

Warszawa, dnia 10 lutego 2023 r.

Poz. 176

**OBWIESZCZENIE
MINISTRA CYFRYZACJI¹⁾**

z dnia 3 stycznia 2023 r.

**w sprawie włączenia kwalifikacji rynkowej „Programowanie komputerów kwantowych”
do Zintegrowanego Systemu Kwalifikacji**

Na podstawie art. 25 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 22 grudnia 2015 r. o Zintegrowanym Systemie Kwalifikacji (Dz. U. z 2020 r. poz. 226) ogłasza się w załączniku do niniejszego obwieszczenia informacje o włączeniu kwalifikacji rynkowej „Programowanie komputerów kwantowych” do Zintegrowanego Systemu Kwalifikacji.

Minister Cyfryzacji: wz. *J. Cieszyński*

¹⁾ Minister Cyfryzacji kieruje działem administracji rządowej – informatyzacja, na podstawie § 1 ust. 2 rozporządzenia Prezesa Rady Ministrów z dnia 6 października 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu działania Ministra Cyfryzacji (Dz. U. poz. 1716).

Załącznik do obwieszczenia Ministra Cyfryzacji
z dnia 3 stycznia 2023 r. (M.P. poz. 176)

INFORMACJE O WŁĄCZENIU KWALIFIKACJI RYNKOWEJ „PROGRAMOWANIE KOMPUTERÓW
KWANTOWYCH” DO ZINTEGROWANEGO SYSTEMU KWALIFIKACJI

1. Nazwa kwalifikacji rynkowej

Programowanie komputerów kwantowych

2. Nazwa dokumentu potwierdzającego nadanie kwalifikacji rynkowej

Certyfikat

3. Okres ważności dokumentu potwierdzającego nadanie kwalifikacji rynkowej

Bezterminowo

4. Poziom Polskiej Ramy Kwalifikacji przypisany do kwalifikacji rynkowej

5 poziom Polskiej Ramy Kwalifikacji

5. Efekty uczenia się wymagane dla kwalifikacji rynkowej

Syntetyczna charakterystyka efektów uczenia się

Osoba posiadająca kwalifikację samodzielnie tworzy programy i uruchamia je na komputerach lub symulatorach kwantowych. Wykonując umiarkowane złożone zadania zawodowe, posługuje się specjalistyczną wiedzą z dziedziny informatyki kwantowej z wykorzystaniem oprogramowania narzędziowego Qiskit. Wykorzystuje znajomość istniejących algorytmów kwantowych oraz ich złożoności obliczeniowej do rozwiązywania wybranych problemów. Optymalizuje programy kwantowe, uwzględniając dynamicznie zmieniającą się architekturę rzeczywistych procesorów kwantowych.

Zestaw 1. Podstawy algebry liniowej

Poszczególne efekty uczenia się	Kryteria weryfikacji ich osiągnięcia
Wykonuje obliczenia na wektorach i macierzach	<ul style="list-style-type: none"> – wykonuje mnożenie macierzy; – znajduje wartości własne macierzy (diagonalizacja macierzy); – przedstawia różne reprezentacje zapisu liczb; – przeprowadza operacje na wektorach; – przedstawia wektory w postaci geometrycznej.
Wykonuje obliczenia na liczbach zespolonych	<ul style="list-style-type: none"> – omawia właściwości liczb zespolonych; – przeprowadza obliczenia na liczbach zespolonych; – zapisuje liczby zespolone w postaci trygonometrycznej (wzór Eulera); – przedstawia liczby zespolone i operacje na nich na płaszczyźnie zespolonej.
Wykonuje obliczenia, stosując notację Diraca	<ul style="list-style-type: none"> – omawia zasady zapisu Diraca; – przekształca zapis wektorowy na zapis Diraca; – interpretuje wzory w zapisie Diraca.

