

# GUIDA PRATICA ALLA VR





# Informazioni sul progetto

---

## Partners



**Programma:** Erasmus

**Riferimento del progetto:** 2024-1-PL01-KA220-HED-000245347

**Azione chiave:** Partenariati per la cooperazione e lo scambio di pratiche

**Tipo di azione:** Partenariati di cooperazione nell'istruzione superiore

**Data di inizio:** 01-09-2024

**Data di fine:** 31-08-2027

**Coordinatore del progetto:** Università Tecnologica di Cracovia

Le opinioni espresse appartengono, tuttavia, al solo o ai soli autori e non riflettono necessariamente le opinioni dell'Unione europea o dell'Agenzia esecutiva europea per l'istruzione e la cultura (EACEA). Né l'Unione europea né l'EACEA possono esserne ritenute responsabili.



**Co-funded by  
the European Union**



<https://vrchem.pk.edu.pl/>



# Sommario

## 1 Realtà Virtuale, panoramica e tecnologia 11

1.1 Definizione di VR .....	11
1.2 Dispositivi e categorie all'interno della tecnologia VR.....	12
1.3 Software e applicazioni.....	14
1.4 La VR nell'istruzione .....	15
1.5 Applicazioni nell'istruzione superiore .....	16
1.6 Supporto alla ricerca.....	21

## 2 Come integrare la RV nei programmi di studio 23

2.1 Panoramica e concetti principali.....	24
2.2 Progettare l'esperienza VR e l'integrazione nel programma di studi.....	29
2.2.1 Risultati di apprendimento previsti: perché sono importanti?.....	29
2.2.2 Come formulare gli ILO?.....	32
2.3 Compito di valutazione .....	34
2.3.1 Funzioni di valutazione.....	36
2.3.2 Esempi di compiti di valutazione .....	38
2.3.3 Rubrica.....	40
2.3.4 Per riassumere .....	42
2.4 Attività didattiche e di apprendimento .....	43
2.4.1 Quale quadro di riferimento utilizzare per (ri)progettare le TLA in modo da adattarle alla realtà virtuale? .....	44
2.4.2 Programma e piano delle lezioni .....	52
2.4.3 Alcuni strumenti e risorse .....	54
2.5 Sfide .....	56
2.6 Progettare esperienze di apprendimento VR inclusive.....	58
2.7 Guida rapida .....	60
2.8 Ricerca di supporto.....	61

---

### **3 Sperimentazione dell'apprendimento in realtà virtuale: l'esperienza del Politecnico di Milano** **65**

---

3.1 Creazione di laboratori VR.....	65
3.1.1 Ruoli coinvolti.....	67
3.1.2 Considerazioni sui dispositivi.....	67
3.2 Lezioni potenziate dalla realtà virtuale al POLIMI.....	71
3.3 Strumenti di monitoraggio e valutazione.....	73
3.3.1 Raccolta dati tramite moduli cartacei.....	73
3.3.2 Questionari post-lezione.....	75
3.3.3 Relazione finale.....	77
3.4 Ricerca di supporto.....	78

### **4 Materiali didattici per le lezioni in VR** **79**

---

4.1 Linee guida per educatori e formatori.....	79
4.2 Linee guida per gli studenti.....	85
4.3 Materiali condivisi.....	89

### **Kit di avvio** **91**

---





# Sintesi

Questo opuscolo contiene informazioni empiriche e teoriche utili per i responsabili delle decisioni, gli educatori, gli istruttori e i formatori nel contesto dell'istruzione superiore che desiderano approfondire la loro conoscenza della tecnologia della realtà virtuale e delle sue applicazioni pratiche in ambito universitario.

L'opuscolo, intitolato Guida pratica alla realtà virtuale, è stato realizzato nell'ambito del progetto di ricerca europeo VRChem come parte del Work Package 2.

È stato redatto dal **METID - Learning Innovation del Politecnico di Milano**, con il supporto della supervisione e della revisione del consorzio del progetto.

L'opuscolo è suddiviso in quattro sezioni:

**Il capitolo 1** introduce il concetto di tecnologia VR (realtà virtuale), le sue definizioni teoriche e gli effetti delle sue implicazioni nel campo dell'istruzione. Viene presentata una breve rassegna narrativa da parte di accademici, che evidenzia i vantaggi dell'applicazione di questa tecnologia nell'ambiente di apprendimento. Vengono presentate diverse prospettive sulla tecnologia, concentrandosi non solo sui visori, ma anche su altri dispositivi, sistemi e software coinvolti nel suo utilizzo. Vengono riportati casi di studio applicativi, tratti dall'esperienza dei partner nelle università, come esempi di VR all'interno dei sistemi educativi.

**Il capitolo 2** guida gli insegnanti nella progettazione di esperienze di apprendimento efficaci basate sulla VR.

Si inizia con la definizione di chiari risultati di apprendimento previsti (ILO). Successivamente, si spiega come progettare un compito di valutazione in linea con tali risultati. Gli insegnanti vengono guidati nella creazione di attività supportate dalla realtà virtuale che promuovono il coinvolgimento. Il capitolo sottolinea l'allineamento tra ILO, attività e valutazioni. Offre consigli pratici per la pianificazione e l'integrazione in classe.

**Il capitolo 3** presenta informazioni non da un punto di vista teorico, ma dall'osservazione empirica che il POLIMI (Politecnico di Milano) ha condotto all'interno dei propri laboratori dall'introduzione dei sistemi di realtà virtuale. Questa sezione dell'opuscolo mira a riportare l'esperienza universitaria, fungendo da esempio per altri insegnanti, educatori o decisori in contesti educativi che desiderano introdurre la realtà virtuale nelle loro classi.

Vengono presentati i ruoli e gli attori coinvolti, insieme alle configurazioni hardware e software necessarie per gestire più corsi all'interno dei laboratori. Infine, vengono presentati come suggerimenti importanti strumenti di monitoraggio quali moduli di presenza, questionari post-lezione e relazioni.

**Il capitolo 4** funge da appendice al capitolo precedente, descrivendo in dettaglio il materiale preparatorio che POLIMI ha sviluppato nel corso degli anni per consentire a educatori e studenti di prepararsi al meglio per una lezione potenziata dalla realtà virtuale.

Sono state fornite linee guida per entrambe le parti interessate nel settore dell'istruzione e la loro utilità è descritta nel capitolo finale.

L'opuscolo funge da lavoro che presenta prospettive teoriche e pratiche sull'applicazione della tecnologia VR nel campo educativo, anche in prima linea con educatori e formatori.



# Glossario

**AR** - Realtà aumentata

**AV** - Virtualità aumentata

**CAVE** - Cave Automatic Virtual Environment

**DPIA** - Valutazione d'impatto sulla protezione dei dati

**HMDs** - Visori montati sulla testa

**ILO** - Risultati di apprendimento previsti

**LMS** - Sistema di gestione dell'apprendimento

**METID** - Learning Innovation del Politecnico di Milano  
[www.metid.polimi.it](http://www.metid.polimi.it)

**MR** - Realtà mista

**POLIMI** - Politecnico di Milano (Italia, Milano)

**STEM** - Scienza, Tecnologia, Ingegneria e Matematica

**TLA** - Attività di insegnamento e apprendimento

**VR** - Realtà virtuale

**VR Labs** - Di solito si riferisce ai laboratori VR sviluppati all'interno del Politecnico di Milano

**VRCHEM** - Progetto europeo Erasmus per lo studio dell'integrazione innovativa della realtà virtuale nell'insegnamento dell'ingegneria chimica

**VRISE** - Sintomi ed effetti indotti dalla realtà virtuale

**XR** - Realtà estesa



# Roadmap

<b>FASE</b>	<b>ATTIVITÀ</b>	<b>APPROFONDIMENTO</b>
Comprensione delle basi della realtà virtuale e delle opportunità nel campo dell'istruzione	Introduzione alla tecnologia, al suo contesto teorico, ai suoi principali vantaggi e al suo impatto nel campo dell'istruzione.	Capitolo 1
Progettazione dell'esperienza VR e integrazione nel programma di studi	Riformulazione e/o arricchimento del corso esistente sui risultati di apprendimento previsti, compreso il raggiungimento delle competenze trasversali e il miglioramento delle capacità emotive e psicomotorie. Ridefinizione dei compiti di valutazione e delle attività didattiche e di apprendimento in linea con i principi costruttivisti.	Capitolo 2
Implementazione dell'esperienza	Sviluppo di piani di lezione, identificazione delle modalità di utilizzo della realtà virtuale in classe, sperimentazione della lezione in realtà virtuale, fornitura di orientamento e supporto.	Capitolo 2
Selezione e sviluppo di strumenti e risorse VR	Scegliere la piattaforma VR più adatta, costruire i componenti, valutare l'accessibilità e i costi e testare personalmente l'ambiente VR per comprenderne la navigazione, l'interazione e i potenziali problemi.	Capitolo 3
Valutazione e scalabilità	Esaminare come altri hanno utilizzato strumenti e moduli di monitoraggio e gestione per organizzare nel miglior modo possibile le lezioni sostituite dalla tecnologia VR.	Capitolo 4

# 01



## Realtà virtuale, panoramica e tecnologia

**N**egli ultimi decenni, tecnologie immersive come la realtà virtuale (VR) e la realtà aumentata (AR) sono state ampiamente adottate in diversi ambiti, che vanno dalle applicazioni militari ai giochi, dai settori artistici e culturali all'intrattenimento, e sempre più spesso nell'istruzione, tra molti altri. L'integrazione diffusa di queste tecnologie in vari campi è stata facilitata dalla loro capacità di migliorare l'esperienza dell'utente, il coinvolgimento e l'interazione in molteplici applicazioni. Inoltre, la loro adozione è stata guidata dai significativi vantaggi che offrono nelle simulazioni della vita reale, tra cui guadagni in termini di efficienza in termini di tempo, energia e risorse finanziarie.

Nel campo dell'istruzione, numerosi studi hanno evidenziato i vantaggi della VR nel migliorare l'esperienza di apprendimento. Favorendo un coinvolgimento più profondo e migliorando la conservazione delle conoscenze e facilitando l'apprendimento esperienziale, la VR ha dimostrato un forte potenziale per trasformare gli approcci pedagogici tradizionali.

Questo capitolo introduttivo fornisce una panoramica completa della tecnologia VR, delineandone i principi fondamentali, le applicazioni generali e i principali sistemi e dispositivi di visualizzazione utilizzati negli ambienti VR. Inoltre, esamina i vantaggi specifici delle tecnologie immersive in contesti educativi, attingendo a casi di studio del consorzio di ricerca europeo VRChem per illustrarne l'impatto e l'efficacia nel migliorare i risultati dell'apprendimento.

### 1.1 Definizione di VR

Il termine "realtà virtuale" è stato introdotto per la prima volta da Jaron Lanier nel 1986 e la sua concettualizzazione si è evoluta in risposta ai progressi tecnologici. (Berkman, 2018)

---

Schroeder (1996) definisce la VR come un ambiente generato dal computer che favorisce un senso di presenza, consentendo agli utenti di interagire all'interno di uno spazio digitale distinto dall'ambiente fisico circostante. Allo stesso modo, Glännfjord et al. (2017) descrivono la VR come una simulazione che genera un mondo virtuale dall'aspetto realistico, mentre Levy et al. (2016) sottolineano la sua natura interattiva all'interno di un ambiente tridimensionale generato dal computer.

Queste e altre definizioni convergono su concetti chiave quali presenza, stimoli, percezione sensoriale, interazione e ambiente, tutti fondamentali per le esperienze immersive nella VR. (Spallazzo & Ceconello, 2024)

Un quadro teorico cruciale in questo ambito è il Continuum della Virtualità, introdotto da Milgram e Kishino (1994), che delinea la categoria più ampia delle tecnologie di Realtà Estesa (XR). Il loro continuum concettualizza uno spettro di sistemi di visualizzazione, che vanno dalla Realtà Virtuale completamente immersiva, in cui un ambiente costruito digitalmente circonda l'utente, alla Realtà Tangibile, il mondo fisico in cui operiamo tipicamente senza la mediazione tecnica di alcun dispositivo. All'interno di questo spettro si collocano le tecnologie di realtà mista (MR), che integrano elementi sia virtuali che reali. Queste includono, tra le altre tecnologie, la realtà aumentata (AR), in cui gli artefatti digitali si sovrappongono all'ambiente fisico, e la virtualità aumentata (AV), in cui oggetti tangibili sono incorporati in uno spazio prevalentemente virtuale. Collettivamente, queste tecnologie costituiscono il panorama più ampio della XR.

Questo documento descrittivo, tuttavia, si concentra esplicitamente sulla VR e sulle sue applicazioni nell'istruzione, dove le sue caratteristiche immersive, interattive e coinvolgenti svolgono un ruolo fondamentale nel plasmare le esperienze di apprendimento. Per comprendere meglio l'uso di questa tecnologia nell'ambito educativo, i capitoli seguenti esaminano i dispositivi tipicamente utilizzati per le attività di VR e i relativi software e applicazioni.

## 1.2 Dispositivi e categorie all'interno della tecnologia VR

La tecnologia VR può essere implementata utilizzando vari sistemi e dispositivi di visualizzazione, tra cui visori (HMD), sistemi basati su proiezione, altoparlanti e altre tecnologie sensoriali. È essenziale sottolineare che gli ambienti immersivi vanno oltre la percezione visiva, incorporando stimoli uditivi, tattili, olfattivi e persino termici o basati sull'umidità, a seconda dei dispositivi e dei sistemi specifici utilizzati.

---

Nelle installazioni artistiche e di intrattenimento contemporanee, le esperienze immersive esplorano sempre più spesso un coinvolgimento sensoriale non convenzionale e attuatori fisici computerizzati attraverso l'integrazione di profumi, laser o vapore, ampliando così la portata dell'immersione sensoriale.

Quando si parla di VR, il termine indica tipicamente ambienti virtuali composti da stimoli visivi e uditivi digitali a 360° o 180°. Queste esperienze possono essere fornite attraverso sistemi completamente immersivi, semi-immersivi o non immersivi, ciascuno dei quali varia nel livello di coinvolgimento sensoriale che offre. (Martirosov et al., 2021)

**I sistemi completamente immersivi** offrono una simulazione a 360° che avvolge completamente l'utente in un ambiente digitale. Questa categoria include spesso l'uso di device come gli HMD (ad esempio Meta Quest 2/3, Apple Vision Pro, HTC Vive) e i sistemi CAVE, che utilizzano più proiettori o schermi per circondare l'utente. L'immersione audio è ottenuta tramite altoparlanti integrati o sistemi audio spaziali, mentre l'interazione con gli elementi virtuali può coinvolgere controller manuali o dispositivi di feedback tattile, migliorando ulteriormente il coinvolgimento tattile.

**I sistemi semi-immersivi** utilizzano solitamente schermi o display basati su proiezioni che presentano simulazioni virtuali senza circondare completamente il campo visivo dell'utente. Sebbene questi sistemi possano fornire esperienze coinvolgenti, non dominano completamente la percezione sensoriale dell'utente come fanno le configurazioni completamente immersive.

**I sistemi non immersivi** prevedono l'uso di dispositivi portatili come tablet o smartphone, che consentono agli utenti di navigare in ambienti virtuali senza un'immersione spaziale diretta. Queste piattaforme offrono un'esperienza sensoriale più limitata rispetto alle loro controparti immersive.

Nel contesto dell'istruzione, le esperienze di apprendimento basate sulla VR vedono prevalentemente l'utilizzo degli HMD. Questa preferenza è attribuita al costo relativamente basso, all'efficacia qualitativa e ai vantaggi logistici degli HMD, che offrono facilità di implementazione e accessibilità sia per gli studenti che per gli educatori. (Jensen & Konradsen, 2017)

Dall'esperienza empirica in aula degli autori, gli HMD offrono una soluzione più pratica ed economica per contenuti completamente immersivi rispetto ai sistemi basati su proiezione o CAVE. Consentono una più ampia esposizione degli studenti alla tecnologia VR, semplificando al contempo i processi organizzativi e gestionali.

---

## 1.3 Software e applicazioni

---

Gli HMD consentono agli studenti di accedere a una vasta gamma di contenuti didattici, adattati a specifici obiettivi pedagogici. La selezione dei contenuti VR dipende in larga misura dagli ILO e dalla materia trattata. In alcuni casi, le attività didattiche possono richiedere solo un'esperienza video a 360°, come una visita virtuale di un museo, di un centro storico o di un ambiente naturale.

In altri casi, possono essere necessarie applicazioni più interattive, come simulazioni virtuali per l'analisi vettoriale matematica, esercizi di acquisizione linguistica o applicazioni orientate alla progettazione che facilitano la modellazione e il disegno 3D. Inoltre, scenari didattici specifici possono richiedere simulazioni altamente dettagliate di ambienti di laboratorio o impianti industriali, come gli impianti chimici, per fornire opportunità di apprendimento esperienziale pratico.

Nel condurre ricerche sul campo volte a valutare lo stato attuale delle applicazioni VR rilevanti per le pratiche educative contemporanee, METID ha cercato di classificare le applicazioni disponibili. In primo luogo, una divisione generale tra:

**Applicazioni**, che si riferiscono alle applicazioni presenti su Steam VR o Meta Quest Store o servizi simili, comprese le applicazioni uniche sviluppate all'interno dell'università o del dipartimento.

**Piattaforme**, ovvero i servizi forniti da terze parti che sviluppano esperienze di simulazione VR personalizzate o esperienze di apprendimento (principalmente materie STEM).

All'interno delle applicazioni, abbiamo identificato diversi cluster:

**App di disegno 3D:** software dedicato alla creazione di schizzi tridimensionali, operazioni di pittura e realizzazione di opere grafiche con tecnologia VR.

**App di modellazione 3D:** software dedicato alla modellazione 3D di prodotti, architettura, interni e pianificazione urbana.

**App di costruzione VR:** software e piattaforme dedicati allo sviluppo di modelli/interazioni/ambienti in VR.

**App per spazi di lavoro:** applicazioni che consentono l'utilizzo di spazi virtuali in cui organizzare riunioni/presentazioni/conferenze/eventi, con la possibilità di utilizzare strumenti che migliorano/accompagnano l'attività lavorativa.

---

**App per spazi virtuali:** applicazioni che consentono l'utilizzo di spazi virtuali per riunioni/ eventi/mostre/conferenze a scopo divulgativo/informativo/artistico/ecc.

**Altre applicazioni:** relative a contenuti VR più specifici come simulazioni di laboratori di chimica, app per la formazione in medicina, visualizzazione dei dati, plug-in per software BIM, applicazioni per l'apprendimento delle lingue e molti altri.

## 1.4 VR nell'istruzione

---

Le tecnologie immersive, compresa la VR, sono sempre più integrate in vari campi, che vanno dai settori culturali e artistici alla formazione professionale e all'istruzione. Nel campo dell'istruzione, queste tecnologie sono state progressivamente adottate in diversi contesti di apprendimento, dimostrando il loro potenziale per migliorare l'esperienza di apprendimento e i risultati accademici. (Beck et al., 2023; Pellas et al., 2020)

Il riconoscimento accademico del potenziale della VR nell'istruzione deriva dalla sua capacità di fornire alti livelli di immersione e interazione, fattori chiave per promuovere il coinvolgimento e facilitare l'apprendimento esperienziale. I risultati della ricerca evidenziano costantemente l'impatto positivo della VR sull'efficacia dell'apprendimento. Shute et al. (2017) riportano studi che dimostrano i vantaggi dell'integrazione della VR in contesti educativi. Allo stesso modo, Hamilton et al. (2021) hanno condotto una revisione sistematica che ha identificato vantaggi significativi nell'apprendimento cognitivo, procedurale e affettivo. In particolare, le applicazioni della VR nell'istruzione sono state collegate a un aumento del coinvolgimento e della motivazione degli studenti, rafforzando il loro valore pedagogico. (Parong & Mayer, 2018)

Una revisione completa della letteratura indica che gli ambienti VR completamente immersivi migliorano l'apprendimento in circa la metà degli studi cognitivi analizzati, in particolare quando si affrontano concetti complessi o astratti che richiedono una visualizzazione spaziale. Inoltre, gli studi sull'apprendimento procedurale suggeriscono che la formazione basata sulla VR può facilitare l'acquisizione di competenze, con prove evidenti a sostegno della trasferibilità di queste competenze dalle applicazioni virtuali a quelle reali. Nonostante le approfondite ricerche sull'apprendimento cognitivo e procedurale, il ruolo della VR nell'apprendimento affettivo e nel cambiamento comportamentale rimane poco esplorato nei contesti educativi. Sebbene la VR immersiva sia stata ampiamente studiata per il suo impatto emotivo e comportamentale in applicazioni non educative, sono necessarie ulteriori ricerche per comprenderne il pieno potenziale all'interno degli ambienti di apprendimento. (Concannon et al., 2019)

---

---

La VR si è affermata come uno strumento efficace per l'acquisizione di conoscenze e lo sviluppo di competenze, dimostrando il suo valore sia in scenari di apprendimento teorico che pratico. (Radianti et al., 2020) Le osservazioni condotte dal METID al Politecnico di Milano, dove sono state implementate lezioni di VR che utilizzano HMD, confermano ulteriormente questi risultati. Gli studenti riferiscono livelli elevati di soddisfazione e divertimento, anche quando interagiscono con contenuti VR per esercizi legati alla valutazione. Inoltre, molti studenti esprimono un forte interesse a ripetere l'esperienza e sostengono una più ampia adozione dell'apprendimento basato sulla VR in diversi corsi. Queste intuizioni evidenziano la crescente domanda di esperienze educative immersive e sottolineano la necessità di una continua ricerca e implementazione delle tecnologie VR in contesti accademici.

## 1.5 Applicazioni nell'istruzione superiore

---

Nell'ambito del progetto di ricerca europeo VRChem, il consorzio è stato incaricato di riportare casi di studio sull'applicazione della tecnologia VR in situazioni reali in classe. I partner hanno segnalato diverse situazioni in cui la VR è stata applicata nelle lezioni all'interno dei propri istituti di istruzione. Ecco alcuni esempi; altre tabelle che riportano informazioni su vari casi di studio condivisi dal consorzio sono disponibili a questo [link](#).

