Verso l'esame: materiali per il colloquio

Scienze naturali 5 · Parte IV · La Terra come sistema: tettonica, atmosfera, oceani · versione 1.0
Verifica: Verso l'esame: materiali per il colloquio · pagine 473–478 del volume completo · estratto per lo studio

Queste pagine raccolgono **otto materiali**, due per ciascuna parte del volume, in preparazione al colloquio dell'Esame di Stato. Ogni materiale è un documento breve: un testo scritto dalla redazione, una tabella di dati, un grafico o un passo d'autore di pubblico dominio tradotto. Le domande che lo seguono partono dal documento, attraversano almeno due parti del libro e portano ad almeno due altre discipline.

Come usarli. Leggi il documento e prenditi cinque minuti per una scaletta: che cosa mostra, quale fenomeno scientifico c'è dietro, quali capitoli entrano in gioco, quali collegamenti con le altre discipline. Poi esponi un percorso orale di circa **10 minuti**, partendo sempre dal documento e tornandoci alla fine. Le domande sono una traccia, non un elenco da recitare: un buon percorso ne sceglie l'ordine e ne collega le risposte. Le soluzioni, in fondo al volume, danno per ogni materiale i collegamenti attesi e le parole chiave.

1. **Materiale 1 · Una bottiglia sulla spiaggia** (Parti I, II e IV). *Documento* (testo della redazione). «Sulla battigia di una spiaggia del Tirreno, dopo una mareggiata, un gruppo di studenti raccoglie in un'ora 312 frammenti di plastica. Li separa con una prova semplice: in un secchio di acqua di mare alcuni galleggiano, altri vanno a fondo. Tra quelli che affondano c'è il collo di una bottiglia con il codice di riciclo 1 (PET); tra quelli che galleggiano, tappi e frammenti di taniche (codice 2, polietilene ad alta densità, HDPE) e di contenitori per alimenti (codice 5, polipropilene, PP). Molti frammenti sono più piccoli di un'unghia.»
   a) Quale di questi tre polimeri si forma per condensazione (a stadi) e quali per addizione (a catena) (capitolo 6)? Scrivi il legame che si ripete nel PET e il suo nome (capitolo 5).
   b) Fisica: perché alcuni frammenti galleggiano e altri affondano nell'acqua di mare, che ha una densità di circa 1,03 g/cm^3? Usa il principio di Archimede, le densità del polietilene ricordate nel capitolo 6 e quelle del PP (circa 0,90 g/cm^3) e del PET (circa 1,4 g/cm^3).
   c) Perché le poliolefine si frammentano invece di sparire, mentre il PET si può riportare ai monomeri per idrolisi? Collega la risposta alla sostituzione nucleofila acilica (capitolo 5) e al ruolo degli enzimi come catalizzatori (capitolo 8).
   d) Dove si accumulano le microplastiche che galleggiano in mare aperto? Usa il trasporto di Ekman e i vortici subtropicali (capitolo 16).
   e) Educazione civica: quali obiettivi dell'Agenda 2030 riguardano questo problema, e che differenza c'è fra riciclo meccanico, riciclo chimico e riduzione dei consumi?

2. **Materiale 2 · Due molecole allo specchio** (Parti I, II e III). *Documento* (testo della redazione). «Alla fine degli anni Cinquanta un farmaco sedativo, la talidomide, fu venduto in molti paesi e prescritto anche alle donne in gravidanza. Pochi anni dopo si capì che era la causa di gravi malformazioni in migliaia di neonati, e il farmaco fu ritirato. Da allora la storia è raccontata spesso come quella di un "enantiomero buono" e di un "enantiomero cattivo". La realtà, hanno mostrato gli studi successivi, è più complicata.»
   a) Che cosa sono gli enantiomeri, come si riconosce uno stereocentro e come si assegna la configurazione (*R*) o (*S*)? Perché (*R*)/(*S*), D/L e il segno (+)/(−) sono informazioni indipendenti (capitolo 2)?
   b) Perché due enantiomeri, che hanno le stesse proprietà fisiche, possono avere effetti diversi su un organismo? Usa il modello dei tre punti (capitolo 2) e il fatto che enzimi e recettori sono fatti di L-amminoacidi (capitolo 8).
   c) Perché, nel caso della talidomide, somministrare un solo enantiomero non avrebbe risolto il problema? Che cosa misura un polarimetro, e che cosa indicherebbe una rotazione che diminuisce nel tempo (capitolo 2)?
   d) Storia ed Educazione civica: perché una tragedia come questa ha cambiato le regole con cui si autorizzano i farmaci, e che cosa c'entra il diritto alla salute dell'articolo 32 della Costituzione?
   e) Filosofia: che cosa suggerisce il principio di precauzione (capitolo 13) di fronte a una tecnologia nuova di cui non si conoscono tutti gli effetti?

