al giorno d’oggi dovrebbe avvalersi di un computer e di applicazioni che aiutino lo svolgimento del suo compito.

Da questo pensiero si potrebbe approfondire il rapporto tra scuola, computer e bambino e le sue capacità di apprendere in età moderna, ma questo non è argomento di ricerca. Invece importante per quello che tratterò e lo sviluppo del linguaggio che in persone normodotate si sviluppa in 3 fasi e in determinate età:

1. linguaggio autistico volto a soddisfare i bisogni essenziali dell’io che compare al secondo anno di vita (fame, sete, dolore)
2. linguaggio egocentrico incentrato sul proprio punto di vista
3. linguaggio sociale che compare attorno al settimo anno di vita in cui prendono visioni empatiche delle problematiche

# La comunicazione nelle persone con sindrome di Down

Per persone disabili con sindrome di down in molti casi la comunicazione è ferma per lo più allo stadio pre-operatorio con anche difficoltà motorie nel formulare alcune parole complesse o particolari fonemi in quanto hanno anche caratteristiche fisiche che ostacolano la capacità comunicativa come una lingua più grande.

Queste difficoltà possono portare ad una bassa realizzazione di se stessi sfociando in episodi di impatto sociale negativo.

Figura 1: Piramide di Maslow

Nella nota piramide di Maslow una persona con sindrome di down ha difficiltà ad arrivare al secondo scalino. Essendo persone fragili vanno protette da situazioni che essi stessi causano.

La comunicazione verbale limitata fa si che la comunicazione non verbale sia molto pronunciata ma chi non è allenato a percepirla fa difficoltà nel comunicare rendendo la comunicazione in una sola direzione e aumentando la frustrazione della persona con disabilità.

La sindrome di Down è classificata come una disabilità intellettiva, caratterizzata da una compromissione cognitiva di vari livelli. Tuttavia, oltre agli aspetti cognitivi, questa condizione comporta anche disabilità di tipo motorio che coinvolgono sia le attività grosso-motorie, come il camminare e il mantenimento dell’equilibrio, sia le attività fino-motorie, che richiedono precisione e coordinazione, come ad esempio allacciarsi le scarpe. Tale compromissione motoria si manifesta con una ridotta tonicità muscolare (ipotonia) e una difficoltà nella coordinazione dei movimenti, fattori che influenzano negativamente l'autonomia individuale nelle attività quotidiane.

In passato, l'aspettativa di vita per le persone affette da sindrome di Down era significativamente ridotta. Tuttavia, grazie ai progressi della medicina e all'attenzione sanitaria, tale aspettativa si è notevolmente estesa. Nonostante questi miglioramenti, è stato osservato che, nelle persone adulte con sindrome di Down, l’insorgenza di demenza senile si manifesta in età relativamente precoce, spesso già tra i 40 e i 50 anni. Questo fenomeno è frequentemente associato a una ridotta stimolazione cognitiva e ambientale, che contribuisce al declino delle funzioni cognitive in età adulta. Inoltre, la mancanza di una stimolazione educativa costante potrebbe favorire l'insorgenza di disturbi dello spettro autistico nelle persone con sindrome di Down. L'assenza di un adeguato supporto educativo e cognitivo può infatti compromettere ulteriormente lo sviluppo delle capacità relazionali e comunicative, aggravando il quadro clinico e comportamentale di questi individui. Una stimolazione continua e mirata riveste quindi un ruolo fondamentale nel prevenire o ridurre l'insorgenza di tali disturbi associati.

Per migliorare attività cerebrali e motorie, il gioco riveste un ruolo formativo determinante per lo sviluppo della sua personalità. Il gioco è considerato come il modo più naturale di costruire i propri modelli di conoscenza e di comportamento.

Attraverso l’attività ludica il bambino prende coscienza della realtà circostante, si sente protagonista dell’azione, afferma sé stesso e le sue esigenze arricchendo, così, la sua immaginazione. Tale attività, inoltre, avvia il bambino alla conoscenza di ciò che accade attorno a lui, e quindi sviluppa le sue capacità cognitive: è con il gioco che gli esseri umani imparano ad adattare le situazioni ai loro scopi, ne analizzano le catteristiche e ne stabiliscono le relazioni tra vari elementi della realtà.

Vygotskij, psicologo e pedagogista russo, noto soprattutto per i suoi contributi alla psicologia dello sviluppo e all'educazione, riteneva che il gioco svolgesse un ruolo anticipatorio contribuendo così alla creazione di una “zona di sviluppo prossimale”. Per quest’ultima si intende lo spazio esistente tra la concreta attitudine a risolvere un problema e il livello di “sviluppo potenziale” stabilito dalla medesima capacità di vivere le esperienze.

Un’altra problematica delle persone con sindrome di down è la capacità di attenzione. Sono gli utenti più distratti di qualsiasi applicazione si possa pensare di ideare. Un modo per rendere attrattiva un applicazione ideata per questa tipologia di utenti è renderla interattiva, semplice e ludica.

E’ fondamentale inoltre analizzare il gioco in quanto strumento motivazionale. Un gioco è più motivante quando:

* presenta un’ambientazione che polarizza l’attenzione del soggetto
* ha elementi di sorpresa e scoperta che stimolano il giocatore a proseguire per soddisfare la curiosità
* è di difficoltà adeguata in quanto se troppo difficile spezzerebbe la sensazione piacevole di coinvolgimento e se troppo semplice annoierebbe
* non ha troppe spiegazioni o regole o capacità che l’utente ha difficoltà ad usare

Per quest’ultimo punto ci sono ricerche che evidenziano che persone con sindrome di down hanno difficoltà in particolari gesture e quindi l’usabilità di applicazioni per questi utenti è necessaria farla in maniera consona[[2](#_toc51)].