### ChemXP - Università de Aveiro

ChemXP è un'iniziativa multidisciplinare sviluppata grazie alla collaborazione di ricercatori in comunicazione multimediale, informatica e chimica dell'Università di Aveiro e dell'Università di Oviedo.

L'obiettivo principale di ChemXP è quello di progettare, implementare e valutare due giochi a scopo didattico che sfruttano le tecnologie di realtà mista (MR)-realtà aumentata (AR) e realtà virtuale (VR)- per migliorare il coinvolgimento e la comprensione degli studenti nella chimica organica. Nello specifico, entrambi i giochi si concentrano sull'aiutare gli studenti a determinare la configurazione assoluta R/S degli enantiomeri. Il gioco basato sulla realtà aumentata incorpora un'esperienza di apprendimento strutturata che prevede missioni multiple, un approccio narrativo, un tutorial interattivo, un sistema di ricompense con badge e uno strumento di creazione molecolare basato sulla fisica. Al contrario, il gioco basato sulla realtà virtuale introduce meccaniche interattive uniche, tra cui l'uso di poteri speciali per facilitare l'apprendimento.

---

L'usabilità e l'efficacia di questi giochi sono state valutate attraverso uno studio pilota che ha coinvolto studenti di chimica dell'Università di Aveiro. Il gioco AR è stato accessibile tramite smartphone, mentre il gioco VR è stato sperimentato utilizzando HMD Meta Quest 2. .



◀ Fig. 1.5a: ChemXP – Università di Aveiro

## Visite virtuali al laboratorio di ricerca in ingegneria chimica – Università di Cadice

Dal 2021, l'Università di Cadice a Puerto Real, in Spagna, ha implementato un'iniziativa educativa innovativa progettata per migliorare il coinvolgimento degli studenti in Ingegneria Chimica.

Questa iniziativa consente agli studenti di visitare laboratori didattici e di ricerca relativi ai programmi di laurea e master in Ingegneria Chimica, utilizzando la realtà virtuale per fornire un'esperienza immersiva agli studenti universitari e post-laurea in questi laboratori.

L'attività di realtà virtuale è integrata come componente opzionale a seguito di un seminario progettato per informare gli studenti sui corsi di laurea triennale e magistrale in Ingegneria Chimica. Offrendo visite virtuali ai laboratori, questa iniziativa consente agli studenti di esplorare gli ambienti di ricerca a distanza, migliorando così la loro comprensione delle strutture e delle attività di ricerca all'interno del corso.

Oltre ai laboratori, queste visite virtuali sono state estese a due strutture di interesse legate all'insegnamento dell'Ingegneria Chimica: l'impianto di trattamento delle acque reflue e la cantina vinicola.

## Scuola estiva - Università di Tecnologia di Lodz

A Šibenik è stata organizzata una scuola estiva nell'ambito del progetto ATOMIC, con l'obiettivo primario di testare strumenti immersivi sviluppati per la formazione delle competenze trasversali. Il programma ha riunito partecipanti provenienti da diversi contesti professionali e accademici per partecipare a sessioni pratiche utilizzando tecnologie VR e AR all'avanguardia. L'attenzione si è concentrata sulla valutazione di come questi strumenti immersivi possano migliorare la comunicazione, il lavoro di squadra e le capacità di risoluzione dei problemi in scenari dinamici e realistici. I partecipanti hanno fornito un prezioso feedback sull'usabilità, il coinvolgimento e l'efficacia di questi strumenti nel replicare le sfide del mondo reale.

Questa scuola estiva non solo è servita come piattaforma per test, ma ha anche favorito discussioni sulle applicazioni più ampie delle tecnologie immersive nell'istruzione e nello sviluppo professionale. L'evento ha evidenziato il potenziale della VR e dell'AR di rivoluzionare la formazione sulle competenze trasversali, rendendola più interattiva, coinvolgente e di grande impatto. Le conoscenze acquisite guideranno ulteriori miglioramenti e l'integrazione di questi strumenti in diversi contesti formativi.



◀ Fig. 1.5b: Scuola estiva - Università di Tecnologia di Lodz

## Simulatore di saldatura virtuale VRTEX 360 - Università di Tecnologia di Cracovia

Dal 2021, il simulatore di saldatura virtuale VRTEX 360 è stato integrato nel programma di studi dell'Università di Tecnologia di Cracovia, in Polonia, a beneficio di circa 50 studenti all'anno nei settori dell'ingegneria civile, dell'ingegneria dei materiali e della meccanica e costruzione di macchine. L'iniziativa sfrutta la piattaforma VRTEX® 360 Compact K4914-1 di Lincoln Electric per migliorare la formazione pratica nella saldatura ad arco.

Il simulatore offre un'esperienza di apprendimento immersiva, consentendo agli studenti di sviluppare tecniche di saldatura e acquisire memoria muscolare per movimenti precisi delle mani, come il mantenimento dell'angolo corretto della torcia e della direzione del movimento. Consente di esercitarsi con vari processi, tecniche e materiali di saldatura, riducendo al minimo lo spreco di materiale e il consumo energetico.

Offrendo un ambiente economico e privo di rischi, il simulatore fornisce agli studenti le competenze essenziali di saldatura, i fondamenti del processo e la conoscenza dei diversi tipi di giunti e delle impostazioni delle attrezzature, preparandoli alle applicazioni nel mondo reale.



◀ Fig. 1.5c Simulatore di saldatura virtuale

## Lab VR – Politecnico di Milano

Come descritto nei capitoli seguenti, il Politecnico di Milano ha integrato la realtà virtuale nel suo curriculum accademico attraverso laboratori specializzati dotati di visori HMD. Questi laboratori offrono un ambiente di apprendimento immersivo, migliorando le esperienze didattiche in diverse discipline.

L'università ha creato due laboratori VR dedicati, ciascuno dotato di 15 postazioni di lavoro con computer desktop, monitor, HMD Quest 2 e spazi designati per garantire un utilizzo sicuro. Dal 2021, queste strutture hanno supportato vari dipartimenti accademici, tra cui Ingegneria Chimica, Design, Architettura e altri settori dell'ingegneria, coinvolgendo centinaia di studenti in diverse attività basate sulla VR.

All'interno di questi laboratori, la realtà virtuale viene utilizzata per facilitare la formazione pratica, consentendo agli studenti di interagire con contenuti tecnici complessi in modo interattivo.

Che si tratti di esplorare ambienti virtuali, manipolare modelli digitali o familiarizzare con tecnologie all'avanguardia, gli studenti traggono vantaggio da un approccio didattico coinvolgente e dinamico.

I capitoli seguenti forniranno un'analisi approfondita di questi laboratori, delle loro metodologie pedagogiche e dell'impatto della realtà virtuale sull'insegnamento accademico.

## 1.6 Ricerca di supporto

**Beck, D., Morgado, L., & O'Shea, P.** (2023). Educational practices and strategies with immersive learning environments: Mapping of reviews for using the metaverse. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 319-341.

<http://dx.doi.org/10.1109/TLT.2023.3243946>

**Berkman, M. I.** (2018). History of virtual reality. In *Encyclopedia of Computer Graphics and Games* (pp. 1-9).

[https://doi.org/10.1007/978-3-319-08234-9\\_169-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-08234-9_169-1)

**Concannon, B. J., Esmail, S., & Roberts, M. R.** (2019). Head-Mounted display virtual reality in post-secondary education and skill training. *Frontiers in Education*, 4.

<https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00080>

**Glännfjord, F., Hemmingsson, H., & Ranada, Å. L.** (2016). Elderly people's perceptions of using Wii sports bowling - A qualitative study. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, 24(5), 329-338.

<https://doi.org/10.1080/11038128.2016.1267259>

**Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C.** (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1-32.

<https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>

**Jensen, L., & Konradsen, F.** (2017). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515-1529.

<https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>

**Levy, F., Rautureau, G., Komano, O., Millet, B., Jouvent, R., & Leboucher, P.** (2016). Fear of falling: efficacy of virtual reality associated with serious games in elderly people. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 877.

<https://doi.org/10.2147/ndt.s97809>

**Martirosov, S., Bureš, M., & Zítka, T.** (2021). Cyber sickness in low-immersive, semi-immersive, and fully immersive virtual reality. *Virtual Reality*, 26(1), 15-32.

<https://doi.org/10.1007/s10055-021-00507-4>

**Milgram, P., & Kishino, F.** (1994). Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77, 1321-1329.

[https://cs.gmu.edu/~zduric/cs499/Readings/r76JBo-Milgram\\_IEICE\\_1994.pdf](https://cs.gmu.edu/~zduric/cs499/Readings/r76JBo-Milgram_IEICE_1994.pdf)

**Parong, J., & Mayer, R. E.** (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785-797.

<https://psycnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2Fedu0000241>

**Pellas, N., Dengel, A. & Christopoulos, A.** (2020). A scoping review of immersive virtual reality in STEM education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(4), 748-761.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9177354>

**Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I.** (2020). A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications for Higher Education: design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131519303276?via%3Dihub>

**Schroeder, R.** (1996). *Possible Worlds: The Social Dynamic of Virtual Reality Technologies*. Boulder: Westview Press. (1-s2.0-S1876139918302688-main, P. 6)

<https://www.semanticscholar.org/paper/Possible-Worlds%3A-The-Social-Dynamic-of-Virtual-Schroeder/d378c9ae848307da370034c387f79bf72bef11f9>

**Shute, V., Rahimi, S., & Emihovich, B.** (2017). Assessment for learning in Immersive Environments. In *Smart computing and intelligence* (pp. 71-87).

[https://doi.org/10.1007/978-981-10-5490-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-10-5490-7_5)

**Spallazzo, D., & Ceconello, M.** (2024, October 30). *Designing Immersion in Art and Culture*. Insights from Artcat4D Project.

<https://series.francoangeli.it/index.php/oa/catalog/book/1246>

## 02



## Come integrare la realtà virtuale nei programmi di studio

**L**a revisione di un corso o di parte di esso per ospitare una sperimentazione didattica attraverso strumenti e ambienti VR, richiede un'attività di progettazione dedicata che può avere un impatto sostanziale sul programma di studi. È importante ricordare che la VR non è destinata a sostituire altri approcci di apprendimento o risorse didattiche, ma è piuttosto uno strumento complementare che può migliorare l'apprendimento e le connessioni con altre discipline.

La realtà virtuale può essere integrata in diverse fasi dell'insegnamento. Ad esempio, l'esplorazione della realtà virtuale può essere utilizzata durante la prima fase dell'approccio di flipped classroom, mentre la creazione di realtà virtuale può essere utilizzata in progetti di lavoro cooperativo per applicare quanto appreso dagli studenti. Inoltre, le simulazioni VR immersive possono supportare la comprensione concettuale durante le lezioni permettendo la visualizzazione di concetti astratti (ad esempio la struttura molecolare in chimica o progetti ingegneristici complessi).

Gli scenari di gioco di ruolo basati sulla VR possono migliorare il coinvolgimento durante le attività di valutazione formativa e le esplorazioni virtuali possono fornire opportunità di apprendimento esperienziale in ambienti altrimenti inaccessibili, come monumenti storici o ecosistemi remoti.

Gli ambienti VR possono facilmente simulare impianti di produzione, come gli stabilimenti chimici, che gli studenti possono esplorare in modo sicuro, efficiente ed economico. Le attività pratiche applicative o laboratoriali possono essere svolte senza rischi o la necessità di fornire aule o strumenti specifici.

**L'esperienza multisensoriale che la realtà virtuale** può offrire agli studenti può richiedere un ampliamento della riprogettazione dell'intero corso, riformulando i suoi risultati di apprendimento attesi (Intended Learning Outcomes - ILO) per consentire agli studenti di acquisire conoscenze e competenze ai livelli più alti della tassonomia di Bloom e aggiungendo nuovi obiettivi legati al dominio psicomotorio, come la capacità di manipolare oggetti, o affettivo, come una migliore autoregolazione nella sperimentazione di situazioni rischiose.

È inoltre essenziale considerare il **coinvolgimento di un gruppo di lavoro multidisciplinare** come, ad esempio, l'area istituzionale universitaria che dovrebbe approvare l'avvio della sperimentazione VR e un esperto pedagogico che supporti i docenti nell'integrazione efficace della VR nei programmi di studio.

Questo gruppo dovrebbe includere anche tecnici esperti di VR che collaborino con il docente nello sviluppo dell'ambiente virtuale e personale tecnico per installare e configurare i dispositivi, garantendo l'accessibilità agli studenti con disabilità e un accesso equo alla tecnologia VR per tutti gli studenti. Tutti questi elementi, che richiedono molto tempo e impegno, implicano la necessità di pianificare attentamente l'intero processo di progettazione perché sia efficiente e garantisca un'esperienza di apprendimento virtuale fattibile (è disponibile una matrice decisionale per supportare la fase decisionale iniziale).

Viitaharju (2023) identifica alcuni elementi da prendere in considerazione:

**Identificare** i carichi di **lavoro didattici e di apprendimento più impegnativi** all'interno di ciascun risultato di apprendimento e trovare un terreno comune tra essi per consentire un punto di partenza mirato per la progettazione.

**Individuare le aree di applicazione** in cui la realtà virtuale può essere facilmente sperimentata, con la possibilità di scalare i materiali sviluppati nel tempo.

**Creare l'esperienza di apprendimento** in modo da **stimolare la creazione di connessioni con le conoscenze precedenti e supportare la rielaborazione** di tali conoscenze in nuovi concetti, utilizzando un'ampia varietà di formati in grado di efficientare l'uso delle risorse e permetterne una facile modifica anche con competenze tecniche di base.

## 2.1 Panoramica e concetti principali

L'introduzione della VR nell'educazione può essere impegnativa per i docenti che non hanno familiarità con la tecnologia e il suo contesto pedagogico<sup>1</sup>, rendendo fondamentale una guida chiara per un'implementazione efficace. A differenza degli strumenti didattici convenzionali, la VR richiede una **comprensione sia dell'hardware che del software, nonché della natura immersiva del mezzo**.

È inoltre fondamentale gestire le aspettative relative a problemi tecnologici o di accessibilità per tutti gli studenti.

Gli educatori devono sviluppare una conoscenza di base delle capacità e dei limiti della realtà virtuale

<sup>1</sup> Il rapporto tra contesto pedagogico e tecnologia è stato studiato dal modello TPACK elaborato nel 2006 da Punya Mishra e Matthew J. Koehler, che si concentra sulla conoscenza tecnologica (TK), la conoscenza pedagogica (PK) e la conoscenza dei contenuti (CK), offrendo un approccio produttivo a molti dei dilemmi che gli insegnanti devono affrontare nell'implementazione della tecnologia educativa (edtech) nelle loro classi.

per prendere decisioni informate sulla sua integrazione. Senza questa comprensione, si corre il rischio di sopravvalutare il potenziale della realtà virtuale o di sottoutilizzarne i punti di forza unici, portando a un'implementazione inefficace.

Per questo motivo, è essenziale creare un team multidisciplinare con cui lavorare che includa esperti di VR in grado di "tradurre" le vostre esigenze di "docenti" in impostazioni tecniche e proporre le possibili soluzioni che meglio si adattano al vostro progetto pedagogico, nonché progettisti didattici che possano aiutare ad adattare le applicazioni VR ai vostri specifici risultati di apprendimento.

Pertanto, dovrete agire non solo come esperti di contenuto, ma anche come progettisti dell'esperienza di apprendimento complessiva: riprogettare il vostro insegnamento richiede di definire in anticipo ciò che volete ottenere e come ottenerlo. Il passo successivo per integrare un'esperienza di realtà virtuale nel vostro corso è quello di stabilire i **risultati** che volete che gli studenti raggiungano, tenendo presente che essi dovrebbero essere:

- **In linea con il programma di studi;**
- **Incentrati sulle esigenze degli studenti;**
- **Orientati a mantenere gli studenti motivati e coinvolti.**

Una volta definiti chiaramente i risultati di apprendimento, sarà possibile progettare compiti di valutazione e attività didattiche che coinvolgano gli studenti. L'allineamento costruttivo, ideato da Biggs (2003), vi aiuterà in questo compito.

Prima di lavorare sui risultati dell'attività VR, potrebbe essere utile tenere presenti i seguenti aspetti:

**Specificate i livelli** della tassonomia di Bloom<sup>2</sup> che volete che gli studenti raggiungano, che vanno dalle competenze di base (ricordare, comprendere) a quelle di ordine superiore (applicare, analizzare, valutare, creare). La VR si dimostra efficace nella progettazione di esperienze di apprendimento orientate alla pratica che mirano a questi livelli superiori, promuovendo un apprendimento più approfondito e mantenendo gestibile il carico di lavoro degli insegnanti.

**Lo sforzo che desiderate dedicare** alla creazione di tale esperienza.

Più la VR è orientata ad offrire un'esperienza immersiva e di "apprendimento attraverso la pratica", più tempo, costi, ecc... sono necessari per lo sviluppo dei suoi elementi di progettazione (ad esempio, interazione con oggetti, assemblaggio, spostamento, ecc.).

**La scelta attenta** del quadro pedagogico che guida la progettazione dell'intera esperienza VR. In questo senso, la tecnologia deve essere subordinata al processo di progettazione dell'apprendimento.

---

<sup>2</sup> La tassonomia di Bloom è un quadro che classifica gli obiettivi di apprendimento educativo in sei livelli gerarchici di abilità cognitive: **Ricordare:** richiamare fatti e concetti di base. **Comprendere:** spiegare idee o concetti. **Applicare:** utilizzare le informazioni in nuove situazioni. **Analizzare:** comporre le informazioni in parti per esplorare modelli e relazioni. **Valutare:** giustificare decisioni o opinioni. **Creare:** produrre lavori nuovi o originali.

È possibile fare riferimento alla tabella seguente per chiarire le opportunità a disposizione.

<b>LIVELLO DI IMPEGNO DEL DOCENTE</b>	<b>OBIETTIVO PRINCIPALE</b> <i>(ma non limitato a)</i>	<b>OPPORTUNITÀ OFFERTE DALLA REALTÀ VIRTUALE</b>	<b>FERRAMENTAS</b> <i>(exemplo, não se limitando a)</i>
<p><b>BASSO;</b></p> <p>Utilizzo di contenuti e applicazioni VR predefiniti.</p>	<p><b>COINVOLGIMENTO;</b></p> <p>Per aumentare l'interesse e la partecipazione degli studenti.</p>	<p><b>LIBRERIE DI CONTENUTI PREDEFINITI</b></p> <p>Accesso a un'ampia gamma di esperienze VR esistenti su varie materie, adatte a un'integrazione con il minimo sforzo.</p>	<p><b>ThingLink VR</b></p> <p>Sebbene non sia completamente open-source, alcune funzionalità consentono di incorporare facilmente immagini e video 360°.</p>
<p><b>MODERATO;</b></p> <p>Personalizzazione di piattaforme o contenuti VR esistenti.</p>	<p><b>MIGLIORAMENTO;</b></p> <p>Per approfondire la comprensione di concetti complessi.</p>	<p><b>STRUMENTI DI SVILUPPO COLLABORATIVO;</b></p> <p>Le piattaforme che consentono agli insegnanti di collaborare alla creazione o alla modifica di contenuti VR richiedono uno sforzo moderato.</p>	<p><b>A-Frame (da Mozilla)</b></p> <p>Un framework web open source per la creazione di esperienze VR utilizzando un markup simile all'HTML; facile da adattare ai contenuti esistenti.</p> <p><b>Delightex</b></p> <p>Non completamente open-source, ma offre strumenti adatti all'uso in classe per la modifica di scene 3D, con alcune possibilità di integrazione tramite API.</p>
<p><b>ELEVATO;</b></p> <p>Creazione di contenuti VR originali da zero</p>	<p><b>ESTENSIONE;</b></p> <p>Applicare le conoscenze in contesti reali o esplorare argomenti che vanno oltre il programma di studi standard</p>	<p><b>STRUMENTI DI CREAZIONE AVANZATI;</b></p> <p>Software che consente agli insegnanti (insieme agli sviluppatori) di creare ambienti VR completi su misura per specifiche esigenze didattiche, che richiedono un grande impegno.</p>	<p><b>Unity + XR Interaction Toolkit</b></p> <p>Sebbene Unity non sia open source, molte librerie open source (come MRTK o VRTK) possono essere integrate nei progetti VR.</p> <p><b>Blender</b></p> <p>Suite di creazione 3D open-source utilizzata per creare risorse utilizzate in ambienti VR personalizzati.</p> <p><b>Khronos</b></p> <p>API standard aperta per lo sviluppo VR/AR, che consente la creazione VR multipiattaforma con supporto open source.</p>

---

Per aiutare efficacemente gli studenti a raggiungere i risultati di apprendimento, l'esperienza VR dovrebbe offrire un ambiente in cui gli utenti si sentano pienamente coinvolti e presenti.

Le esperienze immersive, che di solito presentano, ad esempio, un alto livello di fedeltà nella riproduzione degli oggetti (vedi l'elenco completo delle caratteristiche appena sotto), portano a un "senso di presenza" (sensazione di "being there") che può generare un impatto positivo sulla loro motivazione. (Ochs, 2022)

In ogni caso, anche i sistemi a bassa immersione, come la VR desktop, sono in grado di fornire agli utenti un'esperienza con un alto "senso di presenza" (Núñez, 2004), poiché "essere presenti e coinvolti" non si limita alla tecnologia ma implica una combinazione di **fattori tecnologici, cognitivi ed emotivi che influenzano la motivazione**, stimolano la riflessione profonda, facilitano la ritenzione delle conoscenze e lo sviluppo delle competenze e, infine, portano gli studenti a raggiungere gli obiettivi del corso.

Detto questo, è possibile identificare gli elementi chiave che possono essere incorporati nella progettazione dell'ambiente VR e delle attività da svolgere al suo interno. Considerate, come punto di partenza, la definizione di un **quadro di progettazione didattica ben ponderato**, sul quale si innestano gli altri elementi che andranno bilanciati in modo diverso in base agli obiettivi da raggiungere e allo sforzo che voi (e il vostro gruppo) potete dedicare a tale attività:

**Strutturare l'esperienza** attraverso un **quadro pedagogico chiaro** che possa migliorare l'apprendimento riflessivo e la connessione delle conoscenze (Fowler, 2015).

