

Rapporto di valutazione dell'esperienza di apprendimento – WP 2

1. Introduzione e finalità

La Valutazione dell'esperienza di apprendimento mira a fornire una comprensione approfondita delle esperienze, dei bisogni, delle percezioni e delle difficoltà di apprendimento dei principali gruppi target di STEM-IT in relazione all'uso della **Realtà Aumentata (AR) e della Realtà Virtuale (VR) nella didattica delle discipline STEM**.

La valutazione persegue due finalità complementari. In primo luogo, indaga le percezioni degli utenti sull'apprendimento supportato da AR/VR, con particolare attenzione a **facilità d'uso percepita, accessibilità, coinvolgimento, motivazione, interesse e soddisfazione**. In secondo luogo, individua i concetti e gli argomenti STEM che i discenti trovano difficili da comprendere e da ritenere e che potrebbero quindi trarre particolare beneficio da forme di rappresentazione interattive, immersive e visive.

La valutazione adotta un **approccio a metodi misti**, che combina i dati quantitativi del questionario con le informazioni qualitative raccolte tramite domande aperte e interviste online approfondite. Una valutazione della ritenzione su argomenti STEM selezionati completa queste misure, esaminando non solo l'esperienza di apprendimento immediata dei partecipanti, ma anche la misura in cui la comprensione si mantiene nel tempo.

Questo approccio è particolarmente importante alla luce della revisione sistematica condotta nell'ambito di STEM-IT. La revisione ha analizzato **204 studi empirici** e ha distinto tra comprensione concettuale — *sapere perché* — e comprensione procedurale — *sapere come*. I risultati indicano che gli studenti della scuola secondaria dimostrano spesso competenza procedurale, mentre la loro comprensione concettuale rimane frammentaria o instabile.

• 2. Quadro di valutazione

La Valutazione dell'esperienza di apprendimento integrerà costrutti consolidati provenienti da tre quadri di riferimento complementari:

Technology Acceptance Model (TAM) orienterà la valutazione dell'accettazione delle tecnologie AR/VR da parte dei partecipanti, in particolare delle loro percezioni circa l'utilità e la facilità d'uso delle tecnologie immersive per l'apprendimento STEM.

Instructional Materials Motivation Survey (IMMS) orienterà la valutazione delle caratteristiche motivazionali dell'esperienza di apprendimento, tra cui l'attenzione, la rilevanza percepita, la fiducia e la soddisfazione dei partecipanti.

Task Interest Scale (TIS) contribuirà alla valutazione dell'interesse situazionale dei partecipanti e del loro coinvolgimento nelle attività di apprendimento STEM supportate da AR/VR.

Aniché somministrare questi strumenti separatamente, i costrutti pertinenti saranno integrati in una **Scala personalizzata STEM-IT di valutazione dell'esperienza di apprendimento**, adeguata agli obiettivi e ai gruppi target del progetto.

Lo strumento risultante indagherà quattro dimensioni principali:

Dimensione	Focus indicativo
Facilità d'uso	Navigazione, interazione, chiarezza, sforzo tecnologico
Accessibilità	Capacità di accedere e interagire con le risorse AR/VR, barriere e bisogni di supporto
Coinvolgimento e interesse	Attenzione, curiosità, immersione, disponibilità a esplorare
Soddisfazione e valore percepito	Gradimento, utilità percepita, fiducia e disponibilità a utilizzare nuovamente l'AR/VR

La componente quantitativa sarà integrata da domande qualitative volte a esplorare **perché i partecipanti rispondono in un determinato modo**, cosa si aspettano dall'apprendimento STEM immersivo, quali difficoltà incontrano e quali miglioramenti ritengono necessari.

• 3. Gruppi target e raccolta dei dati

I dati saranno raccolti presso i gruppi target primari del progetto, con **almeno 15 partecipanti per partner, ad eccezione di MATH**, in conformità con la metodologia del progetto.

UoA coordinerà lo sviluppo dello strumento di valutazione, definendo l'ambito dell'indagine e predisponendo un primo insieme di domande. Gli item proposti saranno successivamente rivisti in modo collaborativo dai partner di progetto, per garantirne la pertinenza nei diversi contesti nazionali, educativi e STEM prima della somministrazione della versione definitiva.

