

Warszawa, dnia 10 lutego 2023 r.

Poz. 176

**OBWIESZCZENIE  
MINISTRA CYFRYZACJI<sup>1)</sup>**

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*

---

<sup>1)</sup> 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"> <li>– wykonuje mnożenie macierzy;</li> <li>– znajduje wartości własne macierzy (diagonalizacja macierzy);</li> <li>– przedstawia różne reprezentacje zapisu liczb;</li> <li>– przeprowadza operacje na wektorach;</li> <li>– przedstawia wektory w postaci geometrycznej.</li> </ul>
Wykonuje obliczenia na liczbach zespolonych	<ul style="list-style-type: none"> <li>– omawia właściwości liczb zespolonych;</li> <li>– przeprowadza obliczenia na liczbach zespolonych;</li> <li>– zapisuje liczby zespolone w postaci trygonometrycznej (wzór Eulera);</li> <li>– przedstawia liczby zespolone i operacje na nich na płaszczyźnie zespolonej.</li> </ul>
Wykonuje obliczenia, stosując notację Diraca	<ul style="list-style-type: none"> <li>– omawia zasady zapisu Diraca;</li> <li>– przekształca zapis wektorowy na zapis Diraca;</li> <li>– interpretuje wzory w zapisie Diraca.</li> </ul>

**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"> <li>– wyjaśnia pojęcie stanu układu kwantowego i opisuje go w wybranej reprezentacji;</li> <li>– wyjaśnia unitarną ewolucję układu kwantowego;</li> <li>– opisuje wpływ pomiaru na układ kwantowy;</li> </ul>

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

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

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

## **6. Wymagania dotyczące walidacji i podmiotów przeprowadzających walidację**

<p><b>1. Etap weryfikacji</b></p> <p><b>1.1. Metody walidacji</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– test teoretyczny;</li> <li>– obserwacja w warunkach symulowanych/rzeczywistych;</li> <li>– wywiad swobodny/ustrukturyzowany;</li> <li>– analiza dowodów i deklaracji.</li> </ul> <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><b>1.2. Zasoby kadrowe</b></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"> <li>– minimum 2-letnie udokumentowane doświadczenie w zakresie programowania komputerów kwantowych;</li> <li>– 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;</li> <li>– co najmniej 2 publikacje naukowe lub popularnonaukowe w tematyce informatyki kwantowej z wykorzystaniem oprogramowania narzędziowego Qiskit;</li> <li>– udokumentowane doświadczenie w weryfikowaniu efektów uczenia się z zakresu tej kwalifikacji;</li> <li>– stopień naukowy doktora z jednej z dziedzin: informatyki, fizyki, matematyki, chemii.</li> </ul> <p>Każdy z członków komisji walidacyjnej musi spełniać co najmniej 2 z powyższych wymagań.</p> <p><b>1.3. Sposób organizacji walidacji oraz warunki organizacyjne i materialne</b></p> <p>Instytucja prowadząca walidację zapewnia:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) do części praktycznej: <ul style="list-style-type: none"> <li>– komputer z dostępem do Internetu,</li> <li>– dostęp do środowiska umożliwiającego wykorzystanie oprogramowania narzędziowego Qiskit;</li> </ul> </li> <li>2) do części teoretycznej: <ul style="list-style-type: none"> <li>– test w języku angielskim w postaci papierowej lub elektronicznej,</li> <li>– standardowe warunki umożliwiające samodzielną pracę osoby przystępującej do walidacji.</li> </ul> </li> </ol> <p><b>2. Etap identyfikowania i dokumentowania efektów uczenia się</b></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