**Interazione attiva dello studente**, che si riferisce al grado di presenza tramite avatar, consentendo la comunicazione, l'espressione emotiva e la manipolazione degli oggetti. L'interazione si riferisce ad azioni e gesti sugli oggetti (come ruotare, assemblare, afferrare ottenendo feedback in tempo reale sulle azioni compiute) o all'esplorazione dell'ambiente, nonché all'interazione con altri utenti per completare un compito, ad esempio in modo collaborativo.

**Coinvolgimento multisensoriale** attraverso la vista (grafica ad alta risoluzione, ecc.), l'udito, il tatto (dispositivi di feedback tattile che forniscono sensazioni fisiche) e il movimento (tracciamento continuo dei movimenti dell'utente);

**Fornire agli utenti un feedback immediato** dopo le loro azioni nell'ambiente virtuale e con gli oggetti, per supportare gli adattamenti contestuali del sistema VR a seguito delle decisioni prese durante l'esperienza. I livelli di difficoltà gradualmente consentono una progressione a un ritmo appropriato. Tutti questi elementi promuovono la metacognizione, l'autoregolazione e le capacità di risoluzione dei problemi, favorendo il controllo dell'utente sulla propria esperienza.

**Coinvolgimento emotivo** attraverso narrazioni o scenari avvincenti e presenza sociale;

**Fedeltà rappresentativa**, ovvero il realismo dell'ambiente, inclusi gli elementi visivi, il comportamento degli oggetti e la comunicazione. Il realismo comprende non solo gli aspetti visivi della visualizzazione, ma anche la coerenza del comportamento degli oggetti, l'autenticità della comunicazione e la disponibilità di interazioni, nonché la qualità complessiva, sia nel comportamento che nell'aspetto, della rappresentazione dell'utente.

## Per approfondire:

**Fowler, C.** (2015). Virtual reality and learning: Where is the pedagogy? *British journal of educational technology*, 46(2), 412-422.

DOI: <https://doi.org/10.1111/bjet.12135>

Questo articolo critica l'integrazione della realtà virtuale nell'educazione, sostenendo che, sebbene la realtà virtuale offra un potenziale per l'apprendimento immersivo, la sua adozione spesso manca di un quadro pedagogico chiaro. Sottolinea la necessità di un approccio strutturato per garantire che la realtà virtuale migliori efficacemente i risultati di apprendimento.

**Núñez, D.** (2004, November). How is presence in non-immersive, non-realistic virtual environments possible? In *Proceedings of the 3rd international conference on Computer graphics, virtual reality, visualisation and interaction in Africa* (pp. 83-86).

DOI: <https://doi.org/10.1145/1029949.1029964>

Questo articolo esamina il fenomeno della presenza in ambienti virtuali non immersivi e non realistici. Suggerisce che la presenza non dipende esclusivamente dall'immersione o dal realismo, ma può essere influenzata da fattori cognitivi quali l'attenzione e la memoria. Lo studio sostiene che anche in contesti meno immersivi, gli utenti possono provare un senso di presenza se allocano risorse cognitive sufficienti per elaborare l'ambiente virtuale

**Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I.** (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, Article 103778.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>

Gli autori hanno condotto una revisione sistematica della realtà virtuale immersiva (IVR) nell'istruzione universitaria, evidenziandone il potenziale per migliorare il coinvolgimento e i risultati dell'apprendimento. Lo studio identifica gli elementi chiave di progettazione e le sfide quotidiane, come l'usabilità e le risorse da allocare. Conclude con un invito a ulteriori ricerche sull'efficacia a lungo termine e sull'integrazione pedagogica.

---

## 2.2 Progettare l'esperienza VR e l'integrazione nel curriculum

I risultati di apprendimento (ILO) esprimono **ciò che lo studente dovrebbe sapere o essere in grado di fare dopo aver completato un'esperienza di apprendimento**, ad esempio: "Gli studenti saranno in grado di replicare le procedure di sicurezza per accedere e utilizzare un laboratorio chimico".

Indipendentemente dallo sforzo che si intende compiere, il primo passo è stabilire i risultati che si desidera che gli studenti raggiungano, poiché questi risultati guideranno la progettazione della valutazione e delle attività di insegnamento e apprendimento significativi e di valore aggiunto.

### 2.2.1 Risultati di apprendimento attesi: perché sono importanti?

Una formulazione efficace degli ILO funge da guida nella progettazione della dell'esperienza e nel rispondere a domande specifiche, quali:

- **Cosa dovrebbero sapere o essere in grado di fare gli studenti? Risultati di apprendimento attesi**
- **Come verrà misurato l'apprendimento? Valutazione**
- **Come impareranno gli studenti? Attività didattiche e di apprendimento**

Gli ILO derivano dagli obiettivi del corso e devono essere coerenti con essi. Idealmente, i **risultati di apprendimento di un corso costituiscono una tabella** di marcia verso la destinazione finale dell'apprendimento; in altre parole, nel loro insieme, gli ILO dovrebbero presentare un quadro chiaro dello scopo delle attività e del corso, nonché di ciò che gli studenti saranno in grado di fare al termine degli stessi.

Gli ILO possono riferirsi non solo alle conoscenze e alle abilità relative agli argomenti del corso (**conoscenze disciplinari e abilità specifiche della materia**), ma anche alle **abilità e competenze trasversali**. Quando si lavora o si studia con la VR, anche i domini affettivi e psicomotori saranno influenzati in qualche modo.

L'uso della VR può favorire l'autoefficacia e la fiducia in se stessi (in particolare nel settore sanitario e della sicurezza), la comunicazione e la collaborazione tra pari e la gestione del tempo (Hickman, 2017; Hafner, 2013; Angel-Urdinola, 2021).

Si consiglia di fare riferimento al quadro ESCO<sup>3</sup> per le abilità e le competenze trasversali (classificazione delle abilità, delle competenze e delle professioni europee) al fine di identificare le principali categorie in cui queste abilità possono essere organizzate. Questo quadro tiene conto non solo delle abilità cognitive, ma anche delle abilità manuali e delle competenze affettive (come la risoluzione dei conflitti, la dimostrazione di empatia e la motivazione degli altri).

## CONOSCENZE DISCIPLINARI

Argomenti del corso/sezione/lezione

## COMPETENZE TRASVERSALI

Competenze trasversali a diversi lavori e settori e relative alle competenze personali e sociali (Cedefop<sup>3</sup>)

ABILITÀ E COMPETENZE DI BASE	COMPETENZE DI RAGIONAMENTO	COMPETENZE DI AUTOGESTIONE
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Padroneggiare le lingue</li> <li>▪ Lavorare con numeri e misure</li> <li>▪ Lavorare con applicazioni e dispositivi digitali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elaborare di informazioni, idee e concetti               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pianificare e organizzare</li> <li>▪ Affrontare i problemi</li> </ul> </li> <li>▪ Pensare in modo creativo e innovativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lavorare in modo efficiente</li> <li>▪ Adottare un approccio proattivo</li> <li>▪ Mantenere un atteggiamento positivo</li> <li>▪ Dimostrare volontà di apprendere</li> </ul>
ABILITÀ E COMPETENZE SOCIALI E DI COMUNICAZIONE	ABILITÀ E COMPETENZE FISICHE E MANUALI	COMPETENZE PER LA VITA
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comunicare</li> <li>▪ Sostenere gli altri</li> <li>▪ Collaborare in gruppi e rete</li> <li>▪ Guidare gli altri</li> <li>▪ Seguire un codice etico di condotta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manipolare e controllare oggetti e attrezzature</li> <li>▪ Rispondere alle condizioni fisiche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Applicare abilità e competenze imprenditoriali e finanziarie</li> <li>▪ Applicare abilità e competenze in materia sanitaria</li> <li>▪ Applicare abilità e competenze culturali</li> <li>▪ Applicare abilità e competenze civiche               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Applicare conoscenze generali</li> </ul> </li> <li>▪ Applicare abilità e competenze in materia ambientale</li> </ul>

▲ Tab. 2.2.1: Abilità e competenze da considerare nella formulazione dei risultati di apprendimento attesi

<sup>3</sup> Struttura ESCO [https://esco.ec.europa.eu/en/classification/skill\\_main](https://esco.ec.europa.eu/en/classification/skill_main)

Quando si formulano gli ILO per il corso al fine di affrontare al meglio lo sviluppo della VR, occorre considerare non solo il dominio cognitivo, ma anche le sfere emotiva e psicomotoria. La **tassonomia di Bloom** descrive gli obiettivi di apprendimento come appartenenti a tre domini:

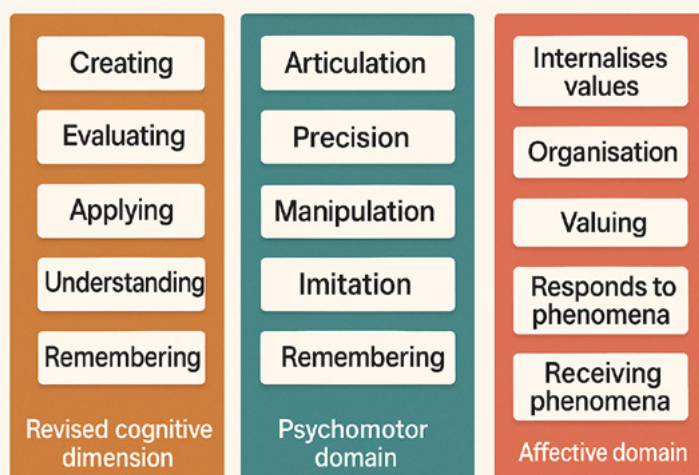
**Affettivo:** considera il modo in cui uno studente affronta gli eventi dal punto di vista emotivo, quindi include comportamenti che indicano atteggiamenti di consapevolezza, responsabilità, capacità di ascoltare e rispondere nelle interazioni con gli altri; la capacità di dimostrare quelle caratteristiche attitudinali o quei valori che sono appropriati alla situazione e al campo di studio (ad esempio l'efficacia dell'apprendimento percepita e la soddisfazione dell'interazione con l'ambiente virtuale);

**Psicomotorio:** è dimostrato dalle abilità fisiche o dalle capacità motorie fini necessarie per svolgere compiti o eseguire movimenti (coordinazione, manipolazione, velocità, uso di strumenti o attrezzi di precisione);

**Cognitiva:** relativa alla conoscenza e allo sviluppo intellettuale. Comprende i processi di pensiero, comprensione, analisi, applicazione, valutazione e creazione di informazioni

I domini predefiniti sono costruiti analitici spesso difficili da distinguere nella pratica: di solito, si verificano interazioni tra questi domini, rendendo confusi i loro confini.

La tassonomia di Bloom classifica i diversi tipi di apprendimento, in ciascun dominio, con un grado crescente di complessità, partendo dal livello base fino a quello più complesso.



▲ Fig. 2.2.1: Ambiti della tassonomia di Bloom.  
 Fonti: Bloom et al. (1956); Dave (1970); Anderson et al. (2001).

## 2.2.2 Come formulare gli ILO?

Gli ILO devono essere comprensibili agli studenti ed espressi dal loro punto di vista, utilizzando la formula "gli studenti saranno in grado di":

**Un verbo** (azione prevista, ovvero il tipo di attività che gli studenti saranno in grado di svolgere).

**Un oggetto** (il contenuto dell'azione).

**Se necessario: il contesto** (dove lo studente agirà, ovvero dove gli studenti applicheranno la competenza acquisita).

**Se possibile: il criterio** per il raggiungimento della competenza o, in altri termini, come si potrà sapere se uno studente ha raggiunto o meno l'obiettivo.

È fondamentale mettere a punto ogni risultato utilizzando un verbo significativo che descriva ciò che gli studenti saranno in grado di fare come risultato del processo di apprendimento: idealmente, un **verbo d'azione che possa essere osservato e misurato**. Se state formulando un ILO, provate a chiedervi: "Come lo valuterei?". Se l'ILO vi suggerisce una valutazione chiara, ciò significa probabilmente che il vostro ILO è efficace. Quando si progetta l'esperienza VR, è essenziale considerare tutti e tre i domini e scegliere con precisione i verbi che descrivono ciò che ci si aspetta che gli studenti siano in grado di fare al termine dell'esperienza di apprendimento.

### ▪ Esempio meno efficace

Gli studenti impareranno le caratteristiche principali di un bioreattore di fermentazione nelle tre diverse configurazioni: batch, fed-batch e chemostat.

### ▪ Esempio più efficace

Gli studenti saranno in grado di formulare le caratteristiche chiave di un bioreattore di fermentazione in tre diverse configurazioni: batch, fed-batch e chemostat, applicando i bilanci di materia ai diversi componenti e alle cellule. [COMPRENDERE] [APPLICARE] [VALUTARE]

### Competenza trasversali

- *Gli studenti saranno in grado di identificare e assemblare gli elementi che costituiscono le tre diverse configurazioni di un bioreattore di fermentazione [MANIPOLAZIONE] [PRECISIONE]*
- *Gli studenti saranno in grado di riconoscere le implicazioni etiche e ambientali dei bioreattori di fermentazione e di esprimere un impegno verso pratiche di bioprocessi sostenibili. [VALUTARE] [INTERNALIZZAZIONE DEI VALORI]*

## Casella di ispirazione

*Arkansas State University, esempi concreti di apprendimento organizzati per categoria di conoscenza nei tre ambiti,*

<https://www.astate.edu/a/assessment/assessment-resource-links/files/Revised-Bloom%20s-Taxonomy-All-Domains.pdf>

*Esempi di verbi per [il dominio cognitivo](#), [affettivo](#) e [psicomotorio](#) dal Red Deer Polytechnic*

*Esempi di utilizzo della realtà virtuale dall'Università del Maryland*

<https://www.umaryland.edu/fctl/resources/technology/emerging-trends/virtual-reality-vr/#page-1>

## Per approfondire:

**Istituto per l'innovazione educativa dell'Università di Maastricht (EDLAB).** (2016).

*The UM Handbook for Constructive Alignment*

[https://edlab.nl/wp-content/uploads/2022/01/CoAL\\_PDF\\_final\\_version.pdf](https://edlab.nl/wp-content/uploads/2022/01/CoAL_PDF_final_version.pdf)

Il manuale offre una guida pratica sull'allineamento dei risultati di apprendimento attesi, dei metodi di insegnamento e della valutazione a livello universitario. Enfatizza l'apprendimento incentrato sullo studente per migliorare l'efficacia e la coerenza dell'apprendimento.

**Häfner, P., Häfner, V., & Ovtcharova, J.** (2013). *Teaching Methodology for Virtual Reality Practical course in Engineering Education*. *Procedia Computer Science*, 25, 251-260

<https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.031>

Questo articolo presenta una metodologia didattica per integrare la realtà virtuale nei curricula di ingegneria, con particolare attenzione al miglioramento delle competenze pratiche attraverso l'apprendimento immersivo.

Il loro approccio enfatizza un maggiore coinvolgimento degli studenti e migliora la comprensione concettuale di materie tecniche complesse.

**Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C.** (2021). *Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design*.

*Journal of Computers in Education*, 8(1), 1-32.

<https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>

Gli autori hanno condotto una revisione sistematica per esaminare l'efficacia della realtà virtuale immersiva (IVR) come strumento pedagogico. Analizzando 29 studi sperimentali, hanno scoperto che l'IVR spesso migliora i risultati dell'apprendimento, in particolare in materie complesse o procedurali, anche se i risultati variano in base alla progettazione dell'intervento e ai metodi di valutazione.

---

## 2.3 Valutazione

---

La valutazione è fondamentale non solo per sostenere l'apprendimento degli studenti, ma anche per misurarlo. Una valutazione adeguata allo scopo può verificare ciò che è stato appreso e insegnato o, in altri termini, può determinare se uno studente ha raggiunto gli ILO fissati in termini di conoscenze disciplinari, psicomotorie ed emotive, nonché di competenze trasversali e digitali. Inoltre, promuove l'apprendimento degli studenti incoraggiando la preparazione, il coinvolgimento nel processo di valutazione e la riflessione attraverso il feedback. Inoltre, aiuta i docenti a comprendere meglio come gli studenti rispondono ai loro metodi di insegnamento e a valutare l'efficacia con cui gli studenti si adattano all'esperienza VR.

Il processo è trasparente e accessibile sia al personale che agli studenti: i docenti comunicano chiaramente lo scopo, i requisiti e gli standard previsti per ogni momento di valutazione. Gli studenti ricevono un feedback mirato e costruttivo, che li aiuta a capire come migliorare le loro prestazioni in futuro.

Le valutazioni VR differiscono dalle valutazioni tradizionali nei seguenti aspetti chiave:

- **Presenza e interattività:** l'apprendimento viene emerso attraverso l'azione, non solo attraverso le parole o la scrittura.
- **Raccolta dinamica di prove:** i docenti possono analizzare i dati comportamentali, i percorsi decisionali e le interazioni spaziali.
- **Scenari ricchi di contesto:** gli studenti reagiscono a contesti complessi e mutevoli, che richiedono pensiero critico e adattabilità.
- **Feedback loop:** la realtà virtuale consente un feedback immediato attraverso le risposte della simulazione, offrendo maggiori opportunità di valutazione formativa.

A differenza degli ambienti di apprendimento tradizionali, la VR consente agli studenti di immergersi in scenari complessi e interattivi che rispecchiano contesti reali in cui possono navigare, prendere decisioni, manipolare oggetti e risolvere problemi. Pertanto, è essenziale, da un lato, promuovere un sistema che favorisca lo sviluppo di competenze mentre si agisce nella realtà virtuale e, dall'altro, una valutazione autentica che valuti l'acquisizione di competenze trasversali, emotive e psicomotorie, nonché le conoscenze cognitive, il completamento dei compiti e gli artefatti.

Durante la fase di progettazione, è necessario lavorare su:

- **Obiettivi di rendimento:** fornire un feedback in tempo reale per consentire agli studenti di comprendere immediatamente le conseguenze delle loro azioni. Ad esempio, bloccare il progresso

---

dello studente dopo un errore fino a quando non è stato corretto (Sankaranarayanan et al., 2018; Fracaro et al., 2021), o mostrare l'effetto esplosivo su un impianto industriale quando specifici parametri sono stati impostati in modo errato.

- **Mirare al comportamento di apprendimento autoregolato:** integrare attività di autoriflessione, come quiz di autovalutazione, relazioni sull'attività svolta, discussioni, ecc., durante o dopo un'attività per verificare la comprensione e offrire spiegazioni più dettagliate o proporre materiali di approfondimento, al fine di promuovere la capacità degli studenti di gestire i propri pensieri, emozioni e azioni mentre acquisiscono nuove competenze o conoscenze. (Panadero, 2017; Zimmerman, 2000)

Grazie alla natura digitale della realtà virtuale e, quando efficace, l'uso di cuffie e controller, consente di tracciare e raccogliere automaticamente un'ampia gamma di dati che possono offrire ai docenti (e ad altre parti interessate) preziose informazioni sulle prestazioni degli studenti. I dati possono riferirsi all'utilizzo, alle prestazioni e al comportamento, nonché all'analisi delle emozioni e all'analisi predittiva, oltre ai dati biometrici.

Questi dati, insieme ai risultati nei compiti svolti e alle valutazioni dei prodotti realizzati durante le attività di riflessione o di debriefing, contribuiranno a una valutazione preziosa delle esperienze di realtà virtuale. È infatti essenziale pianificare **diversi tipi di dati di valutazione**, sia all'interno della VR (analisi, comportamenti, artefatti) che al di fuori di essa (riflessioni, discussioni, lavori scritti) e adattare **i compiti e le rubriche per valutare sia il processo che il prodotto**, spesso combinando le prestazioni in tempo reale con l'interpretazione post-VR.

Sebbene queste informazioni possano migliorare significativamente la valutazione e personalizzare l'apprendimento, sollevano anche preoccupazioni in merito alla sorveglianza, alla proprietà dei dati e al consenso informato. Gli educatori devono garantire che tutti i dati raccolti siano utilizzati in modo responsabile, conservati in modo sicuro e condivisi solo con le parti interessate appropriate. È essenziale essere trasparenti con gli studenti e i tutor su quali dati vengono raccolti, come saranno utilizzati e per quanto tempo saranno conservati.

La realtà virtuale può anche essere utilizzata come luogo in cui si svolge la valutazione. Bogomolova et al. (2021) hanno presentato un esperimento in un corso di anatomia in cui lo studente doveva rispondere a una serie di domande incentrate su argomenti difficili da valutare su carta (identificare le strutture della parte inferiore della gamba, determinarne le relazioni spaziali e le funzioni e indicare le funzioni compromesse in uno scenario clinico). La sessione di valutazione, di 10 minuti, si è svolta con un'interazione in tempo reale tra l'esaminando e il valutatore, dopo la manipolazione del modello da parte dell'esaminando.

## 2.3.1 Funzioni di valutazione

La tabella seguente propone alcuni suggerimenti sui dati che possono essere raccolti per ottenere risultati di valutazione specifici e sulle attività che possono essere progettate per raccoglierci, in linea con le quattro funzioni fondamentali della valutazione: diagnostica, formativa, sommativa e di promozione della qualità.