Zestaw 2. Podstawy teoretyczne działania komputerów kwantowych

Poszczególne efekty uczenia się	Kryteria weryfikacji ich osiągnięcia
Posługuje się wiedzą z zakresu mechaniki kwantowej	<ul style="list-style-type: none"> – wyjaśnia pojęcie stanu układu kwantowego i opisuje go w wybranej reprezentacji; – wyjaśnia unitarną ewolucję układu kwantowego; – opisuje wpływ pomiaru na układ kwantowy;

	<ul style="list-style-type: none"> – podaje możliwe wyniki pomiaru prostego układu kwantowego; – wyjaśnia korelację pomiędzy wielkościami fizycznymi a operatorami w mechanice kwantowej; – wyjaśnia fizyczną interpretację wartości własnych operatorów.
Omawia pojęcia z zakresu informatyki kwantowej	<ul style="list-style-type: none"> – omawia pojęcie kubitów i jego możliwe realizacje; – omawia podstawowe bramki kwantowe i podaje ich interpretacje; – omawia pojęcie splątania kwantowego; – omawia pojęcie superpozycji stanów kwantowych; – omawia wpływ interferencji na wynik pomiarów stanów kwantowych.

Zestaw 3. Wykorzystanie rzeczywistych komputerów kwantowych i symulatorów	
Poszczególne efekty uczenia się	Kryteria weryfikacji ich osiągnięcia
Korzysta z graficznego interfejsu służącego do konstruowania algorytmów kwantowych	<ul style="list-style-type: none"> – omawia zasady korzystania z dostępnych komputerów kwantowych; – omawia elementy interfejsu graficznego; – konstruuje algorytmy, używając interfejsu graficznego; – wykorzystuje różne metody wizualizacji stanów kwantowych i wyników ich pomiarów; – interpretuje wyniki uruchomienia obwodu kwantowego; – zmienia parametry uruchomienia obwodu kwantowego.
Wykorzystuje komputery kwantowe przy użyciu oprogramowania narzędziowego Qiskit	<ul style="list-style-type: none"> – definiuje elementy oprogramowania narzędziowego Qiskit; – zapisuje algorytm kwantowy przy użyciu oprogramowania narzędziowego Qiskit; – odczytuje i interpretuje parametry komputerów kwantowych, używając oprogramowania narzędziowego Qiskit; – uruchamia zadania/programy i zarządza nimi; – wykorzystuje różne metody wizualizacji stanów kwantowych i wyników ich pomiarów przy użyciu oprogramowania narzędziowego Qiskit; – zmienia parametry uruchomienia obwodu kwantowego przy użyciu oprogramowania narzędziowego Qiskit; – interpretuje wyniki uruchomienia programu kwantowego przy użyciu oprogramowania narzędziowego Qiskit; – wizualizuje wyniki wykonania programu na komputerze kwantowym przy użyciu oprogramowania narzędziowego Qiskit.
Stosuje wybrane typy symulatorów	<ul style="list-style-type: none"> – omawia rodzaje symulatorów komputerów kwantowych; – omawia zasady korzystania z dostępnych symulatorów komputerów kwantowych; – uruchamia programy kwantowe z wykorzystaniem wybranego symulatora.
Omawia parametry komputerów kwantowych i minimalizuje wpływ błędów na obliczenia	<ul style="list-style-type: none"> – określa moc obliczeniową komputerów kwantowych i wyjaśnia elementy na nią wpływające; – porównuje ze sobą różne komputery kwantowe; – omawia rodzaje błędów w istniejących komputerach kwantowych; – wyjaśnia pojęcie NISQ (Noisy Intermediate Scale Quantum computers); – wykorzystuje dostępne możliwości oprogramowania narzędziowego Qiskit do minimalizacji wpływu błędów/szumów na wynik obliczeń.
Optymalizuje programy kwantowe, uwzględniając architekturę rzeczywistych procesorów kwantowych	<ul style="list-style-type: none"> – wyjaśnia pojęcie procesu transpilacji; – analizuje topologię procesorów komputerów kwantowych; – dostosowuje program do architektury wybranego rzeczywistego komputera kwantowego.