3. **Materiale 3 · Un ragazzo di quattordici anni** (Parti I, II e III). *Documento* (testo della redazione). «Toronto, gennaio 1922. Leonard Thompson ha quattordici anni, è malato di diabete e pesa meno di trenta chili; il suo alito ha un odore dolciastro, "di frutta". Riceve una delle prime iniezioni di un estratto di pancreas preparato all'Università di Toronto dal gruppo di Frederick Banting, Charles Best, James Collip e John Macleod. Dopo alcuni tentativi la glicemia scende e il ragazzo si riprende. L'anno seguente Banting e John Macleod ricevono il premio Nobel per la medicina. Sessant'anni dopo, nel 1982, viene approvata la prima insulina umana prodotta da batteri.»
   a) Che cosa fanno l'insulina e il glucagone sul metabolismo del glicogeno e del glucosio, e attraverso quali segnali (capitolo 10)?
   b) Perché, senza insulina, il fegato produce corpi chetonici e il paziente va incontro a chetoacidosi? Uno dei corpi chetonici è il propanone (acetone): a quale classe di composti appartiene e perché è volatile (capitolo 5 e capitolo 10)?
   c) Perché per far produrre insulina umana a un batterio si usa un cDNA e non il gene preso dal genoma (capitolo 12 e capitolo 13)?
   d) Storia: nel 1922 l'estratto era ricavato da pancreas di animali; quali vantaggi ha portato l'insulina ricombinante?
   e) Educazione civica: il diabete di tipo 1 richiede una terapia per tutta la vita. Che cosa significa garantire a tutti l'accesso a un farmaco essenziale?

4. **Materiale 4 · Che cosa brucia un maratoneta** (Parti I e II). *Documento*: dati di esempio, costruiti dalla redazione, del quoziente respiratorio (QR = CO_2 prodotta / O_2 consumato) misurato su un corridore che mantiene la stessa andatura: dopo 10 minuti 0,96; dopo 30 minuti 0,92; dopo 60 minuti 0,87; dopo 90 minuti 0,83; dopo 120 minuti 0,80.
   a) Scrivi l'ossidazione completa del glucosio e quella dell'acido palmitico ($C_{16}H_{32}O_2$), e calcola il QR di ciascuna. Che cosa indica l'andamento dei dati (capitolo 10)?
   b) Perché le riserve di glicogeno del muscolo e del fegato si esauriscono, e perché il fegato non può trasformare gli acidi grassi in glucosio (capitolo 10)?
   c) I trigliceridi del tessuto adiposo sono esteri del glicerolo: quale reazione libera gli acidi grassi, e in che cosa assomiglia alla saponificazione (capitolo 5 e capitolo 7)?
   d) Confronta il rendimento in ATP di una molecola di glucosio e di una di palmitato. Perché i grassi sono una riserva più compatta (capitolo 9 e capitolo 10)?
   e) Fisica e Matematica: rappresenta i dati in un grafico QR–tempo; a quale potenza corrisponde l'energia liberata dal metabolismo di un corridore che consuma circa 3 L di O_2 al minuto, se ogni litro di O_2 corrisponde a circa 20 kJ? Ne diventa tutta lavoro meccanico?