DIMENSIONE	RISULTATO	TEMPISTICA	DATI DI RIFERIMENTO	ATTIVITÀ (alcuni esempi)
<b>Diagnostica</b>	Pianificazione dell'insegnamento, valutazione delle conoscenze, delle idee errate e delle competenze degli studenti	Prima dell'apprendimento (prima del corso/unità/argomento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Risultati accademici precedenti o punteggi dei test preliminari</li> <li>▪ Selezione iniziale degli strumenti o tentativi di svolgere compiti in VR</li> <li>▪ Modelli di navigazione ed esitazioni</li> <li>▪ Tempo necessario per completare i compiti di base</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Immergere gli studenti in una simulazione senza alcuna guida preliminare per osservare le loro risposte istintive</li> <li>▪ Consentire la libera esplorazione in VR e osservare ciò su cui gli studenti si concentrano o evitano</li> <li>▪ Proporre quiz online plenari per valutare le conoscenze pregresse o la sicurezza prima della sessione VR</li> <li>▪ Chiedere agli studenti di raccontare le loro decisioni durante il primo tentativo di un'attività VR</li> </ul>
<b>Formativo</b>	Riflessione su quanto siano stati raggiunti i risultati di apprendimento	Durante l'apprendimento (esperienza VR + attività di riflessione)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Registri di simulazione in tempo reale (errori, utilizzo degli strumenti, percorsi)</li> <li>▪ Frequenza di utilizzo dei suggerimenti o delle guide del sistema</li> <li>▪ Punteggi dei quiz integrati nella realtà virtuale</li> <li>▪ Risposte audio o testuali nella VR</li> <li>▪ Note di osservazione dell'insegnante                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Riflessioni e autovalutazioni degli studenti</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Includere micro-attività con feedback immediato e osservazione del processo decisionale</li> <li>▪ Dopo le attività VR, chiedere agli studenti di compilare <a href="#">griglie di riflessione</a> o diari (digitali o cartacei)</li> <li>▪ Organizzare discussioni in piccoli gruppi in cui gli studenti spiegano cosa hanno fatto nella realtà virtuale e perché                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interrompere la simulazione nei momenti chiave per porre domande</li> </ul> </li> <li>▪ Osservare gli studenti mentre svolgono i compiti in VR e fornire un feedback in tempo reale o poco dopo</li> </ul>

<p><b>Sommativo</b></p>	<p>Valutazione del raggiungimento dei risultati di apprendimento, valutazione</p>	<p>Dopo l'apprendimento</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Risultati finali o completamento dei compiti in VR</li> <li>▪ Artefatti generati in VR (ad es. modelli 3D, output digitali)</li> <li>▪ Accuratezza e complessità delle decisioni relative allo scenario</li> <li>▪ Registrazioni video/audio della sessione VR degli studenti</li> <li>▪ Saggi o presentazioni post-simulazione</li> <li>▪ Valutazioni basate su rubriche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Chiedere agli studenti di completare una sfida del mondo reale (ad esempio, progettare un habitat, gestire un'azienda)</li> <li>▪ Chiedere agli studenti di trasformare le riflessioni sulle loro esperienze VR in saggi formali</li> </ul> <p><u>Utilizzare rubriche standardizzate</u> per valutare le prestazioni sulla base delle registrazioni o dei registri</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Combinare l'esperienza VR con un test tradizionale o una difesa orale delle scelte effettuate nella VR</li> </ul>
<p><b>Promozione della qualità</b></p>	<p>Miglioramento dell'insegnamento / strumento VR</p>	<p>Dopo il corso/la lezione</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aggregare le analisi delle prestazioni VR (ad esempio, tassi di successo, tempo medio)</li> <li>▪ Modelli nelle riflessioni o nei feedback degli studenti</li> <li>▪ Mappe di calore e dati di utilizzo degli ambienti VR             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diario dell'insegnante /studente e registri di debriefing</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utilizzo dei dati VR per identificare i punti deboli del programma di studi e suggerire revisioni</li> <li>▪ Strumenti di valutazione come:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- <a href="#">SUS (Scala di usabilità del sistema)</a>;</li> <li>- <a href="#">SSQ (Misura il disagio/malessere indotto dalla VR)</a>;</li> <li>- <a href="#">VRNQ (Valuta la qualità e il comfort complessivi della VR)</a>.</li> </ul> </li> <li>▪ Utilizzo dell'analisi della piattaforma per individuare le tendenze e adeguare l'insegnamento di conseguenza</li> <li>▪ Tenere registri di ciò che ha funzionato bene e di ciò che non ha funzionato durante l'uso della VR</li> </ul>

▲ Tab. 2.3.1: Funzioni di valutazione nella realtà virtuale con i relativi dati di origine e attività

## 2.3.2 Esempi di valutazione

Di seguito è possibile esplorare alcuni **esempi pratici di attività di valutazione allineate ai risultati di apprendimento** che il docente desidera che gli studenti raggiungano.

I compiti descritti possono essere parte della valutazione formativa o implementati come elementi della valutazione sommativa contribuendo al voto finale.

### **Esempio pratico di valutazione allineato in modo costruttivo**

#### **Risultato di apprendimento atteso**

Gli studenti saranno in grado di identificare e assemblare gli elementi che compongono le tre diverse configurazioni di un bioreattore di fermentazione

#### **Valutazione**

##### **Griglia di riflessione**

**Competenze trasversali sviluppate:** *autoriflessione, pensiero critico e autoregolazione.*

**Altre abilità:** *manipolazione e controllo di oggetti e attrezzature.*

L'insegnante offre agli studenti contenuti teorici, spiegando le tre configurazioni del bioreattore durante la lezione, dopodiché gli studenti devono completare un compito nel laboratorio. Dopo l'esperienza VR, a ogni studente viene chiesto di compilare una griglia di riflessione digitale (modulo Google, quiz LMS o foglio di lavoro PDF), in cui si devono descrivere brevemente i componenti chiave utilizzati, le caratteristiche uniche e gli esempi di applicazione per ciascuna configurazione. L'insegnante può assegnare punti al completamento.

#### **Nel laboratorio VR**

Nel laboratorio VR, gli studenti possono trovare quiz formativi per comprendere meglio l'uso e le caratteristiche di ciascun componente del bioreattore e ricevere un feedback immediato dopo averli assemblati in modo errato.

### **Esempio pratico di valutazione allineato in modo costruttivo**

#### **Risultato di apprendimento atteso**

Gli studenti saranno in grado di identificare un composto sconosciuto interpretando i dati spettrali e il comportamento di reazione simulato.

#### **Valutazione**

##### **Relazione**

**Competenze trasversali sviluppate:** risoluzione dei problemi, lavoro di squadra, analisi dei dati e comunicazione.

**Altre abilità:** precisione nell'uso degli strumenti di laboratorio.

In piccoli gruppi, gli studenti entrano in un laboratorio virtuale dove hanno il compito di identificare un composto sconosciuto. Entro un tempo prestabilito, esaminano i dati spettrali ed eseguono simulazioni di reazione per sviluppare una soluzione. Successivamente, ogni gruppo presenta una breve relazione che descriva i passaggi seguiti, i risultati ottenuti e il ragionamento alla base della soluzione. I docenti valutano quindi sia il processo che il risultato finale utilizzando una rubrica.

#### **Nel laboratorio VR**

Le risorse didattiche (diapositive, PDF, pagine web, ecc.) sono integrate nella realtà virtuale per avere suggerimenti nell'ipotizzare la soluzione. È anche possibile lasciare che il sistema fornisca un feedback dettagliato in caso di esito negativo.

### **Esempio pratico di valutazione allineato in modo costruttivo**

#### **Risultato di apprendimento atteso**

Gli studenti saranno in grado di eseguire procedure passo dopo passo in modo sicuro e accurato per la manutenzione e l'ispezione delle attrezzature in un impianto chimico.

#### **Valutazione**

##### **Discussione e test a scelta multipla**

**Competenze trasversali sviluppate:** auto-organizzazione, risoluzione dei problemi e gestione dello stress.

**Altre abilità:** pensiero procedurale, attenzione ai dettagli, consapevolezza della sicurezza, abilità psicomotorie.

Gli studenti vengono inseriti individualmente in un laboratorio chimico virtuale dove devono eseguire la corretta procedura di manutenzione e ispezione delle attrezzature sulla base del contesto iniziale proposto dall'insegnante. Il sistema VR tiene traccia di ogni azione. Al termine, viene generato un punteggio di rendimento basato sulla precisione, il rispetto del protocollo e la capacità di reagire a situazioni imprevedibili. Sulla base dei risultati emersi, l'insegnante propone una discussione plenaria per evidenziare le fasi più impegnative e confrontare le diverse decisioni prese. Successivamente, viene proposto un test a scelta multipla per riflettere sugli errori o sulle attività/procedure critiche che necessitano di chiarimenti. L'insegnante può anche rivedere la registrazione della sessione e utilizzare una lista di controllo per la valutazione.

#### **Nel laboratorio VR**

Fornire domande a scelta multipla di autovalutazione integrate nella realtà virtuale per ogni argomento/attività impegnativo/cruciale che lo studente è tenuto a svolgere.

### 2.3.3 Rubrica

Una rubrica è uno strumento che articola le **aspettative relative ai compiti e alle prestazioni** elencando i criteri e descrivendo i livelli di qualità della prestazione per ciascun criterio. La rubrica è uno strumento molto flessibile che può essere sviluppato per valutare sia le conoscenze disciplinari che le competenze trasversali e digitali.

Una rubrica è composta dalle seguenti parti essenziali:

- **L'elenco dei criteri** da utilizzare per valutare la prestazione, idealmente collegati agli ILO da valutare.
- **Una scala (e un punteggio)** che descrive il livello di padronanza (ad esempio, supera le aspettative, soddisfa le aspettative, non soddisfa le aspettative o base, competente, avanzato).
- **La descrizione dei vari livelli di qualità delle prestazioni** (descrittori delle prestazioni) delle componenti/dimensioni a ciascun livello di padronanza. Questo elemento dovrebbe essere il più dettagliato possibile per facilitare l'autovalutazione e la valutazione tra pari da parte degli studenti. Di seguito è riportato un esempio concreto e applicato.

[Qui](#) è possibile trovare un esempio modificabile di rubrica di valutazione (vedere Starter Kit).

#### **Esempio pratico di valutazione allineato in modo costruttivo**

##### **Risultato di apprendimento atteso**

Gli studenti saranno in grado di analizzare e riferire i risultati di una sessione di laboratorio simulata, applicando la struttura e la terminologia scientifica.

##### **Valutazione**

##### **Relazione di laboratorio virtuale**

Dopo un laboratorio VR di biologia sulla cinetica enzimatica, gli studenti scrivono una relazione di laboratorio che include l'obiettivo, la metodologia, i dati, l'analisi e le conclusioni. Le relazioni vengono inviate tramite l'LMS e valutate con una rubrica incentrata sulla chiarezza, l'accuratezza scientifica e il pensiero critico.

##### **Esempio di rubrica analitica:**

Articola diverse dimensioni delle prestazioni VR su 3 diversi domini (cognitivo, affettivo, psicomotorio) e sul risultato (il rapporto) e fornisce valutazioni per ciascuna dimensione: si veda un esempio di rubrica analitica nell'appendice del seguente articolo - Hamid, R., et al. (2012). Valutazione del dominio psicomotorio nel lavoro di laboratorio di tecnologia dei materiali. *Procedia - Scienze sociali e comportamentali*, 56, 718-723

<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.708>

## Casella di ispirazione

*Utica University, Lab notebook grading rubric*

[https://www.utica.edu/academic/Assessment/new/NB\\_Rubric.pdf](https://www.utica.edu/academic/Assessment/new/NB_Rubric.pdf)

*L'Alabama A&M University ha condiviso un elenco di esempi di rubriche per valutare diversi tipi di risultati di apprendimento STEM - Rubriche Fas*

[https://www.aamu.edu/academics/colleges/agricultural-life-natural-sciences/departments/food-animal-sciences/\\_documents/rubrics-fas2018.pdf](https://www.aamu.edu/academics/colleges/agricultural-life-natural-sciences/departments/food-animal-sciences/_documents/rubrics-fas2018.pdf)

*Team di valutazione del College of Business and Technology, rubrica per valutare le prestazioni degli studenti nei team*

<https://wit.edu/sites/default/files/2020-10/Teamwork-Assessment-Rubric.pdf>

## 2.3.4 Per riassumere

<b>LIVELLO DI BLOOM</b>	<b>TIPI DI ATTIVITÀ VR ADEGUATI</b>	<b>ESEMPIO DI ATTIVITÀ</b>	<b>METODI DI VALUTAZIONE SUGGERITI</b>
<b>RICORDARE</b>	Esplorazioni a 360°, visite guidate	Visitare un museo o uno stabilimento	Quiz a scelta multipla (all'interno o dopo la realtà virtuale), SUS (Scala di usabilità del sistema)
<b>COMPRENDERE</b>	Visualizzazioni concettuali, tutorial VR	Osservare i processi chimici in VR	Domande integrate, SUS + VRNQ (Questionario di neuroscienze VR)
<b>APPLICARE</b>	Simulazioni interattive, compiti ramificati basati sulle decisioni	Impostare i parametri di processo in una simulazione di laboratorio	Registro delle prestazioni delle attività, tracciamento degli errori, feedback in VR
<b>ANALIZZARE</b>	Diagnostica basata su scenari, analisi dei dati in VR	Interpretazione dei percorsi di reazione o delle anomalie	Scrittura riflessiva, analisi della mappa termica, discussione collaborativa
<b>VALUTARE</b>	Role-play con pensiero critico, simulazioni con esiti ramificati	Valutare le implicazioni etiche delle scelte di laboratorio	Valutazione tra pari, rubrica, registri comportamentali, debriefing aperti
<b>CREARE</b>	Prototipazione VR, attività di coprogettazione, storytelling	Progettazione di un reattore virtuale o presentazione dei risultati	Modelli 3D, risultati basati sul progetto, discussione orale nella sessione post-VR

▲ Tab. 2.3.4: Attività VR e metodi di valutazione per ciascun livello di conoscenza di Bloom

---

## 2.4 Attività di insegnamento e apprendimento (TLA)

Una volta stabiliti i risultati che gli studenti devono raggiungere e definito il modo in cui vengono valutati, l'allineamento costruttivo può aiutarti a progettare le TLA. Queste sono fondamentali per consentire **agli studenti di sviluppare la loro capacità di soddisfare i criteri di valutazione** e quindi di raggiungere i risultati di apprendimento.

Come possiamo aiutare gli studenti a raggiungere gli obiettivi indicati all'inizio del corso? È ora il momento di progettare e pianificare le attività che i partecipanti devono svolgere sia durante l'esperienza di realtà virtuale sia prima che dopo.

È importante considerare i seguenti elementi quando si progetta l'integrazione delle attività VR:

**Formazione preliminare:** poiché molti utenti potrebbero non avere familiarità con la realtà virtuale, si consiglia di pianificare più sessioni di formazione guidata passo dopo passo all'interno dell'ambiente o anche di esplorazione libera prima che gli studenti svolgano i compiti reali per raggiungere gli obiettivi formulati. È inoltre essenziale organizzare una sessione preliminare in cui condividere con gli studenti istruzioni, aspettative e attività (qui una [checklist](#) per aiutarvi a progettare questa fase). Gli studenti possono anche essere invitati, prima della formazione, a esplorare l'ambiente e acquisire familiarità con il visore e i controller. Questa è la fase ideale per identificare eventuali problemi di percezione 3D, visione stereoscopica o sensibilità alla cinetosi in alcuni studenti.

**Debriefing:** dovrebbe essere una sessione sistematica in cui gli studenti, guidati da un facilitatore, identificano ed esprimono le loro reazioni alla simulazione, fornendo un'opportunità di riflessione e apprendimento approfondito (Fanning, 2007). Il debriefing può comprendere il feedback dal software di simulazione, l'auto-debriefing e/o il debriefing facilitato attraverso strumenti quali SUS, SSQ e VRNQ (vedere la **tabella 2.3.1**).

**Riflessione a posteriori:** migliorare la ritenzione delle conoscenze e il valore della VR nel lavoro sulle abilità cognitive di alto livello attraverso attività successive che promuovano una comprensione profonda e la metacognizione, come discussioni con i colleghi o un docente/tutor, domande aperte, dibattiti, scrittura riflessiva, ecc.

**Durata delle sessioni di VR:** a fini didattici, la durata consigliata per le sessioni di VR è compresa **tra 20 e 70 minuti**, a seconda del tipo di attività. Il livello più alto si riferisce al

---

presupposto che il software VR soddisfi standard di alta qualità (come valutato da strumenti come il Virtual Reality Neuroscience Questionnaire, VRNQ) e che gli utenti abbiano acquisito una familiarità adeguata con il sistema attraverso tutorial introduttivi. Sessioni lunghe, infatti, possono aumentare il rischio di sintomi indotti dalla VR (VRISE). Tuttavia, questi possono essere mitigati attraverso una progettazione più immersiva, come una grafica migliorata, una migliore qualità del suono e utili istruzioni all'interno del gioco.

**Lavorare in gruppo:** è un approccio prezioso nella pianificazione delle attività in VR, principalmente perché favorisce lo sviluppo delle capacità di collaborazione e di lavoro di squadra negli studenti. In secondo luogo, facilita l'organizzazione dell'esperienza VR, poiché il numero di dispositivi (PC, cuffie, ecc.) disponibili per le esperienze VR è solitamente inferiore al numero di studenti. In questo approccio, mentre una persona esplora l'ambiente VR, agli altri vengono assegnati compiti diversi (ad esempio, studiare materiale aggiuntivo per supportare lo studente in VR, dare istruzioni a un collega, ecc.) o assumere vari ruoli all'interno di un'attività più complessa in cui la VR rappresenta solo una fase.

### **2.4.1 Quale quadro di riferimento utilizzare per (ri)progettare le TLA per adattarle alla VR?**

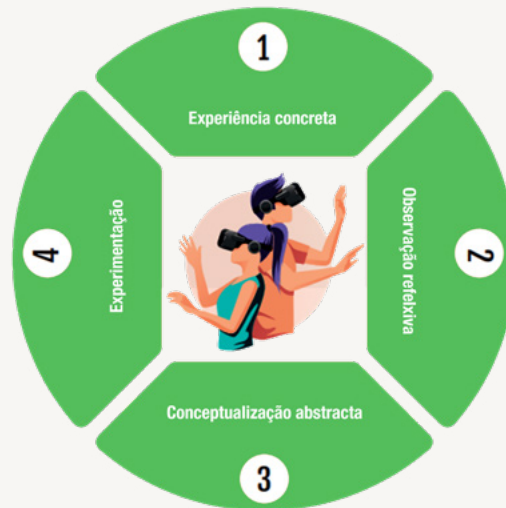
I metodi didattici più efficaci per progettare un'esperienza VR sono principalmente legati ai principi della teoria costruttivista (Cao et al., 2023), che sottolineano il **ruolo attivo degli studenti** nella costruzione della propria conoscenza e comprensione dei contenuti. In particolare:

- **Gli studenti attingono attivamente alle loro conoscenze pregresse** per dare un senso alle nuove informazioni
- **Le interazioni sociali** con i coetanei, gli insegnanti e l'ambiente svolgono un ruolo cruciale nel processo di apprendimento.
- **L'apprendimento è più efficace** quando viene applicato al mondo reale o a contesti rilevanti.
- **Gli studenti interagiscono** attivamente con il loro ambiente **per costruire conoscenze con la guida dell'insegnante.**

Le narrazioni, gli oggetti e le attività VR al suo interno possono quindi essere strutturati attraverso diversi metodi. Approfondiamo alcuni di essi, offrendo alcuni esempi concreti su come impostarli. Gli esempi possono essere facilmente adattati a diverse discipline:

## Il ciclo di Kolb

Presuppone che l'apprendimento sia un processo che crea conoscenza attraverso la trasformazione dell'esperienza. Le nuove esperienze guidano in larga misura lo sviluppo di nuovi concetti e l'apprendimento comporta l'acquisizione di concetti astratti che possono poi essere applicati in modo flessibile in varie situazioni.



▲ Fig. 2.4.1.1: Il ciclo di Kolb

## Apprendimento basato sui problemi (PBL)

L'apprendimento basato sui problemi è un metodo didattico in cui all'inizio del ciclo vengono introdotti problemi rilevanti che non hanno una risposta ben definita e **gli studenti apprendono la materia attraverso l'esperienza di risoluzione del problema aperto.**



▲ Fig. 2.4.1.2: Apprendimento basato sui problemi

## Apprendimento basato sull'indagine

L'apprendimento basato sull'indagine promuove l'apprendimento degli studenti attraverso **un'indagine fatta di domande, problemi e questioni complesse**. Aniché insegnare i risultati delle indagini altrui, che gli studenti apprendono passivamente, l'insegnante pone una o più domande significative e assiste gli studenti nell'apprendimento attraverso un'indagine attiva dell'argomento.



▲ Fig. 2.4.1.3: Apprendimento basato sull'indagine

### Esempio pratico di un'attività allineata in modo costruttivo

#### Ciclo di Kolb, individuale

#### Risultato di apprendimento atteso

Gli studenti saranno in grado di identificare e assemblare gli elementi che compongono le tre diverse configurazioni di un bioreattore di fermentazione.

#### Valutazione

Scheda di riflessione

### **Attività didattica e di apprendimento**

15' di introduzione all'attività + 30/60' (a seconda del numero di dispositivi disponibili) di formazione VR + 30' di attività VR + 30' di riflessione + 30' di concettualizzazione + VR.

**Abilità/competenze sviluppate:** *autoriflessione, pensiero critico e autoregolazione.*

**Altre abilità:** *manipolazione e controllo di oggetti e attrezzature.*

**Esperienza concreta:** durante la lezione, l'insegnante offre agli studenti una spiegazione teorica sul funzionamento di un bioreattore, le sue tre possibili configurazioni, ecc. Infine, introduce l'attività VR, il compito e le modalità da adottare. Una volta nel laboratorio VR, l'insegnante invita gli studenti a familiarizzare con l'ambiente e i dispositivi prima di iniziare l'attività. Quindi, gli studenti entrano in un laboratorio ospitante il bioreattore virtuale, dove interagiscono con un'interfaccia digitale che simula un laboratorio di fermentazione. Ciascuno di loro ha il compito di ottenere un prodotto predeterminato che può essere ottenuto in base a una diversa configurazione del bioreattore.

**Osservazione riflessiva:** dopo l'esperienza VR, a ogni studente viene chiesto di compilare una griglia di riflessione (modulo Google, quiz LMS o foglio di lavoro PDF) in cui, per ogni configurazione, si deve descrivere brevemente i componenti chiave utilizzati, le caratteristiche uniche e gli esempi di applicazione. L'insegnante riflette con gli studenti sull'esperienza svolta (ripercorrendo le attività, ponendo domande, ecc.).

**Concettualizzazione astratta:** l'insegnante astrae il processo dall'esperienza pratica appena svolta e crea il collegamento con i concetti teorici. La fase di concettualizzazione può anche essere svolta in modo collaborativo, stimolando gli studenti a collegare i punti chiave dell'esperienza svolta con i concetti teorici, possibilmente attraverso un documento o una mappa condivisa.

**Sperimentazione attiva:** gli studenti rientrano nell'ambiente per ripetere l'esperienza, tenendo conto delle discussioni che hanno avuto luogo.

### **Nel laboratorio VR**

Vergara (2019) ha raccomandato che, nei laboratori sperimentali VR, venga adottato un protocollo passo dopo passo come metodo per migliorare la sedimentazione a lungo termine delle conoscenze.