In particolare si nota che le persone con la sindrome di down hanno difficoltà a capire il significato delle icone o con l’uso del mouse. I testi lunghi provocano un affaticamento e quindi disincentivano il meccanismo del divertimento. L’audio in un video non deve essere troppo forte ne troppo debole. Se troppo debole viene ignorato, mentre se troppo forte viene assimilato a stati confusionali della persona. Task cronometrati provocano stress e quindi peggiorano le performance dell’utente. Colori ben definiti senza sfumature di colore riescono ad attrarre l’attenzione più di colori misti: quindi un magenta è sconsigliabile in quanto potrebbe essere confuso con il rosa o l’arancione.

La memoria a breve termine è lunga all’incirca 25 parole e possono avere problemi linguistici di espressione e dura meno rispetto ad una persona con capacità tipiche. Un punto di forza per le persone con la sindrome di down è invece la memoria a lungo termine praticamente illimitata, infatti tendono a ruminare in modo persistente su determinati pensieri in maniera ossessiva così da rendere indelebile il ricordo. Bisogna specificare comunque che nella memoria a lungo termine la memoria esplicita, cioè quella consapevole e intenzionale (richiamabile deliberatamente), risulta leggermente compromessa.

Inoltre queste parole vengono ricordate meglio nella memoria a breve termine se hanno 2 caratteristiche:

* sono diverse tra di loro. Quindi vino, lino e pino provocano confusione nel distinguerle e quindi mettere nella stessa frase parole simili aumenta la probabilità che non se le ricordino
* sono difficili da articolare. Un dittongo complesso o una parola particolarmente lunga può generare stress nell'utente, portandolo ad abbreviare o alterare la parola.

Rondal, J.A nella sua ricerca sullo sviluppo cognitivo delle persone con sindrome di Down nel 2004, come altri in precedenza conferma che essi non compiono la reiterazione articolatoria durante gli stimoli verbali: tale mancanza accelera il decadimento delle traccie di memoria dal magazzino fonologico. Nonostante questo il peggioramento evidente nei compiti in cui bisogna ripetere una sequenza all'indietro fa pensare che anche il sistema che controlla l'organizzazione e la gestione delle informazioni (sistema esecutivo) abbia delle responsabilità nella compromissione della gestione della memoria.

Le persone con sindrome di Down sembrano quindi avere più difficoltà ad apprendere mediante modalità esplicite, mentre appaiono relativamente più accessibili apprendimenti impliciti, cioè basati sull’esperienza e sul fare. Essi possono essere impiegate in vari ambiti lavorativi, come il giardinaggio o la ristorazione, ad esempio presso McDonald's, e in numerosi casi dimostrano di essere più produttive rispetto ai loro coetanei senza disabilità.

Nel linguaggio presentano un deficit marcato nelle competenze liguistiche rispetto alle altre abilità motorie, cognitive e sociali se paragonati a bambini con ritardi mentali di diversa eziologia o con sviluppo tipico. Distinguendo tra linguaggio prodotto e linguaggio compreso, si osserva che, soprattutto nei primi 15-20 anni di vita e anche successivamente, le persone con sindrome di Down presentano maggiori difficoltà nell'esprimersi rispetto alla comprensione del linguaggio.

Le difficoltà comunicative possono avere un impatto profondo sul benessere psicologico e sociale degli individui, conducendo a fenomeni di isolamento e frustrazione che, in taluni casi, possono sfociare in comportamenti antisociali. Questo rischio è particolarmente elevato in presenza di sentimenti di depressione, i quali possono essere acuiti dalla limitata capacità di interazione con l’ambiente sociale circostante.

Lera Boroditsky[11], nel suo intervento TED, sostiene che il linguaggio non rappresenta un semplice strumento di comunicazione, ma una vera e propria guida per il pensiero e, di conseguenza, per le azioni. Secondo la sua prospettiva, le strutture linguistiche non solo modellano il modo in cui gli individui percepiscono la realtà, ma influenzano anche il modo in cui si relazionano con il mondo. Le differenze linguistiche, ad esempio nelle concezioni temporali, spaziali o emotive, possono indurre modi di pensare e di agire differenti tra i parlanti di lingue diverse, con un impatto diretto sulle loro esperienze quotidiane.

Tale connessione tra linguaggio e pensiero diviene cruciale quando si considerano le implicazioni delle difficoltà linguistiche. L'incapacità di comunicare efficacemente non solo ostacola la capacità dell’individuo di comprendere e farsi comprendere, ma può anche compromettere la sua partecipazione sociale, contribuendo all'insorgere di stati di alienazione e disagio psicologico fino ad arrivare alla depressione.

Le persone adulte con sindrome di Down mostrano un'insorgenza di demenza senile e Alzheimer più precoce rispetto alle persone con sviluppo tipico. Considerando che ogni forma di demenza presenta un decorso clinico variabile, è possibile che questa variabilità sia ancora più accentuata nelle persone con sindrome di Down, soprattutto se adeguatamente stimolate.

L'uso del computer o di dispositivi tecnologici come il telefono cellulare può rivelarsi particolarmente vantaggioso per le persone con sindrome di Down, poiché facilita l'apprendimento di nuove abilità e competenze. Grazie a una buona memoria implicita, queste persone possono acquisire rapidamente le piccole funzionalità tecnologiche, richiedendo un impegno minimo. Inoltre, le applicazioni e i programmi didattici disponibili possono essere progettati per adattarsi alle loro esigenze specifiche, migliorando ulteriormente l'efficacia dell'apprendimento.