La raccolta dei dati si articolerà in tre fasi interconnesse.

Fase 1 – Questionario iniziale. I partecipanti compileranno il questionario personalizzato che integra dimensioni selezionate di TAM, IMMS e TIS. Questa fase produrrà evidenze quantitative su facilità d'uso, accessibilità, coinvolgimento, interesse, motivazione,

soddisfazione e valore educativo percepito. Le domande aperte consentiranno al contempo ai partecipanti di descrivere le proprie esperienze, aspettative e difficoltà.

Fase 2 – Interviste online approfondite. Alcuni partecipanti selezionati prenderanno parte a interviste online volte ad approfondire i risultati del questionario. Particolare attenzione sarà dedicata agli obiettivi dei partecipanti, ai benefici percepiti, alle barriere tecnologiche e pedagogiche, alle questioni di accessibilità e alle raccomandazioni per migliorare le risorse STEM in AR/VR.

Fase 3 – Valutazione della ritenzione. NSM e DDE condurranno un test di ritenzione incentrato su concetti STEM selezionati. Questa componente è particolarmente importante perché la ritenzione resta notevolmente meno indagata rispetto alla comprensione immediata nella ricerca esistente sulla didattica STEM. Dei 204 studi inclusi nella revisione sistematica del progetto, **200 hanno esaminato la comprensione immediata e soltanto quattro hanno affrontato esplicitamente la ritenzione.**

- **4. Analisi dei dati del questionario e dell'indagine**

I dati quantitativi del questionario saranno analizzati sia in modo descrittivo sia, laddove la dimensione del campione e la qualità dei dati lo consentano, in modo comparativo.

Per ciascuna dimensione della valutazione, le risposte possono essere sintetizzate mediante frequenze, percentuali, medie e misure di dispersione. Successivamente potranno essere calcolati punteggi compositi per i principali costrutti della scala personalizzata, a condizione che la struttura definitiva degli item e le proprietà psicometriche consentano tale aggregazione.

L'analisi dovrebbe rispondere a domande quali:

Quanto trovano facili da usare le risorse AR/VR i partecipanti? Quanto sono accessibili gli ambienti di apprendimento? In che misura le attività immersive stimolano attenzione, curiosità e interesse? I partecipanti percepiscono l'AR/VR come utile dal punto di vista educativo e non semplicemente come intrattenimento? I partecipanti sono soddisfatti dell'esperienza e disposti a utilizzare risorse analoghe nel loro futuro apprendimento STEM?

È importante sottolineare che un'accettazione positiva della tecnologia non dovrebbe essere interpretata automaticamente come prova di un apprendimento riuscito. La revisione sistematica dimostra che gli studenti possono eseguire correttamente le procedure pur mancando di una comprensione concettuale coerente. In tutte le discipline STEM, la maggior parte degli studi è stata classificata nella categoria **comprensione in via di sviluppo**, mentre una comprensione concettuale realmente integrata è risultata relativamente rara.

Di conseguenza, i dati sull'esperienza degli utenti dovrebbero essere interpretati insieme alle evidenze qualitative e, ove disponibili, ai risultati sulla ritenzione.

- **5. Analisi delle interviste approfondite**

Le interviste online costituiranno la dimensione qualitativa della Valutazione dell'esperienza di apprendimento.

L'analisi tematica può essere organizzata attorno a cinque grandi categorie:

1. **Valore educativo percepito** – in che modo l'AR/VR aiuta i partecipanti a comprendere i concetti STEM.
2. **Coinvolgimento e motivazione** – quali caratteristiche stimolano curiosità, esplorazione e partecipazione continuativa.
3. **Usabilità e accessibilità** – barriere tecnologiche, cognitive o pratiche incontrate durante l'interazione.
4. **Comprensione concettuale** – se la visualizzazione e l'interazione aiutano i partecipanti a comprendere *perché* un fenomeno si verifica, anziché limitarsi a ricordare *come* svolgere un compito.
5. **Bisogni e raccomandazioni** – suggerimenti dei partecipanti riguardo a contenuti, design, supporto, scaffolding e future risorse AR/VR.