Nel laboratorio VR, gli studenti possono trovare quiz formativi per comprendere meglio l'uso e le caratteristiche di ciascun componente del bioreattore e ricevere un feedback immediato dopo averli assemblati in modo errato.

**Suggerimento facile da seguire:** l'insegnante può proporre un quiz per concentrarsi sugli elementi principali di ciascuna configurazione e sulle fasi di assemblaggio prima dell'esperienza VR.

### **Esempio pratico di un'attività allineata in modo costruttivo**

#### **Apprendimento basato sui problemi, in coppia**

#### **Risultato di apprendimento atteso**

Gli studenti saranno in grado di **eseguire** in modo sicuro e accurato le procedure passo dopo passo per la manutenzione e l'ispezione delle attrezzature in un impianto chimico.

#### **Valutazione**

Discussione e test a scelta multipla

#### **Attività didattica e di apprendimento**

15 minuti per introdurre le regole della realtà virtuale e l'attività + 60 minuti di formazione sulla realtà virtuale + 30 minuti x 2 attività in realtà virtuale + 30/45 minuti di discussione + 15 minuti di quiz

**Abilità/competenze sviluppate:** *auto-organizzazione, problem solving, gestione dello stress.*

**Altre abilità:** *pensiero procedurale, attenzione ai dettagli, consapevolezza della sicurezza e abilità psicomotorie*

L'insegnante presenta un problema iniziale verificatosi in un impianto chimico, che gli studenti, in coppia, devono risolvere. Agli studenti vengono fornite tutte le istruzioni e i riferimenti necessari per svolgere l'attività, nonché il tempo necessario per acquisire familiarità con la realtà virtuale prima di iniziare. Mentre un membro della coppia opera in realtà virtuale il collega guida l'attività dal desktop utilizzando il materiale fornito dall'insegnante. Durante l'esperienza in realtà virtuale, devono identificare il problema, risolverlo e completare la procedura di manutenzione e ispezione. Al termine, viene generato un punteggio di rendimento basato sulla precisione, il rispetto del protocollo e la capacità di reagire a situazioni imprevedibili.

Sulla base dei risultati emersi, l'insegnante propone una discussione plenaria per evidenziare le fasi più impegnative e confrontare le diverse decisioni prese. Successivamente, viene proposto un test a scelta multipla per riflettere sugli errori o sulle attività/procedure critiche che necessitano di chiarimenti. L'insegnante può anche rivedere la registrazione della sessione e utilizzare una lista di controllo per la valutazione.

#### **Nel laboratorio VR**

Il fallimento delle procedure di emergenza può essere rappresentato da conseguenze "reali", come esplosioni e crolli, per consentire agli studenti di sperimentare senza rischi.

**Suggerimento facile da attuare:** la realtà virtuale può essere implementata come classe capovolta, consentendo agli studenti di studiare e rivedere le procedure a casa prima della lezione e poi utilizzare il tempo in classe per esercizi virtuali.

### Esempio pratico di un'attività allineata in modo costruttivo

#### Apprendimento basato sui problemi, gamificato

#### Risultato di apprendimento atteso

Gli studenti saranno in grado di identificare un composto sconosciuto interpretando i dati spettrali e il comportamento di reazione simulato.

#### Valutazione

Relazione di gruppo tramite rubrica

#### Attività didattica e di apprendimento

20 minuti per l'introduzione dello scenario + 15 minuti per presentare le regole della realtà virtuale e l'attività + 60 minuti di formazione sulla realtà virtuale e organizzazione del team + 30 minuti di attività in realtà virtuale + 30 minuti di debriefing + elaborazione della relazione a casa + 60 minuti di presentazione della soluzione e debriefing finale

**Abilità/competenze trasversali sviluppate:** *risoluzione dei problemi, lavoro di squadra, analisi dei dati e comunicazione.*

**Altre abilità sviluppate** *includono la precisione nell'uso degli strumenti di laboratorio.*

L'insegnante presenta uno scenario problematico reale in cui gli studenti devono identificare un composto sconosciuto sulla base dei dati spettrali e del comportamento di reazione simulato. Agli studenti vengono forniti contenuti teorici che possono approfondire durante la VR. Nella lezione successiva, gli studenti vengono divisi in squadre e informati sulle regole della competizione. Ogni squadra occuperà una postazione VR e lavorerà con un limite di tempo per risolvere lo stesso problema utilizzando strumenti digitali e strumenti di analisi integrati nel laboratorio virtuale. Per supportare la loro indagine, gli studenti hanno accesso ad una serie di risorse didattiche. I gruppi gestiscono il proprio flusso di lavoro dividendo i compiti: alcuni membri utilizzano gli strumenti nel laboratorio VR, mentre altri esaminano i contenuti teorici e compilano i risultati.

Man mano che la sessione procede, gli studenti raccolgono e interpretano i dati spettrali, simulano reazioni chimiche e tentano di identificare il composto. Allo scadere del tempo, l'insegnante facilita un debriefing, raccogliendo feedback sull'esperienza virtuale. Ogni gruppo lavora a una relazione di gruppo, attraverso la quale ogni gruppo presenta la propria soluzione. La relazione sarà completata a casa. Nella lezione successiva, i gruppi presentano le loro soluzioni, l'insegnante spiega la risposta corretta e annuncia il gruppo vincitore.

#### Nel laboratorio VR

Le risorse didattiche (diapositive, PDF, pagine web, ecc.) sono integrate nella realtà virtuale per cercare suggerimenti per arrivare alla soluzione. È anche possibile consentire al sistema di fornire un feedback dettagliato in caso di esito negativo.

**Suggerimento facile da seguire:** incoraggiare gli studenti a tenere un diario delle sessioni VR o a registrare le osservazioni chiave tramite registrazioni vocali durante l'esperienza, per facilitare la stesura della relazione.

Di seguito sono riportati alcuni ulteriori suggerimenti sull'integrazione delle attività VR:

ATTIVITÀ	MATERIA	ATTIVITÀ ALLINEATA IN MODO COSTRUTTIVO
<p>IL CICLO DI KOLB, IN TEAM</p>	<p>GESTIONE DELLE EMERGENZE CLINICHE</p>	<p><b>Attività:</b> nell'ambito della simulazione, gli studenti lavorano in team, formulano una diagnosi, avviano il trattamento e interagiscono con i membri del team virtuale per risolvere il problema.</p> <p>Dopo l'attività, i membri del team riflettono sulle loro decisioni dal punto di vista dei ruoli loro assegnati. L'insegnante facilita la discussione, mettendo in evidenza le dinamiche di gruppo e il processo decisionale. Quindi, l'insegnante aiuta gli studenti a ricavare principi generali dall'esperienza e a collegarli al contenuto teorico del corso. Gli studenti rientrano in un nuovo scenario virtuale, applicando le loro intuizioni e mettendo alla prova la loro comprensione in un contesto simile basato sul lavoro di squadra.</p> <p><b>Valutazione:</b> la valutazione si basa sulle prestazioni nello scenario VR, concentrandosi sulle azioni critiche, sul lavoro di squadra e sulle competenze tecniche e non tecniche. A ogni caso viene assegnato un punteggio in base alla sua rilevanza clinica all'interno di una rubrica personalizzata, che include un punteggio totale e una ripartizione dettagliata per categoria di competenze.</p> <p><b>Suggerimento:</b> tutte le fasi sono state condotte online attraverso un sistema di videoconferenza.</p> <p><b>Per saperne di più:</b></p> <p><a href="https://asmepublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/tct.13727">https://asmepublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/tct.13727</a></p>
<p>APPRENDIMENTO BASATO SU SCENARI</p>	<p>COMPETENZE TRASVERSALI + BIOLOGIA</p>	<p><b>Attività:</b> gli studenti giocano a Cellverse, un gioco collaborativo di biologia cellulare in realtà virtuale. I partecipanti assumono ruoli distinti (Navigatore o Esploratore) e lavorano in coppia per risolvere enigmi spaziali comunicando in modo efficace, sfruttando i loro ruoli e le loro conoscenze pregresse per migliorare la collaborazione e la risoluzione dei problemi.</p> <p><b>Per saperne di più:</b></p> <p><a href="https://upload01.uocslive.com/ISTE/ISTE2019/PROGRAM_SESSION_MODEL/HANDOUTS/112190528/CellverseISTEhandoutdocx.pdf">https://upload01.uocslive.com/ISTE/ISTE2019/PROGRAM_SESSION_MODEL/HANDOUTS/112190528/CellverseISTEhandoutdocx.pdf</a></p> <p><a href="https://www.researchgate.net/publication/336240793_Designing_for_Group_Flow_in_Collaborative_Cross-Platform_Learning_Experiences">https://www.researchgate.net/publication/336240793_Designing_for_Group_Flow_in_Collaborative_Cross-Platform_Learning_Experiences</a></p>

<p>APPRENDIMENTO BASATO SULL'INDAGINE</p>	<p>FISICA O ALTRE DISCIPLINE</p>	<p><b>Attività:</b> l'insegnante formula domande a cui gli studenti possono rispondere dopo aver esplorato il video VR o 360°. L'insegnante introduce lo scenario o il contesto e chiede agli studenti di leggere/guardare altre risorse (articoli, video, libri, ecc.) prima di invitare gli studenti, con ruoli diversi in ogni gruppo, a iniziare a riflettere e discutere le domande iniziali. Quindi, gli studenti iniziano il "viaggio virtuale" e raccolgono informazioni per elaborare una risposta. Ogni squadra condivide le proprie risposte con la classe (oralmente o tramite un documento condiviso). L'insegnante raccoglie le risposte e apre un momento di discussione, cercando di guidare gli studenti verso una sintesi comune. L'insegnante conclude l'attività condividendo la/le risposta/e corretta/e: partendo da queste, può avviare una breve riflessione, utile per proporre nuovi contenuti o nuove domande, in vi-sta delle lezioni successive.</p> <p><b>Valutazione (proposta):</b> ogni squadra scrive un commento su ciascuna presentazione delle risposte utilizzando la tecnica Rose and Thorn, specificando cosa le piace (Rose) e cosa dovrebbe essere migliorato (Thorn).</p> <p><b>Per saperne di più:</b></p> <p><a href="https://www.nytimes.com/2020/10/29/learning/lesson-plans/virtual-reality-curriculum-guide-experience-immersion-and-excursion-in-the-classroom.html#link-66027f44">https://www.nytimes.com/2020/10/29/learning/lesson-plans/virtual-reality-curriculum-guide-experience-immersion-and-excursion-in-the-classroom.html#link-66027f44</a></p>
<p>APPRENDIMENTO BASATO SUL GIOCO</p>	<p>CHIMICA</p>	<p><b>Attività:</b> il corso è strutturato in modo da immergere gli studenti nel ruolo di un ricercatore chimico moderno, in particolare di un scienziato forense, utilizzando un approccio di apprendimento riflessivo ed esperienziale incentrato sul gioco VR Dead Herring. Si inizia con la condivisione da parte degli studenti delle loro percezioni iniziali sulla ricerca chimica moderna, seguita dalla definizione delle aspettative relative al loro ruolo e alla loro mentalità come ricercatori. Successivamente, gli studenti provano individualmente il gioco VR, riflettendo sul loro approccio metodologico, sull'apprendimento della chimica e sull'esperienza immersiva. Dopo il gioco, gli studenti analizzano le loro esperienze in relazione alle loro opinioni iniziali, favorendo una comprensione più profonda. Nella seconda fase, ogni studente crea materiali didattici innovativi per le lezioni di chimica a scuola, incorporando concetti chimici contemporanei o strumenti digitali come la realtà virtuale.</p> <p><b>Compito di valutazione:</b> revisione tra pari attraverso discussioni di gruppo.</p> <p><b>Per saperne di più:</b></p> <p><a href="https://pubs.sciepub.com/wjce/9/1/1/">https://pubs.sciepub.com/wjce/9/1/1/</a></p>

▲ Tab. 2.4.1: Suggestioni pratici su come integrare la realtà virtuale nella didattica

---

## 2.4.2 Programma e piano delle lezioni

È essenziale rendere evidente agli studenti l'integrazione della realtà virtuale, in tutte le sue possibilità, nel programma del corso ([modello modificabile disponibile qui](#)). Di seguito sono elencati gli elementi essenziali su cui è opportuno concentrarsi.

**Informazioni sul corso:** descrivere chiaramente il ruolo della realtà virtuale nel corso, compreso il suo scopo (ad esempio, migliorare l'apprendimento attraverso simulazioni immersive; potenziare le competenze trasversali, prepararsi per un laboratorio reale, ecc.) e il suo allineamento con i risultati di apprendimento.

**Risultati di apprendimento attesi:** descrivete in dettaglio ciò che volete che gli studenti raggiungano, non solo in termini di conoscenze e competenze relative alla disciplina, ma anche nei domini psicomotorio e affettivo, nonché in termini di competenze trasversali rilevanti.

**Materiali e risorse del corso:** specificare l'hardware (ad esempio, visore (HMD) e controller, Oculus Rift, HTC Vive), il software (Unity 3D, VRISE API) e le risorse supplementari come tutorial o libri di testo per lo sviluppo della realtà virtuale.

**Sessioni di laboratorio:** descrivere in dettaglio le attività di laboratorio. Includere i programmi dei workshop pratici e dello studio indipendente. Ricordarsi di pianificare attività che offrano flessibilità di tempo nell'esecuzione dei compiti in VR, poiché gli utenti potrebbero diventare così immersi nell'esperienza da distrarsi (Cao et al., 2023)

**Formazione preliminare alla VR:** tale attività deve essere programmata prima dell'esperienza VR per familiarizzare con l'hardware e l'ambiente virtuale al fine di ottimizzare il tempo durante il laboratorio "reale", poiché è stato dimostrato che aumenta il trasferimento di conoscenze e l'autoefficacia. (Meyer et al., 2019)

**Pre-briefing:** da organizzare poco prima dell'attività VR per condividere istruzioni, aspettative e attività.

**Sessioni di debriefing:** da programmare al termine delle attività VR per incoraggiare la riflessione sulle conoscenze acquisite (Parong & Mayer, 2018), su come funziona l'esperienza, considerando i risultati di apprendimento e il proprio processo di apprendimento (metacognizione).

**Inclusività:** chiarire che tutti gli studenti possono accedere all'esperienza VR attraverso alternative (ad esempio, versioni desktop) e tempistiche flessibili. Incoraggiare un ambiente aperto in cui gli studenti possano esprimere le loro preoccupazioni o optare per attività equivalenti senza penalizzazioni.

**Logistica:** fornire informazioni sull'accesso ai laboratori VR, sulla disponibilità delle attrezzature, sul supporto per la risoluzione dei problemi e sulle tempistiche per il completamento dei compiti. Promuovere attivamente la disponibilità delle risorse VR agli studenti come strumento di studio supplementare.

**Questioni relative alla privacy:** informare gli studenti che le applicazioni VR possono raccogliere dati personali, comportamentali o biometrici durante l'uso e invitarli a utilizzare gli strumenti VR in modo responsabile e a essere consapevoli delle impostazioni sulla privacy e delle politiche sui dati.

### Casella di ispirazione

*Gannon, K. (12 settembre 2018). How to Create a Syllabus Advice Guide. The chronicle of Higher Education.*

<https://www.chronicle.com/interactives/advice-syllabus>

*Modello di pre-briefing di eCampusOntario, nel campo dell'assistenza sanitaria*

<https://ecampusontario.pressbooks.pub/app/uploads/sites/1641/2022/02/Table-3.1-Prebriefing-Template-1.pdf>

*Alcuni esempi di modelli di debriefing e la struttura o il processo che utilizzano.*

*Sono forniti nel Virtual Simulation Educator's Toolkit di eCampusOntario*

<https://ecampusontario.pressbooks.pub/app/uploads/sites/1641/2022/02/Table-5.1-Debriefing-Model-Examples-Based-on-Pivec-2011-Dreifuerst-2012-Gardner-2013-Lusk-2013-1.pdf>

### 2.4.3 Alcuni strumenti e risorse

Introdurre strumenti AR e VR in classe non deve necessariamente essere costoso. Le risorse disponibili, che vanno dai visori a basso costo come Google Cardboard alle apparecchiature economiche che possono essere collegate agli smartphone, possono essere acquistate senza spendere una fortuna

Online è possibile trovare software e risorse digitali che possono essere integrati o riutilizzati nei corsi. Nella tabella sottostante è riportato un elenco di strumenti e risorse gratuiti (al momento) che possono essere esplorati.

NOME DELLO STRUMENTO	TIPOLOGIA
<b>LabSim</b> <a href="https://nova.disfarm.unimi.it/labsim/index_it.htm">https://nova.disfarm.unimi.it/labsim/index_it.htm</a>	LABSIM È UN SIMULATORE PER LABORATORI DI CHIMICA ANALITICA INORGANICA.
<b>Labxchange</b> <a href="https://www.labxchange.org/library">https://www.labxchange.org/library</a>	STRUMENTO DIGITALE CHE OFFRE RISORSE SCIENTIFICHE (SIMULAZIONI, VALUTAZIONI, VIDEO, ECC.) DA UTILIZZARE PER LA CREAZIONE DI LEZIONI. SVILUPPATO DALL'UNIVERSITÀ DI HARVARD.
<b>MERLOT</b> <a href="https://www.merlot.org/merlot/index.htm">https://www.merlot.org/merlot/index.htm</a>	FORNISCE SIMULAZIONI E LABORATORI VIRTUALI IN QUALSIASI CAMPO DI STUDIO.
<b>Molecularweb</b> <a href="https://molecularweb.epfl.ch/">https://molecularweb.epfl.ch/</a>	È UNA PIATTAFORMA WEB GRATUITA CHE UTILIZZA LA REALTÀ AUMENTATA (AR) PER AIUTARE GLI STUDENTI A VISUALIZZARE E INTERAGIRE CON STRUTTURE MOLECOLARI 3D E CONCETTI DI CHIMICA.
<b>Nearpod</b> <a href="https://nearpod.com/">https://nearpod.com/</a>	UNO STRUMENTO CHE CONSENTE AGLI INSEGNANTI DI SVILUPPARE PROGRAMMI DIDATTICI CON TECNOLOGIA VR E AR.
<b>Simulaciones interactivas PhET</b> <a href="https://phet.colorado.edu/">https://phet.colorado.edu/</a>	OFFRE UNA RACCOLTA DI SIMULAZIONI INTERATTIVE GRATUITE CHE CONSENTONO AGLI STUDENTI DI ESPLORARE CONCETTI SCIENTIFICI ATTRAVERSO ESPERIMENTI PRATICI.

<p><b>TimeLooper</b></p> <p><a href="https://www.timelooper.com/">https://www.timelooper.com/</a></p>	<p>APPLICAZIONE PER VISITARE LUOGHI ATTRAVERSO UNALENTE STORICA.</p>
<p><b>Unreal Engine</b></p> <p><a href="https://www.unrealengine.com/en-US">https://www.unrealengine.com/en-US</a></p>	<p>È UNA PIATTAFORMA DI CREAZIONE 3D IN TEMPO REALE SVILUPPATA DA EPIC GAMES, UTILIZZATA PRINCIPALMENTE PER CREARE VIDEOGIOCHI, SIMULAZIONI ED ESPERIENZE INTERATTIVE. È PARZIALMENTE GRATUITA.</p>
<p><b>VR e simulazioni dal College of Staten Island</b></p> <p><a href="https://library.csi.cuny.edu/oer/virtuallabs-simulations">https://library.csi.cuny.edu/oer/virtuallabs-simulations</a></p>	<p>UNA RACCOLTA DI LABORATORI E SIMULAZIONI CHE I DOCENTI POSSONO UTILIZZARE NEL CONTESTO DELL'APPRENDIMENTO A DISTANZA, A CURA DEL COLLEGE OF STATEN ISLAND.</p>
<p><b>VR e simulazioni della Colorado School of Mines</b></p> <p><a href="https://libguides.mines.edu/oer/simulationslabs">https://libguides.mines.edu/oer/simulationslabs</a></p>	<p>RACCOLTA DI LABORATORI E SIMULAZIONI DELLA COLORADO SCHOOL OF MINES.</p>
<p><b>RV 360: The New York Times</b></p> <p><a href="https://www.youtube.com/playlist?list=PL4CGYNsoW2iCGZa3_Pes8LP_jQ_GPTW8w">https://www.youtube.com/playlist?list=PL4CGYNsoW2iCGZa3_Pes8LP_jQ_GPTW8w</a></p>	<p>I VIDEO A 360° CONSENTONO ESPERIENZE IMMERSIVE E REALISTICHE CHE MIGLIORANO L'EMPATIA, IL PENSIERO CRITICO E IL COINVOLGIMENTO.</p>
<p><b>360Cities</b></p> <p><a href="https://www.360cities.net/">https://www.360cities.net/</a></p>	<p>APPLICAZIONE PER VISITARE LUOGHI IN TUTTO IL MONDO.</p>

▲ Tab. 2.4.2: Strumenti e risorse online gratuiti per la realtà virtuale

## 2.5 Sfide

L'adozione della realtà virtuale da parte di insegnanti e studenti è rallentata da sfide quali:

<b>SFIDE DEGLI INSEGNANTI</b>	<b>SFIDE PER GLI STUDENTI</b>
MANCANZA DI COMPETENZE TECNICHE E SICUREZZA NELL'UTILIZZO DELLE ATTREZZATURE E DEI SOFTWARE DI REALTÀ VIRTUALE	LE LACUNE NELL'ALFABETIZZAZIONE DIGITALE INFLUENZANO LA CAPACITÀ DI INTERAGIRE IN MODO CRITICO CON I CONTENUTI VR
COSTI ELEVATI DELL'HARDWARE, DEL SOFTWARE E DELLA MANUTENZIONE DELLA REALTÀ VIRTUALE	ACCESSO DISEGUALE AI DISPOSITIVI VR, A INTERNET AD ALTA VELOCITÀ E AD AMBIENTI FAVOREVOLI (DIVARIO DIGITALE)
DIFFICOLTÀ NELL'INTEGRARE LA REALTÀ VIRTUALE DAL PUNTO DI VISTA PEDAGOGICO CON IL PROGRAMMA DI STUDI E I RISULTATI DI APPRENDIMENTO	PROBLEMI DI SALUTE COME CINETOSI, AFFATICAMENTO DEGLI OCCHI E DISAGIO DURANTE L'USO DELLA REALTÀ VIRTUALE
DISPONIBILITÀ LIMITATA DI CONTENUTI EDUCATIVI DI ALTA QUALITÀ E IN LINEA CON IL PROGRAMMA DIDATTICO	POTENZIALE DISTRAZIONE E SOVRACCARICO COGNITIVO IN AMBIENTI VR IMMERSIVI
SUPPORTO IT INSUFFICIENTE E DIFFICOLTÀ TECNICHE NELL'INSTALLAZIONE E NELLA RISOLUZIONE DEI PROBLEMI	ESPOSIZIONE RITARDATA O INCOSTANTE ALL' APPRENDIMENTO VR A CAUSA DELLA LENTA ADOZIONE
LIMITI DI TEMPO PER L'APPRENDIMENTO, LA PREPARAZIONE E L'IMPLEMENTAZIONE DELLE LEZIONI VR	BARRIERE DI ACCESSIBILITÀ PER GLI STUDENTI CONDISABILITÀ A CAUSA DELLA MANCANZA DI FUNZIONALITÀ VR ADATTIVE
PREOCCUPAZIONI SULL'EFFICACIA DELLA REALTÀ VIRTUALE E SULLA CONVINZIONE DELLA LEADERSHIP ISTITUZIONALE	I COSTI DI ABBONAMENTO E LE TARIFFE RICORRENTI LIMITANO L'ACCESSO CONTINUO AI CONTENUTI VR (SE NON LIMITATI ALL'ESPERIENZA DEL CORSO)
NECESSITÀ DI UNO SVILUPPO PROFESSIONALE CONTINUO E DEL SOSTEGNO DEI COLLEGHI	INPUT SENSORIALI ECCESSIVI CHE CAUSANO DISAGIO O DISIMPEGNO
GESTIONE DEL COMPORTAMENTO IN CLASSE E GARANZIA DI UNA COMUNICAZIONE FORMALE IN CONTESTI VR	
GARANTIRE UN'ESPERIENZA DI APPRENDIMENTO EQUA PER TUTTI GLI STUDENTI	

▲ Tab. 2.5.1: Sfide nell'integrazione della realtà virtuale nella didattica

---

Garantire che sia gli insegnanti che gli studenti siano preparati a utilizzare efficacemente la realtà virtuale in contesti educativi richiede un approccio strutturato che comprenda formazione, comunicazione chiara e supporto continuo. Le seguenti strategie si basano sulle migliori pratiche e su esempi reali tratti dall'integrazione della realtà virtuale nell'educazione.