# Abilitazione e preservazione

Nelle persone con sindrome di Down, il processo di riabilitazione si trasforma in un processo di abilitazione, poiché le competenze devono essere sviluppate e potenziate. Questo approccio è fondamentale affinché, in età avanzata, tali competenze possano essere preservate e mantenute.

È fondamentale sviluppare un approccio e soluzioni personalizzate per ogni problematica e per ciascun utente. È necessario disporre di molteplici strumenti per affrontare le diverse difficoltà. La valutazione continua da parte di un terapista consente di selezionare gli strumenti più appropriati da utilizzare. Le strategie adottate non devono necessariamente seguire un programma prestabilito; è essenziale avere una varietà di strumenti a disposizione per facilitare l'interazione con la persona in difficoltà.

È fondamentale fornire un rinforzo visivo e gestuale in qualsiasi terapia mirata a stimolare la comunicazione, poiché studi hanno dimostrato che la memoria visiva facilita la memorizzazione implicita nei soggetti.

Un punto di forza da valorizzare è la perseveranza. Quando viene individuata un'attività che suscita il loro interesse, le persone con sindrome di Down tendono a ripetere l'esercizio in modo intenso e costante, mostrando una notevole resistenza e assenza di perdita di interesse.

Data l'ampia varietà di capacità presenti tra gli utenti o dello stesso utente in diverse età, è necessario distinguere l'applicazione in diversi livelli di difficoltà e adattare progressivamente tali difficoltà, proprio come avviene nei giochi.

Le persone con sindrome di Down, in quanto individui unici con proprie personalità, presentano caratteristiche e interessi diversi. È un errore comune considerare che tutti gli individui con sindrome di Down siano necessariamente sensibili o sempre felici; al contrario, esistono anche persone che possono adottare comportamenti bullistici, altri che magari nutrono un'elevata autostima tanto da considerarsi magari bellissimi oppure altri che hanno un’autostima bassa. Quindi bisogna provare a creare un modo per rafforzare le loro debolezze o smorzare comportamenti antisociali durante la terapia.

In alcune fasi della vita, è fondamentale fornire anche un'educazione sessuale adeguata alle persone con sindrome di Down, poiché questa non deve essere considerata un'opzione, ma un diritto essenziale. L'approccio all'educazione sessuale deve essere personalizzato in base alle capacità individuali e alle eventuali problematiche riscontrate. Inoltre, in alcuni casi, è utile attuare interventi di gruppo, poiché il contesto sociale può influenzare negativamente le dinamiche tra pari e contribuire a malintesi o comportamenti inappropriati.

Fornire supporti per attività quotidiane semplici, come la selezione del campanello da suonare per comunicare con il vicino di casa, e per l'educazione a evitare comportamenti pericolosi, come accendere un fornello o aprire la porta di casa a sconosciuti è un altro campo in cui la terapia può aiutare a migliorare la vita di queste persone. Attività che possono sembrare banali per una persona senza disabilità possono rivelarsi non scontate per individui con sindrome di Down.

Alcuni studi hanno effettivamente esplorato l'utilizzo di approcci farmacologici per affrontare i problemi cognitivi associati alla sindrome di Down, sperimentando su modelli murini farmaci volti a modificare la struttura e la funzionalità del cervello. Questi farmaci mirano, in particolare, a migliorare la plasticità sinaptica, la memoria e l'apprendimento negli animali, tentando di contrastare i deficit cognitivi legati alla condizione. Ad esempio, alcuni studi hanno esaminato l'effetto di farmaci che modulano il sistema dell'acido gamma-aminobutirrico (GABA), cercando di ridurre l'inibizione neurale e migliorare la comunicazione tra le cellule cerebrali [13]. Tuttavia queste sperimentazioni sono dal mio punto di vista, per quanto affascinanti, possono sembrare piuttosto ottimistiche e speculative. Anche qualora i farmaci riuscissero a produrre miglioramenti cognitivi in modelli animali, le differenze tra il cervello dei topi e quello umano rendono complesso prevedere risultati simili nelle persone. Gli interventi farmacologici potrebbero, nel migliore dei casi, fornire un aiuto parziale, ma è improbabile che possano "curare" completamente una condizione complessa e multisistemica come la sindrome di Down.

In sintesi, mentre la ricerca farmacologica offre spunti interessanti, il vero potenziale di intervento sembra risiedere in un approccio più olistico, che comprenda il supporto educativo, sociale e terapeutico per affrontare le sfide legate a questa condizione.

Con ciò non intendo affermare che il supporto educativo rappresenti la soluzione a tutti i problemi, poiché molteplici fattori contribuiscono alla complessità della situazione.



Nel **modello ICF** (Classificazione Internazionale del Funzionamento, della Disabilità e della Salute), la disabilità e il funzionamento sono visti come il risultato dell'interazione tra condizioni di salute (malattie, disturbi e lesioni) e fattori contestuali. I **fattori contestuali** includono sia i **fattori ambientali** che i **fattori personali**.

* I **fattori ambientali** sono esterni e comprendono atteggiamenti sociali, cultura, geografia e caratteristiche architettoniche.
* I **fattori personali** sono interni e includono sesso, età, caratteristiche della personalità, background sociale, istruzione, esperienze di vita, attività professionali e non professionali, e qualsiasi altro fattore che possa influenzare come una persona vive la propria disabilità.