Zestaw 4. Wykorzystanie istniejących algorytmów z uwzględnieniem ich złożoności obliczeniowej	
Poszczególne efekty uczenia się	Kryteria weryfikacji ich osiągnięcia
Charakteryzuje elementy teorii złożoności obliczeniowej	<ul style="list-style-type: none"> – omawia podstawowe klasy złożoności obliczeniowej (klasyfikacja złożoności); – szacuje czasową i pamięciową złożoność obliczeniową; – analizuje możliwości istniejących procesorów kwantowych pod względem uruchomienia danego programu.
Wykorzystuje algorytmy kwantowe	<ul style="list-style-type: none"> – omawia podstawowe algorytmy zawarte w oprogramowaniu narzędziowym Qiskit oraz ich zastosowania w zakresie uczenia maszynowego, problemów optymalizacyjnych, symulacji układów fizycznych i chemicznych (np.: Grover, Shor, VQE); – omawia i wykonuje obliczenia hybrydowe (klasyczo-kwantowe); – wykorzystuje gotowe implementacje algorytmów w oprogramowaniu narzędziowym Qiskit; – rozwiązuje wybrane problemy, adaptując konkretne algorytmy kwantowe; – omawia i analizuje różnice pomiędzy algorytmami klasycznymi i kwantowymi w zastosowaniu do podobnych klas problemów.

6. Wymagania dotyczące walidacji i podmiotów przeprowadzających walidację

<p>1. Etap weryfikacji</p> <p>1.1. Metody walidacji</p> <ul style="list-style-type: none"> – test teoretyczny; – obserwacja w warunkach symulowanych/rzeczywistych; – wywiad swobodny/ustrukturyzowany; – analiza dowodów i deklaracji. <p>Weryfikacja efektów uczenia się składa się z dwóch części: teoretycznej i praktycznej.</p> <p>W części teoretycznej wykorzystuje się test teoretyczny. W części praktycznej stosuje się metodę obserwacji w warunkach symulowanych lub metodę obserwacji w warunkach rzeczywistych uzupełnione wywiadem swobodnym lub ustrukturyzowanym (rozmową z komisją). Obie części walidacji mogą być poprzedzone analizą dowodów i deklaracji oraz wywiadem swobodnym w celu potwierdzenia całości lub części efektów uczenia się. Przykładowe dowody: IBM Certified Associate Developer – Quantum Computation using Qiskit, Fundamentals of Quantum Computation Using Qiskit – Developer, Qiskit Advocate.</p> <p>1.2. Zasoby kadrowe</p> <p>Weryfikację efektów uczenia się prowadzi komisja walidacyjna składająca się co najmniej z 2 asesorów, z których jeden pełni funkcję przewodniczącego komisji z głosem decydującym.</p> <p>Wymagania dla członków komisji walidacyjnej obejmują:</p> <ul style="list-style-type: none"> – minimum 2-letnie udokumentowane doświadczenie w zakresie programowania komputerów kwantowych; – udokumentowane doświadczenie (minimum 100 godzin w okresie 2 ostatnich lat) w prowadzeniu i projektowaniu szkoleń z zakresu programowania komputerów kwantowych z wykorzystaniem oprogramowania narzędziowego Qiskit; – co najmniej 2 publikacje naukowe lub popularnonaukowe w tematyce informatyki kwantowej z wykorzystaniem oprogramowania narzędziowego Qiskit; – udokumentowane doświadczenie w weryfikowaniu efektów uczenia się z zakresu tej kwalifikacji; – stopień naukowy doktora z jednej z dziedzin: informatyki, fizyki, matematyki, chemii. <p>Każdy z członków komisji walidacyjnej musi spełniać co najmniej 2 z powyższych wymagań.</p> <p>1.3. Sposób organizacji walidacji oraz warunki organizacyjne i materialne</p> <p>Instytucja prowadząca walidację zapewnia:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) do części praktycznej: <ul style="list-style-type: none"> – komputer z dostępem do Internetu, – dostęp do środowiska umożliwiającego wykorzystanie oprogramowania narzędziowego Qiskit; 2) do części teoretycznej: <ul style="list-style-type: none"> – test w języku angielskim w postaci papierowej lub elektronicznej, – standardowe warunki umożliwiające samodzielną pracę osoby przystępującej do walidacji. <p>2. Etap identyfikowania i dokumentowania efektów uczenia się</p> <p>Nie określa się wymagań dotyczących etapów identyfikowania i dokumentowania efektów uczenia się.</p>
--

7. Warunki, jakie musi spełniać osoba przystępująca do walidacji

Brak

8. Termin dokonywania przeglądu kwalifikacji

Nie rzadziej niż raz na 10 lat