**Offrire programmi di formazione strutturati** che coprano, da un lato, le fasi principali del processo di progettazione (concetti fondamentali della realtà virtuale, allineamento con i risultati di apprendimento, esercitazioni pratiche con contenuti VR, sviluppo di programmi e piani di lezione) e, dall'altro, le competenze tecniche e pedagogiche necessarie per acquisire maggiore sicurezza nell'applicazione della realtà virtuale nella didattica.

**Comunicazione efficace e linee guida chiare** da parte dell'insegnante agli studenti per renderli consapevoli degli obiettivi di integrazione della realtà virtuale, delle aspettative, del supporto offerto e del feedback, insieme ai protocolli e alle istruzioni relative all'uso della realtà virtuale, alla sicurezza, al galateo digitale e alla privacy. Ciò comporta la pianificazione di una sessione informativa iniziale per creare fiducia e di un debriefing finale per aumentare la consapevolezza delle aree che possono essere migliorate nell'esperienza progettata dall'insegnante, rendendola più efficace e preziosa per gli studenti.

**Supporto continuo strutturato attraverso:** personale esperto in IT e VR in grado di garantire assistenza durante l'uso della VR e assicurare una manutenzione adeguata degli strumenti e dei dispositivi; supporto tra pari e comunità di pratica per i docenti/tutor per collaborare, condividere le migliori pratiche e fare da mentori gli uni agli altri all'interno di un sistema di gestione dell'apprendimento (LMS) dedicato, per centralizzare i contenuti VR, monitorare i progressi e fornire analisi sia per i docenti che per gli studenti.

**Approcci di apprendimento misto:** integrare la realtà virtuale con i metodi di insegnamento tradizionali per massimizzare il coinvolgimento e i risultati di apprendimento, piuttosto che affidarsi esclusivamente alla realtà virtuale.

---

## 2.6 Progettare esperienze di apprendimento VR inclusive

Quando inizi a progettare le attività di apprendimento basate sulla realtà virtuale, è importante considerare una serie di esigenze degli studenti, comprese quelle relative alle differenze fisiche, cognitive, sensoriali e situazionali.

Iniziate riconoscendo che alcuni studenti potrebbero soffrire di sensibilità al movimento o sovraccarico sensoriale negli ambienti virtuali. Per mitigare queste difficoltà, è utile:

**Limitare la durata delle sessioni di realtà virtuale** a periodi di tempo più brevi (ad esempio 10-15 minuti) e inserire delle pause.

**Dare priorità al comfort dell'utente** nella meccanica di navigazione: funzioni come il teletrasporto o la rotazione istantanea sono spesso preferite al movimento continuo.

**Evitare movimenti rapidi**, effetti di sfarfallio e stimoli visivi eccessivi.

**Offrire agli studenti la possibilità di personalizzare** le impostazioni di movimento in base al loro livello di comfort, quando possibile.

Anche l'accessibilità per gli studenti con disabilità deve essere affrontata fin dall'inizio. Per coloro che hanno disabilità visive, prendere in considerazione l'offerta di formati alternativi come simulazioni compatibili con lettori di schermo, risorse tattili o guide audio descrittive. Gli studenti con disabilità motorie dovrebbero poter partecipare pienamente da una posizione seduta, con opzioni di input che includono controlli ri-mappabili o supporto per tastiera/mouse. Per gli studenti con epilessia fotosensibile, è fondamentale evitare elementi visivi lampeggianti e comunicare in anticipo e in modo chiaro eventuali potenziali fattori scatenanti. **Offrite sempre una versione non VR dell'esperienza quando necessario.**

Modelli di interazione flessibili possono fare una grande differenza. Progettate la vostra esperienza in modo da accogliere gli studenti che possono partecipare sia da seduti che in piedi, a seconda delle loro esigenze individuali. Incorporate diversi metodi di input, come comandi vocali, selezione dello sguardo o controller semplificati, per adattarsi a una vasta gamma di abilità motorie. **I compiti dovrebbero essere strutturati in modo che gli studenti possano progredire al proprio ritmo, con opportunità di supporto e adeguamento secondo necessità.**

---

In molti casi, non tutti gli studenti avranno lo stesso livello di accesso all'hardware VR, in particolare in contesti ibridi o fuori dal campus. Per promuovere l'equità, prendete in considerazione l'offerta di alternative basate sul web o compatibili con i desktop e selezionate strumenti multi-piattaforma che consentano modalità di partecipazione multiple. Se la disponibilità di hardware è limitata, pianificate programmi di prestito dei dispositivi o un accesso strutturato attraverso laboratori e centri di apprendimento.

Dal punto di vista della progettazione didattica, verificare che i risultati di apprendimento attesi siano raggiungibili sia attraverso la realtà virtuale che attraverso percorsi alternativi, compresa la loro valutazione. Rendere evidente nel programma la possibilità di utilizzare alternative alla realtà virtuale.

## 2.7 Guida rapida

FASE	IN VR	STIMA DEL TEMPO	FIGURA RESPONSABILE
Decisione: perché utilizzare la realtà virtuale	Elevata interattività, immersione, apprendimento spaziale o simulazione in tempo reale		Esperto in materia
Risultati di apprendimento attesi (ILO)	Da formulare per le conoscenze disciplinari e le competenze specifiche della materia, nonché per le competenze e abilità trasversali	0,5 giorni	Esperto in materia Progettista didattico
Strategia di valutazione	Quiz VR integrati, decisioni di ramificazione dello scenario e rubriche basate sugli ILO	2 giorni	Esperto in materia Progettista didattico
Attività didattiche e di apprendimento	Pre-VR: Orientamento + obiettivi In VR: Simulazione, esplorazione, compiti Post-VR: Riflessione, discussione, compiti	1-2 giorni per la progettazione	Esperto in materia Progettista didattico
Piano di valutazione	<u>Misurare il successo utilizzando:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Efficacia dell'apprendimento (test, osservazione)</li> <li>▪ Coinvolgimento e usabilità (moduli di feedback, mappe termiche)</li> <li>▪ Prestazioni tecniche (tasso di crash)</li> </ul>	1 giorno	Tecnico VR Progettista didattico Esperto in materia
Implementazione VR	Creazione dell'esperienza tramite software dedicato (ad es. Unity/Unreal)	A seconda del livello di realtà e interattività (di solito è necessario un processo di revisione iterativo tra sviluppatore VR, SME e progettista didattico)	Sviluppatore VR Esperto in materia Progettista didattico
VR in esecuzione	Allestimento della sala, del programma didattico e del materiale da utilizzare, supporto e conduzione della valutazione	1 giorno in totale Pre VR 60 min In VR 30 min Post-VR 30 min	Esperto in materia Tecnico VR

## 2.8 Supporto alla ricerca

---

**Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.)** (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman.

**Angel-Urdinola, D. F., Castillo-Castro, C., & Hoyos, A.** (2021).

Meta-analysis assessing the effects of virtual reality training on student learning and skills development. Washington, DC: WorldBank.

<https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/204701616091079027>

**Beck, D., Morgado, L., & O'Shea, P.** (2023). Educational Practices and Strategies with Immersive Learning Environments: Mapping of Reviews for using the Metaverse. *IEEE Transactions on Learning Technologies*. doi: 10.1109/TLT.2023.3243946

**Bell, J. T., & Fogler, H. S.** (1997). Ten steps to developing virtual reality applications for engineering education. Paper presented at the Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference.

**Biggs, J.** (2003). Aligning teaching for constructing learning. *Higher Education Academy*, 1(4), 1-4.

**Bloom, B. S.** (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. New York: D.MacKay

**Bogomolova, K., Hierck, B. P., Looijen, A. E., Pilon, J. N., Putter, H., Wainman, B., Hovius, S. E R, Van der Hage & van der Hage, J. A.** (2021). Stereoscopic three-dimensional visualisation technology in anatomy learning: A meta-analysis. *Medical education*, 55(3), 317-327.

DOI: <https://doi.org/10.1111/medu.14352>

**Cao, Y., Ng, G.-W., & Ye, S.-S.** (2023). Design and Evaluation for Immersive Virtual Reality Learning Environment: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 15(3), 1964

<https://doi.org/10.3390/su15031964>

**Cedefop** (2017). *Defining, writing and applying learning outcomes: a European handbook*. Luxembourg: Publications Office

<http://dx.doi.org/10.2801/566770>

**Chen, C. J.** (2009). Theoretical bases for using virtual reality in education.

Themes in science and technology education, 2, 71-90.

Retrievable at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1131320.pdf>

**Coan, H. A., Goehle, G., & Youker, R. T.** (2020). Teaching Biochemistry and Molecular Biology with Virtual Reality — Lesson Creation and Student Response. *J. Teach. Learn. Special Issue Digit. Learn. High. Educat.* 14 (1), 71- 92.

<https://doi.org/10.22329/jtl.v14i1.6234>

**Fanning, R. M., & Gaba, D. M.** (2007). The role of debriefing in simulation-based learning. *Simulation in healthcare*, 2(2), 115-125. DOI: 10.1097/SIH.0b013e3180315539

**Fowler, C.** (2015). Virtual reality and learning: Where is the pedagogy?. *British journal of educational technology*, 46(2), 412-422.

**Fracaro, S. G., Chan, P., Gallagher, T., Tehreem, Y., Toyoda, R., Bernaerts, K., Glassey, J., Pfeiffer, T., Slof, B., Wachsmuth, S. & Wilk, M.** (2021). Towards design guidelines for virtual reality training for the chemical industry. *Education for Chemical Engineers*, 36, 12-23

<https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.01.014>

**Goodwin, M. S., Wiltshire, T., & Fiore, S. M.** (2015). Applying Research in the Cognitive Sciences to the Design and Delivery of Instruction in Virtual Reality Learning Environments. In (pp. 280-291). Springer International Publishing.

[https://doi.org/10.1007/978-3-319-21067-4\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-319-21067-4_29)

**Häfner, P., Häfner, V., & Ovtcharova, J.** (2013). Teaching methodology for virtual reality practical course in engineering education. *Procedia Computer Science*, 25, 251-260.

**Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C.** (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1-32.

<https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>

**Harrow, A.J.** (1972). A taxonomy of the psychomotor domain. New York: David McKay Co.

**Hickman, L., & Akdere, M.** (2017, November). Exploring virtual reality for developing soft-skills in STEM education. In 2017 7th World Engineering Education Forum (WEEF) (pp. 461-465). IEEE.

**Holopainen, J., Lahtevanoja, A. J., Mattila, O., Sodervik, I., Poyry, E., & Parvinen, P.** (2020). Exploring the learning outcomes with various technologies: Proposing design principles for virtual reality learning environments. Proceedings of the 53rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences

**Lee, E. A.L., Wong, K. W., & Fung, C. C.** (2010). How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers & Education*, 55(4), 1424-1442.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.006>

**Makransky, G., & Petersen, G. B.** (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL). *Educational Psychology Review*, 33(3), 937-958.

<https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>

**Meyer, O. A., Omdahl, M. K., & Makransky, G.** (2015). Virtual reality and learning: Where is the pedagogy?. *British journal of educational technology*, 46(2), 412-422.

**Mishra, P., & Koehler, M. J.** (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.

[https://doi.org/10.1111/j.1467\\_9620.2006.00684.x](https://doi.org/10.1111/j.1467_9620.2006.00684.x) (Original work published 2006)

**Nunez, D.** (2004, November). How is presence in non-immersive, non-realistic virtual environments possible? In Proceedings of the 3rd international conference on Computer graphics, virtual reality, visualisation and interaction in Africa (pp. 83-86).

**Ochs, C., & Sonderegger, A.** (2022). The interplay between presence and learning. *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 742509.

**Panadero, E., Jonsson, A., & Botella, J.** (2017). Effects of self-assessment on self-regulated learning and self- efficacy: Four meta-analyses. *Educational research review*, 22, 74-98.

**Parong, J., & Mayer, R. E.** (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785.

**Pellas, N., Mystakidis, S., & Kazanidis, I.** (2021). Immersive Virtual Reality in K-12 and Higher Education: A systematic review of the last decade scientific literature. *Virtual Reality*, 25(3), 835-861.

**Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I.** (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, Article 103778.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>

**Sankaranarayanan, G., Wooley, L., Hogg, D., Dorozhkin, D., Olasky, J., Chauhan, S., Fleshman, J.W., De, S., Scott, D. & Jones, D. B.** (2018). Immersive virtual reality-based training improves response in a simulated operating room fire scenario. *Surgical endoscopy*, 32, 3439-3449. DOI: 10.1007/s00464-018-6063-x

**Vergara, D., Extremera, J., Rubio, M. P., & Dávila, L. P.** (2019). Meaningful Learning Through Virtual Reality Learning Environments: A Case Study in Materials Engineering. *Applied Sciences*, 9(21), 4625.

<https://doi.org/10.3390/app9214625>

**Verkuyl Karyn Taplay; Lynda Atack; Mélanie Boulet; Nicole Dubois; Sandra Goldsworthy; Theresa Merwin; Timothy Willett; & Treva Job,** 2022 *Virtual Simulation: An Educator's Toolkit*

**Viitaharju, P., Nieminen, M., Linnera, J., Yliniemi, K., & Karttunen, A. J.** (2023). Student experiences from virtual reality-based chemistry laboratory exercises. *Education for Chemical Engineers*, 44, 191-199.

**Wiggins, G.** (2012). Seven Keys to Effective Feedback. *Educational Leadership*, 70(1), 10-16.

**Zimmerman, B. J.** (2000). Self-efficacy: An essential motive to learn. *Contemporary educational psychology*, 25(1), 82-91.

## 03



## Esperimento di apprendimento VR, l'esperienza del Politecnico di Milano

**Q**uesto capitolo presenta le conoscenze acquisite dal **METID - Learning Innovation del Politecnico di Milano**, nello sviluppo e nella gestione di due laboratori VR progettati per lezioni potenziate dalla tecnologia.

Lo scopo di condividere questa esperienza è quello di offrire raccomandazioni e linee guida basate sulla pratica ai decisori e ai professionisti dell'istruzione in vari ambienti di apprendimento, sostenendo l'adozione della realtà virtuale tenendo conto di specifici fattori contestuali. Il capitolo delinea i metodi didattici, le modalità di implementazione, le osservazioni chiave e gli strumenti sviluppati empiricamente per facilitare questa transizione.

### 3.1 Creazione di laboratori VR

Nel 2020, l'Università Politecnico di Milano ha dedicato due aule alla sperimentazione didattica con la realtà virtuale. Ciò è iniziato con il progetto pilota EYEducation, sviluppato in collaborazione con AVEVA/Schneider Electric, che ha integrato esperienze immersive di Digital Twin nel programma di master in Ingegneria Industriale. Il progetto ha utilizzato due suite di software: Dynsim, un simulatore dinamico di processi chimici, ed Eyesim, che offre visualizzazioni 3D di impianti industriali (Galeazzi et al., 2024).

A seguito del successo del progetto, l'università è passata da una singola postazione VR a un laboratorio completo in grado di ospitare più studenti. Ciò ha richiesto l'identificazione di spazi e ruoli adeguati per la gestione del progetto. Sono state individuate due aule in due diversi campus dell'Università POLIMI ed è stato stabilito un budget per la realizzazione dei laboratori. È stato preso in considerazione un totale di 15 postazioni di lavoro in ciascuna sala, e ogni postazione è stata associata a un'area adiacente, definita da linee di nastro adesivo sul pavimento, utile per stabilire i "confini" dell'esperienza VR. Quest'area di circa 2 m x 2 m impedisce agli studenti di farsi male e aiuta a distribuire gli utenti in modo più preciso nello spazio della sala (*Fig. 3.1*).



▲ Fig. 3.1: Layout del laboratorio VR, con postazioni di lavoro e confini sul pavimento

---

### 3.1.1. Ruoli coinvolti

È necessario identificare alcuni ruoli chiave per la gestione delle lezioni VR, dalla prenotazione dello spazio alla progettazione dell'attività didattica complessiva, comprese le considerazioni tecniche e la preparazione della sala.

#### **Task force METID**

La task force METID è responsabile della gestione dei laboratori VR, collaborando direttamente con i docenti alla progettazione metodologica delle lezioni basate sulla realtà virtuale e supervisionando lo svolgimento delle lezioni secondo necessità. Il potenziale e i limiti della tecnologia VR sono studiati dal METID sia attraverso la ricerca accademica che attraverso la sperimentazione pratica durante le lezioni VR.

#### **Supporto tecnico**

Il team di supporto tecnico è responsabile della preparazione dell'aula per lo svolgimento delle lezioni VR e fornisce assistenza in loco per ogni singola postazione di lavoro nel laboratorio. Si assicura il corretto funzionamento sia dei componenti hardware che software.

#### **Servizi ICT**

Un rappresentante dei servizi ICT (Tecnologie dell'informazione e della comunicazione) dell'università viene consultato ogni volta che è necessario installare un nuovo software, aggiornare le applicazioni esistenti, implementare procedure specifiche per i nuovi sistemi digitali o modificare o migliorare la connettività Internet dell'aula.

### 3.1.2. Considerazioni sui dispositivi

Dal punto di vista hardware, la postazione di lavoro doveva garantire prestazioni medio-alte, con particolare attenzione all'elaborazione grafica, poiché questo componente è fondamentale per il rendering di ambienti 3D complessi.

Oltre a una combinazione ben bilanciata di CPU, RAM e capacità di archiviazione, la scheda grafica doveva essere ottimizzata per le applicazioni di gioco, che in genere richiedono un'elevata potenza di calcolo, e pienamente compatibile con il visore per realtà virtuale selezionato.