Particolare attenzione dovrebbe essere riservata ai commenti ricorrenti relativi a concetti che i partecipanti descrivono come **astratti, invisibili, dinamici, spazialmente complessi o difficili da visualizzare**. Queste risposte possono orientare direttamente la selezione e la progettazione delle risorse sviluppate nel WP3.

- **6. Identificazione dei temi prioritari nelle discipline STEM**

L'identificazione dei temi STEM prioritari non dovrebbe basarsi su un'unica fonte di evidenza. La Valutazione dell'esperienza di apprendimento può invece adottare un **processo di triangolazione** che combina:

- (a) i risultati della revisione sistematica;
- (b) le risposte al questionario di docenti e partecipanti;
- (c) le evidenze qualitative emerse dalle interviste; e
- (d) ove disponibili, i risultati del test di ritenzione.

Questo approccio è particolarmente ben supportato dalla revisione sistematica. La sua terza domanda di ricerca ha indagato specificamente quali argomenti STEM gli studenti trovano più difficili da comprendere e da ritenere, e l'analisi ha codificato gli argomenti per disciplina STEM e per natura della difficoltà riscontrata. A_Systematic_Review_of_the_Comp...

Temi prioritari preliminari individuati dalla revisione sistematica

Le evidenze costituiscono un ottimo punto di partenza per il processo di selezione dei temi di STEM-IT.

Area STEM	Temi prioritari individuati
Fisica	Elettricità e circuiti; forza; trasformazioni dell'energia; moto
Chimica	Legame chimico e struttura molecolare; stechiometria; conservazione della massa
Biologia	Fotosintesi; respirazione cellulare; genetica; ereditarietà
Scienze della Terra e dell'ambiente	Sistemi climatici; ciclo del carbonio; tettonica delle placche
Matematica	Variabili e relazioni funzionali; visualizzazione spaziale; tasso di variazione e accumulazione; ragionamento proporzionale; dimostrazione e ragionamento deduttivo; limiti e continuità
Tecnologia/Ingegneria	Logica e debugging; ottimizzazione e interdipendenza dei sistemi; astrazione e progettazione di algoritmi; trasferimento rappresentazionale e integrazione dei sistemi
STEM integrate	Cambiamento climatico; politiche energetiche; biotecnologie; modellizzazione dei sistemi

Queste priorità sono direttamente supportate dalla sintesi della revisione. In fisica, **elettricità e circuiti** è emerso con maggiore frequenza (n=15), seguito da forza e trasformazioni dell'energia (n=9 ciascuno) e moto (n=8). In chimica le difficoltà si sono concentrate in particolare su legame chimico e struttura molecolare. In biologia sono emerse difficoltà particolarmente marcate riguardo alla fotosintesi, seguita da respirazione cellulare e genetica. Nelle scienze della Terra e dell'ambiente le difficoltà hanno riguardato i sistemi climatici, il ciclo del carbonio e la tettonica delle placche.

La matematica ha presentato difficoltà in variabili e relazioni funzionali e nella visualizzazione spaziale (n=11 ciascuna), seguite da tasso di variazione e accumulazione, ragionamento proporzionale, dimostrazione e ragionamento deduttivo, limiti e continuità. Le difficoltà in tecnologia e ingegneria hanno riguardato logica e debugging, ottimizzazione e interdipendenza dei sistemi, astrazione e progettazione di algoritmi.

Anche i contesti STEM integrati hanno evidenziato sfide significative, in particolare **cambiamento climatico (n=15), politiche energetiche (n=5), biotecnologie (n=3) e progetti interdisciplinari e modellizzazione dei sistemi (n=6)**. Queste aree sono particolarmente interessanti perché sono cognitivamente impegnative, ma possono favorire una comprensione integrata quando viene fornito uno scaffolding adeguato.

- **7. Dalle difficoltà individuate alle risorse educative AR/VR**

Lo scopo dell'identificazione degli argomenti STEM difficili non è semplicemente compilare un catalogo di misconcezioni. I risultati orienteranno la **selezione e la progettazione pedagogica delle risorse educative AR/VR nel WP3**.