# Gli interventi terapeutici in età adulta

1. Gli interventi terapeutici per gli adulti con sindrome di Down sono orientati a un approccio multidisciplinare e personalizzato. Vanno oltre il trattamento delle condizioni fisiche, includendo il supporto cognitivo, emotivo e sociale, con l’obiettivo di preservare l’autonomia e promuovere il benessere complessivo. Un approccio continuo e integrato tra professionisti della salute, caregiver e reti di supporto è essenziale per rispondere alle sfide uniche di questa fase della vita.
2. Le attività proposte possono includere, a titolo esemplificativo, le seguenti:

* Nuoto, volto a favorire lo sviluppo della muscolatura e migliorare le capacità motorie globali;
* Cartonaggio, finalizzato allo sviluppo della motricità fine e al potenziamento delle abilità manuali;
* Passeggiate di gruppo o scuola calcio, con l’obiettivo di promuovere la socializzazione tra persone con disabilità e favorire l’inclusione sociale;
* Laboratorio di ceramica o pelletteria, per migliorare la manualità e affinare le competenze tecniche attraverso l'uso di materiali specifici;
* Creazione di magliette serigrafate, attività che stimola la creatività e favorisce l’espressione personale attraverso l’arte;
* Cucina, che può rappresentare un’opportunità di apprendimento professionale, nonché un mezzo per rafforzare l’autostima e la fiducia nelle proprie capacità.

1. Tali attività vengono selezionate in base alle abilità individuali della persona, alle sue attitudini personali e agli obiettivi di miglioramento specifici concordati, tenendo conto delle esigenze e delle potenzialità di ciascun partecipante.

# La ricerca

Con questi presupposti ho fatto una ricerca per cercare applicazioni già sviluppate e trovare un’applicazione utile e non ancora sviluppata. Ho trovato applicazioni [3][4][5] per imparare la matematica, applicazioni per migliorare l’equilibrio in quanto principale fonte di cadute soprattutto quando hanno 6/8 anni, applicazioni per leggere/scrivere e coordinarsi. Ho addirittura trovato un’applicazione per esercitare la lingua in quanto le persone con sindrome di down hanno la lingua più grande del normale e fanno difficoltà a gestirla per parlare.

Quello che non sono riuscito a trovare sono applicazioni che aiutassero nella comunicazione intesa non come atto del parlare ma intesa come scambio di pensieri tra persone e nella socializzazione.

I benefici che ci sarebbero nello stimolare queste capacità sarebbero enormi, in quanto attraverso la comunicazione la persona con esigenze particolari riuscirebbe a evitare atteggiamenti antisociali migliorando anche la sua qualità di vita.

Effetto secondario non di poco conto la socializzazione riuscirebbe a stimolare anche altre dinamiche come la peer education in cui sono gli stessi coetanei a creare un naturale passaggio di conoscenze, emozioni ed esperienze, mettendo così in moto un processo di comunicazione globale che diviene una vera e propria occasione di arricchimento e di scambio per il singolo adolescente.

Paul Watzlawick, psicologo e filosofo austriaco specializzato in comunicazione, ha dichiarato che l’essere umano non riesce a non comunicare. Le modalità con cui si comunica dipende dalla capacità dell’individuo e tutta la comunicazione influenza il comportamento umano. Per il sociologo Zygmunt Bauman il fallimento di una relazione è quasi sempre un fallimento di comunicazione.

I disturbi del linguaggio si possono distinguere in diverse tipologie:

1. fonetico-fonologico, una difficoltà nella produzione dei suoni dell’eloquio
2. disturbo della fluenza (balbuzie)
3. disturbo della comunicazione sociale come scambiarsi informazioni o convenevoli

Per una persona con sindrome di Down, i principali problemi fonetici vengono generalmente affrontati durante l'età scolare con l'intervento di logopedisti. Tuttavia, sarebbe necessaria una presa in carico logopedica continuativa lungo tutto l'arco della vita, poiché le abilità non costantemente esercitate tendono a deteriorarsi nel tempo in individui con questa condizione. Oltre ai problemi fonetici, un'altra difficoltà rilevante è rappresentata dalle problematiche legate alla comunicazione sociale, che spesso non ricevono l'attenzione adeguata all'interno del sistema scolastico italiano, risultando così trascurate nel processo educativo complessivo.

# La musica e l’educazione inclusiva

Nel mondo ci sono scuole [6] che basano la loro educazione a persone disabili sulla musica in quanto la musica è uno strumento di inclusione di per sé. La musica è un linguaggio universale che trascende le barriere. Per le persone con disabilità, può rappresentare uno spazio in cui si superano i limiti fisici o mentali. I programmi educativi e i laboratori di musicoterapia sono diffusi in molti contesti terapeutici per promuovere lo sviluppo cognitivo, emotivo e motorio. La **musicoterapia** è particolarmente efficace con persone affette da disturbi dello spettro autistico, difficoltà di apprendimento, disabilità motorie e altre condizioni neurologiche. La musica aiuta a migliorare l'autoespressione e la comunicazione, favorendo l'inclusione sociale.