5. **Materiale 5 · Due riunioni, due generazioni** (Parti II e III). *Documento* (testo della redazione). «Febbraio 1975, Asilomar, California. Circa centoquaranta persone, soprattutto biologi ma anche medici e giuristi, discutono per quattro giorni se e come continuare gli esperimenti con il DNA ricombinante, che loro stessi avevano sospeso. Ne escono regole di contenimento proporzionate al rischio. Novembre 2018, Hong Kong. Durante un congresso internazionale sull'editing del genoma umano, un ricercatore annuncia la nascita di due gemelle il cui DNA è stato modificato con CRISPR-Cas9 allo stadio di embrione. La comunità scientifica condanna l'esperimento.»
   a) Che cos'è il DNA ricombinante e quali strumenti servono per costruirlo (capitolo 12)? Perché nel 1975 si temeva per la sicurezza?
   b) Come funziona CRISPR-Cas9? Cas9 è un enzima: che cosa catalizza, e perché la sua specificità dipende dall'RNA guida e dalla PAM (capitolo 8 e capitolo 12)?
   c) Perché una modifica in un embrione è diversa da una terapia genica somatica (capitolo 13)? Che cosa vieta l'articolo 13 della Convenzione di Oviedo?
   d) Filosofia: confronta le due vicende con l'etica della responsabilità di Hans Jonas e con il principio di precauzione (vedi *Filosofia 5*, cap. 16).
   e) Storia: perché Asilomar è diventato un modello di autoregolazione della scienza, e quali limiti ha un accordo fra scienziati senza leggi che lo rendano obbligatorio?

6. **Materiale 6 · Un profilo e un numero** (Parti III e IV). *Documento*: risultati di esempio, costruiti dalla redazione, di un confronto fra il DNA di una traccia e quello di una persona a sei loci STR. Il profilo coincide a tutti i loci; le frequenze dei sei genotipi nella popolazione sono 0,08; 0,11; 0,05; 0,12; 0,09; 0,07. In una seconda analisi un'altra persona ha alleli diversi dalla traccia a un locus.
a) Che cosa sono gli STR, come si amplificano e come si separano i frammenti? Perché il DNA migra verso l'anodo (capitolo 12 e capitolo 13)?
b) Calcola la probabilità di coincidenza casuale per i sei loci e il numero di persone che, in una popolazione di 60 milioni, ci si aspetta abbiano per caso lo stesso profilo. Che cosa si può concludere per la seconda persona?
c) Matematica: perché si possono moltiplicare le frequenze? Quale condizione sui loci serve?
d) Lo stesso ragionamento sulla moltiplicazione delle probabilità fu usato da Alfred Wegener per sostenere la deriva dei continenti: ricostruiscilo (capitolo 14). In che senso una coincidenza ripetuta diventa una prova?
e) Educazione civica: perché il GDPR considera i dati genetici una categoria «particolare», e che cosa ha istituito in Italia la legge 85/2009?

7. **Materiale 7 · Gli indizi del clima antico** (Parti II e IV). *Documento*: Alfred Wegener (1880–1930), *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, seconda edizione (1920), cap. 5, «Polwanderungen» (Migrazioni dei poli), pp. 99–100 (traduzione della redazione). «Nella stima della latitudine dal carattere dei reperti si devono naturalmente utilizzare tutti gli indizi climatici disponibili: oltre alla grandezza e al tipo dei fossili, anche il colore rosso lateritico del suolo dei tropici e quello giallo delle latitudini temperate, poi i ciottoli sfaccettati dal vento come segno del deserto, i giacimenti di sale come segno di aridità e di calore, i coralli come abitanti dei mari tropicali, [...] il carbone e la formazione della torba come indizi della zona equatoriale e delle due zone temperate piovose, gli anelli annuali degli alberi, i fenomeni glaciali, e altro ancora. [...] Naturalmente non possiamo parlare di un clima preistorico di tutta la Terra, così come non possiamo parlare del clima complessivo della Terra di oggi.»
a) Quali prove paleoclimatiche usò Wegener a favore della deriva dei continenti, e come le spiega oggi la tettonica delle placche (capitolo 14)?
b) Perché il carbone indica un clima umido e una vegetazione abbondante? Collega la sua origine alla fotosintesi (capitolo 11) e al ciclo lento del carbonio (capitolo 16).
c) Perché i coralli sono un indizio di mari tropicali, e perché oggi sono minacciati dall'acidificazione degli oceani (capitolo 16)?
d) Wegener divide la Terra in zone piovose e aride: con quale modello della circolazione atmosferica le spieghiamo oggi (capitolo 16)?
e) Filosofia e Storia: perché la deriva dei continenti fu respinta per decenni e accettata solo negli anni Sessanta? Usa le idee di Kuhn o di Popper (vedi *Filosofia 5*, cap. 11). Wegener morì nel 1930 durante una spedizione scientifica in Groenlandia.