La priorità dovrebbe pertanto essere data agli argomenti che soddisfano contemporaneamente diversi criteri: emergono come problematici nella letteratura; i docenti li indicano come difficili da insegnare; i discenti li indicano come difficili da comprendere o ricordare; e le loro caratteristiche li rendono particolarmente adatti a una rappresentazione immersiva.

La revisione sistematica fornisce una solida giustificazione teorica per questo approccio. Molti degli argomenti più difficili richiedono ai discenti di integrare rappresentazioni astratte con meccanismi **invisibili, dinamici o sistemici**. Ne sono esempi le interazioni molecolari, l'elettricità, le forze, le trasformazioni dell'energia, i processi cellulari e i sistemi terrestri complessi.

È proprio qui che l'AR/VR può offrire un particolare valore educativo. Ad esempio, una risorsa AR/VR potrebbe consentire ai discenti di visualizzare il legame molecolare a scale diverse, manipolare le forze e osservare il moto risultante, entrare in una cellula tridimensionale per esplorare la respirazione cellulare, visualizzare dinamicamente le trasformazioni dell'energia, esplorare le interazioni tra le placche o manipolare le componenti del ciclo del carbonio e osservarne le conseguenze sistemiche.

Pertanto, la selezione finale non dovrebbe basarsi semplicemente sulla domanda:

“Quali argomenti sono difficili?”

bensì sulla domanda:

“Quali concetti STEM difficili potrebbero diventare più comprensibili attraverso una rappresentazione spaziale, interattiva, dinamica o immersiva?”

Questa distinzione fornisce un collegamento diretto e difendibile tra **l'analisi dei bisogni del WP2 e lo sviluppo delle risorse del WP3**.

- **8. Valutazione della ritenzione**

La componente di ritenzione rappresenta un importante valore aggiunto della Valutazione dell'esperienza di apprendimento di STEM-IT.

La revisione sistematica evidenzia una lacuna sostanziale nella ricerca: solo quattro dei 204 studi hanno esaminato esplicitamente la ritenzione. Le limitate evidenze disponibili suggeriscono tuttavia una tendenza importante. **La conoscenza procedurale può persistere mentre la comprensione concettuale si deteriora quando ai discenti non vengono offerte opportunità di riflessione strutturata e di rielaborazione.**

A_Systematic_Review_of_the_Comp...

Ad esempio, le evidenze esaminate in fisica hanno indicato che l'abilità procedurale relativa a forza ed energia può persistere, mentre il ragionamento esplicativo si deteriora in assenza di una revisione strutturata. In matematica, un apprendimento iterativo e riflessivo è risultato associato a prestazioni migliori in una valutazione differita a quattro settimane.

A_Systematic_Review_of_the_Comp...

La valutazione della ritenzione di STEM-IT dovrebbe pertanto andare oltre il richiamo di fatti. Ove possibile, dovrebbe distinguere tra:

Ritenzione procedurale — “Il discente è ancora in grado di farlo?”

e

Ritenzione concettuale — “Il discente è ancora in grado di spiegare perché accade?”

Questa distinzione rafforzerebbe in modo sostanziale la valutazione delle risorse AR/VR, poiché un'esperienza di apprendimento immersiva di successo dovrebbe idealmente contribuire non solo al coinvolgimento e alla prestazione immediata, ma anche a una **comprensione concettuale duratura.**

- **9. Integrazione dei risultati quantitativi e qualitativi**

La Valutazione finale dell'esperienza di apprendimento dovrebbe integrare le diverse fonti di evidenza anziché riportarle separatamente.

Ad esempio, un argomento STEM può ricevere una priorità elevata quando più risultati convergono: i docenti riferiscono che gli studenti faticano a comprenderlo; i discenti lo indicano come difficile; la letteratura individua misconcezioni persistenti; i punteggi di ritenzione sono bassi; e i partecipanti indicano che la visualizzazione o la manipolazione interattiva favorirebbero la loro comprensione.