Ci sono persino libri [7] che ne approfondiscono la loro relazione. In particolare la musicoterapia è una pratica diffusa per migliorare la qualità della vita delle persone con disabilità. Grazie alla musica, si riesce a stimolare aree del cervello legate alla memoria, alla motricità e alle emozioni. È utile per:

* Riabilitazione motoria
* sviluppo cognitivo
* supporto emotivo

Attualmente il karaoke viene usato per il trattamento di casi di demenza senile o altri problemi mentali [9][10]. I benefici derivanti dall'attività musicale includono:

* **Partecipazione sociale**: Grazie all’utilizzo della musica attiva, sia tramite la produzione musicale che l'ascolto, la musica diventa uno strumento terapeutico che favorisce attività rieducative, orientate alla presa di coscienza o al lavoro ricostruttivo.
* **Esercizio fisico**: La combinazione di musica e movimento stimola l'attività fisica, contribuendo al miglioramento delle capacità motorie e favorendo il benessere fisico complessivo.
* **Rilassamento**: L’ascolto di determinati tipi di musica, scelti in base alle necessità terapeutiche, può favorire uno stato di rilassamento e ridurre i livelli di stress.
* **Incremento dell’immaginazione**: L’utilizzo della musica può stimolare l’immaginazione, riducendo la tensione e favorendo la focalizzazione su pensieri e sentimenti positivi, contribuendo così al benessere psicologico.

La **musicoterapia** è utilizzata anche per migliorare la parte muscolare[12]. Oltre ai benefici cognitivi ed emotivi, la musicoterapia può avere un impatto positivo sullo sviluppo motorio e sulla coordinazione fisica.

# L’idea

L’idea proposta prevede lo sviluppo di un’applicazione Android dedicata al karaoke, specificamente progettata per rispondere alle esigenze delle persone con sindrome di Down o altre disabilità cognitive. L'applicazione, basata su un'interfaccia semplice e accessibile, consentirebbe agli utenti di interagire con la musica in modo personalizzato e inclusivo.

La personalizzazione potrebbe essere guidata attraverso un form compilato dai genitori prima di iniziare l’utilizzo effettivo in cui poter richiedere età, interessi e eventuali problematiche da risolvere. Questo form utilizzato in fase di registrazione può essere modificato anche in un secondo momento.

In termini di funzionalità, l'app potrebbe generare brani musicali con testi situazionali creati dall’intelligenza artificiale (AI) in base al contesto e alle esigenze dell’utente, o consentire il caricamento di brani scelti dall'utente stesso, personalizzando l’esperienza in base ai gusti e alle preferenze individuali. Questa flessibilità permetterebbe di creare un'esperienza musicale più coinvolgente e significativa per ogni utilizzatore, rispondendo alla varietà delle capacità cognitive e delle preferenze personali.

Un elemento innovativo dell’applicazione è l’utilizzo di **tecnologie di riconoscimento facciale** attraverso la telecamera del dispositivo, che consentirebbe di monitorare le reazioni emotive dell’utente durante l’attività di karaoke. Il sistema sarebbe in grado di rilevare eventuali segnali di frustrazione o disagio, intervenendo in tempo reale per correggere l’esperienza in modo positivo e adattivo. In presenza di segnali di frustrazione, l’app potrebbe fornire suggerimenti utili o rallentare il ritmo del brano, oppure, in alternativa, attivare messaggi motivazionali e segnali di incoraggiamento volti a ridurre lo stress e a mantenere alto il livello di coinvolgimento.

Questa dinamica interattiva mira a creare un ambiente musicale privo di pressioni, favorendo il benessere emotivo e facilitando l’apprendimento, la socializzazione e l’espressione personale. L'approccio mirato dell'app, combinando la creazione musicale adattiva con strumenti tecnologici di monitoraggio emotivo, garantirebbe un’esperienza utente empatica e personalizzata, prevenendo l’insorgenza di stress e frustrazione e valorizzando l’attività ludico-educativa del karaoke come strumento di supporto terapeutico.

## Dinamica interazionale proposta

La dinamica interazionale si articola in due fasi principali: una prima fase di apprendimento e memorizzazione delle parole, seguita da una seconda fase in cui le parole apprese vengono utilizzate all'interno di canzoni generate dall'intelligenza artificiale.

### Prima fase: associazione e memorizzazione delle parole

Nella prima fase, l'intelligenza artificiale propone una serie di parole o frasi selezionate, associate a supporti visivi o sonori al fine di facilitare il processo di apprendimento. Gli utenti sono invitati a ripetere le parole proposte, con l'obiettivo di migliorare la propria capacità di riconoscimento e pronuncia. L'IA monitora e corregge attivamente eventuali errori di pronuncia, offrendo un feedback immediato per favorire il miglioramento continuo e la memorizzazione.

Questa fase sfrutta principi pedagogici legati all'apprendimento iterativo e associativo: il ripetersi delle associazioni tra stimolo visivo/sonoro e parola contribuisce al consolidamento delle informazioni nel sistema cognitivo degli utenti. L'intelligenza artificiale svolge un ruolo chiave nella personalizzazione del percorso, adattando la difficoltà e la tipologia delle parole in base alle prestazioni dell'utente.

### Seconda fase: esecuzione di canzoni generate dall'IA

Nella seconda fase, le parole apprese vengono integrate in canzoni generate dall'intelligenza artificiale, offrendo un contesto dinamico e creativo per il loro utilizzo. Le canzoni, basate su melodie semplici e ripetitive, sono create in modo tale da incorporare le parole precedentemente definite, permettendo agli utenti di rinforzare ulteriormente l'apprendimento attraverso il canto.

La scelta del canto come strumento pedagogico si basa sulla sua comprovata efficacia nell'attivazione della memoria a lungo termine e nella promozione di una maggiore partecipazione attiva da parte dell'utente. Cantare le parole apprese all'interno di un contesto musicale stimola la memorizzazione e la fluidità linguistica, migliorando al contempo la pronuncia in modo naturale e divertente.