Ecco le specifiche:

**Processore:** Intel Core i7 di decima generazione (8 core, 16M cache, clock di base 2,9 GHz, fino a 4,8 GHz) DDR4-2933

---

**RAM:** 32 GB DDR4

**Memoria primaria (SSD):** unità a stato solido NVMe da 512 GB

**Memoria secondaria (HDD):** 2TB, 7,200 RPM, 6 Gb/s

**Sistema operativo:** Windows™ 10 Pro (64-bit)

**Scheda di rete:** controller Gigabit Ethernet 10/100/1000 con porta RJ45, supporto del protocollo PXE e modalità Wake-On-LAN

**Scheda grafica:** Nvidia GeForce RTX 3070, 8 GB, 3 DisplayPort, HDMI (certificata per l'esperienza Oculus VR)

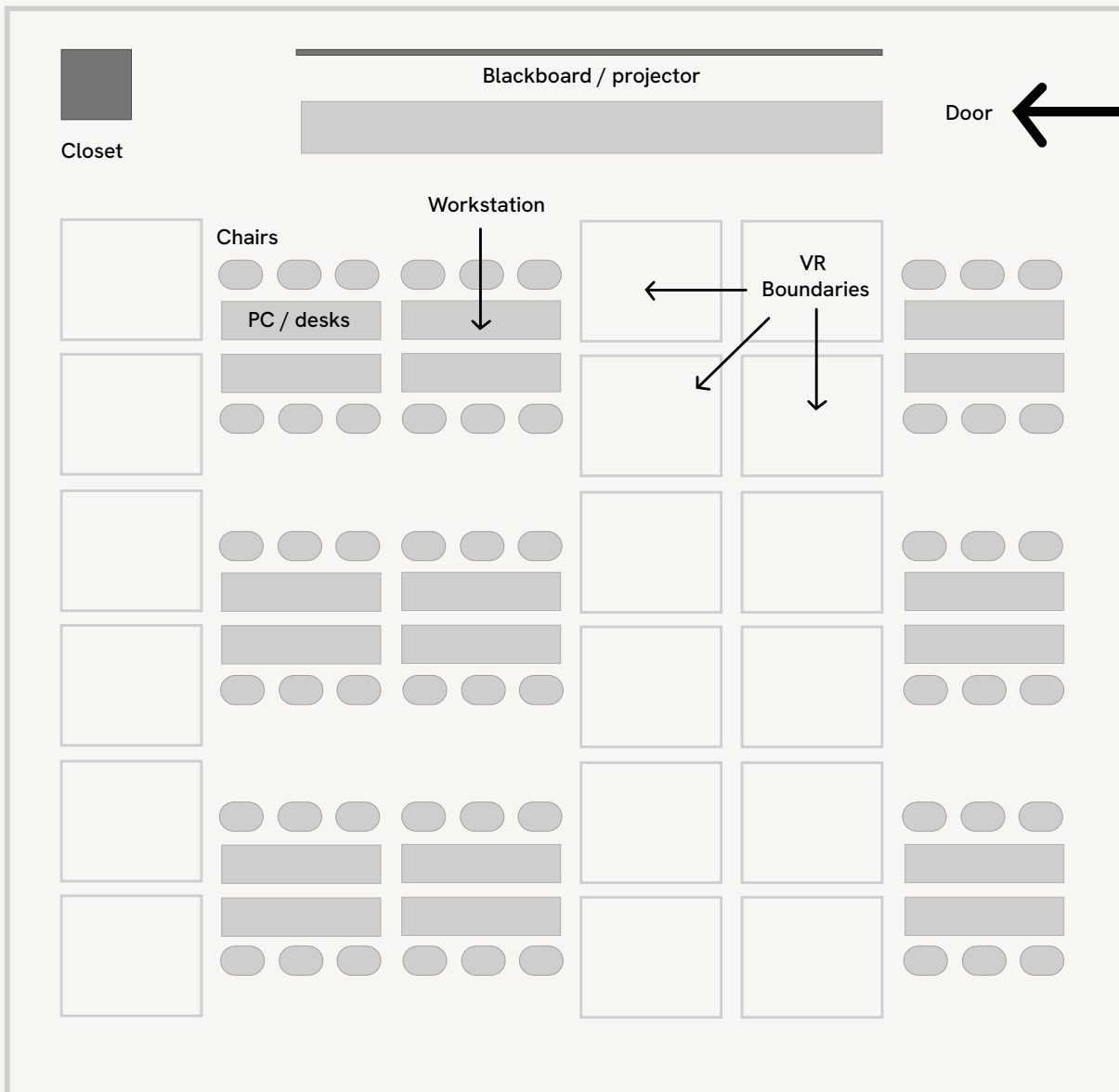
**Monitor:** display Full HD (1080p) da 27 pollici, 1920 x 1080 @ 60Hz, pannello IPS, rapporto di contrasto 1000:1, tempo di risposta: 8 ms (normale), 5 ms (veloce), connessioni HDMI e Display-Port

Il visore Meta Quest 2 (in quel momento denominato Oculus Quest 2) è stato scelto per la sua ampia disponibilità e convenienza; successivamente, dall'osservazione empirica, si è confermato comunque una buona scelta per la sua flessibilità funzionale nell'utilizzo di diverse applicazioni VR, anche se Meta non ha ancora sviluppato una modalità didattica efficace. Vale la pena notare che le indicazioni e le informazioni fornite qui rimangono valide anche dopo la scelta del Politecnico, per altre gamme più recenti di HMD, come il Quest Pro o il Quest 3.

Questo dispositivo si collega al computer tramite una porta USB e una DisplayPort utilizzando un cavo di cinque metri, il Quest Link, che è utile per riprodurre le applicazioni in esecuzione sul PC in una prospettiva immersiva attraverso il visore. La connessione tramite cavo è preferibile al Wi-Fi per la sua stabilità e fluidità nella trasmissione di contenuti da un PC a un visore e viceversa. D'altra parte, l'utilizzo della connessione Air Link tramite Wi-Fi consentirà a studenti e docenti di avere un'esperienza migliorata di libertà di movimento. Ciò potrebbe ridurre potenziali danni fisici e infrastrutturali. La scelta tra i due sistemi di connessione dipende dalla tipologia dell'applicazione, dal dispositivo e dallo spazio coinvolto. Infine, la navigazione e l'interazione con i contenuti VR sono facilitate dai due controller portatili (**Fig. 3.1.2**).



▲ Fig. 3.1.2: Postazione di lavoro, composta dal computer da tavolo, dal visore e dai controller.



▲ Schema della disposizione del laboratorio VR dell'Università POLIMI

## Mapa dei rischi e mitigazioni

<p><b>RISCHI TECNICI</b> Aggiornamenti delle cuffie, contesa Wi-Fi, accoppiamento dei controller, gestione della batteria</p>	<p><b>MITIGAZIONE</b> Immagine congelata della scena sul proiettore; Fallback del visualizzatore web; batterie di ricambio; Finestra di aggiornamento pre-lezione</p>
<p><b>RISCHI PER LA SALUTE/SICUREZZA</b> VRSE, collisioni in stanze di piccole dimensioni</p>	<p><b>MITIGAZIONE</b> Preferire l'opzione modalità seduta, chiara segnaletica dell'area di gioco, sessioni a tempo, assicurarsi di un protocollo di "arresto" sicuro</p>
<p><b>RISCHI LEGALI/DI PRIVACY</b> Fonti dei dati (registri HMD, voce/chat), base giuridica, conservazione</p>	<p><b>MITIGAZIONE</b> Modello DPIA, formulazione del consenso, raccolta minima dei dati, programma di conservazione</p>
<p><b>RISCHI ORGANIZZATIVI</b> Carico di lavoro del personale, conflitti di prenotazione</p>	<p><b>MITIGAZIONE</b> Intervento dei facilitatori, app di prenotazione e dashboard dell'inventario delle attrezzature</p>

## 3.2 Lezioni potenziate dalla realtà virtuale al POLIMI

Dal lancio dei Laboratori VR nel 2021, le aule dedicate (L.0.4 nel campus Bovisa La Masa e 2.2.5 nel campus Leonardo) sono state regolarmente prenotate e utilizzate dai docenti di vari dipartimenti. (Fig. 3.2a - 3.2b)

Nel corso del tempo è stata offerta una vasta gamma di corsi, con alcuni docenti che hanno tenuto più corsi nella stessa area disciplinare. La maggior parte dei dipartimenti partecipanti appartiene ai settori STEM e ingegneristici.

Dal primo semestre (settembre-gennaio) dell'anno accademico 2022/23 al primo semestre (settembre-gennaio) dell'anno accademico 2024/2025, un totale di 2059 studenti ha partecipato a 152 lezioni. Sono stati coinvolti diversi dipartimenti, tra cui Automazione, Chimica, Energia e Ingegneria Meccanica, Dipartimento di Elettronica, Informatica e Bioingegneria, Ingegneria Civile e Ambientale, Dipartimento di Scienze Aerospaziali, Design, Architettura, Ingegneria Edile e Ambiente Costruito.

In particolare, i docenti del Dipartimento di Chimica hanno utilizzato questi spazi in modo molto attivo, conducendo numerose esercitazioni pratiche. Le loro sessioni prevedono applicazioni che simulano la presenza in impianti o laboratori virtuali (Simsci per impianti chimici o un'app progettata autonomamente per il test di un laboratorio virtuale di radiochimica), in cui gli studenti accedono ad ambienti immersivi tramite cuffie e si cimentano in attività pratiche.



◀ Fig. 3.2a: Laboratorio VR 2.2.5 nel campus Leonardo.



◀ Fig.3.2b: Laboratorio VR L.0.4 nel campus Bovisa La Masa.

---

## 3.3 Strumenti di monitoraggio e valutazione

---

Durante lo svolgimento delle lezioni di realtà virtuale di questi anni, il team della task force METID ha sviluppato diversi strumenti per monitorare lo sviluppo del progetto e garantire una buona qualità della metodologia didattica.

Quando si impartiscono questo tipo di lezioni, è essenziale raccogliere i feedback degli studenti e le note relative alle fasi di avanzamento e preparazione. Questi dati possono aiutare l'istituzione e i formatori/educatori a migliorare la qualità delle lezioni di realtà virtuale impartite.

Sono inoltre fondamentali per lo sviluppo di altri strumenti di monitoraggio, progettati specificamente per ogni situazione didattica in base alle necessità (come rapporti aggiuntivi, tabelle, grafici, ecc.). Ciò che abbiamo trovato interessante è la possibilità di controllare i rapporti e gli strumenti di monitoraggio prodotti per avere una panoramica dei progressi generali del semestre o dell'anno, per quanto riguarda le lezioni di realtà virtuale.

### 3.3.1 Raccolta dati tramite moduli in presenza

In questa sezione vengono presentati i dettagli dei moduli cartacei del POLIMI per aiutare altre istituzioni a creare le proprie tabelle da far compilare agli educatori o ai formatori.

**L'obiettivo del modulo è quello di registrare note sugli aspetti qualitativi e quantitativi di lezioni specifiche**, compreso il numero di studenti coinvolti e l'approccio alle attività didattiche. Ecco una panoramica di ciò che è possibile vedere nella **figura 3.3.1**.

Nella prima sezione vengono raccolte le seguenti informazioni: il titolo del corso, il nome degli insegnanti coinvolti nella sessione e il dipartimento di appartenenza sia del personale docente che del corso. Vengono registrati anche gli obiettivi didattici della sessione. Vengono documentati l'orario di inizio e di fine della sessione, la data di consegna e le date delle sessioni successive (o la frequenza di utilizzo). Viene annotato il nome del membro del team METID responsabile della registrazione delle informazioni.

Vengono raccolti dati sul numero di professori presenti durante la sessione, il numero di tutor, eventuali partecipanti esterni, la presenza di personale tecnico e qualsiasi altro personale di supporto METID. Viene registrata la presenza degli studenti, insieme alla loro disposizione dei posti a sedere, sia che siano seduti in gruppo o individualmente.

Una sezione successiva raccoglie informazioni sull'applicazione utilizzata durante la sessione: il suo nome, il tipo di attrezzatura necessaria per il funzionamento e una breve descrizione del software e delle sue funzioni. Viene anche annotata la lingua di insegnamento. Il documento prosegue con la descrizione delle varie fasi di svolgimento della sessione, comprese le attività preparatorie prima dell'ingresso in aula, la fase preliminare, la sessione principale e le attività post-sessione. Descrive inoltre in dettaglio il processo di allestimento dell'aula, compresi i responsabili e le modalità di preparazione.

La sezione finale include note speciali, il numero di partecipanti affetti da VR sickness (se presente) e spazi dedicati all'inserimento di link a Google Foto, al questionario di feedback e, infine, alla relazione finale.

<b>ORARIO</b>	
	<b>VR</b>
<b>ISTRUTTORE</b>	<b>NOMI DEI PROFESSORI</b>
<b>DIPARTIMENTO</b>	<b>INGEGNERIA MECCANICA (MASTER)</b>
<b>DATA</b>	<b>20/10/25</b>
<b>ORARIO</b>	<b>9:15 - 15:15</b>
<b>CHI SCRIVE</b>	<b>NOME DELL'AUTORE</b>
<b>NUMERO RELATORI</b>	<b>L'INSEGNANTE HA PARTECIPATO ALLA PARTE PIÙ ESPERIENZIALE DELLA LEZIONE</b>
<b>NUMERO DI PARTECIPANTI ESTERNI</b>	<b>1</b>
<b>TECNICI</b>	<b>NOMI DEI TECNICI</b>
<b>METODOLOGIA SUPPORTO</b>	<b>NOME DEL COLLEGA</b>
<b>NUMERO DI STUDENTI</b>	<b>29+1 A DISTANZA</b>

NUMERO DI POSTAZIONI DI LAVORO UTILIZZATE	15
DIVISIONE STUDENTI	COPPIE O SINGOLI (13 COPPIE, 1 TERZETTO, 2 SINGOLI)
SOFTWARE UTILIZZATO	UNITY E UNREAL ENGINE
ATTREZZATURA NECESSARIA	COMPUTER PORTATILE PERSONALE DELLO STUDENTE, OCULUS E CONTROLLER, CAVO DI COLLEGAMENTO OCULUS, GOOGLE CARDBOARD (DISPONIBILE SOLO PER L'INSEGNANTE), SMARTPHONE PERSONALE DELLO STUDENTE, CHIAVETTA USB
DESCRIZIONE DEL SOFTWARE	IN UNITY, VIENE CREATA UNA SCENA 3D PARTENDO DA UN MODELLO E AGGIUNGENDO LUCI, TELECAMERE E OGGETTI. UTILIZZANDO UNREAL ENGINE, IL PROGETTO VIENE TRASFORMATO IN UN'APPLICAZIONE CHE PUÒ ESSERE ESEGUITA TRAMITE SMARTPHONE O HMD
LINGUA	INGLESE
RISULTATO DEL LABORATORIO	GLI STUDENTI DEVONO COMPLETARE UNA SERIE DI AMBIENTI SVILUPPATI IN UNITY O UNREAL ED ESEGUIRE ALCUNI TEST UTILIZZANDO I PROPRI COMPAGNI COME SOGGETTI DELL'ESPERIMENTO

▲ Fig. 3.3.1: Esempio della prima parte del modulo in presenza (Google Sheet)

### 3.3.2 Questionari post-lezione

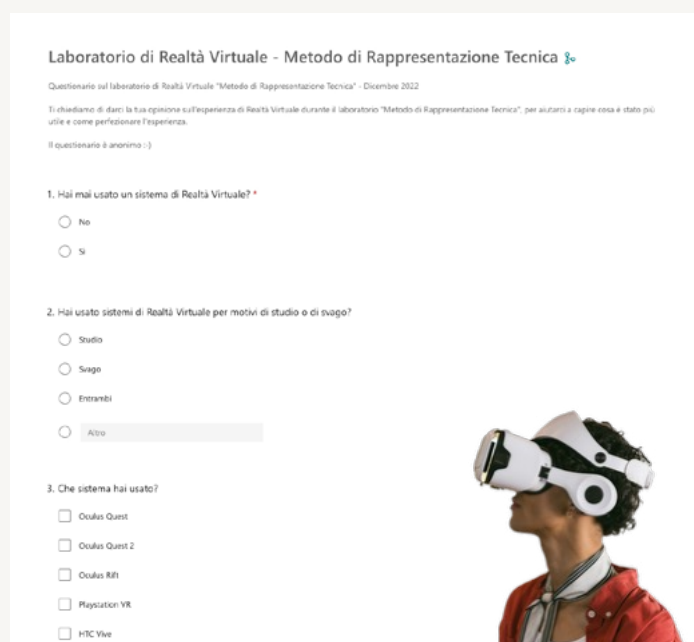
Al termine della lezione basata sulla realtà virtuale, gli educatori somministrano agli studenti un questionario online. Lo scopo è quello di raccogliere un feedback generale sull'uso della tecnologia VR, nonché dati relativi alla lezione stessa e alle percezioni degli studenti riguardo al metodo di insegnamento innovativo. In genere, il questionario viene preparato utilizzando Microsoft Forms dal team METID e successivamente fornito ai docenti del corso in un formato personalizzabile. (Fig. 3.3.2) La sezione iniziale include domande generali relative all'esperienza precedente degli studenti con le tecnologie VR. Queste domande sono facoltative e mirano a valutare la diffusione e la familiarità dei dispositivi VR tra la popolazione studentesca.

Successivamente, il questionario affronta le esperienze degli studenti durante la lezione specifica di realtà virtuale, concentrandosi sulle difficoltà incontrate. Queste domande si basano sull'esperienza precedente e sulle osservazioni del team METID, raccolte nel tempo da varie implementazioni di lezioni di realtà virtuale.

Le sezioni successive chiedono agli studenti di valutare, su una scala da 1 a 5, il loro livello di apprezzamento per i vari nuovi elementi introdotti nella dinamica della lezione, come l'approccio didattico, la tecnologia e i contenuti. Gli elementi specifici valutati variano a seconda della natura della lezione e della modalità VR utilizzata. Un altro elemento chiede se l'attività è stata svolta individualmente o in gruppo. Se si è trattato di un lavoro di gruppo, segue una domanda a matrice che invita gli studenti a indicare, su una scala da 1 ("per niente") a 5 ("molto"), l'utilità percepita della collaborazione con i compagni di classe durante l'attività.

Il questionario prosegue con una domanda aperta sugli aspetti della sessione che gli studenti hanno apprezzato di più. Un'altra domanda aperta invita i rispondenti a fornire suggerimenti al docente per migliorare la sessione.

L'ultima domanda chiede se lo studente vorrebbe vedere sistemi di insegnamento basati sulla realtà virtuale simili applicati ad altri corsi. Se la risposta è negativa, lo studente è invitato a specificarne il motivo. Le domande e le sezioni sopra descritte sono state concepite per affrontare in modo ampio le varie dimensioni dell'esperienza degli studenti nelle lezioni basate sulla realtà virtuale. Il questionario è stato progettato per essere adattabile da parte dei docenti o dei tutor, consentendo loro di allinearli al contesto specifico e agli obiettivi pedagogici di ciascuna lezione di realtà virtuale, garantendo così la raccolta dei feedback più rilevanti.



**Laboratorio di Realtà Virtuale - Metodo di Rappresentazione Tecnica**

Questionario sul laboratorio di Realtà Virtuale "Metodo di Rappresentazione Tecnica" - Dicembre 2022

Ti chiediamo di darcì la tua opinione sull'esperienza di Realtà Virtuale durante il laboratorio "Metodo di Rappresentazione Tecnica", per aiutarci a capire cosa è stato più utile e come perfezionare l'esperienza.

Il questionario è anonimo :)

1. Hai mai usato un sistema di Realtà Virtuale? \*

No

Sì

2. Hai usato sistemi di Realtà Virtuale per motivi di studio o di svago?

Studio

Svago

Entrambi

Altro

3. Che sistema hai usato?

Oculus Quest

Oculus Quest 2

Oculus Rift

PlayStation VR

HTC Vive

◀ Fig. 3.3.2: Screenshot della prima parte del questionario (Microsoft Form)

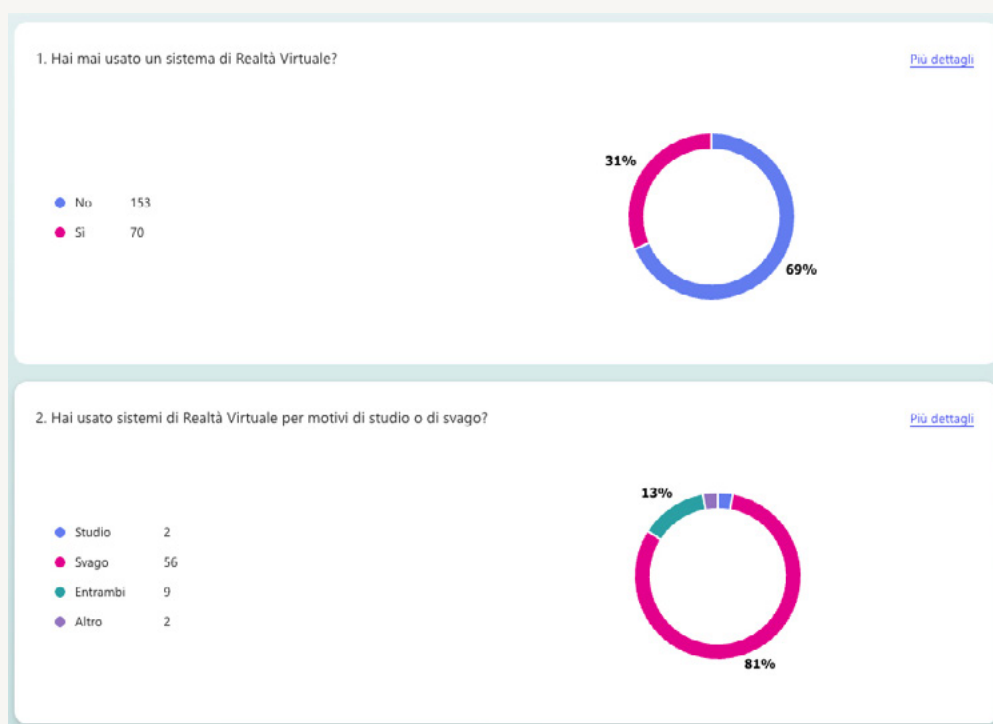
<https://forms.office.com/Pages/DesignPageV2.aspx?subpage=design&token=efcd7753489c45269e937158a1c1b2b-c&id=K3EXCvNtXUKAjjCd8ope6zcfDdiDZHJArUaH6fMUZOhUNjlf-SIUySVQ0REtMVU5OUFUyUUZQTFZBSy4u>

### 3.3.3 Relazione finale

Una volta raccolte le risposte al questionario, queste vengono analizzate e compilate in un documento preparato dal team METID, denominato "Relazione sulla lezione VR".

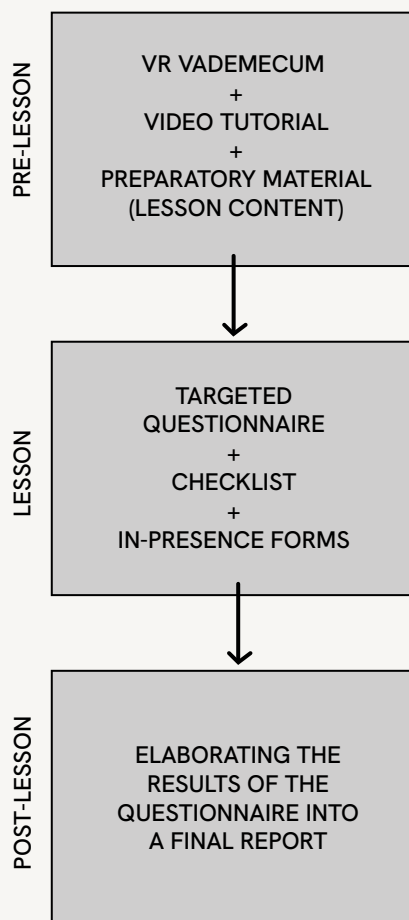
Tale relazione include il titolo del corso, i nomi dei docenti coinvolti e una panoramica descrittiva del corso.

I dati ottenuti dai questionari vengono quindi presentati sotto forma di rappresentazioni grafiche, accompagnate da annotazioni e osservazioni sia del docente che dello staff METID. Lo scopo principale del rapporto è quello di catalogare e presentare i dati raccolti in modo visivamente coerente e con un formato professionale. Il rapporto finale viene quindi condiviso con i docenti che hanno partecipato alla realizzazione del corso. (Fig. 3.3.3)



▲ Fig. 3.3.3: Screenshot di una parte dello strumento Report (Google Doc)

Il prossimo capitolo si concentrerà sulle linee guida per formatori, educatori e studenti estrapolate dall'esperienza empirica acquisita dalla task force METID durante lo sviluppo dei VR Labs.