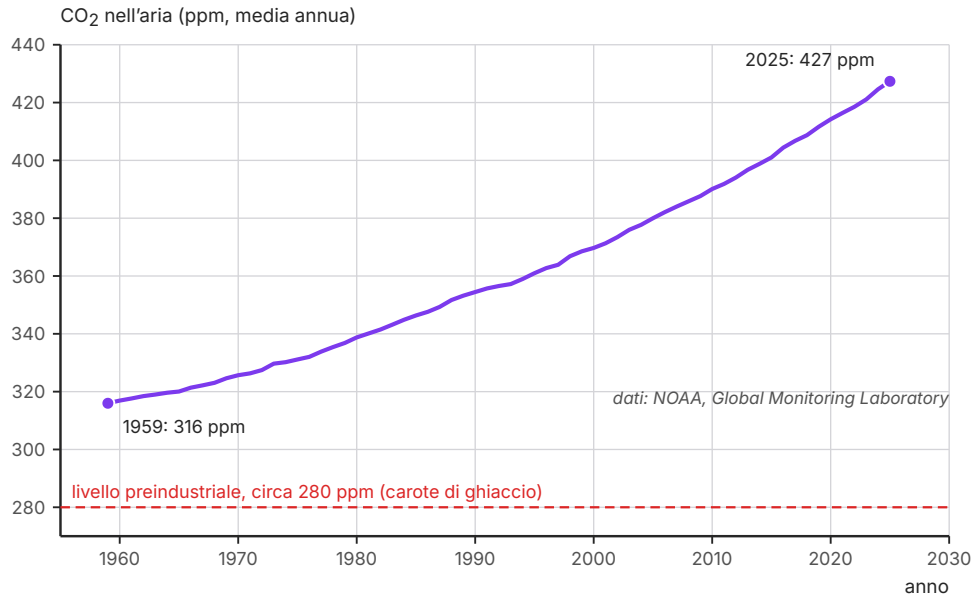


Figura V5.1 Concentrazione media annua di CO_2 nell'aria misurata all'osservatorio di Mauna Loa (Hawaii) dal 1959 al 2025 (dati: NOAA, Global Monitoring Laboratory). La linea tratteggiata indica il valore preindustriale ricavato dalle carote di ghiaccio. Le oscillazioni stagionali non si vedono, perché ogni punto è una media annua.

8. **Materiale 8 · Una curva che sale** (Parti I, II e IV). *Documento*: il grafico della Figura V5.1, la concentrazione media annua di CO_2 misurata all'osservatorio di Mauna Loa, nelle Hawaii.
   a) Descrivi il grafico: valore iniziale e finale, aumento medio annuo nei primi e negli ultimi decenni. Che cosa indica la linea tratteggiata?
   b) Da dove viene il CO_2 in eccesso? Scrivi la combustione completa del metano e dell'ottano (capitolo 3) e spiega perché bruciare combustibili fossili sposta in pochi decenni carbonio accumulato in milioni di anni (capitolo 16).
   c) Nelle medie mensili la curva oscilla ogni anno di qualche ppm. Spiega l'oscillazione con la fotosintesi e la respirazione (capitolo 9 e capitolo 11).
   d) Perché l'aumento annuo della concentrazione corrisponde solo a circa metà delle emissioni? Dove va il resto (capitolo 16)?
   e) Fisica, Storia ed Educazione civica: perché il CO_2 è un gas serra (assorbimento dell'infrarosso, vedi *Fisica 5*, cap. 6)? Collega la curva alla crescita del consumo di combustibili fossili dalla rivoluzione industriale in poi, alle risposte politiche, da Rio (1992) all'Accordo di Parigi (vedi *Storia 5*, cap. 16), e all'articolo 9 della Costituzione.