In sintesi, questa dinamica interazionale propone un ciclo di apprendimento integrato, dove la fase iniziale di memorizzazione viene consolidata attraverso un'attività ludica e partecipativa, rendendo l'apprendimento delle parole più coinvolgente e efficace.

# Il confronto con le app esistenti

**Smule**: App di karaoke molto popolare che consente di cantare in gruppo o da soli. Anche se non è specificamente progettata per persone con disabilità, la sua interfaccia semplice e la vasta libreria di canzoni la rendono adatta per alcuni utenti.

**Karaoke – Sing Unlimited Songs**: Un'app che permette di cantare senza limiti di tempo o di canzoni, con molte opzioni di personalizzazione e che potrebbe essere adattata per un utilizzo più accessibile.

**Singa**: Questa app ha un'interfaccia chiara e semplice che può essere facile da navigare anche per persone con disabilità cognitive lievi.

In ogni caso non esistono app specificatamente progettate per persone con sindrome di down.

# Sfide tecnologiche

In un progetto volto allo sviluppo di un applicativo di supporto per persone con disabilità, come ad esempio quelle affette da sindrome di Down, emergono diverse sfide tecnologiche che richiedono un'analisi approfondita e soluzioni specifiche. Tali sfide derivano dalle particolari esigenze degli utenti finali. Di seguito vengono elencate le principali sfide tecnologiche identificate, che saranno approfondite in termini di possibili soluzioni:

* creare un testo di un brano a partire usando termini ricercati (più altri nuovi che non sono stati studiati)
* creare un brano in base al testo della canzone e a caratteristiche di difficoltà (più è veloce il brano meno sarà facile per l’utente cantarci insieme)
* cattura dell’immagine dell’utente
* interpretazione dell’umore dell’utente
* Riproduzione di testo e musica
* ascolto e correzione del testo ripetuto dall’utente
* ricerca di parole con caratteristiche in base all’utente
* ricerca di immagini legate alle parole
* uso di un tool multipiattaforma così da creare un applicativo web e mobile, partendo l’indagine da kotlin multiplatform
* riconoscimento facciale delle emozioni
* riconoscimento del testo all’interno della canzone

Questo elenco è abbastanza esaustivo dei problemi da risolvere per la riuscita del progetto. Il punto che mi preoccupa di più è la creazione di un brano in quanto non so neanche se è fattibile, quindi partirò con la sperimentazione di questo punto per poi cercare di risolvere anche le altre problematiche con tool che guardino aspetti economici e funzionali.

## Creazione di brani

La fattibilità del progetto è supportata dalla disponibilità di strumenti già esistenti per la generazione di brani musicali basati su parametri predefiniti. Ad esempio, il sito [Suno](https://suno.com/create) permette di creare canzoni in base a specifiche indicazioni. Inserendo la richiesta di "una canzone lenta con le parole: rosso, giallo, blu, i colori Power Rangers", il sistema genera un brano dal ritmo lento e di facile esecuzione. Tuttavia, questo servizio non fornisce API per la creazione automatizzata di musica.

Al contrario, i risultati ottenuti utilizzando [Melobytes](https://melobytes.com/en/app/melobytes) si sono rivelati insoddisfacenti in termini di qualità musicale. Un altro strumento disponibile è [AIVA](https://www.aiva.ai/), il cui utilizzo a livello gratuito è limitato a tre download al mese, rendendo necessario sottoscrivere un abbonamento a partire da 11 euro al mese per un uso più esteso. Questa soluzione, pur valida, non soddisfa l'esigenza di un servizio con una quota freemium più generosa e un modello di pagamento a consumo.

Un altro esempio è [Boomy](https://boomy.com/), che nella versione gratuita non consente il download dei brani creati, analogamente a quanto accade con AIVA. Il servizio [MuseNet](https://openai.com/index/musenet) di OpenAI, invece, non offre API basate su testo e genera musica su diverse ottave, lasciando all'utente la scelta tra i risultati proposti.

Infine, esistono strumenti open-source come [Magenta](https://github.com/magenta), compatibile anche con Android, e [Jukebox](https://github.com/openai/jukebox), entrambi richiedono installazione locale per il loro utilizzo. Tra queste soluzioni, Magenta appare come l'opzione più promettente, motivo per cui verrà esplorata ulteriormente (<https://magenta.withgoogle.com/get-started>).

**AIVA**

Non supporta la creazione di musica a partire dal testo.

**Magenta**

Magenta è un tool per generare musica. Successivamente bisogna combinare il testo con la musica e poi sintetizzare con altri strumenti il testo e combinare insieme il testo e la musica. E’ l’unico approccio disponibile concreto, ma richiede un livello di competenza specifico molto avanzato.

## **Correzione del testo ripetuto dall’utente**

Per fare il confronto e la correzione dei file audio, si può scegliere strumenti come **Librosa** per analisi di basso livello (forma d'onda, spettrogramma) e librerie come **Pydub** o **noisereduce** per correggere i problemi audio più comuni. Questo è un argomento molto vasto per poter proseguire in questo ambito se si vuole ottenere un primo risultato in tempi rapidi.

## Riconoscimento dell’umore

Esistono strumenti gratuiti come dlib (<http://dlib.net/>) oppure servizi a pagamento online per riconoscere come Amazon Rekognition per l’umore della persona. In questo caso è necessario usare strumenti a pagamento per utilizzare questa funzionalità in maniera veloce ed in futuro si può creare una propria implementazione per evitare i costi.