▲ Fig. 3.3.4: Flusso di lavoro ideale per l'utilizzo e il monitoraggio dei materiali di supporto.

## 3.4 Ricerca di supporto

Baldoni, V., Brambilla, F., Bruschi, F., Casiraghi, D., Denni, M., Marenghi, P., Longa, L., Pampanin, M., Pandocchi, S., Sancassani, S., & Santolini, B. (2024).

Due anni di laboratori VR. Politecnico di Milano - METID Learning Innovation.

<https://www.metid.polimi.it/pubblicazioni/>

Galeazzi, A., Marenghi, P., Duò, L., Galardo, M., Rota, R., Sancassani, S., & Manenti, F. (2024).

Realtà virtuale e gemelli digitali per un apprendimento potenziato nell'ingegneria chimica. In *Ingegneria chimica assistita dal computer/Computer aided chemical engineering* (pp. 3535-3540).

<https://doi.org/10.1016/b978-0-443-28824-1.50590-1>

## 04



# Materiali didattici per le lezioni di realtà virtuale

**Q**uesto capitolo riporta le linee guida estrapolate dall'esperienza empirica del **METID - Learning Innovation del Politecnico di Milano**, dall'inizio dello sviluppo dei VR Labs. Per chiarire i ruoli, METID opera in ambito universitario come coordinatore per la produzione e la gestione di metodologie e strumenti innovativi di apprendimento e insegnamento. Sulla base delle osservazioni delle attività dei VR Labs, sono state stabilite diverse linee guida sia per gli educatori che per gli studenti. Sono stati osservati diversi approcci, obiettivi educativi e metodologie di apprendimento, che sono stati poi integrati in suggerimenti passo dopo passo.

## 4.1 Linee guida per educatori e formatori

L'implementazione della realtà virtuale nell'istruzione superiore richiede un'attenta pianificazione e competenza pedagogica. Le seguenti linee guida, derivate dall'esperienza empirica sviluppata da METID, forniscono un approccio strutturato e completo alla progettazione e alla conduzione di lezioni basate sulla realtà virtuale, con l'obiettivo di promuovere il coinvolgimento degli studenti e un apprendimento efficace.

Vale la pena sottolineare il ruolo di progettista didattico del METID - Learning Innovation del Politecnico di Milano, che supporta gli educatori e guida gli altri colleghi nella strutturazione delle attività: quando si fa riferimento ai laboratori VR già discussi nei capitoli precedenti, come sottolineato, METID funge da facilitatore tra docenti, studenti e tecnici, fornendo guida didattica e metodologica e supporto generale.

---

Le linee guida fornite agli istruttori sono suddivise in otto fasi logicamente sequenziali:

### **1. Identificazione dei contenuti adatti alla VR**

Gli istruttori dovrebbero iniziare comprendendo le possibilità offerte dalla tecnologia VR e valutando il programma del loro corso per individuare gli argomenti che trarrebbero vantaggio dall'apprendimento immersivo.

È essenziale coordinarsi con la struttura all'interno di ciascuna università responsabile sia degli aspetti tecnici che metodologici. Ciò contribuirà a ottimizzare il tempo e lo sforzo necessari per allineare il layout della classe, la sua struttura, compresi il software e l'hardware necessari, e gli obiettivi didattici degli istruttori.

### **2. Selezionare o sviluppare un'applicazione/piattaforma VR**

Gli educatori dovrebbero quindi identificare le piattaforme VR esistenti in linea con gli ILO che desiderano che gli studenti raggiungano. Qui discutiamo delle piattaforme virtuali online, possibilmente già adatte come offerte standard fornite da agenzie terze, o delle applicazioni che possono essere eseguite sul computer o nel visore stesso. Di solito, è preferibile far funzionare l'applicazione o la piattaforma sul computer, data l'elevata potenza grafica dei componenti interni. Nel visore, questa composizione richiederà che il visore sia collegato al computer tramite il cavo Link o Air Link, consentendo al visore di fungere da specchio di ciò che gli studenti possono vedere anche sul monitor.

D'altra parte, nonostante siano più limitate dal punto di vista grafico, le applicazioni VR che funzionano direttamente sui visori possono offrire esperienze immersive eccezionali attraverso altri elementi (divertimento, qualità dei contenuti, interazione, ecc.). Inoltre, c'è anche il vantaggio di rendere queste applicazioni più pratiche da utilizzare in classe, grazie alla libertà di movimento degli studenti.

Esistono diverse tipologie di applicazioni, che vanno dal fitness a quelle STEM. A seconda degli obiettivi didattici della classe, è necessario scegliere quella più adatta, tenendo conto anche della licenza e del prezzo. Se non esiste un'applicazione adatta, gli insegnanti possono consultare sviluppatori interni o esterni per crearne una ottimizzata per il visore specifico in uso.

### **3. Testare l'applicazione**

Prima della distribuzione, l'applicazione VR deve essere accuratamente testata per verificarne l'usabilità e l'affidabilità tecnica. Gli insegnanti e gli eventuali tutor devono essere consapevoli del flusso degli utenti nell'applicazione per condividerla con gli studenti e facilitare la lezione. Inoltre, gli educatori devono essere consapevoli dei punti critici all'interno dell'app e delle relative soluzioni agli eventuali problemi.

---

#### **4. Strutturare la lezione**

La lezione dovrebbe trovare un equilibrio tra elementi teorici e pratici, integrando la VR in modo significativo. Gli studenti devono essere informati in anticipo sul formato della sessione, sui protocolli di utilizzo della VR e sulle caratteristiche specifiche dell'applicazione. Abbiamo riscontrato livelli più elevati di sicurezza nell'esecuzione dei compiti dal punto di vista degli studenti quando questi erano a conoscenza in anticipo dello spostamento dei contenuti VR.

#### **5. Organizzazione del laboratorio VR**

Gli insegnanti dovrebbero coordinarsi con i responsabili metodologici e tecnici dell'università per garantire la disponibilità delle attrezzature, pianificare la rotazione degli studenti in piccoli gruppi secondo necessità e fornire assistenza in loco per risolvere eventuali disagi tecnici o fisici. Nei giorni o addirittura nelle settimane precedenti la lezione, è opportuno discutere con questi responsabili il contenuto della lezione e l'idea di layout generale. Il coordinamento tra questi diversi ruoli dovrebbe garantire un buon punto di partenza per la classe.

#### **6. Preparazione degli studenti**

Di solito, è buona norma condividere con gli studenti il materiale preparatorio pre-lezione, progettato per gestire la struttura del laboratorio VR. All'università POLIMI, il METID ha sviluppato un documento PDF (VR Vademecum) e un video tutorial (vedi i paragrafi successivi) che possono essere condivisi con gli studenti settimane prima della lezione. Inoltre, come già detto, gli studenti dovrebbero essere informati sull'applicazione specifica utilizzata e sui comportamenti previsti nell'ambiente VR.

Gli insegnanti dovrebbero affrontare le questioni relative al fenomeno della cinetosi, che potrebbe impedire ad alcuni studenti di partecipare alle esperienze. Questi studenti potrebbero sentirsi esclusi e, idealmente, dovrebbe essere messa a loro disposizione un'applicazione alternativa non VR. La VR sickness può manifestarsi a diversi livelli, impedendo agli studenti di vivere positivamente la lezione. È necessario avvisare gli studenti di questa possibilità e chiedere loro di informare i loro supervisori (educatori, tutor, ecc.) se dovessero avvertire qualsiasi disagio. Per evitare che si sentano in imbarazzo, è essenziale riconoscere quanto sia normale provare nausea. In genere, le regole d'oro per prevenire il fenomeno sono tenere le finestre aperte durante la sessione di realtà virtuale per migliorare la circolazione dell'aria e riservare uno spazio con sedie e acqua per gli studenti che potrebbero averne bisogno.

#### **7. Svolgimento della lezione**

Prima della sessione, assicurarsi che la sala sia preparata con il supporto dei tecnici, che le attrezzature siano funzionanti e che il personale di supporto sia presente. A seconda del flusso di prenotazioni dell'università, potrebbe essere necessario richiedere assistenza alcuni giorni prima della lezione. Prima della lezione, gli educatori e i tutor dovrebbero ispezionare l'aula, regolando la disposizione

---

per creare uno spazio privo di ostacoli e pericoli, garantendo un'esperienza VR il più fluida possibile. Stabilire canali di comunicazione chiari (ad esempio, segnali manuali, indicazioni verbali) affinché gli studenti possano indicare che hanno bisogno di assistenza. Dare priorità al benessere dello studente. Se uno studente rimuove il visore a causa di disagio, valutare le sue condizioni e fornire supporto.

Durante la lezione, comunicare chiaramente gli obiettivi, offrire supporto tecnico ed emotivo e garantire un rapporto tutor-studente adeguato. È una mossa intelligente chiedere agli studenti che hanno già utilizzato un sistema simile e magari accoppiarli per bilanciare le capacità della classe. Gli educatori e i tutor dovrebbero agire come supervisori dell'intero gruppo di studenti, prestando attenzione alle loro reazioni fisiche ed emotive.

## 8. Raccolta di feedback

Dopo la sessione, raccogliete i feedback degli studenti per valutare l'esperienza di apprendimento, identificare le aree di miglioramento e informare le future iniziative di realtà virtuale.

Mantenere un elenco dei partecipanti può facilitare la comunicazione e i sondaggi di follow-up.



◀ Fig. 4.1.1: Lezioni tenute all'interno dei laboratori VR (2.2.5 e L.0.4).

## Confronto tra diverse configurazioni di esperienze VR

	<b>DIRETTAMENTE SU HMD</b>	<b>COLLEGATO AL PC</b>
<b>STUDENTI PARTECIPAZIONE</b>	Dipende dall'applicazione o dalla piattaforma utilizzata: se questa consente un'esperienza collaborativa tra più utenti, gli HMD saranno utilizzati individualmente come dispositivi, ma l'esperienza sarà condivisa o attivata in collaborazione tra più studenti.	<p>Il mirroring dello scenario VR sul desktop del PC consente ad altri studenti di partecipare (con diversi gradi di partecipazione), aiutando e informando i loro compagni.</p> <p>Alcune applicazioni e piattaforme VR possono essere controllate da un PC, con i visori che funzionano solo come un occhio sull'ambiente 3D.</p>
<b>TRACCIAMENTO FISICO</b>	Quando si indossano i visori, non è consentito il tracciamento degli occhi degli studenti e di ciò che vedono durante il flusso dell'esperienza. Il mirroring dell'esperienza sul monitor del PC è una regola d'oro. Oltre alla vista, è possibile osservare e monitorare i movimenti del corpo.	L'esperienza offerta dal PC offre la possibilità di monitorare facilmente il movimento degli occhi e ciò che gli studenti vedono nell'ambiente. Il movimento del corpo è difficile da monitorare.
<b>INTEGRAZIONE LMS</b>	Sia gli HMD che le modalità collegate al PC potrebbero consentire l'integrazione di software e programmi LMS, a seconda delle licenze e dei programmi aggiuntivi.	Sia gli HMD che le modalità collegate al PC potrebbero consentire l'integrazione di software e programmi LMS, a seconda delle licenze e dei programmi aggiuntivi.
<b>ORGANIZZATIVO</b>	<p>Quando si utilizzano gli HMD, è bene avere un esperto all'interno del team che organizzi e gestisca l'attività, nella fase preliminare, durante e dopo.</p> <p>Gli HMD potrebbero presentare problemi legati all'hardware e al software, e questi problemi non sono sempre prevedibili.</p>	Offrire l'esperienza VR tramite PC può comportare meno problemi legati all'uso del dispositivo: questi sono più utilizzati dai tecnici e trovare una figura di supporto nelle fasi pre, durante e post può essere più facile rispetto agli HMD. I visori vengono utilizzati solo come specchio.

<p><b>INFRASTRUTTURE, DISPOSITIVI, STRUMENTI</b></p>	<p>A seconda del sistema di connettività scelto, gli HMD potrebbero richiedere un cavo di collegamento per connettersi al PC. Hanno bisogno di batterie per i controller e potrebbe essere utile avere uno strumento di pulizia alla fine della lezione. Per ricaricare gli HMD sono necessarie basi di ricarica o cavi di alimentazione. Questi dispositivi devono essere utilizzati in una zona sicura, che delimita un'area specifica per gli HMD chiamata "confini" (questi possono essere creati con del nastro adesivo sul pavimento o con altri metodi). Di solito devono essere supportati da una workstation composta da un PC con monitor, mouse e tastiera.</p>	<p>L'infrastruttura, in entrambe le situazioni, è la stessa: le postazioni di lavoro PC sono associate a un'area specifica in cui verranno utilizzati gli HMD (confini). Saranno inoltre necessari un monitor, una tastiera, un mouse, ecc.</p>
<p><b>ACCESSIBILITÀ CARATTERISTICHE</b></p>	<p>Quando utilizzano gli HMD, gli studenti, a seconda dell'esperienza programmata, possono avere una maggiore libertà di movimento e interazione, sempre tenendo conto di un'area sicura in cui operare. Questa libertà consente di organizzare l'esperienza in spazi e stanze diversi. Gli HMD possono essere utilizzati anche in modalità stazionaria.</p>	<p>Il collegamento al PC non consente allo studente di avere diversi gradi di movimento. L'uso delle funzionalità software e hardware del PC consente di eseguire applicazioni e programmi più pesanti a una velocità maggiore. Di solito, consente anche a un numero maggiore di studenti di partecipare grazie al mirroring diretto sul monitor.</p>

## 4.2 Linee guida per gli studenti

Il percorso formativo che coinvolge la VR richiede un approccio consapevole e proattivo da parte degli studenti, sia in termini di metodi innovativi di coinvolgimento in classe, sia per evitare il rischio di ridurre l'esperienza a mero intrattenimento, perdendo così di vista gli ILO.

Infatti, gli studenti devono essere preparati a ciò che affronteranno in classe, sia dal punto di vista tecnologico che metodologico. È possibile che non tutti abbiano mai sperimentato un'installazione o un'applicazione VR, con conseguente confusione e difficoltà a superare gli aspetti emotivi e ludici, a favore di un approccio mentale razionale e orientato all'apprendimento.

### VR Vademecum

Questo è il motivo per cui METID ha sviluppato nel corso dell'anno un documento PDF VR Vademecum, per offrire una chiara comprensione degli strumenti disponibili e migliorare la familiarità degli studenti con il funzionamento dei laboratori VR. (Fig. 4.2a)

In questo modo, si cerca di promuovere un'esperienza di apprendimento più gratificante e produttiva. [Il Vademecum](#) deve essere condiviso con gli studenti dagli educatori prima della lezione; i professori dovrebbero chiedere agli studenti di leggerlo per prepararsi al meglio all'esperienza di apprendimento.

Contenuti principali del documento:

- **Cosa sono i VR Labs in cui stanno entrando.**
- **Quali sono gli strumenti che useranno.**
- **Come indossare e utilizzare in generale i visori e i controller.**
- **Alcune informazioni sul fenomeno della VR sickness e come gestirlo.**



◀ Fig. 4.1.2: Copertina del Vademecum VR per gli studenti

## Video tutorial

Inoltre, le principali fasi pratiche necessarie prima di entrare nei laboratori (come le regole dei laboratori, le descrizioni degli spazi e degli strumenti) sono presentate in un video per facilitare una introduzione graduale all'ambiente di apprendimento VR.

Il video dovrebbe anche essere condiviso con gli studenti prima della lezione o proiettato in classe prima dell'inizio della lezione.

All'interno del video:

- **Una primissima introduzione ai Laboratori e la richiesta di seguire le istruzioni degli educatori e dei formatori per lo svolgimento della lezione.**



- **La composizione della postazione di lavoro, dai computer desktop ai visori e agli altri strumenti coinvolti.**



- L'area di lavoro dedicata, corrispondente ai confini delle cuffie, dove i contenuti VR saranno visualizzati in modo sicuro.  
Come si vede nella schermata, nei Labs queste aree sono delimitate da nastro adesivo sul pavimento.



- Le diverse parti e i comandi dei visori e il funzionamento generale dei controller.



- **Come indossare in modo sicuro le cuffie.**



- **La necessità di un ambiente collaborativo quando la lezione coinvolge un numero di studenti superiore al numero di postazioni di lavoro: uno studente sperimenterà il contenuto VR, gli altri aiuteranno con gli strumenti e il funzionamento del PC.**



- Qualche parola sulla VR sickness e su come gestirla se si verifica.



## 4.3 Materiali condivisi

Per garantire un flusso di gestione fluido tra le parti coinvolte nei diversi ruoli per l'organizzazione delle lezioni di realtà virtuale, suggeriamo di prendere in considerazione la condivisione di alcuni dei materiali precedentemente illustrati.

I materiali condivisi tra tutte le parti interessate, compresi, se necessario, i membri del personale docente direttamente coinvolti, consentono una chiara comprensione dello stato attuale delle aule designate per l'insegnamento basato sulla realtà virtuale. Questo scambio di informazioni comprende non solo lo stato operativo e la manutenzione dei dispositivi utilizzati, ma anche le varie applicazioni e i servizi impiegati nelle lezioni precedenti.

Inoltre, include un'analisi dei metodi pedagogici adottati dai docenti durante le sessioni di realtà virtuale.

Ad esempio, al POLIMI, condividiamo tipicamente i moduli tramite la piattaforma Slite, comunemente

---

utilizzata dalla task force METID. All'interno della piattaforma vengono create pagine specifiche in base al tipo di materiale da condividere e l'accesso viene concesso alle parti interessate (tecnici, educatori, servizi informatici).

Tra i materiali condivisi ci sono anche i rapporti individuali delle lezioni, estrapolati dal modulo in presenza (essenzialmente un Google Doc) che forniscono un resoconto dettagliato di ogni sessione di realtà virtuale.

Inoltre, vengono condivise le schede di manutenzione tecnica relative ai dispositivi VR. Viene compilato un documento con gli aggiornamenti o le modifiche relative ai dispositivi, insieme a una descrizione delle attività di manutenzione che sono state effettuate. Idealmente, tale manutenzione dovrebbe avvenire mensilmente, data la possibilità di problemi tecnici dovuti all'usura o all'esaurimento delle batterie, nonché ai frequenti aggiornamenti delle cuffie e delle app.

La checklist raccomandata per le attività di manutenzione include i seguenti passaggi:

**Verifica della presenza di tutte le attrezzature in ciascuna stazione.**

**Funzionalità ed eventuale presenza dell'app sulla stazione PC.**

**Verifica dell'accuratezza delle impostazioni dei confini delle cuffie.**

**Verifica che sia stato effettuato l'accesso con l'account utente corretto.**

**Verifica della connessione Internet delle cuffie.**

**Testare almeno un'applicazione**, annotando eventuali problemi: se durante il periodo di manutenzione è necessaria un'app specifica per scopi didattici o sperimentali, è necessario scaricarla.

**Test dell'audio e del feedback tattile.**

**Verifica dell'ambiente virtuale.**

**Aggiornamento del software all'ultima versione**, completamento di eventuali aggiornamenti richiesti (incluso il controllo tramite browser) e riavvio del sistema per garantire la piena funzionalità.

**Controllo dello stato di carica delle cuffie** e delle batterie del controller e intervento ove necessario.

Oltre ai fogli di manutenzione e ai rapporti sulle lezioni VR, viene mantenuta una pagina Slite che elenca le informazioni di contatto, dirette o indirette a seconda della disponibilità, dei vari soggetti coinvolti, nel caso in cui sia necessario contattare persone specifiche, nonché le password necessarie.



# Kit di avvio

Di seguito il [link](#) a un elenco di modelli riutilizzabili:

## **Matrice decisionale: "Dovremmo usare la VR in questo caso?"**

**FAC SIMILE\_Modulo di presenza:** il modello per il modulo di presenza Google Sheet utilizzato al POLIMI per monitorare il numero di studenti, tutor, educatori, software utilizzati, modalità, sviluppo della lezione e così via

**FAC SIMILE\_Panoramica della lezione VR:** questo file Google Sheet è utile per raccogliere tutti i dati delle diverse lezioni svolte all'interno dei laboratori VR e inserirli in un unico file per avere una panoramica dei laboratori nel tempo

**Vademecum per gli studenti:** il file PDF del Vademecum citato in precedenza, sviluppato per gli studenti, per fornire loro informazioni e conoscenze preliminari sulla tecnologia e sui laboratori: questo potrebbe essere fonte di ispirazione per lo sviluppo di un Vademecum specifico per il singolo caso nelle università

**Modello di schizzo VR:** utile nella fase di progettazione VR, per interagire con un esperto VR, per definire la posizione spaziale, la sequenza, il movimento e l'interazione durante la visualizzazione di oggetti in VR e la narrazione delle azioni degli utenti

**Modello di programma del corso VR:** un esempio di programma del corso in cui è integrata un'attività VR

**Lista di controllo per l'implementazione della lezione VR:** per ricordare tutte le fasi del processo di progettazione e implementazione

**Lista di controllo pre-briefing e debriefing della lezione VR:** per ricordare tutte le attività e le azioni importanti da implementare per condurre una sessione VR efficace

**Modello di rubrica:** per valutare i tre ambiti di conoscenza

**Questionario sulla cinetosi da simulatore (SSQ):** per valutare l'esperienza VR in termini di benessere

**Scala di usabilità del sistema (SUS):** per valutare l'usabilità della VR

**Questionario sulla neuroscienza della realtà virtuale (VRNQ):** per valutare quattro diverse aree chiave dell'esperienza VR

**Griglia di riflessione:** foglio di lavoro dello studente per riflettere attivamente sull'esperienza



## Opuscolo V.5 – Gennaio 2026

### Licenza

© 2025 VRChem Consortium. Questo lavoro è concesso in licenza ai sensi della Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

Per visualizzare una copia di questa licenza, visitare <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Attribuzione: "VRChem Consortium (2025), Guida pratica alla realtà virtuale, CC BY 4.0."



**CC BY 4.0 DEED**

Attribution 4.0 International