Soluzioni

1. *Traccia.* Codice 1 = PET (poliestere, per condensazione; legame estere –CO–O–), 2 = HDPE e 5 = PP (poliolefine, per addizione). Densità: PE circa 0,92–0,95 g/cm^3 e PP (circa 0,90) minori di quella dell'acqua di mare, quindi galleggiano (spinta di Archimede maggiore del peso); il PET (circa 1,4 g/cm^3) affonda. Le poliolefine hanno solo legami C–C e C–H, non idrolizzabili: luce e abrasione le frammentano in microplastiche; il PET ha legami estere che l'acqua, un catalizzatore o un enzima possono idrolizzare (sostituzione nucleofila acilica, intermedio tetraedrico) fino ai monomeri: è il riciclo chimico. Il trasporto di Ekman accumula l'acqua superficiale, e ciò che galleggia, al centro dei vortici subtropicali. Agenda 2030: obiettivi 12 (consumo responsabile) e 14 (vita sott'acqua). Parole chiave: polimerizzazione per addizione e per condensazione, densità, microplastiche, idrolisi degli esteri, Ekman.

2. *Traccia.* Enantiomeri: immagini speculari non sovrapponibili; stereocentro con quattro gruppi diversi; regole CIP e verso 1 → 2 → 3 con il gruppo 4 lontano. R/S è una convenzione di nomenclatura, D/L un confronto con la gliceraldeide, (+)/(−) una misura: nessuna si ricava dalle altre. Proprietà fisiche uguali in ambiente achirale; i recettori e gli enzimi, fatti di L-amminoacidi, sono chirali e riconoscono un enantiomero per tre punti di contatto. Talidomide: i due enantiomeri si trasformano l'uno nell'altro nell'organismo, quindi il farmaco puro diventerebbe comunque una miscela (racemizzazione); al polarimetro la rotazione di una soluzione di un enantiomero puro calerebbe verso zero. Storia ed Educazione civica: regole più severe per sperimentazione e autorizzazione dei farmaci, farmacovigilanza; art. 32 (tutela della salute). Filosofia: principio di precauzione e responsabilità verso chi subisce gli effetti (Jonas).

3. *Traccia.* Insulina: favorisce l'ingresso del glucosio nelle cellule e la sintesi del glicogeno (fa togliere i fosfati agli enzimi); glucagone: attraverso cAMP e PKA attiva la glicogeno fosforilasi e la gluconeogenesi. Senza insulina le cellule «vedono» il digiuno: lipolisi, β-ossidazione, eccesso di acetil-CoA nel fegato, corpi chetonici (acetoacetato, 3-idrossibutirrato e, dall'acetoacetato, l'acetone); gli acidi abbassano il pH del sangue. Il propanone è un chetone, senza legami a idrogeno fra le sue molecole, quindi volatile: si sente nell'alito. cDNA: i batteri non sanno eliminare gli introni, quindi si usa la copia dell'mRNA maturo fatta dalla trascrittasi inversa (o una sequenza sintetica, anch'essa senza introni), in un vettore di espressione. Storia: dal 1922 insulina estratta da pancreas di bovini e suini; il prodotto ricombinante (1982) è identico a quello umano e la sua produzione non dipende più dalla disponibilità di pancreas animali. Educazione civica: art. 32, farmaci essenziali, servizio sanitario.

4. *Traccia.* $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$: QR = 6/6 = 1,00; $C_{16}H_{32}O_2 + 23\ O_2 \rightarrow 16\ CO_2 + 16\ H_2O$: QR = 16/23 ≈ 0,70. Il QR scende da circa 0,96 a 0,80: all'inizio si ossidano soprattutto carboidrati, poi una quota crescente di acidi grassi. Il glicogeno è limitato; l'acetil-CoA non si trasforma in piruvato, quindi gli acidi grassi a numero pari di carboni non danno glucosio netto. La lipasi idrolizza i legami estere dei trigliceridi (sostituzione nucleofila acilica); la saponificazione è la stessa idrolisi in ambiente basico. Rendimento: circa 30–32 ATP per glucosio, circa 106 per palmitato; i grassi sono più ridotti e immagazzinati senza acqua. Potenza: 3 L/min × 20 kJ/L = 60 kJ/min = 1000 W, circa 1 kW di potenza metabolica, di cui solo una parte (circa un quarto) diventa lavoro meccanico: il resto è calore. Collegamenti: Fisica (energia e potenza), Matematica (lettura e costruzione di grafici).