## Ricerca di testo legato ad un soggetto e ricerca di brano legato a particolari parole o immagini legate alle parole

Esistono delle api a pagamento <https://platform.openai.com/> per poter fare questo. I costi sono elevati per la creazione di immagini.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Funzionalità** | **Modello** | **Costo** |
| Ricerche finalizzate a testo | gpt-3.5-turbo | $3.000 / 1M input tokens $6.000 / 1M output tokens |
| Ricerca di brano legato a particolari parole | text-davinci-003 | $12.000 / 1M input tokens $12.000 / 1M output tokens |
| Creazione di immagini | dall-e | $0.016 / image |

Una parola o un segno di punteggiatura produce dagli 1 ai 2 token in media.

Per gestire la creatività massima della ricerca bisogna specificare temperature=2.

Per limitare i costi e quindi i token usati come risposta del messaggio si può usare l’attributo json max\_tokens.

## Multiplatform

Kotlin multiplatform è uno strumento utile per condividere la business logic dell’applicazione lasciando aperta la scelta dei diversi front-end disponibili. Questa scelta presuppone di utilizzare kotlin e poi python per lo sviluppo delle parti di backend.

Flask e Django sono framework web in Python. Possono essere utilizzati per creare applicazioni web che possono funzionare anche come applicazioni mobili (PWA).

Flask è usato quando hai bisogno di un alto grado di libertà nella scelta delle librerie che devono essere scelte di volta in volta e va bene se sei esperto python.

Django è utile quando i progetti sono più complessi e richiedono una forte struttura con molte funzionalità come autenticazione web pronta all’uso e orm integrato. Inoltre essendo un framework di back-end lascia libera la possibilità di sviluppare il front-end con tecnologie web come react, vue o quasar, il quale quest’ultimo prevede nativamente dell’integrazione con capacitor <https://quasar.dev/quasar-cli-vite/developing-capacitor-apps/preparation> per eventuali sviluppi. Capacitor offre accesso alle funzionalità native del dispositivo attraverso un sistema di plugin. Quindi se il dispositivo è un telefono mobile si potrà utilizzare il plug-in che interagirà con la fotocamera.

## Spikes

Ho dovuto installare un pacchetto del sistema operativo che rende possibile l’utilizzo delle librerie python.

**FFmpeg** (utilizzato anche da pydub) è un potente e versatile software open-source utilizzato per registrare, convertire, elaborare e trasmettere file audio e video. È uno strumento molto popolare nel mondo della produzione multimediale, grazie alla sua capacità di gestire una vasta gamma di formati e codec per audio, video e immagini. **E’** uno strumento essenziale per chiunque lavori con file audio e video, grazie alla sua capacità di gestire conversioni, compressione, editing, e streaming in modo efficiente e versatile.

**FluidSynth** è un sintetizzatore software open-source che consente di riprodurre suoni musicali utilizzando SoundFont, un formato di file che contiene campioni audio di strumenti musicali. **FluidSynth** è uno strumento potente e versatile per la sintesi audio e la riproduzione musicale, ideale per musicisti, produttori e sviluppatori che desiderano lavorare con strumenti virtuali e SoundFont (trasformando anche midi in wav file).

### Possibile architettura scelta da chagpt

Ho creato un applicazione che concatena la voce sintetizzata di parole scritte a video e un file mp3.

Librerie:

* **Pydub**: Per la manipolazione audio.
* **Flask**: Per il backend dell'app web.
* **Web Audio API**: Per l'elaborazione audio nel browser.

Librerie:

* Flask per l’interfaccia web
* pydub per concatenare la musica e il testo
* gtts per sintetizzare il testo

### Uso di librerie python

**IntonazioneVoce.py**

Ho creato uno script python che varia l’intonazione voce sintetizzandola

Librerie:

* numpy per la modifica dell’intonazione
* gtts per la sintesi vocale
* pydub per l’export in mp3

**NoteConVoce.py**

Ho creato uno script che suona note diverse a diversa lunghezza facendo l’overlay di una voce sintetizzata

Librerie:

* gtts per la sintesi vocale
* pydub per l’overlay della canzone e della voce e per la generazione delle note (pacchetto generators)
* random per la scelta di note casuali

**ManipolazioneOnde.py**

Ho cercato di manipolare le onde sonore con scarsi risultati utilizzando numpy come per la voce

Librerie:

* pydub per l’overlay della canzone e per alzare e abbassare il volume
* gtts per la sintesi vocale
* numpy per la modifica dell’onda sonora

**CreazioneMusicaConSoundFont.py**

Un **SoundFont** (.sf2) è un file che contiene una raccolta di campioni audio (suoni registrati) utilizzati per riprodurre strumenti musicali in formato digitale. Si possono scaricare font gratuiti ad esempio qui:

https://www.zanderjaz.com/downloads/soundfonts/guitars/

Ho creato delle note digitali con music21 generato un flusso musicale e salvato in un file mid.

Un file **MIDI** non contiene suoni veri e propri. È un formato di dati che memorizza informazioni su come la musica dovrebbe essere eseguita. In altre parole, è uno "spartito digitale" che indica le note da suonare, i tempi, le dinamiche, e i cambiamenti di strumenti. Esiste poi una libreria python chiamata Mido che è utile ad accedere a eventi MIDI come note, cambi di strumenti, dinamiche per poi manipolarne il risultato finale come un vero direttore d’orchestra.

Per traformarlo in onde sonore e quindi in un file wav ho usato fluidsinth.

Alla fine ho esportato come sempre il file in mp3 in quanto è un formato più compatto del file.