Al contrario, un argomento difficile ma che richiede principalmente una pratica procedurale ripetitiva può avere una priorità inferiore per lo sviluppo immersivo rispetto a un concetto che coinvolge **strutture tridimensionali, processi dinamici, meccanismi invisibili, relazioni spaziali o sistemi complessi.**

Si potrebbe quindi elaborare una **Matrice delle priorità per il WP3 finale**:

Argomento	Evidenza dalla letteratura	Evidenza dall'indagine	Evidenza dalle interviste	Difficoltà di ritenzione	Idoneità AR/VR	Priorità
Elettricità e circuiti	Alta	Da valutare	Da valutare	Da valutare	Alta	Da definire
Trasformazioni dell'energia	Alta	Da valutare	Da valutare	Da valutare	Alta	Da definire
Legame chimico	Alta	Da valutare	Da valutare	Da valutare	Molto alta	Da definire
Fotosintesi	Alta	Da valutare	Da valutare	Da valutare	Alta	Da definire
Respirazione cellulare	Alta	Da valutare	Da valutare	Da valutare	Molto alta	Da definire
Visualizzazione spaziale	Alta	Da valutare	Da valutare	Da valutare	Molto alta	Da definire
Sistemi climatici	Alta	Da valutare	Da valutare	Da valutare	Molto alta	Da definire
Ciclo del carbonio	Alta	Da valutare	Da valutare	Da valutare	Molto alta	Da definire
Tettonica delle placche	Alta	Da valutare	Da valutare	Da valutare	Molto alta	Da definire

Le voci “Da valutare” sono importanti in questa fase. Il documento caricato fornisce le evidenze dalla letteratura, ma non contiene i risultati del questionario, delle interviste o del test di ritenzione di STEM-IT. Tali colonne non dovrebbero pertanto essere compilate finché non saranno disponibili dati effettivi dei partecipanti.

• 10. Risultati attesi e raccomandazioni

La Valutazione dell'esperienza di apprendimento fornirà una base fondata su evidenze per lo sviluppo delle risorse educative AR/VR di STEM-IT. Combinando accettazione della tecnologia, motivazione, interesse per il compito, esperienza qualitativa degli utenti, difficoltà concettuale e ritenzione, la valutazione va oltre una semplice verifica del fatto che ai partecipanti la tecnologia immersiva sia “piaciuta”.

I risultati consentiranno al consorzio di individuare quali argomenti STEM debbano essere considerati prioritari, perché i discenti incontrino difficoltà con essi e quali caratteristiche dell'AR/VR possano essere utilizzate a livello pedagogico per affrontare tali difficoltà.

La revisione sistematica indica già che la sfida educativa centrale non riguarda principalmente la capacità degli studenti di eseguire procedure, bensì lo sviluppo di una comprensione concettuale coerente, trasferibile e duratura. Gli studenti hanno maggiori

probabilità di ritenere le conoscenze che sono state integrate in modo significativo, mentre le conoscenze acquisite proceduralmente senza riflessione sono più esposte a frammentazione e decadimento.

Di conseguenza, le risorse del WP3 dovrebbero privilegiare **esplorazione attiva, rappresentazioni multiple, manipolazione, modellizzazione, indagine e opportunità di riflessione**, anziché utilizzare l'AR/VR principalmente per la sua attrattiva visiva o per la novità tecnologica. Il criterio ultimo di successo delle risorse immersive di STEM-IT dovrebbe quindi essere la loro capacità di portare i discenti dal **“sapere come” al “sapere perché”**, sostenendo al contempo coinvolgimento, accessibilità e una comprensione duratura.

Un'importante osservazione metodologica: presenterei la revisione sistematica come **un flusso di evidenze all'interno della Valutazione dell'esperienza di apprendimento**, e non come se fosse il risultato del questionario. In questo modo il deliverable risulta molto più solido: **revisione sistematica → valutazione dei bisogni basata su TAM/IMMS/TIS → interviste → test di ritenzione → temi STEM prioritari → sviluppo AR/VR nel WP3**. Ciò conferisce all'intero work package una catena metodologica molto chiara.