5. *Traccia.* DNA ricombinante: DNA di origini diverse unito con enzimi di restrizione e ligasi, inserito in un vettore (Berg 1972; Cohen e Boyer 1973); si te-

meva di creare batteri pericolosi capaci di diffondersi. CRISPR-Cas9: Cas9 è una nucleasi che taglia il DNA a doppio filamento; un RNA guida di 20 nucleotidi la porta sul bersaglio adiacente a una PAM NGG; la riparazione per NHEJ o HDR produce la modifica; restano gli effetti fuori bersaglio. La modifica di un embrione è germinale, passa ai discendenti; la terapia somatica riguarda solo il paziente. Oviedo, art. 13: vieta gli interventi che introducono modifiche nel genoma dei discendenti. Filosofia: Jonas (effetti irreversibili, responsabilità verso chi non c'è ancora, euristica della paura), principio di precauzione. Storia: Asilomar come autoregolazione volontaria; il caso del 2018 mostra che senza leggi e controlli un singolo può violare le regole.

6. *Traccia.* STR: brevi sequenze ripetute in tandem, amplificate con una PCR multipla e separate per lunghezza con elettroforesi capillare; il DNA è carico negativamente per i gruppi fosfato e migra verso l'anodo. $P = 0{,}08 \times 0{,}11 \times 0{,}05 \times 0{,}12 \times 0{,}09 \times 0{,}07 \approx 3{,}3 \times 10^{-7}$ (circa 1 su 3 milioni); in 60 milioni di persone ci si aspettano circa 20 coincidenze casuali: sei loci non bastano a identificare una persona, se non insieme ad altri indizi. La seconda persona è esclusa (un locus diverso basta). Matematica: la probabilità di eventi indipendenti è il prodotto delle probabilità; i loci devono ereditarsi in modo indipendente (cromosomi diversi o lontani). Wegener: se ognuna di sei corrispondenze fra le coste dell'Atlantico ha probabilità 1/10 di essere casuale, la probabilità che tutte lo siano è $(1/10)^6$; vale solo se le prove sono indipendenti. Educazione civica: dati genetici come categoria particolare del GDPR (art. 9), Banca dati nazionale del DNA (legge 85/2009).

7. *Traccia.* Prove paleoclimatiche: depositi glaciali del tardo Paleozoico in India, Africa, Sudamerica e Australia, grandi giacimenti di carbone in Europa e Nord America, a latitudini oggi temperate; con i continenti riuniti in Pangea i depositi glaciali formano un'unica calotta intorno al polo sud. Oggi le spiega il movimento delle placche, misurato anche con il paleomagnetismo (paleolatitudine). Carbone: resti vegetali accumulati in paludi povere di ossigeno, carbonio fissato dalla fotosintesi e sepolto, che esce dal ciclo veloce ed entra in quello lento. Coralli: costruiscono scheletri di $CaCO_3$ in mari caldi e illuminati; il CO_2 disciolto abbassa il pH e riduce gli ioni carbonato. Zone piovose (equatore, medie latitudini) e aride (circa 30°): circolazione a tre celle, aria che sale (piogge) e scende (deserti), fronte polare. Filosofia: mancanza di un meccanismo, paradigma fissista, anomalie paleomagnetiche e oceanografiche (Kuhn); previsione falsificabile delle strisce magnetiche (Popper). Storia: Wegener meteorologo ed esploratore polare.

8. *Traccia.* Da circa 316 ppm nel 1959 a circa 427 ppm nel 2025: circa 0,9 ppm all'anno negli anni Sessanta, oltre 2 ppm all'anno negli ultimi decenni; la linea tratteggiata è il livello preindustriale (circa 280 ppm). $CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$; $2\,C_8H_{18} + 25\,O_2 \rightarrow 16\,CO_2 + 18\,H_2O$; i combustibili fossili sono carbonio del ciclo lento. Oscillazione stagionale: in primavera-estate boreale la fotosintesi supera la respirazione e la concentrazione cala, in autunno-inverno risale. Nel 2010–2019 circa il 47 % delle emissioni è rimasto nell'aria, il resto è stato assorbito dall'oceano (acidificazione) e dalla vegetazione. Fisica: le molecole di CO_2 assorbono l'infrarosso emesso dal suolo e lo riemettono anche verso il basso. Storia: rivoluzione industriale e crescita del consumo di combustibili; Convenzione di Rio (1992), protocollo di Kyoto (1997); Educazione civica: Accordo di Parigi (2015), obiettivo 13, art. 9 della Costituzione (2022).