Librerie:

* music21 per la creazione midi
* pydub per l’export in mp3 e la sovrapposizione del file

**Vocoder.py**

Ho implementato uno script che applica l’autotune della voce rispetto ad una canzone. Gli step eseguiti sono i seguenti:

* tagliato il segnale più lungo
* tagliato in frame sia la voce che la musica
* applicato ad ogni frame la trasformata di Fourier STFT. La Short-Time Fourier Transform (STFT) è una tecnica di analisi dei segnali che permette di studiare le variazioni nel contenuto in frequenza di un segnale nel tempo. È particolarmente utile per l'analisi di segnali non stazionari, come la musica o la voce, dove le frequenze possono cambiare nel tempo.
* determinato come varia l'ampiezza (o il livello) del segnale nel tempo senza considerare la variazione di frequenza
* modulato l'ampiezza del segnale portante (musica) utilizzando l'inviluppo di ampiezza calcolato dal segnale modulante (voce).
* ricostruito il segnale audio applicando l’inverso della STFT
* applicato un filtro passa alto per eliminare un po’ di rumori della voce modulata
* applicato la musica alla voce cantata
* esportata la canzone

Il risultato è il massimo che si può ottenere in maniera digitale con una voce sintetizzata senza note. In alternativa bisognerebbe avere dei font anche per la voce.

### Magenta

Tra le librerie dipendenti si notano tensorflow per il machine learning e l'intelligenza artificiale, mido prima menzionata e imageio per leggere e scrivere immagini in vari formati.

Il manuale di installazione del prodotto sono troppo scarse ed è necessario installare pacchetti come llvm versione 8 che essendo una versione piuttosto vecchia ed essendo su windows senza un’installazione di linux nativa ma usando solo wsl il compilatore c++ o il compilatore python non è definito correttamente.

Anche provando ad installare un ambiente virtuale

python3 -m venv myenv

source myenv/bin/activate # Su Linux/Mac

non sono riuscito a far funzionare magenta in un primo momento su windows.

Ci sono diversi esempi di web app sviluppate con magenta a questo sito: https://magenta.withgoogle.com/demos/web/

Dopo averinstallato linux, ho provato con diverse versioni di python a installare magenta. Ho creato un environment pip e installato **ffmpeg** e ****FluidSynth**. Dopo ho lanciato i seguenti comandi:**

sudo apt-get install -qq fluid-soundfont-gm build-essential libasound2-dev libjack-devC

per installare librerie e compilatori necessari alla compilazione di magenta.

Ho installato tool che usa magenta con il seguente comando:

pip install -qU pyfluidsynth pretty\_midi

Dopo diverse prove con diversi compilatori python ho capito che magenta necessita di python 3.8 con tanto di librerie di sviluppo e per installarlo ho usato i seguenti comandi:

sudo add-apt-repository ppa:deadsnakes/ppa

sudo apt update

sudo apt install python3.8

sudo update-alternatives --install /usr/bin/python3 python3 /usr/bin/python3.8 1

sudo update-alternatives --config python3

sudo apt install python3.8-distutils

wget https://bootstrap.pypa.io/get-pip.py

python get-pip.py

sudo apt install python3.8-dev

pip install numpy==1.21.6

sudo apt install build-essential python3-dev libffi-dev libssl-dev

sudo apt-get install build-essential libasound2-dev libjack-dev portaudio19-dev

sudo apt install python3.9-dev

Ho installato strumenti di compilazione python con il seguente comando:

pip install --upgrade pip setuptools wheel

Ho installato le corrette versioni delle dipendenze di magenta:

pip install "setuptools<65"

pip install "numpy<1.23"

pip install "llvmlite<0.39" "numba<0.55"

E infine ho lanciato il seguente comando:

pip install magenta

Dopodichè ho creato uno script per generare un file midi randomico e ho installato l’applicazione immidi per sentire il risultato.

# **Requisiti**

# Bibliografia

1. tfa insegnante di sostegno nella scuola dell’infanzia e primaria, Edizioni Simone
2. Design specific user interfaces for people with down syndrome using suitable WCAG 2.0 guidelines, Lucia Alonso - Virgos1 · Jordán Pascual Espada1 · Luis Rodríguez Baena1 · Rubén González Crespo
3. <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.4015/S1016237218500072>
4. https://www.researchgate.net/profile/Laberiano-Andrade-Arenas/publication/349745106\_Impact\_of\_Mobile\_Applications\_for\_a\_Lima\_University\_in\_Pandemic/links/614b731d3c6cb31069874b3a/Impact-of-Mobile-Applications-for-a-Lima-University-in-Pandemic.pdf
5. https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2501988.2502055
6. https://www.seashelltrust.org.uk/therapy-and-nursing/
7. https://dsq-sds.org/index.php/dsq/article/view/5968/4703
8. La sindrome di down di Stefano Vicari, 9788815230140
9. https://voices.no/index.php/voices/article/view/3405/3541
10. http://www.smj.org.sg/sites/default/files/4312/4312le1.pdf
11. https://www.youtube.com/watch?v=RKK7wGAYP6k&t=20s
12. [https://www.missouristate.edu/LOGOS/\_Files/logos\_vol4\_full.pdf#page=45](https://www.missouristate.edu/LOGOS/_Files/logos_vol4_full.pdf" \l "page=45)
13. https://www.jneurosci.org/content/jneuro/30/45/14943.full.pdf
14. https://academic.oup.com/ptj/article/87/10/1399/2742283
15. Children with down syndrome and music: A parental description of their experience in music. Daudt, Alyssa, https://researchdiscovery.drexel.edu/view/pdfCoverPage?instCode=01DRXU\_INST&filePid=13321508890004721&download=true